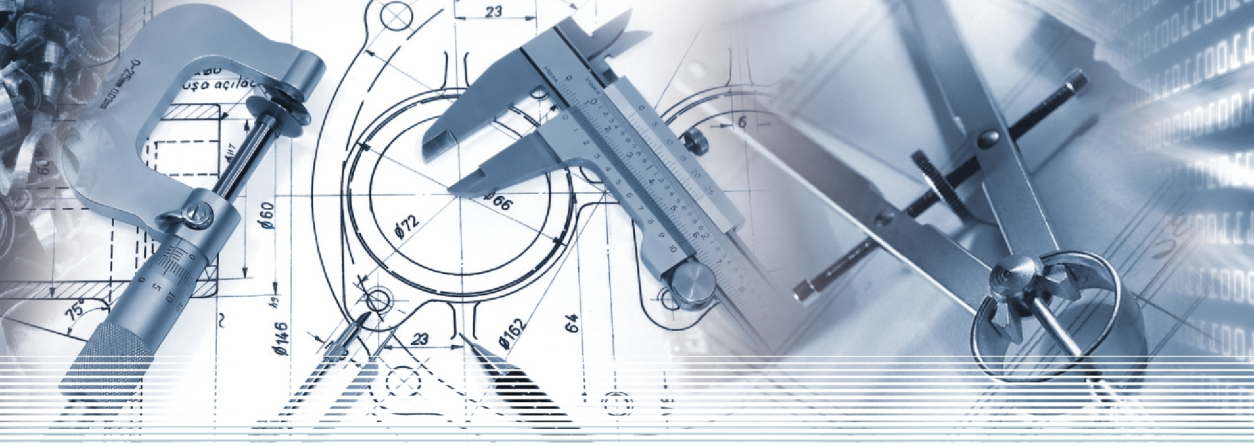


# A XXI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

## PROCEEDINGS OF THE XXI-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

5. MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET

2016

# A XXI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

# PROCEEDINGS OF THE XXI-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

# MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

# PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE

**5.**

**ISSN 2393 – 1280**

Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztálya
Transylvanian Museum Society – Department of Technical Sciences

**MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK**

**PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE**

**5.**

# A XXI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

# PROCEEDINGS OF THE XXI-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

Szerkesztette/Edited by
BITAY ENIKŐ

**ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET**
**Kolozsvár**
**2016**

Copyright © a szerzők / the authors, EME/ TMS 2016

*Minden jog, a kiadvány kivonatos utánnyomására, kivonatos vagy teljes másolására (fotokópia, mikrokópia) és fordítására fenntartva.*

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, or transmitted, in any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

Kiadó / Publisher: Erdélyi Múzeum-Egyesület
Felelős kiadó / Editor-in-Chief: Biró Annamária
Szerkesztette / Edited by: Bitay Enikő
Műszaki szerkesztő / DTP: Szilágyi Júlia
Borítóterv / Cover: Könczey Elemér

Nyomdai munkálatok / Typography jobs
F&F International Kft. Kiadó és Nyomda, Gyergyószentmiklós
Tel./Fax: +40-266-364171

online elérhető / online available at:
http://eda.eme.ro/handle/10598/29009
DOI: 10.33895/mtk-2016.05

# A XXI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

**(KOLOZSVÁR, 2016. MÁRCIUS 17.)**

# PROCEEDINGS OF THE XXI-TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS

**(CLUJ, MARCH 17. 2016.)**

**SZERVEZŐ / ORGANIZED BY:**
Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztálya
Transylvanian Museum Society - Department of Technical Sciences

**TÁRSSZERVEZŐ / CO-ORGANIZER:**
Sapientia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Marosvásárhely
Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Technical and Human Sciences

**PROGRAMBIZOTTSÁG / ORGANIZATION BOARD**

Gyenge Csaba, Máté Márton, Talpas János

**TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG / LEKTOROK**
**SCIENTIFIC ADVISORY BOARD / PEER REVIEWERS**

Bagyinszki Gyula (Budapest)
Belina Károly (Kesckemét)
Berek Lajos (Budapest)
Bitay Enikő (Kolozsvár/Cluj)
Bodnár Ildikó (Debrecen)
Bodó Zalán (Kolozsvár/Cluj)
Bodzás Sándor (Debrecen)
Budai István (Debrecen)
Csapó Ádám (Budapest)
Csibi Vencel (Kolozsvár/Cluj)
M. Csizmadia Béla (Gödöllő)
Danyi József (Kecskemét)
Dávid László
(Marosvásárhely/Târgu Mureş)
Dr. Darvay Zsolt, Kolozsvár
Dima Gabriel (Brassó/Braşov)
Dineva Adrienn (Budapest)
Drégelyi-Kiss Ágota (Budapest)
Dobránszky János (Budapest)
Dudás Illés (Miskolc)
Fregán Beatrix (Budapest)
Forgó Zoltán
(Marosvásárhely/Târgu Mureş)
Galambos Péter (Budapest)
Gobesz F-Zsongor (Kolozsvár/Cluj)
Gonda Viktor (Budapest)
Gulyás Lajos (Debrecen)
Gyenge Csaba (Kolozsvár/Cluj)
Hajós László (Gödöllő)
Hanák László (Veszprém)
Hodai Zoltán (Veszprém)
Horváth Richárd (Budapest)
Kakucs András
(Marosvásárhely/Târgu Mureş)
Kékedy-Nagy László (Kolozsvár/Cluj)
Kelemen András
(Marosvásárhely/Târgu Mureş)
Kerekes László (Kolozsvár/Cluj)
Kerti András (Budapest)
Köllő Gábor (Kolozsvár/Cluj)
Kopenetz Lajos (Kolozsvár/Cluj)
Kothencz Réka (Veszprém)
Kovács Coskun Tünde (Budapest)
Kovács Szilveszter (Budapest)
Lajos Attila (Gödöllő)
Lakatos Ákos (Debrecen)
Líska János (Kecskemét)
Líska Katalin (Kecskemét)
Májlinger Kornél (Budapest)
Márton László
(Gyergyószentmiklós/Gheorgheni)
Máté Márton
(Marosvásárhely/Târgu Mureş)
Nagy Zsolt (Kolozsvár/Cluj)
Oldal István (Gödöllő)
Orbulov Imre Norbert (Budapest)
Pásztor Judit
(Marosvásárhely/Târgu Mureş)
Pinke Péter (Nagyszombat/Trnava)
Peszeki Zoltán (Gödöllő)
Piros Sándor (Debrecen)
Pokorádi László (Budapest)
Pogár István (Debrecen)
Rácz Pál (Budapest)
Rajnai Zoltán (Budapest)
Réger Mihály (Budapest)
Réti Tamás (Budapest)
Roósz András (Miskolc)
Schuster György (Budapest)
Sikolya László (Nyiregyháza)
Sipos Tibor (Budapest)
Szabó Péter János (Budapest)
Szente József (Miskolc)
Szűcs Endre (Budapest)
Telekes Gábor (Gödöllő)
Terjék Anita (Debrecen)
Tolvaly-Roşca Ferenc
(Marosvásárhely/Târgu Mureş)
Tóth László (Debrecen/Miskolc)
Váradi Károly (Budapest)
Varga Zoltán (Veszprém)
Végvári Ferenc (Kecskemét)

## TARTALOM

**ELŐSZÓ** ..... *27*

**Gyulai József**
*Ha most kezdeném…* ..... *31*

**M. Csizmadia Béla**
*A kísérletek tervezésének módszerei* ..... *37*

**Rajnai Zoltán**
*Gyakorlatorientált képzés a műszaki felsőoktatásban* ..... *45*

**Kelemen András**
*Új anyagok és irányzatok a teljesítményelektronikában* ..... *49*

**Agg Péter András, Johanyák Zsolt Csaba, Göcs László**
*Szoftver által definiált hálózatok áttekintése* ..... *57*

**Almádi Bernadett, Rezsabek Tamás, Szarvas József**
*Gombatermesztés foglalkozási betegségei* ..... *61*

**Andraws Andrew, Kovács-Coskun Tünde**
*A lézervágás biztonságtechnikai kérdései* ..... *65*

**Angi Norbert, Răzvan Udroiu, Angel Huminic**
*Könnyű sportrepülőgép tervezése szélcsatorna tesztek és korszerű tervezőprogramok alkalmazásával* ..... *69*

**Asztalos Lilla, Károly Dóra**
*Patológiás sztentek vizsgálata* ..... *73*

**Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő**
*Nemzetközi hegesztő szakemberek képzési rendszere* ..... *77*

**Baranyai Dávid, Török Ádám**
*A magyarországi gyalogos balesetek góchelykutatása* ..... *81*

**Barányi István**
*Az abráziós kopás kezdeti szakaszának jellemzése szimulációs modell segítségével* ..... *85*

**Bárócz Álmos, Forgó Zoltán**
*Kerékpár gázrugó mozgáskarakterisztikájának vizsgálata* ..... *89*

**Bera Bálint, Pokorádi László**
*Leszálló közforgalmú repülőgépek zajának mérése* ..... *93*

**Bera József**
*Környezeti zaj a mindennapokban* ..... *97*

**Bitay Enikő, Bagyinszki Gyula**
*Robotok és a sajtoló hegesztések fejlesztései* ..... *101*

**Bitay Enikő, Kacsó Irén, Claudiu Tanaselia, Nyulas Dorottya, Pánczél Szilamér, Veress Erzsébet**
*Vassalak leletek a római limes erdélyi, Maros megyei szakaszáról (Marosvécs, Mikháza, Felsőrépa). FTIR és XRF spektroszkópiai jellemzés.* ..... *105*

**Bobek Janka, Molnár Éva, Rippelné Pethő Dóra, Bocsi Róbert**
*Savas karakterű gázok szelektív kén-hidrogén-mentesítése.* ..... *109*

**Bocsi Róbert, Rippelné Pethő Dóra, Horváth Géza, Hanák László, Hodai Zoltán**
*Algatermesztő rendszer energetikai hatásfokát befolyásoló tényezők vizsgálata* .... *113*

**Bődi Szabolcs**
*Polimer-kerámia-fém kompozit rendszerek tanulmányozása* ..... *117*

**Csege Gyula, Gáll Tamás**
*Magánvagyonvédelem akadályai napjainkban* ..... *121*

**Darvay Zsolt, Takács Petra-Renáta**
*Új rövid lépéses belsőpontos algoritmus horizontális lineáris komplementaritási feladatokra* ..... *125*

**Dineva Adrienn, Nagy István**
*Adaptív wavelet-alapú zajcsökkentő eljárás mobilrobot távérzékelési adatfeldolgozó rendszerében* ..... *129*

**Domonyi Erzsébet, M. Csizmadia Béla, Zachár András**
*A tömegbetonok hőátadási tényezőjének becslési módszere* ..... *133*

**Drégelyi-Kiss Ágota**
*Dimenzionális mérések ipari CT berendezéssel* ..... *137*

**Fábián Enikő Réka, Dobránszky János, Csizmazia János**
*Duplex acéllemezek lézersugaras hegesztésekor bekövetkező változások* ..... *141*

**Farkas Gabriella, Horváth Teréz Veronika**
*Hibaelemzés alkalmazása veszélyes áru szállítására* ..... *145*

**Farkas Levente, Pokorádi László**
*A blokk-diagram és a hibafa elemzés kapcsolata* ..... *149*

**Farkas Tibor, Hronyecz Erika**
*A katasztrófahelyzetek alapvető információs igényei (képességek és követelmények)* ..... *153*

**Farkas Tibor, Hronyecz Erika**
*Új biztonsági kihívások az Európai Unió tagállamaiban – koncepciófejlesztés az európai biztonságpolitikában* ..... *157*

**Fekete Albert-Zsombor, Jakab-Farkas László**
*Beágyazott rendszer fejlesztése tömegspektrometriás mérések ethernet alapú hálózaton való továbbítására* ..... *161*

**Feleki Attila**
*A magasfeszültségű távvezetékek tartóoszlopainak szerkezetvizsgálata* ..... *166*

**Fődi Gábor**
*Az ember-robot biztonsága a strukturálatlan környezetben* ..... *169*

**Gábora András, Magyari Attila, Zilahi Krisztián László, Lovadi Gyula Dávid, Varga Tamás Antal, Sipos Kristóf Balázs**
*Elektromos járművek tervezése és építése. Múlt és jövő.* ..... *173*

**Göblyös Béla, Réger Mihály**
*Lokális energiaforrások távhő célú felhasználási lehetőségének vizsgálata.* ..... *177*

**Gonda Viktor, Varga Péter**
*Rod-on-rod Taylor teszt modellezése.* ..... *181*

**Haraszti Ferenc**
*Korrózió vizsgálatok alapjai.* ..... *185*

**Haraszti Ferenc**
*Acél próbatestek korróziós vizsgálata.* ..... *189*

**Hodai Zoltán, Rippelné Pethő Dóra, Horváth Géza, Hanák László, Bocsi Róbert**
*Biomassza szuszpenzió sűrítési lehetőségeinek vizsgálata flotálási művelettel.* ..... *193*

**Horváth Richárd, Drégelyi-Kiss Ágota**
*Poliamid forgácsolhatóságának vizsgálata kísérletterv segítségével.* ..... *197*

**Hudák József, Literáti Zsolt, Kovács Imre, Radnay László**
*Facsapos kapcsolatok kísérleti vizsgálata: rostirányú húzás* ..... *201*

**Kakucs András, Popa-Müller Izolda, Pásztor Judith**
*Aluldeterminált szerkezetek zérus frekvenciájú sajátmódjainak valósághű ábrázolása* ..... *205*

**Keresztes Zoltán, Ladányi-Pára Gergely, Katona Bálint**
*Üveggömbhéj erősítésű alumínium mátrixú szintaktikus fémhab kvázi-statikus nyomóvizsgálata* ..... *209*

**Kisfaludi-Bak Zsombor**
*Közvetlen nyírási kísérlet modellezése véges-elem eljárással* ..... *213*

**Kiss Leizer Géza Károly, Berek Lajos**
*Veszély- és katasztrófa helyzetekben keletkező hulladékok a közúti közlekedésben* ..... 217

**Kocsis Dénes, Horváth Róbert**
*Csövek keresztmetszet-szűkülésének modellezése és rezgésdiagnosztikai vizsgálata* ..... 221

**Kodácsy János, Kovács Zsolt Ferenc**
*A tribológiai jellemzők javítása mágneses polírozással és felülethengerléssel* ..... 225

**Kopenetz Lajos, Gobesz F.-Zsongor**
*Gondolatok a műemlék épületek és műkincsek szerkezeti anyagairól és anyagaik szerkezetéről* ..... 229

**Kostyák Attila, Szodrai Ferenc**
*Az alföldi szélenergia-potenciál vizsgálata* ..... 233

**Kovács Dorina, Blücher József, Dobránszky János, Fábián Réka**
*Nemesíthető acélok és rozsdamentes acélok plazmanitridálása* ..... 237

**Kovács-Coskun Tünde**
*Acélszerkezetek ridegtöréssel szembeni biztonsága* ..... 241

**Kun Krisztián, Líska János**
*Az ALUHAB ultrahangos forgácsolási lehetőségei marásnál* ..... 245

**Kuti János**
*Anyagtudomány laborgyakorlat módszertani fejlesztése* ..... 249

**Ladányi-Pára Gergely, Keresztes Zoltán, Katona Bálint**
*Lehet-e a fémhab köszörűanyag?* ..... 253

**Liptai Tibor István, Tóth János**
*PROFINET ipari protokoll alkalmazása elektropneumatikusan távműködtetett fúvós hangszeren* ..... 257

**Máriás Nimród**
*Szabaddugattyús Stirling motorral üzemelő lineáris alternátor fejlesztése és megvalósítása* ..... *261*

**Máté Balázs, Csonka Nikoletta**
*Konverzió alapú, online központú BTL kommunikációs stratégia megalapozása az építőipari vállalkozások esetében* ..... *265*

**Máthé Alíz Éva**
*A szerkezetek földrengés esetén való viselkedésének ellenőrzését célzó modern koncepciók* ..... *269*

**Máthé Alíz Éva**
*Energetikai koncepciók a többemeletes acél-szerkezetek szeizmikus elemzéséhez* ..... *273*

**Mezei Miklós, Felde Imre, Pintér Gergő**
*Városi közlekedés monitorozása közösségi média segítségével* ..... *277*

**Milchis Tudor, Gobesz F.-Zsongor**
*Egy tompa test körüli turbulens áramlat numerikus idő integrációs módszereinek a parametrikus vizsgálata* ..... *281*

**Molnár Éva, Rippelné Pethő Dóra, Horváth Géza, Bocsi Róbert, Bobek Janka**
*Nátrium-hidroxid abszorbenssel végzett kénhidrogén-mentesítés gazdaságosabbá tételének vizsgálata* ..... *285*

**Nagy Andor-Csongor, Ursu Ivett, Moldovan Dorin**
*Összehasonlító tanulmány egy háromszög rácsos geoszintetikus anyagokkal megerősített útszakasz valós és virtuális modellezése kapcsán* ..... *289*

**Nagyné Halász Erzsébet, Pokorádi László**
*Parametrikus modellbizonytalanság egy anyagvizsgálati példa* ..... *293*

**Nagy Roland, Kothencz Réka, Varga Csilla, Bartha László**
*Különböző típusú felületaktív anyagok oldhatóságának titrimetriás jellemzése* ..... *297*

**Nagy Sándor, Forgó Zoltán**
*Fogtömés koptatását szimuláló berendezés tervezése és kivitelezése* ..... *301*

**Nguyen Huu Phuoc Dai , Duong Van Thinh**
*E-learning módszerek a 21. században* ..... *305*

**Novák János**
*Kollégiumi nevelés a műszaki felsőoktatásban* ..... *309*

**Nyikes Zoltán**
*A biztonságtudatosság a digitális kompetencia tükrében* ..... *313*

**Palásti-Kovács Béla, Ács Dániel, Ráczi Viktor**
*A felületi érdesség kialakulásának elemzése esztergálási és marási műveleteknél* ..... *317*

**Pausits Péter**
*Speciális veszélyforrások az orvosi robotikában* ..... *321*

**Péter Attila**
*Vágóbélyeg geometriájának hatása a feszültségek eloszlására* ..... *325*

**Pintye Gábor**
*Üvegkerámiás főzőlapok ragasztása plazma sugárral kezelt fémfelületre* ..... *329*

**Pokorádi László**
*Karbantartási folyamat valószínűségi modellje* ..... *333*

**Pop-Szováti Antal György, Gyenge Csaba, Borzan Marian**
*Korszerű hegesztés technológia a háztartási gépek gyártásához* ..... *337*

**Porkoláb Péter, Gonda Viktor, Varga Péter**
*Pneumatikus próbatest gyorsító tervezési kérdései a légfegyverek analógiáján* .... *341*

**Rácz Pál**
*Az elektrodinamikus alakítás alkalmazási lehetőségei* ..... *345*

**Rajnai Zoltán, Fregan Beatrix**
*Kritikus infrastruktúrák védelme (jogi szabályozás)* ..... *349*

**Répás Sándor**
*Szoftverrádión alapuló adaptív entrópiaforrás genetikus algoritmus segítségével* ..... *353*

**Réti Tamás, Felde Imre**
*Fullerén izomerek strukturális jellemzése globális topológiai gráf-invariánsokkal* ..... *357*

**Sipos Bence**
*Hengeres-kúpos fogaskerékpár fogkihegyesedése és alámetszése* ..... *361*

**Sója János, Fogarasi Zsolt Miklós, Miskolczi Norbert**
*Polimer hulladékok pirolízisével nyert szilárd maradékok további hasznosíthatósága* ..... *365*

**Soós Noémi Rita, Gyenge Csaba, Soós Ödön János**
*Műanyag fröccsöntő szerszámok korszerű gyártástechnológiája* ..... *369*

**Szabó Fruzsina, Kovács Sándor, Szűcs Edit**
*Mérnökhallgatók kompetenciafelmérése a DE műszaki karon* ..... *373*

**Szigeti Ádám, Kovács-Coskun Tünde**
*Magas hőmérsékletű korrozív közegben üzemelő acélrugó gyártástechnológiai tervezése* ..... *377*

**Szluk István, Szigeti Ferenc, Dezső Gergely**
*Csavarkötések oldási nyomatékának vizsgálata* ..... *381*

**Szögi Gábor, Galambos Péter**
*Gyártórendszerek irányítása és felügyelete az „Industry 4.0" lehetőségeinek tükrében* ..... *385*

**Talpas János**
*A vidéki technikatörténeti vonzerők hasznosítása a területfejlesztésben* ..... *389*

**Tamashiro Vanessa Tinami, Galperin Gabriel, Silva De Sant'Ana Marcus Vinicius, Nagy István**
*Fényerősség stabilizálása az iROOM laboratóriumban* ..... *393*

**Tiago Manuel**
*A kávétermesztés gépesítésének adaptációja Angolában* ..... *397*

**Tokody Dániel**
*Okos mobilitás* ..... *401*

**Tomori Zoltán, Vadászné Bognár Gabriella**
*Egyszerű bolygóműgyártási interferenciái – a belső fogtőinterferencia* ..... *405*

**Tóthné Laufer Edit**
*Forgácsolási paraméterkombinációk jósági tényezőjének fuzzy modell alapú becslése* ..... *409*

**Tuloki Szilárd, Pinke Péter**
*TRIP600 acél lézervágása különböző munkagázok alkalmazásával* ..... *413*

**Ugró Máté, Gonda Viktor**
*Az alakítási keményedés hatása a húzási viszonyra mélyhúzásnál* ..... *417*

**Ungvári Levente, Keczánné Üveges Andrea**
*Ipari szürkevíz vegyszeres kezeléssel és biofilteres szűréssel való tisztításának összehasonlító elemzése* ..... *421*

**Uzonyi Sándor, Asztalos Lilla, Dobránszky János**
*Additív gyártás huzalelektródás védőgázos ívhegesztéssel* ..... *425*

**Vaczkó Dániel**
*Kerámia dugattyú gyártása mikrofogyasztású versenyautóhoz* ..... *429*

**Varga Péter, Horváth Richárd, Oláh Ferenc, Lozsek Martin**
*Fajlagos forgácsoló erő szerkezetfüggősége* ..... *433*

**Varga Tamás Antal, Budai István, Gábora András, Kozma István, Manó Sándor, Mankovits Tamás**
*Fémhabstruktúra elemzése CT felvételek alapján* ..... *437*

**Werner Gábor, Hanka László**
*A mesterséges neurális hálózatok alkalmazásának lehetőségei a biometrikus személyazonosításban* ..... *441*

**Zilahi Krisztián László, Sipos Kristóf Balázs, Tóth Xénia Erzsébet, Lovadi Gyula Dávid**
*Pneumatikus hajtású tanulmányautó telemetriai mérőrendszerének kialakítása* ..... *445*

**SZERZŐK JEGYZÉKE** ..... *449*

## CONTENT

**FOREWORD** ..... *29*

**József Gyulai**
*If I Would Restart Now* ..... *31*

**Béla M. Csizmadia**
*Method of Experimental Design* ..... *37*

**Zoltán Rajnai**
*The Practice-Oriented Education in Technical Higher Education* ..... *45*

**András Kelemen**
*New Materials and Trends in Power Electronics* ..... *49*

**Péter András Agg, Zsolt Csaba Johanyák, László Göcs**
*Overview of Software Defined Networks* ..... *57*

**Bernadett Almádi, Tamás Rezsabek, József Szarvas**
*Occupational Disease of Mushroom Growing* ..... *61*

**Andrew Andraws, Tünde Kovács-Coskun**
*The Safety Issues of Laser Cutting* ..... *65*

**Norbert Angi, Răzvan Udroiu, Angel Huminic**
*Conceptual Design of a Light Sport Aircraft with Emphasis on Wind Tunnel Tests and Software Tools* ..... *69*

**Lilla Asztalos, Dóra Károly**
*Examination of Pathological Stents* ..... *73*

**Gyula Bagyinszki, Enikő Bitay**
*Education System of International Welding Professionals* ..... *77*

**Dávid Baranyai, Ádám Török**
*The Analysis of Pedestrian Accidents in Hungary* ..... *81*

**István Barányi**
*Simulation of the Initial Phase of Abrasion Wear Process* ..... 85

**Álmos Bárócz, Zoltán Forgó**
*Motion Characteristic Analysis of Bicycle Air Suspension* ..... 89

**Bálint Bera, László Pokorádi**
*Measuring of Landing Aircraft Noise* ..... 93

**József Bera**
*Everyday Environmental Noise* ..... 97

**Enikő Bitay, Gyula Bagyinszki**
*Developments of Industrial Robots and Pressure Welding Processes* ..... 101

**Enikő Bitay, Irén Kacsó, Claudiu Tanaselia, Dorottya Nyulas, Szilamér Pánczél, Erzsébet Veress**
*FTIR and XRF Spectroscopic Characterization of Iron Slags Unearthed on the Mureş County Sector (Transylvania, Romania) of the Roman Limes (Brâncoveneşti, Călugăreni, Vătava)* ..... 105

**Janka Bobek, Éva Molnár, Dóra Rippelné Pethő, Róbert Bocsi**
*Selective Removal of Hydrogen-Sulfide from Acid Gases* ..... 109

**Róbert Bocsi, Dóra Rippelné Pethő, Géza Horváth, László Hanák, Zoltán Hodai**
*Parameters of Energy Efficiency in Algae Cultivating Systems* ..... 113

**Szabolcs Bődi**
*Study of Polymer-Ceramic-Metal Composite Systems* ..... 117

**Gyula Csege, Tamás Gáll**
*The Problems of Private Security Nowadays* ..... 121

**Zsolt Darvay, Petra-Renáta Takács**
*New Short-Step Interior-Point Algorithm for Horizontal Linear Complementarity Problems* ..... 125

**Adrienn Dineva, István Nagy**
*Adaptive Wavelet-Based Noise-Removal Method for Mobile Robot Remote Sensing Data Processing System* ..... 129

**Erzsébet Domonyi, Béla M. Csizmadia, András Zachár**
*Estimation Method for Heat Transfer Coefficient of Mass Concrete* ..... 133

**Ágota Drégelyi-Kiss**
*Dimensional Measurements by Industrial CT* ..... 137

**Enikő Réka Fábián, János Dobránszky, János Csizmazia**
*Laser Welding Effect on the Structure and Properties of Duplex Stainless Steels Welds* ..... 141

**Gabriella Farkas, Teréz Veronika Horváth**
*Application of the Failure Analysis in the Hazardous Transporting* ..... 145

**Levente Farkas, László Pokorádi**
*The Relation of Block-Diagram and Failure Tree Analysis* ..... 149

**Tibor Farkas, Erika Hronyecz**
*Basic Information Needs in Disaster Situations (Capabilities and Requirements)* ..... 153

**Tibor Farkas, Erika Hronyecz**
*New Security Challenges Facing the Member States of the European Union - Concept Development in the European Security Policy* ..... 157

**Albert-Zsombor Fekete, László Jakab-Farkas**
*Development of an Embedded System for Accessing Mass Spectrometry Measurements through Ethernet Network* ..... 161

**Attila Feleki**
*Structural Analysis of Overhead Electrical Line Lattice Steel Towers* ..... 165

**Gábor Fődi**
*Human-Robot Safety in An Unstructured Environment* ..... 169

**András Gábora, Attila Magyari, Krisztián László Zilahi, Gyula Dávid Lovadi, Tamás Antal Varga, Kristóf Balázs Sipos**

*Electrical Vehicles Design and Construction. Past and Future. . ..... 173*

**Béla Göblyös, Mihály Réger**

*Study of the Possible Uses of Local Energy Heat Sources in District Heating ..... 177*

**Viktor Gonda, Péter Varga**

*Modeling of a Rod-On-Rod Taylor Test ..... 181*

**Ferenc Haraszti**

*The Bases of Corrosion's Investigations ..... 185*

**Ferenc Haraszti**

*Corrosion Investigation of Steel Samples ..... 189*

**Zoltán Hodai, Dóra Rippelné Pethő, Géza Horváth, László Hanák, Róbert Bocsi**

*Examination of Biomass Suspension's Concentration Facilities with Flotating Operation ..... 193*

**Richárd Horváth, Ágota Drégelyi-Kiss**

*The Examination of Cutting Ability of Polyamide with the Help of Design of Experiment ..... 197*

**József Hudák, Zsolt Literáti, Imre Kovács, László Radnay**

*Experimental Study of Connections with Hardwood Studs ..... 201*

**András Kakucs, Izolda Popa-Müller, Judith Pásztor**

*Realistic Representation of the Eigenmodes of an Underdetermined Structure ..... 205*

**Zoltán Keresztes, Gergely Ladányi-Pára, Bálint Katona**

*Quasi-Static Compression Tests of Glass Hollow Spheres Filled Aluminium Matrix Syntactic Foam ..... 209*

**Zsombor Kisfaludi-Bak**

*Numerical Modelling of the Direct Sheer Test ..... 213*

**Géza Károly Kiss-Leizer, Lajos Berek**
*The Safety Technology Questions of Wastes Arising in the Course of Catastrophes in the Continental Traffic* ..... 217

**Dénes Kocsis, Róbert Horváth**
*Modeling and Vibration Diagnostic Examination of the Inner Diameter Reduction of Pipes* ..... 221

**János Kodácsy, Zsolt Ferenc Kovács**
*The Tribological Parameters Improved by Magnetic Polishing and Rolling* ..... 225

**Lajos Kopenetz, F.-Zsongor Gobesz**
*Thoughts about the Structural Materials and Material Structure of Historic Buildings and Monuments* ..... 229

**Attila Kostyák, Ferenc Szodrai**
*Investigation of Wind Energy Potential in the Great Hungarian Plain* ..... 233

**Dorina Kovács, József Blücher, János Dobránszky, Réka Fábián**
*Plasma Nitriding of Tempered Steels and Stainless Steels* ..... 237

**Tünde Kovács-Coskun**
*Steel Constructions Safety Again Cold Cracking* ..... 241

**Krisztián Kun, János Líska**
*Possibilities of Ultrasonic Machining at ALUHAB Milling* ..... 245

**János Kuti**
*Methodology Development of Materials Science Practice* ..... 249

**Gergely Ladányi-Pára, Zoltán Keresztes, Bálint Katona**
*Is It Possible to Use Metal Foam as Grinding Material?* ..... 253

**Tibor István Liptai, János Tóth**
*Applying Profinet Industrial Protocol for A Recorder Control by Electropneumatics System* ..... 257

**Nimród Máriás**
*Design and Developement of a Linear Alternator for Free Piston Stirling Engine* ..... 261

**Balázs Máté, Nikoletta Csonka**
*Establishment of a Conversion-Based, Online-Centered BTL Communication Strategy for Businesses in the Construction Industry* ..... 265

**Alíz Éva Máthé**
*Modern Concepts for Checking the Behaviour of Structures in Case of Earthquake* ..... 269

**Alíz Éva Máthé**
*Energy State of Seismically Acted Multi-Story Steel Structures* ..... 273

**Miklós Mezei, Imre Felde, Gergő Pintér**
*Urban Traffic Monitoring by Social Media* ..... 277

**Tudor Milchis, F.-Zsongor Gobesz**
*A Numerical Parametric Study of Time Integration Methods for Turbulent Flows around a Bluff Body* ..... 281

**Éva Molnár, Dóra Rippelné Pethő, Géza Horváth, Róbert Bocsi, Janka Bobek**
*Examination of Economize to Hydrogen Sulphide Removal in Sodium Hydroxide Absorbent* ..... 285

**Andor-Csongor Nagy, Ivett Ursu, Dorin Moldovan**
*Comparative Study on Numerical and Full Scale Modeling of a Road Structure Reinforced with Triaxial Geogrids* ..... 289

**Erzsébet Nagyné Halász, László Pokorádi**
*Parametrical Model Uncertainty a Materials Testing Example* ..... 293

**Roland Nagy, Réka Kothencz, Csilla Varga, László Bartha**
*Titrimetric Characterization of the Solubility Properties of Various Surfactants* ..... 297

**Sándor Nagy, Zoltán Forgó**
*Design and Construction of Equipment for Filling Wear Simulation* ..... 301

**Nguyen Huu Phuoc Dai , Duong Van Thinh**
*E-Learning Methods in the 21st Century* ..... *305*

**János Novák**
*Education in a Student Hostel in the Technical Higher Education* ..... *309*

**Zoltán Nyikes**
*Security Awareness in Context of Digital Competence* ..... *313*

**Béla Palásti-Kovács, Dániel Ács, Viktor Ráczi**
*Analysis of Formation of Surface Roughness in Case of Turning and Milling Processes* ..... *317*

**Péter Pausits**
*Special Hazards in Medical Robotics* ..... *321*

**Attila Péter**
*The Study of Stress Distribution Depending on the Geometry of a Punching Tool* ..... *325*

**Gábor Pintye**
*Gluing Ceramic Cooktop to Metal Surfaces Treated with Plasma Jet* ..... *329*

**László Pokorádi**
*Stochastic Model of a Maintenance Process* ..... *333*

**Antal György Pop-Szováti, Csaba Gyenge, Marian Borzan**
*Modern Welding Technology for Household Products Manufacturing* ..... *337*

**Péter Porkoláb, Viktor Gonda, Péter Varga**
*Design Questions of an Experimental Pneumatic Accelerator on the Analogy of Air Guns* ..... *341*

**Pál Rácz**
*Possible Applications of Electrodynamic Forming* ..... *345*

**Zoltán Rajnai, Beatrix Fregan**
*Critical Infrastructures Protection (Legislation)* ..... *349*

**Sándor Répás**
*Adaptive, Software Radio Based Entropy Source with Genetic Algorithm* ..... *353*

**Tamás Réti, Imre Felde**
*Stuctural Characterization of Fullerene Isomers Using Global Topological Graph Invariants* ..... *357*

**Bence Sipos**
*The Undercut and Topland Narrowing by Cylindrical-Bevel Gear Pair* ..... *361*

**János Sója, Zsolt Miklós Fogarasi, Norbert Miskolczi**
*Utilization of Solid Residue from Waste Pyrolysis* ..... *365*

**Noémi Rita Soós, Csaba Gyenge, Ödön János Soós**
*Modern Manufacturing Technologies for Plastic Injection Moulding Tools* ..... *369*

**Fruzsina Szabó, Sándor Kovács, Edit Szűcs**
*The Engineering Student Competency Assessments of the University of Debrecen Faculty of Engineering* ..... *373*

**Ádám Szigeti, Tünde Kovács-Coskun**
*Manufacturing Design for High Temperature Working Spring in Corrosive Midium* ..... *377*

**István Szluk, Ferenc Szigeti, Gergely Dezső**
*Analysis of Dissolving Torque Screw Connections* ..... *381*

**Gábor Szögi, Péter Galambos**
*Manufacturing System Control in „Industry 4.0”* ..... *385*

**János Talpas**
*The Utilisation of the Local Technical Historical Attractions in the Regional Development* ..... *389*

**Vanessa Tinami Tamashiro, Gabriel Galperin, Marcus Vinicius Silva De Sant'Ana, István Nagy**
*Luminous Intensity Stabilization in the iROOM Laboratory* ..... *393*

**Manuel Tiago**
*The Adaptation of Mechanization for Coffee Production in Angola* ..... *397*

**Dániel Tokody**
*Smart Mobility* ..... *401*

**Zoltán Tomori, Gabriella Vadászné Bognár**
*The Production Interferences of Simple Planetary Gear Drives – Interference on Tip of Internal Gear* ..... *405*

**Edit Tóthné Laufer**
*Fuzzy-Based Quality Factor Prediction for Different Cutting Parameter Combinations* ..... *409*

**Szilárd Tuloki, Péter Pinke**
*The TRIP600 Steel Laser Cuttings in Case of Different Assisting Gases* ..... *413*

**Máté Ugró, Viktor Gonda**
*Effect of Hardening on the Limit Drawing Ratio* ..... *417*

**Levente Ungvári, Andrea Keczánné Üveges**
*Comparative Analysis of Industrial Greywater Treatment with Chemicals and Biosand Filtration Cleaning* ..... *421*

**Sándor Uzonyi, Lilla Asztalos, János Dobránszky**
*Additive Manufacturing by GMAW* ..... *425*

**Dániel Vaczkó**
*Ceramic Piston Manufacturing of a Microconsumption Race* ..... *429*

**Péter Varga, Richárd Horváth, Ferenc Oláh, Martin Lozsek**
*The Specific Cutting Force as a Function of the Microstructure* ..... *433*

**Tamás Antal Varga, István Budai, András Gábora, István Kozma, Sándor Manó, Tamás Mankovits**
*Structural Analysis of Metal Foams with Computed Tomography* ..... *437*

**Gábor Werner, László Hanka**
*Adaptation of Artificial Neural Networks in Biometrics* ..... *441*

**Krisztián László Zilahi, Kristóf Balázs Sipos, Xénia Erzsébet Tóth, Gyula Dávid Lovadi**

*Development of Telemetry Measuring System of Pneumatic Driven Concept Vehicle* ..... *445*

**LIST OF AUTHORS** ..... *449*

# ELŐSZÓ

A műszaki tudományok rohamos fejlődése arra készteti a kutatókat, az oktatókat, hogy éberen kövessék szakmájuk változásait, az új eredményeket beépítsék saját kutatásaikba s a megújuló ismereteket, információkat továbbadják az oktatás révén.

A *Fiatal műszakiak tudományos ülésszaka* is ezt a célt követte: a mindenkori új ismeretanyag átvételét, közlését, terjesztését, ezzel fokozva a tudományművelés iránti vágyat, a tudományosság iránti tiszteletet. Emellett huszonegy éve ösztönöz a magyar műszaki nyelv ápolására, a műszaki tudományosság magyar nyelven való terjesztésére. Ezzel lehetőséget teremt a magyar szaknyelv gyakorlására azok számára is, akik szakmájukat nem magyar nyelven tanulták-tanulják, illetve nem magyar nyelvű környezetben tevékenykednek. A fórum nem mellékesen szakmai kapcsolatokat épít s fenntart.

A fiatal műszakiak 21. tudományos ülésszakának előadásait a *Műszaki Tudományos Közlemények* sorozatban tesszük közé, abban a sorozatban, mely arra hivatott, hogy a műszaki tudományok egy-egy tudományos ülésszakán, konferenciáján, emléknapján elhangzott előadásokat gyűjtse egy csokorba. Nagy hangsúlyt fektettünk a szakmai értékekre. Csupán olyan tanulmányok kerülhettek a kötetbe, melyeket szaklektoraink írásban véleményeztek és közlésre javasoltak.

Jelen kiadványban, a *Műszaki Tudományos Közlemények* sorozatban (MTK, 2016. 5. szám) a 2016. március 17-ei *XXI. Fiatal műszakiak tudományos ülésszak* előadásainak írott változatát tesszük közzé, lehetőséget teremtve ezzel a széles körű terjesztésre.

A jelen kötetben a fórumon elhangzott négy plenáris előadás szövegét, majd az első szerzők nevének sorrendjében a közlésre javasolt 98 tanulmányt olvashatják.

Örvendetes, hogy a Kárpát-medencét megjelenítő fórum továbbra is nagy érdeklődésre tart számot. Idén a magyarországi, a felvidéki és az erdélyi fiatalok mellett Budapesten tanuló brazíliai, vietnámi, egyiptomi, olasz egyetemi hallgatót is köszönthetünk körünkben, akik angol nyelvű előadásban mutatták be legújabb

kutatásaik eredményét (az angol nyelvű tanulmányokat a magyar nyelvű kivonattal együtt közöljük).

Ebben az évben is elég nagy számban képviseltetik magukat a többszerzős, csoportos kutatások. A jelen kiadvány összesen 176 szerző 102 írását tartalmazza, felöleli valamennyi műszaki szakterületet (gépészet, robotika, anyagtudományok, biztonságtudomány, informatika, energetika, járműipar, építészet, agrártudomány stb.), a műszaki oktatás és az interdiszciplináris kutatás eredményeivel is kiegészülve összesen 19 egyetemről, 13 kutatóintézetből, s 10 az iparból.

A kötet és a tanulmányok külön-külön is elérhetők online módon az Erdélyi Digitális Adattárban: http://hdl.handle.net/10598/29009.

Köszönetet mondunk mindazoknak, akik a tudományos ülésszakon vállalták az aktív részvételt, s érdeklődést keltő előadásukkal, értékes tanulmányukkal hozzájárultak a rendezvény színvonalának emeléséhez, a kiadvány megvalósulásához.

Külön köszönetünket fejezzük ki a lektoroknak, akik vállalták a tanulmányok szakmai értékelését, s véleményükkel, tanácsaikkal, önzetlen munkájukkal erősítették a kötet szakmaiságát.

Meggyőződésünk, hogy a kötet azok számára is értékes szakmai információkat nyújt, akik nem lehettek jelen az előadásokon.

*Kolozsvárt, 2016 márciusában*

*Bitay Enikő*
az Erdélyi Múzeum-Egyesület
Műszaki Tudományok Szakosztályának elnöke

## PREFACE

The rapid development of technical sciences forces researchers and educators to keep up with the changes of their field, to build new results into their own research projects and to transmit their renewing knowledge and information by means of teaching.

The Scientific session of young technical researchers has the same objective: to take over, publish and spread current new knowledge, this way increasing their wish to contribute to science and their devotion for science. In addition, in the last twenty one years there has been an urge to take care of Hungarian technical language, to spread the results of technical sciences in Hungarian. At the same time it provides the opportunity to students and young researchers who have not studied or study in Hungarian or do not work in a Hungarian language environment to practice Hungarian technical language. Besides the forum creates and promotes professional connections.

Papers read at the 21st session of young technical researchers are now published in the series Műszaki Tudományos Közlemények (Technical Scientific Bulletins), in the series responsible for gathering papers read at a scientific session, conference or anniversary day of technical sciences. Great attention has been paid to professional value – papers have been included only upon the previous witten recommendation of our experts.

The present issue of the series Műszaki Tudományos Közlemények (Technical Scientific Bulletins) (MTK, 2016. No. 5) contains the written texts of the papers read at the XXI. Scientific session of young technical researchers on 17 March 2016 and offers the possibility of wide-spread distribution.

The present volume contains the texts of the four plenary papers and 98 papers recommended for publication in an alphabetical order, by the name of the first author.

We are glad to say that there is great interest for the forum representing the whole Carpathian basin. This year – in addition to Hungarian, Upper Hungarian (Felvidék) and Transylvanian speakers – we could welcome Brasilian, Vietnamese,

Egyptian and Italian students studying in Budapest, who presented the results of their latest research in English (their papers are published in English, Hungarian abstracts are added).

This year the number of papers with multiple authorship is high -. the volume contains 102 papers of altogether 176 authors, covering all technical fields (mechanics, robotics, materials science, safety and security sciences, informatics, energetics, vehicle industry, architecture, agrarian sciences, etc.), the results of technical education and interdisciplinary research are added, too. The authors come from 19 universities, 13 research institutes and ten of them from industry.

The volume and the individual papers are available on-line at the homepage of the Erdélyi Digitális Adattár (Transylvanian Digital Database): http://hdl.handle.net/10598/29009.

We would like to acknowledge the participation of all who have contributed to the success of the session, read interesting lectures and handed high-level papers for publication.

We would also like to acknowledge the selfless work of experts who were ready to evaluate the papers, this way assuring the high professional level of the present volume.

We are convinced that the volume will be interesting also for specialists who could not be present at the session.

*Cluj, March 2016*

*Bitay Enikő*
president
Technical Sciences Department
Transylvanian Museum Society

*XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 31–35.* *DOI: 10.33895/mtk-2016.05.01*
*http://hdl.handle.net/10598/29056*

# HA MOST KEZDENÉM…

# IF I WOULD RESTART NOW

Gyulai József

*MTA Energiakutató Központ, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet (MFA), valamint BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Elektronikus Eszközök Tanszék*
*Elérhetőség: 1525 Budapest, POBox 49, Magyarország; gyulai@mfa.kfki.hu*

## Abstract

No more vital goal of today's science can be defined but to figure out, if at all, how can 7-10 billion people live on Earth without vitally destruct or interfere interdependent net of living creatures. Recycling economy seems a key. To achieve this goal enormous computing power is needed. A review is given, also from personal experience, on development of semiconductor integrated technology, Moore's Law and its transformation into information technology (IT) and its outlook for near, maybe foreseeable future. Finally, some personal tactical advices to young students and researchers is given at a start of a career in science.

***Keywords**: recycling economy, information technology and its fertilizing power in other fields of engineering, advices to future scientists.*

## Összefoglalás

Aligha lehetne fontosabb célt adni a mai tudománynak, mint annak vizsgálatát, hogy élhet-e és, ha igen, hogyan 7-10 milliárd ember a Földön anélkül, hogy az élőlények összefüggő láncolatát végzetesen megzavarja. A reciklizáló gazdálkodás jelentheti a kulcsot. A félvezető integrált áramkörök fejlődésén keresztül mutat a szerző etikus lehetőségeket, a nanotudományt is beleértve, a cél elérésére. Végül, néhány személyes tanácsot adna a tudományos életformába most induló fiataloknak.

***Kulcsszavak:** reciklizált gazdaság, a félvezetőktől az információs technológiáig, a Moore törvény; tanácsok induló fiataloknak.*

## 1. Bevezetés

A Római klub indította el azt a tudatos gondolkodást, amely a Föld lakhatóságának fenntartását tudományos alapokra helyezte. Ez mindmáig olyan kérdés, amely – mint a búvópatak – hol jól látható, hol háttérbe szorul olyan problémák miatt, amelyek sokszor csak látens módon, de ezzel az alapkérdéssel függenek össze. Élhet-e és, ha igen, hogyan 7-10 milliárd ember úgy, hogy nem teszi tönkre az élőlények egymást éltető láncolatát. A tudomány csak humánus megoldásokat ajánlhat, csak azokat vizsgálhatja.

Induljunk ki abból, hogy mit is értünk mai természettudományon? Az alaptudományokról szokták mondani, hogy azok „kíváncsiság-vezéreltek". Az alapkutatóktól nem lehet elvárni, hogy felmérjék az eredményeik gyakorlati hasznát. Ha mégis, akkor azt a saját elfogult értékrendszerükben teszik. Amikor Archimédesz lelkesedésében, amúgy a kádból kiugró ruhátlanságában kirohant az agorára, aligha gondolt arra, hogy a hajóépítés alaptörvényét fedezte fel. Az alapkutatók ui. a kísérleteik során kénytelenek a vizsgált jelenséget megszabadítani az értelmezést gátló körülményektől, lemezteleníteni azokat, hogy az akkori,

pl. matematikai apparátussal leírhassák, értelmezhessék a jelenséget. A velük ritkán azonos személyek, a kongeniális kutatómérnökök kellenek ahhoz, hogy felismerjék egy-egy tudományos eredmény fontosságát és a közben fejlődött értelmezési, pl. matematikai módszerekkel megpróbálják „visszszabonyolítani" a törvény által lefedett jelenséget. Megkísérli visszailleszteni leírásba a korábban kényszerből elhanyagolt másodrendű hatásokat és ezzel megteremteni annak a lehetőségét, hogy a törvény alapján eszközök, termékek, járművek, hidak, stb. készülhessenek, amelyek kellően megbízhatóak is ahhoz, hogy akár az életünket is rájuk bízzuk. Ez a jó százéves munkamegosztás a kutató és a kutatómérnök között alapozta meg a modern ipari társadalmat.

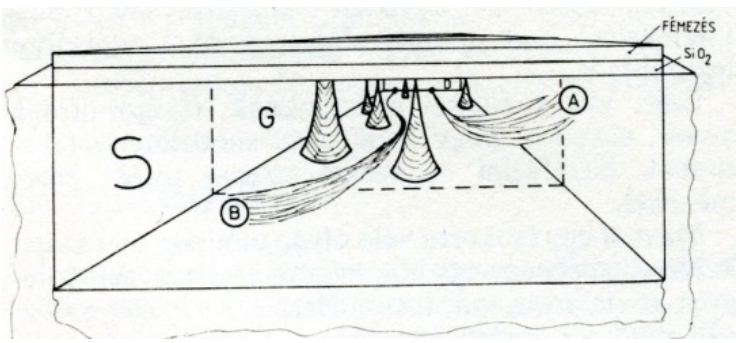
### 1.1. A technológiák típusai

A technológiáknak alapvetően két típusa van: a „top-down" lebontó és a „bottom-up" építkező technológia. A legősibb az első: a pattintott kőszerszám ebbe a csoportba tartozik. Ki kell emelni, hogy ehhez is alapos gyakorlati tudás kellett: Hogyan kell ráütni az obszidiánra, hogy kagylósan törjék, éle legyen a hajítókőnek. De mindmáig nélkülözhetetlenek az ilyen típusú technológiák – pl. az esztergálás. Ezek azonban energetikailag nem kedvezőek. Például az esztergálásnál billiószám szakítjuk fel az egyenként elektronvolt nagyságú kötési energiákat, amelyet a munkadarab káros, de legalábbis felesleges melegedése jelez. Sokkalta kedvezőbben lehetnek az építkező technológiák, amelyeknél akár atomosan építhetjük fel a kívánt szerkezetet. Ennek klasszikussá vált megfogalmazását R. P. Feynman adta az American Physical Society ülésén tartott előadásában: "There's plenty of room at the bottom." [1]. Ma az „atomi réteg" leválasztás (ALD), vagy a „molekulasugaras epitaxia" jelenti ennek egyik legpontosabb megvalósítását, de a biológiai markerek elhelyezése talán még újabb változat. A mai nanotudomány, nanotechnológia preparatív eljárásai is az építkező technikákon alapszanak.

Az anyagtudomány modern eredményeit, kihívásait az **1. táblázat**ban foglaljuk össze – anyagcsaládonként és ipari célok szerint (a vastagítás a legfontosabb új területekre utal).

## 2. A félvezetők és az integrált áramkörök – a „Moore törvény"

A tranzisztort tartjuk a 20. század legnagyobb hatású találmányának, amely az elektroncső félvezető-analogonja: az atomok által kifeszített (vákuum?) térben zajlanak le a vezetési folyamatok, mint egy, a hetvenes években készített rajzunkban (**1.ábra**):




**1. ábra** *Tranzisztorban zajló vezetési folyamatok*

**1. táblázat.** *Ipari trendek az anyagok világában*

| | **Infotechnol.** | **Energetika** | **Közlekedés** | **Gépipar, építőipar** | **Kémia, agro-, bio-ipar** | **Gyógyászat** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Félvezetők** | Si, SiGe, $A_xB_5$, szén nanocső, **grafén, más 2D anyagok, $MoS_2$** | **Kék LED** Teljesítményelektronika, SiC | | Napelemek **a világítás forradalma** | Organikus félvezetők | Aktív implantok **Mikrofluidika, adagolók, lab-on-chip** |
| **Szerkezeti kerámiák** | átlátszó kerámiák | Turbinák, csapágyak | Motorok ("1-2 l-es") | motorok, szerszám, kemény bevonatok, gépek | | Protézisek |
| **Funkcionális kerámiák** | Szenzorok, Szupravezetők | Tüz.ag cella, magas hőm. szenzorok, akku, szupravezetők? | | Szenzor, nanomegmunkálás | Szenzorok, beavatkozók. | Idegstimulátorok |
| **Optikai, fotonikai anyagok** | Hullámvezető, "photonic bandgap", metaanyagok | Kisfogyasztású elektronika, LED, lézer (GaN), kisüléses lámpa **a világítás forradalma** | | Monitorok | Távirányítás | Mesterséges érzékszervek |
| **Polimerek** | low, high k, CD, memóriák szigetelők | napelemek, szigetelők | járműipari igények szerint | hőálló és terhelhető polimérek (300-500 km önhordóképesség!), "smart" aktív anyagok | | Peptidek, lipidek, "nanomedicina", önszerveződő és biokompatibilis, "smart" anyagok, "biomimetika" |
| | **a világítás forradalma: OLED, PLED** | | | | Membránok, önszerveződés, kopolimérek, nanokompozitok | |
| **Fémkutatás** | Tiszta fémek, **Cu**, Au, W, Ta, stb.), szupravezetés | Könnyű fémötvözetek, kompozitok, "smart" aktív anyagok, acélok, **fémhabok** | | | Korrózióálló ötvözetek | Kompozitok, Protézis elemek, "smart" aktív anyagok |
| **Nanoszerk. anyagok** | Mágneses , piezo nano szerkezt, kv.komputer energy harvest, **grafén** | Turbinák | fullerénszerűek, CN, BN, gyémánt | | Genom | Protézisek, biokompatibilis fullerénszerűek, gyémánt **Bioszenzorok** |
| | | | Teherbíró és korrózióálló szerkezeti anyagok, bevonatok | | | |
| **Többfunkciós Mikromegmunkálás, MEMS + nano** | Adaptív optika | Önoptimáló anyagok | Intelligens távolság tartók, fékek, útközök, biztonság | Intelligens szersz., Intelligens házak | Intelligens gépek, GPS-vezérlésű | Intelligens implantok, "smart" aktív anyagok bekapcsolásával, mesterséges érzékszervek |
| | intelligens „homok", „mote' érzékelők telekommunikációval **a szenzorok és beavatkozók (sensors and actuators) 'forradalma'** Metaanyagok (negatív permeabilitás?); | | | | | |

Itt az **S** (source) a töltéshordozók, pl. elektronok forrását, a **G** (gate) a vezérlő elektróda alatti teret jelöli. A vezérlés a „**Fémezés"**-re adott feszültség végzi, amelynél egy vékony $\mathbf{SiO_2}$ szigetelőréteg gondoskodik a vezérlő térerősség csatolásáról. Az elektronok a szemben, a mélyben lévő **D** (drain) részbe repülnek. A „cseppkövek" léte és száma szabja meg a működés feszültségtartományát (ezeknek a „stalaktitszerű" rácshibáknak egyedi ionok belövésével („ionimplantáció") való reprodukálható létrehozásának „ipari technológiává" alakításában volt személyes szerepünk [2]).

Már a hatvanas évek közepén észlelte G. Moore, később az Intel kereskedelmi igazgatója, hogy az előállítási technológia exponenciális tempóban fejlődik, ami az egyetlen kis szilíciumdarabon létrehozott tranzisztorok számát, ezzel együtt az ott elvégezhető logikai műveletek számát jelenti. Ez akkor évente kétszereződött, de még ma is másfélszereződik. Ez „törvény" valójában gazdasági törvény semmint műszaki: a piac igényét közvetíti az elektronikai iparnak, amit az – előreláthatólag 2025-ig – teljesíteni tud csúcstechnológiai teljesítménnyel.

Amit még ebben a témában elmondunk, az az, hogy a mikro-, illetve ma már a nanoelektronika teljességgel behálózza a teljes civilizált életet: a gépipartól a biotechnológiáig, a pénzügyi szektorig és a szociológiáig, az emberi társadalom modellezéséig.

Az alkalmazások egy fontos és kevéssé ismert eleméről szólunk pár szót. Egy mai integrált áramkörben – természetesen – jelen van a tápegység, a memória és a logikai műveleteket végző, milliónyi tranzisztorból álló processzor, mint „klasszikus" elem. Ma, amikor a hordozhatóság, mobilitás alapvető igénnyé vált, a rendszert integrálni kellett a távközlést, távkapcsolatot biztosító hírközlő elemmel, de ami teljesen újszerű, a szabályozás feladatainak ellátása alapvetően igényli az „érzékelők" és a feldolgozott jelekkel vezérelt „beavatkozók" integrálását is! Az „érzékelés" teljesen általános: bármilyen fizikai, kémiai, sőt, biológiai folyamat futását, azaz reakciótermékeit figyeli, de „érzékelőről" valójában akkor beszélünk, ha a folyamat figyelése, a reakciótermékek gyűjtése csak „észrevehetetlenül" (non-destructive módon) módosítja a folyamat futását.

Ez a kevéssé ismert terület a „mikroelektromechanikai rendszerek" (MEMS, Microelectromechanical System) belépése, amelyek az integrált áramkörök előállításánál használt fizikai, kémiai előállítási technikákat nem az elektromos viselkedés beállítására, hanem például mechanikai tulajdonságok érzékelésére használják. Ennek első, tömegesen használt eleme lett a gyorsulás/lassulás érzékelő, egy vékony nyelv, amelynek lehajlását figyeli az érzékelő. Ez lett a gépkocsik légzsákjának „lelke". A MEMS technológiák fő előnye, hogy egyetlen, 20-30 cm átmérőjű szilíciumszeleten egyszerre készül akár tízezer, egymással tizedszázalékra azonos tulajdonságú elem. Ez lett a „nyerő" és ezzel vált éppen a légzsák biztonságos eszközzé. Ezek a megbízhatósági tulajdonságok eredményezték, hogy ma már sok területet meghódított a MEMS, amely „csak" a mikrométeres világot meghódító technika (amelybe a mi régiónkból is be lehet kapcsolódni) – szemben a nanoelektronikával, amely nanométeres tranzisztorok milliárdjainak reproduktív előállítását követeli. Egy sikeres példa: a „lab-on-chip" sok-sok változata, aminél egyetlen, pár $mm^2$-es lemezkén egy teljes, például biokémiai reakciót és a megfelelő reagenseket, majd a gyógyszeradagolást is meg lehet valósítani. Ha kell, a testbe is beültethető, azaz „biokompatibilis" módon.

### 2.1. A hamuba' sült pogácsa…

A cikk szerzője sok-sok szerencsével megsegített nemzetközi karrierje tanulságait is szeretné megosztani a tisztelt Olvasóval. Ahhoz a közmegegyezéshez szívesen csatlakozik, hogy a sikeres karrierhez három

dolog vihet: tehetség, szorgalom, szerencse. Ebből bármelyik kettő együttese elég lehet – egy azért kevés. De meggyőződése, hogy – ahogy a művészetekben, sportban – vannak megtanulható, megtanulandó „mesterségbeli" elemek, amelyek emelik a siker esélyét. Ezek figyelembe vétele révén javítani lehet a tehetségen, segíteni lehet a szorgalom hatásait és segítenek „észrevenni" a szerencse leghalványabb kacsintásait is.

Fontos észbe vésni, hogy a tudományos együttműködés bizalmi kérdés, nem lehet keresőprogramokkal helyettesíteni.

- Tehetségpótlás:
  - Vizsgálj meg minden eredményt, magyarázatot a fonákjáról is, akadhatsz nem-konvencionális gyöngyszemre, de nehéz sorod lesz;
  - Ebédelj együtt a versenytársaiddal – adj, hogy kapj információt,
  - Figyelj a véletlenekre.
- Szorgalompótlás:
  - Beszélgess, figyelj a konferenciákon – szinte pótolja az irodalmazást, aki a témáját a szakirodalomból próbálja meríteni, az eleve sok-sok hónapot késik;
  - Légy vonzó a szorgalmas, modernebb tudású diákjaid számára;
  - Te írd meg a szakmád monográfiáját (jó társszerzőkkel?);
  - Legyen egy saját adatbázisod a gyakran elfelejtett szavak, fogalmak visszakeresésére.
- Szerencsepótlás
  - Tanuld meg a neveket, a partnereid házastársaiét, gyermekeiét különösen – legyen ezekről évek múlva is előhúzható jegyzeted;
  - Építsd a kapcsolatokat – főleg azok emberi, erkölcsi oldalát;
  - Nehogy anyagiasnak tűnj!
  - Légy figyelmes, udvarias, de semmiképpen se édeskés, hajbókoló.

## 3. Összefoglalás

A cikk rövid kivonata a tervezett előadásnak és így igyekezett néhány kevésbé ismert területen bemutatni, hogy az IT eljárások mennyire átszövik a teljes műszaki világot. Végül néhány tanácsot ad azon fiataloknak, akik erre a munkás, de az emberiség életére vitálisan kiható szakmára éreznek hivatást és vállalják az életre szóló kihívást. Az előadás további példákkal szolgál.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] R.T. Feynman: *American Physical Society lecture*, Caltech, Pasadena, 1959. dec. 29.

[2] Pl. J. Gyulai: *Damage Annealing in Silicon and Electrical Activity, in Ion Implantation*. Science and Technology, Ed. J.F. Ziegler, Academic Press, New York, 1984, pp. 139-184.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 37–44.
http://hdl.handle.net/10598/29040
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.02

# A KÍSÉRLETEK TERVEZÉSÉNEK MÓDSZEREI

# METHOD OF EXPERIMENTAL DESIGN

M. Csizmadia Béla

*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechanika Tanszék, 2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly u. 1, Tel:+36-28-522-000/1423, csizmadia.bela@gek.szie.hu*

## Abstract

Experiments are needed for every research studies. However, they are missing or sometimes accuracy is not enough. In this work the necessity of experiments are shown. The most common mistakes of experiments and possibilities of avoiding them are also shown. The main question is not only the measurement method but can be the phenomenon described with an empirical function. A few methods are described for single and multi-variable case for modelling the phenomenon and checking the accuracy.

***Keywords**: measurement, experiment, empirical function, deviation*

## Összefoglalás

Minden kutatáshoz kísérleti vizsgálatok szükségesek. Ugyanakkor ezek egy része vagy elmarad, vagy esetenként hibákkal terhelt. A cikkben a szerző fel kívánja hívni a figyelmet kísérletek végzésének szükségességére, a leggyakrabban előforduló hibákra és ezek elkerülésére. Néhány módszert mutat be, amellyel egy és több változós esetben nem a mérést, hanem a jelenséget le lehet írni empirikus függvénnyel, ellenőrizni lehet annak helyességét. Mindezt előre tervezetten, a lehető legkevesebb munkával, azaz hatékonyan elvégezve.

***Kulcsszavak:** mérés, kísérlet, empirikus függvény, hiba*

## 1. Bevezető gondolatok

A kutatási feladataink megoldásához valamilyen *modellt választunk*, amelyet analitikus, numerikus (pl. [3], [9)] vagy kísérleti módszerrel ([8]) oldunk meg. Annak eldöntése, hogy a választott modell a kívánt pontossággal leírja-e a kutatott jelenséget, csak valamilyen kísérleti vizsgálattal válaszolható meg. Ez elkerülhetetlen.

A kísérleti folyamatot pedig meg kell tervezni. Egy kísérlet megtervezésének és végrehajtásának folyamata igen összetett: a jelenséget leíró vizsgálati paraméter kijelölése; a vizsgálati paraméterekre hatással lévő legfontosabb jellemzők, az u.n. faktorok kiválasztása; a matematikai és kísérleti modellalkotás [6], modelltörvények meghatározása; kísérleti terv megalkotása; az eredmények használhatóságának megítélése; és a kísérlet értékelése. Ehhez tartozóan mindenekelőtt el kell döntenünk, hogy mit kezdünk a kísérleti eredménnyel. Vajon

1. egy új vagy speciális anyag anyagtörvényeit akarjuk meghatározni, vagy;
2. egy számítási modell helyességéről szeretnénk meggyőződni, vagy;
3. a modell alkalmazhatósági határait kell eldöntenünk.

Ez meghatározza a következő lépéseket, amelyek mindegyikét végig kell gondolnunk. El kell dönteni, mint írtuk, mit, minek

a függvényében kívánunk mérni, azaz az elhanyagolandó hatásokat rögzíteni kell. *„Azon feltételek meghatározása, amelyek hatással vannak a kísérletre, nem triviális probléma. Éppen ellenkezőleg, a kutató művészete nagyrészt ebben áll”* írta Wigner 1949-ben [4]. Ebből következik, hogy a leendő eredményeink alkalmazhatósági határait is meg kell állapítani, bármilyen is az eredeti célunk. Ez nem csak egy szubjektív döntés eredménye, hanem a mérés és a modell pontosságának elemzését teszi szükségessé. A szubjektív döntés lehetséges és szükséges, azaz intuíció nélkül nehézkes dolgozni, de minden feltételezést igazolnunk vagy cáfolnunk kell. Ezeknek az *igazolásoknak a módszeréről beszélünk* majd a továbbiakban.

Ezt követően a vizsgálati cél által meghatározottan az eredmények szükséges pontosságáról kell döntenünk, és ehhez kell meghatároznunk a mérési és kiértékelési módszereket, valamint a számítások pontosságát. Ugyanakkor ezek teljesülését ellenőrizni kell. Végül a kísérleti tervet kell megalkotni. Vegyük sorba ezeket a kérdéseket!

A *mit, minek a függvényében* kérdéskörben a vizsgálati paramétert úgy kell megválasztani, hogy az mennyiségileg leírja a jelenséget és a kiválasztott változók egymástól függetlenek legyenek. Ugyanakkor célszerű, bár nem mindig megvalósítható, hogy ezek lehetőleg dimenzió nélküli mennyiségek legyenek. Ezzel elérhető, hogy az eredmények alkalmazhatósága szélesebb körű lesz, és a modelltörvények is meghatározhatókká válnak. A modelltörvények a modellalkotásnál felhasznált hasonlósági tényezők kapcsolatát adják meg és a kísérleti eredményeknek a valóságos jelenségre való átszámítását, teszik lehetővé. Ez elsősorban akkor szükséges, ha nem lineáris rendszerekről van szó. A modelltörvényekhez az egyenletanalízis, vagy a dimenzióanalízis segítségével juthatunk el.

A *kísérleti eredmények pontosságának* meghatározása döntő jelentőségű, és sajnos sok kutatásnál elmarad, így felhasználhatóságának határai, sőt egyáltalán a használhatósága is kérdésessé válhat. Ehhez kapcsolódik a keresett, a jelenséget leíró függvény jellegének meghatározása. Ezekről részletesebben szólunk. A hibák közül csak a véletlen hibákat vizsgáljuk, a függvényeket pedig csak akkor, ha annak jellege ismeretlen.

## 2. Modellalkotás

A bevezető gondolatok megmutatták, hogy a kutatás legfontosabb indító lépése a modellalkotás. Mivel a továbbiakban az ezzel kapcsolatos kérdésekre többször hivatkozunk, először röviden összefoglaljuk a modellalkotás alapelveit és az ebből következő mérnöki elveket.

I. alapelv: Sohasem szabad túlhangsúlyozni egy-egy vizsgálódásunknál az elmélet vagy a kísérlet szerepét. A kettőt együtt alkalmazva juthatunk kielégítő eredményre.

II. alapelv: A valóság részekre bontható és a részekről a nélkül is szerezhetünk ismereteket, hogy az egészet megvizsgálnánk.

1. mérnöki elv: A cél, és az így kialakított modell meghatározása után tisztázni kell, hogy mit minek a függvényében kívánunk elemezni.

III. alapelv: A természettörvények térben mindig állandóak, a mérnöki „törvények” mindig korlátozott érvényűek.

2. mérnöki elv: A modell és a kapott eredmények alapján meg kell határozni a modell alkalmazhatósági határait.

IV. alapelv: A modellt a vizsgálati cél is meghatározza.

V. alapelv: A megalkotott modelljeink elemzése, megoldása során kapott eredményeket mindig össze kell vetni a valósággal és a kitűzött céllal, és ezek alapján dönthető csak el, hogy helyes-e a megalkotott modell.

3. mérnöki elv: Az a jó modell, amely a lehető legegyszerűbb, de a célnak megfelelő pontossággal közelíti a valóságot.

A modellalkotás felsorolt elvei minden modellre érvényesek, az analitikus, a numerikus, a kísérleti, a matematikai modellekre egyaránt igazak.

Az összefoglalt elvek bemutatása után térjünk rá a kísérleti tervek néhány lehetséges módszerének bemutatására. Valamenynyi kutatás során a „mit minek a függvényében vizsgáljunk" kérdésére válaszolva *többváltozós* problémával találkozunk. A kísérleti vizsgálatoknál klasszikus módon azt az eljárást szokták követni, hogy egy változó hatását vizsgálják a jelenségre, míg a többit állandó értéken tartják. És ezt ismétlik minden változó esetén. Így egyváltozós feladatok sorává redukálják a kísérleti vizsgálatot. Ez egyrészt rendkívül sok mérést tesz szükségessé, másrészt sok információ-vesztéssel járhat, mivel az egyes változók kölcsönhatásairól (változók szorzataitól való függésről) nem kapunk információt. Egyrészt ezt gyakran alkalmazzák, másrészt pedig az itt bemutatott vizsgálati módszerek többváltozós esetben is alkalmazhatók, ezért vizsgáljuk először ezt az egyváltozós, illetve egyváltozóssá redukált esetet!

## 3. Egyváltozós kísérleti terv

### 3.1. A kísérleti beállítások meghatározása

A jelenséget leíró függvény olyan kell, legyen, hogy a kísérlet megismétlésekor is ugyanazt az eredményt kapják és az igényelt vizsgálati tartományban legyen érvényes. Ezt figyelembe véve határozzuk meg a kísérleti beállítások számát. Legyen az *y* a vizsgálati paraméter, az $x_i$ a jelenséget meghatározó faktorok. Jelöljünk ki továbbá a jelenségnek az i. faktor függvényében való leírásához *N* kísérleti beállítást, azaz $y = y(x_{1o}, x_{2o},\ldots,x_{ij},\ldots.x_{no})$ j = 1,2…,*N*. Mind az *N* kísérleti beállításnál *n* mérési ismétlést végezzünk. Határozzuk meg szokásos módon ([7], [10]) mind az *N* kísérleti beállításhoz az $s_j^2$ szórásnégyzeteket. Ezt követően vizsgáljuk meg az *N* kísérleti beállításhoz tartozó szórásnégyzetek azonosságát F-próbával, vagy $\chi 2$ próbával. Ez az azonosság azt jelenti, hogy ellenőrizzük, vajon *minden tapasztalati szórás ugyanazon elméleti szóráshoz tartozik-e*, ami azt mutatja meg, hogy ha minden esetben végtelen ismétlést végeztünk volna, pontosan, számszerűen egyező szórásokat kapnánk. Ha nem találunk egyezést, az azt mutatja, hogy valamilyen más hibaokozó hatás is fellépett valamelyik kísérleti beállításnál. Mi lehet ez a más hibaokozó, amikor nyilván azonos mérőműszerrel, azonos módszerrel végeztük el valamennyi méréssorozatot? Egy hibaokozó lehet csak ez, a jelenség változása! Ugyanis a kísérlet megtervezésekor eldöntöttük, hogy mit minek a függvényében mérjünk. Csakhogy a világ egy részét ragadtuk csak ki (III. alapelv), azokat a változókat, amelyek megítélésünk szerint meghatározzák a vizsgált jelenséget. A többit elhanyagoltuk, és ezek jelenléte, változása csak a mérés hibáját növelte. Ha ez a hibaokozó hatás valamelyik kísérleti beállításnál az előzőekhez képest megnő, akkor itt ezt a figyelembe nem vett faktort nem hanyagolhatjuk el. Azaz ilyen helyen már a jelenséget nem írhatjuk le az előzőekkel azonos módon. Ekkor fel kell kutatni, melyik ez a kísérleti beállítás és ezt vagy ki kell zárni a méréssorozatból, ezzel szűkítve a faktorteret, vagy a hibát növelő tényezőt is be kell venni a kísérleti vizsgálatba.

Mindezek után meghatározható az $x_i$ teljes vizsgálati tartományára vonatkozó, hibát meghatározó $s_y^2$ szórásnégyzet, súlyozott átlagszámítással, valamint a méréssorozat hibáját a Student próba segítségével:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N} f_j s_j^2}{f_0},\ f_0 = \sum_{j=1}^{N} f_j,\ \Delta y = t s_y,$$

ahol $f_j$ az egyes kísérleti beállításokhoz tartozó szabadságfok (esetünkben $n_j$-1), ami különbözhet az egyes kísérleti beállításoknál, mivel pl. durva hiba miatt a méréssorozatból valamelyik eredményt ki kellett zárni. Ennek ismeretében dönthető el, hogy a kísérleti vizsgálataink az elvárt pontossággal írják-e le a jelenséget!

### 3.2. A jelenséget leíró függvény

Ezek után azzal kell foglalkoznunk, hogy az egyes kísérleti beállításoknál számítható várható értékekre milyen függvényt illesszünk. Természetesen, ha a jelenség ismert, azaz biztosan lehet tudni, hogy lineáris, vagy exponenciális, vagy valamilyen más ismert függvényt kell kapnunk, nincs probléma. Viszont nagyon sok esetben teljesen ismeretlen a függvény jellege. Ekkor az a szokásos gyakorlat, hogy pl. valamilyen hatványfüggvényt illesztenek a vizsgálatot végzők a pontsorra, és kiszámítják az R korrelációs együttható négyzetét, az $R^2$-et. Ha ez egy bizonyos érték felett van, elfogadják és közlik az eredményt. Mindez lehet egy *szükséges feltétel*, vagy egy görbe illesztés pontosságára vonatkozó információ, de egy sor kérdés merülhet még fel. Biztos, hogy valahányad fokú függvénnyel lehet leírni a jelenséget? És ha más kutató, azonos körülmények között megismétli az adott méréssorozatot, ugyanazt a függvényt fogja kapni? Ez a pontsorhoz illeszkedik adott, elfogadható, $R^2$ – tel jellemzett pontossággal, vagy a jelenséget írja le? Van-e az együtthatóknak fizikai tartalma? És így tovább!

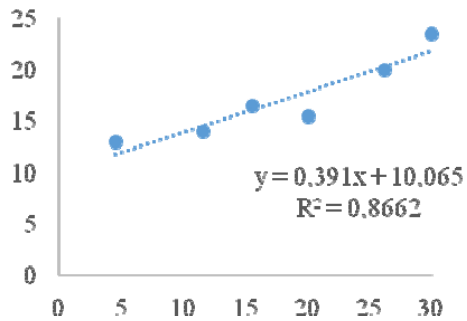
Ezekre a kérdésekre válaszként azt is elemeznünk kell, hogy milyen legyen az az f(x) függvény típus, amellyel megközelíthetjük a jelenséget. A választás helyességének ellenőrzéséhez meg kell határoznunk az illeszkedési szórásnégyzetet:

$$s_{ill}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N} \left[\overline{y_j} - y\left(x_{ij}\right)\right]^2}{f_{ill}}.$$

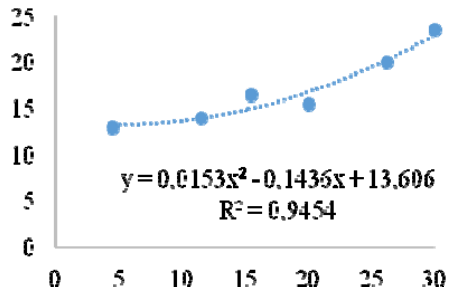
Ez azt mutatja meg, hogy az egyes kísérleti beállításokhoz tartozó mért középértékek milyen szórással illeszkednek az általunk kiválasztott, a jelenséget leíró f(x) függvényre. De hogyan válasszuk ki ezt a függvény típust, azaz a megfelelő matematikai modellt? Az a jó modell, amely a lehető legegyszerűbb és a kívánt pontossággal közelíti a valóságot. (3. mérnöki elv). Hogy mennyi a kívánt pontosság az a jelenségtől és a vizsgálati céltól függ. Hogy ezt menynyire tudom megvalósítani, azt a mérési sorozat $s_y^2$ szórása és az illeszkedési szórás határozza meg. A legegyszerűbb függvény pedig, a lineáris. Ezzel kezdve, a legkisebb négyzetek módszerével a kiválasztott függvény (most a lineáris) együtthatóinak meghatározása után, az illeszkedési szórásnégyzet is meghatározható. Akkor jó ez a modell, ha az illeszkedési szórásnégyzet és a mérési sorozat $s_y^2$ szórása azonos elméleti szóráshoz tartozik, amit F-próbával ellenőrizhetek

$$F = \frac{s_{ill}^2}{s_y^2} < F_{tábl}.$$

Ha ez nem következik be, akkor egy másik, a mérési pontsorra jobban illeszkedő függvényt kell választani egészen addig változtatva a függvény típusát, míg a szórási feltételeket teljesítő eredményt nem kapunk. Ezzel a jelenséget leíró függvény típusát és annak konkrét értékét is megkaptuk.




**1 a. ábra.** *Nagyobb mérési hiba (Δy=2,06)*



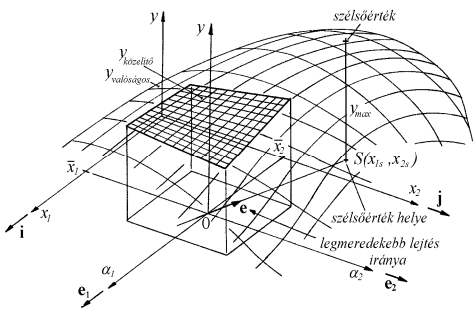

**1 b. ábra.** *Nagyobb mérési hiba (Δy=1,28)*

Az **1a. és 1b. ábrá**n, példaként, mutatunk be két olyan esetet, amelyeknél a kísérleti beállításoknál a méréssel meghatározott várható értékek ugyan megegyeznek, de a szórások különbözőek. Ha csak a mérési pontokra való illeszkedés jóságát nézzük, másodfokú függvénnyel kell közelíteni. A nagyobb hibák miatti **1a. ábra** esetében azonban a lineáris függvény jobban közelíti a jelenséget.

## 4. Többváltozós kísérleti terv: faktoriális kísérlet

A kísérleti terv és annak értékelése több változó esetén még inkább összetett feladat. Egy közelítő, jelenséget leíró többváltozós empirikus függvényt akarunk meghatározni. A műszaki gyakorlatban ilyen, a kísérleti eredményekből többváltozós empirikus függvény felírására ritkán vállalkoznak a kutatók.

A módszer lényege, hogy itt, bizonyos rendszer szerint, több változót egyszerre változtatunk meg és így hozzuk létre a kísérleti beállításokat. Ez azt jelenti, hogy csupán a faktortér sarokpontjaiban jelöljük ki az *N* kísérleti beállítást. Ennek megfelelően két faktor esetében 2x2, három faktor esetén 2x2x2, *k* számú faktor esetén $N= 2^k$ kísérleti beállítás mellett végezzük a méréseket. Az itt kapott átlagértékekre a legkisebb négyzetek elve alapján *faktorokban lineáris*, azaz a legegyszerűbb, mégis magasabb fokú *függvényt* illesztünk. Vizsgáljuk a legegyszerűbb esetet. Az *y* vizsgálati paraméterrel jellemzett jelenség $x_1$, $x_2$ faktoroktól való függését. Ezt a jelenséget írja le a **2. ábra** vékony vonallal megrajzolt felülete. Természetesen ezt nem ismerjük, éppen ennek megközelítése a célunk.




**2. ábra.** *A vizsgált jelenség és közelítő függvénye a faktortérben*

Ekkor a faktorokban lineáris függvény:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2$$

amit az ábrán a vastag vonallal jelzett közelítő függvény mutat a kijelölt u.n. faktortérben, azaz a vizsgálati tartományban.

Amennyiben a $x_1$ és $x_2$ koordinátarendszerben felírt függvényt transzformáljuk egy $\alpha_1$, $\alpha_2$ koordináta-rendszerbe (**3. és**

**4. ábra**) úgy, hogy a kapott függvény a teljes vizsgálati tartomány középpontjára vonatkoztatva szimmetrikus, normált és ortogonális legyen:

$$\sum_{j=1}^{N} \alpha_{kj} = 0 \qquad \sum_{j=1}^{N} \alpha_{kj}^2 = N$$

$$\sum_{j=1}^{N} \alpha_{kj}\alpha_{lj} = 0$$

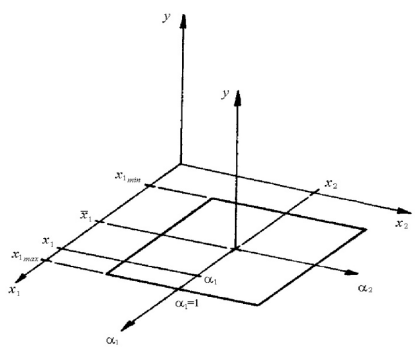
Ebben az esetben nagyon egyszerű eszközökkel meghatározhatók lesznek a matematikai modell együtthatói a legkisebb négyzetek elve alapján.

Ezt követően, az egyváltozós esetben leírt módszerekkel, a kísérleti beállításokban elvégzett méréssorozat elvégzését követően, ellenőrizzük a szórásnégyzetek egyezését F ill. $\chi^2$ próbával, meghatározzuk a transzformált faktortérben értelmezett közelítő függvény $s_y^2$ szórásnégyzetből meghatározható hibahatárát, valamennyi együttható létezésének szükségességét és a modell helyességét, amit az illeszkedési szórásnégyzet számításával tudunk megválaszolni:

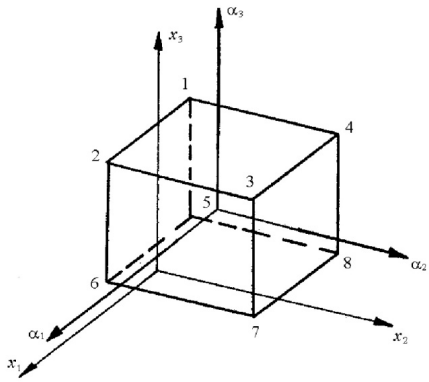
$$s_{ill}^2 = \frac{1}{f_{ill}} \sum_{j=1}^{N} \left[\overline{y_j} - \left(b_0 + b_1\alpha_{1j} + b_2\alpha_{2j} + b_{12}\alpha_{1j}\alpha_{2j}\right)\right]^2$$

ahol $f_{ill}$ az illeszkedési szórásnégyzethez tartozó szabadságfok:

$$f_{ill} = N - (k+1).$$




**3 ábra.** *A faktortér transzformációja kétváltozós esetben*




**4 ábra.** *A faktortér transzformációja három változós esetben*

Amennyiben jó volt az intuíciónk, azaz jól választottuk meg a faktorokat, jól vettük fel a faktor teret, és alkalmas a faktorokban lineáris modell a jelenség leírására, akkor az illeszkedési szórásnégyzet és a jelenség szórásnégyzetének egyezése az eddigi feltevéseinket igazolták. Jó tehát a jelenséget közelítő függvény. És ha a korábban számított $\Delta y = ts_y$ hibahatár is megfelelő a jelenség leírásához, a feladatot megoldottuk. Ha azt kapjuk, hogy a szórásnégyzetek azonossága nem áll fenn, akkor több lehetőségünk van a konkrét problémától függően. Vagy szűkítjük a faktorteret, vagy két részre bontjuk azt, vagy magasabb fokszámú matematikai modellt alkalmazunk, hasonló feltételek teljesedésével.

A módszer alkalmas egy lehetséges szélsőérték irányának a megkeresésére is (**2. ábrán** az **e** egységvektor) és további néhány, jól megtervezett kísérleti beállításnál elvégzett méréssel a szélsőérték megtalálható [2]. Mindez úgy, hogy faktorokban lineáris függvénnyel közelítettük a jelenséget.

## 5. Faktorválasztás, sokváltozós kísérleti terv: részleges faktoriális kísérlet

Amennyiben a jelenség vizsgálata, a megérzéseink, a szakirodalom, a korábbi tapasztalatok alapján nem tudjuk már az elején eldönteni, hogy melyek legyenek a döntő jelentőségű jellemzők, amelyek a meghatározzák a jelenséget, akkor jobban tesszük, ha számításba vesszük az esetleg később elhanyagolható faktorokat is. Természetesen így egy sokdimenziós faktortérhez jutunk, és nagyon sok (esetlegesen feleslegesen sok) kísérleti beállításban kell méréssorozatot végeznünk. Ez sok munkával járna. És mivel a mérnök annyira lusta ember, hogy mindig azon gondolkodik, hogyan lehetne a feladatot egyszerűbben megoldani (de mindig megoldja), más megoldáshoz kell folyamodnunk. Abból indulhatunk ki, hogy célszerű az egyszerű értékelés és a faktorokban lineáris empirikus függvény felírásának lehetősége érdekében az előzőekben bemutatott módszert követni. Ekkor azonban a sok faktor miatt sok, nagy valószínűséggel felesleges kölcsönhatást is számításba veszünk. Ezekről már a matematikai modell felírásakor lehet véleményünk. Ezen kölcsönhatások helyett új faktorokat vezethetünk be, azaz az u. n. részleges faktoriális kísérleti tervet [2] alkalmazhatjuk. Ez azzal az előnnyel jár, hogy az így kialakított kísérleti terv, hibás feltételezések esetén javítható úgy, hogy a kijelölt kísérleti beállításoknál elvégzett méréssorozatok továbbra is felhasználhatók maradnak. Másképp fogalmazva úgy tervezhetjük meg a kísérletet, hogy ha a szükségesen létező feltételezéseinkről kiderül, hogy hibásak, nem, vagy alig veszítünk méréseket, nem kell dupla vagy, az esetleges újrakezdések miatt, sokszoros munkát végeznünk. A részleges faktoriális kísérleti módszert itt nem mutatjuk be, mert igen összetett gondolkodásmódot követel és igazán csak példákon keresztül érthető meg.

Itt és most csak azt kívántuk felvillantani, hogy van olyan módszer is, olyan kísérleti terv, amely alkalmazásával rengeteg munkát megtakaríthatunk.

## 6. Összefoglalás

Egy kutatómunka végzéséhez az alkotó emberben meglévő javító szándék mellett konkrét ötletek, feltételezések, hipotézisek kellenek a vizsgált tématerületen [1]. A kutatás során ezeket a hipotéziseket kell igazolni, cáfolni, vagy újabb hipotéziseket felállítani.

A kutatási feladat megoldásához egy gondolkodásmódot kell elsajátítani, amelynek lényege a jó kérdésfeltétel és a kapott válaszokban való kételkedés, hogy a célnak megfelelően megközelíthessük a valóságot. Jó modellt találjunk és azt a lehető legpontosabban megoldunk.

Hiszen a kutatásunk megvalósítása során kérdéseket teszünk fel a természetnek és várjuk a választ. Ha rossz a kérdésfeltétel természetesen a választ sem arra kapjuk, amire várjuk. Ha jó kérdést teszünk fel, természetes módon remélünk is egy választ és szeretnénk, ha a természet adta válasz egyezne a hipotéziseinkkel. Ezért a félremagyarázás lehetőségének a csapdájába eshetünk. Tehát minden válaszban kételkednünk kell, ellenőriznünk kell a használhatóságát az adott kérdésre, és ha többszörösen ellenőriztük, csak akkor fogadjuk el igaznak.

Összefoglalva az elmondottakat a jó kérdésfeltétel és a válaszokban való megfelelő szintű kételkedés egy módszere a következő lépéseket kell, tartalmazza.

1. A kísérlet céljának egyértelmű, szabatos megfogalmazása:
   - a probléma műszakilag korrekt célkitűzésének megfogalmazása, a kísérleti modell megalkotása;
   - a kísérleti célkitűzés megfogalmazása

2. A vizsgálati paraméter meghatározása - dimenzió nélküli formában való megfogalmazás lehetőségének elemzése:
- kísérleti vagy komplex megoldást alkalmazunk;
- dimenzió nélküli formában való megfogalmazás lehetőségének elemzése;
- a vizsgálati paraméter közvetlenül mérhető, vagy ha nem, számítási módja a mért paraméterből.

3. A faktorok megválasztása:
- a jelenség fizikai elemzése, irodalmi adatok tanulmányozása;
- egyenlet- vagy dimenzióanalízis;
- a 2.2. pontban felsorolt feltételek teljesedése;
- hibaelemzés (mi okozhat a mérésnél hibát).

4. A faktortér meghatározása:

5. A matematikai modell megválasztása (lineáris, faktorokban lineáris, négyzetes, stb.), lehetséges faktorkölcsönhatások elemzése.

6. A kísérleti terv elkészítése
- egy kísérleti beállításhoz tartozó ismételt mérések számának meghatározása;
- előjelmátrix létrehozása, együtthatók számításának módszere;
- ellenőrzés a nullpontban.

7. A mérések végrehajtása
- a kísérleti beállítások sorrendjének meghatározása (véletlenszerűség);
- az alkalmazott mérőműszerek és módszerek kiválasztása.

8. Az eredmények használhatóságának elemzése

9. Hibás feltételezések esetén szükségessé váló javítások, korrekciók, további előre megtervezett mérések elvégzése.

10. Következtetések levonása.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Einstein: *Hogyan látom a világot?* Gladiátor Kiadó 1997. (Eredeti cím: Mein Weltbild, Amsterdam, 1934)

[2] Ádler-Markova-Granovszkij: *Kísérletek tervezése optimális feltételek meghatározására*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.

[3] Páczelt István: *Végeselem-módszer új lehetőségei*, Géptervezők IX. Országos szemináriuma, Miskolc, 1993. szept. 30-okt. 1.

[4] Wigner Jenő: *Szimmetriák és reflexiók.* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1972. Budapest, Invariancia a fizikai elméletben; Albert Einstein tiszteletére 1949. márc. 19-én Princetonban tartott ünnepélyen elhangzott előadás.

[5] *Akadémiai kislexikon*, Akadémia Kiadó, Budapest, 1989.

[6] Szűcs Ervin: *Hasonlóság és modell*, Műszaki könyvkiadó, Budapest 1972.

[7] Medgyessi-Takács: *Valószínűségszámítás, Műszaki matematikai gyakorlatok* (Szerk. Fazekas F.) C. V. kötete, Tankönyvkiadó, Budapest, 1957.

[8] Csizmadia-Koppány: *Mérés és modellezés*, főiskolai jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.

[9] Kovács-Moharos-Oldal-Szekrényes: *Végeselem-módszer*, Typotex, Budapest, 2011.

[10] Obádovics J. Gy.: *Valószínűségszámítás és matematikai statisztika*, Scolars Kiadó, Budapest, 2003.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 45–48.
http://hdl.handle.net/10598/29103
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.03

# GYAKORLATORIENTÁLT KÉPZÉS A MŰSZAKI FELSŐOKTATÁSBAN

# THE PRACTICE-ORIENTED EDUCATION IN TECHNICAL HIGHER EDUCATION

Rajnai Zoltán

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,*
*rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

Practice-oriented education combines academic theory and practical experience, and incorporates inputs from the business world in order to react in a flexible way to the rapidly changing needs of the labor market. Students benefit from the strong practical focus of their study programs as they acquire up-to-date, professional, real-world knowledge and skills. Internships, projects and partnerships with companies, non-profit organizations and the public sector are an integrative part of a practice-oriented curriculum. In this area we focus on the development of applied curricula, the introduction of competence-based teaching and learning, the establishment of cooperation between universities and economy/society with measures such as case study competitions and internships, and through the introduction of career centers and alumni networks.

***Keywords:*** *practice-oriented education, dual-education, practical experience*

## Összefoglalás

Gyakorlat-orientált oktatás egyesíti az elméleti képzést és a gyakorlati tapasztalatszerzést, és megismerteti az üzleti világot, hogy rugalmas módon tudjanak reagálni a munkaerőpiac gyorsan változó igényeihez. A hallgatók az erős gyakorlati képzésben részesülnek a tanulmányi programok teljesítése során, és professzionális, valós ismereteket és készségeket szereznek. Szakmai téren projektek, gazdasági társaságok, non-profit szervezetek és az állami szektor integrált része a gyakorlat-orientált tananyag. Az ezen a területen alkalmazott tantervek már a fejlesztésre összpontosítanak, a kompetencia alapú tanítás és tanulás kerül előtérbe a cégek, az egyetemek és a gazdaság, a társadalom elvárásainak megfelelően, és esettanulmányokkal, szakmai versenyekkel, valamint bevezetése révén a karrier központokkal és öregdiák hálózatokkal együttesen vannak jelen.

***Kulcsszavak:*** *gyakorlat-orientált oktatás, duális képzés, a gyakorlati tapasztalatok*

## 1. Bevezetés

A magyar felsőoktatásban elsőként – vállalati összefogással és támogatással – 2012 szeptemberétől gyakorlatorientált (duális típusú) képzés indult. A képzést az eddiginél lényegesen hosszabb vállalati gyakorlat, valamint a cégek és a hallgatók közötti sokkal szorosabb kapcsolat jellemzi. A szakemberek szerint a gyakorlatorientált (duális típusú) képzés bevezetése úttörő jelentőségű, és egyfajta megoldást kínál a felsőoktatás és a munkaerőpiac igényeinek összehangolására.

## 2. Duális képzés előzményei

A kifejezés tartalmának meghatározása első látásra egyszerűnek látszik: olyan képzési tartalmat jelöl, aminek birtokában a pályára lépő a lehető legsimábban, legrövidebb idő alatt képes bekapcsolódni a munkába, miután a munkaadó és a jelentkező közötti egyezség megszületett. Ugyanakkor tudjuk, hogy a foglalkoztatók többnyire nem képesek részletekbe menően meghatározni, hogy a képzők mit tanítsanak. A felsőfokú képzettség iránti tömeges igény következtében súlyos feszültségek keletkeztek a „szakmai alapok" elsajátításánál. A képzésbe lépők sokasága nem rendelkezik elegendő előképzettséggel a szakmai alapok befogadására, a képzők nem fejlesztettek ki olyan tudásátadási módszereket, ami erre alkalmas lenne.

A jelentkező felkészültségét akkor tartják megfelelőnek, - *a gyakorlatba bekapcsolhatónak* - ha már dolgozott, vagyis egyedül vagy másokkal együtt végzett olyan munkát, amelyet annak végeredménye (termékek/szolgáltatása) alapján lehet értékelni; s e munkavégzés során képes volt elfogadni a munkaszervezet által támasztott követelményeket, és ennek alapján odaadóan (motiváltan) tevékenykedni. Más szóval rendelkezik mindazokkal a szakmai alapokkal és kompetenciákkal, valamint a munkavégzéshez szükséges készségekkel ( „soft skillekkel"), amelyek együttesen a kezdő munkavállalót terhelhető, munkakultúrával-, azaz munkavégző képességgel rendelkező munkatárssá teszik.

### 2.1. Szakmai alapozás avagy gyakorlatorientált képzés?

A vállalatok és a felsőoktatási intézmények más-más szemszögből értékelik a képzés jellegét és hasznosulását, melyben a mély szakmai alapozás és a gyakorlati képzés ellentétben állhatnak. Mindkét formának megfogalmazhatók előnyei és hátrányai is.

– a vállalatok a képző intézményektől egyes konkrét létező pozíciókra való képzést várják el
– gyakorlottság elvárása. Ez az elvárás természetesen a pályakezdők esetében mérsékeltebb, de mindenképpen elvárás, a Bsc. képzésben résztvevők esetében a gyakorlatorientáltság.

A munkakör specifikus szakképzettség - *ha a jelölt kellőképpen motivált* – a hallgató és a foglalkoztató együttműködésében jön létre.

### 2.2. A duális (gyakorlatorientált) képzés fogalma

A gyakorlatorientáltság fogalmát a vállalatok, és az őket képviselő munkaközvetítők igen sokféleképpen fogalmazzák meg. Ezek között a legfontosabb az, amit gyakorlati érzékként fogalmaznak meg.

A vállalatok legtöbbször azt panaszolják, hogy „a mai ifjúság a hardveren nő fel, mármint az informatikai hardveren, „semmi kapcsolatuk nincs az anyaggal, mármint fával, papírral, vassal, nem érzi annak a nagyszerűségét, hogy valamit csinálok."

A műszaki és természettudományos pályákon általában azt veszik észre, hogy könnyebben, sikeresebben képezhetők azok, akik már valamilyen középfokú szakmában képzettséget szereztek, esetleg néhány évet el is töltöttek a munkában. Azt tartanák ideálisnak, ha a szakmák, a szakmai gyakorlottság mélységben is egymásra épülve van jelen. Ennek példája lehet, ha az üzemmérnök mindent tudna, amit egy technikusnak szükséges, s ez az egész sornyi tudástapasztalat megjelenne a tervező mérnök tudásában.

Ugyanakkor a munkaköri besorolás szempontjából a mérnökképzésnél ellentmondásosabb helyzetbe kerülnek: A feszültség azokban a munkaszervezetekben

várható, ahol tradicionálisan mérnökök, illetve diplomások és technikusi végzettségű munkavállalók dolgoztak együtt.

## 3. Duális képzés a járműiparban

A felmérések, kutatások azt mutatják, hogy a magyar gazdaság, ipar szakemberhiánnyal küzd. Sem a képzett szakemberek száma, sem képzettségük szintje és struktúrája nem felel meg az elvárásoknak. A felsőoktatás jelenleg nem tudja megfelelően kielégíteni a munkaerőpiac igényeit, kevés az ipari tapasztalattal rendelkező oktató, nem kínál elegendő lehetőséget a gyakorlati képzésre, és nem alakítja ki a vállalati munkavégzéshez szükséges attitűdöket. Ez komoly akadályt jelent az ipar fejlődése előtt, ezért merült fel egy olyan képzéstípus bevezetése, amely alkalmas arra, hogy ezeket a feszültségeket enyhítse.

Magyarországon a járműiparhoz kapcsolódva 2011-ben kezdődtek meg a képzéstípus bevezetésére irányuló előkészítő munkák, s ezek eredményeként 2012 szeptemberében a járműiparban beindult a gyakorlatorientált/duális típusú képzés.

A gyakorlatorientált/duális típusú képzés két lényeges pontban különbözik a hagyományos alapképzéstől. Másképpen alakul az oktatási félévek felépítése: míg a hagyományos alapképzésben a 14-15 hét szorgalmi időszakot öt hét vizsgaidőszak követi, a páros félévek után pedig nyári szünet van, addig a gyakorlatorientált/duális típusú képzésben minden szemeszterben a szorgalmi időszakot hathetes gyakorlat követi, melynek része a vizsgaidőszakban teljesítendő vizsga nap is. A hagyományos értelemben vett nyári szünet lerövidül, mert a nyári szemesztert követően újabb hathetes gyakorlat következik, ami után négy hét szabadság jár. A hallgató a képzési idő alatt jelentős időt tölt a vállalatnál – *meghatározott időbeosztással, ugyanúgy, mint minden munkavállaló* –, és a cégtől pénzbeli juttatást kap: ez a másik lényeges különbség.

A gyakorlatorientált/duális típusú képzésre jelentkezőknek két szűrőn is át kell jutniuk, hogy felvételt nyerhessenek. Részt kell venniük a cégek kiválasztási folyamatában, és jelentkezniük kell a felsőoktatási felvételi eljárásban is.

A gyakorlatorientált/duális képzés előnyös a vállalatnak és a hallgatóknak is, utóbbiak modern gyakorlati ismereteket szerezhetnek, megismerhetik a vállalat működését, részesei lehetnek mindennapjainak. Valódi problémákkal és megoldásokkal találkozhatnak, így már friss diplomásként olyan tapasztalatokra tehetnek szert, amelyek kiváló lehetőségeket biztosítanak a munkaerőpiacon. A vállalat pedig olyan szakembert kap, aki versenyképes diplomával, átmenet nélkül, azonnal – *több hónapos vagy akár többéves továbbképzés és további anyagi ráfordítás nélkül is* – rendelkezik a munkavégzéshez szükséges szakmai és személyes készségekkel, kompetenciákkal.

A 2016-os felvételi időszaktól a duális képzési szakok is már elérhetők a felsőoktatásban, és egyúttal az együttműködő partnerszervezetekről is információkat kaphatnak a felvételizők.

A számadatok azt mutatják, hogy a duális képzések kimagasló népszerűségnek örvendenek az intézmények és a vállalatok körében egyaránt. Bekerültek a duális képzési szakok a felvételi tájékoztatóba, és a „hagyományos" képzési forma mellett a duális képzési formában induló szakok is megtalálhatók a felvételi tájékoztatóban. A duális képzés vállalati „szűrője" a Duális Képzési Tanács, amelyik minősíti a jelentkező vállalati partnereket. Az ősztől induló tanévben 21 felsőoktatási intézmény nyolcvan alapképzési szakra benyújtott kérelmét fogadta el, így a felvételizők

ezekre a szakokra februártól már duális képzési formában is jelentkezhetnek.

Az intézmények összesen 30 különböző típusú alapképzési szakot indítanak duális formában műszaki, informatikai, agrár, és gazdaságtudományok szakterületeken. Az intézmények több mint 350 külső partnerrel (gazdasági szervezettel) kötöttek együttműködési megállapodást, amelyekhez a hallgatók beadhatják jelentkezésüket.

## 4. Összefoglalás

Magyarország afelsőoktatás rendszerében a nyugat-európai példákat követve – *elsősorban német példák alapján* – meghonosítja a gyakorlatorientált duális képzést. Ennek keretében a vállalatok, a felsőoktatási intézmények közösen vállalják, hogy a cégek igényeinek megfelelően alakítják, korszerűsítik a gyakorlatias jelleget, növelik a hatákonyságot, és elősegítik a végzettek könnyebb beilleszkedését. A képzések szeptemberi indításáig a Duális Képzési Tanács határozza meg azokat a követelményeket, amelyek a felsőoktatási duális képzésben a szakmai gyakorló helyként közreműködő vállalattól, szervezettől, illetve a gyakorlati képzésben résztvevő szakembertől elvárhatóak. A képzőhelyek minőségbiztosítása azért kulcsfontosságú, mert a duális képzésben a külső gazdasági szervezetek feladatai közé nemcsak a gyakorlati hely biztosítása tartozik, hanem a hallgatók formális képzése is. A testület egy kérdőíves elemzés segítségével minősíti a vállalatokat és az általuk biztosított képzést, az Oktatási Hivatal pedig a kérdőív kiértékelését követően veheti nyilvántartásba a gyakorlati képzőhelyeket.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] http://www.kormany.hu/hu/emberi-eroforrasok-miniszteriuma/felsooktatasert-felelos-allamtitkarsag/hirek/utjara-indul-a-dualis-felsooktatasi-kepzes

[2] www.koznev.hu/jovo-osztol-vezethetik-be-dualis-kepzest-egyetemeken

[3] http://www.innoteka.hu/cikk/uj_tipusu_gyakorlatorientalt_kepzes_indul_kecskemeten.298.html

[4] http://kefoportal.kefo.hu/dualiskepzes-start

[5] Tóth Péter, Ősz Rita, Hajnal Andrea (szerk.): *Új kihívások a felsőoktatásban és a pedagógusképzésben, III.* Trefort Ágoston Szakmai Tanárképzési Konferencia, Tanulmánykötet, Budapest, *ISBN 978-615-5018-90-9*

[6] www.3kconsens.hu/files/Tanulmany_SZFK_13_2008.pdf

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 49–56.
http://hdl.handle.net/10598/290159
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.04

# ÚJ ANYAGOK ÉS IRÁNYZATOK A TELJESÍTMÉNYELEKTRONIKÁBAN

# NEW MATERIALS AND TRENDS IN POWER ELECTRONICS

Kelemen András

*Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Villamosmérnöki Tanszék, 547367, Románia, Koronka, 1C; Telefon: +40-265-206210, kandras@ms.sapientia.ro*

## Abstract

The paper presents some key features of the wide-bandgap power semiconductor switches, that are expected to bring a new era in the design of power electronic converters. The challenges faced by the semiconductor technology involved are briefly discussed, and the increasing role in power applications of the SiC based devices is explained. Comparison of a Si-MOSFET and a SiC-MOSFET half-bridge module is made from the point of view of switching and conduction losses and heat management. The results clearly prove the benefits of the wide-bandgap switching devices, and we can expect that their application in high power converters will be one of the most significant future trends in power electronics.

***Keywords***: *power electronics, converter, wide-bandgap semiconductor, SiC technology*

## Összefoglalás

A dolgozat a széles tiltott sávú, nagyteljesítményű félvezető kapcsolóeszközök olyan előnyeit tárgyalja, amelyek révén az áramirányítók tervezésében gyökeres szemléletmód váltás várható. A térhódításukhoz vezető technológiai eredmények rövid ismertetése során rámutatunk arra, hogy napjainkban miért éppen a SiC eszközök terjednek leginkább a nagyteljesítményű alkalmazásokban. A dolgozatban egy Si és egy SiC félhíd típusú teljesítmény modul összehasonlítására kerül sor a kapcsolási és vezetési veszteségek, illetve a hűtési feltételek szempontjából. Az eredmények igazolják azt a várakozást, hogy a széles tiltott sávú félvezetők alkalmazása lesz a közeljövő egyik legmeghatározóbb irányzata a teljesítményelektronikában.

***Kulcsszavak:*** *teljesítményelektronika, áramirányító, széles tiltott sávú félvezető, SiC technológia*

## 1. A széles tiltott sávú félvezetők teljesítményelektronikai alkalmazhatósága

Az áramirányítók számos felhasználási területén a széles tiltott sávú kapcsolóeszközök bevezetése igen jelentős súly- és térfogatcsökkentést, hatásfoknövelést eredményez. Az anyagtudományi kutatások már hosszú ideje készítik elő ezt a lépést, de a megbízható, ipari alkalmazások számára hozzáférhető, széles tiltott sávú nagyteljesítményű kapcsolóeszközök megjelenése nagyon újszerű, és napjainkban nagyon látványos eredményekkel szolgál. Olyan intenzíven fejlődő ágazatok számára teremt ez kedvező konjunktúrát, mint az elektromos autók, és ezek töltőállomásainak fejlesztése, gyártása, illetve a megújuló energiaforrások hálózati csatlakoztatása, a leg-

több energiakonverziós folyamatban jelentős hatásfoknövelést helyezve kilátásba.

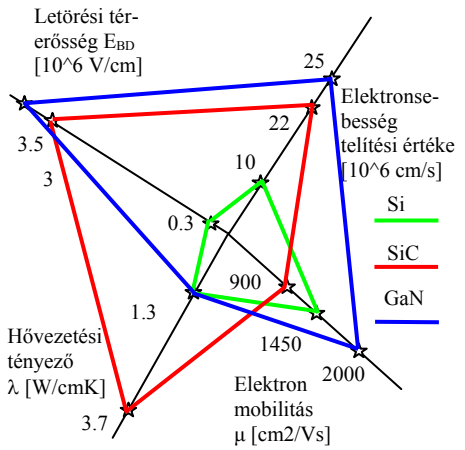
A széles tiltott sávú félvezető kapcsolóeszközök elterjedését nagymértékben meghatározza ezek gyakorlati alkalmazhatósága, illetve a gyártási technológia megbízhatósága és költsége. A SiC diódák már évek óta jelen vannak a piacon, és az áramirányítók sok területen hasznosítják ezek nagy kapcsolási sebességét és „zero recovery" tulajdonságát. A vezérelt kapcsolók gyakorlati alkalmazhatósága szempontjából az ú.n „normál nyitott" eszközök a kedvezőek, hiszen az áramirányítók tervezése és működtetése sokkal kényelmesebb és biztonságosabb olyan eszközökkel, amelyek nincsenek vezetésben amikor a vezérlő áramkörök nem aktívak. A vezérelt kapcsolóeszközök közül először olyan „normál zárt" struktúrákat sikerült megvalósítani, mint pl. a SIT (Static Induction Transistor) [5], [6], de ezek teljesítményelektronikai alkalmazása nehézkes. A SiC MOSFET kapcsolók megjelenése viszont nagy lendületet adott az áramirányítók fejlődésének, mert változatlan topológia mellett jócskán javítják ezek hatásfokát, csökkentik méretét, súlyát, illetve megoldhatóvá tesznek a Si eszközökkel megoldhatatlan feladatokat.

### 1.1. A félvezető anyagok teljesítményelektronikai szempontból meghatározó tulajdonságai

A széles tiltott sávú félvezető eszközöket a Si esetében megszokottnál nagyobb megengedett működési hőmérséklet, nagyobb letörési feszültség és kisebb vezetési és kapcsolási veszteségek jellemzik. Ezen tulajdonságok egyidejű optimizálása lehetetlen, mert egymásnak ellentmondó feltételeket támasztanak. Az anyagtulajdonságokat, illetve a különböző minőségi mutatók teljesítésének mértékét az **1. ábrá**n látható radardiagramok formájában szokás összefoglalni [1].

A széles tiltott sávú anyagok kecsegtető fizikai tulajdonságainak gyakorlati kihasználása jelentős ösztönző erőt képvisel, a gyártási technológia fejlesztésére komoly előfeszítéseket tesznek, és ez a félvezető technológia számos területének lendületet ad.

Ugyanakkor felmerül a kérdés, hogy a kapcsolóeszközök paramétereinek a javulása milyen mértékben jelentkezik az áramirányítók különböző jellemzőinek a javulásában?




**1. ábra.** *A Si, SiC-4H és a GaN félvezető eszközök alkalmazási területeit nagymértékben befolyásoló fizikai tulajdonságok radardiagramja*

### 1.2. A technológiai háttér

Az egyértelműen előnyös fizikai tulajdonságok ellenére a gyakorlatban hasznosítható kapcsoló struktúrák megvalósítása a közelmúltig váratott magára, és létrejöttükhöz számos anyagtudományi, gyártástechnológiai kutatási eredményre volt szükség [7]. Egyes, kiváló tulajdonságokkal rendelkező anyagok esetében, mind például a gyémánt, a technológia fejlettsége még messze áll a gyakorlati alkalmazástól.

A teljesítmény kapcsolóeszközök tekintetében ma már tényként kezelhetjük a SiC és a GaN térhódítását, mindkét technológia megbízható eredményekkel szolgál, és sikerült megoldani olyan kérdéseket, mint pél-

dául a kristályhibák sűrűségének a drasztikus csökkentése. Míg 3-4 évvel ezelőtt érdekes, kiélezett szakmai vita folyt a „bajnok" kilétéről, ma már letisztultabb a helyzet: előreláthatóan úgy a SiC, mint a GaN megtalálja a vezető pozícióját, de a félvezetőipar különböző területein.

A SiC és a GaN kapcsolóeszközök gyártásában az ionimplantációs és a diffúziós szennyezési eljárások nem voltak eredményesek, de az epitaxiális kristálynövesztés járható útnak bizonyult [3]. A nagyteljesítményű, magas hőmérsékletű működés megvalósításához a homoepitaxiális kristálynövesztés jelenti a megoldást, mivel nem merülnek fel kristályszerkezeti, hőtágulási, elektromos és hővezetési problémák a szubsztrátum és az epitaxiális réteg közötti átmenetnél [4]. A nagy átmérőjű szubsztrátumok előállítása szempontjából a SiC-4H jóval sikeresebb, mint a GaN. A GaN félvezetők gyártása a heteroepitaxiális kristálynövesztés irányába tolódott el Si, vagy SiC szubsztrátumon, illesztő (puffer) rétegek alkalmazását téve szükségessé a szubsztrátum és az epitaxiális GaN réteg között. Az egyik jól alkalmazható illesztő anyag a szigetelő AlN, de ez lehetetlenné teszi a nagyteljesítményű félvezető eszközöknél bevált vertikális struktúra kialakítását.

A GaN a hővezető képesség tekintetében elmarad a SiC-hoz képest, viszont jobbak a rádiófrekvenciás működés szempontjából fontos tulajdonságai (például az elektronok mobilitása duplája a SiC-4H-hoz képest).

Érthető tehát, hogy a GaN félvezető eszközök elsősorban a laterális struktúra, és a rádiófrekvenciás nagyteljesítményű alkalmazások irányába fejlődtek [4]. A GaN rádiófrekvenciás katonai alkalmazásokhoz olyan eszközök gyártásában nyert teret, mint a MESFET és a HEMT [2].

A nagyteljesítményű, magas működési hőmérsékletű, vertikális struktúrájú kapcsolóeszközök megvalósítására a SiC-4H és a SiC-6H közül az előbbi terjedt el, mert esetében lényegesen nagyobb, és izotróp a töltéshordozók mobilitása [3].

Egy további kihívás az, hogy a félvezetők magas hőmérsékleten történő működtetéséhez új tokozási technológiák szükségesek [9].

## 2. Si-MOSFET és SiC-MOSFET félhíd típusú teljesítmény modulok összehasonlítása

Példaként hasonlítsunk össze két nagyteljesítményű félvezető kapcsoló modult. Mindkettő MOSFET tranzisztorokat, illetve ezekkel ellenpárhuzamos diódákat tartalmaz, félhíd kapcsolásban, feszültséginverterek megvalósításához.

Az **1. táblázat** az APTM120A15FG jelzésű, Microsemi gyártmányú szilícium modul, illetve a HT-3201-R jelzésű, APEI gyártmányú modul néhány fontosabb jellemzőjét foglalja össze [8], [9].

A SiC MOSFET tranzisztorok egyik szokatlan tulajdonsága a hagyományos Si tranzisztorokkal szemben az, hogy a rácsvezérlő feszültségek előállítása nehézkesebb. Egyrészt, a bekapcsoláshoz $U_{GS} = +20V$ alkalmazása ajánlott, mert alacsonyabb rácsfeszültségek esetén az $U_{DS}$ vezetési feszültségesés számottevően megnő. A Si tranzisztorok esetében ugyanez jóval alacsonyabb rácsfeszültségeknél jelentkezik, és a vezetési veszteségek gyakorlatilag változatlanok $U_{GS} = +8V$ fölött.

Másrészt, a SiC tranzisztorok esetében a lezáráshoz alkalmazott rácsfeszültség jelenleg kb. $U_{GS} = -5V$ -nál korlátozott. A helyes rácsvezérlő feszültségek előállítása több fejtörést okoz, mint a Si tranzisztorok esetében, amelyekre már nagyon sok szabványos megoldás all rendelkezésre. A magasabb feszültségszint nagyobb rácstöltést, így nagyobb vezérlési teljesítményszükségletet is jelent, bár a két vizsgált modul rácskapacitása hasonló (**1. táblázat**).

**1. táblázat.** *Az összehasonlítás alapjául szolgáló tranzisztorparaméterek Si-MOSFET és SiC-MOSFET félid típusú modulok esetében*

| Teljesítmény modul | | APTM120A15FG | HT-3201-R |
|---|---|---|---|
| Félvezető anyag | | Si | SiC |
| Maximális D-S feszültség | $U_{DSS}$ | 1200 V | 1200 V |
| Vezetési Drain-Source ellenállás | $R_{DSon}$ @ 25°C, $U_{GS}$=20V, $I_D$=180A | 175 mΩ | 3.6 mΩ |
| Bemeneti kapacitás | $C_{iss}$ @ $U_{GS}$ 0V | 20.6 nF | 19.5 nF |
| Össz rácstöltés | $Q_g$ | 748 nC @ $U_{GS}$ 10V | 1127 nC @ $U_{GS}$ 20V |
| Kikapcsolási veszteség* | $E_{off}$ @ $U_{DS}$=800V, $I_D$=120A, $T_j$=125°C, $R_G$=1.2 Ω | 7 mJ | 1.7 mJ |
| Bekapcsolási veszteség* | $E_{on}$ @ $U_{DS}$=800V, $I_D$=120A, $T_j$=125°C, $R_G$=1.2 Ω | 11 mJ | 0.77 mJ |
| A félvezető struktúra maximális hőmérséklete | $\theta_{Jmax}$ | 150°C | 225°C |
| A tranzisztor félvezető struktúrája és a tokozás közti termikus ellenállás | $R_{thJC}$ | 0.1°C/W | 0.1°C/W |
| Alapterület | S | 108x62 | 110x65 |

*A táblázatban feltüntetett kapcsolási veszteségek az összehasonlítás céljából végzett közelítő számítások eredményei.

## 2.1. A hőleadás feltételei

A SiC hővezető képessége háromszor jobb, mint a szilíciumé, ugyanakkor, a magas működési hőmérséklet nagy mértékben megkönnyíti a hőleadást.

A tokozás és a hűtővíz közötti termikus ellenállás mindkét modul esetében hozzávetőlegesen:

$$R_{thCH} + R_{thHA} = 0.134\ ^{\circ}C/W \qquad (1)$$

A tranzisztor félvezető struktúrája és a tokozás közti termikus ellenállás a két modul esetében megegyezik.

Vizsgáljuk meg, hogy mekkora maximális teljesítmény disszipálható az egyes modulok tranzisztorain anélkül, hogy azok átlagos $\theta_J$ hőmérséklete meghaladná a megengedett határt.

Az egyszerűség kedvéért ne vegyük figyelembe a diódák veszteségeit, amelyek befolyásolják a tokozás hőmérsékletét. Adott méretezési feladat esetén a diódák termikus igénybevétele az áramirányító működési feltételeiből határozható meg.

$\theta_{a\max} = 40\ ^{\circ}C$ maximális hűtővíz hőmérsékletet feltételezve, $\Delta\theta = 25\ ^{\circ}C$ biztonsági tartalékkal, a tranzisztorok maximálisan megengedhető disszipált teljesítménye a (2) összefüggéssel számítható.

$$P_{\max} = \frac{\theta_{J\max} - \theta_{a\max} - \Delta\theta}{R_{thJC} + R_{thCH} + R_{thHA}} \qquad (2)$$

Az **1. táblázat** adatainak a figyelembe vételével $P_{\max_Si} = 363\,W$, illetve $P_{\max_SiC} = 683\,W$.

## 2.2. A kapcsolási veszteségek összehasonlítása

Vizsgáljuk meg, hogy hasonló üzemi feltételek esetén mekkora a két félvezető eszközön létrejövő kapcsolási veszteségek közti eltérés. Hiteles gyakorlati mérés nehe-

zen kivitelezhető, mert a modulok külső áramkörhöz való csatlakozási módja eltérő, így az áramköri paraméterek azonossága nem garantálható. Különböző gyártók kapcsolóeszközeinek az összehasonlítása katalógusadatok alapján nem egyszerű feladat, mert a feltüntetett paraméterek értelmezési módja, illetve a meghatározásukhoz használt mérési körülmények nem egységesek. Általában a mérést úgynevezett hard-switching üzemmódban végzik, amely sokkal könnyebben átlátható, mit a soft (kímélő) kapcsolási üzemmódok áramköri folyamatai. Az ipari alkalmazások túlnyomó részében hard-switching üzemmódban működő áramirányítókat használnak. A félvezető kapcsolóeszközök piacát is sok esetben ezeknek a konvertereknek a szempontjából kell szemlélni, így érthetővé válik az a tény is, hogy az adatlapok keveset, vagy egyáltalán nem foglalkoznak a kímélő kapcsolási üzemmódok jellemzésével.

Összehasonlítás céljából a két adatlapban található, eltérő mérési feltételekből származó adatokat a jelleggörbék linearizálásával és interpolációval azonos feltételekre számítjuk át (nemlineáris interpolációval pontosabb közelítés kapható [7]). Mivel a két eszköz rácskapacitása közel áll egymáshoz, célszerűnek látszik azonos rácsellenállások használata, legalábbis a kapcsolási késleltetések szempontjából. A hard-switching üzemmód veszteségeinek számításánál egy szokásos közelítés azokat a tranzisztor lezárt állapotához tartozó $U_{DS}$ feszültséggel arányosnak tekinteni.

Az APTM120A15FG tranzisztor jelleggörbéiből lineáris közelítéssel, $U_{DS} = 800V$ és $\theta_J = 125^\circ C$ esetén:

$$\frac{\partial E_{on}}{\partial R_G} = 0.48\,\frac{mJ}{\Omega};\quad \frac{\partial E_{off}}{\partial R_G} = 1.4\,\frac{mJ}{\Omega};$$
$$\frac{\partial E_{on}}{\partial I_D} = 0.0766\,\frac{mJ}{A};\quad \frac{\partial E_{off}}{\partial I_D} = 0.0587\,\frac{mJ}{A} \qquad (3)$$

A HT-3201-R modul esetében a dokumentáció készítése kezdetlegesebb stádiumban van, de tudni lehet, hogy a modul 7 db. CPM2-1200-0025 típusú tranzisztor chip-et és 6 db. CPW5-1200-Z050 típusú dióda chip-et tartalmaz [10], [11]. A CPM2-1200-0025 katalóguslapjában nem találunk a kapcsolási veszteségekre vonatkozó jelleggörbéket, de ugyanezt a chip-et használja a C2M-0025-120D típusú tranzisztor, amelynek már kiforrottabb adatlapja van, veszteség-karakterisztikákkal, ahonnan:

$$\frac{\partial E_{on}}{\partial R_G} = 0.053\,\frac{mJ}{\Omega};\frac{\partial E_{off}}{\partial R_G} = 0.066\,\frac{mJ}{\Omega};$$
$$\frac{\partial E_{on}}{\partial I_D} = 0.04\,\frac{mJ}{A};\frac{\partial E_{off}}{\partial I_D} = 0.02\,\frac{mJ}{A} \qquad (4)$$
$$\frac{\partial E_{on}}{\partial \theta} = -0.002\,\frac{mJ}{^\circ C};\frac{\partial E_{off}}{\partial \theta} = 0.00125\,\frac{mJ}{^\circ C}$$

A CPM2-1200-0025 tranzisztor jelleggörbéiből kiolvasható, hogy

$R_{G_ext} = 6.8\Omega;\ I_D = 50A;$

$U_{DS} = 800V;\ \theta_J = 25^\circ C$

esetén

$$E_{on} = 1.6mJ;\ E_{off} = 0.75mJ\ . \qquad (5)$$

Ezen értékek környezetében végezzük a kapcsolási veszteségek közelítő számítását sorbafejtéssel.

A fenti megfontolásokkal, figyelembe véve a CPM2-1200-0025 tranzisztor $1.2\Omega - os$ belső rácsellenállását, a HT-3201-R modul kapcsolási veszteségei az APTM120A15FG karakterisztikáin még azonosítható $I_D = 120A$ áramerősségre, $\theta_J = 125^\circ C$ hőmérsékletre és $R_G = 1.2\Omega$ rácsellenállásra:

$$E_{on} = 0.77\ mJ;\ E_{off} = 1.71\ mJ\ . \qquad (6)$$

### 2.3. A vezetési veszteségek összehasonlítása

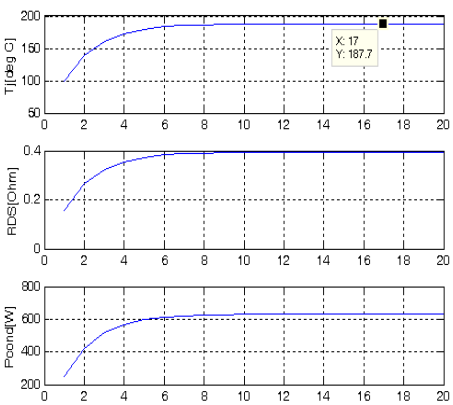
Névleges rácsfeszültség mellett a két eszközt ugyanazzal a konstans árammal terhelve, hasonlítsuk össze a vezetési veszteségeket a fent tárgyalt hűtési feltételek mellett.

A probléma megoldása iteratív módon lehetséges, mert a félvezető hőmérséklete jelentősen befolyásolja a vezetési ellenállást, és így a vezetési veszteséget. Az $R_{DSon}$ ellenállás úgy a hőmérséklettel, mint a drain áram erősségével növekszik, és az adott körülményeknek megfelelő ellenállás megközelítően a (7) összefüggéssel számítható.

$$R_{DS}(I_D,\theta) = R_{DS}(I_{D0},\theta_0)* \\ *\left(1+\frac{\partial R^*_{DS}}{\partial I_D}(I_D - I_{D0})+\frac{\partial R^*_{DS}}{\partial \theta}(\theta-\theta_0)\right) \qquad (7)$$

ahol $R^*_{DS}$ az $R_{DS}$ ellenállásnak az adatlapban szereplő, $R_{DS}(I_{D0},\theta_0)$-hoz viszonyított értéke.

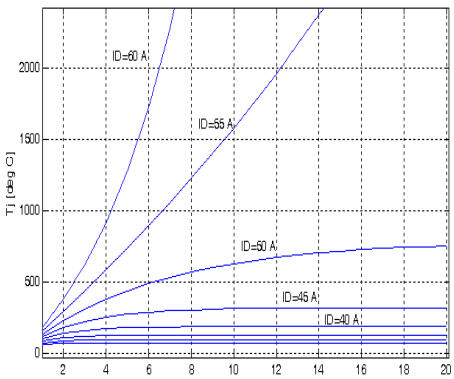
Legyen például a szilícium tranzisztor esetén $I_D = 40A$, $U_{GS} = +10V$. Így, az első lépésben, $\theta_J = 100^\circ C$ hőmérsékletre $R_{DS} = 266\ m\Omega$ adódik.




**2. ábra.** *A tranzisztorhőmérséklet, a hőmérsékletfüggő ellenállás és a disszipált teljesítmény iteratív számításának eredménye*

Ezzel az ellenállásértékkel a vezetési veszteség $P_{cond} = 426\,W$. Újabb iterációk során a számítás eredménye $\theta_J = 188^\circ C$ körül stabilizálódik, ami messze meghaladja a megengedett határt (**2. ábra**).

A **3. ábrán** megfigyelhető, hogy kb. $55A$-es áramerősség fölött már nem is jön létre stabil működési állapot, és a hőmérséklet korlátlanul növekszik, elsősorban az ellenállás pozitív hőmérsékleti együtthatójának köszönhető pozitív visszacsatolás miatt. Megjegyzendő, hogy a hőmegfutási jelenség a tranzisztor hőmérsékletétől független drain áram feltételezésével jött létre.

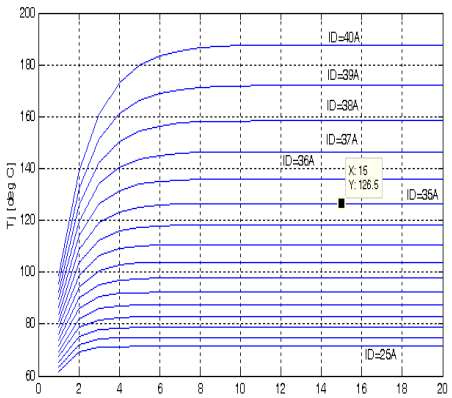



**3. ábra.** *Az APTM120A15FG Si MOSFET tranzisztor hőmérséklete különböző drain áramok esetén*

Az áramirányítók esetében ez így is van, hiszen a tranzisztor vezetési állapotában az áram erősségét a külső áramkör határozza meg. A **4. ábrán** megfigyelhető, hogy mennyire érzékennyé válhat a hőmérséklet az áramerősség kis változásaira. Például, $I_D$ növelése $35A$-ről $38A$-re (vagyis csupán $8.5\%$-kal), a félvezető struktúra hőmérsékletét a még elfogadható $126.5^\circ C$-ról ($23.5^\circ C$ tartalék) a már megengedhetetlen $159^\circ C$-ra emeli. Jogosan tevődik fel tehát a kérdés, hogy mennyiben szabad a Si MOSFET tranzisztort ilyen magas hőmér-

sékleten működtetni, illetve az, hogy menynyiben bízható a tranzisztor „sorsa” a túláram védelemre. Most már az is sejthető, hogy miért definiálták a tranzisztor gyártói vonatkoztatási alapként az $I_D = 30A$-es áramerősséget. A HT-3201-R SiC modul MOSFET tranzisztorainak esetében, a felépítésében szereplő CPM2-1200-0025B tranzisztor chipek katalógusadatai alapján,

$$R_{DS}\left(I_{D0}, \theta_0\right) = 3.6m\Omega \qquad (8)$$



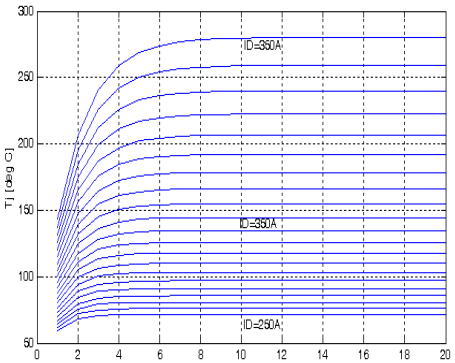

**4. ábra.** *Az APTM120A15FG Si MOSFET tranzisztor hőmérsékletének érzékeny változása a drain áram függvényében*

$$\frac{\partial R_{DS}^*}{\partial I_D} = 6.4e-3, \quad \frac{\partial R_{DS}^*}{\partial \theta} = 5.3e-3 \qquad (9)$$

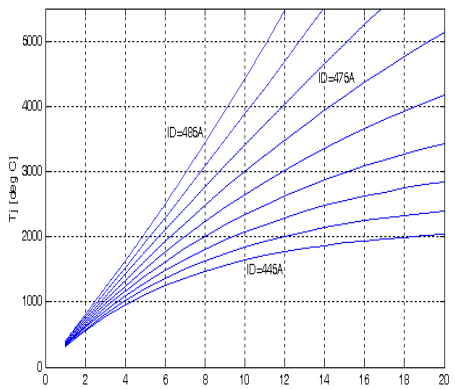
Viszonylag durva közelítéssel a $(200A...500A)$ drain áramerősség tartományra érvényes következtetések is levonhatók (7) felhasználásával.

Az APTM120A15FG Si tranzisztoréval azonos hűtési feltételek mellett a félvezető struktúra hőmérséklete az **5. ábrá**n látható módon alakul a drain áram erősségének függvényében. Megfigyelhető, hogy $I_D = 300A$-nél a félvezető struktúra hőmérséklete $150^\circ C$, vagyis messze a megengedett $225^\circ C$ alatti. Ez egy nagyságrenddel nagyobb drain áramot jelent, mint amit az ugyanakkora méretű SiMOS modullal el tudunk érni.

A **6. ábrá**n megfigyelhető, hogy itt kb. $475A$-nél lép fel ugyanolyan hőmegfutás típusú instabilitás, mint amilyent a Si MOS esetében kb. $55A$-nél tapasztaltunk.




**5. ábra.** *A HT-3201-R SiC MOSFET tranzisztor hőmérsékletének változása a drain áram függvényében*




**6. ábra.** *A 3201-R SiC modul MOSFET tranzisztorainak a hőmegfutása*

## 3. Következtetések

A széles tiltott sávú félvezető kapcsolóeszközök alkalmazása várhatóan úgy a nagyteljesítményű, mint a nagyfekvenciás áramirányítók terén a közeljövő uralkodó irányzata lesz. A már kereskedelemben is kapható SiC-MOSFET nagyteljesítményű

kapcsolóeszközök alkalmazása révén az áramirányítók teljesítménysűrűségének és hatásfokának a számottevő növekedése érhető el, és a magas működési hőmérséklet a hűtési feladatok hatékony megoldását teszi lehetővé.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Biela, J., Schweizer, M., Waffler, S., Kolar, J. W.: *SiC versus Si—Evaluation of Potentials for Performance Improvement of Inverter and DC–DC Converter Systems by SiC Power Semiconductors*. IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 58, No. 7, Jul. 2011, pp. 2872-2882.

[2] Javorka, P.: *Fabrication and Characterization of AlGaN/GaN High Electron Mobility Transistors*- Ph. D. Thesis, Aachen, 2004, p.7.

[3] Wijesundara, M., Azevedo, R.: *Silicon Carbide Microsystems for Harsh Environments,* Ch. 2: SiC Materials and Processing Technology. Springer, 2011, pp. 33-84.

[4] Microsemi: *Gallium Nitride (GaN) versus Silicon Carbide (SiC) in the High Frequency (RF) and Power Switching Applications*. Report, pp. 1-8, https://www.digikey.com/Web%20Export/Supplier%20Content/Microsemi_278/PDF/Microsemi_GalliumNitride_VS_SiliconCarbide.pdf?redirected=1.

[5] Peftitsis, D.: *On Gate Drivers and Applications of Normally-ON SiC JFETs*., Doctoral Thesis, Stockholm, 2013.

[6] Clarke, R. C., és mások: *SiC Static Induction Transistors.* Final Report, Office of Naval Research, Westinghouse STC, 1995.

[7] Ozpineci, B., Tolbert, L. M.: *Comparison of Wide-Bandgap Semiconductors for Power Electronics Applications.* Report, Oak Ridge National Laboratory, U. S. Department of Energy, http://www.osti.gov/bridge, 2013, p.16.

[8] Microsemi Power Products Group: *APTM120A15FG*, Data Sheet- Rev. 2, 2012.

[9] APEI: *HT-3201-R, High Temperature SiC Half-Bridge Power Module- Preliminary*, Rev. 1.6, 2015, pp. 1-15.

[10] CREE: *CPW5-1200-Z050B Silicon Carbide Schottky Diode Chip*, Z-RecTM Rectifier, 2013, pp. 1-4.

[11] CREE: *CPM2-1200-0025B Silicon Carbide Power MOSFET C2MTM MOSFET Technology*, 2014, pp. 1-7.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 57–60.
http://hdl.handle.net/10598/29031
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.05

# SZOFTVER ÁLTAL DEFINIÁLT HÁLÓZATOK ÁTTEKINTÉSE

# OVERVIEW OF SOFTWARE DEFINED NETWORKS

Agg Péter András[1], Johanyák Zsolt Csaba[2], Göcs László[3].

*Kecskeméti Főiskola, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola Kar, Informatika Tanszék, Magyarország, 6000 Kecskemét, Izsáki út 10. Fax: +36-76-516-399*
*[1] agg.peter@gamf.kefo.hu*

*[2] johanyak.csaba@gamf.kefo.hu*

*[3] gocs.laszlo@gamf.kefo.hu*

## Abstract

Nowadays computer networks have to fulfil several essential requirements like ease of use, efficiency, security, easy manageability, as well as easy configurability. The concept of Software Defined Networking (SDN) has been developed especially for these purposes. It represents a new technology whose penetration is continuously growing. The novel idea in SDN is that it removes the control plane from network hardware and implements it in software. This solution creates the possibility of a dynamic programmatic access and a more flexible network administration. This paper gives an overview of the structure and key features of SDN as well as presents some advantages of its application

***Keywords**: SDN, Software-Defined Networking, OpenFlow, SDN layers*

## Összefoglalás

Az informatikai hálózatok megvalósítása során nagy hangsúlyt kell fektetni a könnyű kezelhetőségre, hatékonyságra, és a biztonságára. Fontos szempont még a könnyű felügyelhetőség és konfigurálhatóság. A Software Defined Networking (SDN) vagy szoftver által definiált hálózat paradigma pontosan ezt a lehetőséget nyújtja. Ez egy napjainkban egyre jobban elterjedt technológia, ami biztosítja azt, hogy az adatsík (fizikai eszközök egyszerű adattovábbítási feladat ellátása) és a vezérlő sík (irányítás felsőbb rétegből) külön váljon, és ezáltal könnyebb legyen a hálózat megvalósítása, mind költséghatékonyság, mind optimalizálás szempontjából.

***Kulcsszavak:** SDN, szoftver által definiált hálózatok, OpenFlow, SDN rétegek*

## 1. Bevezetés

A hálózati szolgáltatásokkal szemben nagyon sok elvárást támasztanak, hiszen a számítógépek közötti kommunikáció elengedhetetlen mai világban. Alapvető követelmény például egy egyszerű felhasználó számára a maximális rendelkezésre állás és a nagy adatátviteli sebesség. Ha egy iskolai hálózatot nézünk, akkor igényként megjelenik még a skálázhatóság és a redundáns hálózatok fogalma is. Itt már nem hanyagolható el az alacsony költségen tartható üzemeltetés iránti elvárás sem.

A hálózati infrastruktúrák hátrányainak, hibáinak (decentralizálás, nem megfelelő védelem, nem teljesen hibamentes működés, költség-hatékonyság) feloldására ma is vannak megoldások, amelyek részben leegyszerűsítik a konfigurálást. Ilyen például

az OSI 2. rétegében működő kapcsolóknál a virtuális helyi hálózat (virtual local area network - VLAN) definiálása.

A VLAN hálózati eszközök egy csoportja, amelynek tagjai úgy képesek kommunikálni egymással, mintha azonos szegmensbe tartoznának, miközben fizikailag több különböző szegmensben is elhelyezkedhetnek. A CISCO által kifejlesztett VLAN Trunking Protocol (virtuális trönkprotokoll - VTP) egy ügyfélkiszolgáló alapú üzenettovábbító protokoll, melynek segítségével egyszerre tudjuk konfigurálni a hálózat VLAN konfigurációjának azon részét, amely egy VTP tartományhoz tartozik [6]. Bár a VTP és más kiegészítő megoldások sokban könnyítik a tervezők és adminisztrátorok munkáját, de csak részfeladatokat oldanak meg.

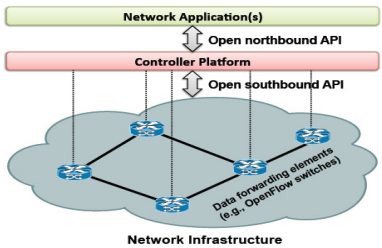
A hálózati infrastruktúra koncepciójának teljes megújulását a szoftver által definiált hálózatok (Software-Defined Networking - SDN) [4] fogalmának megjelenése jelentette.

Cikkünkben ismertetjük az SDN architektúráját és kapcsolatát az OpenFlow protokollal. Kitérünk az SDN rétegeire, az ott használt megoldásokra, illetve ezek előnyeire is. Célunk annak bemutatása, hogy mennyire feltörekvő paradigma az SDN, illetve az, hogy alkalmazásának eredményeképpen mennyivel hatékonyabb lehet a hálózatunk működtetése.

## 2. Software-Defined Networking (SDN)

A szoftver által definiált hálózat egyik legfontosabb jellemezője, hogy szétválasztja a vezérlési síkot (control plane) és az adatsíkot (data plane) (eszközsíkot) az eszközökben [5]. Azzal, hogy elkülöníti ezt a két síkot, a hálózati eszközök (kapcsolók, forgalomirányítók) egyszerű továbbító eszközökké válnak, és a vezérlés központosításra kerül, miáltal sokkal költséghatékonyabb lesz a rendszer, továbbá könnyebben megvalósítható a testreszabhatóság és optimalizálás is. A központosítás segítségével a hálózati rendszergazdának nem szükséges minden eszköz interfészén parancssorból (Command Line Interface - CLI) elvégeznie a konfigurálást, hanem csupán egyetlen kontroller beállítása elég a hálózat zavartalan működtetéséhez. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy fizikailag is központosítottá válik a rendszer.

Az **1. ábrá**n látható, hogy az új réteg segítségével elfedhetjük a hardver elemek és szolgáltatások különböző interfészeit, miáltal nagyobb rugalmasságot biztosíthatunk az adott hálózatnak.




**1. ábra.** *SDN architektúra nézete [3]*

## 3. SDN és az OpenFlow

Az OpenFlow [4] egy kommunikációs protokoll, ami lehetőséget nyújt a hálózatok működésének felülírására, módosítására. A szabványt a Stanford és a Berkeley egyetemek oktatói készítették elsősorban a saját hálózati problémáik megoldására, de nagyon hamar elterjedt, pl. a Google is ezt használja.

Ez a viszonylag fiatal protokoll az iparban is egyre jobban teret hódít. A hálózati eszközök jelentős része támogatja az OpenFlow szabvánnyal való együttműködést.

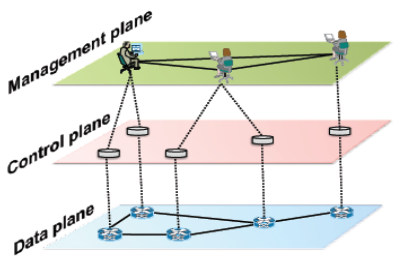
Az OpenFlow protokollnál a hálózati eszközök csak a csomag küldését és fogadását végzik, az útvonalválasztás egy felsőbb réteg segítségével történik. Ezáltal könnyen elkerülhetővé válnak a túlterhelé-

sek. Egy központi kontroller valósítja meg logikát (pl. útvonalválasztást), így a hálózati eszközökre kevésbé leterhelő szerep hárul.

Az OpenFlow az SDN-ben megfogalmazott alapelveken túl (az adat és a vezérlő sík szétválasztása) egy teljes kommunikációs protokollt biztosít. Azokat a hálózati eszközöket, amelyek képesek az OpenFlow-t kezelni switch-eknek nevezzük. Ez nem azt jelenti, hogy ezek az eszközök kizárólag csak az OSI 2. rétegében működnek. A kontroller segítségével tetszőleges funkciót oszthatunk ki nekik, és ennek megfelelően működtethetjük azokat.

## 4. SDN rétegei, jellemzői, lehetőségei

Az SDN 3 fő réteget definiál (**2. ábra**). Ezek az adatsík (Data plane), a vezérlő sík (Control plane), és a menedzsmet sík (Management plane).

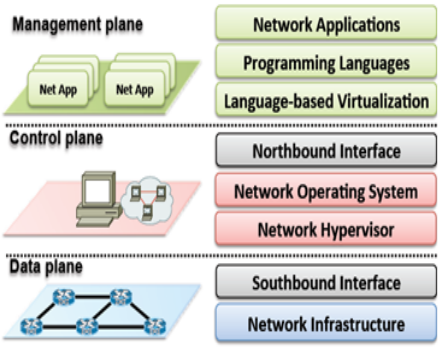



**2. ábra.** *SDN hálózati funkciók rétegenként [3]*

### 4.1. Adatsík

Az adatsík (Data Plane) réteg (**3. ábra**) biztosítja a hálózati csomagok mozgatását az egyes hálózati szegmensek vagy végpontok között. Az adatsík két fő részre bontható, ezek a hálózati infrastruktúra (Network Infrastructure) és a déli interész (Southbound interface)

A hálózati infrastruktúra gyakorlatilag megegyezik az korábbi hálózatok hálózati eszközeivel, azzal a kiegészítéssel, hogy az eszközöknek rendelkezni kell egy a felsőbb rétegek felé nyitó lehetőséggel, ami által vezérelhetők lehetnek. (pl.: OpenFlow protokoll). Ez a szabvány pontosan leírja, mit kell tenni a csomaggal [1].




**3. ábra.** *SDN tervezési architektúra [3]*

A déli interfészek (Southbound API) hidat képeznek az adat és a vezérlő sík között. Bár erősen függnek a hardvertől, de az OpenFlow protokoll elterjedésének köszönhetően, a gyártók kompatibilissé tették az eszközeiket, ami nagymértékben megkönnyítette a hatékony hálózati infrastruktúra kialakítását. A déli interfészek meghatározzák, és kezelik azokat az információkat, amelyek fontosak hálózati operációs rendszerek számára (adatküldés port, link változás után, útvonalváltozások jelzése, ismeretlen, kézbesítetlen csomagok hibái, stb.).

### 4.2. Vezérlő sík

A vezérlő sík egyik legfontosabb eleme a virtualizáció. A hálózati virtualizáció (Network Hypervisor)[5] nagymértékben csökkenti a költségeket, segíti a hálózati műveletek automatizálását [7]. Az itt használt hálózati virtualizációs programok megszüntetik a hagyományos hiányosságokat és az időigényes műveleteket használatát. Például szükségtelenné válik VLAN-ok vagy a hozzáférés szabályozó listák (Access Control List – ACL) beállítása. Az SDN-alapú hálózati virtualizációs alkalmazás támogatja szabadon választott IP / MAC

címzés rendszerek bevezetését, miközben egyidejűleg megoldja az automatikus hálózati konfigurációs feladatokat is. A hálózat virtualizációja kihasználja az OpenFlow protokoll adta lehetőségeket mind a fizikai mind a virtuális hálózati eszközök vonatkozásában.

A vezérlési síkban használt szoftver lehetővé teszi a dinamikus hozzáférést és az adminisztrációt. A hálózati rendszergazda egy központi vezérlő konzolon keresztül anélkül alakíthatja a forgalmat, hogy közvetlenül konfigurálnia kelljen az adott eszközt. Amennyiben szükséges, változtathat a prioritásokon, sőt blokkolhat bizonyos típusú csomagokat központilag, ami a biztonság és az ellenőrzés szempontjából is nagyon előnyös lehetőség.

A hálózati operációs rendszer (Network Operating Sytem) biztosítja a hálózati menedzsment problémáinak megoldását a központosított vezérlés terén. Így a fejlesztőnek már nem kell figyelnie az alacsonyabb szintekre [6].

Ebben a rétegben található az SDN másik kulcsfontosságú része északi interfész. Ellentétben a déli interfésszel, ahol már egy jól bevált protokoll létezik (OpenFlow), itt még nagyon sok a nyitott kérdés. Elsősorban a szoftveres kommunikáció a kulcsfontosságú, de ennek összetettsége miatt, még nem lehet konkrét szabványosított megoldást megnevezni.

### 4.3. Menedzsment sík

A harmadik rétegben (Management Plane) a menedzsment eszközök helyezkednek el. Míg a vezérlési síkon található összetevők megismerik, tanulják a hálózat konkrét felépítését, addig a menedzsment réteg feladata a pontos utasítások kiadása a vezérlés felé.

A mai eszközök egyedileg konfigurálhatók, melyekhez megfelelő szakember szükséges, mivel a hálózati konfiguráció során a legjelentősebb hibaforrás az emberi tényező.

## 5. Következtetések

Az SDN egy olyan technológia, ami jelentősen megkönnyítheti a hálózatok konfigurálását és működtetését. Biztosítja az eddigi decentralizálás helyett a centralizálást, ami a rendszergazdák munkáját jelentősen egyszerűsítheti. Az általa használt rétegek, sokkal könnyebbé teszik a hálózat felügyeletét, ellenőrzését úgy, hogy az egyes eszközök konfigurációs beállításai automatizáltan jutnak érvényre.

Az SDN jövőbeni fejlesztései maximálisan elősegítik a korszerű hálózatok kiépülését. Az SDN rétegstruktúrája biztosítja, hogy az alsóbb rétegek elkülönüljenek a felsőbb rétegektől, ami biztosítja a centralizált, „könnyebb”, és biztonságosabb vezérlést.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatta a Gépipari Automatizálás Fejlesztésének Alapítványa.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] *Big switch network* http://www.bigswitch.com/company/sdn-technology [Hozzáférés: 2016.01.27.]

[2] N. Gude, T. Koponen, J. Pettit, B. Pfaff, M. Casado, N. McKeown, and S. Shenker: *NOX: towards an operating system for networks*, Comp. Comm. Rev., 2008.

[3] Diego Kreutz, Member, IEEE, Fernando M. V. Ramos, Member, IEEE, Paulo Verissimo, Fellow, IEEE, *Software-Defined Networking:A Comprehensive Survey*

[4] A. Lara, A. Kolasani, and B. Ramamurthy, *Network innovation using OpenFlow: A survey*

[5] T. D. Nadeau and K. Gray, SDN: *Software defined networks*, 1st ed. O’Reilly, 2013.

[6] S. Schenker, *The Future of Networking, and the Past of Protocols*, October 2011. [Online]. Available: http://www.youtube.com/watch?v=YHeyuD89n1Y [Hozzáférés: 2016. 01. 20.]

[7] *Understanding VLAN Trunk Protocol (VTP)* http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/lan-switching/vtp/10558-21.html [Hozzáférés: 2015. 12. 22.]

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 61–64.
http://hdl.handle.net/10598/29042
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.06

# GOMBATERMESZTÉS FOGLALKOZÁSI BETEGSÉGEI

# OCCUPATIONAL DISEASE OF MUSHROOM GROWING

Almádi Bernadett[1], Rezsabek Tamás[2], Szarvas József[3]

[1]*Szent István Egyetem, Gazdaság és Társadalomtudományi Kar, Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly út 1. Telefon / Fax: +36-28-522-000 bernadett.almadi@gmail.com*

[2]*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly út 1. Telefon / Fax: +36-28-522-000, rezsabek.tamas@gek.szie.hu*

[3]*Mushroom Spawn Plant and Strain Research Laboratory, Biokékes Nonprofit Ltd., H-3395 Demjén, Top. Nr. 0287/8. Hungary. szarvasjozsef@hotmail.com*

## Abstract

People working in mushroom production are exposed to different hazards such as biological, chemical and physical ones. Hypersensitive pneumonitis (HP) that can cause respiratory allergy poses the greatest risk. A typical work-related disease is lung infection and allergic reaction. Allergic hypersensitivity can be classified in five different groups. The agents, problems, symptoms of hypersensitive pneumonia as well as its nosology are presented. The most frequent work-related diseases are farmer lungs and mushroom grower lungs.

***Keywords**: mushroom growing, occupational disease, hipersensitiv pneumonitis.*

## Összefoglalás

A gombatermesztésben dolgozó emberek ki vannak téve különböző veszélyeknek. biológiai, kémiai és fizikai értelemben egyaránt. Legnagyobb kockázata a légúti allergiás megbetegedést kiváltó hiperszenzitív pneumonitist (HP)-nek van. Jellemző munkahelyi ártalom a tüdő megbetegedése, allergiás reakció. Az allergiás túlérzékenység öt különböző típusba sorolható. A túlérzékenységi tüdőgyulladást kiváltó anyagok, panaszok, tünetek és kórisme kerül bemutatásra. Az ágazatban leggyakrabban előforduló munkahelyi ártalom a farmertüdő és a gombatermesztő tüdő.

***Kulcsszavak:** gombatermesztés, foglalkozási megbetegedés, túlérzékenységi tüdőgyulladás.*

## Bevezetés

A második világháború előtt a világ harmadik legnagyobb gombatermesztője Magyarország volt, 1938-ban 1200 tonna megtermesztett mennyiséggel Franciaország és az Egyesült Államok mögött. Magyarországon még 1940-ben is 200.000 $m^2$-en folyt a termesztés, majd a háború után ez a mennyiség jelentősen visszaesett *[1]*

Magyarországon a termesztés az évek, évtizedek során visszaesett, jelenleg mintegy 20.000 tonna gombát termelnek évente és köszönhetően az Új Magyarország Vidékfejlesztési Programnak a termelés csökkenése mára megállt, a szándék az, hogy 50 000 tonna mennyiségre növekedjen a termesztés. A fejlesztési szándék kiterjed a belföldi fogyasztás élénkítésére export bővítésre, új gombatermesztő farmok létesítésére, gombakomposzt előállítókra és a feldolgozó kapacitás jelentős növelésére is. A fejlődés miatt fontosnak találtuk egy tanul-

mányban összegezni a gombatermesztés foglalkozási betegségeit.

## 1. Gombatermesztés foglalkozási betegségei

A gombatermesztésben dolgozó emberek ki vannak téve különböző veszélyeknek, mint biológiai, kémiai és fizikai értelemben egyaránt, ezért úgy gondoljuk, hogy minden e területen dolgozó embernek ismernie kell a termesztés minden fázisában lehetséges veszélyeket. Legnagyobb kockázata a légúti allergiás megbetegedést kiváltó hiperszenzitív pneumonitist (HP)-nek van.

A HP csoportban foglalt betegségeket a foglalkozás alapján vagy a belélegzett por alapján nevezték el. pl: laboratóriumi dolgozók betegsége, farmertüdő, famunkástüdő, szaunázó-tüdő,gabonamunkás tüdő, gombatermesztő tüdő, stb. A továbbiakban szeretnénk bemutatni a gombatermesztési ágazatban fontos *kockázatokat, k*ülönös tekintettel a farmer- és a gombatermesztő-tüdőről kívánunk részletesebben írni.

## 2. Túlérzékenységi reakciók

Az allergiás reakciók (túlérzékenységi reakciók) normális esetben ártalmatlan anyagokra adott nem megfelelő immunválaszok.

Normális esetben az immunrendszer - melyet antitestek, fehérvérsejtek, hízósejtek, komplement fehérjék és más anyagok alkotnak - megvédi a szervezetet az idegen anyagokkal (antigének) szemben. Arra hajlamos egyénekben azonban az immunrendszer bizonyos - a legtöbb ember számára ártalmatlan - antigénekre (ún. allergénekre) túlzott mértékben reagálhat. Az eredmény allergiás reakció.

A foglalkozási betegségek közül a farmertüdő a mezőgazdasági dolgozók 3-7%-ában, a madártenyésztő tüdő a galambászok 6-25, pulykatenyésztők 10-20%-ában fordul elő. Hazánkban a gombatermesztő tüdőbetegségről nincsenek adatok.

Feltételezhető, hogy a komposztálási folyamatban, termesztésben, komposztszállításban, ki- és betermelést végző személyeknél előfordul a probléma.

A teljesség igénye nélkül, röviden szeretném ismertetni az allergiás reakciók típusait

Gyakoribb I-es típusú túlérzékenységi reakciók: Anafilaxiás sokk, ami tüdőödémához, fulladáshoz, halálhoz is vezethet. Kialakulhat asztmás roham, köhögés. Ilyen pl: szénanátha. Kiváltó allergének: gyógyszerek, inhalatív allergének, rovarok.

A II.-es típusú túlérzékenységi reakciók a transzfúziós reakciók. Kiváltó allergének a gyógyszerek stb. [2].

A szervezetben folyamatosan jelennek meg az immunogén antigének, melyek az immunrendszert celluláris és humorális immunválaszra késztetik és ennek következtében antigén-ellenanyag komplex, azaz immunkomplex keletkezik. Pl: farmertüdő, gombatermesztő-tüdő betegség, stb.) Kiváltó gyakoribb allergének: gyógyszerek, baktériumok, konzerválószerek, élelmiszerszínezékek. vírusok. ezek tartoznak a III.-as típusú túlérzékenységi reakciók közé. Részben ide tartozik a farmertüdő betegség, gombatermesztő-tüdő betegség, stb., melyekről a későbbiekben még részletesen lesz szó.

A IV-es típusú túlérzékenységi reakciók közé tartoznak a helyi reakciók, úgy mint a bőrpír, duzzanat stb. 4-72 óra elteltével fejlődik ki, ezért késői típusú túlérzékenységi reakciónak is nevezzük. Főként intracelluláris paraziták, vírusok, baktériumok, gombák okozta fertőzések ellen nyújt védelmet *[2]*.

V-ös típusú túlérzékenységi csoportba tartozik minden olyan reakció, amelyet antitestek váltanak ki, de a reakció nem az antigén megsemmisítését célozza, illetve eredményezi.

## 3.Hipersensitive pneumonitis (HP)

A HP számos pulmonalis interstitialis betegség gyűjtőneve, melynek kiváltó oka ismert. A túlérzékenységi tüdőgyulladás a tüdő kis léghólyagjaiban és a legkisebb légutakban, a hörgőcskékben, valamint azok körül zajló gyulladás.

Kétféle hiperszenzitív reakció alakulhat ki a tüdőben: asztma és allergiás alveolitis. Néha egyazon anyag inhalációja esetén mindkét betegség kialakulhat ugyanabban a személyben [3].

A legtöbb esetben a kiváltó ok az inhalált gombaspóra[3] .

Típusosan 4-8 órával a belégzését követően láz, köhögés, hidegrázás és légszomj lép fel. A kilégzési nehezítettség nem jellemző. Ha a beteg a már nem érintkezik az antigénnel, akkor a tünetek általában egy-két napon belül javulnak, de a teljes gyógyulás heteket vehet igénybe. Túlérzékenységi tüdőgyulladás formáit és tüneteit az 1. számú táblázatban szemléltetjük:

**1. táblázat.** *Túlérzékenységi tüdőgyulladás tünetei és formái*

| Hiperszenzitív pneumonitis klinikai formái | | | |
|---|---|---|---|
| | ***Akut*** | ***Szubakut*** | ***Krónikus*** |
| *Antigénexpozíció* | Rövid, intenzív | Alacsony dózisú | ? |
| ***Köhögés*** | + | + | + |
| ***Nehézlégzés*** | + | + | + |
| ***Láz*** | + | + | - |
| ***Fáradékonyság*** | - | +/- | +/- |
| ***Fogyás*** | - | + | + |
| ***Idő*** | 4-6 óra | Krónikus | Krónikus |
| ***Fibrosis*** | - | - | + |
| ***Progresszió*** | - | - | + |

(Orosz nyomán, 2000)

A legjobb megelőzés, ha a beteg elkerüli az antigént, de ha nem tud munkahelyet változtatni, akkor ez nem járható út.

A tünetek kiújulását a porexpozíció megszűntetésével vagy mennyiségének csökkentésével, védőmaszk viselésével esetleg meg lehet akadályozni.

A heveny túlérzékenységi pneumonitiszben szenvedők általában meggyógyulnak, ha kerülik a kiváltó anyaggal a további kontaktust. Az antigén hosszas vagy ismételt belégzése fokozatos állapotromláshoz és visszafordíthatatlan betegséghez vezethet.

### 3.1. Farmertüdő

A mezőgazdaságban dolgozóknál elsőként 1932-ben figyelték meg a farmertüdő megbetegedést.

Hátterében inhalált termofil aktinobaktériumok állnak. Nagy számban fordulnak elő komposztban, talajban az élelmiszerekben, de a levegőben és vízben is megtalálhatók.

A gombatermesztésben leggyakrabban előforduló taxonok: Micropolyspora faeni, (Faenia rectivirgula), Thermoactinomycetes vulgaris, Th. viridis, Th. candidus, Nocardia ssp., Streptomyces spp., Thermomonospora ssp., Thermobifida alba, Th. cellulolytica, stb. [3], [4].

Ilyen expozícióval kell számolni a penészes széna, szalma, alom, komposzt forgatásakor, főleg zárt, rosszul szellőző helyiségekben, raktárakban, tárolókban, gabonaraktárakban, gabonasilók megnyitásakor, állatok almozásakor, stb… A mezőgazdaságban dolgozóknál a szénában a szalmában és a gabonában szaporodó ún. raktári kukacok, atkák (storage mites) allergénjére I. típusú túlérzékenységi reakcióval reagálhatnak, rhinitis, allergiás asthma tüneteivel, melyet el kell különíteni a hipersensitiv pneumonitistől [3].

A leggyakoribb tünetek a láz, hidegrázás, köhögés, fokozott nyálkatermelés, szorító érzés és mellkasi fájdalom és kellemetlen érzés a tüdőben.

### 3.2. Gombatermesztő tüdő

1959-ben írták le először az USA-ban.

A farmertüdővel azonos klinikai tüneteket okoz. Az antigénnek két forrása van a gombakomposzt és a termesztett gomba spórája.

A komposztkészítés elősegíti a betegséget okozó termofil, termotoleráns aktinobaktériumok nagymértékben történő elszaporodását.

A komposztálás első technológiai fázisában a mezofil szakaszt termofil váltja föl. A melegedés során a mikrobiális diverzitás csökken. Később a 60 °C feletti (elsősorban a bunkeres komposztálás során) a mikrobiális aktivitás rohamosan csökken. A második technológiai fázis (egalizálás, pasztőrözés, kondícionálás, lehűtés) során - a bunkeres hőcsúcsot kitartóképleteikkel átvészelt - aktinobaktériumok biomasszája olyan mértékben emelkedik, hogy a kitermelt komposzt szürkésfehér árnyalatú, jellegzetes illatú. Ez feltétele a csiperkegomba-szelektív komposzt előállításának, ua. a dolgozók jelentős mértékben ki vannak téve az aktinobaktériumok által kiváltott gombatermesztő tüdőbetegségnek.

A kitermeléskor óriási tömegben van jelen a légkörben, komposzton, így az ott dolgozók (kitermelők, zsákolók, stb.) potenciálisan veszélyeztetettek.

Az expozíció másik forrása a termesztés. Ebben az esetben elsősorban az olyan gombák termesztése esetében nagyobb a veszély, ahol a piac a nyílt, félig nyílt termőtesteket igényli (pl: laskagomba, shiitake, Hypsizygus [5] vagyis ahol a spóraszórás jelentős.

A csiperkegomba leggyakrabban a friss piacra, mint „zárt gomba" kerül. Ebben az esetben kevésbé vannak kitéve a megbetegedés veszélyének.

A spóraszóró gombák a hiperszenzitív pneumonitis forrásai lehetnek. Fejlettebb országokban az ilyen gombafajok szedésekor a termesztők és a komposztálásban dolgozók maszkot és más védőfelszerelést használnak.

Ez Magyarországon nem jellemző. A klinikai tünetek néhány hét vagy hónap után jelentkeznek, de leírtak már első alkalommal kialakult tüneteket is. [3]

## 4. Következtetések

Jelenleg a gombaiparban dolgozó emberek ki vannak téve különböző veszélyeknek, melyekről nem tudnak, ezért úgy gondoljuk, hogy minden e területen dolgozó szakembernek ismernie kell a különböző veszélyforrásokat, melyek a munkájuk során egészségkárosító hatásúak lehetnek.

Az alapanyagokkal végzett munka esetén, a komposztálás során, a termesztésben lévő szerves porok ismételt inhalációja (belégzése) által kiváltott, gyulladásos reakció következhet be.

A gombatermesztésben dolgozók, a termesztés minden fázisában ki vannak téve ezeknek a szerves poroknak.

Fontosnak tartjuk a különböző maszkok és egyéb védőfelszerelések viselését a termesztés minden fázisában, valamint a terület további kutatását, melyek elősegítik a porszennyeződés csökkentését.

### Szakirodalmi hivatkozások:

[1] Uzonyi, S-né: *A hazai gombacsíra-gyártás története és helyzete,* Egyetemi Doktori Értekezés, KEÉ Egyetem, 1971.

[2] Fachet József, Mándi Barnabás: *Az immunrendszer kórélettana*, in: Kórélettan (Szollár Lajos szerk.), Semmelweis Kiadó, Budapest, 1993.

[3] Orosz M.: *A hiperszenzitív pneumonitis (HP) (extrinzik allergiás alveolitis)*. Klinikai immunológia (Pertányi Győző főszerk.), Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 2000.

[4] Sipos R., Székely A., Berta B., Bujdosó L., Szarvas J., Hajdú Cs.: *Molekuláris eljárások a gombakomposzt baktérium-népességének vizsgálatában*. Magyar Gombahíradó, MGOSZ Lapja, XI. évf. 39. decemberi szám, 2003.

[5] Hiroshi Tanaka, Hiroyuki Sugawara, Toyohiro Saikai, Kazunori Tsunematsu, Hiroki Takahashi, Shosaku Abe: *Mushroom Worker's Lung Caused by Spores of Hypsizigus marmoreus* (Bunashimeji): Elevated Serum Surfactant Protein D Levels. Chest, Nov, 2000.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 65–68.
http://hdl.handle.net/10598/29053
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.07

# A LÉZERVÁGÁS BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉRDÉSEI

# THE SAFETY ISSUES OF LASER CUTTING

Andraws Andrew[1], Kovács-Coskun Tünde[2]

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Cím: 1034 Magyarország Budapest, Bécsi út 96/B.*

[1]*tigris9494@hotmail.com*

[2]*kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

In this writting we are examining the effect of laser beam on living organisms. As we all know laser is dangerous to living organisms even though we use it in multiple usefull technologies. That's why we have to take into consideration its dangers and take equal actions in making safety rules that reduces the amount of injuries occurring while using lasers.

***Keywords**: safety, safety rules, laser safety, laser.*

## Összefoglalás

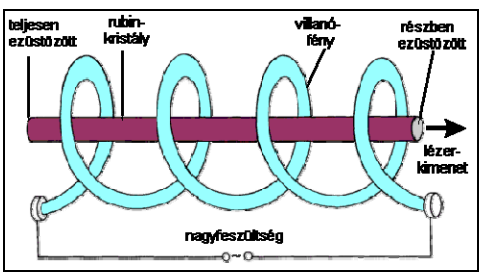
Ebben a cikkben a termikus vágásnál is alkalmazott lézersugár élő szervezetre való hatását vizsgáljuk. A lézer veszélyes az élő szervezetekre nézve, ennek ellenére több hasznos technológiában használjuk. Figyelembe kell vennünk a lézer technológia veszélyeit és megfelelő biztonsági szabályokat kell foganatosítani a lézer okozta sérülések csökkentésére.

***Kulcsszavak:** biztonság, biztonsági előírások, lézer biztonság, lézer.*

## 1. A Lézer

A lézer szó az angol LASER szóból származik mozaikszó (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation, ami magyarul fényerősítés a sugárzás indukált emissziójával). A lézer működéséhez tehát az szükséges, hogy dominájon az indukált emisszió, és a fény általa erősödjön. [1]

Az első lézert az amerikai Maiman fejlesztette ki 1960-ban. A prototípus anyaga, amelyben a lézereffektus lejátszódott, rubinkristály ($Cr_2O_3$-mal szennyezett $Al_2O_3$ kristály, amely rendelkezik a megfelelő metastabil energiaszinttel) volt, gerjesztésként pedig egy villanólámpa fényét használta. A rubinkristály két végére féligáteresztő, illetve egy nagy visszaverő-képességű tükörréteget párologtattak (**1. ábra**).




**1. ábra.** *Rubinlézer vázlata [1]*

Amikor a villanólámpa gerjeszti a rubint, és létrejön az a nagyon jól meghatározott energiájú (a metastabil állapot és az alapállapot különbségének megfelelő) fény, amely a lézerfény kibocsátását elindítja, az először a kristály két végéről sokszor visszaverődve ide-oda cikázik a kristály tengelye mentén. Mivel a rubin oldalán nincsen tükör, a többszöri visszaverődés miatt csak azok a sugarak maradnak meg a rendszerben, amelyek szigorúan párhuzamosak a kristály hossztengelyével.

Amikor a fény energiája meghaladja azt a mértéket, amely már ki tud lépni a féligáteresztő tükrön, a lézer világítani kezd. A két tükör, vagyis voltaképpen az elrendezés geometriája miatt a kilépő fény már nagyon párhuzamos nyalábokból áll, a sugár széttartása (divergenciája) elhanyagolhatóan kicsi [2].

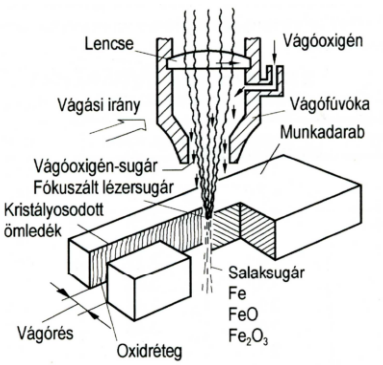
## 2. Lézervágás elve

Nagy energiasűrűségről vagy nagy teljesítménysűrűségről akkor szokás beszélni, ha a fajlagos teljesítmény- (energia-) bevitel meghaladja a 102W/mm2= 104W/cm2= 108W/m2-es értéket. Ez a határérték azonban nem különíti el jól és egyértelműen a hagyományos, illetve az általában nagy energiasűrűségűként említett vagy ismert hőforrásokat. Ezeket a hőforrásokat az anyagtechnológiák több területén (pl.vágás, felületkezelés) is alkalmazzák [7].

Anyagszétválasztás az alapanyag lézersugárral való ömlesztésével. Az ömledéket gázsugár fújja ki (**2. ábra**).

Ömlesztő és gőzölögtető lézervágásnál a lézersugár helyileg megolvasztja a vágandó anyagot, a keletkezett ömledéket, aktív vagy semleges gázsugár fújja ki, vagy az ömledék elgőzölög.

Oxidáló lézervágás a lángvágásra alkalmas alapanyag lézersugárral való felhevítése és oxigénsugárban való elégetése. A keletkező salakot az oxigénsugár a vágási résből kifújja [7, 8]. A biztonságtechnikai ismeretek birtokában lehet elérni, hogy a „problémamegoldó" lézer ne okozzon egészséget veszélyeztető problémákat [7].




**2. ábra.** *Lézervágás elrendezése [8].*

## 3. Lézersugár élő szervezetre való hatása

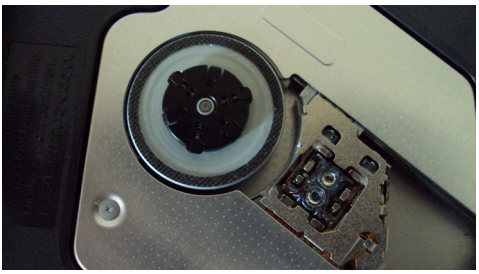
A lézerforrást tartalmazó berendezések egyre elterjedtebbek a héköznapi életben. Az ipari lézerberendezések esetében igen nagy figyelmet kell fordítanunk a biztonságtechnikára. A lézerberendezéseket használó munkahelyen egészséget károsító sugárzás érheti az ott dolgozókat, ezért biztonsági előírásokat szabvány rögzíti, az előírások betartását pedig törvény írja elő. A lézergyártmányok sugárbiztonsági előírásait több szabványban is megtaláljuk és csak ezen szabványok előírásait alkalmazhatjuk.

A nemzetközi szabvány 1-4 osztályba sorolja az eszközöket. Ezeken belül található még egy-egy karakterrel megkülönböztetett felosztás. Mindezek alapja az élettani hatás. A szabvány az alábbiakat különbözteti meg: 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B és 4.

### 3.1. 1-es osztályú lézerberendezés

Azokat a veszélytelen lézereszközöket soroljuk ide, amelyeknél az előállított lézernyaláb teljesítménye mindig alatta marad

a legnagyobb megengedett expozíció értékének, pl. a **3. ábrá**n látható CD olvasót.



**3. ábra.** *1-es osztályú CD olvasó*

### 3.2. 1M-es osztályú lézerberendezés

A 302,5-től 4.000 nm-ig terjedő hullámhosszúságú lézersugarakat alkalmazzák. Az emberi szemre nem veszélyesek, kivéve, azt ha a sugárzás a keresztmetszetét csökkentő optikai eszközből érkezik.

### 3.3. 2-es osztályú lézerberendezés

Ez az osztály a 400-700 nm hullámhossztartományban működő lézerekre (**4. ábra**) vonatkozik. A rövididejű ($t < 0{,}25$ s) besugárzás esetén az emberi szemre sem veszélyes. A 400-700 nm tartományon kívüli sugárzásokra az 1-es lézerosztály előírásai érvényesek.

**4. ábra.** *Pointer. Nagyobb kivitelben elérheti az 3A besorolást is [3].*

### 3.4. 2M-es osztályú lézerberendezés

Ez az osztály a 400-700 nm hullámhossztartományban működő lézerekre vonatkozik. A rövididejű ($t < 0{,}25$ s) besugárzás esetén az emberi szemre nem veszélyes, kivéve, ha az a sugárzás keresztmetszetét csökkentő optikai eszközből érkezik. A 400-700 nm tartományon kívüli sugárzásokra az 1-es lézerosztály előírásai érvényesek.

### 3.5. 3R osztályú lézerberendezés

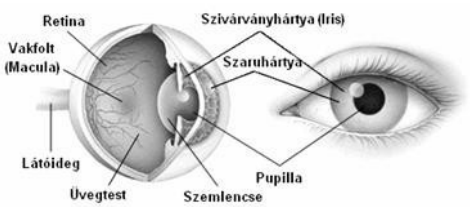
Ebbe az osztályba a 400-700 nm hullámhossztartományban működő lézerek tartoznak és a rövididejű ($t < 0{,}25$ s) besugárzás esetén az emberi szemre nem veszélyesek, kivéve, ha a sugárzás a keresztmetszetét csökkentő optikai eszközből érkezik. Ekkora sugárzási szintek még a fénytávközlésben is előfordulnak [4,5].

### 3.6. 3B osztályú lézerberendezés

Az ilyen eszközök folytonos üzemben legfeljebb 0,5 W teljesítményt bocsáthatnak ki. Az ilyen nyalábba való nézés mindig veszélyes.

### 3.7. 4-es osztályú lézerberendezés

Az ide sorolt berendezések teljesítménye meghaladja a 3B osztályú eszközökre megengedett határértékeket. Ilyen teljesítmény már bőrkárosodást és tüzet is okozhat. A szórt visszaverődés is káros a szemre.

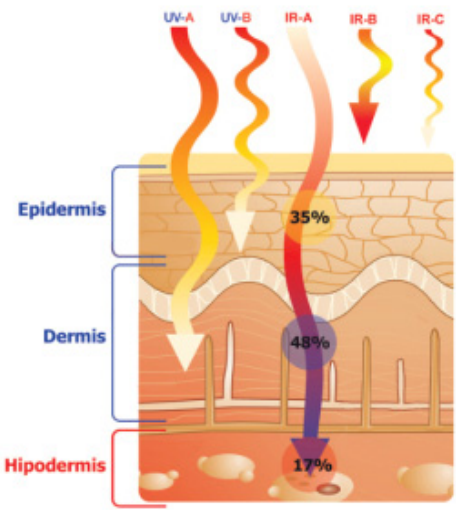



**5. ábra.** *A szem felépítése [3]*

A lézersugarak az emberi szemre (**5. ábra**) a legveszélyesebbek. A szem egyes részeinek eltérő optikai tulajdonságai vannak.

## 4. A fényhullámok hatásai a test különböző részein

- UVC (100 – 280 nm) →erős abszorpció a felszíni hámrétegben (**6. ábra**);
- UVB (280 – 315 nm) → bőrpír, a kapilláris erek kitágulása miatt; határérték ~0,1 J/cm$^2$;
- UVA (315 – 380 nm) → a bőr direkt pigmentesedése; határérték ~10 J/cm$^2$;
- Látható (380 – 780) → legnagyobb behatoló képesség, fotokémiai reakciók, hőhatások;
- IRA (780 – 1400 nm) és IRB (1400 – 3000 nm) → csökkenő behatolási mélység, erős hőhatás;
- IRC (3000 nm – 1 mm) → elnyelődés a bőrfelszínen, erős hőhatás, égés.




**6. ábra.** *Különböző fényhullámok behatolása a bőrbe.*

A problémát az jelenti, hogy a szem a látható és a közeli infravörös (IR A; NIR) sugárzást a retinára fókuszálja, emiatt nő a sugárzás intenzitása és sűrűsége. A látóidegek a retinánál rendkívül kis keresztmetszetű vérerekkel vannak behálózva, ami miatt rendkívül sérülékeny lehet pl. a hemoglobin vagy más fehérjéknél a koagulációját váltja ki és mivel ez a hőhatás (az energia elnyelődés miatt) rendhagyóan magas ezért visszafordíthatatlan ez a koaguláció [3,6].

## 5. Következtetések

A lézer nagyon veszélyes a testre és főképpen a szemre, ezért a lézer használat (vágásnál is) a nemzetközi szabványban előírtak szerint kell védekezni a sérülések elkerülése érdekében. A védő szemüveg használata kötelező a 2-es osztálynál nagyobb osztályú lézer berendezések üzemelése közben így a lézervágási technológia alkalmazása során is.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Paripás Béla: *A lézerek működési elve, indukált emisszió, populációinverzió*, http://www.uni-miskolc.hu/~www_fiz/paripas/diagn/l%E9zerek_diagn_14.pdf 2015.04.04
[2] Bitay Enikő: *Lézeres felületkezelés és modellezés,* Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2007.
[3] http://www.trumpf-laser.com/ 2015.04.04
[4] Buza Gábor: *Lézersugaras technológiák I*, EDUTUS 2012.08.22.
[5] Tu J.F., Paleocrassas A.G.: *Fatigue crack fusion in thin-sheet aluminium alloys AA075-T6 using low-speed fiber laser welding,* Journal of Materials Processing Technologie, 2010.
[6] Nemzetközi szabvány IEC 60825-1
[7] Bitay E., Bagyinszki Gy.: *A lézeres anyagmegmunkálás veszélyessége,* FMTÜ XVIII.. Kolozsvár, 2013.
[8] Gáti József: *Hegesztési Zsebkönyv*, Cokom mérnökiroda Kft., Miskolc, 2010.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 69–72.
http://hdl.handle.net/10598/29064
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.08

# KÖNNYŰ SPORTREPÜLŐGÉP TERVEZÉSE SZÉLCSATORNA TESZTEK ÉS KORSZERŰ TERVEZŐPROGRAMOK ALKALMAZÁSÁVAL

# CONCEPTUAL DESIGN OF A LIGHT SPORT AIRCRAFT WITH EMPHASIS ON WIND TUNNEL TESTS AND SOFTWARE TOOLS

Angi Norbert[1], Răzvan Udroiu[2], Angel Huminic[3]

[1]*Transilvania Egyetem, Mekanikai Mérnöki Kar, Repülő Mérnöki Szakképzés, Cím: 500017, Románia, Brassó, Telefon 0753112470, anginorbert@gmail.com*

[2]*Transilvania Egyetem, Repülő Mérnöki Kar, udroiu.r@unitbv.ro*

[3]*Transilvania Egyetem, Folyadekok Mekankája Tanszék, angel.h@unitbv.ro*

## Abstract

This paper presents the preliminary design of a light sport aircraft (LSA), based on multiple design phases and wind tunnel tests, in order to obtain new lightweight, low cost, low fuel consumption and long-range aircraft. A series of wind tunnel tests were taken in order to improve the aerodynamic calculations of the concept airplane. The preliminary design and wind tunnel tests will follow a series of flight experiments to determine the real performance and dynamic stability of the airplane.

***Keywords**: conceptual aircraft design, flight envelope diagram, aerodynamics, wind tunnel tests, aerodynamic balance calibration.*

## Összefoglalás

Jelen tanulmányi anyag egy könnyűszerkezetes sportrepülőgép (LSA) előzetes tervezését mutatja be – kitérve ennek különböző tervezési fázisaira, illetve szélcsatorna kísérleteire – amely különös figyelmet fordít egy könnyűszerkezetű, nagy hatótávolságú, alacsony üzemanyagfogyasztású, illetve kis költségvetésű repülőgép gyártására. Számos szélcsatorna-teszt végrehajtására került sor, a repülőgép aerodinamikai számításainak fejlesztésére. Az előzetes tervezési számításokat, illetve a szélcsatorna kísérleteket sorozatos repülési kísérletek követik, amik segítségével meghatározhatjuk a repülő valós teljesítményét és dinamikai stabilitását.

***Kulcsszavak:** koncepciós repülőgép-tervezés, repülési diagram, aerodinamika, szélcsatorna-kísérletek, kalibrációs mérések.*

## 1. Bevezetés

A tanulmány fő célja, hogy bemutasson egy olyan koncepciós könnyű vázszerkezetes sportrepülőgépet (LSA) – kezdve a kezdetleges tervezési tanulmányoktól a szélcsatorna tesztekig – melynek aerodinamikai teljesítménye 15%-al-, üzemanyag fogyasztása 12.42%-al- és repülési hatótávolsága 10%-al meghaladja a jelenlegi piacon lévő, ugyanebbe a kategóriába tarto-

zó könnyű sportrepülőgépek teljesít-ményét (pl. Flight Design CTLSi, Czech Sport Aircraft, Evektor Harmony). Mindezt versenyképes előállítási költségen (költségtartomány 100.000 -140.000 €).

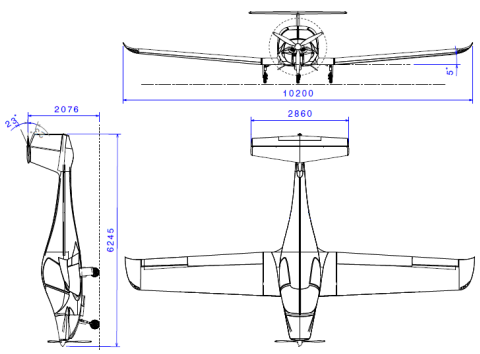
### 1.1 Fő célkitűzések

A fő célkitűzések:

- egy 1/10 mértékarányú repülőmodell szélcsatorna kísérletei;
- egy ¼ mértékarányú kísérleti repülőgép repülési tesztjei, hasonlósági számítások alkalmazásával;
- a repülőgép teljesítményének meghatározása és gyártási előkészületei.

***1. táblázat.*** *– A repülőgép általános jellemzői*

| Paraméterek | |
|---|---|
| személyzet | 1 pilóta |
| kapacitás | 1 utas |
| hossz | 6.45 m |
| szárnyfelület | 11.5 m2 |
| szárnyfesztáv | 10.2 m |
| szárnyprofil | Eppler 562 |
| minimális tömeg<br>maximális felszállási tömeg | 315 kg<br>600 kg |
| üzemanyag tartály | 100 L |
| motor | Rotax912iS |
| maximális sebesség<br>utazási sebesség | 275 km/h<br>206 km/h |
| repülési hatótávolság | 1650 km |
| repülési csúcsmagasság | 5500 m |




**1. ábra.** *A repülőgép fentről, szemből és oldalnézetből*

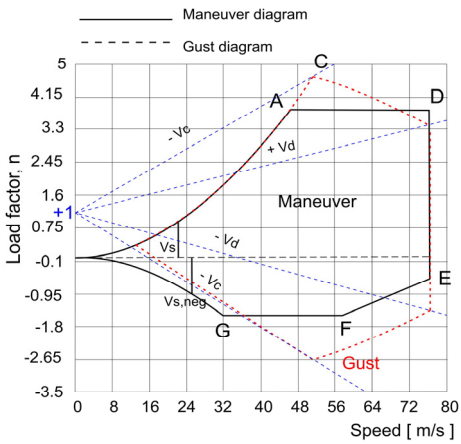
A repülő előzetes tervezése: Raymer 1992, Jenkinson 1999, Roskam 1985, Torenbeek 1982, Nicolai 1975, Schaufele 2007 és Grosu 1965, repülő tervezési szakirodalmain alapszik. [2]

## 2. V-n diagram (Maneuver & Gust Diagram)

A koncepciós repülőgép kezdetleges tervezése a CS-LSA (Certification Specification of Light Sport Aircraft [1]) követelményeire alapoz.

Annak érdekében, hogy meghatározzuk a repülő teljesítmény- és sebesség határait, manőver- és széllökés grafikonok felállítására volt szükség (V-n grafikon).

A repülőgép manőverezhetőségi grafikonja szemlélteti az eltérő terhelési tényezők változását különböző repülési sebességek esetén. Alacsony sebességnél, a maximális terhelési tényező korlátozza a maximális felhajtóerő, CL értékét. Nagy sebességnél a manőverezési terhelési tényezőt a CS-LSA szabályzata korlátozza. A maximalis terhelési tényező +3.8 g és az előírt negatív terhelési érték –1.5 g. A terhelési tényező értéke az utazási sebesség (Vc), értékéig exponenciálisan nő, azt követően lineárisan csökken, elérve a maximális repülési sebességet (VD).




**2. ábra.** *A repülőgép V-n diagramja [7]*

## 3. Szélcsatorna kísérletek

A repülő szélcsatorna kísérletei a brassói Transilvania Egyetem aero-dinamikai laboratóriumában történtek. A szélcsatorna zárt kísérleti fülkéje 1.2m x 0.6m x 1.2m, a maximális tesztelési sebes-sége 40 m/s és a turbulencia értéke kevesebb mint 0.5%, amely megfelel az SAE (Society of the Automotive Engineers) előírásoknak.

A szélcsatorna kísérleteket, pontosabb aerodinamikai eredmények elérése céljából egy 1/10 mértékarányú repülőmodellen végeztük (lásd **3. ábra**).

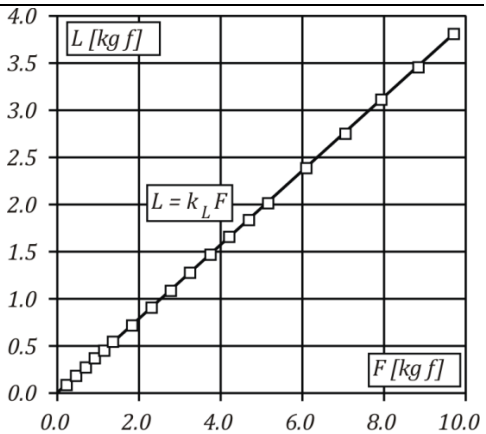
**3. ábra.** *A repülőmodell a szélcsatorna zárt kísérleti fülkéjében*

A szélcsatorna kísérleteket a tenziómetrikus műszerek kalibrálása előzte meg. A tenziómetrikus műszer kalibrációs eredményei az **4. és 5. ábrá**n láthatók. [5] Ezeken az adatfeldolgozó rendszer által mért felhajtóerő és légellenállás értékei (Lift & Drag) szerepelnek, a repülőgép Ox, illetve Oz tengely terhelése függvényében.

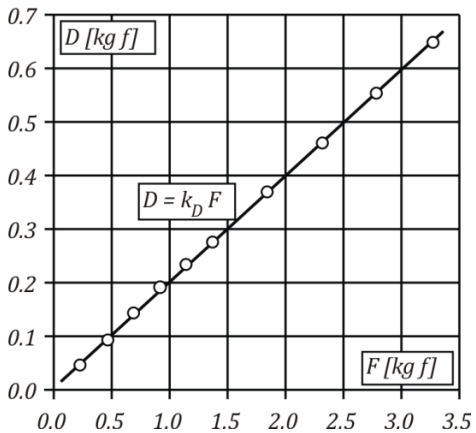
$$L = k_L F, \quad D = k_D F \qquad (1)$$

A kalibrációs méréseket követően a repülő-modell különböző állásszögeken (α) volt tesztelve.

A szélcsatorna vizsgálati kamrájában mért légköri paraméterek értékei a következők: hőmérséklet $t = 26^0C$; légnyomás $p = 94440$ n/m$^2$; légsűrűség $\rho = 1.010$ kg/m$^3$; dinamikus viszkozitás $\mu = 1.84 * 10^{-5}$ kg/ms.




**4. ábra.** *A repülő Oz tengelye után mért kalibrációs grafikonja [3]*

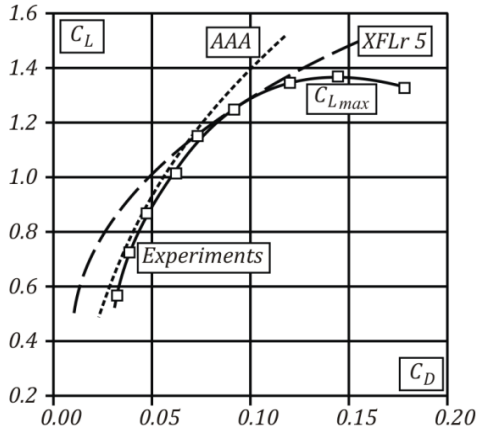



**5. ábra.** *A repülő Ox tengelye után mért kalibrációs grafikonja [3]*

A szélcsatorna tesztek során mért Reynolds szám átlag értéke, adott MAC = 0.116 m érték esetén (Main Aerodynamic Chord), Re = 2.17*105.

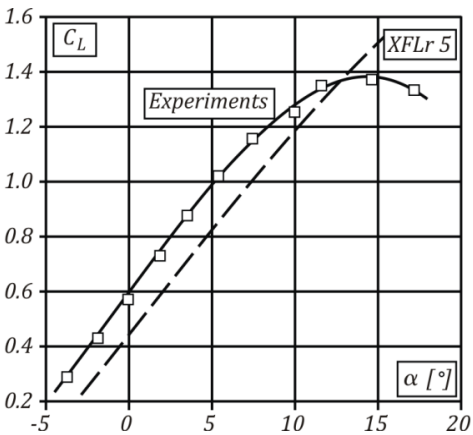
A szélcsatorna kísérleteket egy sorozatos korrekciós számítás követte, a "William H., Low-speed wind tunnel testing " elmélete alapján: interferencia-, turbulens áramlások-, állásszög és légellen-állás-, dinamikus légnyomás korrekciós számítások [6].

A korrekciós szélcsatorna kísérletek és becsült számítógépes aerodinamikai eredmények a **6. ábrá**n követhetők.




**6. ábra.** *A repülő kísérleti és elméleti poláris görbéi [3].*

***a)*** *CL/Cx–felhajtóerő és légellenállás függvényében*




***b).*** *Cl(α)–felhajtóerő az állásszög függvényében*

## 4. Következtetések

A repülőgép előzetes aerodinamikai számításai, AAA (Advanced Aircraft Analasys – DARcorporation [9]) és XFLr5 [8] elemző programok eredményeire alapoz.

A becsült számítógépes és szélcsatorna tesztek eredményei a 6. ábrán követhetők. A számítógépes softwerek és szélcsatorna tesztek közti eltérés ≈10%.

A kezdetleges szélcsatorna kísérletek eredményei alapján a repülőgép aerodinamikai teljesítménye ≈15.0%-al magasabb a jelenlegi legjobb könnyű sportrepülőgépekhez viszonyítva.

A repülő gyártási előkészületeinek érdekében egy ¼ mértékaranyú kísérleti repülőmodell repülési kísérleteire fog sorkerülni.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] EASA, *Certification Specification and Acceptable Means of Compliance for Light Sport Aeroplanes*, CS-LSA, European Aviation Safety Agency, 2013

[2] Roskam J., Airplane Design, Part I. *Preliminary Sizing of Airplanes*, University of Kansas, 1985

[3] Angi N., Huminic.A, *Preliminary design of a LSA aircraft using wind tunnel tests*, INCAS Bulletin,

[4] Angi N., Udroiu R., *Design of a LSA aircraft using advanced software*, International Conference of Scientific Papers - AFASES 2015

[5] Huminic A., Huminic G., *CFD Study Concerning the Influence of the Underbody Components on Total Drag for a SUV*, SAE Technical Paper 2009-01-1157, 2009,

[6] Barlow J., Rae W., Pope A., *Low-speed wind tunnel testing*, Third Edition, USA, 1999.

[7] Grosu, I., *Calculul şi construcţia avionului, Vol. I/II.*, Editura Didactică şi pedagogică Bucureşti, 1965

[8] XFlr5, http://www.xflr5.com/xflr5.htm

[9] DARcorporation, http://www.darcorp.com/Software/AAA/

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 73–76.
http://hdl.handle.net/10598/29075
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.09

# PATOLÓGIÁS SZTENTEK VIZSGÁLATA

# EXAMINATION OF PATHOLOGICAL STENTS

Asztalos Lilla[1], Károly Dóra[2]

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék. Magyarország, Budapest 1111, Bertalan L. u. 7.; Tel.: +36-30-4522534, asztalos.lilla92@gmail.com*

[2] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék. Magyarország, Budapest 1111, Bertalan L. u. 7.; Tel.: +36-1-4631114, kdora@eik.bme.hu*

## Abstract

Like in many European countries, also in Hungary a significant proportion of the deaths are caused by cardiovascular diseases. The effective treatment of stenosis is angioplasty. During the procedure, a balloon is advanced through the vascular system to the narrowing area. With the balloon also a metallic device called stent is expanded. After the intervention this device provides the free flow of blood in the vessel of the patient for life. Currently there are only few papers about the changes of a stent caused by the human organism. The stent cannot be removed from the patient, which seriously hampers research in this direction. Therefore, this study, which is dealing with explanted coronary stents, can be a step forward in this field. Our goal was to do non-destructive failure analysis on the explanted pathological stents; exploring the causes of visible damages and measuring the changes in the technical state.

***Keywords**: explanted coronary stent, failure analysis, non-destructive test.*

## Összefoglalás

Számos európai országhoz hasonlóan Magyarországon is a halálesetek jelentős hányadának hátterében szív- és érrendszeri megbetegedések állnak. Az érszűkületek hatékony kezelési módja az angioplasztika. A beavatkozás során egy ballont az érrendszeren keresztül juttatnak el a szűkület helyéig, ahol azt feltágítják. A ballonnal együtt egy ún. sztentet is feltágítanak, amely a ballon leeresztése után a szervezetben marad. Ez az eszköz biztosítja a beavatkozás után a vér szabad áramlását az adott érszakaszban egészen a páciens élete végéig. Jelenleg kevés irodalmi adat áll rendelkezésünkre a szervezet által okozott, a sztenteken végbement változásokról. Emiatt kutatásunk, amely explantált koszorúérsztentek vizsgálatával foglalkozik, előrelépés lehet ezen a területen. Célunk a patológiás sztentek roncsolásmentes károsodásvizsgálata volt; a sztenteken látható károsodások okainak feltárása és a műszaki állapotukban bekövetkezett változások mérése.

***Kulcsszavak:** patológiás koszorúérsztent, károsodásvizsgálat, roncsolásmentes vizsgálat.*

## 1. Bevezetés

A koszorúér-betegségek egyre elterjedtebbek a társadalom különböző rétegeiben. Az érelmeszesedés (arteriosclerosis) tehető felelőssé a magyar statisztikák szerint a halálozás több mint 50 százalékáért, a középkorú lakosság szív- és érbetegségi halálozási aránya világviszonylatban a legnagyobbak között található [1].

A betegég egyik leghatékonyabb kezelési módja a sztentek alkalmazása. A sztent szilárd támasztó szerkezetként funkcionál az érfal számára, megakadályozva az érszakasz angioplasztika utáni visszaszűkülését [2].

### 1.1. A szentek alapanyagai

A sztentek alapanyagainak számos szigorú követelményt teljesíteni kell. A két legfontosabb tulajdonság élettani szempontból a bio- és hemokompatibilitás. Mechanikai szempontból a legfontosabb elvárások a megfelelő mértékű rugalmasság, illetve a képlékeny alakváltozás (feltágítás) utáni alaktartás, tehát képes legyen fenntartani a kívánt átmérőt. A leggyakrabban előforduló koszorúérsztent alapanyagok: kobalt-króm ötvözetek, platina-króm ötvözésű acélok vagy ausztenites korrózióálló acélok. Az acélok közül az X2CrNiMo18-14-3 (1.4435) anyagminőségű a legáltalánosabb kiváló korróziós tulajdonságai miatt [3].

### 1.2. Sztentek igénybevételei

A sztentek élettartamuk során számos és különböző igénybevételeknek vannak kitéve, amelyeket előállításuk során szem előtt kell tartani. Úgy kell kialakítani a végleges konstrukciót, hogy az alapanyaga és szerkezete képes legyen ellenállni nem csak a mechanikai, hanem a kémiai és korróziós igénybevételnek is. Számolni kell ezen kívül azzal is, hogy a sztent nem csupán a beültetése után, hanem a szűkülethez juttatás során és tágítás közben is jelentős igénybevételnek van kitéve.

## 2. Sztentek károsodásanalízise

Sztentek károsodásával számos cikk foglalkozik, viszont a legtöbb publikáció orvosi oldalról közelíti meg a területet, klinikai esettanulmányokat írnak le, amennyire a rendelkezésükre álló orvosi diagnosztikai berendezésekkel (CT, röntgen stb.) térképezik fel az eszközt és környékét, kiváltképp akkor, ha a páciens még életben van [4].

A mérnöki megfigyeléseken alapuló kutatások végeselemes analízisen vagy in vitro vizsgálatokból állnak. A koszorúérsztentek károsodásvizsgálatának a legnagyobb akadálya az, hogy jelentős komplikációk nélkül a sztentet nem lehet a páciensből eltávolítani. Így tehát a sztent komolyabb analizálására a beteg halála utáni explantációt követően van lehetőség [5].

## 3. A vizsgálatok leírása, célja

Az általunk használt mintákat explantálás során az érszakaszokkal együtt távolították el a szervezetből. A mintadarabokról a plakkot és az azt tartalmazó érfalat kémiai úton távolíttuk el [6].

A rendelkezésre álló darabokon Olympus SZX16 sztereomikroszkóp segítségével a mintázat, a sztent alakjának és névleges méreteinek változását figyeltük meg. A sérült sztentek töretfelületeit Philips XL 30 pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk. EDAX Genesis energiadiszperzív röntgenspektrométerrel (EDS) a sztentek anyagösszetételét is ellenőriztük.

### 3.1. A rendelkezésre álló darabok

A kutatás során használt mintákat az I. sz. Patológiai és Kísérleti Rákkutató Intézet bocsájtotta rendelkezésünkre. A kísérletsorozat TUKEB engedélyszáma: 146/2012.

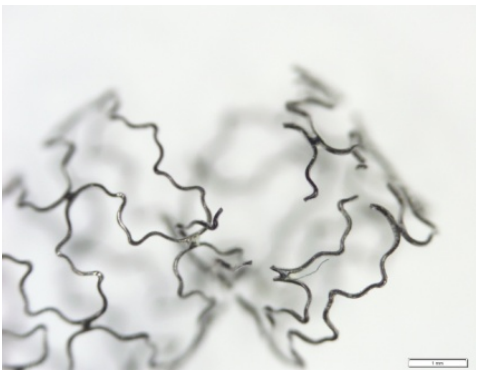
Jelen cikkben két kiválasztott patológiás sztent vizsgálatával foglalkozunk. Az (A) jelű sztent 1.4435 alapanyagú, hatóanyagos bevonattal gyártott sztent (DES). A (B) jelű sztent Co-Cr ötvözet alapanyagú, bevonat nélküli fémsztent (BMS). Rendelkezésünkre álltak a sztentek beültetésének konkrét körülményei: névleges méretei, tágítási nyomás, kórelőzmény. A gyártó által megadott adatok alapján a (B) sztent hossza 28 mm, átmérője 2,5 mm. Az (A) sztent esetében az adatok hiányosak, így a befoglaló méreteket nem tudjuk. A beültetés és az

explantálás között eltelt idő az (A) sztent esetén 5 év, a (B) sztent esetén 1 nap volt.

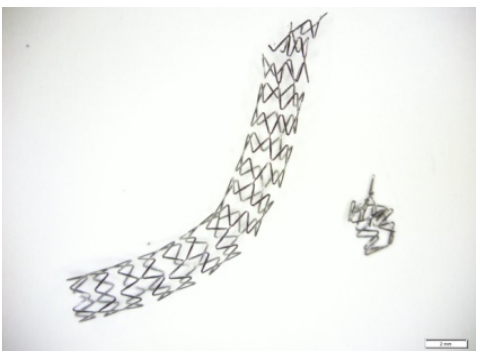
### 3.3. Sztereomikroszkópos vizsgálatok

Az (A) jelzésű minta sztereomikroszkópos felvételén (**1. ábra**) jól látható, hogy a sztent bordái több helyen eltörtek, a minta szinte kettévált az érszakasz leválasztása után. Az adott darabról az érszakasz eltávolítása előtt CT-felvételt készítettek, amelyen szintén látható volt a sztent károsodása, így nagy biztonsággal állítható, hogy a sztent nem a kísérletek során sérült.

A (B) jelű mintán szintén láthatóak károsodott bordák, az érszakasz eltávolítása után a sztent két darabra vált (**2. ábra**).

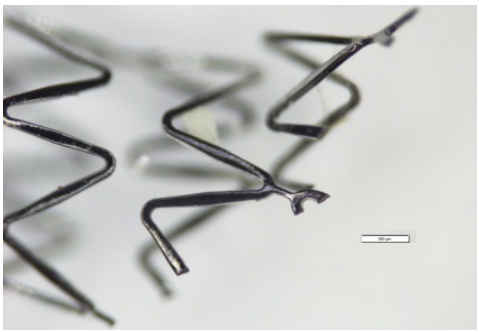


**1. ábra.** *Az (A) mintán jól látható törött bordák*



**2. ábra.** *A (B) minta nagymértékű károsodása, az érszakasz eltávolítása után két különálló darabra vált*

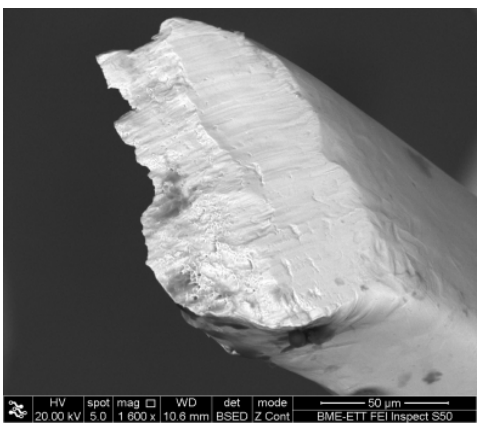
A (B) minta esetében a bordák végét megfigyelve látható, hogy a töretfelületek egy sík mentén helyezkednek el, amelyből arra következtettünk, hogy a darabot explantálás közben elvágták (**3. ábra**).



**3. ábra.** *A (B) sztent károsodott bordái*

### 3.4. Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat

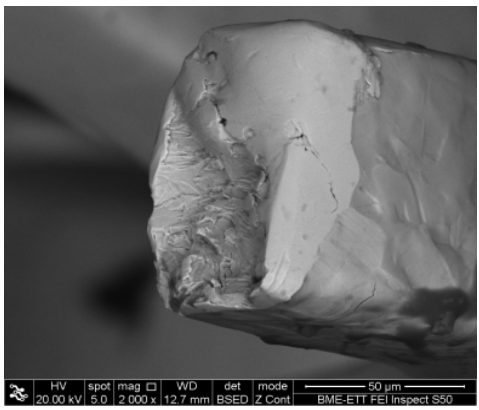
A pásztázó elektronmikroszkópos képeken a (B) minta esetében a felületeken egyértelműen vágás nyoma fedezhető fel. A nagy kiterjedésű szabályos síkok, és a vágószerszám élének haladását jelző apró rovátkák alapján megállapítottuk, hogy az explantálás során alkalmazott eszközök okozták a sérülést (**4. ábra**).




**4. ábra.** *(B) minta felületén levő vágásnyomok*

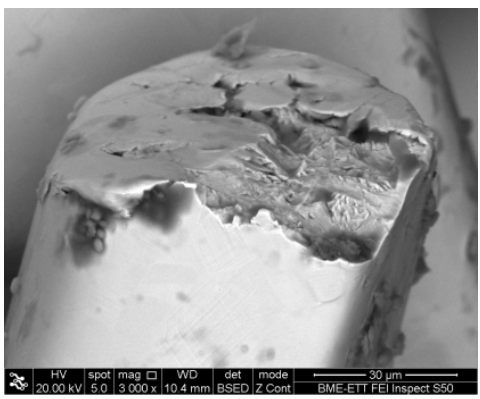
Az (A) minta töretfelületein már nem figyelhettük meg a külső behatásra jellemző nyomokat.

Az **5. ábrán** látható töretfelület minősítése nem egyértelmű, a felületet a törés után koptató hatás érhette, mivel sok helyen „elkenődött" a töret. A borda oldalán különböző mértékű benyomódások, apró repedések figyelhetőek meg, ami szintén arra utal, hogy a törés bekövetkezte után az egymással szemben álló bordafelek többször egymásnak ütődtek.




**5. ábra.** *Töretfelület az (A) mintán*

A **6. ábrán** az (A) minta egy másik bordáján található töretfelület látható. A felület jellege fáradásos törésre utal, viszont a korábban említett koptatóhatás miatt a töretfelület minősítése nem egyértelmű.




**6. ábra.** *Töretfelület az (A) mintán*

Az EDS vizsgálat eredménye alapján elmondhatjuk, hogy a minták anyagai a gyártók által megadott összetétellel megközelítőleg megegyeztek.

## 4. Következtetések

Vizsgálataink legfőbb célkitűzése volt, hogy a rendelkezésünkre álló mintadarabok állapotát minél több szempontból vizsgáljuk roncsolásmentesen. A nagymértékben károsodott sztentek töretfelületeit pásztázó elektronmikroszkóppal is ellenőriztük, feltárandó a tönkremenetel okait. A töretfelületek közül többről is bebizonyosodott, hogy explantálás közben, külső behatásra sérülhetett a sztent, néhány töretfelület esetében pedig a törési felület erősen kopott jellege egyértelműen arra utalt, hogy a törés már régebben bekövetkezett.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Finegold JA, Asaria P, Francis DP: *Mortality from ischaemic heart disease by country, region, and age.* Int J Cardiol 168:2 (2013) pp.934-945.

[2] Mann DL, Zipes DP, Libby P, et al.: *Braunwald's Heart Disease.* Ch. 1. Saunders-Elsevier, 10th edition, Philadelphia, 2014.

[3] Dobránszky J: *Az értágítóbetétek anyagainak fejlődése*. Bányászati és kohászati lapok – Kohászat, 2013, 146. évf. 5-6. szám, pp.44-48.

[4] Nakazawa G, Finn AV, Vorpahl M, et al.: *Incidence and predictors of drugeluting stent fracture in human coronary artery a pathologic analysis*. J Am Coll Cardiol 54:21 (2009) pp.1924-31.

[5] Kertész A, Bognár E, Dévényi L: *Sztentek károsodásanalízise*. Anyagok világa, 2013, pp.36-42.

[6] Károly D, Charalambous D, Pogácsás B, et al.: *Preparation method for investigation of explanted coronary stents*. 32th DAS Proceedings, 2015.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 77–80.
http://hdl.handle.net/10598/29086
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.10

# NEMZETKÖZI HEGESZTŐ SZAKEMBEREK KÉPZÉSI RENDSZERE

# EDUCATION SYSTEM OF INTERNATIONAL WELDING PROFESSIONALS

Bagyinszki Gyula[1], Bitay Enikő[2]

[1] *Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu*

[2] *Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C., ebitay@ms.sapientia.ro*

## Abstract

The welding is a priority industrial technology, which is responsible for coordinating professionals education and examination of all the EWF, all the member countries of IIW is conducted under the unified directive. This article organizes the knowledge in regard of information providing about the opportunities, or providing support for individual training levels to select one.

***Keywords**: welding, engineer, technologist, specialist, practitioner*

## Összefoglalás

A hegesztés kiemelt fontosságú ipari technológia, melynek koordinációjáért felelős szakemberek képzése és vizsgáztatása mind az EWF, mind az IIW tagországokban egységes irányelv szerint folyik. Ez a cikk az ezzel kapcsolatos információkat rendszerezi, tájékoztatást adva a lehetőségekről, avagy segítséget nyújtva az egyes képzési szintek közüli választásban.

***Kulcsszavak:** hegesztő, mérnök, technológus, specialista, kiemelt hegesztő*

## 1. A képzések kerete

1993-tól lépett érvénybe az EWF (European Federation for Welding, Joining and Cutting; Európai Hegesztési, Kötési és Vágási Szövetség) Irányelve az Európai Hegesztőmérnökök (EWE = European Welding Engineer), Hegesztőtechnológusok (EWT = European Welding Technologist), Hegesztőspecialisták (EWS = European Welding Specialist), Kiemelt Hegesztők (EWP = European Welding Practitioner) oktatására és képesítésére vonatkozó minimális követelményekről. A nemzeti hegesztési szervezetek – mint EWF tagok – kölcsönösen elismerték az Irányelvnek megfelelő vizsgán alapuló, bármely tagállam által kibocsátott EWE, EWT, EWS, EWP diplomát. Az IIW (International Institute of Welding, Nemzetközi Hegesztési Intézet) ezt az Irányelvet a Nemzetközi Hegesztőmérnök (IWE = International Welding Engineer), Hegesztőtechnológus (IWT = International Welding Technologist), Hegesztőspecialista (IWS = International Welding Specialist), Kiemelt Hegesztő (IWP = International

Welding Practitioner) képzés Irányelveként fogadta el 1997-től. Azóta ezen Irányelv szerint folyik a képzés és a képesítés mind az EWF, mind az IIW tagországokban. A képzésben résztvevők az eredményes vizsgák után IWE, IWT, IWS, IWP diplomát kapnak, melynek alapján EWE, EWT, EWS, EWP diploma is kiállítható részükre. A hegesztés koordinációját ellátó szakszemélyzet képzésére, vizsgáztatására, minősítésére vonatkozó Irányelv felülvizsgálatát és fejlesztését az IIW végzi, jelenleg az [1] szerinti változat vagy érvényben.

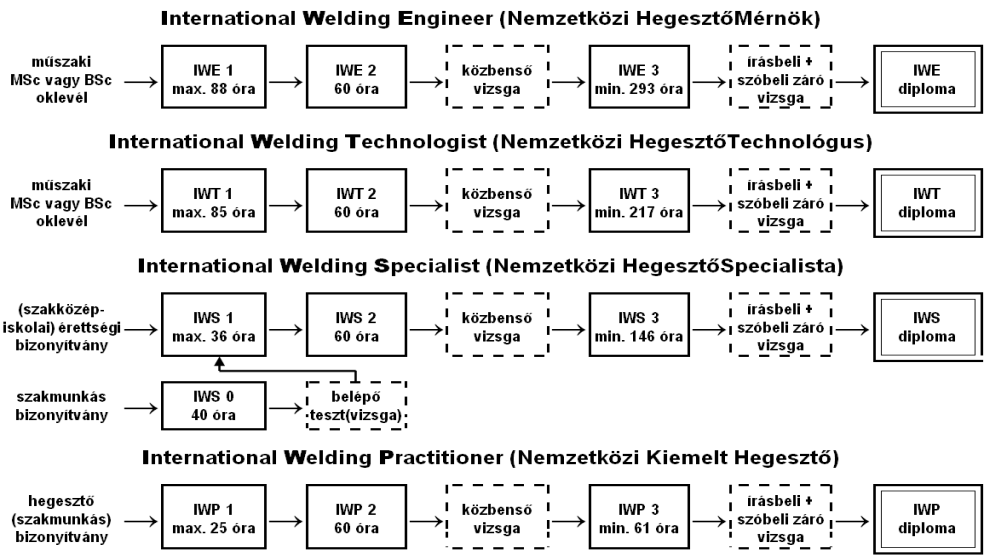
## 2. A képzések feltételei

Az egyenértékűség érdekében az Irányelv minimálisan teljesítendő követelményeket – moduláris tantervet és tananyagot, illetve ezekhez differenciáltan meghatározott óraszámot (**1. ábra**) – ír elő. Az Irányelv szerinti képzésekben (**2. ábra**) való részvétel feltételei:

– az előírt szintű szakmai (iskolai) végzettséget igazoló oklevél vagy bizonyítvány bemutatása;

| Elméleti képzés (1. Rész és 3. Rész) moduljai | tanítási órák száma | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IWE | | IWT | | IWS | | IWP | |
| | 1R+3R | 1R | 1R+3R | 1R | 1R+3R | 1R | 1R+3R | 1R |
| 1. Hegesztési eljárások és berendezések | 90 | 35 | 81 | 35 | 48 | 13 | 29 | 13 |
| 2. Anyagok és viselkedésük a hegesztés során | 115 | 39 | 96 | 37 | 56 | 19 | 23 | 12 |
| 3. Méretezés és tervezés | 62 | 14 | 44 | 13 | 24 | 4 | 6 | 0 |
| 4. Gyártás, mérnöki alkalmazások | 114 | 0 | 81 | 0 | 54 | 0 | 28 | 0 |
| Összes elméleti óraszám | 381 | 88 | 302 | 85 | 182 | 36 | 86 | 25 |
| Gyakorlati képzés (2. Rész) | 60 | - | 60 | - | 60 | - | 60 | - |
| Összes óraszám | 441 | - | 362 | - | 242 | - | 146 | - |

**1. ábra.** *Az Irányelv szerinti nemzetközi hegesztő szakember képzések óraszámai*




**2. ábra**. *Az Irányelv szerinti nemzetközi hegesztő szakember képzések szakaszai*

**0. Műszaki alapismeretek** (IWS képzés előtt)

0.1. Méréstechnikai alapok hegesztési alkalmazásokkal
0.2. Műszaki számítások
0.3. Műszaki rajzok
0.4. Elektrotechnikai alapok
0.5. Kémiai alapok
0.6. Anyagismereti alapok
0.7. Fémtermékek
0.8. Anyagok megmunkálása
0.9. Műszaki mechanika
0.10. Kötőelemek
0.11. Szilárdság(tan)i számítások

**60 órás gyakorlati képzés** (IWE, IWT, IWS)

- **Gázhegesztés és lángvágás**
- **Bevont elektródás kézi ívhegesztés**
- **TIG-hegesztés**
- **MIG/MAG-hegesztés + porbeles elektródás ívheg.**
- *gyökfaragás*
- *keményforrasztás*
- *plazmahegesztés, plazmavágás*
- *fedett ívű hegesztés*
- *ellenálláshegesztés, dörzshegesztés*
- *elektronsugaras hegesztés, lézerhegesztés*
- *egyéb hegesztési eljárások*

**1. Hegesztési eljárások és berendezések**

1.1. Általános bevezető a hegesztési eljárásokhoz
1.2. **Gázhegesztés és rokon eljárások**
1.3. Elektrotechnikai áttekintés
1.4. Az (elektromos) ív
1.5. Ívhegesztés áramforrásai
1.6. Bevezetés a védőgázos ívhegesztéshez
1.7. **TIG-hegesztés**
1.8.1. **MIG/MAG-hegesztés**
1.8.2. **Porbeles elektródás ívhegesztés**
1.9. **Bevont elektródás kézi ívhegesztés**
1.10. *Fedett ívű hegesztés*
1.11. *Ellenállás-hegesztés*
1.12.1. *Egyéb hegesztési eljárások – lézer, elektronsugár, plazma*
1.12.2. *Egyéb hegesztési eljárások – az előzőeken kívül*
1.13. *Vágás, fúrás és egyéb élelőkészítő eljárások*
1.14. Felületbevonatolás és -szórás
1.15. Teljesen gépesített eljárások és robotok
1.16. *Kemény- és lágyforrasztás*
1.17. Műanyagok kötési eljárásai
1.18. Kerámiák és kompozitok kötési eljárásai
1.19. **Hegesztési laboratóriumi gyakorlat – paraméterek hatása**

**2. Anyagok és viselkedésük a hegesztés során**

2.1. Fémek szerkezete és tulajdonságai
2.2. Fázisdiagramok és ötvözetek
2.3. Vas-karbon ötvözetek
2.4. Acélok gyártása és osztályozása
2.5. Szerkezeti acélok viselkedése ömlesztő hegesztéskor
2.6. Repedés jelensége hegesztett kötésekben
2.7. Törés és a törések különböző típusai
2.8. Alapanyagok és hegesztett kötések hőkezelése
2.9. Ötvözetlen szerkezeti acélok
2.10. Nagyszilárdságú acélok
2.11. Szerkezeti és nagyszilárdságú acélok alkalmazásai
2.12. Kúszás és kúszásálló acélok
2.13. Acélok nagyon kis hőmérsékletű (kriogén) alkalmazásokra
2.14. *Bevezetés a korrózióhoz*
2.15. Korrózió- és hőálló acélok
2.16. Bevezetés a kopáshoz és a védőrétegekhez
2.17. Öntöttvasak és acélöntvények
2.18. Réz és rézötvözetek
2.19. Nikkel és nikkelötvözetek
2.20. Alumínium és alumíniumötvözetek
2.21. Titán és egyéb fémek (Mg, Ta, Zr), ill. ötvözeteik
2.22. Különböző anyagok kötése
2.23. **Anyagok és hegesztett kötések roncsolásos vizs.**

**3. Méretezés és tervezés**

3.1. Szerkezetek tervezésének (mechanikai) alapelvei
3.2. Anyagok szilárdság(tan)ának alapjai
3.3. Hegesztett és forrasztott kötés tervezése
3.4. Hegesztett kötés méretezésének alapjai
3.5. Hegesztett szerkezetek viselkedése különböző terhelések alatt
3.6. Hegesztett szerkezetek tervezése jellemzően statikus terhelésre
3.7. Hegesztett szerkezetek viselkedése ciklikus terhelés alatt
3.8. Ciklikusan terhelt hegesztett szerkezetek tervezése
3.9. Nyomástartó berendezések tervezése
3.10. Alumínium ötvözetekből készült szerkezetek tervezése
3.11. Bevezetés a törésmechanikába

**4. Gyártás, mérnöki alkalmazások**

4.1. Bevezetés a hegesztett szerkezetgyártás minőségügyébe
4.2. **Minőségirányítás a gyártás során**
4.3. Maradó feszültségek és deformációk
4.4. Gyártóeszközök, hegesztőkészülékek, tájoló elemek
4.5. Egészség és biztonság
4.6. **Mérés, szabályozás, adatrögzítés hegesztéskor**
4.7. Eltérések és elfogadási kritériumok
4.8. **Roncsolásmentes vizsgálatok**
4.9. Gazdaságtan és termelékenység
4.10. Javítóhegesztés
4.11. Betonacélok hegesztett kötései
4.12. Esettanulmányok

**Növelt betűszélességgel jelölve a gyakorlati képzést ill. laboratóriumi gyakorlatot is tartalmazó vagy azzal kiegészülő témakörök**
***Dőlt betűkkel jelölve a demonstrációt vagy videoprezentációt igénylő témakörök***

**3. ábra**. *Az Irányelv szerinti nemzetközi hegesztő szakember képzések moduljai és témakörei*

– legalább 2…4 (képzésenként meghatározott) éves hegesztési vagy rokon (fémipari) területen szerzett szakirányú gyakorlat igazolása;
– 20 éves életkor betöltése (a nem diplomás bemeneti feltételű képzéseknél);
– egészségügyi alkalmasság igazolása;
– valamint az IWS képzésnél legalább 2 db érvényes MSZ EN 287/MSZ EN ISO 9606 szabvány szerinti hegesztő-minősítés; az IWP képzésnél megfelelő darabszámú MSZ EN 287/ISO 9606 szabvány szerinti – H-L045 ss nb, vagy ASME IX 6G, vagy MSZ EN 287/ISO 9606 szerinti PE ss nb, vagy PC és PF ss nb – érvényes minősítés.

A képzések szakmai felügyeletét az ANB (Authorised National Body, Meghatalmazott Nemzeti Testület) – Magyarországon a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés (MHtE) – látja el. Képzés szervezésére és lebonyolítására az ANB által erre akkreditált oktató- és képesítési hely (ATB

= Authorised Training Body) jogosult. Az egyes oktató- és képzőhelyek a különböző modulok szerinti csoportosításnak megfelelően szervezik a tantárgyi témakörök (**3. ábra**) oktatását.

## 3. A képzések követelményei

Az egyes képzési szintek legfontosabb követelményeit a **4. ábra** foglalja, illetve hasonlítja össze a [2, 3, 4, 5] alapján.

<table>
<tr><th>Az IWE</th><th>Az IWT</th><th>Az IWS</th><th>Az IWP</th></tr>
<tr><td colspan="3">képzésben résztvevők kellő felkészültséget szerezzenek ahhoz, hogy képesek legyenek az Irányelvben foglalt,</td><td rowspan="11">képzés célja ipari gyakorlattal és hegesztői képesítéssel rendelkező személyekből kvalifikáltabb gyakorlati hegesztőszakemberek képzése, akik alkalmasak felügyelni és irányítani hegesztők munkáját, segíteni képesek gyártói alkalmassággal rendelkező hegesztő üzemek hegesztési felelősének munkáját, tudnak ellátni szakmai feladatokat az oktatásban és a kereskedelemben is.<br>A gyakorlati képzésnek személyes gyakorláson kell alapulnia úgy, hogy a résztvevők mélyítsék az ismereteiket és gyakorlatukat az általuk választott fő hegesztési eljárással kapcsolatosan.</td></tr>
<tr><td>a hegesztőmérnöki gyakorlatban</td><td colspan="2">a hegesztési felelősi gyakorlatban</td></tr>
<tr><td colspan="2">lényeges</td><td>alap</td></tr>
<tr><td colspan="3">hegesztési technológiák alkalmazására, ill. olyan</td></tr>
<tr><td>átfogó és részletes</td><td>általános</td><td>alap</td></tr>
<tr><td colspan="3">szakismeretekkel rendelkezzenek, amelyek elegendők az üzemszerű hegesztési gyártás</td></tr>
<tr><td>teljes körű</td><td colspan="2">egyszerű</td></tr>
<tr><td colspan="3">tervezéséhez, kivitelezéséhez, felügyeletéhez, ellenőrzéséhez és irányításához.</td></tr>
<tr><td colspan="3">A gyakorlati képzés célja, hogy a leendő</td></tr>
<tr><td>hegesztőmérnökök</td><td>hegesztőtechnológusok</td><td>hegesztőspecialisták</td></tr>
<tr><td>ismereteket szerezzenek a különböző hegesztő eljárások alkalmazásának ellenőrzéséről, ill. ismerkedjenek meg – amennyire csak lehetséges – az egyes hegesztő eljárásokkal, az eljárások nehézségeivel és a nem megfelelő alkalmazás során létrejövő eltérésekkel, hibákkal.</td><td colspan="2">a gyakorlás és a bemutatók során alapvető jártasságot szerezzenek a fontosabb ömlesztő és sajtoló eljárásokkal, megismerjék a hegesztő berendezések működését, kezelését, a hegesztési technológiák alkalmazását, a leggyakrabban előforduló eltéréseket, hibákat és azok elkerülését, ill. javítását.</td></tr>
</table>

**4. ábra**. *A nemzetközi hegesztő szakember képzések főbb követelményei*

## 4. A képzések vizsgái

A képzés első részének (1R) teljesítése után írásbeli tesztvizsgát kell tenni (**2. ábra**). Nemzetközi diplomát eredményező záróvizsgára az bocsátható, aki részt vett az ANB által jóváhagyott képzés tanóraszámának legalább 90%-án és befizette a vizsgadíjat. Annak érdekében, hogy a kibocsátott diplomák egyenértékűek legyenek, nemcsak a képzésnek kell megfelelnie az IIW Irányelvének [1], hanem a vizsgát is az ANB felügyelete mellett kell lefolytatni.

A 4 tantárgyi modul szerint zajló vizsga célja annak megítélése, hogy a jelölt alkalmas-e tudásának és ismereteinek alkalmazására az ipari gyakorlatban, a képzési szintjén megoldandó feladatokban. A képzést lezáró vizsga részei:

– modulonként 20…30 (képzéstől függő számú) kérdésből – kérdésenként 4 válaszlehetőséggel – álló EWF on-line (elektronikus, internetes) tesztvizsga;
– modulonként 45…60 (3…4 válaszlehetőségű) kérdésből álló írásbeli tesztvizsga;
– modulonként 2 húzott tétel ismertetéséből álló szóbeli vizsga.

A sikeres vizsgát követően a nemzetközi és európai diplomá(ka)t az ANB bocsátja ki a jelöltnek, mely(ek)hez személyes IIW és EWF bélyegző (pecsét) is igényelhető. Az ezeken megjelenített információk: az IIW vagy az EWF felirat, a keresztnév kezdőbetűje ponttal + a családi név, a nemzeti ANB rövidítése, a diploma szintjének rövidítése, egyedi sorozatszám a vonatkozó diploma szerint, a diploma teljes megnevezése.

### Szakirodalmi hivatkozások


[1] IIW Guideline for International Welding Engineers, Technologists, Specialists and Practitioners: IAB-252r2-14, EWF-IAB/IIW Secretariat, Porto Salvo, Feb. 2014, p. 111
[2] Információs lap a Nemzetközi hegesztőmérnök (IWE) képzésről, MHtE, 2015, 6 oldal
[3] Információs lap a Nemzetközi hegesztőtechnológus (IWT) képzésről, MHtE, 2015, 6 o.
[4] Információs lap a Nemzetközi hegesztőspec. (IWS) szakképzésről, MHtE, 2015, 7 o.
[5] Információs lap a Nemzetközi kiemelt hegesztő (IWP) képzésről, MHtE, 2015, 6 o.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 81–84.
http://hdl.handle.net/10598/29097
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.11

# A MAGYARORSZÁGI GYALOGOS BALESETEK GÓCHELYKUTATÁSA

# THE ANALYSIS OF PEDESTRIAN ACCIDENTS IN HUNGARY

Baranyai Dávid[1], Török Ádám[2]

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék, Cím: 1111, Magyarország, Budapest, Stoczek 2., Telefon / Fax: +36-1-463-1051, david.baranyai@mail.bme.hu*

[2] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék, Cím: 1111, Magyarország, Budapest, Stoczek 2., Telefon / Fax: +36-1-463-1051, atorok@kgazd.bme.hu*

## Abstract

One of the main aims of the European Union common transport policy is that the road accident fatality should be reduced to almost zero by 2050. In line with this, the European Union aims by 2020 to halve the number of road fatalities, compared to 2010. The last six years can be concluded as the number of pedestrian injuries shows a decreasing trend, followed by a slight increase. Particular attention is need to be gathered to those places where in recent years many incidents occurred. In this paper Hungarian pedestrian accidents black-spots were analysed and their theoretical background and application difficulties.

***Keywords:*** *traffic safety, accident, pedestrian, Hungary, black-spot*

## Összefoglalás

Az Európai Unió közösségi közlekedéspolitikájának egyik fő célja: A közúti baleseti halálozást 2050-re szinte nullára kell csökkenteni. E céllal összhangban az Európai Unió arra törekszik, hogy 2020-ra felére csökkenjen a közúti halálesetek száma, a 2010-es értékhez képest. Az elmúlt 6 évet tekintve a személysérüléses gyalogos balesetek száma 2012-ig csökkenő tendenciát mutatott, majd egy kismértékű emelkedés figyelhető meg. Különös figyelmet kell fordítani azokra a helyekre, ahol az elmúlt években több ilyen eset is történt, ezért cikkünkben Magyarország gyalogos baleseteinek góchelyeit szeretnénk elemezni, illetve ismertetni a góchely-kutatás elméleti hátterét, alkalmazási nehézségeit.

***Kulcsszavak:*** *közlekedésbiztonság, baleset, góchely, gyalogos*

## 1. Bevezetés

A közúthálózaton mindig találhatóak olyan helyszínek, ahol valamilyen okból több baleset történik az „átlagosnál”. A balesetek jövőben valószínűsíthető számának csökkentése érdekében kiemelten fontos ezeknek a helyeknek a feltárása, a fellelhető okok megszüntetése vagy a kedvezőtlen hatásuk mérséklése.

Erre „kötelez” minket az EU Fehér Könyve, amely a személysérüléses balesetekben meghaltak számának 50%-os csökkenését irányozza elő. [1]

## 2. Góchely definiálása

*Gócpont:* olyan jól körülhatárolható pontszerű helyszín, közúthálózati elem (csomópont, vasúti átjáró, veszélyes ív, stb.), ahol a balesetek hozzárendelhetők az adott forga-

lomtechnikai kialakításhoz, annak szűkebb környezetéhez.

*Gócszakasz:* a közúthálózat nem pontosan meghatározható (változó) hosszúságú szakaszai, ahol a balesetek nem köthetők konkrét helyekhez, azok geometriai, forgalomtechnikai kialakításához.

*Gócgyanús helyek:* az út többi részéhez képest a közlekedő számára nagyobb baleseti vagy sérülési kockázatot jelent a baleseti gócgyanús helyen való áthaladás. Más-más kritérium alapján határozzuk meg a gócgyanús helyet lakott területen belül és lakott területen kívül. [2] [3]

*Lakott területen belül:*

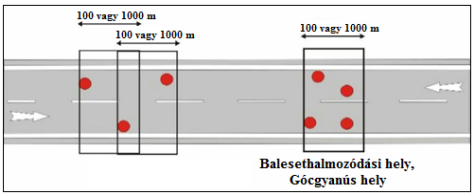
Egy csomópontot vagy egy legalább 100 méter hosszú szakaszt gócgyanús helynek nevezünk, ha 3 év alatt legalább négy személysérüléses baleset történt.

*Lakott területen kívül:*

Egy 1000 méter hosszú szakaszt gócgyanús helynek nevezünk, ha 3 év alatt legalább négy baleset történt, amely személysérüléssel járt.

Góchelyek keresése méretarányos baleseti ponttérkép vagy adatlista segítségével ún. ablaktechnikával történt. Ez annyit jelent, hogy készítünk egy méretarányos térképet, amelyen pontok formájában bejelöljük a baleseteket és egy 100 vagy 1000 méter szélességű "ablakot" végighúzunk rajta. Így kiszűrhető, hogy 100 vagy 1000 méteren belül hány baleset történt. Ez az **1. ábrá***n* látható. Ma a góchelyek gyorsabb és hatékonyabb azonosítása érdekében számítógépes adatkezelő programokat alkalmaznak, melyek a klaszterelemzés vagy a parciális területi autokorreláció statisztikai eljárásait alkalmazzák. [4].

A gócgyanús helyszínek sorba rendezése igen fontos kérdés, hiszen nyilvánvalóan a lista elején elhelyezkedőknél égető, hogy tényleges biztonságnövelő beavatkozásra kerüljön sor.




**1. ábra.** *Három év személysérüléses baleseteinek vizsgálata lakott területen belül/kívül ([4]alapján, saját szerkesztés)*

## 3. Elemzés menete

Jelen tanulmányban a góchely keresés technikáját kifejezetten csak a gyalogos balesetek tekintetében alkalmaztuk, a 2012-2014-es balesetekre. Külterületen az összes útkategóriával foglalkoztunk, míg belterületen csak az átkelési szakaszokkal. Az átkelési szakaszok a városi közlekedés különleges helyei, ahol két teljesen eltérő funkció találkozik egymással: a nagy mobilitási funkciójú átmenő forgalom keresztezi az erős kiszolgáló funkcióval rendelkező városrészt, településközpontot.

Ezen helyek feltárására az ArcGIS térinformatikai rendszert használtuk. A baleseti adatok elemzésénél, az Országos Közúti Adattár (OKA) adatait alkalmaztuk. Ezeket importáltuk ArcGIS-ba, ahol megjelenítettük őket Magyarország alaptérképén, EOV koordinátarendszerben. Adatbázisszűrő segítségével leválogattuk azokat a személysérüléses baleseteket, amelyekben kerékpárosok érintettek voltak. A szűrést követően az út száma és szelvényszám alapján parciális területi autókorreláció segítségével meghatároztuk a gócgyanús helyeket/szakaszokat. Mindezt bel- és külterületen külön elvégeztük, az elméleti részben említett 100, valamint 1000 méteres szakaszokat keresve. Az így kapott góchelyeket megvizsgáltuk térképes felületen, hogy valóban gócgyanúsak-e, mivel előfordulhatnak pontatlanságok a baleseti adatbázisban. Ilyen probléma lehet: szelvényszám vagy GPS koordináta nem megfelelő pontosságú rögzítése. Ezekből a hibákból adódóan, a valójában nem

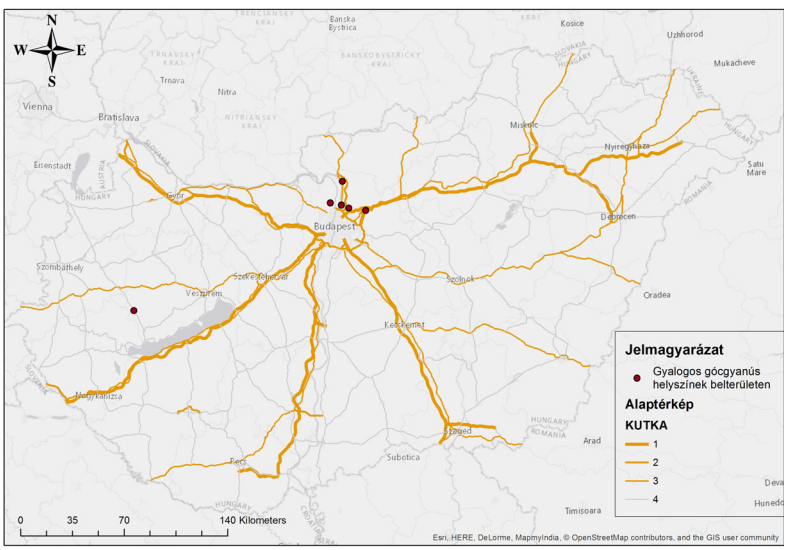
gócgyanús helyeket kizártuk a további elemzésből.

## 4. Gócgyanús helyszínek elemzése

A gócgyanús helyek leszűrése után megvizsgáltuk az ott kialakult balesetek (OKA-ban kódolt) paramétereit, külön külés belterületen. A fontosabb elemeket táblázatos formában összefoglaltuk. Megadtuk, hogy az egyes paraméterek hány darab balesetnél figyelhetőek meg és ez mit jelent %-os megoszlásban. Jelen cikkben az egyes tényezőknél, csak a kiugró adatokat tüntettük fel a táblázat nagysága miatt, így ezeknél nem adódik ki a 100%.

Elemzésünk során 6 belterületi gócgyanús helyet fedeztünk fel, külterületiek jelen szűrés mellett nem alakultak ki. Ezeken a helyszíneken összesen 26 db személysérüléses gyalogos baleset történt. (**2. ábra**)

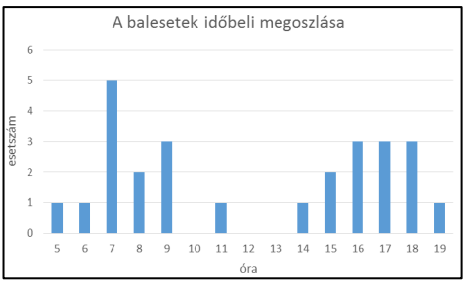
Az adatok kiértékelése után megállapítottuk, hogy a balesetek ~2/3-a egyenes úton, míg ~1/3-a útkereszteződésben történt. Egyik baleseti helyszín sincs ellátva forgalomirányító készülékkel. Az esetek 73%-a október és március között történt, amelyekhez hozzájárulhat az alább taglalt látási és időjárási helyzet. Időjárási viszonyok tekintetében megállapítható, hogy az esetek 50%-ában borult, 12%-ban pedig esős volt az idő. Ezek rossz látási viszonyokhoz és a gyalogos forgalom későbbi észleléséhez vezetnek. Az úttest állapota az esetek 27%-ában nedves volt az épp akkori vagy a balesetet megelőző esőzés miatt. Ebből kifolyólag a megnövekedett fékút és ehhez nem megfelelő sebesség választása, a baleset bekövetkezéséhez vezethet. Egy olyan baleset történt, amikor az elkövető ittas állapotban volt. A baleseteket előidéző elsődleges okként a „gyalogosok elsőbbségének meg nem adása gyalogos-átkelőhelyen" emelhető ki. A balesetek típusát tekintve közel 70%-a útkereszteződésben vagy nem útkereszteződésben, de kijelölt gyalogos-átkelőhelyen történt. Ezért érdemes megvizsgálni ezeket a helyeket, hogy kisköltségű beavatkozásokkal (pl.: jelzőtábla kiemelése, villogó sárga fényjelzés, …) pozitív irányba tudjunk beavatkoz-




**2. ábra.** *Gyalogos belterületi gócgyanús helyszínek (2012-2014) (saját szerkesztés)*

ni. Jelen góchelyeken csak súlyos- és könnyű sérüléses gyalogos balesetek alakultak ki, előbbi 46,15%-ban, míg utóbbi 53,85%-ban.

A gócgyanús helyeken történt balesetek időbeli megoszlásán megfigyelhető a reggeli (7-9h), valamint a délutáni (16-18h) csúcsidőszak, amikor az emberek munkába járnak, valamint mennek haza munkából.




**3. ábra**. *A balesetek időbeli megoszlása (saját szerkesztés)*

## 5. Következtetések

Magyarországi gyalogos góchely kutatásunk következtében lakott területen 6 db gócgyanús helyszínt találtunk. Településen belül csak az átkelési balesetekkel foglalkozunk, mert ezek vonzzák a legnagyobb forgalmat. Ezeken a helyeken kialakult gócgyanús helyekről elmondható, hogy nagy részük egyenes úton alakult ki. A balesetek típusát tekintve közel 70%-a útkereszteződésben vagy nem útkereszteződésben, de kijelölt gyalogos-átkelőhelyen történt. A baleseteket előidéző elsődleges ok a „gyalogosok elsőbbségének meg nem adása gyalogos-átkelőhelyen" volt.

Az alacsony, kizárólag gyalogos gócgyanús helyek száma miatt messzemenő következtetések nem vonhatóak le, ezért jelen tanulmányt a kerékpáros balesetekkel közösen kialakított gócgyanús helyek vizsgálatával folytatjuk.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Európai Bizottság (2011): *FEHÉR KÖNYV - Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé*, Brüsszel, 2011.3.28. COM (2011) 144

[2] Baranyai Dávid, Sipos Tibor (2015): *A közúti forgalmi rend felülvizsgálata*, In: Bitay Enikő (szerk.), A XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszak előadásai, Kolozsvár, Románia, 2015.03.19 Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-Egyesület, pp. 67-70.

[3] Baranyai Dávid, Sipos Tibor (2012): *A 82-es számú főút közlekedésbiztonsági szempontú felmérése*, Tudományos Diákköri Konferencia, pp. 22-23.

[4] Hóz Erzsébet (2005): *Csomópontok és útvonalak balesetveszélyességi értékelési módszertanának kidolgozása*, KTI - Közlekedéstudományi Egyesület, Közlekedésbiztonsági Központ, pp. 12-14.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 85–88.
http://hdl.handle.net/10598/29108
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.12

# AZ ABRÁZIÓS KOPÁS KEZDETI SZAKASZÁNAK JELLEMZÉSE SZIMULÁCIÓS MODELL SEGÍTSÉGÉVEL

# SIMULATION OF THE INITIAL PHASE OF ABRASION WEAR PROCESS

Barányi István

*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet, Cím: 1081, Budapest, Népszínház utca 8.; Telefon / Fax: +36-1-666-5324, baranyi.istvan@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

The description of the wear rate can be achieved in several ways by the literature. Research nowadays use two main direction to characterise a tribological process: the first case is the description by wear rate, the other case is the changes of the surface microtopography (scratch detection and peak detection algorithm).

In this article an algorithm can be presented which simulate the initial stage of abrasion wear process in the initial stage of wear. With the help of this algorithm the disappeared part of the surface microtopography can be substituted with a mathematical function, and calculate the main three dimension parameters in the end of the total annihilation.

***Keywords**: roughness measurement, initial case of wear process, simulation model*

## Összefoglalás

A kopási intenzitás leírása a szakirodalmat tekintve többféleképpen is megvalósítható. Napjaink kutatási területeit tekintve a elmondható, hogy a kutatók tribológiai szempontból a kopási intenzitás segítségével jellemzik az egyes anyagokat az állandósult kopás szakaszában. A tribológiai vizsgálatok másik célja a felületi mikrotopográfia változásának leírása például karcanalízis vagy csúcsanalízis segítségével.

Jelen cikkben a szerző egy olyan algoritmust mutat be, mely alkalmas szimulációs modellként a kopás kezdeti szakaszának jellemzésére. A modell felépítésekor az abráziósan megsemmisült réteget adott matematikai függvénnyel helyettesíti, s a teljes mikrotopográfia megsemmisülésig vizsgálja a kutatói életben széleskörűen alkalmazott érdességi paraméterek változását.

***Kulcsszavak:** érdességmérés, kopás kezdeti szakasza, szimulációs modell*

## 1. Bevezetés

A gyártott felületek jellemzésekor a vonal mentén történő érdességmérés széleskörűen elterjedt technológia. A kiértékelő rendszerek folyamatos fejlesztése és szabványosítása segítségével többszempontú analízist hajthatunk végre műszaki felületek esetén [1], [2], [3]. Tribológiai rendszervizsgálatkor a felületen megjelenő lokális hibák meghatározására és jellemzésére ez a mérési rendszer azonban sokszor nem ad a kutatói életben szükséges mélységű információkat [4], [5], [6], [7].

A tribológiai szempontú megközelítésnél elmondhatjuk, hogy a kopás kezdeti szakaszában a felületi mikrotopográfia változása a csúcszóna folyamatos megsemmisülésével jellemezhető. A csúcszónában található változásokat a szerzők szimulációs modell segítségével, az abráziós karcokat síkfelülettel történő helyettesítésével jellemzik.

## 2. A vizsgált paraméterek bemutatása

A szimulációs modellnél alkalmazott paraméterek DIN EN ISO 4787-es szabvány alapján kerültek meghatározásra. A számoláskor használt paraméterek leírását folyamatos alakban az 1-4 egyenletek szemléltetik:

$$Sa = \iint_A Z(x,y)dxdy \qquad (1)$$

$$Sq = \sqrt{\iint_A Z(x,y)^2 dxdy} \qquad (2)$$

$$Ssk = \frac{1}{Sq^3}\iint_A Z(x,y)^3 dxdy \qquad (3)$$

$$Sku = \frac{1}{Sq^4}\iint_A Z(x,y)^4 dxdy \qquad (4)$$

ahol:

- A a mért felület;
- Z(x,y) a pont magassági koordinátája;

## 3. Az algoritmus felépítésének bemutatása

A szimulációs algoritmus bármilyen mért mikrotopográfia kopási szimulációjára alkalmas.

A program első lépésként a mikrotopográfiát eltolja az első térnegyedbe, majd meghatározza a felület alatti térfogatintegrálját (a pontok mérési iránnyal párhuzamos és rá merőleges távolságát egységnyi elmozdulásnak feltételezve, így a mikrotopográfia méretének és a mérés felbontása nem befolyásolja a további számolást).

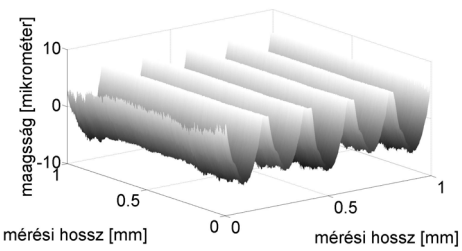
A térfogat meghatározása után meghatároztuk a lépésköz segítségével az egy szimulációs lépés által eltávolítandó anyagmennyiséget, az így nyert „szakadozott” mikrotopográfiát a program z normálisú síkokkal pótolja.

Az ilyen módon elkészített mikrotopográfia ezek után a további kiértékelés miatt harmadfokú polinommal lett normálva, majd meghatározásra kerültek az (1)-(4) érdességi paraméterek a csonkolási magasság (eltávolított anyagmennyiség) függvényében.

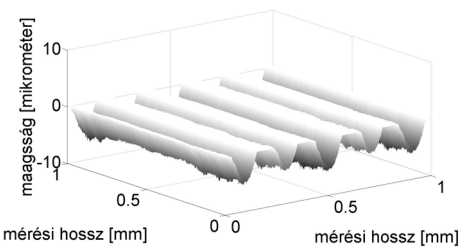
## 4. Az eredmények ismertetése

A szimulációs algoritmust Sa=3,18 mikrométer átlagos érdességű, fordulatonként 0,2 mm-es előtolással gyártott ütőkéses mikrotopográfián alkalmaztuk. Az 1000 lépésből álló szimuláció célja az volt, hogy a bekopási szakasz elejét és végét is megfelelően tudjuk jellemezni, ugyanis a szimuláció elején és végén nem mindegyik mikrotopográfiát alkotó profil változik.

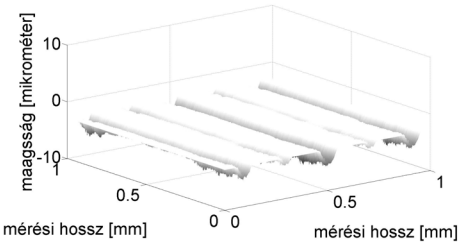
A szimuláció századik, négyszázadik, hétszázadik és ezredik lépését az **1.-4. ábrá**k szemléltetik.



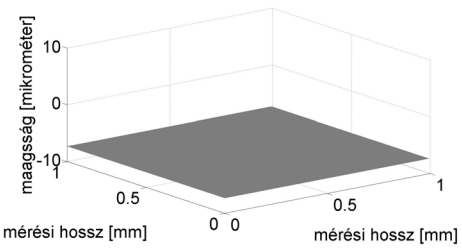

**1.ábra.** *a szimuláció 100. lépése*




**2.ábra.** *a szimuláció 400. lépése*

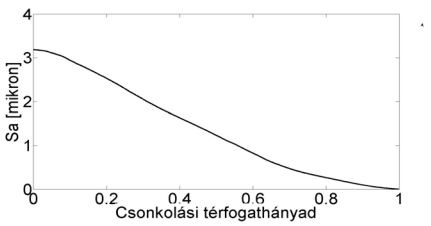



**3.ábra.** *a szimuláció 700. lépése*

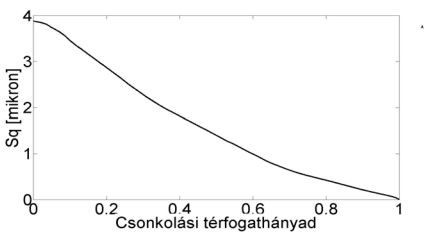



**4.ábra.** *a szimuláció 1000. lépése*

Az érdességi paraméterek változása az eltávolított anyagtérfogat változása függvényében autokatalítikus függvény segítségével írható le. Az **5.-8. ábrá**k az (1)-(4) egyenletek által definiált paraméterek változását mutatják be a csonkolási térfogat függvényében.

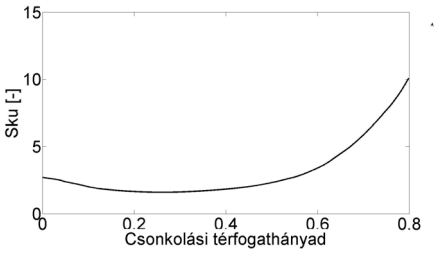



**5.ábra.** *Az Sa paraméter változása a csonkolási térfogathányad függvényében*

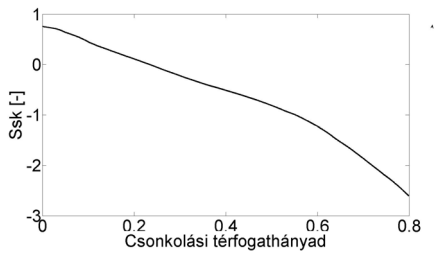



**6.ábra.** *Az Sq paraméter változása a csonkolási térfogathányad függvényében*

A **7. és 8. ábrá**n a csonkolási térfogathányad 0 és 0,8 értékek között változik, mivel a Sq paraméter értéke a mikrotopográfia teljes megsemmisülésekor 0 mikron, így az értékek a valós méréstechnikában megszokott értékektől jelentősen különböző értékeket vesznek fel.




**7.ábra.** *Az Sku paraméter változása a csonkolási térfogathányad függvényében*




**8.ábra.** *Az Ssk paraméter változása a csonkolási térfogathányad függvényében*

Az egyes paraméterek változásának leírása autokatalítikus függvény segítségével történt, melynek általános alakja:

$$f(x) = \frac{(ax+b)}{1+e^{(cx+d)}} + e \qquad (5)$$

**Az 5. ábrá**n látható, hogy az Sa és az Sq függvény a mikrotopográfia megsemmisülésénél a 0 értéket veszi fel vízszintes érintővel, így ekkor a közelítő függvény az alábbi alakra egyszerűsödik:

$$f(x) = \frac{(ax-a)}{1+e^{(cx+d)}} \qquad (6)$$

A statisztikai közelítés alapján az egyes paraméterek együtthatóinak értékét az **1. táblázat** szemlélteti.

**1. táblázat**. *Az (5) egyenlet egyes paraméterei az érdességi paraméterek megközlítésénél*

| Paraméter | a | b | c | d | e | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sa | -3,428 | - | 4,859 | 3,321 | - | 0,9995 |
| Sq | -5,68 | - | 1,9 | -0,897 | - | 0.999 |
| Sku | 109900 | -75370 | -2,763 | 10,14 | 5,448 | 0,998 |
| Ssk | 3,102 | 5,786 | 11,27 | -9,979 | -5,032 | 0,999 |

## 5. Következtetések

A szimulációs modell segítségével egy olyan rendszert sikerült megvalósítani, melynek segítségével teoretikus megközelítés segítségével vizsgálhatjuk az abráziósan koptatott mikrotopográfiákat a bekopási szakasz tetszőleges pontjában. Az így létrehozott közelítő modell lehetőséget nyújt egyrészről a többi szabványosított paraméter vizsgálatára, másrészről a kísérletek tervezésére.

### Szakirodalmi hivatkozások


[1] Horváth R, Drégelyi-Kiss Á, Mátyási Gy: *Application of RSM Method for the Examination of Diamond Tools*, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 11:(2), 2014, pp. 137-147.

[2] Sandor Sipos, Palásti K. B., Horváth R.: *Environmental-Friendly Cutting of Automotive Parts, Made of Aluminium Castings*, HUNGARIAN JOURNAL OF INDUSTRIAL CHEMISTRY 38:(2), 2010, pp. 99-105.

[3] Horváth Richárd, Kovács-Palásti B., Sipos Sándor: *Optimal tool selection for environmental-friendly turning operation of aluminium*, HUNGARIAN JOURNAL OF INDUSTRIAL CHEMISTRY 39(2), 2011, pp. 257-263.

[4] Ando, M.; Sukumaran, J.: *Effect on Friction for Different Parameters in Roll–Slip of Polyamide–Steel Nonconformal Contacts*, Tribology transactions 55:(1), 2012, pp. 109-116.

[5] Rodregues, V.; Sukumaran, J.; Ando, M.: *Roughness measurement problems in tribological testing*, Sustainable construction & design 2:(1), 2011, pp. 115-121.

[6] Kovacs-Coskun Tunde, Pinke Peter: *The Effect of Microstructure on the Local Wear Behavior of Dual Phase Steels*, WOOD MATERIAL SCIENCE AND ENGINEERING 47: Paper 012032., 2013, 4 p.

[7] Pinke P, Kovács-Coskun, T: *The Effect of Microstructure on the Local Wear Behavior of Heat Treated Structural Steel*, PERIODICA POLYTECHNICA: ELECTRICAL ENGINEERING 55:(1), 2011, pp. 38-42.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 89–92.
http://hdl.handle.net/10598/29119
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.13

# KERÉKPÁR GÁZRUGÓ MOZGÁS-KARAKTERISZTIKÁJÁNAK VIZSGÁLATA

# MOTION CHARACTERISTIC ANALYSIS OF BICYCLE AIR SUSPENSION

Bárócz Álmos[1], Forgó Zoltán[2]

[1] *Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Mechatronika szak, IV. évfolyam, 547367 Románia, Koronka 1C; Telefon:+40-265-208172, fax:+40-265-206211, brcz_almos@yahoo.com*

[2] *Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 547367 Románia, Koronka 1C; Telefon:+40-265-208172, fax: +40-265-206211, zforgo@ms.sapientia.ro*

## Abstract

The aim of this paper is to design and develop a bicycle air spring, furthermore to realize a measurement unit which helps to analyze bicycle suspensions motion characteristics. The collected data gives great help by designing and setting up the suspension. The widely adjustable air spring is added to a standard suspension fork by replacing the coil spring. During the measurement the suspension's motion is analyzed by collecting exact travel data. This data collection is achieved by a portable microcontroller. During development 3D printing is used because it is a quick and flexible process.

***Keywords**: suspension, analysis, microcontroller, 3D printing*

## Összefoglalás

A dolgozat célja egy kerékpár gázrugó tervezése és kivitelezése, továbbá egy mérőberendezés megvalósítása, amely segítségével kerékpár felfüggesztéseket vizsgálhatunk, különös tekintettel a mozgás-karakterisztikára. A mérési eredmények kiértékelése a felfüggesztések tervezésében és azok személyre szabásában nyújthat nagy segítséget. A tág tartományban állítható gázrugó, egy már meglévő felfüggesztésbe kerül be, ahol az acélrugót váltja fel. A mérés során a felfüggesztés mozgását fogjuk vizsgálni, tehát a berugózás pillanatnyi értékét. Ezeket az adatokat egy hordozható mikrokontroller fogja gyűjteni, melyek kielemzésére nagy hangsúlyt fektetünk. A kivitelezésben fontos szerepet játszik a 3D nyomtatás, hiszen a technológia gyors és rugalmassá teszi a tervezést.

***Kulcsszavak:** felfüggesztés, elemzés, mikrokontroller, 3D nyomtatás*

## 1. A gázrugó

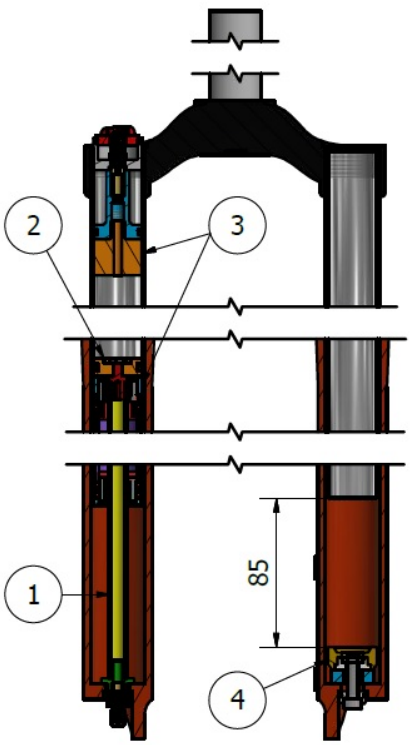
### 1.1. A gázrugó felépítése

A gázrugó egy átlagos kerékpár első kerékfelfüggesztésében (**1. ábra**) kap helyet, ahol az acélrugót váltja fel, mely a villa jobb szárában található. A lökethossza 85 mm, amelyet a bal szár aljában található gumigyűrű (**1. ábra** *4.*) biztosít. Tehát a löket végén a becsúszó szár ütközik a határolóba, így a dugattyú és egyéb kényesebb alkatrészek nincsenek nagy terhelésnek kitéve.

A gázrugót a dugattyú (**1. ábra** *2.*) két kamrára osztja: pozitív és negatív kamrára. A két kamra külön-külön nyomás alá

helyezhető, továbbá térfogatuk is állítható, könnyen kicserélhető betétekkel (**1. ábra** *3.*). A negatív kamra térfogatához a dugattyúrúd (**1. ábra** *1.*) belseje is hozzátartozik. A térfogat- és a nyomásváltoztatás az, amellyel a mi esetünkben befolyásolhatjuk a mozgás-karakterisztikát.

A gázrugó tömege 150 g körül alakul, míg az acélrugóé 450 g. Az így lefaragott 300 g nem tűnik túl soknak, azonban ez csak a villára nézve 14%-os tömegcsökkentést jelent, amely az irányítást teszi érezhetően könnyebbé.




**1. ábra.** *A kerékfelfüggesztés metszete*

### *1.1.1. A negatív kamra szerepe*

A negatív kamra a dugattyú alatti térfogat. Legfontosabb feladata, hogy kiegyensúlyozza a gázrugó statikus nyomását [1]. A jobb megértés érdekében érdemes összevetni a gázrugót az acélrugóval. Utóbbi alaphelyzetben nem fejt ki erőt. Az általa kifejtett erő lineárisan változik az összenyomódással. Azonban a gázrugónál a szükséges rugóerő elérése érdekében nagy nyomásra van szükségünk. Így a felfüggesztés a rugóút első szakaszában már nagyon kemény, nehezen indul meg.

Ezt a hatást küszöböli ki a negatív rugó, mely a rugóút első 10-20%-ban fejti ki a hatását. A kamra kis térfogata miatt, hamar annyira lecsökken a nyomása, hogy már nincs hatása a pozitív rugóra. Megfelelően beállítva a rugóút elején egyensúlyba kerülhetnek a dugattyúra ható erők, így a mozgás-karakterisztikája, főleg a rugóút elején hoz változást. Visszaút esetén a kiindulási pozícióhoz közelítve csillapító hatást fejt ki, nem fog annyira durván nyugalmi helyzetbe kerülni a felfüggesztés.

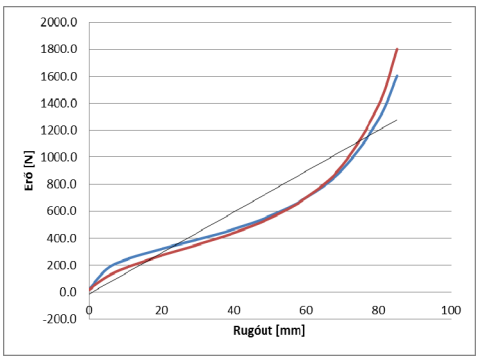
Előnye a könnyű megindulás, és ez által a kis úthibák kiszűrése, továbbá a beülés nagyobb fokú állíthatósága. Hátránya jóformán csak a bonyolultabb szerkezeti felépítésben rejlik.

## 1.2. A mozgás-karakterisztika

A számítások során a felfüggesztést egy átlagos, 70 kg-os alanyra méreteztük. A kezdeti nyomás a pozitív kamrában 4,5 bar, míg a negatív kamrában 5 bar. A löket végén a pozitív kamrában a nyomás sokkal nagyobb, akár 30 bar is lehet, míg a negatív kamra nyomása már 10 mm-es beülés esetén 1 bar alá csökken.

A könnyű megindulás és a teljes löketkihasználása végett a lineárisabb karakterisztika elérése a cél. A rugókarakterisztikát két eltérő térfogatra számoltuk ki (**2. ábra**). A piros görbe a nagy térfogatú negatív kamrának megfelelő állapotot ábrázolja. Tehát minél nagyobb a negatív kamra, annál később észlelhető nyomásesés, így válik a kezdeti szakasz lineárisabbá.

Ugyanez érvényes a löket végi szakaszra is (70-85mm). A kék görbe esetében nagyobb a kihasználatlan térfogat, így nem keményedik fel annyira, azonban a rugóerő az utolsó 15 mm-ben megduplázódik.




**2. ábra.** *A rugó által kifejtett erő az elmozdulás függvényében*

### 1.3. A 3D nyomtatott alkatrészek

A 3D nyomtatás jelentősen megkönnyíti a kivitelezés folyamatát. Ez egy olyan gyors eljárás, ahol rétegek épülnek egymásra, ezáltal alkotnak egy térbeli alakzatot. A rétegek 1-3 tizedmilliméter vastagságúak. Már a tervezés során érdemes odafigyelni arra a számos paraméterre, ami a nyomtatást jellemzi.

Az alapanyag PLA (polylactic acid) nagyon kedvelt 3D nyomtatáshoz használt anyag. Természetes anyagokból hozzák létre, vízben oldódó. Sűrűsége 1,21 és 1,43 g/cm$^3$-re tehető, szemben az alumínium 2,7 g/cm$^3$-jével. Olvadáspontja 150-160 $^o$C [2].

A gázrugó több alkatrésze nincs kitéve nagy igénybevételnek, tehát célszerű ezeket nyomtatni. A kívánt méretek elérése nem egyszerű, mert a nyomtatás után, a kihűlt darabok összezsugorodnak. Tehát a pontos eredmény eléréséért szükség lehet próbadarabra is.

A nyomtatás során beállíthatjuk a darab kitöltését százalékos értékben. Azért, hogy elkerüljük a légáteresztést közel teljes (80%) kitöltést választottunk, továbbá az alsó és felső 5 réteg tömör.

Nyomtatás után a darabokon még kell finomítani, ami csiszolást és reszelést jelent. Van ahol meg kell menetelni a darabokat, hiszen a menetek nyomtatása nehezen kivitelezhető.

## 2. A mérőberendezés

A mérés során a legfontosabb meghatározandó paraméter a felfüggesztés bemozgása. Ezt lineáris potenciométerrel mérjük, amelyből analóg jelet kapunk. A mintavételezést olyan sűrűn kell elvégezni, hogy tudjuk követni a felfüggesztés legnagyobb frekvenciáját is, mely becslésünk szerint a 130 Hz-et is elérheti.

A jeleket egy Arduino Mega típusú mikrovezérlő gyűjti. Fő feladata a mintavételezett jeleket továbbítania egy microSD kártyára, egy TXT fájlba. Ezeket az adatokat számítógépen fogjuk kielemezni. Ez a mikrovezérlő 8 KB-os memóriával és 16 MHz-es órajellel rendelkezik [3], tehát a mi esetünkben is lehetővé válik a gyors adatkiírás.

A lineáris potenciométer működése hőre érzékeny, így ezeket a hatásokat is figyelembe kell venni a mérés során.

A két kamra nyomását is mérjük külön-külön. Ebben az esetben az a nagy hasznunk, hogy tudjuk, mennyi pontosan a beállított nyomás. A pompa levételekor távozó nyomás vagy a manométerek pontatlansága miatt nem lehetünk biztosak ezekben az értékekben. Mivel a nyomásmérők a szelepekre vannak rögzítve, a hozzáadott többlet térfogatot is számításba kell venni. Azok a nyomásmérők, amelyek akár 30 bar is képesek mérni, rendkívül drágák. Azonban ha csak 15 bar is a mért felső értékünk, akkor is rugóút 80%-át lefedjük, tehát a már ez is sok eredménnyel szolgál.

A mikrovezérlő egy kis dobozban van rögzítve a vázhoz, akkumulátorral

rendelkezik, tehát méréseket a kerékpározás során bármikor végezhetünk. A rendszernek 5V-os áramforrásra van szüksége. A mérések és különböző beállítások kipróbálásához célszerű egy rövid, változatos ösvényt használni. Így a mérési körülményeket kevésbé változtatjuk.

## 3. Az adatok elemzése

A mikrovezérlőből nyert adatokat számítógépen elemezzük. Ezek mind feszültségértékek, amelyek egy bizonyos távolságnak, vagyis beülésnek felelnek meg. Ezekből az értékekből idő és távolság diagramot hozhatunk létre. Ebből a diagramból több következtetést is levonhatunk. Ha túl nagy a nyomás, akkor a rugóútnak csak kis része van kihasználva, a felhasználó ritkán éri el a löketvéget. Ha túl alacsony, akkor túlságosan kevés rugóút áll a rendelkezésére.

A számolt rugókarakterisztikát is összevethetjük a mért értékekkel, hiszen mind a nyomás mind a hozzátartozó bemozdulás érték a rendelkezésünkre áll.

Másik fontos mérés, amit elvégezhetünk, az a dugattyúrúd sebességének a meghatározása, amelyet az útmérés adataiból tudunk meghatározni. Ebben az esetben főleg a maximumérték a fontos.

Mint már fentebb említettük, a két kamrában nem csak a nyomást, hanem a kamra térfogatát is változtathatjuk. A teszt során több értéket is vizsgálunk, mivel ezek nagyban befolyásolják a mozgás karakterisztikát.

A diagramok ábrázolására és kiértékelésére a LabVIEW programot használjuk. Rengeteg adatot kell kiértékelni, akár több percnyi tesztet, tehát a diagramok könnyed áttekinthetőségét kell biztosítanunk.

## 4. Következtetések

A dolgozatban tárgyalt mérőberendezés alkalmas frekvenciás dugattyúrúd sebesség és nyomás mérésére. Az így kapott adatok segítséget nyújtanak a további fejlesztésekhez.

Minden modern kerék felfüggesztésben megtalálható a lengéscsillapító, amely tervezésében nélkülözhetetlen ismerni a dugattyúrúd sebességét és a mozgási frekvenciát. Ezeket az értékeket megbecsülni csak igen pontatlanul lehet, hiszen sok tényező befolyásolja, tehát ezek mérése nagy segítséget nyújt.

A mért paraméterek listáját lehetne bővíteni például a hőmérséklettel, amely emelkedése magyarázatot adhat bizonyos esetekben a mozgás karakterisztika változására. Amennyiben szükséges lenne, növelhetnénk a gázrugó hő leadó felületét.

További fejlesztési lehetőség egy olyan elemzőfelület létrehozása, mely lehetővé teszi nemcsak szakembereknek, hanem átlag felhasználóknak azt, hogy gyorsan és pontosan személyre szablyák a felfüggesztésüket a mozgás-karakterisztika tanulmányozásával. Ebben az esetben a mérőberendezés sokkal kisebb és felhasználóbarátabb kell legyen. Egy ilyen szoftver fejlesztéséhez már természetesen ismerni kell a lengéscsillapítók beállítási lehetőségeit, amelyek bonyolultabbá teszik a helyzetet.

A fent felsorolt fejlesztések egy összetett rendszert eredményeznek, amely sok időt és elemzést kívánó feladat.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Richard Cunningham: What a negative spring is and why it makes the coil-spring nearly obsolete? 2012.05.22. http://www.pinkbike.com/news/Tech-Tuesday-negative-spring-air-shocks-2012.html

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid

[3] https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 93–96.
http://hdl.handle.net/10598/29032
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.14

# LESZÁLLÓ KÖZFORGALMÚ REPÜLŐGÉPEK ZAJÁNAK MÉRÉSE

## MEASURING OF LANDING AIRCRAFT NOISE

Bera Bálint[1], Pokorádi László[2]

[1] *Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; balintbera@gmail.com*

[2] *Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

### Abstract

Nowadays, one of the most important environmental problems is noise and vibration. Their important part is the flying noise. To be able to manage, regulate and modeled, it is absolutely necessary knowing the deepest possible level accordingly. This knowledge acquired through measurements. This article presents a few examples of our measurements. The measurements were carried out in the near Budapest's Liszt Ferenc Airport.

***Keywords**: aviation, noise, measuring of noise.*

### Összefoglalás

A környezetvédelem problémáinak egyik legfontosabbika a zaj- és rezgésvédelem. Ezen a területen belül különíthető el a repülésből származó zaj. Ahhoz, hogy megfelelően tudjuk kezelni, szabályozni és modellezni, mindenképpen szükséges a lehető legmélyebb szintű ismerete. Ezt az ismeretet méréseken keresztül sajátíthatjuk el. A cikk a méréseink közül mutat néhány példát. A méréseket a budapesti Liszt Ferenc Repülőtér közelében végeztük el.

***Kulcsszavak:** légi közlekedés, zaj, zajmérés.*

## 1. Bevezetés

A repülési zajnak a modernkori környezetvédelemben betöltött igen fontos szerepére több magyarázat is adódik. Elsősorban a légi közlekedés nagymértékű fejlődésében keresendő az egyik fő ok: a légitársaságok egyre több járatot közlekedtetnek, ráadásul a repülőterek számának növekedésével és forgalmuk bővülésével szélesebbé válnak a repülési zaj által érintett területek. Mivel pedig – gazdasági és kényelmi szempontok miatt – ma már a repülőterek többsége a lakott területekhez közel helyezkedik el (a városok gyakorlatilag a repülőterek felé terebélyesedtek), a fel- és leszállások során lesugárzott hangteljesítmény sokszor komoly problémát okoz a környék lakosságának. Márpedig a repülőgépek zajkibocsátása kis magasságon, a fel- és leszállási műveletek során a legnagyobb.

Fontos tehát, hogy létrehozzunk egy olyan szabályozási rendszert, ami alkalmas ennek a problémának a kezelésére. Ezt pedig úgy kell kivitelezni, hogy kompromisszum alakuljon ki a zaj által terhelt lakosság nyugalma, a légi közlekedés töretlen fejlődésének biztosítása és a repülés

biztonság szavatolása között.

Sajnos a magyarországi szabályozási rendszer sok esetben hiányosnak, elavultnak bizonyul [1], ezért kiemelt feladatnak minősül frissítése.

Mindenképpen szükséges tehát megfelelő mérési eredmények birtokában lennünk, melyek segítségével megalapozhatunk egy szabályozási és modellezési rendszert.

Tanulmányunk célja a leszálló közforgalmú repülőgépek által keltett zaj mérésének bemutatása, valamint azok kiértékelése.

A cikk az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezetben ismertetjük a mérési körülményeket és az alkalmazott műszereket. A 3. fejezetben a mérési eredményeket és azok értékelését írjuk le. Végül, a 4. fejezetben összegezzük a tanulmányt.

## 2. Mérési körülmények és mérőműszerek

A 2015-ös év során több esetben kerítettünk sort repülési zaj mérésére Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér környezetében. A mérési helyszín kiválasztásánál a következő fő szempontokat vettük figyelembe: átlagos repülési magasság; átlagos repülési sebesség; távolság a legközelebbi közúttól és vasúttól; repülési zaj nélkül mérhető egyenértékű A-hangnyomásszint; távolság a lakott területektől; beépítettség jellege.

A választott mérési helyszínt az **1. ábra** mutatja be.

**1. ábra.** *A zajmérések helyszíne*

A mérési időpontokat előzetes felmérést követően, a járatsűrűség és az időjárási körülmények alapján, választottuk ki. Ennek két oka volt: a repülőtér forgalma a nyári és a téli hónapokban a legnagyobb, ősszel és tavasszal visszaesés tapasztalható. Ezen kívül a hét nem minden napján mutatkozik ugyan akkora járatűrűség.

Méréseinket egy Svantek SVAN-945 első osztályú zajszintmérő műszerrel végeztük. Ez egy hitelesített, joghatással járó mérések elvégzésére is alkalmas műszer. A mérési eredmények helyességét kalibrálással biztosítottuk, amit minden mérési sorozat előtt elvégeztünk.

A zaj-adatok mellett azonban szükségünk volt arra is, hogy megfelelő információkat szerezzünk az adott repülési műveletre jellemző adatokról. Elsősorban az adott mérésekkor fennálló repülési magasság és sebességadatok voltak fontosak a kiértékelés szempontjából. Mivel ezek fel- és leszállás során folyamatosan változnak, így egy időben kellett rögzítenünk ezeket a zajméréssel. A megoldást egy ADS-B (*AutomaticDependentSurveillance-Broadcast* – Automatikus légtérellenőrzés-adás) vevő jelentette volna, ami a repülőgépek transzpondereinek jeleit képes érzékelni. Egy ilyen eszköz beszerzése nehézkes, ám helyette tökéletesen megfelelt egyDVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial* – digitális földfelszíni videó adás) vevő. Ez a megfelelő chipek megléte esetén képes a transzponderek 1090 MHz-es frekvenciáján dolgozni. Hordozható számítógépre csatlakoztatva biztosítottá vált, hogy egy időben rögzíthessük a repülési adatokat és a zajszinteket.

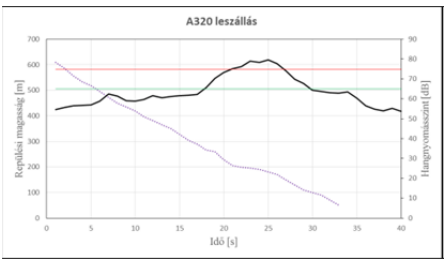
## 3. Mérési eredmények és kiértékelésük

A mérések egy része felszálló, más része leszálló manőver végrehajtása közben történt. Terjedelmi okokból jelen tanulmányban csak a leszállást végrehajtó köz-

forgalmú repülőgépekre vonatkozó zajmérési eredményeket mutatjuk be és értékeljük ki.

A **2. ábrá**n Airbus A320-232 típusú repülőgép leszállása során mért hangnyomásszint- és repülési magasság-értékek láthatók az idő függvényében.

A mérés kezdetén a repülőgép hozzávetőlegesen 600 méteres magasságban tartózkodott, majd fokozatosan süllyedt a fel-és leszállópálya szintjéig. Eközben a mért zajszintértékek egy jól behatárolható intervallumban átlépték a megengedett határértéket, esetenként súlyos mértékben, azaz 10 [dB]-t is meghaladóan.



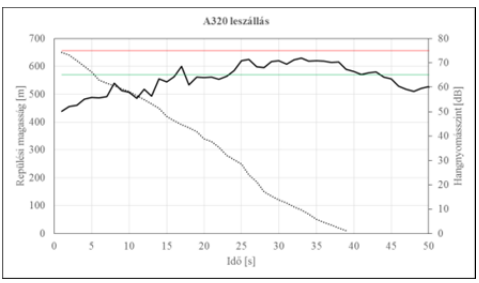

**2. ábra.** *Airbus A320-232 típusú repülőgép leszállás közbeni hangnyomásszintjei a magasság vonatkozásában*

Ezzel együtt az is látható, hogy a repülőgép áthaladása előtt és után egyaránt igen magas háttérzaj értékeket mértünk ebben a pontban. A repülésből származó zajterhelés tehát megemelte ugyan a zajszintet, mégpedig jóval a határérték fölé, azonban szélesebb időintervallumban szemlélve, a tartósan magas hangnyomásszintet egyéb forrásból származó zajok okozzák. Mivel pedig ebben az esetben a légi jármű relatíve kis távolságra volt a mérőműszertől, zajkibocsátása a lehető legnagyobb mértékben járult hozzá a mérhető zajszint megemelkedéséhez.

Az Airbus A320 típuscsaládba tartozó, de az előbbitől némileg különböző, rövidebb törzsű A319-111 típusú repülőgépnek ugyanebben a mérési pontban mért értékeit mutatja a **3. ábra**.

Szembetűnő különbség mutatkozik a zajszintértékek eloszlásában és azok maximumaiban egyaránt. Az A319-111-es pilótája a süllyedést kevésbé meredeken hajtotta végre. Ennek két következménye egyaránt megfigyelhető a zajszintgörbén: a függvény nem mutat az 1. ábrán láthatóhoz hasonló, kiugró értéket, viszont a határérték feletti, magasabb zajszint tartósabban megmarad.

Megjegyzendő továbbá, hogy az Airbus A319-111 típusváltozat kisebb méretéből fakadóan az úgynevezett aerodinamikai zaj is alacsonyabb, ez szintén befolyásoló hatással bír a mért hangnyomásszintre.




**3. ábra.** *Airbus A319-111 típusú repülőgép leszállás közbeni hangnyomásszintjei a magasság vonatkozásában*

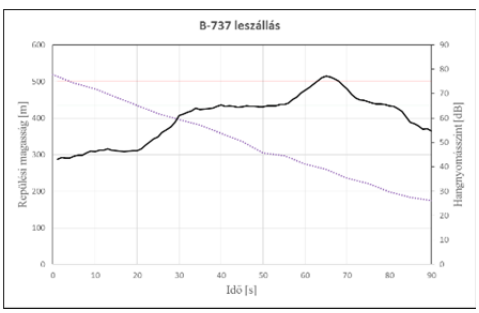
A repülési zajra jellemző karakterisztika mindkét esetben megfigyelhető. A Dopplerjelenség, a manőverek jellege és a hajtóművek elrendezése okozza, hogy a legnagyobb hangnyomásszintet nem akkor mérhettük, amikor a légi jármű közvetlenül a mérési pont fölött tartózkodott, hanem némileg később. Szintén megmutatkozik a földi visszaverődés jelensége is. Utóbbi hatását erősíti, hogy a repülőgépek ebben a vizsgált pontban relatíve közel voltak a mérőműszerhez, ami a többszörös visszaverődésnek köszönhetően némileg meg is emelte a mért hangnyomásszintet.

Ugyanebben a mérési pontban természetesen más típusú repülőgépek zajának mé-

résére is sor került. Az adott napokra jellemző forgalom, illetve az egyes légitársaságok által üzemeltetett sokféle típusú légi jármű egyrészt lehetővé tette, hogy széles legyen a típuspaletta, másrészt meg is nehezítette, hogy egy adott típusra vagy típusváltozatra vonatkoztatva hajtsunk végre méréseket.

Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér forgalmának túlnyomó többségét két repülőgéptípus bonyolítja. Ezek a már említett Airbus A320, és a Boeing B737, illetve típusváltozataik. Kialakításukat tekintve hasonlóak: keskeny törzsű, két hajtóműves, alsószárnyas utasszállítók, jellemzően Európán belüli forgalomban alkalmazva. Ez utóbbi körülmény okán a legtöbb esetben nem a maximális hasznos teherrel dolgoznak.

Összehasonlításul az A320-ra vonatkozó eredményekkel, a **4. ábrá**n ugyan abban a mérési pontban mért, Boeing 737 típusú repülőgépre vonatkozó diagram látható.




**4. ábra.** *Boeing B737 típusú repülőgép leszállás közbeni hangnyomásszintjei a magasság vonatkozásában*

A hasonlóság szembeötlő, még a mért értékek tekintetében is. Egyedül a siklópályája meredeksége okozott változást, ami leginkább nem típus-specifikus. Mindkét esetben 80 [dB] alatt maradtak a maximumok, s bár így is megtörtént a határérték súlyos átlépése, csak adott, rövid időintervallumban.

## 4. Összegzés

A vizsgált pontban a környezeti alapállapotot a repülési zaj nem állandóan, hanem eseti jelleggel változtatja meg. Ebből következik, hogy a határértékek teljesülését vagy túllépését is ezt ismerve kell kezelnünk. Belátható, hogy az egyes zajesemények sem mindig fejtenek ki ugyanolyan hatást, ahogy számos tényező változtatásával lehet befolyásolni a mérhető hangnyomásszinteket.

Amikor tehát meg akarjuk becsülni, hogy egy adott pontban milyen hangnyomásszintet fog okozni egy repülőgép, mint zajforrás, több változó paraméterrel is számolnunk kell. A megfelelő pontosságú becsléshez ezért olyan modellt kell alkalmaznunk, ami megfelelően kezeli ezeket a változó paramétereket. Megfelelő megoldást kínálhat a Monte Carlo-szimuláció, melyről már bebizonyosodott, hogy alkalmas repülési zaj modellezésére [3].

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bera, Bálint: *Repülési zaj hatásának elemzése a zajforrás és a környezeti alapállapot jellemzőinek összevetésével*, Tudományos Diákköri Dolgozat, Budapest, 2015. (konzulens: Pokorádi László; Bera József).

[2] Bera, József; Pokorádi, László: *Helikopterzaj elmélete és gyakorlata*, Campus Kiadó, Debrecen:,2010. 192 p.

[3] Bera, József: *Légi közlekedés környezetbiztonsági kapcsolatrendszerének modellezése a helikopterzaj tükrében*, doktori (PhD) értekezés, Óbudai egyetem, Budapest, 2015.

### Köszönetnyilvánítás

Tanulmányunk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Műszaki Biztonságtudományi Szakműhely – *μβσ* – keretében készült el.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 97–100.
http://hdl.handle.net/10598/29033
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.15

# KÖRNYEZETI ZAJ A MINDENNAPOKBAN

# EVERYDAY ENVIRONMENTAL NOISE

Bera József

*Fonometro Környezettechnikai Bt., Magyarország, Siófok, Szép-Völgyi utca 59/16., Telefon: +36-30-2544220,* berajo@fonometro.hu

## Abstract

The modern environmental problem visibly penetrated everyday life, nowadays it permeates the everyday activities and has become part of our lives in several aspects. Thus numerous environmental impacts have developed that we either need to live with, or we fight against these to a greater or lesser extent. Some people are not even aware of what to expect in the living environment, on the street, when travelling, at the workplace or even when clubbing. Noise shall deserve particular attention, most of the people immediately react upon it, and from perception point it possesses number one position. Current report provides information on the characteristics of everyday noise, on noise load levels, on disturbance related to objective noise and on the negative health impacts of noise.

***Keywords**: modern environmental problem, noise, recognizing harmful noise impact*

## Összefoglalás

A modern környezeti probléma láthatatlan módon szivárgott be az emberek mindennapjaiba, ma már átszövi a napi cselekvési folyamatokat és több szempontból része életünknek. Ezzel együtt számos környezeti hatás alakult ki, mellyel együtt élünk, illetve kisebb vagy nagyobb sikerrel küzdünk ellene. Már aki küzd a környezeti hatások ellen, mivel sokan nem is tudják, hogy mivel kell számolnia a lakókörnyezetben, az utcán, utazás közben vagy a munkahelyen, esetleg a szórakozóhelyeken. A környezeti hatások között kiemelt figyelmet érdemel a zaj, amire a legtöbben azonnal reagálnak, az észlelést tekintve elsődleges helyen szerepel. A mindennapokban fellépő zaj jellemzőiről, a zajterhelési értékekről és a szubjektív zajjal összefüggő zavarásról, egészségkárosító hatásról ad tájékoztatást jelen beszámoló.

***Kulcsszavak:** modern környezeti probléma, zaj, káros zajhatás felismerése*

## 1. Bevezetés

A környezeti igénybevétel sarokköve az eredeti környezeti állapot megváltozása, ami a létfenntartással, a kialakult társadalmi normáknak megfelelő viselkedésformákkal, valamint a mindennapi tevékenységek miatt fellépő hatásokkal függ össze.

Ezzel együtt általános felfogássá vált, hogy a környezet állapota a fokozódó terhelés miatt folyamatosan és megállíthatatlanul romlik, azonban ez a felfogás nem értelmezi részleteiben az ok-okozati összefüggéseket. Célravezetőbb az a megközelítés, hogy a környezeti jellemzők átmeneti vagy tartós változásáról beszéljünk, és a környezeti állapotényezők függvényében keressük a megoldást a szennyezés, illetve az anyag és energia kibocsátások csökkentésére. Ennek feltétele, hogy a korábbiaknál nagyobb hangsúlyt kapjon az állapotváltozás megismerése és kezelése, valamint a szennyezési folyamatok megfordításával és a környezeti állapot fokozatos javításával kapcsolatos

lehetőségek kutatása. Az eddig feltárt lehetőségeknek azonban a rendelkezésre álló technológiák mellett is gátat szab a környezethasználati tevékenységek széles körű elfogadottsága és az a megszokás, hogy a környezet alakítása az ember igényei szerint történjen. Mindezt tetézi a gépek és technikai eszközök olyan mértékű elterjedése, ami azok hiánya vagy működésük kimaradása esetén zavarhoz és a megszokott életvitel átmeneti leállásához vezet.

E tekintetben elsődleges helyen szerepeltetjük a megismerés fázisát, mivel tapasztalatunk szerint sok esetben az érintettek még azzal sincsenek tisztában, hogy az őket érintő környezeti hatás milyen jellemzőkkel bír. A vázolt problémát zajterhelés mért értékein keresztül mutatjuk be bízva abban, hogy az olvasó számára sikerrel világítjuk meg a különböző zajhatásokon keresztül a környezeti állapot javítását eredményező azon lehetőségeket, amit az emberi tényező és a műszaki eszköz közösen határoz meg.

## 2. Modern környezeti probléma

A környezetben zajló jelenségek kapcsolata olyan sajátos rendszert alkot, ami azt eredményezi, hogy a környezeti hatások is csak összetett jelenségek útján írhatók le [1]. Ezek a jelenségek kiterjednek a környezethasználat okaira is, amit úgy határozunk meg, hogy az emberi tevékenységek folytatása alapvető tényezővé vált.

Ezzel a meghatározással kívánunk rámutatni arra, hogy a technikai fejlődés során olyan eszközöket és lehetőségeket adtak a kutatók, a feltalálók és a mérnökök az emberiség kezébe, melyek alkalmazása és felhasználása a természetes és eredeti környezet megváltoztatásával és a környezetszennyezési folyamatok generálásával járt.

A technikai fejlődés a környezetszennyezés mennyiségi és minőségi különbségeit is megteremtette, amivel kialakultak a hagyományos és a modern környezetszennyezés közötti különbségek. Mindez természetesen az emberi tevékenységek szükségszerű folytatásával van összefüggésben, amit ma már úgy fogalmazhatunk meg, hogy kialakult a modern környezeti probléma.

E tekintetben azonban ki kell emelnünk egy fontos tényt. Sokak számára a környezet igénybevétele azonos a környezetszennyezéssel. A környezet igénybevétele azonban többféle módon valósulhat meg, és elsődlegesen a környezethasználatról kap szerepet. A környezethasználatot a fellépő hatások szerint két főcsoportra osztjuk az alábbiak szerint:

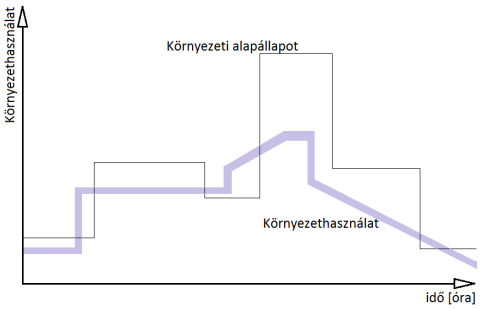
– tehetetlenségi környezethasználat, ami nem rendelkezik a környezet alapállapotának megváltoztatását eredményező kibocsátással;
– befolyásoló környezethasználat, ami az érintett környezet alapállapotát valamilyen irányban és mértékben befolyásolja.

A befolyásoló környezethasználat kétféle módon valósulhat meg. Nemcsak a környezet állapotának romlásáról beszélünk, vannak ugyanis olyan hatások, melyek lokálisan vagy sok esetben kiterjedten a környezeti helyzet javulását eredményezik.

Környezet igénybevétele azoknál a kibocsátásoknál alakul ki, amikor ténylegesen módosul az eredeti állapot, vagy a környezet valamely elemét hasznosítjuk. Ennek azért tulajdonítunk jelentőséget, mert életünk során folyamatosan találkozunk olyan környezettel, ami mások tevékenysége miatt már megváltozott, sok esetben kedvezőtlen állapotjellemzőkkel rendelkezik. Ilyenkor könnyebben alakul ki a tehetetlenségi környezethasználat.

A modern környezeti probléma az embert folyamatos helyváltoztatásra készteti. Ez vagy a létfenntartással van összefüggésben, vagy a kedvezőbb környezeti helyzet keresésére és elfoglalására irányul, ami egyfajta védekezés a hatások ellen.

Időben magvalósuló környezethasználatot szemléltetjük az **1. ábrá**n.




**1. ábra.** *Időben megvalósuló környezethasználat*

## 3. Környezet és zajhatás

A környezet állapotát és a környezethasználatból származó terhelési jellemzőket jól szemlélteti a környezeti zaj és a zajhelyzet, ami körülvesz bennünket. A zaj mindenki számára észlelhető hatásként jelenik meg, a környezeti zajterhelés változásaira a szubjektív érzékelés miatt eltérő módon reagálnak az emberek.

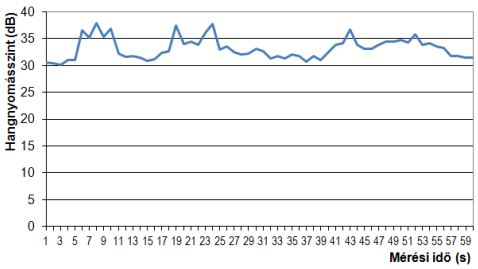
Megjegyezzük, hogy amennyiben teljes képet szeretnénk nyerni a zajjal összefüggésben, szakítani kell az antropocentrikus környezetleírással, és a helyzetértékelést a teljes, természeti értékekre is kiterjedő környezetvédelmi rendszerre kell elvégezni. A zaj ennek ellenére elsődlegesen az ember által alakított és használt környezetben okoz problémát, így a továbbiakban ennek bemutatására szorítkozunk.

### 3.1. A zajhelyzetről általánosságban

Általánosan elfogadott álláspont szerint a zajt az ember szempontjából definiáljuk és antropocentrikus értékelési rendszer szerint minősítjük. Ennek a megközelítésnek felel meg az a megfogalmazás, hogy zajnak nevezünk minden olyan nemkívánatos vagy túl hangos hangjelenséget, amely az egyén életfunkcióit, munkáját és pihenésének egyensúlyát zavarja [2]. Ebből a szempontból kiemelt szerepet kap a szubjektivitás. Az átlagostól eltérő, zavaró hatással járó hanghatás a környezet olyan minőségi jellemzője, ami közvetlen hatást gyakorol az életminőségre. Az érintettek részéről azonnali válaszreakciót vált ki, ami megfigyelhető az állatvilág egyedeinél is, tehát nemcsak az ember sajátossága.

A szubjektív észlelés problémája mellett más szempont is figyelmet érdemel. Ez a környezethasználatok kiindulási fázisa, az ok-okozati összefüggés, aminek az ad jelentőséget, hogy a hangot az ember alakítja át helytelen használattal zajjá. E tekintetben elveszik a hang informatív jelentéstartalma, esetenként a hangélmény szerepe. Ebből a szempontból a környezethasználat és a környezeti zajhelyzet már összefüggéseiben jelenik meg, hiszen az **1. ábra** szerint az időben haladva más-más környezeti állapottal találkozunk.

A saját magunk generált környezethasználat során több alkalommal lépünk át egy-egy környezeti állapotsíkot és kerülünk tovább egy másik térbe, ami zajosabb vagy csendesebb az előzőnél. Az biztos, hogy a környezeti állapotsíkok átlépése kihat a szubjektív reakciókra. Az emberi megítélés szerint, kedvező kiindulási zajállapotra mutatunk példát a **2. ábrá**n.




**2. ábra.** *Kedvező zajállapot hangnyomásszint értékei lakókörnyezetben*

A **2. ábrán** látható, hogy a hangnyomásszint értékek az időben folyamatosan változnak, instacioner jelleget vesznek fel. Kedvező zajállapotban a változás mértékének szűk határok között kell maradnia.

### 3.2. Környezeti állapotsíkok

Az időben haladva több környezeti állapotsíkot is átlépünk rövid idő alatt, de létezik olyan életvitel is, ami 3-4, egymástól alig különböző állapotsíkot használ és ezzel huzamosan kedvező helyzetet tart fenn. Jellemzően már egy napon belül is találkozhatunk ezzel a jelenséggel attól függően, hogy milyen környezetben élünk. Ezért fontos, hogy az állapotsíkok közötti tér zajjellemzőit megismerjük.

Az általános zajhelyzet megismerése érdekében méréseket végeztünk több olyan környezetben, ami az átlagos napi tevékenységek számára rendelkezésre áll, illetve olyan helyeken, ahol rendszeresen tölt időt egy átlagember. Méréseink célja volt olyan adatok gyűjtése, ami segíti a zajos környezet bemutatását és a káros zajhatások felismerését. Elsőként nagyváros vonatkozásában Budapesten rögzített zajszinteket vizsgáltunk, amit az **1. táblázat**ban foglaltunk össze.

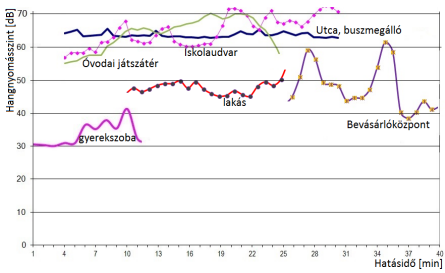
**1. táblázat.** *Nagyvárosra jellemző zajszintek*

| Helyszín | $L_{max.}$ | $L_{min.}$ | $L_{Aeq}$ |
|---|---|---|---|
| Z1 | 93,6 dB | 60,3 dB | 73,0 dB |
| Z2 | 86,8 dB | 59,7 dB | 71,1 dB |
| Z3 | 80,6 dB | 52,6 dB | 67,6 dB |
| Z4 | 80,9 dB | 56,2 dB | 66,2 dB |

Az **1. táblázat**ban feltüntetett helyszínek azonosítása:

- VI. kerület, Podmaniczky utca 8. szám kollégium épület erkélyén;
- VIII. kerület, József krt. 6. szám intézményépület előtt;
- VII. kerület, Erzsébet krt. 9. szám szállodaépület előtt;
- II. kerület, Pusztaszeri út autóbusz megállóban.

Sokan vannak, akik nem nagyváros központjában vagy sűrűn beépített részén töltik az idejüket. A rendelkezésre álló élettér rendkívül változatos, minden emberre jellemző kategorizálás nem is lehetséges. Ezért további méréseinkhez olyan jellemző helyeket választottunk ki, melyek zajállapota életkorral és viselkedési szokásokkal is összefüggésbe hozható. A környezeti állapotsíkokat ekkor nagyobb időtávlatban húztuk meg és vizsgáltuk, hogy egy-egy életszakaszban milyen zajjal kell számolni a környezetünkben. A vizsgálatból kiragadott hangnyomásszint adatokat szemléltetünk a **3. ábrán**.




**3. ábra.** *Hangnyomásszint értékek különböző életterekben*

## 4. Következtetések

A bemutatott vizsgálati adatok a modern környezeti probléma témakörében folytatott kutatómunka eredményeként rögzített környezeti jellemzők. Mivel egy vizsgált környezet zajállapota jól tükrözi a környezethasználat mértékét és minőségét, mért hangnyomásszintek alapján jellemezhető a napi cselekvési folyamatok hatása. Ebben a tekintetben kiemeljük a környezeti állapot megismerését, melyhez a tényleges hatás mérésére és értékelésére van szükség. Rövidebb és hosszabb környezeti állapotsíkok felvételével jól látható, hogy a terhelési folyamat változásait szükségszerűen figyelembe kell venni az értékelésnél.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bera, J.; Pokorádi, L.: *Műszaki folyamatok hatása a környezetbiztonságra*, EME kiadó, Kolozsvár, 2014, pp. 57-60.

[2] Moser, M.; Pálmai, Gy.: *A környezetvédelem alapjai*,Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, 2006, 512 p.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 105–108. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.16
http://hdl.handle.net/10598/29035

# VASSALAK LELETEK A RÓMAI *LIMES* ERDÉLYI, MAROS MEGYEI SZAKASZÁRÓL (MAROSVÉCS, MIKHÁZA, FELSŐRÉPA). FTIR ÉS XRF SPEKTROSZKÓPIAI JELLEMZÉS.

# FTIR AND XRF SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF IRON SLAGS UNEARTHED ON THE MUREŞ COUNTY SECTOR (TRANSYLVANIA, ROMANIA) OF THE ROMAN *LIMES* (BRÂNCOVENEŞTI, CĂLUGĂRENI, VĂTAVA)

Bitay Enikő[1], Kacsó Irén[2], Claudiu Tanaselia[3], Nyulas Dorottya[4], Pánczél Szilamér[5], Veress Erzsébet[6]

[1]*Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Technical and Human Sciences, OP 9 CP 4, 540485, Târgu-Mureş, Romania, Tel.+40-751-016063, ebitay@ms.sapientia.ro*

[2]*National Institute for Research and Development of Isotopic and Molecular Technologies INCDTIM, OP 5 CP 700, 400293, Cluj, Romania, Tel. +40 745-645670, iren.kacso@gmail.com*

[3]*INCDO-INOE 2000 Research Institute for Analytical Instrumentation, 67 Donat str., 400293, Cluj, Romania, Tel. +40-744-670782, claudiu@tanaselia.ro*

[4]*Babeş-Bolyai University, Faculty of History, 1 Mihail Kogălniceanu str., 400084 Cluj, Romania, Tel +40-743-472555, nydorottya@yahoo.com*

[5]*Mureş County Museum,.8 Mărăşti str., 540328, Târgu-Mureş, Romania, Tel +40-721-487661, pszilamer@yahoo.com*

[6]*Transylvanian Museum Society, OP 1 CP 191, 400750, Cluj, Romania, Tel. +40-743-119275, veresserzsebet@gmail.com*

## Abstract

Iron slag probes unearthed at the Brâncoveneşti/Marosvécs, Călugăreni/Mikháza and Vătava/Felsőrépa *limes* sites were subjected to FTIR spectroscopy in order to approximate their mineralogical composition and respectively surface XRF spectroscopic investigation to characterize their elemental composition and inhomogeneity. The relatively broad IR absorption bands obtained in the spectral domain 2000–400 $cm^{-1}$ show that the samples are mainly constituted of silicates associated to minor quantities of aluminates and carbonates. In concordance with the expectations and supported by both the FTIR spectroscopic and XRF data the primary mineral phase of the samples is most probably fayalite ($Fe_2SiO_4$). The experimental data confirm that when discussing the chemical as well as mineral composition, consideration of the heterogeneity of the samples is mandatory.

***Keywords**: roman iron slags, spectroscopy, FTIR, XRF.*

**Összefoglalás**

Marosvécsen (Brâncoveneşti), Mikházán (Călugăreni) és Felsőrépán (Vătava) feltárt vassalak leleteket vizsgáltunk spektroszkópiai módszerekkel (FTIR, XRF). Az FTIR spektrumok 2000–400 cm-1 hullámszám tartományában jellemző módon jelentkező nagy intenzitású, viszonylag széles absorpciós sávok alapján a minták kisebb mennyiségű aluminát és karbonát mellett alapvetően szilikátokból állnak. Mint a röntgen-fluoreszcens analízis adatai mutatják, a fő ásványfázis minden esetben nagy valószínűséggel a fayalit (Fe2SiO4). Az egyes minták elemi összetételére vonatkozó, kézi XRF spektrométerrel több felületi ponton nyert adatok ugyanakkor arra utalnak, hogy mind a kémiai, mind az ásványtani következtetések levonásánál tekintettel kell lenni a salakok erősen heterogén jellegére.

***Kulcsszavak:*** *Römai vassalak, spektroszkópia, FTIR, XRF.*

## 1. Bevezetés

A *limes* a Római Birodalom mintegy ötezer kilométer hosszú, három kontinensre kiterjedő megerősített határvonala. A Maros, a Felső-Nyárád és a Kis-Küküllő mentét észak-dél irányban átszelő Maros megyei limes-szakasz a II. sz. elején épült ki, és mintegy 150 évig védte Dacia, majd Dacia Superior tartomány, és egyben a Birodalom keleti határát. Az általunk vizsgált vassalak-leletek az itt állomásoztatott segédcsapatok *marosvécsi* és *mikházi* táborának területén, a szomszédságukban létrejött katonai településen (*vicus*), valamint a *felsőrépai őrtoronynál* végzett feltárásokból származnak, ahol a II.–III. században helyi kovácsműhely is működhetett [1,2]. Az eddigi kutatások során csak kovácsműhelyre utaló leletanyag került elő, kohómaradványok nem bukkantak fel (a mikházi vicusban nagymennyiségű vassalak mellett számos vastárgyat, Felsőrépán kovácsszerszámokat is találtak).

## 2. Kísérleti rész

### 2.1. A salakminták rövid jellemzése

A vizsgálatra kiválasztott 11 vassalak mintából négy Marosvécsről származott (B1–B4), hat Mikházáról (C1–C6) és egy Felsőrépáról (V).

A B1–B4, C3 és C6 minta szivacsos, könnyű, erősen buborékos, habkőszerű. A B2 és B3 különösen könnyen morzsolható (málló). Heterogének, a szürkés C3 minta kivételével felületükön vöröses, feketés, agyagos-sárgás zónák és üveges részek láthatók, beágyazódott fekete kristályokkal (magnetit), apróbb-nagyobb fémcseppekkel (vas), egyeseken fehéres foltokkal (karbonátok). A buborékok mélye általában feketés. A B3 mintán sárga fémcseppek is vannak (arany).

A C1, C2 és C4 hasonlóan heterogén, de szerkezetük tömörebb, keményebbek, sokkal nehezebben morzsolhatók, belsejük jellemzően sötétszürke-feketés.

A kemény, tömör C5 3–4 mm vastag külső terrakotta héja alatt 3–4 mm vastag fekete réteg burkolja a terrakotta belsőt. A különösen kemény V minta esetében a feketés külső réteg alatt a belső rész szintén terrakotta színű, nagy fekete zárvánnyal.

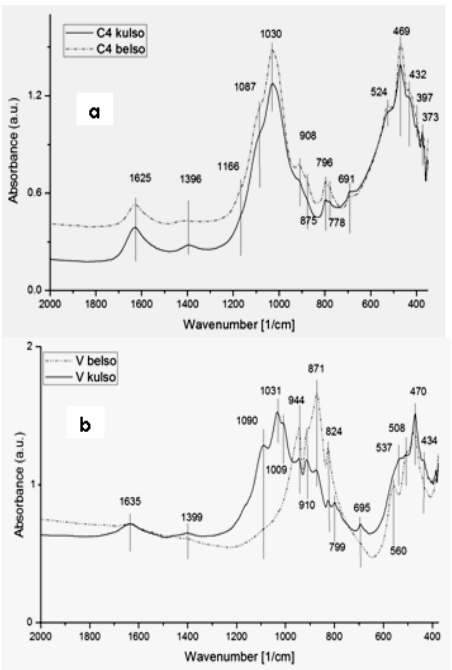
### 2.2. A minták vizsgálata. Eredmények.

Az achátmozsárban porított mintákon felvett ***FT-IR spektrumok*** JASCO FT-IR-6100 spektrométerrel készültek, KBr pasztillákon, 1 $cm^{-1}$ felbontással, a 4000–400 $cm^{-1}$ hullámszám tartományban. A mintavételezés a külső rétegből és a mintabelsőből külön történt, a mintákat előkészítő hőkezelésnek nem vetettük alá.

A felületi elemi összetétel jellemzésére végzett ***XRF spektrometriás*** mérésekhez

INNOV-X Alpha-6500 kézi spektrométert használtunk. Mérési feltételek: gerjesztési paraméterek 35 kV és 15 μA, PIN Si detektor, Be ablak, 3 mm szűrő, mérőfelület mérete 2 $mm^2$. A mérések minden esetben a minta három különböző, jellemzőként megítélt pontján történtek.

Az FT-IR spektrumok segítségével következtethetünk a salakok keletkezése és eltemetődése során bekövetkező átalakulási folyamatokra (redox folyamatok, szerkezeti átalakulások, rehidratáció, mállás, egyes elszennyeződések): 3700–3000 $cm^{-1}$ között jelentkeznek a szabad és kötött OH jellemző sávjai, 1000–1100 $cm^{-1}$ közötti maximummal pedig egy nagy intenzitású, széles, közel szimmetrikus abszorpciós sáv utalhat a kristályos szilikát szerkezet részleges szerkezeti rendezetlenségére (a salakolvadék lehűlésekor való nem teljes kialakulásra vagy utólagos degradálódásra).




**1. ábra.** *(a).A 2000–400 $cm^{-1}$ hullámszám tartományban általánosan jellemző FT-IR spektrumok.. (b). A V salakminta FT-IR spektrumai.*

Tekintettel arra, hogy a 4000–2000 $cm^{-1}$ spektrumtartomány a minták (egyelőre) nem eléggé tisztázott környezeti körülmények közötti hosszas eltemetettsége következtében nem értelmezhető kielégítő módon, a jelen dolgozatban csak a 2000–400 $cm^{-1}$ tartományt vettük figyelembe.

A kézi XRF spektrométer Ca–U tartományra korlátozott mérési lehetőségei miatt a vassalakok általánosan ismert fő elem-összetevői közül az Al, Si, Mg, K nem mérhető. A valószínű ásványösszetételek meghatározásához ezért a mért elem-koncentrációk mellett figyelembe vettük a szakirodalmi adatokat is [3,4]. Az FT-IR spektrumvonalak hozzárendelésében a feltételezett ásványi komponensek RRUFF adatbázisban levő referencia spektrumait használtuk (https://rruff-2.geo.arizona.edu/).

**1. táblázat.** *.A mikházi minták (C1–C6) fő IR elnyelési frekvenciái (2000–400 $cm^{-1}$).*

| C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | Hozzárendelések |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1631 | 1627 | 1630 | 1625 | 1620 | 1630 | -OH<br>FeO(OH) 1660 |
| 1400 | 1394 | 1394 sh | 1396 | 1398 | 1401 | $CO_3$ |
| | | 1167 sh | 1166 sh | | 1165 sh | $SiO_4$ 1100-900, 470-460 |
| 1090 sh | 1094 sh | 1076 sh | 1087 sh | 1084 | 1080 sh | SiO2 1172, 1150, 1084 |
| 1026 | 1025 | 1045 | 1030 | sh | 1023 | FeO(OH) 1105, 1084, 940 |
| | | | | 1029 | | $Fe_2O_3$ 1100 |
| 908 | 906 sh | 913-876 | 908 | | 913sh | $PO_4$ 1100-1000 |
| | | | 875 | 882 | | $CO_3$ 1450-1410; 880-860; 720-680 |
| 794 | 789 | 794 | 796 | 796 | 796 | $SiO_2$ 798-780, |
| | | 776 | 778 | 779 | 778 | FeO(OH) 803, 672 |
| 606 sh | 524 sh | 524 | 524 | 526 | 526sh | $SiO_2$ 612, 462, |
| 565 sh | 467 | 462 | 469 | 467 | 471 | $Fe_2O_3$ 630, 550, 417 |
| 469 | 428 | 421 | 462 sh | 435 | 421 | FeO(OH) 578, 470, 410 |
| 424 sh | | | | | | $HCO_3$ 710-690, 665-655 |

**2. táblázat.** *.A marosvécsi és felsőrépai salakok (B1–B4 és V) jellemző IR elnyelési frekvenciái (2000–400 $cm^{-1}$).*

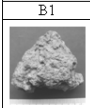
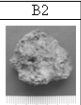
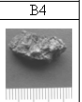
| B1 | B2 | B3 | B4 | V | | Hozzárendelések |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | kulso | belso | |
| 1631 | 1634 | 1630 | 1627 | 1635 | 1635 | -OH<br>FeO(OH) 1660 |
| 1394 | - | 1400 w | 1400 | 1399 | 1399 sh | $CO_3$ |
| 1167 sh | | 1165 sh | 1161 sh | 1166 sh | | $SiO_4$ 1100-900, 470-460 |
| 1087 sh | 1091sh | 1087 | 1086 sh | 1090 | | SiO2 1172, 1150, 1084 |
| 1032 | 1041sh | 1030 | 1033 | 1031 | | FeO(OH) 1105, 1084, 940 |
| 1007 sh | 991sh | - | 1009sh | 1009 | 944 s | $Fe_2O_3$ 1100 |
| 913 | 890 | 883 | 913sh | 944 w | 910 sh | $PO_4$ 1100-1000 |
| | | | | 910 w | 871 sh | $CO_3$ 1450-1410; 880-860; 720-680 |
| | | | | 871 w | 824 m | |
| 796 | 798 | 794 | 797 | 824 | | $SiO_2$ 798-780, |
| 778 | | | 772 | 799 | | FeO(OH) 803, 672 |
| 563 sh | 608 | 606 sh | 522 | 537 sh | 560 | $SiO_2$ 612, 462, |
| 519 | 462 | 466 | 468 | 470 | 508 sh | $Fe_2O_3$ 630, 550, 417 |
| 469 | 418 | 421 | 430 sh | 434 | 470 | FeO(OH) 578, 470, 410 |
| | | | | | | $HCO_3$ 710-690, 665-655 |

A vizsgált hullámszám tartományban a salakok külső rétegén és belsején felvett IR spektrumok abszorpciós sávjai gyakorlatilag egybeesnek, egy kivétellel (V salakminta, 1 ábra). A C1–C6 és B1–B4 salakminták elnyelési frekvenciái közel azonosak (1–2 táblázat). A Fe tartalom alapján minden minta alapvetően fayalitos (3–4 táblázat).

**3. táblázat.** *.A mikházi salakok (C1–C6) elemi összetétele (három mérés átlaga, ppm)*

| | Mikházi salakminták | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
| | | | | | | |
| **Fe** | 338675 | 279243 | 66315 | 277967 | 275125 | 174988 |
| **Ca** | 21297 | 33228 | 38532 | 24263 | 44573 | 17696 |
| **Ti** | = | = | 5765 | 1599 | 1533 | 5070 |
| **Mn** | 1132 | 5330 | 1245 | 1790 | 3700 | 1177 |
| **Co** | 1117 | 689 | 92 | 583 | 1133 | 709 |
| **Ba** | 355 | 1539 | 432 | 266 | 1423 | 516 |
| **Sr** | 124 | 180 | 196 | 160 | 278 | 242 |
| **Pb** | 442 | 316 | = | 104 | 281 | 96 |
| **Zr** | 56 | 97 | 185 | 122 | 88 | 137 |
| **Mo** | 211 | 114 | = | 88 | 139 | 72 |
| **Bi** | 119 | 36 | = | 30 | 32 | 10 |
| **Rb** | 60 | 52 | 73 | 57 | 49 | 88 |
| **Zn** | = | 758 | 68 | 30 | 87 | 109 |
| **Cu** | = | 58 | 37 | = | 167 | 65 |
| **Br** | 39 | 29 | = | = | 10 | 9 |
| **As** | = | = | = | 14 | = | 18 |
| **Au** | 30 | = | = | = | = | = |

**4. táblázat.** *.A marosvécsi és felsőrépai salakminták (B1–B4 és V) elemi összetétele (három mérés átlaga, ppm)*

| | Marosvécsi minták | | | | Felsőrépa |
|---|---|---|---|---|---|
| | B1 | B2 | B3 | B4 | V |
| |  |  | |  | |
| **Fe** | 276220 | 342819 | 250103 | 116424 | 398613 |
| **Ca** | 10754 | 43412 | 30540 | 16608 | 2487 |
| **Ti** | 2329 | = | 2309 | 5327 | 3255 |
| **Mn** | 1563 | 640 | 1143 | 4230 | 1360 |
| **Co** | 910 | 1515 | 848 | 79 | 2143 |
| **Ba** | 722 | 654 | 912 | 792 | 257 |
| **Sr** | 135 | 277 | 224 | 122 | 17 |
| **Pb** | 921 | 406 | 157 | = | 527 |
| **Zr** | 122 | 33 | 126 | 243 | 100 |
| **Mo** | 90 | 194 | 114 | = | 293 |
| **Bi** | 38 | 120 | 38 | = | 176 |
| **Rb** | 70 | 65 | 50 | 69 | 86 |
| **Zn** | 62 | = | 87 | 62 | = |
| **Br** | = | 35 | 27 | = | 46 |
| **As** | = | = | = | 22 | = |
| **Au** | = | 28 | = | = | 44 |

A kisebb eltolódások, egyes jellemző vonalak esetleges hiánya a vizsgált salakok eltérő mikroelemtartalmának, a kristályszerkezetbe való eltérő módon történő beépülésükből következő eltérő koordinációs környezetnek tulajdonítható (**3–4 táblázat**).

## 3. Következtetések

A 2000–400 $cm^{-1}$ FTIR spektrum-tartományban jellemző módon jelentkező abszorpciós sávok alapján a minták kisebb mennyiségű karbonát (és feltehetően aluminát) mellett alapvetően szilikátokból állnak. Mint az XRF analízis adatai mutatják, a fő ásványfázis minden esetben nagy valószínűséggel a fayalit ($Fe_2SiO_4$). A minták elemi összetételére vonatkozó, több felületi ponton nyert adatok ugyanakkor egyes esetekben nagyon különbözők, a levonható kémiai és ásványtani következtetések megtételénél ezért mindig figyelembe kell venni a salakok erősen heterogén jellegét.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EME Kutatóintézete ***Műszaki és kulturális örökségvédelem Erdélyben*** **projektjének** keretében a Bethlen Gábor Alap támogatta. A terepi kutatások a PN-II-ID-PCE-2012-4-0618 számú CNCS – UEFISCDI projekt keretében valósultak meg.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Man N., Cioată D.M.: *Archaeological researches in the military vicus from Călugăreni*, *Marisia* XXXII, 2012, 85-99.

[2] Pánczél Sz.P., és mások: *Updating our knowledge about the Roman fort from Brâncoveneşti, Mureş county*, *Marisia* XXXII, 2012, 105-115.

[3] Dunster J., Dungworth D., *Blacksmith's fuel. The analysis of slags from archaeological and contemporary iron-working*, English Heritage Research Report Series 16-2012, NGR: Sz 683 993, 25 pp.

[4] Kramar S., és mások: *Mineralogical and geochemical characterization of Roman slag from the archaeological site near Mosnje* (Slovenia), Materials and technology 49 (3), 2015, 343–348.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 101–104.
http://hdl.handle.net/10598/29034
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.17

# ROBOTOK ÉS A SAJTOLÓ HEGESZTÉSEK FEJLESZTÉSEI

# DEVELOPMENTS OF INDUSTRIAL ROBOTS AND PRESSURE WELDING PROCESSES

Bitay Enikő[1], Bagyinszki Gyula[2]

[1]*Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humántudományok Kar, Románia, 540485 Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C., ebitay@ms.sapientia.ro*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u. 8, bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

More than a third of the global robot market in the automotive sector orders make up the robot's sales growth too primarily in the automotive industry due to investment growth. The car factories and suppliers are usually the welding, the assembling and painting robots dominate and a significant application of the pressure welding processes. This article picks improvements of this profession field.

***Keywords**: welding, robot, special equipment*

## Összefoglalás

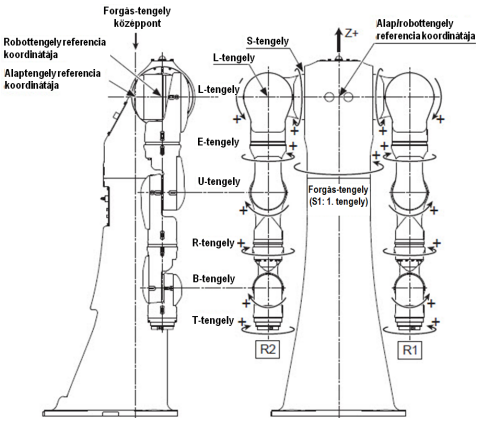
A globális robotpiac több mint harmadát az autóipar megrendelései teszik ki, a roboteladások bővülése is elsősorban a járműipari beruházások növekedésének köszönhető. Az autógyárakban és beszállítói körükben rendszerint a hegesztő, az összeszerelő és a festő robotok a dominálnak, továbbá igen jelentős a sajtoló hegesztési eljárások alkalmazása. Jelen cikk ezen szakterület fejlesztéseiből válogat.

***Kulcsszavak:** hegesztés, robot, célberendezés*

## 1. Robottechnika

Az elterjedt csuklókaros humanoid vagy antropomorf 6-tengelyes (6 szabadságfokú) robotok gazdag – terherbírás, illetve méret – választékán alapuló fejlesztési trendek:

– Alkalmazás-specifikus robotkarok gyártása, melyek az adott alkalmazásra - pl. ellenállás ponthegesztés, szerelés - szabva kompromisszumok nélküli felhasználást tesznek lehetővé [1].
– Olyan, „még inkább humanoid" robotkarok (karpárok) gyártása [2], melyek akár 15 vezérelt tengellyel rendelkezhetnek (**1. ábra**), teljesen robottesten belülre rejtve az alkalmazástechnikai (elektromos, pneumatikus) kábeleket. Ez a fajta „emberkarakter" egyedülállóan új perspektívát nyit(hat) az alkalmazások, illetve munkahumanizálás előtt.
– Az egyedi tervezésű rendszerek mellett kedvezőbb árfekvésű típusrendszerek állnak rendelkezésre igen rövid szállítási határidővel, többek között a védőgázos ívhegesztés és forrasztóhegesztés, az ellenállás ponthegesztés, a lemezalakító gépek vagy sajtoló hegesztő (cél)gépek kiszolgálása területén.




**1. ábra.** *15 tengelyes robot*

A kompakt technológiai cellák által támasztott alkalmazástechnikai igényeket a kicsi, könnyű és dinamikus robotok elégítik ki jól. A mérsékelt tömegnek és ezáltal kisebb erőkaroknak köszönhetően a robot nagyobb sebességre, illetve jobb visszaállási pontosságra képes. A „jigless application" pl. ikerrobotos, készülék nélküli ívhegesztő robotrendszert jelent, melynél a munkadarabot nem hagyományos hegesztő készülék pozícionálja a robot előtt, hanem azt a manipulátor (kiszolgáló) robot – általában viszonylag egyszerű felfogással – tartja, illetve állítja be a hegesztő (technológiai) robot elé. Ezzel jelentős – tervezést, gyártást, munkadarab-pozícionálóra telepítést mellőző – készülék-költség megtakarítás érhető el.

Az újabb robotvezérlések akár 72 tengely egyidejű vezérlését is lehetővé teszik, pl. 8 robot és további külső tengelyek (forgatók, pozícionálók) szinkronvezérlésű mozgatásával. Ezek, illetve a kis helyigényű robotkarok lehetőséget adnak „nagysűrűségű" robotrendszerek kialakítására. A vezérlések korszerű üzemmódja jelentős energia-megtakarítást, környezetkonformitást eredményez, csökkentve a gyártás költségeit is. A vezérlésekhez tartozó kézi programozó pult ergonomikus kialakításánál fontos szempont – a funkciók és kezelőszervek felhasználó-barát elrendezése mellett – a minél kisebb kézzel tartandó önsúly is [1].

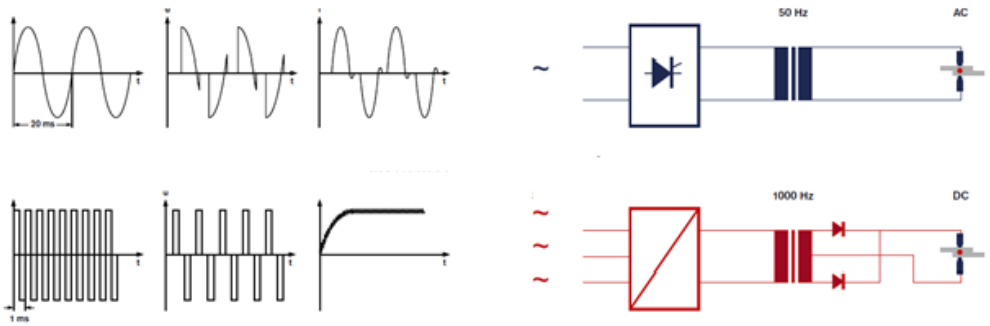
## 2. Sajtoló hegesztések

A 21-es számjelű ellenállás-ponthegesztés gépei helyhez kötöttek (kézi, illetve gépi kiszolgálásúak) vagy mozgathatók, manipulálhatók (pl. robotkarra erősíthetők) lehetnek. Ez utóbbi révén könnyen megvalósítható az automatizálás (pl. karosszéria elemek gyártósori hegesztése során). A középfrekvenciás (MF = Medium Frequency) ellenállás ponthegesztés az egyenirányított háromfázisú 50 Hz-es váltakozó áramot (AC) inverter (váltóirányító és frekvencia-átalakító) alkalmazásával 1000 Hz-re konvertálja, majd a hegesztőfejbe integrált transzformátor és szekunder köri egyenirányító segítségével a hegesztéshez szükséges szintű egyenáramot (DC) juttat az elektródákon keresztül a hegesztés helyére (**2. ábra**).

A hagyományos 50 Hz-es váltakozó áramú hegesztéssel [3] összehasonlítva több technikai és beavatkozási előnyt nyújt [4]:

– a háromfázisú átalakításnak köszönhetően lehetőség van fázis-balanszra, miáltal kevésbé érzékeny a hegesztés az elektromos hálózat ingadozásaira;
– a nagyobb működési frekvenciának, ezáltal könnyebb és kompaktabb transzformátornak köszönhetően jobb hatásfok, szélesebb áramerősség-tartomány állítható be, továbbá a robotosított hegesztésnél kisebb a karrendszer terhelése is;
– mivel nincs áram-fluktuáció, 15 százalékkal rövidebbek a hegesztési időtartamok;
– tisztább a hegesztés, mivel elmarad a hagyományos hegesztésre jellemző szikrázás;
– a jó szabályozhatóságnak köszönhetően problémás hegeszthetőségű anyagokhoz is alkalmazható, mint pl. nagy szilárd-

ságú acélokhoz, alumíniumhoz, egzotikus ötvözetekhez (különleges öntöttvasak, titán, szuperötvözetek, hőálló fémek), laminált acél/polimer kompozitokhoz, bevonatolt acélokhoz, többrétegű termékekhez.




**2. ábra.** *Hagyományos és középfrekvenciás ellenállás ponthegesztés*

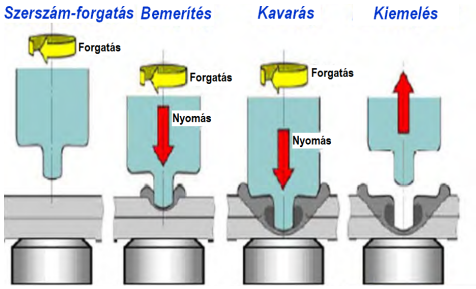
További fejlesztés a folyamat közbeni ellenőrzés és az ehhez kapcsolt szabályozás alkalmazása. Az ellenállás-ponthegesztésnél a lencse méretének ultrahangos ellenőrzésére épülő – szerkezetbe integrált – folyamat-szabályozással nemcsak egyenletesebb minőség érhető el, de a tapasztalatok szerint az elektróda kopása is csökken.

A 41-es számjelű ultrahangos (pont-, vonal- és kör-) hegesztésekkel lehetőség van azonos vagy eltérő anyagminőségű lemezek és huzalok összekötésére. Az ultrahangos fémhegesztés előnyei [5]:

- Rendkívül rövid hegesztési idő;
- Nem kell semmilyen hegesztőanyag;
- Csekély elektromos átmeneti ellenállás;
- Hélium-tömör hegesztési varrat;
- A hegesztési felület viszonylag kis pontra, vonalra vagy körformájú felületre korlátozódik;
- A hegesztési paraméterek számítógépes ellenőrzése és statisztikus kiértékelése egyszerűen megoldható;
- Tiszta és biztonságos munkafolyamat (nincs szikra, láng és füst), ezért környezetbarát;
- Nagyon csekély energiafelhasználás;
- Automatizált gyártósorba integrálható.

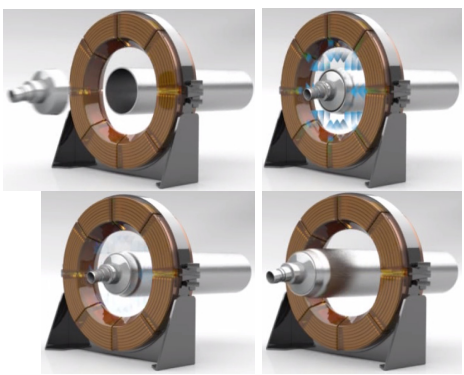
A 43-as számjelű kavaró dörzshegesztésnél egy forgó, kopásálló anyagból készített alakos (csapszerű) szerszám és a tompán illesztett, szilárd alátétre lefogott lemezek között képződő súrlódási hőt hasznosítják. A szerszám először lassan, nagy erővel a két lemez kötési övezetébe merül, majd beindul a hosszirányú előtolás. A szerszám az összekötendő anyagokat (könnyű- és színesfémeket) meglágyítja, megkavarja („átgyúrja”), majd a csap menti válla révén a felületet tömöríti és elsimítja. Ilyen módon az alapanyagok intenzív melegalakítása révén, azok megolvadása nélkül jön létre hegesztett kötés. Jellemzően célgépes kivitelben alkalmazzák.

A kavaró dörzs-ponthegesztést speciálisan autóipari alkalmazásokhoz fejlesztették ki, beleértve alumínium darabok egymáshoz, illetve Al és acél alkatrészek vegyes kötését. A folyamat lépései hasonlóak a normál kavaró dörzshegesztéséhez, de itt nincs varratvonal-menti mozgatás, azaz pontszerű kötés alakul ki (**3. ábra**) [6].




**3. ábra.** *Kavaró dörzs-ponthegesztés*

A 442-es számjelű mágnesimpulzusos hegesztés elektromágnesesen generált erőket alkalmaz (**4. ábra**), miáltal szilárd állapotú sajtolóhegesztés valósul meg. Alakító tekercseken keresztül feltöltött kondenzátortelepet sütnek ki, miáltal létrejövő erős áramimpulzus igen nagy mágneses indukciót generál a hegesztés helyén. A hegesztendő darabban indukált áram és a mágneses mező kölcsönhatása következtében radiális irányú dinamikus (robbanáshoz hasonló) mechanikai erőhatás jön létre. Ez a hegesztendő felületeket összeütközteti és a felületmenti anyagrészek képlékeny alakváltozása következtében alakul ki a sajtolva hegesztett kapcsolat.



**4. ábra.** *Mágnesimpulzusos hegesztés fázisai*

Az eljárás előnyei [7]:

– Lehetővé teszi más eljárással nem vagy csak problémásan hegeszthető darabok kötését.
– Különböző fémek összehegesztése is lehetséges.
– Rendkívül gyors, a tipikus impulzusidőtartam 10…100 μs, így termelékenységi korlátot a munkadarab adagolás sebessége jelent.
– Megbízható és jól illeszkedik a nagy volumenű termelésbe.
– Alacsonyak a költségei, magas minőséggel és termelékenységgel társulva.
– Nincs szükség hozaganyagra, védőgázra.
– Nem szükséges a kötések előzetes vagy utólagos kezelése.
– Kiváló minőségű, esztétikus és tiszta felület érhető el.
– Zöld folyamat, azaz nincs környezetet terhelő hevítés, szikrázás, füst, sugárzás.
– Gyakorlatilag nincs hőhatásövezet.
– Nem romlik a kötés szilárdsága, sőt nagyobb mint az alapanyagé.
– Nem jön létre korrózió a hegesztési zónában.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bagyinszki Gyula: *Automatizálás és intelligens gyártás*, Hegesztéstechnika XXIV. évfolyam 2013. 4. szám, 22-30. o.
[2] *Specifications of MOTOMAN Dual Arm Robots*, http://www.dualarmrobot.com/specifications.html (2016. 01. 10.)
[3] Bagyinszki Gyula - Bitay Enikő: *Hegesztéstechnika I. - Eljárások és gépesítés*, Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2010, 288 oldal
[4] Rewroth Bosch Group: *Automotive Industry Technology Update – Welding*, Cambridgeshire, 2005, p. 6
[5] *Ultrahangos fémhegesztés*, THONAUER information Nr.3, 2 oldal
[6] Technical Editors: Stuart Keele & Menachem Kirachi: *Advanced High-Strenght Steels Application Guidelines Version 5.0*, WorldAutoSteel, May 2014, p. 276
[7] *Magnetic Pulse Welding*, http://www.bmax.com/technology/magnetic-pulse-welding (2016. 01. 10.)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 109–112.
http://hdl.handle.net/10598/29036.
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.18

# SAVAS KARAKTERŰ GÁZOK SZELEKTÍV KÉN-HIDROGÉN-MENTESÍTÉSE

# SELECTIVE REMOVAL OF HYDROGEN-SULFIDE FROM ACID GASES

Bobek Janka[1], Molnár Éva[2], Rippelné Pethő Dóra[3], Bocsi Róbert[4]

[1-4]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10.*

[1]*bobek.janka@gmail.com*

[2]*molnare@almos.uni-pannon.hu*

[3]*pethod@almos.uni-pannon.hu*

[4]*bocsirobert@almos.uni-pannon.hu*

## Abstract

Natural gas is a primary energy source which contains mainly methane, but there are several components ($H_2S$, $CO_2$, $NH_3$, $H_2O$) which are undesirable. In our study selective hydrogen-sulfide removal from acid gases with caustic alkali absorption was researched. Because of the competition between $H_2S$ and $CO_2$ in NaOH solution our aim was found those parameters which support the $H_2S$ removal instead of $CO_2$. Our experiments were carried out in a special designed jet reactor. The operation parameters of all model gases were tested at 30 bar pressure to reach minimum 50 % hydrogen-sulfide removal efficiency with the lowest specific alkaline.

***Keywords**: carbon-dioxide, caustic-alkali chemisorptions, competition, residence time, selectivity.*

## Összefoglalás

A földgáz természetes primer energiaforrás, mely legnagyobb mennyiségben metánt tartalmaz, azonban jelen vannak kedvezőtlen hatású komponensek is ($H_2S$, $CO_2$, $NH_3$, $H_2O$). Munkánkban savas karakterű gázok szelektív kén-hidrogén-mentesítésével foglalkozunk alkáli lúgos közegben. Az alkalmazott NaOH abszorbenssel a $H_2S$ mellett a $CO_2$ is reakciót mutat, így kerestük azokat a paramétereket, melyekkel a $H_2S$ megkötődést támogathatjuk. A kísérleti berendezést egy speciális kialakítású jet reaktor volt. Az általunk vizsgált különböző $CO_2$ tartalmú modell gázok mindegyikére kerestük azokat az üzemeletetési paramétereket, melyekkel 30 bar nyomáson legalább 50 % kén-hidrogén-mentesítési hatásfokot érhetünk el a legalacsonyabb lúg fajlagos mellett.

***Kulcsszavak:** szén-dioxid, alkáli-lúgos kemiszorpció, kompetíció, tartózkodási idő, szelektivitás.*

## 1. Bevezetés

A földgáz legnagyobb mennyiségben metánt tartalmaz, azonban mellette számos olyan komponens ($H_2S$, $CO_2$, $NH_3$, $H_2O$, stb) is jelen van, mely a földgáz feldolgozása, szállítása és tárolása során kedvezőtlenül hatnak [1].

Savas gázoknak nevezzük azokat a gázokat, melyekben bármilyen savas komponens jelen van, ilyenek például a $H_2S$ vagy a $CO_2$. [2].

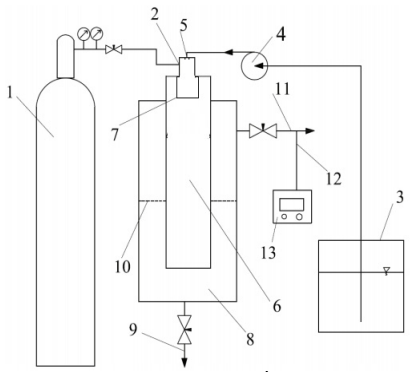
A $H_2S$ az egészségre és környezetre gyakorolt hatása alapján fokozottan veszélyes. A kén-hidrogén égéstermék a kéndioxid, mely a $H_2S$-nél jóval szigorúbban szabályozott légszennyező komponens [3]. A $SO_2$ az egyik fő okozója a Londoni-szmognak, mely egészségügyi károsodás mellett savas esőt okoz. A savas gázok vízzel érintkezve savas karakterű, erősen korrozív közeget eredményeznek [4].

A fent leírt okok miatt a kén-hidrogén eltávolítása nélkülözhetetlen lépése a földgáz feldolgozásának. Munkánk során szelektív kén-hidrogén-mentesítéssel foglalkozunk olyan gázokban, melyek $CO_2$-ot is tartalmaznak. Célunk egy olyan eljárás fejlesztése, mely szelektíven köti a $H_2S$-t, így az oldószer gazdaságosan használható. Az iparban és az irodalomban számos kén-hidrogén-mentesítési eljárás (membrán technika, adszorpció, abszorpció) ismert. A legelterjedtebbnek mégis az adszorpció valamint az abszorpció mondható. Abszorpció esetén széles körben alkanol-aminokat (pl: mono-, di-, rti-etanol-amin) alkalmaznak szorbensként, azonban az oldószer szelektivitása megkérdőjelezhető, továbbá használata során habzás problémájával számos irodalomban találkozhatunk [5]. Az általunk választott eljárás alkáli-lúgos abszorpció, NaOH oldószerrel. A NaOH-al végzett kén-hidrogén-mentesítés a megfelelő üzemeltetési paramétereket megválasztva nagy hatékonysággal, szelektíven képes megkötni a kén-hidrogént. Az eljárás további előnye, hogy rugalmasan-követi a kezelendő gáz kén-hidrogén tartalmában bekövetkező változást.

Az alkáli-lúgos abszorpció során a $H_2S$ és a $CO_2$ között kompetitív szorpció zajlik le. A $CO_2$ erősebb sav, azonban nagyobb molekula, így lassabb, mint a $H_2S$. Megfelelő paraméterek tartásával kihasználhatjuk azt, hogy a $H_2S$ gyorsabban képes reagálni a NaOH-al, mint a $CO_2$. A $H_2S$ szelektív megkötése továbbá a tartózkodási idő csökkentésével támogatható. A műveletet 9-11 pH-jú oldószerrel kell végezni, alacsony hőmérsékleten [5].

## 2. Anyag és módszer

Célul tűzve ki a $H_2S$ szelektív megkötését, a kísérleteinket egy speciális kialakítású jet reaktorban (**1. ábra**) végeztük. A berendezés lehetőséget ad a lúgáram, lúg koncentráció, gáztérfogatáram valamint a gáz nyomás változtatására.




Szennyezett lúg elvétel 10: Csepp fogó 11: Tisztított gáz kilépése 12: Gáz mintavétel

**1. ábra.** *Laboratóriumi kísérleti jet berendezés*

A kísérletekhez $H_2S$-$CO_2$-$N_2$ modellgáz keveréket (**1. táblázat**) használtunk, melyek összetételét minden mérés előtt DrägerX-am 7000 készülékkel ellenőriztünk. A $H_2S$ tartalom béli különbség a bemérés pontatlanságából fakad, azonban az eredmények összehasonlíthatóságát ez nem befolyásolja.

**1 táblázat.** *Vizsgált modellgáz összetételek*

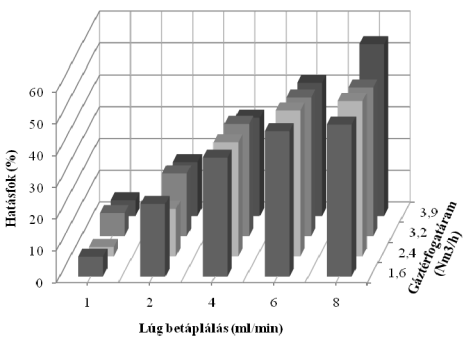
| Minta sorszáma | $CO_2$ (v/v%) | $H_2S$ ppmv | $N_2$ (v/v%) |
|---|---|---|---|
| 1. | 0 | 100 | 99,999 |
| 2. | 23 | 90 | 76,999 |
| 3. | 41 | 80 | 58,999 |
| 4. | 60 | 90 | 39,999 |
| 5. | 76 | 85 | 23,999 |

Méréseinket minden esetben 30 bar nyomáson végeztük. Az általunk alkalmazott NaOH koncentrációk 0,5; 1,5; 2,5 w/w%-ok voltak. A beállított 3,9; 3,2; 2,4; 1,6 $Nm^3/h$ gáztérfogatáramok 0,05; 0,06; 0,09 és 0,13 s tartózkodási időnek felelnek meg ebben a típusú berendezésben. A mérések során a tisztított gáz $H_2S$ és $CO_2$ tartalmát DrägerX-am 7000 analizátorral folyamatosan nyomon követtük.

## 3. Eredmények

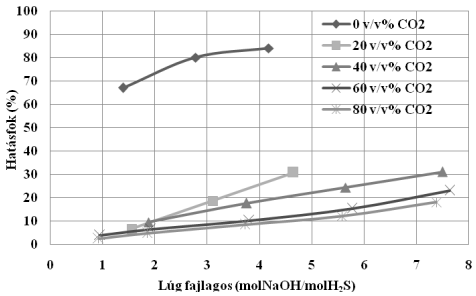
A *2. ábrán* a lúgbetáplálás és a gáztérfogatáram függvényében ábrázoltuk a kén-hidrogén-mentesítés hatásfokát. Az abszorbens koncentráció mellett ezek azok a paraméterek, melyek az adott $CO_2$ tartalmú gáz kén-hidrogén-mentesítési hatásfokát befolyásolják.

A $H_2S$ és a $CO_2$ között fellépő kompetíció a *3. ábrán* szemléletesen látható. A vizsgálat során minden paraméter azonos volt a $CO_2$ tartalmat kivéve. A $CO_2$ tartalom növelésével a $H_2S$-mentesítés hatásfoka azonos paraméterek mellett jelentősen csökken.




***2. ábra.*** *A kén-hidrogén-mentesítés hatásfokának alakulása a gáztérfogatáram és a lúg betáplálás függvényében (60 v/v% $CO_2$, 90 ppmv $H_2S$ tartalmú modellgáz esetén, 2,5 w/w%-os NaOH mellett, 30 bar-on)*

Vizsgálataink során $CO_2$ megkötődést nem tapasztaltunk, azonban meg kell jegyeznünk, hogy az általunk alkalmazott analizátor százalékos nagyságrendben képes a $CO_2$ tartalmat mérni.




**3. ábra.** *Hatásfok változása a $CO_2$ tartalom függvényében (0,5 w/w%-os NaOH, 30 bar, 0,08 s (2,5 $Nm^3/h$) tartózkodási idő*

Kísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy a NaOH koncentráció és NaOH betáplálás növelésével a $H_2S$-mentesítés hatásfoka egy pontig jelentősen nő, majd a hatásfok közel állandósul *(2. ábra)*. Az alkalmazott abszorbens mennyiségének növelésével a lúg fajlagos jelentősen nő. Vizsgálataink során továbbá tapasztaltuk, hogy állandó lúg fajlagos mellett a kén-hidrogén-mentesítés hatásfoka a tartózkodási idő csökkentésével jelentősen nő, míg a lúg fajlagos csökken.

Célunk volt minden gázösszetétel esetén meghatározni az optimális gáztérfogat áramot, lúg betáplálást és lúg koncentrációt úgy, hogy a hatásfok elérje az 50 %-ot a lehető legalacsonyabb lúg fajlagos mellett (**2. táblázat**). A fent leírt tapasztalatok alapján a kén-hidrogén-mentesítés hatásfokának növelését az alkalmazott lúg koncentráció és betáplálás növelésével javítottuk, míg a lúg fajlagost a gáztérfogatáram növelésével csökkentettük.

0,5 w/w%-os NaOH abszorbenssel egyik gáz összetétel esetén sem kaptunk megfelelő hatásfokot, így ennek a lúg koncentrációnak az alkalmazását alacsony $CO_2$ tartalmú gáz esetén sem javasoljuk ebben a berendezésben.

***2 táblázat.*** *Különböző $CO_2$ tartalmú, közel 100 ppmv $H_2S$ tartalmú modellgáz kén-hidrogén-mentesítésére kapott legjobb eredmények és az alkalmazott paraméterek 30 bar nyomáson*

| $CO_2$ tartalom (v/v%) | Lúg koncentráció (w/w%) | Lúg fajlagos (mol NaOH /mol$H_2S$) | Hatásfok (%) | Tartózkodási idő (s) | Gáztérfogat-áram ($Nm^3/h$) |
|---|---|---|---|---|---|
| **23** | 0,5 | 15 | 44 | 0,20 | 1,0 |
| | **1,5** | **14** | **51** | **0,08** | **2,5** |
| | 2,5 | 19 | 51 | 0,10 | 2,0 |
| **41** | 0,5 | 12 | 44 | 0,20 | 1,0 |
| | **1,5** | **15** | **50** | **0,08** | **2,5** |
| | 2,5 | 20 | 50 | 0,10 | 2,0 |
| **60** | 0,5 | 6 | 27 | 0,06 | 3,0 |
| | 1,5 | 24 | 41 | 0,09 | 2,3 |
| | **2,5** | **24** | **55** | **0,05** | **3,8** |
| **76** | 0,5 | 6 | 20 | 0,07 | 3,0 |
| | 1,5 | 16 | 47 | 0,05 | 3,8 |
| | **2,5** | **22** | **56** | **0,05** | **3,8** |

Abban az esetben, mikor a $CO_2$ koncentráció 50 v/v% alatt van, akkor 1,5 w/w%-os koncentrációjú NaOH oldatot javaslunk 6 ml/min betáplálással. 30 bar nyomáson 0,08 s tartózkodási időt ajánlunk ebben a konstrukciójú berendezésben.

Olyan savas gázokban, melyben a $CO_2$ tartalom meghaladja az 50 v/v%-ot 2,5 w/w%-os NaOH koncentrációt célszerű használni, ezt meghaladni azonban nem javallott, mivel a lúg fajlagos megnő, míg a hatásfok nem javul. Ebben a konstrukciójú berendezésben 30 bar nyomáson 0,05 s tartózkodási időt és legalább 8 ml/min lúgbetáplálást javaslunk.

## 4. Következtetések

Munkánk során $H_2S$-$CO_2$-$N_2$ modellgázokon vizsgáltuk a szelektív kén-hidrogén-mentesítést.

Vizsgálataink során megtapasztaltuk, hogy a $CO_2$ tartalom növelésével a kén-hidrogén-mentesítés hatásfoka csökken.

Kerestük azokat a paramétereket, melyekkel a $H_2S$ megkötődés támogatható a $CO_2$-al szemben.

Célunk volt, hogy az általunk vizsgált modell gázok mindegyikére megkeressük azokat az üzemeletetési paramétereket, melyekkel a legalább 50 % kén-hidrogén-mentesítési hatásfokot érhetünk el a legalacsonyabb lúg fajlagos mellett.

A bemutatott eljárás nagy hatékonysággal, megbízhatóan alkalmazható különböző $CO_2$ tartalmú gázok szelektív kén-hidrogén-mentesítésére.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Balogh, K.: *Szedimentológia III*. Akadémia Kiadó, Budapest, 1992, 268-269.

[2] Wu, Y.;Carroll, J.J.; Zhu, W: *Sour gas and related technologies,* Scrivener Publishing LLC.,Salem (MA), 2012, xiv-xvii.

[3] Vidékfejlesztési M.: 4/2011. (I.14.) VM rendelet a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről, Magyar Közlöny, Budapest, 2011, 490-508.

[4] Bánhegyiné Dr. Tóth Á.: *Munkabiztonság: 2.5 Savas gázok által okozott korrozió biztonsági problémái*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2005,1-5.

[5] Kohl, A.;. Nielsen R: Gas purification, Gulf Publising Company, Huston (TX),1997, 40-466.

**Köszönetnyilvánítás**: MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt. által támogatott „PEREGRINATIO I.” (VVE) Alapítványnak

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 113–116. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.19
http://hdl.handle.net/10598/29037

# ALGATERMESZTŐ RENDSZER ENERGETIKAI HATÁSFOKÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK VIZSGÁLATA

# PARAMETERS OF ENERGY EFFICIENCY IN ALGAE CULTIVATING SYSTEMS

Bocsi Róbert[1], Rippelné Pethő Dóra[2], Horváth Géza[3], Hanák László[4], Hodai Zoltán[5]

*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyészmérnöki- és Folyamatmérnöki Intézet, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200 Magyarország, Veszprém, Egyetem u. 10. Telefon: +36-88-624-268,*

[1]*bocsirobert@almos.uni-pannon.hu*

[2]*pethod@almos.uni-pannon.hu*

[3]*horvathg@almos.uni-pannon.hu*

[4]*hanakl@almos.uni-pannon.hu*

[5]*hodaiz@almos.uni-pannon.hu*

## Abstract

For the characterization of the energy recovery technologies the most important parameter is the energy balance. While the amount of energy invested in algae cultivation system can be measured directly, the magnitude of utilization can be calculated only after the subsequent conversion steps. This paper presents the elements of energy needs arising from heterotrophic microalgae cultivation. It can be realized by using that sources, which can be accessible in ready-to-use form.

***Keywords**: microalgae, cultivation, photobioreactor, energy efficiency*

## Összefoglalás

Az energetikai hasznosításra szánt technológiák jellemzésére az egyik legfontosabb jellemző az energiamérleg. Míg a befektetett energia mennyiségét közvetlenül lehet mérni, a hasznosulást, a lipidtermelést már csak a későbbi konverziós lépések után lehet megadni. Jelen dolgozat a heterotróf mikroalga termesztés során felmerülő energiaigény kielégítésének elemeit mutatja be. Ezt számos forrásból megvalósíthatjuk, melyek közül a korlátlanul rendelkezésre állókat fontos felhasználni.

***Kulcsszavak:** mikroalga, algatermesztés, fotobioreaktor, energiahatékonyság*

## 1. Bevezetés

A világ összes bioüzemanyag termelése 2014-ben megközelítette a 71 Mtoe (~2,96 EJ) éves mennyiséget, melynek több, mint 50 %-a biodízel volt. A BP által készített tanulmány szerint az éves bioüzemanyag termelés 2013-2014 időszakban 7,4 %-kal nőtt, ezért is indokolt az algák ilyetén felhasználási lehetőségeinek kutatása, a jelenleg alkalmazott technológiák fejlesztése. [1]

Egy algatechnológiai rendszer üzemeltetése során tekintettel kell lennünk arra, hogy a termék felhasználás céljától szenm

előtt tartva az energiaminimumra törekedve alakítsuk ki a termesztési technológiát.

## 2. Az energiaforgalom az algatermesztésben

A termesztése során a mikroalgaszuszpenziót alkotó sejtek alábbi igényeit szükséges kielégíteni :

- fényigény;
- szénforrás igény;
- keverés igény;
- hűtési/fűtési igény.

### 2.1. A mikroalgák fényigényének kielégítése

A kultúra számára elérhető fény mennyisége és minősége a fotoszintetizáló szervezetek számára egy alapvetően korlátozó tényező. Fontos azonban megjegyezni, hogy nem minden algafaj képes 24 órás megvilágításban szaporodási sebességének maximumát elérni. A legtöbb faj úgy tudja biomassza termelékenységének maximumát adni, ha világos és sötét szakaszok váltják egymást. Ezt természetes fénynél nem, csak mesterséges megvilágítás esetén fontos figyelembe venni. Fotoszintézisre a napfény spektrumából csak a 400-700 nm közötti hullámhossz intervallum hasznosítható. A mikroalgák fotoszintézisük során a rendelkezésre álló napfénynek 6-7%-át képesek használni, míg a hasznosulás elvi maximuma 9 %.

A legkézenfekvőbb megoldás nagylépésű algatermesztő rendszerek esetén a napfény alkalmazása. Bár a villamosenergia igény ezzel minimálható, de további nehézségek adódnak. Szabadtéri termesztés esetén az egyre növekvő biomassza koncentráció növekedésével a szuszpenzió fényabszorpciós képessége is növekszik, így a szuszpenzió jelentős melegedésére lehet számítani, melynek során hűtési energiaigény jelenkezik.

A fényigény kielégítésére mesterséges fényforrások is használhatók, de ez esetben nem csak a villamosenergia szükséglet fedezésésre kell energiát befektetni. A mesterséges fényforrások esetén fajtától függően különböző spektrumú fényt sugároznak (1. táblázta), amelyből a hasznosítható fény mennyisége arányos a PAR tartománybeli fotonok mennyiségével. Az üzemidő előrehaladtával különböző mértékű fényáram csökkenés figyelhető meg és bizonyos fényforrás típusoknál az energiahasznosulás hatásfokát a termelődő hő szintén jelentősen csökkenti. [2], [3]

**1. táblázat.** *Mesterséges fényforrások hatásfoka a PAR tartományban*

| Fényforrás | μmol PAR foton/(W.s) |
|---|---|
| LED források | 1,8-2,6 |
| HID | 1,6-1,87 |
| hagyományos fénycső | 1,25 |
| speciális fénycső | 1,8-2,2 |

A fényhasznosulást a nem csak a fényforrás minősége, hanem a termesztő rendszer fajlagos fényabszorpciós felülete és annak fényáteresztő képessége is befolyásolja.

### 2.2. Szénforrások mikroalgák termesztéséhez

Heterotróf termesztés esetén a mikroalga szuszpenzióban fellehető szénforrás a széndioxid oldott vagy hidrogénkarbonát ion formában hozzáférhető az algák számára. A legkézenfekvőbb megoldás, ha olyan forrást alkalmazunk, amely egy természetes előfordulásból vagy egy technológia mellékáramaként jelentkezik. Ilyen lehet a füstgázok, a biogáz vagy természetes előfordulások széndioxid tartalma. Többletenergia befektetésre akkor van szükség, ha a befúvásra kerülő gázelegy nyomása nem elegendő a szuszpenzión és a gázelosztó rendszeren történő átáramoltatáshoz.

A nem tiszta szén-dioxid forrás használata esetén számításba kell venni azt az energia igényt amely azoknak a komponenseknek a részleges vagy teljes eltávolításához szükséges, amelyek termesztéstechnológiai szempontból limitáló tényezők ($SO_2$, $H_2S$). [4], [5]

**2. táblázat.** *Az ipari füstgázokban fellehető komponensek és koncentrációik* [6]

| Komponens | Koncentráció |
|---|---|
| $N_2$ | 70 – 75 (V/V)% |
| $CO_2$ | 5 – 25 (V/V)% |
| $H_2O$ | 9 – 14 (V/V)% |
| $O_2$ | 0,7 – 10 (V/V)% |
| $SO_2$ | 0 – 1500 ppm |
| CO | 50 – 150 ppm |
| por | 100 – 800 ppm |
| nehézfémek | 0,05 – 0,5 ppm |

## 2.3. Az algaszuszpenzió keverési igénye

Az algaszuszpenziót két ok miatt mindenképpen szükséges keverni. Az egyik, hogy a széndioxid beoldódását intenzifikáljuk. A megfelelő gázeloszlatás révén a gázáram szükségszerűen keveri a közeget, de ha koncentráció gradiens alakul ki a termesztőrendszerben, további, mechanikai keverésre van szükség. Ez utóbbi különösen a szabadtéri, raceway pondok esetén elkerülhetetlen. [7]

A másik ok, ami miatt keverési igény lép fel a szuszpenzióban az optikai denzitás. Minél nagyobb a biomassza koncentráció, annál vékonyabb réteget lehet átvilágítani konstans fényárammal. Ekkor azok a rétegek, amelyekbe kevesebb fény jut, az algák szaporodásában a fényhiány limitáló hatása miatt a szaporodás lelassul majd bomlás indul be. Ennek elkerülésére szükséges a nagy optikai denzitással bíró szuszpenziók keverése. A fajlagos keverési igény a reaktor konstrukciótól és a fajlagos gázterheléstől függően különböző lehet. [8]

## 2.4. Az algaszuszpenzió hűtése/fűtése

Mivel a beeső fénynek csak kevesebb, mint 10 %-a hasznosul, egy sűrű szuszpenzió (3-4 g alga szárazanyag/dm3) melegedése természetes fényben jelentős. Emiatt a reaktor hőmérséklete hűtés nélkül, intenzív napsugárzás esetén a léghőmérsékletnél jóval magasabb is lehet. Az algák optimális szaporodóképessége 20 – 40 °C hőmérséklettartományban tartható meg. Ez alatt anyagcseréjük és ezzel együtt szaporodásuk jelentősen lelassul, míg e tartomány feletti hőmérsékleten jelentősen nő a hősokk okozta algapusztulás veszélye. Az optimális tartományon belül exponenciális növekmény tapasztalható a biomassza tömegben. Éppen ezért a temperáló rendszert mindig az adott termesztő rendszer konstrukciójához illesztik. [9]

# 3. Következtetések

A termesztési paraméterek helyes megválasztása alapvetően befolyásolja a teljes folyamat sikerességét. Fontos megjegyezni, hogy a termesztési periódus alatt elért biomassza-koncentráció és lipidtartalom értékek a termesztési technika, a környezeti valamint az ésszerűen szabályozható működési paraméterek függvényében jelentős különbségeket mutathatnak. A telephelyen rendelkezésre álló mellékáramok összetevőinek és kinetikai energiájának kihasználása a termesztés energiamérlegének pozitív eltolódását hozhatja. Ugyanakkor újabb paraméterek befolyásolhatják a termesztés sikerességét attól függően, hogy a felhasznált áramok összetétele és az egyéb paraméterei miylen változékonyságot mutat.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] BP Statistical Review of World Energy, June 2015, bp.com/statisticalreview, 2016.02.04.

[2] Ogbonna JC, Tanaka H : *Light requirement and photosynthetic cell cultivation: development of processes for efficient light utilization in photobioreactors*, J. Appl. Phycol., 2000 10: 555-559.

[3] Ward Blanken, Maria Cuaresma, René H. Wijffels, Marcel Janssen: *Cultivation of microalgae on artificial light comes at a cost*, Algal Research, Volume 2, Issue 4, October 2013, Pages 333-340, ISSN 2211-9264, http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2013.09.004.

[4] Doucha, J., Straka, F., Livansky, K., 2005. *Utilization of flue gas for cultivation of microalgae (Chlorella sp.) in an outdoor open thin-layer photobioreactor*. J. Appl. Phycol. 17, 403–412.

[5] Chien-Ya Kao, Sheng-Yi Chiu, Tzu-Ting Huang, Le Dai, Guan-Hua Wang, Ching-Ping Tseng, Chiun-Hsun Chen, Chih-Sheng Lin: *A mutant strain of microalga Chlorella sp. for the carbon dioxide capture from biogas*, Biomass and Bioenergy, Volume 36, January 2012, Pages 132-140, ISSN 0961-9534, 10.1016/j.biombioe.2011.10.046.

[6] Sofie Van Den Hende, Han Vervaeren, Nico Boon: *Flue gas compounds and microalgae: (Bio-)chemical interactions leading to biotechnological opportunities*, Biotechnology Advances, Volume 30, Issue 6, November–December 2012, Pages 1405-1424, ISSN 0734-9750, http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.02.015.

[7] Jinsoo Kim, Joo-Youp Lee, Ting Lu: *Effects of dissolved inorganic carbon and mixing on autotrophic growth of Chlorella vulgaris,* Biochemical Engineering Journal, Volume 82, 15 January 2014, Pages 34-40, ISSN 1369-703X, http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2013.11.007.

[8] Kanhaiya Kumar, Anusha Sirasale, Debabrata Das: *Use of image analysis tool for the development of light distribution pattern inside the photobioreactor for the algal cultivation,* Bioresource Technology, Volume 143, September 2013, Pages 88-95, ISSN 0960-8524, http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.05.117.

[9] M.J. Raeesossadati, H. Ahmadzadeh, M.P. McHenry, N.R. Moheimani: *CO2 bioremediation by microalgae in photobioreactors: Impacts of biomass and CO2 concentrations, light, and temperature*, Algal Research, Volume 6, Part A, October 2014, Pages 78-85, ISSN 2211-9264, http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2014.09.007.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 117–120.
http://hdl.handle.net/10598/29038
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.20

# POLIMER-KERÁMIA-FÉM KOMPOZIT RENDSZEREK TANULMÁNYOZÁSA

# STUDY OF POLYMER-CERAMIC-METAL COMPOSITE SYSTEMS

Bődi Szabolcs

*Kecskeméti Főiskola, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai Kar (GAMF), Természet- és Műszaki Alaptudományi Tanszék, H-6000 Magyarország, Izsáki út 10.; Telefon: +36-76-516338, bodi.szabolcs@gamf.kefo.hu*

## Abstract

The aim of our paper is to present the foreign research achievements of polymer-ceramic-metal composite systems. The first part of our paper shows the application fields of metal foams. The second part presents the fiber-reinforced composites. In part three we present the mechanical behaviour of glass fibre reinforced polypropylene skinned (Plytron) sandwich beams and the mechanical behaviour of sandwich beams produced from Alporas aluminium alloy foam. Then we present the application of aluminium foam hybrid sandwich sructures in lightening the battery housings for electric vehicles. Finally, I sum up the conclusions regarding the studied papers.

***Keywords**: metal foam, polymer composite, glass fibre reinforcement, polypropylene skin, aluminium alloy foam, battery house.*

## Összefoglalás

Cikkünk célja a polimer-kerámia-fém kompozit rendszer külföldi kutatási eredményeinek illetve alkalmazásának az ismertetése. Az első részben bemutatjuk a fémhabok felhasználásnak területeit. A második részben ismertetjük a szálerősítésű polimer kompozitokat. A harmadik részben ismertetjük az üvegszállal erősített polipropilén héjú (Plytron) és az Alporas alumínium ötvözethabból gyártott szendvics rudak mechanikai viselkedését. Ezután bemutatjuk az alumíniumhab hibrid szendvicsszerkezetek alkalmazását az elektromos járművek akkumlátorházának könnyítésénél.

***Kulcsszavak:** fémhab, polimer kompozit, üvegszál erősítés, polipropilén héj, alumínium ötvözethab, akkumlátorház.*

## 1. Bevezetés

Napjaink fejlesztőmérnökeinek egyik célkitűzése a tervezett gépek tömegének csökkentése, ami által jelentős energiatakarékosságra tehetünk szert. Egyre több fém alkatrészt helyettesítünk fémhabbal, különböző szálerősítésű polimer kompozittal, melyek a kisebb tömegükön túl adott esetben jobb tulajdonságokkal is rendelkeznek, így az elvárt funkciót teljes mértékben el tudják látni [1].

Idáig Magyarországon a polimer-kerámia-fém kompozit rendszer tanulmányozása új területnek számít.

Cikkünk célja ezen kompozit rendszer külföldi kutatási eredményeinek, illetve alkalmazásának az ismertetése.

## 2. Fémhabok felhasználása

A fémhabok egyedülálló mechanikai, elektromos, termikus és akusztikus tulajdonságokkal rendelkező kis sűrűségű anyagok. Nagy fajlagos szilárdságuk és jó hangszigetelő képességük révén elő-szeretettel használják az építőiparban, kis hővezető képességük és kiváló hődiffuzitásuk előnyös az elektronikai ipar számára, míg jó energiaelnyelő képességük forradalmasította a csomagolástechnikát, a hadiipart (pl. golyóálló mellények bélése), a járműipart, mely utóbbinál szendvics-paneleket készítenek belőlük [2].

## 3. A szálerősített polimer kompozitok ismertetése

Ma már sok esetben szálerősítésű polimer kompozitból készül az autók karosszériája, alkatrészeinek nagy része is. Kiváló adhéziós kapcsolat van ezen kompozit két fő alkotóeleme, a szívós mátrix és a nagy szilárdságú erősítőanyag között. A szálak feladata a terhelések felvétele, míg a mátrixé a szálak terhelésközvetítése, befoglalása. A polimer kompozitok előnyei a tervezhető mechanikai tulajdonságok, a kis sűrűség, az elektromos és mágneses szigetelőképesség, nagy szilárdság, korrózióállóság [3].

Az alábbiakban ismertetjük az üvegszálas, szénszálas, illetve az üveg/szénszálas hibrid erősítés jellemzőit.

A szervetlen, amorf szerkezetű üveg a szilikátok csoportjába tartozik. A műanyagok erősítésére leginkább a viszonylag olcsó E-üveget használják a műszaki üvegszálak közül, ami jó elektromos szigetelőképességgel bír. Az epoxigyanta mátrixú kompozitok vizsgálata során kimutatták, hogy a mechanikai tulajdonságok folyamatosan romlanak a páratartalom növekedésével. Az üvegszálas kompozitok ismétlődő húzó-igénybevétel szembeni viselkedésének tanulmányozása során a próbatestek nyúlása a vizsgálati idővel együtt növekedett [4].

A szénszálakat a szerves szénvegyületekből pirolitikus úton állítják elő. A nagy rugalmassági modulus és rendkívül nagy grafitszilárdság miatt használják. A mindennapi élet egyre több területén alkalmazzák, pl. az autóiparban, építőiparban, sportszergyártásnál. A szénszövettel erősített epoxigyanta mátrixú kompozitokra gyakorolt hőmérséklet és nedvesség együttes hatásának vizsgálatából kiderült, hogy romlott a szál-mátrix adhézió, de javult a kompozitok ütésállósága [4].

A szénszál üvegszállal való hibridizációjával a kompozitok ütésállósága javítható és nagymértékben csökkenthető az áruk. Epoxigyanta mátrixú üveg/szénszálas hibridkompozitok ütésállóságának vizsgálatából kiderült, hogy nagyobb energia értékek mellett a szálszakadás volt jellemző, míg kisebb energiánál a tönkremenetel módja a delamináció és a mátrixdeformáció. Különböző száltartalmú rövid üveg- és szénszállal erősített polipropilén mátrixú hibridkompozitok vizsgálata során kiderült, hogy a szénszál-tartalom növekedésével csökken a szakadási nyúlás és növekszik a rugalmassági modulus és a húzószilárdság [4].

## 4. Polimer-kerámia-fém kompozit rendszerek tanulmányozása

S. Mcknown és R.A.W. Mines tanulmányukban az üvegszállal erősített polipropilén héjú (Plytron) és az Alporas alumínium ötvözethabból gyártott szendvics rudak mechanikai viselkedését vizsgálták.

Az Alporas hab vizsgálata során a cellafalak feszítettsége, a cellaélek hajlása befolyásolják a zárt cellájú fémhab deformációjának mechanizmusát. Nyomás hatására szerkezeti károsodások jönnek létre az egyes tartományokban, valamint a cellaélek elhajlanak. Az Alporas magú habminta nyomástesztje során ugyanazt az 1,6 MPa folyáshatárt kapták az azonos sűrűségű 20 illetve 40 mm vastagságú minták esetében,

amiből következik, hogy a 6 közepes cellaátmérőnél (kb. 20 mm vastagság) kisebb vastagságú Alporas réteg esetén jelentkezik a habméret-hatás.

Hárompont-hajlítású kvázisztatikus és kissebességű ütközéses teszttel tanulmányozták a Plytron héjú és Alporas magú szendvicsrúd viselkedését, amint az **1. ábrán** látható. Megfigyelték, hogy mind az indenter (benyomótest), mind a támasztékok körül plasztikus bemélyedések jöttek létre. A központi terhelési tartományban a mag összezúzódása, a felső héj kompresszív, majd degresszív károsodása figyelhető meg. A nyírófeszültség okozta a mag károsodását, az indenter alatti nyomás pedig a felső héj károsodásának a kiváltó oka.

Mivel a 10 mm magvastagságú rúd vastagsága azonos nagyságrendű a cellaméretttel, ezért katasztrofális károsodás lépett fel ezeknél a rudaknál. Ezzel ellentétben ugyanazokat a magkárosodásokat okozta az indenter 10-30 mm-es elmozdulása a 20 mm magvastagságú felső héj károsodása esetén. Ebből következik, hogy magkárosodást okoz az alumíniumhabban az anyagszerkezet gyenge pontjaiban (egybeolvadt cellák tartományai, a cellaméretek nagy variációja, a szennyeződések koncentrálódása, a szerkezeti hibák) [5].

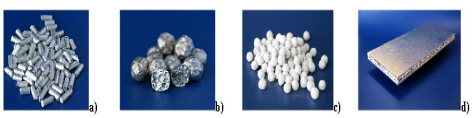
**1. ábra.** *Rögzített rúd kísérlet során bekövetkezett károsodása [5]*

Joachim Baumeister és társai vizsgálták az elektromos járművek akkumlátor házának könnyítési lehetőségét, melyet alumíniumhab hibrid szendvicsszerkezetek alkalmazásával kívánt elérni. A tisztán elektromos meghajtású járművek akkumlátortelepe a lehető legkönnyebb kell legyen, mivel hosszú út megtételét kell, hogy lehetővé tegye, ezért az akkumlátorház gyártásánál alumínium hibrid magokat közrefogó alumínium oldallapokat alkalmaztak.

A lehető legnagyobb kell, hogy legyen az akkutelep energiasűrűsége a megfelelő vezetési táv eléréséhez. Az energiasűrűséget az akkutelep súlyának csökkentésével lehet elérni. Ezért úgy építették be a gépkocsi padlózatába az akkutelepet, hogy az akkumlátorház teteje a padlószerkezet legyen, majd alumíniumhab szendvics anyagból gyártották az akkuház alját.

Az ún. APM (Advanced Pore Morphology-Fejlett Pórusos Szerkezet) technológiával granulátum formában gyártották elő az alumíniumhabot, majd hőkezeléssel aktivált ragasztóval vonták be a granulátumokat annak érdekében, hogy nagyobb szerkezetekké kössék össze. Azért, hogy kombinálják a polimerhab könnyű felhasználhatóságával az alumíniumhab jó energiaelnyelő képességét, alumínium-polimer hibridet hoztak létre az alumíniumhab granulátumok polimerhab mátrixba ágyazásával.

Az alumíniumhab granulátumokat habosító kémiai anyagokat tartalmazó ragasztóval vonták be, majd beöntötték az előállítandó szendvics szerkezet két lemeze közé. Ezt követően a ragasztó megolvad, felhabzik a hőkezelés hatására és összeragasztja egymással az alumínium gömböket és az oldallapokat **(2. ábra)**.




**2. ábra.** *A hibrid hab technológia folyamat lépései: a) előregyártott, vágott alumínium b) APM habosított granulátumok c) APM habzó polimerrel bevonva, d) hibrid habszendvics [6]*

Szervo-hidraulikus tesztgépet használtak a dinamikus nyomástesztekhez. Nagy sebességű videokamerával határozták meg a megnyúlást, piezoelektromos cellával mérték az erőt. A kompresszió görbékből több jellemzőt meg tudtak határozni: a fajlagos térfogati energiaelnyelést, a nyomó szilárdságot, a tangens modulust, a feszültségplató átlagértékét.

A kísérletek alapján megállapították, hogy nő a hibrid anyag folyáshatára az alumínium mennyiség növekedésével, ennek megfelelően az APM sűrűsége növekedésével növekszik az elnyelt fajlagos energia és a feszültségplató. A feszültségplató arányosan növekszik a burkolat vastagságának növekedésével.

Ütközéskor nagyobb védelem érhető el az alumíniumhab szendvics jó energiaelnyelő képességének és vastagságának köszönhetően [6].

## 5. Következtetések

Egyre több helyen kombinálják a szálerősített polimer kompozitokat fémhabbal azért, hogy ki tudják használni mindkettő előnyös tulajdonságait. Ennek érdekében különböző kísérleteket végeznek a fémhabbal kombinált kompozit rendszerek tulajdonságainak meghatározására.

Ebben a cikkben az üvegszállal erősített polipropilén héjú (Plytron) és az Alporas alumínium ötvözethabból gyártott szendvics rudak mechanikai viselkedését ismertettük. 6 közepes cellaátmérőnél (kb. 20 mm vastagság) kisebb vastagságú Alporas réteg esetén jelentkezik a habméret-hatás. A hárompont-hajlítású kvázisztatikus és kissebességű ütközéses tesztekből kiderül, hogy a mag összezúzódása, a felső héj kompresszív, majd degresszív károsodása figyelhető meg. A nyírófeszültség okozta a mag károsodását, az indenter alatti nyomás pedig a felső héj károsodásának a kiváltó oka. Magkárosodást okoz az alumíniumhabban az anyagszerkezet gyenge pontjaiban [5].

Bemutattuk az elektromos járművek akkumlátor házának könnyítési lehetőségét, melyet a szerző alumíniumhab hibrid szendvicsszerkezetek alkalmazásával kívánt elérni. Megállapították, hogy nő a hibrid anyag folyáshatára az alumínium mennyiség növekedésével, ennek megfelelően az APM sűrűsége növekedésével növekszik az elnyelt fajlagos energia és a feszültségplató. A feszültségplató arányosan növekszik a burkolat vastagságának növekedésével. Ütközéskor nagyobb védelem érhető el az alumíniumhab szendvics jó energiaelnyelő képességének és vastagságának köszönhetően. [6]

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Orbulov, I., és mások: *Fémhabok és kompozitok előállítása infiltrálásos eljárással*. Bányászati és kohászati lapok, Budapest, 140. évfolyam, 5. szám, 2007, 41-46.

[2] Kenesei, P.; Kádár, Cs.; Rajkovits, Zs.; Lendvai, J.: *Fémhabok előállításának módszerei,* Anyagok Világa, Budapest, 2001,

[3] Czigány, T.*: Hibrid szálerősítésű polimer kompozitok.* Anyagvizsgálók Lapja, Budapest, 2004, 59-62.

[4] Tamás, P.: *Bazaltszállal erősített polimer mátrixú kompozitok fejlesztése. PhD értekezés*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, Budapest, 2013, 15-31.

[5] McKown, S.; Mines, R.A.W.: Impact behaviourof metal foam cored sandwich beams. Department of Engineering, University of Liverpool, Liverpool.

[6] Baumeister, J. és mások: *Applications of aluminium hybrid foam sandwiches in battery housings for electric vehicles.* Elsevier Ltd., 2014,317-321.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 121–124.
http://hdl.handle.net/10598/29039
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.21

# A MAGÁNVAGYONVÉDELEM AKADÁLYAI NAPJAINKBAN

# THE PROBLEMS OF PRIVATE SECURITY NOWADAYS

Csege Gyula[1], Gáll Tamás[2]

[1]*Hajdú-Bihar Megyei Rendőr-főkapitányság, Cím: 4200, Magyarország, Hajdúszoboszló, Bocskai Utca, 31. szám; Telefon: +0036308355939, levelezési cím: gyulacsege@gmail.com*

[2]*TAKATA Safety Systems Hungary Kft., Cím: 3530. Miskolc, Corvin u. 1. 10/3. szám; Telefon: +0036307210469, tamas.gall@sec-tech.hu*

## Abstract

For the past period, the security challenges are increasing and in dynamically changing, which cause significant changes in the security sector. Besides the changes of the national or federal Security level, that is very important for the private sector to follow the security challenges and prepare for the new risks. After reviewing education and training level of the current private security sector, I would like to present the nowadays Hungarian private security sectors status and I will make propose to a possible and necessary changing direction.

***Keywords**: security, private security, training, challenges,*

## Összefoglalás

Az elmúlt időszak növekvő és dinamikusan változó kihívásai jelentős változásokat okoznak a biztonsági szektorban. A nemzeti vagy szövetségi biztonsági szint változása mellett igen fontos, hogy a magánbiztonsági szektor is kövesse a kihívásokat és felkészüljön a kockázatokra. A jelenlegi magánbiztonsági szektor oktatási, képzési szintjének áttekintése után be kívánjuk mutatni Magyarország személy vagyonvédelmének állapotát, valamint szükséges változási irányaira is javaslatot teszek.

***Kulcsszavak:** biztonság, vagyonvédelem, képzés, kihívások*

## 1. The personal and property security

The personal and property protection is an important factor in population in the subjective sense of security guaranteeing. You can not make up the work of the law enforcement agencies and presence, but it's not your job. In our study, based on the legislation framework and the challenges of the era of the private security sector, outlined aspects.

### 1.1. According to the legal framework for the development of security education Hungary

The first modern-day legislation, security tasks prior to the change of regime 4/1987. (VII. 22.) MT of the Regulation on private security activity and the banning of private investigation, which for regulating the protection of private property, which is also banned in private investigation. [1]

Because of the capitalist regime after layer formation process of privatization and

the private bodyguard came over regulation, which was the 87/1995. (VII.14.) decree enacted during that until 1 May 1998, the rules made under the passenger business, security and private detective activity, bodyguards, 1998. act. IV. of Private Detectives and Security Chamber. Act came into force was in place. Then, on July 9, 1998 entered into force on implementation of the law 24/1998 of the Interior Ministry. (VI.9.). regulation. [2]

The legislation follows the line of the 2005. CXXXIII. law rules of private security and private investigation activities.

The continuous changes in legislation / development, something dynamic crime, forensic science, and private property protection and development strategies established the National Crime Prevention Strategy, which has somewhat changed as part of the qualification private security types.

The 68/2012. (XII. 14.) Ministry of the Interior Decree on performing policing duties persons, assistant supervisors, and the private guards of training and examination for entry into force, it became necessary due to changes in training for those working in the field of private security previously. [3]

Before the publication of the Regulation as a basic qualification to operate in the field of manpower property protection seekers in the "Security Guard" names qualifications acquired, they received the "guard" and the "Bodyguard" on which skills are included.

Which it was downstream qualifications that can be acquired as the "Armed security guard," "Guard Dog", "guard dog", "Bank Watch", "Major Event Insurance 'and' CIT 'qualifications as well. [4]

From 1st September 2013, the basic qualification as a Security guard skills have been displayed, which is no longer part qualification, but appear in the official qualifications such as: Bank Watch, Event Insurance, Guard Dog, CIT. Of course, the list of downstream qualifications should also change. The qualifications under the current regulatory set out in the Armed security guard, a guard dog, a bodyguard, a security mechanical mounting and assembly of electronic security system. [5]

The 38/1997 (VI. 27.) BM education and examination system regulating the Interior for the acquisition of personal and property qualifications first Ministerial Regulation covers. That defines the qualifications a prerequisite for obtaining the age of 18 is loaded, criminal record, incapacity, permanent domestic residence. During the training, participants had to learn in addition to basic self-defense catches the necessary legal provisions (constitutional, criminal, administrative, civil and criminal procedure), basic forensic and psychological principles, as well as the protected objects, property or personal guard, protecting the security, professional rules and methods for threat repel. The basic skills training in 300 classes have been imposed, which was divided by 180 hours of theory and 120 hours of practical occupations. [6]

The 12/1995 (VIII.18.) BM and listed in 29/1997 (IV.18.) no BM based on - Security guard qualifications must be accepted as:

- universities, Faculty of Law,
- The Police Academy,
- The Police Academy faculty retraining,
- The College of Public Administration Department organized administrative system,
- The Military Academy military security and general reconnaissance earned his degree,
- police obtained a certificate in Secondary School,
- he graduated from the military higher education institutions,
- the Police Academy,
- a specialist police school,

- a specialist border police training school,
- to enforce the sentence NCO professional training school,
- qualified as secondary military training establishment, - The dog is a leading qualification,
- the organizers of safety qualification,
- the 14/1960 (III.24.) Government Decree 6/1988 and took the (II.12.) MT Regulation on the basis policeman qualification if the applicant demonstrates that at least 3 years working security guard jobs within 10 years before the entry into force of this Regulation. [7]

Looking at the theoretical readiness review the personal and property guard training educational materials, it emerged after the political front Security guard training materials and training teaching aids law enforcement vocational schools NCO training subjects are public law enforcement, forensic and legal subjects educational tematikáinak foundations of the day.

The Act CXX of 2012. law and its implementation in caring 68/2012. Under (XII. 14.) BM property force must be aware of the changed regulatory environment, including new rights and obligations, which the Basic Law, the Criminal Code, the Civil Code, the Act on changes evolved. [8]

Since the regime established security education, we can say that a strong legal overweight. Because of that, if a guard is fresh work after the course, you may not be able to perform the tasks entrusted to it because the basic training of service parameters, that is the real "know-how" is not included. Unfortunately, in the 40 hours of practical training at either block. [9]

The training has changed due to the new Adult Education Act, which aims to accurately read the first couple of series in the act:

„to live in our country people cope with the economic, cultural and technological development challenges of successfully connect to the world of work, success are to be effective in their lives, and with the help of adult learning and training in the life quality improve both, you need a professional, linguistic and supported the organization of training courses to increase, the quality of their content and their implementation to strengthen controls" [10]

## 2. Security challenges

Today, major changes noticeable in the area of security challenges. In many parts increased to a higher level of attention among areas, and get some of the less significant value. The migration crisis, mass attacks, the European Union also wants terror rising much faster and higher quality answers to the security area concerned. Easier and more popular in the private sector, the target objects in the attacks as a key building better protected. Identification of the attacks is much better prepared to protect and professionals and raising statutory framework would require.

## 3. Conclusions

In short illustrated overview wanted, how it changed the person and property protection specialist with training in Hungary and the challenges have changed over the past nearly 30 years.

It can see that in many cases the laws and links to make an exception for law enforcement personnel and the person entitled to make security activities. This direction can agree only in part, because the police did not universal private security personnel. A civil party against the benefits are the same skills or qualifications of, but the police did not provide private security professional qualifications.[11] We see a need for private security professionals a separate group, specialized in the sector

meet the challenges of adequately trained conferred, as shall be provided with completely different tasks. The responses to the challenges private sector built up a specialized knowledge can be answered, not the adoptive or education based on a knowledge of the law enforcement.

## References

[1] 4/1987. (VII. 22.) MT rendelet a vagyonvédelmi tevékenységről és a magánnyomozás tilalmáról 2016.01.05.

[2] 24/1998. (VI. 9.) BM rendelet a vállalkozás keretében végzett személy- és vagyonvédelmi, valamint a magánnyomozói tevékenység szabályairól, a Személy-, Vagyonvédelmi és Magánnyomozói Szakmai Kamaráról szóló törvény végrehajtásáról 2016.01.05.

[3] 68/2012. (XII. 14.) B.M. rendelet a rendészeti feladatokat ellátó személyek, a segédfelügyelők, valamint a személy- és vagyonőrök képzéséről és vizsgáztatásáról 2016.01.05.

[4] 68/2012. (XII. 14.) B.M. rendelet a rendészeti feladatokat ellátó személyek, a segédfelügyelők, valamint a személy- és vagyonőrök képzéséről és vizsgáztatásáról 2016.01.05.

[5] 68/2012. (XII. 14.) BM rendelet a rendészeti feladatokat ellátó személyek, a segédfelügyelők, valamint a személy- és vagyonőrök képzéséről és vizsgáztatásáról 2016.01.05.

[6] 38/1997. (VI. 27.) BM rendelet egyes szakmai és vizsgáztatási követelmények kiadásáról 2016.01.05.

[7] 12/1995. (VIII. 18.) BM rendelet a vállalkozás keretében végzett személy- és vagyonőri, valamint a magánnyomozói tevékenység végzéséhez szükséges szakképesítésről 2016.01.05.

[8] 2012. évi CXX. Törvény az egyes rendészeti feladatokat ellátó személyek tevékenységéről, valamint egyes törvényeknek az iskolakerülés elleni fellépést biztosító módosításáról 2016.01.05.

[9] 68/2012. (XII. 14.) BM rendelet a rendészeti feladatokat ellátó személyek, a segédfelügyelők, valamint a személy- és vagyonőrök képzéséről és vizsgáztatásáról 2016.01.05.

[10] 2013. évi LXXVII. Törvény a felnőttképzésről 2016.01.05.

[11] Z. Rajnai, B.Puskas: *Requirements of the installation of the critical informational infrastructure and its management interdisciplinary description of complex systems* (ISSN: 1334-4684) (eISSN: 1334-4676) 13: (1) pp. 48-56. (2015)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 125–128. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.22
http://hdl.handle.net/10598/29041

# ÚJ RÖVID LÉPÉSES BELSŐPONTOS ALGORITMUS HORIZONTÁLIS LINEÁRIS KOMPLEMENTARITÁSI FELADATOKRA

# NEW SHORT-STEP INTERIOR-POINT ALGORITHM FOR HORIZONTAL LINEAR COMPLEMENTARITY PROBLEMS

Darvay Zsolt[1], Takács Petra-Renáta[1]

[1]*Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Matematika és Informatika Kar, Magyar Matematika és Informatika Intézet, Cím: 400084, Románia, Kolozsvár, Kogălniceanu 1; Telefon: +40 264 405327, darvay@cs.ubbcluj.ro*

## Abstract

Several algorithms related to linear and convex quadratic optimization problems can be used for solving different kinds of engeneering problems. The existence and determination of the optimum can be analysed in a more general frame, which can be defined as a linear complementarity problem. In this paper we introduce an interior-point method for solving horizontal linear complementarity problems, which is based on a new search direction. In this way, the interior-point methods related to more general classes of problems can be handled uniformly.

***Keywords**: interior-point algorithm, short-step method, horizontal linear complementarity problem, search direction, Newton's method.*

## Összefoglalás

Egyes lineáris és konvex kvadratikus optimalizálási feladatokra vonatkozó algoritmusok különböző mérnöki jellegű problémák megoldására alkalmazhatóak. Az optimum létezését és meghatározását egy általánosabb keretben is vizsgálhatjuk, melyet lineáris komplementaritási feladatként fogalmazhatunk meg. Ebben a cikkben egy horizontális lineáris komplementaritási feladatra vonatkozó belsőpontos algoritmust vezetünk be, amely egy új keresési irányra alapszik. Ilyen módon egységesen kezelhetőek a sajátosabb feladatosztályoknak megfelelő belsőpontos módszerek.

***Kulcsszavak:** belsőpontos algoritmus, rövid lépéses módszer, horizontális lineáris komplementaritási feladat, keresési irány, Newton-módszer.*

## 1. Bevezetés

Az optimalizálási feladatok felhasználhatóak különböző mérnöki problémák megoldására. Sajátosan, a lineáris komplementaritási feladat (LCP) az alábbi esetekben alkalmazható: mechanikai kölcsönhatás, dinamikus merev test modell, szerkezeti tervezés, akadálykerülés, illetve elasztohidrodinamikai kenés [5].

A lineáris optimalizálás területén nagy előrehaladást jelentett az 1984-ben Karmarkar által bevezetett projektív belsőpontos algoritmus [8]. Ez a módszer a szimplex eljárással ellentétben polinom időben határozza meg az optimális megoldást. Az LCP-re vonatkozó hagyományos belsőpontos módszerek elméletét a [9] könyv részletesen tárgyalja. A leggyakrabban a monoton LCP-t vizsgálják, melyet

egy pozitív szemidefinit mátrix határoz meg [6, 10]. Egy ennél általánosabb feladatkört a $P_*(\kappa)$ mátrixok által meghatározott feladatosztály jelenti, amelyre sikerült polinomiális belsőpontos módszert bevezetni [1, 11]. Általános LCP-re Illés, Nagy és Terlaky adtak meg belsőpontos módszereket [7].

A belsőpontos algoritmusok esetében nagyon fontos szerepet játszik a keresési irányok meghatározása. A [4] cikkben egy új lineáris optimalizálásra vonatkozó belsőpontos módszert vezettünk be, amely egy új keresési irányra alapszik. Ez a módszer a [3] munkában lett kiterjesztve monoton LCP-re. Ebben a cikkben ezt az algoritmust horizontális lineáris komplementaritási feladatra (HLCP) általánosítjuk. A centralizálási egyenletre a $\varphi(t) = t - \sqrt{t}$ függvényt alkalmazzuk, majd a Newton-módszer segítségével kapjuk meg az új keresési irányokat. Ezt követően egy numerikus eredményt is bemutatunk.

## 2. A feladat

A horizontális lineáris komplementaritási feladat célja egy olyan $(x,s) \in \Re^n \times \Re^n$ páros meghatározása, amelyre teljesülnek a következő feltételek:

$$\begin{aligned} &Qx + Rs = b, \\ &(x,s) \geq 0, \qquad \text{(P)} \\ &x^T s = 0, \end{aligned}$$

ahol $Q, R \in \Re^{n \times n}$, $b \in \Re^n$.

Tekintsük a következő jelöléseket: $I^+ = \{i : u_i v_i > 0\}, I^- = \{i : u_i v_i < 0\}$. Ekkor azt mondjuk, hogy a $(Q,R)$ mátrix párosra teljesül a $P_*(\kappa)$ tulajdonság, ha létezik egy $\kappa \geq 0$ konstans úgy, hogy

$$Qu + Rv = 0 \Rightarrow$$

$$(1 + 4\kappa) \sum_{i \in I^+} u_i v_i + \sum_{i \in I^-} u_i v_i \geq 0,$$

minden $u, v \in \Re^n$ esetén. Továbbá, a feladatot $P_*(\kappa)$-HLCP-nek hívjuk.

Feltételezzük, hogy a belső pont feltétel fennáll, azaz létezik olyan $(x^0, s^0)$ páros, amelyre:

$$\begin{aligned} &Qx^0 + Rs^0 = b, \\ &(x^0, s^0) > 0. \qquad \text{(BPF)} \end{aligned}$$

Az optimalitási feltétel az alábbi módon néz ki:

$$\begin{aligned} &Qx + Rs = b,\ x \geq 0, \\ &xs = 0,\ s \geq 0, \qquad (1) \end{aligned}$$

ahol $xs$ az $x$ és $s$ vektorok komponensenkénti szorzata, vagyis $xs = [x_1 s_1, x_2 s_2, ..., x_n s_n]^T$. A centrális utat a következő rendszerrel jellemezhetjük:

$$\begin{aligned} &Qx + Rs = b,\ x \geq 0, \\ &xs = \mu e,\ s \geq 0, \qquad (2) \end{aligned}$$

ahol $e$ az egyesekből álló $n$-dimenziós vektor: $e = [1,...,1]^T$ és $\mu > 0$. Ha a belső pont feltétel fennáll, akkor a (2) rendszernek minden rögzített $\mu > 0$ esetén egyértelmű megoldása van, melyet $\mu$ - centrumnak nevezünk [13].

## 3. Az új algoritmus

A [2] cikkben bevezetett módszert fogjuk felhasználni az elmozdulásvektorok meghatározására. Ehhez tekintsük a $\varphi : \Re^+ \to \Re^+$ függvényt, amely a pozitív valós számok halmazán értelmezett és folytonosan differenciálható, illetve invertálható. Ekkor a centrális utat meghatározó (2) rendszer az alábbi alakban írható:

$$Qx + Rs = b,\ x \geq 0,$$

$$\varphi\left(\frac{x_i s_i}{\mu}\right)=\varphi(1),\ s\geq 0, \quad (3)$$

bármely $i=1,...,n.$

A továbbiakban a $\varphi(t)=t-\sqrt{t}$ függvénnyel foglalkozunk. Vezessük be a $v=\sqrt{\frac{xs}{\mu}}$ jelölést. Ekkor a Newton-módszert alkalmazva a (3) rendszerre a következőt kapjuk:

$$Q\Delta x+R\Delta s=0,$$

$$s\Delta x+x\Delta s=\mu\frac{2v^2(e-v)}{2v-e}. \quad (4)$$

Továbbá, tekintsük a $d_x=\frac{v\Delta x}{x}$ és $d_s=\frac{v\Delta s}{s}$ jelöléseket. Ebből következik, hogy $\mu v(d_x+d_s)=s\Delta x+x\Delta s$. Ezeket felhasználva megkapjuk a skálázott rendszert:

$$\overline{Q}d_x+\overline{R}d_s=0,$$

$$d_x+d_s=p_v. \quad (5)$$

ahol $\overline{Q}=QXV^{-1}$, $\overline{R}=RSV^{-1}$ és $p_v=\frac{2(v-v^2)}{2v-e}$. Továbbá, $X=diag(x)$, $S=diag(s)$ és $V=diag(v)$ az $x,s$ és $v$ vektorokból alkotott diagonálmátrixok.

A centrális úttól való távolság mérésére a $\delta(x,s;\mu)=\frac{\|p_v\|}{2}=\left\|\frac{v-v^2}{2v-e}\right\|$ mértéket használjuk, ahol $\|\cdot\|$ az euklideszi normát jelöli. Az algoritmust az alábbi módon határozzuk meg:

**1. algoritmus.** *Legyen* $\varepsilon>0$ *a pontossági paraméter,* $0<\theta<1$ *a redukciós paraméter és* $0<\tau<1$ *a centralitási paraméter. Feltételezzük, hogy* $(x^0,s^0)$ *teljesíti a belső pont feltételt és* $v^0=\sqrt{\frac{x^0s^0}{\mu^0}}>\frac{e}{2}$. *Továbbá, feltételezzük, hogy* $\delta(x^0,s^0;\mu^0)<\tau=\frac{1}{2(1+4\kappa)}$ *és legyen* $\mu^0=\frac{(x^0)^Ts^0}{n}$.

***begin***

$x=x^0;\ s=s^0;\ \mu=\mu^0;$

***while*** $x^Ts\geq\varepsilon$ ***do begin***

*meghatározzuk a* $(\Delta x,\Delta s)$ *lépést a (4) összefüggés alapján*

$x=x+\Delta x;\ s=s+\Delta s;$

$\mu=(1-\theta)\mu;$

***end***

***end.***

## 4. Numerikus eredmény

A módszer hatékonyságát egy C++ programozási nyelvben írt alkalmazással teszteltük. Ennek érdekében két paramétert vezettünk be, a $\sigma$ paraméter a $\mu$ paraméter csökkenésének gyorsaságát jellemzi. Továbbá, a $\rho$ állandó a lépéshossz nagyságát határozza meg a keresési irány mentén. A feladat a következőképpen néz ki [12]:

$$Q=\begin{pmatrix}2&1&1&1\\1&2&0&1\\1&0&1&2\\-1&-1&-2&0\end{pmatrix},b=\begin{pmatrix}-8\\-6\\-4\\3\end{pmatrix},$$

$R$ pedig a negyedrendű egységmátrix. A $\sigma = 0.9$ és $\rho = 0.95$ értékekre a következő eredményeket kaptuk: a hagyományos algoritmus 121, a $\varphi(t) = \sqrt{t}$ függvényt alkalmazó algoritmus 115, az általunk megadott algoritmus pedig 49 iteráció alatt találta meg az optimumot.

## 5. Következtetések

Egy új HLCP-re vonatkozó belsőpontos algoritmust vezettünk be. A centrális utat meghatározó rendszer nemlineáris egyenletére egy új függvényt alkalmaztunk. Ezt követően a Newton-módszert felhasználva határoztuk meg az új keresési irányokat, majd egy numerikus eredményt is megadtunk. Ez a módszer megakadályozza azt, hogy az egyes iterációkban túl közel kerüljünk a határhoz.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Collegium Talentumnak és az Erdélyi Múzeum-Egyesületnek a kutatási munkához nyújtott támogatásukért.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Asadi, S., Mansouri, H.: Polynomial interior-point algorithm for $P_*(\kappa)$ horizontal linear complementarity problems. *Numer. Algorithms* , 2013, 63(2):385-398.

[2] Darvay, Zs.: New interior point algorithms in linear programming, *Advanced Modeling and Optimization*, 2003, 5(1):51-92.

[3] Darvay, Zs., Papp, I-M. , Egy új primál-duál belsőpontos algoritmus lineáris komplementaritási feladatra, In Bitay Enikő (szerk.) *XIX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka*, EME Kiadó, Kolozsvár, 2014, 125-128.

[4] Darvay, Zs., Papp, I-M. , Takács, P.-R. Complexity analysis of a full-Newton step interior-point method for linear optimization. *Period. Math. Hung.*, Accepted, 2015.

[5] Ferris, M.C.; Pang, J.S.: Engineering and economic applications of complementarity problems. *Siam Rev.*, 1997, 39(4):669-713.

[6] Illés, T., Nagy, M.: A Mizuno-Todd-Ye type predictor-corrector algorithm for sufficient linear complementarity problems. *Eur. J. Oper. Res.*, 2007, 181(3), 1097-1111.

[7] Illés, T., Nagy, M., Terlaky, T.: A polynomial path-following interior point algorithm for general linear complementarity problems., *J. Global. Optim.*, 2010, 47(3):329-342.

[8] Karmarkar, N.K.: A new polynomial-time algorithm for linear programming, *Combinatorica*, 1984, 4:373-395.

[9] Kojima, M., Megiddo, N., Noma, T., Yoshise, A.: *A Unified Approach to Interior Point Algorithms for Linear Complementarity Problems*, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, Berlin, 1991, vol. 538.

[10] Potra, F., Interior point methods for sufficient horizontal LCP in a wide neighborhood of the central path with best known iteration complexity, *SIAM J. Optim.*, 2014, 24(1):1-28.

[11] Potra, F., Sheng, R.: Predictor-corrector algorithm for solving $P_*(\kappa)$-matrix LCP from arbitrary positive starting points. *Math. Program.*, 1996, 76(1):223-244.

[12] Shittkowski, K., Hock, W.: *Test Examples for Nonlinear Programming Codes*. Lecture Notes in Econom. and Math. Sys. Springer, Berlin, 1981.

[13] Sonnevend, Gy.: An "analytic center" for polyhedrons and new classes of global algorithms for linear (smooth, convex) programming. *Lecture Notes in Control and Information Sciences,* Springer Verlag, Berlin, 1986, 84:866-876.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 129–132.
http://hdl.handle.net/10598/29043
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.23

# ADAPTÍV WAVELET-ALAPÚ ZAJCSÖKKENTŐ ELJÁRÁS MOBILROBOT TÁVÉRZÉKELÉSI ADATFELDOLGOZÓ RENDSZERÉBEN

# ADAPTIVE WAVELET-BASED NOISE-REMOVAL METHOD FOR MOBILE ROBOT REMOTE SENSING DATA PROCESSING SYSTEM

Dineva Adrienn[1], Nagy István[2]

[1]*Óbudai Egyetem, Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskola, 1034 Magyarország, Budapest, Bécsi út 96/b, dineva.adrienn@bgk.uni-obuda.hu*

[1]*Universitá degli Studi di Milano, Department of Information Technologies, Doctoral School of Computer Science, I-26013, Olaszország, Crema (CR) Via Bramante 65, adrienn.dineva@unimi.it*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8.,nagy.istvan@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

Filtering of remotely-sensed data of mobile robot is challenging due to the complex distribution of the environment and the various types of contaminating noises that may occur. Also the collected data contain much information that requires the appropriate pre-processing in order to generate the desired environment map of reconnaissance. In this paper a new approach has been proposed for denoising and processing remotely-sensed data. The proposed method utilizes the advantages of multiresolution analysis and robust fitting. It has been shown that it excellently removes both additive noise and unnecessary artifacts with retaining the important parts of the environment model. The method requires only low resolution levels and is able to avoid data loss.

***Keywords****: discrete wavelets transform, adaptive filter, outlier detection, remote sensing, mobile robot.*

## Összefoglalás

A mobilrobotok távérzékeléséből nyert adatainak zajszűrése a kívánt pontosságú digitális környezet-modell előállításához napjainkban is kihívást jelent. A távérzékelés során előállított pontfelhő számos forrásból eredő torzításokat tartalmazhat. Jelen munkában a mobilrobotok távérzékelési rendszerében az adatok előfeldogozására alkalmas wavelet-alapú eljárást mutatunk be. A wavelet transzformáció segítségével alacsony felbontási szinten is jól elkülöníthető a zaj a jel fontos részleteit tartalmazó részeitől. Ezekre alkalmazva a robusztus illesztést az extrém értékek, torzítások is eltávolíthatóak, szemben a klasszikus wavelet alapú szűrő eljárásokkal.

***Kulcsszavak:*** *wavelet transzformáció, adaptív szűrő, outlier szűrés, távérzékelés, mobil-robot.*

## 1. Bevezetés

A mobilrobot egyik jelentős csoportját alkotják az „önállóan navigáló járművek" (AGVs – *Automatic Guided Vehicles*). Az ilyen járművek pontos navigációjának legfontosabb sarokköve a környezet legpontosabb ismerete. A környezetről való információ gyűjtése különféle érzékelő-csoportok segítségével történhet. Ezek közül a leggyakrabban használatosak az ultrahangos érzékelők, különböző látórendszerek (kamerás rendszerek, hibrid: kamera-lézer kombinációk), radarok. Ezek az érzékelők a mélységméréshez általában két alapvető módszert használnak: a fázis-eltolás mérését a kibocsátott és a visszaverődött hullám között (phase-shift method); repülési idő mérését (TOF method). Mindkét esetben a mért eredmények egy adatbázisba kerülnek, ami valójában a környezet ún. „*szenzortérképe*", vagyis a nyers mérési adatok halmaza. A szenzorcsoportokat gyakran kombinálják, azért, hogy a térbeli közeg szennyezettségétől függetlenül, a nyers adatok a lehető legpontosabbak legyenek. Gyakran alkalmaznak kamera-lézer kombinációkat, ahol a sztereó-kamera rendszer, tiszta látási körülmények között, képes majdnem ideális környezeti modellezésre, viszont füsttel/ködděl/egyéb vegyi anyagokkal szennyezett légtérben a kamerás mélységmérést ki kell egészíteni lézeres sor-szkennerrel. Igaz, a lézersugár is érzékeli a szennyeződéseket, viszont ezeknek szűrésére hatékony digitális szűrők állíthatók fel. Végül a lézeres mélységmérés és a részleges kamerakép fúziójából kerül összeállításra a végleges környezeti modell. Ismeretlen környezetben navigáló mobilrobotok először feltérképezik környezetüket, majd elhelyezik magukat ebben a környezetben (lokalizálás), és ezek után megtervezik az akadálymentes útvonalat ebben a környezetben. Ez az eljárás „*egyidejű lokalizáció és térképkészítés*" (SLAM) néven ismeretes, ahol az adatfeldolgozás gyorsasága kritikus kérdés, ezért a lehető leghatékonyabb szűrési eljárást kell alkalmaznunk. Továbbá, a lokalizációs eljárás megkezdéséhez ismernünk kell egy kiindulási pontot, ahova a koordinátarendszerünk origóját elhelyezzük. Amennyiben ez adott a környezettel (pl. 3 vagy több természetes markertől megállapítjuk pozíciónkat), akkor oda felvesszük a kiinduló koordinátát, viszont amikor nem lehetséges, akkor egy relatív kiindulási pontot alkalmazunk, ami lehet, pl. az aktuális pozíciónk. Mindkét esetben, a további sikeres navigáció érdekében, ismernünk kell, a kiindulási pozíciótól és orientációtól megtett utunkat, szögelfordulásainkat. Ezeket a mobilrobot a belső szenzorai (odométer, giroszkóp) segítségével méri. A pontos lokalizálás nagyon fontos, úgy a navigáció, mint a térképkészítés folyamatában. Végül a térképkészítés egy komplex matematikai művelet eredménye, amely a megszűrt mélységmérési adatokkal, a lokalizációs és orientációs adatokkal számol. A távérzékelés során nyert háromdimenziós pontfelhő számos forrásból eredő torzításokat tartalmazhat. A kívánt környezeti modell előállításához kulcsfontosságú ennek megfelelő előfeldolgozása. Ismert, hogy a wavelet alapú zajszűrés (wavelet shrinkage) igen hatékony és széles körben elterjedt eljárás. Azonban az alkalmas wavelet küszöbfüggvény kiválasztása napjainkban is kihívást jelent a felhasználók számára, mivel az alkalmazott módszer jelentős hatással van az eredményre. Továbbá az eljárásban alkalmazott wavelet függvény specifikus megválasztása, a felbontási szintek száma, stb., nagyszámú szűrő eljárást tesz lehetővé. Mindemellett a különböző típusú zajokat, ill. csatorna tulajdonságokat is figyelembe kell venni.

Az adott feladat követelményeitől függően szükséges lehet bizonyos térelemek eltávolítása is, melyek a nyers adathalmazban zajként, kiugró értékű, ún. outlier elemekként jelentkeznek. Ezért ebben a munkában egy wavelet-alapú szűrő stratégiát mutatunk be, mely egyidejűleg eltávolítja a különböző típusú zavarokat, csökkenti a mérési hibákból esetlegesen eredő torzításokat, illetve a bevezetett adaptív szabály segítségével lehetővé teszi a kívánalomnak megfelelő részletességű környezeti model előállítását.

## 2. Wavelet-alapú zajcsökkentő eljárások

A wavelet analízis egyik legelterjedtebb felhasználási területe a különböző zajcsökkentő eljárások, ahol a jelet együtthatók halmazára bontják le, melyek a jel szórását írják le különböző skálákon. A kívánt felbontás az, ahol minél kevesebb elem reprezentálja a jelet, míg a többi a zaj középértékével van kapcsolatban. Ahhoz, hogy az ilyen dekompozíciót megvalósíthassuk, megfelelő wavelet függvényt kell alkalmazni. A wavelet-alapú szűrés (wavelet shrinkage), ill. a wavelet küszöbölés (wavelet thresholding) elve azon alapul, hogy a „wavelet atomokra" [1] alkalmazunk egy ún. küszöb-függvényt majd elvégezzük az inverz diszkrét wavelet transzformációt [2][3][4]. A wavelet küszöbölés egy standard eljárás a jelek zajcsökkentésére. Eredetileg a redukált, alacsony értékű együtthatókat nullával helyettesítjük, a nagyokat változatlanul hagyjuk (hard thresholding)

$$\eta(w_{ij}) = \begin{cases} w_{ij} & ha: w_{ij} > T \\ 0 & egyébként \end{cases} \qquad (1)$$

vagy pedig a küszöbértékére csökkentjük , azaz lágy küszöbölést alkalmazunk (soft thresholding).

$$\eta(\mathrm{w_{ij}}) = \mathrm{sign}(\mathrm{w_{ij}}), \max((\left|\mathrm{w_{ij}}\right| - T), 0) \qquad (2)$$

ahol $\eta(\mathrm{w_{ij}})$ a lágy küszöbfüggvény, melyet a $w_{ij}$ wavelet együtthatókra alkalmazunk, $\boldsymbol{T}$ a küszöbérték [5]. A küszöbérték meghatározására számos megközelítés született, többek közt az együtthatók fuzzy klaszterezés segítségével történő osztályozása. A [6] közleményben digitális képek zajcsökkentésére tett javaslat szerint érdemes először fuzzy k–közép klaszterezési eljárással minden al-sávra meghatározni a küszöböt a lágy-küszöbölési eljáráshoz, majd ezután a küszöb értékére csökkenteni a kiugró értékű elemeket. A felbontási szintek számának nagymértékű növelése nem javítja az eredményt, azonban a rekonstrukció szempontjából a jel tulajdonságait hordozó fontos elemeket elvesztését eredményezi. Donoho és Johnstone [7] munkájukban mutatták be a *SureShrink* eljárást, mely minden diadikus wavelet felbontási szinten a Sure (Stein's Unbiased Estimate of Risk, lásd [8]) becslési eljárást alkalmazza a küszöb meghatározására. Jelenleg a gyakorlatban legelterjedtebb eljárások például a SureShrink, illetve a minimax küszöbölés, heurisztikus Sure és az univerzális korlát (universal bound) [7]. A [4]–ben ismertetettek alapján az univerzális korlát például a következő:

$$\eta_{\mathrm{l}} = \sigma_{\mathrm{MAD}} \sqrt{2 \log \mathrm{s_j}} \qquad (3)$$

ahol $\sigma_{\mathrm{MAD}} = \dfrac{\mathrm{median}(\left|\mathrm{w_j}\right|)}{0.6745}$ a közepes abszolút eltérés. Míg a HeurSure módszer pedig a heurisztikus kombinációja a SureShrink és az univerzális korlát (universal bound) eljárásoknak [7].

## 3. Mobilrobot távérzékelési adatainak adaptív szűrése

Az *outlier*–ek (véletlenszerű, szélső elemek, ill. a normál zajszinten felüli értékek) eltávolítására a nem parametrikus regressziós módszerek (ún. *'scatterplot*

*smooths'*) körébe tartozó robusztus 'loess' (robust locally weighted polynomial regression) az egyik leghatékonyabb eljárás, mely tulajdonképpen a „futó egyenes" (running line) illetve a kernel regresszió keverékének tekinthető. A hatékonyságának egyik kulcsa, hogy az ún. „csúszó ablakban" az aktuális elemtől való távolság függvényében csökkenő súlyszámot kapnak az elemek, majd a hibatagok szerinti iteratív újrasúlyozással (pl. duplanégyzet függvénnyel) nyerjük az ún. robusztus súlyokat, amellyel befolyásolhatjuk a függvény illesztését.

### 3.1. Az eljárás ismertetése

Az általunk bevezetett eljárás összekovácsolja a robusztus illesztés és a wavelet felbontás előnyeit. Ezek kombinációjával igen gyors és pontos eljárást dolgoztunk ki, mely alkalmas földi mobilrobotok real-time távérzékelési adatfeldolgozó rendszerének előfeldolgozási feladatait ellátni. A "klasszikus" küszöbölő függvények helyett az atomokra alkalmazva a módosított adaptív robusztus illesztést, könnyen eltávolíthatóak a nem kívánt részletek. Azonban a megfelelő illesztéshez, mind az elemek távolságának a csúszó-ablakban, mind a polinom paramétereinek, stb., a megfelelő értékeket kell adnunk. Továbbá, a paraméterek befolyásolják, milyen részleteket tudunk megtartani a környezetmodellből. Ehhez olyan adaptív szabályt dolgoztunk ki, mely a különböző térbeli objektumok komplexitásának függvényében határozza meg a simító-, ill. "robusztus" paramétereket így biztosítva, hogy az eredményül nyert modell a kívánt információt megtartsa.

## 4. Összefoglalás

Jelen közleményben egy új, adaptív wavelet-alapú zajcsökkentő eljárás került bemutatásra a mobilrobotok távérzékelési adatfeldolgozó rendszerében. A fentebb ismertetett módszer, a *valósidejű* környezetmodellezési feladatok esetén, alkalmas egyidejűleg eltávolítani a különböző típusú zavarokat, csökkenti a mérési hibákból esetlegesen eredő torzításokat, illetve a bevezetett adaptív szabály segítségével lehetővé teszi az elvártaknak megfelelő részletességű környezeti modell előállítását.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat az OTKA (105846) támogatta.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] S. Mallat: *Multiresolution Approximations and Wavelet Orthonormal Bases of L2*, Trans. Am. Math. Soc., 1989, pp. 69-78

[2] I. Daubechies: *Orthonormal Bases of Compactly Supported Wavelets*, Comm. Pure & Appl. Math. 41, 1988, pp. 909-996.

[3] I. Daubechies: *The Wavelet Transform, Time Frequency Localization and Signal Analysis*, IEEE Trans. Inform. Theory 36, 1990, pp. 961–1005

[4] D.L. Donoho: *Progress in Wavelet Analysis and WVD: a ten minute tour*, Wavelet Analysis and Applications, Y. Meyer, S. Roques(Eds.), Frontières, 1993, pp. 109–128

[5] D. L. Donoho: *Ideal Spatial Adaptation via Wavelet Shrinkage*, Biometrika 81, 1994, pp. 425-445

[6] M. Mastriani, A. Giraldez: *Fuzzy Thresholding in Wavelet Domain for Speckle Reduction in Synthetic Aperture Radar Images*, ICGST Int. J. of Artificial Intelligence and Machine Learning, Vol 5, 2005, [Online]. Available: ttp://www.icgst.com/aiml/v3/index.html

[7] D.L. Donoho, I.M. Johnstone: *Adapting to Unknown Smoothness via Wavelet Shrinkage*, Journal of the American Statistical Association 90, 1995, pp. 1200-1224

[8] C.M. Stein: *Estimation of the Mean of a Multivariate Normal Distribution*, The Annals of Statistics 9 (6), 1981, pp. 1135–1151

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 133–136.
http://hdl.handle.net/10598/29044
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.24

# A TÖMEGBETONOK HŐÁTADÁSI TÉNYEZŐJÉNEK BECSLÉSI MÓDSZERE

# ESTIMATION METHOD FOR HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF MASS CONCRETE

Domonyi Erzsébet[1], M. Csizmadia Béla[2], Zachár András[2]

[1]*Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Építőmérnöki Intézet, Építőanyagok Szakcsoport Cím: 1146, Magyarország, Budapest, Thököly út 74. Telefon: +36-1-2521270/136, Domonyi.Erzsebet@ybl.szie.hu*

[2]*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechanika Tanszék, Cím: 2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly u. 1.*

## Abstract

In mass concrete the heat released during the cement hydration causes temperature difference between the core and the surface due to the different heat transmissions. This results considerable danger of cracking in the structure. The thermal connection between the structure and the environment is described by the heat transfer coefficient. This value is only estimated in the related literature, other method is not provided. Present research aims to use complex numerical model for estimating this value, by modeling the thermal behavior of a concrete cube surrounded by considerable amount of air thus providing more reliable method for concrete technologist to avoid destruction of the structure.

***Keywords**: mass concrete, heat of hydration, avoiding cracking finite element method.*

## Összefoglalás

A tömegbetonokban a cement hidratációja során felszabaduló hőmennyiség, a mag és felszín között létrejövő különböző hőelvonás miatt, hőmérséklet-különbséget eredményez. Ez jelentős repedésveszélynek teszi ki a szerkezetet. A szerkezet és a környezet közötti termikus kapcsolatot a hőátadási tényező fejezi ki. Ennek értékét a szakirodalom becsli, nem ad módszert a meghatározására. Kutatásunk célja, hogy ennek a tényezőnek az átlagértékét egy összetett numerikus modellel becsüljük, amelynél a tömegbeton kockának a termikus viselkedését az azt körülvevő, jelentős méretű levegővel együtt modellezzük. Így a betontechnológusok számára megbízhatóbb, a szerkezet tönkremenetelét elkerülendő módszert adhatunk.

***Kulcsszavak:** tömegbeton, hidratációs hőmennyiség, repedésveszély elkerülése, végeselem-módszer.*

## 1. Bevezetés

Beton kötési szakaszában, a cementnek víz hatására végbemenő vegyi reakciója eredményeként, hő keletkezik. Ez a cement-hidratációs hőmennyiség jellemzően a cement minőségének a függvénye. A keletkező hő elvezetését közönséges betonok esetében többnyire a betonfelület hűtésével oldják meg.

A különleges technológiával készített, u. n. tömegbetonok (hídpillérek, gátak, siló- és erőműalapok, stb.) geometriájából adódóan a szerkezet belsejében a felülettől távol eső részek lassabban hűlnek, így a belső részek és a felület között jelentős ΔT hőmérséklet-különbség jöhet létre. Az ebből adódó kü-

lönböző térfogati hő-tágulások eredményeként, a mag rész nagyobb méretnövekedése a felületi részeken húzó feszültségeket eredményez, amelyek felületi repedésekhez vezethetnek. A repedésveszély elkerülésére a megengedhető legnagyobb keletkező hőkülönbséget előírják, amelyet a megfelelő betontechnológia megválasztásával kísérelnek meg biztosítani [2],[3].

A betontechnológusok jelenleg leginkább a gyakorlati tapasztalatokra támaszkodnak. A megfelelőnek tartott betonösszetétel kialakítása után szabványos méretű próbatestet készítenek, amelynek nyomószilárdsági, fagyállósági vizsgálatát végzik el. Ez a vizsgálat azonban nem ad eredményt a beton tartósságát illetően, valamint a próbatest méreteiből adódóan nem lehet következtetni az esetlegesen kialakuló hőmérséklet-különbség okozta repedésveszélyre sem.

A kutatók a szakirodalomban - az általánosíthatóság érdekében - egyrészt laboratóriumi kísérletek eredményét ismertetik, amelyeket irányított körülmények között végeztek. Másrészt többféle numerikus eljárást mutatnak be és vetnek össze a laboratóriumi mérésekkel. Ezekben a számításokban a hidratációs hőmennyiség hatására létrejövő hőmérséklet-eloszlást határozták meg, a mért hidratációs hőmennyiség-idő függvényt figyelembe véve. A feladatmegoldások során elsősorban a hővezetés differenciál-egyenletét alkalmazzák homogén hidratációs hőmennyiség eloszlás és anyagszerkezet esetén [1],[4],[5]. Ugyanakkor hiába veszik figyelembe hőeloszlásra ható más jellemzőket, mint például szakaszos betonozást és az építési sebességet (G. De Schutter (2004) VEM modellje [2]), ha az eredményeket meghatározó alapvető öt paraméterben bizonytalanságok vannak. Ez az öt paraméter pedig a ρ testsűrűség, a q kötés hőmennyisége az idő függvényében, a $c_p$ fajhő, a λ hővezetési tényező és a h hőátadási tényező. A beton fajtájától függően az első két jellemző jól kézben tartható, a következő kettőre vonatkozóan vannak adatok, ha nehezen is, de mérhetőek. A hőátadási tényező azonban szinte minden esetben becsült átlag érték. Az utolsó három paraméterre vonatkozóan az alábbi táblázat ad útmutatást néhány irodalomban felhasznált adatról.

**1. táblázat.** *Hőmérsékleti mezők numerikus számításánál használt anyagtulajdonságok*

| Szakirodalom | | [2] | [3] | [4] |
|---|---|---|---|---|
| $c_p$ [J/kg K] | | 880 | 960 | 1228 |
| λ [W/mK] | | 2,66 | 1,96 | 3,5 |
| h [W/m$^2$K] | Szabad felület | 20 | 10 | 30 |
| | Zsaluzott felület | 6,42 | 3,58 | 5 |

Az **1. táblázat** adataiból látszik, hogy az egyes szerzők a numerikus számításaik során igen nagy különbségekkel vették fel a beton termikus anyagtulajdonságait. Mindezt úgy tették, hogy nem mondták meg, hogyan határozták meg ezeket a bemenő adatokat, és legtöbbször azt sem, hogy milyen anyagösszetétel esetén tartják ezeket meghatározónak. Ezeknek a bemenő adatoknak a hitelessége kérdéses. Ez különösen akkor figyelemre méltó, amikor a számított és mért adatok közötti jó egyezésről is beszélnek. Mindez elsősorban a konvektív hőátadási tényező esetén érdekes, mivel annak közvetlen mérése nem lehetséges.

A továbbiakban arra kívánunk módszert bemutatni, hogyan becsülhető ez a jellemző.

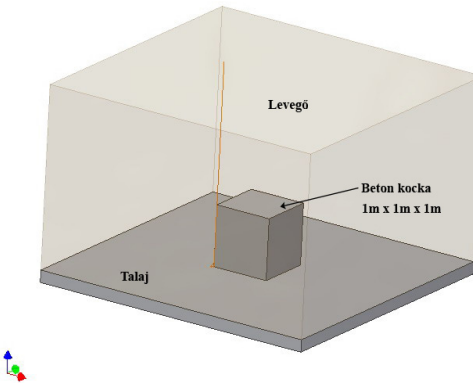
### 1.1. Célkitűzés

Végső soron egy olyan numerikus számítási módszert szeretnénk kidolgozni, amely a tömegbetonokban keletkező legnagyobb hőmérsékleti különbségek meghatározására szolgál a különböző betontechnológiai paraméterek hatását figyelembe véve. Mindezt úgy, hogy a modell helyességét kísérleti módszerekkel is igazoljuk. Jelen cikkben, első lépésként, bemutatjuk az a

módszert, amellyel a betonfelület és a különböző közegek közötti hőátadási tényező meghatározható. Ez a jellemző függvénye a betonnal érintkező anyagnak (levegő, szigetelés, zsalu), és az ezt hűtő (szél), fűtő (napsugárzás) környezetnek. Most a módszert mutatjuk be és néhány numerikus eredményt, valamint a továbblépés lehetőségét. A módszer előnye, hogy szétválasztja a különböző hatásokat, így alkalmazásával a számítógépes idő nagymértékben csökkenhet és az eredmények alkalmazhatósága kiszélesedik.

## 2. A hő- és áramlástechnikai probléma fizikai és geometriai modellje

Egy betontömb (1x1x1 m) hőmérsékleti mezejének meghatározására numerikus számításokat végeztünk Ansys CFX modullal. Az **1. ábra** a betontest, az azt körülvevő levegő és talaj geometriáját mutatja. A levegő 5x5x3 m, a talaj 0,2 m vastag.




**1. ábra.** *A tanulmányozott hő- és áramlástechnikai probléma geometriai modellje*

## 3. Matematikai modell

Az alábbi egyenletek (1)-(3) az előző fejezetben ismertetett hő- és áramlástechnikai probléma matematikai leírását adják. Az egyenletek az anyag, impulzus és az energia megmaradást írják le matematikai alakban.

Folytonossági egyenlet.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho U_i)=0 \qquad (1)$$

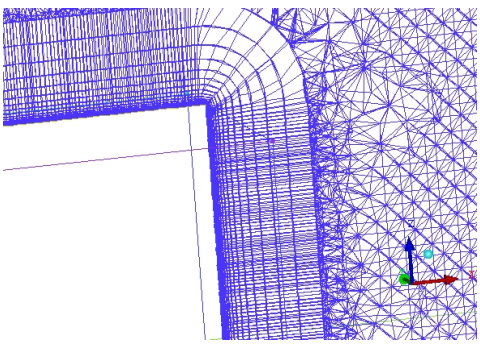
Az összenyomhatatlannak feltételezett folyadék mozgását leíró egyenletek három skaláris komponense tenzor jelölésmódban.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho U_j)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho U_j U_i)=-\frac{\partial P}{\partial x_j}+\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\eta\left(\frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right)\right) \qquad (2)$$

Az energiatranszportot leíró differenciálegyenlet.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho c_P T)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho c_P U_i T)=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\lambda\left(\frac{\partial T}{\partial x_i}\right)\right) \qquad (3)$$

A **2. ábra** egy numerikus rácsot mutat. Az ábrán megfigyelhető a határréteg rács, amelyre azért van szükség, mivel a differenciálegyenletekben található fizikai mennyiségek deriváltjai (sebesség komponensek és a hőmérséklet mező) a falra merőleges irányban a legnagyobb értékűek.



***2. ábra.*** *Az alkalmazott numerikus rács felépítése a hasáb körül*

## 4. Eredmények

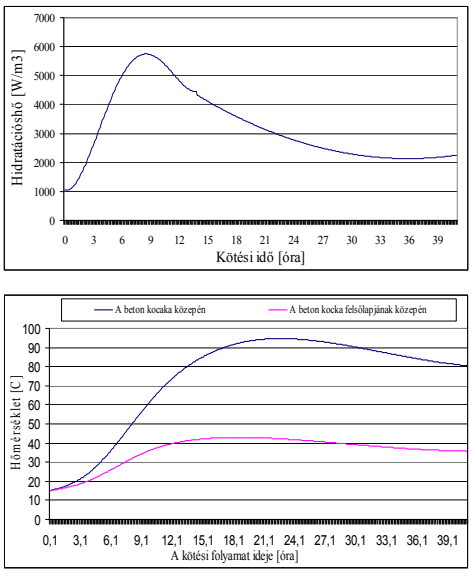
A bemutatott numerikus modellnél a hőátadási tényező meghatározásához a szigeteletlen betonkocka köré szabad áramlású levegőt illesztettünk. A program számszerűen meghatározta a hőátadási tényező értékeit az idő és a felületi koordináta függvényében. Ebből számítottunk egy *h* átlagértéket, amely 7 W/m$^2$K- re adódott. A kapott átlagértékkel a szakirodalomban is

szokásos módon elvégeztük a numerikus számítást, amely eredményeit az előző méréssel együtt mutatja a **2. táblázat** 13,6 óránál.

**2. táblázat.** *A numerikus számítások eredményei*

| A beton anyagtulajdonságai: $c_p$=1128 J/kg K és λ=3,5 W/mK | | $T_{min}$ [°C] | $T_{max}$ [°C] |
|---|---|---|---|
| Hőelvonás módja | levegő | 64 | 85 |
| | h=7 W/m$^2$K | 54 | 83 |

A $T_{min}$ a betonkocka felszínén, a $T_{max}$ a szerkezet közepén számított hőmérsékleteket mutatja.




**3. ábra** *Kötéshő és beton hőmérséklet változása*

A **3. ábrán** bemutatott eredmények jellegére összevágnak az irodalomban leírtakkal, a hidratációs hőmennyiség a maximumát 8 óra, a hőmérséklet pedig 20 óra tájban éri el.

## 5. Következtetések

A hőátadási tényező meghatározására a szakirodalom nem ad egyértelmű módszert. Az előzőekben egy új megközelítést mutattunk be, amely ennek meghatározását lehetővé teszi. A konkrét számértékek biztonságos meghatározásához további kutatási munkát kell elvégezni. A **2. táblázat**ban láthatóan a beton magban alig van hőmérséklet-különbség. A felületen lévő hőmérséklet különbséget úgy lehet javítani, hogy az új modellnél a *h* hőátadási tényező változó értékeiből más módszerrel kell az átlagos értéket meghatározni. Ez után pedig azt kell megvizsgálni, hogy mely jellemzők határozzák meg a felületi hőátadási tényezőt és ki kell dolgozni az ezen jellemzőktől való függést meghatározó kapcsolatot. Ehhez a továbbiakban elengedhetetlennek bizonyul a különböző paraméterek mérése (q, λ, $c_p$) ill. számítása.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Dr. Balázs György: *Különleges Betonok és betontechnológiák I.*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2007, ISBN 978-963-05-8465-4

[2] G. De Schutter, M. Vuylsteke: *Minimisation of early age thermal cracking in a J-shaped non-reinforced massive concrete quay wall*, Engineering Structures 26, 2004 pp. 801–808

[3] B. Klemczak: *Engineering Structures: Reinforced concrete tank walls and bridge abutments: Early-age behaviour, analytic approaches and numerical models* 84 (2015) pp 233-251

[4] Yunus Ballim: *A numerical model and associated calorimeter for predicting temperature profiles in mass concrete*, Cement & Concrete Compositers 26, 2004, pp. 695-703

[5] A.K. Schindler és mások: *Concrete pavement temperature prediction and case studies with the FHWA HIPERPAV models*, Cement & Concrete Compositers 26, 2004, pp.463-471

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 137–140.
http://hdl.handle.net/10598/29045
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.25

# DIMENZIONÁLIS MÉRÉSEK IPARI CT BERENDEZÉSSEL

# DIMENSIONAL MEASUREMENTS BY INDUSTRIAL CT

Drégelyi-Kiss Ágota

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag- és Gyártástudományi Intézet, 1081 Budapest, Népszínház utca 8.; Telefon / Fax:+36-1-666-5480, dregelyi.agota@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

More recently, the industrial CT equipment is used not only for non-destructive analysis but to perform geometrical evaluations. The three dimensional, optical dimensional measurements made by CT are popular because the measurement time is much more less than in case of traditional 3D measurement machines, furthermore the inner geometries can be determined by non-destructive manner. In this article the design and measurement plan of an aluminum test cube by industrial CT are described and the evaluation of the measurement data are evaluated.

***Keywords**: dimensional measurement, industrial CT, measurement uncertainty*

## Összefoglalás

Az ipari gyakorlatban egyre elterjedtebben használják az ún. ipari CT berendezéseket roncsolásmentes anyagvizsgálatok mellett dimenzionális mérésekre. A CT-vel történő három dimenziós, optikai elven történő hosszúságmérések népszerűek, mivel a mérések ideje a 3D mérőgépekkel történő méretmeghatározáshoz képest lényegesen kisebb, valamint belső méretek is meghatározhatók roncsolásmentesen, amelyekre egyéb hosszmérőeszközök elérhetőség hiányában nem adtak megoldást. Cikkemben egy alumíniumból készült tesztdarab dimenzionális mérésének tervezését, folyamatát mutatom be ipari CT-vel történő meghatározás során.

***Kulcsszavak:** hosszmérések, roncsolásmentes vizsgálat, ipari CT, mérési bizonytalanság*

## 1. Bevezetés

Az ipari CT berendezésekkel különféle forgácsolt alkatrészek geometriai mérése lehetővé vált az elmúlt évek fejlesztéseinek következtében [1,2]. A forgácsolt alkatrészek méreteinek tűrése a 0,01-0,003 mm tartományba esik, és ilyen méretekhez kell biztosítani, hogy a roncsolásmentes és gyorsan végrehajtható CT berendezésekkel tudjuk a méreteket meghatározni.

A méretek meghatározásának egyik feltétele, hogy a mérőeszköz mérési skálája visszavezetett legyen a nemzetközi etalonra, esetünkben a méter definícióra. A CT berendezések esetén ez még nem teljes körűen megoldott, több kutató dolgozik ezen probléma megoldásán [3].

A CT-vel történő mérések során körbeforgatva a vizsgálati tárgyat a berendezésben 500-1500 2D röntgenfelvételt készítenek, amelyekből a rekonstrukció során 3D modellt alkotunk. Meg kell határozni a határfelületet matematikai módon, hogy a későbbi hosszméretek egyértelműen meghatározhatóak legyenek. A threshold érték célszerű megválasztásával tudjuk a felületet meghatározni.

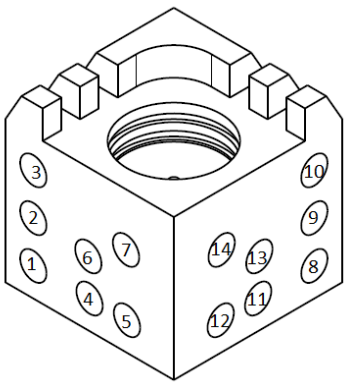
Munkám során egy alumíniumból készült kutatáshoz használt tesztdarab mérését

végeztem el ipari CT berendezéssel, és vizsgáltam a rekonstrukciós fázisban a beállítható paraméterek hatását a geometriai mérések alakulására.

## 2. Anyagok és módszerek

### 2.1. Vizsgálati darab és méretek

Az ipari CT berendezés metrológiai tulajdonságainak vizsgálatára terveztünk egy teszt munkadarabot, amely anyaga alumínium, befoglaló mérete 90mm x 90mm x 90mm (**1. ábra**).




**1. ábra.** *Alumínium vizsgálati tesztdarab a furatok sorszámaival*

Jelen kutatás során a tesztdarab geometriai formái közül az oldalfelületen levő 14 db 14 mm névleges átmérővel rendelkező furat sugarát határoztam meg úgy, hogy a furatokba Gauss módszerrel illesztettem hengert.

### 2.2. Mérés körülményei

A dimenzionális mérésekhez *GE phoenix v|tome|x m* mikro-CT berendezést használtam. 2024x2024 pixeles detektorral, max. 320 W, 320 kV-os röntgencső. A mérés során használt beállítások: 250 kV, 360 μA, 330 ms-os képfelvétel, binning 1x1, szűrők: 0,5 mm Sn és 0,5 mm Cu, felvett képek száma 1440. Az így elért voxelméret 73,44 μm.

A dimenzionális mérések alapja, hogy a mérések visszavezethetők legyenek, vagyis etalonhoz képest kell a méreteket meghatározni, beskálázni a kapott felvételeket. Az ipari CT berendezések esetén a kalibrálás még nem kidolgozott, közelítésekkel lehet csak élni. A jelenleg javasolt módszer, hogy lehetőség szerint a CT felvétel az adott testről egy etalonnal együtt történjen. A CT felvétel készítése során a tesztdarab közepén rögzítettük etalonként egy két rubingömböt tartalmazó ball bart, amely esetén a két rubin-gömb közötti távolság kalibrált értéke 15,9329 mm.

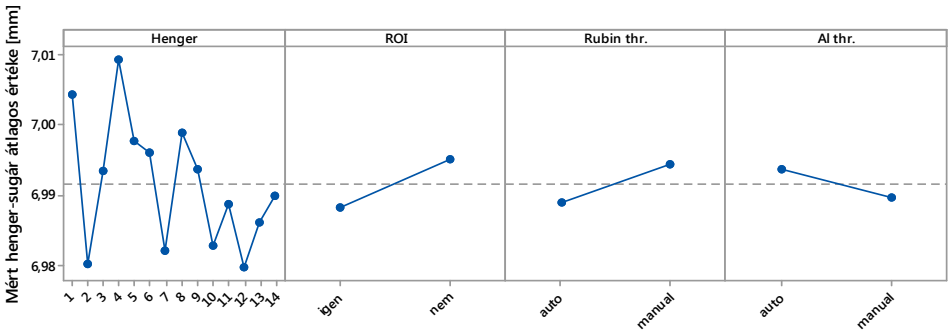
A rekonstrukcióhoz használt szoftver a VGStudio Max 2.2.2. A rekonstrukció és az illesztések során több paramétert lehet változtatni. Vizsgálataim során az egy adott beállítással elkészített CT felvétel rekonstrukcióját az alábbi faktorok változtatásaival hajtottam végre:

- szoftveres korrekció a háttér sugárzás figyelembevételére a forgatás során (az ún. *ROI* beállítás figyelembevétele vagy kikapcsolása);
- rubingömbök távolságának meghatározása automata vagy manuális threshold használatával (*Rubin auto thr*. vagy *man. thr.*);
- alumínium részeken levő méretek meghatározásához automatikus vagy manuális threshold használata (*Al auto thr.* vagy *man. thr.);*
- egy adott rekonstruált beállításokkal ismételt méret-meghatározásokat végeztem az illesztés bizonytalanságának meghatározására.

## 3. Eredmények és értékelésük

### 3.1. Etalon mérése

A CT-vel történő felvételek elkészítése után első lépésként a két rubingömb távolságát mértem meg. A mérés eredményei az **1. táblázat**ban találhatóak.




**2. ábra.** *A mérési eredményekre vonatkozó főhatás-ábrák*

**1. táblázat.** *Rubingömbök távolságának meghatározása*

| | ROI-val | | ROI nélkül | |
|---|---|---|---|---|
| | auto thr. | man. thr. | auto thr. | man. thr. |
| Mért érték [mm] | 15,922 | 15,908 | 15,910 | 15,907 |
| Helyes érték | 15,9329 mm | | | |

Eredményként elmondható, hogy a beállítások jelentősen befolyásolják az etalonra vonatkozó mérés eredményét. A ball bar referencia értékét nem kaptuk vissza, a legközelebbi érték 0,01 mm-re van, de 26 µm-es torzítás is látható. A vizsgálatok megkezdése előtt a CT berendezés bemérése és korrekciója megtörtént egy etalonnal, elviekben vissza kellett volna kapni az etalon értékét.

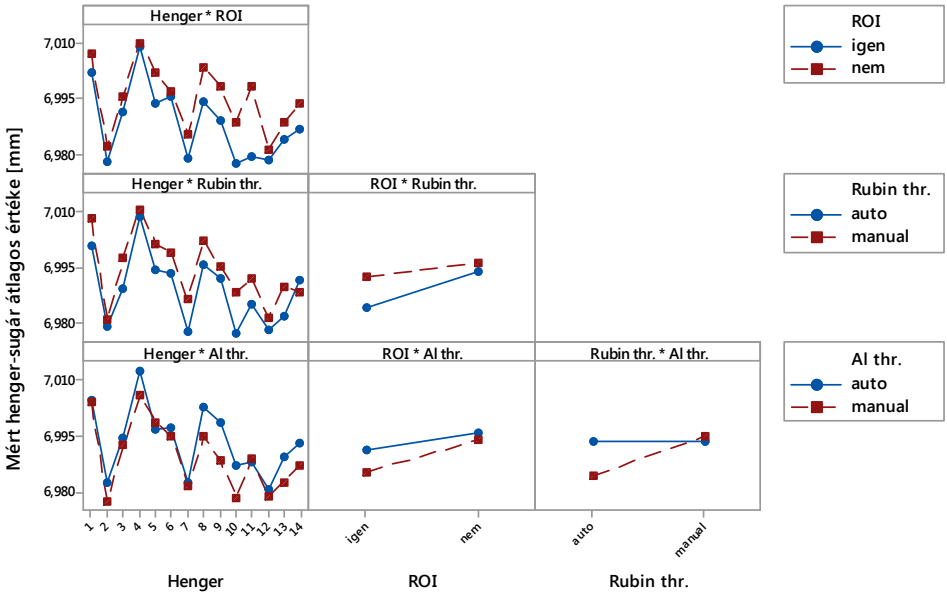
Szeretném hangsúlyozni, hogy egyetlen CT felvétel készült, és csupán az adatok feldolgozási módja adja a különböző mért értékeket a rubingömbök távolságának a meghatározására. Ha nem használjuk a ROI beállítás lehetőségét, vagyis azt, hogy korrigáljuk a mérési adatokat a háttérsugárzásra a forgatás során, akkor nem nagy különbséget tapasztalunk a kétfajta threshold módszert alkalmazott mérés között, az eltérés 3 µm. A ROI figyelembevételekor a threshold módszerek különbözősége jelentősen befolyásolja a méret értékét.

## 3.2. Alumínium tesztdarab mérése

A mérési eredmények adott faktor szerinti átlagos értékei az **1. ábrá**n látható sorszámozott furatok sugár értékeire a **2. ábrá**n jelennek meg. Megállapítható az ábráról, hogy átlagosan kisebb sugár értékeket kapunk mindhárom esetben, (i) ha a ROI beállítást használjuk a kiértékelés során, (ii) ha az automata threshold módszert használjuk a rubingömbök távolságának a meghatározására, valamint abban az esetben, (iii) ha az alumíniumra vonatkozó threshold beállítás kézi módszerrel történik.

Hasonló következtetéseket tudunk levonni a kölcsönhatás ábrák vizsgálatával (**3. ábra**). Látható, hogy az előbb említett következtetések nem csupán az összes mérés átlagára igazak, hanem közel az összes számozott furat esetén az egyik beállítás kisebb méretet ad, mint a másik beállítás (ld. első oszlop diagramjai). A ROI beállítás használata illetve negligálása esetén átlagosan 5,5 µm eltérés, a rubin threshold két szintje alkalmazása esetén átlagosan 4,6 µm eltérés adódik, valamint az alumínium tömb threshold beállításának változatásával átlagosan 3,2 µm eltérés jelentkezik.

Ezek az eltérések ANOVA módszerrel értékelve szignifikánsan jelentkeznek. Összehasonlításképpen az egyik kiértékelési beállítás (*ROI*-igen, *Rubin thr.*-manual, *Al thr.*-manual) ismételt vizsgálatát elvégeztem a 14 furat sugarának meghatározására.




**3. ábra.** *A mérési eredményekre vonatkozó kölcsönhatás-ábrák*

Eredményként azt kaptam, hogy az egyesített ismételt vizsgálat szórása 3,7 µm.

## 4. Következtetések

Az ipari CT-vel történő hosszmérések bizonytalanságának meghatározása során számos tényezőt figyelembe kell venni. A faktorok, amelyek a mérés folyamatát befolyásolják nem csak a berendezés paramétereinek a beállításából adódnak, a röntgenfelvételek rekonstrukciója és az azt követő kiértékelés is jelentős hosszméretbeli eltéréseket eredményez. Munkám során rávilágítottam arra, hogy egy elkészített vizsgálati darab geometriai méreteit mennyire befolyásolják a rekonstrukció beállítási paraméterei és számítási metódusok.

Jelen munkában nem vizsgáltam a mérési hiba, vagyis a sugár mért értékek és a hengerek helyes sugár értékének az eltérését. Ehhez a furatok méreteinek a meghatározását tervezem tapintós 3D méréstechnikai módszerrel, amely lényegesen kisebb bizonytalansággal rendelkezik, mint a vizsgálandó ipari CT-vel történő mérések.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki a Continental Hungary Kft. részére, amely biztosította számomra a kutatáshoz szükséges ipari CT berendezést, valamint Szabó Lénárdnak a mérések elvégzésében nyújtott segítségét.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Cantatore, A., Müller, P.: *Introduction to computed tomography,* DTU Mechanical Engineering, Kgs.Lyngby, Denmark, 2011

[2] Kruth J-P. et al.: *Computed Tomography for Dimensional Metrology*, CIRP Annals 60(2), 2011, pp. 821–842.

[3] Claverley, J. D., Leach, R.K.: *A review of the existing performance verification infrastructure for micro-CMMs*, Precision Engineering 39, 2015. pp. 1-15.

[4] S. Carmignato, A. Pierobon, P. Rampazzo, M. Parisatto, E. Savio: *CT for industrial metrology, Accuracy and structural resolution of CT dimensional measurements*, Proceedings of the Conference on Industrial Computed Tomography (ICT), 2012. pp. 161–172.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 141–144.
http://hdl.handle.net/10598/29046
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.26

# DUPLEX ACÉLLEMEZEK LÉZERSUGARAS HEGESZTÉSEKOR BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSOK

# LASER WELDING EFFECT ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF DUPLEX STAINLESS STEELS WELDS

Fábián Enikő Réka[1], Dobránszky János[2], Csizmazia János[3]

[1]*Budapesti Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Hungary 1111, Budapest, Bertalan Lajos utca, 7 sz. MT épület 108; fabianr@eik.bme.hu*

[2]*MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Hungary 1111, Budapest, Bertalan Lajos utca, 7 sz. MT épület 104; Dobranszky.Janos@eik.bme.hu*

[3]*Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft, Hungary, 1116, Budapest, Kondorfa u.1; janos.csizmazia@bayzoltan.hu*

## Abstract

The mechanical and corrosion properties of duplex stainless steel welds are highly dependent on microstructure. Microstructure is affected by welding parameters and by filler metals. The high heat input and rapid cooling rates have a negative effect on the ferrite-austenite ratio in the welded joints of duplex stainless steels. The test materials were 1.4162 (lean duplex, LDX2101) and 1.4462 (AISI 2205) type steels in duplex steels group. Microstructural changes in welds were identified and examined using color metallographic methods.

***Keywords:*** *laser welding, duplex stainless steel, 2205, 2105, filler material*

## Összefoglalás

A duplex acélok hegesztett kötéseiben a hegesztés során bevitt hő és a nagy hűlési sebesség hatására a ferrit- ausztenit arány jelentősen eltérhet az alapanyag fázisarányától. A varratfém szövetszerkezetét a technológiai jellemzők, a hozaganyagok jelentősen befolyásolják. A szövetszerkezet meghatározó a hegesztett kötések mechanikai tulajdonságai szempontjából. Jelen dolgozatban az LDX2101 és a 2205 típusú duplex acélok lézersugaras hegesztésekor kialakult varratok szövetszerkezetét és a kötések mechanikai tulajdonságait ismertetjük.

***Kulcsszavak:*** *lézersugaras hegesztés, duplex acéllemez, 2205, LDX2101, hozaganyag*

## 1. Bevezetés

A ferrit- ausztenites duplex acélokat ott alkalmazzák, ahol a korróziós hatás mellett a mechanikai igénybevétel is jelentős, mivel a duplex acélok nagyobb szakítószilárdsággal rendelkeznek, mint a hasonló korrózióállóságú ausztenites acélok [1-3]. Azonos teherbírású tartály gyártásához duplex acélok jelentős tömeg megtakarítást jelentenek az ausztenites acélokhoz képest a nagyobb folyáshatárnak köszönhetően.

A hegesztési eljárás során a hőbevitel, a lehűlési körülmények meghatározóak a duplex acélok varratának szövetszerkezeté-

re. A duplex acélok különböző ötvözői nem egyenletesen oldódnak a szövet-szerkezetben, az ausztenitképzők az ausztenitben, a ferrit-, illetve karbidképzők a ferritben dúsulnak. A dúsulás mértéke a hőmérséklet függvényében változik [2,4]. Történtek vizsgálatok egyes duplex anyagok lézersugaras hegesztésének tanulmányozása céljából [5], de hozaganyaggal történő lézersugaras hegesztés hatásáról kevés adat ismert.

## 2. Kísérleti eszközök, anyagok

Jelen munkánkhoz kapcsolódóan az 1,5 mm vastagságú 2205 minőségű ún. standard duplex és LDX2101 minőségű, nikkelben szegényebb, mangánban dúsabb ún. "lean" duplex acéllemezek lézersugaras hegesztésekor bekövetkező változásokat követtük hozaganyag nélkül illetve hozaganyaggal való hegesztés során.

A vizsgált lemezek vegyi összetételét az *1. táblázatban* láthatjuk. A vizsgálni kívánt 2205 acéllemez szövetszerkezetét 55% ausztenit és 45%°ferrit, az LDX2101 acéllemezét 35% ausztenit és 65% ferrit alkotta méréseink szerint.

A lézersugaras hegesztést a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.-ben működő, diódapumpált, Rofin DY 027 típusú Nd:YAG berendezéssel végeztük, 2500W-os teljesítményen.

A hegesztéseket egy célszerszámon (munkaasztalon) készítettük el. A munkaasztal közepén rézből készült réssel ellátott betét van, erre helyeztük a mintadarabokat és alulra szerelhető a gyökvédelemként bevezetendő gáz. Felülről rézsínekkel szorítottuk le a mintadarabokat.

Hozaganyagként Sulzer Metco által gyártott Metco 41C típusú fémszórási port, és 0,8 mm átmérőjű EN12072: 22 9 3 NL huzalt használtunk. A Metco 41C por vas mellett 17% Cr-ot, 12% Ni-t, 2,5% Mo-t 2,3% Si-t és 0,03% C-t tartalmaz. A huzal vegyi összetétele a vas mellett: 22,5% Cr, 8,5% Ni, 3,0% Mo, 0,5% Si, 0,02% C és 0,15% N tömegszázalékban megadva.

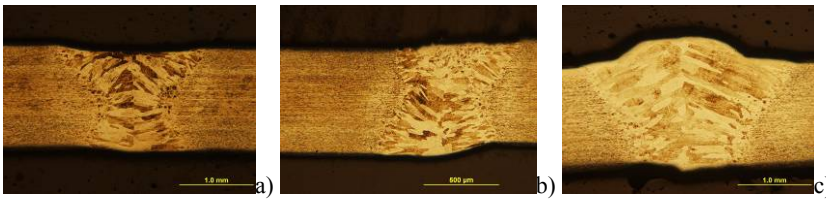
A Sulczer Metco berendezésen maximum 15 g/perces poradagolást sikerült elérni. Huzaladagoláskor 1000 mm/perces huzalsebességnél jött létre megfelelő varrat szemrevételezés alapján.

Védőgázként argon védőgázt használtunk. Az argon nemcsak az oxidációtól védi a varratfémet, de a levegőben levő jelentős mennyiségű ausztenitképző nitrogén beoldódását is meggátolja. Figyelembe véve az irodalmi adatokat [6, 7] a védőgáz mennyiségét 35 l/min állítottuk be. Irodalmi adatok szerint [7] a fúvóka a hegesztés helyétől mintegy 30 mm-re állítva eredményezi a legnagyobb beolvadási mélységet.

**1. táblázat.** *A vizsgált anyagok vegyi összetétele*

| Acélminőség | Vegyi összetétel, tömeg % | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Mo | N | Cu | Fe |
| **LDX 2101** | 0,023 | 0,66 | 4,97 | 0,022 | 0,001 | 21,49 | 1,51 | 0,29 | 0,228 | 0,25 | többi |
| **2205** | 0,019 | 0,37 | 1,42 | 0,022 | 0,001 | 22,4 | 5,8 | 3,16 | 0,177 | - | többi |

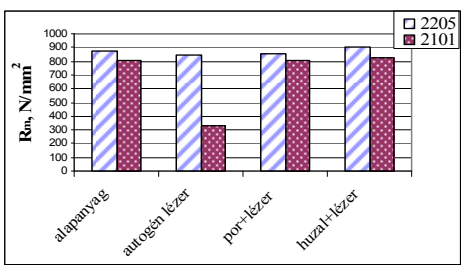
## 3. Vizsgálati eredmények



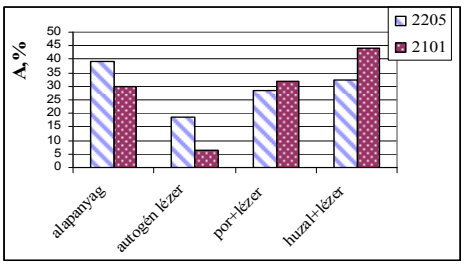

**1. ábra**. *Hozaganyag hozzáadásának hatása a varrat alakra 2205/1,5mm mintasorozatnál. Marószer:Kalling'2 reagens N= 25x; v $_{lézersugár}$ = 1500mm/perc a) autogén hegesztés, b) poradagolás 15 g/perc c)huzaladagolás 1000 mm/perc*

Szemrevételezés alapján 2500W-os lézerteljesítmény mellett, a lézersugár 1500 mm/perces haladási sebességekor megfelelő átolvadási varrat alakult ki úgy autogén hegesztéskor, mint hozaganyag hozzáadásával való hegesztés során. A varratok alakja a hozaganyag hozzáadásával módosult (**1. ábra**), de varrathibát metszeti síkokban nem tapasztaltunk.

A különböző hozaganyagok mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásának tanulmányozása érdekében szakítóvizsgálatokat az MSZ EN ISO 6892-1: 2010 szabvány szerint végeztük. A vizsgált anyagoknál legkisebb szakítószilárdság és a legkisebb szakadáshoz tartozó nyúlás autogén hegesztés után adódott (**2-3. ábra**). A 2205 standard duplex acélnál a szakítószilárdság még autogén hegesztéskor is alig változott, miközben a LDX2101 acélnál hozaganyagmentes hegestésekor jelentősen csökkent az $R_m$ alapanyaghoz képest.




**2. ábra.** *Hegesztés hatása a szakítószilárdságra*




**3. ábra.** *A hegesztés hatása a szakadási nyúlásra*

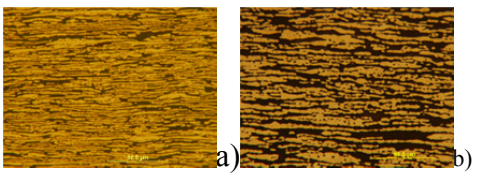
A legjobb mechanikai tulajdonságok a jelentős Ni tartalmú 22 9 3 NL huzaladagolásakor adódtak. Az LDX2101-anyagnál huzaladagoláskor nagyobb lett a szakadáshoz tartozó nyúlás, mint a szállítólevél adatai szerinti alapanyagnak, ugyanakkor a szakítószilárdság nem csökkent.

A tulajdonságok változásaiért a szövetszerkezet a felelős.

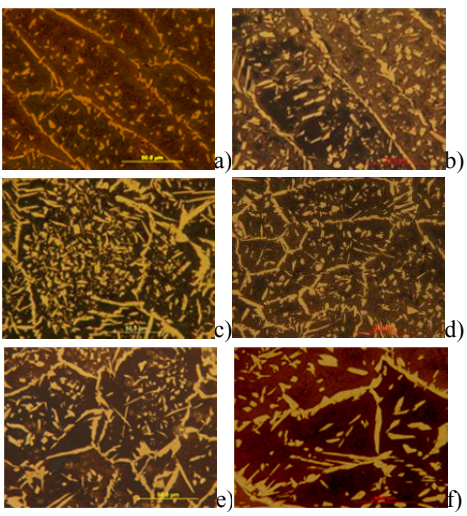
A ferrittartalom mérésére közismerten beváltak a mágneses indukciós elven működő Fischer FMP30 típusú ferritszkópok. Mivel e ferritszkópnak a mérőfeje 1,43 mm átmérőjű gömbsüveg, ezeknél a mintáknál a varratméretek miatt a mérési jelek részben az alapanyagból is jöhetnek. A varratfémben létrejött fázisok megkülönböztetésére, fázisarányok mennyiségi kiértékelésére alkalmasabbnak látszott színes maratással megkülönböztetni az ausztenitet a ferrittől. Képelemzős módszerrel való meghatározáshoz a

legalkalmasabbnak a Beraha'2 féle marószer (85 ml víz, 15 ml HCl, 1 g $K_2S_2O_5$) bizonyult. Maratás után a ferrit sötét, az ausztenit világos.

A hegesztésre szánt duplex acéllemezek szövetszerkezete a **4. ábrá**n látható. A ferrit ausztenit mennyiség illetve elrendeződés a varratokban nemcsak az alapanyagtól függően változott, de a hozaganyagok is jelentősen befolyásolták azt (**5. ábra**).

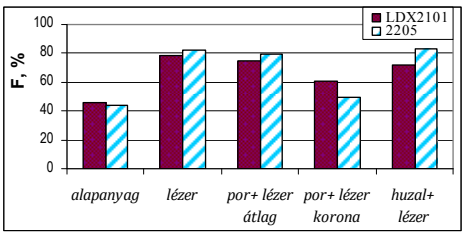


**4. ábra** *A hegesztendő anyagok szövetszerkezete a)2205 lemez b) 2101 lemez*



**5. ábra.** *A varratfémek jellegzetes megjelenése*
*a) 2205 acél autogén hegesztéskor*
*b) LDX 2101acél autogén hegesztéskor*
*c) 2205 acél poradagolással hegesztve*
*d) LDX2101acél poradagolással hegesztve*
*e) 2205 acél huzaladagolással hegesztve*
*f) LDX2101 huzaladagolással hegesztve*

Hegesztés után a varratfémben a ferrittartalom minden esetben nőtt. A ferrittartalom számszerűsített mérési eredményeit a **6. ábrá**n szemléltettük.




**6. ábra.** *A varratfémek ferrittartalma*

## 3. Következtetések

A vizsgált duplex acélok lézersugaras hegesztésekor a hozaganyagok javították az alakváltozó képességet és a szilárdságot. A legjobb mechanikai tulajdonságok huzaladagolással végzett lézersugaras hegesztéskor adódtak. A mérési eredmények a ferrittartalommal nem egyértelműen függnek össze. Feltehetőleg az ausztenit szemcséken belüli eloszlása illetve a szemcsék alakja is meghatározó.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Gunn RN: *Duplex stainless steels*. Abington Publishing, Cambridge, 1999, 1-47, 110-143.
[2] Bödök Károly: *Az ötvözetlen, gyengén és erősen ötvözött acélok korrózióállósága, különös tekintettel azok hegeszthetőségére,* Budapest, Corweld, 1997, 229-246
[3] *Duplex stainless steel for storage tanks*-Brochure; http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Duplex_for_Storage_Tanks-brochure.pdf
[4] Muthupandi V, Srinivasan PB, Seshadri SK, Sundaresan S: *Effect of weld metal chemistry and heat input on the structure and properties of duplex stainless steels*. Material Scinece and Engineering, A358, 2003, 51-57
[5] Pekkarinen J, Kujanp V*: The effects of laser welding parameters on the microstructure of ferritic and duplex stainless steels welds*, Physics Procedia 5 , 2010, 517–523
[6] Bögre Bálint: *Duplex rozsdamentes acélok lézersugaras hegesztése*, BME, ATT, 2014
[7] Paripás Béla, Szabó Szilárd, Kocsisné Baán Mária, Tolvaj Béláné, Bencs Péter: *Lézeres mérési- és megmunkálási eljárások a Gépészetben,* ww.tankonyvtar.hu/..lezeres.../G4_04_lezeres_meresi_es_megmunkalas..

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 145–148.
http://hdl.handle.net/10598/29048
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.27

# HIBAELEMZÉS ALKALMAZÁSA VESZÉLYES ÁRU SZÁLLÍTÁSÁRA

# APPLICATION OF THE FAILURE ANALYSIS IN THE HAZARDOUS TRANSPORTING

Farkas Gabriella[1], Horváth Teréz Veronika[2]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag- és Gyártástudományi Intézet, Gyártástechnológiai Intézeti Tanszék, 1081-HU Budapest, Népszínház u. 8.; Telefon: +36-16665339; farkas.gabriella@bgk.uni-obuda.hu*

[2]*WestBridge Kft., 2030-HU Érd Fácán köz 10.; horvathterez86@gmail.com*

## Abstract

Quality assurance can be connected to the release of industrial development. It became important to the production of high-quality parts, scrap and thus reduce costs, increase customer satisfaction and profit. Different methods have been developed to achieve security beside the quality. The failure analysis first appeared in the field of military industry to ensure the prevention of the occurrence of errors. The FMEA process has been successfully applied in the automotive industry, communications, food safety, pharmaceuticals and the use of this technology in all aspects of pre-production products and services is available today. Transporting the bitumen is dangerous process for two reasons. On one hand the material, on the other hand the transport of substances (persons, means of transport, environmental protection, plant security) is dangerous processes. We present in this article the particular process and the results of the analysis in this dangerous transport process.

***Keywords**: failure analysis, FMEA, hazardous transporting*

## Összefoglalás

A minőségbiztosítás megjelenése összeköthető az ipari termelés fellendülésével. Fontossá vált a jó minőségű alkatrészek gyártása, a selejtszám és ezzel a költségek csökkentése, valamint a vevői megelégedettség és a profit növelése. Különböző módszereket, eljárásokat fejlesztettek ki, melyeknek célja a minőség mellett a biztonság. A hibaelemzés először a hadiipar területén jelent meg biztosítva a hibák előfordulásának megelőzését. Az FMEA eljárást sikeresen alkalmazza az autóipar, a híradástechnika, az élelmiszerbiztonság, a gyógyszeripar és napjainkra a termékelőállítás és a szolgáltatás szinte minden területén. A bitumen szállítása két szempontból is veszélyes folyamat, egyrészt önmagában az anyag, másrészt az anyag szállítása (személyekre, közlekedési eszközökre, környezetvédelemre, üzembiztonságra). A cikkben bemutatjuk ezt a különleges folyamatot és a veszélyes áruszállítás folyamatára elvégzett elemzés eredményeit.

***Kulcsszavak:** hibaelemzés, FMEA, veszélyes áruszállítás*

## 1. Veszélyes áru szállítása

A szállítás valamilyen termék két földrajzi hely közötti továbbítása, ide értve a fel-, át- és lerakó helyeken történő manipulációs folyamatokat is. A szállítás egyidős az emberiséggel, a létfenntartáshoz elengedhetetlen volt a gyűjtögetés, vadászat

majd az élelem közös helyre szállítása. Az árutermeléssel fejlődés vette kezdetét, úgy a szállítási útvonalak, mint a szállítási eszközök területén is. Kiépültek a városokat összekötő utak és a kereskedelem megjelenésével megindultak a szállítások, kezdetben kerék nélkül, majd kettő és több keréken. Az emberi erőt állatra majd gépekre cserélték. A XV. századtól gyors fejlődés indult a szállítás terén és elkezdtek olyan fedett járműveket építeni, melyeket személy- és áruszállításra használtak. [1].

### 1.1. Veszélyes áru

A veszélyes árut szállítás szempontjából kétféleképpen tekinthetjük. Általánosságban azt nevezzük veszélyes árunak, amely az emberi életet, az anyagi javakat, a társadalmat és környezetet veszélyeztet. Szakmai nyelven valamely közlekedési ágazathoz kapcsolódó (közúti, vasúti, légi, belvízi, tengeri) jogszabályoknak megfelelő szállítása. A világ különböző pontjain többféle veszélyes árut állítanak elő. Amíg ezek a készítmények az előállítási helyükön tartozódnak, addig „csak" készítmények, attól kezdve, ha valamilyen irányba mozdítják, már veszélyes árunak minősülnek. Fontos, hogy ezeket a készítményeket előállítási helyüktől függetlenül egységes jelölésekkel lássák el annak érdekében, hogy aki érintkezik vagy szállítja az adott veszélyes anyagot, tisztában legyen a készítmény tulajdonságaival. 2002-ben az ENSZ hatáskörére alatt, létrehozták a Vegyi Anyagok Besorolásának és Címkézésének Globálisan Harmonizált Rendszerét (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals), röviden a GHS-t. Célja, egy olyan egységes rendszer kialakítása a világban, mely előírja a veszélyes anyagok azonos besorolását. Segítve ezzel a nemzetközi kereskedelmet, a veszélyes anyagok előállításának, szállításának, felhasználásának nyomon követését. 2006-ban az Európai Unión belül megalakult a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról szóló 1907/2006 EK rendelet (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), azaz a REACH azzal a céllal, hogy a vegyi anyagokkal kapcsolatos részletes információt szolgáltasson az anyagok életciklusának bármely pontján. Ez alapján készül a termékhez egy úgy nevezett *Biztonsági adatlap*, amely minden fontos információt tartalmaz azok számára, akik érintkezésbe kerülnek a veszélyes áruval. Ezt a dokumentumot a készítmény előállítója készíti el. A szállítandó anyag tulajdonságaitól függően különböző veszélyességi osztályba sorolható, amelyet az ADR/RID tartalmaz [2].

## 2. FMEA elemzés a veszélyes áru szállítási folyamatára

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), hibamód és hibahatás elemzés egy szisztematikus módszer a termékek és folyamatok hibavizsgálatára. Az elemzés során a hangsúly a megelőzésen és azonosításon van, mielőtt a hiba bekövetkezne [3]. Az FMEA eljárás alkalmazása az autóiparban alapvető elvárás, a beszállítókkal szemben támasztott követelményeket tartalmazó szabvány (ISO/TS 16949) is tartalmazza [4]. Az elemzést szakértő csoport végzi, munkájuk során törekedni kell az eredmény objektivizálására. Ez nem mindig érhető el, mivel a döntés a szakértői csoportokban résztvevő személyek közös tudásától függ [5].

A bitumen szállító nehéz félpótkocsik kialakítása specifikus. A bitumen az ADR-ben előírt tartálykódú tartálytesttel szállítható. A félpótkocsik egykamrásak, a belsejükben hullámtörő lemezek gátolják az anyag hirtelen elmozdulását. Mivel a bitumen szállításkor 170-200 $^{o}$C-os, ezért a rozsdamentes tartálytestet kívülről 10-15 cm vastag hőszigetelő anyaggal borítják, amit egy vékony palást lemezzel fednek le.

A szigetelés akadályozza meg az anyag dermedését.

Az hibaelemzés célja a meglévő bitumen szállítási folyamat gyengeségeinek feltárása, a kockázatok enyhítése, megteremtve ezzel egy biztonságosabb szállítási folyamatot. Ennek érdekében meg kell határozni a korrekciós és megelőző intézkedéseket, végül ellenőrizni kell ezek hatásait.

**1. ábra.** *A bitumen szállítási folyamata az FMEA elemzésben*

Az FMEA eljárás során a szakértő csapat feladata a folyamat (**1. ábra**) minden egyes lépésére meghatározni a lehetséges hibákat, elemezni a hibák előfordulásának kockázatát és értékelni a kockázati tényező (RPN) alapján. Az RPN értékét az alábbiak határozzák meg:

– A folyamatban jelentkező hatások súlyosságát, ezek fokozatait 1-10 között pont között értékeli. 10 pontot. A legsúlyosabb pontszámot kapja a folyamat azon része, mely hatását tekintve nem teljesíti a biztonsági vagy törvényi előírásokat, és halálos vagy nagyon súlyos baleset áll fenn mind a gépjárművezetőt mind a környezetét érintően. 1-es pontszámot akkor kaphat a következmény súlyossága, ha nincs észrevehető hatása a folyamatban.
– A hibaokok gyakorisága, 10 pontot ad a szakértő csapat, ha nagyon magas a hiba okának a gyakorisága, és 1 pontot, ha ritka a hiba okának az előfordulása.
– Ha a hibát lehetetlen észlelni az adott 10 pontot, ezzel szemben a hiba biztos ellenőrzésére 1 pontot kell adni.

## 3. Eredmények

Az elemzés célja a meglévő bitumen szállítási folyamat gyengeségeinek feltárása, a kockázatok enyhítése,

| *KRITIKUS LÁNCOLATOK* | *RPN* | *Halmozott %* |
|---|---|---|
| Szállítás---Bizt öv be nem csatol---Felelőtlenség---Nincs | 410,4 | 7% |
| Szállítás---Gyorshajtás---Felelőtlenség---Nincs | 374,4 | 13% |
| Indulás előtti ellenőrzések---Szabálysértés---Ellenőrzés elmulasztása---Nincs | 334,4 | 18% |
| Menetokmányok kitöltése---Menetokmány helytelen---Gk vez hiányos ismerete---Nincs | 304 | 23% |
| Menetokmányok kitöltése---Menetokmány hiánya---Gk vezető nem tudatos---Nincs | 292,5 | 28% |
| Indulás előtti ellenőrzések---Átvizsgálás elmulasztása---Gk vezető nem tudatos---Nincs | 266,4 | 32% |
| Fuvarfeladat átvétele---Kommunikációs hiba---Lefedettség hiánya---Nincs | 255,2 | 36% |
| Száll okmányok kitöltése---Helytelen kitöltés---Gk vez hiányos ismerete---Nincs | 238 | 40% |
| Menetokmányok kitöltése---Menetokmány helytelen---Gk vez hiányos ismerete---Nincs | 234 | 44% |
| Szállítás---Tiltott útvonal---Felelőtlenség---Nincs | 228 | 48% |

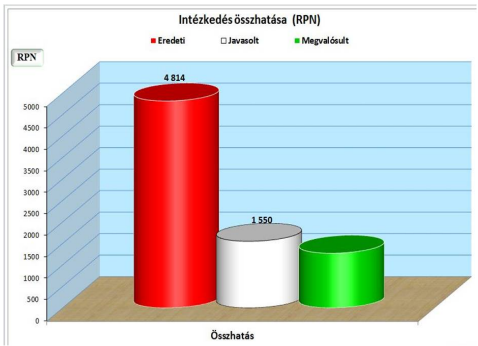
**2. ábra.** *A bitumen szállítási folyamata az FMEA elemzésben*

A **2. ábra** foglalja össze a hibamód és –hatáselemzés kockázatértékelésének eredményeit. Jól látható, hogy 3 kritikus elemet szükséges vizsgálni. A szállítást, az indulás előtti ellenőrzéseket és a fuvarfeladat átvételét. Olyan javaslat kidolgozása van szükség, amellyel e kritikus elemek közül bármelyiket, vagy mindegyiket tudná csökkenteni kockázati szempontból, hiszen az említett kritikus elemek több kritikus láncolatban megjelennek. A legkritikusabb láncolatok mindegyike abból ered, hogy nincs hatékony ellenőrzése a folyamat elemeinek.

### 3.1. Javaslatok kidolgozása a kockázatok csökkentésére

A szakértői csapat az összesítések alapján 3 javaslatot állított össze. Az első a kontroll csoport bővítésére, a második egy kamera beszerelésére a vontatóba, míg a harmadik a menet- és szállítási okmányok kitöltését érintő tipikus hibák kigyűjtésére vonatkozik. A kontroll csoport bővítése, megelőző oktatás tartása és vizsgáztatás csökkentené a kockázatok és hibák kialakulását, de ki nem zárja azokat. A gépjárművezetőket folyamatos ellenőrizni kell, hogy visszacsatolást kapjon a vezetőség a minőségi, követelményeknek megfelelő munkavégzésükről. A kontroll csoport bővítése indokolt. Az új munkatárs feladatkörébe tartozna, a bitumen szegmensre vonatkozóan rendszeresen ellenőrizni például a gépjárművezetők megjelenését, viselkedését a vevővel szemben; ellenőrzési lista (check lista) megfelelő kitöltését; okmányok meglétét. A vezetőfülkében elhelyezett kamera 5 percenként 0,5-1 perc időtartamú felvételt készítene. A javaslat szerint a felvételt SD kártyán rögzítik. Így a kamerával regisztrálhatóak lennének a szabálytalanságok, például a biztonsági öv be nem csatolása, dohányzás, védőruha hiánya, pihenőidő be nem tartása, utas szállítás. A menetokmányok kitöltését jogszabály írja elő. A helytelen kitöltés büntetést von maga után és késedelmes teljesítést okozhat. A javaslat szerint a gépjárművezetők rendszeres ismeretfelújító oktatása részesülnek és vizsgáznak, amellyel javítható a gépkocsivezetők hiányos ismerete, illetve a nem tudatos, figyelmetlen viselkedés.

A megvalósult intézkedés összhatását (**3. ábra**) tekintve a várt 1550 RPN-nél nagyobb mértékű változást hozott, hiszen kisebb a megvalósult intézkedések RPN száma a fehér, tervezett mutatótól, mely bizonyítja milyen hatékony a javaslat megvalósítása.




**3. ábra.** *A bitumen szállítási folyamata az FMEA elemzésben*

## 4. Következtetések

Az FMEA eljárással feltártuk a bitumen szállításának folyamatában előforduló hibákat és hiba okokat. A kritikus elemek, hibák és láncolatok súlyozása során felismertük a folyamatban rejlő kockázatokat és javaslatainkkal sikerült e rizikófaktorok számait jelentősen csökkenteni. Biztonságosabbá téve a bitumenszállítási tevékenységünket, mérsékeltük a gépjárművezetőkre, vevőinkre, társadalomra és környezetre gyakorolt hatásunk veszélyességi fokát.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Magyary István: *Szállítmányozási ismeretek.* Károly Róbert Főiskola Kézirat, Gyöngyös 2005. pp. 5-16.

[2] Gerhard M., Markus , Erdei Péter: *Veszélyes áruk szállítása* 2015-ös ADR alapján 1. kiadás MKFE. pp. 7-20.

[3] Robin E. McDermott, Raymond J. Mikulak, Michael R. Beauregard: *The basics of FMEA* (2nd Edition), CRC Press. 2008. pp. 11.

[4] D.H. Stamatis: *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA from Theory to Execution),* 2nd Edition, ASQ. 2003. pp. 129.

[5] Szamosi Barna, Pokorádi László: *Az interszubjektív tudás hatása az FMEA elemzésre.* Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVII. évfolyam 2015/1. pp. 73-80.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 149–152. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.28
http://hdl.handle.net/10598/29049

# A BLOKK-DIAGRAM ÉS A HIBAFA ELEMZÉS KAPCSOLATA

# THE RELATION OF BLOCK-DIAGRAM AND FAILURE TREE ANALYSIS

Farkas Levente[1], Pokorádi László[2]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8, leventefarkas@freemail.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

One of the most important tasks of the technical safety science is the reliability investigation of used systems and technological processes. Lot of reliability and risk assessment methods, procedures is known. The two most commonly used are the Block Diagram, and the Failure Tree Analysis. Authors of this paper show these two procedures mentioned above, as well as demonstrate the relationship between them by a simply case study.

***Keywords**: reliability, failure tree analysis, block-diagram.*

## Összefoglalás

Az egyik legfontosabb műszaki biztonságtudományi feladat az üzemeltetett rendszerek, technológiai folyamatok megbízhatósági vizsgálatai. Több megbízhatósági és kockázatelemző módszer, eljárás ismert. Ezek közül a két leginkább használt a blokk-diagram, valamint a hibafa elemzés. A dolgozatban a Szerzők egy rövid példán bemutatják a fent említett két eljárást, valamint feltárják a köztük lévő kapcsolatot.

***Kulcsszavak:** megbízhatóság, hibafa elemzés, blokk-diagram.*

## 1. Bevezetés

A műszaki gyakorlatban rendkívül jelentős szerepet játszanak a rendszerek megbízhatósági vizsgálatai [1]. Egy helyesen megalkotott elemző modell segítségével gyakran előre kiszűrhetők az üzemeltetés során fellépő műszaki hibák. A megbízhatósági elemzés célja, hogy ezeket a modelleket vizsgálva megállapítsuk egy rendszer vagy folyamat várható élettartamát, illetve meghibásodási valószínűségét.

A kanonikus rendszerek lényegi tulajdonsága az, hogy az egyes elemek vizsgálatakor „csak” két üzemállapotot különböztetünk meg: *üzemképes, vagy üzemképtelen*.

Dolgozatunkban nem vizsgáljuk külön a lehetséges meghibásodások módját. Nem elemezzük azt például, hogy egy hálózatba kapcsolt számítógép (amit így elemként kezelünk) a processzora vagy a tápegysége miatt hibásodott meg.

Tanulmányunk célja a blokk-diagram, illetve a hibafa elemzések bemutatása és a köztük lévő kapcsolatok feltárása, szemléltetése.

A Boole változókkal felírt kanonikus struktúrákat blokk-diagramnak nevezzük, amelyre a 2. fejezetben fogunk visszatérni. A 3. fejezetben a hibafa-elemzést mutatjuk be. A két módszert egy tanpéldával illusztráljuk. Végül összegezzük munkánk ered-

ményeit.

Az elemzésre kerülő rendszer megbízhatósági blokk-diagramját az **1. ábra** szemlélteti.

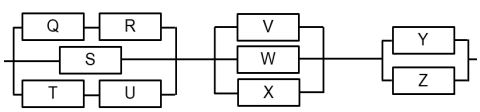
## 2. A blokk-diagram elemzés

A blokk-diagram egy olyan grafikus megbízhatósági elemző módszer, amely a rendszerben szereplő elemeket funkciójuk szerint ábrázolja. Az elemek kapcsolata tükrözi a működési kapcsolatot. A megbízhatósági blokk-diagram az elemeknek a rendszer működőképességére gyakorolt hatását mutatja be, és az egyes elemek megbízhatóságából határozható meg a rendszer megbízhatósága. A blokk-diagram elemei alapvetően kétféleképpen kapcsolódhatnak egymáshoz: sorosan, illetve párhuzamosan.

Soros kapcsolású rendszer esetén bármelyik elem meghibásodása a rendszer üzemképtelenségét okozza [3]. Ilyen kapcsolatra látunk példát a rendszer ***Q*** és ***R*** elemei esetén.

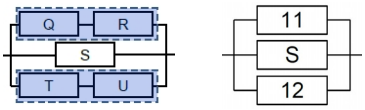
Párhuzamosnak nevezzük azt a rendszert, amelyik mindaddig üzemképes, amíg egyetlen eleme is még működőképes. Ez a kapcsolat biztonságosabb, hiszen elemei redundánsak. Ez a kapcsolat jelenik meg a rendszer ***Y*** és ***Z*** elemei között.

Fontos hangsúlyozni, hogy a megbízhatóság szempontjából vizsgált modellekben a soros és párhuzamos kapcsolat nem azonos az elemek valóságban elfoglalt helyzetével!




**1. ábra** *A rendszer blokk-diagramja*

Az 1. ábrán bemutatott rendszer elemzése során első lépésként a legalsó szintű elemcsoportokat vizsgáljuk (**2. ábra**). Az elemeket rétegenként csoportosítjuk, és sorszámozzuk. Így kapunk a ***Q*** és ***R*** elemekből ***11***-es blokkot, a ***T*** és ***U*** elemekből ***12***-es blokkot. Ezt a logikát követjük a későbbiekben is.




**2. ábra** *A 11. és 12. blokkok diagramja*

Az úgy kapott új blokkok megbízhatóságát az egyes elemek megbízhatóságának szorzata adja soros kapcsolat esetén, azaz:

$$R_{11} = r_Q r_R \qquad (1)$$

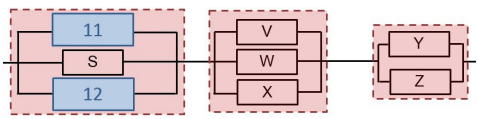
$$R_{12} = r_T r_U \qquad (2)$$

A következőkben a rendszer további rétegeiben található részrendszereket vizsgáltam. Második lépésben a **3. ábrá**n látható rendszer blokkjainak megbízhatóságát számoltuk. A párhuzamos kapcsolat miatt a képlet a következők szerint módosult:

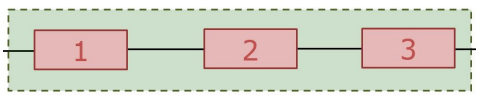
$$R_1 = 1 - \{(1 - R_{11})(1 - r_S)(1 - R_{12})\} \qquad (3)$$

$$R_2 = 1 - \{(1 - r_V)(1 - r_W)(1 - r_X)\} \qquad (4)$$

$$R_3 = 1 - \{(1 - r_Y)(1 - r_Z)\} \qquad (5)$$




**3. ábra** *Az 1., 2. és 3. blokk diagramjai*




**4. ábra** *A teljes rendszer blokk-diagramja*

A teljes rendszer megbízhatósága pedig a következő módon számítható:

$$R = R_1 R_2 R_3 \qquad (6)$$

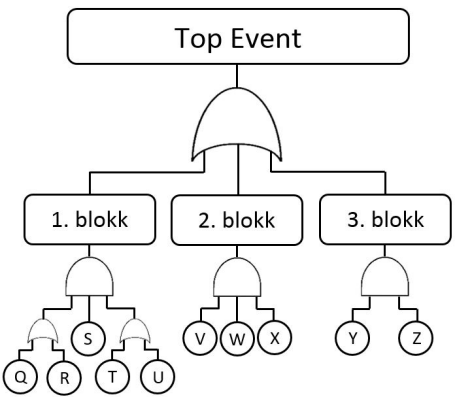
Ha mindegyik elem megbízhatósága $r_i = 0{,}9$, akkor a vizsgált rendszer megbízhatósága $R = 0{,}985439674$.

## 3. A Hibafa elemzés

A hibafa elemzés egy olyan rendszerelemző módszer, amit a rendszer hibájának felderítésére alkalmazhatunk [2]. A hibafaelemzés során az elemek és alrendszerek közötti kapcsolat módja legalább olyan fontos, mint maguk az elemek. Ez az egymáshoz való viszony határozza meg az elemzés során használandó műveletek sorrendjét.

A módszer során egy főeseményből indulunk ki, melyet gyakran az angol elnevezésével (*Top Event*-tel) jelölünk. Az elemzés során fokozatosan derítjük fel a főesemény meghibásodási lehetőségeit, amelyek részrendszereket alkotnak, és tovább bonthatók, egészen addig, amíg meg nem kapjuk az elemi eseményeket.

Az elemeket és blokkokat úgynevezett *logikai kapukkal* kapcsoljuk egymáshoz, és fajtánként eltérő jelöléssel különböztetjük meg őket vizuálisan. Két leggyakoribb logikai kapcsolat az *ÉS* kapu, illetve *VAGY* kapu.




**5. ábra** *A teljes rendszer hibafája*

*ÉS* kaput akkor alkalmazunk, ha a kimeneti esemény akkor és csak akkor következik be, hogyha az összes bemeneti esemény bekövetkezik.

*VAGY* kapuval mutatjuk azt a kapcsolatot, ha a kimeneti esemény azonnal bekövetkezik, amint a bemeneti események közül bármelyik előáll.

A teljes rendszer működésképtelenségének valószínűsége a következő egyenlettel számolható:

$$P = 1 - \{(1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3)\} \qquad (7)$$

A rendszer 3 további blokkra oszlik. Az ***1***. blokk *ÉS* kaput tartalmaz, tehát akkor hibás, ha a ***11***. blokk *ÉS* az ***S*** elem *ÉS* a ***12***. blokk is hibás:

$$P_1 = P_{11} p_S P_{12} \qquad (8)$$

Az ***S*** elemen kívül mindkettő blokk tovább bontható. A ***11***. és ***12***. blokkok kétkét, egymással *ÉS* kapuval kapcsolt elemből állnak. Akkor nem működik a ***11***. blokk, ha a ***Q*** elem *ÉS* az ***R*** elem is hibás, illetve a ***12***. blokk, ha a ***T*** elem *ÉS* az ***U*** elem is hibás:

$$P_{11} = 1 - \{(1 - r_Q)(1 - r_R)\} \qquad (9)$$

$$P_{12} = 1 - \{(1 - r_T)(1 - r_U)\} \qquad (10)$$

A ***2***. blokk *ÉS* kaput tartalmaz, tehát akkor hibás, ha a ***V*** elem *ÉS* az ***W*** elem *ÉS* a ***X*** elem is hibás:

$$P_2 = p_V p_W p_X \qquad (11)$$

A ***3***. blokk is *ÉS* kaput tartalmaz, azaz akkor hibás, ha az ***Y*** elem *ÉS* az ***Z*** elem hibás:

$$P_3 = p_Y p_Z \qquad (12)$$

Minden elemnél a $p_i = 0{,}1$ meghibásodási valószínűséggel (ami megfelel az előző fejezetben példaként használt $r_i = 0{,}9$ esetnek) számolva a teljes rendszer működésképtelen állapotának valószínűsége: $P = 0{,}014560326$.

## 4. Következtetések

Jelen cikkben egy egyszerű példán keresztül bemutattuk a két legelterjedtebb megbízhatósági elemzési eljárást. Ezen módszerek a mérnöki gyakorlatban kiemelt fontossággal bírnak, hiszen segítségükkel

modellezhetők le a különböző rendszerek, gyártósorok, berendezések várható meghibásodása, élettartama, és így már azelőtt megtörténhet a beavatkozás, hogy a leállás bekövetkezne.

A fenti két megbízhatósági elemzés elsőre különbözőnek tűnhet, azonban gyakran átírhatók egymásba, és kölcsönösen kiegészítik egymást.

A **1. ábrá**n bemutatott rendszer teljes egészében megfeleltethető az **5. ábrá**n bemutatott hibafának. A főesemény, azaz a *Top Event* azt az állapotot mutatja, amikor a rendszer működésképtelen. A hibafa elemzésnél használt logikai kapuk a megfelelő párjai a blokk-diagram kapcsolatoknak: A hibafán a sorba kapcsolt ***1***, ***2***. és ***3***. blokkok közti megbízhatósági kapcsolatot itt a *VAGY* kapu jelképezi. A párhuzamos kapcsolású ***Y*** és ***Z*** elemek között *ÉS* kaput kell használni.

**1. táblázat.** *Az eredmények összehasonlítása különböző kiindulási értékek esetén*

| *Megbízhatóság* | | *Meghibásodás* | |
|---|---|---|---|
| $r_i$ | $R$ | $p_i$ | $P$ |
| 0,95 | 0,996901 | 0,05 | 0,003089 |
| 0,9 | 0,985440 | 0,1 | 0,014560 |
| 0,85 | 0,962948 | 0,15 | 0,037052 |
| 0,8 | 0,927636 | 0,2 | 0,072364 |
| 0,5 | 0,471680 | 0,5 | 0,528320 |

Végül egy összehasonlító táblázattal támasztjuk alá a fenti megállapítást, amely bizonyítja, hogy a megbízhatósági tényező és a meghibásodási valószínűség egymást remekül kiegészítik. Az **1. táblázat**ban különböző tetszőlegesen választott értékeket adtunk meg a rendszer elemeinek, majd ezekkel elvégeztük a számításokat a fent bemutatott egyenletek szerint. Az eredmények jól mutatják, hogy a kapott értékek egymást mindig úgy egészítik ki, hogy: $R + P = 1$. Ez gyakorlatilag a vizsgált rendszer kanonikus tulajdonságából adódik.

A cikkben felhasznált rendszer egy kiragadott részlete az [1] forrásban hivatkozott TDK dolgozatnak, melynek célja, hogy részletesen bemutassa a blokk-diagram módszer és hibafa elemzés kapcsolatát.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Farkas Levente: *Kanonikus struktúrák megbízhatósági elemzése*, Tudományos Diákköri Dolgozat, Budapest, 2015. (konzulens: Pokorádi László)

[2] Pokorádi László: *Hibafa érzékenységelemzése*, A XX. Fiatal Műszaki Tudományos Ülésszak Előadásai, Kolozsvár, 2015., pp. 263-266.

[3] Pokorádi László: *Komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatóságának moduláris érzékenységelemzése*, Repüléstudományi Közlemények, XXVII.(1), 2015., pp. 81-89.

## Köszönetnyilvánítás

Tanulmányunk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Műszaki Biztonságtudományi Szakműhely – *μβσ* – keretében készült el.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 153–156. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.29
http://hdl.handle.net/10598/29161

# BASIC INFORMATION NEEDS IN DISASTER SITUATIONS (CAPABILITIES AND REQUIREMENTS)

# A KATASZTRÓFAHELYZETEK ALAPVETŐ INFORMÁCIÓS IGÉNYEI (KÉPESSÉGEK ÉS KÖVETELMÉNYEK)

Farkas Tibor[1], Hronyecz Erika[2]

[1]*Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, 1101 Budapest, Hungária krt. 9-11., +36-1/432-9000/29-289, farkas.tibor@uni-nke.hu*

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Budapest, Népszínház utca 8; +36-1/666-5375, 1428 Budapest, Pf.:31, hronyecz.erika@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

The following paper would like to discuss the substantial communication requirements of command and control activities in different kinds of disaster and crisis situations. The key element of the success activity is the possessing of sufficient and valuable information, also the supply of information to the citizens. Thus, the organising and maintaining of an info-communication support system, which is capable to serve these requirements is inevitable. "This article was supported by the János Bolyai Research Scholarship of the Hungarian Academy of Sciences."

***Keywords**: disaster situation, communication, information, capabilities, requirements*

## Összefoglalás

Jelen közleményben a különböző típusú katasztrófa illetve válsághelyzetek felszámolására irányuló tevékenységek vezetés és irányításának alapvető kommunikációs igényeit kívánjuk bemutatni. A sikeres tevékenységek meghatározó eleme az elégséges és megbízható információk birtoklása, valamint a lakosság információkkal történő ellátása. Mindezekhez nélkülözhetetlen egy olyan infokommunikációs támogatás megszervezése és üzemeltetése, amely kiszolgálja ezen igényeket. „Jelen közlemény a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült"

***Kulcsszavak:** katasztrófahelyzet, kommunikáció, információ, képességek, követelmények*

## 1. Introduction

Nowadays it is light to see, that beyond the crisis situations threatening the international peace, which has been important in the past years (decades), ever growing focus has to be put on the maintaining of other, internal crises, the response to disaster situations as well. These can be of industrial, natural and other nature. The so called "migrant situation", affecting the EU largely, requires also a similar national, multinational problem solving from the countries' leadership. To maintain these activities successfully, efficient command and control is needed, which is unable to fulfil its task completely without information in sufficient quantity and quality.

## 2. Characterization of the activities

In Hungary, to prevent disasters, and eliminate their consequences, first of all, professional defence forces (disaster management, police, military, etc.) are outfitted, civilian organizations and citizens provide only support during these activities. National disaster relief is a complex defence system, which comprises of three elements:

- subsystem of disaster relief tasks;
- organizational- and institutional subsystem;
- resource subsystem. [1]

Regarding our writing, the tasks of the disaster relief are more important, which give us a fundament for the description of information requirements occurring during the procedure. Of course, the organizational subsystem is also quite important, since communication systems have to be secured to support the work of organizations, but latter are always being created to fulfil certain tasks and activities. Tasks of the disaster relief inheres prevention, defence and relief activities, which determine three partial fields, such as:

- civil protection,
- fire protection,
- industrial safety.

In order to proceed successfully, other defence organizations have also to be involved, and only cooperation can bring sufficient result. It is naturally to be noted, that the partaking of each certain organization is dependent on the given situation.

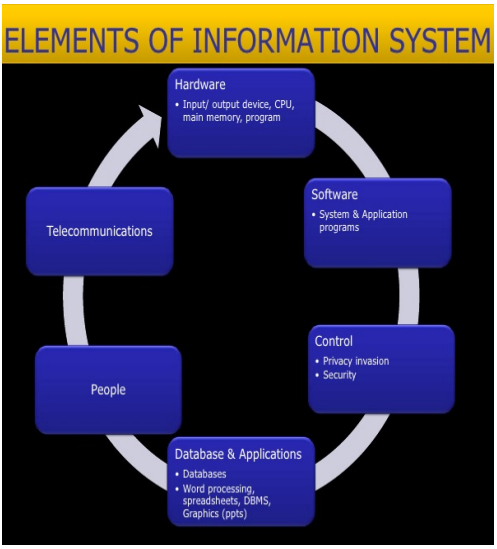
One can lightly see, that each organization is able to fulfil their sub-tasks on their own, but united command and control is inevitable element of the cooperative activity, which secures efficient work regarding the period of prevention, defence and relief as well. Beyond command and control, the field of constant informing of the population, the realization of public information subsystem, which is inevitable to the success, is also an important field of activity. Although constant supply of the citizens with reliable information is necessary, we have to proceed cautious during this; information security has to be kept in mind constantly.

From the beginning of the activity to the end of the relief, and the rebuilding work, constant cooperation and command is needed. Numerous kinds of staffs, operative groups and other organizations are created (for example in case of the red sludge disaster: Disaster Relief Operational Staff; Governmental Coordination Centre for Rebuilding; Rebuilding Disaster Relief Staff; Rebuilding Operative Group; and so on), in the coordination of which organizations, broadly planned and disposable communication and information network is a primary element.

This also shows that in such situations, collection, process, transmission and sharing of the information is of most importance during the organized work.

## 3. General characterization of the info-communication system

In most disaster situations, during the rescue procedure the united control of more organizational units (fire department, police, military, etc...) is realized, as described above. A communication and information platform has to be created with consideration to this, which can support these operations aiming the elimination of crisis, and their command and control effectively. To determine a sufficient system model, all the occurring requirements and capabilities are to be examined, which can serve with the fundaments of the creation, and the basics of a general information system model are to be considered. **Figure 1.** shows the elements of the information system. [2]




**1. figure**. *The general elements of the basic information system*

Info-communication support has to meet the requirements of the civilian as well as military and other defence organizations. Regarding this, I see the military requirements as being the most practical to be followed, since in general these determine a higher level of capabilities. (configuration, protection against physical impact, co-operability, protection of information, technical tools, etc...)

Much more important is the speed of transmitting the information, which speeds up leader's decision and execution, and also to what extent the information under our control is.

Experiences show, that maintaining the report system (info-communication system) secures the constant providing of the command with valuable information, the estimation and report of the occurred situation, and the credible information of the media. This secures quick decision, which is one key element of the success. In every case, the leader (assigned disaster relief expert) decides beyond the execution of tasks, about the utilization of partaking organizations and tools, requiring of central means and reserves, possible regrouping, and necessity of involving other organizations. [3]

The followings are to be precisely known during the creation of info-communication support:

- tasks to be executed;
- system of activity and deployment;
- number and nature of partakers, organizations;
- info-communication capabilities of professional control;
- tasks of the subordinate staff, system of activity;
- environment of the execution;
- available tools and infrastructure at hand.

One of the most important assumptions to the successful execution of info-communication tasks during the sound support activity is the constructive utilization of these principles, and the constant refreshing and using of new and efficient communication organizing methods, being most suitable to the created system of tasks. [4], [5] Naturally the differences of the civilian and defence organisations are affecting all these greatly.

To meet the expectations, the creation and constant maintenance of a complex emergency and disaster response information system is reasonable, based on the country-wide information networks of the involved organizations, the existing databases of the disaster relief department, the data secured by the different data collecting and inspection systems deployed and to be deployed, on the disaster relief-connected databases of partner organisations and institutes and on databases delivered by mutual data-service within international relationship and cooperation.

### 3.1. The service-based structure of the system

Service-based approach gives some help to define the structure of the system, and to select the technical elements of it. The info-communication system providing broad scale support secures the necessary information supply of the public service institutions (local government, Defence Committees), other leading organizations, and superior units, which is an element of information and report sub-system.

On the other hand, it provides the executing staff on the field (all of the involved organizations) with information infrastructure, communication modules and data bases required to their command and control procedure. Physically separated part of it can be the information module serving the population of the area being threaten or distressed, and the module providing information towards other organizations (media) obliged to inform.

Third, it secures data from different sensors, flying devices (camera-picture, sensor data, aerial picture, moving picture), and the transmitting of these as a part of the network securing the quick and real time information delivery in interest of the control of intervening forces (organizations, population). [6]

## 4. Conclusion

Summarized it can be said, that the prevention of crisis situations, and the responding to these are of a complex nature regarding the tasks and the organizational units as well. Key element of the execution success is the accurate command and control procedure, during which the decision support has to be supplemented with adequate info-communication system. The foundation of the realization is the definition of the services, based on which the possibility to report towards the superior, the control of the executing forces, the information of the population and the media, and the collection of data are to be secured.

## References

[1] Hornyacsek Júlia, Keszely László: *A katonai erők, képességek alkalmazása katasztrófák esetén.* Hadmérnök (ISSN 1788-1919) VIII. évfolyam 2. szám, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, pp.191-209.(2013)

[2] http://www.slideshare.net/Subjectmaterial/chap-17-managing-information-systems-and-communication-technology (downloaded 20.01.2016.)

[3] Rajnai Zoltán-Sándor Miklós: *Út a digitális kommunikációs rendszer felé (II.), Nemzetvédelmi* Egyetemi Közlemények (ISSN: 1417-7323) 1. évf.: (2. szám) pp. 217-229. (1997)

[4] Z. Rajnai – B. Puskas: *Requirements of the installation of the critical informational infrastructure and its management, interdisciplinary description of complex systems* (ISSN 1334-4684) (eISSN 1334-4676) 13: (1) pp. 48-56. (2015)

[5] Tóth András, Jéri Tamás, Pándi Erik: *A kommunikációs infrastruktúrákkal szembeni rosszakaratú tevékenységek,* Hírvillám (Signal Badge) (ISSN 2061-9499) I. évfolyam 1. szám., Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, pp. 276-288. (2010)

[6] Andras Toth: *Network centric communication sytems to support signal military decision making process* In: Proceedings of the international conference New Trends in Signal Processing (ISSN: 1339-1445), Slovac Republic, pp. 112-115. (2014)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 157–160.
http://hdl.handle.net/10598/29047
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.30

# ÚJ BIZTONSÁGI KIHÍVÁSOK AZ EURÓPAI UNIÓ TAGÁLLAMAIBAN – KONCEPCIÓFEJLESZTÉS AZ EURÓPAI BIZTONSÁGPOLITIKÁBAN

# NEW SECURITY CHALLENGES FACING THE MEMBER STATES OF THE EUROPEAN UNION - CONCEPT DEVELOPMENT IN THE EUROPEAN SECURITY POLICY

Farkas Tibor[1], Hronyecz Erika[2]

[1]*Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, 1101 Budapest, Hungária krt. 9-11., farkas.tibor@uni-nke.hu*

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Budapest, Népszínház utca 8; 1428 Budapest, Pf.:31, hronyecz.erika@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

Nowadays, the biggest, the most urgent task for the European Union is to handling the refugee crisis, which necessitate effective solutions. Towards, it is important to possess untinged radicalism and dissension, but unanimous common security and defence policy by principles and frameworks. The early implementation and the European-level coordination is really urgent considering the European and the global scene.

***Keywords**: European Union, security and defence policy, competitiveness, defence capabilities, military units of member states.*

## Összefoglalás

Napjainkban az Európai Unió legnagyobb és legsürgetőbb, hatékony megoldásra váró feladata az elmúlt hónapokban eszkalálódott menekültválság kezelése. Ehhez viszont mindenképpen szükséges egy széthúzásoktól és szélsőségektől mentes, egy irányba tartó, meghatározott működési elvekkel és keretekkel bíró közös biztonság- és védelempolitika, melynek az európai szintű összehangolása, mielőbbi megvalósítása nemcsak az európai, hanem a globális viszonyokat és állapotok tekintetve is sürgető erővel bír.

***Kulcsszavak:** Európai Unió, biztonsági- és védelempolitika, együttműködés, védelmi képességek, katonai tagállami egységek.*

## 1. Bevezetés

A hidegháborút követően Európát tekintve a nemzetközi rendszer szereplőinek száma megnövekedett, - a transznacionális nagyvállalatok, nem kormányzati szervezetek (NGO), különböző érdekcsoportok és egyének megjelenése által - horizontálisan és vertikálisan is kiszélesedett, és a korábbi évekhez viszonyítva komplex gazdasági, társadalmi és politikai átalakuláson ment át, melynek eredményeképpen új biztonsági kihívásokkal szembesült. A globális katonai

szembenállás megszűnésével elhárult egy nukleáris világháború veszélye, a világ országainak biztonságát azonban továbbra is számos, korábban nem létező, nem ismert vagy egyszerűen csak fel nem ismert tényező veszélyeztette és veszélyezteti napjainkban is [1].

Az elmúlt több mint 20 év alatt mind globális mind pedig európai szinten számtalan olyan biztonságot fenyegető esemény és tényező generálódott, melyek komoly kihatással voltak az Európai Unió biztonságpolitikájára, annak alakulására.

## 2. Új kihívások az Európai Unió biztonságát fenyegető tényezők tekintetében

A 90-es évekhez képest a 2000-es évektől kezdődően az EU egyre egységesebb és erősödő nemzetközösség képét mutatta mind a globális mind a regionális gazdasági és politikai történések és változások alakulása és alakítása tekintetében. A bipoláris világrend felbomlása után a többpólusú világrend kialakulását követően szembesülni kellett olyan új illetve korábban már létező, de most felerősödni látszó, a tagállamok társadalmát, térségét és területi egységét érintő kihívásokkal és fenyegetettségekkel, melyekre az EU látszólag képes volt reagálni és hosszabb-rövidebb távon megoldást találni. A globális és regionális jellegű veszélyforrások, melyek megjelenése és felerősödése komoly kihatással volt az Unió biztonságát illetően és kalkulálni kell velük napjainkban is a következők:

- regionális fegyveres konfliktusok ,
- instabil államalakulatok, föderációk romjain megjelenő agresszív nacionalizmusok ,
- etnikai, vallási alapon történő népirtás,
- a militáns iszlám fundamentalizmus terjeszkedése ,
- nemzetközi terrorizmus,
- szervezett bűnözés ,
- a jelentős demográfiai robbanás, és az azt követő népmozgás,
- tömeges éhezés, a világgazdaság egyensúlyának megbomlása fejlett és elmaradott térségekre,
- kezelhetetlen tömeges migráció,
- lökésszerű, intenzív menekülthullámok az emberi, kisebbségi jogok súlyos megsértése következményeként,
- az emberi faj egészségkárosodása járványok vagy egyéb okok, katasztrófák következtében,
- ipari és természeti katasztrófák,
- a természeti környezet visszafordíthatatlan károsodása ,
- a katonai technológiák proliferációja,
- a nukleáris fegyverek, sugárzó vagy mérgező anyagok illetéktelenek kezébe kerülése (illegális úton, megvásárlás vagy gyártás útján, az előállítás elméleti-gyakorlati ismereteinek, szakembereinek megszerzése) [2].

A felsorolt pontokat nem lehet sorrendbe állítani, hiszen prioritásuk, várható hatásuk és bekövetkezési valószínűségük állandóan változik. Ma az EU-t érintő, sürgősen megoldásra váró problémát az Unió irányába történő tömeges migráció jelenti. Az európai migrációs válság oka és kiindulópontja, hogy Afrika illetve a Közel-Kelet egyes országaiban a különböző fegyveres konfliktusok, a politikai és vallási üldöztetés és az ezekből következő gazdasági ellehetetlenülés hatására tömegével indultak az emberek egy jobb élet reményében Európa irányába, ahol reményeik szerint letelepedést, munkát, megélhetést, nyugodtabb életkörülményeket, jövőperspektívákat, egyszóval biztonságot találjanak maguknak és családjuk számára.

A migráció biztonságpolitikai értelmezése nem új jelenség, csupán az utóbbi hónapok során lezajlott események hatására komoly intenzitással kapott hangsúlyt újra. A migráció a ki- és bevándorlás során egyes népességrészek földrajzilag elmozdulnak,

átmenetileg vagy véglegesen települési területet változtatnak.

Az aktuális migrációs jelenség lereagálása és kezelése hatalmas erőfeszítést igényel az Unió tagállamaitól, hiszen ekkora méreteket öltő, célzottan Európa szívébe irányuló bevándorlással még nem találta magát szembe a közösség. A XIX. század elején volt ugyan komolyabb népmozgás, de az annyiban különbözött a jelenlegi helyzettől, hogy az európai kontinensről kifelé is volt számottevő mozgás – főként az amerikai kontinens irányába - , nemcsak befelé áramlott a népesség, ami által ha nem is éppen egyensúlyi állapot alakult ki, de közel sem volt olyan kritikus a helyzet, mint napjainkban. A jelenlegi állapot nagy odafigyelést, határozottságot, komoly összefogást és gyors reagálást igényel az Unió tagállamaitól, a széthúzás és az időhúzás súlyos problémákhoz vezethet. Ha a tömeges migráció kezelését szervezetlenség és az egységes fellépés hiánya jellemzi, akkor a jelenség egyfajta ellenőrizhetetlen és irányíthatatlan jelleget ölthet, veszélyeztetve ezzel a célországok saját belső és egyben az Unión belüli stabilitását. [3] Komoly feladat a megfelelő és hatékony egyensúlyi állapotot megtalálni, hiszen az Uniót nyitottság kell jellemezze, de oly módon, hogy ez ne veszélyeztesse a tagállamok biztonságát. A napjainkban zajlódó migrációs folyamatok mértékének intenzitása illetve annak kezelése viszont óriási kihívás elé állítja az EU-t, nehéz megtalálni azokat a pontokat és megoldásokat, melyek alkalmazásával kezelhetővé válik ez a jelenség anélkül, hogy az Unió egyes államai ne lennének akár gazdaságot akár társadalmat érintő veszélynek kitéve. Az tény, hogy az Uniónak az öregedő népesség támogatása és annak utánpótlása, illetve egyéb társadalmi és gazdasági problémák leküzdése érdekében jelentős bevándorlásra van szüksége, viszont ahhoz, hogy a megoldásra váró feladatok és kihívások a várt eredményeket produkálják, uniós szinten egy erősen szabályozott, egységes bevándorláspolitikát kell alkalmazni.

## 3. A migráció által generált lehetséges kockázatok, melyek kihatással vannak a tagállamok belső működésére

A migrációnak, mint jelenségnek számos területet illetően akadnak kockázatai. Ide sorolhatók:

- politikai kockázatok,
- biztonsági kockázatok,
- gazdasági kockázatok,
- szociális kockázatok,
- kulturális veszélyek,
- demográfiai kockázatok.

Politikai feszültségek adódhatnak a kialakult/ átalakult politikai intézményrendszer és erőviszonyok megváltozása miatt, új kisebbségi pártok és erőcsoportok jelenhetnek meg, a politikai verseny etnikai jelleget ölthet, az ország idegen etnikai-politikai érdekek ütközésének terepévé válhat. A biztonsági kockázatok tekintetében két beszélhetünk nemzetbiztonsági és közbiztonsági rizikófaktorokról. A nemzetbiztonsági kockázatok szintjén számolni lehet az ország védelmi képességének gyengülésével, földalatti kulturális és politikai mozgalmak szerveződésével, fundamentalista vallási tevékenységek folytatásával és akár politikai terror alkalmazásával is. [4] A közbiztonság területén új, specifikus bűnözési formák és módszerek jelenhetnek meg, és a döntéshozatali formák nem törvényes befolyásolása által fokozódhat a korrupció. A gazdasági kockázatok főbb megjelenési formái a nemzeti források, tőkék és tőkejövedelmek aránytalanul oszlanak el a többség és a kisebbség között, egyensúlyi problémák keletkezhetnek a munkaerőpiacon, a munkavállalók képzettsége, szociális és kulturális háttere befolyásolhatja a vállaltok, illetve a nemzetgazdaság regionális és nemzetközi versenyképességét. A szociális kockázatok körébe tartozik a szociális gon-

doskodási és elosztási rendszerek finanszírozási problémái és a rendszerben bekövetkező funkciózavarok, szociális és földrajzi elkülönülés a többségtől, közegészségügyi kockázatok. A kulturális veszélyek körébe tartozik a kúlturjavakhoz (oktatás, művelődés) való hozzájutás aránytalanságai, kulturális és vallási értékrendek megváltozása, a társadalom kulturális szétforgácsolódása. [5]

## 4. A migráció uniós szintű kezelése

Általánosságban elmondható, ahhoz, hogy a bevándorlás és ezen belül a beilleszkedés folyamata az adott egyének esetében eredményesnek mondható legyen, és a fent felsorolt veszélyek minimálisra csökkenthetők legyenek, alapfeltétel az adott országba, az adott ország társadalmába történő sikeres integráció. Ennek számos feltétele van, melyek közül a legkiemelkedőbbek:

- az integrációra vonatkozó uniós keret megszilárdítása;
- a sokféleség kezelésének, valamint az integrációs politikák eredményei értékelésének támogatása az EU országaiban;
- a frissen érkezett bevándorlókat megcélzó integrációs programok támogatása;
- egyenlő előmeneteli lehetőségek biztosítása a harmadik országokból érkező, legális munkavállalók számára;
- a szociális biztonsági rendszerek egységes alkalmazása a bevándorlók és az uniós állampolgárok esetében;
- a bevándorlók társadalmi szerepvállalásának fokozását célzó eszközök kidolgozása;
- az EU menekültügyi politikájának folyamatos alkalmazása – az intézkedések továbbfejlesztése mellett –, különösen a Bizottság menekültügyi politikai terve révén.

## 5. Következtetés

Az migráció konfliktusokkal járó társadalmi folyamat. Mind a befogadó, mind a letelepedő népesség részéről nagyfokú toleranciára van szükség a konfliktusok eredményes kezelése érdekében. Különösen nehéz feladat ez, ha a két felet jelentős kulturális, vallási, és civilizációs különbség választja el. Az Európai Unióra – bár erejét és akaratát megtöbbszörözve és megerősítve igyekszik helytállni a jelenség kézbentartását és megoldását tekintve – még nagyon sok erőfeszítés és munka vár a migráció és az azzal járó következmények stabil kezelését illetően.

### Szakirodalmi hivatkozások


[1] Forgács, Kaló, Németh: *Aszimmetrikus kihívások a haderő, az állam, valamint a társadalom viszonyában*; Hadtudomány 25. évf. (1-2), Budapest, pp.106-110. (2015)

[2] Fregan Beatrix: *Pourquoi la guerre informatique?* In: Kommunikáció-2002, Budapest, 2002., ZMNE, pp. 51-54. (ISBN:963-86229-2-X)

[4] Fregan Beatrix: *A Francia Köztársaság katonai stratégiája az európai védelem alakításában a hidegháborút követő időszakban*, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, pp.127, doktori értekezés

[3] http://kisebbsegkutato.tk.mta.hu/uploads/files/POCZIK_PUBLI_PPT_BIZTPOLSZEKC_Nemzetkoezi_migracio_es_biztonsagi_veszelyek.pdf

[4] Dr. Vámosi Zoltán: *Biztonságpolitikai kihívások a 21. század küszöbén*; http://habe.hu/uploads/media_items/biztonsagpolitikai-kihivasok-a-21_-szazad-kuszoben.original.pdf (letöltve: 2016.01.14.)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 161–164.
http://hdl.handle.net/10598/29050
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.31

# BEÁGYAZOTT RENDSZER FEJLESZTÉSE TÖMEGSPEKTROMETRIÁS MÉRÉSEK ETHERNET ALAPÚ HÁLÓZATON VALÓ TOVÁBBÍTÁSÁRA

# DEVELOPMENT OF AN EMBEDDED SYSTEM FOR ACCESSING MASS SPECTROMETRY MEASUREMENTS THROUGH ETHERNET NETWORK

Fekete Albert-Zsombor[1], Jakab-Farkas László[2]

*Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, 540485, Románia, Marosvásárhely, Segesvári út 1C;*

*[1]zsombor.fekete@tetronic.ro, [2]jflaci@ms.sapientia.ro*

## Abstract

Nowadays the „Internet of Things" is an emerging topic. As a result, the remote access of various research equipments, as well as their ability to operate independently, plays a very important role. The study aims to present the communication interfaces of a mass spectrometer-based measuring equipment developed for determining the partial pressures and the composition of the gas mixture in a reactive magnetron sputtering process used to create wear-resistant thin-film coatings. Some of the key problems that appeared during the development process are pointed out in the paper.

***Keywords**: embedded system, mass spectrometer, Ethernet network, TCP server, delayed acknowledgement*

## Összefoglalás

Napjainkban a „Tárgyak Internete" egyre nagyobb teret nyer, és ennek eredményeképpen a kutatómunka során használt eszközök, berendezések önálló működésre való képessége, valamint a távolról történő elérésének és irányításának lehetősége igencsak fontos szerepet tölt be. Jelen tanulmány a kopásálló vékonyréteg bevonatok előállításánál alkalmazott reaktív plazmaporlasztási folyamat gázelegy-összetételének és parciális nyomásainak meghatározására épített tömeg-spektrométer alapú mérőberendezés kommunikációs interfészeit kívánja bemutatni, rámutatva a fejlesztési folyamat során megjelenő jellegzetesebb problémákra és ezek kiküszöbölésére.

***Kulcsszavak:** mikrovezérlős beágyazott rendszer, tömegspektrométer, Ethernet hálózat, TCP szerver, késleltetett nyugtázás*

## 1. Bevezető

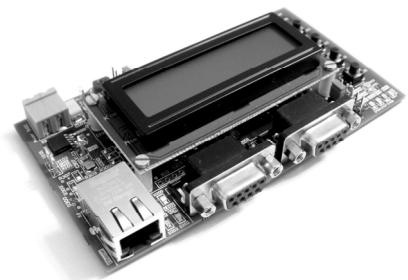
A „Tárgyak Internete" egy feltörekvő téma, amely az mindennapi élet, az ipar és a kutatás valamennyi területét érinti. Egyre több berendezéssel szemben támasztott alapvető követelmények között bukkanunk rá az irányzat sajátosságaira. A rendszerek adatot gyűjtenek, kiértékelnek, szabályoznak és természetesen képesek hálózaton keresztül történő adatcserére is.

A Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Marosvásárhelyi Karán működő Vékonyréteg Fizika Kutatólaboratórium

egyik kutatási területe a kopásálló bevonatok reaktív plazmaporlasztási eljárás útján történő előállítása és tanulmányozása. A porlasztási folyamat rendkívül instabil és elengedhetetlen a paraméterek (pl. porlasztási teljesítmény, rétegnövekedési sebesség) mérése és szabályozása [3]. A konstans rétegszerkezet elérésének érdekében szükségessé vált a reaktív gázok parciális nyomásainak mérése és szabályozása. A tanulmány célja ismertetni a megépített mérőberendezés kommunikációs interfészeinek kialakítását.

## 2. A beágyazott osztott rendszer

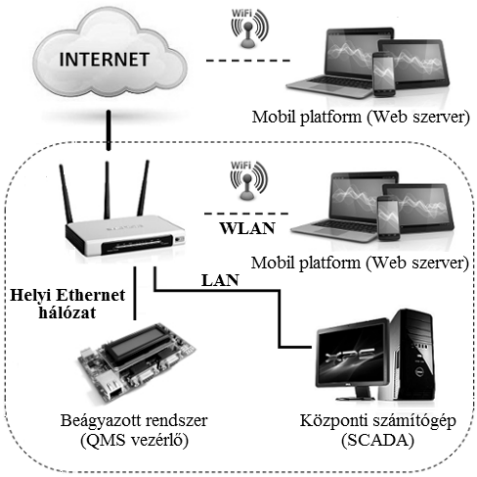
A saját fejlesztésű beágyazott rendszer PIC32MX795F512L (32 bit-es architektúra) és dsPIC33FJ128MC706A (16 bit-es architektúra) mikrovezérlőkre épülő platform (1. ábra), amely a kvadrupól típusú tömegspektrométer és a vákuum-rendszer összes alegységének (vákuum-szivattyú, turbomolekuláris szivattyú, nyomásmérő, vízhűtő rendszer) működtetéséhez szükséges funkciók beágyazhatóságát hivatott biztosítani [1].



**1. ábra.** *A saját fejlesztésű beágyazott mikrovezérlős osztott rendszer.*

## 3. A helyi kommunikációs hálózat felépítése

A beágyazott osztott rendszer egyik alapvető feladata lehetővé tenni a kvadrupól típusú tömegspektrométer (QMS) távolról történő irányítását, valamint a reaktív plazmaporlasztási folyamat során kapott mérési adatok Ethernet alapú hálózaton történő elérését. Az Ethernet hálózat használatának előnye a mi esetünkben nem csak a gyors és flexibilis adatcserében, valamint az alacsony kiépítési költségekben rejlik, hanem a laboratóriumban már meglévő hálózati infrastruktúra felhasználásában is. Az eljárás segítségével csökkenteni tudtuk a beüzemelési időt, és ugyanakkor a jövőre nézve a különböző rendszermódosításokhoz szükséges fejlesztési időt is.

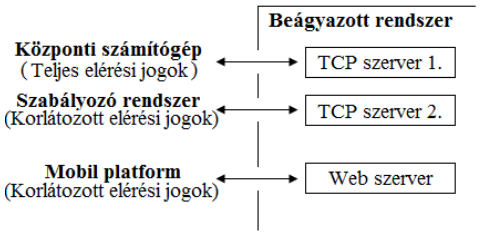



**2. ábra.** *A laboratórium Ethernet hálózatának kialakítása és a tömegspektrométer irányításáért felelős beágyazott osztott rendszer csatlakoztatása.*

Az **2. ábra** szemlélteti az Ethernet hálózat használatának egy másik tagadhatatlan előnyét is. A különféle számítástechnikai eszközök, mobil platformok egyidőben csatlakoztathatóak a hálózathoz, és ezáltal bármelyik igénybevételével könnyedén hozzáférhetünk a tömegspektrométer valamennyi paraméteréhez és a mérési adatokhoz.

Az Ethernet hálózaton keresztül történő adatcsere két legfontosabb megkötése a megbízható és vesztességmentes kommunikáció biztosítása. Ennek elérése érdekében kapcsolat alapú protokollt vettünk igénybe. Két TCP szervert ágyaztunk be

mikrovezérlőbe (**3. ábra**), ezáltal két helyi (LAN) elérési lehetőséget biztosítottunk a központi számítógépen futó testreszabott SCADA alkalmazás, valamint a reaktív gázok parciális nyomásainak szabályozására készülő különálló beágyazott rendszer számára.

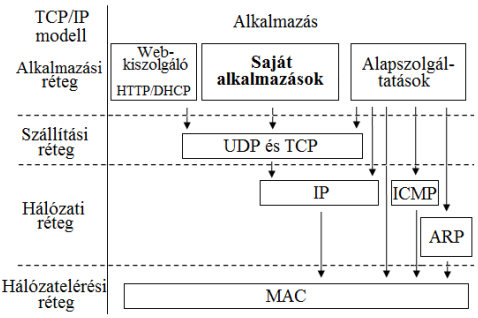



**3. ábra.** *A beágyazott rendszer kommunikációs interfészei.*

A kliens alkalmazások előre rögzített statikus IP címek és portok ismeretében kapcsolódnak a mérőberendezéshez. A két független TCP szerver implementálásával lehetőségünk nyílt különböző szintű hozzáférési jogok használatára is. A jogok hozzájárulnak a mikrovezérlő erőforrásai-nak gazdaságos használatához, főként ami a tárhely és a RAM memória felhasználását illeti, hiszen minden adatcsatorna csak dedikált csomagokat tartalmaz.

### 3.1 A TCP/IP referencia modell rétegei

A kommunikációért felelős mikrovezérlő program fejlesztésének kiindulópontja a Microchip TCP/IP stack-je [2], amelyben a különböző modulok „látszólag párhuzamos" végrehajtásáról az együttműködő többfeladatos feldolgozás [2] (*„Cooperative Multitasking"*) gondoskodik. Ennek mintájára az alkalmazási rétegbe beágyazott saját fejlesztésű alkalmazásaink is ugyanezt a modellt követik. Voltaképp minden feladatot le kell osztani több kis részfeladatra, ügyelve arra, hogy ne legyen köztük adatfüggőség. Ez a megoldás egy véges állapotú automata implementálását feltételezi, amely lehetővé teszi a több kis részfeladat szekvenciális végrehajtását.




**4. ábra.** *Mikrovezérlős alkalmazás felépítése - Microchip TCP/IP Stack rétegei [2].*

Mivel az együttműködő feldolgozás esetében nincs felsőbb szintű arbitráló egység, ezért alapkövetelmény a kivárásos függvények elkerülése, valamint a részfeladatok maximális végrehajtási idejének korlátozása, annak érdekében, hogy egyetlen algoritmus se monopolizálja a rendszer erőforrásait. Tanulmányozva a stack felépítését, valamint figyelembe véve a saját megkötéseinket, ezt a maximális időt 3ms-ra rögzítettük, valamint az egy ciklus alatt végrehajtható részfeladatok maximális számát 30-ra korlátoztuk.

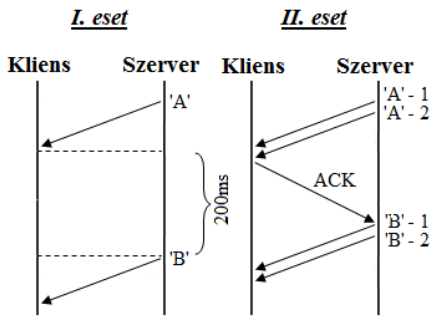
### 3.2 A TCP szerver

A fejlesztés során sikerült megoldást találnunk a TCP protokollba beépített késleltetett nyugtázás *(„Delayed Acknowledgement"*) által eredményezett jelentős adatátviteli sebességkorlátozásra is. A késleltetett nyugtázás a csomagonkénti visszajelzésből adódó fölösleges adatforgal-mat hivatott csökkenteni, azonban jelenléte a sajátos alkalmazásunkban hátrányt jelentett.

Hibrid kommunikációról beszélhetünk, hiszen a szerver kérésre is, de önállóan is kezdeményezhet adatküldést.

A protokoll szerint, minden csomag sikeres átvételét a kliensnek nyugtáznia kell, hiszen csak ekkor történik meg a szerver alkalmazás bufferének kiürítése és a soron következő csomag betöltése. Amennyiben a kliens alkalmazás nem jelez vissza, egy 200ms-os időkorlát túllépése után automa-

tikusan engedélyeződik a szerver kimeneti bufferének ürítése, de ez jelentős sebességcsökkenést eredményez (**5. ábra *I. eset***). Két módon kerülhető el a jelenség: a kliens minden egyes megkapott csomagra küld egy választ (akár hasznos információ nélkül), ehhez csatolva az előző üzenet nyugtázását, vagy a szerver két egymás utáni csomagot küld, amelyek után a kliensnek kötelező módon nyugtáznia kell a sikeres átvételt. Mi a második megoldást választottuk, amely feltételezi a szerver oldalon az adott csomag felbontását két részcsomagra (**5. ábra *II. eset***). A hiba kiküszönölésére implementált módszer lehetővé tette a Mb/s nagyságrendű adatátviteli sebesség elérését a beágyazott rendszer és a számítógépes alkalmazás között.




**5. ábra.** *Adatcsere a beágyazott rendszer és a számítógépes alkalmazás között.*

A sajátos alkalmazásunk különböző méretű adatcsomagok használatát feltételez-te, amelyek bájt és kilóbájt nagyságrendűek is lehetnek. Ennek eredményeképpen felmerült egy másik kérdés: hogyan választjuk meg a TCP szerver kimeneti bufferének méretét? Amennyiben a legnagyobb csomag méretét vesszük alapul, pazaroljuk a mikrovezérlő memóriáját, viszont ha egy kisebb méretet definiálunk, akkor az ennél nagyobb méretű csomagokat akár több részre is fel kell osztani, és ez a művelet többlet számítási kapacitást igényel. Az általunk javasolt megoldás a leggyakrabban használt csomag méretének megfelelően megválasztani a kimeneti buffert.

Mindkét esetet gyakorlatban is megvizsgáltuk, s figyelemebe véve az elenyésző sebességbeli különbséget, cél-szerűbbnek találtuk a második, memória-takarékosabb módszert alkalmazni.

## 4. Következtetések

A fejlesztési munka során sikerült egy olyan beágyzott rendszert kialakítanunk, amely Ethernet hálózatra csatlakozva lehetővé teszi a mérőberendezés paramétereinek és mérési eredményeinek táblagép, okos telefon, számítógép, vagy akár más beágyazott rendszer segítségével történő elérését. A kidolgozott algoritmusok, sajátos megoldások hozzájárultak a beágyazott rendszer erőforrásainak optimális felhasználásához.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönjük Dr. Bíró Domokosnak, Dr. Papp Sándornak és Dr. Kelemen Andrásnak a mérőberendezés tervezése és kialakítása során nyújtott nélkülözhetetlen segítségüket.

### Szakirodalomi hivatkozások

[1] Fekete, A.-Zs.; Jakab-Farkas, L.: *Parciális nyomások mérésére alkalmas beágyazott rendszer fejlesztése reaktív porlasztóberendezés számára*. A XV. Műszaki Tudományos Ülésszak Előadásai, EME kiadó, Kolozsvár, 2014. november 22., http://eda.eme.ro/handle/10598/28465, 87-90

[2] *** TCP/IP programcsalád leírása: Microchip TCP/IP Stack Help (verzió: 5.42.08 - 2013).

[3] Fekete, A.Zs., Jakab-Farkas, L., Papp, S., Balogh, T.Cs.: *Dynamic Pressure Control in Reactive Sputtering Process*. Acta Universitatis Sapientiae, Electrical and Mechanical Engineering 4, 2012, pp. 33-44.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 165–168. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.32
http://hdl.handle.net/10598/29129

# A MAGASFESZÜLTSÉGŰ TÁVVEZETÉKEK TARTÓOSZLOPAINAK SZERKEZETVIZSGÁLATA

# STRUCTURAL ANALYSIS OF OVERHEAD ELECTRICAL LINE LATTICE STEEL TOWERS

Feleki Attila

*Kolozsvári Műszaki Egyetem: Építőmérnöki kar, Szerkezet-építőmérnöki szak, Cím: 400020, Románia, Kolozsvár, Constantin Daicoviciu utca, 15 szám; Telefon / Fax: +40264 401250, attila.feleki@cif.utcluj.ro*

## Abstract

The paper represents a multidisciplinary approach to structural analysis and reverse engineering of electricity transmission tower structures through the combination of laser scanning technology and buckling analysis methodology. Many power line lattice steel towers were installed 50-60 years ago and are still in use. Even the design methods have been developed, the norms are still lacking precise information in terms of deformation limits and second order theory analysis. Numerous tower types have been analyzed, differences in the global structural behavior of towers have been found.

***Keywords**: transmission towers, structural engineering, buckling analysis, 3D laser scanning.*

## Összefoglalás

A rácsos acélszerkezetek széles körben használt szerkezettípusok, leggyakrabban a magasfeszültségű távvezetékek hálózataiban fordulnak elő. Ezen hálózatoknak nagyrésze több mint hatvan éve használatban van, többségük szemmel látható károsodásokat szenvedett. Habár a tervezési módszerek fejlődtek, az érvényben levő szabványok számos pontatlanságot tartalmaznak. A dolgozat egy multidiszciplináris szerkezeti analízist mutat be, háromdimenziós térleképző technológia felhasználásával. A módszert sikeresen alkalmaztuk egy sarokfeszítő oszlop elemzésénél, a kihasz-náltsági eredményeket vizsgálva, jelentős eltéréseket észleltünk a szerkezet globális viselkedésében.

***Kulcsszavak:** távvezetékek tartóoszlopai, szerkezeti elemzés, kihajlás vizsgálat, 3D térleképzés.*

## 1. Bevezetés: Általánosságok a magasfeszültségű távvezetékek tartóoszlopairól

Jelen pillanatban a magasfeszültségű távvezetékek fejlesztése és karbantartása számos nehézségbe ütközik. A rendszeres terepi ellenőrzések és felmérések magas költségei mellett ez az ágazat jelentős negatív hatást gyakorol úgy a környezetre, mint egyéb más gazdasági tevékenységre. Ezeket a tényezőket figyelembe véve a vállalatok, amelyek ezeket a hálózatokat használják inkább a meglévő szerkezetek rehabilitációját és megfigyelését részesítik előnyben, mintsem az újak építését. A mérnöki beavatkozás viszont egy jól kigondolt szerkezetelemzési folyamatot igényel.

A magasfeszültségű hálózatok acél tartópilléreit világszerte rácsos szerkezetként tervezik. Az oszlop elemei mindkét végükön csuklós kötéssel rendelkező rudakként vannak kialakítva, amelyek csak normál igénybevételt adnak át, a keresztmetszet számára hátrányos hajlító igénybevételek nélkül. A szabvány nem kötelez a kihajlások ellenőrzésére, pedig a valós léptékű

kisérletek nagyobb kihajlást eredményeztek, mint az elméleti elasztikus modellek számolási eredményei. Hasonlóképpen fontos kiemelni, hogy a megvizsgált oszlopok 25%-a a számolt kihajlás elérése előtt összedőlt, több esetben pedig az elméleti és reális tönkremeneteli mód között is eltérést észleltek [1].

### 1.1. Oszloptípusok

Az érvényben levő szabvány [1] alapján a magasfeszültségű távvezetékek tartóoszlopai funkcionális szempontból a következő típusokra oszthatók (***1. ábra***):

- tartóoszlopok – felfüggesztett pozícióban elhelyezkedő vezetők, leggyakrabban előforduló típus;
- végfeszítőoszlopok – a hálózatok legvégén elhelyezkedő oszlop;
- feszítőoszlopok – a vezetők rögzítéséért felelős, szerelési fázisban támasztó szereppel rendelkezik;
- sarokfeszítőoszlopok – a hálózat irányváltásait áthidaló oszlop;
- beavatkozási oszlopok – javítások esetén ideiglenes szerepet töltenek be.

**1. ábra.** *Tartóoszlop típusok (balról jobbra a felsorolás sorrendjében)*

### 1.2. Teheresetek és teherkombinációk

A tartópillérek számolásában és méretezésében a következő terheseteket különböztethetjük meg:

- szélteher, amely a hálózaton belül a vezetőkre, szigetelőkre és az oszlopokra is hatással van;
- az oszlop önsúlya, valamint a szerkezet és vezetékek jegesedéséből származó plusz önsúly (***2. ábra)***;
- hőmérsékletbéli különbségből származó vezetőhúzások.

**2. ábra.** *Tartóoszlopon megfigyelhető jegesedés*

A teherkombinációk oszloptípusokként és működtetési szempontok szerint változnak. Megkülönböztetünk általános terhelési állapotot, károsodott vezetői állapotot és a szerelési fázisokat.

Az analízisekben a legkedvezőtlenebb kombinációkkal számoltunk:

- vezetőre ható merőleges szélteher jegesedéssel egyidejűleg (N2);
- vezetőhúzásból származó különbözet jegesedéssel egyidejűleg (N8);
- vezetőre ható merőleges szélteher jegesedéssel kombinálva - végoszlop esetében (N10);
- vezetőhúzásból származó különbözet jegesedéssel kombinálva - végoszlop esetében (N12);
- vezető szakadása merőleges szélteher és jegesedés hatására (A1).

Fontos kiemelni, hogy a terhelések esztimálásánál a szabvány kifejezetten tág értékválasztási lehetőséget kínál a tervező-mérnököknek a biztonsági együtthatók meghatározásánál (1.80 és 1.00 között a jegesedés esetében). A leggyakoribb globális szerkezeti tönkremenetel okai között egyértelműen a jegesedés és szél kombinált hatása szerepel (***3. ábra)***, a biztonsági

együttható nagyon tág keretek közötti megválasztása hozzájárulhat a szélsőséges terhelési értékek alábecslésében.

**3. ábra.** *Szél- és jégteher hatása (forrás: http://www.electrica.ro/comunicat-de-presa-7-02-2012/)*

## 2. Tartóoszlopok geometriai tökéletlenségei a szakirodalomban

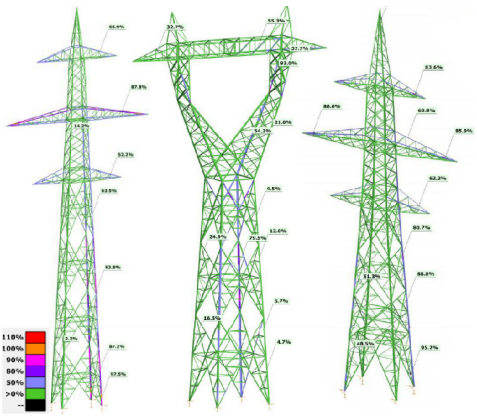
A kutatási folyamatban elemeztük és összehasonlítottuk a három jelenleg érvényben levő szabványt [2,3,4]. Statikai szempontból a tartópillérek elsőrendű számítással vizsgálhatók, a globális analízisben pedig a rudak mindkét végükön csuklós kötéssel modellezhetőek. Nincsen meghatározva egy világos kihajlási határérték az 5.1. (5) fejezetben [4], amelytől kötelező a másodrendű statikai számolás (geometriai nemlinearitás tekintetében a másodrendű számítás figyelembe veszi, hogy a szerkezet globális deformációi valamelyest megváltoztatják a terhek hatását, tehát extra hajlító igénybevételek keletkeznek).

A szakirodalom leggyakrabban a szélteher vezetőkre való dinamikus hatásaival foglalkozik, stabilitást vizsgáló végeselemes kutatások pedig kis számban fordulnak elő [5]. A szerkezetek méreteiből kifolyólag valós arányú kisérletek nagyon költségesek és ritkák [6]. Mindezen érvek támogatják egy új technológia bevezetését, amely 3D térleképzés segítségével méri fel a létező oszlopokat és azok geometriai tökéletlenségeit.

## 3. Esettanulmány

A szerkezet teherbírásának meghatározása érdekében 15 különböző típusú oszlopot elemeztünk Consteel 9.0 acélszerkezet tervező szoftver segítségével. Az analízis folyamán az átlagban 45 éve üzemelő tartópillérek terepen lévő tényleges helyzetét figyelembe véve számoltuk a terheléseket.

Az oszlopok globális szilárdságtani elemzése az EN-1993-1-1, 6.2.1 (7) alapján történt. Emellett stabilitási érzékenység vizsgálatot is végeztünk, melynek során beazonosítottuk a stabilitásvesztésre hajlamos rudakat (**4. ábra.**)



**4. ábra.** *Kihasználtsági százalékok*

### 3.1. Szilárdságtani és stabilitási vizsgálatok eredményei

A vizsgálatok alapján az oszlopok két csoportba sorolhatók. Az első csoportba úgy szilárdsági mint stabilitási követelményeknek megfelelő típusok kerültek (Y oszlopfejjel rendelkező tartó-, feszítő- és végfeszítő oszlopok), a másodikba pedig a stabilitási szempontból nem megfelelőek (fenyőfa oszlopfejjel rendelkező tartó-, feszítő- és végfeszítő oszlopok, valamint portál szerkezetű oszlopok).

### 3.2. Sajátos modellezési problémák egy sarokfeszítő oszlop esetében

A valósághoz minél közelebb álló eredmények elérése érdekében egy 37.2 m magas sarokfeszítő oszlopot 3D lézerszkennelő technológia segítségével feltér-

képeztünk. Az elméleti, tökéletes geometriával vizsgált modelleket összehasonlítottuk a mérés során kapott reális geometriájú oszloppal, és három különböző modellt építettünk fel:

- Mod.1 - tökéletes geometria, minden rúdvég csuklós kötésű, egymásnak háttal elhelyezkedő szögvasak egy kompozit profilként számolva, 1.8-as jegesedési együtthatóval;
- Mod.2 - tökéletes geometria, minden rúdvég csuklós kötésű, egymásnak háttal elhelyezkedő szögvasak két külön profilként számolva, 1.8-as jegesedési együtthatóval;
- Mod.3 – átlók reális tökéletlensége figyelembe véve, az oszlop fő tartóelemei közti kapcsolat folytonos kötésként, 1.8-as jegesedési együtt-hatóval számolva.

**1. táblázat.** *Sarokfeszítő oszlop szerkezeti elemzésének kihasználtsági eredményei*

| | Mod.1 | Mod.2 | Mod.3 |
|---|---|---|---|
| Kihajlás [cm] | 21.27 | 21.09 | 21.00 |
| Átlók kihasz. [%] | 57.4 | 72.3 | 85.9 |
| Fő elemek kihasz.[%] | 104.7 | 109.1 | 131.3 |

Az eredményeket összehasonlítva kimutatható az oszlop első (legalsó) és második része közti kritikus csatlakozás túlterhelése az alkalmazott csomópont függvényében. Az átlók geometriai tökéletlenségét figyelembe vevő elemzések kimutatták a szelvény megnövekedett kihasználtságát, de a szerkezet globális viselkedését nem befolyásolta. Egy részletesebb globális tökéletlenségeket számoló analízis a jövőbeli kutatások elsődleges célja.

## 4. Következtetések

Globális szilárdságtani és stabilitási vizsgálatot végeztünk 15 típusú tartóoszlop esetében a szerkezetek teherbíró képességének meghatározása céljából. Az eredmények feldolgozása után a leggyengébb szerkezeti viselkedést mutató oszlopot egy részletes vizsgálat alá vettük. A bonyolult szerkezeti kialakítás és az átlagban 45 éves tervek hiányos információi végett 3D térleképző technológiát használtunk a geometriai problémák azonosítására. Három szerkezeti modellt hasonlítottunk össze, a legjelentősebb különbség köztük az oszlop szerelési részei közti csomópontok változtatása volt. Az eredmények feldol-gozása alapján 26%-os kihasználtsági eltérést észleltünk a szerkezeti elemek globális stabilitási elemzésében. A kutatás folytatódik a vizsgálati eredmények kiterjesztésével más oszloptípusokra is.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Eltaly, B., Saka, A., and Kandil, K.: *FE Simulation of Transmission Tower*. Hindawi, Cairo, 2014, Article ID 258148

[2] *NTE 003/04/00. Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000V*. C.N. Transelectrica - S.A., București, 2004

[3] *EN 50341-1. Overhead electrical lines exceeding AC 45kV Part 1: General requirements*. Cenelec, Brussels, 2001.

[4] *SR EN 1993-3-1. Eurocode 3: Proiectarea structurilor de oțel - Part 3-1: Turnuri, piloni și coșuri.* European Committee for Standardization, Brussels, 2006.

[5] Conde, P., Villarino A., Cabaleiro, M., and Gonzalez-Aguilera D.: *Geometrical Issues on the Structural Analysis of Transmission Electricity Towers Thanks to Laser Scanning Technology and Finite Element Method.* Remote Sens, Basel, 2015, 11551-11569.

[6] Phill-Seung Lee: *Elastoplastic large deformation analysis of a lattice steel tower structure and comparison with full-scale tests.* Journal of constructional steel research 63, Montreal, 2007, 709-717

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 169–172.
http://hdl.handle.net/10598/29051
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.33

# AZ EMBER-ROBOT BIZTONSÁGA A STRUKTURÁLATLAN KÖRNYEZETBEN

# HUMAN-ROBOT SAFETY IN AN UNSTRUCTURED ENVIRONMENT

Fődi Gábor

*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8., fodi.gabor@gmail.com*

## Abstract

There are still several questions yet to be solved regarding to human robot safety in an unstructured environment. Therefore it is important to inspect those aspects that have effect on it. If we manage to overcome those issues, the wide spread of mobile robots in unstructured environments can rapidly grow. The dynamically changing environment present numerous challenges that are unlike of those that have already been implemented in industrial environment.

***Keywords**: safety engineering, human-robot, unstructured.*

## Összefoglalás

A mobil robotok biztonságával és megbízhatóságával kapcsolatban még komoly problémák merülhetnek fel, ezért fontos megvizsgálni azokat a tényezőket, amelyek a fennálló problémaként megjelennek. Ha sikeresen áthidaljuk őket, akkor felgyorsulhat a mobil robotok elterjedése a strukturálatlan környezetben. A dinamikusan változó környezet számos olyan kihívást hordoz magában, amelyek miatt nem lehet az ipari környezetben már sikeresen alkalmazott biztonsági eljárásokat változtatások nélkül hasznosítani.

***Kulcsszavak:** biztonságtechnika, ember-robot, strukturálatlan.*

## 1. Bevezetés

Ahhoz, hogy egy robot a strukturálatlan környezetben dolgozni tudjon, fel kell készíteni azokra a váratlan eseményekre és hatásokra, amelyekkel ott találkozik. Egy feladat végrehajtása számos kihívást jelent, ennek érdekében olyan képességekkel kell ellátni a gépeket, amelyekkel a felmerülő helyzeteket kezelni tudják. Emellett továbbra is az ember-robot kapcsolatban a kulcs a biztonság. Ezért olyan ember érzékelési rendszert kell létrehozni, amely autonóm módon, szenzorokkal érzékeli a környezet változását [1]. Ezeket az információkat képes felismerni és azokhoz alkalmazkodni. A strukturált ipari környezetben használt megoldásokat nem lehet egy az egyben átvenni egy dinamikusan változó környezetbe. A gép nem támaszkodhat előre beállított környezeti feltételekre, ehelyett folyamatosan információra van szükség a megfelelő döntéshozatalhoz. A biztonság kérdése egy kisméretű és -tömegű robot esetében kevésbé tűnhet fontosnak, de szükség, hogy a tevékenységét szabályozzuk és megfelelő keretek közé szorítsuk. Ahhoz, hogy a strukturálatlan környezetben is hasonló biztonsági szintet érjünk el, mint, az ipari robotoknál, az együttműködés

szintjének még sokat kell fejlődnie. A cikkben azok az eszközök és módszerek kerülnek vizsgálatra, amelyekkel a robotok megfelelően tudnak kommunikálni a környezettel és onnan információt szerezni, így megfelelő biztonsággal használhatóak emberek környezetében is. Ahhoz, hogy a biztonságot megfelelő alapra helyezzük, meg kell vizsgálni a két fél kapcsolatát [5]. A kommunikáció nehézségét az adja, hogy a minket körül vevő világ sztochasztikus, folyton és dinamikusan változik. Vannak olyan robotkörnyezetek, amelyek szekvenciális és multiágens jellegűek is lehetnek, illetve csak részlegesen figyelhetőek meg.

## 2. Robot mozgások

A strukturálatlan környezetben elsősorban mobil robotok dolgoznak. Egy feladat elvégzéséhez szükséges, hogy a robot eljusson a kijelölt célhoz, ehhez a leggyakrabban használt megoldások a szárazföldi egységek esetében a kötött vagy szabad pályán mozgó lánctalpas vagy normál kerekes megoldások vagy a járórobotok a jellemzőek. Ehhez mozgása során érzékelnie kell a környezetet, amely lehetővé teszi számára, hogy nagy hatékonysággal navigáljon a környezetben. A mozgások során egy fontos veszélyforrás a bizonytalanság, amely abból ered, hogy a környezet csak részleges figyelhető meg és a robotnak sztochasztikus a mozgása [2]. Azonban ha egy közelítéses módszert használunk, szintén fel kell készülni a hiba lehetőségre, mert a robotnak ilyenkor nincs pontos információja környezetéről a sztochasztikus vonások tökéletes modellezésével sem. Ezek helyett érdemesebb determinisztikus döntéshozatalt használni a mozgások esetében, amellyel a legvalószínűbb állapotot tudja a gép kiválasztani a feltérképezett környezetből. A Markov döntési folyamattal jól lehet modellezni, milyen döntést kell hozni a robotnak bizonytalanság esetén. Ez a módszer akkor alkalmazható, ha az állapota teljesen megfigyelhető és egy állapotátmenet esetében kell számolni a bizonytalansággal. A módszer segítségével kaphatunk egy optimális eljárást, amely egy kérdéses esetben megmondja a robotnak, mit tegyen egy adott helyzetben. Így kezelni tudjuk a mozgás során keletkező hibákat, amelyekkel növelhető a biztonság szintje. Azonban ha a környezet csak részleges megfigyelhető, a döntési modellt is módosítani kell, a részlegesen megfigyelhető Markov döntési modellt alkalmazzuk. Ebben az esetben a robotnak van belső kép állapotáról vagy rendelkezik elegendő információval a döntés meghozataláról, strukturált, így könnyen frissíthető valamint a belső állapotváltozók megfeleltethetőek egy valós fizikai állapotnak a környező világból. A belső állapotában ilyenkor definiálunk egy stratégiát, így nem csak a rendelkezésre álló információk alapján tud dönteni, hanem az alapján is, amit nem ismer. Ilyenkor információ gyűjtést végez. Ezzel azonban olyan mértékű információ halmazt hozhatunk létre, amely meghaladja a mai eszközök feldolgozó kapacitását, ezért a legjobb, amit tehetünk, hogy a bizonytalanságot a minimumra csökkentjük. A minimalizálásra jó módszer a tárgy menti navigálás heuresztikus módszere, ebben az esetben a robot ismert referenciapontok mentén vagy azok közelében halad.

## 3. Érzékelők és aktuátorok [3] [4]

Az önállóság fokozása érdekében a mobil robotok esetében fontos az információ szerzést biztosító szenzoroknak, amelyek érzékeli a környezet változásait, valamint a robot mozgásban szerepet játszó aktuátoroknak. A biztonságot befolyásoló tényező, hogy a szenzorok érzékelési pontossága még messze elmarad az ember érzékszerveinek fejlettségétől.

Az alkalmazott érzékelők két csoportba oszthatjuk: lehetnek passzívak, mint a kamerák, amelyekkel a robot képes megfigyelni környezetet és leképezni a környeze-

tet. Aktív érzékelőről akkor beszélünk, ha az a környezetből sugárzott vagy visszavert energiákat érzékeli. képérzékelők, amelyek fénysugarakat olyan digitális információvá alakítják át egy AD konverterrel, amiből végül a pixelekből álló képet kapjuk meg, Ehhez CMOS és CCD szenzorok váltak elterjedté a gyártók körében. A sztereolátás szerepe megnőtt a robottechnikában, az ember ennek köszönhetően tud pontosan mozogni, felismeri a távolságokat és megfogni bizonyos dolgokat. A robot számára mélységi információt is közvetít, amely segítségével le tudja képezni a világot három dimenzióban.

Az aktuátor egy szerkezeti egység, amelyet általában a robotkar csuklójában helyezünk el, egy meghajtó vagy beavatkozó egység, amit leginkább az ember izomrendszerhez lehet hasonlítani. Működési mód szerint osztályozva három eltérő hajtású lehet:

- hidraulikus;
- pneumatikus;
- villamos.

.A villamos hajtás alkalmazásának esetében előny, hogy könnyen irányítható és gazdaságos, de nagyüzemi terhelésnél inkább a hidraulikus mód a jellemző. Ezek önérzékelők, amelyek a robot számára adnak tájékoztatást saját állapotáról. Ez alapján megállapíthatjuk, milyen pozícióban állnak a robot egyes csuklói. Erre a feladatra jól használható a forgójeladó, amely egy elektromechanikus eszköz, ami megmutatja a fordulatszámot, az elfordulás szögét vagy a pozíciót. Működhet mechanikai-, optikai-, vagy mágneses érzékelés elvén is.

A kutatások arra irányulnak, hogy egy olyan robotokat hozzanak létre, amelyek képesek arra, hogy az embert érzékeljék a környezetükben és ezáltal egy ember érzékelési rendszert hozzanak létre a biztonságos működéshez. Az érzékelők információi alapján le kell képezni a környezetből kapott jeleket és ezeket átadni a mozgást végző egységekhez, illetve a karokhoz. Mivel az érzékelés összetett folyamat, a tapasztalataink szerint a nehézséget az adja, hogy minden környezetben jelen lévő zavaró jeleket hogyan zárjuk ki, hogy a leképezés a lehető leginkább hasonlítson a valós körülményekhez. Ameddig ez nem valósul meg, a robot viselkedését nem lehet teljes biztonsággal előre megjósolni. A vizsgálataink során azt állapítottuk meg, hogy a tökéletes leképezéshez három feltételnek kell teljesülnie:

- minél több információt kell szereznünk a környezetből, amely elégséges ahhoz, hogy a megfelelő döntést meghozzuk;
- törekedni kell az információk strukturáltságra, megfelelő elrendezésére, hogy az könnyen frissíthető legyen;
- a belső állapotváltozók megfeleltethetők egy-egy valós fizikai világbeli állapotváltozónak.

A gépek számítási kapacitás egyre nagyobb lesz, de még nem intelligensek, a cél, hogy a közeljövőben olyan szenzorokkal és érzékelőkkel lássák el a gépeket, hogy akár érintéssel, szaglással vagy éppen tapintással is információhoz jussanak. Végül a nem csak az előre programozott algoritmusok alapján tudjanak reagálni az őket ért hatásokra, hanem meg is értsék azokat.

## 4. Következtetések

A cikk keretében megvizsgáltam, hogy egy mobil robot esetében hogyan tudjuk a biztonságot növelni, hogy megbízhatóan tudjanak dolgozni emberek környeztében. Annak érdekében, hogy a leképezés a gépet körülvevő környezethez a feltérképezéshez szükséges feltételeket vizsgáltam meg, amelyek kiindulási alapot adni egy későbbi felügyeleti rendszer kiépítéséhez.

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani az Óbudai Egyetem Robottechnikai Szakkollégium részére, amelynek tagjaként számos

szakmai és anyagi támogatást kaptam jelen szakmai tudományos publikációm elvégzéséhez. A szakkollégium kiemelt segítséget nyújt az Óbudai Egyetem tehetséges hallgatóinak és doktoranduszainak.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] *Robotalkalmazások*. Szerk.: BME MOGI. Budapest, BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, 2014. 319 oldal

[2] *Robotmechanizmusok*. Szerk.: BME MOGI. Budapest, BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, 2014. 163 oldal

[3] Fődi G., Pausits P.: *Az ember és a robotok közötti kapcsolatok vizsgálata* Bólyai Szemle XXIV. évfolyam 2. szám Budapest 2015. 36-44. p.

[4] Kömlődi F.: *Autonóm mobil robotok*. Égenföldön informatika.. TYPOTEX Budapest 2008 588-613. p.

[5] Pausits P., Szögi G., M. Nallbani, Rudas I. J., Haidegger T.: *Identification of Risks in the Application of Surgical Robotics*, 19. IEEE INES Konferencia, Pozsony, 2015, 147-151.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 173–176. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.34
http://hdl.handle.net/10598/29052

# ELEKTROMOS JÁRMŰVEK TERVEZÉSE ÉS ÉPÍTÉSE. MÚLT ÉS JÖVŐ.

# ELECTRICAL VEHICLES DESIGN AND CONSTRUCTION. PAST AND FUTURE.

Gábora András[1], Magyari Attila[2], Zilahi Krisztián László[3], Lovadi Gyula Dávid[4], Varga Tamás Antal[5], Sipos Kristóf Balázs[6]

*[1]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77780, andrasgabora@eng.unideb.hu*

*[2]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, magyari8@citromail.hu*

*[3]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, imkrisztian@gmail.com*

*[4]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, lovadi92@gmail.com*

*[5]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, varga.tamas@eng.unideb.hu*

*[6]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, sipos94@gmail.com*

## Abstract

Electrical vehicles first came into existence in mid-19th century, when electricity was among the preferred method for motor vehicle propulsion, providing a level of comfort and ease of operation that could not be achieved by the gasoline cars of the time. In our days this vehicles became worldwide popular. From 2008, our university participated on different national and international alternative fuel vehicle competitions: Pneumobile, Electromobile, Széchenyi, AltRace, MVM Energy. This paper presents the results of these competitions. Now we are looking for a new challenge: the Shell Eco-marathon.

***Keywords**: electrical, vehicle, design, construction.*

## Összefoglalás

Elektromos járművek már a 19. század közepén megjelentek, amikor többek között az elektromos meghajtás részesült előnyben, mivel olyan kényelmi és vezetési szintet biztosítottak, amit az akkori benzines járművek nem értek el. Napjainkban ezek a járművek világszerte népszerűek. Egyetemünk 2008 óta vesz részt különböző hazai és nemzetközi alternatív meghajtású diákversenyeken: Pneumobil, Elektromobil, Széchenyi Futam, AltRace, MVM Energia. A cikk bemutatja a verseny eredményeket. Legújabb kihívásunk a Shell Eco-marathon.

***Kulcsszavak:** elektromos, jármű, tervezés, építés.*

## 1. Bevezetés, előzmények

Az első versenyt az egri Bosch-Rexroth Kft. szervezte 2008-ban, amelyben a cég egy pneumatikus meghajtású jármű építésére hívta meg a magyar műszaki felsőoktatás hallgatóit. A Debreceni Egyetem Műszaki Karának Gépészmérnöki Tanszékén készült el az első pneumobil, amellyel kezdetét vette egy olyan „autóépítési láz", amely a későbbiekben számos sikert hozott a munkában résztvevő hallgatóknak, oktatóknak és az oktatási intézményünknek.
Az első „játéknak indult" megmérettetésen mindenki járatlan területre tévedt. A kíváncsiság, a kihívás és a versenyszellem adta az első lökést, hogy, induljunk el ezen az úton. Az első csapatok még spontán, úgymond baráti körökből alakultak és szerveződtek egy vezető tanár köré, de ez mára teljesen átgondolt szervezett formává fejlődött. Az **1. ábra** szemlélteti a 2010-es évben épített járműveket és csapatokat, amelyben már több oktató is részt vett.

**1. ábra.** *Pneumobilok és csapatok*

Ha az oktatás szempontjából vizsgáljuk az eseményeket már az első versenyen megjelent az a jelenség, amely még ma is az egyik legnagyobb erénye ennek a versenynek: azaz olyan plusz energiákat indított el a hallgatókban és az oktatókban, amely messze meghaladta a hagyományos tanulásba fektetett energiákat. Ezek az energiák olyan helyzeteken segítették és segítik át még ma is a csapatokat, amire előtte nem is gondoltunk [1]. Az **1. táblázat** összefoglalja az elmúlt években elkészült pneumobil járművek mennyiségét illetve a különböző kategóriákban elért dobogós helyezéseket.

**1. táblázat.** *A Pneumobil versenyeredmények*

| Év | Pneumobil | 1.hely | 2.hely | 3.hely |
|---|---|---|---|---|
| 2008 | 1 | 1 | 1 | |
| 2009 | 2 | 1 | | 2 |
| 2010 | 2 | 2 | 1 | |
| 2011 | 1 | 2 | 1 | |
| 2012 | 2 | 1 | | 1 |
| 2013 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 2014 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 2015 | 1 | | | |

Fontos cél volt továbbá, hogy a munkában részt vett hallgatók az elvégzett munkát tudományos alapossággal dokumentálják és publikálják. Az elkészült járművekkel kapcsolatosan TDK dolgozatok és záródolgozatok készültek.

## 2. Elektromobil versenyek

A Pneumobil verseny nagy sikere következtében 2009-ben a miskolci Bosch Power Tools Kft. megszervezte az első Elektromobil versenyt. A járművek meghajtására 4 db. PSR 18 Li csavarozó fúrószerszám beépítése volt a feladat. A versenyre 6 felsőoktatási intézmény 34 csapata jelentkezett. Ezekből kettő debreceni volt. A **2. ábrán** látható a körversenyszámban győztes debreceni csapat izgalmas rajtolása.

**2. ábra.** *Elektromobil rajt*

A II. Elektromobil versenyre már 6 fúrógép használata volt a feladat. A jelentkezések száma is megugrott, immár 6 ország bevonásával, 5 középiskolai és 10 felsőoktatási intézményből már több mint 100 csapat indult a versenyen. Az új autó könnyebb lett és hatékonyabb [2].

**3. ábra.** *Verseny közben*

A III. Elektromobil versenyre még többen jelentkeztek, Debrecenből ismét több csapat indult, nem kis versengéssel egymás ellen is.

**4. ábra.** *A Gocar rajtja*

A negyedik Elektromobil versenyt 2012-ben rendezték. Sajnos azóta ezt a típusú versenyt nem rendezték többé. A versenyeken részt vett járműveink mennyiségét illetve a különböző kategóriákban elért dobogós helyezéseket a következő táblázat foglalja össze.

***2. táblázat.*** *Az Elektromobil versenyeredmények*

| Év | Elektromobil | 1.hely | 2.hely | 3.hely |
|---|---|---|---|---|
| 2009 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 2010 | 4 | 1 | | 2 |
| 2011 | 4 | | | 1 |
| 2012 | 3 | | | |

## 3. Széchenyi Futam, AltRace, MVM Energia versenyek

2011-ben újabb verseny lehetőségeket keresve, több tanszék oktatói és hallgatói összedolgozva készült el a Gerundium nevet viselő versenyautó.

**5. ábra.** *A Gerundium*

Egy újabb versenyautó tervezése és megvalósítása 2014-ben már komoly céges támogatásokkal valósult meg.

**6. ábra.** *A debreceni autó az élen*

A következőkben elektromos motorkerékpár, sőt pedelec kerékpár is készült. A legutóbbi (2015) versenyen már igen szép számban vettünk részt.

**7. ábra.** *Öt csapat egyben*

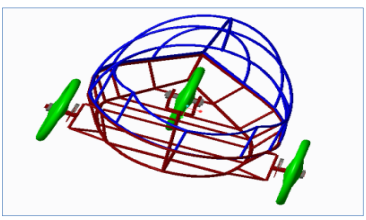
A harmadik típusú versenysorozatban részt vett járműveket és eredményeit a következő táblázat foglalja össze.

***3. táblázat.*** *Az Elektromobil versenyeredmények*

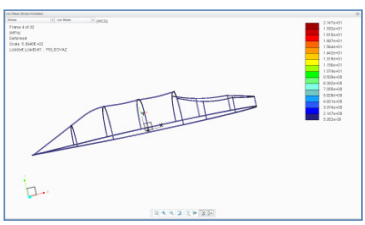
| Évek | Járművek | 1.hely | 2.hely | 3.hely |
|---|---|---|---|---|
| 2011 | 2 | 1 | 1 | |
| 2012 | 7 | 4 | 1 | 1 |
| 2013 | 7 | 1 | 3 | 1 |
| 2014 | 5 | | 1 | 2 |
| 2015 | 5 | 1 | | 1 |

## 4. A Shell Eco-marathon

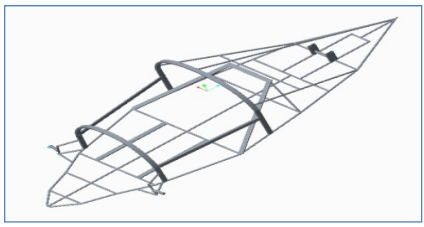
Ezen a versenyen a cél, adott pályán, adott ideig, adott minimális átlagsebesség mellett, minél kevesebb energia fogyasztása. Csapatunk benevezett a prototípus kategóriában, elektromos meghajtású járművel. Terveinket Creo tervezőrendszerben végezzük. Ezt azért választottuk, mert itt több program van egy alkalmazásban sűrítve. A Creo képes 3D-s modellt alkotni, véges elem számításokat végezni, NC kódot generálni, stb. [2]. Elkészültek az első tervek, majd a finomított tervek is:



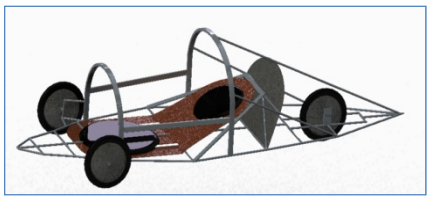
**8. ábra.** *Vázterv*



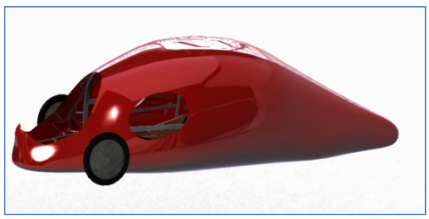
**9. ábra.** *Szimuláció terhelésre*



**10. ábra.** Vázterv



**11. ábra.** Bővített vázterv



**12. ábra.** Burkolatos terv

## 5. Összegzés

Cikkünk bemutatta a Debreceni Egyetem Műszaki Kar alternatív hajtású járműépítésének eredményeit több évre visszamenőleg. Ismerteti a legközelebbi versenyünkre elkészült terveinket is.

### Szakirodalmi hivatkozás

[1] Juhász, Gy.: *Technical competitions for the education*, Proceedings of the 1st International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering, 10-11 October, Debrecen, Hungary, 2013.

[2] Gábora, A., Gonda, Gy.,Árva, T., Borbély, Gy.: *Electromobile racing car for student competition.* CONAT Student Congres, 27-29 October, Brasov, Romania, 2010.

[3] Magyari, A.: *Versenyautók tervezése és modellezése.* TDK Conference., 3 December, Debrecen, Hungary, 2015.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 177–180.
http://hdl.handle.net/10598/29055
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.35

# LOKÁLIS ENERGIAFORRÁSOK TÁVHŐ CÉLÚ FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

# STUDY OF THE POSSIBLE USES OF LOCAL ENERGY HEAT SOURCES IN DISTRICT HEATING

Göblyös Béla[1], Réger Mihály[2]

[1]*Dunaújvárosi Víz-, Csatorna- Hőszolgáltató Kft., Cím: Magyarország, Dunaújváros, Építők útja 1, bgoblyos@alfanova.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B, reger.mihaly@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

There are a plenty of studies and theories regarding the global warming and the related extenuation of fossil fuel both being the most important problem of the future of the mankind. The melting of high alpine glaciers and polar ice shelves, the decreasing area of permafrost, the increased emission of the industry and the rapid overpopulation show that the problem is real and needs quick and effective intervention. This paper is studying the possible uses of local heat sources in the district heating sector.

***Keywords**: district heating, local heat sources, wastewater sludge, municipal waste.*

## Összefoglalás

A globális felmelegedéssel és az ezzel összefüggő fosszilis energiahordozók kimerülésével – mint az emberiség jövőjével kapcsolatos két legfontosabb problémájával - kapcsolatban rengeteg tanulmány és találgatás jelent meg. A magashegységi gleccserek és a sarki jégtakaró olvadása, a permafrost területek csökkenése, az ipari termelés okozta kibocsátás növekedés, a Föld lakosságának rendkívül gyors gyarapodása, stb. mind azt mutatják, hogy a probléma valós és rendkívül gyors és hatékony beavatkozást igényel. A dolgozat a lokális energiaforrások távhő célú felhasználási lehetőségét vizsgálja.

***Kulcsszavak:** távfűtés, helyi energiaforrás, szennyvíziszap, kommunális hulladék.*

## 1. Bevezetés

Az ipari forradalom óta ugrásszerűen növekvő népesség, az urbanizáció és az ipari termelés növekedése velejáró következménye a fosszilis energiahordozók növekedő arányú felhasználása.

Előzők alapján belátható, hogy a véges mennyiségben rendelkezésünkre álló fosszilis energiák kimerülésére mindenképpen számítanunk kell, az egyes modellek csak a bekövetkezés időpontjában térnek el, abban egységesek, hogy a fosszilis energiahordozók kimerülnek.

Az elérendő cél tehát kettős:

- *egyrészt* a még meglévő készleteket a lehető legjobb hatásfokkal kell kiaknázni és felhasználni, a meglévő eljárások tökéletesítésével és új eljárások megalkotásával,
- *másrészt* viszont olyan energiapolitikai megfontolásokat kell tennünk, melyben a megújuló energia egyre nagyobb részt tölt be. Távlati célként a teljes energia-

igényt megújuló forrásból kell előállítani.

## 2. A hőelőállítási források prioritása

A távfűtéshez szükséges hő előállítása több forrásból is történhet. Az egyes források nem azonos mennyiségben, minőségben állnak rendelkezésre, így célszerű az egyes források felhasználásának prioritási sorrendjét meghatározni.

Mivel a távhő előállításától függetlenül is keletkezik a településen kommunális hulladék és szennyvíz, melyek megfelelő ártalmatlanításáról és elhelyezéséről gondoskodni kell, így ezek energetikai hasznosítása rendkívül előnyösnek tűnik, hiszen optimális esetben az ártalmatlanítási és az energetikai célú hasznosítási folyamat egymást átfedi. Fentiek miatt a távfűtési célú hő előállítása során az ilyen módszerek prioritást élveznek. Az e módon előállított hőt $Q^1_{helyi}$ néven fogjuk jelölni, ebbe tartozik a szennyvízből és a települési hulladékból nyerhető hő, azaz ($Q^1_{helyi} = Q_{szennyvíz} + Q_{szemét}$). Amely településen távhőigény merül fel, ott szemét és szennyvíz is keletkezik, tehát az energiahordozók ezen köre minden esetben rendelkezésre áll. Elsőbbséget élveznek továbbá az egyéb településen lévő ipari létesítmények technológia hőforrásai is, hiszen ezekben is hő keletkezik, melynek elsődleges célja nem a távfűtés, hanem jellemzően az ipari folyamatok (acélgyártás, műanyaggyártás, sörfőzde, stb.) kiszolgálása. Ezeket a továbbiakban $Q^2_{helyi}$-vel jelöljük. A technológia felhasználású hő azonban sok esetben még tartalmaz annyi energiát, ami a távfűtésben felhasználható. A technológiai hő (melyet többnyire hulladékhőnek neveznek) azonban kétélű fegyver, mert a távhő ellátás ez esetben az ipari üzemtől függ, annak megszűnése akár a távhőellátás megszűnéséhez is vezethet [1].

Amennyiben a fenti hőforrásokat már kiaknáztuk, akkor kerülhet sor a megújuló energiaforrások alkalmazására ($Q^3_{helyi} = Q_{megújuló}$) a helyi adottságokat figyelembe véve, és csak az ezen energiaforrások felhasználása után fennmaradó hőigényt kell primer energiahordozó (földgáz, kőolaj, pakura, szén, stb). eltüzelésével biztosítani ($Q^4_{helyi}$).

## 3. Hőtermelés kommunális hulladékból

A kommunális hulladékból két módszerrel állíthatunk elő hőt: a szemét közvetlen elégetésével és/vagy a szemétből fejlődő gáz elégetésével

Mivel a kommunális hulladék alkotóelemei közül a fenti két eljárás alapanyai átfedést mutathatnak így a hulladék átválogatását ezen szempontok szerint is optimalizálni kell. Az energetikai célú hasznosításhoz szükségünk van még a hulladék fűtőértékére, melynek meghatározása – mivel a kommunális hulladék inhomogén és változó összetételű – bonyolult feladat. A begyűjtött hulladékból égetéssel kinyerhető elméleti hőmennyiség az alábbi:

$$Q_{hulladék} = \sum_{i=1}^{n}(m_i \cdot H_{inf,i}) \qquad (1)$$

ahol, $m_i$=az egyes összetevők tömege, $H_{inf,i}$= az egyes összetevők alsó fűtőértéke.

## 4. Hőtermelés szennyvízből

A szennyvízben lévő energiatartalom kiaknázása kétféle módon történhet:

1. a szennyvíz szerves anyag tartalmának felhasználásával
   a. a keletkező iszap közvetlen eltüzelésével, és/vagy
   b. a keletkező iszap elrothasztásával keletkező gázok elégetésével
2. a szennyvíz hőtartalmának hasznosításával

### 4.1. A keletkező iszap közvetlen energetikai hasznosítása

A szennyvíztisztítás során keletkező és a folyamatból elvett ún. fölös iszapnak az energetikai hasznosítás előtt – hogy az önfenntartó égés fizikai paramétereit biztosítani lehessen - előkezelésen kell átesnie. Az előkezelés során az alábbi feltételeknek megfelelő szennyvíziszapot kell végeredményként kapni [2]:

*nedvességtartalom < 50%,*

*hamutartalom < 60%,*

*szerves anyag tartalom < 25%*

Sajnos ezek az értékek csak jelentős többletenergia és többletköltséggel érhetőek el, így az energetikai célú hasznosításkor célszerű az iszapot a települési hulladékhoz keverve elégetni. Egy település szennyvízéből keletkező fölös eleven iszap égetésével kinyerhető hő elméleti értéke az alábbi módon számolható:

$$Q_{szennyviziszap} = m_{iszap} \cdot H_{iszap} \qquad (2)$$

ahol, a $m_{iszap}$ az évente keletkező iszap mennyisége [kg], $H_{iszap}$: az iszap fűtőértéke [MJ/kg].

### 4.2. A keletkező iszap elrothasztásával keletkező gázok hasznosítása

Ebben az esetben a szennyvíztisztás során keletkező iszap a rothasztóba kerül, ahol az iszap szerves anyag tartalma anaerob (azaz oxigén jelenléte nélkül) rothasztás során metánná ($CH_4$) és szén-dioxiddá ($CO_2$) azaz biogázzá alakul át. A keletkező biogáz mennyiségének becslése legegyszerűbben a kémiai oxigénigény (KOI) változásával történhet. Mivel a KOI az anaerob rothasztásnál állandó mennyiség, így a rothasztóba érkező KOI értéke megegyezik a rothasztóból távozó KOI értékével (lévén, hogy nem történik oxidáció), azaz a rendszerbe érkező szerves anyagból eltávolított KOI szükségképpen egyenlő a vizes fázissal távozó KOI ($KOI_{ki}$) és a keletkező biogáz KOI egyenértékének ($KOI_{biogáz}$) az összegével.

$$KOI_{be} = KOI_{ki} + KOI_{biogáz} \rightarrow KOI_{biogáz} = KOI_{be} - KOI_{ki} \qquad (3)$$

Mivel a $CO_2$ KOI értéke nulla, így a $KOI_{biogáz}$ értéke csakis a metánra ($CH_4$) vonatkozik. Mivel a KOI mérése mind a belépő ($KOI_{be}$), mint pedig a kilépő ponton ($KOI_{ki}$) mérve van – hiszen ezen paraméterre jogszabály határértéket ír elő – a keletkező biogáz mennyisége viszonylag egyszerűen számolható. A számítás menetének részletezésétől eltekintve a keletkező metán mennyisége az alábbi összefüggéssel határozható meg [3]:

$$V_{CH_4} = 0{,}35 \cdot (KOI_{be} - KOI_{ki}) \cdot Q \qquad (4)$$

ahol, $V_{CH_4}$= a keletkező metán mennyisége [$Nm^3$], Q = a betáplálás térfogatárama [$m^3$/év], $KOI_{be}$ = belépő kémiai oxigénigény [kg/$m^3$] **(!)**, ($KOI_{ki}$) = kilépő kémiai oxigénigény [kg/$m^3$](!), a 0,35-ös együttható azt fejezi ki, hogy a szerves anyag csak egy hányada bomlik el anaerob körülmények között.

### 4.3. A szennyvíz hőtartalmának hasznosítása

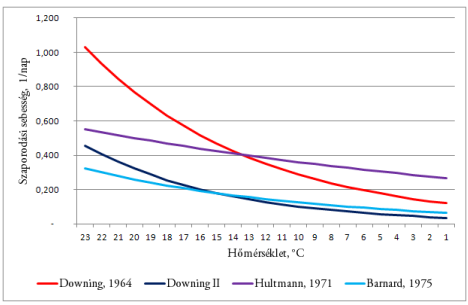
A telephelyre beérkező szennyvíz (szv) hőtartalmának kinyerésére történhet:

*nyers szv.ből (a kezelési ciklus elején)*
*tisztított szv.ből (kezelési ciklus végén)*
*szv.iszapból ( kezelési ciklus végén)*

A szennyvíztisztítás folyamán az emberi melléktermékként bekerülő ammóniavegyületek nitráttá történő oxidációjában (nitrifikációban) részt vevő *N.somonas* és *N.bacter* baktériumtörzsek szaporodási sebességét Downing határozta meg 1964-ben [4] (1. ábra). A Downing által meghatározott összefüggés az alábbi alakban írható fel:

$$\mu_{max} = 0{,}47 \cdot e^{0{,}098\cdot(T-15)} \qquad (5)$$

Látható tehát, hogy a baktériumok növekedése, és így a nitrifikáció hatásfoka és ideje a hőmérséklet csökkenésével exponenciálisan csökken. Mivel a szennyvíztisztítás biológia szakasza érzékeny a hőfokváltozásra, így a kezeletlen szennyvíz hőfokát csak korlátozott mértékben - 0,5 K - [5] szabad csökkenteni, míg a kezelt víz hőfoka akár 8K-nel is csökkenthető. Ha a kezelést követően az iszap rothasztóba kerül, akkor ez újabb érv a tisztítási szakasz elején alkalmazott hőszivattyú *ellen,* hiszen a rothasztáshoz hőt kell közölnünk az iszappal, annak hőmérsékletét csökkenteni tehát ésszerűtlen. Szintén a kezelés előtti hőkinyerés ellen szól az az érv is, hogy a kezelés után a szennyvíz hőmérséklete – a tartózkodási idők miatt – egyenletesebb.




**1. ábra** *A nitrifikáló baktériumok szaporodási sebessége a hőmérséklet függvényében*

A tisztított szennyvíz tömegárama kevesebb, mint a beérkező tömegáram, hiszen a kezelés során keletkező iszapot és gázokat nem tartalmazza. Az elméletileg kinyerhető hő mennyisége:

$$Q^{i}_{hőszivattyú} = c_i \cdot m_i \cdot \Delta T_i \qquad (6)$$

ahol, a *i* index a nyersvíz esetén *ny*, a tisztított víz esetén *t*, *c* a víz fajhője [kJ/kgK], *m* a víz tömege [kg] és $m_t = m_{ny} - m_{iszap} - m_{gázok}$.

## 5. Modell

Az előző fejezetekben szereplő számítások alapján megalkotható a modell, melynek - eredeti célkitűzéseinkkel összhangban – célja a távhőszolgáltatásban felhasznált primer energiahordozó minimalizálása, azaz:

$$Q_{igény} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \qquad (7)$$

$$Q_4 \rightarrow min.$$

célfüggvény megoldása. Fenti függvény megoldására többféle módszer létezik, egyik praktikus megoldási mód, ha lineáris programozási feladatként tekintjük és valamely ismert algoritmussal (pl. szimplex-módszer) megoldjuk.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] *Több ezer ajkai maradhat fűtés nélkül*, Napi.hu, 2012.12.10.

[2] Tamás J.: *Szennyvíztisztítás és szennyvíziszap elhelyezés*, Debreceni Agrártudományi Egyetem, 1998

[3] *A szennyvíztisztítás alapjai*, Szerk: Dr. Kárpáti Árpád, 2007

[4] G. Knowles, A. L. Downing and M. J. Barrett: *Determination of Kinetic Constants for Nitrifying Bacteria in Mixed Culture, with the Aid of an Electronic Computer*, Water Pollution Research Laboratory, Stevenage, Hertfordshire

[5] Felix Schmid, Sewage Water: *Interesting Heat Source For Heat Pumps and Chillers SwissEnergy Agency for Infrastructure Plants*, Gessnerallee 38a, CH-8001 Zürich, Switzerland

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 181–184.
http://hdl.handle.net/10598/29054
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.36

# ROD-ON-ROD TAYLOR TESZT MODELLEZÉSE

# MODELING OF A ROD-ON-ROD TAYLOR TEST

Gonda Viktor, Varga Péter

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Budapest, Népszínház u. 8. Tel. +36-1-666-5310, gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

Symmetric rod-on-rod Taylor testing is applied for the determination of high strain rate mechanical properties. The deformation of the specimen is highly complex in this testing method. We examined the evolution of the deformation and temperature in copper specimen by using a coupled thermo-mechanical finite element simulation for three different impact velocities.

***Keywords**: Taylor impact test, rod-on-rod, Johnson-Cook materials model, finite element method.*

## Összefoglalás

Az extrém nagy alakváltozási sebességű mechanikai vizsgálat egyik módja a szimmetrikus elrendezésű, rod-on-rod Taylor ütközési vizsgálat. Az alakváltozás lefolyása igen komplex a próbatestekben. A deformáció és hőmérséklet kialakulását csatolt termo mechanikus véges elemes modellel vizsgáltuk vörösréz próbatestekben, három különböző sebességű becsapódás esetén.

***Kulcsszavak:** Taylor teszt, rod-on-rod, Johnson-Cook anyagmodell, véges elemes módszer.*

## 1. Bevezetés

Fémes szerkezeti anyagok nagy sebességű és nagymértékű alakváltozása létrejöhet lövedékek becsapódásakor, járművek ütközésekor, vagy nagy sebességű képlékeny alakításkor pl. robbantásos vagy elektrodinamikus alakításkor. Ilyenkor a képlékeny alakváltozási sebesség mértéke $>10^3$ $s^{-1}$ nagyságrendű is lehet. Az anyag makro deformációját a tömeghatás, az alakítási keményedés, a sebesség-érzékenység, valamint a képlékeny alakváltozás miatt kialakuló hőmérséklet-emelkedéssel járó lágyulás határozza meg. Az ún. Taylor ütközési vizsgálattal [1, 2] egy hengeres alakú próbatestet egy falnak lövünk, a deformált geometriából becsülhető a dinamikus alakítási szilárdság. Ennek a vizsgálatnak egy változata, amikor egy próbatestet egy falnak megtámasztott próbatestnek lövünk, az ún. rod-on-rod Taylor teszt (RNR), vagy szimmetrikus Taylor teszt [3, 4]. A próbatest alakváltozásának modellezéséhez olyan anyagmodellt választhatunk, ami a nagy alakváltozási sebesség tartományban is jól írja le az anyagi viselkedést, a Johnson-Cook modellt [5].

Ebben a dolgozatban egy réz próbatest rod-on-rod Taylor tesztjének véges elemes szimulációját mutatjuk be. Az anyagmodell a Johnson-Cook modell, három becsapódási sebesség esetén vizsgáljuk az ütközést, melyek értékeinél már képlékeny alakváltozás is létrejön, de képlékeny tönkremenetel még nem. Vizsgáltuk a

képlékeny alakváltozás hatására kialakuló felhevülés okozta lágyulás hatását a kialakuló deformációra.

## 2. Modellezés

A rod-on-rod Taylor teszt végeselemes szimulációját az MSC Marcban hoztuk létre. Mindkét hengeres próbatest kiinduló átmérője 7,62 mm, a hosszuk $l_0$ = 25,4 mm. A tengelyszimmetriát kihasználva síkbeli modellt készítettünk egy sugárnyi szélességgel. A hálót az érintkezési vonal (felület) irányába finomítottuk. A próbatest becsapódási sebessége ($v$): 130 m/s; 190 m/s; vagy 250 m/s volt. A falat merevnek és súrlódásmentesnek tekintettük valamint a próbatestek közötti érintkezési felületet is súrlódásmentesnek vettük.

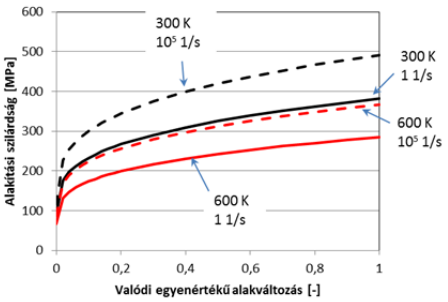
A próbatest anyagára lineárisan rugalmas-képlékeny modellt használtunk. A rugalmassági paraméterek értékei: rugalmassági modulus: 110 GPa; Poisson-tényező: 0,33. A képlékeny anyagmodellre a Johnson-Cook modellt választottuk [5]:

$$k_f = \left(A + B\varepsilon_{eq}^{n}\right)\left(1 + C \cdot \ln\frac{\dot{\varepsilon}_{eq}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)\left(1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r}\right)^{m}\right) \quad (1)$$

ahol $k_f$ az alakítási szilárdság, $\varepsilon_{eq}$ az egyenértékű alakváltozás, az $\dot{\varepsilon}_{eq}$ az egyenértékű alakváltozási sebesség. Az anyagmodell paraméterei rézre vonatkozóan: $A$ = 90 MPa; $B$ = 292 MPa; $n$ = 0,31; $C$ = 0,025; $m$ = 1,09; $\dot{\varepsilon}_0$ = 1 1/s; $T_r$ = 300 K [1]. A modellből számított folyási görbék 300 K és 600 K hőmérsékleten, valamint 1 1/s és $10^5$ 1/s alakváltozási sebesség értékekhez az **1. ábrá**n láthatók.

A réz további felhasznált fizikai paraméterei: olvadáspont: $T_m$ = 1356 K; sűrűség: 8960 kg/m$^3$; fajlagos hőkapacitás: 383 J·kg$^{-1}$·K$^{-1}$; hővezetési tényező: 401 W·m$^{-1}$·K$^{-1}$; hőtágulási tényező: 16,6 ppm/K.

A számítási modell csatolt termo-mechanikai (TM) esetre futtattuk le, dinamikus tranziens (explicit) megoldóval, a single step Houbolt eljárást használva, a nagy alakváltozás opciót beállítva. Az időlépést a modál analízisből kivett 2. sajátfrekvencia értékét felhasználva határoztuk meg, majd ezt finomítottuk, $10^{-7}$ s körüli értéken.

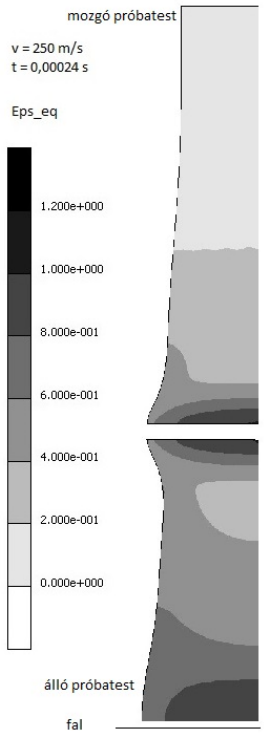



**1. ábra.** *A réz folyási görbéi a Johnson-Cook modellből számítva.*

## 3. Eredmények és következtetések

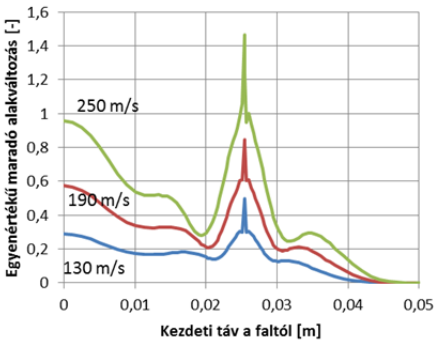
A próbatestek alakváltozását 250 m/s ütközési sebességnél az ütközés után 240 μs-al ábrázoltuk a 2. ábrán. A színezés az egyenértékű maradó alakváltozást jelöli. Összehasonlítva a klasszikus Taylor teszt eredményeivel [2], a rod-on-rod tesztnél azonos becsapódási sebességnél kisebb a létrejövő deformáció [4]. A 2. ábrán látható esetre a legnagyobb maradó alakváltozás értéke 1 körüli, még a klasszikus esetben ez az érték már 130 m/s-os becsapódási sebességnél létrejön a próbatestben, és 190 m/s-nál már 2 fölötti alakváltozást is elérjük [2]. A klasszikus teszthez 190 m/s fölötti becsapódási sebességekhez nem futtattunk szimulációt, ui. ekkor képlékeny tönkremenetel jön létre [4]. A **2. ábrá**n a próbatestek alakját megfigyelve elmondható, hogy a szimmetrikus Taylor tesztben a próbatestek deformációja nem szimmetrikus, az ütközést felvevő álló próbatest nagyobb térfogatban alakváltozik, mint a becsapódó próbatest, de maximális

alakváltozás értéke közel azonos mindkét próbatestben.

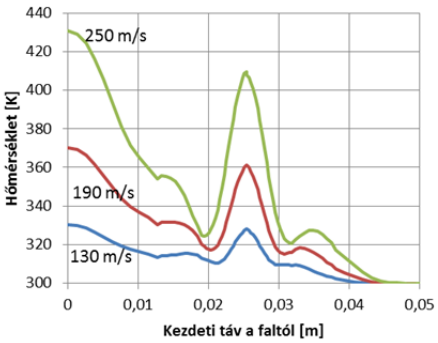



**2. ábra.** *A próbatestek alakváltozása 250 m/s ütközési sebességnél az ütközés után 240 μs-al. A skála az egyenértékű maradó alakváltozást jelöli.*

Az alakváltozások eloszlása a próbatestekben a szimmetriatengelyen mentén a különböző ütköző becsapódási sebességek esetén a **3. ábrá**n látható. A legnagyobb egyenértékű maradó alakváltozások értékei kb. 0,3; 0,6; és 1 a 130, 190 és 250 m/s-os becsapódási sebességekhez. A két próbatest közti érintkező felületen (0,025 m) a szimmetriatengelyen lévő csomópontban az alakváltozások értékei irreális mértékben megugranak a numerikus számításban.




**3. ábra.** *Az egyenértékű maradó alakváltozás a szimmetriatengelyen a faltól való kezdeti távolság függvényében, 130, 190 és 250 m/s ütközési sebességnél az ütközés után 240 μs-al. A próbatestek érintkező felülete 0,025 m-nél található.*




**4. ábra.** *A hőmérséklet eloszlása a szimmetriatengelyen a faltól való kezdeti távolság függvényében, 130, 190 és 250 m/s ütközési sebességnél az ütközés után 240 μs-al. A próbatestek érintkező felülete 0,025 m-nél található.*

A TM modellben a létrejövő legnagyobb hőmérsékletemelkedés a próbatestekben 30; 70; illetve 130 °C a 130; 190; valamint 250 m/s-os becsapódási sebességekhez (**4. ábra**). A felvevő próbatest fallal érintkező részén alakul ki a legnagyobb hőmérsékletemelkedés, a két próbatest közti érintkező felületen 5-20 °C-kal kisebb a hőmérsékletemelkedés.

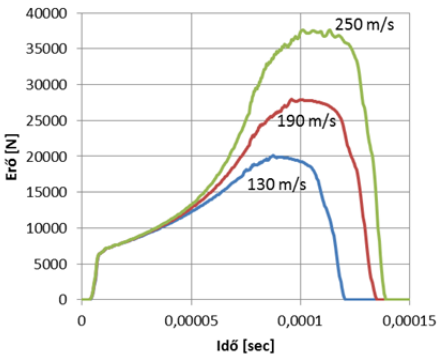
A klasszikus Taylor teszt esetén a hőmérsékletnövekedés értékei jóval nagyobbak: 160; 190; és 340 °C a 130; 144; és 190 m/s-os becsapódási sebességekhez számítva [2].

A hőmérséklet eloszlásokat vizsgálva látható, hogy a nagy hőmérsékletnövekedés egyrészt a próbatestek egymással ütköző felületéhez közeli – kb. 5 mm-es – tartományban alakul ki, valamint a felvevő próbatest fallal érintkező felületénél kb. 10 mm-es tartományban. A hőmérsékletemelkedés lágyulást okoz, ezáltal kisebb ellenállást a további alakváltozásnak, de jelentősebb mértékű lágyulás csak a legnagyobb ütközési sebességnél következik be a rod-on-rod tesztnél.

Az alakváltozások szimmetriatengelyen vett eloszlását három deformációs tartomány különböztethető meg: a becsapódó próbatesten a becsapódáshoz közeli (0-5 mm) nagy alakváltozási rész, kis képlékeny alakváltozó rész, valamint a maradó alakváltozást nem szenvedő rész, itt csak rugalmas alakváltozások jönnek létre. A felvevő próbatesten az érintkező felületek közelében nagy alakváltozó részeket találunk, a közbezárt hosszon közepes méretű alakváltozási zónát.

A falban ébredő erőt az idő függvényében ábrázoltuk az 5. ábrán a három becsapódási sebességhez. Az erő értéke viszonylag lassan fut fel a becsapódás első szakaszában, amikor a próbatestek alakváltozása és felkeményedése megtörténik, majd a maximális erő elérése után hirtelen visszaesik, amikor a próbatestek visszapattannak, az ütközés utáni sebességük kb. a becsapódási sebesség 10%-a. A képlékeny alakváltozás időtartama 120-150 μs.

A visszapattanás után a nagy, képlékeny alakváltozást okozó nyomófeszültség lecsengése után komplex módusú rugalmas lengés alakul ki a próbatestekben.




**5. ábra.** *A falban ébredő erő az idő függvényében 130, 190 és 250 m/s ütközési sebességnél.*

## Köszönetnyilvánítás

A dolgozat a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Taylor, G. I.: *The testing of materials at high rates of loading*, J. Inst. Civil Eng. 26, 1946. 486–519.

[2] Varga Péter, Gonda Viktor, Rácz Pál: *Taylor teszt modellezése a Johnson-Cook anyagmodell felhasználásával: a hőmérséklet hatása*. FMTÜ XX. pp. 327-330., 2015.

[3] L.C. Forde, W. G. Proud, S.M. Walley: *Symmetrical Taylor impact studies of copper*. Proc. R. Soc. A 465, pp. 769–790, 2009.

[4] G. Iannitti, N. Bonora, A. Ruggiero, G. Testa: *Ductile damage in Taylor-anvil and rod-on-rod impact experiment*. IOP J. of Physics: Conf. Series 500, 112035, 2014.

[5] Johnson, G.R., Cook, W.H.: *A constitutive model and data for metals…*, Proc. 7th Int. symp. on Ballistics, The Netherlands, 1983. 541-547.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 185–188. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.37
http://hdl.handle.net/10598/29058

# KORRÓZIÓ VIZSGÁLATOK ALAPJAI

# THE BASES OF CORROSION'S INVESTIGATIONS

Haraszti Ferenc

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet, Cím: 1081, Magyarország, Budapest Népszínház utca 8.*

## Abstract

The corrosion behaviour is really complex. That's its definition and measurement is difficult. The most important methods and thesis are written in this article without complete introduction, based on the literature of corrosion.

***Keywords**: corrosion, steel, stainless steel.*

## Összefoglalás

A korróziós folyamatok igen összetett jelenségek. Ebből következően jellemzésük, mérhetőségük is nehéz, nagy felkészültséget igénylő feladat. A tanulmány célja –a teljesség igénye nélkül- bemutatni a legfontosabb módszereket, irányelveket az alapvető korróziós jelenségek jellemzésére.

***Kulcsszavak:** korrózió, acél, korrózióálló acél.*

## 1. Bevezetés

Mióta az ember fém eszközöket használ, azóta küzd a korrózió okozta problémákkal. Igaz ez a megállapítás a szénacéloktól a nemesfémekig. Elektródpotenciáljuk szerint nemesfémeket és közönséges fémeket különböztetünk meg [1]. Bár a korróziós folyamatok elleni védekezés az elmúlt évtizedekben nagyságrendi és minőségi változáson ment keresztül, az egyre nagyobb számban gyártott fémszerkezetek és berendezések megkövetelik a tudományág állandó kutatását és fejlesztését a minél kisebb korróziós veszteségek eléréséhez. Egyes becslések szerint a világ acél termelésének 20 százaléka végzi rozsdaként pályafutását. Ez világviszonylatban óriási kár, ha lefordítjuk a számok nyelvére: sok milliárd amerikai dollárról van szó. Pontos számot lehetetlenség mondani globális és rendszeres felmérések nélkül. A korrózió, mint kémiai reakció pontos jellemzése nehéz feladat. Kijelenthetjük: ahány korróziós folyamat létezik, szinte annyi vizsgálati módszer is. Minden eset más és más nincs két ugyanúgy lejátszódó folyamat. A korrózió állóság tekintetében még a nemesfémek sem tökéletesek. E jelenség megközelítése egy komplex feladat.

A felosztása is három nagy területre oszlik. Létezik tisztán kémiai korrózió, vegyes korrózió, elektrokémiai korrózió. Ez utóbbi a jelentősebb a környezeti és az ipari gyakorlatban. Ahhoz, hogy elkerüljük a baleseteket, katasztrófákat és a nagy anyagi veszteségeket, elengedhetetlenül szükséges ezeket a folyamatokat felismernünk és jellemeznünk valamilyen mérőszámmal. A felismeréshez legtöbbször elégséges a fémben történő változást leírnunk. Ezt kvalitatív eljárásnak hívja a

korróziós tudomány szakmai nyelvezete. Tulajdonképpen egy egyszerű vizuális megfigyelésről van szó, amely viszont igen jól használható felületi rozsdásodás esetén. Nem alkalmas ugyanakkor kristályhatárok mentén (a fém belsejében) kialakuló állapotok jellemzésére. Ahhoz, hogy következtetni tudjunk a teljes tönkremenetel állapotára, mérhető adatokra van szükségünk. A korróziós szakember feladata mindig egy korróziós mérőszám megalkotása és ez ütközik nehézségekbe. Hiszen a fémek tönkremenetelét számos tényező befolyásolja. Egy kvalitatív (számszerű) mértéket megállapítani igen összetett feladat és nem is fejezi ki pontosan a folyamat jellegét. Tehát a korrózióérzékenység jellemzéséhez egy úgynevezett korróziósebességet kell megállapítanunk. Sajnos a folyamatok bonyolult sokaságára való tekintettel nem létezik egységesen jellemző mérőszám. A mérések általában csak egy adott, körülhatárolt kérdésre adnak választ. Tudniillik még laboratóriumi körülmények között ugyanolyan feltételekkel és tudományosan kivitelezett kísérletekkel sem reprodukálhatók mindig ugyanolyan eredménnyel. Csak bizonyos mérési határok között, hibahatárok megadásával következtethetünk egy-egy folyamat egészére. A természetben vagy ipari körülmények között a befolyásoló tényezők nagy száma – relatív páratartalom, hőmérséklet, pH érték, változó összetételű fémtartalom, különböző igénybevételek – miatt ez a feladat még nehezebb. Mégis törekedni kell a minél sokoldalúbb vizsgálatra, hogy megfelelő következtetéseket tudjunk levonni a fém végleges tönkremenetelét illetően.

## 2. Graviometria

A legáltalánosabb módszer, amikor azt vizsgáljuk, hogy a fém mekkora hányada alakult át a korróziós folyamat következtében oxidokká, sókká esetleg fémes anyagokká. Ilyenkor azt elemezzük, hogy az illető anyag mennyit vesztett a súlyából vagy gyarapodott (graviometria). Megadhatjuk ezt a csökkenést (növekedést) $g/m^2$-ben, de önmagában ez még nem jelent sokat, ha nem időegységre vonatkoztatunk. Az összefüggésbe egy harmadik változót is számításba kell venni az időt. A folyamat sebességétől függően dolgozhatunk $g/m^2 \cdot$ óra vagy $g/m^2 \cdot$nap vagy $g/m^2 \cdot$év összefüggésekkel. Ekkor kapunk egy számítási modellt a korrózió kinetikájának leírására. Az iparban azonban a gyártást felügyelő mérnökök elsősorban arra kíváncsiak, hogy az általuk működtetett fém berendezés mennyi ideig használható balesetmentesen. Ezért tehát az előző összefüggést átalakíthatjuk mm/év formába is, mely méretezési alapként szolgál a falvastagságra. Ezzel egy sokkal használhatóbb dimenziót alkottunk, mellyel már lehet előre látni és tervezni. Nem alkalmazható ez a metódus, ha nem egyenletes korrózióról, hanem a lokális korróziós típusok egyikéről van szó. Ebben az esetben kitüntetett helyeken ugyanis lehetséges a fém teljes tönkremenetele a súlyveszteség (gyarapodás) viszont alig enged következtetni az egész szerkezet állapotára. Nem mond semmit a graviometria módszere a már említett fémen belüli korrodáltságról, amikor a kristályokon belül történik elváltozás. Ebben az esetben súlycsökkenést szinte lehetetlen mérni annyira kismértékű, viszont az egyik legveszélyesebb korróziós forma, ezért más módszer szükséges a már szerkezeti hibát okozó folyamat feltárására.

## 3. Ellenállás mérés alapú vizsgálat

Megfigyelhetjük ezeket a folyamatokat a fémek vezetőképességének szempontjából is. A fémek korrózió okozta oldódása közben ugyanis a keletkezett első és másodlagos korrózióstermékek

megváltoztathatják az anyag elektromos tulajdonságait. Erre a fajlagos ellenállás megváltozásából következtethetünk leginkább. A mérési módszer sorozatvizsgálatok elvégzésére is alkalmas. Főleg huzalokon végzik és hosszú, de vékony keresztmetszetű alkatrészeken is kivitelezhető. A fizikai elv a következő:

$$R = \varrho \frac{l}{A} \ [\Omega] \qquad (1)$$

ahol:

**ϱ** a fajlagos ellenállás,

***l*** a vezető hossza,

***A*** pedig a vezető keresztmetszete.

Ha a korrózió a felületre egyenletesen hat, az elektrokémiai kölcsönhatások miatt a huzal keresztmetszete vékonyabb lesz. A keresztmetszet nagysága és az ellenállás érték egymással fordított arányban áll ezért az ellenállás megnő. Ezt mérhetjük egy egyszerű ellenállás mérővel, képet kapva a korrodálás mértékéről. A módszer alkalmas a már említett kristályközi elváltozás kimutatására is, ugyanis ekkor mindig megváltozik a fajlagos ellenállás (**ϱ**) az anyag belsejében. További előnye még az automatizálhatósága. A korróziós folyamat mérhetőségét ilyenkor maga az ellenállás érték adja a következőképpen [2]:

$$K = \frac{\varrho_0 - \varrho_1}{\varrho_0} \cdot 100 \ [\%] \qquad (2)$$

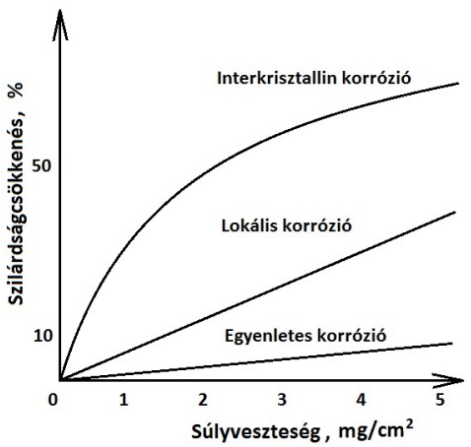
ahol:

**K** a korrózió,

$\varrho_0$ az eredeti fajlagos ellenállás,

$\varrho_1$ megváltozott ellenállás.

Következő fontos terület vizsgálatainkban a nem látható, az anyag belsejében létrejövő korróziós elváltozások precíz feltérképezése, mérése, mint erre már röviden utaltam az előzőekben. Ez a legveszélyesebb, legalattomosabb tönkremenetel fajta is egyben. Tekintsük át a szemcsehatáron (interkrisztallin) esetleg a kristályszemcséken (transzkrisztallin) keresztül keletkező korrózió előfordulási okait. Elsősorban ausztenites szövetszerkezettel rendelkező saválló acéloknál fordulhat elő, illetve nagy szilárdságú alumíniumötvözeteknél is megfigyelték már. A nagyon tiszta, szennyezőktől mentes fémeknél kizárható. A korróziós jelenség a szemcsehatárokon indul a felület közelében, innen halad az anyag mélyebb rétegei felé. A folyamat gyakorlatilag láthatatlan, speciális, nem megszokott korróziós vizsgálatokat kell elvégeznünk feltárására, előrehaladottságának dimenzionálására. A szemcseközi korrodáltság tulajdonképpen egy mikro repedés vagy ezek halmaza, mely kedvezőtlenül befolyásolja az anyag mechanikai, szilárdsági tulajdonságait. Kézenfekvő tehát, hogy azt mérjük, ami változik. Ezek a mechanikai sajátságok, amik az anyagban megváltoznak, segítenek a korrózió mértékének számszerű feltérképezésében. Egy fémből készült szerkezet méretezéséhez precízebb és biztonságosabb is ez a megoldás. Nem lehet tudniillik összevetni a szerkezet felületén keletkezett méretcsökkenés mértékét a fém belsejében történt elváltozásokkal. Nagyságrendi hibákat vétethetünk, ha rosszul választjuk meg a folyamatra jellemző korróziósebességet (**1. ábra**).




**1. ábra.** *Jellemző korróziós sebességek [2]*

A szerkezeti anyagok mechanikai vizsgálatai közé tartozik a szakítószilárdság és a nyúlás csökkenésének vizsgálata. Leggyakrabban ezek segítségével jellemezzük a korróziós folyamat állapotát. Ezeket a már jól ismert módszereket szabványok rögzítik. A vizsgálandó anyagból megfelelő számú mintát (próbatestet) kell biztosítani és elvégezni a mechanikai méréseket. A korróziós igénybevétel után megint meghatározzuk a mechanikai tulajdonságokat és az itt kapott értékekből fejezhetjük ki a változás mértékét százalékosan. Mivel vizsgálataink célja mindig egy korróziós sebesség meghatározása, érdemes időegységenként elvégezni a méréseket és ábrázolni azokat korrózió-idő diagramban. A korróziós folyamat mechanikai szempontból történő legfontosabb mérőszámai tehát [2]:

$$K_{sz} = \frac{\sigma_0 - \sigma_1}{\sigma_0} \cdot 100\% \qquad (3)$$

ahol:

$K_{sz}$ a korrózió szakítószilárdság szerinti mértéke,

$\sigma_0$ a vizsgált fém eredeti szakítószilárdsága,

$\sigma_1$ a vizsgált fém korrózióval terhelt szakítószilárdsága [2].

$$K_{ny} = \frac{\delta_0 - \delta_1}{\delta_0} \cdot 100\% \qquad (4)$$

ahol:

$K_{ny}$ a korrózió nyúláscsökkenés szerinti mértéke,

$\delta_0$ a fém eredeti nyúláscsökkenése,

$\delta 1$ a fém korrózióval terhelt nyúláscsökkenése.

A kristályközi korrózió megállapítására egyes, speciális esetekben használatos még a keménység mérés, ütőmunka meghatározás, és a nyomószilárdsági jellemzők meghatározása.

## 4. Következtetések

Cikkemben igyekeztem összefoglalni, áttekintést nyújtani a legfontosabb korróziós vizsgálati módszerek irányelveiről, meghatározásainak módszereiről. Vázoltam a tudományág sokrétűségét felismerésének, mértékbe állításának nehézségeit. Láthatóvá tettem a korrózió okozta károk megfigyelésének komplexitását, szabványba öntésének bonyolultságát. Minden korróziós, fém oxidációs probléma egyedi eset, amely gondos tervezést, elemzést, nagy elméleti felkészültséget kíván. Körültekintően kell eljárni, mely vizsgálat tükrözi legpontosabban a korróziós károk nagyságát, időbeni lefolyását.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kovács-Coskun T., Völgyi B., Sikari-Nágl I.: *Kontaktkorróziós jelenség tanulmányozása acél alumínium párosításánál*, Műszaki Tudományos Füzetek EME kiadó, Kolozsvár, 2013, 201-204.

[2] Holló Mária: *Korróziós vizsgálatok* Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1964.

[3] Dr. Kovács Klára: *Korróziós alapfogalmak* Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1965.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 189–192.
http://hdl.handle.net/10598/29057
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.38

# ACÉL PRÓBATESTEK KORRÓZIÓS VIZSGÁLATA

# CORROSION INVESTIGATION OF STEEL SAMPLES

Haraszti Ferenc

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet, Cím: 1081, Magyarország, Budapest Népszínház utca 8;*

## Abstract

The corrosion process is a very difficult and compound. Measurability is also difficult and need experience. The purpose of this paper to shows the corrosion process without completeness of this topic. In my article I'm sowing some different corrosion process on the way of real corrosion tests.

***Keywords**: corrosion, steel, stainless steel.*

## Összefoglalás

A korróziós folyamatok összetett, sokrétű és bonyolult jelenségek. Mérhetőségük is nehéz, nagy felkészültséget, sok éves rutint igénylő feladat. A tanulmány célja – a teljesség igénye nélkül - bemutatni a legjellemzőbb korróziós folyamatokat és gyakorlati példán keresztül érthetőbbé tenni. Cikkemben konkrét mérési feladaton keresztül vizsgálok meg különféle acélokat korróziós szempontból.

***Kulcsszavak:** korrózió, acél, korrózióálló acél.*

## 1. Bevezetés

A fémek korróziója igen veszélyes károsodási forma lehet. Különböző megjelenési formáival találkozhatunk az ipari gyakorlatban. A korrózió bizonyos típusai jól megfigyelhetőek, károsító hatásuk jellemezhető, leírható, mérhető. Vannak azonban olyan korróziós folyamatok, melyek hatására létrejövő anyagveszteség nem szembetűnő, ezzel szemben katasztrófák okozói lehetnek. Ilyen korrózió a kristályszerkezeti és a szelektív korrózió. Előbbi kialakulhat a fém kristályhatárai mentén és magában a kristályban is. A legveszélyesebb károsodások közé tartoznak, mivel szabad szemmel többnyire nem érzékelhetőek, továbbá meggyengítik a fém belső szerkezetét, ami szilárdságcsökkenést okoz.

Szelektív korrózió esetén pedig a fémkristályban található ötvöző egyes fázisainak kiválásáról beszélünk.

Igen fontos, hogy a korróziót megakadályozzuk, illetve felismerjük. Ehhez azonban ismernünk kell az alkalmazott anyagok összetételét, szerkezetét és viselkedését különböző hatásokra. A dolgozatban röviden ismertetem korrózió megjelenési formáit valamint a szemcsehatár menti korróziót. Bemutatom a vizsgált anyagminőséget, mely alapvetően korrózióálló acél, de korrózióállósága változhat a képlékeny alakítás valamint hőkezelés hatására.

### 1.1. Korróziós elváltozások megjelenési formái [4]

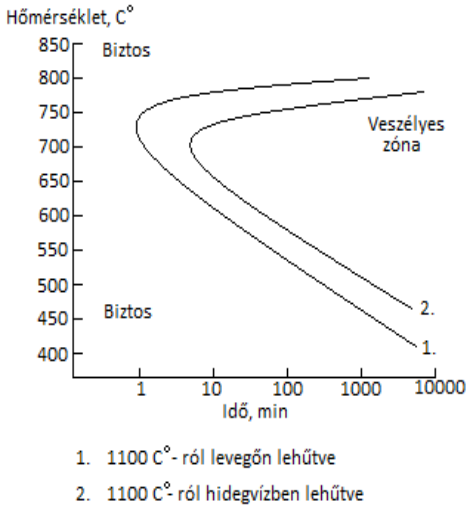
A következő főbb csoportokat különböztetjük meg:

- egyenletes korrózió,
- lyukkorrózió,
- kristályszerkezeti korrózió,
- Korróziós kifáradás,
- különleges korrózió.

1.2. Az egyenletes korrózió egy igen jól nyomon követhető, a felületen egyenletesen megjelenő anyagveszteséget okozó károsodási forma. Mivel szemmel látható, így a károsodás mértéke követhető, ezért nem tekinthető veszélyes korróziós típusnak. Mértéke súly- vagy térfogatváltozás mérésével jól meghatározható.

1.3. Lyukkorrózió előfordulása igen sokrétű. A szakirodalom ide sorolja a szivacsos korróziót, a pontkorróziót a különféle bemaródásokat. Jellemzőjük, hogy a fém oldódása nem egyenletes. Mindig valamilyen definiálható hatás miatt alakul ki. Meghatározása nehézkes, egyidejűleg több mérési módszer alkalmazása szükséges.

1.4. Kristályszerkezeti korrózió igen veszélyes, alattomos korrózió típus, mely katasztrófák okozója lehet. Az ausztenites korrózióálló acélok bizonyos típusainál jellemzően megfigyelhető [1]. Oka a szemcsehatárok mentén kiváló krómkarbid (Cr23C6), ennek környezetében a króm mennyisége lecsökken elveszítve ezzel a korrózióállóságot. Ez az anyagon belül a szemcsehatárokra koncentrálódik, melynek oka, hogy a korróziós jelenség is a szemcsehatáron mutatkozik meg. A kiválás mértéke, nagyban függ a fém szén tartalmától és rendkívüli mértékben rontja az ausztenites acél szilárdsági mutatóit az alacsony hőmérsékleten történt hőkezelés miatt (**1. ábra**). Ez a hőmérsékletköz azonban szerencsére igen kicsi. Rövid ideig tartó hőkezelés jelentősen lecsökkenti azt a hőtartományt, ahol a korrózióérzékenység kialakulhat. Abban az esetben, ha az alkatrész nem csak korrozív közegnek, de egyben húzó igénybevételnek is kitett a korrózió fokozottabban lép fel. Mérése eltér a fent említettektől. Többnyire a megváltozott szilárdsági és elektromos tulajdonságok meghatározásán alapul.




**1.ábra.** Cr-Ni acélok korrózióérzékenységi tartományai [4]

## 2. A vizsgált acélminőség

Vizsgálataimat X15CrNiSi25-21 (1.4841) acélminőségű korrózióálló acél próbatesteken végeztem.

**1. táblázat.** *A vizsgált acél fő ötvözői*

| C% | Cr% | Ni% | Mn% | N% | Si |
|---|---|---|---|---|---|
| max. 0,20 | 24,00-26,00 | 19,00-22,00 | max. 2,00 | max. 0,11 | 1,50-2,50 |

Szakirodalmi hivatkozás szerint[2] az AISI 316 jelölésű ausztenites acél korróziós vizsgálata alapján bizonyítást nyert, hogy a szekunder fázisok kiválására az alakváltozás mértéke jelentősen hat.

A megvizsgált acél is ausztenites, bár kémiai összetételében eltér az irodalomban találttól, kísérleteim során az alakítás korrózióállóságra gyakorolt hatását kívántam elemezni.

Az általam korróziós kísérletnek alávetett darabok a következőek voltak. Az

**1. táblázat** szerinti összetételű acélminőség, alakítatlan állapotban, valamint 50%-os alakítás után (**2. táblázat**) illetve 50% alakítás és 500°C-os hőkezelés utáni állapotban (**3. táblázat**).

## 3. Korróziós vizsgálatok

A korróziós igénybevételnek kitett próbatesteket az alábbi módszerrel vizsgáltuk: a vizsgálandó acélokat zsírtalanítás (absz. alkohol) után pácolásnak (15 V/V[%] Hcl oldat) tettük ki. Az előkészítés minden zsírt és egyéb szennyeződést leoldott. Gondos szárítás után (főn) mérlegelés következett analitikai mérleggel (d=0,1mg osztályú). A szárítószekrény hőmérséklete 55 °C-ra lett beállítva. Ebbe került a hőálló főzőpohár túltelített sóoldattal (36 m/m%), melyben a próbadarabok vizsgálata egy hetet vett igénybe. Ez a közeg rendkívül korrozív hatásnak teszi ki a vizsgálandó acél próbatesteket. Az elpárolgott oldatot naponta pótoltuk. A kísérlet lejárta után öblítés, szárítás majd a mérlegelés következett. Az eredmények az alábbi táblázatokban követhetők:

**2.táblázat.** *A vizsgált acél súlyveszteségei*

| | Ausztenites rugó | | | Hagyományos rugóacél | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. rugó | 2. rugó* | 3. rugó | 1. rugó | 2. rugó* | 3. rugó |
| Vizsgálat előtti súly (g) | 2,4193 | 2,3634 | 2,2465 | 5,5197 | 5,5134 | 9,3852 |
| Vizsgálat utáni súly (g) | 2,4193 | 2,3634 | 2,2465 | 5,5123 | 5,5104 | 9,3777 |
| Különbség (g) | 0 | 0 | 0 | 0,0074 | 0,003 | 0,0075 |
| Fogyás (%) | 0 | 0 | 0 | 0,134 | 0,054 | 0,080 |
| *55 °C-os túltelített NaCl oldatban | | | | | | |

**3.táblázat.** *Hőkezelt acél súlyveszteségei*

| | Huzaldarabok | Mérés előtti tömeg (g) | Mérés utáni tömeg (g) | Fogyás (%) |
|---|---|---|---|---|
| Szobahőmérsékleten | 1 | 0,1149 | 0,1147 | 0,1741 |
| | 2 | 0,2106 | 0,2104 | 0,0950 |
| | 3 | 0,2243 | 0,2243 | 0,0000 |
| 55˚C-on | 4 | 0,2028 | 0,2026 | 0,0986 |
| | 5 | 0,1569 | 0,1567 | 0,1275 |
| | 6 | 0,1497 | 0,1496 | 0,0668 |

## 4. Eredmények és következtetések

Az eredményekből jól látható, hogy azonos kísérleti idők mellett az alakítás nélküli és az alakított ausztenites acél alkatrészek esetén anyagveszteség nem tapasztalható, míg a kontroll csoportként használt rugóacélok esetében mérhető. Azt is meg kell állapítanom, hogy az alakított és hőkezelt darabok esetében az alkalmazott analitikai mérleggel anyagveszteséget mutattam ki. Feltehető, hogy az alakítás és a hőkezelés együttes hatása olyan nem kívánt anyagszerkezeti változásokat okozott, mely korrózióállósági szempontból káros hatású.

## Összefoglalás

A cikkben kísérletet próbáltam tenni a korrózió okozta károk főbb megjelenési formájának bemutatására. A hely szűkössége miatt ez csak a legjellemzőbb elektrokémiai korróziós elváltozásokra terjedt ki. Bemutattam a felületi- a lyuk- és a kristályszerkezeti korrózió legfontosabb paramétereit kialakulásának okait és mértékének meghatározásait. Gyakorlati méréssel igazoltam az ausztenites valamint a közönséges szénacél alakításának, hőkezelésének összefüggéseit a korróziós érzékenységgel szemben. Az előzetes várakozásnak megfelelően az ausztenites acél korrózióra való hajlama nem függ az alakítás mértékétől.

Az ötvözésnél használt króm és nikkel megvédi a fémet egy bizonyos határig ettől az igénybevételtől. Ezzel ellentétben a hagyományos ötvözetlen szénacél érzékeny az alakítás folyamatára korróziós szempontból. Az elvégzett mérés kimutatta, hogy az alakítás hőkezeléssel párosítva minden esetben anyagveszteséggel járt. Az alkalmazott egyszerű mérési metódust a jövőben hosszabb és bonyolultabb eljárásokkal kiegészítve valószínűsíthető, hogy választ kaphatunk milyen nem kívánt anyagszerkezeti változást okozott az említett együttes igénybevétel a fém belsejében.

## Köszönetnyilvánítás

A korróziós kísérletekben való közreműködésért szeretnék köszönetet mondani Dr. Kovács Tünde egyetemi docensnek és Szigeti Ádám BSC egyetemi hallgatónak.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kocsisová E.; Dománková M.: *Másodlagos fázisok kiválásának vizsgálata AISI 316 ausztenites korrózióálló acélban* EME kiadó, Kolozsvár, 2013, 189-192.

[2] Kovács-Coskun T.; Völgyi B.; Sikari-Nágl I.: *Kontaktkorróziós jelenség tanulmányozása acél alumínium párosításánál* EME kiadó, Kolozsvár, 2013, 201-204.

[3] Reti T, Kovacs T: *A phenomenological method for the prediction of damage accumulation processes under varying external conditions* In: Materials Science Forum, Vol. 414-415: 2003, 317-322.

[4] Kovács Klára: *Korróziós alapfogalmak* Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1965.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 193–196.
http://hdl.handle.net/10598/29059
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.39

# BIOMASSZA SZUSZPENZIÓ SŰRÍTÉSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA FLOTÁLÁSI MŰVELETTEL

# EXAMINATION OF BIOMASS SUSPENSION'S CONCENTRATION FACILITIES WITH FLOTATING OPERATION

Hodai Zoltán[1], Rippelné Pethő Dóra[2], Horváth Géza[3], Hanák László[4], Bocsi Róbert[5]

*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10. H-8201 Veszprém, Pf. 158.*

[1]*hodaiz@almos.uni-pannon.hu*

[2]*pethod@almos.uni-pannon.hu*

[3]*horvathg@almos.uni-pannon.hu*

[4]*hanakl@almos.uni-pannon.hu*

[5]*bocsirobert@almos.uni-pannon.hu*

## Abstract

The use of biomass is widely researched, because it is an environmentally friendly solution to producing a variety of industries's raw materials, intent to use food supplements, cosmetics or oil industry. The biomass belong to the group of algae suspensions, which are produced in racewayponds, horizontal tubular or flat panel photobioreactor. One of the pivotal point is that appropriate proportion to concentrate the biomass, since the basic separation methods such as filtration, sedimentation, clarification, etc, are very costly, because large volume of suspension which is have relatively dilute concentration (1-2 g/dm$^3$) have to concentrating up to 30 g/dm$^3$.

The main point is examining the opportunity of froth flotation as a cost efficient concentrating and harvesting method on algae suspensions, which are produced in a special photobioreactor (PBR).

***Keywords**: algae technology, carbon dioxide absorption, photobioreactor, separation, flotation*

## Összefoglalás

A biomasszák felhasználását széles körben kutatják, hisz környezetkímélő megoldást jelenthet a különböző iparágak alapanyagainak előállítása szempontjából, legyen szó táplálék kiegészítőkről, kozmetikumokról vagy olajiparról. A biomasszák csoportjába tartoznak az algaszuszpenziók is, melyeket nyílt vízi vagy zárt rendszerben, reaktorokban állítanak elő. Az egyik sarkalatos pont a biomasszák megfelelő arányú sűrítése, mivel az alap elválasztási műveletek, mint szűrés, ülepítés, derítés, bepárlás, stb., igen költségesnek mutatkoznak, mivel nagy mennyiségű viszonylag híg 1-2 g/dm$^3$ koncentrációjú szuszpenziót kell akár 30 g/dm$^3$-re sűríteni.

Speciális fotobioreaktorokban termesztett algaszuszpenziókon vizsgáljuk a habflotálást, mint gazdaságos sűrítési lehetőséget, ezen belül több különböző tápoldatösszetételt és ennek hatását a szuszpenzió minőségén keresztül a műveletre, valamint a vegyszerigényt és optimumot.

***Kulcsszavak:** algatechnológia, széndioxid elnyeletés, foto-bioreaktor, szeparáció, flotálás*

## 1. Bevezetés

Egyre nagyobb figyelmet kapnak az olyan technológiák, melyek a kibocsátott szennyezőanyagokat számunkra hasznos anyagokká alakítják át, így csökkentve a kibocsátás mennyiségét [1-4].

Energiatermelés szempontjából is a fotoszintetizáló mikroszkopikus élőlények (mikroalgák) jönnek elsősorban számításba, mert viszonylag gyorsan, nagy tömegben termeszthetők, termőtalaj igénye nélkül. A folyamat végterméke jelentős mennyiségű, kémiai kötésekben raktározott napenergiát tartalmaz [1, 5-6]. A technológia kritikus pontját a mikroalgaszuszpenzió besűrítése jelenti a magas beruházási és üzemeltetési költségek és a nagy műveleti idők miatt [7, 8]. A betakarítási, szeparációs költségek meghaladhatják a teljes költség több mint 18%-át is [9].

## 2. Flotálás

A flotálás az anyagok felületi adhéziós sajátságainak eltérésén alapuló dúsítási eljárás, amely különböző anyagok felületének a levegőhöz és vízhez való eltérő tapadásán alapul. A víz vagy levegő megtapadását a sejtek felületén, a megfelelő reagensek hozzáadásával, módosítani, azaz fokozni lehet. Ha légbuborékokat diszpergálunk a szuszpenzióba, ezekhez hozzátapadnak az anyagszemcsék, és a buborékokkal együtt felszállnak a szuszpenzió felszínére [10].

Alkalmas reagensek hozzáadásával a buborékok nem pattannak azonnal szét, hanem hosszabb-rövidebb ideig megmaradnak a szuszpenzió felszínén, ott többékevésbé tartós habot képezve.

Hatékony algasűrítés eléréséhez általában flokkulálószerek, felületaktív anyagok adagolása is szükséges. Az elválasztott, mikroalgában dús szuszpenzióban (hab) az alga koncentrációja elérheti az 5-7 m/m% értéket is [10, 11].

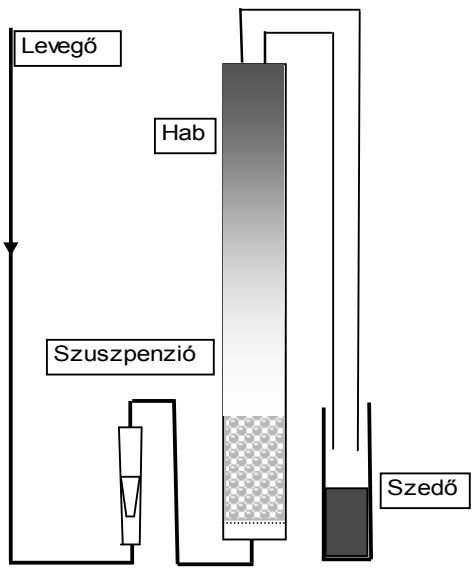
A mikroalgák flotálással történő besűrítésére alkalmazott berendezéseknek, ill. konstrukciós változatoknak, a műveleti paraméterek sokaságán túlmenően, a fajlagos energiaigénye is nagyon különböző [12].

A flotálás hatásfokát megvizsgálva, különböző felületaktív anyagok szerepét is tanulmányozzák a szakirodalmak [13, 14].

## 3. Kísérleti rész

### 3.1. Habflotáláshoz összeállított kísérleti berendezés

Habflotálási kísérleteinkhez az alábbi készüléket állítottuk össze (**1. ábra**l). A flotáló oszlop egy alul üvegfrittel ellátott üvegoszlop, M=105 mm magassággal, és $D_{belső}$=20 mm átmérővel. A fritt alá rotaméteren keresztül történik meg a gáz bevezetése változtatható térfogatárammal.




**1. ábra.** *Habflotáló berendezés kapcsolási vázlata*

Az üvegoszlopba 100-200 $cm^3$ szuszpenzió térfogat tölthető be „kezelésre", az oszlop tetejéhez csatlakoztatott cső a szedőedénybe vezeti a mikroalga sejtekben dús habot.

### 3.2. Flokkuláló szer, felületaktív anyag hatása

Habflotálási kísérleteimhez a szabadtéri termesztésből frissen szüretelt mintákat használtam fel. Vegyszerként salétromsav 1 mol $HNO_3/dm^3$ koncentrációjú oldatát alkalmaztam.

A kezelt szuszpenziók térfogata 150 $cm^3$, koncentrációjuk 4 $g/dm^3$, pH értékük pedig 9,8.

A nagyobb hatásfokú flotálás érdekében 3,8-as pH-t állítottam be a HFx/1 kódú kísérleteimnél. A HFx/2 kóddal ellátott méréseim esetén a szuszpenziók koncentrációja 3,4 $g/dm^3$, pH értéke pedig 8,8 volt, a (salétromsavval) beállított pH értéke 4. A kísérletek során alkalmazott levegőáramot 10 $dm^3/h$ értékre állítottam be, 25-30 perces műveleti idő mellett.

A **1. táblázat**ban látható, kiülepedett sűrű zagy térfogata 5-6 $cm^3$ a művelet paramétereitől (*pH, VF, t*) függetlenül. A kétszeresére hígított szuszpenziók esetén kb. 3 $cm^3$ a zagy térfogata. Ezzel a zagytérfogattal számolva a művelet végső térfogatsűrítése (VF) eredeti szuszpenziók (3,5-4,0 $g/dm^3$) esetén: 150 $cm^3$/(5-6 $cm^3$) = 25-30, kétszeres hígítás (1,7-2,0 $g/dm^3$) esetén pedig 150 $cm^3$/(3 $cm^3$) = 50.

Ezekkel a *VF* értékekkel számolva a sűrű zagy alga-koncentrációja közelítőleg: az eredeti szuszpenziók esetén: (3,5-4,0 $g/dm^3$/) x 25-30 ~ 90-120 $g/dm^3$, a hígított szuszpenziók esetén: (1,7-2,0 $g/dm^3$/) x 50 ~ 85-100 $g/dm^3$. Így habflotálás és ülepítés alkalmazásával a sűrű zagy koncentrációja: $C_{zagy}$ = 80-100 $g/dm^3$-nek adódik.

**1. táblázat.** *Habflotálási kísérletek eredményei*

| Mé- | Hab tér- | Hab konc. | Maradék konc. | CF | V |
|---|---|---|---|---|---|
| HF1/ | 6,0 | 64 | 0,5 | 16 | 2 |
| HF1/ | 7,3 | 50 | 0,6 | 20 | |
| HF2/ | 22 | 27,5 | 0,8 | 7 | 7 |
| HF2/ | 15 | 25 | 0,4 | 7,5 | 1 |
| HF3/ | 16 | 27,7 | 0,6 | 7 | 1 |
| HF3/ | 14 | 30 | 0,2 | 9 | 1 |
| HF4/ | 8 | 20 | 0,42 | 10 | 1 |
| ** HF4/ | 16 | 23 | 0,3 | 13 | 9 |
| ** HF5/ | 32 | 22,5 | 0,1 | 6 | 5 |
| *** HF5/ | 28 | 20 | 0,2 | 6 | 5 |
| *** HF6/ | 39 | 16 | 0,15 | 4 | 4 |
| **** HF6/ | 31 | 18 | 0,3 | 5 | 5 |

*a hab összeesése után, ** a kiindulási szuszpenzió kétszeres hígítással, *** eredeti szuszpenziók *pH* állítás nélkül, **** eredeti szuszpenziók *pH* állítás nélkül + benzil-trimetil-ammónium-klorid adagolással

## 4. Következtetések

A habflotálás kis energiaigényű (0,1 $MJ/m^3$ szuszpenzió) és kis műveleti időkkel (~30 min) jellemezhető. De nem lehet elfelejteni a –bizonyos esetekben- szükséges vegyszerek, valamint felületaktív anyagok alkalmazását, ami csakúgy, mint a vegyszeres flokkulációs műveletek, költségvonzattal járnak és környezetterhelést is jelent.

Felületaktív anyagok adagolása:10-30 $mg/dm^3$ dózissal történt a kísérletek során. Az így nyert sűrű zagy alga-koncentrációja közelítőleg: ~ 90-120 $g/dm^3$, a hígított szuszpenziók esetén: ~ 85-100 $g/dm^3$.

Az előkísérletek a habflotálásra, felületaktív anyagok adagolása nélkül is, rendkí-

vül kedvező eredményeket adtak: a kihozatal > 90 %, térfogatsűrítés: (*pH* = 4 értéken) ~ 10-25, térfogatsűrítés: (*pH* változtatás nélkül) ~ 5. A habban átvitt zagy koncentrációja: ~ 20-50 g alga/dm$^3$.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] D. Dah-Wei Tsai, R. Ramaraj, P. Honglay Chen: *Growth condition study of algae function in ecosystem for $CO_2$ bio-fixation*, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2012, 27-34

[2] G. Venkata Subhash, Rashmi Chandra, S. Venkata Mohan: *Microalgae mediated bioelectrocatalytic fuel cell facilitates bioelectricity generation through oxygenic photomixotrophic mechanism*, Bioresource Technology, 2013, 644-653

[3] R. Slade, A. Bauen: *Micro-algae cultivation for biofuels: Cost, energy balance, environmental impacts and future prospects*, Biomass and Bioenergy, 2013, 29-38

[4] M. Rickman, J. Pellegrino, J. Hock, S. Shaw, B. Freeman: *Life-cycle and techno-economic analysis of utility-connected algae systems*, Algal Research, 2013, 59-65

[5] A. Ruiz-Martinez, N. Martin Garcia, I. Romero, A. Seco, J. Ferrer: *Microalgae cultivation in wastewater: Nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent*, Bioresource Technology, 2012, 247-253

[6] Sunja C., Nakyeong L., Seonghwan P., Jaecheul Y., Thanh Thao L., You-Kwan Oh, Taeho L.: *Microalgae cultivation for bioenergy production using wastewaters from a municipal WWTP as nutritional sources*, Bioresource Technology, 2013, 515-520

[7] Truc Linh Nguyen, D.J. Lee, J.S. Chang, J.C. Liu: *Effects of ozone and peroxone on algal separation via dispersed air flotation*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2013, 246-250

[8] Ryan D., Andy A., Philip T. Pienkos: *Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production*, Applied Energy, 2011, 3524-3531

[9] Benjamin T. S., Robert H. D.: *Sedimentation of algae flocculated using naturally-available, magnesium-based flocculants*, Algal Research1 2012, 32-39

[10] Edzwald JK: *Algae, bubbles, coagulants, and dissolved air flotation*. Water Sci Technol 27(10), 1993, 67–81

[11] Singh A, Nigam PS, Murphy JD: *Mechanism and challenges in commercialisation of algal biofuels*, Bioresour. Technol. 102 (1), 2011, 26-34

[12] Wiley P E, Brenneman K J, Jacobson A E.: *Improved Algal Harvesting Using Suspended Air Flotation,* Water Environ Res, 81, (7), 2009, 702-708

[13] Chen Y M, Liu JC, Ju YH : *Flotation removal of algae from water,* Colloids and Surfaces B, 12, 1998 49–55

[14] Levin G V, Gibor A,: Clendenning J R, Bogar F D: *Harvesting of algae by froth flotation* Applied Microbiology, 10, 1962, 169–175

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 197–200.
http://hdl.handle.net/10598/29060
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.40

# POLIAMID FORGÁCSOLHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA KÍSÉRLETTERV SEGÍTSÉGÉVEL

# THE EXAMINATION OF CUTTING ABILITY OF POLYAMIDE WITH THE HELP OF DESIGN OF EXPERIMENT

Horváth Richárd[1], Drégelyi-Kiss Ágota[2]

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8.*

[1]*horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu;*

[2]*dregelyi.agota@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

The development of novel engineering plastics and their use in the industry are characterized by a growing tendency nowadays. The finishing operation of the engineering plastics can be cutting. In this article the authors examined the cutting ability of a commonly used engineering plastics (polyamide) by help of design of experiment. The basic goal was creating phenomenological models, by which it can be easily estimated the surface roughness parameters (*Ra*, *Rz*) as function of the input cutting parameters.

***Keywords**: polyamide, turning, design of experiment, surface roughness, phenomenological model*

## Összefoglalás

Új típusú műszaki műanyagok kifejlesztése és ezek egyre szélesebb körben való felhasználása napjainkban is jól érzékelhető tendencia. A műszaki műanyagok befejező megmunkálása gyakran forgácsolással. történik. Jelen cikkben a szerzők egy általánosan használt műszaki műanyag (poliamid) forgácsolhatóságát vizsgálják kísérletterv segítségével. A kísérlet célja olyan fenomenológiai modell felállítása, mellyel az iparban gyakran használt *Ra* és *Rz* érdességi paraméterek könnyen becsülhetőek a bemenő (vizsgált) forgácsolási paraméterek függvényében.

***Kulcsszavak:** poliamid, esztergálás, kísérletterv, felületi érdesség, fenomenológiai model*

## 1. Bevezetés

Műszaki műanyagoknak nevezzük azokat a hőre lágyuló vagy keményedő szintetikus anyagokat, amelyek alapvetően műszaki területen, szerkezeti anyagként használatosak. Többek között mechanikai szilárdságuk, villamos tulajdonságaik, alkalmassá teszik őket a hagyományos szerkezeti anyagok helyettesítésére [1]. A műszaki műanyagok befejező felületi megmunkálása gyakran történik forgácsolással. A műszaki műanyagok egyre terjedő felhasználása következtében napjainkban számos kutató foglalkozik forgácsolhatóságuk beható vizsgálatával. Ezeket a vizsgálatokat több-

nyire célszerű kísérletterv segítségével végzik, hiszen az alkalmasan megválasztott kísérleti paraméterek felhasználásával viszonylag kevés mérési pontból is sok információ nyerhető ki.

Kumar és társai [2] üvegszál erősítésű műanyag eszergálása során mérték a fellépő forgácsoló erőket és Taguchi módszerrel keresték annak optimumát. Nagyszámú bemenő (forgácsolási) paraméter figyelembe vételével azt vizsgálták, hogy mely paramétereknek van szignifikáns hatása a fellépő forgácsoló erőkre.

Lazarevic és társai [3] szintén Taguchi módszert alkalmaztak, hogy meghatározzák a poliamid (PA6) anyagminőség esztergálása során azokat az optimális forgácsolási paramétereket, melyekkel minimalizálható a gyártott felületek érdessége.

Hanafi és társai [4] szénszál erősítésű polimer vizsgálata során olyan prediktív modelleket állítottak fel, amelyek alkalmasak a bemenő forgácsolási paraméterek és a forgácsolási erő közötti kapcsolatot leírására.

Mata és Gaitonde [5] szintén prediktív modelleket alkalmaztak, részben erősítetlen, részben 30% karbonszál és 30% üvegszál erősítésű PEEK esztergálásának vizsgálatakor. Céljuk volt, hogy a forgácsolási paraméterek és a forgácsolási erő kapcsolatát leírják, valamint elemezték a karbon és üvegszál erősítés hatását a forgácsolhatóságra.

Hanafi és társai [6] szintén 30% szénszál erősítésű PEEK esztergálását vizsgálták, és optimalizálták a technológiai paramétereket Taguchi módszert alkalmazva. Az optimalizálás célja a minimális forgácsolási erő és a legjobb felületi érdesség elérése volt.

Jelen cikkben poliamid forgácsolhatóságának vizsgálati eredményei ismertetjük esztergálás technológiára vonatkozóan. A vizsgálatokat egy célszerűen kialakított kísérletterv segítségével végeztük,

Célunk alapvetően egy olyan fenomenológiai modell kifejlesztése volt, mellyel a technológiai tervezésben elvárt pontossággal becsülhetőek a várható felületi érdesség szokásos paraméterei (Ra – átlagos felületi érdesség, μm; Rz – egyenetlenség magasság, μm) a bemenő forgácsolási paraméterek függvényében.

## 2. Anyagok és módszerek

### 2.1 A kísérletben felhasznált eszközök

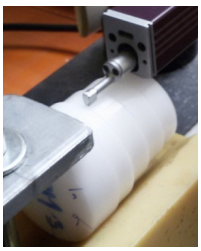
Forgácsolási kísérleteinket poliamid (PA6) műanyagon (Ø60 mm) végeztük. A poliamid kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, szemikristályos, hőre lágyuló műanyag [1], terjedő felhasználását előnyös tulajdonágainak köszönheti: kiváló kopásállóság; siklási tulajdonságok; jó vegyszerállóság; megfelelő villamos tulajdonságok; az erősítetlen típusok az égést nem táplálják.

A forgácsolási kísérleteket MAZAK SUPER QUICK TURN 10MS CNC esztergán hajtottuk végre (Pmax =11 kW; nmax = 6000 1/min).

A vizsgálatokat keményfém szerszámmal (TaeguTec TDA 6.00-3.00 K10) (1. ábra) végeztük (szerszám tartó: TaeguTec T-Clamp TTER 20 20-6).

**1. ábra.** *Kísérletben alkalmazott keményfém szerszám*

Felületi érdesség mérése Mitutoyo Surftest SJ 301 műszerrel történt. A méréseket hatszor végeztünk el a hengeres munkadarab palástja mentén, 60°-onként (**2. ábra**).



**2. ábra**. *Poliamid felületének édesség mérése*

## 2.2 Az alkalmazott kísérleti módszer

Munkánkban, a kísérletek végrehajtásához a válaszfelület módszerét (RSM) alkalmaztuk, ún. centrál kompozit kísérlettervet (CCD) valósítottunk meg, amely során a 3 bemenő faktort (forgácsolási sebesség - $v_c$; előtolás - $f$; fogásmélység - $a_p$) 5 szinten változtattuk és mértük a függő változók (output adatok) értékeit (*Ra*, *Rz*).

Kapcsolatot kerestünk a bemenő ($v_c$, $f$, $a$) és a kimenő paraméterek (*Ra*, *Rz*) között az alábbi formula felhasználásával:

$$Y = \Omega(v_c, f, a) \qquad (1)$$

A többváltozós Ω válaszfüggvényt az alábbi alakban definiáltuk:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot v_c + b_2 \cdot f + b_3 \cdot a + b_{11} \cdot v_c^2 + b_{22} \cdot f^2 + \\ + b_{33} \cdot a^2 + b_{12} \cdot v_c \cdot f + b_{13} \cdot v_c \cdot a + b_{23} \cdot f \cdot a + \varepsilon \qquad (2)$$

*ahol* $b_0$, $b_i$ *és* $b_{ij}$ *a számított koefficiensek,* $v_c$, f, a *bemenő paraméterek, és* ε *a hibatag.*

A három bemenő faktor szintenkénti értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

**1. táblázat.** *A bemenő 3 faktor 5 szinten változtatva*

| Szintek | Faktorok | | |
|---|---|---|---|
| | $v_c$, mm/min | $f$, mm | $a$, mm |
| -1,28719 | 100 | 0,050 | 0,50 |
| -1 | 167 | 0,089 | 0,67 |
| 0 | 400 | 0,225 | 1,25 |
| 1 | 633 | 0,361 | 1,83 |
| 1,28719 | 700 | 0,400 | 2,00 |

A centrál kompozit terv mérési pontjait a **2. táblázat** tartalmazza.

**2. táblázat.** *A mérési pontok forgácsolási paraméterei (két centrumpontbeli ismétléssel)*

| Mérési pontok | $v_c$, m/min | $f$, mm | $a$, mm |
|---|---|---|---|
| **1** | 167 | 0,089 | 0,67 |
| **2** | 167 | 0,089 | 1,83 |
| **3** | 167 | 0,361 | 0,67 |
| **4** | 167 | 0,361 | 1,83 |
| **5** | 633 | 0,089 | 0,67 |
| **6** | 633 | 0,089 | 1,83 |
| **7** | 633 | 0,361 | 0,67 |
| **8** | 633 | 0,361 | 1,83 |
| **9** | 100 | 0,225 | 1,25 |
| **10** | 700 | 0,225 | 1,25 |
| **11** | 400 | 0,050 | 1,25 |
| **12** | 400 | 0,400 | 1,25 |
| **13** | 400 | 0,225 | 0,50 |
| **14** | 400 | 0,225 | 2,00 |
| **15 (C)** | 400 | 0,225 | 1,25 |
| **16 (C)** | 400 | 0,225 | 1,25 |

## 3. Eredmények

A szignifikancia vizsgálatok elvégzését követően konstruált modellek kizárólag a szignifikáns tagokat tartalmazzák. A felületi érdesség (Ra, Rz) paramétereinek becslésére a létrehozott modell-egyenletek (2) alapján az alábbiak:

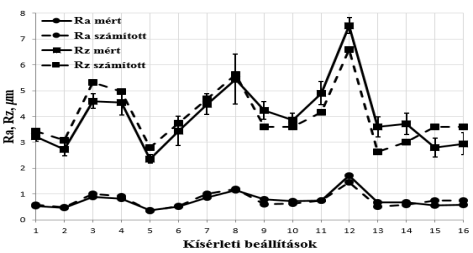
$$Ra = 0{,}42 + 2{,}24 \cdot 10^{-4} \cdot v_c - 3{,}87 \cdot f + 0{,}74 \cdot a - 1{,}52 \cdot 10^{-6} v_c^2 + \\ + 1{,}145 \cdot f^2 - 0{,}36 \cdot a^2 + 1{,}76 \cdot 10^{-3} \cdot v_c \cdot f + 4{,}99 \cdot 10^{-4} \cdot v_c \cdot a \qquad (3)$$

$$(R^2 = 0{,}78)$$

$$Rz = 3{,}70 - 3{,}01 \cdot 10^{-3} \cdot v_c - 19{,}19 \cdot f + 2{,}728 \cdot a + \\ + 58{,}08 \cdot f^2 - 1{,}38 \cdot a^2 + 2{,}42 \cdot 10^{-3} \cdot v_c \cdot a \qquad (4)$$

$$(R^2 = 0{,}71)$$

A mért értékek és a számított értékek ábrázolása a mérési pontok függvényében a **3. ábrá**n látható.

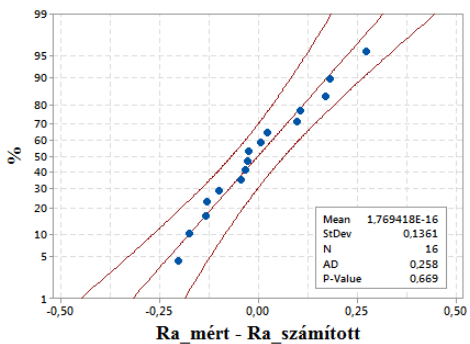



**3. ábra.** *A mért és a számított felületi érdességek (Ra, Rz) a mérési pontok függvényében*

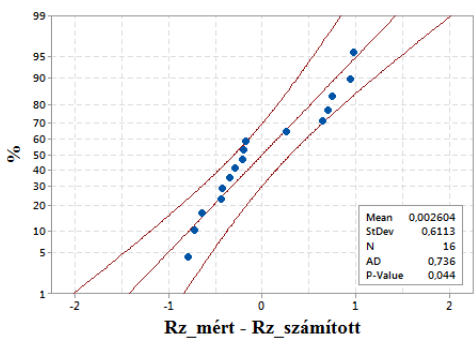
A diagramból (3. ábra) kitűnik, hogy a fenti egyenletekkel (3, 4) becsült érdességi paraméterek jól közelítik a mért értékeket. Az *Ra* érdességi paraméter esetében a számított értékek illeszkedése a mért pontokra jobb, mint *Rz* paraméter esetében.

Ennek valószínű oka az, hogy a mért felületi érdesség szórása nagyobb az *Rz* paraméter esetében, mint az *Ra* esetén. Ebből adódóan az egyenletek illeszkedési pontossága is különböző mérvű, az *Ra* paramétert becslő modellé jobb.

A mért és a számított értékek közötti különbségek (a becslés hibája) normalitás vizsgálata azt mutatja, hogy a hibák várható értéke nulla körüli érték, az eltérések közel normál eloszlásúak (**4. és 5. ábrá**k).




**4. ábra.** *Az Ra paraméterre vonatkozó normalitás-vizsgálat eredménye*




**5. ábra.** *Az Rz paraméterre vonatkozó normalitás-vizsgálat eredménye*

## 4. Következtetések

Vizsgáltuk a PA6 műanyag forgácsolhatóságát a gyártáskor létrejött felületi érdesség szempontjából egy alkalmasan választott kísérletterv segítségével. Következtetéseink az alábbiakban összegezhetők:

- a kísérlettervezés kiválóan alkalmazható módszer a forgácsolás-kutatásban, ugyanis viszonylag kevés számú mérésből jelentős információ mennyiség nyerhető, így a költségek csökkenthetők;
- az iparban elterjedten használatos *Ra* és *Rz* paraméterek becslésére a redukált, forgácsoló paraméterektől függő egyenleteket konstruáltunk. Ezekkel az elvárt pontossággal becsülhetők a felületi érdesség paraméterei.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Füzes, L., Kelemen, A.: *Műszaki műanyagok zsebkönyve*, Műszaki könyvkiadó, 1988

[2] Kumar, S., Gupta, M., Satsangi, P.S.: *Multiple-response optimization of cutting forces in turning of UD-GFRP composite using Distance-Based Pareto Genetic Algorithm approach*, Engineering Science and Technology an International Journal, 2015, 680–695.

[3] Lazarevic. D., Madic, M., Jankovic, P., Lazarevic, A.: *Surface roughness minimization of polyamide pa-6 turning by taguchi method*, Journal of production engineering, 2011, vol.15, 29–32.

[4] Hanafi, I., Khamlichi, A., Jabbouri, A.: *Fuzzy rule based predictive model for cutting force in turning of reinforced PEEK composite*, Measurement, 2011, vol. 45

[5] Mata, F., Gaitonde, V.N.: *Influence of cutting conditions on machinability aspects of PEEK, PEEK CF 30 and PEEK GF 30 composites using PCD tools*, Journal of materials processing technology, 2009, 1980–1987

[6] Hanafi, I., Khamlichi, A., Cabrera, F.M., Almansa, E., Jabbouri, A.: *Optimization of cutting conditions for sustainable machining of PEEK-CF30 using TiN tools*, Journal of Cleaner Production, 2012, 1–9.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 201–204.
http://hdl.handle.net/10598/29061
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.41

# FACSAPOS KAPCSOLATOK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA: ROSTIRÁNYÚ HÚZÁS

# EXPERIMENTAL STUDY OF CONNECTIONS WITH HARDWOOD STUDS

Hudák József[1], Literáti Zsolt[2], Kovács Imre[3], Radnay László[4]

*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4.*

[1]*jhudak1991@gmail.com*

[2]*zsoltliterati@gmail.com*

[3]*dr.kovacs.imre@gmail.com*

[4]*radnaylaszlo@gmail.com*

## Abstract

Attitude change is needed in design of timber structures. Truss girder made of timber elements with small cross sections can be used on large spans. Constructing structures with the use of these prefabricated trusses reduces the need of in-site work, and makes the use of timber structures economic. Rods of truss can be connected with the use of hardwood stud. On this way all steel components can be eliminated from the truss, so it can be used in aggressive environment as well. Dowel type connection, with hard wood stud is the subject of the present research. Hardwood studs were investigated individually and also as the part of separated connections of the truss girder.

***Keywords**: timber structure, truss girder, hardwood stud.*

## Összefoglalás

Faszerkezetek tervezésében szemléletváltás szükséges. Kis keresztmetszetű fűrészáruból összeállított rácsos tartószerkezetek alkalmasak nagy fesztávok áthidalására. Az így előregyártott tartószerkezeti elemek felhasználása csökkenti a helyszíni munkát, és gazdaságossá teszi a faszerkezetek alkalmazását. A rácsrudak kapcsolata keményfa-csap alkalmazásával, az acél szerkezeti elemek teljes kiiktatásával is kialakítható, így a szerkezet agresszív környezetben is alkalmazhatóvá válik. Jelen kutatás témája a facsapos kapcsolat. Kísérleteinkben facsapok, és egyes facsapos kapcsolatok teherbírását vizsgáltuk.

***Kulcsszavak:** faszerkezet, rácsos tartó, keményfa-csap.*

## 1. Bevezetés

A facsapos rácsos tartókat több évtizede alkalmazzák Magyarországon, azonban a szerkezetek méretezési eljárása nem tisztázott, a kivitelezett szerkezetekért a gyártó vállal garanciát. Kutatásunk célja, hogy számítási modellt alkossunk a keményfa-csapos kapcsolatok méretezésére, ehhez szükség volt egy kísérletsorozat kidolgozására.

A kísérleti eredmények alapján képet kaptunk a kapcsolatok tényleges teherbírá-

sáról, viselkedéséről, valamint a keményfacsapos kapcsolatokra jellemző tönkremeneteli módokról.

## 2. Facsapos technológia rövid bemutatása

A technológia fejlődésével a faanyagú tartószerkezetek alkalmazása egyre több területen válik lehetségessé. A hagyományos ács jellegű szerkezeteket felváltották a síkbeli tartókból felépülő mérnöki jellegű faszerkezetek. Ezek legtöbb esetben rétegelt ragasztott tartók vagy rácsos tartók. A kis keresztmetszetű fűrészárubóll összeállított rácsos tartószerkezetek alkalmasak nagy fesztávok áthidalására.

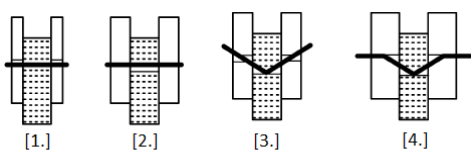
Síkbeli, faanyagú rácsos tartók kialakításának alternatív módszere a keményfacsapos szerkezetek építése. Ilyen szerkezetekben, a csomópontokban a rácsrudak kapcsolatát keményfa csapok biztosítják, esztétikus, homogén szerkezetet képezve. Az acél kötőelemek teljes kiiktatásával a szerkezet agresszív környezetben is alkalmazhatóvá válik, emellett tűzvédelmi szempontból is kedvezőbb. Az alapanyag C20 szilárdsági osztályú (az MSZ EN 14081-1:2005+A1:2011 szerint), felületkezelt, fenyő fűrészáru. A tartószerkezet legfontosabb eleme a keményfa-csap, melynek átmérője 30 mm és jellemzően akácfából készül, esztergálással.

## 3. Probléma megfogalmazása

A csapos kapcsolatok kialakítása fém csapok alkalmazásával széles körben elterjedt ugyan, de nem található specifikusan keményfa csapos kapcsolatokkal foglalkozó szakirodalom. Az MSZ EN a csap típusú kapcsolatokat a Johansen által kidolgozott módszerrel vizsgálja.

Az MSZ EN 1995-1-1:2010 (Eurocode 5) szabvány 8. Fejezete tárgyalja az acél kapcsolóelemes kapcsolatokat. A méretezési eljárás alapját a K. W. Johansen [2] által leírt vizsgálat képezi. A szabvány által előírt geometriára vonatkozó szerkesztési szabályok betartásával egy kapcsolat teherbírása függ a kapcsolóelem képlékeny nyomatéki teherbírásától, beágyazási szilárdságától és a kihúzódási szilárdságtól. A szabvány a 8.2.2-es szakaszban ismerteti a fa-fa, illetve falemez-fa kapcsolatokra vonatkozó tönkremeneteleket, és az ezekhez tartozó teherbírások meghatározását. Ezek alapján az egyszer nyírt kapcsolatokra hat, a kétszer nyírt kapcsolóelemes kapcsolatokra négy tönkremeneteli módot definiál. Az egyes tönkremeneteli módoknak megfelelő teherbírások karakterisztikus értéke meghatározható, ezek minimuma adja a kapcsolat teherbírását. Kutatómunkánk keretén belül kétszer nyírt kapcsolatokat vizsgáltunk, melyekhez tartozó, szabványban szereplő tönkremeneteleket az **1. ábra** szemlélteti:

- palástnyomási tönkremenetel a szélső elemekben (1.);
- palástnyomási tönkremenetel a közbenső elemben (2.);
- kapcsolóelem hajlítási tönkremenetele, 2 képlékeny csukló kialakulása (3.);
- kapcsolóelem hajlítási tönkremenetele, 4 képlékeny csukló kialakulása (4.).




**1. ábra.** *Két nyírt síkú kapcsolóelemes kapcsolatok tönkremeneteli módjai [1]*

A keményfa-csapos szerkezetekben a csapok jellemző átmérője 30 mm. Ilyen nagy átmérőjű csap esetén azonban a szerkesztési szabályoknak nehéz eleget tenni. A gazdaságosan alkalmazható csaptengely-elemvég távolság 75 mm. 15 cm széles deszkák és pallók kapcsolataként ez a méret alakítható ki gazdaságosan. A szabvány által előírt minimális elemvég-távolság*: a=max (7d, 80mm)*, tehát 210 mm.

Mivel fém csapok helyett keményfa-csapokat alkalmazunk, valamint nem teljesülnek a szerkesztési szabályok (csaptengely-elemvég távolság), a kísérleteink során fellépő tönkremenetelek eltértek a szabványban szereplő tönkremeneteli módoktól. Ezért a Johansen-egyenletek alkalmazásán túl további vizsgálatok szükségesek.

## 4. Kutatómunka bemutatása

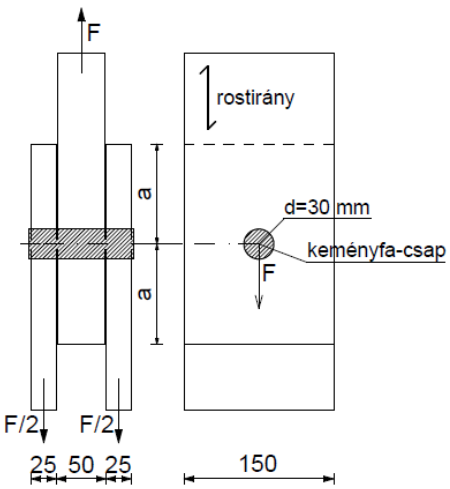
A számítási modellek megalkotásához és a jellemző tönkremeneteli módok megismeréséhez kísérleti programot dolgoztunk ki. Kísérleteink célja a megvalósult szerkezetek elemeinek, kapcsolatainak modellezése, majd ezek tényleges teherbírásának meghatározása. A csomópontok teherbírását alapvetően meghatározza a keményfa csapok teherbírása, így ezeket elkülönítetten is vizsgáltuk. Kétféle vizsgálatnak vetettük alá a kapcsolóelemeket: hajlítás és nyírás [4]. Jelen cikkben a kapcsolatok húzókísérleteit tárgyaljuk.

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem, Építőmérnöki Tanszékének Anyag-, és szerkezetvizsgáló laboratóriumban végeztük.

### 4.1. Első húzókísérlet-sorozat

Vizsgálataink során a kapcsolatok ragasztás nélkül lettek kialakítva. A terhelés elmozdulás-vezérelt módon történt, 0,5 mm/min sebességgel. Az erő iránya minden esetben megegyezett a rostiránnyal. A vizsgálatokhoz tartozó kísérleti elrendezést a **2. ábra** szemlélteti.

Az első kísérletsorozat célja volt, hogy képet kapjunk a kapcsolatok terhelés alatti viselkedéseiről, lehetséges tönkremenetelei módjairól. 10 db. különböző geometriai tulajdonságokkal rendelkező, egy csapos próbatestet vizsgáltunk. Változó volt a csap tengelyének az elemvégtől mért távolsága, valamint a duplázott elemek vastagsága (2,5 cm vagy 5 cm). A kísérletsorozat eredményei a várakozásoknak megfelelően alakultak: növelve a csaptengely-elemvég távolságot, a tönkremenetel módja egyre inkább átment az alapanyag oldaláról a csap tönkremenetele felé, ezzel együtt a kapcsolat teherbírása is nőtt. A csap tönkremenetele magasabb teherszinten, nagyobb elemvégtávolság esetén áll elő. Ebben az esetben kevésbé viselkedik ridegen a kapcsolat, a legvégső tönkremenetelt a csap alakváltozási képességének, valamint az alapanyagba történő beágyazódásnak köszönhetően nagy alakváltozások előzik meg.




**2. ábra.** *Húzókísérletek próbatesteinek vázlata*

### 4.2. Második húzókísérlet-sorozat

A második kísérletsorozatban 15 db egyforma, egy csapos próbatest készült. A csap tengelyének és az elem végkeresztmetszetének a távolsága 75 mm volt. 25 mm vastag duplázott elemeket alkalmaztunk. A 15 cm széles pallók és deszkák kapcsolataiként ez alakítható ki gazdaságosan. Minden egyes próbatest esetén a kapcsolóelem feletti alapanyag tönkremenetele jelentette a kapcsolat teherbírásának kimerülését: felhasadás vagy elnyíródás formájában.

A felhasadás jelenségét kis alakváltozások előzik meg, és kisebb teherszinten is bekövetkezhet. Tartószerkezeti szempontból ez a rideg tönkremenetel kedvezőtlen. A

kivitelezés során fúrás előtt, a csap körül az elemeket önfúró csavarokkal egymáshoz rögzítik, ez kedvezően hathat a felhasadás bekövetkezése után. Számos esetben a felhasadás után a próbatest a repedés egyre jelentősebb megnyílása mellett, a csap feletti részek nyírási tönkremeneteléig, vagy a csap alatti rész felrepedéssel bekövetkező szétnyílásáig további terheket vett fel, ezeket a teherbírás meghatározásánál nem vesszük figyelembe.

### 4.3. Harmadik húzókísérlet-sorozat

A harmadik húzókísérlet-sorozatban a csaptengely-elemvég távolságot 75 mm-ről 100 mm-re növeltük. Célunk az volt, hogy megfigyeljük a tönkremeneteli módok változását, beleértve a felhasadás jelenségének kialakulását megnövelt csaptengely-elemvég távolság esetén. Jorissen [3] vizsgálatai szerint a hasadást előidéző lokális repedések mindig megjelennek, az elemvég távolságtól függetlenül.

A törőerők átlagértéke 9%-kal nőtt a nagyobb elemvég távolságnak köszönhetően. A megnövelt csaptengely-elemvég távolság ellenére a felhasadás jellegű tönkremenetel itt is több alkalommal előfordult, ám az előző, 75 mm-es sorozathoz képest magasabb teherszinten. A második kísérletsorozattal ellentétben, 5 esetben a keményfa csap kapcsolóelem tönkremenetele is bekövetkezett.

## 5. Következtetések

Kísérleteink átfogó képet adnak a keményfa-csapos kapcsolatok terhelés alatti viselkedéséről, teherbírásáról, változó geometriai feltételek esetén.

A szerkesztési szabályok be nem tartása és a faanyagú kapcsolóelem alkalmazása következtében olyan tönkremeneteli módok jelennek meg, amelyeket a szabvány nem tárgyal:

– kapcsolóelem nyírási tönkremenetel;
– alapanyag felhasadás jellegű tönkremenetele;
– alapanyag nyírási jellegű tönkremenetele.

A szakirodalomban tárgyalt számítási módszerek alkalmazhatóságát vizsgáltuk. Az eddigi vizsgálatok alapján részben saját [4], részben más kutatók [2],[3] által felállított modellekkel közelíthetjük a kapcsolatok teherbírását.

Ahhoz, hogy az eljárások alkalmazhatóak legyenek, további vizsgálatokra van szükség, különös tekintettel a rideg, felhasadás jellegű tönkremenetelekre vonatkozóan.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] MSZ - EN - 1995-1-1:2010 - Eurocode 5: *Faszerkezetek tervezése*, pp. 55-56.

[2] Johansen, K. W.: *Theory of timber connections.* International Association of Bridge and Structural Engineering, Publication, Copenhagen, 1949.I.S. Jacobs and C.P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in Magnetism, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.

[3] Jorissen, A.: *Double shear timber connections with dowel type fasteners*. Ph.D-thesis; Delft University Press, Delft, The Netherlands, 1998, pp. 22-52.

[4] Hudák J., Literáti ZS., *Facsapos kapcsolatok kísérleti vizsgálata,* Debrecen, 2015.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 205–208. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.42
http://hdl.handle.net/10598/29062

# ALULDETERMINÁLT SZERKEZETEK ZÉRUS FREKVENCIÁJÚ SAJÁTMÓDJAINAK VALÓSÁGHŰ ÁBRÁZOLÁSA

# REALISTIC REPRESENTATION OF THE EIGENMODES OF AN UNDERDETERMINED STRUCTURE

Kakucs András[1], Popa-Müller Izolda[2], Pásztor Judith[3]

[1]*Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar – Marosvásárhely, Gépészmérnöki Tanszék, kakucs2@ms.sapientia.ro*

[2]*Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar – Marosvásárhely, Gépészmérnöki Tanszék, ipmuller@ms.sapientia.ro*

[3]*Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar – Marosvásárhely, Gépészmérnöki Tanszék, pjudit@ms.sapientia.ro*

## Abstract

This paper presents a method used in the realistic representation of the zero-frequency eigenmodes of an underdetermined structure, developed by our team. These structures are mechanisms, in fact, so this method may form the basis of a new one used in the analysis of the mechanisms.

***Keywords**: mechanism, eigenmode.*

## Összefoglalás

A dolgozat célja annak az eljárásnak a bemutatása, amelyet aluldeterminált szerkezetek zérus frekvenciájú sajátmódjainak valósághű ábrázolására fejlesztettünk ki. Mivel e szerkezetek tulajdonképpen mechanizmusok, a bemutatott eljárást továbbfejlesztve, az, egy, a mechanizmusok pozíció-elemzésére alkalmas módszerének alapját képezheti.

***Kulcsszavak:** mechanizmus, sajátmód.*

## 1. Aluldeterminált végeselemes modellek

Egy végeselemes-program megalkotása közben felvetődött az aluldeterminált szerkezetek felismerésének az igénye, illetve az a követelmény, hogy ha a szerkezet mégis aluldeterminált lenne, akkor ábrázoljuk annak a zérus sajátmódjait.

Az ilyen szerkezetek csuklós mechanizmust alkotnak, azonban annak egyszerű támaszai csuszkaként működhetnek. A szakirodalom ajánl néhány eljárást (Csebisev, Kutzbach, Grübler), amelyek egy mechanizmus szabadságfokainak kiszámítására alkalmasok, azonban meg is jegyzi, hogy bizonyos esetekben ezek alkalmazásával téves következtetésekre juthatunk. Konkrétan: megtörténhet, hogy a szabadságfokok száma e kritériumok alapján nulla lenne és levonhatnánk azt a téves következtetést, hogy egy stabil szerkezettel van dolgunk, holott egy mechanizmussal állunk szemben. E kritériumokat tehát in-

kább csak annak a tesztelésére használhatjuk, hogy meggyőződhessünk arról, hogy egészen biztos mechanizmussal állunk szemben, de arra nem, hogy bármely esetben biztonságosan megállapíthassuk a szerkezet stabil voltát.

A szakirodalomban sokfajta eljárás létezik a mechanizmusok pozíció-analízisére, az [1] szakirodalmi hivatkozás pl. 21, egymástól különböző alapelven nyugvó megoldást sorol fel.

Mivel eleve egy végeselemes modellezéssel foglalkozó program fejlesztéséről van szó, megpróbáltunk olyan megoldásokat keresni, amelyek a program adatstruktúrájához és jellegéhez igazodnak.

## 2. Közelítés sajátvektorokkal

Az első lehetséges és kipróbált megoldás a sajátmód-analízis lenne, mint egy újabb, huszonkettedik lehetőség. Ez az eljárás a zérus-módok kiszámítására alapoz. Amennyiben a tanulmányozott szerkezet diszkretizálása során $n$ csomóponthoz jutunk, csomópontonként pedig $n_f$ szabadságfokot definiálunk (két dimenzióban például az $x$ és $y$ irányú elmozdulásnak megfelelően kettőt), akkor egy összesen $N = n \cdot n_f$ dinamikai szabadságfokú modellhez jutunk. Ha ez egy stabil szerkezet stabil modellje, akkor annak $N$ nem-zéró frekvenciájú sajátmódja van. Ha viszont zéró sajátfrekvenciájú módokhoz jutunk, akkor azok a mechanizmust alkotó instabil szerkezet olyan mozgásformáinak felelnek meg, amikor annak szabadságfokai közül csak egyet hagyunk szabadon és a többit rögzítjük.

E módszer előnye akkor mutatkozna meg, ha amúgy is sajátmód-elemzést szeretnénk elvégezni, ugyanis ilyenkor nincs szükség külön számításokra. Van azonban egy nagy hátránya is: a sajátmód-analízis lineáris viselkedést feltételez, egy bizonyos pozícióban végzett kis amplitúdójú rezgésekről, elmozdulásokról nyújt információt, a mechanizmusok pedig a nagy elmozdulások miatt geometriailag nem-lineáris szerkezetek. Erre rátevődik az a tény is, hogy a végeselemes analízisben a csomópontoknak rendszerint nincs rotációs szabadságfokuk, ami miatt az elfordulás, mint mozgásforma, csak a pontok elmozdulásainak eredményeként jöhet létre. Például, ha két dimenzióban dolgozunk és egy rögzítetlen testet tanulmányozunk, akkor annak három szabadságfoka van és, a számítások eredményeként, három zérus módhoz jutunk. E három mód sajátvektorai a csomópontok vízszintes és függőleges irányú elmozdulásaiként három mozgásformát definiálnak, azonban azokból pl. a Gram-Schmidt eljárás alkalmazásával sem nyerhetjük ki az elméletileg elvárt két merőleges irányú elmozdulás – ábra síkjában történő elfordulás sajátmódokat, a rotációs szabadságfokok hiánya miatt.

## 3. A merevsági mátrix módszerének adaptálása

A második, általunk kidolgozott és alkalmazott eljárás azon az észrevételen alapul, hogy az aluldeterminált szerkezet merevségi mátrixa szinguláris, inverzének kiszámítása során a főátlóján zérók jelennek meg – mondhatjuk, hogy a rögzítetlen szabadságfokoknak megfelelő helyeken.

A szakirodalomban fellelhető egy, valószínűleg a következőkben bemutatotthoz hasonlító eljárás [2] – hogy mennyire hasonló, azt nem tudjuk, mert az idézett cikk csak pénzért érhető el, tehát következzék itt a miénk, ingyen.

A merevtest-elmozdulások vizsgálata során fölösleges a diszkretizált szerkezet merevségi mátrixával dolgoznunk, ugyanis a merevtest-elmozdulás során a szerkezetet alkotó alkatrészek (a mechanizmus tagjai) nem szenvednek rugalmas alakváltozást. Ésszerűbb lenne a mechanizmus tagjait egymáshoz kapcsolódó végeselemeknek tekinteni. Ezek a tagok azonban tetszőleges számú pontban illeszkednek egymáshoz és az aljzathoz, tetszőleges számú végeselem

pedig nem létezik. Éppen ezért a szerkezetet rúdelemekre osztjuk, a következő módon: ha a mechanizmus egyik tagja *n* csomópontban illeszkedik a többihez és az aljzathoz, akkor pl. a Delaunay-algoritmussal egy háromszöghálót építhetünk annak csomópontjaira, amelynek az élei egy determinált rácsszerkezetet definiálnak. Ha viszont nem akarunk a Delaunay-hálózással bíbelődni, akkor minden csomópontot minden csomóponttal összekötve egy csillagsokszög alakú, szupradeterminált rácsos szerkezetet alkotó modellhez jutunk, bevállalva a nagyobb számú elem megjelenésével járó többlet-munkát. A modell szabadságfokainak száma nem változik meg, a mechanizmust modellező szerkezet merevségi mátrixa mindkét esetben ugyanakkora marad.

Egy mindkét végén csuklóval illeszkedő rúdelem merevségi mátrixában $k = E \cdot A / L$ formájú tagok vannak, kétdimenziós esetben például [3]:

$$[k] = \begin{bmatrix} k & 0 & -k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k & 0 & k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

Ezek a rúdelemek ugyan egy valódi szerkezet modellezése során keletkeznek, azonban most lényegtelen a merevségük tényleges értéke, mivel a terheletlen mechanizmus mozgását vizsgáljuk. Így elfogadhatjuk pl. azt, hogy az $E \cdot A$ szorzat értéke egységnyi (a SI-ben a mértékegysége N lenne), *L* pedig a rudak tényleges hossza (a csomópontok távolsága), m-ben.

A rúdelem végpontjainak koordinátáival kiszámítható annak a vízszintes tengellyel bezárt $\alpha$ szöge, amelynek *s* szinuszával és *c* koszinuszával meghatározható a

$$[T] = \begin{bmatrix} c & s & 0 & 0 \\ -s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & s \\ 0 & 0 & -s & c \end{bmatrix} \qquad (2)$$

transzformációs mátrix, amely a rúdelemnek a globális koordináta-rendszerben érvényes

$$[k'] = [T]^T \cdot [k] \cdot [T] \qquad (3)$$

merevségi mátrixához vezet. A rúdelemek ilyen módon transzformált merevségi mátrixaival megkapjuk a rács-szerkezet [*K*] merevségi mátrixát.

E mátrix $[K]^{-1}$ inverzét a Gauss-eliminációs módszerrel, teljes pivotálással próbáljuk meghatározni. E pivotálás során az *i* és *j* szabadságfokoknak megfelelő sorok és oszlopok felcserélésével az éppen normalizálni kívánt *i* helyzetbe a főátlón levő, még nem normalizált legnagyobb *j* elemet hozzuk be, az elvégzett csereberék számontartása mellett. E folyamat végén, ha a mátrix szinguláris volt, akkor az utolsó *m* főátlón levő elem nulla lesz. E sorok normalizálása emiatt nem lehetséges, így a merevségi mátrix inverzét nem tudjuk kiszámítani, de erre nincs is szükség: a számunkra hasznos információ abban áll, hogy melyek azok a szabadságfokok, amelyek rögzítetlen volta miatt a szerkezetünk mechanizmusként viselkedik.

Ezután ezeket a szabadságfokokat rögzítjük: $m-1$ szabadságfok esetében zérus, a maradék szabadságfok esetében pedig a $D_k = \delta$ elmozdulás előírásával, ahol $\delta$ értékét nullától kezdve fokozatosan és kis lépésekben változtatjuk a mechanizmus keresett pozícióinak megfelelően. Az elmozdulások ilyen módon történő előírásával a szerkezet determinálttá válik, az egyensúlyát pedig az

$$\begin{Bmatrix} \{F_e\} \\ \{F_n\} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [K_{en}] & [K_{ee}] \\ [K_{ne}] & [K_{nn}] \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \{D_n\} \\ \{D_e\} \end{Bmatrix} \qquad (4)$$

formában partícionált lineáris egyenletrendszer írja le, ahol az „*e*” index az előírt, az „*n*” pedig az ismeretlen mennyiségekre vonatkozik, ahol $\{F_e\}$ csak zérusokat tartalmaz (mert egy terheletlen, mechanizmusként működő szerkezet mozgásformáit vizsgáljuk) és az esetek többségében $\{D_e\}$ legtöbb eleme is nulla (közöttük van a $\delta$ elmozdulás is). A számítás a következő lépésekből álló ciklus ismétléséből áll, amely a nagy elmozdulásokból fakadó nemlineáris jelleg miatt szükséges:

- a végpontoknak az előző lépésben kiszámolt elmozdulásokkal aktualizált helyzetének megfelelő koordinátáival elemenként meghatározzuk az $\alpha$ szöget és azzal a $[T]$ transzformációs mátrixot, ez utóbbival pedig az elemnek az éppen aktuális helyzetében érvényes $[k']$ merevségi mátrixát. E mátrixokkal felépítjük a szerkezet $[K]$ merevségi mátrixát;
- a partícionált merevségi mátrix megfelelő tagjaival kiszámoljuk az előírt elmozdulásokból származó

$$\{F^*\} = [K_{ee}] \cdot \{D_e\} \qquad (5)$$

összetevőket, amelyeket kivonunk az előírt erők amúgy zérus $\{F_e\}$ vektorából. E terheléssel a

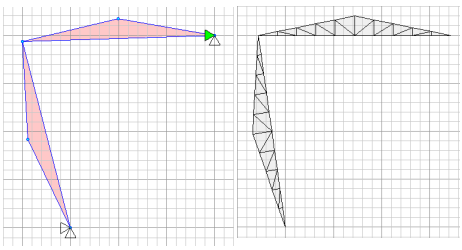
$$-\{F^*\} = [K_{en}] \cdot \{D_n\} \qquad (6)$$

egyenletrendszer megoldásával kiszámoljuk az ismeretlen $\{D_n\}$ elmozdulásokat;

- mivel az elmozdulások egy terheletlen, adott pozícióban rögzített mechanizmus csomópontjainak helyzetéhez kellene vezessenek, valójában az $\{F^*\}$ erők nullák kellene legyenek: ezek az erők csak akkor lesznek nullák, ha az adott pozícióban a mechanizmus tagjai (a rúdelemek) nem szenvedtek alakváltozást. Amennyiben $\{F^*\}$ tagjai nem elhanyagolhatóan kicsik, akkor a $\{D_n\}$ elmozdulásokkal aktualizáljuk a csomópontok helyzetét és megismételjük az iteratív folyamatot.

## 4. Következtetések

Megtörténhet, hogy egy adott pozícióban a folyamat nem konvergál: ez azt jelenti, hogy ez az elmozdulás nem kompatibilis a mechanizmus elmozdulásával, túlmutat annak valamelyik holtpontján. Ilyenkor $\delta$-t ellenkező irányban változtatva ugyanazokon a helyzeteken keresztül visszafele haladnánk, tehát ilyen módon a mechanizmus teljes ciklusát nem tudjuk feltérképezni – ehhez az algoritmust módosítani kellene, azonban a kitűzött cél a zérus sajátfrekvenciájú sajátmódok valósághű ábrázolása volt és erre az algoritmus ebben a formájában is megfelel.



***1. ábra.*** *Egy szabadságfokú szerkezet sajátmódja, ahogyan az általunk kidolgozott módszerrel ábrázoltuk (balra), illetve ahogyan azt a klasszikus sajátmód-számítás visszaadja (jobbra). A szerkezet rögzítéséhez szükséges hiányzó kényszert a satírozott háromszög jelöli.*

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Norton, R., L.: *An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines*. McGraw Hill, 2004.

[2] Avilés, R.; Navalpotro, S.; Amezua E.; Hernández, A.: *An Energy-Based General Method for the Optimum Synthesis of Mechanisms*. ASME, J. Mech. Des. 116(1), 127-136, 1994.

[3] Zienkiewicz, O., C.; Taylor, R., L.: *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, Seventh Edition*. Elsevier, 2013.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 209–212.
http://hdl.handle.net/10598/29063
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.43

# ÜVEGGÖMBHÉJ ERŐSÍTÉSŰ ALUMÍNIUM MÁTRIXÚ SZINTAKTIKUS FÉMHAB KVÁZI-STATIKUS NYOMÓVIZSGÁLATA

# QUASI-STATIC COMPRESSION TESTS OF GLASS HOLLOW SPHERES FILLED ALUMINIUM MATRIX SYNTACTIC FOAM

Keresztes Zoltán[1], Ladányi-Pára Gergely[2], Katona Bálint[3]

[1]*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Magyarország, Budapest, Bertalan Lajos utca 7. MT épület, Tel.:00361-463-1114, krzoli10@gmail.com*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8. Tel: 00361-666-5300, gyergyely@gmail.com*

[3]*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Magyarország, Budapest, Bertalan Lajos utca 7. MT épület, Tel.:00361-463-1114, katona@eik.bme.hu*

## Abstract

The human race draws its ideas since the beginning from the nature. The situation is the same, when we talk about metallic foams. These materials have two bigger classes: the open, and the closed celled foams. As the second one if the cells nearly have the same form, the same size and the same relative position to each other, they are called syntactic foams. We studied the basic physical and mechanical properties of these materials like density, space filling factor, different microscopic features, hardness and answers for pressure tests. Our main goal was to recognize the basics of the glass hollow spheres filled aluminium matrix syntactic foam and the reaction for the high temperature pressure test compared to the lower (room) temperature results, furthermore planning a new industrial utilization.

**Keywords**: metallic foam, density, hardness, compression test, high temperature.

## Összefoglalás

Az ember a kezdetek óta meríti ötleteit az őt körülölelő természetből. Épp így van ez a fémhabok esetében is. Ezek az anyagok két nagyobb csoportba sorolhatóak: nyílt és zárt cellás habok. A második esetben, ha a cellák hasonló alakúak, méretűek és egymáshoz viszonyított elhelyezkedésük is azonos, akkor szintaktikus fémhabokról beszélünk. Ezen anyagok olyan alap fizikai és mechanikai tulajdonságaikat vizsgáltuk, mint a sűrűség, térkitöltési tényező, különböző mikroszkópos képek, keménység, nyomóvizsgálatokra adott válaszok. A fő célunk az üveggömbhéj erősítésű alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok alapjainak megismerése és az emelt hőmérsékletre adott válasza összevetve a szobahőmérsékletű eredményekkel, továbbá egy új ipari felhasználás tervezése.

**Kulcsszavak:** fémhab, sűrűség, keménység, nyomóvizsgálat, emelt hőmérséklet

## 1. Bevezetés

A természet és a technológia közötti szoros kapcsolat megkérdőjelezhetetlen. Az ember létezésétől kezdve alapozza találmányait a körülötte lévő élő – és élettelen szerkezetekre. A fémhabok esetében a vázszerkezet nagyban hasonlít a fák, korallok, csontok belső lyukacsos (cellás) felépítéséhez. A fémhaboknál, ha ezek a cellák hasonló méretűek, zártak és egymáshoz viszonyítva hasonló elhelyezkedésűek, akkor szintaktikus fémhabokról beszélünk [1].

A paraméterek beállításához segítségül vettünk több kutató kísérleteit. Rohatgi és társai azt vizsgálták, hogy a térkitöltési tényező hogyan befolyásolja az energia elnyelését [2]. Wu és csoportja a sűrűség növelésének hatását vizsgálták nyomószilárdságra [3].

A kapott eredmények alapján egy új ipari felhasználást is terveztünk, ami forradalmasíthatja a finommegmunkálásokat (köszörülés, leppelés, stb..

## 2. Anyag és módszer

Az általunk vizsgált fémhab mátrix anyaga AlSi12 öntészeti alumínium ötvözet, erősítőanyaga pedig ~60 μm átmérőjű nikkel bevonatú üveggömbhéjak voltak [4]. A vizsgált anyagot inertgáz nyomásos infiltrációval készítettük [5].

Elsődleges célunk a vizsgált anyag főbb fizikai tulajdonságainak megismerése (sűrűség, keménység), valamint a nyomó terhelésre adott válaszának megfigyelése szoba-, illetve emelt hőmérsékleten.

### 2.1. Sűrűség

Elsőként meghatároztuk az általunk vizsgált szintaktikus fémhab sűrűségét a kiöntött tömb térfogatából, illetve tömegéből. A tömeget precíziós mérleg segítségével mértük, a térfogatot pedig 3D modellezés segítségével határoztuk meg.

Így a vizsgálat anyag sűrűségére 1,58 g/cm$^3$-es adódott, ami majdnem fele az alapfém sűrűségénél (2,6 g/cm$^3$).

### 2.2. Keménység

Ezután a vizsgált anyag keménységét határoztuk meg. Mivel az anyag nem homogén, Brinell keménységmérést alkalmaztunk, amely kiváló inhomogén anyagok átlagos keménységének meghatározására [6].

A kimunkált munkadarabon 9 helyen végeztünk keménységmérést HBS 8,5/25,5/10. Az így kapott keménység értéke 44,8 HBS, ami alul marad az alapfém 60 HBS keménységével szemben.

### 2.3. Nyomóvizsgálat

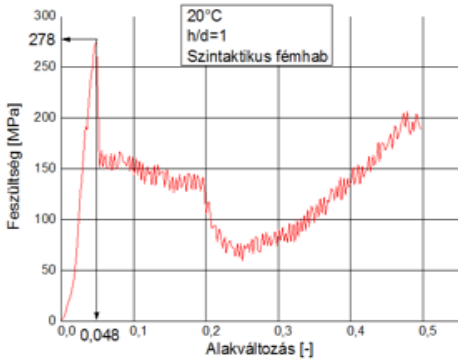
A fémhabok jellemző igénybevétele a nyomó terhelés, így fontos annak vizsgálata.

A vizsgálathoz három különböző karcsúságú (h/d=1; h/d=1,5; h/d=2;) 10 mm átmérőjű hengereket munkáltunk ki. A próbatesteket egy MTS 810-es típusú hidraulikus anyagvizsgáló gépen terheltük 5 mm/min-es nyomási sebesség mellett szoba hőmérsékleten (20°C), illetve 100°C-on.

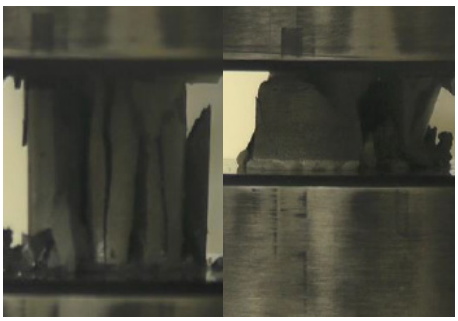
#### *2.3.1. Nyomóvizsgálat 20°C-on*

Az **1. ábra** egy 20°C-on zömített h/d=1 karcsúságú minta mérnöki feszültség-mérnöki alakváltozás görbéjét mutatja. Megfigyelhető, hogy a kezdeti maximum érték után (nyomószilárdság) jelentős csökkenés következik be az erő értékében, ami a minta törése miatt jelentkezik. Ezt követően a minta darabjai tömörödnek. Ezen a hosszú platós szakaszon a minta nagy mennyiségű energiát képes elnyelni, melynek értéke arányos a görbe alatti területtel. A **2. ábra** a törési után pillanatban lévő állapotot mutatja.

A különböző karcsúságú minták esetében a nyomószilárdság értéke közel azonos volt, melynek számszerű értéke 272,1 ± 1,2 MPa-ra adódott.




**1. ábra.** *20°C-on történő nyomóvizsgálat feszültség-alakváltozás görbéje*



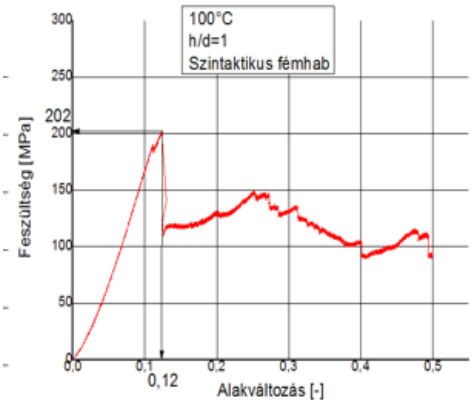
**2. ábra.** *A próbatest 20°C-on történő nyomóvizsgálat során tapasztalt törése: a törés pillanatában (bal), 50%-os alakváltozásnál (jobb)*

### *2.3.2. Nyomóvizsgálat 100°C-on*

A **3. ábra** egy 100°C-on zömített h/d=1 karcsúságú minta mérnöki feszültség-mérnöki alakváltozás görbéjét mutatja. Megfigyelhető, hogy a kezdeti maximum érték után (nyomószilárdság) szintén jelentős csökkenés következik be az erő értékében, hasonlóan a 20°C-os méréseknél tapasztalthoz.

A különböző karcsúságú minták esetében a nyomószilárdság értéke közel azonos volt, melynek számszerű értéke 250,0± 5 MPa-ra adódott.

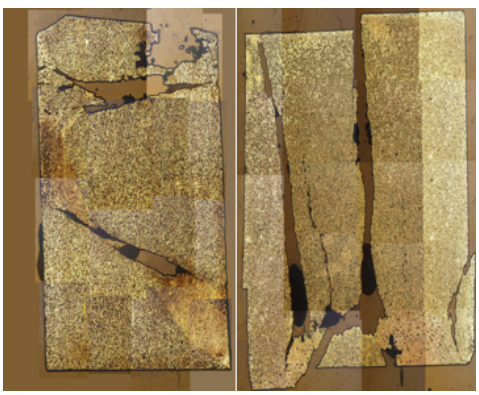
Megfigyelhető, hogy az emelt hőmérsékletű mérések esetében kisebb érték adódott az átlagos nyomószilárdság értékére. Ez a mátrix anyag emelt hőmérsékleten való viselkedésének tudható be, amely így kihat az egész kompozitra.




**3. ábra.** *100°C-on történő nyomóvizsgálat feszültség-alakváltozás görbéje*

### *2.3.3. Belső szerkezet vizsgálata*

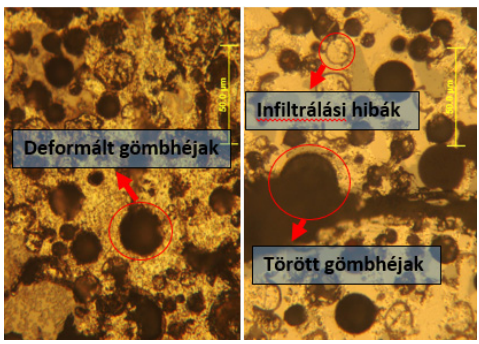
A roncsolódott munkadarabok belső szerkezetét szintén vizsgáltuk. A mintákból metszetet készítettünk, ezeket gyantába öntöttük és políroztuk. A kapott felületekről mikroszkópos képeket készítettünk, aminek elemzésével egy átfogóbb képet kaptunk a minták belső szerkezetében a nyomás hatására lejátszódó folyamatokról.



**4. ábra.** *Összeillesztett mikroszkópos képek a zömített próbatestek keresztmetszetéről*

Megfigyelhetők a teljes próbatesten átmenő repedések, amelyek a nyomószilárdság elérésekor keletkeztek, majd ezt követően terjedtek. A repedések átmetszik az üveggömbhéjakat, amelyek töretfelületei így élesek lesznek. Megfigyelhetőek mátrix anyaggal feltöltött üveggömbhéjak is. Ezek a hibák az infiltrálás során képződtek.

Nagyobb nagyítású képeket készítettünk a repedésektől távoli (bal) és ahhoz közeli (jobb) területekről.




**5. ábra.** *Zömítés hatása a repedésektől távol (bal) és közel (jobb)*

## 3. Következtetések

A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált szintaktikus fémhab sűrűsége ~60%-a az alapfémnek, értéke 1,58 g/cm3.

A 9 mért keménységi érték átlaga (44,8 HBS) azt mutatja, hogy a vizsgált fémhabunk keménysége ~25%-a a mátrixfém keménységének. Ezt érdemes figyelembe venni a felhasználásánál is.

A nyomóvizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált anyag a nyomószilárdság elérése után széttörik, utána pedig tömörödik. Az emelt hőmérséklet az erősítőanyagra nincs, de a mátrix anyagra jelentősen hatással van, ami a vizsgált kompozit tulajdonságaira is kihat.

A mikroszkópos felvételeken jól látható, hogy az üveggömbhéjak ridegen törtek. Az így kialakuló éles töretfelületek feltételezéseink szerint jók lehetnek anyagleválasztásra, a leválasztott anyag pedig az üveggömbhéj belső üreges felületében tárolódik.

Ezeket figyelembe véve a vizsgált anyag bizonyos feltételek mellett köszörű anyagként alkalmazható lenne.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Dr. Orbulov Imre Norbert: *Szintaktikus fémhabok*, Phd értekezés, Budapest, 2009

[2] Rohatgi PK, Kim JK, Gupta N, Alaraj S, Daoud A: *Compressive characteristics of A356/fly ash cenosphere composits synthesized by pressure infiltration technique*, Volume 37, Issue 3, Március 2006

[3] Wu Gh, Dou ZY, Sun DL, Jiang LT, Ding BS, He BF: *Compression behaviors of cenosphere-pure aluminium syntactic foams*, Volume 56, Issue 3, Február 2007

[4] Dr. Ing Catrin Kammer: *Aluminium foam*, TALAT Lecture 1410, EAA, 1999

[5] Orbulov I. N., Berecz T., Májlinger K., Szabó J.: *Infiltration characteristic and compressive behaviour of metal matrix syntactic foams*, Material science forum 729, 2013

[6] Ge Leyi, Zhao Wei, Zhou Jing, Huang Songling: *Mechanics analysis and simulation of material Brinell hardness measurement*, Volume 44, Issue 10, December 2011, 2129-2137

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 213–216. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.44
http://hdl.handle.net/10598/29065

# KÖZVETLEN NYÍRÁSI KÍSÉRLET MODELLEZÉSE VÉGES-ELEM ELJÁRÁSSAL

# NUMERICAL MODELLING OF THE DIRECT SHEER TEST

Kisfaludi-Bak Zsombor[1]

[1]*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Szerkezetek Tanszék, 400027, Románia, Kolozsvár, G. Baritiu utca 25; Telefon: +40-727-809490, zsombi_kisfaludi@yahoo.com.*

## Abstract

This paper contains the description of the construction of a model, which was made after a series of laboratory experiments. The experiment was done on a direct sheering equipment and Abaqus/CAE was the used software. Analysing the Abaqus model we can find answers to some specific interesting questions.

***Keywords***: *geotechnics, finite-element, direct-sheering, Abaqus*

## Összefoglalás

Ezen dolgozat magába foglalja egy laboratóriumi kísérletsorozat elvégzését követő modell felépítésének a leírását. A vizsgált közvetlen nyírási kísérlet az Abaqus/CAE programban lett lemodellezve. A számítógépes modell vizsgálata közben már érdekes mélyrehatóbb kérdésekre is választ találhatunk.

***Kulcsszavak:*** *geotechnika, véges-elem, nyíróvizsgálat, Abaqus*

## 1. Bevezetés

A geotechnika területén az egyik alapproblémának tekinthetjük a különféle talajparaméterek meghatározását. A nyírószilárdsági paraméterek esetében ez háromféle laboratóriumi módszer alapján történhet: közvetlen (direkt) nyíróvizsgálat, triaxiális nyomóvizsgálat vagy egyirányú nyomóvizsgálat segítségével.

A továbbiakban a közvetlen nyíróvizsgálattal végzett kísérletek olvashatók, valamint azok lemodellezése. A közvetlen nyíróvizsgálat leginkább abban tér el a triaxiális és egyirányú nyomóvizsgálatoktól, hogy a minta elnyírása egy kényszer-felület mentén történik az 1. ábrán látható berendezés segítségével [1].

**1. ábra.** *A közvetlen nyírókísérlethez használt berendezés*

## 2. Laboratóriumi eredmények

A Kolozsvári Műszaki Egyetem Geotechnika Laboratóriumának közvetlen nyírási berendezésével elvégzett kísérletek (melyek összhangban állnak a STAS

8942/2-82-es szabványban leírtakkal) eredményei a közetkező formában voltak kinyerhetők:

**1. táblázat.** *A közvetlen nyírási berendezés táblázatos kimeneti adatai(eredményei)*

| A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 600 | 0,6 | 151 | 0,002 | 0 |
| 1 | 1200 | 0,7 | 150 | 0,002 | 0 |
| 1 | 1800 | 3,6 | 150 | 0,003 | 0 |
| 1 | 2400 | 3,5 | 150 | 0,003 | 0 |
| 1 | 3000 | 0,7 | 150 | 0,003 | 0 |
| 1 | 3600 | 0,8 | 151 | 0,002 | 0 |
| 1 | 4200 | 0,7 | 151 | 0 | 0,001 |
| 1 | 4800 | 0 | 151 | 0 | 0,002 |
| 1 | 5400 | 2 | 151 | 0 | 0,002 |
| 1 | 6000 | 2,5 | 150 | 0 | 0,003 |
| 1 | 6600 | 3,5 | 150 | 0 | 0,003 |
| 1 | 7200 | 0,3 | 151 | 0 | 0,002 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Az „A” oszlop a kísérlet szakaszát határozza meg, értékei lehetnek az 1 és 2. Az első szakasz a konszolidáció (normál erő alkalmazása), a második pedig a nyírási szakasz (nyíróerő alkalmazása).

A ”B” oszlop a részmérések (lépések) idejét rögzítette, mértékegysége a másodperc. A konszolidáció 6000 perc, vagyis 120000 másodperc alatt ment végbe.

A „C” oszlop a nyíróerő mértékét mutatja. Lényeges megjegyezni, hogy: $t_{max} = T/A$, ahol $A$ a talajminta nyírási felületének területe (esetünkben $A$ = 6x6 cm = 0,0036 m$^2$), $T$ pedig a tangenciális erő (nyíróerő). A talajminta magassága 2 cm, mely magasság felénél található a nyírási felület.

A „D” oszlop a normál nyomást rögzítette (mértékegysége KPa). Az „E” és „F” oszlopok mutatják a vízszintes és függőleges elmozdulások mértékét. A vízszintes elmozdulás értéke a 2-es kísérleti szakaszig nulla marad. Ezen kísérletek konszolidált drénezett kísérletek.

## 3. A modell felépítése

A nyírószilárdsági paraméterek meghatározása érdekében a legelterjettebb, azaz a *Mohr–Coulomb* féle törési feltételeket fogadtam el. A fémkeretek tulajdonságát a **2. táblázat**ban rögzítettem:

**2. táblázat.** *A fémkeretek paraméterei*

| Megnevezés | Mérték |
|---|---|
| Méret | 100x100x10 mm (x2db) |
| Középső nyílás mérete | 60x60x10 mm |
| Sűrűség | 80,2 kN/m$^3$ |
| Young modulusz | 200 GPa |
| Poisson együttható | 0,3 |

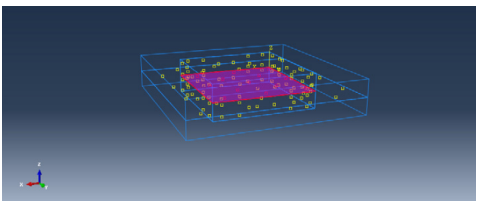
A talajminta tulajdonságait a **3. táblázat** tartalmazza:

**3. táblázat.** *A talajminta paraméterei*

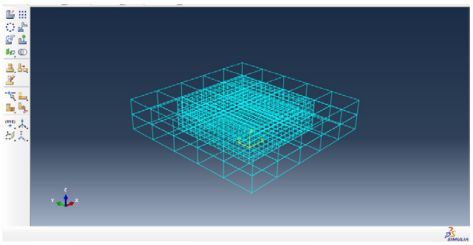
| Megnevezés | Mérték |
|---|---|
| Méret | 60x60x10 mm (x2db) |
| Sűrűség | 19,24 kN/m$^3$ |
| Young modulusz | 12,773 kPa |
| Poisson együttható | 0,35 |
| Meghatározott belső surlódási szög | 26,21˚ |

A *SET* és *SURFACE* programfejezetek kitöltésével meghatároztam a kísérlet elemeinek támaszait, valamint azon felületeit, ahol több elem kerül összeköttetésbe. Hat ilyen felület létezik az esetünkben, melyek közül csak egyetlen felületnél, a talajminta felénél található nyírási felületnél veszünk számításba surlódási erőt. A két fémkeret „találkozási” felületénél surlódási erő nem

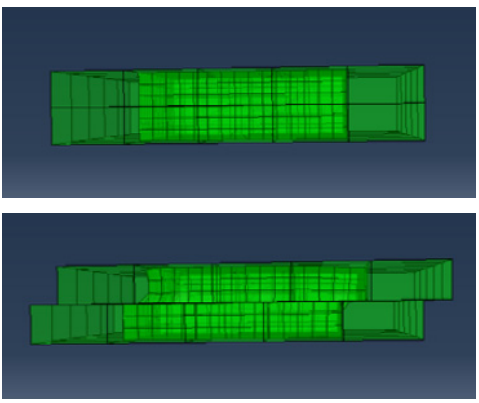
lép fel, mivel a kísérleti berendezés felépítéséből adódóan ezek között létezik egy 1 milimétert megközelítő távolság.



**2. ábra.** *A nyírásfelület (mint egyetlen surlódási erővel bíró felület).*



**3. ábra.** *A talajminta-fémkeret diszkretizálása.*



**4. ábra.** *A felépített kísérleti talajminta és fémkeretek elmozdulás előtt és után.*

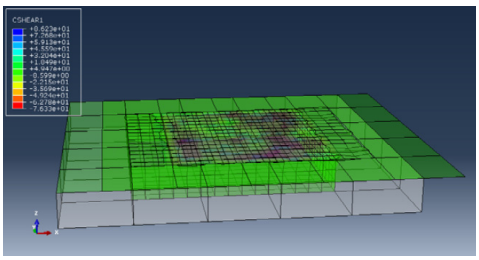
A talajminta–fémkeret együttes diszkretizálásánál fontosnak tartottam sűrű *MESH* generálását a minta esetén (hogy a mérni kívánt paraméterek pontosságát növelhessem), illetve gyérebb *MESH* megfeleltetést a keretelemeknek (**3. ábra**).

A konszolidációs időintervallum 120000 másodperc volt, ezt a program lefutási idejének csökkentése érdekében egy úgynevezett 100-as „*scale target time increment*” léptékkel láttam el.

A közvetlen nyírás hossza 3600 másodperc, a maximális elmozdulás pedig 20%-os, így a 60x60 mm-es mintánk esetében a legnagyobb elmozdulás 12 mm. Mindezeket rögzítve meghatároztam egy 3,3e-7 m/s-os nyírási sebességet.

## 4. Eredmények, következtetések és további tervek

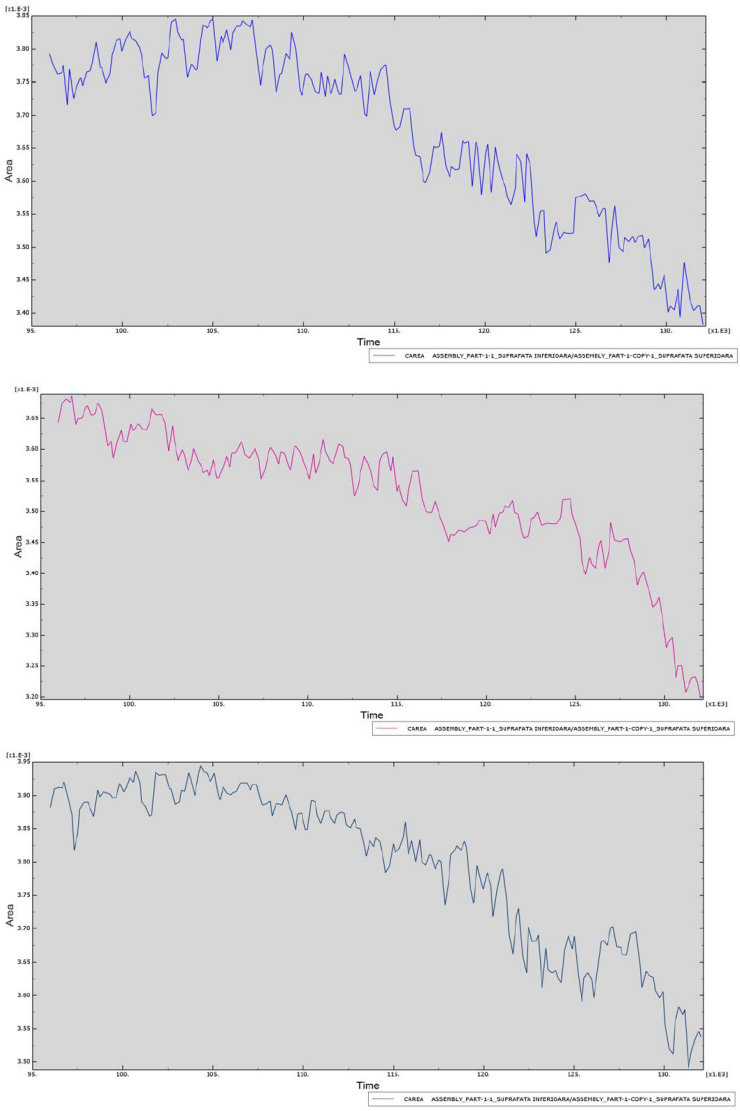
A legfőbb mért paraméterek a következők: *S11*, *S22*, *S33*, *U1*, *U3*, *Carea*, ezek közül a normális és tangenciális erőkre vonatkozóan a legtöbb információt az érintkezési (nyírási) felület vizsgálatával nyerhettem (*Carea* = *contact area*).



**5. ábra.** *A nyírási felület (a felső szakadási talajmintarész leválasztásával, a felület megfigyelhetősége érdekében).*

A programbeli kísérlet visszaszolgáltatta a laboratóriumi eredményeket és több kísérlet vizsgálata közben felfigyeltem egy vibrálásra, egyenetlenségre bizonyos paraméterek változása esetén. A szakirodalomban olvasottak alapján ezek a hirtelen változások a minta nyírásfelületén végbemenő részleges szakadások következményei.

Ez legjobban a 6. ábrán található nyírási felület területének az idő függvénybeli diagrammján figyelhető meg. A végzett kísérletek esetén, azonos mintákat a normális nyomás három értékére vizsgáltam: 100, 200 és 300 Kpa. A kezdeti terület mindhárom esetben 60x60 mm, tehát 0,0036 $m^2$ volt.




**6. ábra.** *A második kísérleti szakasz (nyírási szakasz) nyírási felület – idő diagramjai 100, 200 illetve 300 KPa-os normál nyomás estén.*

További terveim között szerepel a nyírási felület területváltozásának vizsgálata a szakadási pontok függvényében. Ha valós összefüggés lelhető, akkor akár a földcsuszamlások megjelenésének meghatározásában is segíthet mindez.

## Szakirodalmi hivatkozás

[1] Gonda N.; Kántor T.; Makó Á.: *Laboratóriumi sorozatmérések hatása talajok állékonysági paramétereire*. Műszaki Földtudományi Közlemények, 83. kötet, 1.szám (2012), pp. 71-80.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 217–220.
http://hdl.handle.net/10598/29066
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.45

# VESZÉLY- ÉS KATASZTRÓFA HELYZETEKBEN KELETKEZŐ HULLADÉKOK A KÖZÚTI KÖZLEKEDÉSBEN

# THE SAFETY TECHNOLOGY QUESTIONS OF WASTES ARISING IN THE COURSE OF CATASTROPHES IN THE CONTINENTAL TRAFFIC

Kiss Leizer Géza Károly[1], Berek Lajos[2]

[1] *DPMV Zrt, 1183 Budapest, Széchenyi u 9, kissleizer@t-online.hu*

[2] *Óbudai Egyetem, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B, berek.lajos@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

In my publication we present related to road transport shipment safety and waste management, taking into account safety issues that arise in accident and emergency situations, both domestic and international road transport regulations and waste disposal standards. The security solutions when examining the applicability of the main objective, identify gaps and facilitate appropriate expectations safe and efficient waste management.

***Keywords**: disasters, waste management, safety technology, cargo security, road transport, dangerous goods.*

## Összefoglalás

Publikációnkban bemutatjuk a közúti közlekedéshez kapcsolódó szállítmánybiztonságot, valamint a baleseti és katasztrófa helyzetekben felmerülő hulladékkezelési biztonságtechnikai kérdéseket a hazai és nemzetközi közúti közlekedési jogszabályok és hulladékkezelési előírások figyelembe vételével. A biztonságtechnikai megoldások alkalmazhatóságának vizsgálatakor legfőbb célkitűzésünk a hiányosságok feltárása és az elvárásoknak megfelelő biztonságos és hatékony hulladékkezelés segítése.

***Kulcsszavak:** katasztrófa, hulladékkezelés, biztonságtechnika, szállítmánybiztonság, közúti közlekedés, veszélyes áruk.*

## 1. Security of road transports

The cargo could be a tool or material, transported by another device on a designated course from somewhere to anywhere in good order. Transportation may be accomplished on public roads, railways, waterways or in the air. Transportation is probably as old as humanity, but the level and importance of this activity has never been so determinate as today.

The most decisive way of forwarding is the road transport. Air conveyance is fast but expensive. Waterage and railway transport is too bound, depending on the riverbed or the quality of the railroad. Road transport is the most flexible solution, because the track of the cargo could be changed, supervised or optimized rapidly. [1]

The cargo could be grouped diversely. Considering the type of the cargo, the transported material or device could be broad, universal, hazardous or high value.

The most common hazardous materials are the explosive-, extremely flammable-, toxic-, radioactive- and the infectious materials. The cargo must be secured, because the cargo itself could be endangered, or the cargo may pose a threat to the environment.

Security of the cargo (protection, defence) is a whole bulk of provisions, regulations and applied defence resources, which aims to deliver the cargo in time without damages, as planned. In light of this, protection and defence is the key to keep the cargo safe.

Guarding is a permanent counteraction responding to a presumed threat on the cargo. The guard so an insurance one attaching to a hypothetical, supposed activity, the protection it began though, a related averting task ensued with an event concerned. [3]

## 2. Factors affecting technical security

In order to permanently reduct wastes into the economical and social turnovers, it is necessary to reveal factors affecting engineering safety, to determine the elements of engineering safety in waste management, furthermore, the employability of these solutions. Engineering safety is a totality of technical and technological methods and procedures, which aims to secure the existence or the functioning of somebody or something. [3] During waste management this goal could be achieved by the appliance and utilization of engineering sciences. Doing this, every single element could be an influential factor, which holds the shaping, installation, maintenance or the creation of conditions of the engineering safety. From all of these, the most important element is the human factor. This could be manifested during vehicular catastrophes and accidents coming from malpractice or negligence, causing serious damages. [4]

We belive this is important to highlight and emphasize the role of hydrocarbons polluting the soil and aquatic life. These materials are mostly emerging in the wake of disasters and they often not burn out. We also have to mention other types of special industrial or delivered liquids. By this time, polluted area must be cleaned from these liquids and materials, which have been transformed into dangerous waste. [5]

## 3. RFID identification of wastes coming from accidents and disasters

Special events would take place due to the technical failures of the tank-cars or tank-containers. In light of this, exact location of the means of transportation must be traceable permanently, furthermore, all details of the cargo must be known. Due to the inappropriate embarkation and disembarkation and improper handling of doors and windows, a vehicle in neglected technical condition may damage even easier. In case of waste management, our personal behavior and the rules of traffic must be extended in order to manage an accident or catastrophe, to reduce the effects of hazardous materials and to hold polluting effects. These steps and know-how would be similar to the well known first aid exam, obligatory for all drivers. One of the possible solution to treat a damaged tanker is the appliance of the Vetter-pillows. These pillows are easy to deploy even by laymen. [6]

Today's most modern technical solutions and proceedings should be explored, in order to precisely identify hazardous waste, when these materials contact the environment during disasters and accidents. [2] Radio Frequency Identification (RFID) provides reading of the information carrier chip of the vehicle from safe distance by radio waves during disasters and accidents. This method also works at great speed of the vehicle.

According to our recommendation, RFID is a more effective method of identification than conventional UN numbers visible on vehicles transporting hazardous materials. Based on the aforementioned operational specifications, the RFID systems would provide safer identification using radio frequency from approximately 150 meters. This solution could be effective at great range of speeds and places out of the way.

During catastrophes and accidents the vehicle often suffers so severe damage that UN numbers and other information of the cargo become unreadable. The information

carrier unit is also vulnerable, in this case, reading is also impossible. A rapidly employed drone would be capable to read a properly installed chip, in order to rapidly identify dangerous goods. Following this, obtained information must be transmitted to the units participating in the recovery. Possessing the necessary information, these units could prepare the appropriate tools of decontamination, protective clothing, etc. Shaping of the strategy of neutralization is also possible before taking actions at the location of the disaster.

The significance of this combined method is extraordinary, if the location of the disaster or accident is out of the way or impossible to approach. In case of poisoning, contamination or explosion the RFID system could help to save those who involved in the rescue process. The recommended procedure may significantly decrease pollution of hazardous wastes, because effluent, non-burning hazardous materials become hazardous waste by touching the ground. The affected area of the road and the environment also become contaminated, because of time factor and the fast spreading of the pollution. We would like to highlight that groundwater could be also polluted when hydrocarbons diffuse into the soil. 1 liter of liquid hydrocarbon could vitiate 1 million liter of water.

## 4. With drones against waste

The drone is a small, propeller driven unmanned aerial vehicle, available for multiple useful tasks. Drones' applicability could be demonstrated by their employment in American metropolises, where illegal waste dumping was reduced, following the appearance of these aerial vehicles. This problem is also cardinal in Hungary, where illegal waste dumping is a common phenomenon along the roads, inhabited regions, parking places and green areas.

### 4.1. Options of application of drones

- Identification of dangerous goods;
- Temperature-monitoring of tankers;
- Monitoring of illegal waste dumping;
- Inspection of technical status of roads and road signs;
- Protection against illegal access and expropriation of hazardous cargo;
- Supervision of displacement, downfall, leakage, dusting of the cargo,
- Supervision of damages, doors and windows of road vehicles;
- Measurement of radiation level of radioactive waste during conveyance;
- Monitoring of accident- and catastrophe locations, ***immediate forwarding of the listed information.***

The complexity of these opportunities is very large. In light of this, we list only the most interesting ones, in connection with road traffic.

### 4.2. Other areas of application for drones

Aerial reconnaissance for civilian and military purposes, motion picture recording, photography, environmental meterage, parcel delivery, monitoring of agricultural areas (animals, plant production), application of thermal sensors, infrared camera, monitoring of waterways, GPS beacon, bluetooth- or wifi- beacon, motion sensor, face recognition, biometric scanner, target

tracking, vehicle tracking, military purposes with firearms, accident- and catastrophe observation, surveillance, booster light and many other possibilities.

### 4.3. Rules of application of drones

All unmanned aerial vehicles - whatever their intended purpose - falls within the scope of the Law XCVII 1995. and CLXX 2015. on air transport. There is no integrated regulatory background referring to the unmanned aerial vehicles, i. e. drones. Comprehensive regularization of this aeronautical specialty - until the concerning law goes live - belongs to the Supervisory Department of the Aviation Authority (National Transport Authority).

Renewal of the legal regulation has to be done as soon as possible, to make all aspects unequivocal, because these anomalies may cause serious problems during everyday practice, furthermore, economical-social-environmental damages and may also hurt our feelings about waste security.

## 5. Findings

Based on our proposed solution, i. e. Radio Frequency Identification by drones would make transport vehicles' identification much more easier during road accidents and catastrophes, thereby decreasing possibility of waste generation. Mini-drones may approach locations of accidents and catastrophes very fast in difficult circumstances, too.

High security RFID reading, identification of dangerous goods, fast forwarding of information would be an inestimable help for the people taking part in actions of recovery.

Another important aspect is the life-saving, the transmission of information for the environmental and other emergency units, in order to start decontamination and restoration of the area.

## References

[1] Berek Lajos-Solymosi János: *Veszélyes anyagok szállítmányának biztonsága*, Bolyai Szemle 2015. 2. szám pp. 46-62 http://uni-nke.hu/uploads/media_items/bolyai-szemle-2015-02.original.pdf (2016. 01. 25)

[2] Berek Tamás: *Vagyonvédelmi koncepció kialakításának sajátosságai veszélyes anyagok vizsgálatát biztosító létesítmények esetében*, Hadmérnök VI. 4. szám 2011. http://hadmernok.hu/2011_4_berek.pdf (2016.01.25.)

[3] Dr. Berek Lajos: *Biztonságtechnika*, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Bp. 2014. 49 p. http://real.mtak.hu/19709/1/biztonsagtechnika.original.pdf (2016. 01.25.)

[4] Kiss Leizer Géza Károly: *River and sea traffic safety issues regarding waste generated during disasters,* Óbuda University e-Bulletin, ISSN 2062-2872 Volume 5 Issue Number 1 2015. http://uni-obuda.hu/e-bulletin/issue6.htm (2016. 01. 25.)

[5] Kiss Leizer Géza Károly–Dr. Pokorádi László: *Hulladékkezelési kérdések a légi közlekedésben,* Repüléstudományi Közlemények XXVII. Évfolyam 2. szám pp. 17-25 http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_2/2015-2-02-0190-Kiss_Leizer_G_K-Pokoradi_L.pdf (2016. 01. 25.)

[6] Kiss Leizer Géza Károly–Dr. Maros Dóra: *Veszély és katasztrófa helyzetekben keletkező hulladékok kezelése a vasúti közlekedésben,* Közlekedéstudományi Szemle LXV. Évfolyam 3. szám pp. 58-65

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 221–224.
http://hdl.handle.net/10598/29067
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.46

# CSÖVEK KERESZTMETSZET-SZŰKÜLÉSÉNEK MODELLEZÉSE ÉS REZGÉSDIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLATA

# MODELING AND VIBRATION DIAGNOSTIC EXAMINATION OF THE INNER DIAMETER REDUCTION OF PIPES

Kocsis Dénes[1], Horváth Róbert[2]

*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék, 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; Telefon: +3652/415155-77827;*

[1]*kocsis.denes@eng.unideb.hu*

[2]*horobjan@gmail.com*

## Abstract

In this work model experiments and vibration diagnostic tests were performed on stainless steel and PVC pipes. Reduction in inner diameter of pipes, as a characteristic failure (for example limescale deposition) was modeled in the introduced test series. To this end, the different phases of deposition are artificially simulated in the model experiments. Characterization of the degradation of the pipes was performed by vibration based measurements.

***Keywords**: modeling, pipes, vibration diagnostic.*

## Összefoglalás

Ezen munkánkban rozsdamentes acél és PVC csöveken végeztünk modellkísérletet és rezgésdiagnosztikai vizsgálatokat. A kísérletsorozat során a csövek belső falára különböző vastagsággal vittünk fel anyagot, a csövek egyik jellemző tönkremenetelét, a keresztmetszet-szűkülést (például vízkőlerakódás) modellezve. Az eltérő állapotú csöveken végzett rezgésdiagnosztikai vizsgálatok révén meghatároztunk olyan rezgésparamétereket, amelyek jellemzik a csövek degradációs állapotát.

***Kulcsszavak:** modell, csövek, rezgésdiagnosztika.*

## 1. Bevezetés

A csövek tönkremenetelének egyik gyakori oka a belső falukra történő lerakódások következtében bekövetkező átmérő szűkülés. Ezen kísérletsorozat során a belső átmérő csökkenésének modellezését valósítottuk meg és a különböző csőállapotokhoz tartozóan rezgésdiagnosztikai vizsgálatokat végeztünk. Célunk a cső állapotának roncsolásmentes módon történő felmérése volt rezgésparaméterek segítségével.

### 1.1. Csövek rezgésdiagnosztikai vizsgálata

A csővezetékek az ipari rendszerek fontos elemei, és meghibásodásuk sok esetben jelentős anyagi és környezeti kárral jár. Az összes meghibásodás jelentős része (>30%) a csővezetékek sérülésére, meghibásodására vezethető vissza [1], ennek megfelelően a terület egyre nagyobb figyelmet kap. Különböző statisztikai, mérési és számítási eljárások jelentek meg a szakirodalomban, amelyek célja a csővezetékek szivárgásának

és törésének meghatározása, azok előrejelzése [2, 3].

Rezgés alapú diagnosztikai teszteket gyakran alkalmaznak anyagok és szerkezetek állapotának és meghibásodásának értékeléséhez. Az állapotfelmérésre és hibakeresésre alkalmas módszer az impulzusgerjesztés (impulse excitation of vibration, IEV), amely során a rezgésgerjesztés egy ütésszerű impulzus révén valósul meg. A gerjesztést követően a rezonanciafrekvenciák méréséből nyert információk használhatóak fel különböző célokra, mint például a dinamikus Young és a nyírási modulus meghatározására [4]. Szintén széles körben alkalmazott a repülési idő (time of flight, TOF) technika, amely alkalmazható például a csőfal elvékonyodásának megjelenítésére [5].

A sajátfrekvenciák meghatározása csővezeték rendszerek vizsgálata esetén is sok esetben képezik a kiértékelés alapját [6-9]. Korábbi munkák folyadékszállító csővezetékeket vizsgáltak transzfer-mátrix módszerrel és meghatározták a rendszer saját frekvenciáit [10, 11]. Laboratóriumi körülmények között is végeztek modellkísérleteket csővezeték rendszerek vizsgálatára, amely esetekben a sajátfrekvenciák értékelése szintén kiemelt fontosságú volt [12]. Szakirodalmi munkák alapján a rendszerek merevségének változása kimutatható a kísérletileg meghatározott sajátfrekvencia értékekben [13].

## 2. Felhasznált anyagok és módszerek

### 2.1 Vizsgált anyag

Vizsgálatainkat egy 89 mm külső átmérőjű, 2 mm falvastagságú rozsdamentes acélcsövön végeztük el. (Aquaplus Kft. által használt csőtípus, Heat N 0416950 EN 1.4541 TP 321 EN 10217-7 TC1 W1 CR, 88,9*2,0 mm, gyártási idő: 2009.07.14, hegesztett rozsdamentes acélcső). Választásunk azért esett erre a csőre, mert ilyen méret paraméterekkel rendelkező csőszakaszban végbemenő vízkőlerakódás okozott rendszeresen problémát több magyarországi város (Zalaegerszeg, Kistelek) geotermikus rendszerének esetében. Az általunk vizsgált cső teljes hossza 1115 mm volt.

A kísérletsorozatot megismételtük PVC alapanyagú csövön is (Pipelife Hungária Kft. gyártmányú, KM PVC-U nyomócső, SDR 33 PN6, 90*2,8 mm, extrudált cső), amelynek esetében szintén előfordul lerakódások következtében történő belső átmérő csökkenés. A vizsgált PVC cső hossza megegyezett a rozsdamentes acélcső hosszával.

### 2.2 Felhasznált eszközök

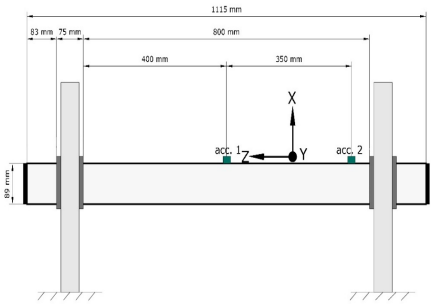
A mérésekhez két triaxiális érzékelőt (PCB 356A02) csatlakoztattunk egy Sinus Soundbook MK2_8LE 8 csatornás mérőrendszerhez, amelyen Samurai (SINUS Messetechnik GmbH) univerzális szoftvercsomag segítségével végeztük el az adatok rögzítését és kiértékelését. A kísérletsorozathoz használtuk továbbá egy saját készítésű frekvenciagenerátort, illetve a méréseket egy E400 típusú esztergapadon végeztük. A csövek belső felületére történő anyagfelvitelt egy MVE 280M típusú esztergapadon történő forgatás során valósítottuk meg.

### 2.3 Technikai megvalósítás

A csövet a mérésekhez az esztergapadon bábok segítségével fogtuk meg. A befogásokhoz hosszirányban felhasított acélcső darabokat, illetve alájuk helyezett 3 mm vastagságú gumilapokat használtunk, a bábok ezeken keresztül fogták meg a csövet. A befogások közötti csőszakasz hossza 800 mm. A befogott cső vázlata az **1. ábrá**n látható.

A rezgésdiagnosztikai mérésekhez 2 db triaxiális rezgésérzékelőt ragasztottunk a csőre az 1. ábrán látható elrendezés szerint. Az egyik érzékelő a 800 mm-es szakasz közepén került elhelyezésre el (acc. 1), míg

a másik (acc. 2) az egyik befogáshoz közel (érzékelők távolsága 350 mm).




**1. ábra.** *A mérési rendszer vázlata*

A befogott csövön több helyen és több különböző irányból jelentkező impulzusgerjesztés mellett végeztük el a méréseket.

Az alapállapot mérése után cementesztrich réteg felvitelével szimuláltuk a belső átmérő csökkenését, amelyért felelős lehet például a csőfalon jelentkező vízkőképződés. A cementesztrich rétegek felvitele több lépésben történt, mindig újabb betonréteget kialakítva a csövön. A cementesztrichet a csőbe öntöttük, ezután megközelítőleg 1 órára esztergapadba fogva forgattuk. Onnan a csövet levéve a belső falára kirakódott réteget kötni hagytuk. A betonozáshoz a csövek végére helyeztük el az erre a célra kialakított műanyag dugókat, amelyek a mérések során végig a csőben voltak. A három betonozási szakaszhoz kapcsolódó átmérőváltozásokat és az esztergapadon alkalmazott forgási sebességeket tartalmazza az **1. táblázat**.

**1. táblázat.** *Betonozás következtében csökkenő belső átmérő értékek és a réteg képzése során alkalmazott fordulatszám*

| Réteg | Új belső átmérő [mm] | | Forgatási seb. [1/min] | |
|---|---|---|---|---|
| | Acél | PVC | Acél | PVC |
| 1. | 65 | 48 | 75 | 380 |
| 2. | 50 | 38 | 150 | 380 |
| 3. | 40 | 34 | 240 | 380 |

## 3. Kísérleti eredmények

A kísérlet sorozat során sikeresen vittünk fel cementesztrich rétegeket a csövek belső falára. A különböző új belső átmérőhöz kapcsolódóan elvégeztük a rezgésdiagnosztikai vizsgálatokat.

Az eredmények kiértékelése több szempont szerint is elvégezhető, mint például a különböző típusú rezgések (longitudinális, kerületi) különböző modusaihoz tartozó sajátfrekvencia értékek változásának követésével. A belső átmérő értékének változása jól követhető a jellemző rezgésparaméterek csúcsértékeinek (rezgésgyorsulás: $a_{peak}$, rezgéssebesség: $v_{peak}$, rezgéselmozdulás: $d_{peak}$) változásán keresztül. Az ugyanolyan gerjesztésre kapott rezgésparaméter átlagértékek láthatóak a **2. táblázat**ban.

**2. táblázat.** *Jellemző rezgésparaméter értékek egészre kerekített átlagai és korrigált szórásai (SD) azonos gerjesztés mellett (acc. 1, x irány) (rozsdamentes acélcső (A) és PVC cső (B) esetén, CE:cementeszrich réteg)*

| | | $a_{peak}$ [m/s$^2$] | | $v_{peak}$ [mm/s] | | $d_{peak}$ [µm] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **A** | **B** | **A** | **B** | **A** | **B** |
| **Alapáll.** | **átlag** | **675** | **1534** | **168** | **565** | **77** | **354** |
| | *SD* | *78* | *339* | *18* | *133* | *14* | *63* |
| **CE 1.** | **átlag** | **226** | **231** | **64** | **78** | **42** | **74** |
| | *SD* | *35* | *16* | *8* | *3* | *7* | *4* |
| **CE 2.** | **átlag** | **116** | **155** | **45** | **58** | **30** | **55** |
| | *SD* | *6* | *15* | *2* | *3* | *1* | *2* |
| **CE 3.** | **átlag** | **84** | **155** | **39** | **59** | **27** | **50** |
| | *SD* | *4* | *8* | *2* | *1* | *2* | *0* |

## 4. Következtetések

Jelen munkában két különböző anyagú csővezetéken végeztünk el modellkísérletet, amely során különböző rétegvastagságban vittünk fel a belő falukra cementesztrich réteget. A különböző állapotokhoz tartozóan rezgésdiagnosztikai teszteket folytattunk.

A bemutatott rezgésdiagnosztikai módszerrel lehetőség nyílhat a csövek állapotának értékelésére, illetve figyelemmel követésére. Az általunk elvégzett modellkísérlet meglátásunk szerint nemcsak beltéri csövek esetén lehet hasznos, hanem sok esetben a földbe fektetett csövek viselkedését is jól követheti (feltárás nélküli csőfektetés, talaj tömörödés hiánya a földben lévő csőszakasz felett, stb.).

### Szakirodalmi hivatkozások


[1] Drozyner P.: *Determining the limits of piping vibration.* Scientific Problems of Machines Operation and Maintenance 2011;46(1):97-103.

[2] Simola K, Pulkkinen U, Talja H, Karjalainen-Roikonen P, Saarenheimo A.: *Comparison of approaches for estimating pipe rupture frequencies for risk-informed in-service inspections.* Reliab Eng Syst Saf 2004 APR;84(1):65-74.

[3] Li S, Wen Y, Li P, Yang J, Dong X, Mu Y.: *Leak location in gas pipelines using cross-time-frequency spectrum of leakage-induced acoustic vibrations.* J Sound Vibrat 2014 AUG 18;333(17):3889-3903.

[4] Raggio LI, Etcheverry J, Sánchez G, Bonadeo N.: *Error analysis of the impulse excitation of vibration measurement of acoustic velocities in steel samples.* Physics Procedia 2010 1/1;3(1):297-303.

[5] Lee J, Chong SY, Jeong H, Kong C.: *A time-of-flight mapping method for laser ultrasound guided in a pipe and its application to wall thinning visualization.* NDT E Int 2011 DEC;44(8):680-691.

[6]) Wang XH, Redekop D.: *Natural Frequencies Analysis of Moderately-Thick and Thick Toroidal Shells.* Procedia Engineering 2011;14(0):636-640.

[7] Saeed RA, Galybin AN, Popov V.: *3D fluid-structure modelling and vibration analysis for fault diagnosis of Francis turbine using multiple ANN and multiple ANFIS.* Mech Syst Signal Proc 2013 JAN;34(1-2):259-276.

[8] Qing M, Zhang Jinghui, Luo Yushan, Wang Haijun, Duan Quan: *Experimental studies of orifice-induced wall pressure fluctuations and pipe vibration.* Int J Pressure Vessels Piping 2006 JUL;83(7):505-511.

[9] Yas MH, Samadi N.: *Free vibrations and buckling analysis of carbon nanotube-reinforced composite Timoshenko beams on elastic foundation.* Int J Pressure Vessels Piping 2012 OCT;98:119-128.

[10] Li Shuai-jun, Liu Gong-min, Kong Wei-tao:. *Vibration analysis of pipes conveying fluid by transfer matrix method*. Nucl Eng Des 2014 JAN;266:78-88.

[11] Dai HL, Wang L, Qian Q, Gan J.: *Vibration analysis of three-dimensional pipes conveying fluid with consideration of steady combined force by transfer matrix method*. Appl Math Comput 2012 NOV 15;219(5):2453-2464.

[12] Semke WH, Bibel GD, Jerath S, Gurav SB, Webster AL.: *Efficient dynamic structural response modelling of bolted flange piping systems.* Int J Pressure Vessels Piping 2006 OCT;83(10):767-776.

[13] Mattheis A, Trobitz M, Kussmaul K, Kerkhof K, Bonn R, Beyer K.: *Diagnostics of piping by ambient vibration analysis*. Nucl Eng Des 2000 MAY;198(1-2):131-140.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 225–228.
http://hdl.handle.net/10598/29068
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.47

# A TRIBOLÓGIAI JELLEMZŐK JAVÍTÁSA MÁGNESES POLÍROZÁSSAL ÉS FELÜLETHENGERLÉSSEL

# THE TRIBOLOGICAL PARAMETERS IMPROVED BY MAGNETIC POLISHING AND ROLLING

Kodácsy János[1], Kovács Zsolt Ferenc[2]

[1] *Kecskeméti Főiskola, GAMF Kar, Járműtechnológia Tanszék. Cím: Magyarország, H-6000 Kecskemét, Izsáki út 10; kodacsy.janos@gamf.kefo.hu*

[2]*Kecskeméti Főiskola, GAMF Kar, Járműtechnológia Tanszék. Cím: Magyarország, H-6000 Kecskemét, Izsáki út 10; kovacs.zsolt@gamf.kefo.hu*

## Abstract

In this publication the authors present the results of their research. During the research the fine turned and then grinded pre-machined surfaces were polished and rolled in the magnetic field as to examine the possibility of the combination of both technologies. The aim was to improve the tribological parameters of treated surface. C45 normalized steel was used as workpiece material which was machined different technological parameters. The evaluation was done by advanced measuring and IT equipment.

***Keywords**: magnetism, burnishing, polishing, finishing.*

## Összefoglalás

A szerzők a publikációban beszámolnak kutatómunkájuk eredményeiről. A kutatás során a finomesztergálással, majd köszörüléssel előzetesen megmunkált felületeket mágneses térben polírozták és hengerelték úgy, hogy a két technológia együttes alkalmazásának lehetőségét is vizsgálták. Céljuk az így kezelt felületek tribológiai tulajdonságainak javítása volt. A kísérlethez C45-ös, normalizált állapotú acélt használtak, és a megmunkáláshoz különböző technológiai paramétereket alkalmaztak. A kiértékelést korszerű mérőműszerekkel és informatikai eszközökkel végezték.

***Kulcsszavak:** mágneses, hengerlés, polírozás, befejezés.*

## 1. Bevezetés

A mágneses térrel segített technológiák világviszonylatban is újszerű fejlesztés alatt álló megmunkálási módok. Legfőbb jellemzőjük, hogy a megmunkáláshoz szükséges erőt a munkatérben létesített szabályozható vagy állandó nagyságú mágneses térerő biztosítja.[1]

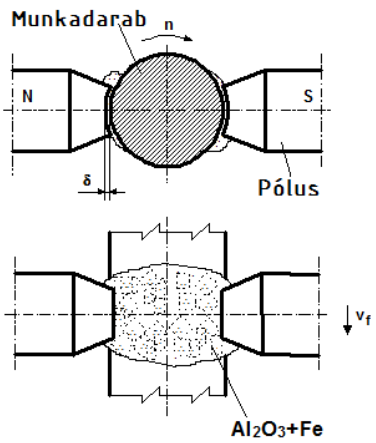
Legelterjedtebben a polírozás területén alkalmazzák a mágneses erőt. A megmunkált darab lehet hengeres, sík és alakos felület is. Mindegyik geometriának saját megmunkálási módja alakult ki, melyek közül némelyik további lehetőségeket is biztosít a felület megmunkálása terén.[2]

A mágneses erővel végzett eljárások hátránya, hogy hatékonyan polírozáskor kemény, hengerléskor lágyabb, mágnesezhető anyagok esetén lehet csak alkalmazni.

## 2. Mágneses finomfelületei technológiák

### 2.1. Mágneses polírozás

Külső hengeres felületek mágneses polírozásakor a két mágnes pólus és a munkadarab közt létesített stacionárius mágneses munkatérbe mágnesezhető csiszolószemcsét adagolnak (**1. ábra**). Ezzel az eljárással a felület érdessége átlagosan akár harmadára-ötödére csökkenthető. [1]

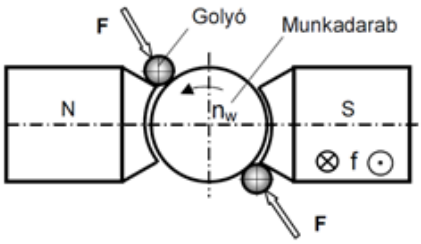



**1. ábra.** *Mágneses polírozó berendezés [2]*

### 2.2. Mágneses felülethengerlés

A felülethengerlés során a megmunkálandó anyagnál jóval keményebb golyó vagy gyűrű alakú szerszámot erővel a felületre nyomjuk és legördítjük. A hengerlés során Hertz-féle érintkezési feszültségek jönnek létre az anyag peremzónájában. Ha ez a feszültség nagyobb az anyag folyáshatáránál, akkor az anyag felszínéhez közel megkezdődik egy speciális „anyagáramlás". A plasztikusan deformálódott zóna felszíne a hengerlés hatására tömörödik, s a felületi kiemelkedések belefolynak a körülötte lévő „völgybe". Mindez a felület érdességének javulását és felkeményedését eredményezi.[3]

A mágneses hengerlés során a szükséges felületalakító erő létrehozásához a mágneses erőt használjuk. A mágnesezéssel segített felülethengerlési megoldás jelentősége egyszerűségében és a hengerléshez szükséges erő lokalizálásában van, így elkerülhető a munkadarab káros vetemedése.




**2. ábra.** *Mágneses hengerlő berendezés [2]*

## 3. Kísérleti körülmények

A kísérleteket egy egyetemes csúcseszterga hossz szánjára adaptált, szabályozható erősségű elektromágnessel végeztük. Hengerlésnél és polírozásnál is azonos áramerősséget (I=10A) és feszültséget (U=40V) alkalmaztunk, mert hengerlésnél a minél nagyobb hengerlőerő elérése a cél, míg polírozásnál számolnunk kellett az erő felületen történő megoszlásával is. Ez alapján az elektromágnessel létrehozott mágneses térerősség a δ résben üresen (golyó és polírozó por nélkül) B= 0,96 T volt. Ez az érték behelyezett hengerlő golyók esetében nem változott, viszont polírozó szemcsék esetében lecsökkent B= 0,75 T értékre. A mágneses térerő csökkenése az alkalmazott Al2O3+Fe polírozó szemcsék árnyékoló tulajdonágának tudható be.

A pólus és a munkadarab közötti δ-rés nagysága egységesen mindkét eljárásnál 3mm-re volt beállítva.

A kísérletekhez 2 darab Ø27,5x400 mm-es C45 jelű, normalizált állapotú szénacélt használtunk, melyet előzetesen finomesztergáltunk, majd köszörültünk.

A megmunkálásokat két csúcs között végeztük és a munkadarabot homlokmenesztő csúccsal forgattuk.

A két technológia hasonló elven működik, de mégis két különböző technológiáról kell beszélnünk. Ennek függvényében a technológiai paraméterek meghatározásakor a hengerlést különböző hengerlési sebességek (vb) és előtolások (fb) mellett végeztük, míg a polírozást az idő (tp) és polírozási sebességek (vp) változtatásával végeztük.

Technológiai paraméterek megválasztásakor felhasználtuk korábbi kísérleteknél alkalmazott értékeket, illetve az arra a technológiára jellemző paramétereket alkalmaztuk. Az így kialakult értékeket az **1. táblázat** tartalmazza felülethengerlés és a **2. táblázat** polírozás esetén.

**1. táblázat.** *Hengerlési paraméterek*

| Felület jele | $n_w$ (1/min) | $v_b$ (m/min) | $f_b$ (mm/ford) |
|---|---|---|---|
| 1r | 265 | 23 | 0,05 |
| 2r | 375 | 32 | |
| 3r | 750 | 65 | |
| 4r | 265 | 23 | 0,1 |
| 5r | 375 | 32 | |
| 6r | 750 | 65 | |
| 7r | 265 | 23 | 0,2 |
| 8r | 375 | 32 | |
| 9r | 750 | 65 | |

**2. táblázat.** *Polírozási paraméterek*

| Felület jele | $n_w$ (1/min) | $v_p$ (m/min) | $t_p$ (min) |
|---|---|---|---|
| 1p | 265 | 23 | 1 |
| 2p | 750 | 65 | |
| 3p | 1060 | 92 | |
| 4p | 265 | 23 | 2 |
| 5p | 750 | 65 | |
| 6p | 1060 | 92 | |
| 7p | 265 | 23 | 3 |
| 8p | 750 | 65 | 0,5 |
| 9p | 1060 | 92 | |

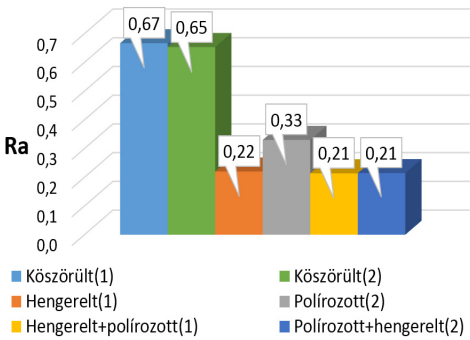
A hengerlést és a polírozást is különkülön munkadarabon (1-es és 2-es tengely) végeztük el. Az így kapott különböző technológiai paraméterekkel hengerelt és polírozott munkadarabok felületi jellemzőit megmértük, s a két, általunk mért legjobbnak vélt felületen alkalmazott technológiai adatokat használva políroztuk a hengerelt felületeket, illetve hengereltük a polírozott felületeket.

## 4. Kiértékelés

A méréshez MITUTOYO Formtracer SV-C3000 típusú érdességmérőt, a kiértékeléshez Excel adatkezelőt használtunk. Minden megmunkált felületen három mérést végeztünk el, melyeknek átlagértékeivel végeztük a kiértékelést.

### 4.1. Az átlagos felületi érdesség alakulása

A mért Ra értékeket a **3. ábra** tartalmazza, ahol a műveletek neve mellett zárójelben a tengely száma is fel van tüntetve.



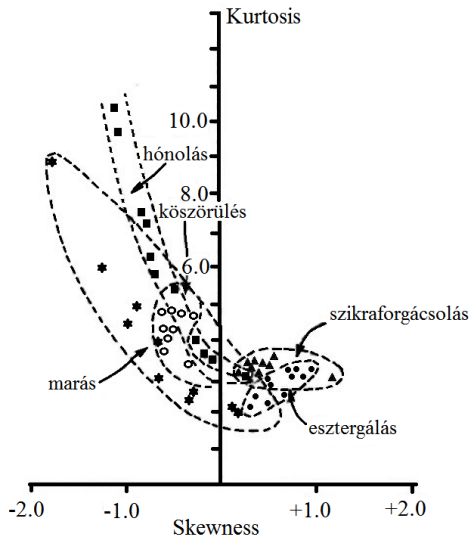

**3. ábra.** *Az egyes MAM technológiák Ra értékei*

A kapott Ra értékek a vártaknak megfelelően alakultak. A csúszó felületek érdességi értékei nagyban befolyásolják az egymáson való elmozdulást, de az Ra eredmények nem jellemzik megfelelően a csúszó felületek (pl. csúszó vezeték és szán) működés közbeni viselkedését. Ezen tulajdonságok meghatározására az úgynevezett ferdeségi (Rsk) és kurtosis (Rku) paraméterek alkalmasak. A továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy az előbbi két felületi jellemző, hogyan alakul a technológia és a technológiai paraméterek változtatásával és kombinálásával.

### 4.1. Az Rsk és az Rku alakulása

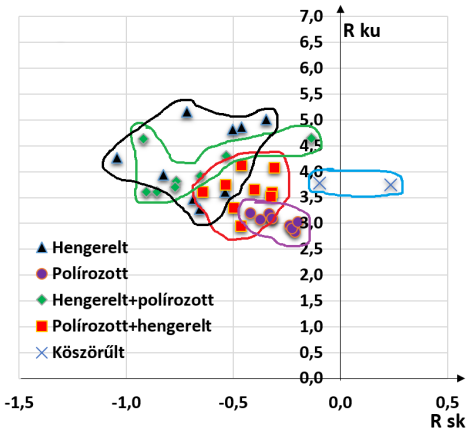
A szakirodalomból rendelkezésünkre állt egy összefoglaló Rsk - Rku topológiai térkép, ami tartalmazza különböző megmunkálásokkal kapott felületek értékeit (4. ábra). A diagramon jól látható, hogy a különböző felületek csoportokat alkotnak. Ezen csoportok között szándékozzuk elhelyezni a MAM (Magnetic Assisted Machining) technológiákat.

A topológiai térképen szereplő pontok akkor tekinthetők jónak, ha azok baloldalt és lent helyezkednek el.[4]




**4. ábra.** *Különböző eljárások Rsk – Rku topológiai térképe [4]*

Az MAM technológiákkal kapott topológiai térképet az **5. ábra** tartalmazza, melyen szembetűnő, hogy az egyes technológiák értékei szórnak, vagy éppen összetartanak. Észrevehető a **4. ábra** és **5. ábra** összevetéséből, hogy a MAM technológiák a finomfelületi technológiák tartományába esnek. Különös képen a polírozással létrehozott felületek. Ha a felület Ra érdességét és az Rsk – Rku topológiai térképet veszszük, akkor tribológiai szempontból polírozott+hengerelt felület tekinthető a legkedvezőbbnek.




**5. ábra.** *MAM technológiával gyártott felületek topológiai térképe*

## 5. Következtetések és további feladatok

A kísérletek eredményei alapján megalapítottuk, hogy a működő felületek megmunkálására a megfelelő MAM technológia alkalmazása tribológiai szempontból pozitívan hat.

Célul tűztük ki, hogy a polírozási+hengerlési MAM technológiát tovább vizsgáljuk a technológiai paraméterek optimálása, és a technológiák egy időben történő alkalmazása szempontjából.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] J. Kodacsy, J. Danyi, A. Szabo, Gy. Fulop: *Magnetic Aided Roller Burnishing Metal Parts.* 7th International Conference on Deburring and Surface Finishing, UC Berkeley (USA), 2004, 375-378

[2] Kodácsy János, Líska János*: Magnetic Assisted Roller Burnishing and Deburring of Flat Metal Surfaces.* Advanced Materials Research Vol. TransTech 472-475 Publication Ltd, Zürich, 2012, 908-911.

[3] Kovács Zsolt: *Mágneses felülethengerlési technológia fejlesztése (diplomaterv*). BME, Budapest, 2015, 2-15.

[4] Whitehouse, D.J.: *Handbook of surface metrology*, Institute of Physics Bristol, UK, 1994.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 229–232.
http://hdl.handle.net/10598/29069
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.48

# GONDOLATOK A MŰEMLÉK ÉPÜLETEK ÉS MŰKINCSEK SZERKEZETI ANYAGAIRÓL ÉS ANYAGAIK SZERKEZETÉRŐL

# THOUGHTS ABOUT THE STRUCTURAL MATERIALS AND MATERIAL STRUCTURE OF HISTORIC BUILDINGS AND MONUMENTS

Kopenetz Lajos[1], Gobesz F.-Zsongor[2]

*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék, Cím: 400020, Románia, Kolozsvár, C. Daicoyicu (Bástya) u. 15; Telefon: +40-264-401351, [1]ludovic.kopenetz@mecon.utcluj.ro, [2]go@mecon.utcluj.ro*

## Abstract

The maintenance and the repair of historic buildings and monuments will require in many situations structural interventions. In such cases the study of the structure is not enough, the materials must also be known. Ignoring the compatibility issues can lead to significant damage in terms of preserving. Beside different types of stones, bricks and binders, metal and wood elements are often parts of such structures. The proper knowledge of the properties of these materials, combined with the right structural solutions can ensure the integrity of our built heritage.

***Keywords**: heritage building, monument, structure, material.*

## Összefoglalás

A műemlék épületek és műkincsek karbantartása és javítása sok esetben szerkezeti beavatkozásokat tesz szükségessé. Ilyen esetekben nem elég a tartószerkezet vizsgálata, az anyagokat is ismerni kell. Az összeférhetőségi kérdések figyelmen kívül hagyása jelentős károsodáshoz vezethet állagvédelem szempontjából. A különféle kőfajták, téglák és kötőanyagok mellett, fém és fa elemek is gyakran szerepelnek ilyen tartószerkezetben. Ezen anyagok jellemzőinek a megfelelő ismerete, helyes szerkezeti megoldásokkal ötvözve biztosíthatja épített örökségünk épségét.

***Kulcsszavak:** műemlék, műkincs, szerkezet, anyag.*

## 1. Bevezetés

A műemlék szerkezetek és műkincsek után az érdeklődés jelentős az egész világon. Ehhez hozzájárul, hogy ezek a történelmi és művészi emlékek hatalmas turista attrakciót képviselnek, tehát gazdasági erőforrást is jelentenek. Az ilyen tartószerkezet konzerválásának, restaurálásának a megválasztásánál az építési anyag fajtája és minősége szorosan kötődik, ezért a funkció és a forma mellett figyelembe kell venni. Így, a kiemelten fontos műemlék tartószerkezetek, falazatok, pillérek, boltozatok karbantartása és helyreállítása sok körültekintést igényel. A statikai mérlegelés és számítások során különös figyelmet kell fordítani az összeférhetőségi kérdésekre a meglévő szerkezeti anyag és a megerősítő szerkezet között.

A tartószerkezet felújítási tervezési menete általában követi a többi mérnöki terve-

zés menetét (koncepció és elvi kialakítás tanulmányok meg változatok alapján, megvalósíthatósági vizsgálat, általános terv, engedélyezési terv, kiviteli tervek). A műemlékek anyagának kutatására sajnos a magyar szaknyelvben nincs egy egységesen elfogadott szakkifejezés. A német szaknyelv „Bauforschung" elnevezést használ e célra, a magyarban „falkutatatás" vagy „épületkutatás" a jelenleg használtabb [1].

A műemlék épületek és műkincsek korszerű felújítása egy alapos és átfogó anyagismereti kutatás mellett megköveteli ezeknek az anyagoknak az épületszerkezetbeli jelenlétének az ábrázolását és viselkedésük ismeretét. Ezeket az igényeket csak úgy lehet elérni, ha a feltárási, falkutatási szakértők átvesznek módszereket a restaurátori technikákból.

## 2. A műemlékek és műkincsek szerkezeti anyagai

Az erőtani számításoknál, úgy szerkezeti, mint anyag-modellek is szükségesek. Az anyag-modellek fejlődésében nagy szerepet játszottak a múlt század elején érvénybe lépő szerkezeti szabályzatok, a szerkezeti modellek fejlődése viszont ezt jóval megelőzte. A méretezési alapelvek között is jelentős különbségek vannak. Míg a szerkezeteknél a determinisztikus elmélet és szemlélet a jellemző, addig az anyagok esetében a sztochasztikus alapokon nyugvó módszereken van a hangsúly. A szerkezetek nem ismerik ezeket az elméleteket és a valóságban, mint mindenhol a természetben, az öntörvényeik szerint viselkednek.

A műemlékek és műkincsek esetében az anyagtani problémák szorosan kapcsolódnak az építési kronológiához, az építési és átalakítási periódusok szétválasztásával együtt. Az új szerkezetekhez használt építőanyagok jól meghatározott anyagjellemzőivel szemben a műemlék épületeknél és műkincseknél kevés anyagminta alapján becsült tervezési paramétereket veszünk alapul. Ilyen esetekben nem alkalmazhatók egyértelműen az érvényes szabványok, a lassú hatások nagymértékben megváltoztathatják a szerkezeti analízishez használt alapadatok nagyságrendjét, ha a felújítás alatt a szerkezet meglévő egyensúlyán a funkció változása ilyen irányba hat.

A műemlék építmények részei (az alapozás, földszinti padlószerkezet, külső és belső falak, lépcsők, közbenső födémek) szinte kivétel nélkül építőelemként a követ és a téglát tartalmazzák, kötőanyaggal egymáshoz rögzítve. A mészkő, homokkő, andezit, bazalt, trachit, riolit és a tufák a leginkább használt kőfajták [2]. A téglák anyaga olyan agyag, melyben a mésztartalom nem haladja meg a 10%-ot. Kötőanyagként, a kötések típusa szerint csoportosítva, a következő anyagok találhatók:

- agyag és vályog (száradás után kötnek);
- mész, mészhidrát és gipsz (levegőn szilárduló kötőanyagok);
- hidraulikus mész, cementek és habarcsok (levegőn és vízben szilárduló, vagy hidraulikus kötőanyagok).

Szerkezeti szempontból a legfontosabb kötőanyag a hidraulikus mész (már a rómaiak is használták). Szárazon vagy vízben egyaránt megkeményedik, s a szilárdulás után a vízben oldhatatlan. Az előállításához a márgát (10-20%-os agyagtartalmú meszet) 1100-1200 °C-ra hevítik fel [3]. Mivel a szilárdsága megnő a kötés befejezése után (úgy a levegőn, mint a vízben), nagyon megfelelő az alkalmazása olyan szerkezeteknél, amelyeket később nedvesség érhet. Ezt az anyagot használták Cézár és Augustus korában is, de Vezúv környéki tufával keverve, emiatt az így kapott anyagot később római cementnek nevezték el. Ilyen fajta cementtel épült a budapesti Lánchíd alapja is 1840-ben. A műemlékeknél alkalmazott habarcsok alkotórészei a következők [4]:

- kötőanyag (mész, hidraulikus mész, trasz, gipsz);

– adalék (5 mm-nél kisebb szemcséjű homok, vagy kőzúzalék).

*Aspdin* (1824) az általa előállított „Portland cement"-nél mesterséges keveréssel próbálta a márga hatását biztosítani, de az összetevők 10%-át meghaladó oldódó sók kristályosodási folyamatokat okoznak a nedvesség hatására, amik a veszélyes betonkorrózió alapját képezik [5]. A „Portland cement" megjelenése után sok hibát és gondot okozott, hogy a műemlék épületeknél a habarcsokhoz (különösen vakolóhabarcsokhoz) alkalmazták.

Az egyik legnagyobb gond a műemlék szerkezeti anyagok elhasználódása, amely az öregedés, túlterhelés, kifáradás, korrózió vagy kopás külön vagy kölcsönös befolyása hatására áll elő. Ez az elhasználódás a koros épületek esetében nagymértékben természetes jelenség. Általában nem egy, hanem több oka is van, s ezek kölcsönösen befolyásolhatják egymást. A mechanikai elhasználódás általában a tartós húzó, nyomó, rezgő vagy ütő igénybevételek miatt jelentkezik, illetve a korrózió vagy a kopás miatt. A szimptómák a következők:

– rugalmasság csökkenése és képlékeny alakváltozások megjelenése;
– elmozdulási, alakváltozási érzékenység kis tehernövekedésre;
– törés, teherbíró-képesség eltűnése és az épületszerkezet szétválása;
– mechanikai instabilitás;
– újrakristályosodás;
– fázisátalakulás.

Amikor a természeti törvényszerűségről beszélünk, elkerülhetetlen a szerkezeti tervezésben arra az alapvető jelenségre rámutatni, hogy a természet mindenkor a legkisebb erőfordítással törekszik az egyensúlyi állapotra. *Torroja Eduardo* profeszor (a „*Philosophy of Structures*" című könyvében) e gondolatot úgy fogalmazta, hogy „törekedni kell az anyag minimális igénybevételére". Ez az állítás akkor látszik igazán valónak, amikor arra gondolunk, hogy hányszor fordul elő olyan eset amikor statikailag nem bizonyítható szerkezetek állva maradnak, mert ki nem használt szerkezeti részeik egymást segítik. A lényeg te-hát, a műemléki szerkezeteknél is, az alap-vető strukturális elképzelés, míg a statikai modell és a méretezési eljárás csupán esz-köz. A tervezési módszereket sem lehet feltétel nélkül megbízhatónak tekinteni.

## 3. Az anyagok szerkezeti kérdései

A műemlékek és műkincsek, mint műszaki mesteri alkotások, a mesterségbeli tudás és ráérzés magas fokú eredményei. A nagy lélegzetű műemlék szerkezetek és műkincsek szerzői a szerkezeti anyag belső feszültségállapotát, tulajdonságait és törvény-szerűségeit kitűnően ismerő mesterművészek voltak, s ma is azok.

Az anyagszerkezet kutatása igyekszik tisztázni az anyagok belső szerkezetét és viselkedését. A jelenlegi anyagszerkezeti kutatásokat ki kell bővíteni archeometriás módszerekkel. A földben rejlő épületmaradványok, üregek döntően befolyásolhatják a műemlék szerkezeti viselkedését, így szükség van a földnek is mint anyagnak a kutatására. A szokásos szondázási, fúrási mód-szerek nagyon költségesek és nem alkalmasak egy átfogó jelentés elkészítésére. Az ilyen vizsgálatokra megfelelőbbek a következő felderítési módszerek:

– mágneses leletfelderítés és elektromágneses módszerek;
– ellenállásmérésen alapuló módszerek;
– akusztikus módszerek;
– radar és légi felvételek kiértékelése;
– víz alatti lelet-felderítési módszerek.

E módszerek közül az ellenállásmérésen alapulóknak van a legnagyobb jövője. Minden talaj vezeti az elektromos áramot, fajtája, nedvessége és sótartalma függvényében, az építészeti maradványok és létező üregek (elhagyott pincék, alagutak) hatására a vezetőképesség (ellenállás) megváltozik. A különböző távolságokra, mélységekre he-

lyezett elektródák között folyó áram erőssége és feszültség-esése a különböző földalatti alapokról, üregekről ad egy kezdeti képet.

A vasat használó szerkezeteknél nagyon fontos a vasfajta típusának a pontos megállapítása. A nyersvas (mintegy 4%-os széntartalommal) lehet fehér nyersvas (itt a szén vas-karbidként szerepel) vagy szürke nyersvas (ahol a szén grafitként is jelen van). Az öntöttvas a 2%-nál kisebb széntartalommal (grafitként) önthető, de nem kovácsolható, hegeszthető, míg a hasonló széntartalmú kovácsoltvas (lágy-vas), mint neve is mondja, kovácsolható. Az 1,5–2%-os széntartalmú acél önthető és kovácsolható. A vasnak, mint anyagnak a kutatásánál nagyon előnyös a csiszolatok metallográfiás vizsgálata, amivel meg lehet állapítani precízen a vas széntartalmát és keménységméréseket is lehet végezni. Az ólom az épületszerkezeteknél (főleg kő-oszlopoknál és kőfalaknál) mint kapcsoló elem található (elsősorban öntéssel dolgozták és dolgozzák fel. Ezek a kapcsoló elemek nagyon fontosak a földrengésvédelem szempontjából és az anyag vizsgálata szigorúan a metallográfiás módszereket kell kövesse.

A szerkezeti kő az egyik legfontosabb és legrégebben használt anyag, úgy épületszerkezetekhez, mint szobrok készítéséhez is. Petrográfiailag nagyszámú kőféleséget használtak (magmás, eruptív és üledékes kőzeteket). A metamorf kőzetek (márvány, gnejsz, stb.) a magas nyomás és hőmérséklet hatására jöttek létre és általában magmás vagy üledékes eredetűek. Az anyagi vizsgálatokhoz a mikroszkópos és vékonycsiszolatos módszert alkalmazzák elsősorban. Kémiai módszereket is lehet használni a kövek jellemzésére, röntgenfluoreszcens, atomabszorbciós, neutroaktivációs analízist és mágneses rezonanciaspektroszkópiát a szén és oxigénizotópok meghatározására. A téglákat (durvakerámia) agyagból állítják elő. Az agyagokban levő vasvegyületek színezik az alapanyagot sárgára, barnára vagy vörösre. A vizsgálatra általában a köveknél használt módszereken kívűl, termolumineszcens analízist és atommaghasadás nyomelemzést használnak kormeghatározásra. A téglák szilárdságára és időbeli változására nagyon fontos az égetési hőmérséklet ismerete, amit diatometriás galttal lehet megkapni.

A fánál, mint szerkezeti anyagnál, nagyon fontos a fajta megállapítása. A mikroszkópos vizsgálat megfelel és keresztmeg érintő-irányú metszettek alapján készül. A kormeghatározáshoz a radiókarbon módszer javasolható.

## 4. Következtetések

A műemlék szerkezetekkel és műkincsekkel kapcsolatban, manapság a tervező bekapcsolódik általában a kivitelezési tevékenységekbe is, mint tervezői művezető (ez a nagyon bonyolult tervek esetében szinte nélkülözhetetlen). Ekképp gyorsan megoldódhatnak a szerkezeti anyag és a célelérési technológiák összefüggései, valamint a tervváltoztatások hatásai a szerkezetre, illetve a hatályos előírások alól való felmentés a biztonság javára.

A műemlék szerkezetek és műkincsek, még ha több száz-, ezerévesek is, fenntartásra, megóvásra várnak. Az egyedi anyagok és szerkezetek megőrzése, védelme és fenntartása jogilag a tulajdonos feladata lenne, de valójában mindnyájunké.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Haris, A.: *Műemlék épületek kutatásának módszertana és annak változása*, Műemlékvédelem, XLVIII. Évf., 2004, 5. szám, 297.-302. old.

[2] Farmer I. W.: *Engineering Properties of Rocks*, Spon, London, 1968.

[3] Wesche K.: *Baustoffe für Tragende Bauteile*, Bauverlag Gmbh, Wiesbaden & Berlin, 1974.

[4] Wagner H.: *Taschenbuch Des Chemischen Bautenschutzes*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1956.

[5] Csekő Gy., Novák A., Száva I.: *Betonok és falazatok korrózióvédelme*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 233–236.
http://hdl.handle.net/10598/29070
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.49

# AZ ALFÖLDI SZÉLENERGIA-POTENCIÁL VIZSGÁLATA

# INVESTIGATION OF WIND ENERGY POTENTIAL IN THE GREAT HUNGARIAN PLAIN

Kostyák Attila[1], Szodrai Ferenc[2]

*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék 4028, Debrecen, Ótemető utca 2-4. Tel.: +36-52-415-155/77770.*

[1]*attila.kostyak@univerza.hu*

[2]*szodrai@eng.unideb.hu*

## Abstract

Our goal was to see the possibilities of harnessing wind energy from places were the wind energy potential are low such as cities in the Great Hungarian Plain. For our calculations we have chosen Hajdúszoboszló. In our paper we used the wind data from the airport of Hajdúszoboszló. Analyzing the information; we created a Weibull distribution function by iterating of the function parameters with the wind velocity. After the wind distribution study, we examined the potential wind energy. When the wind conditions were taken into consideration, we made an assumption for choosing a common type of wind turbine. The disadvantages were gathered of these types and we assumed that an alternative wind turbine needed. Which research is required.

***Keywords:*** *wind energy, renewable energy, low air speed.*

## Összefoglalás

Vizsgálataink célja, hogy áttekintsük a szélenergia hasznosítás lehetőségét, olyan kevésbé előnyös szélrajzzal rendelkező területeken, mint az alföldi városok. Szemléltető példaként Hajdúszoboszló városát választottuk. A vizsgálataink során a hajdúszoboszlói reptér széladatait használtuk fel. A szél-adatok elemzése során az adatsorunkat Weibull eloszlással becsültük, paramétereit iterálással határoz-tuk meg. A széleloszlás vizsgálata után a potenciális szélenergiát vizsgáltuk meg. A szélviszonyok és a városias környezet állította feltételeket figyelembe véve arra a következtetésre jutottunk, hogy egyik turbina típus sem képes tökéletesen kielégíteni azokat. A feltételek figyelembe vételével egyedi szél-turbina fejlesztése szükséges. Melynek fejlesztése jelenleg is zajlik.

***Kulcsszavak:*** *szélenergia, megújuló energia, alacsony szélsebesség.*

## 1. Bevezetés

Vizsgálataink célja, hogy áttekintsük a szélenergia hasznosítás lehetőségét, olyan kevésbé előnyös szélrajzzal rendelkező területeken, mint az alföldi városok. Szemléltető példaként Hajdúszoboszló városát választottuk. A vizsgálataink során a hajdúszoboszlói reptér széladatait használtuk fel.

Napjainkban a megújuló energiaforrások kiaknázása kiemelt fontosságú. A nagy széltelepek, vízi erőművek és napelem telepek mellett, egyre gyakrabban láthatunk olyan méretű és kialakítású rendszereket,

amelyek a megújuló energiák létesítmény-szintű termelését és felhasználását teszik lehetővé.

A létesítmény szinten telepíthető eszközök megjelenésével a lakossági és üzleti világ számára is elérhető alternatívává vált az energiatermelés lehetősége. Ennek a szemléletnek köszönhetően az alkalmazható eszközök fejlesztése és a lakókörnyezetbe való integrálása folyamatosan zajlik.

A városi és város közeli területeken napkollektorok és napelemek mellett egyre több helyen találhatóak kis szélerőművek is. Az Alföldön e berendezések elterjedését a kedvezőtlen feltételek akadályozzák.

Dolgozatunkban a létesítmény szinten alkalmazható berendezések problémakörét tekintem át. A problémák vázolásával láthatóvá válik, hogy mi a gátja e rendszerek elterjedésének, illetve melyek azok a problémák, amelyek a gyártmányfejlesztéssel kiküszöbölhetők.

## 2. Szélviszonyokról általánosan

A Nagy-Alföld szélrajzáról általánosan elmondható, hogy nem lehet meghatározni egyetlen uralkodó szélirányt. A szélmozgásokat erőteljesen befolyásolják a kontinensen egymást váltó ciklonok és anticiklonok. A ciklonok és anticiklonok által kialakult légmozgásokra jellemző, hogy erejük és irányuk is igen változékony.[1]

Az átlagos szélsebesség a Nagy-Alföld egész területén mérsékelt, körülbelül 3-3.5 m/s körül ingadozik a tájegység egészén.[2]

Vizsgálatunk a városias környezetben létesítmény szinten üzemeltethető szélerőművekkel foglalkozik, ezért a természetes és mesterséges domborzat nagy szerepet játszik a szélerőmű telepítési helyén uralkodó szélviszonyokra.

A fentiek miatt az alföldi területeken a telepítés helyét fontos pontosan felmérni, mivel a szélviszonyok lokálisan is eltérhetnek a számunkra érdekes talaj közeli erőműtípusoknál.

Dolgozatunkban a hajdúszoboszlói reptér széladatait használtam fel [3]. A reptér közvetlenül a város északi szélén található. A szélmérő berendezés a repülőtér irányítótornyán 9 m magasan helyezkedik el. Ez a magasság megfelelő lehet egy kis szélerőmű telepítésére, így ezzel az értékkel számoltam.

## 3. Széladatok vizsgálata

A reptér széladatait 2011.01.01-től 2015.10.03-ig vizsgáltuk. Az adatbázisban 3 órás intervallumok átlagos szélsebessége volt rögzítve, így a vizsgálat során a kis időintervallumokon mért szélerősség volatiltását nem állt módunkban felmérni.

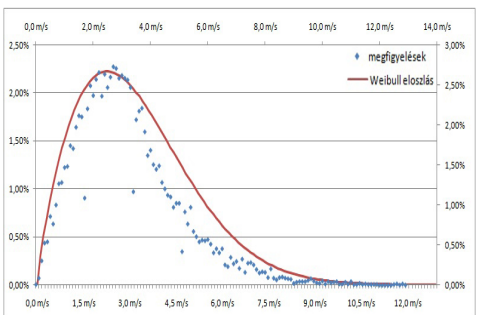
Az adatbázis általános értékeit az alábbi **1. táblázat** foglalja össze:

**1.táblázat.** *Hajdúszoboszlói reptér széladatok 2011-2015*

| | |
|---|---|
| Megfigyelések száma | 13895 [db] |
| Átlagos szélsebesség | 3,2 [m/s] |
| Medián | 2,9 [m/s] |
| Maximum (3h átlag) | 12,8 [m/s] |
| Minimum (3h átlag) | 0 [m/s] |

A vizsgált időszakban előforduló értékek gyakoriságát az alábbi diagramon ponttokkal jelöltem százalékos formában.

Az értékek gyakoriságát a Weibull eloszlás sűrűségfüggvényével közelítettem.




**1. ábra.** *Szélsebesség-sebességgyakoriság és Weibull eloszlás függvénye*

A becslőfüggvény (Weibull sűrűségfüggvény):

$$f(x;\lambda,k)=\begin{cases}\frac{k}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1}e^{-(x/\lambda)^k} & x\geq 0,\\ 0 & x<0,\end{cases} \qquad (1)$$

A becslőfüggvény *k* alak és λ skalár paramétereit az alábbi módon határoztuk meg:

Az eloszlás várható értékét a vizsgált adatsor súlyozott átlagának értékében határoztam meg (3,2 [m/s]).

A becslő függvény várható értéke függ *k* és λ paraméterektől:

$$\mathrm{E}(X)=\lambda\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right) \qquad (2)$$

Ebből λ paramétert kifejezve egy olyan összefüggést kapunk, ami csak *k*-tól függ

A *k* érték meghatározását iterálással végeztem. Feltételeztem, hogy a mért és a becsült adatsor értékeiből származtatott egységnyi felületre kiszámított energiamennyiség átlagának is meg kell egyeznie.

*k* értékének meghatározása után λ értéke is meghatározhatóvá vált. A kapott értékek:

**2.táblázat.** *Meghatározott eredmények*

| Paraméter | Számított érték |
|---|---|
| k alakparaméter | 1,7811 |
| λ skalár | 3,5965 |

A paraméterek meghatározása után megvizsgáltam a két adatsor korrelációját. Melynek értéke: 0,97.

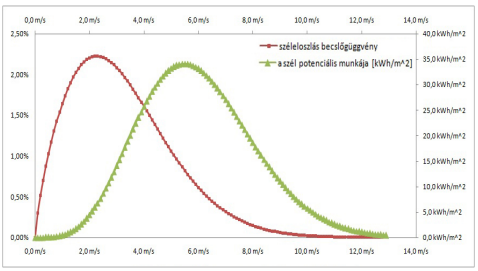
A becslőfüggvénynek köszönhetően matematikai összefüggést kaptunk az általunk vizsgált terület szélviszonyaira vonatkozóan.

## 4. Energiapotenciál vizsgálata

A széladatok vizsgálata után tekintsük át, mekkora az energia potenciál a mérési ponton.

A széleloszlást becslő sűrűségfüggvény segítségével kiszámolható a teljes vizsgált időszak alatt egységnyi felületen a szél potenciális munkavégző képessége.

A **2. ábrá**n látható a vizsgált időszakban a széleloszlás, valamint a vizsgált időszak alatt fújó különböző erősségű szelek potenciális munkavégző képessége. Az adott szélerősség melletti potenciális munkavégző képesség megállapításánál az adott szélerősség gyakoriságát is figyelembe vettük, így alakult ki az alábbi görbe.




**2. ábra.** *Weibull eloszlás és fajlagos szélenergia-szélsebesség diagram*

Az optimális szélturbina kiválasztásánál a célunk, hogy olyan hatásfokgörbével rendelkező turbinát válasszunk, hogy a lehető legnagyobb területet fedje le a szél potenciális munkájának görbe alatti területéből.

Az eredmények alapján látható, hogy olyan szélturbinára van szükségünk, amely a hatékonysági görbéjének csúcspontját az 5-6 m/s szelek esetén éri el. Ebben az esetben tudjuk - a vizsgált időszak szélviszonyai között - a szél potenciális energiájából a lehető legtöbbet hasznosítani.

Az energetikai optimalizáció következménye, hogy az adott szélviszonyok mellett a vizsgált időszak egy jelentős részében a turbina nem vagy csak rossz hatékonysággal termel energiát. A térség szélrajzának problémáját az alábbi példával lehet szemléltetni.

Ha feltesszük, hogy az energetikai görbénk alsó 10%-a az 5-6 m/s-os szélsebességre optimalizált turbinánk számára nem hasznosítható, akkor a vizsgált időszak túl-

nyomó részében a turbina nem termel energiát.

A 10%-os példa esetén a turbinánk 3,3 m/s szélsebesség mellett kezd el termelni, ami azt jelenti, hogy a turbina a vizsgált időszak 58%-ban nem termelt volna hasznosítható energiát.

Tehát a maximum energia kinyerése és az egyenletes termelési görbe célja nincs összhangban. Itt a kiszolgálandó létesítmény tulajdonságai határozzák meg azt, mennyiben tér el a tervezett szélturbina az energetikailag optimálistól.

### 4.1. Miért érdekes a hatékonyság?

Megújuló energiaforrásokat hasznosító berendezéseknél lehetőség van arra, hogy az eszköz rossz hatékonyságát méretének növelésével kompenzáljuk.

Ez a lehetőség peremfeltételeim miatt nem jöhet szóba a szélturbina esetén.

A szélenergia hasznosítása városias környezetben igényli a lehető legkisebb méretet, ezáltal a lehető leghatékonyabb rendszert.

### 4.2. Szélturbina városias környezetben

A város közeli, létesítmény szintű szélenergia felhasználás több kihívást is állít a kialakítandó rendszer elé.

A fentiek alapján a rendszernek a lehető leghatékonyabbnak kell lennie, mivel méretének növelése rontja a rendszer integrálhatóságát.

A hatékonyság figyelembevételével a függőleges tengelyű szélturbinák nem javasolhatóak, mert bár egyszerűbb kialakításúak és kis szélsebesség esetén is elindulnak, lényegesen nagyobb felületre van szükségük ugyanakkora teljesítmény leadásához.[4]

A turbina biztonságtechnikai és akusztikailag előnyös kidolgozása kiemelten fontos a lakosság közelsége miatt.

## 5. Következtetések

A fenti vizsgálatok alapján a piacon található létesítmény szinten alkalmazható eszközök közül kevés képes kielégítően működni az adott szélviszonyok között.

Azok a típusok pedig, amik megfelelnek a szélviszonyoknak, a városi integrálhatóság kritériumait nem képesek teljes mértékben kielégíteni. Ezért szükségesnek érezzük egy újfajta szélerőmű típusnak a vizsgálatát és fejlesztését.

Jelenleg is kidolgozás alatt áll egy szélturbina rendszer, melynek elméleti kidolgozás előrehaladott. A szélcsatornás tesztek, illetve a prototípus kidolgozása, valamint a gyártmány fejlesztési kérdések megválaszolása zajlik.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Ledács Kis Aladár: *A szélenergia hasznosítása*, Bp: Műszaki Könyvkiadó. 1963. 30-32.o.

[2] OMSZ weboldala; *Magyarország szélviszonyai*; met.hu

[3] Windguru adatbázis; www.windguru.cz/hu

[4] *Hagyományos és megújuló energiák*; szerk.: Dr. Sembery Péter, Dr. Tóth László; Szaktudás kiadóház 2004; 7.2.2.; 338-343

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 237–240.
http://hdl.handle.net/10598/29071
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.50

# NEMESÍTHETŐ ACÉLOK ÉS ROZSDAMENTES ACÉLOK PLAZMANITRIDÁLÁSA

# PLASMA NITRIDING OF TEMPERED STEELS AND STAINLESS STEELS

Kovács Dorina[1], Blücher József[2], Dobránszky János[3], Fábián Réka[4]

*[1,2,4] BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudmány és Technológia Tanszék, Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.*

*3MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.*

*[1] dorina@eik.bme.hu, [2] jblucher@verzion.net, [3] dobranszky.janos@eik.bme.hu*

*[4] fabianr@eik.bme.hu*

## Abstract

A plasma-nitriding system was built at the BME Department of Materials Science and Engineering. The aim of this surface treatment equipment is to produce nitrided layers on different steels. The aim of our research work is to analyze with SEM-EDS and XRD the surface of tempered steels and stainless steels after plasma-nitriding. We made specimens in our laboratory and for comparing, at an industrial partner in its equipment. Metallographic and hardness testing and microstructural characterization were performed. Corrosion tests were made on stainless steels to prove the properties of preliminary researches.

***Keywords**: plasma nitriding, tempered steel, stainless steel, corrosion test.*

## Összefoglalás

A BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszékén új plazmanitridáló berendezés épült. A kutatómunka célja, hogy elsőként nemesíthető acélok, majd ausztenites és duplex korrózióálló acélok kopási tulajdonságait vizsgáljuk a plazmanitridálással létrehozott felületeken. Metallográfiai vizsgálattal, mikrokeménység-méréssel, pásztázó elektronmikroszkóppal és diffraktométeres vizsgálattal elemeztük a felületen kialakult réteg összetételét, vastagságát, keménységét. A mintákat mind ipari, mind laboratóriumi körülmények között plazmanitridáltuk. A rozsdamentes acélokat korróziós tesztnek vetettük alá, melyet az előzetes kutatások alapján értékeltünk. A vizsgálatok után a különböző technológiai változókkal készült mintákat összehasonlítva megállapítottuk, hogy a keménységben eltérés nem mutatkozik, kizárólag a réteg vastagsága eltérő.

***Kulcsszavak:** plazmanitridálás, nemesíthető acélok, rozsdamentes acélok, korróziós vizsgálat.*

## 1. A plazmanitridálásról

A plazmanitridálás során kemény, kopásálló réteget lehet létrehozni a felületen. A kis nyomáson bejuttatott gáz a villamos tér hatására az anódként kapcsolt munkadarab és a katódként kapcsolt kemencefal között ionizálódik. A gázatomok gerjesztett állapotba kerülnek, a legrövidebb úton ütköznek egymással, és bombázzák a munka-

darabot. A nitrogénionok Fe-atomokat választanak le a felületről, melyekkel összekapcsolódva megtapadnak a felületen.

Indulásként a gázteret argon-hidrogén keverékkel töltik fel, a rendszer átöblítése és a munkadarab tisztítása érdekében. Az ionbombázás a felületet porlasztja; e részfolyamat megtisztítja a felületet a rajtamaradt szennyeződésektől, oxidoktól, melyek megakadályozhatják a nitrogén diffúzióját. A többlépcsős tisztítás végeztével nitrogén gázt vezetnek a kamrába. Az ionizáció, azaz a plazma létrejötte után a nitrogénionok bediffundálnak a felületbe, majd nitridet képeznek a vassal [1].

A nitridált réteg két részből áll: egy külső, nagyon kemény, ún. vegyületi vagy fehér rétegből, mely a technológiai tényezőktől és a kezelés idejétől függően 20 µm vastag is lehet [2], alatta pedig egy kisebb keménységű, kis mennyiségű oldott nitrogént tartalmazó diffúziós réteg található akár 0,6–0,8 mm-es vastagságban [1-3, 5-7].

## 2. Laboratóriumi plazmanitridáló berendezés

A berendezés (**1. ábra**) gázterét egy üvegbura képzi, ami kiváló megfigyelési lehetőséget ad a plazmához. A gyors felmelegedés érdekében hőárnyékoló pajzsot használunk a mintatartó körül, ami egy köszörült alaplapon helyezkedik el. A gáz- és nagyfeszültségű bevezetés ezen keresztül történik. A kamra nyomását egy vákuumpumpa biztosítja. A berendezés feszültsége 0-800V között állítható.

## 3. Célkitűzések

A kísérletek célja egyrészt, hogy a laboratóriumi és ipari körülmények között készült mintadaraboknak összehasonlítsuk a plazmanitridálással előállított kemény réteg tulajdonságait; másrészt, hogy megvizsgáljuk a nitridált réteg korrózióálló tulajdonságait rozsdamentes acéloknál.

**1. ábra.** *A saját építésű plazmanitridáló berendezés*

## 4. Kísérletek

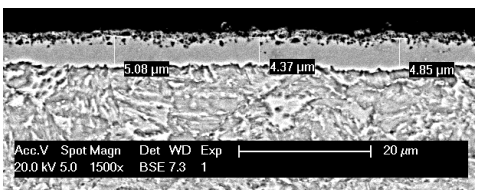
Elsőként 25CrMo4 összetételű, nemesíthető acélok plazmanitridálásával foglalkoztunk. Mind ipari, mind laboratóriumi körülmények között végzett kezelés után megvizsgáltuk a keletkezett kemény réteg felületén kialakult vegyületeket és a rétegvastagságokat. A próbatest méretei mindkét esetben megegyeznek, 12×20×2 mm. Az elemzések keresztcsiszolati mintákon végzett metallográfiai vizsgálattal kezdődnek, majd mikrokeménységmméréssel, SEM-EDS és XRD-vizsgálattal folytatódnak.

Ezután a nagy hőmérsékleten nitridált rozsdamentes acélok elemzése, majd korróziós vizsgálata következett.

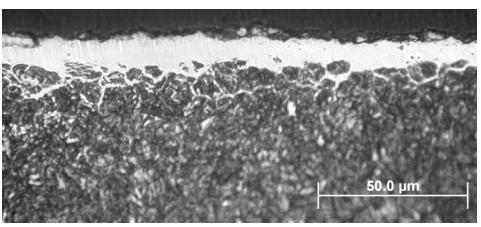
### 4.1. Nemesíthető acélok

A minták plazmanitridálása minden esetben 2,5 torr nyomáson, 80% H2 és 20% N2 gázkeverék beadásával, 500–520 °C-on történt. Az ipari mintákat 12/24/40 órán keresztül, a laboratóriumi mintákat csupán 5 órán keresztül nitridáltuk.

A különböző időtartamok a keménységet nem befolyásolják. A legkeményebb réteg 1620–1700 HV, az anyag belseje felé haladva pedig fokozatosan csökken, a fehér réteg vastagsága azonban már jelentősebb mértékben változik. A 12–40 órás kezelésekre nézve, a növekvő idővel egyre vékonyabb vegyületi réteg keletkezik. Hosszabb kezelési idő alatt a felület a folyamatos porlasztástól porózussá válik, ami az idő múlásával fokozódik (**2. ábra**). A rövid kezelési idővel készült mintadarabok átlagos rétegvastagsága 8 µm, azonban kedvezőtlen nitridháló (**3. ábra**) alakult ki a réteg alatt, ami elridegedéshez, későbbi repedések képződéséhez, majd töréshez vezethet.



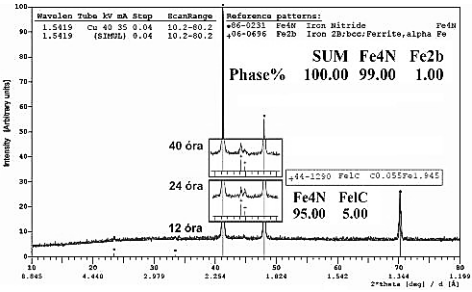

**2. ábra.** *25CrMo4 acélon 40 h után kialakult réteg*



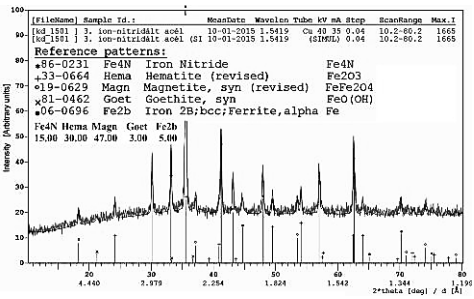

**3. ábra.** *25CrMo4 acélon 5 h után kialakult nitridháló*

A diffraktométeres vizsgálatot Cu-anód használatával Sajó István végezte; minden minta esetében kimutattuk a közel tisztán nitrides felületet (**4. ábra**).

Az első laboratóriumi mintánkon végzett diffraktométeres mérés eltérést mutatott az ipari mintákhoz képest. Nem csak vasnitrid keletkezett a felületen, hanem mellette különböző oxidok is megjelentek (**5. ábra**). Az oxidréteg kialakulása a vákuumtér nem kellő tisztaságából fakadt.




**4. ábra.** *25CrMo4 acélon 12, 24, 40 h kezeléssel létrejött réteg röntgendiffraktogramja*



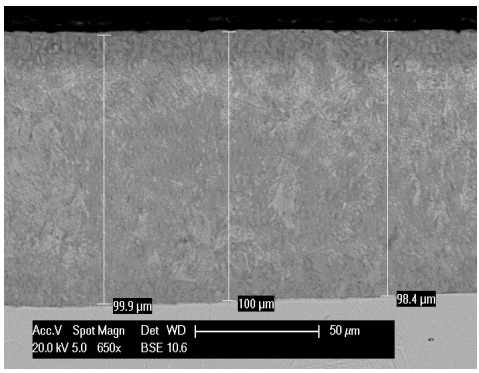

**5. ábra.** *25CrMo4 acélon 5 h kezeléssel létrejött réteg röntgendiffraktogramja*

## 4.2. Rozsdamentes acélok nitridálása

Az ausztenites korrózióálló acéloknak kicsi a keménységük és csekély a kopásállóságuk. Kis hőmérsékletű nitridálással (≤450 °C) növelhető a keménység és a kopásállóság anélkül, hogy a korrózióállóság romlana [4]. A nagy hőmérsékletű kezelésre programozott kemencében kétféle acél niridálását végeztük el a Böhler-Uddeholm üzemében: egy ausztenites rozsdamentes acélt – 1.4301/ X5CrNi18-10 – és egy duplex acélt – DX2202/X2CrNiN22-2 kezelve.

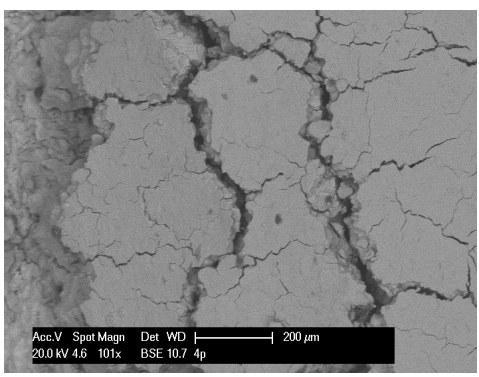
Míg a metallográfiai vizsgálatokhoz a 25CrMo4 acélnál a vegyületi réteg maródott, addig a rozsdamenteseknél a diffúziós zóna mutatható ki. Három marószerrel dolgoztunk: Kalling, Beraha, Nital. (**6. ábra**).

A diffúziós zóna vastagsága mindkét esetben jól mérhető, ~100 µm. A vegyületi réteg ezzel szemben alig látható, keménységmméréssel is nehezen meghatározható.



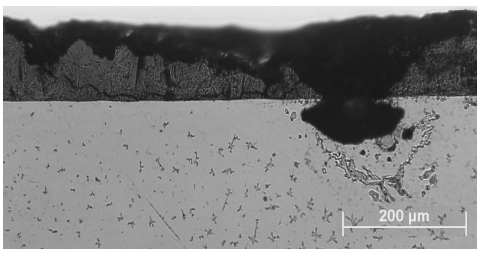

**6. ábra.** *40 órán keresztül plazmanitridált 1.4301 acélon kialakult réteg metszete*

A korróziós kísérletet a rozsdamentes anyagokra jellemzően, a lyukkorrózió körülményeinek megfelelően végeztük el az ASTM G-48-as szabványnak megfelelően 6%-os vas(III)-klorid oldatban. A minták a plazmanitridálás után valóban elvesztették a korrózió védelemmel szembeni tulajdonságukat. A nitridált réteg a közeg hatására berepedezett, mechanikai erő hatására levált, letöredezett róla (**7. ábra**).




**7. ábra.** *A plazmanitridált ausztenites acél korróziós teszt utáni repedezettsége*

A csiszolati mintán jól látszik, hogy a levált nitridréteg alatt a korrózió az alapanyagot is megtámadta; a porózus rétegen keresztül az alapanyaggal is könnyen érintkezett a közeg (**8. ábra**).




**8. ábra.** *A nitridréteg alatti lyukkorrózió*

## 5. Következtetések

Az eddigi kutatási eredményeinkből megállapíthatjuk, hogy a fehér réteg kialakulása már rövid (5 óra) idejű kezelés során is végbemegy, ugyanolyan keménységű réteget hozva létre, mintha tovább kezelnénk a felületet. A réteg vastagsága azonban nem ugyanolyan: az idő növekedésével a rétegvastagság is növekedik.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Pye D: *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing*, ASM International, OH, 2003, 71–86. oldal

[2] Edenhofer B: *Production ionnitriding.* in: Unterweiser PM (szerk.): *Source book of nitriding.* American Society for Metals, Metals Park OH, 1977. 181–187. oldal

[3] Marchev K, Cooper CV, Blucher JT, Giessen BC: *Conditions for the formation of a martensitic single phase compound layer in ion-nitrided 316L austenitic stainless steel*. Surface and Coatings Technology, 99 (1998).

[4] Kimiaki Nagatsuka, Akio Nishimoto, Katsuya Akamatsu: *Surface hardening of duplex stainless steel by low temperature active screen plasma nitriding.* Surface & oatings Technology 205 (2010) S295–S299.

[5] Constant A, Charbonnier J-C: *Principes de base des traitements thermiques, thermomécaniques et thermochimiques des aciers.* PYC Edition, Paris, 1992.

[6] Szombatfalvy Á: *A hőkezelés technológiája.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

[7] Edenhofer B: *Production ionnitriding.* in: Unterweiser PM (szerk.): *Source book of nitriding.* American Society for Metals, Metals Park OH, 1977. 181–187. oldal

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 241–244.
http://hdl.handle.net/10598/29072
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.51

# ACÉLSZERKEZETEK RIDEGTÖRÉSSEL SZEMBENI BIZTONSÁGA

# STEEL CONSTRUCTIONS SAFETY AGAIN COLD CRACKING

Kovács-Coskun Tünde

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Tanszék), Cím: 1081, Magyarország, Budapest, Népszínház, 8; Tel/Fax:+36-1-6665327, kovacs.tunde@bgk.un*

## Abstract

The behaviour of the materials depends not only on the chemical composition and microstructure. Usually it depend also on the temperature, notch and shaping rate too. In case of welded joint we have to take account of the material properties and also the effect of welding technology.

***Keywords**: Charpy impact test, cracking, cold cracking, notch.*

## Összefoglalás

Az anyagok szívós rideg viselkedése nem csupán a kémiai összetétel és a szerkezet függvénye. Gyakran küldő állapothatározók is befolyásolják a repedésképződési folyamatot. A hegesztett szerkezetek esetében pedig még az anyag jellemzőin kívül figyelembe kell venni a technológia hatását is.

***Kulcsszavak:** Charpy vizsgálat, repedés, hidegtörés, bemetszés.*

## 1. Bevezetés

Mindenki által ismert katasztrófák, mint a Titanic vagy a Liberty hajók és számos acélszerkezet tönkremenetelét okozta ridegtörés. Ebben a dolgozatban áttekintést kívánok adni a ridegtörés okairól illetve elkerülési lehetőségéről, mind az anyagválasztás mind a szerkezettervezés oldaláról. Továbbá a teljesség igénye nélkül vizsgálni kezdem az acélok mikroszerkezetének ridegtörési hajlamra gyakorolt hatását és az egyes szövetszerkezetek valamint a fázisátalakulások kialakulását okozó hatásokat.

Végül pedig arra teszek kísérletet, hogy a szerkezetek biztonságos üzemelése érdekében betartandó szabályokat és technológiai követelményeket igyekszem összefoglalni.

## 2. Ridegtörés jelensége és okai

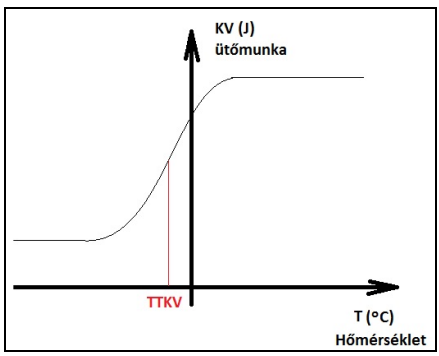
### 2.1. Állapothatározók

A ridegtörési káreseményeket követően a kutatók megfigyelték, hogy minden esetben a laboratóriumi vizsgálatok során kapott szilárdsági és szívóssági tulajdonságok megfelelőek voltak. A szerkezetek a megengedett terhelés alatti igénybevétel mellett mutattak ridegtöréses tönkremenetelt. Ridegtörésnek azt a töréssel bekövetkező káreseményt tekintjük, amikor a szerkezet képlékeny alakváltozás nélkül, nagy sebességgel szenvedi el a törést [1].

A megfigyelések azt mutatták, hogy nem az anyag kémiai összetétele felel ezekért az esetekért, hanem külső hatások, melyeket állapothatározóknak nevezünk.

### *2.1.1. Hőmérséklet*

A káreseteknél megfigyelték, hogy a törés a laboratóriumi hőmérséklet (20°C) alatt következett be. Charpy kísérletei során a hőmérséklet hatását vizsgálta és kimutatta, hogy acélanyagok esetében a hőmérsékletváltozás hatására megváltozik a szívós rideg törési mód. Alacsonyabb hőmérsékleten ridegebb viselkedés figyelhető meg. A törési munka segítségével meghatározható az átmeneti hőmérséklet (TTKV) mely a szívós rideg viselkedés határát mutatja (°C). Az átmeneti hőmérséklet felett az adott acél szívósan alatta ridegen viselkedik.




**1. ábra.** *Charpy ütőmunka diagram, átmeneti hőmérséklet (TTKV)*

Az átmeneti hőmérséklet felett az adott acél szívósan alatta ridegen viselkedik.

### *2.1.2. Feszültségállapot*

A gépészeti gyakorlatban szállóigévé vált „éles sarok kezdő törés” arra utal, hogy a többtengelyű húzófeszültség szintén a ridegtörésnek kedvez. Ezért a szerkezettervezés során külön figyelmet kell fordítani a szerkezet geometriájának, vagyis pl. tengelyek esetében a lekerekítéseknek, hegesztett szerkezeteknél pedig a varratkereszteződések elkerülésének.

### *2.1.3. Alakítási sebesség*

A káresetek tanulmányozása során az alakítási sebesség hatását is kimutatták. A szakító vizsgálat elvégzésénél alkalmazott húzó sebesség például nem választható szabadon, mivel ez befolyásolná a kapott eredményt. A hidegalakítási megmunkálások esetében is lényeges a megfelelő alakítási sebesség, hiszen túl nagy sebességű alakítás a munkadarab rideg viselkedését okozná, ezzel selejtes darabok készülnének.

## 3. Ridegtöréssel szembeni biztonság

A szerkezetek tervezése során, tehát elsődleges, hogy azokat a hatásokat figyelembe vegyük, melyek a ridegtörési hajlamot segítik.

### 3.1. Anyagválasztás

A hegesztett szerkezet tervezése során az alapanyagot a mechanikai igénybevételekre és az üzemi hőmérsékletre méretezve kell elvégezni. Acélminőségek tekintetében ez azt jelenti, hogy az alacsony hőmérsékeltű alkalmazásokhoz megfelelő ütőmunkával rendelkező alapanyagot kell előírni a mechanikai tulajdonságok megfelelősége mellett.

### 3.2. Szerkezet tervezése

A szerkezet tervezése során igen fontos, hogy a varratkereszteződéseket (**2. ábra**), a feszültséggyűjtő helyeket elkerüljük. A varratok kezdete és vége is jelenthet veszélyforrást, ha azok kritikus igénybevételnek vannak kitéve.

**2. ábra.** *Szolnoki híd varratkereszteződés*

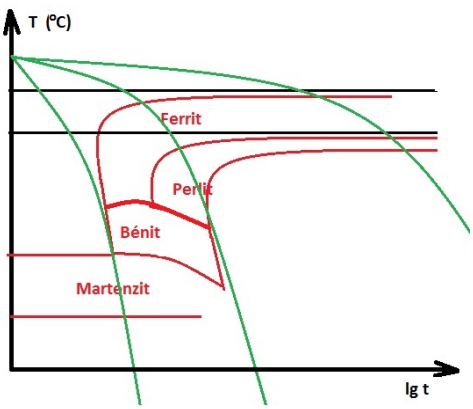
### 3.3. Mikroszerkezet

Az anyagok tulajdonságait a kémiai összetételük és a szövetszerkezetük határozza meg. A terhelések elviselésére megfelelően kiválasztott anyag azonban a szerkezetépítési technológia hatására megváltoztathatja mikroszerkezetét és bizonyos esetekben akár kémiai összetételét is.

Például a magas hőmérsékleten üzemelő acélok esetében különböző kémiai folyamatok hatására létrejövő dekarbonizáció vagy éppen cementálódás esetleg oxidáció, stb következhet be. Ezek a folyamatok az anyag kémiai összetételének megváltozását okozva változtatják meg a mechanikai tulajdonságokat is.

A mikroszerkezetet megváltoztathatja pl. a képlékeny hidegalakítás (alakítási martenzit), a hegesztés során bevitt hő hatása (szemcsedurvulás, kiválások, martenzites átalakulás, stb.) vagy a radioaktív sugárzás mely a kristályrácsban okozhat változást. Mikroszerkezet változását okozhatja a hegesztett szerkezet esetén a bevitt hő és az ezt követő gyors hűlés.

A folyamatos hűtési diagramon **(3. ábra**) a hűtési sebesség hatása látszik egy adott alapanyag esetében.




**3. ábra.** *Folyamatos hűtési diagram ötvözetlen hipoeutektoidos acélra*

Túl gyors hűlés a hőhatásövezetben martenzites átalakulást okozhat, mely rideg, képlékenységet nem mutat, így repedés és törés kiinduló pontja lehet. A gyors hűlést okozhatja a hegesztett szerkezet falvastagsága miatti jelentős hőelvonás vagy az ötvözők hatása miatti akár lassabb hűlés esetén bekövetkező beedződés.

## 4. A mikroszerkezet átalakulásának elkerülése

A mikroszerkezet átalakulásának elkerülésére több módszer ismert a hegesztett szerkezetek esetében. Az előmelegítéssel a varrat és a hőhatásövezet hűlési sebességét tudjuk mérsékelni. Valamint a szénegyenérték meghatározása is elengedhetetlen, ebből lehet következtetni, a rideg szövetelem megjelenésének valószínűségére.

Széleskörben ismert szénegyenérték összefüggés az alacsony ötvözöttségű acélokra [1]:

$$CE_{Breadstreet} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr+Mo+V}{10} \qquad (1)$$

Azonban jelenleg a különböző acélcsoportok esetében ajánlott összefüggések száma meghaladja a 40-et.

Hogy melyik összefüggés kerül alkalmazásra azt a tervező dönti el. Ezekből az összefüggésekből a hegesztési technológia egyik fontos paraméterét határozhatjuk meg, az előmelegítési hőmérsékletet. Sok esetben tapasztalati úton adnak meg előmelegítési hőmérsékletet, mely nem biztos, hogy optimális.

Emellett nem elegendő csupán a szénegyenérték meghatározása, hiszen az előmelegítési hőmérséklet meghatározása ennél sokkal komplexebb feladat.

### 4.1. Séférian módszer az előmelegítési hőmérséklet meghatározására

Jól alkalmazható a Séférian féle összefüggés és diagram az előmelegítési hőmérséklet meghatározására.

Séférian szénegyenérték [1]:

$$CE_{Séférian} = C + \frac{Mn+Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90} \qquad (2)$$

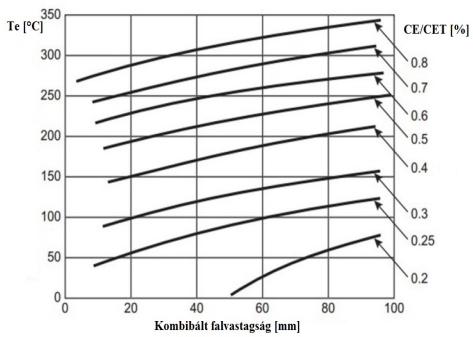
Falvastagsággal korrigált összefüggés:

$$CeC = Ce(1+0{,}005e) \qquad (3)$$

Előmelegítési hőmérséklet Séférian szerint:

$$Te = 350\sqrt{CeC - 0{,}25} \qquad (4)$$

Az előmelegítési hőmérséklet meghatározható grafikus úton is az alábbi Séférian diagram alapján is.




**4. ábra.** *Séférian diagram az előmelegítési hőmérséklet meghatározására [1]*

### 4.2. IIW módszer az előmelegítési hőmérséklet meghatározására

Az előmelegítési hőmérséklet meghatározásának egyik módszere kapcsolatot teremt a szénegyenérték (1) és az előmelegítési hőmérséklet között. Az egyik legelterjedtebb képletet az International Institute of Welding (IIW), azaz a Nemzetközi Hegesztési Intézet fogadta el 1968-ban [2].
Szénegyenérték, mely 0,05…0,25% széntartalom között használatos:

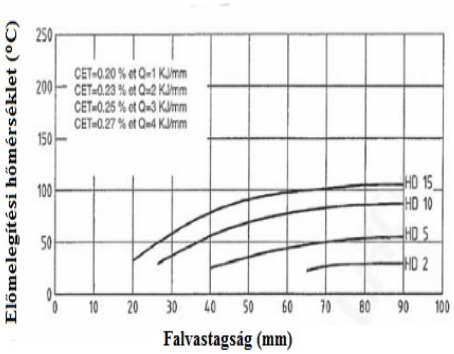
$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \qquad (5)$$

CE= 0,3…0,7% tartományban érvényes. Ha CE értéke meghaladja a 0,45%-ot előmelegítés alkalmazása szükséges a hidegrepedés elkerülésére.

A másik képlet az MSZ1011-2 szerinti, Uwer-Höhne-től származó összefüggés (CET) alkalmazható C=0,05…0,32% és magasabb ötvöző mennyiség mellett (Mn<1,9%, Cr<1,5%).

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \qquad (6)$$

CET=0,2…0,5% tartományban érvényes.




**5. ábra.** *CET előmelegítési hőmérséklet meghatározása [3]*

## 5. Következtetések

Összefoglalva tehát elmondhatjuk, hogy a szerkezetek ridegtöréssel szembeni ellenállását akkor tudjuk garantálni, ha a tervezés és méretezés során figyelembe vesszük a ridegtörést okozó hatásokat.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] M. Jean Claude TÊTOT: *Métallurgie du soudage 1ère année BTS,* Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche,2011

[2] Dr. Szunyogh László: *Hegesztés és rokon technológiák kézikönyv*, Gépipari Tudományos Egysület 2007.

[3] Palotás B., Gyura L.: *A hegesztési hőbevitel meghatározása ötvözetlen és gyengénötvözött acélok esetében a hidegrepedés elkerülésére*, Hegesztéstechnika, III. évf. 4. szám (1992/4.) p. 13-17.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 245–248.
http://hdl.handle.net/10598/29073
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.52

# AZ ALUHAB® ULTRAHANGOS FORGÁCSOLÁSI LEHETŐSÉGEI MARÁSNÁL

# POSSIBILITIES OF ULTRASONIC MACHINING AT ALUHAB® MILLING

Kun Krisztián[1], Líska János[2]

*Kecskeméti Főiskola, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai kar, Járműtechnológia Tanszék, Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10.*
*[1]Telefon: +36 76 516 387, kun.krisztian@gamf.kefo.hu*
*[2]Telefon: +36 76 516 380, liska.janos@gamf.kefo.hu*

## Abstract

Today, special materials are used at more and more places. These materials generally are characterized by excellent mechanical properties. The aluminium foam is one type of special material. This material can be characterized by ultra-light weight and very high strength. Moreover, this material has very good vibration absorbing capability due to the cellular structure. The aim of our research is to investigate the possibilities of machinability of aluminum foam with help of ultrasonic technology

***Keywords**: aluminium foam, composite, ultrasonic milling*

## Összefoglalás

Napjainkban az ipar egyre több területén használnak különleges anyagokat. Ezek az anyagok általában kiváló mechanikai tulajdonságaikkal rendelkeznek. Az alumíniumhab is ezek közé az anyagok közé tartozik. Ez az anyag rendkívül könnyű és emellett nagy teherbírással rendelkezik. Az anyag rezgéselnyelő képessége, a cellás szerkezetének köszönhetően meglehetősen jó. Kutatásunk célja feltárni az alumíniumhab forgácsolásának lehetőségeit az ultrahangos technológiával.

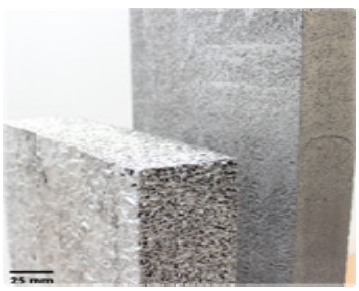
***Kulcsszavak:** alumíniumhab, kompozit, ultrahangos marás*

## 1. Bevezetés [2] [3] [4]

A fémhabokhoz hasonló sejtes szerkezetű anyagok egyre népszerűbbek a könnyű szerkezetek tervezése során. Az 1948-as kezdeti kutatások óta sokféle fémhabot alkottak. Számos fém és ötvözet habosítható, de az alumíniumhabra jelent meg a legnagyobb piaci igény.

Az Aluinvent Zrt. technológiájával meghatározott cellaméretű és mechanikai tulajdonságokkal rendelkező alumíniumhab gyártható (**1. ábra**).

A cellaméret változtatásával rengeteg különböző sűrűségű és mechanikai tulajdonságú hab hozható létre.



**1. ábra.** *ALUHAB® tömbök*

## 2. Megmunkálási lehetőségek kutatása [1]

Az ALUHAB® laminálható, ezért felhasználható akár szendvics szerkezetű kompozitok alapanyagaként. Az első, anyaghoz kapcsolódó forgácsolási vizsgálatokat szendvics szerkezetű kompoziton végeztük. (**2. ábra**)

### 2.1 A kutatást megelőző kísérletek

Két különböző ALUHAB®-ot szénszál erősítésű kompozittal (CFRP) laminéltunk (**2. ábra**). A vizsgált alumíniumhabok tulajdonságait az **1. táblázat** mutatja.

**1. táblázat.** *Megelőző kísérletek alapanyagai*

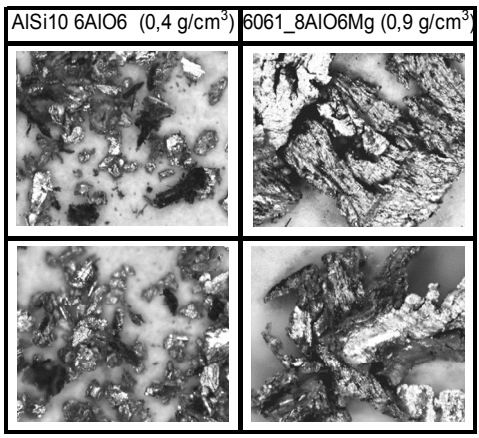
| | Anyag jelölése | Sűrűség [g/cm$^3$] |
|---|---|---|
| **1.** | AlSi10_6AlO6 | 0,4 |
| **2.** | 6061_8AlO6Mg | 0,9 |

**2. ábra.** *Megelőző kísérletekhez használt, 0,9 g/cm$^3$ sűrűségű, laminált próbatest*

A CFRP rétegek elkészítéséhez előre impregnált kompozit lemezt használtunk. A kísérletek során 3 különböző fúróciklus összehasonlítását végeztük, ehhez rezgésdiagnosztikát és forgácsolási erőket mértünk. Alapvetően ezen anyag forgácsolása nem bonyolult, de számos további tényező teszi mégis nehézkessé:

- Szálasodás a CFRP rétegen
- Intenzív szerszámkopás az ALUHAB ötvözői miatt
- Az ALUHAB celláinak elkenődése, negatív sorja (!)

Az alumíniumhab forgácsának eltávolítása a lineáris vezetékekről kiemelten fontos jelentős abrazív hatása miatt. A szerszámgépek védelme tehát szükségszerű. A kísérlet során tapasztalt forgácsalakok láthatók a **3. ábrá**n.




**3. ábra.** *Megelőző kísérleteknél jelentkező forgácsalakok 80x nagyításban*

### 2.2 Az ALUHAB® forgácsolása ultrahangos megmunkáló gépen

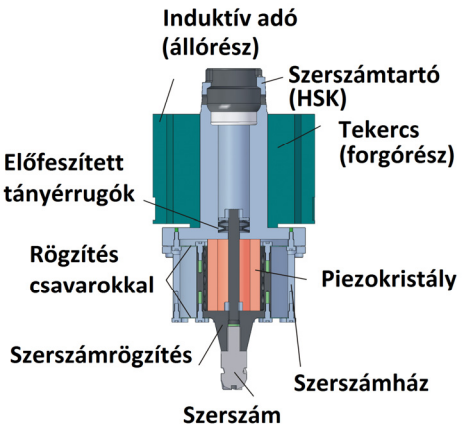
A kísérleti eredményekből arra következtettetünk, hogy pontos technológiai ajánlásokhoz további vizsgálatokra van szükség.

Lehetőségünk nyílt németországi partnerünknél, a DMG Mori Stipshauseni gyárában ultrahangos megmunkáló gépen kísérletet végeznünk. Korábbiaktól eltérően már nem fúrás, hanem marás műveleteket végeztünk.

#### *2.2.1 A DMG ultrahangos eljárása [5]*

Az ultrahangos, Ultrasonic technológián alapuló megmunkáló gép központi eleme a speciálisan erre a célra kifejlesztett orsó az úgynevezett HSK szabványnak megfelelő szerszámrendszerrel. Az ultrahangos tech-

nológia nagyfrekvenciáját induktív úton viszik át az orsóról az Ultrasonic HSK befogójára, amely (egy piezo kristályon keresztül) rezgési állapotba hozza a forgácsoló szerszámot. Az oszcillációval akár másodpercenként ötvenezerszer létrejön és megszakad a kontaktus a szerszám és a munkadarab között. A technológiát alkalmazva a forgácsok csak kis darabokban válnak le a munkadarab felületéről. A technológia elvi vázlatát mutatja a **4. ábra**.




**4. ábra.** *DMG – Sauer Ultrasonic technológia [6]*

### *2.2.2 ALUHAB® horonymarása DMG Ultrasonic megmunkálóközponton*

A kísérlet helye:

– Németország, Stipshausen
  DMG Mori – Sauer kutatóüzem.

A felhasznált ALUHAB®-ok tulajdonságai:

**2. táblázat.** *Az előgyártmányok típusai*

| | Anyag jelölése | Sűrűség g/cm3] |
|---|---|---|
| **1.** | AlSi10 6AlO6 | 0,4 |
| **2.** | 6061 8AlO6Mg | 0,9 |

Felhasznált mérőeszközök:

– Digitális mikroszkóp,
– Hőkamera: Flir T360.

Szerszámgép típusa:
DMG Mori Ultrasonic 85 monoBlock®.

Felhasznált szerszámok:

1. bevonatos keményfém (3 db.),
2. polírozott felületű, keményfém (3 db.).

Az alumíniumhab tulajdonságai inhomogén, cellás szerkezete miatt nagymértékben megváltoznak hűtő-kenő folyadék használata esetén, ezért kizárólag sűrített levegővel hűtöttük a szerszámot.

A kísérlet során mindkét anyagon, kéttípusú szerszámmal, 3-3 forgácsolósebesség értékkel, 50 mm hosszúságú hornyokat készítettünk állandó fogásmélységgel ($a_p$) és fogankénti előtolással ($f_z$). Minden hornyot külön-külön szerszámmal forgácsoltunk.

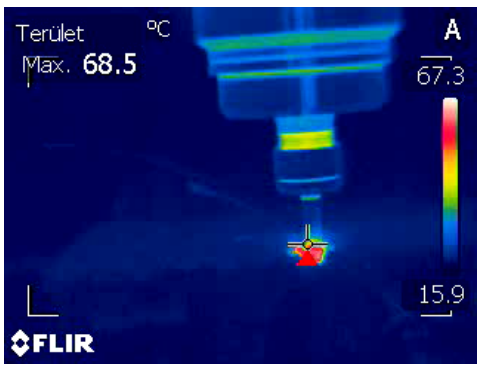
Alkalmazott forgácsolósebesség értékek:
$v_c$ = 200; 300; 500 m/min.

Az 1. típusú, három élű szerszámmal mindössze két horony marása után látható volt a feladatra való alkalmatlansága. A szerszám felületéhez adhéziós kötéssel tapadt a leváló forgács. A nagyobb sűrűségű alumíniumhabnál, a fogásmélység növekedésével a szerszámon képződő élrátét már akkorának bizonyult, hogy az megakadályozta a forgácseltávolítást, elzárta a maró hornyait (**5. ábra**). Ez a szerszám törésére vezetett.

**5. ábra.** *Adhéziós kötés a szerszám és a munkadarab között*

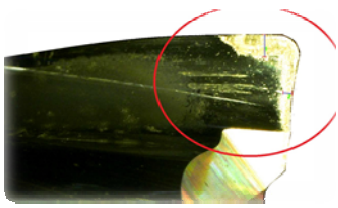
A második szerszámtípus már polírozott felületű volt, valamint csak két éllel rendelkezett. Ez előnyösebbnek bizonyult, a forgács akadálymentesen tudott távozni a forgácsolási zónából.

A szerszámot a horonyból való kilépéskor hőkamerával fotóztuk (**6. ábra**), figyelve a maximális hőmérsékletet.




**6. ábra.** *Az ultrahangos forgácsolásnál a horony kilépésénél nem tapasztalható kimagasló hőmérsékleti érték*

A szerszámokat ezt követően mikroszkóppal vizsgáltuk. A mikroszkópi képek alapján megállapítható, hogy élrátét továbbra is keletkezett. (**7. ábra**) Az egyes forgácsolósebesség értékeknél számottevő különbség nem jelentkezett.

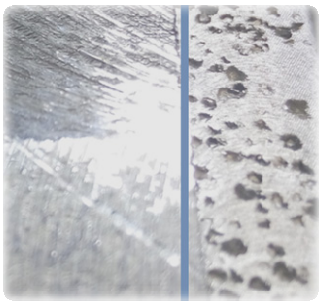


**7. ábra.** *Élrátét a 2. típusú szerszámon*

## 3. Következtetések

Az ultrahangos megmunkálás előnye leginkább a darabon mutatkozott:

Míg a konvencionális gépeken az anyag kenődött (negatív sorjaképződés), a felület elveszítette cellás szerkezetét, addig az ultrahangos megmunkálásnál a felület megőrizte az eredeti küllemét.



**7. ábra.** *A 6061 (8AlO6Mg), 0,9 g/cm3 sűrűségű ALUHAB® felülete konvencionális (balra) és ultrahangos (jobbra) marás után*

Az ultrahangos technológia használata mindenképpen előnyös, amennyiben a forgácsolt darab végfelhasználásánál a struktúra megőrzése lényeges. Az élrátét képződésének minimalizálásához további kutatások szükségesek az ultrahangos technológiával.

Jelen kutatás jó kiindulási alapja a későbbi K+F pályázatoknak.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Líska János, Krisztián Kun, Roland Sándor, Norbert Babcsán: *Drilling of CFRP-Aluhab®-CFRP sandwich structure* TEAM 2015, 7th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society, ISSN 978-86-7083-876-5, Belgrade 2015.

[2] Banhart, J., D. Weaire: *On the Road Again: Metal Foams Find Favor*, Physics Today, Jul 2002, pp.37-42.

[3] N. Babcsan, S. Beke, P. Makk: *Method for producing a metal foam by oscillations and thus obtained metal foam product*, Patent WO2010_064059 A2.

[4] Leitlmeier, D., H.P. Degischer, H.J. Flankl. 2002. *Development of a foaming process for particulate reinforced aluminum melts*, Advanced Engineering Materials, 10.

[5] GyártásTrend http://www.gyartastrend.hu/gepgyartas/cikk/fogpotlasok_automatikusan (2016.02.26.)

[6] Uni-Hannover Teil projekt (figure) http://www.sfb653.uni-hannover.de/en-us/Pages/Teilprojekt-T4.aspx (2016.02.26)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 249–252. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.53
http://hdl.handle.net/10598/29074

# ANYAGTUDOMÁNY LABORGYAKORLAT MÓDSZERTANI FEJLESZTÉSE

# METHODOLOGY DEVELOPMENT OF MATERIALS SCIENCE PRACTICE

Kuti János

*Óbudai Egyetem, Cím: 1034, Magyarország, Budapest Bécsi út 96/b, Telefon / Fax: +36 1 666 5715, kuti.janos@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

The innovation of the education methodology is important on base on the student feedback, because the student number is rising in the Hungarian higher education. I show my research results on base of 7 years works in material science subject what I built in the Óbuda University Faculty of Bánki Donát Mechanical and Safety Engineering. It can declare on base of the experiences that this innovation of the education gives results.

***Keywords**: methodology, open laboratory, materials science.*

## Összefoglalás

A mai magyar felsőoktatásban a tömegesedés miatt egyre fontosabb, hogy újabb módszerekkel a hallgatói visszajelzései alapján alakítsuk át az oktatást. A cikkemben egy 7 éves folyamat eredményeit mutatom be, mellyel az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karán egy oktatási rendszert építettünk fel az anyagtudomány tárgy oktatására. A tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy az oktatás fejlesztése eredményeket hozott.

***Kulcsszavak:** módszertan, nyitott labor, anyagtudomány.*

## 1. Kiinduló helyzet

Egy olyan oktatási rendszerben oktatunk, ahol a gyakorlatokon meghatározott témaköröket a gyakorlati oktató egy rövid előadásban bemutatta, majd az elmélet után a gyakorlatban is megvalósítottuk a méréseket. Ezt a rendszert összehasonlítottuk egy középiskolai oktatási rendszerrel. A fő különbségek:

Felsőoktatás:

- óraszám kettő elmélet + kettő gyakorlat hetente;
- számonkérés időszakos (kb hat hetente zárthelyi dolgozatban);

Középoktatás:

- hat – nyolc óra hetente szakirányos tantárgyból;
- számonkérés hetente (felelet lehetősége, vagy röpdolgozat lehetősége);

Ha tantárgytól eltekintve nézzük meg a középoktatást és a felsőoktatást oktatás módszertanilag, akkor is feltűnik néhány dolog.

A középiskolában a diáknak folyamatosan kell tanulnia, fontos, hogy kell, mert bármelyik órán számon kérhetik. A Középoktatásban a diáknak hat olyan tantárgya van, ami tényleges tanulmányokkal jár (osztályfőnöki óra, testnevelés, ének nem számítva), míg a felsőoktatás mintatanterveit megnézve hét -kilenc tantárgyat kell tanul-

niuk. Tehát összegezve a felsőoktatásban több tárgyat, kevesebb óraszámban kell elsajátítani, azaz több az elvárt önálló munka a frissen belépő hallgatótól. Ezt nehezíti az, hogy míg a közoktatásban a heti tanulásra kényszerítettük a diákokat (számonkérés lehetőségének fenyegetése) addig a felsőoktatásban csak hat hetente kértünk számon, sok esetben nagyobb anyagmennyiségből, mint az érettségi vizsga volt.

## 2. Oktatási rendszerünk

A fentebb leírtak alapján tehát szerettünk volna egy olyan oktatási közeget létrehozni, ahol folyamatos számonkérés van, ahol az önálló munka nem az otthon eltöltött időben történik, hanem a gyakorlaton. Nyilván nem egy teljesen új rendszert szerettünk volna létrehozni, hanem egy működőt a saját képünkre formálni. Erre optimálisnak a nyitott labor rendszere tűnt.

### 2.1 Ideális rendszer

Egy olyan képzésen, ahol zömében gyártástervező illetve géptervező konstruktor gépészmérnököket képzünk, ott arra törekednénk, hogy minél magasabb óraszám legyen a gyakorlati képzés, minél több gyakorlati kompetenciát sajátítsanak el a hallgatók. Így az ideális az lenne, ha minden hallgató saját maga megtervezné a szabványok szerint a próbatesteket, majd ezt a gépműhely gyakorlatuk során le is gyártanák. Ezek után a saját próbatesten végeznék el méréseket és a kiértékeléseket.

A munka mennyiségből látszik, hogy ez ténylegesen egy idea a nagy létszámú képzéseknél sajnos nem kivitelezhető.

### 2.2 Nyitott labor

A nyitott labor az oktatásban egy olyan oktatási hely, ahol a több egyforma mérő hely van. A hallgatóknak a mérésekre elkészített segédletekből, illetve egyéb anyagokból önállóan kell felkészülni. Az óra elején egy rövid teszt után felügyelet mellett önállóan végre hajtani a feladatokat egy mérési utasításból. Ezzel a rendszerrel az volt a fő gondunk, hogy túl nagy beruházásokat igényelt volna hiszen egy háromszázhúsz fős évfolyamnál tizennégy hetes szemeszterrel számolva huszonhárom mérési helyet kellet volna biztosítani egy mérésből egy napra. Ehhez legalább öt mérő állomás kellene. Az Óbudai Egyetemen ez több gépből két - három új beszerzését jelentette volna. A másik nagy beruházási tétel, hogy mindenkinek legyen próbatestje, sajnos háromszázhúsz főnél ez is nagy kiadás.

### 2.3. A megvalósított rendszer

Mivel a nyitott labor megvalósítása a beruházások miatt nem lehetséges, ezért egy általunk félig nyitott labor rendszer alakítottunk ki.

Minden órán beugró zárthelyi írása kötelező vagy a kollegák szóbeli számonkérést végeznek, ehhez minden laborméréshez készítettünk egy hét - huszonegy oldalas jegyzetet húsz - huszonöt ellenőrző kérdéssel. Gyakorlatok tíz - tizenöt fős csoportokban történek kilencven perces foglalkozásokon. Így a beugró számonkérése maximum tizenöt percet vesz igénybe. Ezek után a méréseket az oktató vezetésével elvégzik a hallgatók, elméleti kiegészítésekkel. Az ez előtti rendszerben ugye kis előadást tartott az oktató, így kevesebb idő jutott a gyakorlat bemutatására és átbeszélésére. Jelen esetben a bemutatáson és a gépműködésen az anyagviselkedések átbeszélésére kerül a hangsúly. Több próbadarabon tudjuk elvégezni a mérést, így nagyobb esélyel tudnak megfelelő következtetéseket levonni a hallgatók saját tapasztalatok alapján, jobban megértik az anyag részt.

A két táblázatból jól láthatóak a létszám adatok. Az **1. táblázat**ban láthatjuk az érdemjegyek közti eloszlást. Ebből egyrészt megállapítható, hogy a rendszerben egyik következménye a letiltás. Ez abból adódik, hogy szabályozások értelmében 30% a megengedett mulasztás, viszont ezt szabályoztuk, hiányzás:

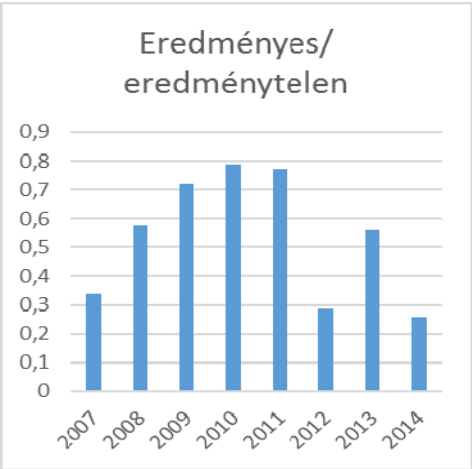
– ha nem jelenik meg órán;
– ha nem teljesíti a beugrót;
– ha nem teljesíti a jegyzőkönyvet;

**1. táblázat** *Anyagtudomány I. létszámadatai*

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **307** | **126** | **140** | **115** | 121 | 169 | 118 | 204 |
| 2 | **67** | **75** | **55** | **95** | 106 | 39 | 54 | 41 |
| 3 | **36** | **75** | **63** | **59** | 45 | 42 | 60 | 25 |
| 4 | **1** | **10** | **20** | **8** | 1 | 5 | 7 | 9 |
| 5 | **0** | **0** | **1** | **0** | 0 | 0 | 0 | 1 |
| letiltva | - | **151** | **53** | **91** | 76 | 130 | 97 | 90 |
| Összesen | 411 | 437 | 332 | 368 | 349 | 385 | 336 | 370 |

**2. táblázat** *Eredményeség Anyagtudományból*

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Eredménytelen | 307 | 277 | 193 | 206 | 197 | 299 | 215 | 294 |
| Eredményes | 104 | 160 | 139 | 162 | 152 | 86 | 121 | 76 |
| Eredményes/ eredménytelen | 0,34 | 0,58 | 0,72 | 0,79 | 0,77 | 0,29 | 0,56 | 0,26 |




**1. ábra** *Eredményességi mutató*

A beugró miatt a hiányzások száma megnövekedett, most már szellemileg is jelen kell lenni, nem elég testileg.

A **2. táblázat** alapján látható, hogy 2012-ig az eredményes/ eredménytelen arány növekszik, azaz %-osan több hallgató teljesítette a tárgyat (**1. ábra**).

A romlás több okból tevődik össze.

Az egyik ok a hallgató. A hallgató legfőbb tulajdonsága, hogy a kisebb ellenállás felé áramlik. Így az elején kiadott jegyzeteket az első két évfolyam még átolvasta, kijegyzetelte, a harmadik évfolyamtól kezdve pedig már csak az előző két évfolyam jegyzeteit olvasták, így sokkal roszszabb lett az elsajátítás szintje. Tehát a hallgató már nem az anyagot szerette volna megtanulni, hanem csak a beugrót túlélni, ehhez kell kisebb energia.

Másik ok az oktató. Az oktatói attitűd változása kimutatható az eredményeség mentén. Amíg a Kollegák következetesen szigorúan követelték meg a beugrókat, addig sokkal nagyobb volt a tanulási kényszer a hallgató felett. Ezen fegyelem fellazulása 2012 –re ért el csúcsot, amikor több új gyakorlatvezető kollegát rosszul vezettünk be az oktatásba. Továbbá néhány kollegánál a terhelés megnövekedésével nem volt annyi energia, hogy a beugrók és jegyzőkönyvek javítása folyamatos és naprakész legyen. Így pedig nem volt korrekt a visszajelzés a hallgatóknak a heti teljesítményről, kisebb lett a tanulási motiváció.

## 3. Következtetések

A rendszer felépítésénél elég sok kényszer volt számunkra, ezek leginkább anyagi jellegűek voltak, illetve az épületünk korlátai. Nincsenek szabad helyeink az épületünkben egy-egy nyitott laboratórium létrehozásához, bevezetéséhez. Ebből kifolyólag az egyik következtetés, hogy erre a célra több pénz kell az oktatásban!

A hallgatókon kicsit nehezebb változtatni, az oktatók hozzáállásán azonban viszonylag könnyebb. Tehát a félév eleji értekezleten meg kell határozni a beugrókat, a javításokat, tisztázni kell mindenki számára a szabályokat.

További következtetés, hogy a számonkérésekből ki kell zárni az oktató személyes jelenlétét. Ez ma már több formában megoldható. Mi a tesztes számonkérés felé fejlesztünk. Több rendszer van, ami alkalmas arra, hogy meghatározott kérdés számot a kérdéseket rotálva, a kérdésre választható megoldásoka sorrendjét is forgatva kérdezzen, a kérdésekre meghatározott időtartam alatt válaszolni kell a hallgatónak. Így kizárható az oktató attitűd és azonnal emailben megkaphatja a választ a hallgató. A fejlesztésünk afelé halad, hogy gyakorlatonként legyen 50-60 tesztkérdés, melynek a fele mindig elérhető gyakorlási céllal, míg a kérdések másik felét csak a számonkéréskor használjuk a fentebb leírt rotációkkal.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] *A szaktanár oktató-nevelő munkájának fejlesztése előkészítő és tervező-szervező tevékenységgel* (Mérnöktanári szakdolgozat), BME Tanárképző és Pszichológiai Intézet, 1989, 86 oldal

[2] Bagyinszki Gyula: *Szakmódszertan III*. (Anyag- és gyártásismeret) – oktatási segédlet, 44 oldal

[3] Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő: *Anyagtudományi gyakorlat-modulok a gépész- és mechatronikai mérnök képzésben*, XVI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2011. március 24-25.; Műszaki Tudományos Füzetek - Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa (ISSN 2067 - 6 808) 5-16. o.

[4] Bitay Enikő, Bagyinszki Gyula: *A műszaki anyagtudomány gyakorlatorientált oktatási struktúrája,* XVI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2011. március 24-25.; Műszaki Tudományos Füzetek - Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa (ISSN 2067 - 6 808) 47-58. o.

[5] Bitay Enikő, Bagyinszki Gyula: *Anyagszerkezettani vizsgálatok a műszaki anyagtudomány oktatásában*, XVII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2012. március 22-23.; Műszaki Tudományos Füzetek - Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa (ISSN 2067 - 6 808) 51-54. o.

[6] Bitay Enikő, Bagyinszki Gyula: *Hegesztőrobotokra vonatkozó ismeretek oktatásának módszertani szempontjai*, XIX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2014. március 20-21.; Műszaki Tudományos Közlemények 3. - Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa (ISSN 2067 - 6 808) 73-76. o.

*XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 253–256.* *DOI: 10.33895/mtk-2016.05.54*
*http://hdl.handle.net/10598/29076*

# LEHET-E A FÉMHAB KÖSZÖRŰANYAG?

# IS IT POSSIBLE TO USE METAL FOAM AS GRINDING MATERIAL?

Ladányi-Pára Gergely[1], Keresztes Zoltán[2], Katona Bálint[3]

[1]Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag- és Gyártástudományi Intézet, *Anyag- és Gyártástudományi Intézet, 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8. Tel: 00361-666-5300, gyergyely@gmail.com*

[2]*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Magyarország, Budapest, Bertalan Lajos utca 7. MT épület, Tel.:00361-463-1114, krzoli10@gmail.com*

[3]*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Magyarország, Budapest, Bertalan Lajos utca 7. MT épület, Tel.:00361-463-1114, katona@eik.bme.hu*

## Abstract

The metal foams are so-called cellular, associated materials. Scientists had been researching the cell-materials since the ’40s, and they are developing ever since. Nowadays the matrix is mostly aluminium, and the melting point of the strenghtening material must be over the melting point of the aluminium. In our dissertation we made our examinations with nickel-coated, embedded glassorb-shells in aluminium matrix. The goal of our examinations was looking for novel land usages to use our workpiece as grinding material. With the help of a hungarian company, called Granit we grinded with our material on grinding machine. By the evaluation we used local benchmarks. We ground a workpiece used-to metal processing with our syntactic metalfoam in favor of the comparability.

**Keywords**: metal foam, grinding, SEM, glass sphere.

## Összefoglalás

A fémhabok úgynevezett celluláris anyagok, amelyeknél egy alap mátrixban cellás szerkezetet alakítunk ki. A cellás anyagokkal a negyvenes évektől kezdtek foglalkozni és azóta folyamatosan fejlődnek. A jelenleg használt szintaktikus fémhabok legnagyobb részénél alumínium a mátrix, míg az erősítő anyag az alumínium olvadáspontjánál magasabb olvadáspontú anyag. Dolgozatunkban alumínium mátrixba ágyazott, nikkellel bevont üveggömbhéjakkal végeztük a vizsgálatainkat. A vizsgálataink célja az volt, hogy újszerű felhasználási területek után kutatva köszörűanyagként alkalmazzuk a munkadarabot. Segítséget kaptunk a magyar Granit Csiszolószerszám Kft-től, ahol biztosítottak számunkra megmunkálandó anyagot, illetve köszörűgépet. Az eredmények kiértékelésében a helyi etalonokat használtuk. Az összehasonlíthatóság érdekében egy fémek megmunkálására használt munkadarabot is köszörültünk a szintaktikus fémhabbal.

**Kulcsszavak:** fémhab, köszörülés, SEM, üveggömbhéj.

## 1. Bevezetés

Szinte az emberi elmével, és értelemmel egyidős a vágy arra, hogy az elkészült tárgyainkat még használhatóbbá esetleg kelendőbbé tegyük valamilyen módszer által. Az őskorban készült fegyverek nyelét, sokszor magát a fegyvert is sok-sok nagyoló megmunkálás (méretre hasogatás, szakítás) után még egy picit "finomhangolta" ősünk, így készítette el a használati tárgyait. Majd az ember fejlődésével, a fém tárgyak előtérbe kerülésével még komolyabb teljesítményigényű köszörülésekre volt szükség, amelyekhez már gépeket is használni kellett, azonban az alapelv, az őskorból magunkkal hozott használhatóság, és a szépérzék iránti vágy mindmáig megmaradt.

A köszörülés modern megfogalmazás szerint szabálytalan élgeometriájú szerszámmal végzett forgácsolás, amellyel nagy pontosságú, sima, sőt tükrös felületeket lehet előállítani, főleg befejező megmunkálás, de néhány nagyteljesítményű köszörűgép alkalmas előkészítő vagy nagyoló műveletekhez is.

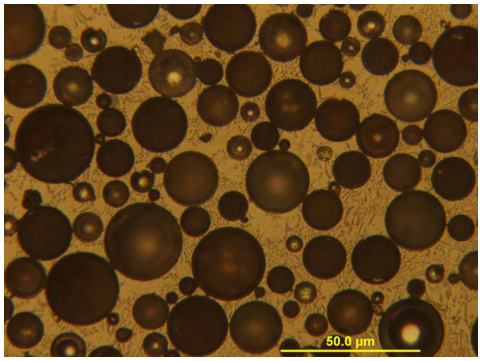
## 2. Köszörűkorong vizsgálata

### 2.1. Használt anyagok és eszközök bemutatása

A vizsgálatokat a Gránit Csiszolószerszám Kft palástköszörűgépén végeztük el. A céges konzultáció után két köszörűkorongot gyártattunk le ugyanabban a méretben, és célként tűztük ki az összehasonlítást az ott használt hasonló geometriájú köszörűkorong, és a saját szerszámunk között

Vizsgálatainkhoz az „Üveggömbhéj erősítésű alumínium mátrixú szintaktikus fémhab kvázi-statikus nyomóvizsgálata" című cikkünkben részletesen bemutatott AlSi12 mátrixú üveggömbhéjjal erősített szintaktikus fémhabot használtuk..

Ahogy azt az 1. ábrán láthatjuk, az anyagunk belsejében az üveggömbök homogénen helyezkednek el, ezért a korong önélező képessége fennáll, ami a köszörűanyagok elengedhetetlen tulajdonsága.




**1. ábra.** *Mikroszkópos felvétel 500x-os nagyításban*

A megmunkálandó munkadarabunkat, a szintereletlen $Al_2O_3$ rudat az alábbi ábrán láthatjuk. A két próbatestet a cégtől kaptuk, mind a kettő Ø45x50 mm volt.

**2. ábra.** *$Al_2O_3$ munkadarab*

### 2.2. Roncsolatlan felületű korong vizsgálata

A köszörülés során először arra figyeltünk, hogy milyen felületi minőséget képes a szerszámunk létrehozni átmérő csökkenés nélkül, majd az elkészült felületet összehasonlítottuk az iparban gyakori gyémánt köszörűkoronggal készített felülettel.

Mind a gyémánt, mind a fémhab szerszám inkább törte a próbatestet, mintsem sima felületet hozott volna létre.

**3. ábra.** *„Koszolódás" és a köszörült felület fémhab szerszámmal végzett köszörülés után*

Azt a célunkat tökéletesen elértük, hogy a korong átmérője ne változzon, emellett jobb felületi minőséget hoztunk létre a munkadarabon, mint az addig használt szerszám.

**4. ábra.** *Köszörült felület gyémánt koronggal*

A problémát a vizsgálat után a próbatest palástfelületén megjelenő szürke sáv jelentette. Ebből arra következtettünk, hogy a mátrixban lévő üveggömbök nem törtek el, ezért a vizsgálatunkat egy jóval keményebb anyagon folytattuk, amely már egy, a cégnél készülő köszörűkorong volt. Ezt terveztük, hiszen a szerszámainkat forgácsolás során alakítottuk ki, és a kapott felület is inkább egy forgácsolt fém felületére emlékeztetett.

### 2.3. Roncsolatlan felületű korong vizsgálata keményebb anyagon

A következő munkadarab egy Ø200x100x76,2 mm-es köszörűkorong volt. Ez egy, a cégnél használt köszörülési eljárásokkal kialakított korong, aminek a segítségével biztosak voltunk benne, hogy a forgácsolt felületi simaságunk roncsolódik.

**5. ábra.** *Megmunkálás a köszörűanyagon*

A gépet minden kísérleti beállításnál azonos fordulatszámon és előtoláson használtuk, így kaptunk megfelelő alapot az összehasonlításra. Az hamar kiderült, hogy az általunk várt eredmény helytálló, a munkadarab köszörülte a szerszámot. A mérést leállítottuk, és komoly átmérőcsökkenést tapasztaltunk. Ez a tény egyértelműen rávilágított arra, hogy a szerszámunk csak puhább anyagok megmunkálására lesz alkalmas. Abban azonban biztosak lehettünk, hogy a palásfelületen lévő üveggömbök a durva behatás miatt eltörtek.

### 2.4. Roncsolódott felületű korong vizsgálata

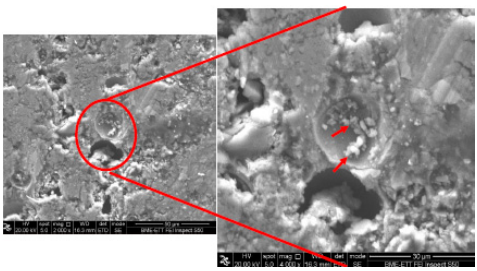
A roncsolódott korongot befogva hagytuk a tengelyen, lemértük az átmérőjét, és komoly kopást tapasztaltunk. A korong önélező képessége miatt ez nem jelentett problémát, illetve a kialakult felület jobb felületi minőséget is eredményez majd a próbatestünkön.

A felületen a szürke sávok itt is megfigyelhetőek voltak, illetve a felületi minőségben sem lehetett szignifikáns javulást észrevenni.

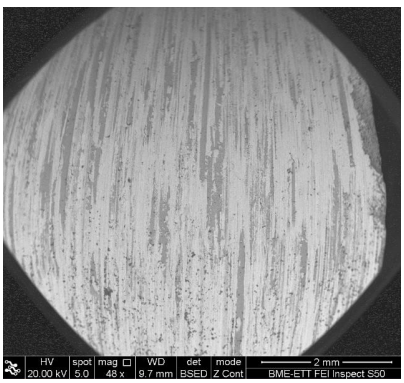
Az átmérő nem csökkent tovább, de az kiderült, hogy a láthatóan megfelelőbb megmunkáló felület ellenére a kapott eredmény nem javult számottevően.

### 2.5. Elektronmikroszkópos kísérletek

Feltételezésünk szerint a kimunkált felületi réteg elemeinek egy része a gömbhéj belsejében tárolódik, egy része pedig lepereg a munkadarabok közül. Így minél nagyobb a tárolásra alkalmas belső térfogat, annál kevésbé kopik a szerszám.



**6. ábra.** *A gömbhéj palástfelületében eltárolódott anyag*




**7. ábra.** *A palástfelület panorámaképe*

Másod sorban nagyobb átmérőjű gömbhéjaknak nagyobb, durvább felületű töretfelülete alakul ki. Ezekre végeztünk kísérleteket, melyek kiértékelésére csupán makroszkópikus eredmények álltak rendelkezésünkre. Pontosabb kiértékeléshez elektronmikroszkópos vizsgálatokat végeztünk. Vizsgáltuk a gömbhéjak felületét, a töret belső térfogatának tartalmát, illetve a teljes korong összetételét.

## 3. Következtetések

A köszörűfelület a gömbök eltörése nélkül is ugyanazt a felületi érdességet állította elő, mint a gömbök eltörésével együtt, így arra a következtetésre jutottunk, hogy ebben az anyagban a köszörülési tulajdonság nem függ ettől.

A mérések során folyamatosan érezhető volt, hogy a szerszámunk extrém módon melegszik. Az pedig már a nyomóvizsgálatoknál kiderült, hogy ez nem tesz jót az anyagnak, ezért megfelelő hűtőközeg alkalmazása elengedhetetlen.

A vizsgálatok után azt a következtetést vontuk le, hogy ugyan az általunk várt felületi minőséget még nem képes előállítani az anyagunk, de egyértelműen köszörül, és ezt az addig használt eljárásoknál hatékonyabban teszi.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1Orbulov Imre Norbert: *Szintaktikus fémhabok*, Phd értekezés, Budapest, 2009

[2] Igaz J.- Pintér J.: *Forgácsoló megmunkálás, Köszörülés*, (2015. szeptember)

[3] Gránit Csiszolószerszám Kft*: Köszörűkorongok tulajdonságai* www.granitnet.hu/archive/t_jel.html (2015. szeptember)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 257–260.
http://hdl.handle.net/10598/29077
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.55

# PROFINET IPARI PROTOKOLL ALKALMAZÁSA ELEKTROPNEUMATIKUSAN TÁVMŰKÖDTETETT FÚVÓS HANGSZEREN

# APPLYING PROFINET INDUSTRIAL PROTOCOL FOR A RECORDER CONTROL BY ELECTROPNEUMATICS SYSTEM

Liptai Tibor István1, Tóth János2

[1]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4., tibor.liptai@gmail.com*

[2]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4., tothjanos@eng.unideb.hu*

## Abstract

Nowadays, the industrial communication networks are the one of the most important research area in advance control systems. It is necessary to think about controlling tasks at system level instead of local solutions. There are different types of protocols developed for communication between industrial controlling devices. In our study we are introducing an application of PROFINET communication protocol for a recorder which is vocalized by an electropneumatic system. The main goal of the developed model is to create the communication between controlling devices which are far away from each other.

***Keywords**: PROFINET, controlling, webserver, electropneumatic system, recorder.*

## Összefoglalás

Napjainkban az ipari kommunikációs protokollok nagy fejlődési potenciállal rendelkező terület a fejlett vezérlési és irányítási rendszerek kapcsán. Szükséges az irányítási feladatokra nem csak lokális szinten koncentrálni. Az ipari eszközök egymás közötti kommunikációjára többféle, egymástól eltérő protokoll lett kifejlesztve. Tanulmányunkban a PROFINET kommunikációs protokoll alkalmazását mutatjuk be egy elektropneumatikus rendszer segítségével működtetett fúvós hangszeren. A létrehozott modell fő célja, hogy több, térben különböző helyen elhelyezkedő ipari eszköz kommunikációját megvalósítsuk.

***Kulcsszavak:** PROFINET, irányítás, webszerver, elektropneumatikus rendszer, furulya.*

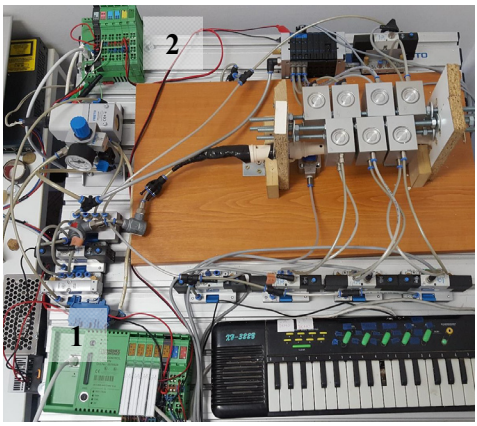
## 1. Bevezető

Tanulmányunkban egy fúvós hangszer megszólaltatását kívánjuk megvalósítani ipari eszközök segítségével, ahol a beavatkozást elektropneumatikus eszközök hajtják végre, míg az irányítási, vezérlési és távfelügyeleti feladatokat Phoenix Contact PLC-k látják el. A PLC-k egymás közötti kommunikációja egy modern ipari protokoll, a PROFINET-en keresztül valósul meg.

## 2. A furulya irányítása

A furulyát irányító és megszólaltató elektropneumatikus rendszer vezérlését Phoenix Contact eszközökkel valósítottuk meg. Annak érdekében, hogy több, külön-

böző eszköz közötti kommunikációt megvalósítsuk és bemutassuk, nemcsak az elektropneumatikus rész lett két részre választva, hanem a teljes, furulyát működtető vezérlő rendszer is.



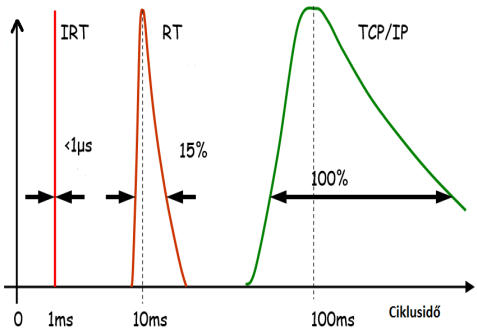

**1. ábra.** *Az elektropneumatikus furulya szerkezeti felépítése*

A rendszer fő vezérlő egysége az ILC 350 PN típusú, Phoenix Contact által gyártott PLC (1). A furulya vezérléséhez, irányításához és távfelügyeletéhez szükséges programkód ezen az eszközön fut, illetve hajtódik végre, és ez innen irányítja a többi, hálózathoz csatolt eszközt is. Az eszköz közvetlenül vezérli a furulya lyukainak lefogását végző pneumatikus munkahengereket.

Az IL PN BK PROFINET eszköz (2) térben az ILC 350 PN vezérlőtől távol helyezkedik el. A vezérlő feladata a furulyatestbe jutó levegő előkészítése. Az eszköz szabályozza a levegő nyomását, és az analóg nyomásszabályozó szelep segítségével befolyásolja a levegőmennyiséget a furulyáig vezető úton.

Az irányítást végző eszközök között a PROFINET nyílt ipari, Ethernet hálózaton alapuló kommunikációs szabvány teremt kapcsolatot. Működési sebessége elérheti a 100 Mbit/s-t, amelyet csavart érpár vagy optikai kábel segítségével valósít meg. A kommunikáció képes együttműködni már meglévő terepi buszrendszerekkel is, például a Phoenic Contact által is alkalmazott INTERBUS terepi kommunikációval. A PROFINET kommunikáció két nagy csoportra bontható, valós idejű kommunikációra, illetve olyan alkalmazásokra, ahol nem szükséges a valós idejű támogatás.

A valós idejű alkalmazásokat olyan helyeken használják, ahol fontos a megbízható, minél rövidebb válaszidő betartása. Az igények itt is különbözőek lehetnek. A gyártásban résztvevő eszközök körülbelül 10 ms válaszidőt, ezzel szemben a robotmozgások vezérlése (Motion control) már 1 ms válaszidőt igényelnek. A PROFINET ipari kommunikációs szabvány képes kiszolgálni ezeket az elvárásokat a Real-Time csatornán [3] [4].

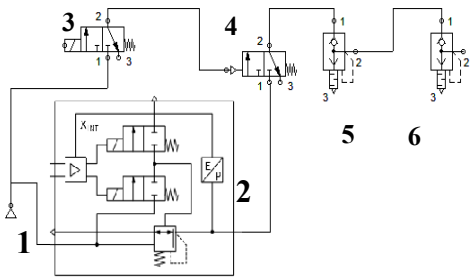



**2. ábra.** *Ciklus- és válaszidők a PROFINET különböző típusainál*

## 3. Az elektropneumatikus kapcsolás

A furulya működtetését végrehajtó rendszer elektropneumatikus elemekből lett megvalósítva. Ahhoz, hogy az ipari kommunikáció előnyeit minél jobban be tudjuk mutatni, a furulya működéséért felelős részegységeket elkülönítettük, és térben egymástól távol helyeztük el. A működés két nagy csoportra lett osztva:

– Fújási levegő előkészítése;
– Furulyán található hangok lefogása.




**3. ábra.** *Fújási levegőt előállító pneumatikus elektropneumatikus kapcsolás*

A fújási levegő előállító elektropneumatikus részegység felépítése:

- Pneumatikus tápegység (**3. ábra, 1.**);
- Arányos, elektropneumatikus Festo VPPE-3-1/8-6-10 típusú nyomásszabályozó szelep, (**3. ábra, 2.**);
- Festo elektromos vezérlésű, 3/2-es, monostabil, rugó-visszatérítéses, pneumatikus útváltó szelep (**3. ábra, 3.**);
- Festo pneumatikus vezérlésű, 3/2-es, monostabil, rugó-visszatérítéses, pneumatikus útváltó szelep (**3. ábra, 4.**);
- Festo gyorsleürítő szelep (**3. ábra, 5-6.**).

A pneumatikus tápegységből a levegő közvetlenül az elektropneumatikus, arányos nyomásszabályozó szelepbe érkezik. Ezen szelep feladata, hogy a beérkező levegő nyomását megváltoztassa annak a függvényében, hogy éppen melyik hangot kívánjuk működtetni a furulyán. A szelep elektromos vezérlésű, analóg jellel lehet befolyásolni a kimeneti nyomásértéket.

A nyomásszabályzó kimenetén kilépő szabályozott nyomással rendelkező levegőmennyiség ezután elindul a furulya felé. Kezdetek során innen közvetlenül a furulyába jutott a levegőmennyiség, de több probléma adódott a megvalósítással.

- Az analóg nyomásszabályozó szelep be,- és kikapcsolási karakterisztikája miatt a hangok nem egyből szólaltak meg a furulyán, hanem több fals hangon keresztül „kapcsolt be” a kívánt hang;
- A nyomásszabályozó szelep és a furulya közötti csőszakaszban, a hang vezérlőjel megszűnése után is maradt levegőmennyiség, amely nem kívánt, elnyújtott hangot eredményezett.

A nem kívánt hangok megszüntetésére a kapcsolást több útváltó szeleppel is kiegészítettük. Ezen szelepek alkalmazásával ki lett küszöbölve az arányos nyomásszabályozó szelep be-, és kikapcsolási karakterisztikája, a kívánt hang egyből megszólal a furulyán.

A nyomásszabályozó szelep és a furulya közötti csővezetékben és szelepekben a hangvezérlő jel megszűnése utáni visszamaradó levegőmennyiség, és ennek hatására létrejövő elnyúló hang megoldásaként a furulyatest elé gyorsleürítő szelepet helyeztünk. A várt eredményt két gyorsleürítő szelep együttes alkalmazása hozta meg (5,6.).

A furulyán lévő lyukak lefogásáért felelős elektropneumatikus részegység 3/2-es monostabil útváltó szelepekből és kettős működésű munkahengerekből áll. Mindegyik lyuk lefogását egy-egy munkahenger végzi. [2]

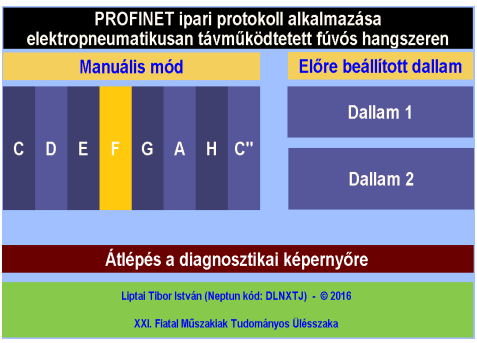
## 4. A webszerver bemutatása

Az elektropneumatikus furulya webszerver segítségével irányítható, illetve látható el a hozzá kapcsolódó távfelügyelet. A működtetésre alapvetően két mód áll rendelkezésre, manuális mód, illetve előre beállított dallam lejátszása.

A webszerveren keresztül, egyetlen Ethernet kábel segítségével elérhető a furulyához tartozó összes általunk programozott funkció. A webszerver működéséhez nincs szükség külön alkalmazásra, egyszerűen egy átlagos böngészőből futtatható, amely-

nyiben a böngésző ki van egészítve JAVA bővítménnyel.

A manuális módban lehetőség van a fizikai billentyűzettel dallamot lejátszani, vagy pedig a webszerveren elérhető manuális mód részen a megfelelő hangot szimbolizáló billentyűre kattintva megszólaltatni a hangokat. Amennyiben valamelyik hang megszólaltatásra kerül, az a webszerver hangskáláján azonnal láthatóvá válik. Az éppen aktív hang jelölése színben tér el a többi hangtól, a **4. ábrán** látható.

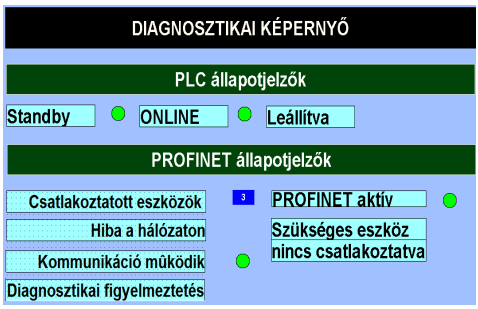



**4. ábra.** *Webszerver kezdőképernyője*

A PROFINET ipari kommunikációs hálózat segítségével nem csak webszerveren keresztül megvalósított irányítás lehetséges, hanem élő adatok lekérdezhetősége válik lehetővé. Az élő, furulyát érintő adatokhoz a diagnosztikai képernyőre kell váltani.

A PROFINET protokoll további előnye, hogy fejlett diagnosztikai rendszerrel rendelkezik. A fejlesztői környezetben láthatóak mind a PROFINET eszközök, mind a PROFINET hálózatát jellemző állapotok, hiba esetén pedig a hiba jellege is nyomon követhető.

Természetesen nemcsak a fejlesztői környezetben érhetőek el az állapotjelzők, hanem a webszerveren is megtekinthetőek. Nemcsak állapotjelzők érhetőek el a webszerver segítségével, de a hálózatra csatlakoztatott eszközök száma is megjeleníthető. Az elektropneumatikus furulyát irányító PROFINET hálózat a következő információkat jeleníti meg a webszerveren keresztül:




**5. ábra.** *Webszerver diagnosztikai képernyője*

## 5. Következtetések

Munkánk során kialakítottunk egy elektropneumatikus szerkezetet, amely egy furulyát szólaltat meg. A rendszer irányítását PROFINET ipari protokoll segítségével végeztük.

Létrehoztunk egy két részből álló elektropneumatikus rendszer. Kísérleteink összegzését felhasználtuk a rendszer létrehozásánál annak érdekében, hogy csak a kívánt hangok szólaljanak meg a furulyán.

Ezután sikerrel valósítottuk meg a PROFINET hálózat kiépítését, valamint az elektropneumatikus rendszer távfelügyeletét.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Ajtonyi István: *Ipari kommunikációs rendszerek* I.AUT-INFO Kft. Miskolc, 2008. 240.-412.o

[2] Robert H. Bishop: *The Mechatronics Handbook,* CRC Press, USA, 2002. 4-20. fejezet

[3] Peter Neumann, Axel Pöschmann: *Ethernet-based Real-Time Communication with PROFINET IO,* Institut für Automation und Kommunikation Magdeburg

[4] *Overview and Applications of PROFINET*, Andy Verwer Verwer Training & Consultancy Ltd, 2010 October http://www.profibus.com/
Letöltve: 2015. november 12.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 261–264.
http://hdl.handle.net/10598/29078
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.56

# SZABADDUGATTYÚS STIRLING MOTORRAL ÜZEMELŐ LINEÁRIS ALTERNÁTOR FEJLESZTÉSE ÉS MEGVALÓSÍTÁSA

# DESIGN AND DEVELOPEMENT OF A LINEAR ALTERNATOR FOR FREE PISTON STIRLING ENGINE

Máriás Nimród

*SC ARIADNE IMPEX SRL 520077 Sfântu Gheorghe, jud. Covasna, STR. Lt. Păiș David, Nr. 12A, mariasnimrod@yahoo.com*

## Abstract

The linear alternator is the energie transformer system of the freepiston stirlingengine. The linear motion is generating electricity. However, the alternator has an electric motor operating mode, which is required to start the Stirling engine. The linear alternator is within the Stirling engine pressure wessel, therefore the helium as working gas is well sealed.

***Keywords**: Linear alternator, Free piston Stirling engine, magnet-spring, environmental friendly energy source.*

## Összefoglalás

A lineáris alternátor a szabaddugattyús Stirling motorok energia átalakító rendszere, mely vonal menti mozgásból villamos energiát állít elő. Ugyanakkor az alternátor motoros üzemmódban is működik, mely a Stirling motor indításához szükséges. A lineáris alternátor a Stirling motor nyomásköpenyén belül helyezkedik el, így elérhető a motor hélium munkagázának jó szigetelése.

***Kulcsszavak:** Lineáris alternátor, Szabaddugattyús Stirling motor, mágnes-rugó, környezetbarát energiaforrás.*

## 1. Szabaddugattyús Stirling motorra épített lineáris alternátor

Az energiaigényes jelenben egyre jobban kezdenek elterjedni a megújuló energiaforrásokat hasznosító berendezések. Az egyik ilyen energiaforrás a Nap, melynek energiája széles spektrumú elektromágneses sugárzás formájában érkezik a Földre. Napjaink legjobb energia átalakító berendezése a Stirling motoros generátor, mely hőenergiát képes átalakítani villamos energiává. A Stirling motorra paraboloid tükrös koncentrátoron keresztül érkezik a Nap hője, mely a Stirling motort működésre készteti. A Stirling motor pedig egy generátor által villamos áramot szolgáltat. Egy ilyen naperőmű megépítését 2015-ben a XX. FMTÜ alkalmával mutattam be. A lineáris alternátorral ellátott Stirling motor erre a naperőműre épül, ugyanakkor a megalkotott Stirling energia átalakító a rakéta típusú kályhákban is fel lesz használva. A lineáris alternátor tervet a sepsiszentgyörgyi SC ARIADNE IMPEX műhelyén belül valósítottam meg id. Pózna Dávid igazgató úr támogatásával.

## 2. A lineáris alternátor

A lineáris alternátor szabaddugattyús Stirling motorok energia átalakító rendszere. A Stirling motor nyomásköpenyén belül

helyezkedik el, hogy biztosítva legyen a motor nagynyomású hélium munkagázának a szivárgás mentessége.
A felépítés miatt, a beindításhoz szükséges mechanikus beavatkozást csak elektromos árammal tudjuk gyakorolni a motorra, mely az alternátoron keresztül kell megtörténjen.

Ezért az alternátor két üzemmódja szükséges: generátoros és motoros üzemmód.

## 1.2. A lineáris alternátor tervezési követelményei

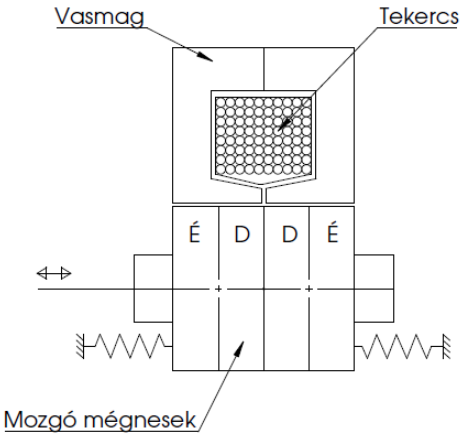
A lineáris alternátor tervezésénél több szempontot is figyelembe kellett vegyek:

- Olyan berendezés tervezése és megépítése, mely egyszerű felépítése következtében könnyen és olcsón megépíthető és hosszútávú beavatkozás mentes működést biztosít;
- Az alternátort úgy kell megtervezni, hogy az optimális mozgórész amplitúdó akkora legyen, mint a munkadugattyú amplitúdója. Ez azért szükséges, mert a szabaddugattyús Stirling motorok munkadugattyújáról közvetlenül kerül át a vonal menti mozgás a lineáris alternátor mozgó-részére. Így csökkenthető a súrlódási veszteség;
- 50Hz üzemfrekvenciára optimizált alternátor. A szabaddugattyús Stirling motorok üzem-frekvenciája 40 és 60 Hz között helyezkedik el;
- Az alternátor motoros üzemmódban be kell tudjon indítani egy 40 bar héliummal feltöltött 500W-os Stirling motort.

## 2.2. A lineáris alternátor felépítése

Villamos gépek működése a mágneses terek kölcsönhatásain alapszik. A gép két részből tevődik össze: mozgórész és állórész.

A lineáris alternátor permanens mágnesekből, és tekercsből épül fel. Az egyszerűbb felépítés végett mozgó mágneses alternátort terveztem. A mozgó mágnesek hatására az állórész vasmagjában fluxus változás lép fel, mely a tekercsben áramot indukál. Célszerű az állórészt tekercselni, mert így nem szükséges hajlékony kivezetéseket beépíteni a rendszerbe. A hajlékony kivezetések idővel elfáradnának, csökkentve az alternátor élettartamát.




**1. ábra.** *A lineáris alternátor egyszerűsített metszet*

Az alternátor egyszerűsége végett egyetlen tekercset terveztem a rendszerbe, melyet körülölel a lemezelt vasmag. A mozgórészt a tengelyre erősített planár rugók középállásban kell tartsák. A planár rugók előnye, hogy sokkal rövidebb a lineáris alternátor, és egyszerre végzik a rugós tag feladatát és a lineáris megvezető-csapágyak feladatát. A jó mágneses hatásfok érdekében a mozgórész és az állórész közti légrést minimálisra kellett tervezzem. A megépített változatban a légrés 0,5 mm.

Az elképzelt atlernátor egyszerűsített rajza az **1. ábrá**n vizsgálható meg.

**1. táblázat** *Felhasználható mágnestípusok*

| Típus | Fluxus-sűrűség Br [mT] | Koercitív erő Hcj [kOe] | Energia kJ/m$^3$ | T ℃ |
|---|---|---|---|---|
| N42 | 1280 | ≥11,5 | 318 | 80 |
| N45 | 1320 | ≥11,6 | 342 | 80 |
| N48 | 1380 | ≥11,6 | 366 | 80 |
| SmCo YX24 | 960 | 9,7 | 175 | 200 |

A mozgórészt a tengelyre erősített két darab Neodímium-mágnes alkotja, melyek tengely menti mozgást végeznek. A mágnesek gyűrű alakúak.

A választás egy 50mm külső átmérőjű, 20mm belső átmérőjű és 13,3mm vastagságu neodímium mágnesgyűrűre esett. A mágnes anyaga N48, amely 80℃ fokon még megtartja az előírt mágneses tulajdonságait. A remanens fluxussűrűség N48 esetén 1400mT.

A mozgórész körül a tengelyirányban lemezelt állórész vasmagja és tekercse helyezkedik el.

Az alternátor főbb méreteit az alábbi (1) képlet segítségével határoztam meg:

$$P = (4.8 \cdot 10^3) \cdot (\tau \cdot D \cdot f \cdot lm) \cdot B_r^2 \cdot \frac{V}{E} \cdot \left\{1 - \frac{1}{\frac{V}{E}}\right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{lm}{lm+g} \cdot \frac{f_1}{\frac{1-S_0}{2} \cdot C_f} \quad (1)$$

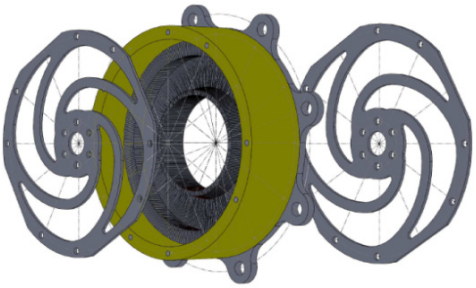
ahol:

| | |
|---|---|
| P | légrés teljesítmény, |
| D | vasmag belső átmérője, |
| l | löket legnagyobb amplítudója, |
| lm | mágnes vastagság, |
| g | légrés sugárirányú mérete, |
| Br | a mágnes fluxussűrűség, |
| $\frac{V}{E}$ | a megengedett és a gerjesztett feszültség aránya, |
| E | az indukált feszültség RMS értéke, |
| $E_0$ | Légrés nélkül indukált feszültség RMS értéke. |

## 3. A lineáris alternátor megvalósítása

Az alternátor megvalósítása 2016. február 09. kezdődött. A tervek elkészítése két hét alatt történt. Az alternátor tervezésénél két szabadalmaztatott forrást használtam, melyek szabaddugattyús Stirling generátorok [1] és lineáris alternátor tervezését és megépítését közlik [2].

Ezután az alkatrészek legyártása kezdődött meg. A vasmag lemezeit egy AMADA LCG3015AJ lézervágón gyártottam le. A vasmag 1mm vastagságú acéllemezből készült. Darabszámuk 364. Az állórész tekercseit 1,5mm lakkozott rézhuzalból készítettem el, melynek menetszáma 92. A tekercset poliészter gyantával itattam át a jó villamos szigetelés és a mechanikai ellenállóság érdekében.



**2. ábra.** *A lineáris alternátor testmodellje*

Egy ilyen alternátor megépítésében a legigényesebb szerelés a vasmag lemezeinek a beszerelése a vasmagtartóba. Ezeket a darabokat egyenként be kell helyezni a tartóba, ügyelve arra, hogy a két fedőlaptól galvanikusan el legyenek szigetelve. Az állórész vasmagjait csillag alakban szereltem össze, melyek két oldalról burkolják a tekercset. A kialakított vasmag feleket poliészter gyantával töltöttem fel, mely megnövelte a vasmag szilárdságát. A megszilárdulás után a vasmagok belő átmérőjét csíszológépen munkáltam meg.

A csíszolással állítható be a mágneses légrés mérete. A légrés mérete jelentősen befolyásolja az alternátor.

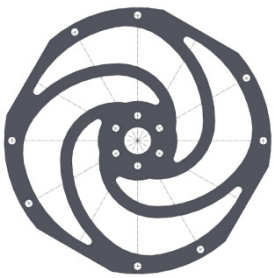
Az mozgórész két 50 mm átmérőjű gyűrű alakú Neodímium mágnesből készült el. A mágnesezési irány tengely menti. Szükséges volt a pólusirányítók használata, mely visszafordítja a pólusokat a mágnesek oldalára. A mágnesek egy 14 mm átmérőjű csiszolt acéltengelyen helyezkednek el azonos pólussal szembefordítva. Két oldalról egy-egy szorítógyűrű tartja össze a két gyűrű mágnest, melyek egymást 820N-al taszítják.

A szorítógyűrűkre két planár rugó illeszkedik csavarkötéssel.

A planár rugók feladata, hogy a mozgórészt nyugalmi helyzetben tengelyirányban középállásban tartsák.

A planár rugókat 2mm vastag rugóacélból gyártottam le a lézervágón galaxis spirál alakúra.

A mozgórész kialakításának köszönhetően a lineáris alternátor amplitúdója 20mm lett. Így felhasználható egy szabaddugattyús Stirling motor alternátoraként.



**2. ábra** *Planár rugó testmodellje*

A lineáris alternátor jelleggörbéinek a meghatározására egy bütykös tengellyel ellátott villamos motort használok, mely a forgó mozgást 20mm amplitúdójú egyenes vonalú mozgássá alakítja. Az így kialakított kísérleti berendezéssel vizsgálni tudom, hogy 50Hz mozgási frekvencián mekkora áramot tud generálni az alternátor. Továbbá meghatározható az alternátor optimális terhelhetősége.

A motoros üzemmód vizsgálatára egy generátort használok, melyet szintén bütykös tengellyel illesztek az alternátorhoz. A generátor terhelését változtatva meghatározható a megépített alternátor optimális terhelhetősége.

A kutatás még folyamatban ban.

## 4. Következtetések

A planár rugók a spirális rész rövid mérete miatt eléggé merevek lettek. Ezért kis (200W) teljesítményű Stirling motorok alternátoraként csak kis löket mellett ajánlott. A V2 alternátor szerkezetében hosszabb spirálkarral rendelkező planár rugókat fogok alkalmazni.

Érdemes az alternátorban található planár rugókat mágneses rugókra lecserélni. A mágneses rugók élettartama hosszabb a planár rugókhoz képest. Egy ilyen változatnál figyelembe kell venni, hogy a mágnesek közti erő a távolság függvényében négyzetesen változik.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] George R. Dochat, DOE/NASA/0056-79/1 NASA CR-1 59587 MTI 79TR47 *Design Study of a 15 kW Free-piston Stirling Engine-linear Alternator for Dispersed Solar Electric Power*

[2] U.S. Department of energy, ORNL/Sub/84-05907/1 *Preliminary Design of Linear Alternator Dynamometer for Free Piston Stirling Engines*

*XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 265–168.* *DOI: 10.33895/mtk-2016.05.57*
*http://hdl.handle.net/10598/29079*

# KONVERZIÓ ALAPÚ, ONLINE KÖZPONTÚ BTL KOMMUNIKÁCIÓS STRATÉGIA MEGALAPOZÁSA AZ ÉPÍTŐIPARI VÁLLALKOZÁSOK ESETÉBEN

# ESTABLISHMENT OF A CONVERSION-BASED, ONLINE-CENTERED BTL COMMUNICATION STRATEGY FOR BUSINESSES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Máté Balázs[1], Csonka Nikoletta[2]

[1] *Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, H-2100, Magyarország, Gödöllő, Páter Károly u. 1. mate@marketingprofesszorok.hu*

[2] *Marketingpfesszorok Kft., Gödöllő H-2100, Magyarország, Gödöllő, Kossuth Lajos út. 13*

## Abstract

In this study, we examine the factors that best facilitate the establishment of a successful, conversion-based marketing strategy in the construction industry, and int he case of manufacturers. We aim to identify the channels, devices and elements of communication that are best suited to getting our message across. Our research project - which relied on literature on this topic - took the form of a quantitative study on consumers' preferred information channels and the most relevant factors in their decision making processes. We outline a proposed communication strategy based on the conclusions We've drawn from respondents' replies.

***Keywords**: online marketing, marketing in the construction industry, conversion-based BTL communication.*

## Összefoglalás

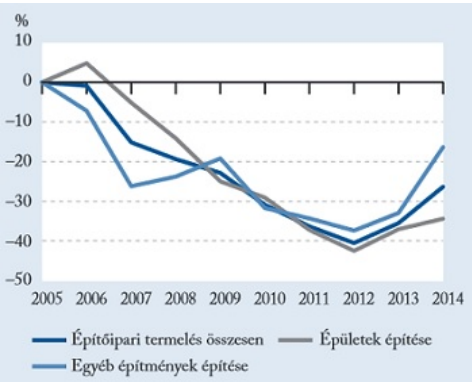
Jelen publikációnkban azt vizsgáljuk, hogy milyen tényezők mentén lehetséges és érdemes kialakítani sikeres, konverzió központú marketing stratégiát az építőipari vállalkozások, gyártók esetében. Célunk meghatározni, hogy melyek azok a kommunikációs elemek, amelyek kiemelésével sikeressé tehető a kommunikáció, illetve hogy melyek azok a csatornák, eszközök amelyekkel hatékonyan érhetjük el célközönségünket. Kutatómunkánk során – támaszodva a szakirodalomra – kvantitatív kutatást végeztünk a fogyasztók körében a tájékozódásra felhasznált csatornákról és a döntéshozatali mechanizmust befolyásoló tényezőkről. A válaszok alapján levont következtetésekkel mutatunk irányt a kommunikációnak.

***Kulcsszavak:** online marketing, marketing az építőiparban, konverzió alapú BTL kommunikáció.*

## 1. A téma aktualitása és szakirodalmi kötődése

Tanulmányunk aktualitását a 2008-as év második felében kirobbanó, és azt követően fokozatosan elmélyülő pénzügyi-gazdasági válság generálta, amely az építőipar fejlődését is negatív irányban befolyásolta – köszönhetően a fizetőképes kereslet radikális csökkenésének. [1]

A KSH adatai alapján elmondhatjuk (1. ábra), hogy az építőipari termelés volumenváltozását illetően a 2012-es év bizonyul pozitívnak, ahonnan fejlődés látható. A válság előtti korszak eredményeit azonban még 2014-ben sem közelítette meg az ágazat. [2]




**1. ábra.** *Az építőipari termelés volumenváltozása 2005. évhez képest. In.: KSH Magyarország 2014 (2015); ISSN: 1416-2768; 177. oldal*

Az ágazatban, a folyamatosan életbe lépő változásoknak köszönhetően szükségszerűen kialakult egy igen éles versenyhelyzet. A nagyvállalati szektorban a külföldi tulajdonban lévő vállalatok jelenléte kimondottan erős [3] így főként a KKV szektor fellendítésének lehetőségeit vesszük górcső alá. A KKV szektor sajátosságait tekintve ilyen módon a BTL kommunikációs stratégia kialakítását helyezzük előtérbe. Természetesen az ágazat fellendítése esetében nem hagyhatjuk figyelmen kívül az építőipari beruházások projektkockázatait sem, hiszen ezek, úgy mint a termék vagy szolgáltatás minősége és egyéb tulajdonságai, meggátolhatják a sikeres értékesítést. Ezekre a tényezőkre azonban olyan modelleket tártak fel korábbi kutatások alapján, amelyek az egész szektorra kiterjedően vizsgálják – és lehetőség szerint kezelik – a leggyakrabban előforduló kockázati tényezőket, mint például a pénzügyi-, az idő-, a személyi-, a társadalmi- és a pszichológiai kockázati tényezőket. [4]

Ezen tényezők tompítására a kommunikáció során is törekednünk kell – a komplex, konverzióközpontú BTL kommunikációs stratégia kialakításához azonban ennél több információra van szükségünk.

## 2. Módszertani háttér

Primer kutatásunk során kérdőíves mintavétellel vizsgáltuk, hogy milyen felületen érdeklődnek a kitöltők az építőanyagok iránt, és milyen szempontokat vesznek figyelembe a vásárláskor – mik azok a hívószavak, amelyek jelentősen befolyásolják a vásárlási hajlandóságot. Kvantitatív kutatásunk eredményei alapján vázolunk fel egy lehetséges utat a BTL kommunikációs stratégia kialakítására az építőipari alapanyagok gyártói esetében.

## 3. Eredmények

Kérdőívünket online tettük közzé, amely felületen összesen 239 válasz érkezett. Fontosnak találtuk meghatározni, hogy válaszadóink milyen módon kapcsolódnak az építőiparhoz. Az összes válaszadó közül 23 fő dolgozik az építőiparban, 82 fő építkezett a közelmúltban, és 46 fő tervez építkezést a közeljövőben. A fennmaradó 107 fő közvetlenül nem érintett az építőiparban és az építőipari anyagokban.

### 3.1. Hatékonyan használható csatornák megállapítása

A kutatás eredményei alapján elmondhatjuk, hogy a megkérdezettek 64%-ka használná a Google keresőjét az építőipari alapanyagok kiválasztása esetében – így a keresőoptimalizált weboldal létrehozása és működtetése kiemelt szerepet kap. 56%-uk támaszkodik az ismerősök ajánlásával, amelyet a közösségi média marketing segítségével könnyedén meg is lovagolhatunk: a vélemények, megosztások mind nagyszerű fórumot biztosítanak ennek. Önmagában a Facebook-ot ugyan csak 8% használná tájékozódásra, ez nem jelenti azonban azt, hogy push módszerrel nem találhatunk meg ennél jóval több embert az említett felületen. Az ATL kommunikációs eszközök, a televíziós reklámok ebben az esetben is elenyésző eredményt mutatnak, csupán a megkérdezettek 7%-a informálódik ilyen felületről. Kijelenthetjük tehát, hogy a tv megjelenés ma már csak PR célokra alkalmas – köszönhetően az érdeklődési aránynak és a mérhetőség elmaradásának – annak viszont jóval drágább, mint már eszközök. Az online újságok, portálok cikkeit a megkérdezettek 27%-a tartja megfejelő forrásnak a tájékozódásra: ezek nem csak jóval költséghatékonyabbak a TV megjelenéseknél, de eredményeit a jól beállított, konverziómérésre alkalmas honlappal pontosan mérhetjük. A kiállítások és bemutató termek függetlenül a BTL kommunikációtól úgy tűnik, nem elhanyagolhatóak. A megkérdezettek 23%-a nyilatkozott úgy ugyanis, hogy felkeresne bemutató termeket, és 14% érdeklődött a kiállítások iránt.

### 3.2. Kommunikációs hívószavak, döntést befolyásoló tényezők meghatározása

Kutatásunk során szerettünk volna irányt mutatni annak is, hogy milyen kommunikációs hívószavakat használhatunk stratégiánk során.

A válaszok alapján elmondhatjuk, hogy az ár/érték arány döntő szerepet játszik (89%), karöltve a minőséggel, amelyet a válaszadók 77%-a jelölt meg. A gyártó hírneve azonban csupán a megkérdezettek 10%-ánál minősül befolyásoló tényezőnek. A termék ismertsége ennél többeket érdekel, a válaszadók 15%-a jelölte meg, míg a minősítések megléte és kommunikációja a kitöltők 22%-át érdekelte kiemelten. Ígéretes azonban, hogy a környezetvédelmi szempontokra, úgy tűnik, érdemes odafigyelniük a gyártóknak: 31% értékelte úgy, hogy számára kiemelten fontos ez a tényező a döntéshozatal során!

Külön kérdésben vizsgáltuk a haza termékek preferenciáját. Más ágazatokban a honi termékek preferenciájának megteremtődése már kialakulóban van [5] ugyan, gazdaságunk szempontjából ez továbbra is stratégiai fontosságú kérdés. Kutatásunk eredményeként elmondhatjuk, hogy a megkérdezettek 41%-a szerint meghatározó tényező csupán, hogy a vásárolt termék magyar gyártótól érkezik-e.

## 4. Következtetések

Kutatásunk eredményei alapján meghatározzuk, hogy melyek azok a kommunikációs elemek, amelyek a sikeres BTL kommunikációs stratégia részeként segítik elő a növekedést az építőipari alapanyagok gyártói esetében.

A SEO központú, konverziómérésre alkalmas weboldal létrehozása kulcsfontosságú kérdés. A jól keresőoptimalizált weboldal a Google találatok segítségével közvetlen vásárlásokat generálhat, és ezen gondolatmeneten tovább haladva megállapíthatjuk, hogy az AdWords hirdetések rendszerét is kiváló eredményekkel használhatjuk. A konverziómérés segítségével olyan hatékony kampányt hozhatunk létre, amelyben pontosan meghatározhatjuk, hogy mennyit költünk (költhetünk) egy konverzióra, megrendelésre így kialakítva a pozitív ROI-t. A

hirdetésoptimalizálást segíti a SEO teljesítmény köszönhetően az ilyen módon támogatott minőségi mutatónak, amely az AdWords rendszerében olcsóbb kattintásonkénti árat eredményez.

A tartalommarketing a keresőoptimalizálás igényével karöltve jelenik meg elsőként, de ennél is tovább mutat: azon kívül, hogy a szöveges tartalom segíti az oldal SEO-jának felépítését, a szakértői cikkek a fogyasztók körében bizalmat ébresztenek – hiszen mutatják a gyártó szakértelmét. Külsős portálokon is érdemes bevezetni a PR cikkek rendszerét, ahol független szakértőként mutathatjuk be az adott vállalat termékét, ezzel generálva vásárlókat – és természetesen értékes linkeket, amelyek a cikkben elhelyezve a hivatkozott céloldal keresőoptimalizáltságát segíti elő.

A közösségi média napjainkban minden BTL kommunikációs stratégia egyik alapköve. Bár a válaszadóknak csak kis százaléka jelölte meg a Facebook-ot, mint tájékozódási felületet, ez nem feltétlen releváns információ – köszönhetően a Facebook felhasználói szokásainak. Hiszen ezt a felületet kihasználva, a célközönség érdeklődését megragadó érdekes, informatív tartalmakat is megoszthatunk, amelyeket nem keresnek direkt – mégis elérést generál. A megosztásoknak köszönhetően pedig nem független oldaltól kapja az információt a fogyasztó, hanem közvetlenül ismerősétől!

Kommunikációnk középpontjába első sorban a minőséget és az ár/érték arányt érdemes helyezni. Ez számos összehasonlító jellegű, vagy egyéb informatív PR cikknek és tartalomnak adhat témát. A hazai termék preferenciája önmagában nem kiemelkedő, ahogy a környezetvédelmi szempontok is csupán 31%-ban bizonyulnak döntést meghatározó tényezőnek, a kettő együtt való kommunikálása, az összefüggések feltárása azonban már hozhat eredményeket. A gyártó hírnevét bár nem tartják kiemelten fontosnak, PR jellegű megjelenésekkel érdemes más tényezőkkel együtt építeni a brandet, amellyel a termék ismertségét is növelhetjük.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Kapronczai I., Udovecz G.: A *magyar agrárgazdaság helyzete.* Gazdálkodás folyóirat, 53. évfolyam 6. szám, 2009, 530 – 543. oldal.

[2] Központi Statisztikai Hivatal: Magyarország 2014, Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2015, 177. oldal

[3] Parragh B.: *Marketingstratégia vállalati versenyképességhez való hozzájárulása, Marketingstratégiai javaslatok szekunder és primer piackutatás alapján*. Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar, Vállalkozásmenedzsment Intézet, Budapest, 2011

[4] Szilágyi T. P., Almádi B., Tóth T.: *Az építőipari, beruházási – projekt kockázatok vizsgálata és feltárt dimenziói*. XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszakasza, 2015 Kolozsvár, 287-290

[5] Lehota J., Füredíné Kovács A.: *A madárinfluenza piaci hatásainak vizsgálata húsboltok vezetőivel készített interjúk alapján*, AVA 3 Konferencia, Debrecen, 2007. március 20-21., ISBN 978-963-87118-7-8

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 269–272.
http://hdl.handle.net/10598/29080
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.58

# A SZERKEZETEK FÖLDRENGÉS ESETÉN VALÓ VISELKEDÉSÉNEK ELLENŐRZÉSÉT CÉLZÓ MODERN KONCEPCIÓK

# MODERN CONCEPTS FOR CHECKING THE BEHAVIOUR OF STRUCTURES IN CASE OF EARTHQUAKE

Máthé Alíz Éva

*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék, Cím: 400020, Románia, Kolozsvár, C. Daicoviciu u., 15; Telefon: +40-264-401363, aliz.mathe@mecon.utcluj.ro*

## Abstract

The present paper is emphasizing the role and the importance of control of the seismic behaviour of structures. Rapid development of industrial equipment for seismic control of structures has to substitute the structural ductility as a source of seismic energy dissipation. While seismically the post elastic behaviour is, indeed, an efficient mean of seismic energy dissipation, it still involves post – seism rehabilitation. With industrial equipment installed into the structure, the permanent plastic deformations are transferred from structural members to the equipment itself. The study consists of a review of such equipment and its description from the point of view of its belonging to the three classes of seismic control (passive, active and semi-active).

***Keywords**: earthquake, structure behaviour, concept, seismic protection.*

## Összefoglalás

A dolgozat kiemeli a szerkezetek szeizmikus válasza ellenőrzésének a szerepét és fontosságát. A szeizmikus energia disszipálását szolgáló duktilitást a szeizmikus viselkedést ellenőrző berendezések és technológiák gyors fejlődése kell helyettesítse. Annak ellenére, hogy a képlékeny deformációk segítségével lehetőség nyílik a szeizmikus válasz hatékony csökkentésére, ez a módszer az érintett szerkezet földrengés utáni rehabilitációját feltételezi. A szerkezetbe szerelt, a szeizmikus viselkedést ellenőrző berendezések lehetővé teszik, hogy a berendezés alkotóelemei átvegyék a képlékeny deformációkat a szerkezet elemeiről. A tanulmány lényege a szeizmikus választ csökkentő felszerelések bemutatása az illető technológia valamelyik szeizmikus (passzív, aktív ill. félig aktív) ellenőrzési osztályba való tartozása szerint.

***Kulcsszavak:** földrengés, szerkezeti viselkedés, koncepció, szeizmikus szigetelők.*

## 1. Bevezetés

A szerkezettervező építőmérnökök egyik fő feladata a földrengésbiztos szerkezetek tervezése.

Egy szerkezet akkor tekinthető „földrengésbiztosnak”, ha a *tervezési földrengés* bekövetkezte után elfogadható mértékű alakváltozás mellett átveszi a szeizmikus hatásokat és megőrzi fő funkcióit (megőrzi szerkezeti ellenállását, meggátolja a veszélyes deformálódásokat, biztosítja az épület funkcióinak folyamatosságát, stb.). A szerkezettervező építészmérnökök ilyen jellegű törekvése mindig is létezett (ezt híven bizonyítják a jelenleg is létező ókori és kö-

zépkori építmények) de csak körülbelül 80 éve jelentkeztek az első analitikus és szabványosított jellegű törekvések. Hosszú időn keresztül az antiszeizmikus védelem az építmények strukturális elemeinek a megfelelő méretezéséből (gyakori esetben túlméretezéséből) állt, azonban, a közelmúltban történt földrengések során bebizonyosodott, hogy az épületeknek a tartóelemek túlméretezésével történő „szeizmikus védelme" nemcsak gazdaságtalan, de hatástalan is. Az utóbbi 30 évben a szerkezeteknek a földrengés elleni védelme során egyre nagyobb szerepet kapott a *duktilitás* elve. Ha a metszeti paratméterek (mint pl. a határnyomaték, stb.) biztosítják a szerkezet megfelelő szilárdságát, akkor a duktilitás az, ami biztosítja, hogy a szerkezet kibírjon egy földrengést. A duktilitás egyrészt a különböző szinteken (a keresztmetszetek, a csomópontok, a szerkezet szintjén) nyilvánul meg, másrészt a szerkezet azon tulajdonságában, hogy meg-enged bizonyos remanens deformációkat, amelyek elnyelik az építményre ható szeizmikus aktivitás okozta energiát. Ahogy az épületek esetén beszélhetünk szükséges és effektív ellenállásról, ugyanúgy beszélhetünk *szükséges* és *effektív duktilitásról*. A jelenlegi antiszeizmikus tervezési elvek kiemelt fontosságot szentelnek bizonyos tervezési (a keresztmetszetek méretezésére vonatkozó) szabályoknak annak érdekében, hogy a remanens deformációk (legtöbbször rugalmas csuklók) csakis bizonyos helyeken jelentkezzenek. E képlékeny csuklók biztosítják a szerkezetnek azt a képességét, hogy elnyelje a kinetikus energiát, de ugyanakkor, ezek a szerkezet rongálódó (esetleg összeomló) elemei.

A képlékenység céljából „feláldozott" szerkezeti elemeknek a földrengés utáni helyrehozatala jelenti az ilyen típusú antiszeizmikus védekezés fő hátrányát és ez volt az a fő tényező, ami a földrengés elleni alternatív védekezési módok megjelenéséhez vezetett.

Ezek az alternatív megoldások három osztályba sorolhatók:
- a szerkezet csillapító képességének a növelése bizonyos, a szerkezetbe beépített berendezések segítségével (csillapító elemek),
- a földrengés elmúltával kicserélhető energiaelnyelő képlékeny elemek (szeizmikus szigetelők) alkalmazása
- a szerkezeteknek különös kapcsolóelemekkel (csillapító és képlékeny tulajdonságokkal egyaránt rendelkező) csatolt súlyokkal való ellátása, amelyeknek a rezgése „csökkenti" a tulajdonképpeni építmény rezgését.

Ezeknek a modern antiszeizmikus technológiáknak [1], [2] a fejlődése elérte azt a szintet, hogy a szerkezetek károsodása nemcsak megelőzhető, hanem a rendszereket irányító mechanikus paraméterek *valós idejű* adaptálásával *a priori* meghatározható a teljes szerkezet viselkedése a földrengés alatt. Az így elért szerkezeti ellenőrzés az építmények földrengésbiztos tervezésének legfejlettebb koncepcióját képezi.

## 2. Passzív szerkezeti ellenőrzés

A passzív ellenőrzés lényege a szerkezet szeizmikus válaszának a csökkentése mesterséges csillapító berendezések és szeizmikus szigetelők használatával. A passzív ellenőrző berendezések biztosítják a szerkezet megfelelő szeizmikus válaszát változtathatatlan és előre meghatározott módon.

### 2.1. Csillapító rendszerek

Ezek a berendezések (**1. ábra**) hidraulikus működési módjuk és – az esetek többségében – viszkózus típusú [3] kialakításuk következtében biztosítják a szerkezet megnövekedett csillapító tulajdonságát. A szerkezeti elemek közé beépített hidraulikus csillapítók felhasználásának széles skálája lehetséges.

A szerkezetek már a tervezéskor elláthatók csillapító rendszerekkel [4], de a szeizmikus hatások ellen védeni kívánt épülete-

ket utólag is fel lehet szerelni csillapítókkal [5].

**1. ábra.** *Beépített hidraulikus csillapítók.*

### 2.2. Szeizmikus szigetelők

Ezek a berendezések (**2. ábra**) gumi, acél, neoprén és ólom rétegekből állnak amelyek együttesen nagyfokú szilárdságot kölcsönöznek a szigetelőnek a függőleges erőkkel és fokozott rugalmasságot a vízszintes erőkkel szemben. A szigetelő oldalirányú alakváltozásai ugyanolyan nagyságrendbe tartoznak akárcsak a szigetelő mérete. Úgy is mondhatjuk, hogy a szigetelők a képlékeny csuklók keletkezésének a „keresztmetszetei". Akárcsak a csillapító berendezések, a szigetelők is különböző helyekre szerelhetők, de legtöbbször mégis a szerkezet és az alap közé kerülnek.

**2. ábra.** *Szeizmikus szigetelők*

A földrengés során a szerkezetre ható kinetikus energia disszipálódása nemcsak a szeizmikus szigetelők oldalirányú deformálódásával, hanem súrlódással (rendszerint csúszó súrlódással) is történik.

### 2.3. Hozzáadott súlyok

A passzív ellenőrzés harmadik módja a szerkezethez (*n* szabadság fokozatú rendszer) csatolt kiegészítő súly, ami így egy *n+1* szabadság fokozatú rendszert képez. A hozzáadott súly rezgései valamint a súly és a szerkezet közötti kötőelemek képlékenysége és csillapító hatása együttesen hozzájárul az eredeti rendszer (a szerkezet) rezgéseinek a csökkentéséhez. Az újabban épült szerkezeteknél a hozzáadott súly egy inga, amelynek az „ellentétes irányú rezgése" csökkenti a tulajdonképpeni szerkezet rezgéseit (**3. ábra**).

A végzett számításoknak megfelelően az épület felső szintjein a gyorsulás 30 % - 40 %-ban is mérséklődik. Ahogy a fentebb bemutatott módszerekből is kitűnik, a szerkezet földrengés elleni passzív védelmének alapeleme a szerkezetre ható kinetikus energiának bizonyos jól meghatározott részekre való irányítása, ahol lehetővé válik az energia disszipálása a szerkezeti elemek károsodása nélkül.

A passzív ellenőrzés nagy előnye egyfelől az egyszerűség, másfelől az igen egyszerű és olcsó karbantartás. Ugyanakkor, a passzív ellenőrző rendszer működése nem igényel külső forrásból való energiaellátást. A passzív ellenőrző rendszer hátránya a „konzervatorizmusában" rejlik, mert csakis a tervezési földrengés keletkezése esetén hatékony, a tervezési földrengésnél nagyobb intenzitású szeizmikus mozgás esetén a szerkezet sebezhetővé válik.

## 3. Aktív szerkezeti ellenőrzés

Az aktív ellenőrző technológiák valós időben ható és ellenőrzött külső erőkkel csökkentik a szerkezet szeizmikus válaszát. Az aktív ellenőrző rendszerek érzékelőkkel vannak ellátva, amelyek valós időben mérik a földrengés kinematikus paramétereit (elmozdulásokat, sebességeket, gyorsulásokat), a mért adatokat egy számítógépes rendszerhez továbbítják, ami a tulajdonképpeni szerkezet és a hozzáadott súly közötti kapcsolóelemek paramétereit (a képlékenységet és a csillapítást) vezérli. Ezáltal a hozzáadott súly ellentétes mozgást végez úgy, hogy a teljes rendszer szeizmikus válasza a földrengésnek megfelelő legyen [6].

A szerkezetet és a hozzáadott súlyt aktuátorok, külső energiával működtetett elemek kapcsolják össze. Az aktív ellenőrző

rendszer hátránya a bonyolult vezérlőrendszer, a bizonytalan működés és az, hogy a valós szerkezetek esetén nagyon nagy reaktív erőre van szükség.

Egy különleges aktív ellenőrző rendszert képeznek az aktuátorok segítségével valós időben „megfeszíthető", szerkezetbe épített feszítőrudak (merevítők). Az aktuátor által vezérelt feszültséggel ellenőrizhető a szerkezet szeizmikus válasza.

### 3.1. Félig aktív szerkezeti ellenőrzés

Az aktív ellenőrzés során a rezgések csökkentése a szerkezetnek az ellenőrző rendszerben való mozgása által létrehozott reaktív erőkkel történik. A félig aktív szerkezeti ellenőrző rendszerek esetében a merevítési / képlékenységi jellemzők valós időben történő változtatása kis intenzitású belső (mechanikus) energiaforrás segítségével történik. Ez csak akkor lehetséges, ha a rendszer különleges, a merevítési / képlékenységi jellemzőket vezérlő földrengésvédelmi berendezéssel van ellátva [5]. A berendezéseket maga a szerkezet mozgása „aktiválja" és a rezgés csökkentésének mértéke a hidraulikus vezérlés segítségével a rendszer (a viszkózus csillapító folyadék) nyílásainak ki- és bezárásával szabályozható. Egy ilyen rendszer használata esetén a vázakon átlósan elhelyezett csillapítók tulajdonságainak változtatása központilag vezérelhető. A hidraulikus rendszert vezérlő, a szerkezet mozgását érzékelő berendezés általában az épület tetején található. Hatékonyságuk és a működésükhöz szükséges energia alacsony költsége miatt a félig aktív ellenőrző rendszerek gyakran kerülnek felhasználásra.

## 4. Következtetések

A szeizmikus hatásnak kitett szerkezetek viselkedésének ellenőrzése a legfejlettebb és leghatékonyabb módja annak, hogy rezgéseket csökkentsük a földrengés során keletkezett kinetikus energia disszipálásával. A passzív ellenőrzés (amely esetén a merevítési / csillapítási tulajdonságok változtathatatlanok) bebizonyította hatékonyságát mind az újonnan épült, szigetelőkkel és / vagy csillapítókkal ellátott épületek, mind a meglévő építmények reabilitása esetén.

Bár elméleti szempontból az aktív ellenőrzés hatékony, az építkezéseknél nehezebb kivitelezni az ilyen típusú rend-szert a szerkezet „kiegyensúlyozásához" szükséges erők nagysága (és ennek következtében a magas energiafogyasztás) miatt.

Mivel a félig aktív ellenőrző rendszerek ötvözik a csillapítók kivitelezésének és a szerkezetben való elhelyezésnek az egyszerűségét a csillapítási (ritkább esetben merevítési) jellemzők valós időben történő változtathatóságával, ezek a leghatékonyabb és a legkönnyebben alkalmazható rendszerek úgy az épületek, mint a hidak esetében.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kunde, M. S.; Jengid, R. S.: *Seismic Behaviour of isolated bridges: A-State-of-the-art review*. EJSE, 3 (2003), p.140.

[2] Soong, T. T.; Spencer, B. F. jr: *Supplemental Energy Dissipation: State-of-the-art and state-of-the-practice*. Engineering Structures 24 (2002), p. 243.

[3] NEHRP Guidlines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA-273, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C, October, 1997.

[4] Contatinou, M. C.; Soong, T. T.; Dargush, G. F.: *Passive energy dissipation systems for structural design and retroprofit*. MCEER Monograph No.1, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, U.S.A., 1998.

[5] Taylor, D. P.: *The Application of Energy Dissipating Damping Device to an Engineered structure or mechanism*. Taylor Devices Inc. (www.taylordevices.com), 2010.

[6] Soong, T. T.: *Active Structural Control. Theory and Practice*, Longman, New York, U.S.A, 1990.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 273–276. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.59
http://hdl.handle.net/10598/29081

# ENERGETIKAI KONCEPCIÓK A TÖBBEMELETES ACÉLSZERKEZETEK SZEIZMIKUS ELEMZÉSÉHEZ

# ENERGY STATE OF SEISMICALLY ACTED MULTI-STORY STEEL STRUCTURES

Máthé Alíz Éva

*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék, Cím: 400020, Románia, Kolozsvár, C. Daicoviciu u., 15; Telefon +040-264-401345, aliz.mathe@mecon.utcluj.ro*

## Abstract

The intended study introduces energy state of seismically acted upon structures and enlarge the mechanical state expressed via the more traditional static and kinematic parameters. Energy state is expressed by two energy components: seismic induced energy and energy dissipated by inherent viscous damping. Some numerical results are presented associated to reference seismic actions of Romanian territory. Energy state is, also, related to the lateral rigidity of multi-story steel structures emphasizing a clear tableau of both, rigidity versus seismic input energy and rigidity versus dissipated energy. The research was funded by the Department of Structural Mechanics.

***Keywords**: seismic energy, steel structures, rigidity, seimic input energy.*

## Összefoglalás

A készült tanulmány bemutatja a szerkezetekre ható szeizmikus energia állapotát és kitér a szerkezeteknek a hagyományosan statikus és kinematikus paraméterek által meghatározott mechanikus állapotára. Az energia állapotát két tényező határozza meg: a szeizmikusan indukált energia és az inherens csillapítás által disszipált energia. Néhány számszerű, a romániai földrengések hatásait bemutató adatot tartalmaz. A tanulmány végkövetkeztetése szerint az energia állapota összefüggésben áll a többemeletes acélszerkezetek oldalsó merevségével és híven tükrözi mind a szerkezet merevsége és a földrengés által bevitt energia, mind a szerkezet merevsége és a disszipált energia viszonyát. A kutatás anyagi támogatását a Tartószerkezetmechanikai Tanszék biztosította.

***Kulcsszavak:** szeizmikus energia, acéltartó, merevség, bevitt energia.*

## 1. Bevezetés

A szeizmikus zónákban [1] található szerkezetek energetikai szempontból való elemzése szükségességének felvetése pillanatától a szeizmikus analízis és az energetikai alapok szerinti tervezés gyors és extenzív fejlődésnek indult [2], [3], [4], [5]. A szeizmikus hatásoknak kitett szerkezeteknek energetikai alapon való elemzése a földrengési szerkezetbe bevitt energia mennyiségének valamint ezen energia szerkezeti elemei mennyiségének a kiértékeléséből áll. Az $E_i$ szerkezetbe bevitt szeizmikus energia összetevői a következők:

- $E_k$ a kinetikus energia;
- $E_s$ a rugalmas deformációs energia;
- $E_d$ az inherens csillapítás által disszipált energia;

- $E_p$ a képlékeny deformáció által disszipált energia;
- $E_{ad}$ a hozzáadott csillapítás által disszipált energia.

A szerkezetek szeizmikus válaszának energetikai szempontból történő megközelítése az energetikai mérleg egyenletén alapszik:

$$Ei = Ek + Es + Ed + Ep + Ead \qquad (1)$$

Rugalmas területen való viselkedés esetén a képlékeny területre való kitéréssel disszipált energiával társított $E_p$ fogalma érvénytelenné válik és az energetikai mérlegnek (1) a formája a következő lesz:

$$E_i = E_k + E_s + E_d + E_{ad} \qquad (2)$$

Ha a szerkezet nincs ellátva a szeizmikus energia disszipálására alkalmas mechanizmusokkal, akkor az $E_{ad}$ érvény-telenné válik és az energetikai mérleg a legegyszerűbb formára redukálódik:

$$E_i = E_k + E_s + E_d \qquad (3)$$

A szerkezetben gerjesztett energia összetevői kihangsúlyozzák ennek az energiának a disszipációs lehetőségeit. A szeizmikus zónákban tervezett szerkezeteknek a tulajdonképpeni célja a szeizmikus input $E_i$ energiájának a disszipálása. Így könnyen megfigyelhető, hogy az $E_k$ (kinetikus energia) és $E_s$ (rugalmas deformációs energia) szerkezeti fogalmak a mozgással ill. a struktúrának a szeizmikus rezgések következtében való deformációjával vannak aszszociálva. Egy olyan szerkezet esetén ami megfelel a statikus (erők) és kinematikus (deformációk) állapotra vonatkozó tervezési szabályozások által támasztott feltételeknek, az $E_k$ és $E_s$ nehezen megközelíthető a csillapítás szempontjából.

Ugyanakkor, a szerkezet inherens csillapítási tulajdonságai által keltett $E_d$ összetevő elérhetetlennek tekinthető egy adott szerkezetre vonatkozólag.

Így az $E_i$ bevitt szeizmikus energia disszipálására két opció áll a tervező rendelkezésére: elfogadja az $E_p$ energetikai összetevőt létrehozó maradandó deformációkat és ellátja a szerkezetet az energiát disszipáló (az $E_{ad}$ összetevőt létrehozó) berendezésekkel. Az $E_p$ hatékony összetevő deformációkat feltételez és ezen keresztül nemcsak egy rugalmas–képlékeny mechanizmust, hanem a földrengés utáni nehézkes reabilitást is. Ebben az esetben az $E_{ad}$ összetevőt létrehozó passzív szeizmikus védelem (kiegészítő csillapítás) biztosítja a szeizmikus válasz csökkentését.

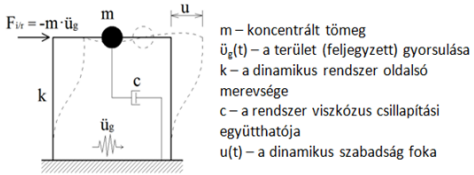
A kiegészítő csillapítással disszipált $E_{ad}$ energia mennyiségének növelése olyan eljárás, ami biztosítja a szeizmikus válasz csökkentését és ugyanakkor óvja a szerkezetet a képlékeny részek deformálódásától. A rugalmas zóna tulajdonságai és, ezzel egyidőben, a szeizmikus válasz csökkentése képezik az ideális szerkezeti tervezést és a gazdaságos keresztmetszeti méretezést.

## 2. Energetikai összetevők

A bevitt (input) szeizmikus energia és szerkezeti összetevői követik a "Rezgések mechanikájára" [2], [3], [6] jellemző energetikai fejlődést. Ugyanakkor a bevitt szeizmikus energia és szerkezeti alkotói meghatározásánál számításba veszik a dinamikus modellt, egy vagy több szabadsági fokkal. Bármelyik is a dinamikus modell, az energiát meghatározó fogalmak skaláris paraméterek, így lehetséges a skaláris műveletek tulajdonságainak az alkalmazása – ami előnyt jelent a szeizmikus hatás alatt álló szerkezet mechanikus állapotának a meghatározásában az igénybevétel bármely pillanatában.

### 2.1. Az egy szabadsági fokkal rendelkező rendszerek

Az egy szabadsági fokkal rendelkező rendszer dinamikus modellje az **1. ábrá**n látható paramétereket feltételezi.




**1.ábra.** *Egy szabadság fokú dinamikus rendszer.*

A szeizmikus terhelés alatt álló rendszer viselkedésével összefüggő energiák kifejezhetők a következőképpen [2], [3]:

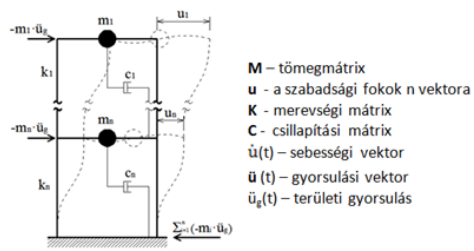
$$E_i = -\int_0^u m \cdot \ddot{u}_g(t) \cdot du = \\ = -\int_0^t m \cdot \ddot{u}_g(t) \cdot \dot{u} \cdot dt \qquad (4.a)$$

$$E_k = \int_0^u m \cdot \ddot{u}(t) \cdot du = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (\dot{u})^2 \qquad (4.b)$$

$$E_d = \int_0^t c \cdot [\dot{u}(t)]^2 \cdot dt \qquad (4.c)$$

$$E_s = \int_0^t k \cdot u(t) \cdot \dot{u}(t) \cdot dt \qquad (4.d)$$

## 2.2. Az n véges számú szabadsági fokkal rendelkező rendszerek




**2. ábra.** *Az n szabadság fokú dinamikus modell.*

Ezeknek a rendszereknek a dinamikus modellje a födémek szintjén összpontosuló $m_i$ tömegű és $n$ szabadsági fokú, ahol $u_i$ – az $m_i$ tömegek oldalirányú elmozdulása (**2. ábra**).

Ezzel a modellel asszociált vektoriális és mátrixszerű paraméterek a 2. ábrán láthatók. E dinamikus modellnek megfelelő energiák kifejezési formája [2], [3] a következő ($E_{i/r}$ a bevitt szeizmikus energia, $E_{k/r}$ a kinetikus energia, $E_d$ a viszkózus csillapítás által disszipált energia és $E_s$ a rugalmas és képlékeny alakváltozási energia):

$$E_{i/r} = -\int_0^t (\dot{u})^T \cdot M \cdot \ddot{u}_g(t) \cdot dt = \\ = -\int_0^u (\dot{u})^T \cdot M \cdot d\dot{u}_g(t) \qquad (5.a)$$

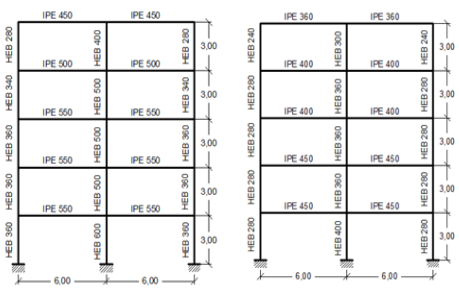
$$E_{k/r} = \int_0^t (\ddot{u})^T(t) \cdot M \cdot \dot{u} \cdot dt = \\ = \int_0^u (\ddot{u})^T(t) \cdot M \cdot du = \frac{1}{2} \cdot (\dot{u}^T \cdot M \cdot \dot{u}) \qquad (5.b)$$

$$E_d = \int_0^t (\dot{u})^T(t) \cdot C \cdot \dot{u} \cdot dt \qquad (5.c)$$

$$E_s = \int_0^t (u)^T(t) \cdot K \cdot \dot{u} \cdot dt = \\ = \int_0^u (u)^T(t) \cdot K \cdot du \qquad (5.d)$$

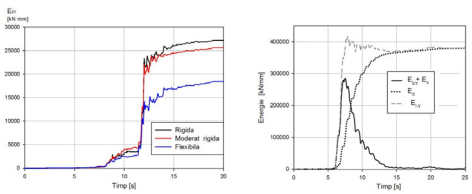
## 3. Néhány számszerű eredmény

A (4) és (5) integrálok eredményének grafikus ábrázolása pontosabb képet nyújt a szeizmikus hatásoknak kitett szerkezetek energetikai állapotáról. Az eredmény egy sík acélkeretű, többféle oldalirányú merevségi helyzetű (merev, mérsékelt, hajlékony) szerkezeten kerül bemutatásra (**3. ábra**).

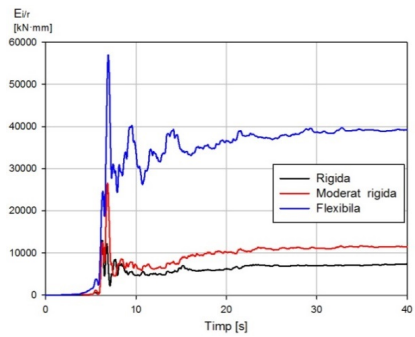



**3. ábra.** *A szerkezet merev és hajlékony helyzetben.*

Az alkalmazott szeizmikus hatás a ’86-os Focşani-i és ’77-es Vrancea-i földrengés. Az oldairányú merevségi állapot kifejezhető az alapvető rezgési periódus $T_1$ értékével a három különböző helyzetben: $T_1$ = 0,65 s (merev szerkezet); $T_1$ = 0,76 s (mérsékelten merev szerkezet); $T_1$ = 0,94 s (hajlékony szerkezet).




**5. ábra.** *Bevitt szeizmikus energia vs. oldalirányú merevség - Focsani ’86 (balra); Bevitt szeizmikus energia és összetevői – Vrancea ’77(jobbra).*




**6. ábra.** *Energetikai input vs. oldalirányú merevség – Vrancea ’77.*

A bevitt szeizmikus energiának megfelelő eredmények három oldalirányú merevségi esetben (5. ábra, balra) kerülnek összehasonlításra. Ugyanakkor, az eredmények nemcsak az $E_i$ bevitt energiára vonatkoznak, hanem annak összetevőire is (5. ábra, jobbra). A szerkezet energetikai állapotát nagymértékben befolyásolja a szerkezet oldalirányú merevsége és a szeizmikus hatás. Így, a merev szerkezet esetében a ’86-os Focşani-i földrengés által gerjesztett szeizmikus energia eléri az $E_i$ = 25 GJ (5. ábra, balra) értéket, míg a ’77-es Vrancea-i földrengés energiája jóval meghaladja azt: $E_i$ = 57 GJ (**6. ábra**).

## 4. Következtetések

Az energetikai állapot világosan és egyszerűen kifejezi a szeizmikus választ. A számszerűen bemutatott eredmények kiemelik, hogy az energetikai állapotot két tényező határozza meg: a szerkezet merevsége és a szeizmikus hatás. A szeizmikus energia kiszámításának az egyszerűsége, valamint a szeizmikus válasz energetikai kifejezéseinek a sokoldalúsága amellett szólnak, hogy az energetikai állapot kiegészítésként figyelembe legyen véve a csupán statikus és kinematikus helyzetet magába foglaló mechanikus állapot mellé.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Housner, G. W.: *Limit design of structures to resist earthquakes*, Proceedings of the 1st World Conference on Earthquake Engineering, Berkeley Calif., 1956.

[2] Uang, C. M.; Bertero, V. V.: *Evaluation of seismic energy in structures*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 19, 1990, pp. 77–90.

[3] Bertero, V. V.; Teran–Gilmore, A.: *Use of energy concepts in earthquake – resistant analysis and design: Issues and future directions*, Memorias del VIII Seminario Latinoamericano de Ingenieria Sismoressis-tente y Primeras Jornadas de Ingenieria Estructural, Merida, Venezuela, 5-8 Julio de 1993.

[4] Chopra, A. K.: *Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering.* Prentice Hall International, 1995.

[5] Chou, C. C.; Uang, C. M.: *An evaluation of seismic energy demand: an attenuation approach*, PEER Report: 04, 2000.

[6] Decanini, L.; Mollaioli, F.; Mura, A.: *Equivalent SDOF systems for the estimation of seismic response of multi-storey frame structures*, Earthquake Resistant Engineering Structures, III, 2001, pp.101 – 110.

Acknowledgment: the publication fee was supported by the Department of Structural Mechanics, from the T.U. of Cluj-Napoca.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 277–280. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.60
http://hdl.handle.net/10598/29082

# VÁROSI KÖZLEKEDÉS MONITOROZÁSA KÖZÖSSÉGI MÉDIA SEGÍTSÉGÉVEL

# URBAN TRAFFIC MONITORING BY SOCIAL MEDIA

Mezei Miklós[1], Felde Imre[2], Pintér Gergő[3]

[1]*Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki kar, Műszertechnikai és Automatizálási Intézet, 1084, Magyarország, Budapest, Bécsi út, 96/B; Tel/Fax:+36-20-2363931, mezei.miklos@kvk.uni-obuda.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, Neumann János Informatikai kar, 1084, Magyarország, Budapest, Bécsi út, 96/B; Tel/Fax:+36-1-6665528, felde.imre@nik.uni-obuda.hu*

[3]*Óbudai Egyetem, Neumann János Informatikai kar, 1084, Magyarország, Budapest, Bécsi út, 96/B; Tel/Fax:+36-20-4346956, pinter.gergo@nik.uni-obuda.hu*

## Abstract

The optimization of urban traffic is still a problem to be solved for high-density areas. Additionally, in our continuously evolving world, punctuality and meeting deadlines have become crucial concepts. Therefore, the time spent on travelling is important information for the population. In order to fine-tune the traffic, it is helpful to know the destinations, the way the crowd is moving within a given time frame. In this study, data provided through social media was used for the observation of the above mentioned points.

***Keywords**: Traffic, GPS, Facebook, Mobil*

## Összefoglalás

A városok közlekedésének optimalizációja a mai napig megoldásra váró problémát jelent a népesen lakott területek számára. Továbbá a folyamatosan fejlődő világunkban a pontosság és a határidők betartás elengedhetetlen. Így az utazási idő, fontos információ a lakosság számára. A közlekedés finomhangolásához nagy segítség, ha tudjuk az utazások célját, a tömegek mozgását, adott időszakra levetítve. A tanulmányban a közösségi média által szolgáltatott adatokat használjuk fel, ezek megfigyelésére.

***Kulcsszavak:** Közlekedés, GPS, Facebook, Mobil*

## 1. Bevezetés

Magyarországon a Facebook és az egyéb Social Media szolgáltatások térhódításával, egyre nagyobb aktivitást figyelhetünk meg az interneten történő felhasználók körében, hisz már mindennapi rutinná vált a Facebook-on és az Instagram-on lévő fényképek és posztok böngészése. A számottevően megnövekedett felhasználói jelenlét következtében érdemes az ott publikusan megosztott adatok vizsgálata. Ezek segítségével, jóval költséghatékonyabban vizsgálhatjuk a városban élő embertömegeket áramlását, mozgását, utazási célját. Ezek megfigyelésére nagyobb városokban, kamera rendszereket, radarokat használnak, ami költséges beruházás és fenntartása egyaránt.

Ebben a tanulmányban főként a publikusan elérhető Social Media által szolgáltatott adatokra koncentrálunk és végzünk következtetéseket.

## 2. Intelligens forgalom irányítási koncepciók

A városi forgalom irányításhoz már több féle koncepció és megvalósított rendszer is működik. Ezek a rendszerek magukba foglalják a legújabb kutatások megvalósítását, mint a Dinamikus programozást, ami összetettebb feladatok megoldására alkalmazzák. Kisebb csoportokra bontva (körforgalom, nagyobb csomópontok) megoldva a teljes problémát. A rendszer Fuzzy logikával kombinálva működik.

Becsléselmélet is segítségre lehet a feladat kivitelezésében. Ahol főként a Bayes elméletet veszik alapul. Itt a cél a legvalószínűbb és a legkedvezőbb eset meghatározása. Forgalom alakulás szempontjából ez lehet a legfontosabb, hisz érdekes az utazó számára a dugó vagy baleset legvalószínűbb kialakulásának helyszíne és a legkedvezőbb útvonal, kiválasztása ennek elkerüléséhez [1-3].

A legkedvezőbb útvonalak megtervezéséhez elengedhetetlen az adatok beszerzése, ami a forgalom jelenlegi állapotáról ad visszajelzést, továbbá a már meglévő adatokból készít megfelelő statisztikát. Itt többféle adatot vehetünk figyelembe:

- TMC (Traffic Message Channel);
- CDR adat;
- GPS adat;
- Előzőéves forgalmi adatok.

A Smart Navigációk ezekből az adatokból valós időben számítja ki a megfelelő útvonalat. Ezeket az adatokat kiegészíthetjük. A Social media által szolgáltatott adatokkal, így tovább pontosíthatunk az útvonal meghatározásán.

## 3. A Social Media által rendelkezésre álló adatok

A magyar internetezők a felmérések alapján Facebook, Youtube, Tumbler, Instagram és Foursquare közösségi weboldalakat használják főként melyeknek a felhasználói száma a következő képen alakul [4]:

- Facebook (~4,6 millió);
- Youtube (~5 millió);
- Instagram(~300 ezer);

Segítségükkel a felhasználók sok hasznos információt publikálnak, mely információk feldolgozásával hozzájárulhatnak a közösségi forgalom szervezettebb átalakításához. A Facebook segítségével eseményeket hozhatnak létre, ami nyilván rendelkezik egy adott helyszínnel, ahová a felhasználók tartanak, mint úti cél felé vagy már ott vannak. Foursquare-el adott helyre tudnak betaggelni a felhasználók, ehhez időbélyeg is tartozik. Instagram képeihez Geotag rendelhető, ami a kép készültének helyszínt rögzíti. Ez által tudjuk, a felhasználók adott időben hol tartózkodnak vagy épp hol fognak tartózkodni, ami a pillanatnyi útvonal tervezéshez nagy segítséget jelenthet.

## 4. A kutatásban során megismert Social Media által szolgáltatott információ felhasználása

Más nagy országokban elterjedte közösségi szolgáltatás a Twitter, ami sajnos Magyarországon kevésbé használatos. A Twitter segítségével rövid szöveges üzenetet küldhetünk követőink számára, ami persze publikusan is látható, a megfelelő felhasználói beállítás mellett.

A Twitter rendelkezik egy ingyenes elérhető API szerver funkciókkal, melynek segítségével lekérdezhető, hogy honnan és mikor érkezett az adott bejegyzés. Továbbá a bejegyzés tartalma is elérhető. Megfelelően karbantartott felhasználó fiókkal, például rendőrség által validált felhasználó által megvalósítható, hogy folyamatosan tájékoztatást kaphassanak a felhasználók a forgalom állapotáról. A rendszerhez bárki csatlakozhat, aki szeretne közlekedéshez kapcsolatos információt megosztani, így elkezdve a közösségi közlekedés építését természetesen felügyelve, hisz félrevezető informáci-

ókkal nem kívánatos problémákat okozhat a rendszerben. A Twitter rendelkezik olyan API hívásokkal, ami segítségével az üzenetek helyét könnyel elérhetjük a fentebb említett módszer segítségével viszont módszeresen járulhatunk hozzá a közlekedés optimalizálásához.

## 5. A kutatásról konkrétan

Magyarországon az adatok összegyűjtését és vizsgálatát Budapesten Államalapítás ünnepén pontosan 2014.08.20-án végeztük. Azért erre a napra esett a választás, mert ekkor a legreprezentatívabb az ember tömegek mozgása és sokkal egyértelműbb az utazási céljaik.

A rendelkezésre álló CDR adatainkat vizsgáltuk a Social Media által szolgáltatott adatokkal. A CDR mobil operátorok által gyűjtött adat, ami adott időpontba meghatározza a felhasználó koordinátához kötött cella helyzetét, aktivitását. A Facebook eseményeit vizsgáltok az adott napra. Sajnos korlátozott a hozzáférés, de így is jelentős információhoz juthatunk. A Facebook Graph API segítségével. Ez egy szerver funkció, mely adott relációkkal enged lekérést folytatni a szerveren. Ez által egyes publikus eseményekhez hozzáférhetünk. Megkaphatjuk az adott eseményre visszaigazolt felhasználók számát és az esemény pontos helyszínét. Ezzel megkaptuk egy adott felhasználó réteg utazási célját, ahová nagy valószínűséggel érkezni fognak.

**1. táblázat.** *Elérhető publikus események adott időpontra Facebook alapján*

| Publikus esemény száma | Vissza igazolt |
|---|---|
| 15 db | 6962 fő |

Két kerületben látványosan kiemelkedő a résztvevők létszám ez a 11. és az 5. kerület. A CDR adatink a következő eredményeket hozták.

**2. táblázat.** *CDR adatok által kerületi bontásban*

| 5. kerület | 11. került |
|---|---|
| 60397 fő | 5100 fő |

Megállapíthatjuk, hogy a 11. kerületben majdnem az ott aktív felhasználók az eseményre a Facebook-on meghirdetett eseményre érkeztek. A CDR aktivitások komparálva az esemény létszámával láthatunk számbeli eltérést, ez a publikus események korlátos eléréséből adódhat.

## 6. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani az Óbudai Egyetem Robottechnikai Szakkollégium részére, amelynek tagjaként számos szakmai és anyagi támogatást kaptam jelen szakmai tudományos publikációm elvégzéséhez. A szakkollégium kiemelt segítséget nyújt az Óbudai Egyetem tehetséges hallgatóinak és doktoranduszainak.

A tanulmány a TÉT_12_MX-1-2013-0001 és International S&T Cooperation Program of China, Granted No. 2014DFG72020 projektek támogatásával valósult meg.

## 7. Következtetések

A CDR és Facebook eseményei által szolgáltatott adatokat összevetve jó közelítéssel megállapíthatjuk, hogy az ember tömegek milyen úti célt is céloztak meg maguknak. Sajnos a Facebook korlátozza a hozzáféréseket egyes eseményeihez, de az elérhetők is hasznos információval szolgálnak. Mivel a CDR adatok egy antenna által lefedett területet jelölnek így csak egy adott zónára érkező emberek figyelhetünk meg. Ezzel szemben a Facebook eseményei pontos címet tartalmaznak, mely segítségével az úti cél is konkretizálódik. Ezáltal már tervezhető az adott terület, útvonal terhelése. Megállapíthatjuk, hogy a Social Meda által szolgáltatott adatok megfelelő feldolgozása, pontosít az adatainkon és további

felhasználásra ad lehetőséget a forgalom szervezős szempontjából.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] G. V. Lioudakis: *An Intelligent Traffic Management System for the Eco-Optimization of Urban Traffic Flows*. Communications Workshops (ICC), 2010.

[2] T. Gang: *Fuzzy Neural Network Model Applied in the Traffic Flow Prediction*. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Information Acquisition, August 20 - 23, 2006.

[3] J. Zhang: *Smarter outlier detection and deeper understandingof large-scale taxi trip records: a case study of NYC*. InSIGKDD, '12 Workshop on Urban Computing.

[4] Web:http://analytics.socialdaily.com/hu/facebook/countries/HU/,http://newsroom.fb.com/company-info/, utolsó megtekintés ideje: 2014.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 281–284.
http://hdl.handle.net/10598/29083
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.61

# EGY TOMPA TEST KÖRÜLI TURBULENS ÁRAMLAT NUMERIKUS IDŐ INTEGRÁCIÓS MÓDSZEREINEK A PARAMETRIKUS VIZSGÁLATA

# A NUMERICAL PARAMETRIC STUDY OF TIME INTEGRATION METHODS FOR TURBULENT FLOWS AROUND A BLUFF BODY

Milchis Tudor[1], Gobesz F.-Zsongor[2]

*Kolozsvári Műszaki Egyetem (UTCN), Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai tanszék, Románia, 400020 Kolozsvár, C. Daicoviciu (Bástya) u. 15.*

[1]*tudor.milchis@mecon.utcluj.ro*

[2]*go@mecon.utcluj.ro*

## Abstract

The numerical integration methods of the Navier-Stokes equations were parametrically studied in case of the airflow around a rectangular bluff-body. Three different artificially generated, 600 second long wind speed distributions were considered, with the variation of three significant parameters. The goal was not the assessment of the actual airflow around the body, but the study of the numerical integration methods implemented in Abaqus in terms of their convergence.

***Keywords**: fluid dynamics, turbulent flow system, numerical integration methods, parametric study*

## Összefoglalás

Egy nem aerodinamikus téglatest körüli légáramlat Navier-Stokes féle egyenleteinek a numerikus integrálási módszereit vizsgáltuk parametrikusan. Három eltérő, 600 másodperces időtartamú, mesterségesen generált szélsebesség eloszlást vettünk figyelembe és három (a folyadékáramlások dinamikájában fontos) paramétert változtattunk. A cél nem a folyadék testkörüli viselkedésének a tanulmányozása volt, hanem az Abaqus programcsomagba ültetett eljárások vizsgálata konvergencia szempontjából.

***Kulcsszavak:** áramlástan, turbulens áramlási rendszer, numerikus integrálási módszerek, parametrikus vizsgálat*

## 1. Bevezetés

Az áramlástan alapvető egyenletei a Navier-Stokes (N-S) féle képletek segítségével vannak kifejezve összenyomható, illetve összenyomhatatlan folyadékok mozgásának az esetében. Ezeknek az egyenleteknek a közvetlen integrálása csupán a folyadékok lamináris áramlása esetén lehetséges. A turbulens áramlások esetében viszont egyszerűsített modelleket lehet bizonyos mértékig alkalmazni. A szakirodalomból elég sok parciális (N-S) differenciálegyenletek megoldására szolgáló eljárás közül lehet választani. Az Abaqus szoftvercsomagban három változat van beépítve (a

„Backward-Euler”, a „Galerkin” és a „Trapezoid”). Ezek a leggyakrabban alkalmazott modellek a N-S egyenletek integrálásakor. Mindegyik eljárásnak megvannak a maga előnyei és hátrányai, van amelyiket hosszabb időtartamú vizsgálatok esetében, van amelyiket apróbb Δt lépések számítása-kor előnyösebb alkalmazni [1-4].

## 2. A Navier-Stokes féle egyenletek numerikus integrálási módjai

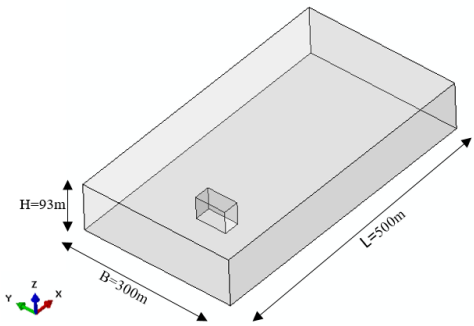
A tömeg meg a lendület megmaradása és a termodinamika második törvénye a három alapvető elve az áramlástannak. A vizsgált tárgy körüli turbulens áramlás (tehát a nagyon magas Reynolds-szám) miatt az egyenletek matematikai megoldásához egy turbulens modell alkalmazását tette szükségessé. Az Abaqus szoftvercsomag alapértelmezésben a LES (Largy Eddy Simulations) modellt használja, de esetünkben, az áramlás nagyobb turbulenciája miatt egy bonyolultabb modellre, a „Spalart-Allmaras”-ra esett a választásunk.

A szállítási egyenletek integrálása inkrementálisan történik, erre három változatot kínál az Abaqus a következő θ értékekkel: ½ a „Trapezoid”, ⅔ a „Galerkin”, illetve 1 a „Backward-Euler” módszer esetében, és a következőket javasolja a három parametrizált eljárás esetében, a θ érték függvényében:

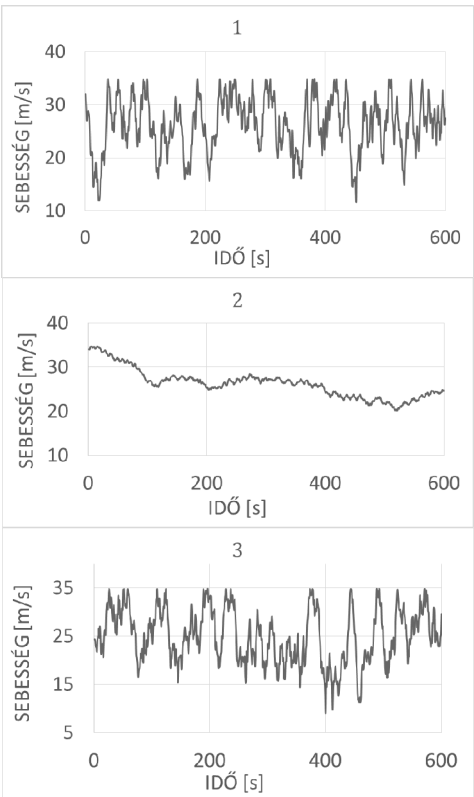
- a legtöbb esetben a „Trapezoid” illetve a „Galerkin” módszer alkalmazása javasolt, az idő-inkremens automatikus frissítésével;
- a „Backward-Euler” meg a „Galerkin” módszer sikeresen alkalmazható az állandó áramlású folyadékok esetében, amikor nincsenek hirtelen sebességváltozások.

## 3. Számítási eredmények

A számításokat egy 60×30×43 m-es szerkezeten végeztük, egy 300×500×93 m-es (B×L×H) tartományban a szakirodalomban javasoltak [5-6] alapján. Az alkalmazott véges-elemek FC3D8 típusú 3D hexagonok (térbeli, 8 csomópontos térfogati elemek) voltak.




**1. ábra.** *A vizsgált tartomány és test.*




**2. ábra.** *A három mesterségesen generált, majd vizsgálatra alkalmazott sebességdiagramm.*

Az Abaqus szoftvercsomag megoldó programja hibrid megközelítést alkalmaz a tér- és időbeli tartomány véges-elemekre való felosztására. Az időfüggő feladatokhoz egy előrehaladott másodfokú vetítést alkalmaz 1 csomópontú véges-elemekkel (a csomópont az elem központjában van) a nyomás meghatározásához, teljesítve véges-térfogatokhoz rendelt megmaradási jelenségeket. Ez a vetítési eljárás részben szétválasztja a nyomást a sebességtől a N-S egyenletekből.

A „Spalart-Allmaras" módszer egyetlen szállítási differenciálegyenleten keresztül modellezi a turbulenciát.

Három különböző, mesterségesen generált sebességdiagrammot alkalmaztunk úgy, hogy a maximális szélsebesség ne lépje túl a 35 m/s-os határt (a **2. ábrá**n láthatók ezek a diagrammok). A paraméteres vizsgálat az alábbi három fontos érték változtatásaival történt:

- a véges-elemek mérete (**1. táblázat** *a* és *b* oszlop, méterben),
- a numerikus integrálási módszer (**1. táblázat** *e* oszlop, jelölések: *BE* – „Backward-Euler", *T* – „Trapezoid" és *G* – „Galerkin"),
- az igazítási lépés frekvenciája (**1. táblázat** *c* oszlop).

Két zónában változtattuk a véges-elemek méreteit: belül (a test és a folyadék érintkezési felületein – *b* oszlop) és kívül (a terület többi részén – *a* oszlop).

Az eredményeket három táblázatban összesítettük (1. táblázat), növekvő sorrendben a teljes 600 másodperces időtartam felé (ami a vizsgálat időrendi végét is jelenti, 1. táblázat *d* oszlop). Egy-egy sikeres futtatás után nem végeztünk ismételt vizsgálatot, ami némileg zavarhatná e kutatás következtetéseit, de észrevehető egyes paraméterek stabilizálódása még a vizsgálat vége előtt.

**1. táblázat.** *A három sebességdiagrammból kapott adatok összesítése*

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 10 | 5 | 3 | 126,47 | *BE* |
| 10 | 5 | 1 | 131,99 | *BE* |
| 5 | 2,5 | 3 | 143,08 | *BE* |
| 5 | 2,5 | 3 | 155,51 | *BE* |
| 5 | 2,5 | 3 | 194,83 | *T* |
| 5 | 2,5 | 3 | 213,37 | *G* |
| 10 | 5 | 2 | 223,87 | *BE* |
| 7,5 | 7,5 | 3 | 233,36 | *T* |
| 7,5 | 4,5 | 3 | 256,66 | *T* |
| 7,5 | 5 | 3 | 270,87 | *BE* |
| 5 | 2,5 | 1 | 283,14 | *T* |
| 7,5 | 3 | 3 | 574,57 | *T* |
| 7,5 | 3 | 1 | 600,00 | *T* |
| 2 | | | | |
| 5 | 1 | 2 | 25,33 | *T* |
| 7,5 | 2,5 | 3 | 60,60 | *T* |
| 7,5 | 5 | 1 | 71,00 | *G* |
| 7,5 | 2,5 | 8 | 77,46 | *T* |
| 7,5 | 5 | 3 | 83,00 | *BE* |
| 7,5 | 2,5 | 3 | 95,73 | *T* |
| 7,5 | 5 | 3 | 96,00 | *G* |
| 10 | 5 | 8 | 127,39 | *T* |
| 10 | 5 | 2 | 133,54 | *T* |
| 10 | 5 | 4 | 164,88 | *T* |
| 7,5 | 2,5 | 5 | 198,94 | *T* |
| 7,5 | 4,5 | 3 | 600,00 | *T* |
| 3 | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 102,95 | *T* |
| 7,5 | 4,5 | 3 | 114,39 | *T* |
| 5 | 3 | 1 | 127,24 | *BE* |
| 7,5 | 5 | 1 | 131,22 | *BE* |
| 7,5 | 3,5 | 1 | 131,25 | *BE* |
| 7,5 | 3 | 1 | 267,93 | *BE* |
| 7,5 | 2 | 1 | 277,87 | *T* |
| 15 | 5 | 1 | 301,21 | *BE* |
| 7,5 | 3 | 1 | 325,39 | *G* |
| 7,5 | 3 | 1 | 356,79 | *T* |
| 10 | 5 | 1 | 369,93 | *BE* |
| 7,5 | 3 | 3 | 424,71 | *T* |
| 7,5 | 3 | 1 | 547,00 | *BE* |
| 7,5 | 3 | 3 | 600,00 | *G* |

## 3. Következtetések

A három szélsebesség változása között eltérések észlelhetők (az első és a harmadik némileg hasonló, de a második teljesen eltérő ezektől, kissebb sebességváltozásokkal). Bár első ránézésre úgy gondolhatnánk, hogy az első és a harmadik szélsebességi diagramm esetében azonos eljárást lehetne alkalmazni, az eredmények ezt cáfolják.

A második szélsebességi diagramm esetében nagyon nehézkes konvergenciát tapasztaltunk, ez a diagramm alakja miatt nem volt meglepő.

A harmadik diagramm esetében szükséges lett volna egy kiterjedtebb vizsgálat, de a futtatási / számítási idők terjedelme miatt lemondtunk erről. Általános megállapításként, a vizsgálatok futtatási ideje 24 óra körül volt egy 16 processzoros számítógép hálózaton (2,8 GHz-es frekvenciával, 48 GB memóriával).

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Yu D., Kareem A., *Parametric study of flow around rectangular prisms using LES*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 77&78,1998, 653–662.

[2] Immanuvel P., Arul Prakash K., Vengadesan S., *Numerical analysis of laminar fluid flow characteristics past an elliptic cylinder: A parametric study*, International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, Vol. 24, 2014, 1570 – 1594.

[3] Fidaros D. K., Baxevanou C. A., Vlachos N. S., *A parametric study of a solar calcinator using computational fluid dynamics*, Energy Conversion and Management, Volume 48, Issue 11, November 2007, 19th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, 2007, 2784-2791.

[4] Sorvari J., Hämäläinen J., *Time integration in linear viscoelasticity – a comparative study*, Mech Time-Depend Mater, 2010, 307–328.

[5] Anderson, J. D., *Computational Fluids Dynamics. The Basics with Applications*. McGraw-Hill Inc., 1995.

[6] Abaqus/CAE, *Theory and user Manual*.

[7] Barszcz T., Bielecka M., Bielecki A., Wojcik M., *Wind speed modelling using Weierstrass function fitted by a genetic algorithm*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, No. 109, 2012, 68–78.

Acknowledgment:
The authors wish to express their gratitude for the funding and support received from the Department of Structural Mechanics, from the Technical University of Cluj-Napoca.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 285–288.
http://hdl.handle.net/10598/29084
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.62

# NÁTRIUM-HIDROXID ABSZORBENSSEL VÉGZETT KÉNHIDROGÉN-MENTESÍTÉS GAZDASÁGOSABBÁ TÉTELÉNEK VIZSGÁLATA

# EXAMINATION OF ECONOMIZE TO HYDROGEN SULPHIDE REMOVAL IN SODIUM HYDROXIDE ABSORBENT

Molnár Éva[1], Rippelné Pethő Dóra[2], Horváth Géza[3], Bocsi Róbert[4], Bobek Janka[5]

[1-5]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék, H-8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10.*

[1]*molnare@almos.uni-pannon.hu*

[2]*pethod@almos.uni-pannon.hu*

[3]*horvathg@almos.vein.hu*

[4]*bocsirobert@almos.uni-pannon.hu*

[5]*bobek.janka@gmail.com*

## Abstract

Nowadays one of the actual tasks is removal of hydrogen sulfide from natural gas by economical and environmentally friendly way. Natural gas is a very valuable fossil energy sources however, if it has hydrogen sulfide content it will cause serious economic and environmental problems. Answer to these problems have already developed a number of procedures, in our case the alkali chemisorption was examined. By applying the appropriate conditions it is a relatively effective and selective gas purification method. The experimental apparatus was a jet reactor. Experimental model gasmixtures consist of nitrogen, hydrogen sulfide and carbon dioxide. The studied factors were concentration and amount of absorbent, residence time, gasflow, gas composition and diameter of nozzle.

***Keywords**: natural gas, hydrogen sulfide, carbon dioxide, chemisorption, sodium hydroxide.*

## Összefoglalás

Napjaink aktuális témája a földgázok kénhidrogén-mentesítésének megoldása gazdaságos és környezetbarát módon. A földgáz az egyik legértékesebb fosszilis energiaforrásunk, azonban ha kénhidrogén tartalommal is rendelkezik komoly gazdasági és környezetvédelmi problémák merülnek fel. Ezek kiküszöbölésére már számos eljárást dolgoztak ki, melyek közül esetünkben az alkáli lúgos kemiszorpcióval foglalkozunk. A megfelelő körülmények alkalmazása mellett ez egy hatékony és szelektív gáztisztítási módszer. A vizsgálatokat jet reaktorban végeztük el nitrogént, kén-hidrogént és szén-dioxidot tartalmazó modell gázkeverékekkel. A vizsgált tényezők között szerepel például az abszorbens koncentrációja és mennyisége, a tartózkodási idő, a gázáram, a gázösszetétel és a fúvókaátmérő.

***Kulcsszavak:** földgáz, kén-hidrogén, szén-dioxid, kemiszorpció, nátrium-hidroxid.*

## 1. Bevezetés

A földgáz a legfontosabb fosszilis energiaforrásaink közé tartozik. Elsősorban szénhidrogén alapú gázok gyúlékony elegyéből áll, azonban természetes módon olyan szennyező komponenseket is tartalmaz, mint például kén-hidrogént ($H_2S$), szén-dioxidot ($CO_2$), ammóniát ($NH_3$) vagy vízgőzt ($H_2O$). A tipikus földgáz összetétel az 1. táblázatban olvasható, azonban megjegyzendő, hogy a részarányok lelőhelytől függően jelentősen változnak.

**1. táblázat.** *Tipikus földgáz összetétel [1]*

| Komponens | Részarány (%) |
|---|---|
| Metán($CH_4$) | 97 |
| Etán($C_2H_6$) | 0,919 |
| Propán($C_3H_8$) | 0,363 |
| Bután($C_4H_{10}$) | 0,162 |
| Szén-dioxid ($CO_2$) | 0,527 |
| Oxigén($O_2$) | 0-0,08 |
| Nitrogén($N_2$) | 0,936 |
| Nemes gázok | nyomokban |
| Egyebek (például $H_2S$) | 0-0,001 |

A szén-hidrogén alapú gázok elégetése közben az energia mellett csupán H2O és CO2 keletkezik, ezért fosszilis energiaforrásaink közül viszonylag tisztának és környezetbarátnak mondhatjuk. A gáziparban azonban gyakran nehézséget okoz a földgáz H2S tartalma, mivel vízzel érintkezve korrozív hatású közeget képez, ami a szállító vezetékek élettartamát jelentősen lecsökkenti. Ezen túlmenően, pedig felhasználáskor kén-dioxid (SO2) keletkezik belőle, ami a környezetre rendkívül káros. Tehát a H2S mielőbbi elvétele a gázkezelés során kiemelkedően fontos [1].

## 2. Földgáztisztítás

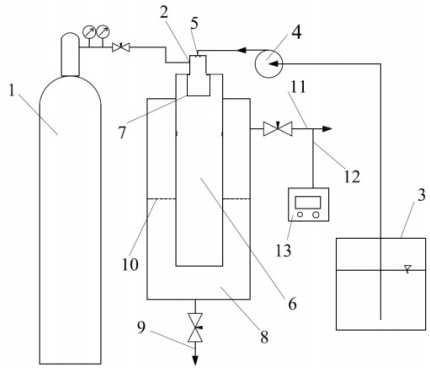
Kénhidrogén-mentesítésre ma már számos megoldás létezik, jellemzően adszorpciós és abszorpciós eljárásokat alkalmaznak az iparban. A kutatás-fejlesztés tevékenység e témakörben azonban rendkívül szükséges, mivel a környezetvédelmi előírások szigorodásával a meglévő technikák használhatósága egyre korlátozottabb [1].

### 2.1. Földgáztisztítás nátrium-hidroxid abszorbenssel

A földgáztisztítás egyik ígéretes megoldásának tűnik az alkáli lúgos kemiszorpció, mellyel hatékony és szelektív gáztisztítás érhető el. A szelektivitás a vegyszerfelhasználás minimalizálása miatt fontos. Az alkáli lúgos kemiszorpció alkalmazásánál kompetíció lép fel a CO2 és a H2S molekula között. A H2S a CO2-hoz képest gyorsabb reakcióra képes a nátrium-hidroxiddal (NaOH), azonban az így létrejövő kötések kevésbé stabilak, mint amelyek a CO2 és a NaOH között kialakulhatnak. Tehát, hogy a művelet a H2S megkötődésének kedvezzen, ehhez a tartózkodási idő a kulcsparaméter. Hogy a kénhidrogén-mentesítés a megfelelő hatásfokkal menjen végbe a tartózkodási idő minimalizálása (kisebb, mint 1 s) mellett a fázisérintkeztetés tökéletesítése is szükséges. A hagyományos konstrukciójú abszorberek a feladat megoldására nem alkalmasak [1-2].

## 3. Anyag és módszer

A megfelelő tartózkodási idő és érintkeztetés biztosítása céljából olyan berendezést választottunk kísérleteink elvégzésére, mellyel megvalósítható, hogy a tisztítandó gázkeverékkel történjen a NaOH abszorbens oldat beporlasztása, majd a reaktorteret követően gyors fázis-szeparációra is lehetőség legyen. Kísérleti jet reaktorunk az **1. ábrá**n látható.




**1. ábra.** *Kísérleti jet reaktor*

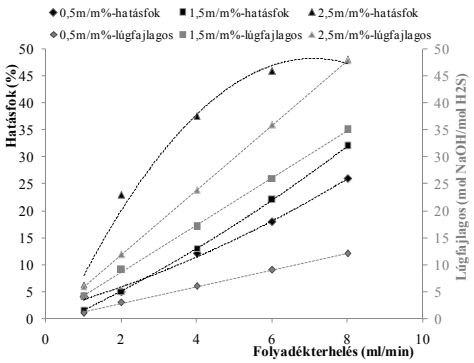
A művelet során a $H_2S$-t, $CO_2$-ot és $N_2$-t tartalmazó gázkeverék (1) a fúvókán (7) keresztül belép (2) a reaktortérbe (6) miközben beporlasztja a lúgtartályból (3) érkező NaOH oldatot (5). A folyamatos lúgbetáplálást adagoló szivattyú (4) biztosítja. A reaktorteret a szeparációs tér követi (8), a folyadék fázis leválasztása cseppfogó (10) segítségével történik. A reaktorból kilépő gázból (11) folyamatosan minta (12) érkezik a Dräger X-am 7000 nevű gázelemző készülékhez (13). Az abszorpció során keletkező elhasználódott lúgot pedig időközönként leengedjük(9) a rendszerből.

A készülék alkalmazásával az lúg- és a gáz-betáplálás, a tartózkodási idő és a fúvókaátmérő hatását is megvizsgáltuk.

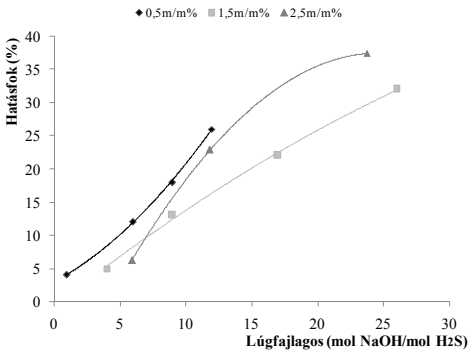
### 3.1. Az abszorbens koncentrációjának és áramának hatása

A **2. ábrá**n az abszorbens koncentráció és a folyadékterhelés hatása figyelhető meg a kénhidrogén-mentesítés hatásfokára illetve a lúgfelesleg alakulására.

A **3. ábrá**n pedig a jobb szemléltetés végett a lúgfelesleg függvényében ábrázoltuk a hatásfok eredményeket az adott lúgkoncentrációkra.



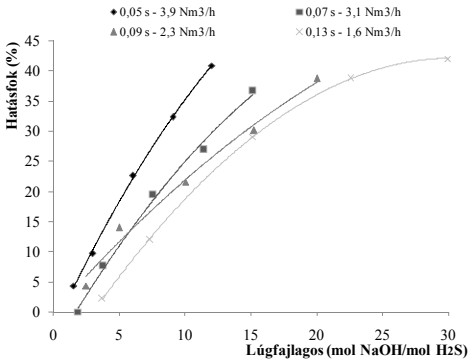

**2. ábra.** *A hatásfok és a lúgfelesleg változása a folyadékbetáplálás emelkedésével (1,6 $Nm^3/h$ gázsebesség, 30 bar nyomás, 60 V/V% $CO_2$ és 90 ppmv $H_2S$ gázösszetétel)*




**3. ábra.** *A hatásfok változása a lúgfelesleg emelkedésével különböző NaOH koncentrációkra (1,6 Nm3/h gázsebesség, 30 bar nyomás 60 V/V% CO2 és 90 ppmv H2S gázösszetétel)*

### 3.2. A tartózkodási idő és a gázsebesség hatása

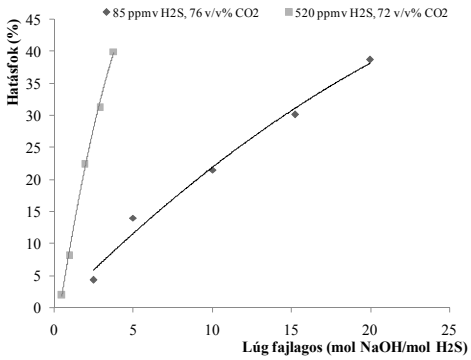
A tartózkodási idő a gázsebesség változásával fordítottan arányos. A tartózkodási idő és a gázsebesség együttes hatásfokra gyakorolt befolyása a **4. ábrá**n látható.




**4. ábra.** *A gáztérfogatáram és a tartózkodási idő hatása a hatásfokra a lúgfajlagos függvényében (85 ppm $H_2S$ és 76 V/V% $CO_2$ tartalmú gáz esetében, ahol az abszorbens 1,5m/m%-os NaOH oldat)*

### 3.3. A gázösszetétel hatása

*A $CO_2$ és a $H_2S$ egymáshoz viszonyított aránya is rendkívül nagy hatással bír a kén-hidrogén-mentesítés kimenetelére, ez látható az 5. ábrán.*

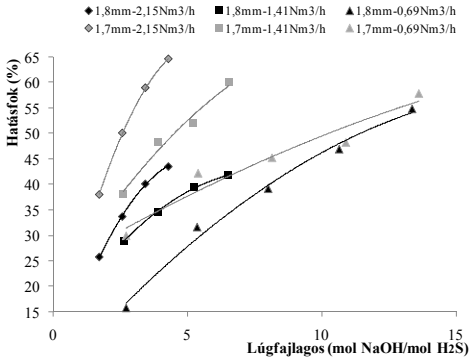



**5. ábra.** *A gázösszetétel hatása a hatásfokra a lúgfajlagos függvényében (2,2Nm3/h gáztérfogatáram, 1,5m/m% NaOH abszorbens, 30 bar nyomás)*

Az 520 ppm $H_2S$ és 72 % $CO_2$ tartalmú gázban a $H_2S/CO_2$ arány 6,5-szerese a 85 ppm $H_2S$ és 76% $CO_2$ tartalmú gázkeverékhez képest.

### 3.4 A fúvókaátmérő hatása

A fúvókaátmérő hatása a 6. ábrán figyelhető meg 3 különböző gázsebesség esetére.




**6. ábra.** *A gáztérfogatáram és a fúvókaátmérő hatása a hatásfokra a lúgfajlagos függvényében (85 ppm $H_2S$ és 76 V/V% $CO_2$ tartalmú gáz esetében, ahol az abszorbens 1,5m/m%-os NaOH oldat)*

## 4. Következtetések

Az alkáli lúgos kénhidrogén-mentesítés gazdaságosabbá tehető, ha adott lúgfelesleg alkalmazása mellett a hatásfok növekedése megvalósítható. Ezt esetünkben a tartózkodási idő (0,1 s alá) csökkentésével, (ami a gázsebesség növelésével arányos), a megfelelő fúvóka és abszorbens koncentráció megválasztásával sikerült elérni. A vizsgált tartományon belül a NaOH áramának és koncentrációjának növelése csak egy bizonyos határig hozott javulást. Elmondható, hogy a kisebb lúgkoncentrációk nagyobb térfogatárammal történő alkalmazása volt a kifizetődőbb. A gázösszetételt tekintve pedig elmondható, hogy a módszer hatékonysága a $H_2S/CO_2$ arány emelkedésével növekszik.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Á. Vágó, D. Rippel-Pethő, G. Horváth, I. Tóth, K. Oláh: *Removal of hydrogen sulfide from natural gas, a motor vehicle fuel, Hungarian Journal of Industrial Chemistry,* Veszprém, 2011, 2. kiadás, 39. kötet, 283-287oldal

[2] J. Siemak, M. Gelbs: *Operating experinece with a two-stage $H_2S$ scrubber using caustic soda,* SPE California Regional Meeting, 1985, 13640-MS

*XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 289–292.* *DOI: 10.33895/mtk-2016.05.63*
*http://hdl.handle.net/10598/29085*

# ÖSSZEHASONLÍTÓ TANULMÁNY EGY HÁROMSZÖG RÁCSOS GEOSZINTETIKUS ANYAGOKKAL MEGERŐSÍTETT ÚTSZAKASZ VALÓS ÉS VIRTUÁLIS MODELLEZÉSE KAPCSÁN

# COMPARATIVE STUDY ON NUMERICAL AND FULL SCALE MODELING OF A ROAD STRUCTURE REINFORCED WITH TRIAXIAL GEOGRIDS

Nagy Andor-Csongor[1], Ursu Ivett[2], Moldovan Dorin[3]

*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Epitőmérnöki kar, Tartószerkezet Tanszék, 400027, Románia, Kolozsvár, G. Bariţiu utca, 25. szám;*

[1]*andor.nagy@yahoo.com*

[2]*ursuivett@gmail.com*

[3]*dorin.moldovan@dst.utcluj.com*

## Abstract

The current trend in the construction design and execution leans toward environmentally friendly solutions. Most of the research activity is oriented by innovations, which lead to unusual combinations of conventional building materials with alternative materials. Such a combination can be obtained by reinforcing earth fillings with plastic materials, in the form of a triangular meshed grid. The earth-geosynthetic aggregate is highly enduring, because the plastic material isn't subjected to environmental conditions that usually facilitate its degradation, thus retains its original flexibility, and effectively acts as a steel bar reinforcement of the reinforced concrete element.

***Keywords**: triaxial geogrid, finite element modeling, Lucas plate test.*

## Összefoglalás

Az építőipar jelenlegi trendje a környezetbarát megoldások felé hajlik. Aktuális kutatások jelszava az „innováció", aminek közvetlen következménye a klasszikus építőanyagok szokatlan kombinációja alternatív anyagokkal. Egy ilyen párosítás az alapozási talaj megerősítése műanyagból készült hálószerkezetekkel. A föld-geoszintetikus kombináció kifejezetten tartós megoldás, mert a műanyagot nem érik azon környezeti körülmények amelyek elősegítik az „öregedési" folyamatot, így megtartja eredeti rugalmasságát, és gyakorlatilag úgy működik, akár a vasalás egy vasbeton elemben.

***Kulcsszavak:** háromszög rácsos geoszintetikus háló, véges elem modellezés, Lucas lemez teszt.*

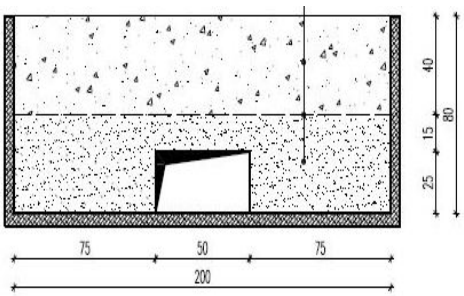
## 1. Bevezetés. A dolgozat korszerűségének indoklása.

Kutatásaink során egy különleges helyzetet tanulmányoztunk geoszintetikus hálóval erősített útszerkezetek esetében. Bizonyos külső és belső elemek hatására (pl. rezgések, talajvíz áramlás) az alapozási talajban kissebb-nagyobb méretű rések, hézagok keletkezhetnek. Legtöbbször a felszínen semmi jel nem utal a mélyben keletkezett űrre, de rövidebb vagy hosszabb távon a rések kiterjednek, belső kráterekké alakulnak (az okozó elemek folyamatos hatása alatt), majd váratlanul bekövetkezik a felszín beomlása. Ilyen jellegü hézagok előfordulása elég gyakori jelenség, a kiváltó okok sokoldalúsága miatt. Keletkezhetnek karsztikus régiók talajvíz áramlása során, belvárosi csővezetékek meghibásodásából, vagy dinamikus terhelés miatt, aminek oka lehet a közlekedés vagy földrengés. Felmerül a kérdés, hogyan viselkedne egy geoszintetikus hálóval megerősített szerkezet egy hézagos talaj felett?

Romániában, 2013 őszén, a Galac megyében található Izvoarele község területén, máig ismeretlen okokból, október – december periódusban több mint 300 kis és közepes méretű földrengés történt (2,5 – 4 intenzitással a Richter skálán), aminek következtében különböző méretű kráterek, és süppedések keletkeztek a régioban, utak hasadtak szét, házak omlottak össze, és több család került áttelepítésre. Természetesen, nehéz előrelátni és számolni ilyen helyzetekkel, a javítási költségek pedig jelentősek. Ezért építéstudományi, társadalmi és gazdasági jelentőséggel bír a fenti kérdés megválaszolása.

## 2. Laboratóriumi és virtuális modellek létrehozása

A tanulmány két irány szerint haladt: egyrészt létrehoztunk egy 1:1 méretarányban készült laboratóriumi modellt, amin egy hézaggal ellátott útszakasz viselkedését elemeztük normális közlekedési viszonyok alatt, majd tanulmányunk második részében ugyanezt a modellt létrehoztuk egy véges elem modellezési programban (GFAS) is az eredmények összehasonlításának céljából.




**1. ábra.** *A laboratóriumi modell konfigurálása és méretei*

A kísérleti modelleket egy dobozban éptettük fel, amelynek méretei a következőek voltak: 1.50 méter szélesség, 1.00 méter magasság, és 1.00 m hosszúság, az 1. ábra szerint. A tanulmányozott útszakasz alapját egy 40 cm vastagságú agyagréteg képezte, a második réteg pedig, ami szintén 40 cm vastag volt, zúzott kőből készült. A doboz alsó részén, a szélesség közepén létrehoztuk az 50 cm széles és 25 cm magas hézagot. A hézag jelenléte a bevezetésben volt megindokolva

A Lucas lemez teszt során meghatározzuk az adott útszerkezet lineáris alakváltozási moduluszát (a Young moduluszt). A tesztelési folyamat abból állt hogy egy 300 mm átmérőjű merev fém lemezt terheltünk statikusan 50 kPa nyomástól kezdve, további 50 kPa-nyi lépésekben haladva egészen a struktúra töréséig, folyamatosan követve a felületi süppedést (15 percenként leolvastuk az értékeket a lemez felületén elhelyezett 3 mérőműszerről). A következő terhelési lépést csak abban az esetben aplikálhattuk, ha a felületi deformáció stabilizáltnak számított (vagyis 30 percen keresztül nem süppedt több mint 0.1 mm-t az utolsó olvasott

értékhez viszonyítva) [1]. A Lucas lemezt a modell szélességének közepén helyeztük el, a hézag felett, így a lehető legkedvezőtlenebb terhelési forgatókönyvet követhettük nyomon.

## 3. A geoszintetikus anyag szerepe. Háromszögrácsos geoháló.

A gyakorlatban felhasznált geoszintetikus elemek egy vagy kétdimenziósak, a legközönségesebb a háló formájában gyártott, négyzet és háromszögnyílással ellátott geohálók. A szokványos földkonszolidáció munkálatok nagy mennyiségű kőfejtő aggregátumot, cementet, vasalást igényelnek. Ezzel összevetve a geoszintetikusháló gyártása megvalósítható akár újrahasznosított műanyagból is, gyakorlatilag bármilyen aggregátummal működőképes, beépítése pedig nem igényel nagyobb gépmunkát, mivel szőnyegként szétterítik, majd ráhelyezik a földtöltést és tömörítik.

A háromszög a legstabilabb mértani forma (bármilyen torzulása szintén háromszögformát eredményez). A háromszögrácsos geoháló magas radiális merevséggel rendelkezik, aminek köszönhetően egységesen oszlik el a közlekedési terhelésből származó nyomás kúp, így egyértelmű választás volt a kísérlet számára [2].

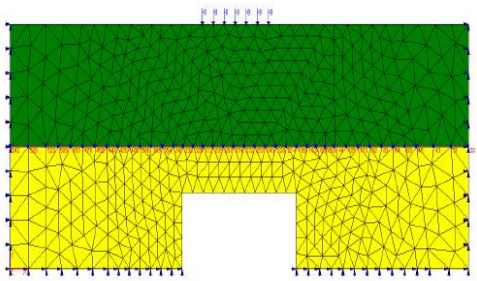
## 4. A véges elem modellezés módszer aplikálása az adott kísérletben

A véges elem módszerrel végzett modellezés megfelelő a virtuális modell kialakításához, mert létrehozható benne a föld-geoszintetikus kölcsönhatás. Ugyanakkor a struktúra törése modellezhető talajvíztől függő vagy független körülmények között, ami az adott modell esetében kifejezetten fontos, tekintve hogy kohezív és nem kohezív földszerkezeti típusokat használtunk fel (agyag és zúzott kő).

A véges elem modellezés meghatároz minden aplikált terhelésnek egy megfelelő feszültségi mezőt. Egy adott törési kritérium segítségével a program kimutatja, ha a bevezetett struktúra valamelyik pontjában fellép a törés. A törési kritériumok meghatározzák egy adott anyag lineáris – rugalmassági korlátait. Modellünk számára az ideális törési kritérium a von Mises volt, mivel a felhasznált földtípusok magas nedvességgel rendelkeztek. Ezen törési kritérium alapfeltevése hogy a maradandó alakváltozás akkor következik be, amikor a deformációhoz szükséges potenciális energia ($W_d$) elér egy kritikus értéket (minden bevezetett anyagra külön jellemző) [3], [4]:

$$W_d = \frac{1+\upsilon}{6E}\left[(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2+\sigma_3)^2+(\sigma_3+\sigma_1)^2\right] \quad (1)$$

ahol E a Young modulusz, υ a Poisson hányadós, $\sigma_1$, $\sigma_2$ és $\sigma_3$ pedig az „x”, „y” és „z” irányra fuggőleges feszültségek.

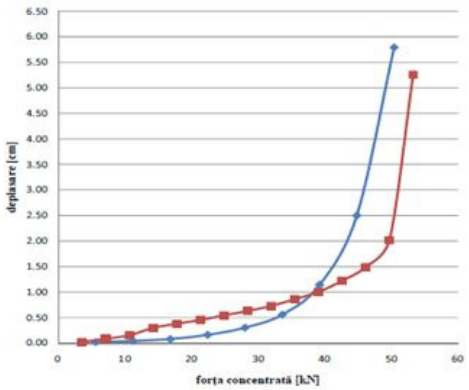


**2. ábra.** *A GFAS programban létrehozott számítási modell*

## 5. Valós és virtuális modell viselkedése adott terhelés alatt. Összehasonlítás

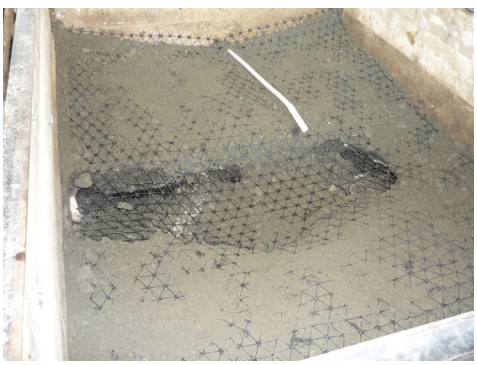
A valós és virtuális modellek feltűnően hasonlóan viselkedtek alakváltoztatás és tartóképesség szempontjából, amint a 3. ábra is mutatja. A laboratóriumi modell 800 kPa-nak megfelelő nyomás alatt vesztette el

tartóképességét, míg a GFAS véges elem modellezési programban létrehozott útszakasz keresztmetszet esetében 750 kPa nyomás esetében következett be a törés.




**3. ábra.** *Laboratóriumi (piros) és számítógépes modell (kék) viselkedése felületi süppedés – aplikált nyomás függvényében*

A törés pillanatában mért maximális felületi alakváltozás esetében sincs nagy különbség a két modell között, a laboratóriumban 5.30 cm-t mértünk, míg a számítógépes modell 5.75 cm-t mutatott ki.



**4. ábra.** *Az elszakadt háromszögrácsos geoháló a laboratóriumban tesztelt modell belsejében*

## 6. Következtetések

A tanulmány egy különleges eset kétféle megközelítését mutatja be. Kiindulópontunk egy valóságban előforduló hézagos útszakasz volt. A stabilizálás érdekében modern, geoszintetikus anyaggal erősítettük meg struktúránkat. Összevetve a valós és virtuális modell tesztelése során elért eredményeket:

- a törési kritérium megfelelő megválasztása esetén a számítógépen létrehozott modell rendkívül hasonló módon viselkedik, mint a valóságban létrehozott modell;
- a felületi süppedések szinte azonosak a két modellben, ugyanakkor hasonló a variációjuk is az aplikált nyomás függvényében;
- a kisebb eltérések a véges elem modellezés alapkövetelményéből származnak, ami szerint a diszkretizált elemek folyamatosan érintkezésben vannak, ez a valóságban nem feltétlenül van így.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] STAS 2914/4-89 *Lucrări de drumuri şi căi ferate*. Determinarea modulului de deformaţie liniară prin încercări pe teren cu placa.

[2] Iliescu, M: *Geosintetice*, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1994

[3] Chiorean, C: *Calculul neliniar al structurilor* vol. 1, U.T. Press, Cluj-Napoca, 2009

[4] Chiorean, C: *Geostru software, GFAS Finite Element Systems for Geotechnical applications, Theoretical and User Manual* 2010, www.geostru.com

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 293–296. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.64
http://hdl.handle.net/10598/29089

# PARAMETRIKUS MODELLBIZONYTALANSÁG EGY ANYAGVIZSGÁLATI PÉLDA

# PARAMETRICAL MODEL UNCERTAINTY A MATERIALS TESTING EXAMPLE

Nagyné Halász Erzsébet[1], Pokorádi László[2]

[1] *Óbudai Egyetem, Bánki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, H-1081, Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8. Tel. +36 1 6665315, nagynei.halasz@bgk.uni-obuda.hu*

[2] *Óbudai Egyetem, Bánki Kar, Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék, H-1081, Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8. Tel. +36 30 9194929, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

During engineering calculations parametric uncertainty can be seen that can be modeled and is described by appropriate methods. One of the aims of material testing is the surface hardness determination. Tis study describes the main methods for describing the parametric uncertainties and they are illustrated through an example of material testing.

***Keywords**: modeling, uncertainty, materials testing.*

## Összefoglalás

A mérnöki, műszaki számítások során parametrikus bizonytalanság tapasztalható, mely megfelelő módszerekkel modellezhető és leírható. Az anyagvizsgálati eljárások egyik célja lehet a fémek, fémfelületek keménység meghatározása. A tanulmány bemutatja a parametrikus bizonytalanságot leíró főbb módszereket és azokat egy anyagvizsgálati példán keresztül szemlélteti.

***Kulcsszavak:** modellezés, bizonytalanság, anyagvizsgálat.*

## 1. Bevezetés

A műszaki tudományok egyik fő feladata valós fizikai jelenségek folyamatok vagy rendszerek modelljeinek felállítása és vizsgálata. A matematikai modelleket és paramétereket a modellezett rendszer természete és a megkívánt pontosságú eredmény függvényében kell kiválasztanunk. A gerjesztések, valamint a belső jellemzők helyes feldolgozása biztosítja, hogy a rendszer valós tulajdonságai tükröződnek az eredményekben. Ezért kritikus kérdés a megfelelő modell és a rendelkezésre álló adatok helyes feldolgozása.

Az alkatrészek szilárdságtani vizsgálatának egyik módszere a keménységmérés. A szúró keménységmérések közé tartozik a Vickers módszer mikro és nano keménységmérése. A nano keménységmérés a bevonatok keménységének meghatározására alkalmas.

A mérnöki gyakorlatban alkalmazott modelleket írja le M. Csizmadia és Nándori [3]. A modellbizonytalanságokkal Pokorádi foglalkozik [4] könyvében. Kovács-Coskun és Bitay dolgozatának célja a felületi megmunkált, alakított réteg elemzése volt [1]. Kovács-Coskun és Pinke a CSM MHT keménységmérő alkalmazását mutatta be vé-

kony felületi rétegek vizsgálatánál [2]. A metallográfiai és anyagvizsgálati alapokat Zorkóczy foglalta össze [5].

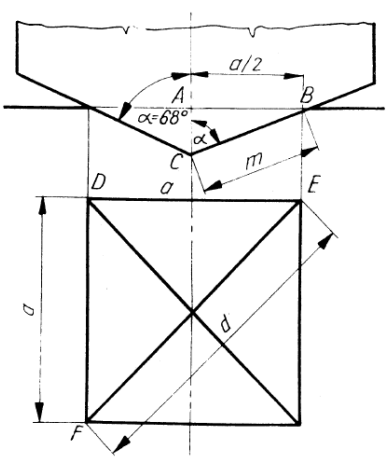
A tanulmány során a Szerzők – a fenti irodalmakra támaszkodva – mutatják be a parametrikus bizonytalanságot és azt egy anyagvizsgálati példán keresztül szemléltetik.

A tanulmány az alábbi részekből áll: A 2. fejezet a Vickers-keménység mérést írja le. A 3. fejezet a modellbizonytalanság kérdéseit elemzi. A 4. fejezet egy mikro keménységmérési példán szemlélteti a parametrikus bizonytalanságot. Az 5. fejezet összegzi a tanulmány elkészítésekor szerzett tapasztalatokat.

## 2. A Vickers-keménység mérés leírása

Vickers-keménység (HV) keménységmérést 136°-os csúcsszögű négyzet alapú gyémántgúlának $F$ terheléssel a tárgy felületébe való benyomása útján végzik úgy, hogy a közel négyzetes lenyomat két átlóját mérik és azok közepertekeből (*d*) számítják a lenyomat felületet (**1. ábra**).

$$HV = \frac{F}{A} \qquad (1)$$




**1. ábra.** *A Vickers-keménység mérés lenyomatának geometriai alakja*

Az 1. ábra jelölései alapján:

$$A = 4\frac{am}{2}, \qquad (2)$$

illetve, az 1. ábra ABC háromszögének szögeiből következik, hogy

$$\frac{a}{2m} = \sin\alpha \quad , \qquad (3)$$

$$A = \frac{d^2}{2\sin\alpha} \quad . \qquad (4)$$

Mivel a gyémánt gúla csúcs szöge (névlegesen) 136°, az α = 68°, azaz sin α = 0,9272, ekkor a

$$A = \frac{d^2}{1{,}854} \qquad (5)$$

$$HV = \frac{1{,}854F}{d^2} \qquad (6)$$

egyszerűsített egyenleteket tudjuk alkalmazni. A gyakorlatban azonban nem a fenti számítást alkalmazzák, hanem táblázat alapján határozzák meg a HV értéket [3].

## 3. A modellbizonytalanság

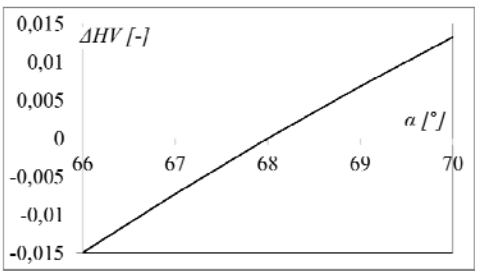
A mérnöki gyakorlatban a rendelkezésünkre álló információk gyakran nem kellően pontosak – inkább pontatlan, diffúz, fluktuáló, nem teljes, töredékes. Ezeket az információkat főleg tervek, tervrajzok, mérések, megfigyelések, tapasztalatok, szakértői ismeretek, és előírások alapján nyerhetjük. Ráadásul, ezeket az adatokat a gyártás, üzemeltetés során bekövetkező emberi tévedések, hibák, illetve a környezet paramétereinek sztochasztikus változásai is befolyásolják. A fenti jelenségeket egy általános kifejezéssel tudjuk összegezni, ez a bizonytalanság [4]. A bizonytalanság elválaszthatatlan a mérnöki számításoktól. A bizonytalanságelemzés információt ad a számítások hibahatárairól, és így eredményeinek elfogadási szintjéről.

A rendelkezésre álló információk bizonytalansága megakadályozhatja a helyes számítási eredmények meghatározását. Itt fontos felidézni M. Csizmadia és Nándori szerzőpáros az [3] irodalomban leírt gondolatát: *„Az a jó modell, amely a lehető legegyszerűbb, de a célnak megfelelő pontossággal közelíti a valóságot."* Másképpen megfogalmazva: Az, és csak az a modell tekinthető jónak, amely a vizsgálat szempontjából fontos paramétereket, összefüggéseket és a peremfeltételeket megfelelő pontossággal figyelembe veszi, egyben mindazon másodlagos jellemzőket elhanyagolja, amelyeket a kitűzött vizsgálat szempontjából nem tekintünk meghatározónak.

A bizonytalanság forrása alapján megkülönböztetünk parametrikus és ismereti bizonytalanságot.

Az ismereti bizonytalanság szubjektív bizonytalanságként szemlélhető, fő oka a nem megfelelő szakmai ismeret. A dolgozatunkban bemutatott vizsgálat során például ismereti bizonytalanság lehet, ha rossz keménység meghatározási modellt (például a Brinell módszert) alkalmazunk.

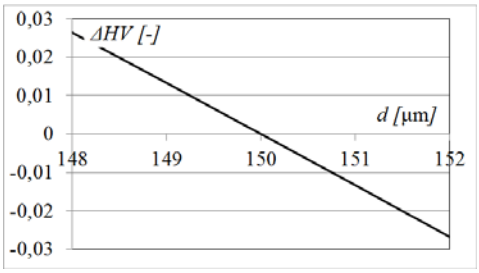
A parametrikus bizonytalanság elsődlegesen az objektivitáshoz kapcsolható. Következésképpen, a parametrikus bizonytalanság megfelelő módszerekkel modellezhető és dolgozható fel.




**2. ábra.** *A gúla fél-csúcsszög eltérésének relatív hatása a számítási eredményre*

Például, a Vickers-keménység mérése esetén az egyik bizonytalansági forrás lehet a gyémánt gúla csúcsszöge, annak pontatlansága. A **2. ábra** a mérési gúla félcsúcsszög eltérésének mérési eredményre gyakorolt relatív hatását szemlélteti.

A másik – inkább a mérést végző személytől, annak tapasztalatától függő – bizonytalanság forrás a közel négyzetes lenyomat két átlója hosszának meghatározása, lemérése. Az általunk használt mérőberendezéssel *1 μm* pontosan tudjuk meghatározni a lenyomat méreteit. A **3. ábra** szemlélteti a mérési pontatlanságból (bizonytalanságból) származó relatív eltéréseket. A szemléltetéshez alkalmazott példa névleges terhelése *0,2 kg*, illetve a lenyomat átlóinak átlaga *150 μm*.




**3. ábra.** *A mérési pontatlanság relatív hatása a számítási eredményre*

Természetesen, más – például a mért anyag inhomogenitásából származó – bizonytalansági források is léteznek, melyek leírásától, terjedelmi okok miatt eltekintünk.

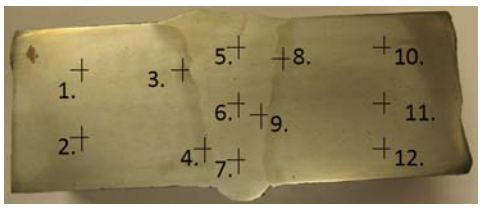
A két bemutatott példából látható, hogy nagyságrendileg maximum *3 %*-os számítási bizonytalanság tapasztalható. Ez más mérnöki területen ez jelentős probléma lehet. A méréseket végző szakemberek véleménye szerint az ekkora mérvű eltérések nem szignifikánsak. Ez viszont rámutat arra, hogy a parametrikus bizonytalanság mértéke szakma-specifikus módon kell értelmezni.

## 4. Esettanulmány

Egy tudományos kutatómunka keretében hegesztett szerkezet varrat és hőhatás

övezet mikro-keménységmérését végeztük el. Az elemzés során két összehegesztett S355 jelű, 40 mm vastag acéllemezt vizsgáltunk, több mintadarab esetén.

A mikro-keménységméréshez ZWICK 3212 típusú mérőberendezést alkalmaztunk, 0,2 kg terheléssel. A 4. ábrán az egyik mért varrat és hőhatás övezet látható a mérési pontokkal. A mérési eredményeket az **1. táblázat** tartalmazza.




**4. ábra** *Keménységmérési pontok*

**1. táblázat.** *keménységmérési eredmények*

| *i* | *di [μm]* | $HV_{0,2i}$ *[-]* | $\Delta HV_{0,2i}$ *[-]* |
|---|---|---|---|
| 1 | 43 | 198 | -0,026 |
| 2 | 43 | 198 | -0,026 |
| 3 | 41 | 221 | 0,087 |
| 4 | 42 | 214 | 0,052 |
| 5 | 41 | 221 | 0,087 |
| 6 | 41 | 221 | 0,087 |
| 7 | 43 | 198 | -0,026 |
| 8 | 42 | 207 | 0,018 |
| 9 | 43 | 198 | -0,026 |
| 10 | 43 | 198 | -0,026 |
| 11 | 45 | 183 | -0,100 |
| 12 | 45 | 183 | -0,100 |

Az 1. táblázat $\Delta HV_{0,2i}$ oszlopa a meghatározott keménységi értékek relatív eltérését mutatja az átlagos keménység értéktől. Látható, hogy a maximális relatív differencia 0,1-es (más szóval 10%-os). Ez az eltérés ezen műszaki tudományterületen nem számít szignifikánsnak. Kijelenthető, hogy az elvégzett hegesztés megfelelő.

## 5. Következtetések

Dolgozatunk röviden bemutatta és egy anyagvizsgálati (mikro-keménységmérési) példán keresztül szemléltette a parametrikus modell bizonytalanságot. Célunk a néha csak elméleti fejtegetésnek tűnő kérdéskör gyakorlati mérnöki példával való bemutatása, értelmezése.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Kovács-Coskun, Tünde; Bitay, Enikő: *A felület vizsgálata mikrokeménységméréssel*, Óbuda University e-Bulletin Vol. 2, No. 1, 2011. pp. 365-370.

[2] Kovács-Coskun, Tünde., Pinke, Péter: *CSM MHT keménységmérő alkalmazása vékony felületi rétegek vizsgálatánál,* Nemzetközi Gépész, Mechatronikai és Biztonságtechnikai Szimpózium, 2010. november 10-11, Óbudai Egyetem, Budapest

[3] M. Csizmadia, Béla; Nándori, Ernő: *Modellalkotás*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003.

[4] Pokorádi, László: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008.

[5] Zorkóczy, Béla: *Metallográfia és anyagvizsgálat*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1968. p. 476.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 297–300.
http://hdl.handle.net/10598/29087
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.65

# KÜLÖNBÖZŐ TÍPUSÚ FELÜLETAKTÍV ANYAGOK OLDHATÓSÁGÁNAK TITRIMETRIÁS JELLEMZÉSE

# TITRIMETRIC CHARACTERIZATION OF THE SOLUBILITY PROPERTIES OF VARIOUS SURFACTANTS

Nagy Roland[1] Kothencz Réka[2], Varga Csilla[3], Bartha László[4]

*Pannon Egyetem, Mérnöki kar, MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék, Cím: 8200, Magyarország, Veszprém, Egyetem utca 10.*

[1]*nroland@almos.uni-pannon.hu*

[2]*kothenczr@almos.uni-pannon.hu*

[3]*vcsilla@almos.uni-pannon.hu*

[4]*bartha@almos.uni-pannon.hu*

## Abstract

In recent decades due to the rapid development of household chemicals and cosmetic industry, the research of surfactants has become increasingly important. Therefore, all type of surfactants has been used in more and more areas. Our aim was to examine if the new titration method can be also suitable for the determination of water number of various surfactants used in petroleum industry and in polymer composites. A correlation analysis was performed with the water numbers measured by the new method. It was found that the solubilty properties can be appropriate for further application.

***Keywords**: nonionic surfactants, compatibilizing additives, solubility, method development*

## Összefoglalás

Az utóbbi évtizedekben a háztartásvegyipar és a kozmetikai ipar fejlődésével, a felületaktív anyagokkal kapcsolatos kutatások egyre nagyobb jelentőségűvé váltak, ezért egyre több területen alkalmazzák őket. Méréseink során annak a vizsgálata volt célunk, hogy a saját fejlesztésű, új titrimetriás módszer alkalmas-e különböző típusú, kőolajipari célú felületaktív anyagok oldhatósági jellemzőinek meghatározására. Megállapítottuk, hogy az új módszer megbízhatóan alkalmazható a különböző kémiai szerkezetű tenzidek vízben való oldhatóságának jellemzésére és hasznos információt nyújthatnak a további felhasználás szempontjából.

***Kulcsszavak:** nemionos tenzid, kompatibilizáló adalék, oldhatóság, módszerfejlesztés*

## 1. Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a háztartásvegyipar és a kozmetikai ipar rohamos fejlődésével párhuzamosan a tenzidekkel kapcsolatos elméleti és gyakorlati kutatások egyre nagyobb jelentőségűvé váltak. Azonban a tenzideket nemcsak ez a két iparág alkalmazza, hanem polimer kompozitok előállításához is egyre nagyobb mennyiségben használják fel [1, 2].

A tenzidekkel hidratált keményítőt széles körben alkalmazzák biopolimer keverékek előállítására, amelyek olcsók és megfelelő lebomlási tulajdonságokkal rendelkez-

nek [3]. Jelenleg karbamid-formaldehid vagy fenol-formaldehid alapú tenzidekkel stabilizált emulzió típusú ragasztókat használnak a fa ragasztóanyagaként [4].

Az emulgeátorokkal szembeni követelményeket az alkalmazott terület többitől eltérő sajátosságai szabják meg. A tenzidmolekulák amfipatikus jellegéből adódóan egyik kiemelt fontosságú tulajdonságuknak a vízben vagy olajban való oldhatóságuk tekinthető. Ezt a jellemzőt a felhasználási cél és terület kiválasztásához szintén szükséges volt meghatározni.

Munkánk során célunk az volt, hogy több adalékcsalád jellemzőit, főként a vízben és szerves oldószerben való oldhatóságát egy általánosan alkalmazható laboratóriumi módszerrel határozzuk meg. Ennek során egy korábban továbbfejlesztett titrimetriás módszer szélesebb körű használatának lehetőségét kívántuk megvizsgálni. Fontos szempontként tartottuk szem előtt olyan gyors és egyszerű módszer alkalmazását, amely egyúttal precíz mérési eredményeket szolgáltat. Ennek érdekében a szakirodalomból ismert empirikus számítási módszerrel ellenőriztük az adatok pontosságát. Ezek megfelelősége esetén a módszer ugyanis már alkalmasnak minősíthető a vizsgált felületaktív anyagok oldhatóságának jellemzésére.

## 2. Felhasznált anyagok

A Pannon Egyetem Vegyészmérnöki és Folyamatmérnöki Intézetének MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszékén évek óta intenzív kutatás folyik kőolajipari célú felületaktív anyyagok kifejlesztése céljából. Ennek keretében, a saját fejlesztésű tenzidek és felületaktív adalékok minősítésére alkalmas vizsgálati módszerek kidolgozását is el kellett végeznünk. E kutatás részeként került előtérbe egy, a tenzidek vízben való oldhatóságával és az adalékok szerves oldószerben való oldhatóságával kapcsolatos jellemző megbízható mérésének igénye. Ilyen mérési módszer kidolgozásának lehetőségeként megvizsgáltuk, hogy a rendelkezésünkre álló AvaSpec gyártmányú száloptikás spektrofotométer használata alkalmas lehet-e a felületaktív anyagok vízben való oldhatóságának a jellemzésére.

A vizsgálat során felhasznált kísérleti adalékok jellemzőit az **1. táblázat** tartalmazza.

**1. táblázat.** *Vizsgált adalékok fizikai kémiai jellemzői*

| | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Vegyület típus | Zsírsav-poliol észter | Olajsav-poliol észter | Olefin-MSA kopolimer-amin só | Glicerin-monooleát észter | Olefin-MSA kopolimer-amin só |
| Savszám, mg KOH/g | 23,5 | 4,6 | 51,4 | 118,4 | 38,9 |
| Elszappanosítási szám, mgKOH/g | 119,3 | 177,2 | 189,9 | 171,0 | 158,2 |
| KV, 100°C $mm^2/s$ | 8,83 | 13,33 | >500 | 8,8 | >500 |

## 3. Alkalmazott módszer, módszerfejlesztés

A vizsgálathoz egy Avaspec 2048 Standard száloptikás spektrofotométert használtunk Avalight-DHc Compact Halogen fényforrással (**1. ábra**).

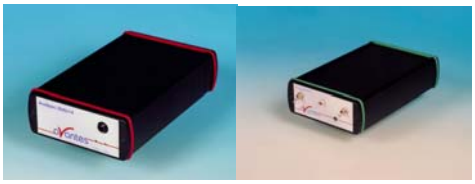
Spektrofotométer jellemzői:

- Optikai szint: Szimmetrikus Czerny-Turner, 75 mm gyújtótávolság;
- Hullámhossz tartomány: 200-1100 nm;
- Felbontás: 0,04-20 nm;
- Detektor: CCD lineáris, 2048 pixel.

Fényforrás jellemzői:

- Hullámhossz tartomány: 200-2500 nm;

– Stabilitás: <1 mAU;
– Optikai teljesítmény (a szálban): 7 μW;
– Hőmérséklet tartomány: 5 – 35 °C.



**1. ábra.** *A spektrofotométer és a fényforrás*

A szakirodalomban ismertetett módszer továbbfejlesztésénél az volt a célunk, hogy egy új vízszám mérési módszert dolgozzunk ki, aminek alkalmazásából származó HLB értékek az irodalmi adatokkal összehasonlítva pontosabb elemzést tesz lehetővé [5-7]. Az amfipatikus molekulák hidrofilitásának ill. lipofilitásának mértékét a HLB-érték jellemzi (hidrofil-lipofil egyensúly).

A kutatásaink során Becher és munkatársai által javasolt eljárás alapján határoztuk meg a vízszám értéket. Az eredeti módszerhez használt benzol oldószer helyett ciklohexánt alkalmaztunk és a nehezen érzékelhető vizuális végpontjelzést fotometriás detektálással váltottuk fel. Az általunk kidolgozott új mérési eljárás kivitelezése során a vizsgálandó anyagot előzőleg elkészített ciklohexán-dioxán (4% ciklohexán tartalom) elegyben oldottuk fel. Ezután az így előkészített mintát desztillált vízzel titráltuk és spektrofotométer segítségével folyamatosan mértük a transzmittancia értékeket. A desztillált vizet addig adagoltuk az adalékot tartalmazó oldatba, amíg az tartósan zavarossá vált, és a transzmittancia értékek a további víz adagolására sem csökkentek radikálisan.

A mérési adatok kiértékelésénél a rögzített pillanatnyi transzmittancia értékeket ábrázoltuk a titráló desztillált víz térfogatok ($cm^3$-ben) függvényében. Az így kapott görbe ekvivalencia pontja megfelel a vizsgált adalék relatív oldhatósági értékének, amelyből a HLB érték számolható.

## 4. Mérési eredmények

A bemutatott módszer használatát felületaktív adalékanyagok vizsgálatára is kiterjesztettük, melyek eredményei a **2. táblázatban** találhatók.

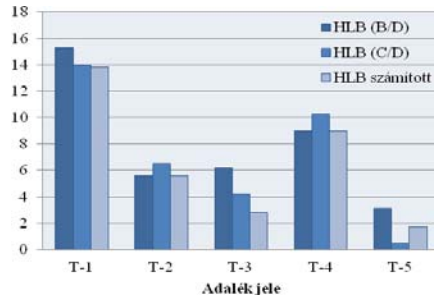
**2. táblázat.** *Vizsgált adalékok oldhatósági jellemzői*

| | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Vízben való oldhatóság (%)[1] | 55 | 16 | 0 | 42 | 0 |
| Szerves oldószerben való oldhatóság (%)[2] | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Vízszám (C/D)[3] | 11,1 | 6,5 | 5,1 | 8,8 | 2,9 |
| HLB[4] | 15,3 | 5,6 | 6,2 | 9,0 | 3,1 |
| HLB (C/D)[5] | 14,0 | 6,5 | 4,2 | 10,3 | 0,5 |
| HLB szám[6] | 13,8 | 5,6 | 2,8 | 9,0 | 1,7 |
| Δ HLB[7] | 0,2 | 0,9 | 0,4 | 1,3 | 1,2 |

[1]Adalék 1%-os desztillált vizes oldatának transzmittancia értéke (Referenciák: 100 % desztillált víz, 0% nincs fényáteresztés)
[2]Adalék 1%-os toluolos oldatának transzmittancia értéke (Referenciák: 100 % toluol, 0% nincs fényáteresztés)
[3]C/D=Ciklohexán/Dioxán elegy felhasználásával mért vízszám
[4] A klasszikus vízszám meghatározásán alapuló módszerrel (benzol/dioxán elegyben) mért adatok
[5]C/D=Ciklohexán/Dioxán elegy felhasználásával végzett mérés
[6] számítással meghatározott HLB érték
[7] $HLB_{szám}$-$HLB_{C/D}$

A mérési adatokból jól látszik, hogy a korábbi módszerrel meghatározott HLB érték nagy eltérést mutat az irodalmi HLB értékhez képest. Ezért volt szükség a meglévő módszer továbbfejlesztésére. Az új, kísérleti módszerrel meghatározott vízszám érték lényegesen kisebbnek adódott. Ezután

meghatároztuk a HLB értéket és az elméleti HLB értéket is, amely segítségével a ΔHLB értéket kiszámítottuk.




**2. ábra.** *Adalékok HLB értéke*

Az eredmények alapján (**2. ábra**) megállapítottuk, hogy a numerikus úton, illetve a kísérleti módon meghatározott HLB közötti különbség jelentősen csökkent. Tehát az új módszer a vizsgált adalékok számított HLB értékét a benzol-dioxán elegyben mérteknél jobban közelíti. Az összehasonlításból jól látszik, hogy az általunk kidolgozott új mérési módszerrel mért adatok a szakirodalmi értékeket is jobban közelítik.

## 5. Következtetések

A korábban kidolgozott vízszám meghatározó módszert a különböző szerkezetű adalékok vizsgálatára is kiterjesztettük. Megállapítottuk, hogy az új módszer az eddig alkalmazott módszernél lényegesen jobban megközelíti a számított módszerrel meghatározott értékeket. Így a fejlesztés segítségével sikerült a kísérleti adalékok oldhatóságára jellemző HLB értékeket a korábbinál nagyobb pontossággal meghatározni. Ennek igazolására további vizsgálatok is szükségesek.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Laurier L. Schramm: *Surfactants: Fundamentals and applications in the petroleum industry*, Cambridge University Press, 2000

[2] D. J. Shaw: *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*, Butterworth-Heinemann, 1992

[3] Jeffrey A. Byars, George F. Fanta, James A. Kenar: *Effect of amylopectin on the rheological properties of aqueous dispersions of starch-sodium palmitate complexes*, Carbohydrate Polymers 95, 2013, 171-176

[4] Zhaofeng Li, Jian Wang, Li Cheng, Zhengbiao Gu, Yan Hong, Agnieszka Kowalczyk: *Improving the performance of starch-based wood adhesive by using sodium dodecyl sulfate,* Carbohydrate Polymers 99, 2014, 579-583

[5] Roland Nagy, Réka Kothencz, Rubina Sallai, László Bartha: *An improved method for the determination of HLB properties of nonionic surfactants*, International Journal of Scientific and Engineering Research, Volume 6, Issue 3, March 2015

[6] Réka Kothencz, Roland Nagy, László Bartha: *Study on the solubility properties of surfactant mixtures*, 16. Austrian Chemistry Days, 2015, Innsbruck, Ausztria

[7] Yiangying Wu, Yuming Xu, Tadeusz Dabros, Hassan Hamza: *Development of a method for measurement of relative solubility of nonionic surfactants*, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 232, 2004, 229–237

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a cikk elkészítéséért: **MOL Nyrt., Csoportszintű Kutatás & Üzletfejlesztés támogatásáért.**

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 301–304.
http://hdl.handle.net/10598/29088
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.66

# FOGTÖMÉS KOPTATÁSÁT SZIMULÁLÓ BERENDEZÉS TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

# DESIGN AND CONSTRUCTION OF EQUIPMENT FOR FILLING WEAR SIMULATION

Nagy Sándor[1], Forgó Zoltán[2]

[1]*Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Mechatronika szak IV. évfolyam, 547367 Románia, Koronka 1C; Telefon:+40-265-208172, fax:+40-265-206211, sandor93@yahoo.com*

[2]*Sapientia-EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 547367 Románia, Koronka 1C; Telefon:+40-265-208172, fax: +40-265-206211, zforgo@ms.sapientia.ro*

## Abstract

The wear and durability of the fillings has been examined by researchers for a long time. This is influenced by the composition of the filling and of the toothpaste, the size and quantity of particles contained therein. Because of the relatively slow wear of the fillings under normal usage a faster method will be more appropriate for evaluation purpose. This paper will present a lightweight equipment for accurate tooth brushing simulation, which should provide a stable fixing for the toothbrush and fillings, more over they must be easily replaceable.

***Keywords**: simulator, tooth brush process, filling.*

## Összefoglalás

A fogtömések kopását, tartósságát már rég vizsgálják a kutatók. A tömésanyagok összetétele mellett ezt leginkább a fogpaszta összetétele, a benne található szemcsék nagysága és mennyisége befolyásolja. Mivel a fogtömés aránylag lassan kopik normál használat mellett, ezért egy gyorsabb eljárás kidolgozására volt szükség: olyan berendezést dolgoztunk ki, amely a lehető legpontosabban szimulálja a fogmosás folyamatát. Ez a berendezés a fogkefe és a fogtömés stabil rögzítését is kell biztosítsa, de mindemellett ezek könnyen cserélhetőek is kellett legyenek.

***Kulcsszavak:** szimulátor, fogmosás, fogtömés.*

## 1. A feladat megfogalmazása

A marosvásárhelyi Fogorvosi Egyetem hallgatói kerestek meg azzal a kéréssel, hogy szükséges lenne egy olyan berendezés tervezésére és kivitelezésére, amely képes fogtöméseken elvégezni a mosást, hogy meg lehessen állapítani a fogkrémek hatását különböző fogtömő anyagok esetén. További kérés volt, hogy állítani lehessen a tömés mechanikai terhelését a fogkefe által, illetve párhuzamosan két kísérlet lefolyása az eredmények mihamarabbi kiértékelését kell lehetővé tegyék.

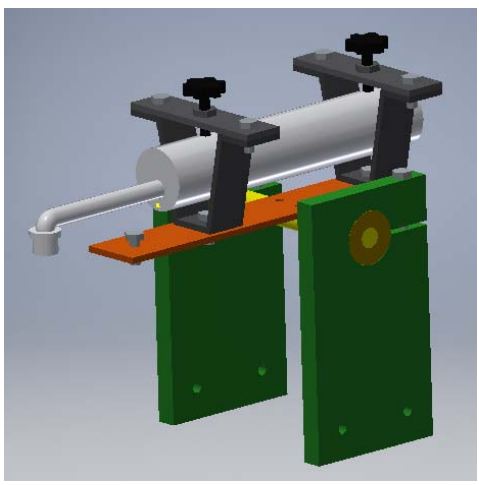
Kézen fekvő volt az a megoldás, hogy a mosást akkumulátoros fogkefékkel végezzük el, viszont a legnagyobb probléma azzal volt, hogy a fogkefe akkumulátora nagyon hamar lemerült, nagyjából 10 perc használat után, és sokáig tartott a töltés,

körül belül 8 órát vett igénybe. Az ebből adódó szaggatott működés nagyon hátráltatta a kísérletet, és a kollégák azt szerették volna leginkább, hogy folyamatosan tudjon működni a fogkefe. Továbbá feltétel volt, hogy a fogkefe feje a fogtömést 2 N erővel nyomja, mivel ez a legoptimálisabb a fogmosásra, így ezzel lesz a leghitelesebben szimulálva a fogmosás.

## 2. A berendezés tervezése

A tervezésnél próbáltunk arra törekedni, hogy hozzáférhető és könnyen megmunkálható anyagokat válasszunk. Végül az alumíniumra esett a választás, illetve némelyik alkatrész acélból készült. Gondolni kellett a könnyű fogpaszta és fogtömés cseréjére is, a szerkezet felépítését is leginkább ezek befolyásolták.

A fogtömés helyét egy vékony alumínium lap végén határoztuk meg, ezért mikor a fogkefe ezt nyomja, enyhén meghajlik. Ezt a meghajlást használtuk ki arra, hogy nyúlásmérő bélyegeket ragasztva a lapkákra, előzetes kalibrációval, meg tudjuk határozni ennek terhelését, amely 2N kellett legyen.

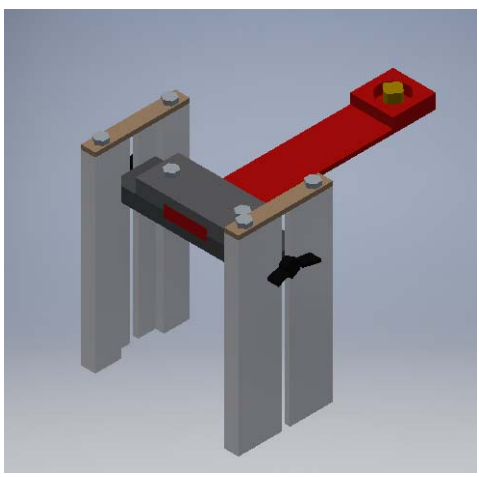


**1. ábra.** *A fogkefe befogó szerkezete*

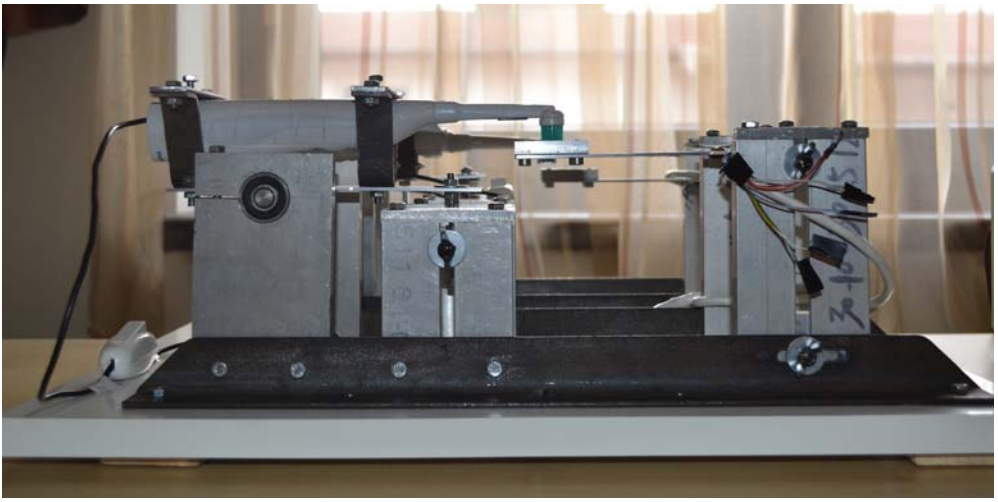
### 2.1. A fogkefe befogó szerkezete

Az elektromos fogkefék motorja, illetve a fej mozgató mechanizmusa elég nagy és intenzív rezgéseket generál, ezért egy kompakt, merev, de egyben könnyen kezelhető befogó szerkezetre volt szükség. Ennek 3D modellje az 1. ábrán látható. Megfigyelhető, hogy a fogkefe két „V” alakúra hajlított acéllemezbe van helyezve, majd ezekhez leszorítva. Ennek több előnye is van: a befogás merev, eltompítja a fogkefe rezgéseit, a csavarkötéseknek köszönhetően könnyen szétszerelhető, ha szükség van erre, illetve a „V” alaknak köszönhetően szinte bármilyen méretű és formájú fogkefe használható, ha esetleg egyik vagy másik meghibásodik. Ezek a tartók egy alumínium lapra vannak szerelve, ami egy kis tengelyen, erre merőlegesen helyezkedik el. Ezen tengely körül a teljes befogó szerkezet elfordítható 180°-ot, így a fogkefe kivevése nélkül nagyon könnyen cserélhető/pótolható rajta a fogpaszta. A tengely csapágyazása alumíniumtartókban van elhelyezve, olyan magasan, hogy a fogkefe könnyen el tudjon fordulni.

### 2.2. A lapka befogása



**2. ábra.** *A lapka befogása*



**3. ábra.** *A teljes berendezés*

A fogtömés egyforma szinten kell legyen a fogkefével, hogy a terhelés merőleges legyen a mintára, ezért ezt is tartóra kellett helyezni. Itt viszont gondolni kellett arra is, hogy a szerkezet állítható legyen, ezért a tartók sínekként is szerepelnek, amin a keresztben levő elemek csúsztathatók, illetve csavarral rögzíthetők. A lapka a két keresztben álló elem közé van beszorítva, ennek a végére pedig egy másik alkatrész van rögzítve, ami úgymond a fogtömés, a minta „ágya". Ebbe a furatba gyurma lesz elhelyezve, majd ebbe lesz beágyazva a próbadarab, ami kellő stabilitást ad a mosás során.

### 2.3. A mechanikai terhelés előállítása

Annak érdekében, hogy a szimuláció a legjobban leutánozza az eredeti fogmosást, a fogkefe feje 2 N erővel kell nyomja a próbadarabot. Ezt nyúlás mérő bélyegek segítségével követtük, amelyek a próbadarabot tartó lapkára voltak ragasztva, és így mérni tudták a lapkák elhajlását a terhelés alatt. A fogkefét tartó berendezés merevséget kihasználva elég volt ezt mozgatni ahhoz, hogy a fogkefe is vele mozduljon. Egy lábakra erősített csavarral húztuk lennebb a befogó szerkezetet, egészen addig, amíg éppen 2 N erőt fejtett ki a próbadarabra. Természetesen, ezt a mérési folyamatot egy kalibrációs előzte meg, egy 200 grammos testet helyeztünk a próbadarabra, és lemértük a bélyegeken fellepő feszültségváltozást. Ezek után a megfelelő csavar segítségével annyira terheltük a mintát, hogy ugyanazt a feszültségszintet érjük el.

## 3. Elkészítés

A tervek elkészülését az alkatrészek legyártása és beszerzése követte, majd a berendezés összeállítását valósítottuk meg. A szerelés megkönnyítésére már a tervezés folyamán gondoltunk. Igyekeztünk nagyon sok hasonló alkatreszt tervezni, hogy ugyanabból az anyagból, ugyanolyan megmunkálások segítségével megoldható legyen a berendezés nagy részének az előállítása. Az ábrákról megfigyelhető az is, hogy ebből a berendezésből kettő készült el, két teljesen egyforma, mivel két elektromos fogkefe állt rendelkezésre, ezek pedig párhuzamosan, egymástól függetlenül tudtak működni, ezzel is gyorsítva a fogtömések mosását. Miután mindennel elkészültünk és megtörtént az összeszerelése a berendezésnek, az

egészet hozzácsavaroztuk egy fából készült talapzathoz. Ez plusz stabilitást ad a szerkezetnek, és megkönnyíti szállítását, ami szintén kitétel volt.

## 4. A fogkefék folyamatos működtetése

Mivel a mosás hatékonyságát és sebességét növelni kellett, mindkét fogkefét szétszedtük, kivettük belőle az akkumulátort, és a motor két csatlakozójára két szálat kötöttünk, melyeket egy állítható áramforrásból tápláltunk. Így pontosan be tudtuk állítani, hogy milyen feszültséggel működtessük a fogkefék motorjait, mivel arra törekedtünk, hogy tökéletesen leutánozzuk a működését. Nem volt szabad sem gyorsabban, sem lassabban forognia a fogkefe fejének. A szükséges paramétereket még szétszerelés előtt lemertük. A tápegység mindig állandó feszültséget biztosított, amire az akkumulátor nem képes, ezzel is biztosítottuk a mosást, és ezáltal, a fogtömés kopásának az egyenletességet. Továbbá egy egyszerű kapcsolót iktatunk be, ami megkönnyítette a berendezés ki- es bekapcsolást.

## 5. Következtetések

Az altalunk tervezett berendezés nagy hasznára válik majd a marosvásárhelyi Fogorvosi Egyetem diákoknak, ugyanis a kivitelezett berendezéssel a különböző fogpasztáka hatását fogják vizsgálni, hogy mennyire koptatják a különböző fogtömeséket, statisztikákat állítanak fel, így akar új, eddig nem ismert kutatási eredményre juthatnak. A bemutatott szerkezet tovább fejleszthető, viszont jelen állapotban is teljesíti feladatát, kiértékelhető eredményekhez juttatja használóit.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Tolvaly-Roşca Ferenc: *A számítógépes tervezés alapjai,* Erdélyi Múzeum-Egyesület Kiadó, 2009.

[2] https://hu.wikipedia.org/wiki/*Nyúlásmérő_bélyeg*

[3] http://www.esa-messtechnik.de/traveller_en

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 305–308.
http://hdl.handle.net/10598/29090
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.67

# E-LEARNING METHODS IN THE 21ST CENTURY

# E-LEARNING MÓDSZEREK A 21. SZÁZADBAN

Nguyen Huu Phuoc Dai [1], Duong Van Thinh[2]

[1] *EPITA Graduate School of Computer Science, Cedex, France / Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, phuoc.daitt@bgk.uni-obuda.hu*

[2] *Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Budapest, Népszínház utca 8; duongvan.tinh@kgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

E-learning is a term used to express the novel method of education. It enhances the way of learning and teaching many times in comparing to the traditional education. It usually concerns with the instructors, learners, teachers, trainers who are the direct objects using Internet technology and executing via web applications on it. This study showed that the effectiveness and the attitude of the students; especially in Viet Nam, toward E-learning system in case it can replace the old traditional teaching methods or not in the XXI century. Furthermore, in this research, we mainly focused on how E-learning influences to the Vietnamese students on some different learning ways.

***Keywords**: E-learning, E-system, learning in XXI century, learning attitude, online learning.*

## Összefoglalás:

Az E-learning kifejezés egy új oktatási módszert takar. Növeli a tanulás és tanítás hatékonyságát, összehasonlítva a hagyományos oktatással. Mindez általában érinti a tanárok, tanulók, oktatók széles skáláját, akik a közvetlen használják az Internet-technológia és a web alkalmazások adta lehetőségeket. Ez a tanulmány bemutatja, a vietnámi diákok hatékonyságát és hozzáállását a különféle e-learning rendszerek alkalmazása esetén, cserélhetők-e a régi, hagyományos tanítási módszerek vagy sem a 21. században, továbbá ebben a kutatásban azt is bemutatjuk, milyen e-learning hatások jelentkeznek a vietnami diákok különböző tanulási módszereiben.

***Kulcsszavak:**, E-learning, e-rendszer, tanulás a 21. században, tanulási attitűdök, online tanulás.*

## 1. Why E-learning is very important?

Nowadays, Internet plays an important role in our life at any time, at any place and in many aspects. It brings people get closer and closer by many means of communication such as chatting, email, social networks and so on. Moreover, it can make an innovation to boosting the technology in altering from the traditional education method to the novel education one (E-learning system). E-learning is an essential way for training people not only at school but also at many organizations because of some reasons. First of all, with the new technology called E-learning system, it can reduce the initial deployment cost traditionally associated with education like classrooms, materials,

and so on; especially in developing countries, they don't need to spend a lot of money to build the infrastructure for education. Secondly, E-learning can be widely used in different levels of education: continuous education, company training, academic courses, etc [1]. For example: students or clients can take the online courses, the exams; send their feedbacks or homework to the trainers easily everywhere. In addition, teachers can communicate with their students, workers via a forum on this system; prepare the tests, exercises, projects and send the feedbacks to the students quickly. In summary, E-learning is the best method to help the instructors and the students become more active in teaching and learning in comparing to the traditional method.

## 2. Research content

In this chapter we present our research questions, the data collection process, and the key data analysis methods used. In order to explore the perceived students opinion about E-education an online survey has been initiated that has been circulated (via Facebook groups) among students in Vietnam. The online quantitative survey contained 24 structured questions with required fields. Because of the quantity of elements our database cannot be considered representative.

### 2.1. Introduction of the Sample

107 Vietnamese students have filled out the online questionnaire; however, possibly owing to its lengthy nature only 97 could be evaluated. The sample included 69 male and 28 female students' answer hence providing a good opportunity for their opinions on the E-learning system under investigation. 14 (14, 3 %) of the respondents did not have any experiences with the E-learning system. Meaning that most of them could evaluate this "tool" on the basis of what his/her experiences were. The data of the survey have been analyzed with the help of the SPSS 20 program. Besides descriptive statistics, cross table were run in order to explore the connection of the variables. Since the paper presents the preliminary results of a still ongoing research, all relationships described below should be regarded as indicative and not as evidential statements.

### 2.2. Students' Evaluation of the necessity of E-learning system

According to the students' point of views nowadays during their academic years E-education system is absolutely necessary for them, even for the full-time students 61,3% thought E-education is absolutely necessary, 71,4% of part- time students had the same opinion. Though there is no statistical connection between the examined variable (Pearson Chi-Square = 0,175)

***Table 1: Students' opinon about E-education system***

| Training status | | E-Education System | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Absolutely not necessary | Rather not necessary | Rather necessary | Absolutely necessary | |
| Full-time | Count | 2 | 1 | 26 | 46 | 75 |
| | % within Training status | 2,7% | 1,3% | 34,7% | **61,3%** | 100,0 % |
| | Std. Residual | ,4 | -,9 | ,5 | -,2 | |
| Part-time | Count | 0 | 2 | 2 | 10 | 14 |
| | % within Training status | 0,0% | 14,3% | 14,3% | **71,4%** | 100,0 % |
| | Std. Residual | -,5 | 2,4 | -1,1 | ,4 | |
| Distance-learning | Count | 0 | 0 | 2 | 5 | 7 |
| | % within Training status | 0,0% | 0,0% | 28,6% | **71,4%** | 100,0 % |
| | Std. Residual | -,4 | -,5 | -,1 | ,3 | |
| Total | Count | 2 | 3 | 30 | 61 | 96 |
| | % within Training status | 2,1% | 3,1% | 31,3% | 63,5% | 100,0 % |

### 2.3. Students' Evaluation of the preciousness of studying materials

We have found statistical correlation between training status and the evaluation of web materials preciousness (Pearson Chi-Square = 0,002.) Among the full time student there were 60% of students who think that web materials are at least quite valuable for them during their studying. Accord-

ing to our results it can be said in the views of students' web materials are at least quite valuable for studying regardless their training status.

***Table 2: Preciousness of Web materials for studying***

| Training status | | How valuable of Web materials for studying are | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Not at all | Not very | Quite | Very | |
| Full-time | Count | 0 | 9 | 39 | 21 | 69 |
| | % within Training status | 0,0% | 13,0% | 56,5% | 30,4% | 100,0% |
| Part-time | Count | 2 | 0 | 3 | 5 | 10 |
| | % within Training status | 20,0% | 0,0% | 30,0% | 50,0% | 100,0% |
| Distance-learning | Count | 0 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| | % within Training status | 0,0% | 20,0% | 20,0% | 60,0% | 100,0% |
| Total | Count | 2 | 10 | 43 | 29 | 84 |
| | % within Training status | 2,4% | 11,9% | 51,2% | 34,5% | 100,0% |

We have found statistical correlation between training status and the evaluation of video lectures' preciousness (Pearson Chi-Square = 0,009.) Among the full time student there were 88, 2% of students who think that web materials are at least quite valuable for them during their studying. According to our results it can be said in the views of students' video lectures are at least quite valuable for studying regardless their training status.

***Table 3: Preciousness of Video materials for studying***

| Training status | | How valuable of Video lectures for studying | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Not at all | Not very | Quite | Very | |
| Full-time | Count | 0 | 8 | 30 | 30 | 68 |
| | % within Training status | 0,0% | 11,8% | 44,1% | 44,1% | 100,0% |
| Part-time | Count | 2 | 0 | 3 | 5 | 10 |
| | % within Training status | 20,0% | 0,0% | 30,0% | 50,0% | 100,0% |
| Distance-learning | Count | 0 | 0 | 2 | 3 | 5 |
| | % within Training status | 0,0% | 0,0% | 40,0% | 60,0% | 100,0% |
| Total | Count | 2 | 8 | 35 | 38 | 83 |
| | % within Training status | 2,4% | 9,6% | 42,2% | 45,8% | 100,0% |

## 2.4. Online studying

According to the students' point of views nowadays during their academic years students' comfort level of studying online with E-tutor or mentor are quite high. 50% of full time student are already fine with the fact that they may have to study with their teacher online. In our opinion it is caused by the globalization and the fact that they have grown up in the information society.

***Table 4: The attitude of student toward E-tutor***

| Training status | | Online with your E-tutor | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I am not comfortable with the idea of discussing topics with others. | I don't really want to and I will not get used to it | I don't really want to, but I think I could get used to it. | I am already comfortable. | |
| Full-time | Count | 7 | 10 | 17 | 34 | 68 |
| | % within Training status | 10,3% | 14,7% | 25,0% | 50,0% | 100,0% |
| Part-time | Count | 1 | 1 | 3 | 7 | 12 |
| | % within Training status | 8,3% | 8,3% | 25,0% | 58,3% | 100,0% |
| Distance-learning | Count | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| | % within Training status | 0,0% | 0,0% | 50,0% | 50,0% | 100,0% |
| Total | Count | 8 | 11 | 22 | 43 | 84 |
| | % within Training status | 9,5% | 13,1% | 26,2% | 51,2% | 100,0% |

Furthermore students' comfort levels of studying online with fellow students are also quite high. 56, 1% of full time student are already fine with the fact that they may have to study with each other online.

***Table 5: The attitude of student toward fellow students***

| Training status | | Online with your fellow students | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I am not comfortable with the idea of discussing topics with others. | I don't really want to and I will not get used to it | I don't really want to, but I think I could get used to it. | I am already comfortable. | |
| Full-time | Count | 6 | 8 | 15 | 37 | 66 |
| | % within Training status | 9,1% | 12,1% | 22,7% | 56,1% | 100,0% |
| Part-time | Count | 0 | 3 | 5 | 4 | 12 |
| | % within Training status | 0,0% | 25,0% | 41,7% | 33,3% | 100,0% |
| Distance-learning | Count | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | % within Training status | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 100,0% |
| Total | Count | 6 | 11 | 20 | 45 | 82 |
| | % within Training status | 7,3% | 13,4% | 24,4% | 54,9% | 100,0% |

## 3. Conclusion

E-learning is an effective way in altering of the traditional teaching method. Moreover, Web-based training facilitate the

learners and the instructors in studying and teaching ways comparing with the face-to-face education. Many universities, colleges implement E-learning system in their own training programs to satisfy the learners' needs. The survey results of the students' attitude toward to E-learning showed that the Vietnamese students satisfied with E-learning method in their course programs. Furthermore, in this research, we recognized that Vietnamese students extremely necessary E- education system not only for full time training courses but also for part-time education courses. In addition, according to our results, it can be said that web materials are quite valuable for studying regardless their training status. Although this research only expressed that the effectiveness of E-learning for the users, there are some limitations. Therefore, the security of E-learning environment to ensure the safety of the learners and the teachers will be continued in our research efforts. We believed that it will make the users feel comfortable and secure in using E-learning environment in the future.

## References


[1] Paul Pocatilu, Felician Alecu and Marius Vetrici (2009) *Using Cloud Computing for E-learning systems, Recent advances on Data networks, communications, computers*, Romania, page 54-59.

[2]https://community.articulate.com/series/getting-started/articles/what-is-e-learning

[3] Evans, C. and Fan, P.F. (2002) *Lifelong learning through the virtual university, Campus-Wide Information Systems*, 19(4), www.emeraldinsight.com/1065-0741.htm (accessed 25th October, 2002)

[4] John O'Donoghue (2004) *A comparison of the advantages and disadvantages of IT based education and the implications upon students, Interactive Educational Multimedia* 9:63-76

[5] Sajjad Hashemi and Seyyed Yasser Hashemi (2013), "*Cloud computing for E-learning with more emphasis on Security Issues*", International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 7(9):1-6

[6] Valentina Arkorful and Nelly Abaidoo (2014), "*The role of e-learning, the advantages and disadvantages of its adoption in Higher education*", International Journal of Education and Research, 2(12):1-14

[7] Z. Rajnai, B. Puskas: R*equirements of the installation of the critical informational infrastructure and its management, interdisciplinary description of complex systems* (ISSN: 1334-4684) (eISSN: 1334-4676) 13: (1) pp. 48-56. (2015)

[8] Z. Rajnai, E. Ruboczki: *Moving towards cloud security, in: interdisciplinary description of complex systems* (ISSN: 1334-4684) (eISSN: 1334-4676) 13: (1) pp. 9-14. (2015)

[9] Fregan Beatrix: *Une institution au service de la culture militaire européenne*, In: Fregan Beatrix: Szaknyelvi kommunikáció nemzetközi szemszögből, Szaknyelvi kommunikáció 2009. 180 p., Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2009. pp. 116-121

[10] B. Fregan: *Un établissement européen au service de la défense*, In: Fregan Beatrix (ed.): Success and Challenges in Foreign Language Teaching: International Conference for Language Instructors. 111 p., Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2014. pp. 83-87. ISBN:978-615-5305-37-5

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 309–312.
http://hdl.handle.net/10598/29091
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.68

# KOLLÉGIUMI NEVELÉS A MŰSZAKI FELSŐOKTATÁSBAN

# EDUCATION IN A STUDENT HOSTEL IN THE TECHNICAL HIGHER EDUCATION

Novák János

*Óbudai Egyetem, Kollégium, Keleti Károly Gazdasági Kar Vállalkozásmenedzsment Intézet, Cím: 1084, Magyarország, Budapest, Tavaszmező utca, 7-13; Telefon / Fax: +36-1-6665282, novak.janos@koll.uni-obuda.hu*

## Abstract

Student hostels play a very important role in technical higher education. It has important educational and socialization functions, given that the present education system does not have the old groups and workgroups anymore. Meeting opportunities for students have significantly decreased this way. Only one field is left unchanged, and it is the student hostel. Education has become impersonal, human relations have turned superficial, which only increased with virtual space gaining momentum. Organizing community life and finding the correct motivation for students is extremely difficult in such environment, and for this the institution of the student hostel is a key location.

***Keywords**: education, technical higher education, free time, professionalism.*

## Összefoglalás

A műszaki felsőoktatásban igen fontos szerepet tölt be a kollégium intézménye. Fontos nevelési és szocializációs funkciókkal bír, hiszen a jelenlegi oktatási rendszerben nincsenek jelen a régi csoportok, illetve a tankörök. A hallgatók találkozási lehetőségei igen lecsökkentek ezzel. Egy helyszín maradt meg biztosan az pedig nem más, mint a kollégium. Személytelenné vált az oktatás, felületessé váltak az emberi kapcsolatok, melyet a virtuális világ térhódítása csak egyre inkább elmélyített. Ebben a környezetben rendkívül nehéz közösségi életet szervezni, megtalálni a megfelelő motivációt a hallgatók számára, és ennek meghatározó helyszíne a kollégium intézménye.

***Kulcsszavak:** nevelés, műszaki felsőoktatás, szabadidő, szakmaiság.*

## 1. Bevezetés – A nevelés megjelenése kollégiumi feladatok között

Az Óbudai Egyetem Kollégiuma, az egyetemen működő, nevelési, oktatási és szociális feladatokat ellátó, önálló intézményi szintű szolgáltató szervezeti egység, saját önkormányzattal [1]. A hallgatók elhelyezése saját üzemeltetésű kollégiumokban, bérelt férőhelyeken, illetve PPP konstrukcióban épült diákotthonban történhet. Az Óbudai Egyetem Kollégiumának célja, hogy lehetővé tegye az egyetemi tanulmányok végzését elsősorban azon vidéki hallgatók részére, akik tanulmányi eredményük, szociális helyzetük, illetve közösségi munkájuk alapján arra jogosultak és érdemesek.

A kollégium tagjainak térítés ellenében otthont, megfelelő tanulási feltételeket teremt, lehetőséget ad önképzésükhöz, tehetségük kibontakoztatásához, művelődésükhöz, testedzésükhöz, a szabadidő tartalmas eltöltéséhez. Ennek keretében ápolja és fejleszti a kollégiumi hagyományokat. Az

önkormányzatra épülő irányítási rendszerével, a hallgatói öntevékenységre támaszkodva, önállóságra, konfliktus- és problémamegoldásra, demokratikus magatartásra nevel, felkészít a közéleti szerepvállalásra. A kollégium az egyetem feladataihoz, tevékenységéhez kapcsolódva, azt kiegészítve vesz részt a hallgatók értelmiségi pályára való felkészítésében, hozzájárulva a szakmai, tanulmányi szint emeléséhez. Feladatainak ellátása során különös gondot fordít a hátrányos helyzetűek támogatására, a kiemelkedő tehetségek gondozására, s mindezek mellett életmód-mintaadó-, szociális és szocializációs funkciókat is ellát. A kollégiumban folyó szakmai munkát az oktatási főigazgató felügyeli. Feladatait az egyetem oktatási, igazgatási és gazdasági szervezeti egységeivel, valamint az Egyetemi Hallgatói Önkormányzattal (EHÖK) és a Kollégium Hallgatói Önkormányzatával (KollHÖK) együttműködve látja el.

A kollégiumokban öntevékeny hallgatói csoportok (körök, szakkörök, klubok) működnek és szerveződnek tanulmányi, tudományos, kulturális, sportolási és más egyéb törvényes célból. Ezek a csoportok önkormányzati alapon, saját működési rendjük szerint tevékenykednek, a kollégiumi igazgató vagy a kollégiumi tanár felügyeletével.

A Kollégium nyitott minden belső és külső kapcsolatok felvételére, kialakítására, illetve részt vesz az országos kollégiumi mozgalomban (pl.: FEKOSZ), kapcsolatot tart más kollégiumokkal, intézményekkel.

Kollégiumainkban, amelyek férőhelyeit túlnyomó részt a műszaki oktatásban részt vevő hallgatók töltik ki – kb 80%-ban – rendszeresen szervezünk mind szakmai mind pedig szabadidős rendezvényeket, ahol lehetőségük nyílik a kapcsolatteremtésre és a tudományok más szintű elsajátítására egyaránt. Néhány esettanulmány bemutatásával illusztráljuk a kollégium általi lehetőségeket.

## 2. Szakmai Tudományos Műhely

Kollégiumunkban a 2009/10-es tanév II. félévében kezdte meg működését a „Szakmai Tudományos Műhely" névre keresztelt, nyilvános ismeretterjesztő előadássorozat. Elképzelésünk az volt, hogy lehetőséget biztosítsunk az Egyetem munkatársai számára szakmai és tudományos tevékenységük, esetleg hobbyjuk bemutatására, a hallgatók körében történő népszerűsítésére, és új típusú kapcsolatok építésére. Az előadások alapvetően nem a tantervi órák anyagaihoz kötődnek, de lehetőséget kívánnak biztosítani arra, hogy az oktatók és hallgatók kötetlen keretek és beszélgetések között találkozhassanak, illetve szakmai érdeklődésüknek megfelelően ismereteiket bővítsék (Például: „*Szupravezetők szobahőmérsékleten; „A sokoldalú robotrepülőgép"; „Megújuló energiaforrások és alkalmazásuk a gyakorlatban"; Galamb József innovatív megolodásai*") [2]. Az évek folytán aztán egyre több hallgató is csatlakozott az előadók köréhez, akik Tudományos Diákköri Dolgozataikat, saját kutatásaikat mutatták be, tovább színesítve a rendezvénysorozat palettáját. Célunk, hogy az idő múlásával egyre több hallgató kapjon kedvet tudományos eredményeinek ilyen jellegű publikálására is, ehhez további nagyszerű lehetőség az FMTÜ konferenciája Kolozsváron. Nem elhanyagolható módon, a Szakmai Tudományos Műhelyek kiváló lehetőséget biztosítanak, hogy ismerős közegben gyakorolhassák a nagyobb konferenciákra igyekvő hallgatók előadásaikat, növeljék rutinjukat. Reményeink szerint ezek a szakmai ismeretterjesztő előadások segítenek hallgatóinknak, a komplex mérnöki gondolkodás és szemlélet kialakulásában, illetve felkeltheti érdeklődésüket a szakmai tudományos munka iránt, ezzel segítve, hogy minél több hallgató kapjon kedvet és kapcsolódjon be a Karokon, Központokon működő tudományos műhelyek tevékenységébe. A

programsorozat idén a X. szemeszterét kezdi meg. Néhány példa az idei előadásokból*: „Programozzunk WiFi routert"; „Személyes hatékonyság, avagy vedd észre a manipulációt"; „A 2010-es Margitszigeti Úszó EB televíziós közvetítésének technikai háttere a 2016-os Kazani Úszó VB fényében"*.

## 3. Kukac Napok - a legnagyobb kollégiumi szabadidős rendezvény

A Hotel@BMF Diákotthon Hallgatói Önkormányzata minden év áprilisában rendezi meg a "Kukac Napok" elnevezésű kollégiumi rendezvényét. Ennek a két napos programnak a célja az, hogy az egy emeleten lakó hallgatók jobban megismerjék egymást, csapatban tudjanak dolgozni egy igazi közösséget alkotva. A Diákotthon közel 400 hallgatója közül 250-300-an vesznek részt a rendezvényen, nem beszélve a számtalan „külsős"nem kollégista hallgatóról.

Már a kezdetek óta van egy alapkoncepiója a rendezvénynek, ami köré épül az egész mivolta, s ez nem más, mint egy közismert téma pl. gyerekkorunk meséi, ókori birodalmak, munkák-szakmák stb., valamint a hozzájuk fűződő elő feladatok (gyűjtögetés, filmforgatás, csapatindulók, bevonulás koreografálása…) és azok teljesítése. A Kukac Napok előkészületei során sok-sok kreatív alkotás születik a szervezői körökben. Nagy munka ez számunkra, hiszen az érdemi felkészülés már a rendezvény megkezdése előtt hónapokkal elkezdődik, és minden héten összeül a szervezőbizottság, hogy megvitassa az addig történteket, hogy a rendezvény kezdetére minden maximálisan rendben legyen.

Az elő feladatok közül szeretnénk kiemelni egy olyan kezdeményezést is, amit minden résztvevő támogatott: a csapatok feladata az, hogy minél több megunt illetve nem használt plüss figurát, játékot gyűjtsön, melyet a rendezvény után felajánlunk majd teljes egészében egy óvodának. Ezen felbuzdulva nem darabonként, hanem zsákszámra adták/adják le a csapatok a különböző régi játékaikat.

A rendezvény forgatókönyve minden évben ugyanaz, csak a témák és egyes feladatok változnak. Az első nap elején az előzetesen kiadott feladatokat vizsgáljuk meg, majd azt követően a bevonulások és a filmvetítések zajlanak le, illetve a sorban az éjszakai városi vetélkedő következik, ami Budapest különböző pontjain zajlik az este folyamán – itt különféle ügyességi feladatokat kell teljesítenie a játékosoknak, akik csak akkor mehetnek tovább egy másik pontra, ha maradéktalanul teljesítettek mindent. Az első este egy szolid bulizással ér véget. Másnap napközben egyéni és csoportos sportvetélkedők tömkelege zajlik, illetve délután az érdekes és vicces sorversenyek, majd azt követi természetesen az esti órákban az eredményhirdetés és a mindent lezáró esti nagy mulattság. A szervezőkre ezután már csak az értékelés vár, ahol megbeszéljük a történteket és felvázoljuk az elkövetett hibákat. Ez szükséges és elengedhetetlen ahhoz, hogy a későbbiekben is hasonló volumenű kollégiumi napokat tudhassunk magunk mögött.

## 4. Kezdetek – a kollégiumi gólyatábor

Az egyetem megkezdése előtt elsősorban mindenhol az első nagy buliról lehet csak hallani, ami nem más, mint a gólyatábor. Egyetemünkön ezt minden kar megrendezi még augusztusban. Jó pár évvel ezelőtt elgondolkodtunk azon, hogy mi lenne, ha a kollégium is szervezne egy hasonló eseményt. Nem kellett sokat várnunk, hiszen az „öreg" kollégistáktól hamarosan megkaptuk a választ, hogy „Miért is ne…". Ma már a nyolcadik saját, ún. Kukacos Gólyatáboron vagyunk túl. Szinte minden beköltöző hallgató fejében megfordul az alábbi mondat: „Vajon érdemes elmenni a kol-

légiumi gólyatáborba?”. Ha minket kérdeznek, akkor a válaszom egyértelműen igen. De mi a szervezők miért is valljuk ezt? Az egyetemi gólyatáborokkal létszámban lehetetlen versenyezni, de a mi erőnk abban rejlik, hogy azokkal lehet egy csapatban, akikkel akár éveken keresztül is együtt lakik majd egy emeleten, esetleg egy szobában. A kollégiumi gólyatábor az, amely igazán megadja a „kezdő lökést” a hallgató számára az egészséges együttéléshez és a szocializációhoz. Itt kis csoportban vannak a hallgatók, ellenben az egyetemi nagy tömeggel szemben. Több időnk jut rájuk és így hasznos információkkal tudjuk ellátni őket az egyetemi élettel és a kollégista léttel kapcsolatosan. Éppen ezért mindannyian a legfontosabb rendezvényünknek tartjuk ezt, hiszen itt kezdőik minden. Nagyon sok, sőt inkább úgy fogalmaznánk, hogy szinte minden a szervező csapaton múlik, éppen ezért azt gondosan válogatjuk ki a jelentkezők közül, több lépésen keresztül. Az előkészületek már májusban elkezdődnek és augusztusban tartunk egy csapatépítő tréninget Zamárdiban, az egyetem üdülőjében, ahol rengeteg időt töltünk különféle játékok és játszmák megtanulásával, hogy a gólyatáborban már mindenki ismerete maximális legyen, hiszen fontos dolog az elsős hallgatók közötti „jég” feltörése. Ezt el tudjuk kezdeni már a beköltözést követően, mert a főgólyák – ők a szervező felsős hallgatók – már itt elkezdenek foglalkozni velük. Ezt azért lehetséges, mert a koleszos gólyatábor a regisztrációs hét végéjére van minden esetben szervezve. De akkor néhány szót magáról a rendezvényről. Még indulás előtt megtörténnek a csapatbeosztások – 3 csapat küzd a hétvége folyamán. A helyszín ismert számunkra, hiszen az egyetemünk másik üdülőjét vesszük célba ilyenkor, ami a Balatonszepezden található, a parttól néhány száz méterre. Ide vonattal érkeznek a hallgatók, majd rögtön csapatépítő játékokkal oldjuk a feszültséget. Majd ezt követi a közös vacsora elkészítése, amely előkészületeiből mindenki kiveszi a részét. Vacsora után egy éjszakai vetélkedő veszi kezdetét, majd a megszokott karaoke est. Másnap a kollégium állami vezetése tesz látogatást és tartja meg előadásait a kollégiumi élet írott és íratlan szabályairól. Délután a sporté a szerep, mégpedig a Balaton partján. Este pedig a mindet eldöntő nagyvetélkedő és eredményhirdetés következik. Hallgatói visszajelzések alapján a saját szervezésű gólyatáborok magasabb elégedettségi mutatókkal bírnak a karok által szervezettekkel szemben. Ez azt az irányt mutatja felénk, hogy nem szabad abba hagyjuk ennek a rendezvénynek a szervezését, hiszen számunkra a hallgatói visszajelzések fontosak és az is, hogy a kollégiumban töltött évek során bőven juthassanak kedves történetekhez, eseményekhez. Minél több barátságot köthessenek, amivel a kapcsolati tőkéjüket tudják bővíteni, hiszen azzal mindenki tisztában van, hogy a mai rohanó világban ez elengedhetetlen.

## 5. Összegzés

Eme néhány példán keresztül betekintést nyújtottunk a műszaki felső-oktatás kollégiumainak életébe és rávilágí-tottunk arra, hogy igenis szükséges a peda-gógia jelenléte ebben az intézményi formá-ban egyaránt. A Szerző további tudományos kutatásainak célja a biztonságtudatos nevelés kérdéseinek a vizsgálata és javaslat kidolgozása annak komplex (korosztályos) rendszerére.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Óbudai Egyetem: SZMSZ, *Szervezési és Működési Rend* Kancellária kiegészítése – Kollégium, 2013.

[2] Balogh József: *Vezetői beszámoló az Egyetemi Kollégium 2015-ös évi tevékenységéről*, Óbudai Egyetem, 2015.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 313–316.
http://hdl.handle.net/10598/29092
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.69

# A BIZTONSÁGTUDATOSSÁG A DIGITÁLIS KOMPETENCIA TÜKRÉBEN

# SECURITY AWARENESS IN CONTEXT OF DIGITAL COMPETENCE

Nyikes Zoltán

*Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, 1081 Budapest, Népszínház utca 8. fszt. 46. nyikes.zoltan@mil.hu*

## Abstract

The author presents the digital competence and awareness of the security relationship between the publications. The author presents the security awareness-raising the possibility of digital competence. The author presents the development of a knowledge-based society through some important digital competence plays an increasingly important role. After that, the author presents the Smartphone applications by testing your security awareness and the existence of the digital competence low among users.

***Keywords:*** *security awereness, digital competence, smartphone, application, digital literacy.*

## Összefoglalás

A publikációban a szerző bemutatja a digitális kompetencia és a biztonságtudatosság kapcsolatát. Rávilágít a biztonságtudatosság erősítésének lehetőségére a digitális kompetencia növelésével. A szerző a tudás alapú társadalom fejlődésének néhány fontos pontjának vizsgálatával mutatja be a digitális kompetencia egyre fontosabb szerepét a jelenlegi társadalmi berendezkedésben. Majd az okostelefon alkalmazások vizsgálatával mutatja be a biztonságtudatosság és a digitális kompetencia alacsony meglétét a felhasználók körében.

***Kulcsszavak:*** *biztonságtudatosság, digitális kompetencia, okostelefon, alkalmazás, digitális írástudás.*

## 1. A digitális javak

Az információ, avagy tudás alapú társadalom résztvevői részéről az egyik leg alapvetőbb elvárása a társadalom irányába, hogy biztosítsa számukra a javakat. Ezek a javak jelen esetben digitális javak, úgy, mint elektronikus kereskedelem, banki ügyintézés, oktatás, ügyintézés és még sorolhatnánk. A társadalom részéről viszont alapvető elvárás az egyes tagjaival szemben, hogy azok a részükre biztosított digitális javakat elérjék, használják, és boldogulljanak vele, tegyék jobbá az életüket. Természetesen mindezt úgy, hogy az mindenki számára megnyugtatóan biztonságos legyen. Az egyén ugyan olyan felelős azért, hogy a részére biztosított javakat el tudja érni, mint maga a társadalmat irányító vezetés. Tehát nem mondható el az, hogy az állam feladata kizárólagosan a lakosság ilyen irányú képességének növelése, mert a kormányzati törekvések mind hiábavalóak, a társadalmi elvárások teljesítése érdekében, hogyha az egyén nem tesz semmit azért, hogy a célját elérje.

### 1.1. A digitális jólét

Az egyén kötelessége, hogy megtanulja használni azokat a közműveket amelyek a jólétét szolgálják. A 20. században az iparosításnak köszönhetően az emberek számára elérhetővé vált a villamoshálózat, a vezeté-

kes ivóvíz, a vezetékes földgáz, a csatornahálózat, a telefonhálózat. Majd a 20. százaz végén megjelent a legnagyobb közcélú informatikai hálózat, az internet. Az internet infrastruktúráján pedig a 20 éve nagy penetrációval bíró világháló mindenki rendelkezésére áll.

Az elmúlt fél évszázadban, ami az informatika igazi robbanásszerű fejlődését hozta magával, amely az információs rendszerek terjedését generálta, az emberek egyre szélesebb tábora találkozott a mindennapjaiban a számítógép-rendszerekkel. Szélesedett az oktatási paletta is ezen a területen. Az internet terjedését a már korábban említett világháló az úgy nevezett WorldWideWeb megjelenése segítette. Aztán a kétezres évek elején, közepén megjelentek az első okos (smart) telefonok, melyek alkalmasak voltak az internet elérésre. Természetesen ehhez a mobil szolgáltatók és a kábel tv szolgáltatók hatalmas fejlesztésére is szükség volt. Azzal, hogy mindenütt megjelent az informatika, azzal az életünk lett megkönnyítve. Gyorsabban, olcsóbban, egyszerűbben tudunk ügyintézni, vásárolni, bankolni, kapcsolatot tartani távoli és közeli ismerőseinkkel, családunkkal, barátainkkal.

## 2. A generációs szakadék

Ahogy a technika fejlődött, a generációk is hozzá alkalmazkodva változtak. A mai Y és Z generáció már mondhatni „digitális bennszülöttek". Számukra az információs technológia jelenléte teljesen természetes, mint ahogy ezen cikk írójának – aki még az X generációba tartozik – a villamos energia, a vezetékes víz. De nem csak az Y és Z generációk életét hivatott megkönnyíteni az információs technológia, hanem az összes generációnak, mint ahogy az összes olyan közmű, amely az életünk konformizálását segíti, és minden generáció igénybe is veszi azokat.

Téves az az elképzelés, hogy ma már minden gyerek ért a számítógépekhez, mobilokhoz. Bizonyos szinten valóban igaz, de a biztonságról legtöbbször fogalmuk sincs. Az informatika, a digitális írástudás nem veleszületett adottság, hanem olyan képesség, amit meg kell szerezni. A British Computer Society által készített felmérés szerint a munkaadók csupán 52 százaléka vélekedik úgy, hogy munkatársai megfelelő digitális készségekkel rendelkeznek. Németországban és Ausztriában végzett kutatások pedig azt mutatják, hogy sokan alapvető műveletek elvégzésére sem képesek. Érdemes tudatosítani azt, hogy valaki képes kezelni az okostelefont és a közösségi oldalakon beszélget a barátaival, az még közel sem jelenti, hogy digitális írástudó. Egy olasz egyetemen végzett felmérés szerint az egyetemisták 42 százaléka nincs tisztában a free Wi-Fi veszélyeivel, 40 százalékuk nem védi pin-kóddal a telefonját, és 50 százalékuk minden ellenőrzés nélkül bármit letölt a gépére. Az International Computer and Information Literacy Study (ICILS) 60 ezer fiatal körében elvégzett felmérése szerint a megkérdezettek 17 százaléka a legalapvetőbb elvárásoknak sem felel meg, és csupán 2 százalék rendelkezik a tudatos eszközhasználathoz szükséges magas fokú tudással. [1]

### 2.1. A kompetencia

Olyan - ismereteket, készségeket, képességeket, személyiségjegyeket és attitűdöket tartalmazó - komplex rendszer amely

- képessé,
- kompetenssé teszi birtoklóját arra, hogy
- különböző helyzetekben,
- összetett,
- életszerű feladatok megoldásában eredményesen,
- hatékonyan cselekedjék [2].

### 2.2. A digitális kompetencia

Az információs és kommunikációs technológiák alkalmazásával kapcsolatos készségek a legalapvetőbb szinten a multimédiás technológiájú információk keresé-

sét, értékelését, tárolását, létrehozását, bemutatását és átadását, valamint az internetes kommunikációt és a hálózatokban való részvétel képességét foglalják magukban [3].

### 2.3. A digitális írástudás

A digitális írástudás tudatosság, beállítódások és képességek olyan együttese, amely lehetővé teszi, hogy megfelelően és biztonságosan használjuk a digitális eszközöket és intézményeket a digitális források azonosítására, elérésére, kezelésére, integrálására, értékelésére és szintetizálására, továbbá új tudás és médiamegnyilvánulások létrehozására, valamint arra, hogy másokkal kommunikáljunk és reflektáljunk erre a folyamatra [4].

#### *2.3.1. A digitális írástudás fontossága*

- A 15 évnél idősebbek 40,2%, ~ 3 millió ember digitálisan nem kompetens Magyarországon;
- A másik ~7 millió se az, mert nem használ olyan digitális tartalmakat ami kimeríti a digitális írástudás keretét;
- Félnek felfedezni a digitális világot, nem alakul ki a digitális készség [5].

## 3. A biztonságtudatosság és a digitális kompetencia

Ahhoz, hogy a kínálkozó infokommunikációs technológiákat mindenki használja, és jól használja, biztonságosan és hatékonyan, ahhoz a társadalom minden rétegének rendelkeznie kellene megfelelő mértékű digitális kompetenciával.

### 3.1. A top 10

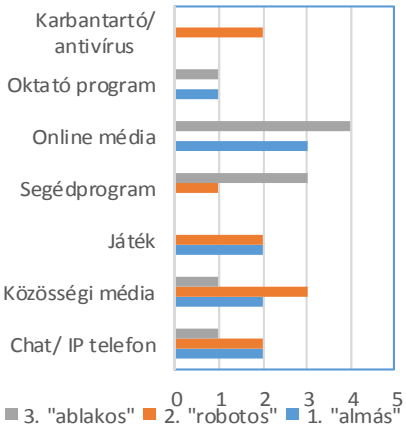
A fenti állításunkat támasztja alá az, hogy a 10 legnépszerűbb ingyenes mobiltelefon alkalmazásokat vizsgáltuk meg a három legnépszerűbb mobil operációs rendszerre fejlesztett alkalmazások közül.

Az „almás" operációs rendszer legnépszerűbb ingyenes alkalmazásai között 2 játékalkalmazás, 2 chatalkalmazás, 2 közösségi oldal alkalmazás, 1 mozifilm megosztó, 1 zene megosztó, 1 közösségi videó megosztó alkalmazás volt és csak 1 oktatást segítő alkalmazás volt. Érdekesség, hogy csak a 25. helyen volt az első e-kereskedelmi alkalmazás. Bármi féle biztonsági alkalmazás az eső százban nem is fordult elő [6].

A „robotos" operációs rendszer esetében az ingyenes első tízben kicsit már jobb ugyan a helyzet, mivel ott 2 játékalkalmazás mellet, 3 közösségi oldal alkalmazás, 2 chat alkalmazás, 1 anitvírus, 1 karbantartó, és egy közösségi közlekedés alkalmazása volt [7].

Az „ablakos" operációs rendszert használók az ingyenes alkalmazások közül 1 közösségi oldalalkalmazás, 1 hír- és 1 időjárás alkalmazás, 1 videó lejátszó és 1 könyvolvasó alkalmazás, 1 online film és 1 online rádió alkalmazás, 1 internet telefon alkalmazás, 1 névnap emlékeztető alkalmazás és 1 nyelvoktató alkalmazás volt. A felmérés során az operációs rendszer beépített alkalmazás áruház szoftverét használtam.

A felmérésből és az abból készült **1. ábrá**ból kitűnik, hogy mind három operációs rendszer felhasználóinak a körében megtalálható az ingyenes applikációk között a közösségi médiához kapcsolódnak, illetve a kapcsolattartáshoz szükséges kommunikációs applikációk. A játék alkalmazások már megosztják a felhasználókat. A különböző segédprogramok a két véglet és a köztes átmenetet tükrözik, ahogyan az online média alkalmazások használata is. Végül látható, hogy az oktató programok előfordulása nagyon kicsi, ahogyan a karbantartó és antivírus megoldásoké is. A fenti kimutatás jól tükrözi, hogy a felhasználók az okostelefonjaikat inkább a szórakozás valamilyen formájára használják, a tanulással szemben. Nagyon lesújtó képet mutat a biztonság tudatosság is a biztonsági alkalmazások használata tekintetében.




**1.ábra.** *TOP 10 ingyenes alkalmazások eloszlása (készítette: a szerző)*

## 4. Következtetések

A biztonságtudatosság és a digitális kompetencia összefüggése jól látható. Véleményünk szerint a biztonságtudatosságot a digitális kompetencia erősítésével lehetne növelni és fordítva. Amennyiben az emberek tudatosabbak lennének a biztonság területén, abban az esetben a digitális kompetenciájuk is magasabb lenne. A kérdés az, hogy melyik oldalról megközelítve lehetne hatékonyabban célt érni. Az emberek nagyon kényelmesek és nem szeretnek olyan dolgokra áldozni, amelyek a vélt haszna alacsony, amilyen a biztonság kérdése. A digitális írástudás széleskörű elterjesztésére eddig volt bő 20 évünk, és a fenti számokból kitűnik, hogy ez nem igazán sikerült. Az iskolai informatikai oktatás sok helyen a minimálisnál is alacsonyabb, mert maguk a tanárok se kompetensek a digitális világban. A megoldás valószínűleg egy több irányú hiányosság-felszámolás lenne. Mind két irányból megindított felszámolási akció, valószínűleg hatékony lenne és a végeredményt sokkal hamarabb el lehetne érni, mint azt gondolnánk.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] DigitalHungary: *Fogalmunk sincs róla mi az a digitális írástudás*, 2015. február 09., http://www.digitalhungary.hu/e-volution/Fogalmunk-sincs-rola-mi-az-a-digitalis-irastudas/1748/#sthash.eVmwNQTS.dpuf, letöltve: 2015. 12. 08.

[2] Klenovitsné Zóka Tünde: *Digitális nemzedék, Digitális kompetencia*, http://janus.ttk.pte.hu/tamop/tananyagok/digitalis_nemzedek/digitlis_kompetencia.html, letöltve: 2015. 12. 07.

[3] *Az egész életen át tartó tanuláshoz szükséges kulcskompetenciák*, 2009. jún. 17., https://www.ofi.hu/tudastar/nemzetkozi-kitekintes/egesz-eleten-at-tarto, letöltve: 2015. 12. 07.

[4] Koltay Tibor: *Médiaműveltség, média-írástudás, digitális írástudás* http://www.mediakutato.hu/cikk/2009_04_tel/08_mediamuveltseg_digitalis_irastudas, letöltve: 2015. 12. 05.

[5] Zoltan Nyikes, Zoltan Rajnai: *Big Data, As Part of the Critical Infrastructure,* SISY 2015, IEEE 13th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Serbia, Zrenjanin, 2015., pp. 217-222. ISBN:978-1-4673-9388-1

[6] *iTunes Charts*, http://www.apple.com/itunes/charts/free-apps/, letöltve: 2016. 01. 23.

[7] Google Play: *Legnépszerűbbek Alkalmazások kategóriában*, https://play.google.com/store/apps/collection/topselling_free, letöltve: 2016. 01. 23.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 317–320.
http://hdl.handle.net/10598/29093
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.70

# A FELÜLETI ÉRDESSÉG KIALAKULÁSÁNAK ELEMZÉSE ESZTERGÁLÁSI ÉS MARÁSI MŰVELETEKNÉL

# ANALYSIS OF FORMATION OF SURFACE ROUGHNESS IN CASE OF TURNING AND MILLING PROCESSES

Palásti-Kovács Béla[1], Ács Dániel[2], Ráczi Viktor[3]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5356, palasti@uni-obuda.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5391, danielacs2091@gmail.com*

[3]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5356, raczi.viktor@gmail.com*

## Abstract

Surface roughness and the quality of surfaces of machine elements play important role in safety and reliable operation of technical devices. Present study shows that different machining processes results dissimilar microgeometry with variety of surface parameters. Formation mechanisms of surface roughness are analysed based on turning and milling tests. It is indicated that significant changes occur in amplitude, average and shape of cut surface during wear and cutting edge degradation processes of tools. In case of milling, behind the cutting parameters and geometric data the run-out has significant effect for the roughness of milled surface.

***Keywords**: surface roughness, tool wear, tool accuracy, tool run-out.*

## Összefoglalás

Műszaki eszközeink megbízhatóságának és biztonságos működésének kulcsfontosságú része az alkatrészek felülete, a kapcsolódó gépelemek felületminősége, érdessége. Jelen munkában bemutatjuk, hogy az egyes forgácsolási eljárások különböző mikrogeometriát és eltérő érdességi értékeket hoznak létre. Kísérleti példákon elemezzük az érdesség kialakulásának mechanizmusát esztergálási és marási műveleteknél. Rámutatunk arra, hogy a gyártás során a szerszámok elhasználódása alatt bekövetkező kopás és vágóél-változás a megmunkált felületen jelentős magassági- átlagos- és formai eltéréseket okoz. Marásnál rámutatunk arra, hogy a forgácsolási és geometriai adatok mellett a szerszám, valamint a megmunkáló rendszer ütésének döntően meghatározó szerepe van a mart felület érdességére.

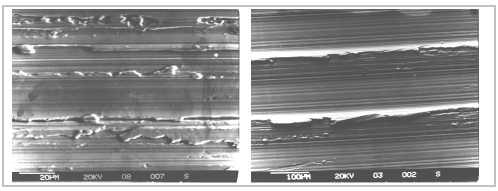
***Kulcsszavak:** felületi érdesség, szerszámkopás, szerszám pontosság, szerszámütés.*

## 1. Bevezetés

Gyártás, minőség, működés − egymástól elválaszthatatlan fogalmak. Minden olyan előírás és probléma, amely a kapcsolódó alkatrészek gyártásánál felmerül, jelentős hatással lehet a működésre.

Az Óbudai Egyetem Bánki Karán közel négy évtizede foglalkozunk a felületi mikrogeometria vizsgálatával, a megmunkáláskor kapott felületprofilok, topográfiák kiértékelésével, a forgácsolt felület és a felületet kialakító szerszámél közvetlen kapcsolatával, egymásra hatásával [1].

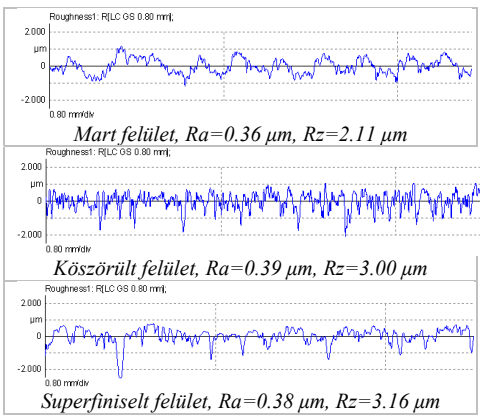
Számos forgácsolási eljárást (esztergálás, fúrás, marás, köszörülés, szuperfiniselés, stb.) vizsgáltunk meg abból a célból, hogy feltárjuk az egyes megmunkálások mikrogeometriai jellegzetességeit (**1. ábra**), az érdesség kialakulásának mechanizmusát [2].



**1. ábra.** *Köszörült, ill. finomesztergált felület elektronmikroszkópos képe*

Vizsgálatainkból összegezhető, hogy egy adott megmunkálással előállított felület sem méréstechnikai, sem gyártási szempontból nem tekinthető homogénnek. Ugyanazon felületet jellemző, egymáshoz közeleső mérésekből kapott érdességi paraméterek jelentős eltérést mutathatnak, akár elérhetik a 70-100%-ot is [1].

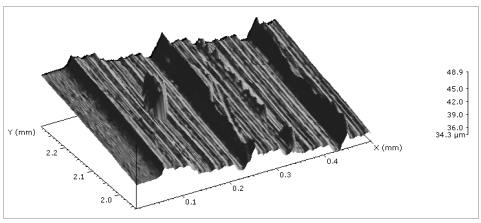
A **2. ábra** közel azonos Ra értékű mart, köszörült és szuperfiniselt felület mikrogeometriai profilját mutatja. Jól elkülöníthetők az alaki jellegzetességek, ami azt is előrevetíti, hogy működés közben is másként viselkednek.




**2. ábra.** *Forgácsolt felület - érdességi profilok (Ra=0,36…0,43 µm, Rz/Ra=5,8…9,5)*

## 2. Az esztergált felület kialakulása a forgácsolási folyamatban

Egy esztergált felületet megfelelő nagyításban vizsgálva jól megfigyelhetők a megmunkálás geometriai nyomai (**3. ábra**). Ezek ismétlődő csúcsok, barázdák, kiemelkedések (felrakódások) és mélyedések (kitépődések).




**3. ábra.** *Esztergált felület mikrogeometriai jellegzetességei*

A megmunkálási folyamat kinematikája, a szerszám geometriai jellemzői és a megmunkálandó anyag fizikai-mechanikai tulajdonságai határozzák meg a felületen kialakuló mikrogeometriai alakzatot. E tényezők változása a megmunkálási folyamatban lényeges különbségeket okozhatnak a felület mikrogeometriájában [2]. Sorozatgyártás esetén mindez komoly kihívást jelent a felületérdességi mérőszámok előírt értékének folyamatos betartásában.

A főbb tényezők hatását elméleti összefüggések írják le, ilyenek a Bauer-képlet és a Brammertz-formula:

$$Rz \approx R_e = 125 \cdot \frac{f^2}{r_\varepsilon} \quad [\mu m], \qquad \text{illetőleg}$$

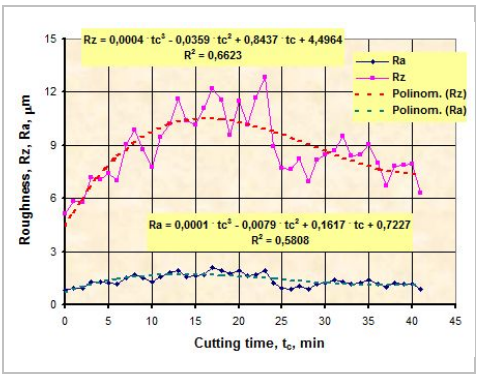
$$Rz \approx R_{eBr} = 125 \cdot \frac{f^2}{r_\varepsilon} + h_{min} \cdot \left( 0.5 + \frac{r_\varepsilon \cdot h_{\min}}{2000 \cdot f^2} \right) \quad [\mu m]$$

ahol: f – beállított előtolás, mm, $r_\varepsilon$ – a szerszám csúcssugara, mm, $h_{min}$ - a leválasztható minimális forgácsvastagság, azaz $h_{min} = f\,(v_c, r_n, \text{stb.}) = 3\ldots8$ µm, $r_n$ - a szerszámél éllekerekedése.

A további befolyásoló tényezők között az időbeli változásnak igen jelentős szerepe lehet. Simító esztergálásra közölt kutatá-

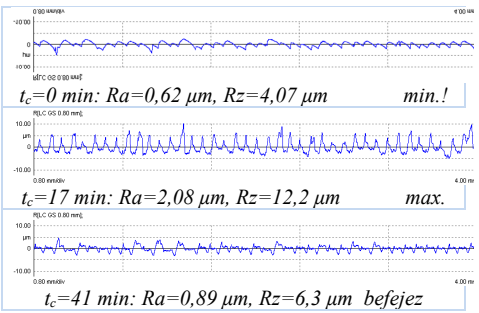
sokból [3] az szűrhető le, hogy 15-20 perc forgácsolási idő alatt az Ra érték kb. 1 µm-rel való növekedését eredményezi. Ez csak a változás trendjét és nagyságát prognosztizálja, kevéssé mutat rá a szerszámkopás hatására bekövetkező módosulásokra.

C50 anyagon végzett vizsgálataink Ra, Rz értékeit a **4. ábra** mutatja be. Az Rz paraméternél a szerszámkopás hatására bekövetkező eltérések mértéke több mint háromszoros. A forgácsolási folyamat alatt a szabályos élalak eltűnik és sajátos átmásolódási mechanizmus alakul ki [2].




**4. ábra**. *Az Ra és Rz értékek alakulása esztergáláskor ($v_c$=300 m/min;)*

A felületi mikrogeometria alakulását jól szemléltetik az **5. ábra** érdességi profildiagramjai, amelyeken az előzőekben leírt, az élalak és az esztergált felület közötti kölcsönhatások jól érzékelhetőek.




**5. ábra.** *Az érdességi profildiagramok alakulása a forgácsolási idő alatt*

## 3. A mart felület kialakulása

Itt az általános hatások hasonlóak, mint esztergálásnál, de mivel több fog dolgozik egy körülfordulási ciklus alatt, a szerszám geometriai hibái sokkal nagyobb szerepet kapnak. Ezt a tényt az elméleti levezetések, illetve a szakirodalomban közölt vizsgálati adatok részben már jelzik [4]. Legtöbb cikkben viszont a forgácsoló sebesség $v_c$, az előtolás $f_z$, illetve a megmunkált anyag hatását elemzik a kapott felületi érdességre, és nem veszik figyelembe a szerszám fogainak, illetve a szerszámbefogó orsó pontosságának hatását.

Egyetemünkön végzett kutatások igazolják, hogy a felület messze nem egyenletesen alakul a marás során [5]. A mart felület érdességét többségében a legnagyobb ütésű fog alakítja ki (**6. ábra** - Szerszám: Ø8mm ujjmaró, Anyag x20Cr13 Technológiai paraméterek: $v_c$= 100 m/min, $a_e$: 2,5mm $a_p$: 10mm $f_z$= 0,1mm).

**6. ábra**. *Valós érdességmérés eredményei*

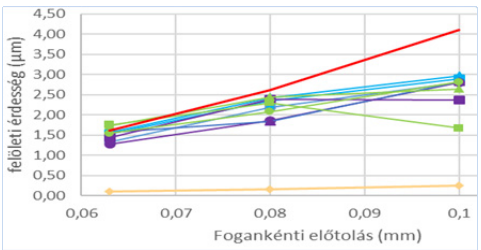
Ez azt jelenti, hogy a fogankénti előtolás $f_z$ hatása elvész, s szerepét a fordulatonkénti előtolás f veszi át. Ideális esetben, ha sem a szerszámbefogásnak, sem a szerszám fogainak nincs ütése, akkor adódik az $f_z$ és a maróátmérő geometriai hatására a minimális elméleti Rz felületi érdesség, a maximális értéket pedig a fordulatonkénti előtolás ($f=z \cdot f_z$) hatásaként kapjuk.

$$R_z = \frac{f_z^2}{8 * R_{sz}}, \quad \text{és} \quad R_z = \frac{f^2}{8 * R_{sz}},$$

ahol $R_{sz}$ – a marószerszám sugara.

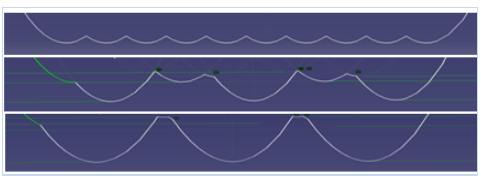
A várható valós Rz egyenetlenség-magasság érdességi értékek tehát a fenti képletek által meghatározott (min…max) tartományban helyezkednek el, függően attól, hogy a forgácsoláskor adódó szerszámütések milyen mértékűek.

$R_{sz}$=4 mm sugarú, z=4 fogú ujjmaróval $f_z$=0,1mm fogankénti előtolással forgácsolva ez kb. Rz=0,3 µm és Rz=4 µm értékek között alakul (lásd **7. ábrát**). A minimálishoz közeli Rz érték kialakulását még elvétve sem tapasztaltuk!




**7. ábra**. *A valós marási kísérletek eredményei*

Az előbb említett problémát vizualizálja a **8. ábra**, amely az elméleti érdesség, és az egyre nagyobb ütéssel rendelkező szerszám által előállított elméleti felületeket mutatja.



**8. ábra.** *Az elméleti érdességi profilok alakulása (Rzmin…Rzmax)*

A szerszám és a befogórendszer pontatlanságait ismerve, illetve bemérve, a várható Rz felületi érdesség a fenti szimulációval jól modellezhető. A fentiekből viszont egyértelműen következik, hogy marásnál a felületi érdesség és a technológiai paraméterek, illetve a megmunkálandó anyag kapcsolata, az igen pontos gép és szerszám feltételek mellett is csak fenntartásokkal vizsgálható és elemezhető.

## 4. Összegzés, következtetések

Gyártásnál és minőségellenőrzésnél mindig figyelemmel kell lenni arra, hogy a felületképzés a forgácsoló szerszám elhasználódási folyamata közben valósul meg.

A szerszám kopása és annak időbeli változása visszahat a megmunkált felületre. Ez esztergálásnál a megmunkált felület érdességét alakító csúcshátlap kopási jellegzetességeire vezethető vissza: megváltozik a mikrogeometriai profil jellege, az általánosan ismert Ra és Rz érdességi paraméterek értékei pedig akár 200-300%-os eltérést is mutathatnak a szerszám éltartama alatt.

Több élű szerszámoknál, így főként marásnál a szerszámok eltérő gyártási pontossága, éleinek ütése meghatározóan befolyásolja a forgácsoláskor kialakuló felületi érdességet. Ezért más technológiai paraméter érdességre való hatásának vizsgálatakor ezt feltétlenül figyelembe kell venni.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] G. N. Tóth, Á. Drégelyi-Kiss and B. Palásti-Kovács: *Analysis of microgeometrical parameters of cutting surfaces*, Pollack Periodica, Vol. 8, No. 2, pp. 55–66 (2013)

[2] B. Palásti-Kovács, S. Sipos, Sz. Bíró: *The Mysteries of the Surface First Part: The Characteristic Features of the Microgeometry of the Machined Surface*, Acta Polytechnica Hungarica, Vol.11 No.5 2014. p.5-25

[3] J-E. Stahl, F. Schultheiss, S. Hagglund: *Analytical and Experimental Determination of the Ra Surface Roughness during Turning*, Procedia Engineering, 19 (2011) p. 349-356.

[4] M. Krüger, B. Denkena: *Model-based identification of tool runout in end milling and estimation of surface roughness from measured cutting forces*, Int J Adv Manuf Technol (2013) 65:1067–1080

[5] Ráczi V.: *Az élpreparáció hatása nehezen forgácsolható anyagok marásakor*, 2015.11.18. ÓE-BGK, TDK-dolgozat.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 321–324.
http://hdl.handle.net/10598/29094
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.71

# SPECIÁLIS VESZÉLYFORRÁSOK AZ ORVOSI ROBOTIKÁBAN

# SPECIAL HAZARDS IN MEDICAL ROBOTICS

Pausits Péter

*Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Cím: H-1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8.; Óbudai Egyetem Robottechnikai Szakkollégium Cím: H-1032 Magyarország, Budapest, Kiscelli utca 78. Telefon: +36-30-2099288, peter.pausits@irob.uni-obuda.hu*

## Abstract

Throughout the history of many industries one of the most significant was the saving of human life and treating diseases. The medical instruments come to direct or indirect contact with human body due to their nature. During the researches many new methods emerged that interacts with not only with patients but also the operators of such instruments like the x-ray, laser. With the development of control systems the medical robots appeared that can prevent human mistakes and therefore decreases the number of malpractices and also their consequensces. However with their appearances new risks came up unlike anything before. In order to resolve those risks new safetyengineering standards had to be developed and used, but the surgical medical instruments doesn't have unified international regulations that could aid their research, production and application. With this researh our goal is to define the surgical robotics.

***Keywords**: hazards, shared workspace, medical device standard, surgical robots.*

## Összefoglalás

A történelem során a számos iparág fejlődése közül az egyik legnagyobb hangsúlyt az emberi élet megmentése és sérülések betegségek megfelelő kezelése kapta. Az orvosi eszközök más iparági eszközökkel ellentétben, sajátosságukból adódóan közvetlen vagy közvetett kapcsolatba kerülnek az emberi szervezettel. A fejlődés során olyan eljárások jelentek meg, amelyek már nem csak a beteggel, hanem az eszköz kezelőszemélyzetével is interakcióba kerülnek, mint a röntgen sugár, lézer vagy az ultrahang. Az ipari szabályozástechnika fejlődésével párhuzamosan megjelentek az orvosi robotok is, amelyek számos emberi tényezőt képesek kiszűrni és ezáltal az orvosi műhibák számát és következményét csökkenteni, de megjelenésükkel újabb veszélyek merültek fel, amelyek korábban nem voltak jellemzőek. Ennek érdekében számos biztonságtechnikai szabvány került kidolgozásra és alkalmazásra, de a sebészeti orvosi robotokra még jelenleg nincsen egységes nemzetközi előírás, amely elősegítené a fejlesztésüket, gyártásukat és felhasználásukat. Ezen kutatással a sebészeti robotika meghatározását segítjük elő.

***Kulcsszavak:** veszélyek, osztott munkatér, orvosi eszköz szabványok, sebészeti robot.*

## 1. Bevezetés

Az elmúlt 30 évben számos orvosi eszköz fejlődése kapott még kiemeltebb szerepet, amelyek közül jelen kutatásunk az orvosi robotokkal és biztonságtechnikájukkal foglalkozik. Az orvosi eszközök és kiemelten az orvosi robotok működése során szá-

mos hasonlóság figyelhető meg az ipari robotokéval, viszont a „félkész termék" esetünkben az ember. Az orvosi robotok veszélyforrásainak elemzésénél alapvetően az az ISO 10218-1:2011 „Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots" szabványosítást vettem alapul, amely rögzíti a kollaboránsban működő ipari robotok veszélyforrásait és a sérülések elkerülésére vonatkozó ajánlásokat. A robotok orvosi beavatkozásit, műveleteit tekintve megvizsgáltuk, hogy a beavatkozástól minőségétől függően (behatoló, nem behatoló) milyen veszély források jelentkezhetnek a beavatkozás során [1]. A behatoló sebészeti eszközök esetén tovább bontható a testnyíláson keresztül, illetve az emberi szöveten keresztül behatoló eszközökre, amelyek természetüknél fogva külön kategóriát képviselnek.

A kutatás során csoportosítottuk ezen szempontok szerint a jelenleg piacon és publikált kutatás alatt lévő orvosi robotokat, amely alapján szűkíthetők és kategorizálhatók azon eszközök, amelyekre jelenleg nem létezik teljes körű biztonságtechnikai előírás.

A veszélyekből fakadó bekövetkezhető sérüléseket nem csupán betegen kell vizsgálnunk, hanem a beavatkozással közvetlenül együtt dolgozó személyzeten is, hiszen számos esetben nagyobb kockázatnak vannak kitéve a berendezést kezelő személyek.

## 2. Vizsgált berendezések

A kutatás során 112 olyan orvosi eszközt vizsgáltunk, amelyeket tervezésük és felhasználásuk során valamilyen már létező szabvány előírásai szerint készítettek, viszont egyelőre – a sebészeti robotokra vonatkozó biztonságtechnikai szabvány hiánya miatt – nem tisztázott, hogy sebészeti beavatkozó robotnak kell-e tekintenünk vagy sem. A sebészeti robotok estén figyelembe vehető kategóriák:

### 2.1. Endoszkóp eszközök

Az endoszkópok esetén egy testnyíláson keresztül behatoló eszközről beszélünk, amelyet elsősorban diagnosztikai eszközként tartunk nyílván, de egyes típusai képesek szövetmintát gyűjteni a vizsgált területről. Így azon típusai, amelyek csak diagnosztikát végeznek (PillCam) azok nem tekinthető sebészeti robotnak, viszont a mintagyűjtők (Invendoscope, FLEX, Cyclops, i-Snake, KidsArm) esetén megfigyelhetők az egyes, sebészeti robotokra jellemző veszélyek.

### 2.2 Laparoszkópiás beavatkozás

A behatoló sebészeti robotokat tekintve a legtöbb esetben laparoszkópiás beavatkozást végző robottal találkozhatunk (da Vinci Surgical System, DEX robot, ROSA, ViKY, AESOP, Zeus, ALF-X, Bitrack, Laparobot, SurgiBot, SOFIE, SPRINT, AQrate, NEDO), amely a minimál invazív sebészetnek (MIS) egyik legelterjedtebb fajtája [2]. Az eljárás lényege, hogy minimális szöveti metszésen keresztül juttatunk a szervezetbe hosszú nyéllel rendelkező manipulátorokat és a műtétei terület vizuális megjelenítéséhez szükséges optikai eszközt [3]. Ennek következtében sokkal kisebb megterhelés éri a szervezetet, viszont a művelettel járó új veszélyforrások jelentkeznek. A műtét elvégzéséhez a hasüreg felfújását kell alkalmaznunk. A beavatkozás során váratlan vérzés következhet be, amikor azonnal váltani kell nyílt sebészetre.

### 2.3 Urológiai beavatkozás

Az urológiás beavatkozásra fejlesztett sebészeti robotokat (Probot, BioBot, MrBot, Concentric Tube Robots) transurethralis húgyhólyag tumor (TUR) eltávolítására alkalmazzák, amely egyik kiemelt következménye a potenciavesztés és a mosófolyadék által okozott szövődmény. A TUR beavatkozás a MIS beavatkozás szintén egyik fajtája.

### 2.4. Katéterezés

A katéterezés során kiemelt problémát jelent a katéter megfelelő navigációja. A navigációhoz folyamatos röntgensugarat alkalmaznak, amely a vizsgálat ideje alatt nem okoz maradandó károsodást a betegben, viszont a műveletet végrehajtó orvos a munkaideje alatt állandó veszélynek van kitéve. Robot alkalmazása (CASCADE, HeartLander, Amigo) esetén elkerülhető, hogy a kezelő személyzet egy védett területen tartózkodjon, amíg a beavatkozás tart. A robot által végzett navigáció segít olyan területekre történő eljutásban, amelyet kézi beavatkozással nem tudnánk végrehajtani.

### 2.5. Transzplantáció

A transzplantációs orvosi robot (ARTAS) műveletét tekintve bőrön keresztül behatoló sebészeti robotnak tekinthető, amely robotokat elsősorban haj átültetésre alkalmaznak.

## 3. Veszélyforrások

A vizsgálat során megállapítható volt a sebészeti robotokra jellemző veszélyforrások tekintetében számos hasonlóság az ipari robotokra jellemző veszélyforrásokkal [1]:

- Normális vagy nem szándékolt robot kar alkatrészének mozgása;
- Külső tengelyek normális vagy nem szándékolt mozgása;
- Mozgatott termék vagy tárgy kiejtése;
- Erő visszacsatolás hiánya;
- Erőátviteli berendezés meghibásodása;
- Berendezés merevedése a testben;
- Felfújás közbeni nyomás;
- Nagy feszültség vagy nagy frekvencia alkalmazása;
- Energiaellátás nem tervezett megszűnése;
- Jelátalakítás sebessége;
- Hosszú távú zajszennyezettség;
- Mechanikai kapcsolatok, kötőelemek, alkatrészek váratlan megállása vagy kiadása;
- Nem szándékolt mozgás az irányítói oldalról;
- Élő szervezetre káros anyagok felhasználása;
- Leválasztott szövet nem megfelelő helyre történő bejutása;
- Beavatkozó nem szándékolt művelete;
- Robotkarok találkozása;
- Forgási sebesség;
- Nem szándékolt szorítási erő;
- Nem szándékolt szorítási időintervallum;
- End-effector cseréje közbeni pozícionálás;
- A beavatkozó nem szándékolt mozgása;
- Alkatrészek nagy sebességgel történő mozgatása.

Az ipari megmunkálás esetén az megmunkált anyag szilárdságától függően megfelelően rögzíthető a félkész termék, illetve külső fizikai behatás nélkül a munkadarab nem tud elmozdulni a pozíciójából. Az orvosi beavatkozás során az emberi szövet és idegrendszer sajátosságából adódóan váratlan elmozdulást fordulhat elő, amely különös veszélyt jelent a beavatkozás során.

## 4. Sebészeti invazív robotok ismérvei

A felkutatott orvosi robotok veszélyeit vizsgálva és a jelenleg már megjelent biztonságtechnikai szabványokat figyelembe véve tovább redukálható azon orvosi robotok száma és típusa, amelyre még nem vonatkozik érvényes biztonságtechnikai irányelv.

Egyértelműen megfogalmazható, hogy sebészeti robotika szempontjából csak azon eszközök tekinthetőek robotnak, amelyek nem közvetlen emberi erővel működnek, hanem csak minimum master-slave üzemmódban hajtják végre a kezelő utasításait és saját pozícionálóval, tartószerkezettel és beavatkozókkal rendelkeznek.

**1. ábra.** *Master-slave üzemmódban működő da Vinci sebészeti robot [4]*

A sebészeti robotok klasszikus értelemben vett sebészeti beavatkozást hajtanak végre, azaz az emberi szöveten keresztül jutnak be a műtéti területre, amelynél elengedhetetlen az emberi szövet minimális metszése. Metszés nélküli beavatkozást, azaz a nagyfrekvenciás beavatkozással működő orvosi eszközöket ebből a szempontból (X-RAY, MRI, CT) nem tekintjük sebészeti invazív robotnak, mert ezen eljárásokra már léteznek megfelelő biztonságtechnikai előírások.

Az endoszkóp típusú eszközök azon csoportját, amely mintavétel gyűjtésére is alkalmas azon eszközök tartozhatnak ezen csoportba.

A fogászati szájsebészeti eljárásokra szintén széles körű biztonságtechnikai szabványosítás létezik, így szintén nem tekinthető az invazív sebészeti beavatkozásnak.

## 5. Következtetések

A kutatás során megállapítható volt, hogy a klasszikus értelemben vett robot megfogalmazás sokkal pontosabb definíciót igényel. Továbbá a sebészeti invazív beavatkozásokat tekintve a felmerülő veszélyforrások egy részletes kutatást igényeltek, amely alapján pontosan meghatározható azon orvosi eszközök köre, amely még nem rendelkezik biztonságtechnikai szabvánnyal.

A kutatás során feltártuk azon veszélyforrásokat, amelyek nagy hasonlóságot mutatnak az orvosi robotok és az osztott munkatérben működő ipari robotok között. Ennek eredményeként megfogalmazódtak olyan veszélyek, amelyek az emberi szövet sajátosságaiból adódóan más területen használatos robotok felhasználása során nem merülhettek fel, viszont kiemelt figyelmet kell rájuk fordítani a sebészeti invazív robotok esetén.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Haidegger T., és Rudas I. J.: *From Concept to Market: Surgical Robot Development", Handbook of Research on Advancements in Robotics and Mechatronics*, 2014, 242.

[2] Pausits P., Szogi G., Nagy D. A., M. Nallbani, Rudas I. J. és Haidegger T.: *Identification of Hazards in Invasive/Surgical Robotics*. IEEE IROS Workshop, Hamburg, 2015.

[3] Rosenblatt A., Bollens R. and Espinoza Cohen B.: *General Laparoscopic Information (Serias Springer Tracts in Manual of Laparoscopic Urology)*. Spriger-Verlag, 2008, 1-17.

[4] Forrás: http://intuitivesurgical.com (letöltés dátuma: 2016.02.11.)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 325–328. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.72
http://hdl.handle.net/10598/29095

# VÁGÓBÉLYEG GEOMETRIÁJÁNAK HATÁSA A FESZÜLTSÉGEK ELOSZLÁSÁRA

# THE STUDY OF STRESS DISTRIBUTION DEPENDING ON THE GEOMETRY OF A PUNCHING TOOL

Péter Attila

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Cím: Románia, Marosvásárhely/Koronka, Segesvári út 1C Telefon / Fax: +40-265-206210/ +40-265-206211. attilapeter22@gmail.com*

## Abstract

This paper presents a FEM analysis of the stress and deformation distribution in the body of a puncheon used in perforating or offcutting cold forming devices. The study focuses on the stress distribution in dependence with the tool fillet radius on the punching contour and the width of the bridge. The model uses the Stress Analyzis module of the Autocad Inventor software. The input of the model is given by the thickness of the metal sheet, the geometry and mechanical properties of the puncheon and the punching force. The program outputs the optimal fillet radius and the minimal bridge width.

***Keywords**: geometry, punching tool, stress analyzis.*

## Összefoglalás

A dolgozat a hidegalakítással történő kivágó-lyukasztó bélyegek működés során fellépő terhelését vizsgálja, az anyagpalló szélessége és a sarkak lekerekítési sugarának függvényében. A vizsgálat az Autocad Inventor Stress Analyzis program segítségével végeselem-módszerrel történik. A bevitt adatok alapján (munkadarab lemez vastagsága, vágóbélyeg mechanikai tulajdonságai, vágóerő) meghatározható a minimális pallószélesség és az optimális sarokkerekítés. Minimális pallószélesség használatakor anyag és befektetett energia takarítható meg ezáltal optimalizálható a hidegalakító szerszám működése.

***Kulcsszavak:** geometria, kivágó szerszám, feszültség vizsgálat.*

## 1. Bevezetés

Lemezből préselt tárgyakat nagyon sok helyen használunk mind a mindennapi életben (kanál, villa, alátétek) mind az iparban (ácsok által használt kötőelemek, elektronikában). Hideg préselés során a megmunkálni kívánt lemezt a vágó- illetve hajlító bélyegek segítségével alakítsuk a kívánt alakra. A bélyegek geometriája kiemelkedő szerepet tölt be, hogy a kívánt kész illetve félkész terméket létre tudjuk hozni. Hideg-préselés során, ahogy a neve is elárulja, a nyersanyag hőmérséklete az átkristályosodási hőmérséklet-érték alatt marad megmunkálás közben.

A képlékeny alakítás fogalmában számtalan megmunkálási technológiáról beszélhetünk, amelyeknek az egyik legfontosabb jellemzőjük az, hogy a megmunkálás során nem keletkezik forgács. Ezért nevezik ezen megmunkálási technológiákat forgács nélküli megmunkálásnak is.

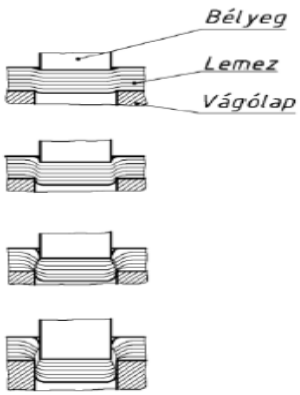
## 2. Vágás, lyukasztás

A továbbiakban a hidegalakítási technológiák sajátos és igen elterjedt formájával, a lyukasztással illetve kivágással foglalkozunk. E technológia alkalmazása során a munkadarab alakját a kivágó illetve lyukasztószerszám úgynevezett aktív elemei (vágóbélyegek, lyukasztóbélyegek) határozzák meg.

Kivágáskor a lemezsávból kieső rész lesz a munkadarab, a sávmaradék meg a hulladék. Lyukasztáskor viszont a lemezsávból vagy már az előgyártmányból kieső rész lesz a hulladék.

A vágás során az anyagban három fázist figyelhetünk meg (**1. ábra**) [1]:

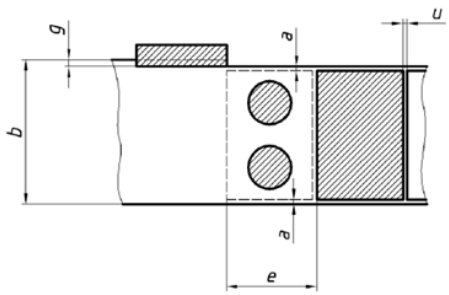
- A bélyeg behatol a munkadarab anyagába és rugalmasan deformálja.
- Az alakváltozás során fellépő feszültségek elérik az alakítási szilárdságot és az anyag képlékenyen alakul.
- Kimerül az anyag alakváltozó képessége, nyírási repedések keletkeznek, majd a vágóbélyeg körvonalán beszakad az anyag és a vágás befejeződik.




**1. ábra**. *A kivágás-lyukasztás jellegzetes képlékenyalakítási fázisai*

## 3. Az anyaghíd szélessége

Sávterv készítésekor (**2. ábra**) az egyes munkadarabok közt egy-egy hidat kell hagyni, amely szerepe egyrészt a vágás biztonságossá tétele (ne forduljon be a lemez a vágórésbe) másrészt a hulladék – esetleg a munkadarab – továbbtaszítása a szerszám vágólap-furatában. Az anyaghíd mérete a valóságban jelentősen befolyásolhatja a bélyegben a feszültségeloszlást, akár a munkadarab vágott felületének a minőségét. Jelen tanulmányban az anyagpalló szélességének hatását is figyeljük.

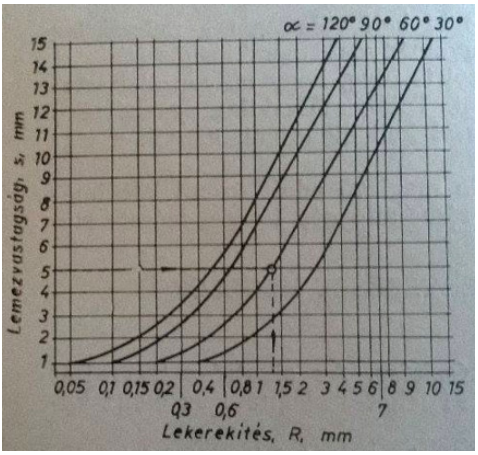



**1. ábra.** *Az anyaghíd*

## 4. A Levágó szerszám lekerekítési sugarának tanulmányozása

Tökéletesen éles sarkot kivágással illetve lyukasztással nem lehet előállítani. Ennek oka az, hogy megmunkálás során az éles sarok jelenléte egy nemkívánatos, igen intenzív erőkoncentráció- zónát hoz létre a vágószerszámban. Ezért a vágóbélyeg sarkait lekerekítéssel kell tervezni és kivitelezni. A szakirodalom szerint [2] 90°-os bélyegsarok lekerekítésére általában a lemezvastagság 10%-át javasolják, mint ahogy azt a 3. ábrán szemléltetett diagramon láthatjuk, amelyről lekerekítési sugár olvasható le a lemezvastagság függvényében [2].

A minimális sarok- lekerekítési sugarat

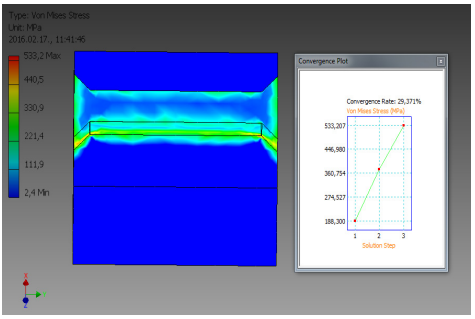



**2. ábra**. *Sarok-lekerekítés a lemezvastagság függvényében*

az Autocad Inventor Stress Analyzis [3] szoftver segítségével kerestem. Az Inventor szoftver segítségével modellezett vágóbélyeg saroksugarát paraméterként kezeljük. Ennek a sugárnak függvényében figyeljük a bélyeg terhelésekor a sarokban fellépő feszültségeket.

A testmodellhez az X210Cr12 típusú szerszámacélt rendeltem, melynek főbb, hidegalakítási szempontokat befolyásoló jellemzői a következők: folyáshatár (500-550 MPa), szakítószilárdság (750-880 MPa) Annak érdekében, hogy a bélyegre ható erőket vizsgáljuk, a bélyeg vágósíkját leköt-jük, mintha egy alakíthatatlan lemezbe nyomná bele a prés működés közben. A bélyeget akkora erővel terheljük, amely egy 2mm es vastagságú lemez átvágásához szükséges. A terhelési diagramot a 4. ábrán szemléltettük. Ebből leolvasható a sarokban fellépő feszültség maximális értéke, a lekerekítési sugár függvényében.

A vizsgálat során 12 saroklekerekítés-értéket vettünk fel, a 0,1mm - 2mm inter-vallumban. Az adatokat Microsoft Excel táblázatba rendezzük és ezen program se-gítségével rajzoltjuk fel az a 5. ábrán szem-léltetett diagramot.



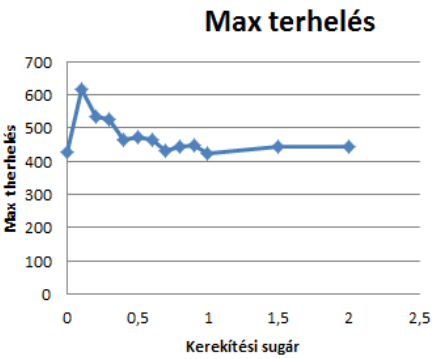

**3. ábra.** *Minimális sarok kerekítés vizsgálata Inventor segítségével*

**1. Táblázat**

| Lekerekítési sugár [mm] | Max. terhelés [N/mm$^2$] |
|---|---|
| 0 | 426,8 |
| 0,1 | 615,881 |
| 0,2 | 533,207 |
| 0,3 | 525,121 |
| 0,4 | 462,557 |
| 0,5 | 473,155 |
| 0,6 | 464,76 |
| 0,7 | 431,578 |
| 0,8 | 444,871 |
| 0,9 | 446,449 |
| 1 | 423,731 |
| 1,5 | 441,533 |
| 2 | 441,584 |

## 5. A pallószélesség hatásának vizsgálata

Pallószélesség vizsgálatakor 3mm értéktől vizsgáltuk a bélyeg teherbírását üzemi terhelés alatt és figyeltük a fellépő feszültségeket (6. ábra). A modelles vizsgálat alapján az derül ki, hogy a 7mm es pallószélesség szükséges minimálisan ahhoz, hogy a vágóbélyeg megfeleljen a terhelésnek.




**4. ábra.** *Terhelési diagram a sarokkerekítések függvényében*

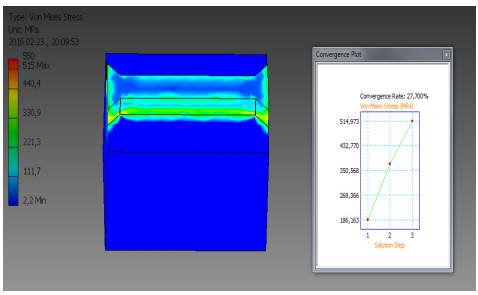
A terhelési diagram a **7. ábrá**n található.

## 6. Következtetések

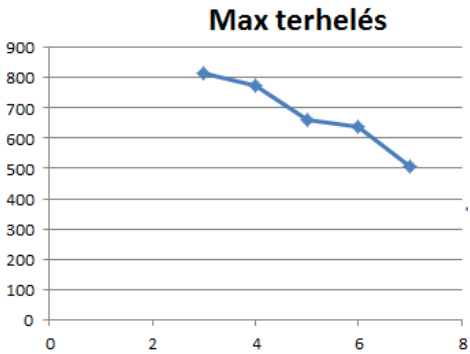
Az **5. ábrá**n feltüntetett diagramból leolvasható, hogy a modell során figyelembe vett 2 mm-es anyagvastagság számára a 0,7 mm-es lekerekítés a legoptimálisabb a feszültségeloszlást eredményezi. Ha ezt az értéket összevetjük a kísérleti úton létrehozott diagrammal (**3. ábra**) belátható, hogy sokkal nagyobb, mint a diagramból kiolvasható ≈0,24 mm. Az eredmény azzal magyarázható, hogy a bélyeg terhelése során masszív anyagtömeget tekintettünk. erők eloszlását figyelembe véve.

A vizsgálat során kapott közel 7 mm-es pallószélesség is a szakirodalomban közölt érték [4] közel háromszorosa.

Következtetésként leszögezhető, hogy a modell további finomításra szorul. Ezt a következőkben a valós anyag illetve a vágólap- modellek beiktatásával próbáljuk elérni.



**5. ábra.** *Pallószélesség vizsgálata Autodesk Inventor segítségével*




**6. ábra.** *Terhelési diagram a pallószélesség függvényében*

## Szakirodalmi hivatkozások:

[1] Danyi, J., Végvári, F.: *Lemezmegmunkálás*. GAMF, Kecskemét, 2011.

[2] Gans, A.: F*orgácsmentes hidegmegmunkálás*. Népszava Szakszervezetek Országos Tanácsa Lap- és Könyvkiadóvállalata, Budapest,1951.

[3] Tolvaly-Roşca, F.: *A számítógépes tervezés alapjai. Autolisp és Autodesk inventor alapismeretek*. EME, 2012.

[4] Iliescu, C.: *Tehnologia presării la rece*. E.D.P., Bucureşti, 1985.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 329–332. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.73
http://hdl.handle.net/10598/29096

# ÜVEGKERÁMIÁS FŐZŐLAPOK RAGASZTÁSA PLAZMA SUGÁRRAL KEZELT FÉMFELÜLETRE

# GLUING CERAMIC COOKTOP TO METAL SURFACES TREATED WITH PLASMA JET

Pintye Gábor

*Electrolux-Románia Szatmárnémeti: (Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gyártás Technológiai Tanszék), Cím: 440187, Románia, Szatmárnémeti, Drumul Careiului, szám 28/93; Telefon: +40-770469564, pintyegabor@yahoo.com*

## Abstract

Along with the development of science and technology, new materials and technical solutions, that exceed the traditional processing and installation solutions, have occurred, such as welding, riveting or screw fastening. Among non-traditional, modern processing technology we can mention the possibilities of laser processing, ultrasonic, electrical erosion, waterjet, plasma and other possibilities. These non-traditional processing technology have gradually replaced traditional processing methods, as they have many advantages. First of all, the number of scrap parts is minimal, processing time is shortened , the number of parts to be replaced and consumable parts is minimal and last but not least they are more environmentally friendly.

***Keywords***: *Ceramic cooktop, gluing, roughness, plasma, roughness, testing tear strength.*

## Összefoglalás

A tudomány és a technika fejlődésével új anyagok és új technikai megoldások jelentek meg, maguk mögé utasítva a hagyományos megmunkálást illetve összeszerelési megoldásokat, mint például a hegesztést, a szegecselést és a csavarozást. Ilyen nem hagyományos, korszerű technológiai megmunkálások például a lézeres, az ultrahangos, a szikraforgácsolós, a vízsugaras, a plazmás illetve más egyéb lehetőségek. Ezek a nem hagyományos technológiai megmunkálások lassan-lassan felváltják a hagyományos megmunkálásokat mivel sok előnyük van. Először is minimális a selejtes alkatrészek száma, a megmunkálás időtartama lerövidül, a csere illetve fogyó alkatrészek száma minimális és nem utolsó sorban sokkal környezetbarátabb.

***Kulcsszavak:*** *Kerámialap, ragasztás, érdesség, plazma, érdesség, szakítás próba.*

## 1. Üvegkerámiás főzőlapok

Az üvegkerámia körülbelül 20-25 éves múltra tekint vissza és leggyakoribb illetve legismertebb elterjedési formája a villanytűzhelyek munkafelülete illetve a beépithető főzölapok.

De mi is valójában az üvegkerámia?

Ez egy olyan anyag, mely az üveg és a kerámia között helyezkedik el és szabályozott kristályosítással készül. Az így kapott anyag az üvegkerámia lap, kiválóan ellenáll a gyors és ismétlődő hőmérsékletváltozásnak, és a 800 ℃, de akár az 1000 ℃ fokot is elviseli. Erős mechanikai tulajdonsággal rendelkezik például a húzó-nyíró (szakító) szilárdság:

$$\tau_{hny} = \frac{F_{\max}}{A_o} = 200 - 250\,MPa \qquad (1)$$

Az üvegkerámiás főzőlapok a villanytűzhelyek esetében egy fémkeretbe vannak belefoglalva, pontosabban ragasztva (**1. ábra**).

**1. ábra.** *Villanytűzhely üvegkerámialappal*

Jelenleg a szatmárnémeti tűzhelygyártó vállalatnál ez a fémkeret két anyagból készül:

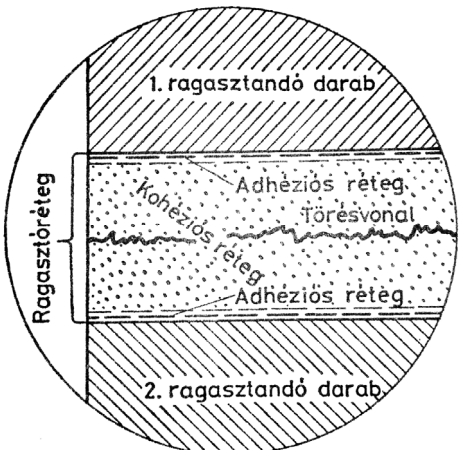
- Rozsdamentes acél (ausztenites inox) 304-2B ASTM, (X5CrNi18-10);
- Hidegen hengerelt ötvözetlen lágyacél (fekete lemez) DC 04 EK-M, (EN 10209).

A fekete lemezből készült fémkeret természtesen nem marad saját színében hanem kap egy festék réteget ami elektromágneses mezőben van felhordva.

### 1.1. A ragasztástechnika alapjai

A ragasztás két szilárd test összeerősítését jelenti ragasztó segítségével.

A felerősített részek anyaga nem szükséges, hogy azonos legyen. A ragasztott kötés tehát a ragasztandó anyagokból és a ragasztóból áll. A ragasztott kötések szilárdságát döntően két erő-típus adja: a ragasztandó anyagok, valamint a ragasztó belső szilárdsága, *kohéziója* és a ragasztandó anyag – ragasztó határfelületén fellépő erőhatások, az *adhézió*. Jó ragasztott kötésben az adhéziós erők legalább olyan nagyok, mint a kohéziós erők. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy a jól összeragasztott anyagdarabokat nagy erőhatásnak kitéve a tönkremenetel (szakadás, törés) a ragasztandó darabban történik, és nem határfelületen, a ragasztó elválása miatt. [3].




**2. ábra.** *A ragasztóréteg felépítése*

A ragasztott kötés keresztmetszete az **2. ábrá**n látható. A ragasztandó felülettel a ragasztó igen vékony úgynevezet adhéziós rétege érintkezik. A ragasztó belső, vastagabb rétege a kohéziós réteg. [1]. A mechanikai kapcsolódás elmélete szerint a hordozó és a ragasztó (vagy bármilyen bevonat, festék) között a kötést a bevonatnak a hordozó anyag felületi érdességébe, pórusaiba történő behatolása hozza létre. Azokban az esetekben, amikor ténylegesen kimutatható a ragasztó behatolása a felület egyenetlenségeibe, a mechanikai kapcsolódás hatására a tapadó erő növekedés jelentős lehet [3].

### 1.2. Az üvegkerámialapok ragasztása

Általában, mint minden új gyártási folyamat bevezetésénél, úgynevezet előre nem látott kellemetlenségek jelentkezhetnek. Ilyen kellemetlenséggel találkoztunk amikor minőség ellenőrzést végeztünk,

pontosabban szakító próbát. A próbák elvégzésekor két negatív jelentséget tapasztaltunk: a ragasztó elválása és a adhéziós szakadás történt.

### *1.2.1. A vizsgált munkadarab összetevői*

Az összeregasztott és megvizsgált munkadarab (félkész termék) három különböző anyag összeillesztésével jön létre ami a **3. ábrá**n látható.

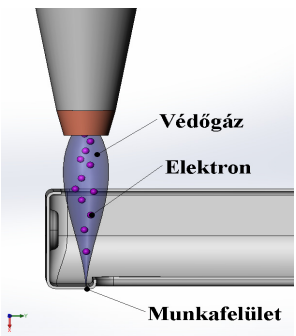
**3. ábra.** *A vizsgált munkadarab, grafikai keresztmetszete*

A munkadarab összetevői:

- Üvegkerámialap, EuroKera termék,[5];
- Ragasztó, Otto Chemie termék,[6];
- Fémkeret, saját termék.

## 2. Korszerű plazma technológia

A plazma technológia a korszerű megmunkálási technológiák csoportjába tartozik, úgy mint a lézeres, az ultrahangos vagy akár a vízsugaras.




**4. ábra.** *A munkadarad bombázása elektronokkal.*

A megmunkálási folyamat a plazma technológiánál abban nyilvánul meg, hogy elektronok nagy sebességgel úgymond bombázzák a megmunkálásra szánt munkadarabot ami a **(4. ábra)**. [2].

Ez a bombázás teljes vagy részleges anyag eltávolítást eredményezhet, amit plazma generátorral tudunk megvalósítani.

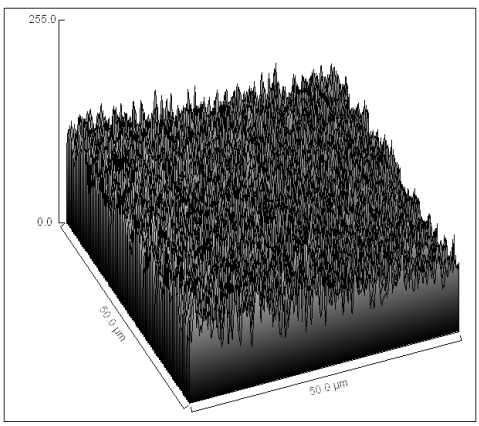
A plazma generátorok esetében megkülönböztetünk két megmunkálási folyamatot:

- Plazma ívet, ami az elektróda (katód) és a munkadarab (anód) között alakúl;
- Plazma sugarat, ami az elektróda (katód) és düzni (anód) közöttjelenik meg [4].

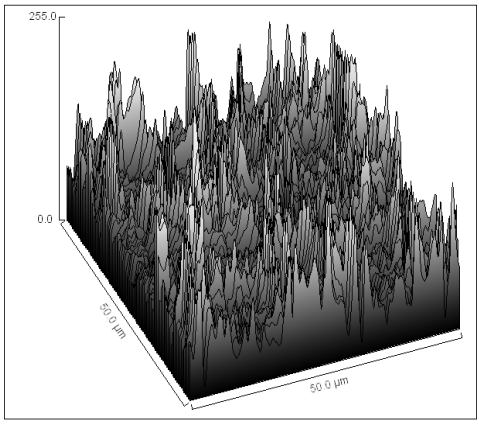
A plazma íves megmunkálási folyamat legismertebb és legelterjedtebb formája a hegesztés, a vágás, a szabászat és vele járó melléktermék a szikra ami külön védőszerelést igényel, míg a plazma sugaras technológiát felület kezelésre illetve érdesség megnövelésére alkalmazzuk, mivel mentes.

### 2.1. Az érdesség növelése

A tanulmányozott fémkeretek felületét elektronmikroszkóppal vizsgáltuk, plazma sugaras kezelés előtt és utánna (**5.** és **6. ábra**). Az eredményeket **ImageJ** programmal értékeltük ki..



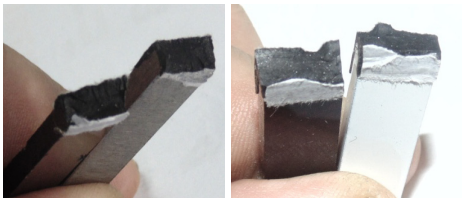

**5. ábra.** *Az rozsdamentes fémkeret 250 µm² szelvénye plazma sugaras kezelés előtt 1000-szeres nagyitással*




**6. ábra.** *A rozsdamentes fémkeret 250 µm² szelvénye plazma sugaras kezelés után (1000-szeres nagyitás)*

## 3. Következtetések

A mechanikai kapcsolódás elmélete alapján a ragasztó a felületi érdességekbe történő behatolása, folyásolja be a ragasztás mínőségét, erősségét. Az **5**. illetve **6. ábrá**n a profil hegyek-völgyek elég rendezetek azonos nagyságúak, míg a plazma sugaras kezelés után a profil hegyek-völgyek teljesen rendezetlené és különbüző nagyságúakká válnak, ami nagyban megnöveli a ragasztás erősségét. A megismételt szakító próbák is ezt bizonyították, illetve kohéziós szakadást tapasztaltunk, ami a **7. ábrá**n látható.



**7. ábra.** *Kohézios szakadások az rozsdamentes illetve a festet mintadaraboknál, a plazma sugár kezelés után*

A mai korszerű megmunkálási technológiák ismeretében mind arra törekszünk, hogy minél finomabb illetve kisebb értekű érdességi felületet kapjunk.

Ime egy ellenpélda amivel „roncsoljuk" a felületet de a mechanikai tulajdonságok növelése érdekében.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Balázs Gy.: *Ragasztás technika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982, 11-18.
[2] Bâlc N.: *Tehnologii neconvenţionale.* Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2001, 137-146.
[3]Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A polimertechnika alapjai.* Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006, 12.3 A ragasztástechnika alapjai.
[4]Făgărăşan C.: *Studii şi cercetări privind utilizarea instalaţiilor cu jet de plasmă la debitarea diverselor tipuri de materiale.* Teză de doctorat, UT-Cluj-Napoca, 2009 , 10-13.
[5] http://www.eurokera.com/manufacturing/
[6] http://www.otto-chemie.de/de/startseite-bau/novasil-s-95.pdf

*XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 333–336.* *DOI: 10.33895/mtk-2016.05.74*
*http://hdl.handle.net/10598/29098*

# KARBANTARTÁSI FOLYAMAT VALÓSZÍNŰSÉGI MODELLJE

# STOCHASTIC MODEL OF A MAINTENANCE PROCESS

Pokorádi László

*Óbudai Egyetem, Bánki Kar, Biztonságtechnikai Intézeti Tanszék, Magyarország, H-1081, Budapest, Népszínház utca, 8. Tel:+36 30 9194929*
*pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

The operation of systems is a stochastic process based upon the equipment, equipment operation and maintenance, equipment preparation and repairs, and also the personnel carrying out repairs, as well as the regulations for operations. From the mathematical point of view, the operation of technical systems and equipment is a discrete state space stochastic process without after-effects, so it can be approximated with a Markov-chain. After setting up the transition probability matrix, matrix-algebraic tools can be used for investigating these processes with systems approach analysis. This paper is aimed to demonstrate the possibilities of the use of Markov-matrix in case of stationary maintenance processes. In this paper a well-algorithmizable method developed by the author for mathematical modeling of stationary stochastic maintenance process is presented. The presented modeling method can be used for the assessment of availability, reliability and maintenance cost of a technical system.

***Keywords**: modeling; maintenance; system investigation.*

## Összefoglalás

Technikai rendszerek üzemeltetése egy a berendezésekre, azok üzemeltetését, karbantartását, előkészítését és javításukat végző személyekre és berendezésekre, illetve annak irányítására szolgáló utasításokra épülő sztochasztikus folyamat. Matematikai szempontból technikai rendszerek és berendezések üzemeltetése egy diszkrét állapotterű, utóhatásmentes sztochasztikus folyamat, így azt Markov-lánccal lehet matematikailag leírni. Az átmeneti valószínűségi mátrix felállítása után, mátrix-algebrai eszközök segítségével tudjuk a vizsgált folyamatot rendszerszemléletű megközelítéssel elemezni. A tanulmány célja bemutatni a stacionárius karbantartás folyamatok Markov-mátrix felhasználásának történő elemzési lehetőségeit. A cikk a Szerző által kidolgozott, jól algoritmizálható stacioner sztochasztikus modellmegoldási eljárást mutat, mely segítségével prognosztizálható a gyártóberendezések megbízhatósága, rendelkezésre állása, valamint karbantartási költségei.

***Kulcsszavak:** modellezés; karbantartás; rendszerelemzés.*

## 1. Bevezetés

A műszaki gyakorlat egyik legfőbb területe a különböző technikai berendezések, rendszerek és létesítmények üzemeltetése, karbantartása. Az üzemeltetés tágabb értelemben a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának összetett folyamata. Ez a valós, technikai folyamat matematikai szempontból sztochasztikus (véletlen) folyamatnak tekinthető.

A technikai eszközök üzemeltetésének kérdéskörében kiterjedt irodalommal találkozhatunk. Ushakov [4] szerint a „rendelkezésre állás” (availability) az eszköz azon

képessége, hogy képes ellátni feladatait, ha az szükséges, illetve a „javítás” (repair) az eszköz egy működőképes állapotának helyreállítását jelenti.

Az üzemeltetési folyamatok rendszerszemléletű vizsgálata esetén megállapítható, hogy az egyes, jól definiált állapotokból való távozások függetlenek az előzőkben történtektől. Ezen tulajdonság alapján a technikai eszközök üzemeltetési folyamata Markov folyamatnak tekinthető és így matematikailag Markov-lánccal modellezhető [3].

Az üzemeltetési folyamatok valószínűségi modellezéséhez szükséges matematikai alapisme-retek, többek közt, Karlin és Taylor [1], Wentzel és Ovcsarov [5], Ushakov [4], valamint Pokorádi [2] könyveiben olvashatóak.

Pokorádi a Markov-mátrix alkalmazási lehetőségét mutatja be beállt, más megfogalmazásban stacioner, üzemeltetési folyamat sztochasztikus matematikai modelljének felállítási és alkalmazási módszereit [2]. A leírt eljárás előnye a könnyű algoritmizálhatósága, mely a Szerző munkájának legfőbb célja volt.

A tanulmány célja – a fentiekben ismertetett tudományos munkákra támaszkodva – a beállt üzemeltetési folyamatok stacioner Markov-modelljére épülő modellezési eljárásának bemutatása. A javasolt módszer alkalmas a megfelelő, vagy elvárt szintű üzemképesség fenntartásához szükséges tartalékberendezések, valamint a vizsgálati, tervezési időszak alatt várható javítások számának meghatározására.

A tanulmány az alábbi részekből áll: A 2. fejezet a vizsgált üzemeltetési rendszer matematikai modelljét írja le. A 3. fejezet a egy hálózati rendszer egy berendezéséhez kapcsolódó esettanulmányt mutat be. A 4. fejezet összegzi a tanulmány elkészítésekor szerzett tapasztalatokat.

## 2. Üzemeltetési folyamatok valószínűségi modellje

Az üzemeltetés tágabb értelemben a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának összetett folyamata, az üzemeltetés során az üzembentartók (az alkalmazó szervezeti egységek) használják (üzemben tartják), tárolják, az üzemfenntartás keretében kiszolgálják, karbantartják, javítják a technikai eszközöket. Egy technikai eszköz üzemeltetése az eszközzel, vagy annak valamely rendszerével, berendezésével a gyártás és a kiselejtezés között történtek összessége. Ez a valós, fizikai folyamat matematikai szempontból sztochasztikus folyamatnak tekinthető.

Összességében megállapíthatjuk, hogy az üzemeltetési folyamat egy folytonos idejű, diszkrét állapotterű markovi-, vagy félmarkovi folyamatként (azaz láncként) modellezhető és megfelelő statisztikai adatok birtokában elemezhető.

Úgynevezett beállt üzemeltetési, karbantartási folyamatokat stacioner Markov folyamattal tudjuk matematikailag modellezni [3]. Beállt üzemeltetési folyamaton olyan folyamatot értünk, ahol a különféle állapotváltási – főleg a meghibásodási – valószínűségek időben nem (vagy csak elhanyagolható mértékben) változnak. Ilyen üzemeltetési folyamatot tapasztalhatunk a bejáratási és a kiöregedési szakaszok között, ha nem lép fel jelentős változás az üzemeltetési körülményekben.

## 3. A vizsgált üzemeltetési folyamat modellje – esettanulmány

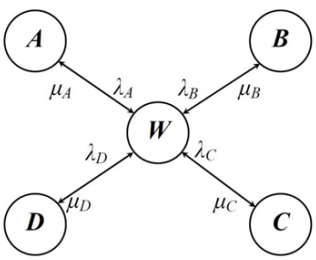
Egy nagyméretű hálózati rendszeren belül tömegesen alkalmazott berendezés üzemeltetése során négy (*A*; *B*; *C*; *D*) eltérő típusú – egy-egy részegységéhez kötődő – meghibásodást tapasztaltak. A meghibásodások gyakoriságát a Meghibásodások közti átlagidőkkel (MTBF – Mean Time Between Failures) jellemezzük.

A berendezés javításának sajátossága, hogy a *C* típusú meghibásodás kivételével jelentős méretű – mintegy 45 napos – logisztikai időigényt is jelent. Mivel vizsgálatunkat alapvetően a végfelhasználó szempontjából végezzük, így a javításhoz kötődő oda-vissza történő szállítást is a javításokhoz kötjük. Így a javítás időigényét az úgynevezett átlagos megfordulási idővel (Mean Repair Turnaround Time – MRTT) jellemezzük. Továbbá az is megállapítható, hogy a meghibásodások esetén a berendezés helyszíni cseréjének ideje elhanyagolható a meghibásodások közti, illetve megfordulási időkhöz képest. Így ezen időigényektől a modellalkotás során eltekintünk.

**1. táblázat.** *Statisztikai elemzés főbb (névleges) adatai*

| | ***A*** | ***B*** | ***C*** | ***D*** |
|---|---|---|---|---|
| *MTBF* [óra] | 183627 | 162059 | 152800 | 179789 |
| $\lambda$ [óra$^{-1}$] | 5.446 $10^{-6}$ | 6.171 $10^{-6}$ | 6.545 $10^{-6}$ | 5.562 $10^{-6}$ |
| *MRTT* [óra] | 1080.8 | 1081.1 | 167.13 | 1079.8 |
| $\mu$ [óra$^{-1}$] | 9.252 $10^{-4}$ | 9.250 $10^{-4}$ | 5.983 $10^{-3}$ | 9.261 $10^{-4}$ |

A folyamatot az **1. ábrá**n látható súlyozott élű, irányított gráffal szemléltetjük, ahol az élek súlyát az állapotváltási valószínűség sűrűségek (meghibásodási, illetve megfordulási ráták) adják meg.




**1. ábra.** *A folyamat gráf modellje W – rendelkezésre állás; 1 – A típusú meghibásodás javítása; 2 – B típusú meghibásodás javítása; 3 – C típusú meghibásodás javítása;4 – D típusú meghibásodás javítása*

A meghibásodások és a javításaik főbb statisztikai adatait az **1. táblázat** tartalmazza.

A folyamat Kolmogorov-féle differenciál-egyenletrendszere – mely az állapotokban való tartózkodás valószínűségeinek időbeni változását írja le – az alábbi módon adható meg:

$$\begin{aligned}
\frac{dP_W}{d\tau} &= -(\lambda_A+\lambda_B+\lambda_C+\lambda_D)P_W+\mu_A P_A+\mu_B P_B+\mu_C P_C+\mu_D P_D\\
\frac{dP_A}{d\tau} &= \lambda_A P_W-\mu_A P_A\\
\frac{dP_B}{d\tau} &= \lambda_B P_W-\mu_B P_B\\
\frac{dP_C}{d\tau} &= \lambda_C P_W-\mu_C P_C\\
\frac{dP_D}{d\tau} &= \lambda_C P_W-\mu_D P_D
\end{aligned} \qquad (1)$$

Mivel az általunk vizsgált folyamatot beálltnak, azaz időben változatlannak tekinthetjük, így az állapotokban való tartózkodási valószínűségek időszerinti deriváltjainak zérusnak kell lenniük, azaz:

$$\frac{dP_W}{d\tau}=\frac{dP_A}{d\tau}=\frac{dP_B}{d\tau}=\frac{dP_C}{d\tau}=\frac{dP_D}{d\tau}=0 \qquad (2)$$

A megoldás további feltétele az is, hogy

$$\sum_{i=W}^{D} P_i(\tau)=1 \qquad (3)$$

amely azt fejezi ki, hogy az üzemeltetés tárgya csak a fenti öt állapot (melyek esetünkben a teljes eseményteret alkotják) valamelyikében tartózkodhat.

Ekkor az (1) – (3) egyenletek alapján a vizsgált állandósult üzemeltetései folyamat sztochasztikus modellje az alábbi mátrixalakban írható fel:

$$\begin{bmatrix}
-(\lambda_A+\lambda_B+\lambda_C+\lambda_D) & \mu_A & \mu_B & \mu_C & \mu_D & 1\\
\lambda_A & -\mu_A & 0 & 0 & 0 & 1\\
\lambda_B & 0 & -\mu_B & 0 & 0 & 1\\
\lambda_C & 0 & 0 & -\mu_C & 0 & 1\\
\lambda_D & 0 & 0 & 0 & -\mu_D & 1\\
1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix} P_W\\ P_A\\ P_B\\ P_C\\ P_D\\ 1 \end{bmatrix}=
\begin{bmatrix} 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1 \end{bmatrix} \qquad (4)$$

Az **1. táblázat** (névleges) értékeinek felhasználásával a fenti, (4) egyenlet – azaz a vizsgált üzemeltetési folyamat modelljének – megoldási eredményeit tartalmazza a **2. táblázat**.

**2. táblázat.** *A modell névleges futási eredményei*

| | ***W*** | ***A*** | ***B*** | ***C*** | ***D*** |
|---|---|---|---|---|---|
| $P_i$ | **9.807** $2\ 10^{-1}$ | **5.772** $4\ 10^{-3}$ | **6.542** $4\ 10^{-3}$ | **1.072** $7\ 10^{-3}$ | **5.890** $1\ 10^{-3}$ |

A modell futási eredményei alapján kijelenthető, hogy a vizsgált üzemeltetési rendszer a berendezés 98%-os rendelkezésre állását biztosítja. Továbbá megállapítható, hogy leggyakrabban a *B* típusú meghibásodás következik be, így 1000 óránként 6~7 darab berendezés javítására kell felkészülni a karbantartóknak. Ezzel szemben legkevesebb mértékben (1000 óránként 1 darab) *C* típusú meghibásodás lép fel. Ráadásul, ezen meghibásodás javítási – pontosabban megfordulási – átlagideje a legkisebb.

## 3. Következtetések

A tanulmány bemutatta a beállt üzemeltetési folyamatok Markov-mátrixszal történő stacioner sztochasztikus modellje felállításának egy jól-algoritmizálható eljárását. Az esettanulmány során kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy kidolgozott elemzési eljárás alkalmas a karbantartási rendszer hatékonyságának biztosításához, növeléséhez szükséges döntések támogatására. A szimulációs eredmények többek között felhasználhatóak:

– egy technikai rendszer üzemeltetéséhez szükséges tartalékberendezések,
– a vizsgálati, tervezési időszak alatt fellépő javítások számának, munkaerő-, anyag-, illetve költség igényének meghatározására, valamint a modellezett üzemeltetési folyamat mélyebb – például Monte-Carlo szimulációs – vizsgálatára, illetve szimulációs érzékenységelemzésére. Ez utóbbi elemzések későbbi publikációk témáját képezik.

A Szerző további tudományos kutatásainak célja az üzemeltetési, karbantartási menedzsment döntéshozatalát támogató további matematikai modellezésen, matematikai szimuláción alapuló folyamat-, és rendszerelemzési eljárások kidolgozása, valamint – esettanulmányok felhasználásával – gyakorlati alkalmazási lehetőségeinek bemutatása.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Karlin, S.; Taylor, H.M.: *Sztochasztikus folyamatok,* Gondolat, Budapest, 1985.
[2] Pokorádi, László: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008.
[3] Rohács, József; Simon, István: *Repülőgépek üzemeltetési zsebkönyve.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
[4] Ushakov, I.A.: *Handbook of Reliability Engineering,* John Wiley & Sons Inc., New York, 1994.
[5] Wentzel, E.; Ovcharov, L.: *Applied Problems in Probability Theory*, Mir Publisher, Moscow, 1986

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 337–340.
http://hdl.handle.net/10598/29099
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.75

# KORSZERŰ HEGESZTÉS TECHNOLÓGIA A HÁZTARTÁSI GÉPEK GYÁRTÁSÁHOZ

# MODERN WELDING TECHNOLOGY FOR HOUSEHOLD PRODUCTS MANUFACTURING

Pop-Szováti Antal György[1], Gyenge Csaba[2], Borzan Marian[3]

[1] *Electrolux, Románia, Szatmárnémeti (Satu-Mare), Calea Traian nr.28-29. anton_pops@yahoo.com*

[2,3] *Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék, 400184, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii nr.103-105.*

[2] *Csaba.Gyenge@tcm.utcluj.ro,* [3] *Marian.Borzan@tcm.utcluj.ro*

## Abstract

In Electrolux - Satu-Mare (RO) they are manufacturing a wide range of cookers on gas, electric, induction and mixed. Today the automation and robotized manufacturing of competitive product has an important role in the series production of cooking machines. For the manufacturing of semi-finished products for different types of cookers on the same manufacturing line, robotic or automated, flexibility is needed. The welding operation on a computer-assisted assembly line can't be separated by the actuators electrical, mechanical, pneumatic and hydraulic which alternate in perfect synchronization. This paper present the specific achievements with regard to the flexibility on an assembly line through welding of semi-finished products.

***Keywords****: welding, technology, assembly, household, products.*

## Összefoglalás

A szatmárnémeti Electrolux különböző gázzal, valamint villanyárammal üzemelő, kombinált tűzhelyek, illetve kerámialapos és indukciós konyhatűzhelyek gyártására szakosodott. Napjainkban a háztartási gépek versenyképes sorozatgyártásában fontos szerepe van az automatikának és a robotikának. A konyhatűzhelyek automatizált és a robotizált alegységek gyártási folyamatában rugalmasságra van szükség. Mivel a robotizált és automatizált gépsorok számítógépes vezérléssel működnek, ahol a mechanikus, pneumatikus és hidraulikus meghajtások váltják egymást, ezek tervezését a korszerű hegesztési műveletek sajátosságait figyelembe véve kell végezni.

***Kulcsszavak:*** *hegesztés, sorozatgyártás, robotizálás, automatizálás, háztartási gépek.*

## 1. A szatmárnémeti Electrolux gyár történelmének rövid áttekintése

A jelenlegi gyár területén, a Princz testvérek által 1906-ban alapított gyárban vasöntés és gépgyártás folyt. A Princz műhelyekben mezőgazdasági, malomipari gépeket és alkatrészeket gyártottak. 1921-től mozdonyokat és vagonokat javítottak, a második világháború ideje alatt tankokhoz és hadifelszerelésekhez szükséges alkatrészeket gyártottak. Az 1948-as államosítás-

kor Szeptember 1 nevet kapta a gyár ahol ezután préselt és zománcozott termékeket gyártottak.

A privatizáció után, Samus részvénytársaság néven gyártottak gáztűzhelyeket, szilárd és folyékony üzemanyagos tűzhelyeket, vízmelegítőket és kazánokat, gázkonvektorokat, páraelszívókat.

Az Electrolux Csoport 1997-ben egy döntő erejű (99,52%-os) részvénycsomagot vásárolt meg a dolgozók tulajdonában lévő részvényekből, így főrészvényessé vált.

A cég átvétele után számos módosításra és korszerűsítésre volt szükség.

Az új, korszerű háztartási gépek gyártásához szükséges részegységek előállításához, a tehnológiai folyamatok típusa szerint, a következő főbb szakosított gyártórészlegekre lett átszervezve: lemezdarabolás, képlékenyalakítás, lemeztisztítás, festőde, zománcoló, öntvény- és alumíniumöntöde, galvanizáló és nikkelező. Minden szükséges részegységet ma a cégen belül gyártanak.

A gyár a belváros területén működik, így számos környezetvédelmi feltételeknek kell megfelelnie: rezgés és zaj kibocsájtás, káros anyagok kibocsájtásának csökkentése vagy megszüntetése [1-4].

Ezzel párhuzamosan, szükségessé vált a munkakörülményekre vonatkozó Európa Uniós feltételek biztosítása.

Megszüntették a gyenge profitot hozó, környezet szennyező, és munkahelyi megbetegedéseket okozó vasöntődét.

Viszont, igen szükségessé vált és komoly programok indultak a szerelési műveletek automatizálása és robotizálása érdekében [2-5].

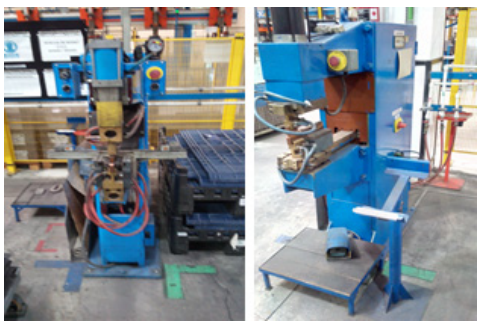
A dolgozat keretén belül a gyártósoron végzett, gyártási műveletek automatizálásait igyekszünk bemutatni.

## 2. A ponthegesztés és vonalhegesztés szerepe a konyhatűzhelyek gyártásában

A gáztűzhelyek döntőrésze fém lemezlapokból van előállítva, így a részegységek összeillesztéséhez a ponthegesztést és vonalhegesztést alkalmazzuk (**1. ábra**).

Az előkészített lemezeket a hegesztendő helyen két, rendszerint kúpos áramvezető szerszám szorítja egymáshoz. Az összeszorított lemezeket az átfolyó áram felhevíti, azok pedig az átmeneti ellenállás felületén megolvadnak, az elektródákkal kifejtett erő hatására a lemezek, az elektródák átmérőjének megfelelő felületen, összeforrnak.

A vonalhegesztés a ponthegesztés elvén működik, de áramvezetőként nem kúpos nyomószerszámot, hanem csapágyazott és hajtott görgőpárt használunk.



**1. ábra.** *Ponthegesztő készülék munkaterülete*

## 3. A konyhatűzhelyek sütő részegységének automatizált és robotizált gyártási folyamata

A konyhatűzhelyek gyártásában a sütő részegységként kerül a szerelőszalagra. Ezt darabolás, préselés, hideghegesztés és zománcolás folyamatai előzik meg, amelyek különböző termelési részlegeken zajlanak (**2. ábra**).

A sütők elektromos árammal vagy gázzal működnek és önálló vagy aláépíthető, multifunkciós, katalitikus illetve pirolítikus tisztítású berendezéssel vannak ellátva.

a) b) c)

**2.ábra**. *Háztartási tűzhelyek gyártása a szatmárnémeti Electroluxban: a) daraboló részleg b) keplékenyalakító részleg c) zománcoló részleg*

A csoportunk, a különféle tűzhelyek részegységeinek előállítása céljából, egy új technológiai folyamatot dolgozott ki. A fejlesztés keretében kidolgozott alkalmazott számítógépes vezérlésű robotizált és automatizált hegesztési vonalon különböző típusú sütőket lehet rugalmasan előállítani.

A dolgozat keretében, igyekszünk ismertetni az automatizálás és robotizálás érdekében elért eredményeinket.

Az új gyártási vonal berendezésének, a tűzhelyek sütő részegységének hegesztéssel való előállításához, a következő követelményeknek kellett megfelelnie:

- a berendezés a lehető legkisebb területet igényelje;
- a különböző terméktípusok rugalmas változtatását megengedje;
- nagy termelékenység biztosítása;
- a karbantartási költségek a lehető legalacsonyabbra csökkentése;
- a vonalhegesztési műveleteket, energiatakarékosabb ponthegesztési műveletekkel helyettesítse.

## 4. A konyhatűzhely sütőjének gyártási folyamata

A konyhatűzhely két fő részből tevődik össze: a téglalap alakúra hajlított köpeny és a hasonló alakú lemezlap. Ezeket ponthegesztéssel rögzítik. A téglatest-keret hátsó oldalát fenéklap zárja, a másik oldalára ajtó van szerelve. A tűzhely típusától függően, különböző nyílásokat, furatokat készítenek amelyek az égők, ellenállások, érzékelők, légkeverők, grillezők elhelyezésére szolgálnak. Azonos gépsoron, robotizált és automatizált gyártóvonalon, kisebb költséggel, jobb minőséget lehet elérni a konyhatűzhelyek és különböző típusú sütők összeállításában.

A hegesztő gyártóvonal Global típusú és ezért a kifejlesztett projektet, Global projektnek neveztük. A Global elnevezés a gépsor rugalmasságára vonatkozik.

A hegesztő gépsorhoz a leszabott lemezek elővágott csomagban érkeznek. Egy vákuummal működő kar adagolja ezeket a présgének, amely a lemezlapot precíziós vágással kalibrálja.

A továbbiakban egy kamera felismeri a kombinációt és ennek alapján, az intelligens követő rendszer meghatározza a típusnak megfelelő későbbi műveleteket (**3. ábra**).

a) b) c)

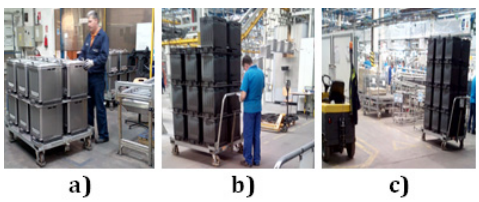
**3. ábra.** *A sütő gyártásának műveletei:* **a)** *az adagoló szerkezet,* **b)** *vágószerszámos lemezlap kalibrálása,* **c)** *lyukasztás kombinációt felismerő kamera*

A lemezlap téglalap alakú kerete a hajlítási részlegen valósul meg. Ezt követi a keret összerögzítése ponthegesztéssel az utána jövő részlegen (**4. ábra**).

A következő részlegen a tűzhely keretére dombornyomással, bordázással és lyukasztással kerülnek alakításra a különböző felületek.

**4. ábra.** *Ponthegesztési műveletek részlege a gépsoron:* **a)** *művelet váltás,* **b)** *hegesztési művelet,* **c)** *munkadarab kiemelése*

A fenéklapot a présgépek részlegéről tárolókosarakban szállítják és egy futószalag segítségével adagolják a hegesztővonal munkaterületére. Itt a fenéklapot két ponthegesztő gépen rögzítik a sütő keretéhez. Miután a munkadarab elkészült, zsírtalanítják, zománcolják majd a szerelő részlegre szállítják.




***5. ábra.*** *Konyhatűzhelyek gyártási részlegei:* ***a)****-ponthegesztéssel előállított végtermék,* ***b)****-zomancoló részleg,* ***c)****-szerelőszalag*

## 5. Következtetések

A korszerű konyhatűzhelyek gyártásához komplex konstrukciójú gépsorvonalak szükségesek, amelyek jól meghatározott technológiai és működési feltételeknek kell megfelelniük. Csoportunk, igyekezett megfelelő programozással és beállítással, rugalmasságot és magas termelékenységet biztosítani a különböző konyhatűzhelyek részegységeinek gyártásánál.

A jelenlegi gépsor fejlesztéséhez lehetőség van egy présgép csatolására, amely bisztosítja a sütő fenéklemez előállítását és adagolását a közvetlen technológiai folyamatban [3]. A továbbiakban a gyártásában egyre összetetebb termékek versenyképes előállítása érdekében, csoportunkra újabb követelmények hárulnak, amelyeket alapos elméleti és technológiai kutatásokkal kell megvalósítsunk.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Pop, A.; Gyenge, Cs.; Borzan, M.: *Dynamic analyisis of vibration and noise metal forming presses,* Debreceni műszaki közlemények 2014/2.

[2] Pop , A., Gyenge, Cs, Borzan, M.: *Specific achievements in the direction of the automated assembly through adhesion of household machines*, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara–International Journal of Engineering, Tome XIII [2015]– Fascicule 4 [November] ISSN:1584-2673.

[3] Pop, A., Gyenge, Cs, Borzan, M.: *The study of mechanical presses drives using cold plastic deformation*, Proceedings of the 3 rd International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2015) 19 November, 2015 Debrecen, Hungary.

[4] Gyenge, Cs., Roş, O., Frăţilă, D., Varga, A.: *Achievements of the Manufacturing Engineering Department from T.U. Cluj-Napoca in the Field of Competitive and Ecological Products Development*. Conference on Environmental Engineering, May, 22nd-23rd, 2002, Košice, ISSN 1335-2393, p. 43- 49.

[5] Cs. Gyenge, N. Bâlc, P. Berce: *Assembly with Robots of the Straight Way Valves*, IEEE Proceedings of the 5th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria Region - RAAD'96, pag. 283-288, Budapest, June 1996, Hungary, ISBN 963 420 482 1.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 341–345.
http://hdl.handle.net/10598/29100
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.76

# PNEUMATIKUS PRÓBATEST GYORSÍTÓ TERVEZÉSI KÉRDÉSEI A LÉGFEGYVEREK ANALÓGIÁJÁN

# DESIGN QUESTIONS OF AN EXPERIMENTAL PNEUMATIC ACCELERATOR ON THE ANALOGY OF AIR GUNS

Porkoláb Péter[1], Gonda Viktor[2], Varga Péter[3]

[123]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag- és Gyártástudományi Intézet, 1081 Budapest, Népszínház utca 8.*

[1]*pp.porkolab@gmail.com*

[2]*gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu*

[3]*varga.peter@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

During the Taylor impact test, a cylindrical metal specimen is collided to an anvil with high velocity. Analyzing the deformation of the specimen, high strain rate behavior of the material can be extracted. We design a pneumatic accelerator for the test, which can be modeled as a high power gas gun, considering the analogy of an air gun. We calculate the necessary initial gauge pressure and barrel length of the accelerator, using a sample with given size and mass at desired velocity by applying equations of internal ballistics of air guns.

***Keywords**: Taylor test, pneumatic accelerator, air gun, internal ballistics.*

## Összefoglalás

A Taylor-teszt során egy hengeres alakú fém próbatestet adott sebességgel falnak lövünk, a próbatest deformációjából becsülhető a dinamikus alakítási szilárdság. A vizsgálathoz pneumatikus gyorsítót tervezünk, ami egy viszonylag nagyméretű és -teljesítményű ún. gázágyú, ami egy légfegyverhez hasonlítható. Az adott méretű és tömegű próbatestet a kívánt sebességre gyorsító pneumatikus készülék szükséges kezdeti túlnyomását és csőhosszát a légfegyverek belballisztikájára érvényes összefüggések segítségével határozzuk meg.

***Kulcsszavak:** Taylor-teszt, pneumatikus gyorsító, légfegyver, belballisztika.*

## 1. A Taylor ütközési vizsgálat

A fémes szerkezeti anyagok nagy sebességű és nagymértékű alakváltozása létrejöhet lövedékek becsapódásakor, járművek ütközésekor, vagy nagy sebességű képlékeny alakításkor, például robbantásos vagy elektrodinamikus alakításkor. Ilyenkor a képlékeny alakváltozási sebesség mértéke $>10^3$ $s^{-1}$ nagyságrendű is lehet. Az ún. Taylor ütközési vizsgálattal egy hengeres alakú próbatestet falnak lövünk, a deformált geometriából becsülhető a dinamikus alakítási szilárdság [1].

## 2. A Taylor-vizsgálatról a légfegyverek analógiáján

A Taylor ütközési vizsgálathoz használt berendezés része a próbatest gyorsító, ami a hengeres próbatestnek jelentős mozgási

energiát ad, valamint az üllő, amire nagy sebességgel becsapódik a próbatest. A teszt a próbatest deformációjának vizsgálatával eredményeket szolgáltat a nagysebességű alakváltozási folyamatokról. Működési elv alapján a pneumatikus kialakítású gyorsító az egyik lehetséges változat.

A pneumatikus gyorsítót egy viszonylag nagyméretű és -teljesítményű légfegyvertől az különbözteti meg, hogy műszaki célokra tervezték és rendeltetésszerűen csak e célokra használható, valamint ergonómiai kialakítása is ennek megfelelő.

A légfegyverek sűrített gáz segítségével gyorsítják a lövedéket a csőben, működési elvük alapján két csoportba sorolhatók: lövés közben sűrítő, más néven rugós, és sűrített gázt tartalmazó tartállyal rendelkező légfegyverek [2].

Rugós légfegyverek esetén a lövés során egy megfeszített rugóval egy dugattyút gyorsítunk, ami a dugattyúházban lévő levegőt összesűríti, így létrehozva a lövedéket a csőben gyorsító túlnyomást [2].

Sűrített gázt tartalmazó tartállyal rendelkező légfegyverek esetén a lövés során egy szelep nyitásával a tartályból sűrített gázt juttatunk a lövedék mögé, aminek túlnyomása a lövedéket a csőben felgyorsítja. Változatai (a megnevezések a légfegyveres szakirodalomban és közösségben egyaránt használt kifejezések):

- $CO_2$-os légfegyverek: 8, 12, és 88 grammos $CO_2$ patron tartalmazza a sűrített gázt;
- **P**re-**C**ompressed **A**ir, azaz PCA légfegyverek: lövés előtt a dugattyú hátrahúzásával levegőt engedünk a léghengerbe, amit a dugattyú visszatolásával sűrítünk;
- **P**re-**C**harged **P**ressair, azaz PCP légfegyverek: 100-300 ml térfogatú, 200-300 bar nyomású sűrített levegőt tartalmazó tartály található a légfegyveren [2].

A pneumatikus gyorsító modellezhető a légfegyverek belballisztikájával. A ballisztika a mechanika része, a hajított testek mozgását vizsgáló tudományág, ami az összes lőfegyverre kiterjedően vizsgálja a lövéssel összefüggő kérdéseket a lőpor égésének kezdetétől – esetünkben: rugós légfegyverek esetén a dugattyú elindulásának, sűrített gázt tartalmazó tartállyal rendelkező légfegyverek esetén a szelep nyitásának pillanatától - a lövedék megállásáig. A belső ballisztika (vagy belballisztika) a lövés folyamatának első, a fegyver csövében lejátszódó szakaszával foglalkozik, amelyben a nyugalomban lévő lövedék a torkolati sebességre gyorsulva elhagyja a fegyver csövét [3].

## 3. A pneumatikus gyorsító és a légfegyverek néhány tervezési kérdése

A pneumatikus gyorsító tervezésénél a kiinduló adatok a próbatest geometriája és sebessége. A hengeres próbatest méreteit esetünkben 8 mm-es átmérővel és 25 mm hosszal határoztuk meg. A próbatest torkolati sebességét szakirodalomban közölt eredmények alapján maximum 300 m/s-ban határoztuk meg. A berendezés tervezése során a következő anyagokhoz számoljuk a szükséges nyomás értékét: volfrám, ólom, réz, vas és alumínium. Így biztosítható, hogy a berendezéssel bármilyen műszaki gyakorlatban alkalmazott anyagminőség vizsgálható legyen a követelményként kitűzött torkolati sebességgel.

A berendezés megtervezésének következő lépése az adott keresztmetszetű és tömegű próbatest maximális torkolati sebességét megvalósító kezdeti nyomás és csőhossz összetartozó értékpárok meghatározása, amik közül kiválasztható és kiválasztandó a megvalósítás szempontjából reális és optimális érték. A kezdeti nyomás és csőhossz értékeket megadó képletekhez a sűrített gázt tartalmazó tartállyal rendelkező légfegyverek belballisztikájának vizsgálatával juthatunk. Természetesen rugós légfegyverek működési elvén alapuló gyorsító is szerkeszthető, de annak tervezési számí-

tásai bonyolultabbak, valamint nem biztosítható a számítások eredményeivel összhangban lévő rugó műszaki megvalósíthatósága, míg megfelelő szelep katalógusból kiválasztható és rendelhető.

A pneumatikus gyorsító csövében a táguló sűrített levegő gyorsítja a próbatestet a kívánt torkolati sebességre. A folyamatról a következő elfogadható egyszerűsítéseket feltételezzük:

- a levegő ideális gáz;
- a sűrített levegő tágulása izotermikus;
- a csőben a próbatestre ható légellenállás elhanyagolható;
- a csőben a próbatestre ható súrlódási erő a próbatest sebességétől független, állandó;
- a próbatest nem zömül a nyomás hatására, a súrlódási erőhöz szükséges összeszorító erőt kizárólag a próbatest súlya biztosítja (feltételezzük, hogy a csőtengely vízszintes, így a legnagyobb súrlódási erővel számolunk);
- a próbatest tökéletesen illeszkedik a csőfuratba, a sűrített levegő nem fúj le a próbatest és a csőfal közötti résen;
- a sűrített levegő gyorsítására fordított energia elhanyagolható;
- a berendezés csöve sima furatú, a próbatest huzagolás általi megforgatására nem kell energiát fordítani.

A fenti egyszerűsítések mellett a szakirodalom szerint a következő egyenlet adja meg a próbatest mozgási energiáját a csőtengely mentén elfoglalt helyzete függvényében [4]:

$$\frac{1}{2}mv^2(x) = p_0 V_0 \ln\left(1+\frac{Ax}{V_0}\right) - F_{súrl}x \qquad (1)$$

ahol:

- $V_0$ [m$^3$] a sűrített levegő kezdeti térfogata;
- $p_0$ [Pa] a sűrített levegő kezdeti nyomása, ami túlnyomás: így nem kell az egyenletben a próbatestre ható légköri nyomás hatásával számolni;
- $A$ [m$^2$] a próbatest keresztmetszete, amire a sűrített levegő nyomása hat;
- $x$ [m] a próbatest helyzete a csőtengely mentén: legnagyobb értéke a csőhossz lehet;
- $v$ [m/s] a próbatest sebessége;
- $m$ [kg] a próbatest tömege;
- $F_{súrl}$ [N] az állandónak feltételezett súrlódási erő.

A próbatest mozgási energiáját megadó egyenletből levezethető a szükséges $p_0$ kezdeti túlnyomást megadó egyenlet, ha a próbatest $v_{max}$ legnagyobb torkolati sebessége és a csőhossz, $l$ adott:

$$p_0 = \frac{\frac{1}{2}mv_{max}^2 + F_{súrl}l}{V_0 \ln\left(1+\frac{Al}{V_0}\right)} \quad , \qquad (2)$$

valamint a szükséges $l$ csőhossz, ha a próbatest $v_{max}$ legnagyobb torkolati sebessége és a $p_0$ kezdeti túlnyomás adott:

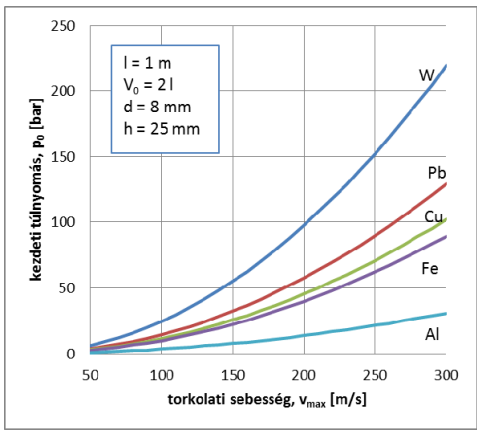
$$l = \frac{-Ap_0V_0W\left(-\frac{e^{\frac{v_{max}^2 m}{2p_0V_0}-\frac{F_{súrl}}{Ap_0}}F_{súrl}}{Ap_0}\right) - F_{súrl}V_0}{AF_{súrl}} \qquad (3)$$

ahol $W$ a Lambert-féle logaritmus-szorzat függvény.

A műszaki gyakorlatban tökéletesen elfogadható eredményt ad a numerikus megoldás is, amikor az (1) egyenletbe behelyettesítve adott kezdeti túlnyomás mellett több különböző csőhossz esetén kiszámítjuk a próbatest mozgási energiáját, és kiválasztjuk a próbatest kívánt mozgási energiájával megegyező, vagy ahhoz legközelebb eső csőhosszt. Megjegyzendő, hogy a gyakorlatban a tartálytérfogat a cső belső térfogatánál jóval nagyobb, ezért a tartály térfogata csak kis mértékben befolyásolja a szükséges nyomást, vagy a cső hosszának kiválasztását.

## 4. Eredmények és következtetések

Számításaink alapján kör keresztmetszetű, 8 mm átmérőjű, 25 mm hosszú (14,3 gramm tömegű) ólom próbatest 300 m/s torkolati sebességre gyorsításához 2 literes (0,002 $m^3$) sűrített levegős tartály (kezdeti térfogat) alkalmazásával 12,9 MPa (129 bar) kezdeti túlnyomás szükséges 1 m csőhossz esetén, a súrlódóerőt 0,014 N-ra felvéve. Különböző anyagminőségek esetén – a geometriai adatokat lekötve – a tömeget a sűrűség ($\varrho$) határozza meg, a vizsgált anyagoknál a számításban $\varrho_W$ = 19250 kg/$m^3$, $\varrho_{Pb}$ = 11340 kg/$m^3$, $\varrho_{Cu}$ = 8960 kg/$m^3$, $\varrho_{Fe}$ = 7850 kg/$m^3$, $\varrho_{Al}$ = 2700 kg/$m^3$ sűrűségeket felhasználva a szükséges kezdeti túlnyomást ábrázoltuk az elérni kívánt torkolati sebesség függvényében az **1. ábrá**n.




**1. ábra.** *A szükséges túlnyomás a kívánt torkolati sebesség eléréséhez különböző anyagú próbatestek esetén*

A (2) egyenlet paramétereinek a hatása a szükséges túlnyomásra a következőképpen foglalható össze: a gyorsításhoz szükséges túlnyomás egyenesen arányos a próbatest sűrűségével és hosszával, az elérni kívánt sebesség négyzetével, valamint fordítottan arányos a gyorsító csőhosszával. Mivel a tartálytérfogat a cső belső térfogatánál jóval nagyobb, ezért a tartály térfogata csak kis mértékben befolyásolja a szükséges nyomást. A próbatest és cső belső keresztmetszeti felülete azonos, ezért a nyomás értékét ebben a modellben nem befolyásolja. A súrlódó erő felvett kis értékét változtatva ebben a tartományban csak kb. 1%-al befolyásolja a szükséges nyomás értékét.

### Köszönetnyilvánítás

A dolgozat a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Varga Péter, Gonda Viktor, Rácz Pál: *Taylor-teszt modellezése a Johnson-Cook anyagmodell alkalmazásával: a hőmérséklet hatása*. A XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka előadásai. Kolozsvár, Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2015. ISSN 2393-1280 p. 327-330.

[2] Pongrátz Gábor: *Akié a választás, azé a gyötrelem… – Légpuskák kezdőknek* – piaci körkép. Kaliber Évkönyv, 2008. ISSN 1418-513X p. 58-59.

[3] Kiss Á. Péter: *A gépkarabély és használata*. Budapest, Zrínyi Kiadó. ISBN 963 327 317 X p. 19. col. 1.

[4] Mark Denny: *The Internal Ballistics of an Air Gun*. The Physics Teacher, 2011. 2. szám. ISSN 0031 921X

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 345–348.
http://hdl.handle.net/10598/29101
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.77

# AZ ELEKTRODINAMIKUS ALAKÍTÁS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

# POSSIBLE APPLICATIONS OF ELECTRODYNAMIC FORMING

Rácz Pál

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag- és Gyártástudományi Intézet, Magyarország, 1083 Budapest, Népszínház utca, 8; Telefon: +36-1-6665430, racz.pal@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

Two types of electrodynamic forming have been evolved; the electromagnetic and the electrohydraulic forming. At electromagnetic process the electrical energy stored in the capacitor bank discharges through a coil, resulting in electrical interaction between the coil and the workpiece causing deformation of the workpiece. At electrohydraulic forming the energy stored in the capacitor bank discharges through a metal wire or a spark gap, creating shock waves in a transfer medium to change the shape of the workpiece. High deformation rates occur, and significant deformations can be created by these processes. The electromagnetic and electrohydraulic methods can be used in many areas of shaping metallic and non-metallic materials. This paper discusses these application areas, such as expansion or compression forming of tubular parts, flat sheets, joining, and assembly operations.

***Keywords**: electrodynamic forming, electromagnetic forming, electrohydraulic forming.*

## Összefoglalás

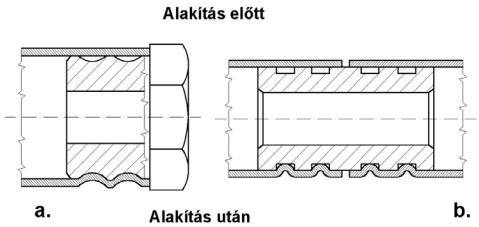
Az elektrodinamikus alakítás két típusa alakult ki; az elektromágneses alakítás, és az elektrohidraulikus alakítás. Az elektromágneses alakításnál a kondenzátortelepben tárolt energia egy tekercsen keresztül sül ki, a tekercs és az alakítandó munkadarab közötti villamos kölcsönhatás eredményezi a munkadarab alakváltozását. Az elektrohidraulikus alakításnál a kondenzátortelepben tárolt energiát szikraközön vagy fémhuzalon keresztül sül ki, a kisütési folyamat által egy átadó közegben keltett lökéshullámok hatására alakváltozik a munkadarab. Nagy alakváltozási sebességek alakulnak ki, jelentős alakváltozások hozhatóak létre ezekkel az eljárásokkal. Az elektromágneses és az elektrohidraulikus alakítások számos területen alkalmazhatók fémes és nem fémes anyagok alakítására. A cikk bemutatja ezeket az alkalmazási területeket, mint például a cső alakú alkatrészek expanziós, vagy kompreszsziós alakítása, sík lemezek alakítása, kötési, szerelési műveletek elvégzése.

***Kulcsszavak:** elektrodinamikus alakítás, elektromágneses alakítás, elektrohidraulikus alakítás.*

## 1. Elektromágneses alakítási példák

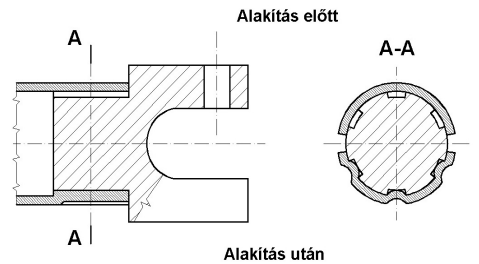
Az elektromágneses eljárás a kifejezetten alakítási műveletekhez képest nagyobb jelentőségű a képlékeny-alakítással létesített mechanikus kötések, vagyis a szerelés területén. A szerelési műveletek azonban nemcsak a hagyományos értelemben vett szerelések helyettesítésére szolgálnak, hanem bizonyos esetekben új, egyszerűbb, olcsóbb konstrukciós lehetőségeket is nyújtanak. A csatlakozó elemeken olyan hornyok, beszúrások, vállak kiképzése szüksé-

ges, amelyek az összeszerelt alkatrészek megfelelő mechanikus kötését biztosítják [1] (**1. ábra**).



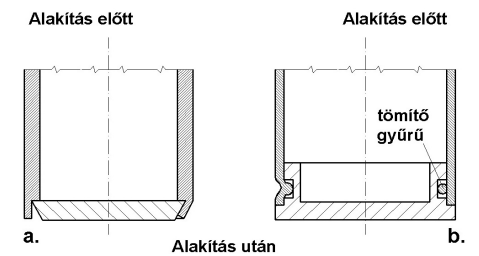

**1. ábra.** *Alakzáró kötések*

Torziós igénybevétel átvitelére (pl. tengelyeknél) hosszanti bordázattal célszerű ellátni a csatlakozó darabot, és az alakított darabot a bordák közé sajtoljuk be [2] (**2. ábra**).



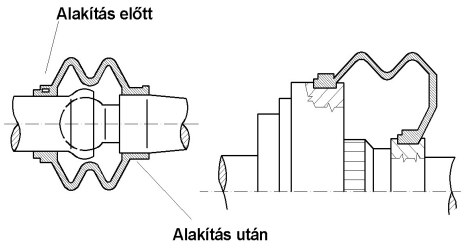

**2. ábra.** *Tengelyvégződés hosszanti bordázattal*

Különféle edények, hengerek, csőlezárások alakíthatók ki viszonylag egyszerű módon, megfelelően kiképzett végdarabokkal. A **3. ábrá**n tömítőanyag nélküli (**a.**), és O-gyűrű alkalmazásával kialakított (**b.**) csőlezárások láthatók.



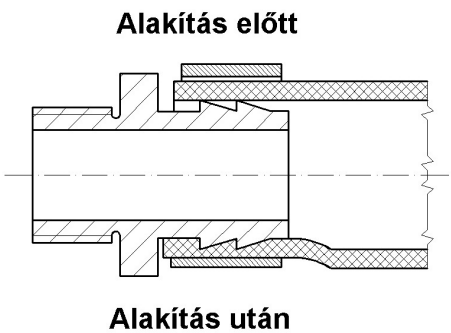

**3. ábra.** *Különféle kialakítású csőelzárások*

Számos olyan eset fordul elő, amikor a kívánt szerelési műveletet egy újabb elem felhasználásával lehet létrehozni. Ilyen esetekben általában gyűrű alakú darabot, egy rövid csődarabot használnak, mellyel körülveszik az összeszerelendő alkat-részeket és a gyűrű, alakítás után, mint bilincs rögzíti azokat. A gépjárműiparban használatos porvédő gumi harangok szerelésekor is alkalmazható ez a megoldás (**4. ábra**).



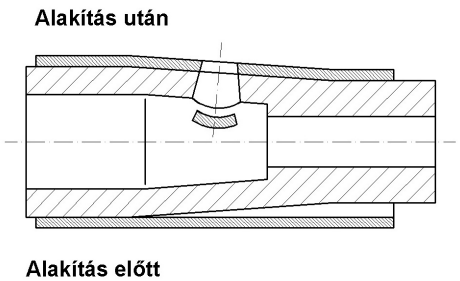

**4. ábra.** *Gumiharangok szerelése*

Hasonlóan az előző példához, gumitömlők, nagynyomású hidraulikus vezetékek csatlakozó elemei szerelhetők lemezbilincs helyett csőgyűrűkkel. A gyűrű a tömlőben fellépő nyomás szerint méretezhető, ily módon biztos kötést lehet létesíteni. Vizsgálati adatok szerint vászonbetétes, acélfonattal páncélozott, nagynyomású gumitömlők próbanyomásnál mindig előbb széthasadtak, semmint a csőgyűrűvel, elektromágneses alakítással rögzített végződés szivárgott volna (**5. ábra**).




**5. ábra.** *Gumitömlő csatlakozó szerelése*

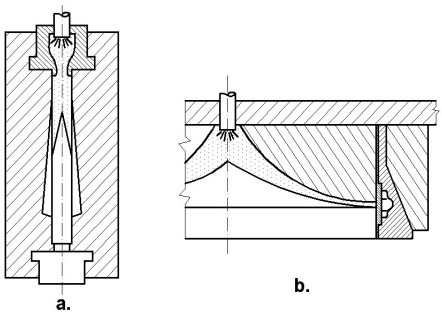
Szerszámban való alakításkor a munkadarab alakját az alakító matrica vagy betét határozza meg oly módon, hogy az alakítandó profilt a szerszámba bemunkálják. Kisebb igénybevételek és kisebb darabszámok esetén a szerszám lehet műanyag, vagy esetleg fából is készülhet, nagyobb sorozatoknál és nagyobb igénybevételeknél általában fém, főleg acél szerszám használható. Edzett acél betétek alkalmazása lyukasztó és kivágó műveleteknél célszerű. Amennyiben a matrica felülete nem zárt, hanem azon kivágás vagy lyukasztás céljára kiképzett furat van, akkor ilyen jellegű műveleteket végezhetők jó vágási felületminőséggel. A **6. ábrá**n látható egy csődarab szűkítő alakításával kombinált lyukasztás. A szűkítő alakítás a csődarabot kúpos átmenetűre képezi ki.




**6. ábra.** *Kúpos szűkítéssel kombinált lyukasztás*

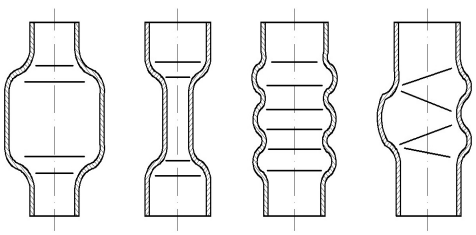
## 2. Elektrohidraulikus alakítási példák

Az elektrohidraulikus alakítás jellegzetes műveletei: üreges darabok tágítása, kalibrálása, vágása, lyukasztása, továbbá mélyhúzás jellegű műveletek és esetenként különleges kötések, szerelések megvalósítása. A nyomásátadó közeg folyadék, legtöbbször víz, a folyadék tartály zárt. Ez azt eredményezi, hogy a nyomáshullám jól hasznosítható és megfelelően irányítható. Huzal elgőzölögtetéses módszerrel a lökéshullám nyomásintenzitását is az alakítandó munkadarab alakja szerint lehet változtatni. A zárt folyadéktérben elhelyezett reflektorfelületek extrém alakítási műveleteket is lehetővé tesznek [3]. A **7. ábra** bal oldalán olyan csődarab alakításának vázlata látható, ahol a cső átmérőjének és hosszának viszonya 0,1-nél kisebb, az ábra jobb oldalán pedig 7 az arány. Mindkét esetben a reflektorbetét tereli a lökéshullámokat.



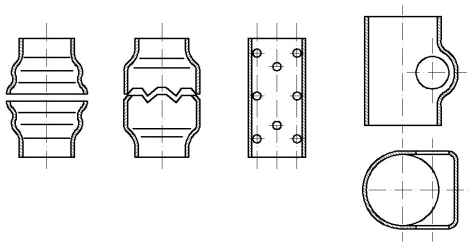

**7. ábra.** *Reflektoros alakítású szerszámok*

Az elektrohidraulikus alakítás sokoldalú alkalmazási lehetőségeinek jellemzésére a következő ábrák olyan jellegzetes alkatrész típusokat mutatnak be, melyek alapján megítélhető, milyen geometriai alakzatok alakíthatók. A **8. ábrán** különböző tágítási műveletek szerepelnek.



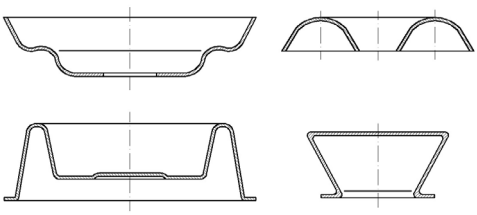
**8. ábra.** *Tágítással alakított alkatrészek*

A **9. ábrá**n ugyancsak tágítási műveletek láthatók vágással és lyukasztással kombinálva. A vágást vagy szétválasztást azon a szakaszon célszerű végezni, ahol az alakítási művelet folyamán a munkadarab anyaga a lökéshullám hatására nagy alakítási sebességet ér el.



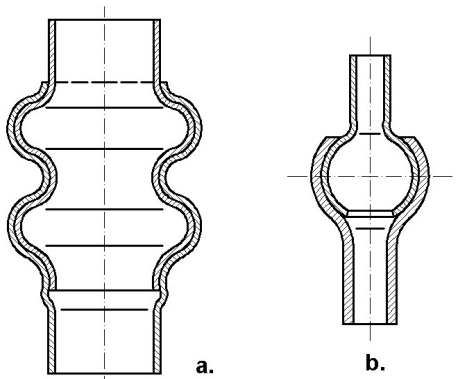
**9. ábra.** *Tágítással alakított és lyukasztással, vágással, kombinált alkatrészek*

Sík lemeztárcsából mélyhúzás jelleggel alakított alkatrészek láthatók a **10. ábrá**n.



**10. ábra.** *Sík lemeztárcsából készült alkatrészek*

Bizonyos esetekben speciális szerelési műveletek is végezhetők elektrohidraulikus alakítással. A **11. ábrá**n két alkatrész összeszerelése látható szilárd (**a**.) és mozgó (**b**.) kötéssel.




**11. ábra.** *Szerelés szilárd és mozgó kötéssel*

Az elektrohidraulikus alakításra bemutatott eddigi példák főleg nagyobb alakítási mértékkel formált darabokra vonatkoznak. Sok esetben célszerű az eljárás alkalmazása akkor is, ha viszonylag kis alakítási mértékkel kell speciális formákat kialakítani vagy kalibrálni. Üreges darabok, például dísztárgyak palástjának mintázása is jó eredménnyel végezhető, erre különösen olyan esetekben van lehetőség, amikor a kiinduló darab olyan alakú, hogy az elektromágneses alakító tekercs kontúrjával nem követhető. Serlegek és más hasonló, felületükön cizellálással díszített alkatrészek mintázását lehet kézi megmunkálás helyett gépesíteni. Ilyen esetekben a mintázatot a matricába kell bemunkálni.

## 3. Következtetések

Az előzőekben bemutatott ábrákból is kitűnik, hogy az elektrodinamikus alakító eljárások alkalmazása az alábbi felhasználási területeken indokolt:

- csőalakú előgyártmány expanziós vagy kompressziós alakítása, lyukasztása, kivágása, peremezése;
- lemezalakú előgyártmányok viszonylag kis alakítási mélységű alakítása;
- csőalakú előgyártmánnyal expanziós vagy kompressziós jellegű szerelési műveletek elvégzése.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Rácz, P., Göbl, N., Horváth, D.: *Rúd-cső kötések készítése elektromágneses alakítással.* XIV. Képlékenyalakító Konferencia, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2012, 75-81.

[2] Rácz, P.: *Csavaró igénybevételnek ellenálló elektromágneses kötések*. Műszaki Tudományos Füzetek, EME kiadó, Kolozsvár, 2014, 331-344.

[3] Rácz, P., Göbl, N., Horváth, D., Mamalis, A. G.: *Electrodynamic Forming Processes*. Materials Science Forum, Vol. 767. Trans Tech Publication Ltd. Switzerland, 2014, 126-131.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 349–352.
http://hdl.handle.net/10598/29102
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.78

# KRITIKUS INFRASTRUKTÚRÁK VÉDELME (JOGI SZABÁLYOZÁS)

# CRITICAL INFRASTRUCTURES PROTECTION (LEGISLATION)

Rajnai Zoltán[1], Fregan Beatrix[2]

[1]*Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu*

[2]*Nemzeti Közszolgálati Egyetem, fregan.beatrix@uni-nke.hu*

## Abstract

Critical infrastructure protection (CIP) is a concept that relates to the preparedness and response to serious incidents that involve the critical infrastructure of a region or nation. The systems and networks that make up the infrastructure of society are often taken for granted, yet a disruption to just one of those systems can have dire consequences across other sectors Take, for example, a computer virus that disrupts the distribution of natural gas across a region. This could lead to a consequential reduction in electrical power generation, which in turn leads to the forced shutdown of computerized controls and communications. Road traffic, air traffic, and rail transportation might then become affected. Emergency services might also be hampered.

***Keywords:*** *critical infrastructures, network protection, information and communication systems.*

## Összefoglalás

A létfontosságú infrastruktúrák védelme (CIP) egy olyan koncepció, amely a különböző súlyos incidensek elleni felkészülést és válaszlépéseket foglalja magába, és amelyek hatással lehetnek egy adott régió vagy nemzet létfontosságú infrastruktúrájára. A társadalom gyakran magától értetődőnek tartja a rendszerek és hálózatok által alkotott infrastruktúra létét, de ha csak az egyik rendszerben is zavar lép fel, annak súlyos következményei akár más ágazatokban, vagy az egész rendszerben érzékelhető. Vegyük például a számítógépes vírusokat, amelyek megzavarják például a földgázelosztási rendszert egy egész régióban. Ez ahhoz a következményhez vezethet, hogy csökken a villamos energiatermelés, ami viszont azt eredményezheti, hogy kényszerűen leáll akár a számítógépes irányítás és a kommunikáció is. De akár a közúti közlekedés, a légi közlekedés, valamint a vasúti közlekedés is érintett lehet, sőt akadályozhatja a veszélyhelyzeti szolgáltatásokat is.

***Kulcsszavak:*** *kritikus infrastruktúrák, hálózatvédelem, információs és kommunikációs rendszerek.*

## 1. Bevezetés

A létfontosságú infrastruktúrák a köznyelvben mint kritikus infrastruktúrák jelentek meg az elmúlt alig egy évtizedben. Ezek védelmének fontosságára több olyan veszélyes incidens is felhívta a figyelmet, melyek meggátolták, blokkolták, vagy zavarták olyan, elsősorban informatikai eszközökkel vezérelt hálózatok működésével

biztosítják a bankszektor, az energiaellátás, a közigazgatási hálózatok, vagy más fontos infrastruktúrák szolgáltatásait. Magyarország az Európai Unió tagjaként is szerepet vállalt elsősorban a saját, valamint az összekapcsolt közösségi hálózatok védelme érdekében. A védelemhez kialakításához szükséges volt jogszabályi területen megalkotni és elfogadtatni azon intézkedéseket, melyek megteremtették a feltételeket a kritikus infrastruktúrák védelméhez.

## 2. Szabályozás alapja az EU-ban és Magyarországon

2004. október 20-án az Európai Bizottság *–az Európai Tanács kritikus infrastruktúrák védelmét célzó átfogó stratégia elkészítésére irányuló felhívására–* közleményt fogadott el „A létfontosságú infrastruktúrák védelme a terrorizmus elleni küzdelemben" címmel, amelyben arra tett javaslatokat, hogy hogyan lehetne a megelőzés, felkészültség és reagáló képesség európai dimenzióját javítani a kritikus infrastruktúrákat érintő terrortámadások esetén. [1]

### 2.1. Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programja [2]

A modern társadalmak nagymértékben függenek a technikai és virtuális infrastruktúra rendszerektől (energiaellátás, ivóvízellátás, informatikai hálózatok stb.), amelyek komplex rendszerét is egymástól való függőségek jellemzik. E rendszerek működési zavarai, illetve egyes elemeinek ideiglenes kiesése, vagy megsemmisülése jelentős kihatással vannak mindennapi életünkre, a gazdaság és a kormányzat hatékony működésére.

Az állam, a gazdaság szereplői, valamint a lakosság részéről elvárás, hogy ezen alapvető létfontosságú, vagy kritikus infrastruktúrák lehető legnagyobb biztonsággal működjenek. A kritikus infrastruktúra elemek terror cselekményekkel, ipari és természeti katasztrófákkal és balesetekkel szembeni védelme érdekében fontos, hogy az infrastruktúrák működésének megzavarása vagy manipulálása megelőzhető, kivédhető, illetve lehetséges mértékben rövid, kivételes és kezelhető legyen.

A közelmúltban bekövetkezett terrortámadások (USA, Madrid, London), természeti katasztrófák (ázsiai szökőár, földrengések) és technikai kihívások (kétezredik évi dátumváltás, nagykiterjedésű áramkimaradások, kiber támadások) felhívták a figyelmet az infrastruktúrák sebezhetőségére, valamint az infrastruktúrák, a társadalom és kormányzati működés kölcsönös egymásrautaltságára.

Az Európai Unió szintjén kiadott Zöld Könyv elsődleges célkitűzése az volt, hogy biztosítsa a nemzeti kritikus infrastruktúrák védelméről (NKIV) szóló nemzeti program megvalósítását és egy olyan jogszabály megalkotását, amely összegzi a kormányzati szereplők NKIV-vel kapcsolatos célokat, szempontokat, alapelveket, fogalmakat és a megvalósítás alapvető formáira vonatkozó álláspontját.

A kritikus infrastruktúrák hatékony védelme tehát megköveteli valamennyi érintett fél - *az infrastruktúrák tulajdonosai és üzemeltetői, a hatóságok, szakmai szervek és érdekszövetségek* - közötti kommunikációt és együttműködést.

Egy széles körű, érdekazonosságon alapuló összefogás nélkül a megváltozott biztonsági környezet által jelentett új típusú veszélyek (aszimmetrikus fenyegetettség, nem hagyományos kockázati tényezők megjelenése) hatékony módon nem kezelhetőek. A Zöld Könyv másik célkitűzése ezért az is volt, hogy a magánszférával történő konzultáció alapjaként, nagyszámú résztvevő bevonásával a kormányzat visszajelzéseket kapjon az NKIV lehetséges megközelítési irányairól.

### 2.2. Az NKIV általános célja

Az NKIV folyamatos, dinamikus, nemzeti kritikus infrastruktúra tulajdonosok,

üzemeltetők és a kormányzat együttműködésén alapuló rendszert hozott létre, amely hozzájárul a nemzet számára kiemelt fontosságú infrastruktúrák lehetőség szerinti folyamatos működésének biztosításához. Az együttműködés formáin keresztül biztosítja a kritikus infrastruktúrák működésének megszakadása, vagy kiesésének megelőzésére, megszakadás vagy kiesés elleni védelemre vonatkozó képességek fejlesztését.

Az NKIV célkitűzése három irányú:

- megelőzés és védelem: A kritikus infrastruktúrák jelentős kihatású meghibásodásának vagy teljes leállásának hatékony megelőzése a kritikus infrastruktúrák és azok legnagyobb kockázatot képviselő elemeinek beazonosításán, kijelölésén, a kockázatok elfogadott legkisebb mértékűre történő csökkentését biztosító elemzések lefolytatásán és a szükséges védelmi intézkedések alkalmazásán keresztül;
- felkészülés és jelzés: az infrastruktúra tulajdonosok, üzemeltetők és az állami szervek megfelelő felkészítésének biztosítása a kritikus infrastruktúra meghibásodása vagy működésének megszakadása esetére;
- üzemfolytonosság és ellenálló képesség: jelentős kihatású meghibásodás vagy kiesés, teljes leállás esetén a működés lehető legrövidebb időn belül történő visszaállítására, illetve helyettesítő megoldások alkalmazására irányuló képességek, intézkedések tervezése, kialakítása, végrehajtása és fejlesztése.

Az NKIV nem irányul a kritikus infrastruktúrák kis kihatású működési zavaraira, sem az infrastruktúrákra veszélyt jelentő összes tényezőt kizáró teljes védelemre, hanem a sebezhető pontok csökkentésével, valamint a kockázati tényezők tudatos felmérésével és beazonosításával biztosítja a kritikus infrastruktúrák számára a megfelelő védelmet.

### 2.3. A 1249/2010 Kormányhatározat [3]

Ez a Kormányhatározat az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről szóló, 2008. december 8-i 2008/114/EK tanácsi irányelvnek való megfelelés érdekében végrehajtandó kormányzati feladatokról új fejezetet nyitott a hazai kritikus infrastruktúrák védelmének tekintetében.

Bevezette a létfontosságú információs rendszer és létesítmény fogalmát, mely alatt: a társadalom olyan hálózatszerű, fizikai vagy virtuális rendszereit, eszközeit és módszereit értjük, amelyek az információ folyamatos biztosítása és az informatikai feltételek üzemfolytonosságának szükségességéből adódóan önmagukban létfontosságú rendszerelemek, vagy más azonosított létfontosságú rendszerelemek működéséhez nélkülözhetetlenek.[4]

## 3. Következtetések

Nemzetközi példákat látva hazánkban is kormányzati szinten, globálisan kell foglalkozni a kritikus információs infrastruktúrák elleni támadások összehangolt védelmével. A Kritikus infrastruktúrák védelme kiemelt jelentőségű, melyben több hazai kormányzati szervezet is feladatot vállal. Közülük is kiemelkedik a Kormányzati Eseménykezelő Központ (govCERT) és a Nemzeti Kibervédelmi Intézet.[5] A Kormányzati Eseménykezelő Központ a magyar és nemzetközi hálózatbiztonsági és kritikus információs infrastruktúra védelmi szervezetekkel mint az országon belüli koordinációs szervezet végzi az Internetet támadási csatornaként felhasználó incidensek kezelését és elhárításának koordinálását, továbbá közzéteszi a felismert és publikált szoftver sérülékenységeket.[6]

A Nemzeti Kibervédelmi Intézet szolgáltatásait (preventív információ-megosztás és operatív incidens-kezelés) a kormányzati

szervezetek és önkormányzatok részére nyújtja. Az Intézetnek kiemelt szerepe van a nemzetgazdaság és az állami működőképesség szempontjából létfontosságú informatikai rendszerek védelmében, ezzel összefüggésben a nemzetközi szervezeteknél Magyarország képviseletében, és a hálózatbiztonsági tudatosításában egyaránt. [7, 8]

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] www.kurt.hu/wp-content/uploads/2013/03/KURT_KIV_elemzes.pdf

[2] 2080/2008. (VI. 30.) Korm. határozat a Kritikus Infrastruktúra Védelem Nemzeti Programjáról

[3]http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=pvl_kritikus_infrastruktura

[4] 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról, http://www.njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=159312

[5] Farkas Tibor: *A honvédség tervezett kommunikációs hálózata*, KARD ÉS TOLL, 1:(1) pp. 53-57. (2006)

[6] Tóth András, Farkas Tibor, Pándi Erik: *A válságreagáló műveletek híradó- és informatikai rendszerének megszervezése* Hírvillám- Signal Badge 1:(1) pp. 13-31. (2010)

[7] Farkas Tibor: *Signal Officer Training at the National University of Public Service* (Budapest, Hungary) In: Mikuláš Šostronek, Roman Berešik, Marián Babjak, Danuša Spilá (szerk.): New Trends in Signal Processing 2014: Proceedings of the International Conference Liptovski Mikulas: Armed Forces Academy of General Milan Rastislav Štefánik, 2014. pp. 37-43.

[8] Farkas Tibor, Hronyecz Erika: *The infocommunication system requirements and analysis of the communication of the deployable rapid diagnostic laboratory support „sampling group”* II. Academic and Applied Research In Public Management Science XIV:(1) pp. 53-61. (2015)

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 353–356. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.79
http://hdl.handle.net/10598/29104

# SZOFTVERRÁDIÓN ALAPULÓ ADAPTÍV ENTRÓPIAFORRÁS GENETIKUS ALGORITMUS SEGÍTSÉGÉVEL

# ADAPTIVE, SOFTWARE RADIO BASED ENTROPY SOURCE WITH GENETIC ALGORITHM

Répás Sándor

*Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Cím: 1034, Magyarország, Budapest, Bécsi út 96/b.; rsandor@ahol.co.hu*

## Abstract

We shortly present the main application areas of random numbers, and the creation methods of them. We briefly describe the operation of the software defined radios. We present a solution to getting the help of genetic algorithm (GA) to find the optimal setup parameters. Presented methods are useful in developing adaptive systems which use time-varying entropy source.

***Keywords**: adaptive system, genetic algorithm, RTL-SDR, TRNG*

## Összefoglalás

Röviden bemutatjuk a véletlen számok főbb felhasználási területeit, és előállítási lehetőségeiket. Nagyon röviden a szoftverrádiók működését ismertetjük. Bemutatjuk azt, hogyan lehet genetikus algoritmus (GA) segítségével megtalálni az optimális beállítási paramétereket. A bemutatott módszerek jól használhatóak olyan adaptív rendszerek kialakítására, melyek időben változó tulajdonságú entrópia forrást alkalmaznak.

***Kulcsszavak:** adaptív rendszer, genetikus algoritmus, RTL-SDR, szoftverrádió, véletlenszám.*

## 1. Bevezetés

A véletlen számok a kriptográfiában és a szimulációkban kiemelt jelentőséggel bírnak, ugyanakkor előállításuk nem triviális feladat. A megfelelő minőségű valódi véletlen szám (True Random Number, TRN) előállításához elengedhetetlen fontosságú egy entrópia forrás, mely a véletlen szám generátor (Random Number Generator, RNG) bemeneteként használható, és segítségével, különböző algoritmusokat alkalmazva véletlen szám állítható elő. A rendkívül olcsó szoftverrádiók (Software Defined Radio, SDR) megjelenése, az SDR mind szélesebb körű alkalmazását idézte elő, valamint megjelent az igény az SDR-ek entrópia forrásként történő alkalmazására is [1]. Ugyanakkor nem megoldott az SDR-ek működési paramétereinek beállítása, valamint változó körülmények esetén, a paraméterek módosítása.

A genetikus algoritmusoknak [2] az informatikai biztonság területen történő alkalmazása széles körben elterjedt. Számtalan publikáció foglalkozik a GA behatolás detektáló [3], valamint levélszemét szűrő [4] alkalmazásokban történő alkalmazásával.

A következőkben egy szoftverrádió segítségével kialakított, genetikus algoritmus segítségével megvalósított adaptív entrópiaforrást mutatunk be.

## 2. Véletlen számok

A véletlen számok megjósolhatatlanok. A véletlen számokból álló sorozat tagjai közt nem található összefüggés, vagy mintázat.

### 2.1. Előállításuk

A véletlen számok előállítása történhet:

- valós véletlen szám generátorral (True Random Number Generator, TRNG); A hagyományos számítógépek, nem képesek valós véletlen számokat előállítani, általában valamilyen külső eseményt használhatnak fel erre a célra (pl. megszakítás, egérmozgás);
- álvéletlen szám generátorral (Pseudo Random Number Generator, PRNG); valamilyen matematikai algoritmus segítségével állítják elő a véletlennek tűnő számsorozatot, melyhez kezdeti bemenő paramétert alkalmaznak.

### 2.2. Felhasználásuk

A véletlen számok sok területen nélkülözhetetlenek, melyekből csak kettőt emelünk ki:

- szimuláció: általában PRNG segítségével előállított számokra van szükség, sokszor oly módon, hogy többszöri futtatás is ugyanazt az álvéletlen sorozatot eredményezze (ez azonos PRNG és kezdeti bemenő paraméterértékkel érhető el);
- titkosítás: a megfelelő biztonság eléréséhez valós véletlen számokra van szükség, vagy olyan álvéletlen számokra, melyek a támadók számára nem reprodukálhatóak (nem ismert PRNG algoritmus, és/vagy kezdeti bemenő érték).

## 3. Szoftverrádió

A szoftverrádió alapelve, hogy az analóg-digitális átalakítás az antennához a lehető legközelebb történjen meg, és a jelfeldolgozás minél nagyobb része történhessen meg digitális módszerekkel. Ezáltal az SDR működése újradefiniálható, nincs szükség különféle eszközökre, hanem egységes hardveren, eltérő szoftverek segítségével kivitelezhetőek a kívánt funkciók [4-5].

Az RTL2832U félvezetőre épülő eszközök [7], valamint az RTL-SDR programkönyvtár [8] megjelenésével, bárki számára elérhetővé váltak az SDR eszközök. Egy RTL2832U-ra épülő USB DVB-T vevő már 10 USD alatt is elérhető, és kiválóan használható SDR-ként, így számos érdekes kutatás készült segítségével, valamint egyre szélesebb körben alkalmazzák az oktatás területén is [9]. Egy ilyen eszköz, az alkalmazott tuner típusától függően, akár 52 és 2200Mhz közötti tartományban, 7bites felbontással 2,56MS/s mintavételezéssel is képes lehet az érzékelt jelet IQ értékekként a számítógépnek továbbítani [7-8].

## 4. Véletlen számok előállítása SDR és GA segítségével

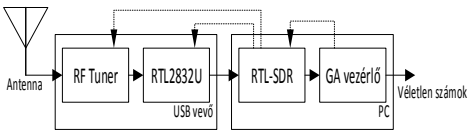
### 4.1. SDR mint entrópia forrás

A különböző elektromágneses zajok entrópia forrásként történő felhasználása általánosan elterjedt. Erre a célra az SDR is jól használható. Elégséges egy nem, vagy alig használt frekvenciára hangolni, majd az IQ demodulátor kimeneteit felhasználni. A legjobb eredmény akkor érhető el, ha a 7 bites kimenetből csak a legalacsonyabb helyi értéket használjuk fel.

Problémaként merül fel azonban, annak a frekvenciának a beállítása, mely a leginkább megfelel a véletlen számok generálásához, ráadásul ez a frekvencia helytől és időtől is függ, tehát adaptív rendszer kialakításra van szükség. A probléma megoldá-

sára kiválóan alkalmazható a genetikus algoritmus.

A rendszer blokkvázlata az **1. ábrá**n látható.




**1. ábra.** *A GA segítségével vezérelt SDR entrópia forrás blokkvázlata*

A tuner és az SDR mintavételezési beállításait a GA segítségével (az RTL-SDR interfészen keresztül) beállítjuk, majd következik a mintavételezés, a feldolgozás, végül a kimeneten megjelenik az érzékelt bitsorozat.

## 4.2. A GA vezérlő

A vezérlés sokféle módszerrel megoldható, a következőkben csak egy lehetséges megoldást ismertetünk.

### *4.2.1. Egyedek és populáció*

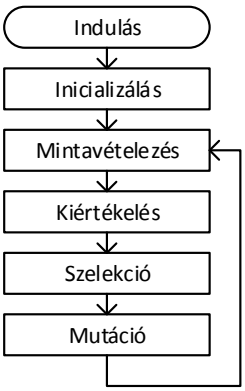
Húsz egyedből álló populáció került kialakításra. Az alacsony szám oka, hogy a mintavételezés egy eszköz alkalmazásával csak egymás után végezhető el, így viszonylag hosszú időt vesz igénybe. Az egyes egyedek két tulajdonsággal rendelkeznek: Mintavételi sebesség, frekvencia. A tulajdonságok jellemzőit az **1. táblázat** tartalmazza.

Az egyes tulajdonságok a táblázatban megadott bitszámon egész értékként kerülnek ábrázolásra. A választott értékek a mutáció ismertetésénél kerülnek indoklásra.

A vezérlés működése a **2. ábrá**n látható.

**1. táblázat.** *Egyed tulajdonságai*

| Tulajdonság | mintavétel (S/s) | frekvencia (Hz) |
|---|---|---|
| minimum | 1751425 | 692258177 |
| maximum | 2800k | 1766M |
| hossz (bit) | 20 | 30 |




**2. ábra.** *A GA vezérlés működése*

### *4.2.2. Inicializálás*

A kezdeti populáció előállítása során az egyes egyedek mindkét tulajdonságát véletlenszerűen értékekre állítjuk be. Azonos egyedek nem kerülhetnek a populációba.

### *4.2.3. Mintavételezés*

A mintavételezés során, minden egyed tulajdonságai által meghatározott paraméterekkel meghívásra kerül az RTL-SDR, mely minden esetben 8MB-os állományokat hoz létre. (A felhasználást megelőzően, az egyed tulajdonságaiként megadott mintavételi és frekvenciaértékek növelésre kerülnek a minimum értékekkel.)

Az előzetes feldolgozás során az állományokból a legalacsonyabb helyi értékű bitek átmásolásra kerülnek új állományokba, melyek mérete így 1MB-ra csökken.

### *4.2.4. Kiértékelés*

A kiértékelés során minden egyedre meghatározásra kerül a fitneszfüggvény értéke.

A fitneszfüggvény kialakításánál fontos szempont a végrehajtási sebesség, így az egyes egyedekhez tartozó állományoknak csak a következő három tulajdonsága kerül vizsgálatra, majd a kapott eredmények kerülnek összegzésre:

- $X^2$ eloszlással számított értéket meghaladó esetek számának 50%-tól eltérése;
- Monte-Carlo szimuláció segítségével meghatározott π értékének, a tényleges értéktől való eltérése;
- Soros korrelációs együttható 0-ától való eltérése.

Az értékek kiszámítása az ent [10] külső program meghívásával végezhető el egyszerűen.

#### *4.2.5. Szelekció*

A fitneszfüggvény értékek alapján csökkenő sorba rendezett egyedek közül, az első tíz kiválasztásra kerül, melyek változatlanul bekerülnek az új populációba. A kiválasztott egyedekből, azon egyedekhez tartozó minták, melyek elérik a fitnesz függvény minimálisan megadott értékét, kerülnek továbbításra a véletlen szám generátor bemenetére. (Ez biztosítja azt, hogy csak megfelelően véletlen eloszlású bitsorozat kerülhessen ki a rendszerből.)

#### *4.2.6. Mutáció*

Ez az első tíz egyed képezi az alapját a mutációnak is. Minden egyed egy új egyednek képezi az alapját. Az új egyed képzésekor, annak mindkét tulajdonságánál véletlenszerűen kiválasztásra kerül egy-egy bit, melynek értéke negálásra kerül.

Ha a populáció két ugyanolyan egyedet tartalmazna, úgy másik bit kerül negálásra.

## 5. Következtetések

Genetikus algoritmus segítségével előállítható egy adaptív entrópia forrás, mely a jelenleg is elérhető RTL-entropy alkalmazásánál lényegesen nehezebben támadható. Ezáltal titkosítási feladatokra alkalmazása sokkal jobban megfelel. [11]

A jövőben külső programok meghívása helyett, integrált megoldás elkészítését tervezzük, mely ugyan tanulásra nehezebben alkalmazható, de valós felhasználásra jobban megfelel. Több rádió egyidejű alkalmazásának és a párhuzamos kódfuttatásnak megoldása is fontos feladat.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Warren, Paul: RTL-Entropy, https://rtl-entropy.org/, Elérve: 2015. október 29.

[2] Coley, David A: *An introduction to genetic algorithms for scientists and engineers*. World scientific, 1999.

[3] Chittur, Adhitya: *Model generation for an intrusion detection system using genetic algorithms,* http://www1. cs. columbia. edu/ids/publications/gaids-thesis01. pdf, Elérve: 2015. október 29.

[4] Oda, Terri, White, Tony: *Immunity from spam: an analysis of an artificial immune system for junk email detection*, Artificial Immune Systems, 2005. 276-289.

[5] Eged Bertalan: *Elektronikai hadviselési és felderítő rendszerek integrációja korszerű digitális- és szoftver rádió technológiával*, Hadmérnök, 2009. június, 274.

[6] Erdei Márk, Wagner Margit Katalin: *Szoftverrádió-rendszerek: új trendek*, Híradástechnika, 2005/8.

[7] RTL2832U, http://www.realtek.com.tw/products/productsView.aspx?Langid=1&PFid=35&Level=4&Conn=3&ProdID=257, Elérve: 2015. október 30.

[8] OsmocomSDR -rtl-sdr, http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr, Elérve: 2015. október 30.

[9] Uengtrakul, Boonyarit, Bunnjaweht, Dahmmaet: *A Cost Efficient Software Defined Radio Receiver for Demonstrating Concepts in Communication and Signal Processing using Python and RTL-SDR*, Bangkok, 2014. május 6-8. 394-399.

[10] Walker, John: ENT *A pseudorandom number sequence test program*, http://www.fourmilab.ch/random/, Elérve: 2015. december 10.

[11] *Un portrait militaire au reflet de l'insurrection hongroise*, ORIENTS (ISSN: 1769-6321) 2013: (10) pp. 93-96. (2013)

*XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 357–360.* *DOI: 10.33895/mtk-2016.05.80*
*http://hdl.handle.net/10598/29105*

# FULLERÉN IZOMEREK STRUKTURÁLIS JELLEMZÉSE GLOBÁLIS TOPOLÓGIAI GRÁF-INVARIÁNSOKKAL

# STUCTURAL CHARACTERIZATION OF FULLERENE ISOMERS USING GLOBAL TOPOLOGICAL GRAPH INVARIANTS

Réti Tamás[1], Felde Imre[2]

[1]*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet 1086 Budapest, Népszínház utca 8. Telefon / Fax: +36-1-666-5386, levelezési cím, reti.tamas@bgk.uni-obuda.hu*

[2]*Óbudai Egyetem, Neumann János Informatikai Kar, Biomatika Intézet, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B. Telefon/ Fax:+36-1-666-5528, levelezési cím, felde.imre@nik.uni-obuda.hu*

## Abstract

In structural chemistry, fullerene-like molecules are considered as polyhedra or planar polyhedral graphs having only pentagonal and hexagonal faces. To characterize the topological structure of fullerene molecules, a novel approach is presented. The method proposed is based on the following concept: As a first step we consider the dual of the traditional fullerene graph, and as a second step, from the adjacency matrix of the corresponding dual graph, global topological invariants denoted by F(Q) are constructed. Performing comparative tests on the sets of dual graphs of $C_{40}$ fullerenes, it is verified that the topological index F(4) defined on the set of corresponding dual graphs can be successfully used for the quantitative structural characterization of isomers.

***Keywords**: fullerenes, isomers, graphs, topological descriptors*

## Összefoglalás

A szerkezeti kémiában, a fullerén típusú molekulákat általában poliédereknek illetve síkbeli gráfoknak szokás tekinteni, amelyek 5- és 6-oldalú sokszögeket tartalmaznak. A fullerén molekulák topológiai szerkezetének jellemzésére egy új típusú módszert ismertetünk. A javasolt módszer a következő koncepción alapul: Első lépésben a hagyományos fullerén-gráf duális gráfját generáljuk, majd a második lépésben a duális gráf szomszédossági mátrixából kiindulva, az F(Q) globális invariánsokat származtatjuk. A $C_{40}$ fullerén izomerek duális gráfjainak halmazán végzett összehasonlító vizsgálatok igazolták, hogy az F(4) topológiai index eredményesen alkalmazható az izomerek kvantitatív szerkezeti jellemzésére.

***Kulcsszavak:** fullerének, izomerek, gráfok, topológiai jellemzők.*

## 1. Bevezetés

A fullerének karbon-bázisú óriás molekulák, topológiai szerkezetük síkbeli gráfokkal vagy poliéderekkel modellezhető [1]. Az elmúlt évtized folyamán a témakörben folytatott kutatást alapvetően két törekvés motiválta: i) egyrészt a fullerén izomerek osztályozására alkalmas hatékonyabb eljárások kidolgozása, ii) másrészt stabilitásuk predikciójára hivatott új, megbízhatóbb módszerek kifejlesztése [2-6].

A következőkben fullerének szerkezeti jellemzésére egy módszert ismertetünk, amely lehetőséget nyújt a fullerén-gráfok strukturális jellemzésre alkalmas új típusú, ún. globális topológiai invariánsok származtatására. Ez utóbbiak definiáláshoz egy adott fullerén-izomer duális gráfja szolgál kiindulásul, amely kizárólag 5- és 6-fokú csúcsokat tartalmaz. Jelölje $C_k$ a k csúcsszámú fullerén-izomer gráfját. Mint ismeretes a $C_k$ fullerén $k \geq 22$ esetében létezik, ahol k páros szám. A $C_k$ fullerén gráfja $F_5=12$ számú ötszöget, és $F_6=(k/2)-10$ számú hatszöget tartalmaz. Azonos k csúcsszámú fullerénnek több, szerkezetileg különböző izomerje létezhet.

## 2. Globális topológiai gráf-invariánsok származtatása

Jelölje $C_k^{dual}$ a megfelelő duális gráfot, és $A=A(C_k^{dual})$ pedig ennek szomszédossági mátrixát. Adott fullerén-izomer szerkezeti jellemzésére hivatott F(Q) topológiai invariánsokat a $C_k^{dual}$ duális gráf szomszédossági mátrixa $A^q$ hatványainak felhasználásával az alábbi képlettel definiáltuk:

$$F(Q) = \frac{1}{n(C_k^{dual})} \sum_{q=1}^{Q} j^T A^q j = \frac{1}{n(C_k^{dual})} \sum_{q=1}^{Q} W_q$$

A fenti formulában $n = n(C_k^{dual})$ a duális gráf csúcsszáma, j az n-komponensű egységvektor, míg $W_q$ mennyiségek a gráfelméletbe „walk numbers” néven ismert topológiai invariánsok [7].

Amennyiben Q nem nagyobb 4-nél, az F(Q) topológiai invariáns számítása nem igényli a duális gráf A szomszédossági mátrixának, illetve $A^q$ (q=1,2,3,4) hatványainak előzetes meghatározását. Igazolható ugyanis, hogy a $C_k^{dual}$ duális gráfokra vonatkozóan a $W_q = j^T A^q j$ mennyiségek (k=1, 2, 3 és 4 esetében) az alábbi formulákkal számíthatók:

$$W_1(C_k^{dual}) = j^T A^0 j = n(C_k^{dual}) = (k+4)/2$$

$$W_2(C_k^{dual}) = j^T A j = 2m(C_k^{dual}) = 3k$$

$$W_3(C_k^{dual}) = j^T A^2 j = M_1(C_k^{dual}) = 18k - 60$$

$$W_4(C_k^{dual}) = j^T A^3 j = 2M_2(C_k^{dual}) = 2(54k + Np - 360)$$

Az n és m pozitív egész számok, amelyek a duális gráf csúcs- illetve élszámát jelölik, az $M_1$ és $M_2$ mennyiségek pedig azonosak az első és második Zágráb index néven ismert globális topológiai mennyiségekkel [8-11].

Az Np az eredeti $C_k$ fullerén gráf ún. pentagon indexe. Ez egy nem-negatív egész szám, azonos az egymással szomszédos ötszöglapok közös oldalszámával, és mint ismeretes, számértéke a $(0 \leq Np \leq 20)$ intervallumba esik [1]. A fenti képleteket felhasználva, a $C_k^{dual}$ duális gráf F(4)

globális topológiai indexének számítása az alábbi

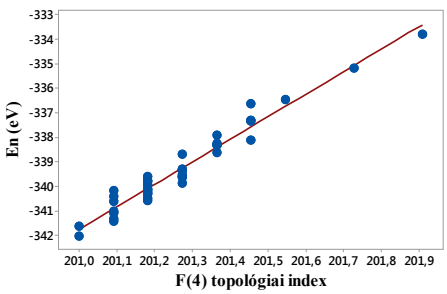
$$F(4) = \frac{1}{n(C_k^{dual})} \sum_{q=1}^{4} W_q(C_k^{dual}) =$$

$$1 + \frac{2}{(k+4)} \{129k + 2Np - 780)\}$$

formulára egyszerűsödik.

## 3. Alkalmazási példa: $C_{40}$ fullerén izomerek topológiai jellemzése

A fenti meggondolások alapján konstruált F(4) globális topológiai deszkriptor gyakorlati alkalmazásának demonstrálására a $C_{40}$ fullerén-izomerekre vonatkozóan végeztünk vizsgálatokat. A $C_{40}$ fulleréneknek éppen 40 darab izomerje létezik, ezek Np pentagon indexe a (10-20) intervallumba esik [4]. Meghatároztuk az egyes izomerek stabilitására jellemző En (eV) energetikai paramétereket is, és elemeztük ez utóbbi és a F(4) topológiai index közötti kapcsolatot. Az En energetikai paraméter számítása a Density Functional Tight-Binding (DFTB) modell felhasználásával történt [12]. Ismeretes, hogy egy fullerén izomer annál stabilabbnak tekinthető, minél kisebb En értéke. Az En energetikai paraméter és az F(4) index közötti összefüggést az alábbi ábra diagramja szemlélteti.




A diagramból kitűnik, hogy a két mennyiség között egyértelmű lineáris jellegű összefüggés mutatkozik, ezt támasztja alá az adatpárok illeszkedésének szorosságát számszerűen is minősítő determinációs együttható ($R^2$=0.954) kimagasló értéke.

A kapcsolat lineáris jellege annak tulajdonítható, hogy az F(4) topológiai invariáns az Np pentagon index lineáris függvénye.

Ebből adódó felismerés, hogy az F(4) index alapján megbízható módon következtethetünk az izomerek stabilitási sorrendjére: következésképpen azok az izomerek a leginkább stabilisak, amelyekre nézve kis értékű F(4) index adódik. Az F(4) index minimális értéke a C40:38 és C40:39 izomerekhez tartozik, a szakirodalom szerint a 40 izomer közül éppen ezek tekinthetők a leginkább stabilnak [2,3,4]. Az F(4) index maximális értékét a C40:1 izomerre kapjuk, ez a legkevésbé stabil az energetikai számítások szerint.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] P. W. Fowler and D. E. Manolopoulos: *An Atlas of Fullerenes, Calendron Press*, Oxford, 1995.

[2] E.E.B. Campbell, P.W. Fowler, D. Mitchell and F. Zerbetto: *Increasing cost of pentagon adjacency for larger fullerenes*, Chem. Phys. Lett., 250, 1996, 544-548.

[3] E. Albertazzi, C. Domene, P.W. Fowler, T. Heine, G. Seifert, C. Van Alsenoy, F. Zerbetto: *Pentagon adjacency as a determinant of fullerene stability*, Phys. Chem. Chem. Phys. 1, 1999, 2913-2918.

[4] P. W. Fowler: *Resistance Distances in Fullerene Graphs*, Croat. Chem. Acta, 75, 2002, 401-408.

[5] T. Réti, I. László, A. Graovac: *Local combinatorial characterization of fullerenes*, in: F. Cataldo, A. Graovac, O. Ori, (Eds.) *The Mathematics and Topology of Fullerenes,* Spinger Dordrecht, 2011, 61-83.

[6] T. Došlić, T. Réti, D. Vukičević: *On the Vertex Degree Indices of Connected Graphs*, Chem. Phys. Lett. 512, 2011, 283–286.

[7] N. Biggs: *Algebraic Graph Theory, Cambridge University Press*, 1974.
[8] I. Gutman, N. Trinajstić: *Graph theory and molecular orbitals. Total π-electron energy of alternant hydrocarbons,* Chem. Phys. Lett. 17, 1972, 535-538.
[9] S. Nikolić, G. Kovačević, A. Miličević, N. Trinajstić: *The Zagreb Indices 30 Years After,* Croat. Chem. Acta, 76, 2003, 113-124.
[10] I. Gutman: *Degree-Based Topological Indices*, Croat. Chem. Acta, 86, 2013, 351-361.
[11] B. Zhou: *Zagreb Indices*, MATCH Commun. Math. Comput. Chem. 52, 2004, 113-118.
[12] D. Porezag et al.: *Construction of tight-binding-like potentials on the basis of density-functional theory: Application to carbon,* Phys. Rev. B51, (1995) 12947-12957.

## Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a TÉT_12_MX-1-2013-0001 és az “International S and T Cooperation Program of China, Granted No. 2014DFG72020“ projektek támogatásával valósult meg.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 361–364.
http://hdl.handle.net/10598/29106
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.81

# HENGERES-KÚPOS FOGASKERÉKPÁR FOGKIHEGYESEDÉSE ÉS ALÁMETSZÉSE

# THE UNDERCUT AND TOPLAND NARROWING BY CYLINDRICAL-BEVEL GEAR PAIR

Sipos Bence

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Cím: Románia, Marosvásárhely/Koronka, Segesvári út 1C Telefon / Fax: +40-265-206210/ +40-265-206211. mmate@ms.sapientia.ro*

## Abstract

This paper presents the study of tooth undercut on face gears, generated by using a rack-type tool. By using analytical methods the maximal tooth width can be determined. These calculations can be done by using the following data: the module, the number of teeth, and the angle between the base and the generatrix of the cone. With the help of the simulation method, the gear generating can be done and the results of the analytical calculations can be visualized on the 3D model of the bevel gear.

***Keywords**: gear, meshing, undercut, topland narrowing.*

## Összefoglalás

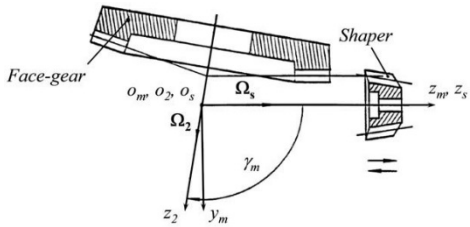
A dolgozat az evolvens fogprofilú kúpos-hengeres fogaskerékpár kúpkerekének léc típusú szerszámmal való lefejtésekor előforduló alámetszést illetve fogkihegyesedést vizsgálja. A vizsgálat első sorban analitikus formában történik. A bevitt adatok alapján (modul, fogszám, illetve a kúpfogaskerék generátora és alapja közt bezárt szög értéke) meghatározható az a maximális fogszélesség, amely során a keletkező fog, a járulékos fogcsonkulás ellenére is, még a használhatósági határon belül van. A vizsgálat eredményének helyességét egy 3D-s lefejtés szimulációja igazolja. A szimuláció során létrehozott kúpfogaskerék testmodelljén vizuálisan figyelhető meg a fogkihegyesedés és fogalámetszés.

***Kulcsszavak:** fogaskerék, fogalámetszés, fogkihegyesedés, foglefejtés.*

## 1. Bevezetés

A dolgozatban az evolvens fogprofilú hengeres-kúpos hajtás kúpkerekének lécprofilú szerszámmal való lefejtését vizsgáljuk. A hajtás egy evolvens profilú egyenes fogú hengeres fogaskerékből és egy megfelelően kialakított, a hengeres kerékkel kapcsolni képes kúpfogaskerékből tevődik össze. A kúpkerék lefejtését fogvéső gépen, metszőkerékkel végzik. Ennek az eljárásnak a tanulmányozásáról és alkalmazásáról részletesen beszámolnak a [2] és [3] művekben, vázlata **az 1. ábrá**n tekinthető meg.

A fogvésős lefejtési eljárások sorozatgyártás esetében nagy szerszámkészletet igényelnek, illetve időigényük is nagyobb a csigamarós lefejtéshez képest. A hajtás kúpkerekének csigamaróval történő lefejtését először Edward W. Miller javasolta 1942-ben [3]. A léc-típusú szerszámmal való lefejtést vizsgáljuk és tárgyaljuk a dolgozatban.



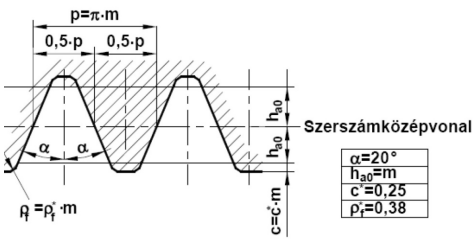

**1. ábra.** *Metszőkerékkel történő lefejtés vázlata*

A lefejtéskor létrejövő fogalámetszést és fogkihegyesedést analitikus illetve szimulációs módszerrel is megvizsgáltuk.

Tanulmányoztuk, hogy adott adatok mellett, mint a kúpfogaskerék modulja, fogszáma és alapja valamint generátora által bezárt szög, melyik az a maximális fogszélesség ahol a fogalámetszés illetve fogkihegyesedés mértéke még a használhatósági határon belül található.

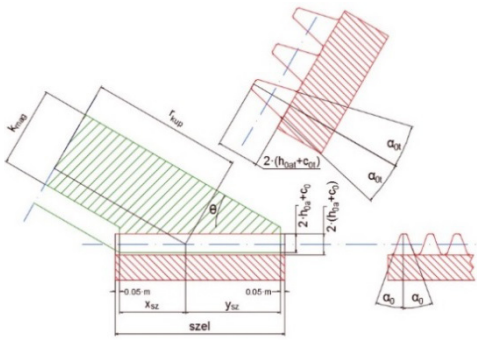
## 2. Az alámetszés és a fogkihegyesedés vizsgálata

A kutatás során a **2. ábrá**n megtekinthető STAS 821-82 (ISO 53-1974) alapprofilú fogaslécet használtuk a fogaskerék generálásához.




**2. ábra.** *STAS 821-82 (ISO 53-1974) alapprofil*

A kúpfogaskerék és a fogasléc kapcsolódásának elvi vázlata a **3. ábrá**n tekinthető meg. Ezt a kúpfogaskereket végtelen számú, elemi vastagságú hengeres fogaskerékre bonthatjuk fel, tengelye mentén.




**3. ábra.** *A kúpfogaskerék(zöld) és a fogasléc(piros) kapcsolódásának elvi vázlata*

Az $r_{kup}$ sugarat tartalmazó elemi vastagságú hengeres fogaskerék nem rendelkezik profileltolással, a tőle a kúp csúcsa felé elhelyezkedő szeletek fogalámetszésre, a kúp alapja felé elhelyezkedők pedig fogkihegyesedés hajlamosak. Mindegyik fogaskerék szeletet egy vele egy síkban fekvő elemi vastagságú fogasléc szelet generál. Ezek a fogasléc szeletek megegyeznek, a $\theta$ szög függvényében a torzított léc adatai a következők lesznek:

$$\alpha_{0t} = \operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}\left(\alpha_{0n}\right)\sin\left(\theta\right)\right) \qquad (1)$$

$$h_{0t} = \frac{h_{0n}}{\sin\theta} \qquad (2)$$

$$c_{0t} = \frac{c_{0n}}{\sin\theta} \qquad (3)$$

Ismerve a léc adatait megállapítható a maximális profileltolás a fogkihegyesedés és fogalámetszés elkerülésének függvényében. Az alámetszés elkerüléséhez szükséges profileltolás értéket a következő egyenlet adja:

$$x_{alá} \geq h_0 \cdot m - r_0 \cdot \sin^2 \alpha_0 \qquad (4)$$

Nagy fogszám és kis $\theta$ érték esetén, a fogaskerék lábkörének sugara jóval az

alapkör sugarának értéke alá csökken ezért ezekben az esetekben a fent leírt egyenlet nem használható. Ha az alábbi összefüggés igaznak bizonyul:

$$r_b - r_f \leq c_0 \cdot m \qquad (5)$$

akkor az alámetszés elkerüléséhez szükséges profileltolás értéke a következő lesz:

$$x_{alá} \geq r_0 - r_b - h_0 \cdot m \qquad (6)$$

A fogkihegyesedés elkerüléséhez szükséges profileltolás értékét a következő egyenletből állapítottuk meg:

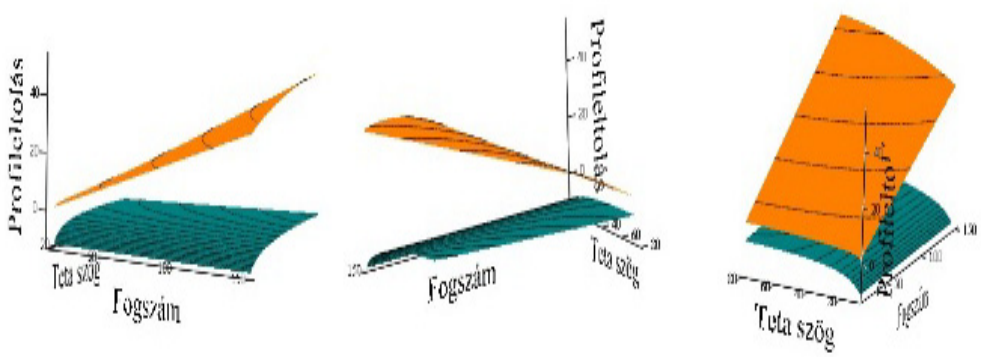
$$\operatorname{inv}\alpha_0 + \frac{s_d}{2r_0} = \operatorname{inv}\alpha_a + \frac{s_a}{2r_a} \qquad (7)$$

ahol a fogfejvastagság alsó határát az alábbi egyenlőtlenséggel értelmezzük

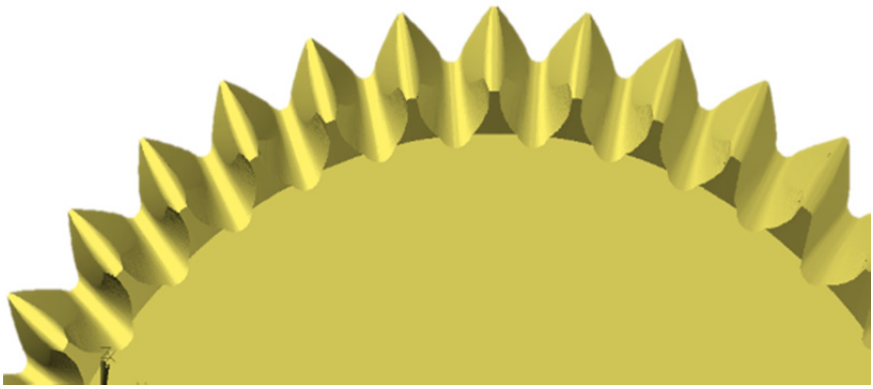
$$s_a \geq 0.2 \cdot m \qquad (8)$$

A számításokat elvégezvén különböző fogszám és $\theta$ szög értékekre, két felületet kapunk, amely behatárolja azt a területet ahol azok a profileltolási értékek találhatók melyek alkalmazásával a járulékos fogcsonkulás nem számottevő. A minimális és maximális profileltolás határfelületei a **4. ábrá**n tekinthetők meg.

Ismerve a profileltolás értékét kiszámítható a maximális fogszélesség. Egy AutoLisp környezetben megírt program segítségével, ezeket az értékeket megadva elkészíthető a kúpfogaskerék testmodellje. Mivel az analitikus számításokat egymás mellett levő elemi vastagságú fogaskerekekre végeztük el, ezért nem vettük figyelembe, hogy az egyes léc-szelvények anyagot távolítanak el a szomszédos elemi vastagságú fogaskerekekből is. Az elkészült testmodelleken észrevehető, hogy az analitikus módszerrel kapott intervallum, valójában sokkal szűkebb. Az **5. ábrá**n egy a szimuláció által generált kúpfogaskerék testmodelljét tekinthetjük meg, amelyen jól megfigyelhető a fogalámetszés és a fogkihegyesedés.




**4. ábra.** *Minimális és maximális profileltolás határfelületei*



**5. ábra.** *Alámetszés és kihegyesedés a fogaskeréken*

## 3. Következtetések

A kutatás alátámasztja a szakirodalomban is említett nagymértékű fogcsonkulást a kúpos-hengeres hajtás kúpkerekének generálásakor. Az analitikus számítások és a szimuláció segítségével gyorsan megállapítható egy adott paraméterekkel rendelkező kúpfogaskerék maximális fogszélességét. Ez azért fontos, mert az anyaga mellett a fogai szélessége befolyásolják egy fogaskerék terhelhetőségét. Ezekkel a módszerekkel könnyedén megvizsgálható, hogy akár a lécet módosítva, például a kapcsolószögének más értéket adva, miként lehetne javítani a fogak lefejtésekor keletkező fogcsonkulás mértékén.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1.] Litvin, F.L. *A fogaskerékkapcsolás elmélete*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.

[2.] Litvin, F. L., Alfonso, F. *Gear geometry and applied theory* second edition. Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, 2004.

[3.] Miller, E. W. *Hob for Generation of Crown Gears.* USA Patent 2304588, 1942

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 365–368. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.82
http://hdl.handle.net/10598/29107

# POLIMER HULLADÉKOK PIROLÍZISÉVEL NYERT SZILÁRD MARADÉKOK TOVÁBBI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

# UTILIZATION OF SOLID RESIDUE FROM WASTE PYROLYSIS

Sója János[1], Fogarasi Zsolt Miklós[2], Miskolczi Norbert[3]

[1]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +36-88-624-000P6170, e-mail: sojajanos@almos.uni-pannon.hu*

[2]*MOL LUB Kft., Magyarország, 2931 Almásfüzitő, Fő út 21.; Telefon: +36-70-776-0099, e-mail: zsfogarasi@mol.hu*

[3]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék, Magyarország, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.; Telefon: +36-88-624-410, e-mail: mnorbert@almos.uni-pannon.hu*

## Abstract

With the chemical recycling of plastic waste (pyrolysis) we can obtain more valuable products. These products are suitable for generating energy or producing chemical raw materials. However the utilization of solid residue is still unsolved. In our experiment we pyrolysed municipal solid waste at 500 °C. We examined that if the obtained residue, treated with activation agent, or without treatment , is suitable for improving certain properties of base oil.

***Keywords**: pyrolysis, polymer waste, char*

## Összefoglalás

A műanyag hulladékok kémiai újrahasznosításával (pirolízissel) értékesebb termékek állíthatók elő, melyek alkalmasak energia vagy vegyipari alapanyagok előállítására. Azonban a keletkező kokszos maradék hasznosítása még nem megoldott. Kísérletünk során települési szilárd hulladékot pirolizáltunk 500 °C-on és azt vizsgáltuk, hogy az így előállított maradék kezelés nélkül, illetve aktiváló ágensekkel való kezelés után alkalmas-e egy alapolaj elegy bizonyos tulajdonságainak javítására.

***Kulcsszavak:** pirolízis, polimer hulladék, szén*

## 1. Bevezetés

A hulladékokból történő energia előállítás napjaink egyik fontos kutatási területe. A hulladékokból pirolízissel értékesebb termékek állíthatók elő, mely során maradékként nagy széntartalmú koksz is keletkezik [1], A kokszos maradék további hasznosítása még nem megoldott.

Az aktív szenet, mely napjaink egyik legelterjedtebb adszorbense hagyományos úton kőszénből állítják elő, ám környezetvédelmi és gazdasági megfontolásokból előtérbe került az alternatív alapanyagokból történő előállítás lehetősége is. Az egyik

ilyen lehetőség, a hulladék polimerek szilárd pirolízis termékeinek felületaktív anyagként történő alkalmazása [2-3].

Kísérleti munkánk célja annak vizsgálata volt, hogy a polimer hulladékok pirolízise során keletkező kokszos szilárd maradék alkalmas lehet-e egy kenőolaj célú alapolaj elegy bizonyos tulajdonságainak javítására.

## 2. Felhasznált anyagok

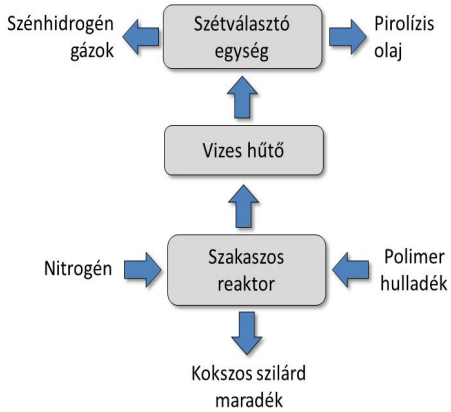
Alapanyagként települési szilárd hulladékot használtunk, mely főleg poliolefineket tartalmazott. Emellett pedig 11 % poli-vinil-kloridot és polietilén-tereftalátot is.

## 3. Mérési módszer

Az alapanyagból két lépésben nyertünk aktivált szenet: először pirolizáltuk azt, majd a szilárd frakciót különböző módon aktiváltuk.

A termikus pirolízist egy 2 liter térfogatú reaktorban, inert (nitrogén) atmoszférában, légköri nyomáson és 500°C-on végeztük. A gázokból a pirolízisolajat egy vizes hűtőben 20°C-on lekondenzáltattuk, majd egy fázisszeparátorban választottuk el a gázoktól, melynek mennyiségét egy gázáramlásmérővel határoztuk meg. A termékösszetétel a következő volt: 3 % gáz, 9 % szilárd maradék és 88 % olaj. Az alkalmazott berendezést az **1. ábra** szemlélteti.

A kokszos maradék rendelkezett bizonyos fokú pórusos szerkezettel, melynek szorpciós tulajdonságait kémiai úton szerettük volna fokozni. Aktiváló ágensként nátrium-hidroxidot és foszforsavat választottunk. A művelet egyes paramétereit az **1. táblázat** tartalmazza. Az aktiválási folyamatot atmoszférikus nyomáson, vizes közegben, 100-110°C-os hőmérséklettartományban valósítottuk meg. Egy óra elteltével a szenet leszűrtük, desztillált vízzel többször átmostuk, majd a nedvességtartalmát szárítószekrényben 105 C-on eltávolítottuk.




**1. ábra.** *A pirolízis berendezése*

**1. táblázat.** *Az aktiválás körülményei*

| Paraméter | Érték |
|---|---|
| **Hőmérséklet** | 100-110 °C |
| **Nyomás** | 1 atm |
| **Aktiválási idő** | 1 óra |
| **Alapanyag koncentráció** | 5 m/m% |
| **Aktiváló ágens** | |
| **NaOH koncentráció** | 5; 10; 20; 30 m/m% |
| **$H_3PO_4$ koncentráció** | 10; 30; 50; 70 m/m% |

Az így előállított szén hatását egy adott turbinaolaj-alapolaj elegy levegőelválló képességén keresztül vizsgáltuk. Ha ez az érték túl nagy, a hidraulikus rendszerben problémák adódhatnak. Másodsorban nagyon fontos a víztől való elválási hajlam, ugyanis annak jelenléte a rendszerben korróziót, mikroorganikus szennyeződést vagy habzást okozhat.

A levegőelválló képesség mértékegysége az a percben kifejezett idő, ami ahhoz szükséges, hogy az olajban diszpergálódott levegő az elfogadható mennyiségre (2 V/V%) csökkenjen. A mérést úgy végeztük, hogy 50 °C-ra melegítettük az olajat, majd 7 percen keresztül ugyanilyen hőmérsékletű sűrített levegőt fúvattunk át rajta 0,2 bar túl-

nyomással. Az eltelt idő függvényében mértük a sűrűségét, aminek az időbeli változása a minta levegőtartalmára enged következtetni.

A víztől való elválási hajlam mérésének elve az, hogy 40 $cm^3$ olajat és ugyanennyi vizet 54 °C-on, 5 percen keresztül 1500 r/perc fordulatszámú keverővel egy 100 $cm^3$-es mérőhengerben elegyítünk, majd a fázisok elválási idejét regisztráljuk. A kialakult emulziónak (mely ideális esetben nem stabil) a felbomlási idejét mértük, és miután az megtörtént, az elkülönült fázisok térfogatát feljegyeztük a következő módon: olaj:víz:emulzió/szétválási idő.

## 4. Mérési eredmények és értékelésük

A különböző módon kezelt szeneken szűrt kenőolajok 50°C-on mért levegőelváló képességét és 54°C-on mért víztől való elválási hajlamát mértük. Referenciaként a szűretlen alapolaj elegyre ezek az értékek sorrendben 7 perc és 40 $cm^3$ : 40 $cm^3$ : 0 $cm^3$ / 5 perc voltak.

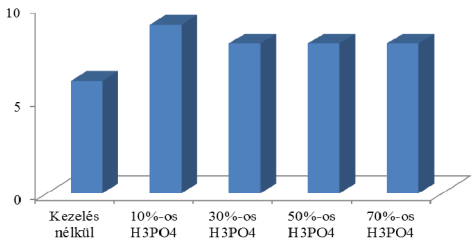
A hulladékokból előállított kezeletlen szénszármazékkal derítést végeztünk a vizsgálandó olaj mintán, majd a különböző töménységű foszforsavas és nátrium-hidroxidos kezelésnek alávetett szenekkel is megszűrtük azt. A víztől való elválási hajlam értékeit a **2. táblázat** tartalmazza.

A víztől való elválási hajlam ugyan megfelelő volt, azonban a szétválási idő minden esetben többszöröse lett a szűretlen alapolajénak, azaz romlott a referenciához képest.

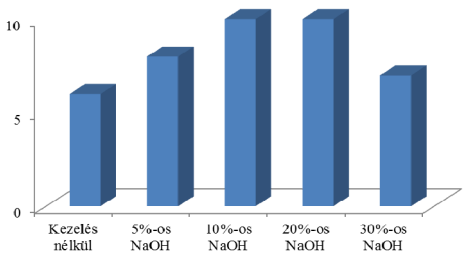
A **2. ábra** az 50 °C-on mért levegőelváló képesség változását mutatja a foszforsavval kezelt szűrőközegek esetében a vegyszer koncentrációjának függvényében, míg a **3. ábra** ugyanezt mutatja a nátrium-hidroxiddal kezelt esetekben.

**2. táblázat.** *A víztől való elválási hajlam*

| Minta | Víztől való elválási hajlam | Minta | Víztől való elválási hajlam |
|---|---|---|---|
| **Alapolaj elegy** | 40-40-0/5 | **Alapolaj elegy** | 40-40-0/5 |
| **Kezeletlen szénszármazék** | 40-39-1/20 | **Kezeletlen szénszármazék** | 40-39-1/20 |
| **10%-os $H_3PO_4$** | 41-38-1/50 | **5%-os NaOH** | 41-36-3/30 |
| **30%-os $H_3PO_4$** | 43-37-0/40 | **10%-os NaOH** | 42-38-0/30 |
| **50%-os $H_3PO_4$** | 40-40-0/20 | **20%-os NaOH** | 40-37-3/30 |
| **70%-os $H_3PO_4$** | 39-37-4/20 | **30%-os NaOH** | 42-38-0/30 |




**2. ábra.** *Az 50 °C-on mért levegőelváló képesség változása a szűrőközeg függvényében foszforsavas kezelés esetén (az alapolajra ez az érték 7 perc)*




**3. ábra.** *Az 50 °C-on mért levegőelváló képesség változása a szűrőközeg függvényében nátrium-hidroxidos kezelés esetén (az alapolajra ez az érték 7 perc)*

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a hulladék műanyagból előállított szilárd maradékok rendelkeztek bizonyos mértékű porozitással a vegyszeres kezelések előtt, ugyanis az a minta levegőelváló képességet csökkentette az alapolajhoz képest. A pórusos szerkezet valószínűleg a pirolízis során a mátrixból kiszakadó molekula fragmentumok mozgása révén jött létre.

A foszforsavas kezelés hatására minden esetben megnőtt a levegőelváló képesség, azaz romlott az olaj ezen jellemzője. Ennek az a magyarázata, hogy az enyhébb körülmények között stabil pórusos szerkezet a savas kezelés hatására megváltozott. Hasonló hatást értünk el a másik kezeléssel is. Az 5 és 10 %-os nátrium-hidroxid oldatok rontották a levegőelváló képességet, azonban tovább növelve a lúg koncentrációját elkezdett csökkenni annak értéke. 30 % NaOH koncentrációnál már a referencia értéket produkálta a minta.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Hajdary, J., et al.: *Pyrolysis of automobile shredder residue in a laboratory scale screw type reactor*. Journal of Environmental Chemical Engineering, 4, 2016, 965–972.

[2] Kartel, M.T. et al.: *Preparation of porous carbons by chemical activation of polyethylene –terephthalate.* Carbon, 44 (5), 2006, 1019-1022.

[3] Hayashi, Y. et al.: *Preparation and characterization of high-specific-surface-area activated carbons from $K_2CO_3$-treated waste polyurethane*. Journal of Colloid and Interface Science, 281 (2), 2005, 437-443.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Nemzeti Kutatási és Innovációs Hivatal, Magyar-indiai (KTIA-DST) K+F+I együttműködési program (TÉT_13_DST) keretében nyújtott támogatásért (TÉT_13_DST-1-2014-0003).

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 369–372.
http://hdl.handle.net/10598/20109
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.83

# MŰANYAG FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁMOK KORSZERŰ GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

# MODERN MANUFACTURING TECHNOLOGIES FOR PLASTIC INJECTION MOULDING TOOLS

Soós Noémi Rita[1], Gyenge Csaba[2], Soós Ödön János[3]

[1]*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia tanszék, Cím: 400641, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii, 103-105; Telefon: +40-745-858894, levelezési cím: noemi_soos@yahoo.com*

[2]*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia tanszék, Cím: 400641, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii, 103-105; Telefon: +40-742-700763, levelezési cím: gyenge_cs@yahoo.com*

[3]*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Gépgyártástechnológia tanszék, Cím: 400641, Románia, Kolozsvár, B-dul Muncii, 103-105; Telefon: +40-742-700763, levelezési cím: soosodon@yahoo.com*

## Abstract

Nowadays, the injection moulding industry is in a permanent evolution thanks to the exponential growth of the technology development. This development prompted the plastic injection molding manufacturing tools industry to find solutions and new production technologies in order to remain competitive and be able to implement the requirements requested by the customer in the shortest time possible. The introduction of a new product, innovation is most often associated with production of new or improved technology. To create high-quality injection mold, at relative low costs and high productivity, advanced production technology must be applied. In this paper we collected the most representative technologies that are used nowadays.

***Keywords**: plastic injection, mold, manufacturing, surface quality*

## Összefoglalás

Napjaink műanyagiparát a gyártástechnológiai fejlesztések exponenciális előrehaladta folyamatos fejlődésre készteti. Ez a fejlődés rávezette a műanyag fröccsöntéshez szükséges szerszámokat gyártó iparágat, hogy új megoldásokat és gyártási technológiákat találjanak ahhoz, hogy versenyképesek tudjanak maradni és minél rövidebb idő alatt meg tudják valósítani a megbízó által kért követelményeket. Egy új termék, innováció gyártásba való bevezetése leggyakrabban új vagy továbbfejlesztett technológiával jár. Ahhoz, hogy magas minőségű fröccsöntő szerszámot hozzunk lètre, relatív kis költséggel és jó termelékenységgel, korszerű gyártástechnológiát kell alkalmaznunk. Dolgozatunkban ismertetjük az ezirányú korszerű megoldásokat, valamint saját kutatási céljainkat.

***Kulcsszavak:** fröccsöntés, matrica, megmunkálás, felületi minőség*

## 1. Bevezetés

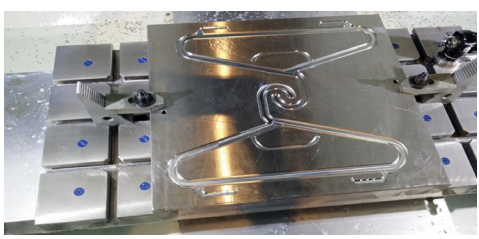
A műanyagból készült termékekkel nap mint nap találkozunk, szinte minden létező szakterületen megtalálhatók, mint például az autóiparban, a gépiparban, a gyógyászatban, az aeronautikában és még sorolhatnánk. A különböző műanyagból

készült termékek, kis és nagy sorozatú gyártásánál különféle számítógépes vezérlésű, automatizált, robotizált gépeket használnak. Egy fröccsöntő szerszám megvalósítása úgy tervezési mint gyártási és minőségellenőrzési lépéseket igényel. A tervezés során magas színvonalú programokat használunk. A versenyképes gyártáshoz korszerű, számítógépes vezérlésű megmunkáló egységek szükségesek. A következőkben az ezirányú korszerű technológiai megoldásokat mutatunk be.

## 2. Forgácsolási technológiák

### 2.1. CNC megmunkálás

Az 1960-as években megjelentek a számítógép által vezérelt szerszámgépek, melyek rugalmasabbá tették a megmunkálási folyamatot. Manapság ezt alkalmazzák nagymértékben a fröccsöntő szerszámok gyártására is (**1. ábra**). A szerszámgyártás folyamatának első lépése a 3D-s modell megtervezése egy CAD programban, ezt követi a CNC program létrehozása egy CAM software-ben. A létrehozott programot feltöltik a CNC gép memóriájába, majd onnan futtatva, a megmunkáló szerszámok segítségével formát ölt a kívánt termék, melynek gyakran komplex geometriai alakja van. Az alaktól függően el kell dönteni, hogy megmunkálható-e teljesen, avagy szükséges más művelet beiktatása is. Kiemelten fontos a jó felületi érdesség megvalósítása.

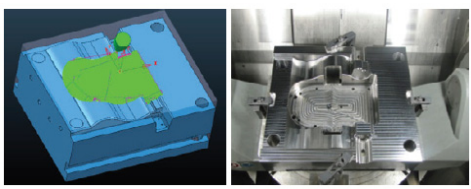


**1. ábra.** *Fröccsöntő szerszám lapja CNC technológiával megmunkálva*

### 2.2. Nagysebességű forgácsolási technológia

Ennek a technológiának a jellegzetessége az, hogy a szerszám teljes hossza használatba kerül a megmunkálás során, vékony forgácsrétegeket távolítva el a darab felületéről nagy sebességű előtolással. A bevonatolt szerszámot, ha teljes élhossza mentén használjuk, akkor a védőrétegben a hőgradiens közel azonos, így a szuperkemény bevonatban nem jön létre a termikus feszültségi állapot, és ez indirekt módon vezet a termelékenység növekedéséhez és az éltartam megőrzéséhez. Fröccsöntőszerszám gyártás szempontjából ezek a szerszámok képesek teljes forgácsolási mélységen dolgozni akkora sebességekkel, hogy a felületet meg is vasalják, így a megmunkálás nem csak igen termelékeny, hanem a felületi minőség a köszörülési minőséggel és pontossággal vetekedik.

Ezzel a technológiával több kutató is foglalkozik, mint például Dimitrov [1], aki a kutatásaival (**2. ábra**) megoldást talált a gyártási idő csökkentésére és a felületi minőség javítására.



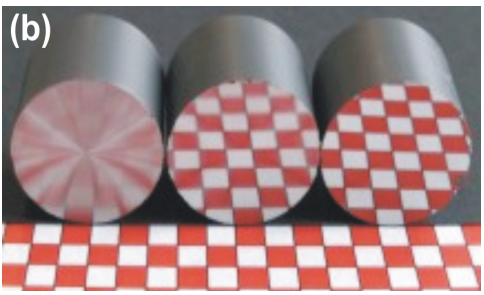
**2. ábra.** *Szimulálás és megmunkálás nagysebességű forgácsolási technológiával[1]*

### 2.3. Ultraprecíziós technológia

Az előző technológiákhoz hasonlóan, az alaplépések itt is megegyezőek, a különbség csak annyiban nyilvánul meg, hogy nagy sebességet használnak. A vasat nem tartalmazó anyagokat kristályos, természetes gyémántszerszámokkal munkálják meg, míg a vasat tartalmazó nyersanyagokat köbös bórnitrid bevonatú szerszámokkal. A

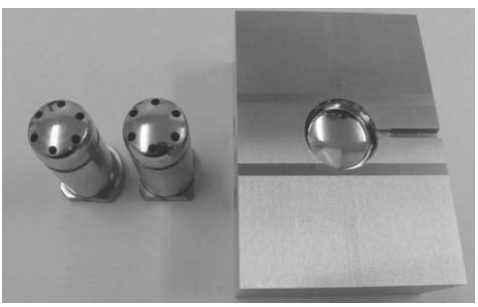
legfontosabb előnye ennek a technológiának a kiváló minőségű felület elérése.

A Brinksmeier és társai [2] által publikált dolgozat, a fröccsöntő szerszámok felületi minőségére ható különböző tényezőket ismertet (**3. ábra**). A bal oldali felület hagyományos technológiával volt megvalósítva, a középső - ultraprecíziós technológiával, míg a jobb oldali esetében finomcsiszolást alkalmaztak.




**3. ábra.** *Különböző technológiával elért felülelti minősége [2]*

Egy másik dolgozat [3], az ultraprecíziós megmunkálás továbbfejlesztett változatát mutatja be, amely keretében ultrahangos rezgő mozgást alkalmaztak. A forgácsolási folyamat közbeni ultrahangos rezgések csökkenthetik a megmunkáló szerszám kopását és pozitívan befolyásolják a fröccsöntő szerszám felületi minőségét (**4. ábra**).



**4. ábra.** *Fröccsöntő szerszám ultraprecíz megmunkálása ultrahangos rezgésekkel [3]*

## 3. Gyors prototipizálási technológiák

Ezek a technológiák főleg a '90-es évek elején jelentek meg és anyaghozzáadást alkalmaznak ezért az angol elnevezésük „layered technologies". Az utóbbi években a különböző változatait fejlesztették ki. Nagy előnyei abban rejlenek, hogy gyorsan létre lehet hozni magas geometriai komplexitású terméket és nem igényelnek különleges megmunkáló szerszámokat.

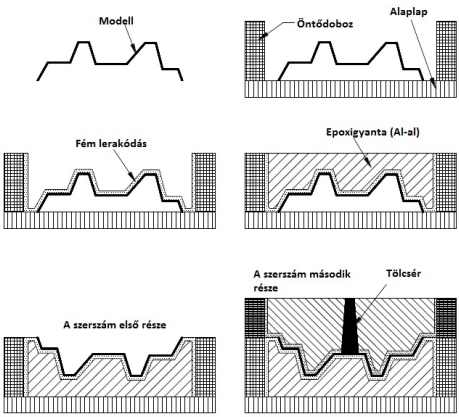
### 3.1. Fémporok lézeres szinterezése

Ennél a gyártástechnológiánál fémport használva, rétegről-rétegre építik fel a kívánt terméket amelyet lézer sugárral olvasztanak és kötnek meg. A keresztmetszet szinterezése után az asztal leereszkedik egy rétegvastagságnyit, majd egy újabb réteg por kerül fel az asztalra. A folyamat addig ismétlődik, amíg el nem készül a darab. Ezzel a technológiával olyan komplex fröccsöntő szerszámokat is létre lehet hozni, amit CNC technológiával és tömbelektródás szikraforgácsolással nem lehetségesek.

### 3.2. Olvasztott fém szórás

Más néven "metal spraying", az egyik legelterjedtebb rugalmas szerszámgyártó technológia. A folyamat abból áll, hogy egy gyors prototípus technológiával létrehozott modellt alapul véve, szórópisztoly segítségével, körülbelül 2 mm vastagságnyi olvasztott fémmel szórnak be [4,5] . A nyersanyag huzal formájában kerül a pisztolyba, majd ott megolvadva nagynyomású gáz bevitelével spray formájában szóródik a modellre. Az így kapott metalizált modellt öntődobozba helyezik és epoxigyantával töltik ki. Miután az epoxigyanta megszilárdult eltávolítható az öntődoboz, majd a kapott felületeket egy simítási technológia segítségével a kívánt minőségre lehet megmunkálni. Általában ón és ólom ötvözeteket használnak a fémréteg kialakításához, mert ezeknek az olvadáspontja alacsonyabb, így

a használt modell is alacsony hőmérsékleten marad, nem deformálódik, ezáltal nem befolyásolja a fröccsöntő szerszám pontosságát. Ezt a technológiát kis és közepes sorozatú darabok fröccsöntő szerszámai előállításánál érdemes használni; a felhasznált anyag, a darab komplexitása és a részletek finomságától függően, körülbelül 1000-5000 darab fröccsönthető.




**5. ábra.** Metal spraying technológia lépései [4]

## 4. Saját kutatási program

A műanyag-fröccsöntő szerszámok gyártásának optimalizálása céljából doktori értekezés készül, melynek fő célkitűzései az alábbiak:

- részletes dokumentálás a fröccsöntési technológiák területén;
- a fröcssöntő szerszámok konstruktív és geometriai alakjainak tanulmányozása;
- a fröccsöntő szerszámok számítógépes tervezése;
- a szerszámok aktív felületének megmunkálási technológiáinak analízise és csoportosítása;
- korszerű megmunkálási technológiák alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata;
- gyakorlati kutatások, az ultraprecíziós és nagysebességű technológiák alkalmazásával;
- a megmunkált felületek vizsgálata a méret és felületi minőség szempontjából.

Az elméleti kutatásaimat a Kolozsvári Műszaki Egyetem gépgyártástechnológiai tanszéken szándékozom végezni.

A gyakorlati kutatásokat a METALICAUTO cégnél, valamint a Budapesti Műszaki Egyetemen szándékozom elvégezni.

## 5. Következtetések

Az említett technológiák tanulmányozása után levonható az a következtetés, hogy több kritériumot is figyelembe kell venni egy fröccsöntő szerszám előállításánál. A fröccsöntött termék bonyolultságától, felületi minőségétől, gyártási sorozatától és anyagtípusától függően kell kiválasztanunk a megfelelő technológiai eljárást.

### Szakirodalmi hivatkozások

**[1]** Dimitrov, D., Saxer, M.: *Productivity Improvement in Tooling Manufacture through High Speed 5 Axis Machining*, Procedia CIRP 1, 2012, 277-282 old.

**[2]** Brinksmeier, E., és mások: *Machining processes for precision molds*, Laboratory for Precision Machining LFM, University of Bremen, Germany, 2009.

**[3]** Suzuki, N.: *Ultraprecision sculpturing of hardened steel by applying elliptical vibration cutting,* Reprint for Proceedings of ISUPEN 2011.

**[4]** Bâlc, N., és mások: *Fabricarea rapidă a prototipurilor,* Editura Tehnică, Bukarest, 2000.

**[5]** Bâlc, N.É *Tehnologii neconvenţionale*-curs, Editura Dacia, Kolozsvár, 2001.

**[6]** Ódonnchadha, B., Tansey, A.: *A note on rapid metal composite tooling by selective laser sintering*, Journal of Materials Processing Technology 153–154, 2004, 28-34 old.

*XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 373–376.* *DOI: 10.33895/mtk-2016.05.84*
*http://hdl.handle.net/10598/29110*

# MÉRNÖKHALLGATÓK KOMPETENCIAFELMÉRÉSE A DE MŰSZAKI KARON

# THE ENGINEERING STUDENT COMPETENCY ASSESSMENTS OF THE UNIVERSITY OF DEBRECEN FACULTY OF ENGINEERING

Szabó Fruzsina[1], Kovács Sándor[2], Szűcs Edit[3]

[1]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Műszaki Menedzser és Vállalkozási Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4; Telefon: +3630/9200281* szabofruzsi77@gmail.com

[2]*Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar Kutatásmódszertan és Statisztika Tanszék; 4032 Magyarország, Debrecen, Böszörményi út 132;* kovacs.sandor@econ.unideb.hu

[3]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Műszaki Menedzser és Vállalkozási Tanszék; 4028 Magyarország, Debrecen, Ótemető utca 2-4;* edit@eng.unideb.hu

## Abstract

The examination was made on Engineering students of the University of Debrecen. Our research was based upon the Graduate Career Monitoring System serving the competence assessment analyzing the data among them. Students and absolwent and the labor participants were analyzed during our research. SPSS software, Chi 2 analysis and Median test applications were used during the test. Conclusions were drawn based on these; and also we made proposals on improving the system.

***Keywords**: DPR (Graduate Career Monitoring System), student, labor market, competency.*

## Összefoglalás

Munkánk során a Debreceni Egyetem mérnökszakos hallgatóinak kompetenciáját vizsgáltuk. A kutatás hátttereként a Diplomás Pályakövető Rendszer szolgált, melynek a kompetenciamérés adatait elemeztük a mérnökhallgatók körében. A kutatás során az aktív hallgatók a végzett hallgatók és a munkaerő piaci résztvevők véleményét vizsgáltuk a témában. Az SPSS szoftver, a Chí2 elemzés és Medián próba alkalmazásával következtetéseket vontunk le és ezek alapján javaslatokat tettünk a rendszer javítására.

***Kulcsszavak:** DPR (Diplomás Pályakövető Rendszer), hallgató, munkaerő piac, kompetencia.*

## 1. Bevezetés

Az elmúlt években a felsőoktatás számtalan változáson esett át, ezért az egyetemek között kompetitív helyzet alakult ki. Ezt az utóbbi idő demográfia mélypontja, a születések számának visszaesése, ezáltal a hallgatói létszám csökkenése idézte elő. A bolognai rendszer bevezetése szintén komoly feladat volt az oktatási rendszer résztvevőinek. Az egyetemi képzések során fokozott figyelmet kell fordítani arra, hogy a meg-

szerzett tudás hasznos legyen a diplomások számára.

Számos országban végeznek kutatásokat a végzett diákok és a munkaerő piaci szereplők körében, hogy a kapott válaszokat felhasználva, javítani tudjanak az oktatási színvonalon. A kompetenciaméréssel hozzájárulhatunk az oktatás- szerkezetének és tudományos tartalmainak- fejlesztéséhez, az egyetemek által felkínált szolgáltatások tárházának és színvonalának növeléséhez. Maga a mérés segít nekünk abban, hogy pontosabb képet kapjunk a munkával kapcsolatos attitűdökről, az ismeretek és készségek fejlesztéséről [1]

A legfontosabb feladat, hogy a végzett hallgatók a munkaerő piacon minél hamarabb, a számukra megfelelő munkakörbe tudjanak elhelyezkedni. Ennek eléréséhez szükséges, hogy olyan mindenki számára fontos kompetenciákkal rendelkezzenek, melyek megfelelnek az igényeknek.

A középiskolából kilépő diákoknak nehéz eldönteniük, hogy mit szeretnének csinálni, melyik az a felsőoktatási intézmény, amit válasszanak, és amelynek elvégzése olyan kompetenciákat ad számukra, amelylyel meg tudják állni helyüket a munka világában.

Ezért az egyetemeknek egy olyan rendszert kell használniuk, ami elősegíti őket abban, hogy információt tudjanak gyűjteni a végzett hallgatóktól arról, hogy a gyakorlatuk minősége és hossza kielégítő volt e. Az információk gyűjtéséhez a pályakövető rendszer nyújt segítséget, amelyben nem csak a végzett hallgatókat és a munkaerő piaci részvevőket vizsgálják, de az aktív hallgatókat is, hogy milyen készségeket és képességeket tartanak fontosnak a későbbi elhelyezkedés szempontjából. Ezen képességeket a mérés után azonosítani tudjuk és a későbbiekben fejleszteni a körükben különböző tréningek segítségével. [2]

## 2. Anyag és módszer

Munkánk célja, hogy a kompetenciamérés eredményeit úgy elemezzük, hogy azok reprezentatív és hasznos információkat biztosítsanak. Ezáltal teszünk javaslatot a rendszer fejlesztésére.

Munkánk felépítése során bemutatjuk a kompetencia fogalmát, annak lényegi elemeit és fontosságát. Mindezek alatt sorba vesszük, miként hasznosíthatjuk a munkaerő piacon való elhelyezkedésnél ezek fejlesztését.

Majd leírjuk a Diplomás Pályakövető Rendszer lényegét, felépítését és működési elvét. Sorra vesszük az SPSS szoftvert, a $Chi^2$ elemzés és a Medián próba statisztikai módszereket.

Kutatásunk vizsgálati alanyául a mérnökképzést választottuk, mivel magam is mérnökhallgató vagyok a Debreceni Egyetemen. Így a Debreceni Egyetem Műszaki Karán végeztük el a vizsgálatokat. Ennek folytán kitértünk a mérnöki életpálya fontosságára, hivatásának jelentőségére és a mérnöki szemléletre.

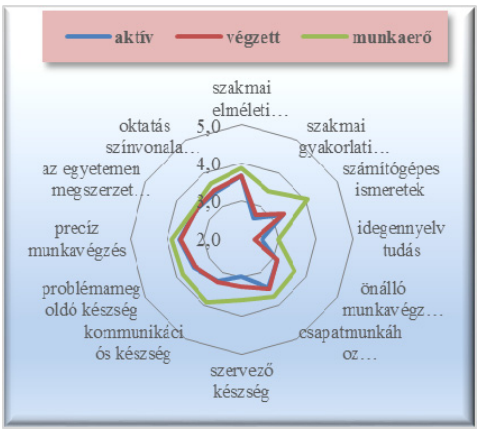
Elemzéseinkhez a Debreceni Egyetem Diplomás Pályakövető Rendszerének kérdőívét és eredményeit alkalmaztuk. A kutatás három csoport köré épült. Ezek a következők: az aktív és a végzett hallgatók, valamint a munkaerő piaci szereplők.

Vizsgáltuk a munkával kapcsolatos attitűdök fontosságát, valamint az ismeretek, készségek fejlesztéséről alkotott véleményeket.

A vizsgálat több szempontból is reprezentatívnak mondható, mivel nemre, képzési szintre és szakra is kitért és a válaszadók száma is megfelelően magas volt.

A nemek arányában a válaszadások egyharmad-kétharmad (26,5% nő és 73,5% féri) arányban oszlanak meg a nők és a férfiak között. Az alap- és mesterképzés aránya 95-5%. A szakokat összehasonlítva a gépészmérnök hallgatók válaszadási kedve volt a legjelentősebb.

Első körben a három vizsgálati csoport szemszögéből tértünk ki a munkával kapcsolatos attitűdök fontosságára, valamint az ismeretek, készségek fejlesztéséről alkotott véleményükre. A munkával kapcsolatos attitűdöknél elmondható, hogy válaszadóink közel azonosan ítélték meg ezek fontosságát, összességében nem figyelhető meg nagyobb eltérés egyik csoport esetében sem. Vannak olyan kompetenciák, melyeket mind három csoport egyaránt háttérbe szorított, véleményük szerint kevésbé fontosak. Ezzel szemben az ismeretek és készségek fejlesztésénél már másképp gondolkodtak (**1. ábra**). A munkaerő piac számára minden egyes kompetencia magasabb értéket ért el a másik két csoporthoz képest.




**1. ábra.** *Válaszadói csoportok véleménye az ismeretek készségek fejlesztéséről*

Meglepően tapasztalhatjuk, hogy az idegen nyelvi ismeretek és a szakmai gyakorlatban való jártasság kompetenciái alacsonyabb pontátlagot érteket el a többihez képest.

A következőkben már csak az aktív és végzett hallgatói csoportok véleményét vizsgáltuk különböző aspektusokban.

Szakonként pókháló-diagramon ábrázoltuk a két csoport munkával kapcsolatos attitűdjeit. Meg kell említenünk azt is, hogy az aktív és végzett hallgatók válaszadásainak párhuzamba állításánál csupán négy szak esetén vonhatunk le összehasonlító következtetéseket, mivel a kérdőívet kitöltők között csak négy szak végzettjei szerepelnek. Az aktív hallgatók esetében a különböző szakok válaszadásai között szignifikáns eltérés a „figyelmet szentel a részleteknek a feladat elvégzése során" és a „motiválja őket a nehéz feladatok elvégése" attitűdök esetén volt. Ezzel szemben a végzett hallgatóknál szignifikáns eltérés nem mutatott ki a statisztikai vizsgálat, viszont az építészmérnökök egy-két kompetenciát többre értékeltek. Az aktív és végzett hallgatók visszajelzéseiből kiderül, hogy kevésbé fontos jellemvonásnak tekintik az irányítás magukhoz ragadását.

Az ismeretek és készségek szakonkénti ábrázolásánál jelentős különbségek vannak a válaszadások között. Az aktív hallgatók esetében ezek a különbségek a szakmai gyakorlatra, az idegen nyelv tudására, az oktatás színvonalára vonatkoznak. Ezzel szemben a végzetteknél a szakmai elméleti alapok, a szakmai gyakorlati jártasság és a problémamegoldó készség területén vélünk felfedezni különbségeket. A különböző szakok aktív és végzett státusztól függetlenül eltérően értékelik a szakmai gyakorlatban való jártasság jelentőségét.

Az értékelések során a szakonkénti vizsgálatokban BSc szakos hallgatók körében adott válaszokat vettük alapul, ezt később kiegészítettük az MSc szakos hallgatók válaszadásaival, s e két képzési szintet vizsgáltuk az aktív és végzett hallgatói csoportok körében. A munkával kapcsolatos attitűdjeik tekintetében mindkét csoport esetében háttérbe szorul az irányításra való hajlamuk. Továbbá megfigyelhető, hogy az MSc szakos hallgatók véleménye nagyjából hozzáidomul a korábban vizsgált válaszokhoz.

Az ismeretek és készségek esetében is megállapítható, hogy a csoportok ezen felbontásában és bővítésében is a szakmai

gyakorlati jártasság és az idegen nyelvtudás fontossága háttérbe szorul.

## 3. Összefoglalva

Összességében megállapítható, hogy a 13 attitűdöt és a 12 ismeretet/készséget minden vizsgálat esetén a válaszadók közel azonos pontátlaggal értékelték. Tehát az 1-2 kiugró elemtől eltekintve a különböző kompetenciák egyformán fontosak a hallgatók számára. Továbbá elmondható, hogy mindez összhangban áll a munkaerő piac szereplőinek véleményével is.

## 4. Javaslattétel

Fejlesztési javaslatunk a következő ezen a területen. Az első éves hallgatókat kell tanulmányunk célpontjába állítani. A változtatásra azért van szükség, mert első évtől van még a legtöbb lehetőség a hiányos kompetenciák elsajátítására, a meglévők fejlesztésére. Emellett a munkaerő piacon résztvevő cégek és vállalatok számát is növelni kell a felmérés során, valamint a végzett hallgatókat is jobban kell ösztönözni a válaszadásra. Miután a végzett hallgatók és a munkaerő piac véleményét meghatározzuk a kiértékelés alkalmával, az első éves hallgatók véleményével is össze kell vetni. Az eltérésekre, azaz a hiányos készségekre és képességekre különböző kompetencia fejlesztő tréningeket kell szervezni a karon. Miután a fejlesztések, tréningek megtörténtek a hallgatók körében, a végzős évükben egy visszamérést alkalmazhatunk. A célunk az, hogy a visszamérés alkalmával olyan eredményeket kapjunk, melyek közelítenek a munkaerő piaci elvárásokhoz. Tehát lényegében egy olyan komplex rendszer kialakítása a cél, melyben a munkaerő piaci résztvevők elvárásai, valamint a visszamérés alkalmával a hallgatók véleménye közel hasonló értékeket mutat. Ennek eléréséhez pedig az egyetemi évek alatt nyújtott újabb úgynevezett szolgáltatások, különböző tréningek, kurzusok nyújtanának segítséget.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Fónai M., Szűcs E. (szerk.) (2012): *A Debreceni Egyetem „Diplomás Pályakövető Rendszerének" főbb eredményei és tapasztalatai* 2010 – 2011, Debrecen

[2] Ádámku R. (2013): *A Debreceni Egyetem Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési karának Emberi erőforrás tanácsadó MA szakon végzett hallgatók pályakövetéses vizsgálata,* Debrecen

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 377–380.
http://hdl.handle.net/10598/29111
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.85

# MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ KORROZÍV KÖZEGBEN ÜZEMELŐ ACÉLRUGÓ GYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI TERVEZÉSE

# MANUFACTURING DESIGN FOR HIGH TEMPERATURE WORKING SPRING IN CORROSIVE MIDIUM

Szigeti Ádám[1], Kovács-Coskun Tünde[2]

[1]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u. 8 Tel / Fax: +36-1-6665300 adamzoltanszigeti@gmail.com*

[2]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék, Magyarország 1081 Budapest, Népszínház utca 8; Telefon / Fax: +36-1-6665327 kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

Following the researches, the non-series worked out technology proved to be right. It is managed to manufacture spring from such materials, which features are significantly different from string-steel. If we observe carefully, we can realize immediately, that there is a considerably big difference in the formation of the carbon content. The austenitic type contains max 0.2 % carbon, while the other, of it's triple, 0.6%.

***Keywords**: spring steel, high temperature, corrosion, technology.*

## Összefoglalás

Az egyedileg kidolgozott technológia a vizsgálatok elvégzését követően helyesnek bizonyult. Olyan alapanyagból sikerült rugót készíteni melynek tulajdonságai jelentősen különböznek a rugóacéloktól. Szembetűnő, hogy már a széntartalmuk szerint is igen nagy a differencia. Az ausztenites típus maximálisan 0.2 % karbont tartalmaz, míg a másik ennek nagyjából a háromszorosát 0.6 %-ot.

***Kulcsszavak:** rugóacél, nagyhőmérséklet, korrózió, technológia.*

## 1. Bevezetés

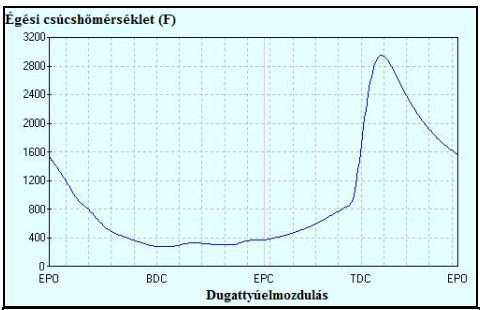
A hagyományos, nagy mennyiségben előállított rugóacélok, illetve rugók csak korlátolt mértékben képesek ellenállni a hőnek. Nagyjából 350 °C hőmérsékleten egyszerűen megeresztődnek, vagyis megváltoznak a mechanikai tulajdonságaik (folyáshatár, szilárdság) és ennek következtében elveszítik rugózó képességüket. Azonban előfordulhat az iparban olyan igény, mely megkövetelheti, hogy egy rugó 350 °C fok felett is üzemeltethető és felhasználható legyen. Jelen esetben egy kétütemű verseny motorkerékpárban üzemelő szelep működtetése jelenti a munkakörnyezetet. Ilyen területen a hétköznapi alapanyagok és gyártástechnológiák nem alkalmazhatók, új módszert kell kidolgozni.

## 2. Hőálló rugó igényének felmerülése

A cikk első szerzője 10 éve foglalkozik kétütemű motorkerékpárok javításával és teljesítményük optimalizálásával (tuningolásával). Ezen időszak alatt számtalan problémával találkozott, és ezek a problémák sok esetben a működési elvből adódó tökéletlenségre voltak visszavezethetők. A hagyományos nagy mennyiségben elterjedt motorok többsége úgynevezett résvezérléssel működik, mely során a hengerben kialakított nyílások vezérlik a gázcsere folyamatokat. Ennél a típusnál alapvetően a nyílások magassága az, ami meghatározza a motor optimális fordulatszámát, ahol minimális veszteségek árán jó öblítési hatásfokkal üzemel. Ez azt jelenti, hogy a szívó, illetve kipufogó oldalon csak minimális veszteségek tapasztalhatók. Ha az optimális fordulatszám alatti fordulaton üzemeltetjük a motort, akkor bizony jelentős veszteségek mérhetők a kipufogó, illetve a szívó oldalon egyaránt. A veszteségek sajnos a teljesítményt is jelentősen befolyásolják, méghozzá negatív irányban. Ha szeretnék ezeket a veszteségeket megszűntetni, akkor valamilyen úton meg kell akadályoznunk, hogy a megszökni kívánó gázok a hengerből kiáramoljanak. Ennek legegyszerűbb módja, ha valamilyen fizikai akadályt állítunk a gázok útjába. Jelen esetben szükségszerűnek látszik a kipufogási keresztmetszet fordulatszámtól függő változtatása. Kis fordulaton alacsony nyílást alkalmazunk, magas fordulaton pedig az akadályt megszűntetve biztosítjuk a teljes keresztmetszetet. A keresztmetszet változtatást egy szeleppel lehet megvalósítani, mely a megfelelő pillanatban kinyílik és biztosítja a teljesítmény megfelelő eloszlását. A szelepet azonban valamilyen módon vezérelni kell. A 70-es 80-as évek táján a japán motorkerékpár gyártók kitalálták a saját típusaikhoz a legjobban alkalmazható keresztmetszet változtató rendszereiket. Ezekről azonban nem igazán lehet találni semmiféle nyilvános dokumentumot. Annyi ismert csupán, hogy valamiféle rugós mechanizmussal oldották meg. Mivel üzemközben a kipufogó oldalon rendkívül nagy a termikus terhelés, és a hagyományos rugóacélok nem képesek ezt elviselni, szükségszerűnek látszott egy olyan rugó kifejlesztése, mely hosszantartóan és problémamentesen képes elviselni a kipufogógáz hőmérsékletét. [1]

## 3. A szelepmozgató rugó igénybevételei

Egy kétütemű motorkerékpárban üzem közben rendkívül „barátságtalan” körülmények uralkodnak.




| |
|---|
| EPO - Kipufogó nyílás nyitási pillanata |
| BDC - Alsó holtpont (AHP) |
| EPC - Kipufogó nyílás zárási pillanata |
| TDC - Felső holtpont (FHP) |
| EPO - Kipufogó nyílás nyitási pillanata |

**1. ábra.** *A hengerben lévő hőmérséklet változások a dugattyú pozíciójának függvényében*

Hőerőgép lévén talán az egyik legfontosabb igénybevétel az intenzív hőhatás, mely az elégett üzemanyagból származó forró kipufogógázok hatására jelentkezik. Ennek a gáznak a hőmérséklete rendkívül magas 400-450 °C fok közé tehető (**1. ábra**).

Ezt a hőfokot egy normál rugó nem képes elviselni. További nehézségeket okoz, hogy a kipufogógáz összetétele a keverékolajozás hatására igen korrozív közeget

alkot, ráadásul a homogenitása is kérdőjeles. Annyi bizonyos, hogy igen magas a nitrogén és kénoxidok jelenléte. Önmagában a korrózió már eleve nagy gondot jelent, de sajnos ehhez még párosul egy igen nagy hőmérséklet is, mely további próbatétel elé állítja a szelepmozgató rugót. Az összes ráható igénybevétel közül talán a legkisebb problémát a kellő szilárdság jelenti. Üzem közben 80 MPa feszültség ébred a huzalban. Ez nem túl nagy érték, de semmi esetre sem elhanyagolható. A felsorolt igénybevételek egy olyan alapanyagot kívánnak, mely hőálló, korrózióálló és a szilárdsági paraméterei is megfelelőek.

## 4. Rugóacélok választéka, tulajdonságaik

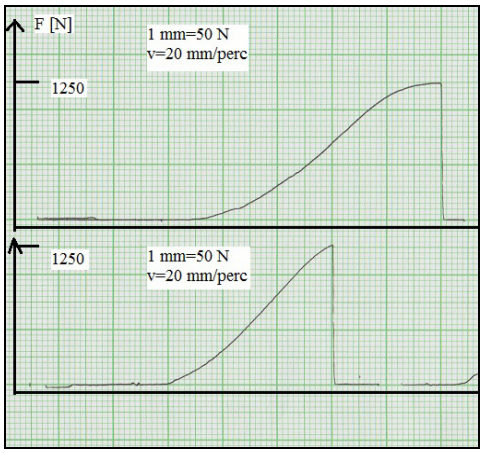
A rugók energiatároló gépelemek, melyek terhelés hatására rugalmasan megváltoztatják alakjukat majd a terhelés megszűntetését követően visszaállnak eredeti állapotukba. Erre a célra az acélok alakváltozásának rugalmas tartománya használható ki. Általában ebbe a csoportba tartozó acélokra jellemző a nagy rugalmas tartomány, amit a folyáshatár/szakítószilárdság viszony-számmal lehet megadni. A rugóacélok esetében az $R_{p0,2}/R_m > 0.85...0.89$ körüli érték az elfogadott. További fontos tulajdonságuk, hogy ha túlterhelés éri őket, akkor sem törnek el ridegen, hanem csak képlékeny alakváltozást szenvednek. Ennek a képességnek a minősítésére szolgál tehát a szakadási nyúlás illetve a kontrakció. Hőkezelés (nemesítés) után a nagyjából 5%-os szakadási nyúlás az ideális. Ha folyamatos ismétlődő igénybevételre tervezünk rugót, akkor fontos szempont, hogy az alapanyag megfelelő eloszlású ötvözőket tartalmazzon, valamint kis kén- és foszfortartalommal rendelkezzen. Fontos követelmény lehet a korróziós és egyéb kémiai ellenállóság is. A rugókat általában hidegalakítással készítik, többnyire huzalból vagy szalagból. A lényeg tehát, hogy a képlékeny hidegalakítás hatására a rugóacélban alakítási keményedés játszódik le. A rugó alapanyag többféle lehet pl. melegen és hidegen hengerelt, valamint korrózióálló acél. Közös jellemző a gyártástechnológia során, hogy valamennyi hőkezelésen esik át. [2]

## 5. A gyártástechnológia eredményének vizsgálata

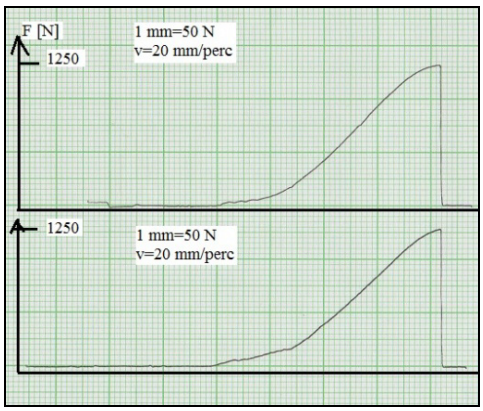
A próbarugók elkészítését követően sor került néhány technológiai vizsgálatra, melyek eredményeiből egyértelműen meghatározható, hogy a rugógyártási eljárás helyesnek bizonyult-e. Elsősorban az intenzív hőterhelés modellezését kellett végrehajtani, mivel ez adja a legfőbb igénybevételt. A hőfárasztásos vizsgálatot a nyersanyagként szolgáló huzaldarabokon, illetve a kész termékeken (a rugókon) is elvégeztük. 5-5 perces hevítési és hűtési ciklusokban vizsgáltuk a próbadarabokat. Összesen, tehát 10-szer hevítettük és hűtöttük őket. Ezután, hogy az eredményeket számszerűen is tudjuk minősíteni, szakítóvizsgálatot végeztünk. 3-3 db huzal szakítását láttuk indokoltnak, ugyanis ekkora mennyiségből már átlagolni lehet a kapott eredményeket. Az eljárást követően azt tapasztaltuk, hogy a hőkezelt és a hőkezeletlen huzalok szilárdsága is rendre megegyezik és értékük az ausztenites alapanyag tulajdonságaihoz képest rendkívül magasnak mondható, vagyis 1800 MPa lett (**2.** és **3. ábra**).

A vizsgálatot 500 °C -on végeztük, tehát egyértelműen kijelenthető, hogy ekkora hőmérséklet mellett nem történik semmilyen szilárdságot befolyásoló változás az anyag szövetszerkezetében. További kérdést jelentett, hogy az intenzív korróziós közegben miként állja meg a helyét. Ennek modellezésére korróziós vizsgálatot végeztünk, mely során túltelített 36%-os NaCl vizes oldatában áztattuk a próbarugókat. Szobahőmérsékleten illetve 55 °C -on 1 hétig áztattuk a próbadarabokat. Ennyi idő

alatt az analitikai mérleg méréshatárán belüli tömegcsökkenést nem tapasztaltunk.




**2. ábra.** *Hőkezeletlen huzal szakítódiagramja*




**3. ábra.** *Hőkezelt huzal szakítódiagramja*

## 6. Következtetések

A kutatás [3] során igyekeztünk mindenféle eshetőségre kitérni és az előforduló összes igénybevételt illetve negatív hatást figyelembe venni, mely az adott környezetben előfordulhat és rövid időn belül a rugó tönkremenetelét okozhatja. Minden egyes lépést, amely a gyártástechnológiát érintette, kutatásokra alapoztam és az eredményeket fizikai és kémiai vizsgálatokkal igazoltam. A munka során az első szempont a hitelesség volt. Ezek alapján kijelentjük, hogy sikerült az adott elvárásoknak megfelelő alkatrészt előállítani. Az egyedileg kidolgozott technológia a vizsgálatok elvégzését követően helyesnek bizonyult. Olyan alapanyagból sikerült rugót készíteni melynek tulajdonságai jelentősen különböznek a rugóacélokétól.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1]A. Graham Bell: *Two-stroke performance tuning*. Haynes Publishing, Sparkford. 1999. p. 31-87.

[2]Dr. Szabadíts Ödön: *Acélok, öntöttvasak*. MSZT Szabványkiadó. Budapest, 2005. p. 115-121.

[3]Szigeti Ádám: *Ausztenites hőálló acél rugóacélként történő alkalmazása* - TDK dolgozat

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 381–384.
http://hdl.handle.net/10598/29112
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.86

# CSAVARKÖTÉSEK OLDÁSI NYOMATÉKÁNAK VIZSGÁLATA

# ANALYSIS OF DISSOLVING TORQUE SCREW CONNECTIONS

Szluk István[1], Szigeti Ferenc[2], Dezső Gergely[3]

*Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológiai Tanszék, Cím: 4400, Magyarország, Nyíregyháza, Kótaji út 9-11,*

[1]*szlukistvan@gmail.com*

[2]*szigetif@nyf.hu*

[3]*dezsog@nyf.hu*

## Abstract

Screw insurance with threadlocking is a really new technology. That's why we tested the treadlocking, and we wanted to know how strong the screw connection is. We tested four types of screw size (M6, M10, M16 and M20) 8.8 galvanized steel screws and 8 galvanized steel nuts, three types of threadlocking (Loctite 2400, Loctite 2700 and AJett 126) cleaned and raw screws and nuts. We did the test six times in the first session of curing (30 minutes, 1 hour, 3 hours, 1 day, 3 days and 1 week). After the testing we stated there are a lot of advantages of this technology.

***Keywords**: screw connections, screw insurance, threadlocking.*

## Összefoglalás

A menetrögzítővel történő csavarbiztosítás egy viszonylag újfajta technológia, ezért tartottuk fontosnak vizsgálni, hogy ezzel a módszerrel milyen erős kötések alakíthatóak ki. A vizsgálatok során négyféle menetméret esetén (M6, M10, M16, M20) 8.8-as horganyzott acél csavarokon vizsgáltunk három menetrögzítőt (Loctite 2400 és 2700, AJett 126) tisztított és tisztítás nélküli felületen. Az oldási nyomatékot a kikeményedési idő első szakaszában hat időpontban mértük (30 perc, 1 óra, 3 óra, 1 nap, 3 nap és 1 hét). A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy igen kedvező tulajdonságai vannak ennek a technológiának.

***Kulcsszavak:** csavarkötések, csavarbiztosítás, menetrögzítő.*

## 1. Bevezetés, célkitűzés

A menetrögzítővel történő csavarbiztosítás egy viszonylag új technológia, melyben nem használnak különleges csavart, anyát vagy egyéb gépelemet (rugós alátét, kontra anya, bordázott peremű csavar, stb.). A menetrögzítős csavarbiztosítás előnyös, hiszen a mechanikai eszközök (biztosító

lemez vagy a koronás anya) csak a kötés oldódását akadályozzák meg. A recézett peremű csavarok az önkioldást megakadályozzák, de viszonylag drágák, nagyobb méretű csavar szükséges, és az összefogni kívánt alkatrészek felülete sérül. A súrlódáson alapuló biztosító elemek növelik a kötés rugalmasságát, de a dinamikus terhelés ellen nem védik a csavarkötést.

A vizsgált menetrögzítők mindegyike egykomponensű, anaerob kötőanyag volt. Az anaerob menetrögzítő kikeményedése akkor indul meg, amikor az anyagot a környezeti levegőtől elzárjuk. A menetrögzítő kikeményedése során a menetrögzítő a menethez adhéziós, a ragasztómolekulák egymáshoz kohéziós kötéssel kapcsolódnak. A menetrögzítő használatának számos előnye van. Megbízható, hosszú élettartamú kötés alakítható ki, széleskörűen alkalmazható és eszközigénye kicsi.

A vizsgálatok célja annak vizsgálata, hogy a menetek tisztítása hogyan befolyásolja a kötés szilárdságát, hogyan változik az oldási nyomaték értéke a kikeményedés során, a különböző típusú menetrögzítő termékek alkalmazásakor hogyan alakul a kötési szilárdság, valamint a menetméret növelésével hogyan változik az oldáshoz szükséges nyomaték értéke.

## 2. Kísérleti terv

A kísérletekhez 8.8-as minőségű horganyzott acél csavarokat és 8-as horganyzott anyát használtunk. A menetméreteket úgy választottuk meg, hogy a menetemelkedés eltérő legyen, így a vizsgálatokhoz M6-os, M10-es, M16-os és M20-as csavarokat használtunk. A vizsgálatokhoz kétféle Loctite Health & Safety menetrögzítőt (Loctite 2400 és 2700) valamint az AJett 126-os menetrögzítőjét használtuk. A kísérleteket elvégeztük Loctite SF 7063-as tisztító és zsírtalanító szerrel kezelt csavarokon valamint tisztítás nélkül kezeletlen csavarokon. A kikeményedés első szakaszában hat időpontban mértünk oldási nyomatékokat 30 perc, 1 óra, 3 óra, 1 nap, 3 nap és 1 hét elteltével.

## 3. A kísérleti eredmények és értékelésük

A kísérletek során állandó volt a menet típusa, a csavarok és anyák anyagminősége. Minden esetben normál métermenetet, 8.8-as horganyzott acél csavarokat és 8-as horganyzott acél anyákat vizsgáltunk.

Az **1. ábrá**n látható, hogy a tisztított csavarokon végzett kísérletek esetén nagyobb oldási nyomatékok voltak mérhetőek, mint a kezeletlen csavarokon végzett kísérletek esetében. Ez abból adódik, hogy a menetrögzítők a tiszta felülethez jobban tapadnak, mint a kevésbé tiszta felülethez, így erősebb kötés alakítható ki.

Az oldási nyomatékok a kikeményedés első szakaszában jó közelítéssel logaritmikus jelleget mutatnak a Loctite menetrögzítő esetében. Ezt alátámasztja, hogy a mérési pontokra illesztett közelítő görbék korrelációs indexe a tisztítás nélküli csavarokon végzett kísérletek esetén 0,89, míg a tisztított csavarokon végzett kísérletek esetén 0,93. Az AJett menetrögzítő kikeményedése is logaritmikus jellegű, de ez kevésbé illeszkedik pontosan. Ebben az esetben a tisztítás nélküli csavarokon végzett kísérletek korrelációs indexe 0,78, míg a tisztított csavarokon végzett kísérletek indexe 0,87.

A két nagy szilárdságú menetrögzítő (Loctite 2700 és az AJett 126) összehasonlítása során megfigyelhető, hogy rövidebb kikeményedési idő elteltével az AJett 126-os menetrögzítő használatával lényegesen nagyobb volt a kötés szilárdága. Ez előnyös lehet nagysorozat és tömeggyártás esetén, ahol nem alkalmazható megfelelően a hosszú kikeményedési idejű menetrögzítő. Rövid kikeményedési idő esetén a szállítás és raktározás során már megfelelő a kötés szilárdsága, ezért nem károsodik a kötés.

A különböző menetméreteken végzett kísérletek mérési pontjait a **2. ábra** mutatja. Az ábrából megfigyelhető, hogy a menetméret növelésével nőtt az oldási nyomaté-

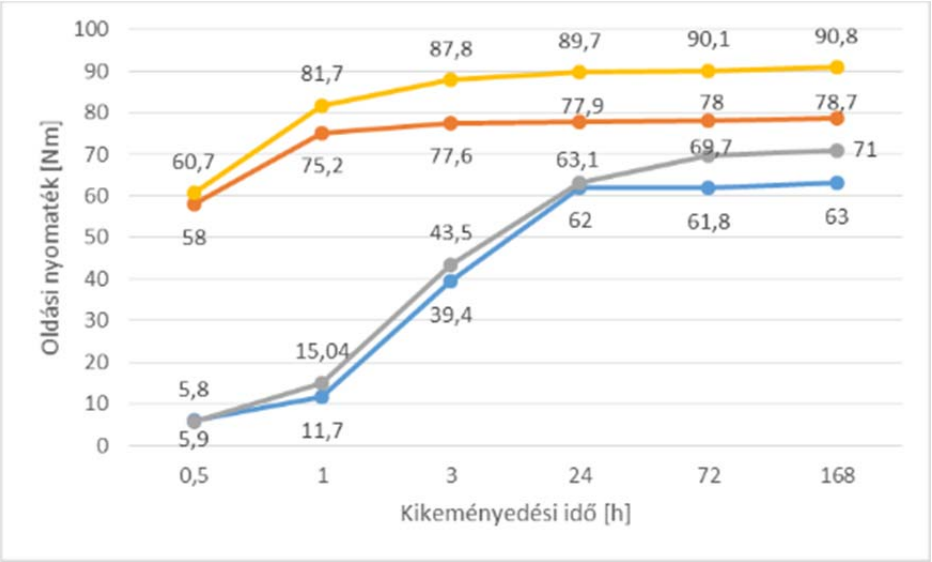
kok értéke is. Ez azzal magyarázható, hogy a nagyobb menetméret esetén nagyobb a menetek felülete, így a menetrögzítő is nagyobb felületen kapcsolódik, tehát erősebb kötés alakítható ki.

A kísérletek során azt tapasztaltuk, hogy a kötés oldása után a csavarok és az anyák jelentősen felmelegedtek. Ez azzal magyarázható, hogy a kohéziós és adhéziós kötésekben tárolt energia bomlás után hőenergiává alakul. Oldás után a menetek közül a menetrögzítő nagyobb darabokban volt leválasztható a felületről. A kötés bontása után megállapítható volt, hogy az adhéziós vagy a kohéziós kötés volt a gyengébb. Ha az adhézió volt a gyengébb, akkor a menet felületén kevés menetrögzítő maradt, és nagyobb darabokban maradt a kikeményedett menetrögzítő. Ha a kohézió volt a gyengébb, akkor mind az anya mind a csavar menetárkaiban megtalálható volt a menetrögzítő.

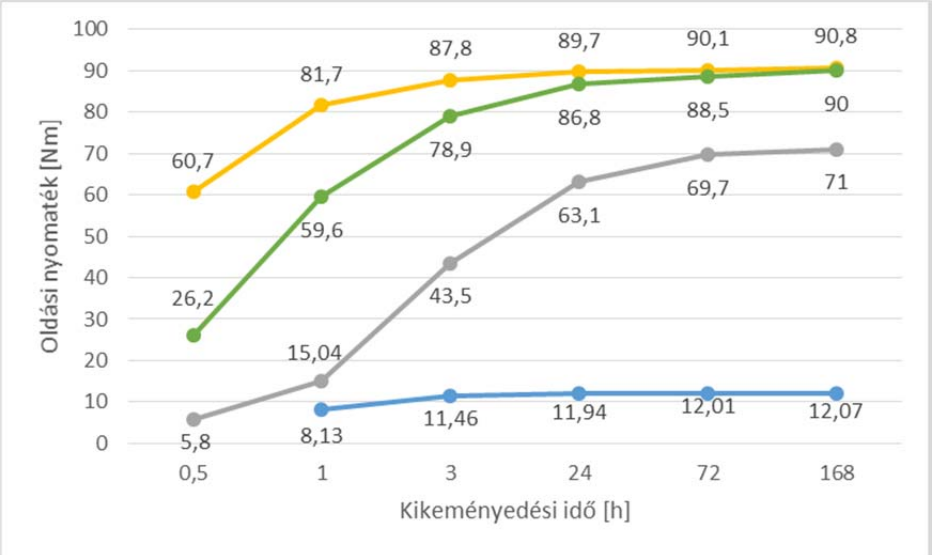
## 4. Következtetések

A kísérleti eredmények értékelése során megállapíthat volt, hogy az oldáshoz szükséges nyomaték a kikeményedési idő növelésével logaritmikus jelleg szerint növekszik. A logaritmikus jellegű közelítés megfelelőségét a korrelációs indexek magas értékei igazolják, az esetek többségében az illeszkedés szorossága 0,9 fölött volt.

A Loctite 2700-as menetrögzítővel nem értük el a termék adatlapjában megadott értékeket, de így is megfelelőnek tekinthetők a kísérleti eredmények. A Loctite 2400-as típusú menetrügzítővel végzett kísérletek már nem voltak ennyire eredményesek. A két menetrögzítő összehasonlításából egyértelműen kiderült, hogy a Loctite 2700-as menetrögzítővel érhető el nagyobb kötésszilárdság, hiszen míg a Loctite 2400-as közepes szilárdságú addig a Loctite 2700-as nagy szilárdságú menetrögzítő.




**1. ábra.** *A Loctite 2700 és az AJett 126 összehasonlítása M16-os csavarméreten (narancssárga: AJett 126 tisztított csavarokon, piros: AJett 126 kezeletlen csavarokon, szürke: Loctite 2700 tisztított csavarokon, kék: Loctite 2700 kezeletlen csavarokon)*




**2. ábra.** *Az oldási nyomaték értékei különböző menetméretnél tisztított csavarokon (narancssárga: AJett 126, M16, zöld: Loctite 2700 M20, szürke: Loctite 2700 M16, kék: Loctite 2700 M10)*

Bebizonyosodott, hogy a menetméret növelésével nő az oldáshoz szükséges nyomaték is. Ennek az az oka, hogy nagyobb menetméret esetén nagyobb a menetek felülete, így a menetrögzítő is nagyobb felületen kapcsolódik, ezáltal nagyobb a kötés szilárdsága. Ezt a megállapítást a Loctite 2700-as menetrögzítő eredményei szemléltetik jól, hiszen ezzel a menetrögzítővel három menetméreten is volt mérhető eredmény.

M16-os méreten vizsgáltam az AJett 126-os menetrögzítőt is. Mivel ez is nagy szilárdságú menetrögzítő, így a Loctite 2700-assal összehasonlítóak az eredmények. A két nagy szilárdságú menetrögzítő közül az AJett menetrögzítővel biztosított csavarokon volt mérhető nagyobb oldási nyomaték.

Az AJett menetrögzítő rövid kikeményedési ideje előnyösebb, hiszen így a szerelés befejezéséig annyira kikeményedik a menetrögzítő, hogy a tárolás és szállítás során nem gyengül a kötés. A Loctite 2700 előnye, hogy környezetbarát, ezáltal a környezetre és a dolgozóra sem jelent veszélyt. Ennek az az ára, hogy inaktív felületeken kevésbé gyors a kikeményedés valamint az enyhén szennyezett felületeken ez a menetrögzítő kevésbé hatékony.

## 5. Szakirodalmi hivatkozások

[1] JANIK J.: *Menet és csavartáblázatok*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1974
[2] HENKEL: *Csavarrögzítés Felhasználási útmutató*, Loctite, Budapest, 2008
[3] HENKEL: *Worldwide design handbook*, Loctite, München, 1998
[4] Loctite 2400 Data Sheet: http://tds.loctite.com/tds5/docs/2400-EN.PDF
[5] Loctite 2700 Data Sheet: http://tds.loctite.com/tds5/docs/2700-EN.PDF
[6] AJett 126 Data Sheet: http://www.ajett.com/AJett-126-TDS.pdf

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 385–388.
http://hdl.handle.net/10598/29113
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.87

# GYÁRTÓRENDSZEREK IRÁNYÍTÁSA ÉS FELÜGYELETE AZ „INDUSTRY 4.0" LEHETŐSÉGEINEK TÜKRÉBEN

# MANUFACTURING SYSTEM CONTROL IN „INDUSTRY 4.0"

Szögi Gábor[1], Galambos Péter[2]

*Óbudai Egyetem Bejczy Antal iRobottechnikai Központ, H-1034, Magyarország, Budapest, Bécsi út 96/B; Telefon/Fax: +36-1-6665700,*

[1]*gabor.szogi@irob.uni-obuda.hu*

[2]*peter.galambos@irob.uni-obuda.hu*

## Abstract

Computers, machine tools, robots, PLCs and conveyors in an Industry 4.0 factory are connected to a network and are able to form a cooperative group nowadays. By gathering information during this phase it is possible to create forecast and make data-based decision upon the operational and maintenance procedures of the manufacturing system. There are two main trends visible in relation to the manufacturing systems, one of them being Cyber-Physical System based manufacturing technology, the other one being service innovation. Considering both aspects new business models, working procedures and innovation methods emerge. In this study Industry 4.0, examination of IT concerns and feasibility study of a system integration will be introduced, in which industrial control systems are implemented into a high-level ERP environment.

***Keywords**: manufacturing systems, control, surveillance, industry 4.0*

## Összefoglalás

Manapság egy Industry 4.0 gyárban a számítógépek, munkagépek, robotok, PLC-k és szállítóberendezések egy hálózatba kötve képesek együttműködő közösséget alkotni. Az így keletkezett és összegyűjtött információk alapján előzetes becsléseket lehet megfogalmazni és azok alapján megalapozott döntéseket lehet hozni. egy gyártórendszer működtetésében és karbantartási folyamatában. Két fontos trend figyelhető meg a gyártórendszerek tekintetében, amely közül az egyik a cyber-fizikai rendszer alapú gyártástechnológia (CPS) és a szolgáltatás innováció. Ezek figyelembevételével új üzleti modellek, munkafolyamatok és fejlesztési módszerek merülnek fel. Ebben a tanulmányban bemutatásra kerül az Insdustry 4.0, az informatikai vonatkozások és egy rendszerintegráció megvalósíthatóságának vizsgálata, ahol az ipari vezérlőket implementálhatjuk egy magasabb szintű környezetbe.

***Kulcsszavak:** gyártórendszerek, irányítástechnika, felügyelet, industry 4.0*

## 1. Bevezető

A 4. ipari forradalmat megelőzően mindvégig technikai újítások álltak az innováció mögött. A 18. században a víz –és gőzhajtás került bevezetésbe az iparban, azt követően a 20. század elején Henry Ford forradalmasította a tömeggyártást a munkamegosztás és a futószalagos gyártósor bevezetésével. Az 1970-es években bevezetésre kerültek a programozható logikai vezérlők, azaz a PLC-k, így megvalósulhatott

az automatizált gyártás. [1] A negyedik ipari forradalom egy gyűjtőfogalom, amely számos technológiát foglal magában, mint például a cyber-fizikai rendszerek (CPS) a dolgok internete (IoT) és a szolgáltatások internete (IoS). Ezek a rendszerek és szolgáltatások számos innovatív funkciót tesznek lehetővé.

Az Industry 4.0 esetében 6 különböző tervezési alapelvet határozhatunk meg. Az első alapelv az együttműködési képesség, ahol a cyber-fizikai rendszerek - (mint például szállítószalagok, összeszerelő állomások) - és az emberek képesek egymással kommunikálni az IoT és IoS szolgáltatások felhasználásával. A második alapelv a virtualizáció, ahol egy virtuális másolata készül el az „Okos" gyárnak a beérkező szenzor adatokból, amely a fizikai folyamatok monitorozása közben keletkeznek. A harmadik alapelv a decentralizáció, amely egy olyan képessége a cyber-fizikai rendszereknek, hogy képesek saját döntéseket hozni. A negyedik alapelv a valós idejű képesség, ahol valós időben gyűjtjük az adatokat, majd ezeket az adatokat valós időben tudjuk elemezni. Az ötödik alapelv a szolgáltatás orientáció megvalósítása, ahol a szolgáltatások internete (IoS) felhasználásával különböző szolgáltatások nyújthatóak az embereknek és cyber-fizikai rendszereknek. A hatodik alapelv a modularitás, ahol az „okos" gyáraknak lehetőségük van rugalmasan alkalmazkodni a változó körülményekhez egy-egy modul kicserélésével, vagy kiterjesztésével. [2]

## 2. Trendek, lehetőségek

Manapság az „okos" gyárak leginkább az intelligens és ellenőrzés centrikus optimalizálásra fektetik a hangsúlyt. Magasabb intelligencia érhető el, ha különböző rendszerek kerülnek interakcióba, amelyek közvetlen hatással vannak a gépek teljesítményére. Ahhoz, hogy elérhetővé váljon a problémamentes interakció a különböző rendszerek között, ahhoz öntanuló gépek szükségesek, amelyek következtében növelhető az összteljesítmény. Az autonóm számítási metodika sikeresen implementálva lett a számítástechnikába, addig az öntanuló gépek még messze vannak a jelenlegi ipartól. A jelenlegi állapot átalakításához több intelligens gépre lenne szükség és további tudományos problémákra kell megoldást találni. Ezeket a problémákat öt különböző kategóriába lehet sorolni. [3]

Az automatizálás egyre kisebb szériákban válik lehetségessé - az emberi munka ennek ellenére a gyártási folyamat fontos része marad, továbbá a termelési flexibilitás (rugalmasság) továbbra is kulcstényező - arra kell felkészülni, hogy a jövőben még rövidebb időtávon belül kell tudni rugalmasan reagálni és a rugalmasság célirányosabbnak kell lennie.[8]

### 2.1. Manager és operátor interakció

Jelenleg az operátorok és gépek a managerek és logisztikai ütemezés tekintetében a gépek csak az előre kijelölt feladatok elvégzésre alkalmasak. Ezek a feladatok általában egy hozzáértő operátor és manager által optimalizáltak. Fontos részlet, hogy hiányoznak a döntéshez szükséges tényezők, mint például a gépek komponenseinek állapota.

### 2.2 Gépi flották

Gyakran előfordul, hogy nagyon hasonló, vagy azonos gépek teljesen más munkakörülmények között működnek különböző feladatokat ellátva. A legtöbb prognosztikai módszer célja, hogy támogassa az egyéni, vagy korlátozott számú gépeket és munkakörülményeiket. A jelenleg rendelkezésre álló prognosztikai módszerek nem használják ki teljes mértékben a rendelkezésre álló adatok gyűjtésével keletkező értékes tudást.

### 2.3 Termék –és folyamat minőség

Mint a gyártási folyamat végső kimenetele, a termék minősége betekintést adhat a

gyártósor állapota felől. A termék minősége továbbá visszajelzést adhat a menedzsment részére, hogyan lehetne tovább fejleszteni a termelést. Jelenleg az efféle visszacsatolás nem létezik, amelyek további kutatásokat igényelnek.

### 2.4 Big Data és felhő

Az adatok kezelése és elosztása a big data környezetben egy kritikus pont az öntanuló gépek esetében. Az összegyűjtött adatokat adatbázisba kell gyűjteni, amelyet minden eszköz és ember számára elérhető felhőben célszerű tárolni az egyszerűbb elérhetőség miatt. A jelenlegi adatkezelési technológia további kutatásokat és fejlesztéseket követel.

### 2.5 Érzékelők és vezérlő hálózat

Az érzékelők a gépi átjárókban érzékelik a környező fizikai környezetet. Érzékelő hiba esetén rossz, vagy pontatlan döntéshozatali algoritmus indulhat el, aminek következtében hibás lehet az eredmény.

Ezeket a kérdéseket és problémákat szem előtt tartva érdemes felülvizsgálni, hogyan érdemes a jelenlegi ipari környezetet tovább fejleszteni.

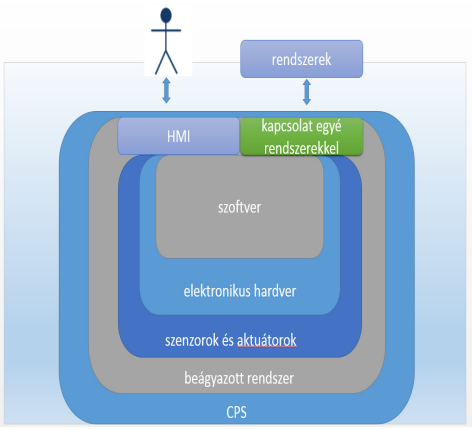
## 3. Teória

Az Industry 4.0 az intelligens termékekre és a termelési folyamatokra koncentrál. A jövő gyárának meg kell birkóznia a gyors termékfejlesztéssel és a rugalmas termeléssel egy komplex környezetben. [4] A jövendőbeli gyárak „okos” gyárnak tekinthetőek, ahol a CPS lehetővé teszi a kommunikációt az emberek és a gépek között egyaránt. [5,6]

Az Industry 4.0 új követelményeket támaszt a vállalatirányítással, ezáltal a termelési controllinggal és a termelésirányítással szemben.[7]

## 4. Következtetések

Az Industry 4.0 esetében a jövő iparában a prediktív gyártástechnológia kerül előtérbe. A gyártóberendezések és emberek összekapcsolódnak egy kollaborációs közösségbe. Ez az evolúció megköveteli a fejlett előrejelző eszközöket annak érdekében, hogy a folyamatosan feldolgozott információkból megalapozott döntéseket lehessen hozni. Összefoglalva a prognosztikai monitorozó rendszer egyfajta trend az „okos” gyárak és ipari big data környezetben. Számos olyan terület létezik, amely előreláthatólag alkalmas arra, hogy hatással legyen a negyedik ipari forradalomra. Ezek közül az egyik a mechanikai „egészség”, ahol a folyamatos monitorozás eredményeképpen csökkenthetőek a gépek leállási ideje az ütemezett karbantartásokkal. A másik terület a gyártósorról az üzleti managment részére a folyamatos információáramlás, amely átláthatóvá és szervezettebbé teszi a termelést. Ennek következtében csökkenthetőek a munkaerő költségek és jobb munkakörülmények biztosíthatóak a munkavállalók számára.




**1. ábra.** *Ember-gép interakció CPS-en keresztül*

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani az Óbudai Egyetem Robottechnikai Szakkollégium részére, amelynek tagjaként számos szakmai és anyagi támogatást kaptam jelen szakmai tudományos publikációm elvégzéséhez. A szakkollégium kiemelt segítséget

nyújt az Óbudai Egyetem tehetséges hallgatóinak és doktoranduszainak.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Malte, B; Niklas, F: Michael, K: *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective*, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:8, No:1, 2014, 38.

[2] Hermann, M.; Pentek, T; Otto, B: *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*, Technische Universität Dortmund, Dortmund, 2015, 11–13.

[3] Jay, L.; Hung-An, K; Shanhu, Y: *Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment,*. Procedia CIRP 16, ScinceDirect, 2014, 3–8.

[4] Vyatkin, V.; Salcic,, Z; Roop, P,S: *Now That's Smart,* Industrial Electronics Magazine, IEEE, 2007, vol. 1, no. 4. pp. 17–29.

[5] Einsiedler, I.: *Embedded Systeme für Industrie 4.0*, Product. Manag, 2013, 26–28.

[6] Pausits, P.; Szögi, G; Födi, G: *Safety considerations for robots functioning in divided workspace,*. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, ScinceDirect, 2015, 83–86.

[7] Horváth-Michel, I.: *Controller Agenda 2017*, Trend und Best Practices, 2014 Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart.

[8] Horváth, IFUA: *Industry 4.0 - Kihívások a termelésirányításban és a termelési controllingban,* 2014. http://doc.controllingportal.hu/pdf.php?s=tema&t=51141253be65b5934a71b0350cac1199

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 389–392.
http://hdl.handle.net/10598/29114
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.88

# A VIDÉKI TECHNIKATÖRTÉNETI VONZERŐK HASZNOSÍTÁSA A TERÜLETFEJLESZTÉSBEN

# THE UTILISATION OF THE LOCALTECHNICAL HISTORICAL ATTRACTIONS IN THE REGIONAL DEVELOPMENT

Talpas János

*Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, Magyar Földrajzi Intézet; 400006 Kolozsvár / Cluj-Napoca, str.Clinicilor nr. 5-7.Tel.: +40-745-656023; email: talpasjanos@gmail.com*

## Abstract

The local technical historical attraction is a part of the regional development. The goal of the present paper consists in presenting the possible ways to integrate the local technical historical attraction to be a constituent of the touristic attraction. One of the possible ways to achieve this lies in the integration of technical historical attractions into the touristic itineraries, determining for this the palaces of the pictograms or symbols. To achieve practical application a case study was performed in Rimetea (Toróckó) town. Here were analyzed the expedience of different pictograms and symbols regarding their possible positioning.

***Keywords**: regional development, technical history, touristic symbols, pictograms, Torockó.*

## Összefoglalás

A vidéki technikatörténeti vonzóerő része a turisztikai területfejlesztésnek. A dolgozat célja megvizsgálni, hogyan lehetséges a technikatörténeti vonzóerőt integrálni a turisztikai vonzóerőbe. Ennek egyik módozata, mellyel a tanulmány foglalkozik, a technikatörténeti vonzóerők beillesztése a turisztikai útvonalakba, meghatározva a jelek/piktogramok helyszíneit. A gyakorlati hasznosítás végett egy esettanulmányt is végeztünk Toróckó településen. Elemeztük a különböző jelek és piktogramok hasznosíthatóságát, s ezek lehetséges elhelyezési helyszíneit.

***Kulcsszavak:** területfejlesztés, turisztikai jelek, turisztikai piktogramok, technikatörténet, Torockó.*

## 1. Bevezetés

A technikatörténeti vonzerő meghosszabbítja a turisták látogatási idejét, így lehetőség adódik a vendégéjszakák meghosszabbítására is. Ezek a vonzerők a vidéki turizmus esetében ritkán számítanak a települések turisztikai márkájának. A dolgozat elemzi a vonzerők beillesztésének lehetőségeit a helyi turizmusban és meghatározza az ehhez szükséges jelek, illetve piktogramok elhelyezési helyszíneit.

Torockó turisztikai forgalma és a technikatörténeti vonzóerő léte határozta meg, hogy ezen a vidéken készítsünk egy esettanulmányt.

## 2. A turisztikai jelek és piktogramok

A turizmusban hasznos lehet, ha jelöljük a közlekedéssel kapcsolatos pontokat, att-

rakciókat, illetve megközelítési irányokat, kiegészítő szolgáltatásokat és kapcsolódási irányokat [1].

Egy adott településre látogató turista fő tájékozódási pontjai általában a következők [2]:

- utak;
- határvonalak;
- körzetek;
- közlekedési csomópontok;
- könnyen észrevehető tárgyak.

A technikatörténeti vonzóerők jelölése országos szinten még nincs kidolgozva. A romániai közlekedési kódex 12 turisztikai jelzőtáblát különböztet meg, ezek többnyire helymeghatározók [3] (**1. ábra**).

**1. ábra** *Turisztikai jelzőtábla*

Magyarországon az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság végzett egy tanulmányt (OMFB 1992/93), amelyben a piktogramok általános funkcióit, jellemzőit és típusait elemzi. Az eredmény turisztikai vonásait Puckó László és Rátz Tamara dolgozta fel [1]. Ezek a következők:

- Információhordozók;
- Ergonómiát kielégítők;
- Megfelelnek a kor szellemének;
- Esztétikai élményt nyújtanak;
- Szociológiai aspektust hordoznak;
- Segítik a forgalmazást;
- Nyelvi korlátokat bontanak le.

A piktogramok felismerhetők, jól olvashatók, észlelhetők, könnyen megkülönböztethetők és könnyen memorizálhatók kell legyenek.

## 3. Torockó – esettanulmány

Torockó faluturizmusának vonzerői között szerepel a település központjában elhelyezett unitárius templom, az építészeti táj (lakóházak), irodalmi örökség, népviselet, festett bútorok, és nem utolsósorban a kirándulási lehetőségek a Székelykőre [4]. A fehér megyei bemutató szerint a turisztikai vonzóerő-felsorolás a következő: XVIII. századi unitárius templom, jellegzetes házak és népviselet, népi iparművészeti múzeum és Székelykő [5]. A terepet végigjárva, találkozunk útmutató turisztikai jelzésekkel és piktogramokkal. A turisztikai jelzések három útvonalat tüntetnek fel: a Székelykőre, az Ordaskőre, valamint a vasércbányákhoz vezető utat [6].

A vasércbányákhoz vezető túraútvonal felújításra szorul. A település központi terén találunk útmutató táblákat, egyes vonzóerők esetében leírásos piktogramot is (**2. ábra**).

A központban elhelyezett táblán olvasható egy általános természeti-környezeti ismertető. A piktogramok és a jelzőtáblák a helyi elképzelések szerint készültek és méretben, szerkesztésben, tematika szerint azonosak. A település bejáratainál viszont hiányoznak a turisztikai piktogramok. Helyenként technikatörténeti jelzések és táblák is fellelhetők (például vízimalom).

Torockó a középkorban jelentős vasalapanyagok (vascipó) és kovácsoltvas tárgyak termelési központja volt. Ennek köszönhetően ma a település bővelkedik technikatörténeti vonzerőkben. A vascipót a település határában kitermelt vasércből állították elő. A vasércbányákhoz jelzés vezet. Az útvonal nincs igazán turisztikailag kidolgozva, hiányoznak a kilátópontok és egyéb turisztikai attrakciókkal kapcsolatos jelzések. Sok esetben a túraútvonal jelzése is hiányos.

**2. ábra** *Vonzóerőt jelölő tábla*

A vasércolvasztás egyszerű módon történt, ennek emlékeit nem sikerült feltárni, pontosan meghatározni. A feltételezett vasércolvasztási technológiát meg lehet tekinteni a település múzeumában (rajz, makett).

A kovácsolási technológiák megmaradt részei a kalapácsokat meghajtó vízkerék-szerkezet és vízvezető árok. Időközben ezek át lettek alakítva vízi malmokká. Napjainkban – a központhoz közel – egy ilyen típusú, látogatható szerkezetet találhatunk (**3. ábra**).

A kovácsolás tárgyi értékei – zsaluk, kilincsek, szerszámok, rácsok– megtekinthetők a múzeumban, illetve a település különböző pontjain. A kovácsolt értékek látogatási útvonala nincs kialakítva.

Az unitáriustemplom vezető helyen szerepel a turisztikai vonzerők között, azonban a templom technikatörténeti vonzóerői (toronyóra, harangok, kelyhek) nem tekinthetők meg, nem látogathatók a belső közlekedési nehézségek miatt (**4. ábra**). Ugyanakkor ezekről piktogramok sincsenek kihelyezve.

**3. ábra** *Vízikerék hajtómű*

**4. ábra** *Feljárat a toronyba*

A festett bútorok a múzeumban és házaknál láthatók. A házak esetében nincs megszervezve és kijelölve a bútorok megtekintése (**5. ábra**). Nincs lehetőség a szakmába való betekintésre.

**5. ábra** *Festett bútor a Panoráma panzióban*

## 4. Következtetések

Torockó területén az utak és a közlekedési csomópontok nincsenek kellőképpen ellátva jelzőtáblákkal. Nem sikerült létrehozni egy rendezett parkolót, vagy akár kijelölni egy turisztikai érkező pontot, mely ne zavarja a látogató turistákat vagy a rendezvényeket. Ezt a helyszínt megfelelő piktogrammal szükséges jelölni. Ezeket a piktogramokat egyeztetni szükséges az országos közlekedési szervekkel. Az érkezési pont lehetne a turisztikai túraútvonalak kiinduló pontja. Itt láthatóvá tehetnénk a tejes túraútvonalat, melyben helyet kaphatna technikatörténeti vonzerő is, így lehetőség nyílik ezek megismerésére. A templomban létező technikatörténeti vonzerők megtekintése érdekében javasolt egy látogatási program összeállítása. A kovácsolással kapcsolatos helyszínek megtekintése érdekében szükséges egy külön útvonal kialakítása,vagy összekapcsolása egy kulturális látogatási útvonallal. Minden esetben szükséges piktogrammal jelölni a helyszíneket. A festett bútorok esetében ugyanazok az intézkedések szükségesek, mint a kovácsolt tárgyak esetében. A piktogramok legyenek érthetők, esztétikusak, jól felismerhetők és ne tartalmazzanak szövegeket, így elkerülhetővé válnak a fordításokból származó félreértések.

## Szakirodalmi hivatkozás

[1] Puczkó László, Rátz Tamara: *Az attrakciótól az élményig*, Budapest, 2011.p.180, 182.
[2] Goodey: *Perception of the Enviromment*, Birminghan, 1973, p.24.
[3] Noulcodrutier 2014 O.U.G. al Guvernului nr.195/2002.
[4] http:// wwwtorocko.eu, 2016. február 15.
[5] http.// www. székelyfoldiinfo.ro, 2016. február 15.
[6] Hantz-Lám Irén: *Torockó Torockószentgyörgy*, Studium kiadó, Kolozsvár, 2009, p. 193.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 393–396. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.89
http://hdl.handle.net/10598/29125

# FÉNYERŐSSÉG STABILIZÁLÁSA AZ iROOM LABORATÓRIUMBAN

# LUMINOUS INTENSITY STABILIZATION IN THE iROOM LABORATORY

Vanessa Tinami Tamashiro[1], Gabriel Galperin[2], Marcus Vinicius Silva De Sant'Ana[3], Nagy István

[1] *Universidade Federal do ABC, UFABC, Adresse: 09210-180, Brazil, Santo André, Rua Abolição, s/n; Telephone: +55 (11) 4996-0000, email address: tamashiro.vanessa@outlook.com*

[2] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, DAELT, Adress: 80.230-901, Brazil,Curitiba, Av. Sete de Setembro, 3165; Telephone: +55(041)3310-4626, email adress, gabrielgalperin@gmail.com*

[3] *Universidade Federal de Pernambuco, DEMEC, Adresse: 50670-901, Brazil, Recife, Av. Prof. Moraes Rego, 1235; marcus_vsst@hotmail.com*

[4] *Óbudai Egyetem, BGK-MEI, 1081 Budapest, Népszínház u.8, +36 1 6665366, nagy.istvan@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

In this paper a part of a bigger project will be introduced. The task is the luminosity stabilization and regulation of an intelligent laboratory (iRoom). Considering the other intelligent devices, acting in the intelligent laboratory (mobile robot equipped with a camera), to the proper operation we need correct luminosity. To reach this task, firstly we have to define the "darkest" point of the iRoom, locate here a photometer with special calibration for color correction factor, then establish the locations of the lights, design the regulation process for the luminosity stabilization. The first (natural) light-source is the window, where the light intensity (during the daylight) will be regulated by the curtain moving, and the others are the LED light stripes, located on the ceiling of the iRoom, which light intensity will be regulated by a special amplifier, developed by us. The final task is harmonizing the regulations in such a way, that the luminosity in the laboratory, in spite of outer light disturbances, has to remain stable.

***Keywords**: curtain moving automation, light sensing, camera calibration.*

## Összefoglalás

Ebben a cikkben egy nagyobb projekt részfeladatának bemutatására kerül sor. A cél egy intelligens szoba (iRoom) megvilágításának, fényerejének stabilizálása, és automatikus beállításának megtervezése. A fényerő stabilitása fontos a többi, projektben szereplő berendezés (kamerával ellátott mobilrobot) helyes működéséhez. A cél elérésének érdekében először meghatározzuk az intelligens laboratórium „legsötétebb" pontját, itt elhelyezünk egy speciális érzékenységű fénymérőt, megállapítjuk a fényforrások helyzetét, majd megtervezzük a fényerősség szabályzását. Az egyik (természetes) fényforrás az ablak, aminek fényáteresztő képességét egy függönnyel szabályozzuk, a többi fényforrás pedig a laboratórium plafonján elhelyezett LED fénycsíkok, melyeknek fényerejét egy erősítő segítségével szabályozzuk. A feladat a függöny és a fényforrás szabályozása oly módon, hogy a teremben a fényerő állandó maradjon a külső zavaró tényező hatásának ellenére.

***Kulcsszavak:** függöny mozgatás automatizálása, fényérzékelés, kamerakalibrálás.*

## 1. Introduction, System Description

By the displacing of the proper amount of adequate sensors in the space, any well-defined (outdoor/indoor) environment can be extended to an Intelligent Space or Intelligent Room (iRoom) [1], [2]. The displaced sensors: cameras, thermometers, photometers, action detectors, etc., collecting the information about the space and sending them to the Central Computer Unit (CCU) for processing. As the result of processing the different actuators, e.g. mobile-robot, curtain moving mechanism, LED-stripes' control unit, etc., receiving the tasks to be executed. The functional architecture of the system can be seen on **Fig. 1**.

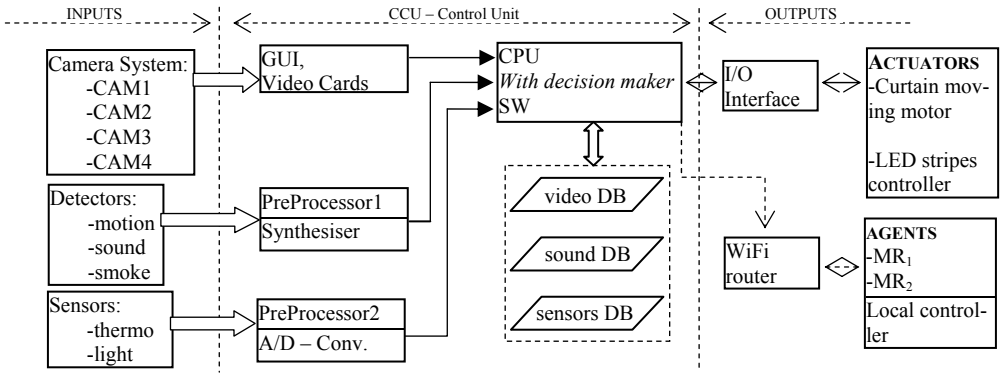



**Fig. 1**. *The Functional Architecture of the System*

The camera system consists of 4 cameras located at the four corners on the ceiling. The location of the cameras, and the distances between them have to be well known, because these dates are serving as base for the position calculation of the objects (e.g.: $MR_1$, $MR_2$) situated on the floor of iRoom. The "*Robotino®*" mobile robots ($MR_1$, $MR_2$) have their own local control units where the path planning algorithms are preprogrammed, but the tasks and coordinates (*starting* and *goal*) have been received from CCU. A typical task for MRs can be: *find the red colored object (with the given shape and contours) in the space and take to the predetermined position in the space.* In this case, the orally given command is preprocessed by *PreProcessor1*, then from *DB*s is selected the task assigned to this command (to be executed), and together with the actual position of the MR is sent to the MR for executing. The selected MR, equipped by camera, firstly looks for a selected object and if the robot finds it, then the object's position will be marked as goal position, if the mobile-robot doesn't find the object, the MR will change the position and the procedure will be repeated from the '*search for object'* sub-task. Here is that point where the stabile light intensity of the iRoom is important, because MRs' cameras can distinguish the colors just in given, well defined color and light range.

## 2. Project Description

The given task consists on ensuring the stability of luminosity in an optimal way. This process, as described above, is responsible for controlling the light intensity of the room, and provides optimal condition of operation for the four cameras located in the room, and the camera used by

the MR in order to find objects of different colors and shades.

In order to accomplish this stability, it is used two different light sources. The first one is the filtered natural sunlight, provided through a window. Luminosity of this source is regulated using the movement of curtain, allowing the passage of the light according to the light intensity supplied by daylight.

The second light source is provided by three LED stripes located in the central part of the ceiling, and in order to avoid energy waste, will just be activated when the optimal value cannot be reached just by the first light source. This control will be realized using an encoder connected to the curtain motor.

However, for the work of this control system and the cameras, a minimal amount of light might be available in every point of the room. Considering that the light source are incapable of distribute a homogeneous light intensity, and an object can be located in a point with less luminosity, the light sensor must be located in the darkest point of the room, ensuring that itself, and by consequence, all others have at least the minimal light intensity to work properly.

### 2.1. Finding the Darkest Point

The darkest point, as presented previously, is where the light sensor will be located. In order to locate this position, it is necessary to assume full luminosity exposure. For that, it is necessary to work with both light sources, the totally open window; and LED stripes feed with nominal power.

Using the *Heavy Duty Light Meter* with PC Interface of *Extech Instruments*, is possible to find the darkest point of the room, and after that, it can be also used as light sensor, once it has PC connection.

### 2.2. LED-stripes Description

The three LED strips are ColorBright™ Natural White LED stripe light and have the following specifications, see **Table 1**.

**Table 1.** *Specifications of the LED-stripes*

| | |
|---|---|
| Color Temperature | 4000 – 4500K |
| Brightness (Lumen) | 280/foot |
| Working Voltage | 12 VDC |
| Bean Angle | 120 Degrees |
| Power Consumption | 2.9 Watt/foot |
| Color Rendering Index (CRI) | 80+ |

According to these specifications there is a good rate of brightness produced by Watt, and the angle of 120 degrees makes a good distribution inside the room, avoiding extremely dark points. Another important feature is the high CRI that makes the colors look as lightened by natural light, avoiding problems with color recognition if compared to the daylight.

### 2.3. Light Sensor Description and Calibration

As said previously, the same light meter used to identify the darkest point, can also be used as a sensor, once it can be connected directly to a computer by a RS-232 serial port.

It also has a 3 ½ LCD display, and a selection of four different light sources in order to gain better accuracy of the measured luminosity.

However, once this project uses a daylight source, and LED stripes, just one of the possible modes will be used.

### 2.4. Robotino's Camera Description

The *Robotino's* camera parameters can be found in *Robtino's User Manual* from which the most important dates are the color depth, and resolution.

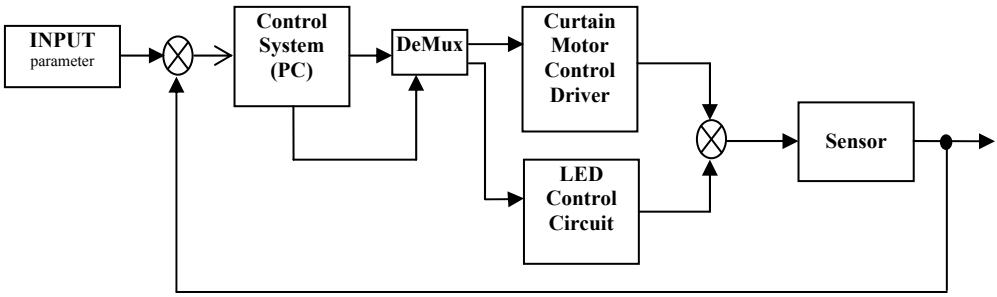



**Fig. 2.** *The Block Diagram of the Light intensity Stabilization*

These dates inform us, that camera has a 24 bits color depth, which means it can distinguish 16 777 215 different colors with a maximal resolution of 640 x 480 pixels and 15 frames per second. This frequency of image acquire is not elevated, but enough for the image recognition process.

According to the manual, the process of color recognition is made using a cylindrical coordinates and the colors are inside the visible light spectrum, from 400 [nm] until 700 [nm].

## 3. Regulation Design

The Control diagram of the regulation can be seen on **Fig. 2.** It is clearly visible, that whole control process is arranged on PC, from where the curtain moving motor and LED control circuit is directed, through the ½ De-Multiplexer.

## 4. Conclusion

In this paper a possible concept for the brightness stabilization in the iRoom, laboratory has been introduced. The whole control program is located on PC, what is communicating by the peripheries through Wi-Fi or Bluetooth.

## Acknowledgements

This paper was developed during the exchange program *Science without Borders*, supported by the Brazilian government.

This work was also sponsored by the Hungarian National Scientific Fund (OTKA 105846)

## References

[1] A.R.Várkonyi-Kóczy, I. Nagy, I. Langer, E. Tóth-Laufer: *Intelligent Space: New Challenges in Research and Education*, in Proc. of INES2013, 17th International Conference on Intelligent Engineering Systems, Costa Rica, PP.: 357-364, 2013

[2] A.R.Várkonyi-Kóczy, I. Nagy, I. Langer, E. Tóth-Laufer: *Research Activities int he Intelligent Space Laboratory of the Óbuda University*, in Proc. of 1st Regional Conference, Mechatronics in Practice and Education, MECH-CONF2011, ISBN 978-86-85409-67-7, Serbia, Subotica, PP.. 411-422, 2011.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 397–400.
http://hdl.handle.net/10598/29115
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.90

# A KÁVÉTERMESZTÉS GÉPESÍTÉSÉNEK ADAPTÁCIÓJA ANGOLÁBAN

# THE ADAPTATION OF MECHANIZATION FOR COFFEE PRODUCTION IN ANGOLA

Manuel Tiago

*Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola, 2100 Magyarország, Gödöllő, Páter Károly u. 1. Telefon +36-28- 522000 / Fax: +36-28-410804, manuelt.sziegszdi@gmail.com*

## Abstract

Twelve years after the end of civil war, the national income of Angola depends mostly on oil production. But as the fourth largest producer of coffee in the late 1960's and early 1970's, its goal is to expand the economy towards traditional products of agriculture, like coffee, in a modern way.

The objective of my essay is to study the possibility of re-establishing and restarting plantation and processing of coffee in my country, using advanced technologies with the aim to regain its former position in the world market. The paper shows recent achievements of mechanisation in the sector, considering sustainability. Also mentions the role of cooperation between organisations and other contributors to work out especial projects for Angola, in order to promote the economic development of Africa's sub-Saharan region.

***Keywords**: Africa, investment, mechanization, coffee production, Angola.*

## Összefoglalás

Tizenkét évvel a polgárháború befejezése után Angola nemzeti jövedelme túlnyomórészt olajkitermelésének függvénye. Az 1960-as évek végének, 1970-es évek első felének világviszonylatban negyedik legjelentősebb kávétermelőjeként azonban célja gazdaságának hagyományos mezőgazdasági termékek, többek között a kávé felé való kiterjesztése, modern megközelítéssel.

Tanulmányom célja a kávételepítés és feldolgozás újraindítási lehetőségeinek vizsgálata korszerű technológia alkalmazásával, Angola korábbi világpiaci pozíciójának visszanyerése céljából. Bemutatásra kerülnek az ágazat gépesítésének újabb vívmányai, figyelembe véve a fenntarthatóság kérdését. Említésre kerül egyes szervezetekkel illetve egyéb közreműködőkkel való együttműködés szerepe Angola számára létrehozandó projektek kidolgozásában, Afrika szub-szaharai régiójának gazdasági fejlesztése érdekében.

***Kulcsszavak:** Afrika, befektetés, gépesítés, kávétermesztés, Angola.*

## 1. Történeti áttekintés, a téma aktualitása

A kávé a kőolaj után a második legjelentősebb kereskedelmi cikk, a víz után a második legkedveltebb ital. Világszerte mintegy 10 millió hektár területen, 15 milliárd cserjéről szüretelik, 25 millió ember megélhetését biztosítva [1].

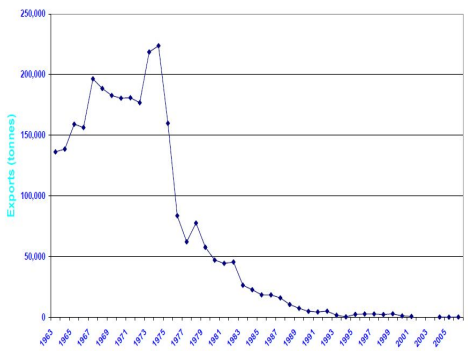
Az éves fogyasztás 6-7%-kal bővül. Tudatos marketingtevékenységgel elősegítve leginkább Kelet-Ázsia (elsősorban Kína),

illetve a kávétermelő országok belső fogyasztása mutat növekedést. A tea és a kávé között folyó konkurenciaharcban a kávéfogyasztás felé tolódik a trend.

Afrika a kávé őshazája, mely később holland telepesek révén terjedt el világszerte. [1].

Angolában az 1920-as évektől jelentek meg azok a nagybirtokok, ahol néhány évtizeden belül sikerült a világkereskedelem élvonalába emelni, majd jóval rövidebb idő alatt szinte lenullázni a termelést (**1. ábra**) [5].

A több évtizedes függetlenségi, majd polgárháború a termelés és kereskedelem erőforrásait nagyrészt megsemmisítette, máig ható súlyos gazdasági következményekkel [6].




**1. ábra.** *Angola kávéexportja 1963-2007 között*

## 2. Anyag és módszer

Jelen közleményem egy többlépcsős empirikus vizsgálat részeként a kávétermesztés rehabilitációjának helyzetét vizsgálja a fellelhető kormányzati források, folyamatban lévő hazai és nemzetközi projektek összegzésével, korszerű mezőgazdasági technológiát alkalmazó kávétermesztő vállalkozások gépesítési tapasztalatainak áttekintésével, feltételezve, hogy a telepítés és feldolgozás részfolyamatainak technológiai fejlesztése kedvező hatással bír a jövedelmezőségi viszonyok alakulására, a befektetési kedvre.

## 3. Eredmények

A kávétermelés gépesítésének kezdetei a 1960-as évekre tehetők. Az 1994 utáni kávéválság tovább gyorsította a mechanizációt, az újabb technológiák a termesztés és feldolgozás szinte minden részfolyamatát érintik.

### 3.1. Gépesítés a kávészektorban

#### *3.1.1. Kávéültetvény telepítése*

Hagyományosan nem monokultúrában termesztett növényről van szó; magas fák árnyékában, egyéb haszonnövényekkel együtt termett, szabálytalan elrendezésben, talaj-előkészítő munkálatok, trágyázás, növényvédelem alkalmazása nélkül. Mára egy kávéültetvény létrehozása jóval összetettebb folyamattá vált. Amennyiben az előzetes agroklimatikus vizsgálatok lehetővé teszik, a talaj kémiai, fizikai és biológiai vizsgálata szükséges, majd a gépesítés lehetőségének felmérése. Fontos szempont a talajkövesség mértéke (legfeljebb 5-15%) [4], továbbá a terület lejtése. Egy 1999-es klasszifikáció szerint kávételepítésre alkalmas területek lehetnek sík (0-3%), enyhén lejtős (3-8%), lejtős (8-20%), erősen lejtős (20-45%), hegyvidéki (45-75%) illetve meredek (75% felett) területek, gépesítés szempontjából az ideális lejtés 3-20% [4]. Ettől eltérő esetben a gépesítés gazdaságossági mutatói változhatnak. Ez az **1. táblázat**ban egy brazil példából is látható, mely a telepítés hektáronkénti becsült költségét összegzi 3,7x0,7 m-es cserjetávolsággal, gépesített, organikus illetve organikus hegyvidéki módszerrel, amerikai dollárban kifejezve, 2009-es adatok alapján [7].

Tőkehiányos, elégtelen infrastruktúrával és szakértelemmel, olcsó emberi erőforrással rendelkező területeken az organikus, nehezen megközelíthető völgyekben, meredek hegyoldalakon a hegyvidéki organikus, közel sík területen, tőkeerővel a gépesített módszer tartható fenn.

**1. táblázat.** *Eltérő adottságú területek kávételepítési költségei gépesítés illetve organikus módszer alkalmazásával*

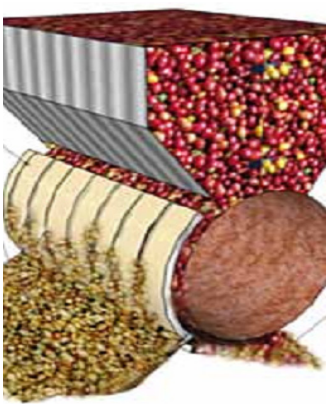
| | **Gépesített rendszer** Minas Gerais | | **Organikus rendszer** São Paulo | | **Organikus hegyvidéki rendszer** Minas Gerais | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **USD** | **TMK %** | **USD** | **TMK %** | **USD** | **TMK %** |
| **Kézi munka** | 345,3 | 21,9 | 461,2 | 32,7 | 450,5 | 33,6 |
| **Gépek működtetése** | 443,9 | 28,1 | 445,3 | 31,6 | 0,02 | 0 |
| **Felhasznált anyagok** | 594,9 | 37,8 | 359,9 | 25,5 | 655,1 | 48,9 |
| **Amortizáció** | 53,3 | 3,4 | 7,5 | 0,5 | 0,04 | 0 |
| **Közreműködők** | - | - | 47,3 | 3,3 | 235,2 | 17,5 |
| **Kötelezettségek** | 138,1 | 8,8 | 87,5 | 6,2 | - | - |
| **Teljes működési költség (TMK)** | **1575,5** | 100 | **1408,7** | 100 | **1340,8** | 100 |

### *3.1.2. Betakarítás, feldolgozás*

Hagyományosan kézzel, kosarakba szüreteltek, melyet a fejükre helyezve szállítottak, döngölt földön, napon szárítottak, kézi hajtású hámozó hengeren választották el a magot a héjtól, majd csomagolták, esetleg helyben pörkölték a szemeket.

Az utóbbi évtizedek legjelentősebb gépészeti fejlesztései a betakarítás és feldolgozás részfolyamatait érintik, újabb munkafázisok mechanizálódtak, így mind a magasabb mennyiségi, mind a minőségi követelményeknek eleget tud tenni a termelő. Habár a cserje ültetését nagyrészt ma is kézzel végzik [3], a sortávolságokat már a szüretelőgép méretei szerint alakítják ki. Uni- vagy bilaterális, rugalmas karokkal felszerelt forgó hengerek söprik a termést a tárolóba. Az előtisztítást követően az előmosás, szárítás légátfúvásos szárítókban a hagyományosnál jóval rövidebb idő alatt zajlik [6].

A magas minőségű ínyenc kávé előállításának kulcsinnovációja a maghéj és gyümölcshús eltávolítása nedves módszer alkalmazásával. Áztatás hatására a héj ozmotikus tulajdonsága miatt a gyümölcs duzzad, a héj felreped. A hántológép így tökéletesebben választja el a magot a gyümölcshústól. Működését a **2. ábra** mutatja be [6].



**2. ábra.** *Hántoló berendezés. Az érett magok átpréselődnek a forgó hengertől magtávolságra lévő lemez magméretű résein. A héj, gyümölcshús és az éretlen szemek a lemez belső oldalán maradnak.*

Bő vizes mosás, mechanikus vagy erjesztéses nyákmentesítés (a megmaradt gyümölcshús teljes eltávolítása) majd újabb gépi szárítás történik, mielőtt a nyers, vagy zöldkávé szállításra kerülhet [6].

### 3.2 Amboim projekt

Az angolai Vállalkozásfejlesztési Intézet (IFE) 2013-ban részletes helyzetjelentést és iránymutatást tett közzé a hazai kávészektor fejlesztésére. Célkitűzéseik a következők:

- Kávétermelés céljára alkalmas földterületek elérhetővé tétele spekuláció-mentes áron minisztériumi szintű ellenőrzéssel;
- Projekttervezés a Nemzeti Kávéintézet kutatási eredményeinek felhasználásával;
- Hazai, és külföldi befektetők megnyerése angolai fejlesztések megvalósítására;
- Alacsony kamatozású, hosszú lejáratú, hozzáférhető hitelkonstrukciók;
- A technikai berendezések importjával kapcsolatos bürokrácia leépítése;
- Agrármérnök képzésre épülő posztgraduális képzés kávétermelési specializációval. A nemzetközi szakértők angolai tartózkodása bürokratikus akadályainak csökkentése. Techniku-sok képzése;
- Termelői közösségek és kooperáció elősegítése, a kistermelők előnybe hozása. Gépek, berendezések közös bérlése, vásárlása, új módszerek elérhe-tővé tétele a kistermelők számára;
- Infrastruktúra kiépítése, fejlesztése [2].

### 3.3 Aktualitások a kávéágazat fejlesztésében

A felvázolt cselekvési program jelenleg folyamatban van, megtörtént a kávételepítésre alkalmas területek agroklimatikus feltérképezése mind robusta, mind arabica fajták esetén [4]. Angola nemzetközi együttműködési megállapodást írt alá Brazíliával (tudományos-technológiai téren, gépek, berendezések importja, működtetése), Portugáliával (feldolgozás, piackutatás), Vietnammal (vegyesvállalat létrehozása), Tanzániával és Ugandával („Café Gourmet", helyi karakterű ínyenc kávé piaci bevezetése) céljából. Angola 2009-óta tagja az afrikai kávétermelő országokat tömörítő szervezetnek.

## 4. Következtetések

Angola óriási kiterjedésű, szennyezetlen földvagyonnal és vízhálózattal, megfelelő klímával rendelkezik a kávétermesztés újraindításához. Az állam prioritásként kell hogy megfogalmazza az ágazat technológiai fejlesztését, ennek ösztönzését, az ehhez kapcsolódó, nemzetközi kooperációt igénylő kutatás-fejlesztést, a finanszírozás kérdését, valamint a különböző szintű képzéseket. Határozott szándék és források bevonásával a kávészektorban tapasztalható válság leküzdhető, a világpiacon korábban elfoglalt hely visszaszerezhető. A kávé gazdasági erejének újrafelfedezése nemzeti érdekünk.

### Szakirodalmi hivatkozások


[1] Bicho C., et al: *O Café – Origens, Produção, Processimento e Definição de Qualidade*. Escolar Editora, Lisboa, 2011.

[2] *Estudo Sectorial do Café Angola – Projecto Amboim*, Instituto do Fomento Empresarial, 2013.

[3] *Manual de Instalação de Lavoura Cafeeria in Cafeicultura*, A Revista do Agronegócio Café 2005.12.18. In: Tulha Agro Informacões – www.tulha.com.br

[4] Ngolo A. O.: *Zoneamento Agroclimático para Cultura do Café em Angola*. Viçosa, Minas Gerais, Brazil, 2014.

[5] Oduor G. I.: *Rehabilitating the Coffee Sector in Angola*, 2007. http://www.fanrpan.org/documents/d00431/Rehabilitating_coffee_sector_Angola_Odour.pdf

[6] Silva J. S. et al.: *Produção de Café Cereja Descascado.* In: Comunicado Técnico 4. Brasília, 2013. ISSN: 2179-7757

[7] Turco P. N. H.: *Custo de Implantação da Cultura do Café para Sistemas de Produção Convencional, Organica*. In: Pesquiza& Tecnologia, vol. 8. n. 2. Jul-Dez. 2011. www.aptaregional.sp.gov.br

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 401–404.
http://hdl.handle.net/10598/29116
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.91

# OKOS MOBILITÁS

# SMART MOBILITY

Tokody Dániel

*Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, 1081 Budapest, Népszínház utca 8, tokodi.daniel@bgok.hu*

## Abstract

One of the main characteristics of smart city is smart mobility. Therefore, our study focusses on some questions of smart mobility, especially on the development of intelligent railway. We examine the role of intelligent management systems in the improvement of railway safety. Thus, this article deals with the reasons for the establishment of the intelligence-based smart city as well as one of its substantial element; smart mobility. The main scope of this article is the technical viability of intelligent railway systems.

***Keywords**: Innovation, Smart city, Intelligent Transportation Systems, Smart mobility*

## Összefoglalás

Az okos városban létrejövő folyamatok egyik fontos eleme az okos mobilitás. A témán belül egy speciális területtel foglalkozunk ez pedig az intelligens vasúti rendszer kialakítása. A cikkben egyszerre foglalkozunk majd az innováció mozgatta okos város létrehozásának okaival és annak lényeges elemével, az okos mobilitással.

***Kulcsszavak:** innováció, okos város, intelligens közlekedési rendszerek, okos mobilitás*

## 1. Bevezetés

A címben megfogalmazott téma kutatásának tartalma, aktualitása a világon ma élő közel 7,5 milliárd [1] ember szemszögéből egyaránt fontos. A United Nations szerint 2014-re az emberiség több mint fele városokban élt. A városiasodás üteme az eltelt évtizedek alatt rendületlen módon folytatódott. Mára a globális problémák elodázhatatlanok. Milyen megoldással álltak elő a tudósok? Ez a megoldás lehet a fenntartható okos város koncepciója. 2014 októberében az International Telecommunication Union tanulmányában foglalta össze a Smart és fenntartható városokkal kapcsolatos fogalmakat. Szerintük „A fenntartható okos város egy olyan innovatív város, ami az infokommunikációs technológiákkal és más ehhez szükséges eszközökkel javítja a városlakók életminőségét, a város működésének és szolgáltatásainak hatékonyságát. Mindezzel megteremti a települések versenyképességét. Azáltal, hogy biztosítja a jelen és jövő generációi számára a városi élet gazdasági, szociális és környezeti szempontú szükségleteit.” [2] Az okos mobilitás az okos város hat alappillérének egyike Cohen szerint [3]. A téma aktualitását mutatja, hogy az okos várossal kapcsolatosan több szabvány is napvilágot látott már az elmúlt években. A szabványok mennyiségéből látható, hogy

még csak a szabványosítás elején járnak a szakértők. Nem így van ez az intelligens közlekedési rendszerek kapcsán. Ahol 2016-ban 210 db ISO szabványról tudunk. Ebből kifolyólag is következtethetünk az ilyen rendszerek komplexitására. A szabványok tartalmi köre a vasúti közlekedés szempontjából minimális, a szintbeni közút-vasút kereszteződések témakörében merül ki.[4]

## 2. Az okos mobilitás vasúti aspektusainak áttekintése

A mobilitás az emberek mozgásának, utazásának kifejezésére használt fogalom. A mobilitás növekedése arányos a közlekedés technológiai fejletségével. A hagyományos közlekedési rendszerek továbbfejlesztésével létrehozhatók az intelligens közlekedési rendszerek idegen szóval ITS rendszerek (Intelligent Transportation System). Az ITS a rendszereket sokan csak a közúti alkalmazások kapcsán hangsúlyozzák így van ez az ISO 204-es Technikai Bizottság szabványosító munkája kapcsán is. Ugyanakkor például az European Telecommunications Standards Institute egyértelműen nyilvánvalóvá teszi, hogy a közlekedés összes ágazatának (pl.: közúti járműrendszerek, vasúti rendszerek, légi és vízi rendszerek) szerepe van az intelligens közlekedési rendszerek létrehozásában. [5] Franklin és mások szerint az intelligens közlekedési rendszerek olyan információs, kommunikációs és elektronikai technológiai rendszerek alkalmazását jelenti, amely javítja a közlekedés biztonságát, növeli annak hatékonyságát és csökkenti a közlekedésnek a társadalomra és a környezetre ható káros hatásait. [6] Cikkében az intelligens közúti közlekedéssel kapcsolatosan említi a forgalomirányító központokat, az utazási információs rendszereket, időjárással kapcsolatos rendszereket, az intelligens jármű rendszereket, a balesetekre figyelmeztető és az ezeket megelőző rendszereket. [6] Az intelligens vasúti rendszerek kapcsán rendszerelemként említi a forgalomirányító rendszereket (pl.: ERTMS - European Railway Traffic Management Systems), az utazási információs rendszereket és az elektronikus jegyrendszereket. [6] Ugyanakkor, ha engedünk az elképzelésnek, amit a kooperatív rendszerek jelentenek mind az okos városban mind pedig a közlekedés minden területén akkor belátható, hogy a közúton alkalmazott technológiák átültethetők a kötöttpályás közlekedésre. Mi több a szükségszerű kapcsolatok létrejöttének fontos része a technológiák szimbiotikus együttműködése, azonos alapokon való működése, azok kompatibilitásának megvalósítása. A korábbi szakirodalom igen szűkszavúan fogalmaz, vasúti témában szinte csak azt említi, amit az európai irányelvek ide sorolnak. Példának okáért a közúti közlekedésben használt intelligens járműrendszereknek a vasút esetében is lehet létjogosultsága van. Ebből következik, hogy a vasúti intelligens közlekedési rendszer számos elemmel bővülhet a hagyományoshoz képest. Korábbi cikkeinkben már említettük, hogy szükséges a vasúti rendszer intelligenssé tétele. De miért van erre konkrétan szükség? Hosszútávon szempont lehet például a vasúti biztonság növelése, a vasúti közlekedés hatékonyságának javítása. Vasúti környezetben a biztonság fogalmát az MSZ EN 50126 szabvány így határozza meg: „Az elfogadhatatlan károsodási kockázatoktól való mentesség.” [7] Miért nem elegendőek a hagyományos rendszerek a biztonság további fokozására? A válasz nagyon egyszerű és ennek okait az aktuális vasúti baleseti statisztikában kereshetjük. 2013-ban UIC szerint 1873 szignifikáns baleset történt. [8] Ez bizony igen jelentős. A balesetek mennyiségének csökkentésére

szükség van. Sajnos az utóbbi évtizedekben szignifikáns változás ennek kapcsán nem történt ezért újabb módszerek alkalmazásával kell élnünk. A kutatásunk célja a biztonság növelése intelligens rendszerek használatával. Az emberiség régi vágya, hogy az általa alkotott rendszerek valamilyen emberhez hasonló tulajdonságokkal rendelkezzenek ilyen tulajdonság az intelligencia is. Hogyan kell értelmezni az intelligencia fogalmát, például az vasúti irányító rendszerek kapcsán? „Az intelligencia megjelenésére (folyamat)irányító rendszerekben akkor van szükség, ha az irányítási feladatok legalább egyike intelligens problémamegoldást igényel. Ebben az esetben intelligens irányító rendszerről beszélhetünk." [9] A vasúti rendszer számos területén ma még nélkülözhetetlen az emberi intelligencia. A közeljövőben első lépésként az emberi munkavégzést nagyban támogató intelligens rendszerek térnyerése valószínű. Az évszázad végére elérhetjük, hogy a közlekedési rendszerekben az autonóm működés mindennapivá válik.

## 3. Következtetések

A vasúti közlekedés biztonsága ez idáig a vasúti pálya és annak közvetlen környezetére korlátozódott. A közlekedő vonat biztonságos útját kellett biztosítani a vasúti környezetben, vagyis, hogy pl.: ne történjen ütközés, kisiklás, utolérés stb. Ma leginkább a vasúti járművek közötti interakciókra koncentrálunk, a környezetet pedig csak tájékoztatjuk a vasúti járművek közlekedéséről. Ezzel szemben más a világ szemlélete. A közlekedési rendszerek együttműködése egyre fontosabbá válik a biztonság, a gyorsaság a gazdaságosság egyszerre történő megvalósítása kapcsán. Ki hozza meg a döntést arról, hogy egy közúti járműnek az vasúti átjárónál meg kell-e állni? Egyszerű, annak vezetője. Viszont ma már valóság az autonóm (de hívhatnánk: vezetőnélküli, önvezető vagy robot) autók megléte. [10] [11] Ahogyan az elektromos hajtású autók úgy ezek az eszközök is előbb utóbb piaci pozícióba fognak kerülni. Kötött pályán az automatizáltság tekintetében a metró fejlesztések elérték a GoA4 szintet (Grade of Automation), ami a vonatműködés tekintetében Unattended Train Operation vagyis felügyelet nélküli teljesen automatikus jármű futást jelent. Azaz nem, hogy vezető, de még vonatkísérő sincs a fedélzeten. [12] Az UITP szerint ezt a legmagasabb automatizáltságot az Automatic Train Operation és Automatic Train Control rendszerek együttes működésével valósítják meg. [12] A világon egyes források szerint 74 db GoA4 szintű metró van és ebből egy a budapesti 4-es vonal. Mindezek ellenére a nagyvasúton még mindig küzdelmek árán biztosítjuk a biztonságot. Ez a mindenki által ismert biztonság az, amit egy figyelmetlen autós másodpercek alatt tehet semmissé. Nagyon messze vagyunk még a fenti két példától. A nagyvasút esetében megoldás lehet többek között az intelligens közlekedési rendszerek megvalósítása. Ditmeyer a Michigan Egyetem adjunktusa már 2010-ben arról ír, hogy az Egyesült Államokban 2000-ben megfogalmazódott az intelligens vasút víziója. Munkájában 32 technológiát illetve rendszert sorol fel a hálózat centrikus vasúti működés kapcsán, melynek alapját az intelligens vasúti rendszert megvalósító elemek teremtik meg. Mint például az automatikus RFID alapú vasúti jármű és kocsi azonosítására szolgáló rendszer, vagy a vasúti pálya menti érzékelő rendszerek, az intelligens időjárás-előrejelző rendszer, energia menedzsment rendszerek, az intelligens közúti-vasúti kereszteződésekben használt rendszerek. Úgy képzeli el a vasúti rendszer működését, mint amiben a különböző rendszerek és folyamtok interoperábilis módon rendszerek rendszereként (system of

systems) működnek együtt. [13] Az intelligens vasúti rendszer megvalósítására számos technológia nyújthat lehetőséget. Ilyen megoldás lehet a jármű-jármű kommunikáció megvalósítása a teljes közlekedési struktúrában vagy például az érzékelő rendszerek nagyobb mérvű elterjesztése az okos város teljes vertikumában. A rendszerekben meglévő adatok, információk megszerzése, feldolgozása és felhasználása a jövőben kiemelkedő fontossággal fog bírni egy intelligens autonóm rendszer kialakítása kapcsán. És végezetül felhívjuk a figyelmet arra, hogy a lokális intelligens megoldások csak akkor fogják szolgálni az okos város azon belül is az okos mobilitás céljait, ha a különféle rendszerekben keletkező információ megosztásra és felhasználásra kerül a kapcsolódó kooperatív struktúrákban. Így segítve a rendszerek közötti szinergikus együttműködést.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] KSHl: A világ népessége kontinensek szerint 1950-2100, ENSZ adatok https://www.ksh.hu/interaktiv/grafikonok/vilag_nepessege.html (Letöltve: 2016.01.08.)

[2] ITU, Smart sustainable cities: An analysis of definitions, p. 13., https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx (Letöltve: 2016.01.08.)

[3] B. Cohen, The Smartest Cities In The World 2015: Methodology, http://www.fastcoexist.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015-methodology (Letöltve: 2016.01.10.)

[4] B. Williams: ITS Standards. p.14. Norwood. 2008. ISBN-13: 978-1-59693-291-3

[5] ETSI: ITS http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/intelligent-transport (Letöltve: 2016.01.11.)

[6] F. Franklin et al., Rail infrastructure, ITS and access charges, Research in Transportation Economics, Volume 41, Issue 1, May 2013, pp.31-42, ISSN 0739-8859, http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2012.10.004 http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739885912001588 (Letöltve: 2016.01.10.)

[7] MSZ EN 50126:2001. Vasúti alkalmazások. A megbízhatóság, az üzemkészség, a karbantarthatóság és a biztonság (RAMS) előírása és bizonyítása. p.12

[8] IUR: Safety Platform, Safety Database Report 2014 - Significant Accidents 2013, ISBN 978-2-7461-2325-0, http://old.uic.org/download.php/publication/545c_pub.pdf (Letöltve: 2016.01.10.)

[9] R. Lakner et al. Intelligens Irányító Rendszerek, Egyetemi tananyag. p.10. 2011. http://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/58/37/dd/1/Lakner_Hangos_Gerzson_Intell_ir_rendsz.pdf (Letöltve: 2016.01.11.)

[10] Stanford, Volkswagen team up to create automotive research lab. http://news.stanford.edu/news/2007/november28/volks-112807.html (Letöltve: 2016.01.10.)

[11] Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles: System Classification and Glossary 06.02.2015 http://www.adaptive-ip.eu/index.php/deliverables_papers.html?file=files/adaptive/content/downloads/Deliverables%20%26%20papers/AdaptIVe-SP2-v12-DL-D2.1%20System%20Classification.pdf (Letöltve: 2016.01.10.)

[12] UITP: Metro automation: facts, figures and trends. http://www.uitp.org/sites/default/files/Metro%20automation%20-%20facts%20and%20figures.pdf (Letöltve: 2016.01.10.)

[13] S. R. Ditmeyer.: Network - Centric Railway Operations Utilizing Intelligent Railway Systems. Journal of Transportation Law, Logistics and Policy Third Quarter 2010 Volume 77, Number 3. http://www.transportation.northwestern.edu/docs/2011/2011.03.15.Ditmeyer_Paper.pdf (Letöltve: 2016.01.12.)

XXI. Fiatal MűszakiakTudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 405–408.
http://hdl.handle.net/10598/29117
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.92

# EGYSZERŰ BOLYGÓMŰ GYÁRTÁSI INTERFERENCIÁI – A BELSŐ FOGTŐINTERFERENCIA

# THE PRODUCTION INTERFERENCES OF SIMPLE PLANETARY GEAR DRIVES – INTERFERENCE ON TIP OF INTERNAL GEAR

Tomori Zoltán[1], Vadászné Bognár Gabriella[2]

[1]*Nordker-M Kft., Magyarország, 3530 Miskolc, Kerpely Antal u. 1., e-mail: nordker94@t-online.hu*

[2]*Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet, Magyarország, 3515 Miskolc – Egyetemváros, e-mail: v.bognar.gabriella@uni-miskolc.hu*

## Abstract

Production interference can be described when during the machining of the involute internal gear the tool during it's machining movement harms the normal geometry of the tooth profile (overcut or allowance created) [1], [2], [6]-[9]. Instead of the general approximation [3]-[6] can be found in the literature, we examine the effects of the cutting tool geometry on the dimensions of the internal gear in details. We define the conditions of the interference occurrence, and the parameters to avoid it.

***Keywords****: simple planetary gear drive, production interference, interference on tip of internal gear.*

## Összefoglalás

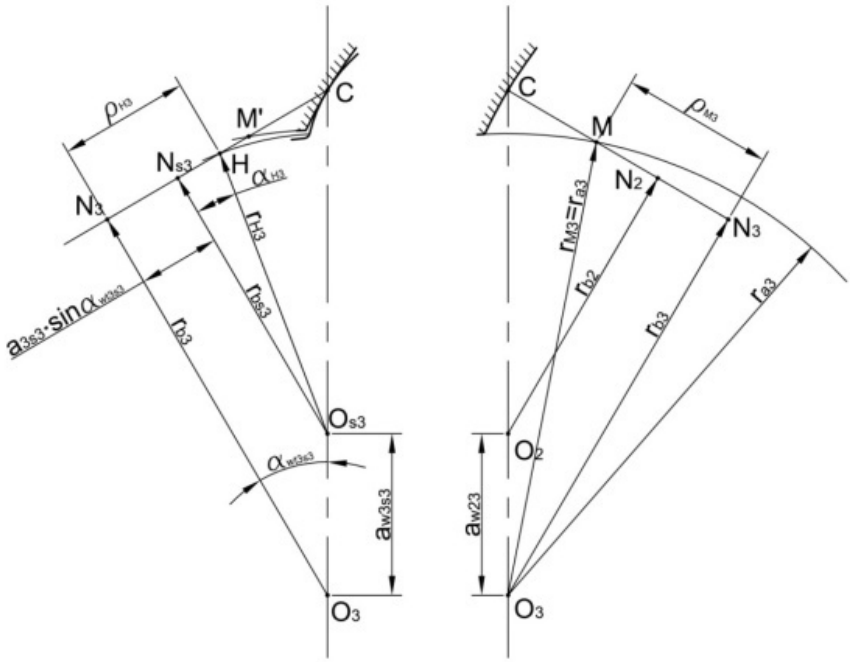
Az evolvens profilú belső fogazatú fogaskerék gyártásakor előfordulhat az az eset, hogy a fogazó szerszám lefejtő mozgása közben a normális geometriájú fogprofil sérül (lemetszés keletkezik azon). Az ilyen jelenséget gyártási interferenciának nevezzük [1], [2], [6]-[9]. Az irodalomban található általánosan alkalmazott [3]-[6] megközelítés helyett részletesen megvizsgáljuk a fogazó szerszám geometriai tulajdonságainak hatását az előállított belső fogazat geometriai méreteire. Megadjuk az interferencia jelenség előfordulásának feltételét és meghatározzuk elkerülésének határértékét.

***Kulcsszavak:*** *egyszerű bolygómű, gyártási interferencia, belsőfogazatú kerék belső fogtő interferenciája.*

## 1. A gyártási belső fogtő interferencia elkerülését biztosító geometriai méretek meghatározása

Az interferencia jelenségek között azt az esetet, amikor a fogazó metszőkerék lábrésze a belső fogazatú evolvens fogaskerék fejéleit lemetszi, belső fogtőinterferenciának nevezzük.

Az **1. ábra** alapján megállapítható, hogy akkor nem lép fel interferencia, ha a belső fogazatú kerék fejkörén lévő utolsó evolvens pont távolabb van a kerék középpontjától, mint a fogazószerszám foglábán lévő utolsó evolvens pont.




***1. ábra.*** *A működési és a gyártási határkör helyzete*

Azaz az interferencia jelenség elkerülhető, ha:

$$\varrho_{M3} \geq \varrho_{H3}. \qquad (1)$$

Az **1. ábra** alapján felírható a működési határpont görbületi sugara

$$\varrho_{3M} = r_{b3}\, tg\alpha_{a3} \qquad (2)$$

és

$$\alpha_{a3} = arc\, cos\frac{r_{b3}}{r_{a3}} \qquad (3)$$

ahol:

$r_{b3}$ a belső fogazatú kerék alapkörsugara,

$r_{bs3}$ a belső fogazatú kerék gyártásához használt szerszám alapkörének sugara,

$a_{3s3}$ a belső fogazatú kerék gyártási tengelytávolsága,

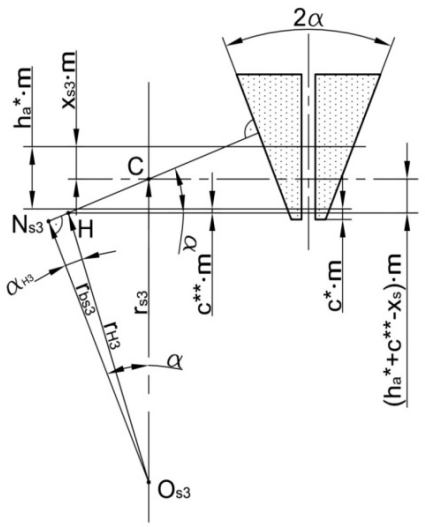
$\alpha_{wt3s3}$ a belső fogazatú kerék gyártási kapcsolószöge,

$\alpha_{H3}$ a fogazó szerszám-profil utolsó evolvenspontjához tartozó profilszög,

$a_{w23}$ az egymással kapcsolódó külső és belső fogazatú fogaskerék tengelytávolsága,

$r_{a3}$ a belső fogazatú kerék fejkörének sugara.

Az **1. ábrá**ba berajzolt $r_{H3}$ sugár értékét, amely a határkört jelöli ki, vagyis azt a kört, ahol a metszőkeréken az utolsó evolvenspont található a fogtőgörbe előtt, a **2. ábra** segítségével határozhatjuk meg.




*2. ábra. Az utolsó evolvens pont helyzete a fogazó szerszám fogélén*

A **2. ábra** alapján felírhatjuk a következő összefüggéseket:

$$r_{H3}\ cos\alpha_{H3} = r_{s3}\ cos\alpha, \qquad (4)$$

valamint:

$$r_{H3}\ sin\alpha_{H3} = r_{s3}\ sin\alpha - \frac{(h_a^* + c^{**} - x_{s3})\ m}{sin\alpha}, \qquad (5)$$

ahol

- $r_{H3}$ a fogazó szerszám fogprofiljának utolsó evolvenspontját tartalmazó határkör sugara,
- $\alpha_{H3}$ a fogazó szerszám utolsó evolvenspontjához tartozó profilszög,
- $\alpha$ az alapprofilszög,
- $c^{**}$ a fogazó szerszámot köszörülő korong lekerekítését figyelembe vevő lábhézag-tényező.

Vegyük a (4) és az (5) egyenletek megfelelő oldalainak hányadosát, és ekkor a következőt kapjuk:

$$tg\alpha_{H3} = tg\alpha - \frac{(h_a^* + c^{**} - x_{s3})m}{r_{s3}\ sin\alpha\ cos\alpha}. \qquad (6)$$

Az (1) egyenlőtlenség felírható a következő formában, a (2), (3) és (6) összefüggések felhasználásával:

$$r_{b3}\ tg\left(arccos\frac{r_{b3}}{r_{a3}}\right) \geq a_{w3s3}\ sin\alpha_{wt3s3} + r_{bs3}\ tg\alpha - \frac{r_{bs3}}{r_{s3}}\ \frac{(h_a^* + c^{**} - x_{s3})m}{sin\alpha\ cos\alpha}. \qquad (7)$$

A (7) egyenlőtlenség értelme megváltozik, vagyis az egyenlőtlenségi jel iránya megfordul, ha a belsőfogazatú kerék fejrészéből le kell esztergálni, tehát ha az $r_{a3}$ nagyságát meg kell növelni. Az ábrák és az eddigi eredmények alapján felírható az $r_{a3}$ minimális értéke:

$$r_{a3min} = \sqrt{r_{b3}^2 + (a_{w3s3}\ sin\alpha_{wt3s3} + r_{bs3}\ tg\alpha_{H3}}. \qquad (8)$$

Ez alapján általánosságban írható, hogy az interferencia elkerülésének feltétele:

$$r_{a3uj} \geq r_{a3min}. \qquad (9)$$

## 2. Következtetések

1. A különféle gyártási és működési interferenciákat megvizsgálva, mindegyik esetén meghatározhatóak azok a geometriai adatok, amelyek biztosítják az adott fogazat és alkalmazott fogazó szerszám esetén az interferencia elkerülését.

2. Az összes interferencia jelenség vizsgálata alapján meghatározhatóak az interferencia jelenségektől mentes fogazati tartományok határértékei.

3. Egy fogaskerék kapcsolódás esetén a kapcsolódási problémák osztályozása szempontjából az alábbi csoportosítást célszerű figyelembe venni:

- **Gyártási interferencia**, ha gyártáskor a szerszám lefejtő mozgása közben a

normális geometriájú fogalak sérül (lemetszés keletkezik azon).

– **Működési interferencia**, ha a normálisan kialakított geometriájú fogaskerék a vele kapcsolódó ellenkerékkel nem képes zavartalanul kapcsolódni (az ellenkerék olyan geometriát kíván meg, ami nem alakítható ki vagy nem készült el).

Szisztematikusan végrehajtott, az interferencia jelenségek mindegyikét ellenőrző vizsgálatok sorozatának elvégzése célszerű.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Drobni, J.: *Metszőkerék tervezése belső fogazatú fogaskerékhez*. Tervezési segédlet. Gé. 79-2067. NME. Miskolc. 1979. 10-29.

[2] Tomori, Z.: *Relatív csúszásra optimalizált kb típusú fogaskerék-bolygóművek tervezése. Kézirat.* Az NME Gépészmérnöki Karára benyújtott és elfogadott egyetemi doktori értekezés. Miskolc. 1985. 1/69.

[3] Colbourne, J. R.: *The Geometric Design of Internal Gear Pairs.* Gear Technology. May/June 1990. 28-37.

[4] Yu, D. D.: *On The Interference of Internal Gearing.* Gear Technology. July / August 1989. 12-44.

[5] Radzevich, S.P.: *Theory of Gearing*, Taylor & Francis CRC Press, Boca Raton, 2013.

[6] Kapelevich, A. – Shekhtman Y.: *Area of Existence of Involute Gears.* Gear Technology. January / February 2010. 64-69.

[7] Bhandari, V.B.: *Design of Machine Elements,* Tata MCGraw Hill, 2010.

[8] Terplán Z., Apró F., Antal M., Döbröczöni Á.: *Fogaskerék-bolygóművek*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

[9] Erney Gy.: *Fogaskerekek*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 409–412. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.93
http://hdl.handle.net/10598/29118

# FORGÁCSOLÁSI PARAMÉTERKOMBINÁCIÓK JÓSÁGI TÉNYEZŐJÉNEK FUZZY MODELL ALAPÚ BECSLÉSE

# FUZZY-BASED QUALITY FACTOR PREDICTION FOR DIFFERENT CUTTING PARAMETER COMBINATIONS

Tóthné Laufer Edit

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház u. 8; laufer.edit@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

In this paper a novel fuzzy-based approach is introduced to define a quality factor of the cutting parameters (cutting speed, feed, and depth of cut) for hypereutectic aluminum alloys with a diamond tool. This evaluation structure allows one to taking into account the burred boundaries between the grades of the input parameters, and the expert knowledge can be built into the system by the rule base definition, and it applies fuzzy logic-based decision model.

***Keywords**: surface roughness, fine turning, aluminum alloy, fuzzy inference.*

## Összefoglalás

Ebben a cikkben egy fuzzy modell alapú módszert mutatok be, melynek segítségével egy jósági tényező rendelhető a forgácsolási paraméterekhez (forgácsoló sebesség, előtolás, fogásmélység) gyémánt szerszámmal megmunkált hipereutektikus alumíniumötvözet esetén. A fuzzy alapú kiértékelés lehetővé teszi az elmosódott határok figyelembe vételét a bemenő paraméterek tartományainál, valamint a rendelkezésre álló szakértői tudás is beépíthető a rendszerbe a szabálybázis által és fuzzy logikán alapuló döntési modellt alkalmazunk.

***Kulcsszavak:** felületi érdesség, finomesztergálás, alumínium ötvözet, fuzzy következtetés.*

## 1. Bevezetés

A forgácsolt termékek egyik fontos jellemzője a gyártott felületi érdesség, ezért technológiai tervezésnél célszerű becsülni az elérni kívánt értékét. Jellemzői (pl. átlagos felületi érdesség, Ra, μm; egyenetlenség magasság, Rz, μm) nagyban függnek a forgácsoló paraméterektől, ezért a köztük fennálló kapcsolat vizsgálata napjainkban is fontos kutatási terület, számos kutató foglakozik a témával [1]-[5].

Ilyen típusú feladatoknál a bemenő paraméterek együttes hatásának vizsgálata okozhat problémát, hiszen az eredmény jóságának meghatározásakor a forgácsolt felület érdességét és a termelékenységet egyaránt figyelembe kell venni. Abban az esetben, ha az érdességi paraméterek jók, de hosszú időt vesz igénybe a munkadarab előállítása, akkor a beállítások nem megfelelőek. A kidolgozott modell célja, megtalálni az egyensúlyt. A komplex feladatok [6], nemlineáris rendszerek [8], valamint a cikk témájához kapcsolódóan forgácsolóerő meghatározásakor [9],[10] is népszerű fuzzy megközelítés alkalmazható ilyen esetben is, mivel a fuzzy alapú rendszerek

képesek kezelni, hogy sem a bemenő paraméterek, sem a felületi érdesség és a termelékenység nem adható meg éles határokkal, ezek értéke fokozatosan változik a forgácsolási paraméterektől függően. Az ilyen rendszerek elmosódott határokkal, fuzzifikált paraméterekkel dolgoznak, a szakértői tudás beépíthető a rendszerbe a szabálybázis által, és a döntési modellben fuzzy alapú közelítő következtetést alkalmaznak [14],[15].

A cél olyan fuzzy modell kidolgozása volt, mellyel a fenti problémák kezelhetők, egy a különböző forgácsolási paraméterek rangsorolhatóságát szolgáló jósági tényező meghatározása által. Így kiválaszthatók az optimális forgácsolási paraméterek.

## 2. A paraméterek kiválasztása

Munkám során a gyártott felületi érdességre ható tényezők közül az esztergálásnál a beállítható forgácsolási paramétereket, - relatív mozgásviszonyok - vizsgáltam, ezek a forgácsoló sebesség (*vc, m/min)*, az előtolás (*f, mm)*, és a fogásmélység (*a, mm*).

Az alumínium alkatrészek esztergálása szinte mindig befejező technológia. A cél ilyen esetben, hogy az Ra, Rz értékeket minimalizálni kell (1) a termelékenység maximalizálása mellett (2).

$$Ra \Rightarrow Min \quad | Rz \Rightarrow Min \qquad (1)$$

$$Pf = v_c \cdot f \Rightarrow Max \qquad (2)$$

A fuzzy modell alapjául a Horváth et al. által definiált kívánatossági függvények szolgáltak [3]. A modell megalkotása során szilícium ötvözésű hipereutektikus alumíniumötvözet gyémánt szerszámmal történő finomesztergálását vizsgáltam. Keménység: 117 $HB_{2,5/62,5/30}$. Szerszám kód: DCGW 11T304 hagyományos (ún. ISO) élgeometriával, az élanyag MDC (monokristályos gyémánt).

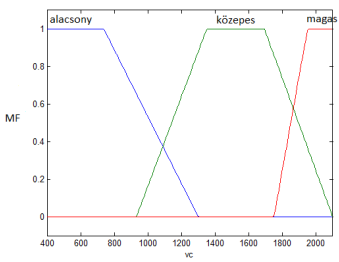
## 3. A fuzzy modell felépítése

A fuzzy modell feladata a bemeneti tényezőkhöz ($v_c$, f, a) egy jósági tényező hozzárendelése, melynek (1), (2) együttes figyelembe vételével való rangsorolásával megkapható az optimális paraméter kombináció. A kiértékelés Mamdani-típusú következtetési rendszeren alapul, melyben a bemenő paraméterek $x_1, x_2, \ldots, x_n$, a kimenő paraméter $y$, a rendszer a következő szerkezetű szabályokkal írható le [17]:

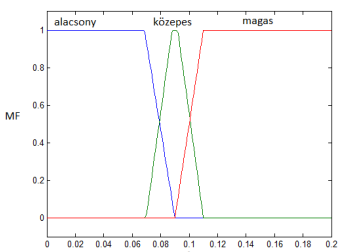
$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_{1,i_1} \text{ and } \ldots \text{ and } x_n \text{ is } A_{n,i_n} \text{ THEN y is } Y_{i_1,\ldots,i_n} \qquad (3)$$

ahol $A_{k,i_k}$ a $k$-adik bemenethez tartozó $i_k$-dik szabály-antecedens, $Y_{i_1,\ldots,i_n}$ jelöli a szabályok következmény részét, $i_j=1..n_j$, és $n_j$ a j-dik bemenethez tartozó antecedensek száma. A szabály-premisszák a bemenetek összes lehetséges kombinációjából állíthatók elő.

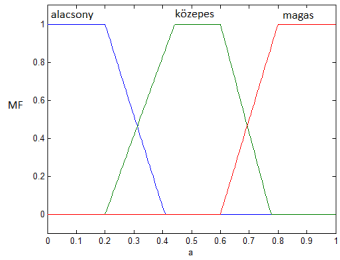
A kiértékelés első lépése a fuzzifikálás, amikor egy tagsági értéket (MF) rendelünk az aktuális bemenethez egy trapéz alakú tagsági függvény segítségével, melyek a **1-3. ábrá**n láthatók.




**1. ábra.** *Forgácsoló sebesség tagsági függvényei*




**2. ábra.** *Előtolás tagsági függvényei*




**3. ábra.** *Fogásmélység tagsági függvényei*

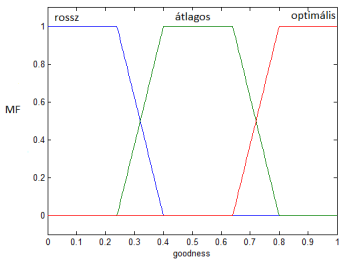
Az egyes bemenetekhez tartozó tagsági értékek összekacsolására a szorzat operátort alkalmaztam (4), az adott szabály-premissza tüzelési szintjének meghatározására [19].

$$w_i = \mu_{A_{ki_k}}(v_c)\mu_{B_{kj_k}}(f)\mu_{C_{kl_k}}(a) \qquad (4)$$

ahol $\mu_{A_{ki_k}}(v_c), \mu_{B_{kj_k}}(f), \mu_{C_{kl_k}}(a)$ rendre a $v_c$, f, a, bemenetekhez tartozó tagsági értékek. Ezután az implikáció szintén szorzat operátor segítségével történik (5).

$$y_{Y_i} = w_i \mu_{Y_i} \qquad (5)$$

ahol $w_i$ az *i*-dik szabályhoz tartozó tüzelési szint, $\mu_{Y_i}$ az *i*-dik szabályhoz tartozó következtetés. A kimeneti tagsági függvény a **4. ábrá**n látható.




**4. ábra.** *Jósági tényező tagsági függvényei*

A teljes rendszerkimenet meghatározása érdekében a szabályonként kapott következtetéseket a tüzelési szintek súlyozott átlagaként aggregáltam (6).

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i y_{Y_i}}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad (6)$$

ahol $w_i$ az *i*-edik szabályhoz tartozó tüzelési szint, $y_{Y_i}$ az *i*-edik szabálykimenet, *n* pedig a szabályok száma.

Végül a kapott fuzzy halmaz reprezentáló crisp érték előállítására a COG defuzzifikációs módszert alkalmaztam, mely a görbe alatti terület súlyközéppontját határozza meg (7) segítségével.

$$y_{out} = \frac{\int_{y \in \mu_Y} \mu_Y(y) y dy}{\int_{y \in \mu_Y} \mu_Y(y) dy} \qquad (7)$$

ahol $\mu_Y$ a szabálykövetkezmény.

## 4. A módszerek összehasonlítása

A numerikus és a fuzzy modellt egyaránt Matlab környezetben valósítottam meg, a bemenő adatok ($v_c$, f, a) kiválasztása a vizsgált paraméterek jellemzői, a tényleges beállítható értékek figyelembe vételével történt (**1. táblázat**). A kiértékelést elvégeztem mindkét modell segítségével és a kapott rangsort hasonlítottam össze. A módszerek különbözősége miatt az eredmények számszerűen nem egyeznek meg, de a cél nem is ez, hanem a kombinációk rangsorolása volt az optimum kiválasztása érdekében.

**1. táblázat.** *A bemenő paraméterek jellemzői*

| **Név, jel, mértékegység** | **Értelmezési tartomány** | **Inkrement** |
|---|---|---|
| Forgácsoló sebesség, $v_c$, *m/min* | [*500, 2000*] | *50* |
| Előtolás, *f, mm* | [*0.05, 0.12*] | *0.01* |
| Fogásmélység, *a, mm* | [*0.2, 0.8*] | *0.05* |

Ahogy a **2. táblázat**ban is látható, a kapott rangsorok megegyeznek, ezzel a fuzzy

modell használhatóságát igazoltam. Utóbbinak nagy előnye a numerikus modellel szemben, hogy a kevésbé kedvező beállítások rangsorolását is lehetővé teszi. Az optimális tartománnyal kapcsolatban megállapítható, hogy átlagos előtolás esetén minél nagyobb a forgácsoló sebesség, és minél kisebb a fogásmélység az eredmény annál közelebb van az optimálishoz.

**2. táblázat.** *A modellek összehasonlítása*

| | $v_c$, m/min | f, mm | a, mm | D | Jóság |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 2000 | 0.09 | 0.02 | 0.3861 | 0.7718 |
| 2. | 1950 | 0.09 | 0.02 | 0.3578 | 0.7431 |
| 3. | 2000 | 0.09 | 0.03 | 0.3260 | 0.7058 |
| 4. | 1900 | 0.09 | 0.2 | 0.3219 | 0.6963 |
| 5. | 1950 | 0.09 | 0.25 | 0.3028 | 0.6858 |
| 6. | 1900 | 0.09 | 0.25 | 0.2731 | 0.6525 |
| 7. | 1850 | 0.09 | 0.2 | 0.2723 | 0.6442 |
| 8. | 2000 | 0.09 | 0.3 | 0.2596 | 0.6435 |
| 9. | 1950 | 0.09 | 0.3 | 0.2423 | 0.6309 |
| 10. | 1850 | 0.09 | 0.25 | 0.2316 | 0.6145 |

## 5. Következtetések

Az optimális forgácsolási paraméter beállítások meghatározása érdekében egy fuzzy logikán alapuló modellt építettem. A kiértékelés célja a különböző paraméter értékekhez (vc, f, a) egy jósági tényező hozzárendelése volt, mellyel a különböző kombinációk rangsorolhatók. Ezáltal az felületi érdesség – termelékenység kombinációhoz tartozó beállítások meghatározhatók. A fuzzy modellt egy hasonló célú ugyanilyen feltételekkel dolgozó numerikus modellel [4] hasonlítottam össze, ezzel igazoltam a fuzzy modell alkalmazhatóságát.

## Szakirodalmi hivatkozások


[1] Aouici, H. et. al: *Analysis of surface roughness and cutting force components in hard turning with CBN tool: Prediction model and cutting conditions optimization*. Measurement, Vol. 45, 2012, pp. 344–353.

[2] Asiltürk, I.; Akkus, H.: *Determining the effect of cutting parameters on surface roughness in hard turning using the Taguchi method.* Measurement, Vol. 44, 2011, pp. 1697–1704.

[3] Horváth, R. et. al: *Application of RSM method for the examination of diamond tools*. Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 11, No. 2, 2014, pp. 137–147, DOI: 10.12700/APH. 11.02.2014.02.8

[4] Horváth, R.; Drégelyi-Kiss, Á.: *Analysis of surface roughness parameters in aluminium fine turning with diamond tool.* Proc. of the Measurement 2013 Conf., Smolenice, Slovakia, 2013, pp. 275-278.

[5] Drégelyi-Kiss, Á. et. al: *Comparison of capability calculations of surface roughness measurement in automotive industry*. Proc. of the ISMQC 2013, Cracow, Poland, 11-13. Sept, 2013, pp. 1-4.

[6] Pokorádi, L.: *Fuzzy logika alkalmazása a repülőtechnika üzemeltetésében*. Repüléstudományi Közlemények XII: (29), pp. 349-356. (2000)

[8] Tomescu, M. L. et. al: *Stability analysis method for fuzzy control systems dedicated controlling nonlinear processes*. Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 4, No. 3, pp. 127–141, 2007.

[9] Aguero, E. et. al: *Fuzzy model of cutting process on a milling machine. Intelligent Systems Engineering*, Vol. 3, No. 4, pp. 236-244, 1994.

[10] Kim, D.; Jeon, D.: *Fuzzy-logic control of cutting forces in CNC milling processes using motor currents as indirect force sensors*. Precision Engineering, Vol. 35, No. 1, pp. 143–152, 2011.

[14] Zhang X. et. al: *Method for multiple attribute decisionmaking under risk with interval numbers.* Int. J. of Fuzzy Systems, Vol. 12, No. 3, pp. 237-242, Sept. 2010.

[15] Takács, M.: *Approximate Reasoning in Fuzzy Systems Based on Pseudo-analysis and Uninorm Residuum*. Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 1, No. 2, pp. 49-62, 2004

[17] Türkşen, I. B. et. al: *Comparision of fuzzy functions with fuzzy rule base approaches*. Int. Journal of Fuzzy Systems, Vol. 8, No. 2, pp. 137-149, Sept. 2006

[21] Merigó J. et. al.: *Fuzzy generalized hybrid aggregation operators and its application in fuzzy decision making*. Int. J. of Fuzzy Systems, Vol. 12, No. 1, pp. 15–24, 2010.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 413–416. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.94
http://hdl.handle.net/10598/29120

# TRIP600 ACÉL LÉZERVÁGÁSA KÜLÖNBÖZŐ MUNKAGÁZOK ALKALMAZÁSÁVAL

# THE TRIP600 STEEL LASER CUTTINGS IN CASE OF DIFFERENT ASSISTING GASES

Tuloki Szilárd[1], Pinke Péter[2]

*ÓbudaiEgyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1034 Magyarország Budapest, Bécsi út 96/B; Telefon / Fax: +12-345-6789123*

[1] *tuszilard@gmail.com*

[2] *pinke.peter@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

This paper presents the experimental investigation of TRIP600 steel cutting with a TruLaser Cell 7020/Trudisk 4001 laser machine, and using different cutting parameters (assist gases, output power, single / double process). We observed the effects of the parameters on the kerf and hardness of the HAZ. Cutting with laser beam is today very popular and promising. One of most used process in the automotive industry too. With this technology we can archive low material consumption, shorter processing times and great accuracy of the product. However, in order to exploit the advantages of this technology, it is necessary to optimize each processed material relevant influential parameters. Our goal was to find the optimal cutting parameters for the TRIP 600 steel.

***Keywords**: laser cutting, hardness, HAZ, TRIP 600 steel.*

## Összefoglalás

Ebben a cikkben TRIP 600 acélon végrehajtott lézervágási kísérletsorozat eredményeit mutatjuk be, amelyet TruLaser Cell 7020 / Trudisk 4001 lézergép segítségével különböző vágási paraméterek (munkagáz, teljesítmény, közvetlen/kombinált vágás) mellett végeztünk el. A lézervágás hatását a vágási rés mérete és a hőhatásövezeti keménység alapján értékeltük. Napjainkban a lézervágás nagyon elterjedt és széles körben alkalmazott technológia az autóiparban is. Ezzel a technológiával kis anyagveszteség és nagy pontosság mellett rövid feldolgozási idő érhető el. A technológiai előnyöket a paraméterek optimális beállítása biztosítja. Célunk az volt, hogy megtaláljuk az optimális vágási paramétereket a TRIP 600 acél lézervágásához.

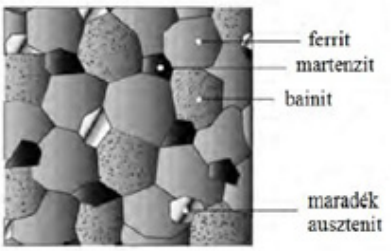
***Kulcsszavak:** lézervágás, keménység, hőhatásövezet, TRIP600 acél.*

## 1. Bevezetés

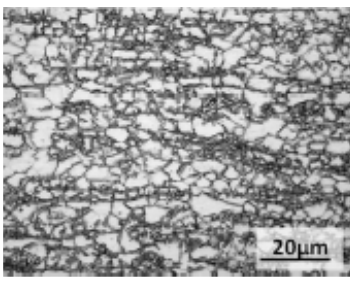
Napjainkban a termikus vágási eljárások rendkívül elterjedtek az ipari gyakorlatban. A lézervágás széles körben alkalmazott eljárás az autóipari karosszéria-technológia területén [1], [2]. Ezzel a technológiával rövid vágási idő érhető el kis anyagveszteség és nagy vágási pontosság mellett. A technológia előnyeit a vágási paraméterek optimális kiválasztása biztositja. Elsődleges hatású [3]: a védőgáz fajtája és nyomása, a lézer teljesítménye, a vágás sebessége és a sugár fókuszpozíciója. Dolgozatunkban, egy kísérletsorozat részeként [4] TRIP 600 acélon lézeres résvágással vizsgáltuk három munkagáz ($N_2$, Ar, $O_2$) hatását a vágási rés méretére és a hőhatásövezet keménységére.

## 2. TRIP acélok (Transformation Induced Plasticity)

A TRIP acélok, azaz az átalakulással előidézett képlékenységgel rendelkező acélok, jó alakíthatósággal és kellően nagy szilárdsággal rendelkeznek. Szövetük többfázisú: ferritből, bénitből, martenzitből valamint maradék ausztenitből áll (**1. ábra**) [5]. TRIP acél jellemző szövetszerkezetét a **2. ábra** mutatja [6].

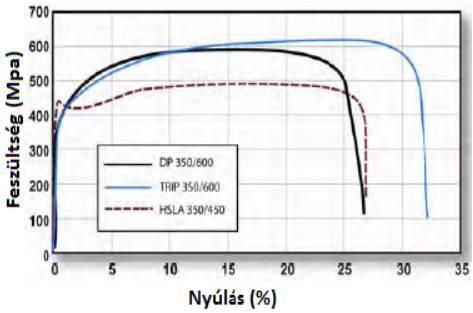



**1. ábra**. *TRIP acél szövetszerkezetének vázlatos ábrázolása [5]*




**2. ábra**. *TRIP acél mikroszerkezete [6]*

A TRIP 600 acél és további két nagyszilárdságú acél (DP 600, HSLA 450 szakítódiagramját a **3. ábra** vázolja [5]. Látható, hogy a TRIP acél rendelkezik a legjobb képlékenységgel a folyáshatár feszültség és a szakítószilárdság tartományban. A TRIP acélok nagy energia-elnyelő képességgel bírnak, ez megfelelően illeszkedik az autóipari és biztonsági alkatrészekkel szemben támasztott követelményekhez, például kereszttartók, oszloperősítések, hosszgerendák, küszöbök, lökhárítóerősítések esetében.



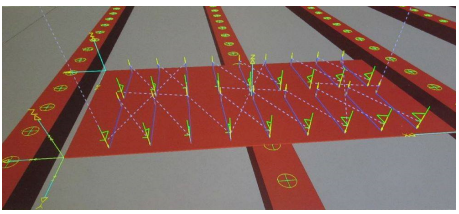

**3. ábra**. *TRIP 600, DP 600 és HSLA 450 acélok jellemző nyúlás és feszültség értékei [5]*

## 3. Lézervágás előkészítése

A vágási kísérleteket TruLaser Cell 7020/ Trudisk 4001 berendezésen végeztük 1mm vastag horganyzott TRIP 600 acéllemezen. A lézervágási paraméterek az alábbiak voltak:

a) Vágási módszer:
   I. módszer: közvetlen vágás beállított para- méterek mellett;
   II. módszer: kombinált vágás, gravírozó lézersugárral végrehajtott „felület-tisztítás" ($O_2$ – 30W; Ar, $N_2$ – 100W), majd beállított paraméterek melletti lézervágás;
b) Lézerteljesítmény: 1600 W, 1800 W, és 2000 W;
c) Védőgáz: oxigén ($O_2$), nitrogén ($N_2$) és argon (Ar);
d) Minden vágásnál azonos vágási sebességet (3m/min), védőgáz nyomást (15 bar), fókuszpozíciót (-1mm) és hullámhosszt (λ=1030 nm) használtunk, kivéve az $O_2$ segédgázas vágásnál, itt a fókuszpozíció +1mm volt, az égési folyamat végett;
e) A lézervágás szimulációját Tru Tops Cell programmal készítettük el (**4. ábra**).

A kísérlet során 27 vágást, blokkot, építet-tünk fel, minden művelet egy új blokk létre- hozását jelentette, a megismételhetőség végett. A lézervágás paramétereit az **1. táblázat** tartalmazza.



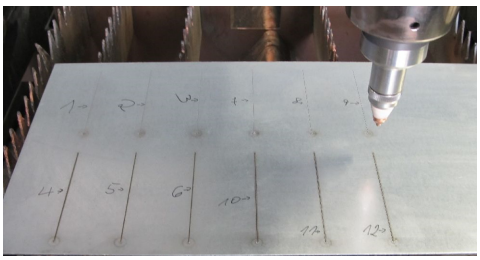
**4. ábra** *CNC lézervágás modellje*

**1. táblázat.** *Lézervágási paraméterek*

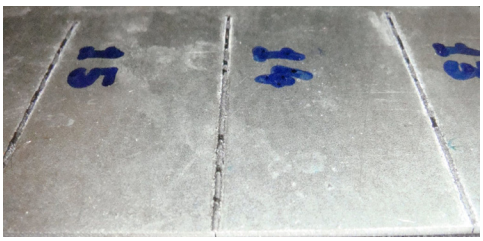
| Sor-sz. | Vágás módja | Védő- | Teljesítmény | Fókuszpozíció |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Közvetlen | $N_2$ | 1600W | -1 |
| 2 | | $N_2$ | 1800W | -1 |
| 3 | | $N_2$ | 2000W | -1 |
| 4 | Kombinált | $N_2$ | 1600W | -1 |
| 5 | | $N_2$ | 1800W | -1 |
| 6 | | $N_2$ | 2000W | -1 |
| 7 | Közvetlen | Ar | 1600W | -1 |
| 8 | | Ar | 1800W | -1 |
| 9 | | Ar | 2000W | -1 |
| 10 | Kombinált | Ar | 1600W | -1 |
| 11 | | Ar | 1800W | -1 |
| 12 | | Ar | 2000W | -1 |
| 13 | Közvetlen | $O_2$ | 1600W | +1 |
| 14 | | $O_2$ | 1800W | +1 |
| 15 | | $O_2$ | 2000W | +1 |
| 16 | Kombinált | $O_2$ | 1600W | +1 |
| 17 | | $O_2$ | 1800W | +1 |
| 18 | | $O_2$ | 2000W | +1 |

## 4. Eredmények

A végrehajtott lézervágási kísérletek alapján elmondható, hogy az Ar és $N_2$ munkagázok mellett végrehajtott vágások sikeresek voltak (**5. ábra**), ugyanakkor az $O_2$ segédgáz alkalmazása nem hozta a várt eredményt, annak ellenére sem, hogy a fókuszpozíciót + 1 mm-re választottuk. $O_2$ gáz alkalmazása esetében a vágás vonala egyenetlen volt (**6. ábra**), a vágás vonalában fekete elszíneződés, feltehetően cinkoxid keletkezett, a vágást siker-telennek minősítettük (13 – 18. sorszámú vágások).



**5. ábra** *CNC lézervágási modell megvalósítása*



**6. ábra.** *Vágási rés $O_2$ lézervágás után (a lemez hátoldala)*

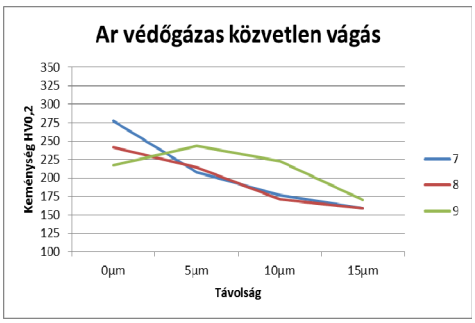
A vágási rés méretét, valamint a hőhatásövezet mikrokeménységét (HV0,2), amelyet Zwick 3212 keménységmérővel mértünk, a **2. táblázat** foglalja össze.

**2. táblázat.** *A vágási rés méret (mm) és a hőhatásövezet keménysége (HV0,2)*

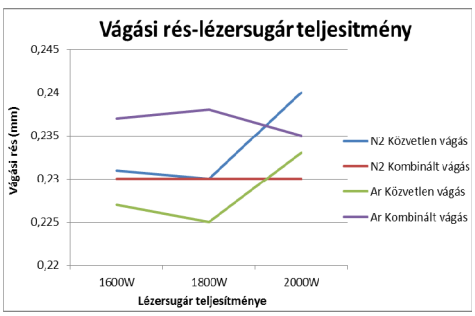
| Sor- | Vágá- | 0 | 5 | 10 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,231 | 323 | 198,5 | 176,5 | 164,5 |
| 2 | 0,230 | 318,5 | 311 | 229,5 | 176,5 |
| 3 | 0,240 | 223 | 243 | 201 | 164,5 |
| 4 | 0,230 | 318,5 | 252 | 168 | 178 |
| 5 | 0,230 | 303 | 303 | 242 | 125,5 |
| 6 | 0,230 | 233 | 164,5 | 164,5 | 139 |
| 7 | 0,227 | 277,5 | 207,5 | 176,5 | 159 |
| 8 | 0,225 | 242 | 214 | 171 | 159 |
| 9 | 0,233 | 217,5 | 243 | 223 | 170 |
| 10 | 0,237 | 264 | 334 | 277,5 | 178 |
| 11 | 0,238 | 334 | 232 | 207,5 | 178 |
| 12 | 0,235 | 264 | 198,5 | 159 | 148 |

A **2. táblázat**ból látható, hogy az optimálisnak tekinthető eredmények az Ar munkagázas vágásoknál jöttek létre. A **7.**

**ábra** a 7., 8. és 9. sorszámú vágás hőhatásövezeti keménységét szemlélteti. A **8. ábra** a vágási rés és a lézersugár teljesítmény közti összefüggést mutatja.




**7. ábra.** *A hőhatásövezet keménységének változása (7., 8., 9. sz. vágás)*




**8. ábra.** *A vágási rés és a lézersugár teljesítmény összefüggése*

## 5. Következtetések

A végrehajtott kísérletek alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

1. N2 munkagázas közvetlen vágás: a hőhatásövezet keménységét illetően a 3. sz. vágás volt az optimális, ugyanakkor a vágási rés mérete szempontjából az 1. és 2. vágás mondható jobbnak.

2. N2 munkagázas kombinált vágás: a vágási rés tekintetében nincs különbség, azonban keménység szempontjából a 6. kísérleti vágás volt az optimális.

3. Ar munkagázas közvetlen vágás: a keménység és vágási rés szempontjából is a 8. sz. vágás volt az optimális.

4. Ar munkagázas kombinált vágás: a keménységet és vágási rést illetően is a 12. sz. vágás volt az optimális.

5. Vágási rés - lézersugár teljesítmény alapján a 8. sz. vágás volt az optimális.

6. A kísérleti eredményekből következik, hogy az oxigén, mint munkagáz nem javasolható az alkalmazott vágási paraméterek mellett.

7. A leghatékonyabb vágás a 8. sz. vágás volt, amely nem sokban tér el a 6. sz. vágás eredményétől. A két vágás között a különbség a munkagáz (N2, Ar) és a lézer teljesítménye volt.

8. Az ipari gyakorlat szempontjából elmondható, hogy a nitrogén használata költséghatékonyabb.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Valenta Lászlónak, az EDUTUS Zrt. vezér-igazgatójának és Farkas Péternek, az EDUTUS Főiskola Lézerlaboratórium igazgatóhelyettesének a lézervágási kísérletek megvalósítását illető támogatásukért. A kutatómunka a TÁMOP 4.2.2D-15/1/ KONV-0007 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Caristan, C. L.: *Laser Cutting – Guide for Manufacturing,* SME, 2004.

[2] Bitay E.: *Lézeres felületkezelés és modellezés, EME kiadó 2007. Kolozsvár pp. 13* .

[3] Buza, G.: *Lézersugaras technológiák I.* TÁMOP-4.1.2.A/2-10/1, Edutus Főisk., Tatabánya, 2012

[4] Tuloki, Sz., Andrews, A., Molnár, L., Vavra, G., Pinke, P., Kovács, C. T.: *The effects of the laser cutting's parameters on the mechanical properties on the experimented steel,* YPIC 2015, Budapest.

[5] Zsoldos, I.: *Különleges autóipari acél ötvözetek, karosszéria elemek lemezanyagai,* Korszerű anyagok és technológiák, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2013

[6] Lis, A., Dryja, M., Wieczorek, P.: *Microstructure Characterization of TRIP Steel CMnAlSi,* GSTF Journal of Engineering Technology (JET), Vol. 2, No. 3, dec. 2013

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 417–420. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.95
http://hdl.handle.net/10598/29121

# AZ ALAKÍTÁSI KEMÉNYEDÉS HATÁSA A HÚZÁSI VISZONYRA MÉLYHÚZÁSNÁL

# EFFECT OF HARDENING ON THE LIMIT DRAWING RATIO

Ugró Máté, Gonda Viktor

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 1081 Budapest, Népszínház u. 8. Tel. +36-1-6665310, gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

Determination of the limit drawing ratio by finite element modeling is presented for deep drawing without a blank holder. First we examined the effect of the hardening for linear hardening material model at different specific sheet thicknesses, and then we applied real flow curves for the calculations. We demonstrated, that limit drawing ratio increases for increasing hardening, decreasing static yield limit, and decreasing sheet thickness (if wrinkling not considered).

***Keywords**: deep drawing, limit drawing ratio, finite element method.*

## Összefoglalás

A húzási viszony meghatározásának végeselemes módját mutatjuk be ráncgátló nélküli mélyhúzás esetére. Vizsgáljuk a keményedés hatását egyrészt idealizált esetben lineárisan keményedő anyagmodell alkalmazásával, különböző fajlagos lemezvastagságok esetén, valamint valós anyagmodell alkalmazásával. Megállapítható, hogy a húzási viszonynak kedvez a nagyobb keményedési együttható, kisebb statikus folyáshatár, valamint a kisebb lemezvastagság (a ráncosodás figyelembe vétele nélkül).

***Kulcsszavak**: mélyhúzás, húzási viszony, végeselemes módszer.*

## 1. Bevezetés

A mélyhúzás technológiai tervezése során a húzási viszony az egyik fontos kiinduló adat, amely közvetett módon mutatja, hogy pl. a kezdőhúzásnál egy adott csészeátmérőhöz milyen palástmagasságot lehet létrehozni. A húzási viszonyt (limit drawing ratio, LDR) konkrétan a terítékátmérő és a csészeátmérő hányadosával határozzuk meg, ajánlott értékeit ráncgátlós vagy ráncgátló nélküli, első- vagy továbbhúzás esetére, különböző fajlagos lemezvastagság értékekhez táblázatokban adják meg a tervezési segédletek [1]. Elméleti úton egyszerűsítések alkalmazásával meghatározható egy ideális érték (amely: e = 2,7182). Kísérletileg egy adott vastagságú és anyagminőségű lemezanyagra csészehúzó vizsgálattal határozható meg a húzási viszony, mely jellemzően 1,5-2,3 körüli értékű. A húzási viszony értéke növelhető, ha a teríték csészefenék közeli részét helyileg keményítjük, vagy a perem felőli részét lágyítjuk pl. lokális lézeres hőkezeléssel [2]. A húzási viszony itt becsülhető numerikus számítással.

Különböző anyagminőségek húzhatóságának vizsgálatával megmutatható, hogy jellemzően a nagyobb alakítási keményedésű lemez jobban mélyhúzható [3].

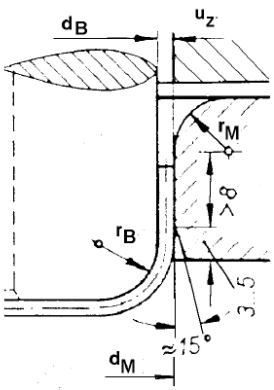
Ebben a dolgozatban a húzási viszony meghatározásának végeselemes módját mutatjuk be ráncgátló nélküli mélyhúzás

esetére. Vizsgáljuk a keményedés hatását egyrészt idealizált esetben lineárisan keményedő anyagmodell alkalmazásával, különböző fajlagos lemezvastagságok esetén, valamint valós anyagmodell alkalmazásával.

## 2. A modell felépítése

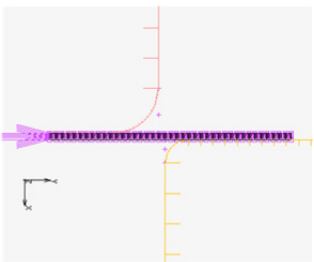
A tengelyszimmetrikus csésze mélyhúzásának a modellezéséhez a meridián metszetben a húzás geometriai adatai felvehetők (**1. ábra**). A MARC student edition végeselemes programban egy paraméteres ún. procedure fájlból generáltuk a geometriát, az alábbi paramétereket definiálva:

$d_B$: csésze belső átmérő, bélyegátmérő
$r_B$: bélyeg lekerekítési sugár
$d_M$: húzógyűrű átmérő
$r_M$: húzógyűrű lekerekítési sugár
$D_0$: terítékátmérő
$s_0$: lemezvastagság

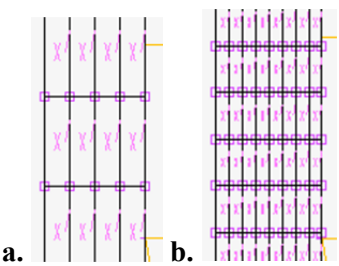



**1. ábra**. *A geometriai paraméterek mélyhúzásnál*

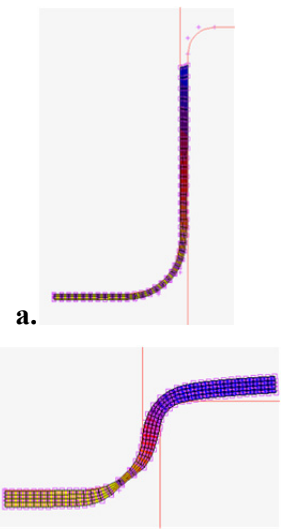
Alapvetően a 17 mm-es bélyegátmérő húzáshoz 0,5 mm és 1 mm-es lemezvastagság esetén (kb. 1,5 és 3 fajlagos lemezvastagság) kerestük a terítékátmérőt. A szimmetriát kihasználva a meridián metszet felét modelleztük síkban, a szerszámot (húzóbélyeg és húzógyűrű) merevnek, a lemezt izotróp, rugalmas-képlékeny anyagnak tekintettük Mises folyási feltételt használva. A szimmetriát egyrészt az elemtípusban, másrészt kényszerrel határoztuk meg (**2. ábra**). A bélyeg mozgását állandó sebességűnek vettük, a folyásgörbék nem sebességfüggők. A súrlódási tényezőt 0,1-re vettük fel.



**2. ábra.** *A végeselemes modell felépítése*




**3.ábra**.*: Durva (a) és sűrített háló (b)*




**4. ábra**.*: Sikeres (a) és sikertelen (b) húzás*

A modell hálófüggését két hálózással vizsgáltuk (**3. ábra**): a lemezvastagságban 4 vagy 8 elemet létrehozva. Lényeges különbséget nem találtunk az eredményekben, a sűrűbb hálózást használtuk a továbbiakban. A számítást adott lemezvastagság és szerszámgeometria esetén a terítékátmérő változtatásával futtattuk, jellegzetes kimenetek a **4. ábrá**n láthatók. A 4a ábrán sikeresnek tekintjük a húzást, ha a peremet teljesen be tudjuk húzni, valamint sikertelennek (4b ábra), ha peremet nem tudjuk behúzni. A kialakuló feszültséget nem vizsgáljuk, tehát szakítószilárdságot nem definiáltunk. A húzási viszonyt a még éppen sikeres húzás terítékátmérőjével számítjuk.

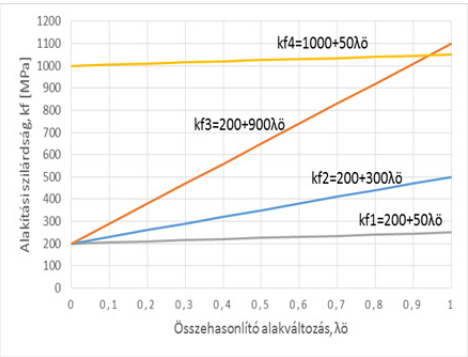
## 3. Eredmények és következtetések

### 3.1. Elméleti folyásgörbék

A lineáris folyásgörbe modellje:

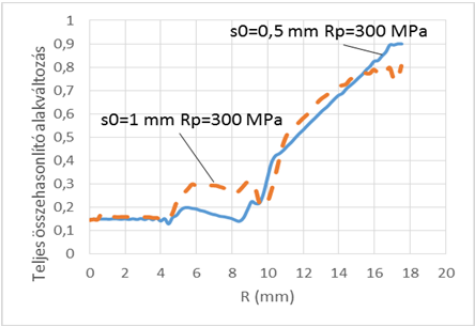
$$k_f = R_p + H\lambda_{ö} \qquad (1)$$

ahol $k_f$ [MPa] az alakítási szilárdság, $R_p$ [MPa] a statikus folyáshatár, $H$ [MPa] a lineáris keményedési együttható, $\lambda_{ö}$ az összehasonlító alakváltozás. Három féle keményedési együtthatót definiáltunk: 50, 300, 900 MPa értékekkel, valamint kétféle statikus folyáshatárt 200 és 1000 MPa értékekkel, összesen négy folyásgörbét meghatározva (**5. ábra**).

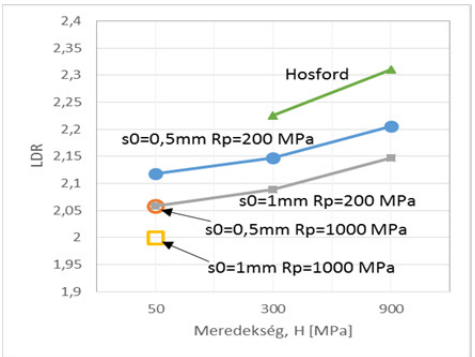



**5. ábra.** *Folyásgörbék a lineárisan keményedő anyagmodell esetén*

A **6. ábra** $k_{f2}$ folyásgörbéjével 0,5 és 1 mm-es lemezvastagság és 18 mm-es terítékátmérő esetén a az összehasonlító alakváltozást ábrázoltuk a teríték sugarának a függvényében a húzás végén.




**6. ábra.** *Az összehasonlító alakváltozás a teríték sugarának függvényében vékony ($s_0$ = 0,5 mm) és vastag ($s_0$ = 1 mm) lemez esetén H=300 MPa keményedésnél.*




**7. ábra.** *A húzási viszony az lineáris keményedési meredekség függvényében*

A négy folyásgörbéhez két fajlagos lemezvastagsággal lefuttatott számítások eredményeként összesen 8 húzási viszonyt határoztunk meg a 2-2,2 közé eső tartományban, melyeket a **7. ábrá**n mutatunk be. A futtatások során megfigyeltük a háló sűrűségének hatását. A 8 eredmény közül 3 esetben segített a sűrűbb háló használata, ekkor további 0,5 mm-rel nagyobb terítéket tudtunk lehúzni mely csak kis mértékben növelte a húzási viszony értékét. A **7. ábrá**n

további két húzási viszony látható: ábrázoltuk a Logan, Meuleman és Hosford által készített diagram azonos meredekséghez tartozó pontjait is [3].

Az eredményeket összegezve megállapítható, hogy nagyobb keményedési együtthatóval rendelkező anyag jobban húzható, de a nagyobb statikus folyáshatás csökkenti a húzhatóságot. A lemezvastagság csökkentése is növeli a húzási viszonyt. Megjegyzendő, hogy a ráncosodást a modell nem tartalmazza.

### 3.2. Valós folyásgörbék

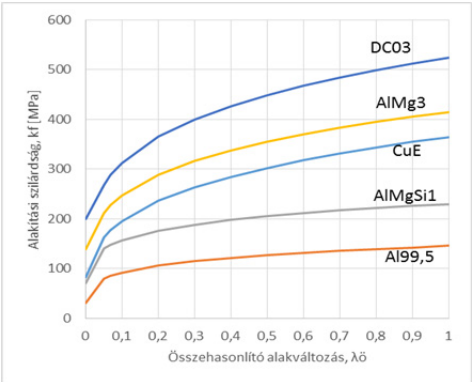
A folyásgörbét az egyszerű hatványgörbével vettük figyelembe:

$$k_f = C\lambda_{\ddot{o}}^n \qquad (2)$$

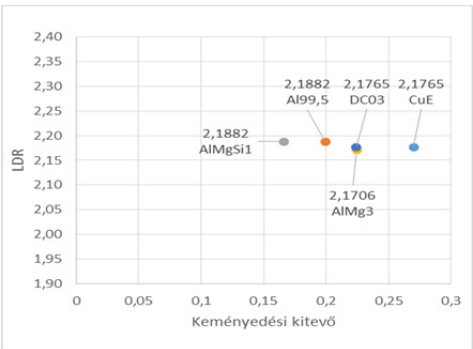
ahol $C$ a keményedési együttható, $n$ a keményedési kitevő. A $\lambda_{\ddot{o}} = 0$ értékhez a statikus folyáshatár értékét vettük figyelembe. Az öt vizsgált anyagminőségre az anyagjellemzők az 1. táblázatban találhatók, a folyásgörbék a **8. ábrá**n láthatók. A lemezvastagság értékét itt 0,5 mm-nek vettük. A húzási fokozat értékei 2,17-2,19-es tartományba esnek, a keményedési kitevő függvényében a **9. ábrá**n láthatók. Az eredmények a **7. ábrá**n a H = 300 MPa meredekséghez kapott értékekkel vethetők össze. A választott anyagminőségekre kapott értékek egy jóval szűkebb eredmény tartományban helyezkednek el, mint az extrém tartományt lefedő idealizált folyásgörbék eredményei.

**1. Táblázat.** *Folyásgörbe paraméterek és statikus folyáshatár a vizsgált anyagminőségekhez*

| | C [MPa] | n | $k_{f0}$ [MPa] |
|---|---|---|---|
| CuE | 364,71 | 0,27 | 82,4 |
| Al99,5 | 145,63 | 0,1995 | 31,4 |
| AlMgSi1 | 229,94 | 0,166 | 71,3 |
| AlMg3 | 414,98 | 0,2245 | 139,3 |
| DC03 | 524 | 0,2243 | 200 |




**8. ábra.** *Valós folyásgörbék különböző vizsgált anyagminőségekhez*




**9. ábra.** *A húzási viszony értékek a valós folyásgörbékhez*

### Köszönetnyilvánítás

A dolgozat a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Horváth László: *Mélyhúzás technológia tervezése.* Oktatási segédlet, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2009.

[2] C.J. Tan et al.: *Estimating surface hardening profile of blank for obtaining high drawing ratio in deep drawing process using FE analysis,* IOP Conf: Mat. Sci and Eng 103, 012047, pp. 1-6, 2015.

[3] W.F. Hosford, R.M. Caddell: *Metal forming, mechanics and metallurgy.* Third Edition. Cambridge University Press, pp. 224-228. 2007.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 421–424.
http://hdl.handle.net/10598/29122
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.96

# IPARI SZÜRKEVÍZ VEGYSZERES KEZELÉSSEL ÉS BIOFILTERES SZŰRÉSSEL VALÓ TISZTÍTÁSÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE

# COMPARATIVE ANALYSIS OF INDUSTRIAL GREYWATER TREATMENT WITH CHEMICALS AND BIOSAND FILTRATION CLEANING

Ungvári Levente[1], Keczánné Üveges Andrea[2]

[1,2]*Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék; 4028 Magyarország Debrecen Ótemető utca 2-4;*

[1]*zaleilah6@gmail.com Telefon: +36/302514335*

[2]*auveges@eng,unideb.hu*

## Abstract

In our research we investigated the physical and the chemical parameters of optical industry produced greywater from the point of recycling. Two different greywater treatment technologies were used: coagulation-flocculation, and biosand filtering. The colloidal contaminants stability in the greywater samples was determined from the zeta potential measurement results. Reduction was effectively identified in the turbidity and in the amount of the organic contaminants due to the effect of biosand filtering. High decrease was found in the amount of the colloid contaminants during coagulation-flocculation.

***Keywords****: greywater, zeta potential, coagulation-flocculation, biosand filtration.*

## Összefoglalás

Kutatómunkánk során vizsgáltuk az optikai iparban termelődő szürkevíz fizikai és kémiai paramétereit újrahasznosítás szempontjából, melynek tisztításához két különböző szürkevíz kezelési technológiát alkalmaztunk: koagulálás-flokkulálás, biofilteres szűrés. Kutatásaink során a zéta-potenciál mérésével kapott információkból következtettünk a kolloidális szennyezők stabilitására a szürkevíz mintákban. Megállapítottuk, hogy a biofilteres szűrés hatására a szerves szennyezők mennyisége és a zavarosság csökkent hatékonyabban, míg a koagulációs-flokkulációs kezelés során pedig kolloid szennyezők mennyisége csökkent nagymértékben.

***Kulcsszavak:*** *szürkevíz, zéta-potenciál, koaguláció-flokkuláció, biofilteres szűrés.*

## 1. Bevezetés

Nemzetközileg meghatározott, hogy a fekete víz csak a WC-öblítésből, míg a szürkevíz minden más háztartási célra használt vizet jelenti: mosogatásból, mosásból, zuhanyzásból, fürdésből, kézmosásból származó vizeket [1]. Az újrahasznosításra szánt szürkevíz tisztító rendszereknek négy feltételnek kell megfelelniük: gazdasági megvalósíthatóság, esztétika, műszaki paraméterek jó beállítása, környezeti fenntarthatóság [2].

A vizek minőségére kaphatunk választ, ha a benne lévő szennyezőanyagok előfordulási formáit megvizsgáljuk. Mind a keze-

lés, mind a felhasználás szempontjából fontos információkat kaphatunk [3]. A szennyező anyagok vízzel szembeni magatartásuk szerint két csoportba sorolható: oldott és nem oldott anyagok [4].

A szennyeződést tartalmazó vizek vizsgálatakor felfedezhetőek kolloidális szennyezők, melyek nem távolíthatók el egyszerű szűréssel. A zéta-potenciál mérésével az oldatban jelenlévő kolloid rendszerek felületi potenciálját adhatjuk meg [5].

A koaguláció-flokkuláció, mint vegyszeres kezelés lényege, hogy a vízmintákhoz koaguláló-flokkulálószert adagolunk, amellyel a kolloid-diszperz állapotban levő részecskék destabilizációja és pelyhekbe tömörülése, a természetes szerves anyagok kicsapatása vagy adszorpciója biztosítható [6]. A koagulációs folyamatot nagymértékben befolyásolja az oldat pH-ja, zéta-potenciálja és a koaguláns mennyisége. A módszert a szennyvíztisztításban is sikeresen alkalmazzák a lebegőanyagok eltávolítására, amely kb. 90%-os hatékonysággal távolítja el azokat [7].

A biofilteres szűrés Dr. David Manz munkásságához fűződik, aki 1988-ban fejlesztette ki Kanadában a módszert ivóvíztisztításra [8]. A technológia egyszerű és gazdaságos, illetve környezetbarát, egészségre ártalmatlan, melynek során vegyszerrel nem találkozik a szűrt víz. Adott méretű homokágyon biofilm réteget kell létrehozni, majd ezen a homokágyon átvezetve a vízmintát a mikroorganizmusok fejtik ki tisztító hatásukat. A biofilmnek a szuszpendált részecskék és a kórokozók eltávolításában van nagy szerepe [9].

## 2. Anyag és módszer

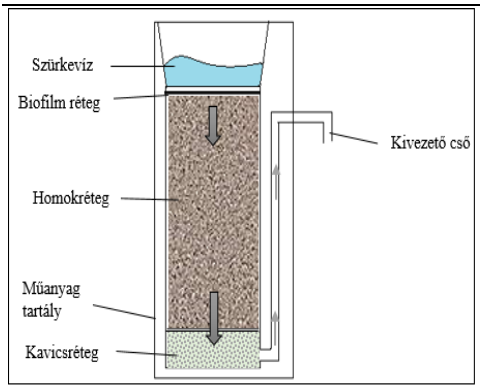
A szürkevíz mintákat a Carl Zeiss Vision Hungary Kft. mosodájának gyűjtőaknájából gyűjtöttük, amelyben több mosógépből származó mosóvíz elegyedett.

Mértük az általános fizikai-kémiai paramétereket, mint hőmérséklet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség (Multiline P4 mérőbőrönd, WTW GmbH, Germany), a biológiai oxigénigényt (BOI) (OxiTop IS 12 manometrikus BOI-mérő WTW GmbH, Germany) a zavarosságot (Turb 555-IR, WTW GmbH, Germany).

A Debreceni Egyetem Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék Vízminőségvédelmi laboratóriumában az oldott szerves széntartalmat a Shimadzu TOC-VCPN, Shimadzu Corporation, Japan által gyártott készüléken határoztuk meg. A nyers és a kezelt vízmintákban a zéta-potenciált ($\zeta$) a Malvern Instruments Ltd. által gyártott Zetasizer NanoZ készülék segítségével mértük.

A koagulációs-flokkulációs kezelésnél a kezelendő vízmintákhoz (100 $cm^3$) adtuk hozzá a vegyszereket (vas(III)-klorid, alumínium-szulfát) automata pipetta segítségével. Ezt követően (ARE Heating Magnetic Stirrer) mágneses keverővel 30 másodpercen át kevertük a vegyszert tartalmazó szürkevizet 4-es fokozaton. Majd a kezelt szürkevizet 45 $cm^3$ és 55 $cm^3$ mintarészletre osztottuk. Az 55 $cm^3$ kezelt mintából megkezdtük a zavarosság mérést és a DOC minta előkészítését, a 45 $cm^3$ térfogatú mintát pedig 5 percen át ülepedni hagytuk. Az ülepedett mintából 2/3-ad magasságnál vettünk vízmintát fecskendő segítségével, majd a zéta-potenciál mérő kapillárisba töltöttük.

A biofilteres szűrőt egy mindenki által élelmiszer tárolására is alkalmas PP anyagú hordóban állítottuk össze. A hordóba PVC anyagú vízvezeték csövet illesztettünk, amely a hordó aljára áramló szürt vizet vezeti ki hidrosztatikai nyomás hatására. A hordót alul kaviccsal töltöttük meg, 10 cm magasan, majd ezt követte a folyami homok, amelyet 40 cm magasságig töltöttünk a hordóba (**1. ábra**) A homokrétegen hoztuk létre a biofilmet. Ezt követően adagoltuk a tisztítandó mosóvizet, majd az átszűrt tisztított vízből két literenként mintát vettünk, melynek paramétereit vizsgáltuk.




**1. ábra.** *Biofilteres szűrő felépítése*

## 3. Eredmények

### 3.1. Vegyszeres kezelés

A koagulációs-flokkulációs kezeléskor vas(III)-kloriddal illetve alumínium-szulfáttal kezeltük az optikai iparban termelődő mosodai vizet (1. táblázat). Az optimális vegyszermennyiség meghatározásakor a kezelt részletre vonatkozóan vas(III)-klorid esetében 70 mg vegyszerre volt szükség az izoelektromos pont eléréséhez ( ±5 mV), míg alumínium-szulfát esetében 75 mg vegyszerre. A zéta-potenciál értéke vas(III)-klorid esetében 0,827 mV-ra csökkent, a zavarosság 82%-kal csökkent, a DOC 42%-kal, míg a biológiai oxigénigény 76%-kal a kezelés során. A vezetőképesség értéke a kezelés hatására emelkedett a kezdeti 1,53 mS/cm-ről 2,01 mS/cm-re. Az alumínium-szulfáttal történő kezeléskor a zéta-potenciál szintén a 0 mV közelébe került, tehát nagymértékben sikerült eltávolítani a kolloidális méretű szennyezőket a kezelés során. A zavarosság mértéke ekkor 84%-kal, a DOC 24%-kal, míg a BOI értéke 76%-kal csökkent a kezelés során. A vezetőképesség értéke ebben az esetben is emelkedett a kezelés során 1,53 mS/cm-ről 1,80 mS/cm-re. A pH mindkét esetben lúgos tartományból a savasba tolódott el, a vezetőképesség értéke pedig emelkedett a hozzáadott vegyszer hatására.

**1.táblázat** *A vegyszeres kezelés eredményei*

| | Zéta-potenciál (mV) | DOC (mg/l) | $BOI_5$ (mg/l) |
|---|---|---|---|
| Kezelés előtt | -23,9 | 246,5 | 330 |
| $FeCl_3$ kezelés után | 0,827 | 144,9 | 80 |
| $Al_2(SO_4)_3$ kezelés után | 2,2 | 189,1 | 80 |

A kezelést elvégeztük kereskedelmi forgalomban kapható koaguláló- és flokkuláló szerekkel. Két vegyszer alkalmazását próbáltuk, a vas-tartalmú (PIRAL-1) és polimerizált vas-tartalmú alumínium só (PIRAL-5) oldatokat. Az optimális vegyszermennyiség meghatározásakor ~55,5 mg (0,30 ml) PIRAL-1 oldatra volt szükség 100 $cm^3$ minta esetén. Ekkor a DOC értéke mindössze 13%-os csökkenést mutatott. A PIRAL-1 esetében elmondható, hogy kevesebbre van szükség az izoelektromos pont eléréséhez, viszont a DOC csökkentésében nem olyan hatékony, mint az alkalmazott fémsók. A PIRAL-5 esetében ~45 mg (0,15 ml) vegyszerre volt szükség az izoelektromos pont határának (±5 mV) eléréséhez. Ebben az esetben 26%-kal csökkent a DOC értéke. Az optimális tömegek a PIRAL-1 és PIRAL-5 esetében is vas és alumínium tartalomra vonatkoztatva vannak megadva.

### 3.2. Biofilteres szűrés

A biofilteres szűrés hatására bekövetkező változások láthatóak a 2. táblázatban. A szűrést követően a már átszűrt vízből két literenként vettünk mintát, a mintarészletek 2-2 literre vonatkoznak. A szűrés előrehaladtával a zéta-potenciál értékek emelkedtek, a vezetőképesség értékek csökkentek. Az oldott szerves széntartalom csökkenése minden átszűrt mintában észlelhető volt. Az DOC csökkenésével pedig egyenes arányban csökkent a biológiai oxigénigény. Mind a BOI, mind a DOC hason-

ló mértékben csökkent, mint fémsókkal ($FeCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$) történő kezelés hatására. Ezzel szemben a zéta-potenciál a kezdeti csökkenést követően kismértékű, monoton növekedést mutatott a biofilteres szűrés előrehaladtával. A zavarosság értékékek csökkentésében is egyértelműen hatékonyabb volt a szűrés (827,67 NTU-ról 7,00 NTU-ra csökkent) a fémsókkal való koagulációs kezeléshez képest. A vezetőképesség értéke pedig a vegyszerekkel való kezeléssel ellentétben csökkent (1,7 mS/cm-ről 1,3 mS/cm-re). A pH értéke vegyszeres kezelés során savas tartományba tolódott el, a biofilteres szűrés hatására enyhén lúgos tartományba tolódott (6,9-ről 7,7-re).

**2. táblázat** *Biofilteres szűrés eredményei*

| Mintarészlet száma | Zéta-potenciál (mV) | DOC (mg/l) | $BOI_5$ (mg/l) |
|---|---|---|---|
| Eredeti | -18,8 | 217,4 | 375,0 |
| 1. | -10,2 | 52,7 | 10,0 |
| 2. | -10,4 | 36,1 | 10,0 |
| 3. | -10,8 | 32,7 | 10,0 |
| 4. | -11,2 | 33,5 | 20,0 |
| 5. | -12,8 | 31,1 | 45,0 |
| 6. | -11,1 | 81,5 | 90,0 |
| 7. | -13,4 | 83,2 | 120,0 |
| 8. | -13,4 | 98,5 | 120,0 |
| 9. | -14,9 | 123,1 | 120,0 |
| 10. | -15,3 | 100,1 | 125,0 |

## 4. Következtetések

Optikai iparban termelődő mosodai víz kezelésében hatékonyabbnak bizonyult a vegyszeres kezelés során a $FeCl_3$ (kolloidális szennyezők eltávolítása, vegyszerigény, DOC eredményesebben csökkent), szemben az alumínium-szulfáttal, PIRAL-1 és PIRAL-5-el. A leghatékonyabb módszer a szerves szennyezők eltávolításának szempontjából a biofilteres szűrés volt. A pH vegyszeres kezelés hatására minden esetben savas irányba, biofilteres szűrés esetében enyhén lúgos tartományba tolódott el.

## Köszönetnyílvánítás

Az analitikai vizsgálatok elvégzését a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] WHO, *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater use in agriculture,* World Health Organization, vol. 4, 2006.

[2] Nolde, E., & Dott, W. *Verhalten von hygienisch relevanten Bakterien und Pilzen im Grauwasser*-Ein¯uss der UV-Desinfektion und Wiederverkeimung. gwf Wasser Abwasser, 1991., pp.108-114.

[3] Barkács K., Dr. Biczók Gy., Dr. Borossay J.: *Vízminősítés, vízkezelés*. Szerkesztette: Ligetvári Ferenc, Szarvas, 2000.

[4] Husmann, W.: *Szennyvíztisztítás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.

[5] Patzkó Ágnes: *Kolloidika Laboratóriumi gyakorlatok*, Szegedi Egyetemi Kiadó, Szeged, 2012.

[6] Bányai István: *Asszociációs kolloidok*, oktatási segédanyag, Debrecen, 2015.

[7] Öllős Géza: *Víztisztítás-üzemeltetés*, Egri Nyomda Kft., Eger, 1998.

[8] Basu, O. & Cleary, S. : *BioSand/Slow Sand Filtration.* University of Waterloo, ON. 2003.

[9] Kathleen Yung: *Biosand Filtration: Application in the Developing World*, University of Waterloo, 2003.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 425–428. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.97
http://hdl.handle.net/10598/29123

# ADDITÍV GYÁRTÁS HUZALELEKTRÓDÁS VÉDŐGÁZOS ÍVHEGESZTÉSSEL

# ADDITIVE MANUFACTURING BY GMAW

Uzonyi Sándor[1], Asztalos Lilla[2], Dobránszky János[3]

[1, 2] *BME Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*
*Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. telefon: +36 70 248 72 78*

[3] *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*
*Magyarország, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. telefonszám: +36 1 463 19 34*

[1] *uzonyi.sandor90@gmail.com,*
[2] *asztalos.lilla92@gmail.com,*
[3] *Dobranszky.Janos@eik.bme.hu*

## Abstract

Additive manufacturing (AM) as a rethinking of build-up welding, growing use itself in several fields of mechanical engineering. Using AM, optional geometry can be build, which is limited by the volumetric resolution of the applied process. In industrial application, laser-based AM processes are most popular with integrated five-axis machining centers. The use of metal active gas welding for AM is less honed but perfectly suitable for robotisation. The application of AM can produce spectacular results in the world of arts („printed" bridges), but its technical use has many challenges. The background of the research is a need that came up at an industrial partner of *Flexman Robotics Ltd*. Compared to the traditional build-up welding, the robotized MAG-AM can assure a clear cost-effectiveness when repair large forging tools; because of much less welding consumable consumption and posterior fashioning, thanks to very precise following of the tool geometry during the welding process.

***Keywords**: welding, robotic welding, surfacing, additive manufacturing, GMAW.*

## Összefoglalás

Az angolul additive manufacturing (rövidítve AM) néven ismert eljárások egy része nem más, mint a hagyományos felrakóhegesztés újragondolása, és egyre nagyobb teret hódít magának a gépipar több ágazatában. Alkalmazásával tetszőleges geometria felépíthető, amelynek „csak" az alkalmazott hegesztési eljárás térfogati felbontása szab határt. Ipari alkalmazásban elterjedt a lézersugaras, poradagolásos eljárás, amit öttengelyes megmunkáló központokba integrálnak. A védőgázos, huzalelektródás ívhegesztés alkalmazása az additív gyártásra kevésbé kiforrott, de robotosítva hasonlóan alkalmas. A koncepció alkalmazása látványos eredményeket produkál a művészet világában (művészeti tárgyak, „nyomtatott" hidak), viszont termelési célú műszaki alkalmazása még számos kihívást rejt. A kísérletek hátterében áll a *Flexman Robotics Kft.* ipari partnereinél felmerült fejlesztési igény. Ezzel az eljárással kívánjuk költséghatékonyabbá tenni kovácsszerszámok javító-felrakó hegesztését, a kisebb hegesztőanyag felhasználás és utólagos megmunkálási igény által.

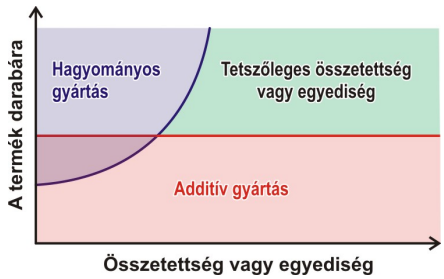
***Kulcsszavak:** hegesztés, robotosított hegesztés, felrakóhegesztés, additív gyártás, MAG hegesztés.*

## 1. Az additív gyártás bemutatása

Additívnak nevezzük az olyan gyártási eljárásokat, amelyek során nem egy, a végleges-nél nagyobb méretű előgyártmányból vagy alapanyagból kiindulva anyagleválasztás során jutunk el a végleges geometriához, hanem a végleges geometriánál kisebb előgyártmányra, alapanyagra viszünk fel, adunk hozzá rétegről rétegre anyagot. Ilyen vagy ehhez hasonló gyártási technológiákat már régóta használnak fémiparban jellemzően felületmódosításra vagy javításra, ezt felrakóhegesztésként ismerjük. Az utóbbi években egyre inkább elterjedő fémporszinterelés is e megmunkálások családjába tartozik; ekkor lézer- vagy elektronsugarat használnak „szerszámként". Ezt a folyamatot azokban az esetekben, amikor az anyaghozzáadást nem felületek módosítására használjuk, hanem geometria építésére, „3D-nyomtatás"-nak illetve „gyors prototípusgyártás"-nak nevezték régebben. A gyors prototípusgyártáson ez a technológia már túlhaladt, teljesen funkcionáló, egyedi készítésű szerszámok készülnek ilyen módon. A 3D-nyomtatás véleményünk szerint nem megfelelő kifejezés, különösen fémek feldolgozása esetén [1].

### 1.1. Az additív gyártás helyzete az iparban

Az additív gyártás megítélése vegyes. A General Electric több mint százezer, ilyen technikával készült alkatrészt tervez beépíteni a LEAP és GE9X turbináiba 2020-ig, míg a Foxconn igazgatója „vásári mutatványnak" tartja ezt a gyártástechnológiát, nem lát benne potenciált. Azokon a területeken, ahol a kis sorozatszámban készülő termékek egy drága öntő-, kovács- vagy fröccsöntőszerszámot nem vagy csak nehezen termelnek ki, érdemes megfontolni az AM bevezetését (**1. ábra**). Ilyen terület lehet pl. a harcirepülőgép-gyártás, vagy az autóipar luxus és egyedi gépjárművekre specializálódott ágazatai [1, 3].




**1. ábra.** *Az additív gyártás „felségterülete" a termékek komplexitása és ára térképén*

### 1.2. Az additív gyártás megítélése

Fontos, hogy a mérnöktársadalom ne ragadtassa el magát túlságosan, és a szenzációhajhászás, mérnöki rekorddöntés kísérletek helyett helyén kezelje az additív gyártást. Ebben a napi sajtó és média nincs segítségünkre, mivel folyamatosan mindenre alkalmas csodatechnológiaként mutatják be, ez által sokszor nem csak a laikusok számára alakul ki torz kép az additív gyártással kapcsolatban.

### 1.3. Fémtermékek additív gyártása

A fémtermékek additív gyártására szolgáló eljárásokat két fő csoportba oszthatjuk. Az egyik a por, a másik a tömör (huzal vagy szalag) alapanyagú. A port használó eljárások közül felületi tulajdonságok módosítására, felrakóhegesztésként már régóta használatos a poradagolásos plazmaív- és lézersugaras hegesztés is. Tömör alapanyagot használó gyártási eljárásnak tekinthető a klasszikus felrakóhegesztés is, végezzük azt bármilyen eljárással. Felrakóhegesztést végeznek a célból, hogy a kopott éleket, felületeket pótolják, újraépítsék. Innen már csak egy lépés annak megfontolása, hogy az egész alakot ilyen módon építsük fel. Erre nem alkalmas akármelyik hegesztési eljárás az előbb felsoroltak közül. Ilyen célra a volfrámelektródás védőgázos ívhegesztés és a huzalelektródás ívhegesztés a legalkalmasabb, ezeket a nemzetközi szakirodalomban WAAM névre keresztelték: „wire and arc additive manufacturing" [1-2, 4-5].

### 1.4. Additív gyártás huzalelektródás védőgázos ívhegesztéssel

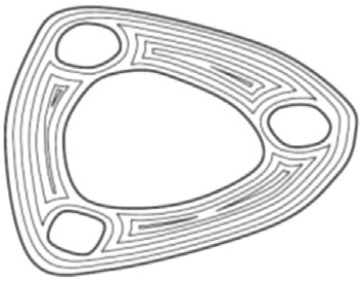
Ha huzalelektródás védőgázos ívhegesztéssel szeretnénk felépíteni egy terméket, alaposan meg kell ismerni a hegesztés technológiai változóinak az ömledékre és a kialakult varratgeometriára gyakorolt hatásait, hogy megfelelő hegesztési pályát generálhassunk. Az, hogy a termék rétegeit alkotó hegesztett sorokat milyen séma szerint tervezzük meg, alapvetően meghatározza a termék minőségét és a gyártási sebességet. A pályagenerálás többnyire számítógéppel történik. A gép a gyártani kívánt termék 3D modelljét adott irányban, adott távolságokban rétegekre bontja, majd a rétegek feltöltéséhez egy előre meghatározott séma szerint pályát generál.

### 1.5. Pályagenerálás

A pályagenerálási logikától függetlenül fontos meghatározni, hogy milyen átfedése legyen a varratsoroknak, hogy egyenletes magasságú réteget kapjunk. Sok különböző pályagenerálási logika létezik, ezek közül a legfontosabb számunkra, ebben a tanulmányban, a kontúr, a cikcakk és a hibrid.

A pályageneráló szoftverek többsége erre a feladatra átalakított, egyébként CNC megmunkálóközpontokhoz használatos program. A szakirodalomban a legtöbbször mint 2,5D feladatot kezelik a problémát, ahol két vízszintes tengely végez szinkronmozgást, és egy ezekre merőleges, külön vezérelt tengellyel állítjuk be a rétegek közötti magasságot.

Vékony falú termékek esetén a kontúr pályát részesítik előnyben (**2. ábra**), ugyanakkor fontos tudni, hogy a kontúr pályás építés során a termék belsejében gyakran maradnak üregek, ahol a sorokat nem sikerül teljesen összeolvasztani. Tehát nem garantálható a teljes tömörség. A jól megválasztott átfedés a hegesztési sorok között segíthet ezen a problémán [9].



**2. ábra.** *A kontúr pályakövetés tervezési sémája*

## 2. Hegesztési kísérletek

A hegesztési kísérleteink során először felmértük a lehetőségeinket és a korlátainkat a laboratóriumban található hegesztőrobot cellával. A YASKAWA EA1400 hattengelyes hegesztőrobot igen nagy mozgásszabadságot biztosít. A pályageneráláshoz nem állt rendelkezésünkre program, azt a hagyományos kézi betanítással végeztük. A robotra szerelt SKS áramforrás megfelelő technikai színvonalat képvisel, széles áramerősség tartományban képes dolgozni. A gázhűtéses hegesztőpisztoly szabja meg a maximálisan használható áramerősséget, illetve annak idejét. A hegesztőcella additív gyártásra való alkalmasságának felméréséhez, 100 mm magas, 25 mm széles és 150 mm hosszú „téglatestet” építettünk fel egy 25 mm vastag alaplemezre. Ehhez 1,0 mm átmérőjű, EMK8 (G4Si1) huzalt és 82% Ar, 18% $CO_2$ védőgázkeveréket használtunk.

### 2.1. Próbahegesztések

A próbahegesztéseket 3 mm vastag S235JR anyagú acéllemezeken végeztük. Mivel a távlati cél szerszámacélok hegesztése, amelyek előmelegítése legalább 300–500 °C, a próbahegesztések során fokozatosan haladtunk 300 °C sorközi hőmérsékletig, és többféle pályaépítési logikát is kipróbáltunk. Cikcakk pálya esetén néhány réteg után a harmadik sor annyira túlhevült, hogy teljesen lefolyt. Különösen igaz ez, ha minden réteg ugyanonnan indul, és ugyano-

da érkezik, a függőleges pisztolytartási kényszer tovább nehezítette a helyzetet.

Gyakorlati úton is megbizonyosodhattunk róla, hogy a 2,5D megközelítés helytelen. Rövidzárlatos anyagátviteli mód helyett impulzusos, szabályozott cseppleválasztással is próbálkoztunk, a rétegek orientációját is cserélgettük. Sajnos a szabályozott cseppleválasztáshoz alkalmazott nagy áramlökések nem tesznek jót a hegfürdő mozgásának. Ha oldalról nem támasztja semmi a fürdőt, fröcskölésnek már nem is nevezhetően szórja ki ilyenkor az anyagot az ív az alaplemezre, annak ellenére, hogy a pisztolyt „rátartottuk" a varratra.

**3. ábra.** *Az elkészült monolit tömb*

E tapasztalatok alapján újragondoltuk a 2,5D pályagenerálást és egy továbbfejlesztett hibrid pályát hoztunk létre, ahol a rövid ívvel készülő kontúrt egy nagy áramú lengetett sor tölti fel. Ilyen módon hegesztettük az előző fejezet végén leírt próbatestet (**3. ábra**), 37 rétegben 114 sorral, 8 óra alatt.

## 3. Vizsgálatok

Az elkészült monolit szerkezetet optikai mikroszkóppal a vizsgáltuk, valamint három szakító próbatestet is kimunkáltunk. A felrakott anyag ferrites, finomszemcsés, hegesztett kötések ömledékére jellemző szerkezet. Egyenletes, véletlenszerű elrendezkedésű, néhánytól néhány tíz µm terjedő átmérőjű salakzárványokkal terhelt, ezek a kontúr és a töltő sorok határán helyenként sorba rendeződnek. Helyenként néhány µmes gázpórusok is megfigyelhetőek. A mechanikai vizsgálatok alapján a monolit tömb és a huzal varratának lágyított állapotban jellemző mechanikai tulajdonságai egyformák. Az alkalmazott eljárás felbontóképessége hozzávetőlegesen 1 mm, a felhegesztett anyagnak kb. 90%-a hasznosítható.

## 4. Következtetések

Kísérleteink alapján kijelenthető, hogy a huzalelektródás védőgázos ívhegesztéssel történő felrakó hegesztés additív gyártásra kiválóan alkalmas. Az általunk használt pályagenerálási logika az eddigieknél gyorsabb és megbízhatóbb. A 2,5D szemlélet helyett hegesztéstechnológiai szempontokat helyezve előtérbe a problémák egészen más megvilágításba kerülnek.

### Szakirodalmi hivatkozások


[1] Conner BP et al.: *Making sense of 3-D printing: creating a map of additive manufacturing.* Additive Manufacturing, 1–4 (2014) 64–76.

[2] Silva RJ, Barbosa GF, Carvalho J: *Additive Manufacturing of Metal Parts by Welding*. IFAC-PapersOnLine 01/2015; 48(3):2318-2322.

[3] Rockstroh T, Abbott D, Hix K, Mook J: *Additive manufacturing at GE Aviation*. Industrial Laser solutions for manufacturing, 26 (2013) 6.

[4] Ding D, Pan Z, Cuiuri D, Li H: *A multi-bead overlapping model for robotic wire and arc additive manufacturing.* Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 31 (2015) 101-110.

[5] Murr LE, Martinez E, Amato KN, Gaytan SM, Hernandez J, Ramirez DA, Shindo PW, Medina F, Wicker RB: *Fabrication of Metal and Alloy Components by Additive Manufacturing: Examples of 3D Materials Science.* Journal of Materials Research and Technology, 1 (2012:1) 42–54.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 429–432.
http://hdl.handle.net/10598/29124
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.98

# KERÁMIA DUGATTYÚ GYÁRTÁSA MIKROFOGYASZTÁSÚ VERSENYAUTÓHOZ

# CERAMIC PISTON MANUFACTURING OF A MICROCONSUMPTION RACE

Vaczkó Dániel

*Kecskeméti Főiskola, GAMF kar, Járműtechnológia tanszék, Magyarország, Kecskemét, Izsáki út 10.,Telefon:+36-76-516-387, vaczko.daniel@gamf.kefo.hu*

## Abstract

In today's prospering world, electric vehicles broaden their horizons. Their presence will be just slightly noticeable in the future because of their high costs and restrained usability. Nowadays most vehicles operate with an internal combustion engine and their development takes a lot of money and effort. The biggest way in developing cars is the increase of efficiency. During our experiment, we did research on delivering a better efficiency, and within that the developments on parts having direct connection with the combustion chamber, namely the piston. After comparing different materials, we chose ceramics as the appropriate piston material.

***Keywords**: piston development, ceramic, $Al_2O_3$, internal combustion engine.*

## Összefoglalás

A mai fejlődő világban egyre nagyobb teret hódítanak az elektromos járművek. Ezek korlátozott használhatósága, illetve magas áruk miatt elterjedésük lassan fog bekövetkezni. Manapság is a járművek nagy része belsőégésű motorokkal üzemelnek, fejlesztésükre sok időt és pénzt fordítanak. Az egyik legnagyobb fejlesztési irányvonal a hatásfoknövelés. A kutatásunk során a hatásfok javításával, azon belül az égéssel közvetlen kapcsolatban álló alkatrész fejlesztésével, a dugattyúval foglalkozunk. Különböző anyagok összehasonlítása után, a kerámiát választottuk megfelelő dugattyúanyagnak.

***Kulcsszavak:** dugattyú fejlesztés, kerámia, $Al_2O_3$, belsőégésű motor.*

## 1. A fejlesztés szempontjából ideális dugattyú anyag kiválasztása

A fejlesztés célja, egy olyan dugattyú készítése, amivel a belsőégésű motor hatásfokát növelni lehet. Hatásfokot kétféle módszerrel lehet növelni, a súrlódások csökkentésével, illetve a hőátadás csökkentésével. A kettő közül, a súrlódási viszonyokat is szem előtt tartva, elsősorban a hőátadás csökkentését tűztük ki célul. Ezt olyan anyag megválasztásával lehet elérni, amely hővezetési együtthatója a lehető legkisebb. A következő, **1. táblázatban** a jelenleg használt, illetve az új dugattyú fejlesztése során használható anyagokat mutatjuk be, a kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkező kerámia tulajdonságai az utolsó sorban láthatóak.

**1. táblázat**. *A lehetséges anyagok*

| *Anyag* | *Sűrűség, g/cm$^3$* | *Rug. eh., GPa* | *Hővezetési eh., W/(m K)* | *Lin. hőtágulási eh., 10$^{-6}$ 1/K* |
|---|---|---|---|---|
| Öntöttvas | 7,8 | 115 | 60 | 9 |
| Al + 18% Si | 2,7 | 69 | 140 | 17 |
| Rozsdamentes acél, AISI 302 | 7,86 | 193 | 16,2 | 17,8 |
| Titán Ti-6Al-4V | 4,43 | 114 | 6,7 | 9 |
| A-997 kerámia ($Al_2O_3$) | 3,90 | 380 | 24 | 5,4-8,4 ~ 7 |

A kerámia az az anyag, ami a járműgyártás terén még eléggé újnak számít. Ritkán, legfeljebb csak kísérleti fázisban használatosak. Az előgyártmány előállítása, majd a készremunkálás körülményes, különleges technológiát igényel, főképp az előző anyagokhoz képest. A fejlesztés céljai tekintetében rendkívül jó tulajdonságokkal rendelkezik. Hővezetése a rozsdamentes acéltól és a titántól csekély mértékben elmarad, de még így is az alumínium ötvözetekhez képest tényezője ötöde. Hőtágulási tényezője nagyon kicsi, így a legkedvezőbb. Súrlódási tényezője viszont rendkívül alacsony. [1]

Az új fejlesztésű dugattyú anyagául a kerámia bizonyul a legmegfelelőbbnek.

## 2. $Al_2O_3$ – műszaki kerámia

A kerámia az emberiség életében már több ezer éve jelen van. A kerámia görög szóból ered, jelentése kiégetett. Régen az agyagból és kaolinból kiégetett porcelán tárgyakat nevezték kerámiáknak.

Mára a kerámia szó gyűjtőfogalommá vált. Kerámiának nevezünk minden olyan mesterségesen előállított szervetlen anyagot, amely nemfémesen viselkedik. Ezek az anyagok általában igen nagy villamos ellenállással rendelkeznek, mivel az ezeket lehetővé tevő szabad elektronok a szerkezetéből hiányoznak. [2]

A kerámiák osztályozása több csoportra sorolhatók. A dugattyú fejlesztése során az oxidkerámiák csoportjában található műszaki kerámiák közül az $Al_2O_3$-at fogjuk alkalmazni.

Az $Al_2O_3$ műszaki kerámiák fontosabb tulajdonságai a fejlesztés szempontjából:

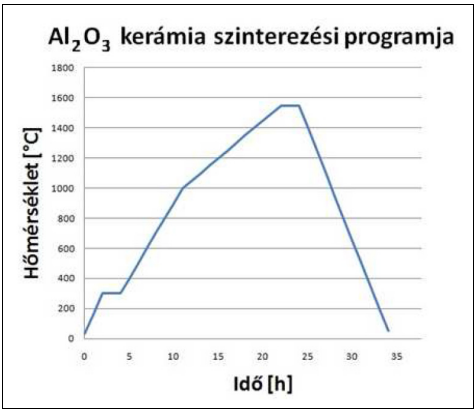
- kis sűrűség,
- magas olvadáspont,
- nagy keménység,
- nagy kopásállóság,
- nagy melegszilárdság,
- ridegség, törékenység,
- nehézkes gyárthatóság.

A nyersanyagból előállított porok alkalmazásának két lehetősége van, iszapöntés és sajtolás. Öntésre azok a kerámiák alkalmazhatók, amelyeknek a vízfelvétele széles határok között választható. Sajtolásnál a kerámiapor csak a kötést erősítő anyagokat tartalmaz. Az alakadást követően, a víz kiszárítása után (öntésnél), megfelelő követelményeknek megfelelően kiégetik a terméket. [2]

A dugattyú előgyártmányát sajtolásos módszerrel hozzuk létre, így a továbbiakban ezzel fogunk foglalkozni. A sajtolás többféle módja ismert, ilyen a száraz, nedves, illetve hideg és meleg sajtolás.

Végső tulajdonságait kiégetéssel lehet elérni. A kiégetés nagy hőmérsékleten, álta-

lában 1300-1600°C-on történik, amelynek során új fázisok jönnek létre az adalékanyagok hasznosulásával. Hatására csökken a kerámia porozitása, törékenysége, javulnak a mechanikai tulajdonságai. $Al_2O_3$ kerámia esetén az elérhető sűrűség a kiégetés hőmérsékletétől is függ. [2]




**1. ábra.** *A szinterezés programja [2, 53. oldal]*

## 3. Gyártás

Miután kiválasztásra, megismerésre került a kiválasztott anyag, elemeztük a dugattyú igénybevételeit, ezután elkezdtük annak geometria tervezését. A kész geometriával szimulációkat végeztünk, majd a végleges forma segítségével a gyártáshoz szükséges présszerszámot terveztük meg. Az elkészült sajtoló szerszám segítségével a nagypontosságú kerámia alkatrészeket gyártó cég elkészítette a dugattyút.

Az elkészült szerszámmal a gyártónál folytatódott a dugattyú elkészítése. A szerszámot egy speciális gumicsőbe helyeztük bele, majd feltöltöttük a 95% tisztaságú, 1 µm-nél kisebb szemcsenagyságú kerámia porral. A gumicsövet felülről lezártuk, ezután belehelyeztük a présgépbe. A préselést a gépben lévő szobahőmérsékletű víz fogja elvégezni 1000 bar-os (!) nyomással. A présgép ezt a nagy nyomást hidraulikus áttételeken keresztül valósítja meg. A préselés közben a porszemcsék között maradt levegő gyors nyomásesés esetén képes szétrepeszteni a préselt darabot, ezért a nyomás leengedése elég kényes művelet. Az utolsó fázisban a szerszámot ki kell venni az elkészült előgyártmányból. Ez nagy tapasztalatot és kézügyességet igényel.

Az első préselést követően a szerszámot kivéve a préselt előgyártmányból a csapszemből sajnos le is tört egy kisebb darab. Ezt a problémát szerszám felületén utólag megtalált kisebb hiba okozta. A felületi hibát speciális polírozó szerrel, (disznózsírba kevert gyémántporral) a szerszámon kijavításra került, így a további előgyártmányok sikeresen elkészültek.

**2. ábra.** *A présszerszám*

A következő lépésben esztergálással és marással készült el a külső geometria. Ennél a folyamatnál minden méretet egy megadott értékkel felszorozva kell elkészíteni a munkadarabot a hőkezelés közben fellépő zsugorodás miatt. A forgácsolás során a préselt előgyártmány kréta állagú anyagával kell dolgozni, ami a megfogásoknál igen nagy odafigyelést igényel, ugyanis csekély erő alkalmazása esetén az előgyártmány összeroppan. Az előgyártmány kréta állaga ellenére is csak gyémántszerszámokkal munkálható meg. Ez a préselt, kréta állagú anyag rendkívüli módon képes koptatni a

gyémánt anyagú, illetve a gyémánt bevonatú szerszámokat is. Az esztergálási folyamat a **3. ábrá**n látható.

**3. ábra.** *A kerámia előgyártmány esztergálása*

A forgácsolás után a darabok kiégetése következett. Ezt 1300-1600 fokon több napon keresztül, fontos és titkos technológiai folyamatok betartásával végeztük. Eközben a szerves kötőanyagok kiégnek és végül a kréta állagból egy igen kemény, most már kerámia anyag lesz. A kiégetés utáni művelet a köszörülés. A kiégetett kerámia olyan kemény anyaggá válik, amit tisztán csak kötőanyagba ágyazott gyémántszemcsés koronggal lehet köszörülni. A köszörülés során speciális munkadarab készüléket kell igénybe venni a darab ridegségéből adódóan. Ebben a műveletben készült el a műszaki számítások és a szimuláció segítségével meghatározott kúposság, illetve a csapszemfuratok tűrésezett méretei. Az elkészült alkatrész a **4. ábrá**n látható.

**4. ábra.** *Az elkészült dugattyú*

## 4. Következtetések

A gyártás után a szokásos méretellenőrzések kerültek elvégzésre, amely során meggyőződtünk arról, hogy a meghatározott méretek, tűrések pontosan kerültek legyártásra.

Az utolsó lépésben fékpadi méréseket végeztünk, aminek eredményeiről egy későbbi cikkünkben fogunk beszámolni.

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Vaczkó D.: *Mikrofogyasztású versenyautó dugattyú fejlesztése*. 2015., OTDK, különdíj

[2] Engyel F.: *Alumínium-oxid alapú polimer-feldolgozó szerszámok fejlesztése*. 2012.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 433–436. DOI: 10.33895/mtk-2016.05.99
http://hdl.handle.net/10598/29126

# FAJLAGOS FORGÁCSOLÓ ERŐ SZERKEZETFÜGGŐSÉGE

# THE SPECIFIC CUTTING FORCE AS A FUNCTION OF THE MICROSTRUCTURE

Varga Péter[1], Horváth Richárd[2], Oláh Ferenc[3], Lozsek Martin[4]

[1234]*Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, H-1081, Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8.*

[1]*varga.peter@bgk.uni-obuda.hu;* [2]*horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu;*

[3]*illogicalferi@gmail.com;* [4]*martin.lozsek@gmail.com*

## Abstract

One of the most important parameter in cutting is the cutting force and the ratio of the components of the force. The ratio of the main force component and the chip's cross-section is the so-called specific cutting force. The specific cutting force is closely linked to the mechanical properties of the material such as the tensile strength and hardness. This paper discusses the dependence of the specific cutting force on the microstructure of the material. Two kind of specimens are examined which have the same chemical composition and hardness but different microstructure – due to different heat treatment.

***Keywords**: heat treatment, microstructure, turning, cutting force measuring, specific cutting force.*

## Összefoglalás

Az anyagok forgácsolhatóságának egyik jellemzője a forgácsoláskor fellépő erőhatások nagysága és aránya. A forgácsoláskor fellépő erőhatás és a deformálatlan forgácskeresztmetszet hányadosát fajlagos forgácsoló erőnek nevezik, mely értékkel jellemezhetőek a forgácsolandó anyagok. A fajlagos forgácsoló erő értéke szoros kapcsolatban áll a munkadarab mechanikai tulajdonságaival (pl.: keménység, szakítószilárdság). Ez a publikáció, mechanikai tulajdonságokban összehasonlítható, azonos összetételű, de – eltérő hőkezelési állapotuknak köszönhetően – különböző szövetszerkezettel rendelkező acél alapanyag fajlagos forgácsoló erő vizsgálatát mutatja be.

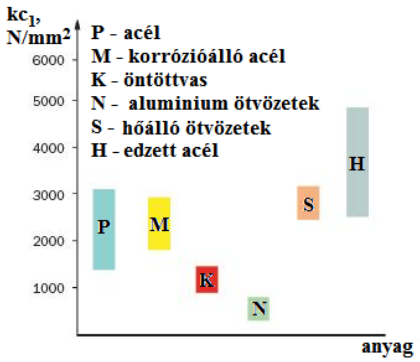
***Kulcsszavak:** hőkezelés, szövetszerkezet, esztergálás, forgácsoló erőmérés, fajlagos forgácsoló erő.*

## 1. Bevezetés

Bizonyított, hogy a szövetszerkezettől nagyban függnek a mechanikai tulajdonságok. Az anyagok egyik fontos forgácsolhatósági tulajdonsága a forgácsoló erő igénylük, melyet az alábbi módon tudunk meghatározni:

$$F=k\cdot A \qquad (1)$$

ahol az $A$, mm$^2$ a deformálatlan forgács keresztmetszet, a $k$, N/mm$^2$ pedig a fajlagos forgácsoló erő, melyet alapvetően a keménységgel és a szakítószilárdsággal hoznak kapcsolatba [1]. Ezeket az értékeket a szerszámkatalógusok is használják, olyan módon, hogy a $k$ értékeit bizonyos intervallumban egy adott betűjellel (forgácsolandó anyag típusok) jelölik. Az **1. ábra** egy ilyenre mutat példát.




**1. ábra**. *Fajlagos forgácsoló erő értékek (k) forgácsolandó anyagtípusok szerint [2 alapján]*

Sok kutatás foglalkozik a különböző alapanyagok forgácsolhatóságával, forgácsolási erő igényeivel.

AISI 4340 acél erőtani viszonyait vizsgálták Suresh és társai [3] esztergálásnál. Vizsgálataikat bevonatos keményfém szerszámmal végezték. Lineáris egyenleteket építettek a forgácsoló erő eredője és a fajlagos forgácsoló erő számítására. Megállapították, hogy a forgácsoló erőre és a fajlagos forgácsoló erőre legnagyobb hatással az előtolás van, ezt követi a fogásmélység, majd a forgácsolási sebesség.

Rao és társai [4] AISI 1050 acél esztergálását vizsgálták, kerámia szerszámmal. Vizsgálataikat a felületi érdesség vizsgálatára és a forgácsolás erőtani viszonyaira terjesztették ki. Empirikus modelleket alkottak mind az érdesség mind a forgácsoló erők becslésére, és megállapították, hogy az előtolásnak szignifikáns hatása van mind a forgácsoló erőre, mint a felületi érdességre. A forgácsolási sebesség sem a kialakult érdességre sem a forgácsoló erőre nem volt számottevő hatással, a fogásmélység pedig csak a forgácsoló erőt befolyásolta.

Az anyagok fajlagos forgácsoló erejének függése kizárólag a keménységtől és/vagy a szakítószilárdságtól véleményünk szerint nem egzakt megközelítés, hiszen azonos mechanikai tulajdonságok (keménység, szakítószilárdság) eltérő szövetszerkezetekkel is elérhetőek [5].

E cikkben annak a kísérletsorozatnak az eredményeit mutatjuk be, mely arra keresi a választ, hogyan alakul a fajlagos forgácsoló erő igény, azonos kémiai összetételű és keménységű, ám különböző szövetszerkezetű acél esztergálásakor.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. Acélminőség

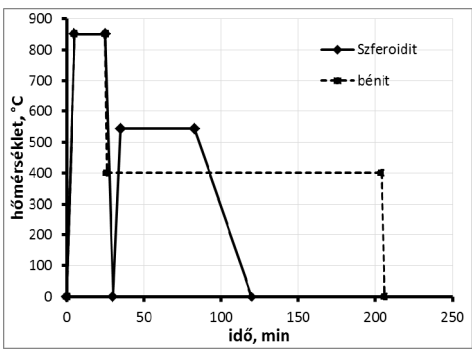
A vizsgálatokat 34CrNiMo6 nemesíthető acél próbatesteken végetzük, melynek összetétele az 1.-es táblázatban található.

**1. táblázat.** *34CrNiMo6 összetétel*

| C | Si | Mn | Cr | Mo | Ni |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,3-0,38 | max. 0,4 | 0,5-0,8 | 1,3-1,7 | 0,15-0,3 | 1,3-1,7 |

### 2.2. Az alkalmazott hőkezelések

A hőkezelési eljárások során azonos keménységű szövetek létrehozása volt a cél, melyek különbözőképp keletkeztek. Hűlés során bénit, hevítéssel szferoidit jött létre. A hőkezelési ciklusok a 2-es ábrán láthatók.




**2. ábra**. *Hőkezelési diagramok*

- A szferoidites szövetszerkezet létrehozását úgy értük el, hogy 850 °C-on hőn tartottuk 20 percig a darabokat, azután olajban hűtöttük (ezzel elérve a martenzites szövetszerkezetet, 575±3 HV), majd 545°C-on egy órán keresztül megeresztettük és levegőn hűtöttük.

- A bénites szövetszerkezetet hasonlóan 850 °C-on hőn tartottuk, majd izotermásan hűtöttük 400 °C-os sófürdőben három órán keresztül.

### 2.3. Az eltérő szövetszerkezetű acélok (34CrNiMo6) szilárdsági tulajdonságának vizsgálata

A hőkezelések után minden munkadarabon keménységmérést végeztünk 3 alkalommal. A mért keménységek (szövetszerkezetenként 12 db mérés) átlaga és szórása az 1. táblázatban található.

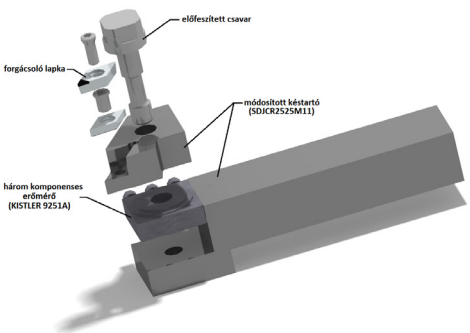
**1. táblázat.** *Keménységmérés eredményei*

| Szövetszerkezet | HV átlag | $s_{HV}$ |
|---|---|---|
| Bénit | 364 | 3,92 |
| Szferoidit | 369 | 3,60 |

Az **1. táblázat**ból látható, hogy különböző szövetszerkezeteknél sikerült közel megegyező keménységet előállítani.

### 2.4. Forgácsoló erő mérés

A forgácsolási erőmérés egy speciálisan átalakított esztergakésszárból (PDLNR 2525M 11) lett átalakítva, oly módon, hogy a lapka alá egy KISTLER 9251A 3 komponenses erőmérő lett beépítve (**3. ábra**) [6].



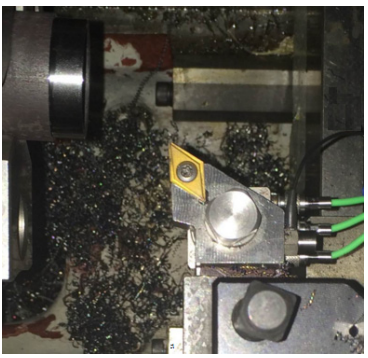

**3. ábra** *Erőmérésre átalakított eszterga késszár*

A forgácsoláshoz használt bevonatos keményfém lapka kódja: DCMT 11T304-53 (Sandvik).

A forgácsolási kísérleteket úgy végeztük, hogy a forgácsoló sebességet, melynek hatása a legkisebb a forgácsoló erőre [7,8,9] $v_c$ = 100 m/min, valamint a fogásvételt $a$ = 0,5 mm konstans értéken tartottuk, míg 8 szinten változtattuk az előtolás értékét $f$ = 0,03-0,17 mm.

## 3. Eredmények

A forgácsolási kísérleteket mindkét szövetszerkezetű acélnál azonos körülmények között végeztük. A kísérletek elrendezésének felülnézeti képét mutatja a **4. ábra**.



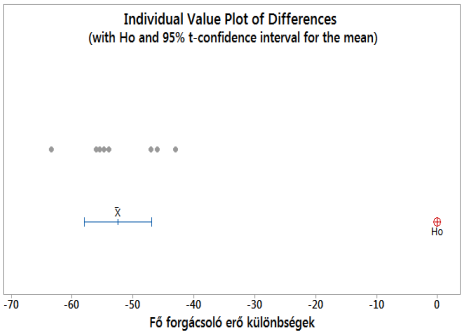
**4. ábra** *Forgácsolási kísérletek elrendezése*

A kísérleti beállításokat, és a fő forgácsoló erő valamint a hozzá tartotó fajlagos forgácsoló erő értékét a **2. táblázat** tartalmazza.

**2. táblázat.** *Kísérleti beállítások eredményei*

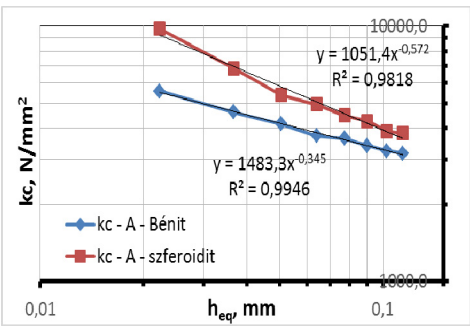
| Mérési pontok | f, mm | A, $mm^2$ | $F_c$ bénit, N | $k_c$ bénit, $N/mm^2$ | $F_c$ szferoidit, N | $k_c$ szferoidit $N/mm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 0,03 | 0,015 | 84 | 5573,3 | 147 | 9800,00 |
| 2. | 0,05 | 0,025 | 116 | 4620,0 | 171 | 6840,00 |
| 3. | 0,07 | 0,035 | 145 | 4142,9 | 188 | 5371,43 |
| 4. | 0,09 | 0,045 | 167 | 3715,6 | 222 | 4933,33 |
| 5. | 0,11 | 0,055 | 200 | 3636,4 | 246 | 4472,73 |
| 6. | 0,13 | 0,065 | 221 | 3400,0 | 277 | 4261,54 |
| 7. | 0,15 | 0,075 | 244 | 3253,3 | 291 | 3880,00 |
| 8. | 0,17 | 0,085 | 270 | 3176,5 | 324 | 3811,76 |

Az eredményekből jól látható, hogy a bénites szövetű anyag főforgácsoló erő igénye kisebb a szferoiditesnél, melyeknek szignifikáns különbségét páros t-próbával ellenőriztük (**5. ábra**).




**5. ábra.** *A fő forgácsoló erők összehasonlítása páros t-próbával*

Az ekvivalens forgácsvastagság [10] függvényében logaritmikus léptékben vizsgálva a fajlagos forgácsoló erő igényét a vizsgált daraboknak, szintén megállapítható az előbb említett különbözőség (6 ábra).




***6. ábra.*** *A fajlagos forgácsoló erők az ekvivalens forgácsvastagság függvényében.*

## 4. Következtetések

Az elvégezett kísérletek célja volt azonos keménységű, de eltérő szövetszerkezetű acélok forgácsolhatóságainak vizsgálat a fő forgácsoló erő komponens, valamint a fajlagos forgácsoló erő értékek elemzésével. Ennek érdekében eltérő hőkezeléssel létrehoztunk azonos keménységű, de eltérő szövetszerkezetű próbadarabokat (bénit, szferoidit), majd elvégeztük ezek forgácsolási kísérleteit, melyekből az alábbiak állapíthatóak meg:

- A forgácsolhatóságot nagyban jellemző fajlagos forgácsoló erő jelentős különbözőséget mutat azonos összetételű, keménységű, de eltérő szövetszerkezetű acélok esetén;
- a bénites szövetű acél fajlagos forgácsoló erő igénye számottevően kisebb, melyet páros t-próbával igazoltunk.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Smith, G.T.: *Cutting Tool Technology*, (Springer-Verlag London, 2008)
[2] Corokey 2010 szerszámkatalógus (Sandvik)
[3] Suresh, R., Basavarajappa, S., Samuel, G.L.: *Some studies on hard turning of AISI 4340 steel using multilayer coated carbide tool*, Measurement 45, 2012, 1872–1884.
[4] Rao, C.J., Rao, D.N., Srihari, P.: *Influence of cutting parameters on cutting force and surface finish in turning operation*, Procedia Engineering 64, 2013, 1405 – 1415.
[5] Barta, I., Kovács, T., Borossay, B.: Adott szerkezetű próbatestek előállítása, XII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Koloszvár 2007, 27–30.
[6] Horvath, R.. Palinkas, T., Matyasi. Gy., Dregelyi-Kiss, A.: *The design, calibration and adaption of a dynamometer for fine turning*, International Journal of Machining and Machinability of Materials (in print)
[7] Aouici, H., Yallese, M.A., Chaoui, K., Mabrouki, T., Rigal, J.-F.: *Analysis of surface roughness and cutting force components in hard turning with CBN tool: Prediction model and cutting conditions optimization*, Measurement 45 (2012) 344–353
[8] Lalwani, D.I., Mehta, N.K., Jain, P.K.: *Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel*, Journal of materials processing technology 206 (2008) 167–179.
[9] Fetecau, C., Stan F.: *Study of cutting force and surface roughness in the turning of polytetrafluoroethylene composites with a polycrystalline diamond tool*, Measurement 45 (2012) 1367–1379.
[10] Horváth, R., Sipos, S., Mátyási, Gy.,: *Új erőmodell finomesztergálás esetén*, GÉP 6-7, (2014) 50-55.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 437–440.
http://hdl.handle.net/10598/29127
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.100

# FÉMHABSTRUKTÚRA ELEMZÉSE CT FELVÉTELEK ALAPJÁN

# STRUCTURAL ANALYSIS OF METAL FOAMS WITH COMPUTED TOMOGRAPHY

Varga Tamás Antal[1], Budai István[2], Gábora András[3], Kozma István[4], Manó Sándor[5], Mankovits Tamás[6]

[1]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77780, varga.tamas@eng.unideb.hu*

[2]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, budai.istvan@eng.unideb.hu*

[3]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, andrasgabora@eng.unideb.hu*

[4]*Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, 9026, Magyarország, Győr, Egyetem tér 1, kozma@sze.hu*

[5]*Debreceni Egyetem, Ortopédiai Klinika, 4028, Magyarország, Debrecen, Nagyerdei körút 98, manos@med.unideb.hu*

[6]*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, tamas.mankovits@eng.unideb.hu*

## Abstract

The development of an efficient procedure for 3D modelling and finite element simulation of metal foams is one of the greatest challenges to engineer researchers nowadays. Creating 3D CAD model from its structure is alone a demanding engineering task due to its extremely complex geometry, and the proper finite element analysis process is still in the center of the research. In this paper the evaluation of the records of the X-ray computed tomography inspection is introduced for the investigated specimen.

***Keywords**: metal foam, modeling, computed tomography, volume analysis*

## Összefoglalás

A mérnöki kutatások egyik nagy kihívása a mára már széles körben alkalmazott fémhabok geometriai modellezése, valamint a megalkotott 3D-s modell numerikus szilárdságtani vizsgálata. A fémhab struktúrája meglehetősen bonyolult, így a valóságot jól megközelítő CAD modell előállítása önmagában is komoly mérnöki feladat, annak adott terhelésre történő véges elemes szimulációja pedig a kutatások középpontjában áll. A projekt ezen részének célja, hogy a próbatestekről készített CT felvételek alapján elemezzük a belső cellák térfogatát.

***Kulcsszavak:** fémhab, modellezés, CT, térfogatelemzés*

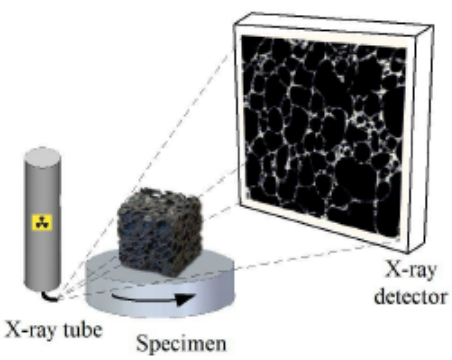
## 1. Bevezető

A fémhab viszonylag régóta ismert, de ipari és orvosi alkalmazása csak az elmúlt pár évben kezdett széles körben elterjedni. Ez annak köszönhető, hogy mára már megbízható eljárások léteznek a gyártási technológiára, amely technológia eredményeképpen szabályozható az előállításra kerülő fémhab belső szerkezete. Köztudott, hogy a fémhaboknak kicsi a sűrűsége, de ennek ellenére kiváló mechanikai és fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek [1-3]. Emellett számos olyan pozitív tulajdonságuk van, amelynek eredményeként nemcsak rezgés-, vagy ütközéscsillapításra alkalmasak, hanem teherviselő elemként (járműalkatrészként, protézisként) is kiválóan helytállnak [4-9]. Ezek a területek, leginkább teherviselő anyagként alkalmazzák a fémhabokat, ezért azt várjuk, hogy az alkalmazás során rugalmasan viselkedjen, így megfelelő biztonsággal kell ismernünk, vagy képeseknek kell lennünk megbecsülni az anyagunk válaszát az adott terhelésre. Annak érdekében, hogy egy geometriai modellt tudjunk előállítani a fémhabról, ami egy komoly mérnöki feladat, kellő információval kell rendelkeznünk annak a belső szerkezetéről [10]. A fémhabok fizikai és mechanikai tulajdonságai közvetlenül függnek a fémhab struktúrájától és sztochasztikus jellegétől. Mivel a fémhabok belső szerkezete meglehetősen bonyolult, így felületelemzéssel csak hiányos, sok esetben pedig félrevezető információhoz juthatunk.

Jelenleg leghatékonyabban CT berendezéssel lehet meghatározni a fémhabok belső struktúráját. Ez az eljárás nagyon hatékony, de egyben elég komplex feladatot ad az ebből kidolgozni kívánt modell előállítása. Az eljáráshoz CT berendezésre van szükségünk, amely nem mindig áll rendelkezésre, illetve az ilyenfajta modellalkotásnak komoly számítási igénye van, amelyet egy átlagos teljesítményű számítógép nem képes elvégezni. Kijelenthető, hogy ez ma a legkorszerűbb olyan eljárás, amely segítségével pontos információkhoz juthatunk a vizsgált szerkezetünk belsejéről is. Jelenlegi cikkünkben, bemutatni kívánunk egy újszerű struktúra elemzési eljárást a fémhab belső szerkezetével kapcsolatban.

## 2. CT berendezés működése

A CT berendezés az egyedüli méréstechnikai eszköz, amellyel olyan térfogatinformáció szerezhető a vizsgált alkatrészről, ami nemcsak a külső burkolófelület topológiáját határozza meg nagy pontossággal, hanem adatot szolgáltat a belső struktúráról, inhomogenitásról is [11]. Napjainkban a CT berendezéseket számos vizsgálathoz alkalmazzák. Az egyik legismertebb alkalmazási területi az orvostudomány, de számos műszaki alkalmazási területe van. A CT berendezés 2D-s felvételt készít az adott munkadarabról, majd a munkadarabot az asztallal együtt egy bizonyos szögben elfordítja, és újabb felvételt készít róla (1. ábra). Ez addig folytatódik, amíg az adott munkadarab teljesen körbe nem fordul. Az alkatrész ellentétes oldalán elhelyezett detektor érzékeli a különböző röntgen intenzitást. A vizsgálat elvégzése után rendelkezésünkre áll minden egyes egységnyi szögelfordulás után egy 2D-s kép. A CT berendezés működési elvét az **1. ábra** szemlélteti.




**1. ábra.** *CT berendezés működése*

## 3. Térfogatelemzés CT felvételek alapján

A CT felvételek alapján a fémhab próbatesteken porozitás vizsgálatot lehet elvégezni egy célszoftver segítségével, amellyel meghatározhatóak a fémhab modelleket felépítő cellák adatai. A kiértékelő szoftverbe a próbatestekről készült CT felvételek kerülnek importálásra, majd a szoftver ezeket feldolgozza, tehát elmondható, hogy az eredeti CT képekkel dolgozik, azokat nem alakítja át, így az eljárás hitelesnek mondható. Számunkra a következő adatok bizonyulhatnak hasznosnak:

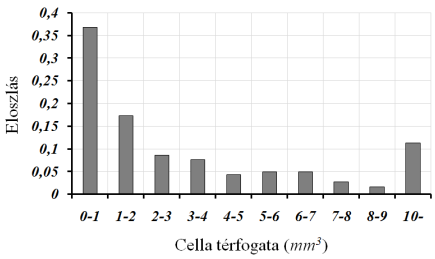
- cella körülírható gömbjének átmérője;
- cella középpontja;
- cella térfogata;
- cella felülete;
- két cella közötti legkisebb távolság;
- cella gömbisége;
- cellát körülírható téglatest méretei.

A szoftver által meghatározott adathalmazból a későbbiekben lehetőségünk nyílik jobban megismerni a fémhabunk struktúráját, és ez a későbbiekben hasznos lehet egy idealizált modell felépítéséhez is. A vizsgálatból látható majd, hogy a fémhabstruktúránk teljesen rendezetlen cellákból állnak. Ez a legfőbb ok, amiért nehéz modellezni a fémhabstruktúrát idealizált modellekkel, és ezért előnyös CT alapú valós modelleket használni, és azokat szimulálni.

A következőekben a vizsgálati eljárás által meghatározott adatokat kívánjuk bemutatni egy próbatesten. Az általunk vizsgált alumíniumhab alapanyaga Al-SiC, amely kelesztéses eljárással lett előállítva. A próbatest mérete 14,5 mm x 14,5 mm x 14,5 mm. A térfogatelemző szoftver a próbatesten 185 cellát detektált, és meghatározta az általunk meghatározni kívánt adatokat. A szoftver csak az 1 mm3-nél nagyobb cellákat vizsgálta.

### 3.1. Cellák térfogatának eloszlása

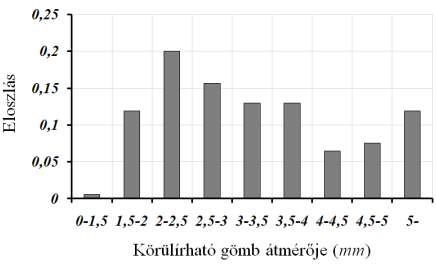
A fémhab számos cellából épül fel, amelyek jelen gyártási technológiának köszönhetően nem azonos alakúak és méretűek. Az idealizált modell kialakításához ezekről a cellákról minél több információt kell megtudnunk, hogy komplex képet kapjunk a fémhabunk struktúrájáról. A térfogatelemző szoftverünk segítségével lehetőségünk van ezeknek a celláknak a térfogatát meghatározni. A **2. ábrá**n láthatjuk a fémhabot felépítő cellák térfogateloszlását.




**2. ábra.** *Cellák térfogatának eloszlása*

### 3.2. Cellaátmérők eloszlása

A térfogatelemző szoftver képes meghatározni a cellát körülíró kör átmérőjének nagyságát meghatározni. Ez az átmérő egyben az cella két legszélsőbb pontjának távolsága. Ezeknek az átmérőknek az eloszlását a **3. ábrá**n láthatjuk.

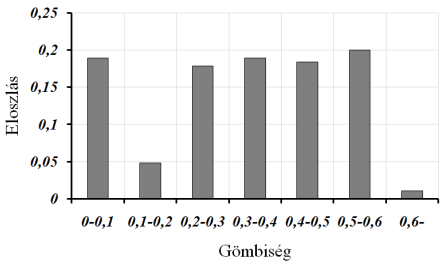



**3. ábra.** *Cellát körülíró gömb átmérői*

### 3.3. Cellák gömbisége

A fémhabunkban lévő cellák nem szabályosak így érdemes megvizsgálni ezeknek gömbiségét. A gömbiség egy arányszám, amely annak az értéke, hogyan aránylik az

cella térfogata a cellát körülíró gömb térfogatához. Ezzel megkapjuk, hogy az általunk vizsgált cellák mennyire szabályosak (**4. ábra**).




**4. ábra.** *Cellák gömbiségének eloszlása*

## 4. Összefoglalás

A CT felvételek alapján megvizsgáltuk a fémhab belső struktúráját és elemeztük azt. A vizsgálat során meghatároztuk a fémhab celláinak nagyságát, elhelyezkedését. A vizsgálat során arra a következtetésre jutottunk, hogy a fémhabot felépítő cellák nem szabályos gömb alakúak, így a modell geometriáját nehezen lehet gömb elemekből felépíteni.

## 5. Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az Emberi Erőforrások Minisztériuma megbízásából az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által 2015-ben meghirdetett „Egyedi fejlesztést biztosító ösztöndíjak” (NTP-EFÖ-P-15) című pályázati kiírása alapján a Nemzeti Tehetség Program támogatta.

## Szakirodalmi hivatkozás

[1] Ashby, M.F., Evan, A.G., Fleck, N.A., Gibson, L.J., Hutchinson, J.W., Wadley, H.N.G: *Metal Foams: A Design Guide. Butterworth-Heinemann*, 2000.

[2] Czekanski, A., Attia, M.S., Meguid, S.A., Elbestawi, M.A: *On the Use of a New Cell to Model Geometric Asymmetry of Metallic Foams.* Finite Elements in Analysis and Design, 41(13), 1327-1340, 2005.

[3] Banhart, J: *Manufacture, Characterization and Application of Cellular Metals and Metal Foams.* Progress In Materials Science, 46(6), 559-632, 2001.

[4] Vendra, L.J., Rabiei, A: *Evaluation of Modulus of Elasticity of Composite Metal Foams by Experimental and Numerical Techniques.* Materials Science and Engineering: A, 527(7-8), 1784-1790, 2007.

[5] Tuncer, N., Arslan, G: *Designing Compressive Properties of Titanium Foams.* Journal of Materials Science, 44(6), 1477-1484, 2009.

[6] Kádár, Cs., Chmelík, F., Rajkovits, Zs., Lendvai, J: *Acoustic Emission Measurements on Metal Foams.* Journal of Alloys and Compounds, 378(1-2), 145-150, 2004.

[7] Djebbar, N., Serier, B., Bouiadjra, B.B., Benbarek, S., Drai, A: *Analysis of the Effect of Load Direction on the Stress Distribution in Dental Implant.* Materials&Design, 31(4), 2097-2101, 2010.

[8] Kashef, S., Asgari, A., Hilditch, T.B., Yan, W., Goel, V.K., Hodgson, P.D: *Fracture Toughness of Titanium Foams for Medical Applications.* Materials Science and Engineering: A, 527(29-30), 7689-7693, 2010.

[9] Mankovits, T., Tóth, L., Manó, S., Csernátony, Z: *Mechanical Properties of Titanium Foams, a Review.* Proceedings of the 1st International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering, 10-11 October, Debrecen, Hungary, 2013.

[10] Saadatfar, M., Mukherjee, M., Madadi, M., Schröder-Turk, G.E., Garcia-Moreno, F., Schaller, F.M., Hutzler, S., Sheppard, A.P., Banhart, J., Ramamurty, U: *Structure and Deformation Correlation of Closed-cell Aluminium Foam Subject to Uniaxial Compresion.* Acta Materiala, 60(8), 3604-3615, 2012.

[11] Kozma, I: *A komputertomográf ipari alkalmazásai.* A jövő járműve járműipari innováció, Volume 5/3-4, Győr, Hungary, 2006, 8–11.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 441–444. DOI: 10.33895/mtk-2016.05. 101
http://hdl.handle.net/10598/29128

# A MESTERSÉGES NEURÁLIS HÁLÓZATOK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A BIOMETRIKUS SZEMÉLYAZONOSÍTÁSBAN

# ADAPTATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN BIOMETRICS

Werner Gábor[1], Hanka László[2]

[1]*Óbudai egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, 1034 Magyarország, Budapest, Bécsi út 96./b; +36 (1) 666-5375, wga.bme@gmail.com*

[2]*Óbudai Egyetem, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, 1081 Magyarország, Budapest, Népszínház utca 8.; +36(1)-666-5322, hanka.laszlo@bgk.uni-obuda.hu*

## Abstract

In this study we have presented a simplified solution of an artificial neural network which is matching the patterns of biometrical templates. It was shown how an artificial neural network built up and how it works. We gave a manual instruction step-by-step of our algorithm's procedure, and we highlighted the mayor difficulties and traps that we experienced.

***Keywords**: biometrics, artificial intelligence, artificial neural network.*

## Összefoglalás

Cikkünkben a mesterséges neurális hálózatok biometriában történő alkalmazhatóságát vizsgáltuk. Bemutattuk, hogy a mesterséges neurális hálók hogyan épülnek fel, mi adja működésük alapját és milyen problémák megoldására alkalmazhatóak. Egy általános, de plasztikus leírással pontról pontra ismertetjük az általunk alkalmazott algoritmus működését, felkeltve az olvasó figyelmét azokra a nehézségekre amiket mi is megtapasztaltunk.

***Kulcsszavak:** biometria, mesterséges intelligencia, mesterséges neurális hálózat.*

## 1. Bevezetés

A biometrikus azonosításban nehézségeket okoz, hogy a beolvasott minták jelentős eltérést mutathatnak a tárolt sablonokhoz képest. Ennek következtében sok esetben az eredeti biometrikus mintát is imposztornak érzékelheti az azonosítóeszköz.

Amennyiben megvizsgáljuk ezen eltérések lehetséges okait, akkor több tényezőt is megemlíthetünk, amelyek mind befolyásolják a biometrikus mintázatot. A konvencionális biometrikus vizsgálat során az azonosítandó személy valamilyen egyedi biológiai sajátosságát vizsgálva azonosítjuk az identitást. Ez a sajátos jegy azonban nem tekinthető permanensnek. Függően az adott biometrikus azonosítási módszertől, a mintázat beolvashatóságát erősen befolyásolhatja az időjárás, a helyi környezeti viszonyok (fény, páratartalom, por, stb.), az azonosítandó személy lelki és fiziológiai állapota, valamint az eszköz és a felhasználó közti ember-gép kapcsolat (az azonosítandó személy ismeri-e, tudja-e kezelni az eszközt, a telepítés megfelelő-e az ergonómiai szempontoknak, stb.) [1].

A biometrikus azonosító eszközök vezérlése többnyire a konvencionális matematikát, módszereket alkalmazza. A lineáris

matematikai megoldások viszont nehezen képesek megfelelni a fent említett gyors változásoknak. Ennek fényében, e cikkben azt vizsgáltuk, hogy miként alkalmazhatóak a mesterséges intelligenciát megtestesítő lágy számítási módszerek közé sorolt mesterséges neurális hálózatok.

### 1.1. A mesterséges neurális hálózatok rövid ismertetése

A mesterséges neurális hálózatok (továbbiakban ANN) az emberi agy biológiai sajátosságain alapulnak. Struktúrájukat alapvetően a csomópontok (mesterséges neuronok, vagy perceptronok) és az ezeket bizonyos értékkel súlyozott összeköttetések jellemzik [2].

A szerkezetüket tekintve a legfontosabb sajátosság, hogy – ellentétben biológiai formájukkal – a perceptronok rétegekbe rendeződnek, és minden réteg csak a szomszédos rétegekkel állhat kapcsolatban. A kapcsolatok erősségét jellemző súlyokat kezdetben egy véletlenül generált szám jellemzi, ami az úgynevezett tanulási fázisban módosul. A hálózat súlyai a tréning alatt akként módosulnak, hogy a legjobban illeszkedő kimeneti értéket kapjuk. A súlyokat több módszer szerint is lehet módosítani az egyik legeleterjedtebb és általunk is vizsgált megoldás az úgynevezett hibavisszaterjesztéses előrecsatolás (feedforward back-propagation) [3].

Az ANN méretét és rétegeinek számát alapvetően a megoldandó probléma összetettsége határozza meg. A perceptronok számának növelésével azonban exponenciálisan növekszik az elvégezendő matematikai műveletek száma, így a bonyolultabb feladatok nagyobb számítási kapacitás igényel.

### 1.2. A biometrikus minták kinyerése

A biometrikus azonosító eszközök minden esetben valamilyen módon előfeldolgozzák, majd kinyerik a jellemző kódsort a beolvasott biometrikus mintákból. A beolvasás módja a biometrikus azonosítás típusán belül is változhat, ahogy a kinyert sajátos információk pontos jellemzői is. A legtöbb esetben valamilyen optikai szenzorral érzékelhető geometriai mintázat kerül beolvasásra, de esetenként hang vagy más dinamikus jellemző is detektálható, bár ezek a technológiák kisebb szelektivitást biztosítanak jelenleg.

A szerzett mintázat előfeldolgozása után következik a sajátosságok kinyerése, azaz az egyedi azonosító jegyek dekódolása. A piacon forgalomban lévő eszközökbe sokféle technikát fejlesztettek, de a legtöbb módszer azon alapul, hogy a mintázatban szereplő karakterisztikus jegyeket felismerje és azonosítsa geometriai pozícióját (távolságok, szögek, formák, stb.) [4].

### 1.3. A mintázatok összehasonlításának problémái

A biometrikus azonosítás komplex problémája a mintázatok összevetése (pattern matching), mert az egyedi azonosító jegyekből kinyert információ több feltételnek együttesen kell, hogy megfeleljen.

Egyfelől biztosítani kell a kellő szelektivitást, másfelől a kinyert értékeket úgy kell meghatározni, hogy azok reprodukálhatóak legyenek, harmadrészről pedig figyelembe kell venni az időtényezőt, hiszen a feldolgozás kapacitása véges.

Az első szempont általában meghatározza, hogy egy adott biometrikus módszernél mennyi és milyen egyedi azonosítójegyből kinyert adatra van szükség. Az időtényező általában ezzel ellentétes igényeket támaszt, mert az egyedi azonosító jegyek számának növekedésével a feldolgozás ideje exponenciálisan növekszik. E tanulmány szempontjából a második szempont jelenti a legnagyobb kihívást, egyebek között azért, mert implicite hatással van a másik két feltétel optimalizálására.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy amennyiben két biometrikus minta tökéletesen azonos, akkor az egyik vélhetően ha-

mis. Ennek következtében az algoritmusok mindig megengednek bizonyos hibatűrést, habár ez hátrányosan befolyásolja a szelektivitást. Ennek az ellentétnek tudható be, hogy a biometrikus eszközök vizsgálatára széles körben alkalmazott FAR (hibás elfogadás aránya) és FRR (hibás visszautasítás aránya) értékek egymáshoz képest egy hiperbolikus függvény mentén változnak, eszköz-specifikusan [5].

Ennek megfelelően a biometrikus mintázatok összehasonlítása kapcsán az volt a célunk, hogy a szelektivitás megtartása mellett nagyobb hibatűrést biztosítsunk. A vizsgálatok alapján ennek biztosítására – konvencionális, lineáris módszerekkel szemben – az ANN jól alkalmazható.

## 2. A mesterséges neurális hálózatok alkalmazása

A mesterséges neurális hálók alkalmazása olyan feladatok megoldásánál indokolt, ahol egy összetett, analitikusan nem, vagy csak rossz hatásfokkal elemezhető mintázatot kell azonosítani. A biometrikus minták szinte minden típusában olyan komplex mintázatot kell elemezni, amit folytonos, de nem állandó értékű hibák terhelnek, így az ANN alkalmazása a biometria teljes skálájára kiterjeszthető.

Az ANN képes megoldani nem-lineáris matematikai problémákat, és a megfelelő tanítás után képes gyors és pontos következtetések megállapítására [6].

### 2.1. Az alkalmazás folyamata

A mesterséges neurális hálók alkalmazása során körültekintően kell eljárnunk. Sokféle biometrikus minta felismerését és azonosítását vagyunk képesek megoldani, ha a szükségszerű lépéseket betartjuk és megfelelően választjuk meg a beállításokat.

#### *2.1.1. Probléma vizsgálata ANN szempontból*

Első lépésként fontos, hogy kiderítsük a megoldandó probléma jellegét. Léteznek olyan minta felismerési problémák, amelyek nem feltétlenül igénylik az ANN használatát. Ilyen lehet többek között például a biometrikus érzékelőkbe épített élőminta azonosítás.

#### *2.1.2. Információ kinyerése*

Az egyik jelentős probléma az ANN biometriában történő alkalmazása során a vizsgálandó információ egzakt meghatározása. Az ANN bemeneti rétegére olyan információ halmazt (bemeneti vektort) kell generálni, ami tükrözi az minta egyediségét, pontosan mérhető és kellően toleráns a fellépő hibákkal szemben, figyelembe véve az időtényező jelentőségét is.

A legtöbb biometrikus azonosítóeszköz az egyedi azonosítójegyek mátrixának detektálásán alapul. Az azonosítójegyek térbeli vagy síkbeli elrendezése határozza meg tulajdonképpen a bemeneti vektort. A biometrikus minta típusa determinálja, hogy hány azonosító jegy felismerése szükséges, illetve milyen és mennyi adatra van szükség az azonosítójegyek egymáshoz képesti elhelyezkedéséről. Az eszközök nagyobb része állandó koordináta rendszerhez igazítja az egyedi azonosítójegyek geometriai elhelyezkedését, de nagyobb hibatoleranciát lehet elérni, ha a koordinátarendszert a beolvasott minta valamilyen karakterisztikus pontjához illesztjük.

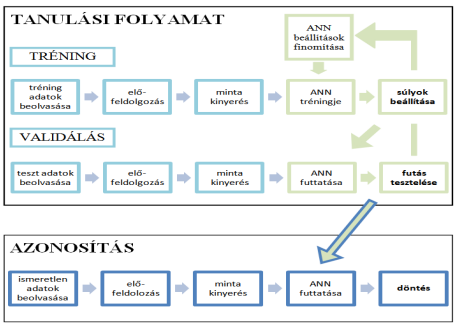
#### *2.1.3. Tanulási folyamat*

A tanulási folyamat lényege, hogy az egymás utáni többszöri mintafelismerés és a bemeneti vektor generálás után, a bemeneti vektor részben, vagy egészben reprodukálódik. Az ANN tanulási szakaszának célja az, hogy az ismétlődő részeket könnyebben felismerhetővé tegye, mégpedig úgy, hogy az egyes beolvasások során generált bemeneti vektorokat egymás után többször küldjük át a teljes neurális hálózaton, egészen addig, amíg a kimeneti érték meg nem közelíti tetszőleges mértékkel a kívánt kimeneti értéket. Erre a célra jól alkalmazható a

hiba-visszaterjesztéses tanítási mód, de számos más tanítási program említhető

### *2.1.4. Tesztelés és validálás*

A tanítási folyamat eredményeképpen biztosítjuk, hogy a kimeneti érték a kívánt kimenetet tetszőleges megközelítse, de ez csak azokra a mintákra igaz, amelyek a tanulási sorozatban szerepeltek (**1. ábra**).




**1. ábra.** *Az ANN tanulási folyamata*

A tesztelés célja az, hogy leellenőrizzük a tanulás során beállt súlymátrix kellően érzékeny-e az ismerős mintákra, és kellően elutasító-e az imposztorokkal szemben. A teszt során egy olyan adatbázist kell betáplálni, amiben ismerjük az eredeti és az idegen mintákat. A tesztciklus futását követően kapunk egy statisztikai értéket, ami alapján eldönthető, hogy tanítás sikeres-e vagy sem. Abban az esetben, ha a kapott eredmény nem kielégítő, új tanulást kell kezdeni, vagy változtatni kell a beállításokon.

A kutatási eredményeink azt mutatták, hogy a tanulási folyamat sikerét illetően különösen fontos a kezdeti súlymátrix megfelelő generálása. Amennyiben a kezdeti súlymátrix random generátora bármilyen szimmetriát mutatott a tanulás hatásfoka lecsökkent.

### *2.1.5. ANN használata*

A sikeres tanulás után validált háló már jó hatásfokkal képes a biometrikus minták azonosítására. Ezzel együtt figyelembe kell venni, hogy a legjobban tanított és ellenőrzött háló sem képes tökéletes eredményre. Azokban az esetekben, amikor a biometrikus mintából kiolvasott egyedi azonosítójegyek jelentős mértékben változnak meg (pl.: nagymértékben roncsolódik a minta, megváltozik egy fontos környezeti körülmény) nem imposztortól származó minta is elutasításra kerülhet. Mindazonáltal az ANN beállításainak gondos megválasztásával és ellenőrzött tanulással a konvencionális megoldásoknál nagyobb hibatolerancia érhető el azonos szelektivitás mellett.

## 3. Következtetések

Eddigi eredményeink bizakodásra adnak okot, az ANN alkalmazása a biometriában mindenképpen jelentős előnnyel bír. Az ujjnyomaton túl a feltevéseink megerősítéséhez a jövőben a lehető legtöbb biometrikus azonosítási módszerrel kell elvégezni kísérletet egy nagyobb elemszámú mintán. A területen kihívást jelent a megfelelő beállítások és kezdeti súlyértékek meghatározása, így ezek optimalizálása újabb feladatokat jelöl ki.

## Szakirodalmi hivatkozások

[1] Elliott, S. J., Kukula E. P., Sickler N. C.: *The Challenges of the Environment and the Human / Biometric Device: Interaction on Biometric System Performance,* Biometric Standards, Performance and Assurance Laboratory, Purdue University, 2002

[2] M. Hajek, *Neural Networks*, 2005, 6-14.

[3] Hagan M. T.: *Neural Network Design*, PWS Pub. Co., ISBN: 978-0534943325, 1995.

[4] Chung Chang-K. et al.: *An Biometric Identification System by Extarcting Hand Vein Patterns*, Journal of the Korean Physical Society, Vol. 38, No. 3. 2001.

[5] Jain, L.C., Halici, U., Hayashi, I., Lee, S. B., Tsutsui, S.: *Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint ans Face Recognition,* The CRC Press International Series on Computational Intelligence, 1999, 107-193.

[6] Veer Singh, K.: *Apllication of Neural Networks in Fingerprint Identification*, Thapar University, Patiala, 2010, 7-8.

XXI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2016. Kolozsvár, 445–448.
http://hdl.handle.net/10598/29160
DOI: 10.33895/mtk-2016.05.102

# PNEUMATIKUS HAJTÁSÚ TANULMÁNYAUTÓ TELEMETRIAI MÉRŐRENDSZERÉNEK KIALAKÍTÁSA

# DEVELOPMENT OF TELEMETRY MEASURING SYSTEM OF PNEUMATIC DRIVEN CONCEPT VEHICLE

Zilahi Krisztián László[1], Sipos Kristóf Balázs[2], Tóth Xénia Erzsébet[3], Lovadi Gyula Dávid[4]

*[1,2,3]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, [1]imkrisztian@mailbox.unideb.hu [2]siposk94@gmail.com, [3] tothxeniaerzs@gmail.com*

*[4]Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, lovadi92@gmail.com*

## Abstract

In this paper, we introduce a special construction of a telemetry measuring system. The created system can be used for measuring and acquisition different data - meanwhile operation - of a pneumatic engine and dynamic parameters of a pneumatic driven concept vehicle, which was developed by University of Debrecen - Faculty of Engineering. For analyzing our vehicle we use a Programmable Logic Controller (PLC), which processes the signals of the different sensors, moreover with the development environment of National Instruments LabVIEW we created an application for observing the different parameters in real time, and saving them for the further data processing is also possible. To ensure the reliability, we used industrial sensors, actuators and controller units in the system.

***Keywords:*** *measuring system, telemetry, PLC, HMI, microcontroller, LabVIEW, Modbus TCP.*

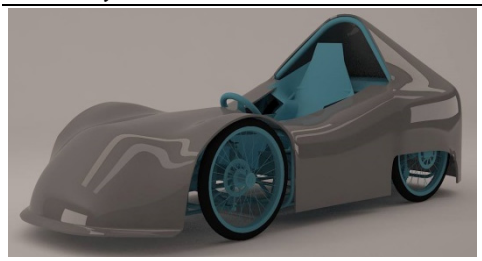
## Összefoglalás

A tanulmányban egy speciális telemetriai mérőrendszer kialakítását mutatjuk be, mely a Debreceni Egyetem Műszaki Karán fejlesztett pneumatikus hajtású jármű pneumatikus motorjának és dinamikai paramétereinek működés közbeni mérésére, adatgyűjtésére alkalmas. A jármű vizsgálatához, felhasználtunk egy programozható logikai vezérlőt (PLC-t), mely a különböző szenzorok jeleit dolgozza fel, valamint a National Instruments LabVIEW fejlesztőkörnyezet segítségével elkészítettünk egy alkalmazást, ahol a különböző paraméterek valósidejű megfigyelésére, valamint azok mentésére is van lehetőség, a későbbi adatfeldolgozáshoz. A megbízhatóság érdekében a berendezés érzékelő, végrehajtó és vezérlő egységei, ipari eszközök segítségével kerültek kialakításra.

***Kulcsszavak:*** *mérőrendszer, telemetria, PLC, HMI, mikro vezérlő, LabVIEW, Modbus TCP.*

## 1. Bevezetés, előzmények

A dolgozat alapjául a Debreceni Egyetem Műszaki Karán fejlesztett pneumatikus hajtású jármű szolgál (**1. ábra**). A pneumobil egy sűrített levegővel működő jármű, amely a sűrített közeg energiáját alkalmazva pneumatikus eszközök segítségével adja át a nyomatékot a hajtott kerékre, és egy pilótával a fedélzetén kell teljesítenie a versenyszámokat.



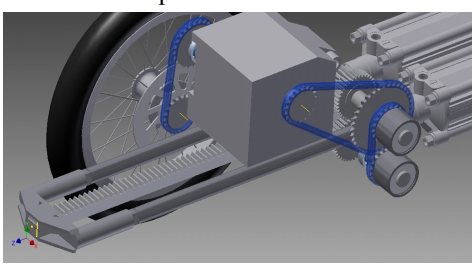
**1. ábra.** *A pneumatikus hajtású tanulmányautó*

A tervezés megalapozásának szempontjából fontos a korábbi eredmények kiértékelése, és a lehetséges megoldások vizsgálata.

A rendelkezésre álló statisztikai adatok alapján megállapítható, hogy általában a legeredményesebb pneumobilok PLC vezérlésűek, és motoruk alternáló felépítésű, szerkezeti kialakítását tekintve két kormányzott kerékkel rendelkeznek, és hátsókerék meghajtásúak.

## 2. Mérendő paraméterek meghatározása

A járműnek adott versenykörülményeknek kell megfelelnie, melyhez terveztünk egy alapmodellt, melyet megfelelő dinamikai szempontok szerint méreteztünk. Az így kapott modell dinamikai paramétereit kell vizsgálnunk ahhoz, hogy a jármű menetdinamikáját javítani tudjuk, akár mechanikai paraméterek változtatásával, akár a jármű vezérlésének optimalizálásával.



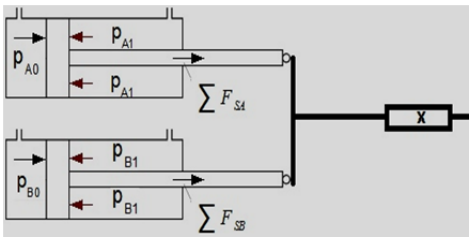
**2. ábra.** *A pneumatikus motor*

Ehhez vizsgálnunk kell a légmotor (**2. ábra**) tulajdonságait, ezen belül a motor karakterisztikáját, így a mért adatokból származtatjuk a nyomaték-idő függvényt, a levegő felhasználást, a jármű sebességét, a gyorsulását, az általa megtett utat, valamint a menet közbeni GPS koordinátákat.

### 2.1. Pneumatikus hajtáslánc tulajdonságai

A hajtáslánc optimalizálása érdekében szükségünk van az abban ténylegesen létrejövő dinamikai paraméterekre. Ezen paramétereket méréssel, illetve a mért adatokból való származtatással tudjuk megállapítani.

A dinamikai egyenlet felírásakor a gáz állapotváltozásaiból adódó hatásokat a $\sum F_{sA}$, $\sum F_{sB}$ tényezőkben vettük figyelembe.




**3. ábra.** *A hengerek húzóerejének származtatása*

A henger húzóerejének származtatása a 3. ábrán látható.

$p_{A1}$: 'A' munkahenger töltőnyomása
$p_{B1}$: 'B' munkahenger töltőnyomása
$p_{A0}$: 'A' munkahengerből kiáramló levegő nyomása
$p_{B0}$: 'B' munkahengerből kiáramló levegő nyomása

*A hengerfejekre ható erő nagysága:*

$$F_A(t) = p_{A1}(t) \cdot A_2 - p_{Ao}(t) \cdot A_1 - \sum F_{sA}(T_k, t, v) \quad (1)$$

$$F_B(t) = p_{B1}(t) \cdot A_2 - p_{Bo}(t) \cdot A_1 - \sum F_{sB}(T_k, t, v) \quad (2)$$

### 2.2. A jármű menetdinamikai paraméterei

A jármű dinamikai tulajdonságaira vonatkozó adatok gyűjtése egy gyorsulásmérővel, valamint GPS-el ellátott Android operációs rendszerű mobiltelefonnal történik, itt a telefon memóriájára tárolódnak a mért adatok, melyet csak utólag tudunk majd kiértékelni.

A számított dinamikai adatokból, valamint a jármű tömegéből meghatározzuk a jármű menetteljesítményét a levegőfogyasztás függvényében:

$$\sum F(t) = m \cdot a(t) \quad (3)$$

$$P_{menet}(t) = F(t) \cdot v(t) \quad (4)$$

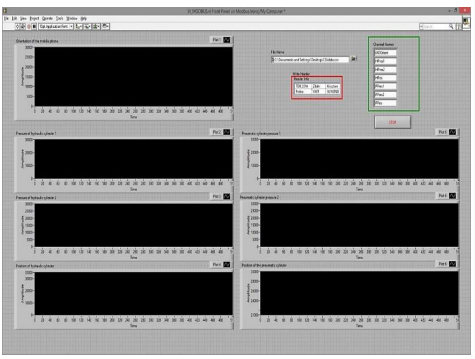
A mérés célja az adott pneumatikai teljesítményhez tartozó legjobb mechanikai teljesítmény meghatározása, vagyis a legjobb hatásfok megkeresése.

## 3. A mérésadatgyűjtő rendszer felépítése

### 3.1. A programozható logikai vezérlő

A Programozható Logikai Vezérlő (PLC) az elektromos vezérlésű szelepek irányítását és a járművön elhelyezett szenzorok adatainak feldolgozását végzi. A program egy memóriakártyán van tárolva, mely a megvalósítandó feladatokhoz szabadon változtatható. Az IndraControl L10-es vezérlőegység az ún. Microvezérlők csoportjába tartozik [1].

### 3.2. A LabVIEW alkalmazás

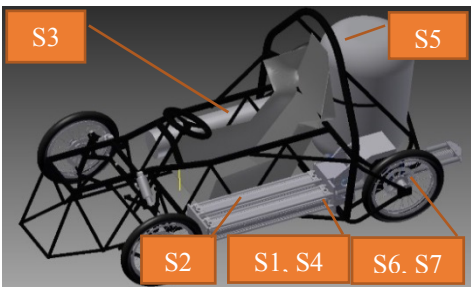


**4. ábra.** *Az elkészített LabVIEW alkalmazás*

Az alkalmazás biztosítja (**4. ábra**) a különböző beállítások valósidejű megfigyelésére szolgáló adatok grafikonon történő megjelenítését, a rendszer paramétereinek és különböző adatainak mentését a későbbi kiértékelésére, ezzel egy a rendszerre illesztett mérőrendszert hoztunk létre.

### 3.3. A felhasznált szenzorok

A mérőrendszer kialakításánál feltételezzük a pneumatikus hajtórendszer szimmetrikus működését, ezért csak az egyik hengerre helyezünk el szenzorokat.




**5. ábra.** *A szenzorok elhelyezése a járművön*

A méréshez felhasznált eszközök, melyek elhelyezése a **5. ábrá**n látható:

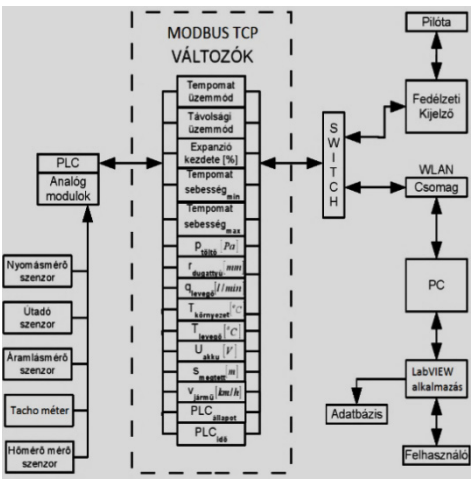
- Tacho méter: (S6, S7);
- Útadó szenzor: SM6 (S2);
- Nyomásszenzor: PE5 (S1);
- Áramlásszenzor: AF1 (S3);
- Kiegészítő bemeneti analóg modulok a PCL-hez:
  - Rádiós adattovábbító eszközök;
  - Hőmérő szenzorok:
    - a környezet hőmérséklete (S4);
    - a sűrített levegő hőmérséklete (S5);
  - Gyorsulási és GPS (pályakoordináta és pillanatnyi sebesség) adatok gyűjtésére: gyorsulás mérővel és GPS-el ellátott Android operációs rendszerű mobiltelefon.

### 3.4. A fedélzeti kijelző

**6. ábra**. *A HMI megjelenítő felülete*

A pilóta számára elhelyezett nyomásra érzékeny (rezisztív) érintőpaneles vezérlőegységre (HMI) (**6. ábra**) elkészítettünk egy grafikus felületet, melyen a pilóta figyelemmel kísérheti a fontosabb menet közbeni információkat, valamit ennek segítségével aktiválhat különböző üzemmódokat, és megadhat azokhoz tartozó paramétereket [2].

## 4. A rendszeren belüli kommunikáció




**7. ábra.** *A rendszeren belüli kommunikáció funkcióblokkos vázlata*

A rendszeren belüli kommunikáció (**7. ábra**) egy ETHERNET alapú úgynevezett Modbus TCP/IP ipari kommunikációs protokollon keresztül történik.

A hálózaton belül a PLC tölti be a Modbus Szerver (Slave) szerepét, így generál egy valós idejű adatbázist. A valós idejű adatbázis jelen esetben azt jelenti, hogy a változók értékei kevesebb, mint 10-20 milliszekundumonként frissülnek. Ez a felhasznált eszközök feldolgozási sebességéhez mérten elegendő ahhoz, hogy valós idejűnek tekinthető legyen a rendszer. Az adatbázisban szereplő megfelelő változók értékeinek beírását, valamint olvasását a PLC is végezheti vagy a PC-n futó LabVIEW alkalmazás. A LabVIEW és a mobil eszköz, mint Modbus Kliens (Master) tud csatlakozni a szerverhez. A kommunikáció létrejöttéhez legalább egy Modbus Slave és egy Modbus Masterre van szükség [3].

## 5. Összegzés, következtetések

A rendszer két fő elemből áll: a járműre telepített IndraControl L10 típusú PLC, PC alapú mérésadatgyűjtő alkalmazás, amelyet a NI LabVIEW fejlesztőkörnyezetében hoztunk létre.

A fejlesztés során a hajtás felépítését vizsgáltuk mérési szempontok szerint. Azután a mért fizikai jellemzők jeleit vizsgáltuk programozási szempontból, továbbá elvégeztük a gépjármű és a hajtás dinamikai vizsgálatát méréstechnikai szempontból.

Megválasztottuk a műszaki specifikációt kielégítő méréstechnikát, a hozzá tartozó szenzorokat és mérőeszközöket, továbbá elvégeztük ezen eszközök jellemzését. Kifejlesztettük a mérési metódust megvalósító PLC programot.

Elkészítettük pneumatikus hajtás egyszerűsített modelljét és az ahhoz kiépített telemetriai mérőrendszert az egyetemen elérhető eszközökből, melyet videó formájában dokumentáltunk [4].

### Szakirodalmi hivatkozások

[1] Karl Heinz John, Michael Tiegelkamp: IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems, kiadó: Springer, London, 2010. 400 p. ISBN szám: 9783642120145

[2] Ajtonyi István: PLC és SCADA-HMI rendszerek I. 1. kötet. PLC programozás az IEC 61131-3 szabvány szerint, kiadó: AUT-INFO Kiadó Miskolc, 2007. 290 p. ISBN szám: 9789630631655

[3] Ajtonyi István: Ipari kommunikációs rendszerek I. 1. kötet. kiadó: AUT-INFO Kiadó, Miskolc, 2008. 431 p. ISBN szám: 9789630658133

[4] *A rendszer működése, videó*: https://www.youtube.com/watch?v=Yd-VpyxenNk Megtekintve: 2016. 02. 01.

# SZERZŐK JEGYZÉKE

# LIST OF AUTHORS


## A, Á

ÁCS Dániel 317
AGG Péter András 57
ALMÁDI Bernadett 61
ANDRAWS Andrew 65
ANGI Norbert 69
ASZTALOS Lilla 73, 425

## B

BAGYINSZKI Gyula 77, 101
BARANYAI Dávid 81
BARÁNYI István 85
BÁRÓCZ Álmos 89
BARTHA László 297
BERA Bálint 93
BERA József 97
BEREK Lajos 217
BITAY Enikő 77, 101, 105
BLÜCHER József 237
BOBEK Janka 109, 285
BOCSI Róbert 109, 113, 193, 285
BŐDI Szabolcs 117
BORZAN Marian 337
BUDAI István 437

## C, CS

CSEGE Gyula 121
CSIZMADIA János 141
CSONKA Nikoletta 265

## D

DARVAY Zsolt 125
DEZSŐ Gergely 381
DINEVA Adrienn 129
DOBRÁNSZKY János 141, 237, 425
DOMONYI Erzsébet 133
DRÉGELYI-KISS Ágota 137, 197
DUONG Van Thinh 305

## E, É, F

FÁBIÁN Enikő Réka 141, 237
FARKAS Gabriella 145
FARKAS Levente 149
FARKAS Tibor 153, 157
FELEKI Attila 165
FEKETE Albert-Zsombor 161
FELDE Imre 277, 357
FŐDI Gábor 169
FOGARASI Zsolt Miklós 365
FORGÓ Zoltán 89, 301
FREGAN Beatrix 349

## G, GY

GÁBORA András 173, 437
GALAMBOS Péter 385
GÁLL Tamás 121
GALPERIN Gabriel 393
GOBESZ F.-Zsongor 229, 281
GÖBLYÖS Béla 177
GÖCS László 57
GONDA Viktor 181, 341, 417
GYENGE Csaba 337, 369
GYULAI József 31

## H

HANÁK László 113, 193
HANKA László 441
HARASZTI Ferenc 185, 189
HODAI Zoltán 113, 193
HORVÁTH Géza 113, 193, 285
HORVÁTH Richárd 197, 433
HORVÁTH Róbert 221
HORVÁTH Teréz Veronika 145
HRONYECZ Erika 153, 157
HUDÁK József 201
HUMINIC Angel 69

**I, J**

JAKAB-FARKAS László 161
JOHANYÁK Zsolt Csaba 57

**K**

KACSÓ Irén 105
KAKUCS András 205
KÁROLY Dóra 73
KATONA Bálint 209, 253
KECZÁNNÉ ÜVEGES Andrea 421
KELEMEN András 49
KERESZTES Zoltán 209, 253
KISFALUDI-BAK Zsombor 213
KISS LEIZER Géza Károly 217
KOCSIS Dénes 221
KODÁCSY János 225
KOPENETZ Lajos 229
KOSTYÁK Attila 233
KOTHENCZ Réka 297
KOVÁCS Dorina 237
KOVÁCS Imre 201
KOVÁCS Sándor 373
KOVÁCS Zsolt Ferenc 225
KOVÁCS-COSKUN Tünde 65, 241, 377
KOZMA István 437
KUN Krisztián 245
KUTI János 249

**L**

LADÁNYI-PÁRA Gergely 209, 253
LIPTAI Tibor István 257
LÍSKA János 245
LITERÁTI Zsolt 201
LOVADI Gyula Dávid 173, 445
LOZSEK Martin 433

**M**

M. CSIZMADIA Béla 37, 133
MAGYARI Attila 173
MANKOVITS Tamás 437
MANÓ Sándor 437
MÁRIÁS Nimród 261
MÁTÉ Balázs 265
MÁTHÉ Alíz Éva 269, 273
MEZEI Miklós 277
MILCHIS Tudor 281
MISKOLCZI Norbert 365
MOLDOVAN Dorin 289
MOLNÁR Éva 109, 285

**N**

NAGY Andor-Csongor 289
NAGY István 129
NAGY Roland 297
NAGY Sándor 301
NAGYNÉ HALÁSZ Erzsébet 293
NGUYEN Huu Phuoc Dai 305
NOVÁK János 309
NYIKES Zoltán 313
NYULAS Dorottya 105

**O**

OLÁH Ferenc 433

**P**

PALÁSTI-KOVÁCS Béla 317
PÁNCZÉL Szilamér 105
PÁSZTOR Judith 205
PAUSITS Péter 321
PÉTER Attila 325
PINKE Péter 413
PINTÉR Gergő 277
PINTYE Gábor 329
POKORÁDI László 93, 149, 293, 333
POPA-MÜLLER Izolda 205
POP-SZOVÁTI Antal-György 337
PORKOLÁB Péter 341

**R**

RÁCZ Pál 345
RÁCZI Viktor 317
RADNAY László 201
RAJNAI Zoltán 45, 349
RÉGER Mihály 177
RÉPÁS Sándor 353
RÉTI Tamás 357
REZSABEK Tamás 61
RIPPELNÉ PETHŐ Dóra 109, 113, 193, 285

**S**

SILVA DE SANT'ANA Marcus Vinicius 393
SIPOS Bence 361
SIPOS Kristóf Balázs 173, 445
SOJA János 365
SOÓS Noémi Rita 369
SOÓS Ödön János 369

**SZ**

SZABÓ Fruzsina 373
SZARVAS József 61
SZIGETI Ádám 377
SZIGETI Ferenc 381
SZLUK István 381
SZODRAI Ferenc 233
SZÖGI Gábor 385
SZŰCS Edit 373

**T**

TAKÁCS Petra-Renáta 125
TALPAS János 389
TAMASHIRO Vanessa Tinami 393
TANASELIA Claudiu 105
TIAGO Manuel 397
TOKODY Dániel 401
TOMORI Zoltán 405
TÓTH János 257
TÓTHNÉ LAUFER Edit 409
TÓTH Xénia Erzsébet 445
TÖRÖK Ádám 81
TULOKI Szilárd 413

**U**

UDROIU Răzvan 69
UGRÓ Máté 417
UNGVÁRI Levente 421
URSU Ivett 289
UZONYI Sándor 425

**V**

VACZKÓ Dániel 429
VADÁSZNÉ BOGNÁR Gabriella 405
VARGA Csilla 297
VARGA Péter 181, 341, 433
VARGA Tamás Antal 173, 437
VERESS Erzsébet 105

**W**

WERNER Gábor 441

**Z**

ZACHÁR András 133
ZILAHI Krisztián László 173, 445

## TÁMOGATÓK / SPONSORED BY

PRIMĂRIA ŞI CONSILIUL LOCAL
CLUJ-NAPOCA

VISIT CLUJ
The Heart of Transylvania

CLUJ NAPOCA 2021
EUROPEAN CAPITAL OF CULTURE
CANDIDATE CITY

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1825

BETHLEN GÁBOR
Alap

EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKEZELŐ

EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTÉRIUMA

Nemzeti
Tehetség Program