



# FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

## MAGAS HŐMÉRSÉKLETEN ÜZEMELŐ BERENDEZÉSEK ON-LINE MONITORINGOZÁSI LEHETŐSÉGE

JÓNÁS Szabolcs, SZÁVAI Szabolcs

### Abstract

This paper provides an insight into the results achieved so far in the OLMOST project. The main object of the project is the development of a novel on-line monitoring system for equipment operating on high temperature. The stress analysis of a valve using FEM is presented which means the basics for further investigations.

### Key words:

On-line monitoring, FEM, Creep, Fatigue

### Összefoglalás

A cikkben a folyamatban lévő OLMOST projektben eddig elért kutatási eredményeket mutatjuk be. A projekt célja a magas hőmérsékleten üzemelő berendezésekhez on-line monitoring rendszer kifejlesztése. Egy tolózár végelemes modellezés segítségével elvégzett szilárdsági elemzését ismertetjük, mely a kiindulási alapját képezi a további fejlesztéseknek.

### Kulcsszavak:

On-line monitoring, VEM, Kúszás, Kifáradás

### 1. Bevezetés

Az OLMOST (On-Line Monitoring of Structures and Fatigue – Szerkezetek és a kifáradás on-line monitorozása) nemzetközi projekt célja, hogy egy olyan korszerű rendszer kerüljön kifejlesztésre, amely a szerkezeti elemek állapotfelméréséhez és élettartam becsléséhez alkalmazható. A projekt eredményeként egy komplex, szakértői rendszer kerül kifejlesztésre, amely egy vizsgáló és elemző *black box* jellegű termékként realizálódik. A rendszer tartalmazni fogja a terhelés alatti szerkezetek, berendezések mérését lehetővé tevő eszközt (mikro-alakváltozás mérés), a mért adatokat elemző és a döntés hozatalt segítő szoftvert és a vezeték nélküli kommunikációs technológiát. A rendszer moduláris felépítésű kell legyen a továbbfejlesztések miatt. Mindezek alapjául a szerkezetintegritás és a kifáradás értékeléséhez szükséges korszerű módszerek alkalmazása szolgál.

### 2. Az OLMOST rendszer célja

Az OLMOST rendszer elsősorban a magas hőmérsékleten üzemelő berendezések állapotfelügyeletét lesz hivatott vizsgálni, értékelni. A rendszer célja, hogy csökkentse a váratlan meghibásodások számát, a karbantartást és javítást optimálisan lehessen ütemezni, továbbá a kevésbé tapasztalt üzemeltetők is megfelelő döntéseket hozhassanak az értékelés alapján, illetve azt figyelembe véve. A rendszer vezeték nélküli kapcsolaton keresztül küldi meg a terhelés alatt álló szerkezet

alakváltozásának mérési eredményeit a központi feldolgozó és kiértékelő egységnek, amely tartalmazza az alapanyagok és esettanulmányok adatbázisát, valamint a szerkezetintegritási analízist végző és a meghibásodást azonosító szoftvert.

Mivel az OLMOST rendszer az emelt hőmérsékleten üzemelő szerkezetek felügyeletét kívánja megvalósítani, különleges követelményeknek kell megfelelni. Az általánosan elterjedt rendszerek (nukleáris erőművek, repülőgépek) esetén nincs lehetőség bizonyos hőmérséklet felett alakváltozást mérni, továbbá vezetékes hálózaton működnek. A magas hőmérsékleten működő nyúlásmérő bélyegek igen költségesek. Az OLMOST rendszer a hagyományos technikákkal szemben széles körben kínál megoldást, amit a vezeték nélküli jelátviteli megoldások tovább bővíthetnének.

A kritikus szerkezeti elemek alakváltozásait numerikus szimuláció segítségével is szükséges vizsgálni. A modellek a legkritikusabb szerkezeti elemeket tartalmazzák, így a teljes rendszerre vonatkozó következtetések vonhatóak le a károsodási folyamatokról, illetve a többi szerkezeti elemmel való kölcsönhatásról.

Az OLMOST rendszer a szerkezetben lévő hibák pontos méretét és elhelyezkedését is kimutathatóvá teszi, oly módon, hogy a mért alakváltozásokat összehasonlítja numerikus úton vizsgált feltételezett hibával terhelt szerkezeti elem értékeivel. Dinamikusan terhelt, felületi repedést tartalmazó szerkezeti elemek végrehajtott mérésekből törésmechanikai mérőszámok meghatározása válik lehetővé. Ezek alapján szerkezetintegritási értékelésnek vethető alá az adott szerkezeti elem.

### **3. Kutatási eredmények**

A kutatás jelen fázisában néhány olyan módszert sikerült feltárni, amely alapja lehet az OLMOST rendszer érzékelőinek. Ezen módszerek különböző hatékonysággal, a károsodás különböző szakaszaiban képesek meghatározni a berendezés állapotát. A technikák java részét kísérleti fázisban vannak, de a hazai partner (MEME Kft.) részéről is aktív fejlesztés történik.

A monitoringozásnak azonban megvannak a korlátai, mivel nem lehetséges, de nem is szükséges az összes elemet külön-külön vizsgálni. Egy optimálisan megválasztott mennyiségű vizsgált elemből meg lehet határozni az adott létesítményre jellemző értékeket. A hőerőművek esetén mind a kúszás jelensége, mind pedig a kifáradás és ezek interakciója is jelen van. A vizsgálandó elemek például a csonkok, csővezetékek, gőzfejlesztők, túlhevítők, stb. A folyamatok eredményeként a kúszás és a kifáradás akkumulálódik a berendezésekben. Ennek következménye az egyes elemekben repedések keletkezése, továbbá szivárgás vagy súlyosabb esetben katasztrofális következmények bekövetkezése.

A BARC rendszere [1] a létesítmény transzienseit konvertálja hőmérséklet/feszültség válasz jelekké, végelelem módszert és egy átviteli függvényt alkalmazva. A számításokat az ASME szabványok alapján végzi a rendszer. A transziens folyamatok a hőmérséklet és az áramlási sebesség. A végelelemes program egy transziens hőtani analízist végez.

Az effektív kúszás monitoringozást biztosító érzékelőknek képesnek kell lenni a torzító jelek kiszűrésére. A [2] tanulmányban az ígéretesnek tűnő ún. PD (potential drop – potenciál esés) elven

működő a kúszás korai szakaszában alkalmazható vizsgálatot elemzik. A PD elve, hogy a mikro-szerkezet változása és a károsodás növekedése következtében a kúszási károsodást szenvedő berendezés anyagának elektromos ellenállása mérhetően csökken. A PD vizsgálat az élettartam kb. 40%-ig alkalmazható, ugyanis az ellenállás ezután stabilizálódik és a tönkremenetelhez vezető folyamatok válnak mérvadóvá. Azonban meg kell jegyezni, hogy egyéb változások is közrejátszhatnak az elektromos ellenállás csökkenésében. A [2] szerzői szerint akár hegesztési varratok, illetve hőhatás övezetek kúszás vizsgálatára is megfelelőek lehetnek a PD szenzorok.

#### 4. A szoftver elméleti háttere

Jelen írás a nemzetközi irodalomból feltárt néhány ígéretesnek mondható technikát mutat be. A kutatás ezen korai szakaszában a kúszást és kifáradást értékelő mérnöki módszerek feltárása történt meg [1]-[8]. Ezekben említik azon szabványokat, amelyeket a kifejlesztett szoftverek alkalmaznak a károsodások leírására és értékelésére. A főbb szabványok, előírások a FITNET, RCC-MR, ASME, stb. A [6] tanulmányban említést tesznek a kúszást értékelő RCC-MR és az ASME [7] szabványok hasonlóságára. Az [1]-[5] irodalmakban részletesen ismertették a magas hőmérsékleten üzemelő szerkezetekre, berendezésekre vonatkozó tervezéskor figyelembeveendő módszereket, károsodás leírásmódokat. Ezeket és további módszereket felhasználva, illetve alapul véve kerül megvalósításra az értékelő rendszer.

#### 5. Végeelemes mintafeladat

Az OLMOST projekthez kötődően végeelemes számításokat végzünk, hogy a későbbi mérésekhez összehasonlítási alapul szolgáljanak. Ezen számítások egyik első példája egy tolózárs vizsgálata. A tolózár anyagát tekintve 15H1M1F. Bemeneti paraméterként ismertek az anyagi jellemzők, a tervezési adatok, továbbá a kúszási jellemzők. Ezen adatokat (1. táblázat) figyelembe véve elkészítettük a 3D-s tolózár modelljét.

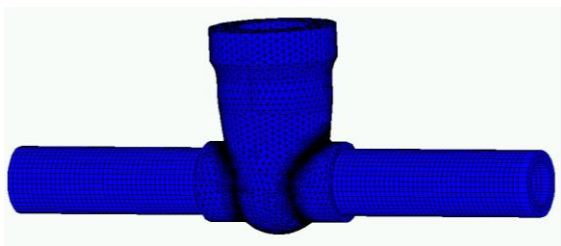
A tolózárat modellezési szempontból kiegészítettük egy-egy csőszakasszal, a csőcsonk átmérő háromszorosának megfelelő elhalási hosszát figyelembe véve. A végeelemes háló generálása, a peremfeltételek megadása MSC.Patran 2010, a számítások és az eredmények poszt-processzálása MSC.Marc 2010.2 programmal történt. A tolózár hálózását 3D-s, 4 csomópontú, lineáris, tetragonális, a kiegészítő csöveket 8 csomópontú hexahedron elemekkel végeztük.

*1. táblázat. Végeelem modell bemeneti paraméterei*

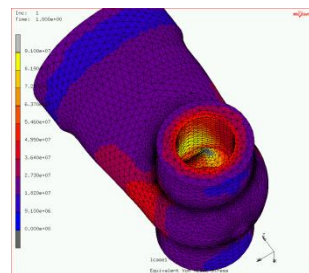
P <sub>m</sub> méretezési	T <sub>m</sub> méretezési	v	Élettartam/ciklus szám	R <sub>p0.2</sub> 20°C-on	R <sub>p0.2</sub> 555°C-on	R <sub>m20</sub> 20°C-on	E 555°C-on
176.4 bar	555°C	0.3	100000 üő/2500	314 MPa	193.7 MPa	490 MPa	173GPa

A végeelemes számításokban lineárisan rugalmas anyagmodellt használtunk. A modell elemszáma: 216456, csomópontok száma 50357. A számítások alapján üzemi állapotban a tolózársban ébredő

feszültség a 200.000 üzemórás kúszáshatárt nem éri el ( $R_{1/200.000/555} = 91$  MPa). Azonban ébred egy 133.3 MPa nagyságú csúcsheszültség, ami kifaradás szempontjából veszélyes.



1. ábra. A tolózár modellje



2. ábra. A redukált feszültség eloszlása

## 6. Összefoglalás

Az OLMOST projekt céljaként elérendő termék hasznosításának számos vonzata van, úgymint a karbantartás, a környezetvédelem, de a gazdasági szempontok sem elhanyagolhatóak. A kutatás eredménye nem csak hazai, de nemzetközi szinten is használható eredményt hozhat. A számításoknak és méréseknek köszönhetően olyan adatbázist lehet kialakítani, ami további kutatásokhoz is felhasználható.

## 7. Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OLMOST (On-Line Monitoring of Structures and Fatigue – Szerkezetek és a kifaradás on-line monitorozása) nemzetközi projekt (EUREKA\_HU\_08-1-2010-0021) keretében jött létre és folytatódik. A szerzők köszönetüket fejezik ki a támogatásért.

## Irodalom

- [1] M.K. Samal , B.K. Dutta, S. Guin, H.S. Kushwaha - *A finite element program for on-line life assessment of critical plant components* - Engineering Failure Analysis 16 (2009) 85–111
- [2] Elhoucine Madhi, Peter B. Nagy - *Sensitivity analysis of a directional potential drop sensor for creep monitoring* - NDT&E International 44 (2011) 708–717
- [3] R. Viswanathan - *Damage Mechanisms and Life Assessment of High-Temperature Components* - ASM International, 1989
- [4] R. K. Penny, D. L. Marriott - *Design for Creep, 2nd edition*, Chapman & Hall, 1995
- [5] G.A. Webster, R.A. Ainsworth, Chapman & Hall High - *Temperature Component Life Assessment* - 1994
- [6] Argonne National Laboratory - *Review and Assessment of Codes and Procedures for HTGR Components* - U.S. Nuclear Regulatory Commission - Office of Nuclear Regulatory Research Washington, DC 20555-0001
- [7] Subsection NH of ASME B&PV Code, Section III
- [8] M. Koçak, S. Webster, J. J. Janosch, R. A. Ainsworth, R. Koers - *FITNET – Fitness for Service – Vol.1 Procedure – 2008*

**Dr. Szávai Szabolcs, P.h.D.**, Osztályvezető  
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú  
Nonprofit Kft.  
3519, Miskolc, Iglói út 2.  
Telefon: +36-46/560-120  
E-mail: [szabolcs.szavai@bayzoltan.hu](mailto:szabolcs.szavai@bayzoltan.hu)

**Jónás Szabolcs**, tud. segédmunkatárs  
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú  
Nonprofit Kft.  
3519, Miskolc, Iglói út 2.  
Telefon: +36-20/323-1318  
E-mail: [szabolcs.jonas@bayzoltan.hu](mailto:szabolcs.jonas@bayzoltan.hu)