



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

SMALL PUNCH VIZSGÁLAT ALKALMAZÁSA MECHANIKAI ANYAGJELLEMZŐK MEGHATÁROZÁSÁRA

JÓNÁS Szabolcs, SZÁVAI Szabolcs, RÓZSAHEGYI Péter, BELEZNAI Róbert,
KELENFÖLDI Brigitta

Abstract

In this study a procedure to determine the yield stress and ultimate tensile strength of steels using Small Punch Test (SPT) Technique is presented. The SPT method is examined and validated by finite element method and experimental tensile test within a research programme in the field of Small Specimen Test Techniques (SSTT). 22K and X6CrNiTi18-10 steels are tested by the SPT method according to the Code of Practice.

Keywords: Small Punch Test, small specimen, material testing, FEM

Összefoglaló

Ezen cikk a Small Punch vizsgálat alkalmazhatóságát mutatja be folyáshatár és szakítószilárdság meghatározására. A SP vizsgálatot végelesemes modellezéssel igazoltuk. A cikk egy a kisméretű próbatestek vizsgálata területén végzett kutatás eredménye. A kísérleteket, valamint a számításokat két acél (22K, X6CrNiTi18-10) esetén végeztük el a Code of Practice alapján.

Kulcsszavak: Small Punch Test, kisméretű próbatest, anyagvizsgálat, VEM

1. Bevezető

Az aktuális anyagi jellemzők ismerete egyre fontosabb kérdés, különösen atom- és hőerőművek esetén lehet kritikus a mechanikai jellemzők változása. Egyik esetben a neutronsugárzás, másik esetben a kúszás léphet fel, de egyéb folyamatokból származó romlás is hatással van a szerkezeti anyagokra. Az aktuális tulajdonságok ismerete az élettartam számításokhoz, terhelhetőségi vizsgálatokhoz, stb. elengedhetetlenek. Mivel gyakran nem állnak rendelkezésre olyan, szabványos méretű próbatestek, amelyeket ugyanazon hatások értek, szükségessé vált kisméretű, üzemelő szerkezetből vett próbatestek vizsgálata. Az 1980-as évek elején kifejlesztették az ún. Small Punch (SP) vizsgálatot. A vizsgálat a mini próbatestes vizsgálatok közé tartozik, kvázi roncsolás-mentes vizsgálati eljárásnak tekintendő [1]. A SPT jelenleg is a szabványosítás útján van, de folyamatosan kutatják a még nyitott kérdéseket [2]. A vizsgálat eredményes különböző mechanikai tulajdonságok (folyáshatár, szakítószilárdság, kúszási, kifáradási tulajdonságok, átmeneti hőmérséklet stb.) meghatározásában. Az SP próbatestek előállításához elegendő a berendezések falából kis mennyiségű anyag leválasztása, mely mintavételezéséhez speciális, hordozható készülékek állnak rendelkezésre.

2. A Small Punch vizsgálat ismertetése

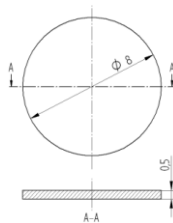
A SP próbatest egy 8mm átmérőjű, 0.5mm vastag tárcsa, amit egy 2.5mm átmérőjű golyóval addig nyomnak, míg az ki nem lyukad.

A vizsgálat során felveszik az erő-elmozdulás diagramot, ebből a regisztrátumból lehet meghatározni az anyagjellemzőket. A módszer segítségével nehezen vizsgálható részek, mint a bevonatok, hegesztési varratok [3] integritása is értékelhetővé válik. Szilárdsági mérőszámokon túl, a módszer alkalmazható kúszási, törésmechanikai és további tulajdonságok meghatározására. A vizsgálatnak azonban van hátránya is számos előnyös tulajdonsága mellett, így talán a legnagyobb problémát a komplex alakváltozások okozzák. Az irodalom szerint [3] mivel a vizsgálat során az SP próbatest biaxiális feszültségi állapotban van, kevésbé megfelelő képet ad az üzemelő nyomástartó edény feszültségi állapotáról, mint a feszültségi tesztek vagy a hajlító próbák.

3. Laboratóriumi vizsgálatok

Két acélminőség vizsgálatát végeztük el, az egyik a 22K gőzfejlesztő alapanyag, a másik egy modell anyag, $X6CrNiTi18-10$. Mindkét anyagból 6-6 próbatest került legyártásra. A próbatestek gyártása két lépésben történt. Az első lépésben nagyolták az alapanyagból készült próba rudat, majd a próbatesteket csiszoló papír segítségével munkálták méretre.

Az SP vizsgálatok egy INSTRON 8874 szervo-hidraulikus biaxiális szakítógépen (0-25kN méréstartomány) lettek elvégezve. A próbatest befogó készülék és szerszám a korábbi kutatások alapján készült Code of Practice (CoP) előírásai szerint készült el [4].



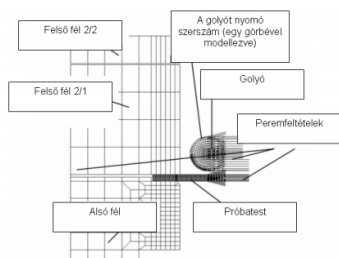
1. ábra. Próbatest geometria **2. ábra.** Mérőgép **3. ábra.** Vizsgálat utáni próbatest

A készülék a következő elemekből épül fel: SP próbatest befogó, menetes leszorító korong, központosító gumigyűrű. A lyukasztó szerszám egy 2.5mm átmérőjű golyó. A próbatest lehajlását alulról extenzométerrel végeztük, a benyomódást pedig felülről mértük. A végeselemes modellezésnél az extenzométer eredményét vettük figyelembe.

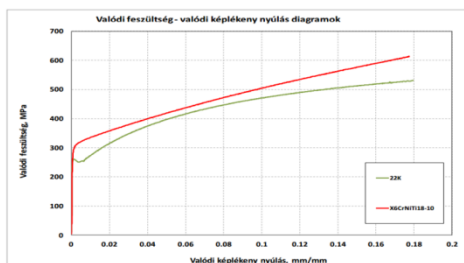
4. Végeselem modell, érzékenység vizsgálatok

A SP vizsgálat elvégzése után tengelyszimmetrikus végeselemes modell készült (**4. ábra**) MSC.MARC&MENTAT programrendszerben. A modellben hengeres szakítóvizsgálati próbatestekből nyert anyaggörbék kerültek megadásra a próbatest anyagminőségének megfelelően. A rendszer merevsége a befogó készülék felépítésében került figyelembevételre, továbbá a összeszorító erő egy, az egész készüléket összetartó rugó elem reprezentálja. A készüléket és a golyót ideálisan rugalmas anyagként vettük figyelembe. A golyót lenyomó tüskét egy görbével modelleztük. A

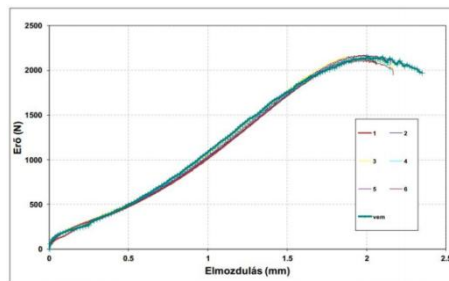
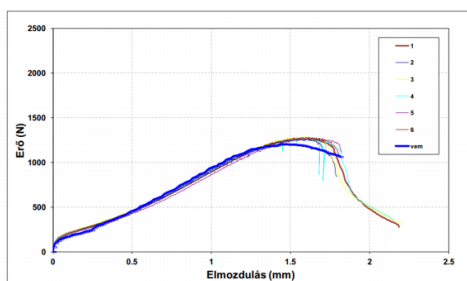
készülék és a golyó összesen 1213 db, a próbatest 600 db 4-csomópontú kvadrilaterális elemből épült fel. Az egyes részegységek érintkezését figyelembe vettük. A golyó mozgását egy elmozdulás függvény írja le. A képlékeny alakváltozás mellett az erő-elmozdulás függvényeket poszt-processzáltuk, majd összehasonlítottuk a mérési eredményekkel (6. ábra).



4. ábra. Végeselem modell



5. ábra. Az acélok anyaggörbéi



6. ábra. Mérési és számítási eredmények összehasonlítása (a) 22K (b) X6CrNiTi18-10

Az eredmények kiértékelését részben a mérések, részben a szimulációk alapján végeztük. A folyáshatár (1. Táblázat) a szakirodalmi összefüggések [5] és technikák alapján került meghatározásra, míg a szakítószilárdság (7. ábra) irodalmi [8] adatokkal lett összehasonlítva.

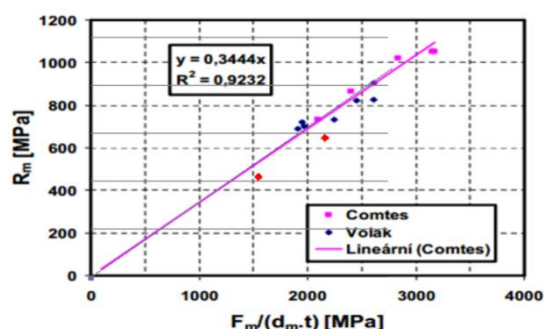
A végeselem modell [6] segítségével érzékenységi vizsgálatok kerültek elvégzésre, ennek egy eredményét mutatja a 8. ábra. Ebben az esetben a súrlódási tényező hatása lett bemutatva. Ezen felül azonban számos tényező befolyásolja a mérés pontosságát, úgymint a felület minősége, a próbatest vastagsági mérete, stb.

$$\sigma_y = \alpha \frac{P_y}{h_0^2} \quad (1)$$

Az (1) összefüggésben szereplő α tényező egy anyagminőségtől függő állandó ($\alpha_{22K}=0.36$ és $\alpha_{X6CrNiTi1810}=0.477$). A P_y a folyáshoz tartozó terhelő érték, ezt az ún. két tangens módszer segítségével lehet meghatározni. A módszer lényege, hogy az SP görbe rugalmas hajlítás és képlékeny hajlítás szakaszán fel kell venni néhány jól megválasztott pontot, és ezen pontokra illesztett egyenesek metszéspontjából származtatható a P_y értéke. A h_0 a próbatest kezdeti vastagsága, jelen esetben 0.5mm.

1. Táblázat Mért és számított folyáshatárok összehasonlítása

	SP Folyáshatár [MPa]	VEM _{SP} [MPa]	Szakítóvizsgálat [MPa]
22K	244	245	250
X6CrNiTi1810	270	276	305



7. ábra. Szakítószilárdság meghatározása

5. Összefoglalás

A Small Punch vizsgálat, ugyan nem szabványos anyagvizsgálati eljárás, azonban ígéretesnek mondható mechanikai jellemzők meghatározására, amikor csak kis mennyiségű anyag áll rendelkezésre méréshez. Magas hőmérsékleten üzemelő szerkezetekre kiterjesztve is van létjogosultsága a módszernek, valamint az öregedési folyamatok vizsgálata és értékelése is megvalósítható. További, nagy mennyiségű próbatest vizsgálata alapján pontosabb eredmények számíthatóak.

6. Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OLMOST (On-Line Monitoring of Structures and Fatigue – Szerkezetek és a kifáradás on-line monitorozása) nemzetközi projekt (EUREKA_HU_08-1-2010-0021) és a KIC InnoEnergy Accop keretében jött létre és folytatódik. A szerzők köszönetüket fejezik ki a támogatásért

7. Irodalom

- [1] K. Turba, B. Gülçimen, Y.Z. Li, D. Blagoeva, P. Hähner, R.C. Hurst - *Introduction of a new notched specimen geometry to determine fracture properties by small punch testing* - Engineering Fracture Mechanics, 2011
- [2] I. Nonaka, A. Kanaya, S. Komazaki, K. Kobayashi - *Standardization of Test Method for Small Punch Creep Testing in Japan* - 2010 Ostrava, 1st Int. Conf. SSTT
- [3] T. Linse, M. Kuna, J. Schuhknecht, H.-W. Viehriig - *Usage of the smallpunch-test for the characterisation of reactor vessel steels in the brittle-ductile transition region* - 2008
- [4] Karel Matocha, Roger Hurst - *The European Code of Practice for Small Punch testing – where do we go from here?* - 2010 Ostrava, 1st Int. Conf. SSTT
- [5] Ivan Klevtsov, Andrei Dedov - *Experience in Tensile Properties Determination by Small Punch Test* - 2010 Ostrava, 1st Int. Conf. SSTT
- [6] MSC.Marc&Mentat - *User's Guide*
- [8] P. Konopík, J. Dzugan - *Small Punch Test Application to Fracture Toughness Determination in the Upper Shelf Region* - 2010 Ostrava, 1st Int. Conf. SSTT

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

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