

Nyomásos alumíniumöntvények mikroporozitásának összehasonlító radiográfiai vizsgálata

Szalay Zsolt* – Dr. Balaskó Márton**

Bevezetés

Az egyre jobb minőségű alumíniumöntvények előállításában kulcsszerepet töltenek be azok az anyagvizsgálati módszerek, amelyek képesek a különböző mintadarabok, és azok gyártástechnológiai hiányosságait felderíteni. Mivel a porozitás a legtöbb alumíniumöntvényben általánosan előforduló hiba, a cél: roncsolásmentes módszerrel minél hatékonyabban felfedni ezen anyagfolytonossági hiányokat. A roncsolásmentes anyagvizsgálatok egyik legrégebben alkalmazott és legismertebb fajtája a röntgenradiográfia. Gyakorlati okok miatt kevésbé elterjedt, de korántsem új vizsgálati eljárás a neutronradiográfia. E két technika párhuzamos alkalmazásának előnyeit, szinergia hatásait és tapasztalatainkat mutatjuk be ebben a cikkben.

Az alumíniumöntvények porozitása

Öntvények porozitásán általában az anyagban található kisméretű, kerek vagy lekerekített formájú üregeket, azok sokaságát értjük. A pórusok keletkezése leggyakrabban az olvadátkban oldott gázkiválásával illetve a dendritkarok közötti zsugorodási üregekkel hozható összefüggésbe [4].

Mivel az öntvények minőségében rejülő különbségek leggyakrabban a gyártás során alkalmazott technológiák különbözőségére vezethetők vissza, a technológiai tényezők vizsgálata alapvető fontosságú. Ghomashchi [2] szerint az alumíniumöntvényekben kialakuló porozitás mértékét elsősorban befolyásoló technológiai tényezők az alkalmazott öntési eljárás, az öntőszerszám hőmérséklete, a felhasznált adalékanyagok és az öntési nyomás mértéke valamint az öntési atmoszféra.

Bár a mikroporozitás ($d_{90} < 1$ mm) keletkezése elsősorban az olvadátkban oldott gáz megrekedésére vezethető vissza, nem kizárható a zsugorodási üregképződés sem [6].

Radiográfiai vizsgálatok

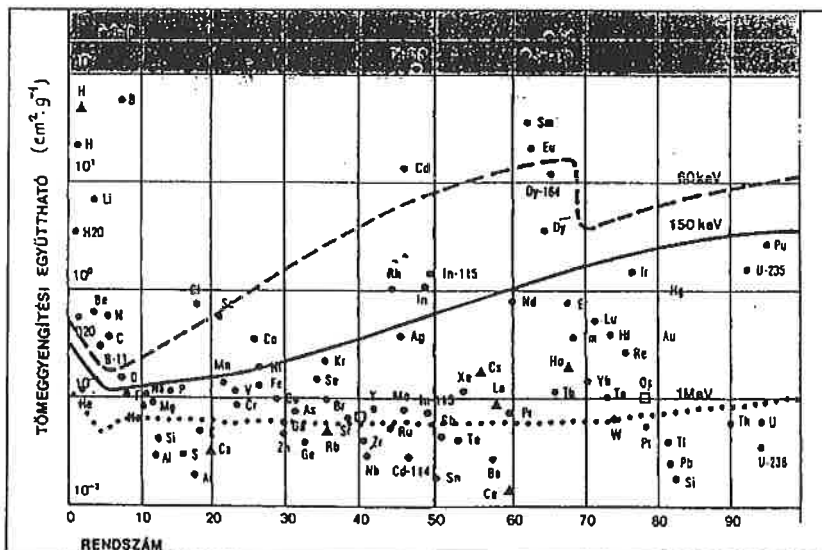
A módszerek fizikája

Míg a röntgensugárzás az atommagot körülvevő elektronhéjjakkal, addig a neutronok kizárólag az atom magjával lépnek kölcsönhatásba. Ennek során a neutronok általában eltérülnek, de esetenként az atommag elnyeli a neutront. A befogási és a szóródási effektusok kombinációját az ún. tömeggyengítési együtthatóban (1. ábra) lehet kifejezni [1].

Egy adott anyagra a sugárzási intenzitásának a csillapítása exponenciálisan változik az anyagvastagsággal és az anyag minőségére jellemző tényezővel, amely a következő egyenlettel írható le

$$I = I_0 \cdot e^{(-\mu \cdot t)}$$

(ahol μ a tömeggyengítési együttható és t a vizsgálandó minta sugár



1. ábra. Különböző energiájú röntgen-, gamma- és neutronsugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együtthatók az elemek rendszámának függvényében

irányú vastagsága. Ez a kifejezés alkalmazható a neutron csillapítására ugyanúgy, mint az elektromágneses sugárzás csillapítására [1]. Amint az az 1. ábrán látható, az egyes elemek tömeggyengítési együtthatói nagyságrendekkel különbözhetnek attól függően, hogy milyen sugárzásra vonatkoztatjuk azokat. A szaggatott vonal a 60 keV-os, a folytonos vonal 150 keV-os röntgensugárzásához, míg a pontvonal az 1 MeV-os gamma-sugárzásához tartozó tömeggyengítési együtthatókat ábrázolja. Az elszórán elhelyezkedő diszkrét pontok az elemek termikus neutron-sugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együtthatóit mutatják. A röntgen-ill. gammasugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együtthatók folytonos függvénnyel írhatók le, ahol a nagyobb rendszámú elemekhez általában nagyobb tömeggyengítési együttható is tartozik. Ezzel ellentétben semiféle összefüggést nem lehet felfedezni a neutronsugárzásra vonatkozó tömeggyengítési együttható rendszámfüggésére. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy bizonyos anyagok vizsgálata sokkal előnyösebb lehet neutron-radiográfiával, mint röntgen-radiográfiával. Például neutronsugárzás esetén a hidrogénre vonatkozó tömeggyengítési együttható három nagyságrenddel nagyobb (kb. tízszeres arány), mint a technikai gyakorlatban használt anyagokra vonatkozó tömeggyengítési együttható, míg röntgensugárzás esetén ez az arány csak kb. tízszeres. Ennek megfelelően a hidrogént tartalmazó alumíniumminta neutron-radiogramja is sokkal kontrasztosabb, ezáltal a keresett hibák felderítése is valószínűbbé válik. Ebből következik, hogy a két módszer sokkal inkább kiegészítője, mint vetélytársa egymásnak. Együttes alkalmazásuk hordozza a legtöbb információt.

A neutron-radiográfia alkalmazására a nyomásos alumíniumöntvények esetében az adta az ötletet, hogy a hidrogén az egyetlen gáz, amely képes jelentős mértékben az olvadt alumíniumban és annak ötvözetében oldódni. Oldódási képessége közvetlenül a hőmérséklettel és a nyomás négyzetgyökével arányos [4]. A hidrogén oldhatósága jelentősen nagyobb a fém folyékony, mint szilárd állapotában. Az alumínium szilárdulása folyamán a hidrogén oldhatósága drasztikusan csökken. Ez kigázósodást eredményez, amely gyengébb mechanikai tulajdonságok kialakulásához vezethet [5].

* Ph.D. hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem, Mechanikai Technológia és Anyagszerkeztetési Tanszék, H-1111 Budapest Goldmann Gy. Tér 3. V2/153. Tel.: (1) 463-2954, e-mail: szalay@rht.bme.hu

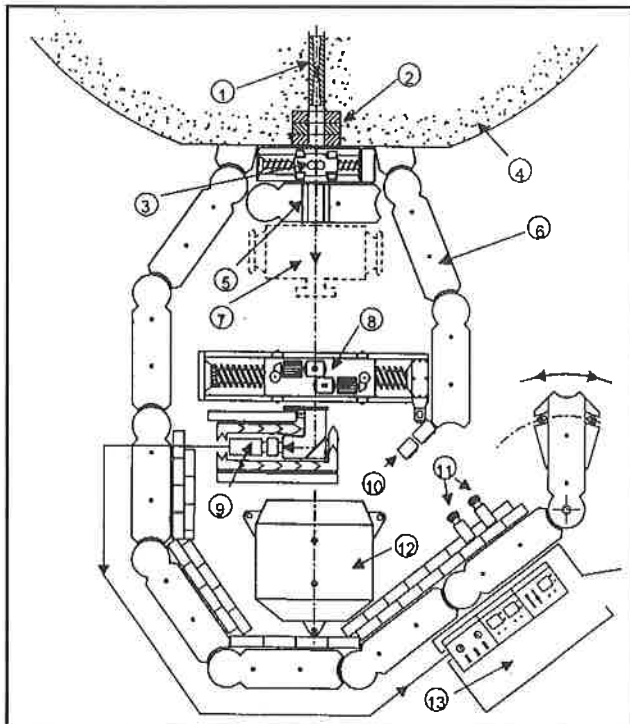
**KFKI Atomenergia Kutató Intézet, H-1525 Budapest Pf. 49.

Az alumíniumban rekedt hidrogénnek több potenciális forrása van, ilyenek az öntési atmoszféra, az adalékanyagok, az ötvözőanyagok, valamint a fémolvadék és az öntőszerszám közötti reakciók [6]. A mérések tapasztalatai szerint az olvadékban oldott hidrogén a szilárdtestből diffúzióval eltávozik. Az ötvény üregeit vizsgálati célból hidrogénnel átmenetileg feltölthetjük. Az egyik kézenfekvő megoldás az ún. víz alatti vákuumozás. Ez az egyszerű módszer igen hatékony lehet különösen a felület közelében elhelyezkedő mikroporozitás felderítésére. Amennyiben a mikropórusok izoláltak, tehát nincsenek a felületre kivezető mikrocatornái, akkor ez a módszer nem használható eredményesen.

A vizsgálati technika

A neutron-radiográfias méréseket a KFKI Atomenergia Kutató Intézetben a 10 MW-os Budapest Kutatóreaktor 2. sz. vízszintes csatornájánál működő dinamikus radiográfiai állomáson végeztük, termikus neutronokkal (0,01–0,5 eV). A röntgen-radiográfias méréseket a neutronnyaláb pozíciójába helyeztet, hordozható ipari röntgengenerátor felhasználásával készítettük (150 keV és 3 mA).

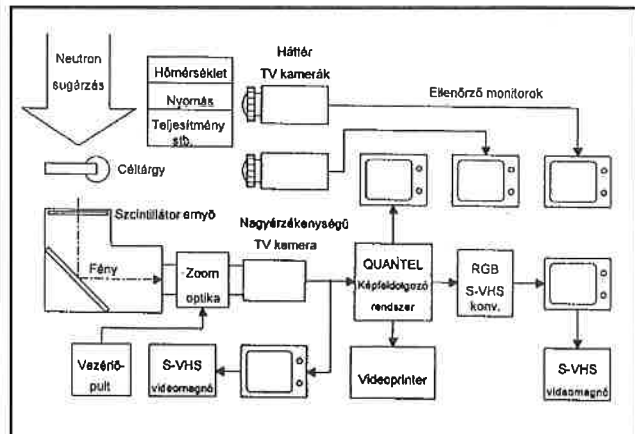
A Budapest Atomreaktor egy 10 MW-os VVRSZM típusú reaktor, melyet kizárólag kutatási célokra használnak. A reaktor szovjet tervek alapján 1958-ban épült, ekkor 2 MW-osra tervezték. Az eredetileg 30 évre tervezett létesítményt 1986-92 között teljesen felújították, új biztonsági rendszert kapott, és teljesítményét megnövelték 10 MW-ra. Az új fűtőelemek előreláthatólag még további 4 évig biztosítják a reaktor folyamatos működését. Nyolc, mérésekre szolgáló vízszintes csatornával rendelkezik, melyeken keresztül a reaktor belsejében keletkező termikus neutronsugárzás a neutronszórást vizsgáló berendezésekhez kerül. Napjainkban szereltek be egy cseppfolyós H₂ moderátort a reaktor zónájának közvetlen közelébe, amely lehetővé teszi, hogy további három vízszintes csatornán, neutronvezetők felhasználásával, szubtermikus neutronokkal (<0,01 eV) is lehessen az anyagok szerkezetét tanulmányozni. A vizsgálóállomás felépítését a 2. ábra szemlélteti.



- | | | |
|-----------------------------------|--|--------------------------------|
| 1 Belső kollimátor | 6 Biológiai védelem | 10 Működési jellemzők kijelzői |
| 2 Csatornázáró rendszer | 7 Hordozható röntgengenerátor | 11 Háttér tv-kamera |
| 3 Nyalábformázó- és szűrőrendszer | 8 Céltárgy a távvezérelt mozgó-mechanizmussal | 12 Sugárnyelő |
| 4 Reaktor-árrnyékolás | 9 Képpalkoló rendszer a nagy érzékenységű tv-kamerával | 13 Vezérlő íülke |
| 5 Külső kollimátor | | |

2. ábra. A Budapest Atomreaktor 2. sz. csatornájánál elhelyezkedő dinamikus radiográfiai vizsgálóállomás felépítése

A reaktor 2. sz. vízszintes csatornájánál felépített képpalkoló rendszer blokkvázlatát a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A KFKI AKEI radiográfiai állomásánál kialakított képpalkoló rendszer blokkvázlata

A vizsgálatokat a GD-AISI12(Cu) típusú (3.2982.05 azonosító számú) nyomásos öntvényeken végeztük. A mintákat a vezérlőfülkéből mozgatható állványra, a sugárforrás és a konverter közé helyeztük. A látható kép egy ZnS-ből készült 0,1 mm vastag szcintillátor ernyőn keletkezett, melyet egy 45 fokos tükör a kamera irányába fordított. A távvezérelt zoom optika által optimalizált, a nagy érzékenységű TV 1122 típusú kamera által észlelt és továbbított képet S-VHS képmagnó rögzítette. Egy-egy pozícióról körülbelül 60 másodperc folyamatos képanyag készült. A kiértékeléshez a Quantel Sapphire típusú képfeldolgozó rendszert használtuk, amely nemcsak a képmagnón rögzített képanyag összegzését-kivonását, integrálását, hanem a felvételeken a távolság és a terület mérést is lehetővé teszi. A Quantel rendszerhez illeszthető videoprinter – segítségével képernyő-másolat készíthető –, de megoldott a PC-s formátumban történő adatkinyerés is. A kamera illetve a konverter inhomogenitásait szintén a Quantel rendszer segítségével lehet és kell kiküszöbölni, mégpedig oly módon, hogy az integrált képanyagból ugyanannyi ideig integrált minta nélküli háttérképet vonunk ki.

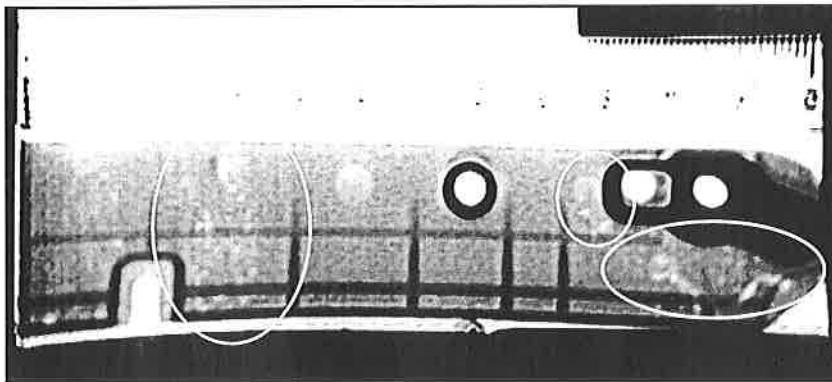
Összehasonlító értékelés

Az elvégzett méréseket két csoportba osztottuk. Az első mérési sorozatban röntgen-radiográfias átvilágítással minden mintát megvizsgáltunk, azok speciális előkészítése nélkül. A második mérési sorozatban már csak a porozitást tartalmazó öntvényeket vizsgáltuk neutron-radiográfival. A mintákat mérés előtt víz alatt vákuumoztuk egy napig, hogy a felületi hibákon keresztül a víz bejuthasson az anyag felület közeli mikroüregeibe. A 4. és 5. ábrán látható, hogyan sikerült kimutatni ugyanazon anyagon röntgen-radiográfival, illetve a víz alatti vákuumozás után, neutron-radiográfival a felület közeli mikroporozitást.

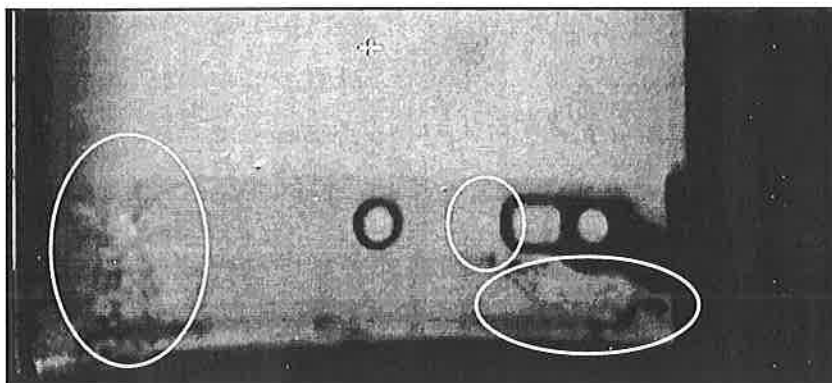
Mérési eredményeinkből látható, hogy az S-5 minta esetén sikerült bejuttatni vizet a felszín közelében levő mikropórusokba, és a neutron-radiográfiai felvételen jól kivehetőek a porózus részek. A neutron-radiográfias kép (5. ábra) kontrasztja sokkal erősebb a röntgenkép (4. ábra) kontrasztjánál, ami a tömeggyengítési együtthatóknak a különböző sugárzásra vonatkozó eltérő értékeivel magyarázható.

Összefoglalás

Az eredmények kiértékelése alapján megállapítható, hogy a röntgen-radiográfia és a neutron-radiográfia jól kiegészítik egymást az alumíniumöntvények mikroporozitásának vizsgálata terén is. Víz alatti vákuumozással a nyomásos alumíniumöntvénybe bejuttatott víz lehetővé teszi a neutron-radiográfia eredményes alkalmazását. Az ilyen módon készített neutron-radiográfiai felvételek sokkal kontrasztosabbak, mint a



4. ábra. Az S-5 minta röntgenradiogramja



5. ábra. Az S-5 minta neutron-radiogramja

röntgen-radiográfiával készült képek. A víz alatti vákuumozás és neutron-radiográfia együttes alkalmazása hatékony módszer lehet a nyomásos alumíniumöntvények felszín közelében elhelyezkedő mikroporozitásának felderítésére. Bár a neutron-radiográfia használata nem gazdaságos szériavizsgálatokra, de az öntési technológia beállításakor, a különböző speciális öntési sorozatoknál jelentkező problémák megoldásában eredményesen felhasználható.

Irodalom

- [1] Greene (1989): Radiographic Inspection, ASM Metals Handbook Vol. 17.
- [2] M.R. Ghomashchi, K.N. Stratford (1993): Factors influencing the production of high integrity aluminium/silicon alloy component by die and squeeze casting process, Journal of Materials Processing Technology, 38. pp: 303-326.
- [3] Dr. Balaskó Márton (1994): Dinamikus neutron- és gammadiográfia alkalmazása ipari fejlesztésekben, Anyagvizsgálók Lapja, 1994/2. pp. 35-37.
- [4] A.K. Gupta, B.K. Saxena, S.N. Tiwari, S.L. Malhotra (1992): Pore formation in cast metals and alloys, Journal of Materials Science 27. pp. 853-862.
- [5] N. Roy, A.M. Samuel, F.H. Samuel (1996): Porosity formation in Al-9 Wt Pct Si-3 Wt Pct Cu alloy systems, Metallurgical and Materials Transactions Vol. 27A pp., 415-422.
- [6] Zs. Szalay (1998): Porosity examination of aluminium alloy castings, Gépészet '98 konferencia, Budapest.

HÍREK

Központban a minőség – Nemzeti Minőségi Díj

A Nemzeti Minőségi Díjat a miniszterelnök alapította 1996-ban [3/1996.(VI. 19.) Korm.r.].

A rendelet célja: a minőségügyben kiemelkedő eredményt felmutató gazdálkodó szervezetek tevékenységének az elismerése.

A vetélkedés négy kategóriája: kis, közepes és nagy létszámú termelővállalat (létszámhatárok: 250 főig, 250–1000 fős és 1000 fő feletti), illetve szolgáltató (létszámkorlát nélkül).

A Minőségügyi Világnapon a Parlament kupolatermében megtartott díjkiosztó ünnepségeken eddig a minőség „Oszkár-díjaként” is említett elismerést:

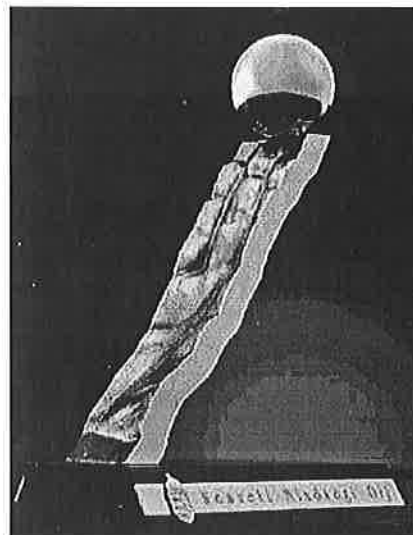
Az idei pályázatok beadási határideje május 31-én járt le. Jelenleg az egyéni és csoportos értékelést végzik. Szeptember 10-ig kell döntenie a helyszíni szemlék helyszíneiről és időpontjairól. A végső megmértetést követően, október végéig születik meg az 1999. évi végeredmény.

Az Anyagvizsgálók Lapjának olvasóit természetesen tájékoztatjuk a pályázat végeredményéről és tervezzük a legjobbak bemutatását, eredményeik „közkincsé” tételét.

A Gazdasági Minisztérium és a Nemzeti Minőségi Díj bizottság megbízásából a díjjal kapcsolatos szervezési tevékenységet a Minőségfejlesztési Központ (1063 Budapest, Munkácsy u. 16.

Telefon és fax: 332-0362, 331-7549, e-mail: info@mik.hu, http://www.mik.hu) végzi. Ingyenes pályázati útmutatókkal, könyvtárral és egyéb kiadványokkal és információkkal a központ munkatársai várják megismerő érdeklődésüket.

Szödi Sándor
minőségszakértő
Minőségfejlesztési Központ.



Kat.	Kisvállalat	Közepes vállalat	Nagyvállalat	Szolgáltató
1996	LEHEL HŰTŐGÉPGYÁR Kft. Fagyasztóláda Gyár. Jászárokszállás	BURTON – APTA Tűzállóanyaggyártó Kft. Hódmezővásárhely	HERENDI Porcelánmanufaktúra Rt. Herend	WESTEL 900 GSM Mobil Távközlési Rt. Budapest
1997	GANZ-DAVID BROWN Hajlóműgyártó Kft. Budapest	OPEL Magyarország Járműgyártó Kft. Szentgotthárd	TAURUS Mezőgazdasági Abroncs Kft. Nyíregyháza	ORACLE Hungary. Budapest
1998	KAPITÁNY ÉS TÁRSAI Kft. Mogyoród	KNORR - BREMSE Fékrendszerek Kft. Kecskemét	TISZAI VEGYI KOMBINÁT Rt. Tiszaújváros	ERICSSON Távközlési Kft. Budapest