

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

151. évfolyam

2018/1. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 **Tardy P.:** Az indirekt acélkereskedelem
 5 **Mucsi A.:** A lágyacél szalagok feldolgozásakor jelentkező törésvonalasság jellegzetességei
 9 **Illés P. – Kemeléné Halasi M.:** Munkahengerek megfelelő alapdomborításának biztosítása az ISD Dunaferr Zrt. Meleghengerművében
 13 A változás éve volt. Taggyűlést tartott az MVAE

Öntészet

- 14 **Szalva P.:** Vákuumöntésű nyomásos alumínium alkatrészek fogyóelektrodás, védőgázos hegesztése
 18 **Marcialek P.:** Nagy szilárdságú alumínium-ötvözetek a gépjárműipar számára
 21 **Sándor B.:** Alternatív nyomásos öntészeti technológia I.
 24 A világ öntvénytermelése 2016-ban

Fémkohászat

- 25 **Dobóczy I.:** Alapanyag-irányzatok a csaptelepek gyártásában az EU Ivóvíz-irányelv (Rev: 1998) 2013-tól érvényes előírása alapján
 29 **Hegedűs B. – Kékesi T.:** Lehetőség az alumínium olvasztási salakok megfelelő előkészítési maradványainak hidrometallurgiai kezelésére

Anyagtudomány

- 36 **Varbai B. – Gál I. – Fábíán E. R. – Fazakas É. – Májlinger K.:** Auszteni és duplex korrózióálló acélok vegyes kötéseinek korróziós tulajdonságai
 41 **Szabó A. – Balla S. – Lovas A.:** A gyors-hűtés és hidrogénoldódás okozta makroszkópos feszültség szerepe néhány vasalapú féműveg tulajdonságaiban

Felsőoktatás

- 45 A Miskolci Egyetem hírei 2017. november – 2018. február
 46 XVI. Képlékenyalakító Konferencia a Miskolci Egyetem szervezésében

Hírdondó

- 47 Borbála-napi ünnepség
 48 Emlékeztető a 2017. nov. 14-i és dec. 13-i
 49 OMBKE választmányi ülésről
 49 Az OMBKE főbb rendezvényei 2018-ban
 50 Tisztújítás az MTA Metallurgiai Tudományos Bizottságában
 50 XVIII. Fémkohász Szakmai Nap, Miskolc
 51 XIII. Ózdi Hagyományápoló Szakestély
 52 Budapesti vaskohászok kirándulása
 52 Luca-napi szakestély a budapesti vaskohászoknál
 53 Szent Hubertus- és Szent Borbála-szakestély Solton
 53 Évzáró Szakmai Nap Kecskeméten a BOSAL Hungary Kft.-nél
 54 XXIII. Szent Borbála Szakestély Dunaújvárosban
 55 Megfiatalodó OATK
 56 Nekrológok

Öntészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Öntöde utódjának tekintjük.

FROM THE CONTENT

Mucsi A.: Characteristics of coil breaks formed during the processing of low carbon steel strips 5

This paper deals with the so-called coil break defects on low carbon steel strips. The formation mechanism, surface characteristics and microstructural analysis of these surface defects are discussed. The break or flow lines are connected to the discontinuous yielding phenomenon, so the thorough investigation of them can provide interesting information about the elastic-plastic transition of mild steels.

Illés P. – Kemeléné Halasi M.: Making the suitable work roll crown at ISD Dunaferr Zrt. Hot Strip Mill 9

One of the essential conditions for rolling suitable profile and flat hot rolled strip, is the proper crown of the rolls. The surface of the rolls must be grinded before each installation to ensure proper surface hardness, surface quality, non-damage and crown. The work roll crown is the grinded shape, the profile of the roll. The shape of the rolls and the extent of their crown are governed by technological specifications. The suitability of the crown is influenced by many factors, including the appropriate temperature distribution that we have studied in many measurements.

Szalva P.: Gas metal arc welding of vacuum assisted die castings 14

In the case of cold chamber die casting of aluminium alloys, air and other gases are often trapped in the metal, because of the turbulence of the alloy as it is forced at a high pressure into the die cavity. This phenomenon causes porosity in the casting. Porosity affects the mechanical properties of the product. In structural applications, porosities can act as stress concentrators and therefore they can create a site where cracks may occur. The entrapped gases also cause porosity in the welded seam if the cast product is welded and there is the same effect as in the plain cast product. Vacuum assisted die casting offers real possibilities to reduce the dissolved and trapped gases.

Marcialek P.: High strength aluminium alloys for automotive industry 18

What are the newest tendencies in automotive industry? How is it possible to reach

the goal and reduce the CO₂ emission of vehicles required of exhausting gases regulation? There are two ways, one of them to downsize the engine and the other one is to reduce the weight of the vehicles. To decrease fuel consumption while maintaining occupant safe and performance characteristics is not possible to achieve weight savings for specific parts and subsystem without using more and more high strength light metal alloys. In this article I try to explore the possibilities in the field of aluminium casting industry.

Sándor B.: Alternative high pressure die casting 21

Recent paper gives an overview on the HPDC technology's advantages and disadvantages and introduces an alternative HPDC-technology the so called Semi-solid Metal Casting Process which is a well studied technology however until now with little industrialisation. SSM process is characterized by the fact that the metal temperature poured into the HPDC machine's chamber is below the liquidus of the alloy and the firstly crystallized primary Aluminium is no more dendritic but rather globulitic.

Dobóczy I.: The complex development of forging technology at Teka Magyarország Zrt. (MOFÉM) 25

In this article the author would like to introduce, what kind of challenges were set for the producers of sanitary fittings and industrial valves in 1998. Both directive tightened the quality requirements of drinking water: Directive of the European Union for the drinking water quality, the Government decree 201/2001.(X.25.) for the drinking water quality requirements and control order prescription with the release of lead content in the drinking water. Analyzes the advantages and disadvantages of the different solutions.

Hegedűs B. – Kékesi T.: The possible application of a hydrometallurgical treatment for the residues arising from the hot processing of aluminium melting dross 29

The residue of the of the metal recovery step applied to the aluminium melting dross

Continued on page 23

• **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •

• **E-mail:** bkl.kohaszat@gmail.com •

• **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

• **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Harcsik Béla, dr. Klug Ottó, dr. Kóródi István, Lengyelné Kiss Katalin, Schudich Anna, Szende György, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

• **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Nagy Lajos •

• **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670** •

Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül. • A közölt cikkek fordítása, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

Internetcím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

TARDY PÁL

Az indirekt acélkereskedelem

1. Bevezetés

Az acélipar globális ágazat, termékei a világpiacra cserélnek gazdát. Az acéltermékek 40-50%-át nem abban az országban használják fel, ahol gyártották. Az árakat a világpiacra kialakult kereslet és kínálat arányai szabják meg. A vállalatok érdeke, hogy kapacitásaikat a lehető legnagyobb mértékben használják ki; közismert viszont, hogy a világ és Európa acéliparában jelentős nagyságú felesleges kapacitás alakult ki, ami az acélipacra túlkínálatot és ennek logikus következményeként az árakban jelentős esést eredményezett.

Az acéltermékek kereskedelmének alakulását ezért mind a nemzetközi, mind a nemzeti acélipari szervezetek és az acélipari cégek folyamatosan nyomon követik. Az információk, előrejelzések alapján próbálják meg gyártási és fejlesztési stratégiájukat kialakítani. EU-szinten az EUROFER, hazai szinten pedig a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés gyűjti és dolgozza fel az elérhető információkat.

Az acéltermékek kereskedelme mellett (direkt acélkereskedelem) igen jelentős mennyiségű acél változtat helyet az acélt tartalmazó termékek kereskedelme révén is (indirekt acélkereskedelem). Ennek vizsgálatát a World Steel Association (Acélipari Világszövetség, korábban International Iron and Steel Institute) kezdeményezte és folytatja. Ebben a dolgozatban az ő adataira támaszkodva tekintjük át az indirekt acélkereskedelem lényegét, becslési módját, helyzetét és alakulását.

2. Az acélfelhasználás számításának hagyományos módszerei

Az acélpiacon változásait az acélfel-

használás változásai okozzák, ezért fontos az acélipar számára az acélfelhasználás alakulásának vizsgálata. A tendenciák rövid és hosszú távú alakulásából és azok okainak elemzéséből ugyanis következtetni lehet a jövőbeni fejleményekre, ami igen fontos az acélipari vállalatok stratégiai döntéseinek kidolgozásához.

Az acélfelhasználás nagyságát különböző módszerekkel lehet számítani. A klasszikus módszerek a következők:

Látszólagos acélfelhasználás = a gyártott acéltermékek mennyisége + az import mennyisége – az export mennyisége

Ezt a számítást termékenként, termékcsopontonként és összességében egyaránt el lehet végezni. Ez ma a legjobban elterjedt módszer, mivel a számításokhoz szükséges acélkereskedelmi adatok a különböző nemzetközi és nemzeti statisztikai kiadványokban, adatbázisokban elérhetők és viszonylag megbízhatók.

Ezt a számítást pontosítani lehet a raktárkészletek változásával, hiszen a raktáron lévő mennyiségek csak akkor kerülnek felhasználásra, ha a felhasználó megvásárolja, így annak növekedése csökkenti, csökkenése növeli a keresletet, ill. a látszólagos acélfelhasználást:

Reális acélfelhasználás = látszólagos acélfelhasználás ± a raktárkészletek változása

A raktárkészletek alakulásáról már kevesebb információ érhető el, amellől nagyságuk általában lényegesen kisebb a kereskedelmi adatoknál, ezért ezt a módszert ritkábban alkalmazzák. Jelentősége elsősorban az acélpiacon hirtelen változásainál nagy, amikor az eladhatóság változásai miatt a meglévő raktárkészletek az átlagtól jelentősen eltérhetnek.

A látszólagos acélfelhasználás adatait rendszeresen gyűjti és közzé teszi világszinten a World Steel Association (WSA), EU szinten pedig az EUROFER. Az EU adatbázisához a magyar adatokat a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés szolgáltatja.

3. Az indirekt acélkereskedelem és a valódi acélfelhasználás meghatározása

A leggyakrabban használt *látszólagos acélfelhasználás* azt az acélmennyiséget is tartalmazza, amit az exportált termékek gyártásához használnak fel. Ez az acél azonban végeredményben más országban kerül végső felhasználásra az exportált berendezés, jármű stb. részeként, ezért levonható a tényleges hazai acélfelhasználásból, és fordítva: az importált gépek gyártásánál külföldön használt acélmennyiség elvileg hozzáadódik a hazai igényhez. Ezek figyelembe vétele tehát lényegében azt mutatja, hogy mennyi acélra lenne szükség egy adott országban az évente beszerzett berendezések előállításához, függetlenül azok gyártásának helyétől.

Az ily módon számított acélfelhasználást a szakirodalom *valódi acélfelhasználásnak* (*true steel use*) nevezi. Nagysága az alábbi módon számítható:

Valódi acélfelhasználás = látszólagos acélfelhasználás – indirekt acélexport + indirekt acélimport

A valódi acélfelhasználás meghatározásának legbonyolultabb lépése az *indirekt acélkereskedelem* számítása.

Az Acélipari Világszövetség (ma WSA, korábban IISI) az 1970-es évek közepe óta számos módszert próbált ki az indirekt acélkereskedelem számítására. A jelenleg alkalmazott és elfogadott módszert az alábbiakban röviden ismertetjük.

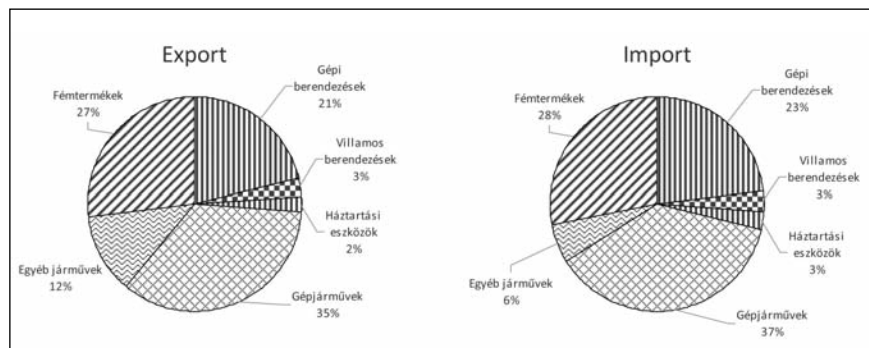
Az acélt tartalmazó berendezések kereskedelmi adatai értékben és mennyiségben egyaránt elérhetők a statisztikákból. Az indirekt acélkereskedelem számításához ismerni kell, hogy egy tonna súlyú berendezés (autó) gyártásához összesen mennyi acélipari termékre van szükség (*acélegyenérték*). Ez a szám tehát nem azonos a kész berendezés tényleges acéltartalmával, hanem annál nagyobb, hiszen mire az acéltermékből (lemez, rúd stb.) beépíthető, felhasználható alkatrész lesz, a feldolgozási műveletek (méretre szabás, forgácsolás stb.) során jelentős mennyiségű acélhulladék keletkezik, amit az acélipar betétanyagként fel tud használni.

Az *acélegyenérték* számításához ismerni kell

- a berendezés fajlagos acéltartalmát (egységnyi súlyú berendezés acéltartalma);
- a berendezésben lévő acél alkatrészek, elemek előállításához szükséges acéltermék (lemez, köracél stb.) mennyiségét. Ez tehát végeredményben az acéliparral szembeni igényt jelenti a különböző berendezések gyártásához.

Az acélegyenérték becsléséhez az acélipari vállalatoktól, a berendezésgyártóktól, piaci információkból származó adatokat, valamint arra alkalmas statisztikai adatokat használt fel az Acélipari Világszövetség. Az eredményeket acélipari és felhasználóipari szakértőkkel alaposan megvitaták. Az acélegyenérték a technika fejlődésével, új acéltípusok alkalmazásával, új tervezési eljárásokkal, az acélt helyettesítő anyagok alkalmazásával stb. természetesen változhat, így nagyságát rendszeresen felül kell vizsgálni. Az is természetes, hogy az acélegyenérték nagysága országonként, ill. régióként eltérhet; a szövetség azonban első közelítésként nem vette figyelembe ezeket a különbségeket.

Az acélegyenérték nagyságát az általánosan elfogadott fő acélfelhasználási területekre, összesen hat termékcsoportra határozták meg, amelyeket a Harmonizált Áruleírás és Kódolási Rendszer (HS) alapján azonosítottak és csoportosítottak: fémtermékek, gépi berendezések, villamos berendezések, háztartási eszközök,



1. ábra. A termékcsoportok részaránya a világ indirekt acélkereskedelmében

gépjárművek és egyéb járművek. Csoportonként további részletes bontás is van, ahol az azonos termékcsoportokhoz tartozó, de eltérő berendezésekre is rendelkezésre állnak adatok. Ezek felsorolása helyett (ami nagy terjedelmet igényelne) az alábbiakban a termékcsoportokra vonatkozó átlagadatokat adjuk meg.

A *fémtermékek*hez sorolt legfontosabb termékek: kazánok, acélszerkezetek, sodronyok, láncok, rugók stb. Átlagos acélegyenértékük 0,9–1,2;

A *gépi berendezések* legfontosabb termékei: szerszámgépek, szállító berendezések, turbinák, különböző anyagok megmunkáló gépei stb. Átlagos acélegyenértékük: 0,6–1,0;

A *villamos berendezések*hez sorolt legfontosabb termékek: elektromotorok, generátorok, transzformátorok stb. Átlagos acélegyenértékek: 0,6–0,9;

A *háztartási eszközök* legfontosabb termékei: hűtőgépek, mosó- és mosogatógépek, hőszűrők stb. Átlagos acélegyenérték: 0,6–1,0;

Legfontosabb *gépjárműipari* termékek: személygépkocsik, teherautók,

autóbuszok, kamionok, munkagépek, traktorok stb. Átlagos acélegyenérték: 0,8–1,1;

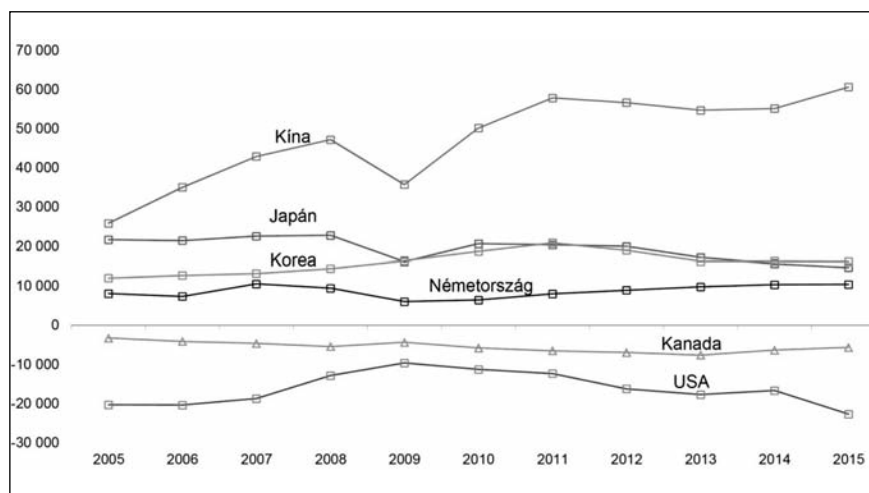
Egyéb járműipari termékek: kerékpárok és motorkerékpárok, vasúti berendezések és sínek, hajók stb. Átlagos acélegyenérték: 0,8–1,2.

Mint látható, az építőipar nem szerepel a felsorolásban; az építőipar termékei (épületek és építmények, utak, hidak stb.) ugyanis nem exportálhatók, így az indirekt kereskedelemnek sem szereplői.

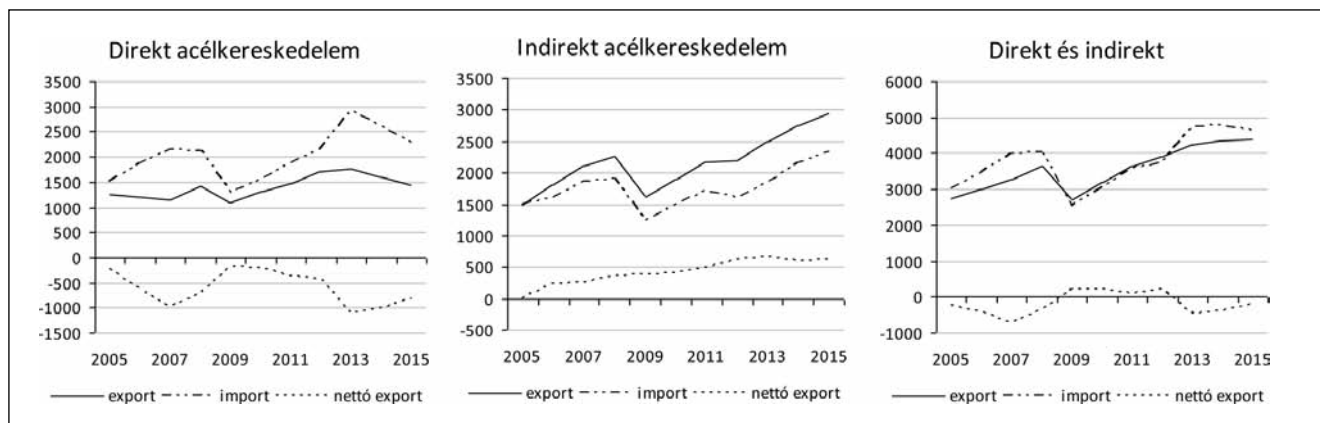
A kereskedelmi adatokat az ENSZ adatbázisából (UN Comtrade) vették át. Ahol szükség volt rá (pl. évek kimaradása miatt) szakemberek bevonásával becsléseket végeztek.

4. Az indirekt acélkereskedelem és a valódi acélfelhasználás adatai

Fenti eszközök alkalmazásával a Világszövetség a világ számos országára elvégezte a becsléseket; eredményeik közül példaképpen az alábbiakban ismertetünk néhányat.



2. ábra. A nettó indirekt acélkereskedelem alakulása néhány országban, (kt/év)



■ 3. ábra. A direkt és indirekt acélkereskedelem alakulása hazánkban, (kt/év)

4.1. A direkt és indirekt acélkereskedelem globális jellemzése

Az 1. ábrán az előbb felsorolt termékcsoportok részarányát mutatjuk be a világ indirekt acélkereskedelmében.

Eszerint a legnagyobb részarányt (36-37%) a gépjárművek teszik ki mindkét irányban; ezt követi a fémtermékek csoportja és a gépipari berendezések csoportja. A többi termékcsoport részaránya a kereskedelemben sokkal kisebb.

A 2. ábrán a világ legnagyobb indirekt acélkereskedő országainak nettó adatait szemlélítjük. Mint látható, a legnagyobb nettó indirekt acél exportőr Kína (mint tudjuk, a direkt exportban is első), majd Japán, Dél-Korea, Németország következik. Ezek szerint Kína kiemelkedően nagy acéltermelésének jelentős részét gépi berendezések, járművek stb. részeként exportálja, de hasonló a helyzet az öt követő országokban is.

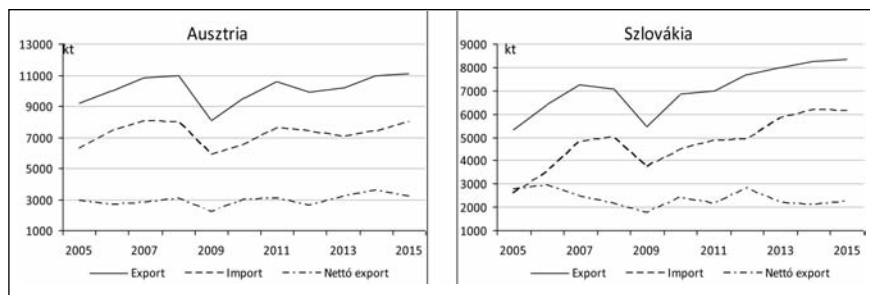
Figyelemre méltó, hogy az USA és Kanada mérlege negatív, azaz a nagy acéltartalmú berendezésekből többet importálnak, mint exportálnak.

4.2. Az indirekt acélkereskedelem adatai hazánkban és régióinkban

A következőkben hazánk és két szomszédos ország (Ausztria és Szlovákia) adatait foglaljuk össze, ami lehetőséget ad az összehasonlításra.

A 3. ábrán a direkt és indirekt acélkereskedelem alakulását mutatjuk be 2006 és 2015 között Magyarországra.

A Világszövetség (és az MVAE) adattárából ismertek a direkt acélkereskedelem hazai adatai. Jól látható, hogy az ország jelentős importra szo-



■ 4. ábra. Ausztria és Szlovákia nettó indirekt acélkereskedelmének alakulása, (kt/év)

rul acéltermékekből és a mérleg negatív, azaz a direkt import nagyobb, mint az export. Ez alapvetően a hazai acélipar kis kapacitásának a következménye.

Más a helyzet az indirekt acélkereskedelem esetében; az ország nettó indirekt acélexportja meghaladja az indirekt importét. Ez jelzi, hogy az itthon gyártott és importált acéltermékek nagy részét exportálásra kerülő berendezésekbe építik be. A nettó (direkt és indirekt) acélkereskedelem mérlege kismértékű nettó importot jelez, mert az indirekt nettó export többlete nem fedezi a direkt importtöbbletet.

Ausztria és Szlovákia – mint ismeretes – a hazai igényt meghaladó méretű acéliparral rendelkezik. Ennek megfelelően mindkét országban jelentős nagyságú a direkt export többlet, ami az összesített indirekt kereskedelemben is többletet eredményez (4. ábra).

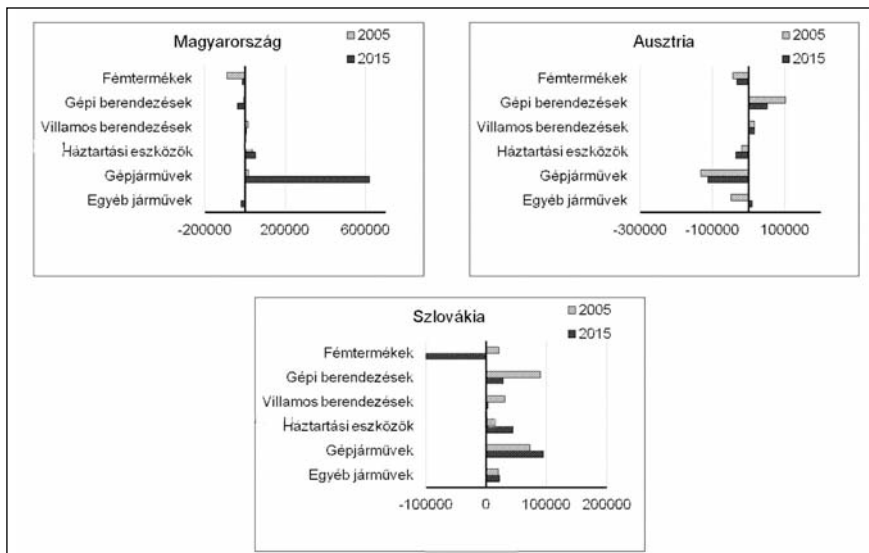
A három ország indirekt acélkereskedelméről további információkat adnak az 5. ábra diagramjai, amelyek a felsorolt termékcsoportokra mutatják be a három ország nettó indirekt exportját.

A három ország nettó indirekt acélkereskedelmét összehasonlítva első sorban a gépjárműipari termékeket ér-

demes kiemelni. Ebben hazánk a legnagyobb nettó exportőr, több mint 600.000 t-val. Szlovákia nettó exportja ennél sokkal kisebb (~100.000 t), Ausztria pedig nettó importőr.

A három országban gyártott személygépkocsik hozzávetőleges száma: Szlovákia ~ 1 M/év, Magyarország ~ 500.000/év, Ausztria: ~ 100.000/év. A Világszövetség adatbázisában a gépjárművek csoportján belül az autóiipar (személygépkocsi-gyártás) indirekt nettó acélkereskedelmének adatai is elérhetők; eszerint hazánk mérlege ~ 520.000 t nettó indirekt export, Szlovákiáé ~ 850.000 t nettó indirekt export, míg Ausztriáé ~ 200.000 t nettó indirekt import. Ezek az adatok már összhangban vannak a három országban gyártott és exportált/importált autók számával. Ezekből az adatokból az is látható, hogy hazánk gépjárműipari nettó acélexportjában a személygépkocsik mellett nehéz, nagy acéltartalmú termékeknek is jelentős az aránya. Ez az exportszerkezet növeli az ország direkt acélimportigényét.

Hazánk nettó indirekt acélkereskedelme a többi berendezéscsoport esetében nagyjából kiegyenlített. Szlovákia esetében a fémtermékek



■ 5. ábra. Az indirekt nettó acélkereskedelem 2015-ben termékcsoportonként hazánkban, Ausztriában és Szlovákiában, (t)

kivételével jelentős exporttöbbletekről van szó, Ausztriánál a már tárgyalta járműipar nettó indirekt acélimportja a legnagyobb.

Az indirekt nettó export mellett az *indirekt export* berendezéscsoport szerinti alakulását is érdemes hazánkra megvizsgálni: a hazánkból exportált berendezésekbe itthon építik be az acélt, és célszerű arra törekedni, hogy ebben minél több legyen a hazai acélipar terméke.

A hazai indirekt acélexport 2015. évi adatai a következők:

Fémtermékek	530.000 tonna
Gépi berendezések	532.000 tonna
Villamos berendezések	155.000 tonna
Háztartási berendezések	113.000 tonna
Gépjárművek	1.582.000 tonna
Ebből	

személygépkocsi 671.000 tonna egyéb járművek 31.000 tonna

Eszerint a felsorolt berendezések exportjával közel 3 M tonna acéltermék egyénértékű mennyiség ment ki az országból, aminek csak kis része lehetett hazai acéltermék. Acélműveinknek elsősorban a három legnagyobb nettó acélexportőr berendezéscsoport gyártóinál érdemes a beszállítást növelni.

5. A valódi acélfelhasználás és a látszólagos acélfelhasználás összehasonlítása

A *valódi acélfelhasználás* – mint leír-

tuk – lényegében az évente beszerzett berendezések előállításához szükséges acéltermékek mennyiségét adja meg országonként; a különbség a látszólagos acélfelhasználáshoz képest a nettó indirekt acélkereskedelem nagysága.

A három ország látszólagos és reális acélfelhasználásának alakulását a 6. ábraszorosattal szemléltetjük.

A három ország között itt is jellegzetes különbségek vannak. Hazánkban a látszólagos felhasználás nagyobb a valódi felhasználásnál, a másik két országban többé-kevésbé egyenlők. Az egyik ok, hogy a látszólagos acélfelhasználás tartalmazza az építőiparban felhasznált acélmennyiséget is, a valódi acélfelhasználás

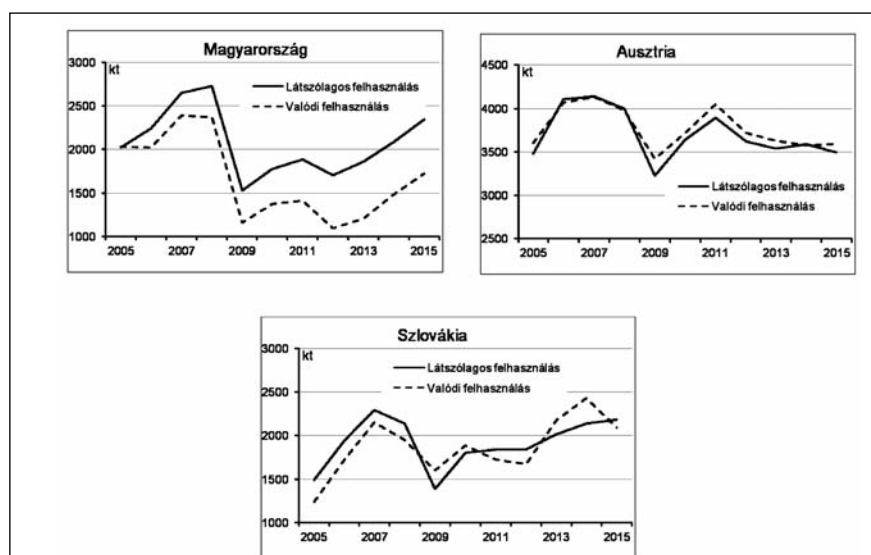
azonban nem. Ezt azért érdemes kiemelni, mert a legtöbb országban – így hazánkban is – az építőipar részaránya a legnagyobb az acélfelhasználásban.

A másik két ország esetében az építőiparban felhasznált acélmennyiséghez hasonló nagyságú a nettó indirekt acélimport, ezért egyezik meg többé-kevésbé a látszólagos és a valódi acélfelhasználás.

Érdekes még megemlíteni, hogy Németország és Olaszország (Európa két nagy acéltermelője és -felhasználója) esetében hazánkhoz hasonlóan szintén nagyobb a látszólagos acélfelhasználás a valódinál. Ez arra utal, hogy indirekt acélimportjuk (ami csökkenti a valódi hazai felhasználást) igen jelentős. Németország direkt acélimportja (acélipari termékek importja) is nagy, ugyanakkor Németország egyike a legnagyobb nettó acélimportőröknek is (sok acél megy ki az országból gépek, berendezések formájában).

6. Következtetések

Az *indirekt acélkereskedelem* az exportált és importált berendezések előállításához szükséges acélipari termékek mennyiségét adja meg, a *valódi acélfelhasználás* pedig a látszólagos felhasználás mellett az indirekt acélkereskedelem egyenlegét is figyelembe veszi. Az Acélipari Világszövetség adatainak elemzése alapján az alábbi következtetések vonhatók le:



■ 6. ábra. A látszólagos és valódi acélfelhasználás alakulása, (kt/év)

1. Az indirekt acélexport termékcsopontonkénti adataiból következtetni lehet arra, hogy mely szektorok exportjának nagy az acélintenzitása, azaz az exportált berendezések acéltartalma. Az acélipari vállalatoknak célszerű arra törekedni, hogy ezeknek a szektoroknak az igényeit elégítsék ki minél nagyobb mértékben.
2. Hazánk indirekt acélexportja nagyobb az indirekt acélimportnál. A legnagyobb indirekt exporttöbbség a gépjárművek termékcsoportjánál realizálódik. A nettó direkt és indirekt acélkereskedelem mérlege azonban a jelentős

3. Az összehasonlítás céljából vizsgált két ország, Ausztria és Szlovákia direkt és indirekt acélkereskedelmének mérlege pozitív (mindkettő nagy direkt acélexportőr).
4. A valódi acélfelhasználás hazánk esetében kisebb a látszólagos acélfelhasználásnál, ami annak a következménye, hogy az indirekt acélkereskedelemben az export meghaladja az importot. Ausztria és Szlovákia esetében a látszólagos és a valódi acélfelhasználás hasonló nagyságú.
5. Az indirekt acélkereskedelem

adatait elsősorban az exportált berendezések acélintenzitásának elemzésénél érdemes hasznosítani, amit a fejlesztési koncepciók kidolgozása során lehet figyelembe venni. Ebből a szempontból az országban gyártott járművek hazai acéltartalmának növelésében vannak a legnagyobb lehetőségek.

Irodalom

Indirect trade of steel. A World Steel Association publikációja; elérés a honlapon keresztül (<https://www.worldsteel.org>).

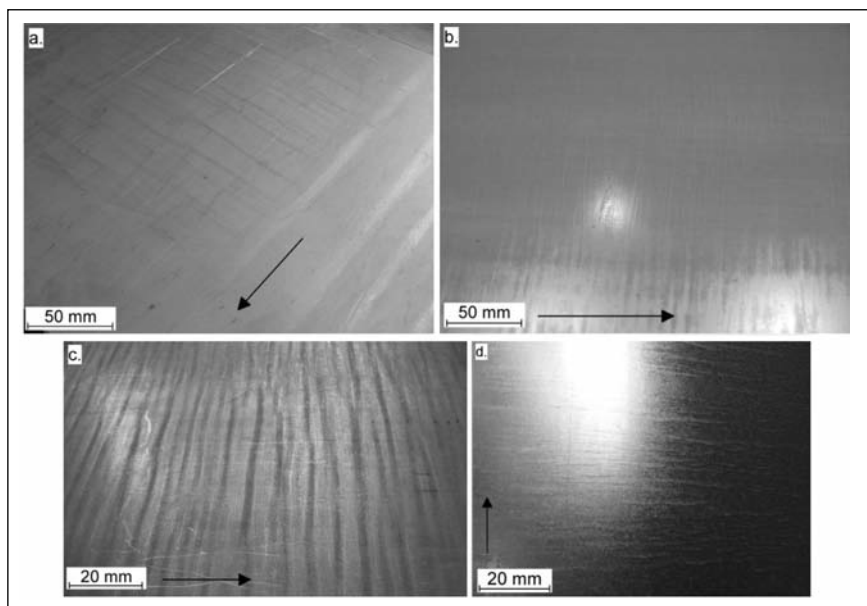
MUCSI ANDRÁS

A lágyacél szalagok feldolgozásakor jelentkező törésvonalasság jellegzetességei*

A cikk a lágyacél szalagokon megjelenő ún. törésvonalak képződési mechanizmusát, a mikro szerkezeti jellemzőit tárgyalja. A folyási- ill. törésvonalak olyan felületi hibák, melyek megjelenése a lágyacélok folyási jelenségéhez köthető. Az alakváltozási sávok vizsgálata nemcsak a felületi hiba tulajdonságainak szempontjából, hanem a rugalmas-képlékeny átmenet szempontjából is érdekes információkkal szolgálhat.

1. Bevezető

A törésvonalak lágyacél szalagokon megjelenő, szabálytalan alakú, periodikusan váltakozó fényes-matt felületi sávok. A sávok lokális alakváltozás eredményeként jönnek létre, az acéltekercek különböző gyártósorokon való feldolgozásakor. A leggyakrabban a melegen hengerelt, vagy lágyító hőkezelésen átesett tekercek lefejtésekor, a tekercs meneteinek „kiegyenesítésekor” keletkeznek, emiatt a sávok közel merőlegesek a hengerlési irányra [1–5]. A szalag alakí hibáiból adódóan (lencséség, ékesség,



■ 1. ábra. Törésvonalas szalagok fényképei: pácolt szalagon (a–c), valamint hidegen hengerelt és lágyított, majd horganyzott szalagon (d). A hengerlési irányt nyíl jelöli.

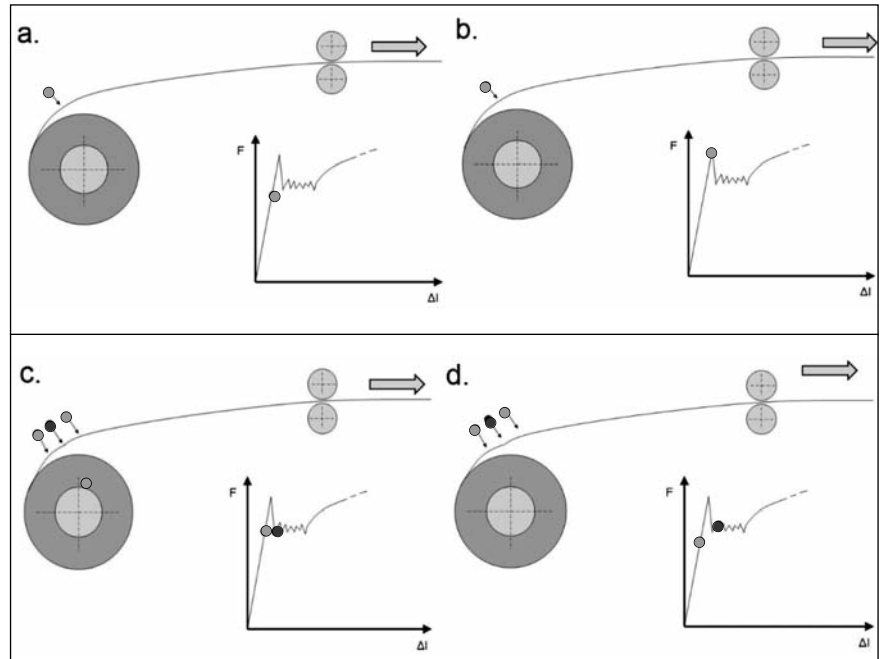
* A cikk első változata a XVI. Képlékenyalakító Konferencia (Miskolc, 2018. február 7-9.) kiadványában jelent meg.

Dr. Mucsi András okleveles gépészmérnök 2010-ben szerezte BSc-diplomáját az Óbudai Egyetemen. 2012-ben gépészmérnök MSc-, majd 2015-ben PhD-fokozatot szerzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. 2009 óta az Óbudai Egyetem munkatársa, 2016-tól adjunktusi beosztásban. 2017-től az ISD Dunaferr Zrt.-nél technológiafejlesztési szakértő.

keresztíveltség) szabálytalan alakúak és ritkán íves jellegűek. A törésvonalakat szokták alakváltozási sávoknak, illetve folyásvonalnak is nevezni. Minden olyan technológiánál megjelenhetnek, ahol az acélszalag rugalmas-képlékeny átmenete a folyási jelenséggel történik. Az 1. ábrán néhány törésvonalas szalagminta fotója látható.

A sávok a rugalmas-képlékeny átmenet instabilitásaként jönnek létre [6–8]. A tárgyalt felületi hiba csak olyan szalagon jelenik meg, melynek szakítódigrammját a felső-alsó folyáshatár és a folyási nyúlás jellemzi. Azoknál az anyagoknál, ahol nincs kifejezett folyási jelenség (pl. IF-acélok, vagy ferrit-martenzites duál fázisú acélok) a folyási vonalak sem jelennek meg. A melegen hengerelt, vagy lágyított szalag lefejtésekor, gyártósori hengereken való továbbításakor, húzva revetőrön való áthaladásakor a képlékeny alakváltozás megindításához a felső folyási feszültség szükséges, ugyanakkor a megfolyt térfogatrész alakváltozásának fenntartásához ennél kisebb feszültség is elegendő. Ez a viselkedés periodikus képlékeny-rugalmas alakváltozás sorozatához vezet. Példaként bemutatjuk a melegen hengerelt tekercs lefejtésekor képződő törésvonalak keletkezésének egyik mechanizmusát.

A szalag letekeresése során a soron következő menet lefejtésekor a szalag próbálja megtartani eredeti görbületét. Ennek hatására egy adott keresztmetszetben a feszültség eléri a felső folyási feszültséget. Amikor ez megtörtént, egy kis sávban az anyag megfolyik, azaz lokális alakváltozás történik. Ez a sáv ezután már az alsó folyási feszültség hatására is képes az alakváltozásra, amit pedig a környező térfogatrészek rugalmas alakváltozási energiája tart fenn. Az alakváltozott térfogatrész ún. képlékeny csuklóként viselkedik a továbbiak során, tehát az alakváltozás elindításához és fenntartásához szükséges feszültség kisebb, mint a környező térfogatrészekben. A szalag további lefejtésekor a képlékeny csukló eltávolodik a tekercestől, és egy újabb, rugalmas alakváltozás alatt lévő tekercsív fejlődik le, miáltal folytatódhat az instabil rugalmas-képlékeny átmenet (2. ábra) [7–9].



■ 2. ábra. A törésvonalassági hiba keletkezésének egyik mechanizmusa a tekercs lefejtése során [9]

Az itt leírt mechanizmustól eltérő módon is keletkeznek alakváltozási sávok az adott gyártósor és a szalag jellemzőitől függően.

2. A felületi hiba keletkezését befolyásoló tényezők

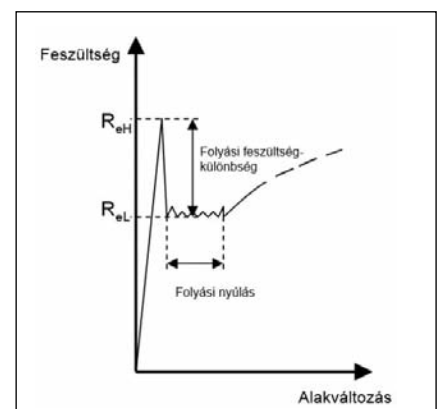
Meg kell jegyezni, hogy a felületi hiba nem minden esetben ugyanolyan formában és erősségben (intenzitásban) jelenik meg. Néha szabad szemmel alig-alig látható, halovány sávokként, néha egészen miniatűr jellegű, ún. mikrotörésvonalaként, néha pedig az egész szalagot betérítő fényes és fekete sávokként (pl. 1c ábra) vannak jelen. Az alábbiakban azokat a tényezőket gyűjtjük össze, melyek összefüggésben vannak a törésvonalak keletkezésével, azok vizuális intenzitásával.

A törésvonalak keletkezésének szükséges, de nem elégséges alapfeltétele, hogy az acél rendelkezzen folyási jelenséggel. A 3. ábrán bemutatott szakítódigramm kezdeti szakaszán a folyási jelenség két legfontosabb paramétereit, a felső-alsó folyáshatár közti különbséget, valamint a folyási nyúlást ábrázoljuk.

A 2. és 3. ábrán bemutatott értelmezés szerint tehát annál intenzívebb, markánsabb törésvonal képződésre lehet számítani, minél nagyobb a felső-alsó folyáshatár közti külön-

ség és minél nagyobb a folyási nyúlás mértéke. A két paraméter közül talán a felső-alsó folyáshatár közti különbség a meghatározó, ugyanis a képlékenyen megfolyt sáv alakváltozását a környező térfogatrészek rugalmas alakváltozási energiája biztosítja. Ez utóbbi viszont arányos a felső-alsó folyáshatár közti különbséggel. Kis felső-alsó folyáshatár közti különbségnél a rugalmas-képlékeny átmenet folytonosabb, egy-egy feszültség-esés után kismértékű képlékeny deformáció jön létre. A felső-alsó folyási feszültség közti különbséget az acél interstíciós ötvözőtartalma, szemcseszerkezete, szemcsemérete, valamint a szövetszerkezet inhomogenitása határozza meg.

Meg kell jegyezni, hogy a törésvo-



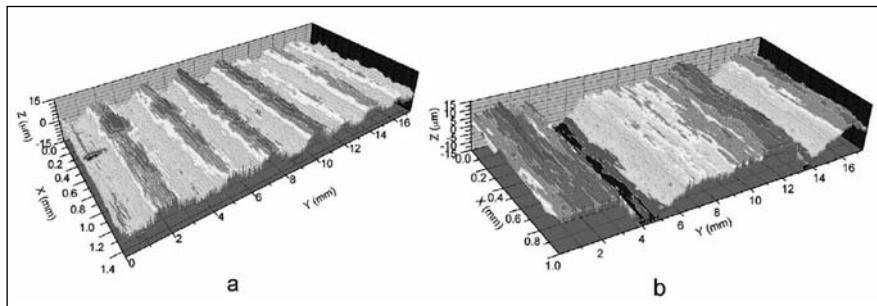
■ 3. ábra. A folyási jelenség paramétereit lágyacél szakítódigrammján értelmezve

nalassági szint és a folyási jelenség közti vizsgálódást nagyban nehezíti az a tény, hogy a szakítóvizsgálatból megállapítható felső folyási feszültség meglehetősen érzékeny a terhelésátadás centrikusságára [10–15].

A felsorolt fémtani jellemzőket (szemcseszerkezet inhomogenitása, szemcseméret, oldott intersztíciótartalom) a kémiai összetétel, meleg-hengerlési paraméterek (főként a hengerlési véghőmérséklet, szalaghűtési stratégia és csévélési hőmérséklet) befolyásolják. Jelentős szerepe van a tekercs lefejtési hőmérsékletének, hiszen ez erőteljesen befolyásolja a megfolyás mechanizmusát. A felsorolt jellemzők közül a szalag geometriai jellemzőinek is meghatározó szerepük van. Ezek közül a legfontosabb a szalagvastagság, hiszen ugyanakkora tekercsátmérő esetén a vastagság növekedtével a lefejtéskori alakváltozás nő. A lefejtéskori alakváltozás a vékony, 1,2–3 mm vastag szalagok esetén van a rugalmas-képlékeny alakváltozás határán, illetve valamivel afölött (a pillanatnyi tekercsátmérettől és a megelőző termomechanikus állapottól is függ). A szalag geometriai jellemzői közül meghatározó annak keresztíveltsége, meleghengerlés utáni maradófeszültségei, vékony lemezek esetén a lencsésességnek és a szalag ékességének is lehet szerepe, habár ez utóbbiakat szignifikánsan nem sikerült kimutatni melegen hengerelt szalagokra.

3. A törésvonalak topográfiai jellemzői

A törésvonalak topográfiája és felületi jellemzői meglehetősen érdekes és újszerű megfigyeléseket mutattak. A felületi hullámosságot és felületi érdességet Mitutoyo SurfTest PJ-301 típusú érdességmérővel, míg a mikroszkópi vizsgálatokat multifókusz-mikroszkóppal végeztük. A törésvonalas minták felülete érdekes alakot ölt: a fényes sávok a szalag „átlagsíkjából” kiemelkednek, míg a matt sávok anyagba irányulóak. A törésvonalak intenzitásának jellemzésére egy általában négyfokozatú skálát használnak, melyet vizuális megfigyelés és besorolás alapján állítanak fel. A fényes sávok legmagasabb pontja és a hullámvölgyek legmélyebb pontja kö-



4. ábra. A 2-es (a) és 4-es (b) fokozatú törésvonalas minta 3D-s felületi felvétele [5]

zött 3–20 µm magasságkülönbség van a törésvonalak intenzitásától függően. A 4. ábra egy 2-es és egy 4-es fokozatú törésvonalas minta felületi topográfiáját mutatja.

A fényes és matt sávok közti távolság is változik a törésvonal fokozatszámának függvényében, értéke általában 0,5-7 mm között helyezkedik el. Tulajdonképpen a tárgyalt magasságbeli eltérés az oka annak, hogy bevonás (krómozás, festés stb.) során az emberi szem számára láthatóak maradnak, ezzel esztétikai hibát és reklamációt okoznak. Itt kell megemlíteni, hogy az esztétikai hibán kívül nem okozzák az acélszalag mechanikai tulajdonságainak megváltozását, a feldolgozás közbeni károsodását.

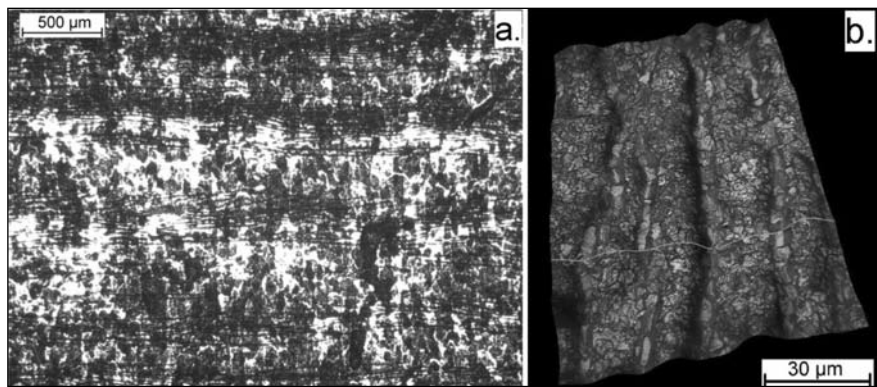
A törésvonalakat közelebbről, fémmikroszkópon megvizsgálva azt vehetjük észre, hogy a matt területeken a makroszkópiusan észlelhető alakváltozási sávokkal párhuzamos keskeny, néhány mikrométer szélességű mikroszkópius sávok is jelen vannak. Ezek a mikroszkópius sávok szabálytalanul haladnak végig a matt sávok területén, ugyanakkor sok helyütt egymáshoz viszonyított átlagos távolságuk lényegesen nem változik. A mikroszkópi felvételeket te-

kintve joggal feltételezhető, hogy ezek a lokális alakváltozás legkisebb érzékelhető jelei.

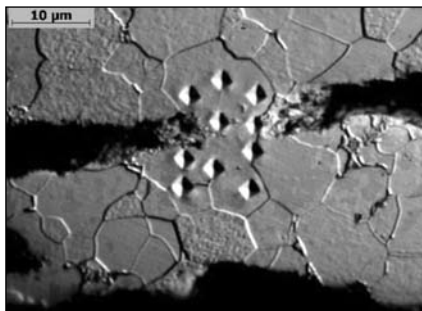
A mikroszkópius törésvonalak szélessége 5-8 µm, míg mélységük anyagba irányulóan 2-5 µm. A megjelenésüket figyelembe véve feltételezhető, hogy akkor alakulnak ki, amikor a szalag nyomófeszültséget kap. A bemutatott törésvonalasság ugyanakkor mindkét felületre jellemző, tehát a szalag továbbítóhengereken való hajlításakor az eredetileg húzott (belső, tekercs felőli oldal, lásd 2. ábra) oldal nyomóigénybevétel hatására az előzőekben tárgyaltakhoz hasonlóan viselkedik. A mikro-törésvonalak anyagszerkezeti vizsgálata mind technológiai, mind fémtani szempontból igen érdekes és fontos lépés lehet a rugalmas-képlékeny átmenet pillanatában lezajló folyamatok feltárásában.

4. A mikro-törésvonalak vizsgálatának eddigi eredményei

A mikro-törésvonalak behatóbb vizsgálatának céljából fémmikroszkópos és keménységmérésekre került sor. A vizsgálatok során az alábbi megfigyelések születtek. A mikro-törésvonalak



5. ábra. A matt sávok területén jelen lévő mikro-törésvonalak fémmikroszkópos (a) és 3D-s optikai mikroszkópos (Hirox RH-2000) felvételei (b) [5]



■ 6. ábra. A mikrokeménység-mérés módja részlegesen felpolírozott törésvonalas mintán

rendszerint egy szemcsesoron haladnak keresztül, a szemcsék belsejében. A vonal irányára merőlegesen a szemcsék határát kiterjedten nem lépik át, a mikroszkóp fókuszát mozgatva azt lehet érzékelni, hogy a vonal mellett közvetlenül elhelyezkedő szemcse belseje felé mintegy 1-2 μm -es távolságban okoznak geometriailag érzékelhető deformációt. Tehát a szemcsehatárok akadályként szolgálhatnak a vonalak képződésekor, ez az eddigi elméletek alapján (pl. Hall-Petch [16–18]) talán érthető is. A mikro-törésvonalas mintát a felületén polírozva azt az állapotot is sikerült elérni, amikor néhány mikro-törésvonal mélyedése éppen felpolírozódott, viszont a sáv eredeti helye is látszik. Ebben az állapotban történtek a mikrokeménység-mérések, néhány a vonal eredeti pozíciójában, néhány pedig a vonalra merőlegesen, attól néhány mikrométerre a 6. ábra szerinti módon. 6-7 ilyen pozíciót kiválasztva és elemezve az tapasztalható, hogy a felpolírozódott vonalban a Vickers-lenyomatok ugyanazon terhelés (0,7, illetve 0,5 g) mellett kisebbnek bizonyultak, mint a vonal melletti szemcsékben. Kb. 80 ilyen mérést elvégezve megállapítható, hogy 30-50 HV keménységkülönbség tapasztalható a mikro-törésvonal és az őt körülvevő alakítatlan szemcsék között. Tekintettel arra, hogy a Cottrell-féle diszlokáció-leszakadási elmélettel nem magyarázható ekkora keménységnövekedés, joggal feltételezhető, hogy a mikro-folyásvonalak kialakulásakor intenzív diszlokációképződés is történik.

5. Összefoglalás

A cikkben bemutatottak a lágyacél szalagok feldolgozásakor jelentkező tö-

résvonalasság jelenségét. A felületi hiba képződésének fő feltétele, hogy az alapanyag rugalmas-képlékeny átmenete ne folytonosan történjék, hanem a felső-alsó folyási feszültség jelenlétében. A törésvonalak képződésének másik feltétele, hogy a rugalmas-képlékeny átmenet az egymás melletti szalagrészekben instabil módon, váltakozva, nem folytonosan menjen végbe. Ennek egy lehetséges mechanizmusát bemutattuk. A törésvonalak lokális alakváltozási sávok, melyek 3-20 μm közötti hullámmagassággal és mikroszkópikus, 5-8 μm széles mikroalakváltozási vonalakkal jellemezhetőek. A mikroalakváltozási vonalak elemzése és további vizsgálata a lágyacélok rugalmas-képlékeny átmenetekor történő alakváltozási mechanizmusokra (interszticiós atomok által rögzített diszlokációk leszakadása, illetve új diszlokációk keletkezése) és azok részarányára adhat magyarázatot.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. A szerző ugyancsak hálás köszönettel tartozik az ISD Dunaferri Zrt.-nek a kísérleti anyagok biztosításáért.

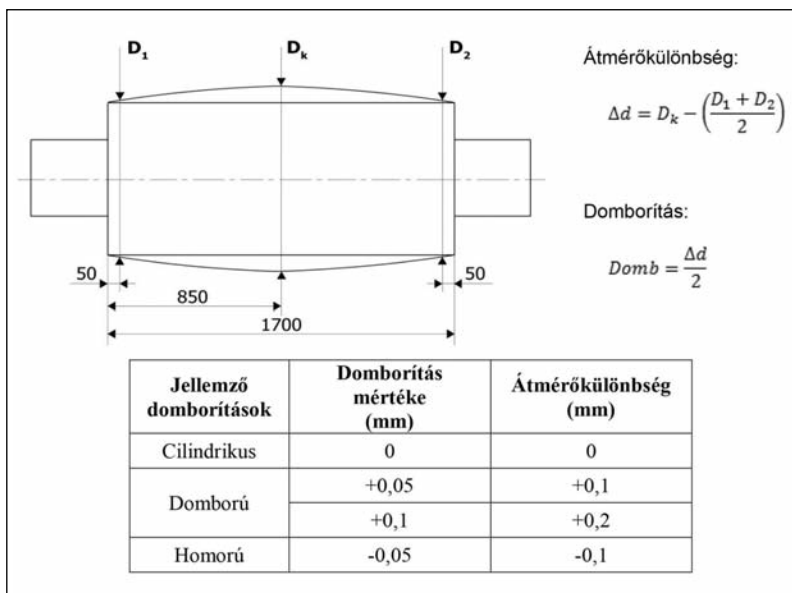
Irodalom

- [1] H. Kobayashi: Origin of break marks produced in the processing of mild steel strip, Proceedings of the 41st Mechanical Working and Steel Processing Conference, Baltimore, 37 (1999), p. 743–752.
- [2] M. Sawada, H. Ibatá: The effect of deformation temperature on the formation of Lüders band in mild steel (from the viewpoint of “coil break”), SEASI Conference Proceedings, (1997), p. 1/1–1/7
- [3] H. McKenzie, P. E. Evans, P. Prickett: An investigation of coil break behaviour in hot rolled steel strip, AISE Annual Convention and Exposition, AISE, 2001PR-991-082.
- [4] A. H. Cottrell, B. A. Bilby: Dislocation theory of yielding and strain aging of iron. Proc. Phys. Soc. London Sect. A, 62, (1949), p.49–62.

- [5] A. Mucsi: Analysis of coil break defects, Engineering Failure Analysis, 83, (2018), p.109–116.
- [6] S. K. Thakur, B. Sarkar, B. Ghosh, R. Datta: Reduction in diversion due to coil break in CRNO grades of coils, case study, Engineering Failure Analysis, 2, (2014), p.76–83.
- [7] M. Dicky, M. H. Basri: Reducing coil break rejection at hot skin pass mill PT Krakatau steel, the Indonesian, Journal of Business Administration, 2, (2013), p.1131–1143.
- [8] L. Jun: Control technique of break marks in hot strip mill, Iron Steel, 44, (2009), p.68–71.
- [9] A. Mucsi, B. Verő, A. Portász: Coil break formation in low carbon steels, Proceedings of Rolling 2016 Conference, (2016), p.1042–1050.
- [10] J. R. Davis: Tensile Testing, second ed., ASM International, USA, 2004.
- [11] T. G. F. Gray, A. McCombe: Influence of specimen dimension and grip in tensile testing steel to EN 10 002., J Iron and Steel Making 19 (1992), p.405–409.
- [12] H.-B. Sun, Y. Kaneda, M. Ohmori, F. Yoshida: Effect of Stress Concentration on Upper Yield Point in Mild Steel, Materials Transactions 47 (1), (2006), p. 96–100.
- [13] J. G. Docherty, F. W. Thorne: The phenomenon of tensile yield in mild steel and iron, Engineering 132 (1931), p. 295–297.
- [14] M. M. Hutchinson: High upper yield point in mild steel, J. Iron Steel Inst., 186, (1957), p. 431–432.
- [15] A. Mucsi: Effect of gripping system on the measured upper yield strength estimated by tensile tests, Measurement 46, (2013), p. 1663–1670.
- [16] E. O. Hall: The deformation and aging of mild steel, II characteristic of the Lüders deformation, Proc. Phys. Soc. 46 (6) (1951), p. 747–753.
- [17] E. O. Hall: The deformation and aging of mild steel, III discussion and results, Proc. Phys. Soc. 46 (6) (1951), p. 747–753.
- [18] N. J. Petch: The cleavage strength of polycrystals, J. Iron Steel Inst. 5 (1953), p. 25–28.

Munkahengerek megfelelő alapdomborításának biztosítása az ISD Dunafer Zrt. Meleghengerművében

A megfelelő szelvényalakú és síkfekvésű melegen hengerelt szalag hengerlésének egyik lényeges feltétele a munkahengerek megfelelő alapdomborítása. A munkahengerek felületét minden beépítés előtt meg kell köszörsülni, ezzel biztosítva a megfelelő felületi keménységet, felületminőséget, sérülésmentességet és alapdomborítást. Az alapdomborítás a henger köszörüléssel előállított alakja, profilja. A munkahengerek alakját, alapdomborításának mértékét technológiai előírások szabályozzák. Az alapdomborítás megfelelőségét sok tényező befolyásolja, köztük a megfelelő hőállapot, melyet számos mérés során vizsgáltunk.



1. ábra. A munkahengerek alapdomborításának értelmezése

1. Munkahengerek alapdomborítása

A meleghengerműi munkahengerek felületét minden beépítés előtt meg kell köszörsülni, ezzel biztosítva a megfelelő felületi keménységet, felületminőséget, sérülésmentességet és alapdomborítást. Az alapdomborítás a henger, köszörüléssel előállított alakja, profilja. A megfelelő alapdomborítás egyik alapfeltétele a megfelelő síkfekvéssel és szelvényalakokkal rendelkező szalag hengerlésének. A munkahengerek alakját, alapdomborításának mértékét technológiai előírások szabályozzák. A domborítás lehet pozitív, negatív és lehet nulla

(cilindrikus). A domborítás mértékét gyakorlatilag a henger palástjának közepén és a palást két szélén mért átmérők átlagának segítségével határozhatjuk meg. Ehhez nyújt segítséget az 1. ábra, mely tartalmazza az ISD Dunafer Zrt. Meleghengerművében jellemző alapdomborítási előírásokat is. A domborítás a henger alkotójára vonatkozik, vagyis a domborítás mértéke az ábrán bemutatott átmérőkülönbség fele.

A henger alapdomborítása megfelelő, ha a kialakított profil szimmetrikus, vagyis a hengerpalást két szélén mért átmérőértékek azonosak, a palástközépen pedig az átmérő az

előírt értékkel tér el. A henger alapdomborítása az előírt értéktől $\pm 0,02$ mm eltéréssel elfogadható.

A domborítás mértéke mellett annak lefutása is fontos. A Meleghengerműben a görbe alakja egy sinusgörbéből kimetszett rész.

2. Megfelelő alapdomborítás előfeltételei

Az alapdomborítás a szalagok szelvényalakjának szabályozásában játszik szerepet. A szelvény szabályozás minimális feltételei:

- online szelvénymérés a készsor után,
- szabályozható hengerhajlító rendszer (réسالak szabályozó berendezések),
- állandó és homogén előlemez szelvényalak és hőmérséklet,
- állandó, reprodukálható köszörült alapdomborítás.

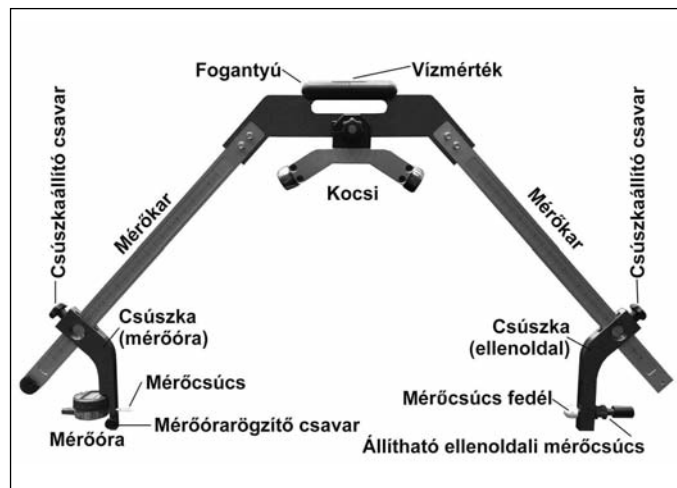
A köszörült alapdomborítás csak az alapja, a kiindulópontja a szelvény szabályozásnak. A szalagok szelvényalakját a hengerek közötti réسالak

Illés Péter 2001-ben végzett a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán alakítástechnológusként. 2004-től az ISD Dunafer Zrt. Meleghengerművének technológiai osztályvezetője. Munkaterülete a meleghengermű technológiájának, a termék minőségének folyamatos elemzése, fejlesztése, valamint a hengerforgalmazás felügyelete. Fő érdeklődési területe a melegen hengerelt szalagok szelvényalakja és síkfekvése, azok összefüggése.

Kemeléné Halasi Monika 1994-ben végzett a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán fémkohászként. 1999-től az ISD Dunafer Zrt. Meleghengerművének technológus mérnöke. Munkaterülete a hengergazdálkodás és az ehhez kapcsolódó beszerzési, gazdasági és műszaki feladatok koordinálása. Fő érdeklődési területe a meleghengerműi hengerek teljesítményorientált felhasználási lehetőségeinek vizsgálata.



■ 2. ábra. ISD Dunafer Zrt. által rendelt Herkules hengerköszörűgép a gyártó telephelyén



■ 3. ábra. Mérőórás mérőkeret hengernyomóméréshez

határozza meg. A hengerlési rés alakját az alapdomborításon túl számos tényező befolyásolja, úgymint a hengerlési erő, a hengerek hőállapota, a hengerek kopása, az alakszabályozó eszközök stb. Ezért a köszörült alapdomborítással önmagában nem lehet szalagszelvényt szabályozni, azonban annak megfelelő mértéke, lefutása, reprodukálhatósága elengedhetetlen a mindig azonos alapállapot kialakításához.

A köszörült alapdomborítás biztosítása nem egyszerű feladat, ugyanis a hengereknek mindig beépítés előtt kell az előírt profillal rendelkezniük. Ezzel azt feltételezzük, hogy a henger profilja köszörülés után megváltozhat. Erről a későbbiekben bővebben lesz szó.

Az alapdomborítás megfelelőségét számos tényező befolyásolja:

- megfelelő hengerköszörűgép,
- megfelelő kompetenciával rendelkező köszörűs,
- mérés és visszacsatolás,
- megfelelő henger hőállapot köszörülés előtt.

3. Megfelelő köszörűgép, megfelelő köszörűs

A megfelelő hengerfelület és domborítás kialakítására speciális hengerköszörűgépek szolgálnak. A munkahengerek megmunkálási pontossága megköveteli a köszörűgépek megfelelő műszaki színvonalát és műszaki állapotát. Az ISD Dunafer Zrt. Meleghen-

gerművében négy köszörűgép szolgál a hengerek megmunkálására. Ebből egy gép mindig nagy hengereken dolgozik, munkahengerek köszörülésére így három gép áll rendelkezésre. Ebből két berendezés az 50-es években készült, azóta dolgozik. Ezek gépészeti és vezérléstechnikai felújítása megtörtént ugyan, de a berendezések kora miatt a pontosságuk, felszereltségük és megbízhatóságuk nem éri el az elvárt szintet. A harmadik gép egy Waldrich Siegen gyártmányú berendezés, melyet a 80-as években telepített a Dunafer. Ez már korszerűbb berendezés, profil-méréssel kiegészítve, amely lehetővé teszi a visszacsatolást és kompenzálást, így rövidebb idő alatt pontosabb hengerprofil lehet vele kialakítani. A régi gépekkel megfelelő technikával, több időráfordítással lehet csak jó hengerprofil előállítani.

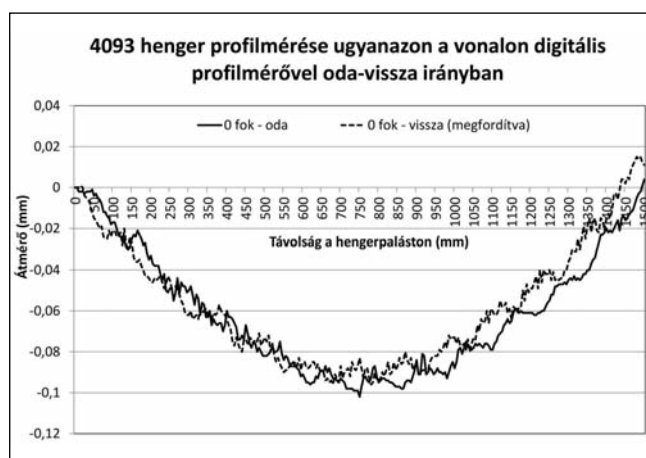
Egy új, korszerű köszörűgéppel szembeni elvárás, hogy rövid idő alatt megfelelő felületminőséggel, megfelelő profilt köszörüljön automata üzemmódban, miközben profilmerést és kompenzációt végez, majd megtörténik a hengerek felületének ultrahangos és örvényáramos repedésvizsgálata. A Meleghengermű növelt termelési terve és a szalagszelvény minőségjavítása érdekében szükséges legalább egy ilyen berendezés letelepítése. Ez a berendezés elkészült a Dunafer megrendelésére, szakembereink jelenleg a letelepítésének előkészítésén dolgoznak. Az új köszörűgép a 2. ábrán látható.

Az új gép mellett a régiek is megmaradnak, és azokon továbbra is kell majd munkahengereket köszörülni. A régi gépeken a hengerprofilok megfelelősége leginkább a köszörűs kezében van, az ő tapasztalatától, tudásától függ a megmunkálás pontossága.

4. Mérés, visszacsatolás

A megfelelő köszörült alapdomborítás előállításának alapvető feltétele a mérés. A Waldrich Siegen köszörűgépen – ahogy az előző fejezetben már említettük – van felszerelt profilmérő eszköz, melynek mérési eredményeit a gép a köszörüléshez felhasználja, és korrekciós görbe alapján köszörül tovább.

A régi gépeken ilyen esz-



■ 4. ábra. Digitális profilmérő kétirányú mérésének összehasonlítása

köz nincs, ott a köszőrús saját mérőeszközzel mérve győződik meg a profil alakjáról, és ezután a saját képességei alapján végzi el a gép beállításait (manuálisan kompenzál) a megfelelő profil elérése érdekében.

A mérőeszköz jelen esetben lehet egy megfelelő méréstartományú „patkó” mikrométer. Sokáig csak ez állt rendelkezésre. 2016-ban szereztünk be két darab mérőórás mérőkeretet a hengerek profiljának méréséhez (3. ábra).

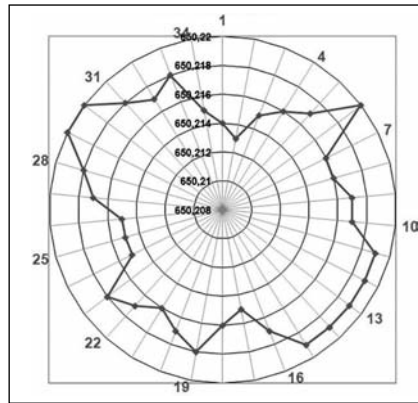
A mérőórás mérőkerettel a köszőrús egyszerűbben és gyorsabban, pontosabban tudja a mérést elvégezni. A henger egyik szélére fel kell helyezni a műszert, be kell állítani a csúszkákat a megfelelő átmérőre, majd a digitális mérőóra lenullázása után a kerekeken guruló szerkezetet át kell tolni a henger másik szélére, közben leolvashatók az egyes pozíciókban az aktuális átmérőértékek.

Ennek továbbfejlesztéseként egy digitális adatgyűjtővel felszerelt mérőkeretet is szereztünk, amivel lehetőség nyílt a beállítható mérési gyakoriságú eredmények rögzítésére. A tárolt adatok alapján megjeleníthető a hengerek alakja.

A műszerekkel pontosság-ellenőrzéseket végeztünk úgy, hogy a különböző eszközökkel, különböző mérőórákkal ugyanazon a vonalon végeztük el a mérést, és vizsgáltuk, hogy a kapott eredmények mennyire fedik egymást.

Ezek alapján megállapítható volt, hogy a mérési eredmények csak 0,01 mm eltérést mutatnak, ami ebben az esetben elhanyagolhatónak tekinthető.

A digitális profilmérő mérésének



■ 5. ábra. A munkahenger körköröségének mérése a hengerpalást közepén

reprodukálhatóságát úgy vizsgáltuk, hogy egy hengeren ugyanazon a vonalon mindkét irányból elvégeztük a mérést, és a kapott görbéket egymásra rajzoltuk. A mérési eredmények alapján (4. ábra) elmondható, hogy a mérés megfelelő, a két görbe teljesen hasonló lefutású.

Megvizsgáltuk azt is, hogy egy megköszörült hengert 90, 180, 270 fokban elforgatva, több alkotó mentén elvégzett mérések eredményei mennyire fedik egymást. Ezzel választ kaphattunk arra, hogy egy mérés egy adott alkotó mentén mennyire reprezentálja a henger tényleges alakját. A mérési eredményeket grafikus módon feldolgoztuk. Az adatok alapján elmondható, hogy a hengeren kb. 0,02 mm átmérőkülönbség mutatható ki a különböző mérési pozícióknál. Elvégeztük a körköröség mérést a palástközépen, és bebizonyosodott, hogy a henger valóban nem körkörös (5. ábra).

Összességében elmondható, hogy a hengerprofilmérő eszközökkel meg-

felelő minőségben nyerhető adat a munkahengerek profiljáról. A beszerzett eszközöket gyártásközi ellenőrzésre fel lehet használni, a hengerprofilok köszörülés közbeni és köszörülés utáni ellenőrzése így megoldott. Ezzel a munkahengerek profiljának kialakítása jelentősen javulhat a jövőben.

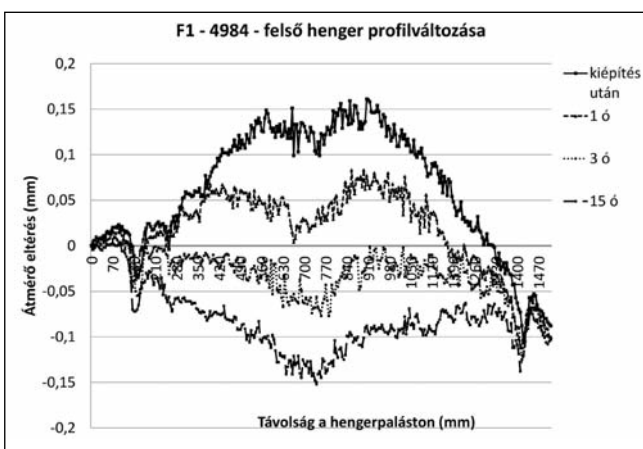
A digitális adatgyűjtésre képes műszert a technológiai osztály használja különböző kísérletek, vizsgálatok nagymennyiségű és pontos adatgyűjtése céljából.

5. Megfelelő henger hőállapot

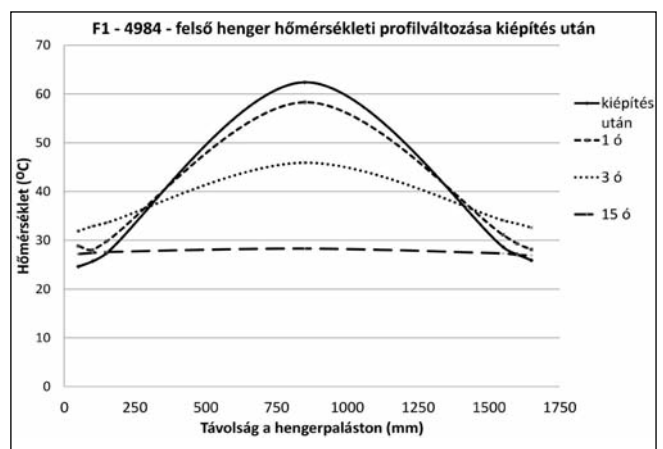
A munkahengerek hőállapota egyértelműen befolyásolja a munkahengerek profiljának alakját. Ha a hengert melegen köszörülük, a köszörülés utáni hőmérsékletváltozás a hengerprofilban is változást eredményez. Korábbi kísérleteink alapján előírtuk, hogy a hengereknek kiépítést követően le kell hűlniük a csarnok hőmérsékletére és csak ezután köszörülhetők. A lehűlésre 14 órát határoztunk meg, ami után a korábbi kísérletben résztvevő hengerek már nem mutatnak hőmérséklet-változást.

Mérésekkel igazolható, hogy a hengerek kiépítés után jelentős hőteralommal bírnak, hőmérsékletük csökkenése közben jelentős profilváltozáson mennek keresztül. Erre mutat példát a 6. és 7. ábra, melyeken jól megfigyelhető, hogy a henger hőmérsékleti és geometriai profilja hogyan változik kiépítést követően.

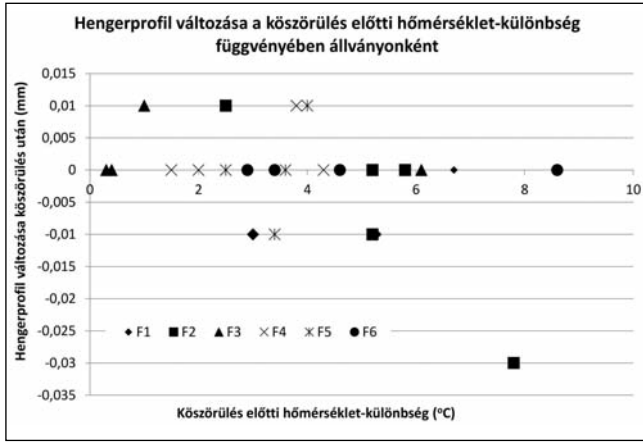
A hengerek lehűlését, valamint a köszörülésük utáni profilváltozást vizsgálva olyan tapasztalatokra tet-



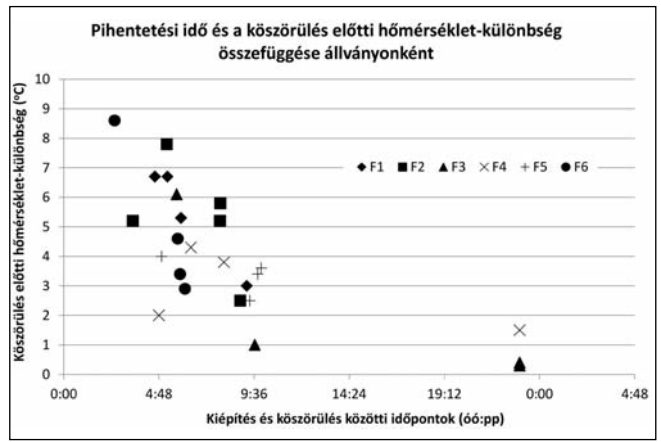
■ 6. ábra. Az F1 állványból kiépített henger profilváltozása lehűlés közben



■ 7. ábra. Az F1 állványból kiépített henger hőprofilváltozása lehűlés közben



■ 8. ábra. Hengerprofil-változás a köszörülés előtti hőmérséklet-különbség függvényében



■ 9. ábra. Pihentetési idő és a köszörülés előtti hőmérséklet-különbség összefüggése

tünk szert, hogy a hengereken mérhető hőmérséklet-különbség (henger széle és közepe között) köszörülés után jelentősen kisebb, mint kiépítéskor vagy a köszörülés megkezdésekor. Az előzetes mérések alapján az látszott, hogy a köszörülés utáni hengerprofilok az idő elteltével már nem, vagy csak alig változtak. Ezen tapasztalatok alapján újabb kísérletsorba kezdtünk. Feltételeztük, hogy a hengerek hűtési ideje jelentősen csökkenthető, amennyiben bebizonyítható, hogy a hengereknek nem kell lehűlniük csarnokhőmérsékletre köszörülés előtt, hanem elegendő egy meghatározott hőmérséklet-különbséget elérniük. Ha a hőmérsékleti profil már nem változik, akkor a geometriai profil sem fog. A mérésorozat elvégzése azért is fontos volt, mert a hengereken csak a palást felületi hőmérsékletét tudtuk mérni, így ennek hatását kellett kimutatnunk.

A vizsgálatban 25 henger vett részt. Törekedtünk arra, hogy minden állvány alsó és felső pozíciójából legalább két henger mérése történjen meg.

A kísérletsor alatt a hengereken mértük a kiépítéskori, a köszörülés előtti és köszörülés utáni hőprofil (hőmérséklet-különbséget) és a geometriai profilt, valamint regisztráltuk a mérések között eltelt időket.

A vizsgálatba bevont hengerekről általánosságban elmondható, hogy a köszörülés előtti hőmérséklet-különbségek nem haladtak meg a 9 °C-ot. A köször-

rülésig történt várakozás 2 óra 34 perctől 2 napig terjedt. A köszörülés alatt a hőfokkülönbség minden esetben jelentősen csökkent. Nem volt számottevő köszörülés utáni profilváltozás egyik esetben sem.

A 8. ábra a köszörülés előtti hőmérséklet-különbség függvényében mutatja a köszörülés utáni hengerprofil-változást állványonként (F1–F6).

A diagramból egyértelműen látszik, hogy 7 °C-nál kisebb hőmérséklet-különbség esetén a profilváltozás köszörülés után nem nagyobb, mint ± 0,01 mm, ami nem függ állványtól, hengertípustól és effektív hőmérséklettől sem. Kérdés, hogy a kívánt hőmérséklet-különbség mennyi idő alatt érhető el. Ehhez a 9. ábrán látható diagram szolgált adatokat, amelyen a köszörülés előtti hőmérséklet-különbségeket ábrázoltuk a kiépítés és köszörülés között eltelt idő függvényében.

A diagram megmutatja, hogy a vizsgált hengereknél 6 °C-os hőmérséklet-különbség 5 órán belül elérhe-

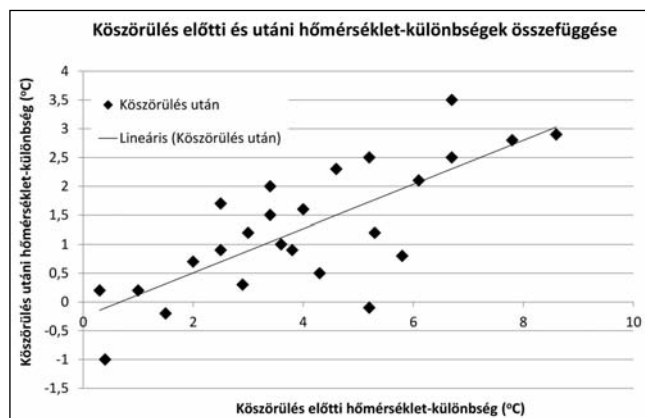
tő volt. Fontos megjegyezni, hogy a mérések nyáron történtek, télen ez az idő valószínűleg rövidül.

A mérési adatok elemzése alapján egyértelműen látható, hogy a köszörülés előtt és után mért hőmérséklet-különbségek között nagy eltérések vannak. A hőmérséklet-különbség nagymértékű csökkenését a köszörülés közben alkalmazott emulzió számottevő hűtőhatása okozta. A 10. ábrán látható diagram szemlélteti a hűtőhatás mértékét.

A diagramból az látszik, hogy köszörülés után a hengeren mérhető hőmérséklet-különbség jellemzően a köszörülés előtt mért érték 0,4-szerese. Ez a köszörülés alatt jelentős hőmérséklet-csökkenést jelent. Egy 6 °C hőmérséklet-különbséggel megköszörült henger köszörülés utáni hőmérséklet-különbsége kb. 2 °C. Ez az érték már nem jelent problémát, mert ennek a hatására bekövetkező profilváltozás minimális. A henger végső profilját ezen a hőmérsékleten kapja meg.

A vizsgálat alapján elmondható, hogy 5 óra pihentetési idő elegendő ahhoz, hogy a hengereken mérhető hőmérséklet-különbség 6 °C alá csökkenjen, ami a köszörülés közbeni további hűlés során olyan kis értéket ér el, hogy már nem fog jelentős profilváltozást okozni.

Ez alapján a pihentetési idők jelentősen rövidülhetnek ugyan, de a jó köszörült hengerprofil kialakítása továbbra is fontos.



■ 10. ábra. Köszörülés előtti és utáni hőmérséklet-különbségek összefüggése

Összefoglalás

Az olvasó áttekintést kaphatott az ISD Dunaferri Zrt. Meleghengerművében folyó, hengerekkel kapcsolatos technológiai folyamat egyik alapvető fontosságú műveletéről, nevezetesen a hengerek alapdomborítását biztosító megmunkálásról. Bemutattuk a Hengerek előkészítő üzem gépparkját és a várható előrelépés lehetőségét ezen a

területen. Részletesen ismertettük a profilmérést, mint alapfeltételt a megfelelő alapdomborításhoz. A mérőműszerek adta lehetőségek bemutatása mellett a kiválasztott henger mérési eredményei is alátámasztják, hogy fontos a folyamatos kontroll a megmunkálás tekintetében. A hengerek hőállapotának vizsgálata pedig abban játszott fontos szerepet, hogy a gördülékeny megmunkálás és szerelés

érdekében meghatározzuk azt az időt, amelyet feltétlenül ki kell várni a kiépitést követően, hogy a henger megmunkálásra kerüljön anélkül, hogy a köszörült profilja a megengedettől nagyobb mértékben változzon. Ez nagy segítséget jelent az üzemi munkaszervezésben, főleg kisebb hengerkészlet mellett, amikor egy adott állványba beépíthető hengerek száma nem éri el a kívánt mennyiséget.

A változás éve volt. Taggyűlést tartott az MVAE

2017. december 14-én évzáró rendezvényvel egybekötött taggyűlést tartott Budapesten a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés. A szervezet igazgatója, dr. Móger Róbert az év legfontosabb történéseiről, eredményeiről számolt be a tagvállalatok képviselőinek, de szó esett a 2018-as esztendő szakmai terveiről is.

A megújulás éve volt az idei esztendő a szervezetnél, több szempontból is. Dr. Móger Róbert kifejtette, hogy fontos változások történtek az egyesülés életében szervezeti, gazdálkodási és kommunikációs területen egyaránt. Átláthatóbbá, hatékonyabbá vált az MVAE szervezeti felépítése, olyan fiatal szakemberek kaptak helyet a vezetőségben, akik fő célként a tagvállalatok érdekeinek minél hatékonyabb képviselését, a hazai és nemzetközi szinten adódó szakmai feladatokra való gyors, rugalmas reagálást, valamint a szigorú költséggazdálkodást prioritásnak

tekintik. Egyszerűsödött a tagvállalatok részéről történő adatszolgáltatás, és megerősödött a kapcsolat az egyesüléshez szakmailag kötődő kormányzati döntéshozói szférával is. Aktív szerepet vállalt az MVAE az Acélipari Cselekvési Program feladatainak kidolgozásában is, valamint tovább erősítette jelenlétét az oktatásban és a hazai acélipari szakember-utánpótlás támogatásában. Megújult a szervezet honlapja, teljes arculata, és napvilágot látott az MVAE negyedévente megjelenő szakmai magazinja, a Magyar Acél is, amelynek elektronikus változatát a www.mvae.hu honlapon tekinthetik meg az érdeklődők.

Három témakörben, a gépjárműipar, az építőipar és az energetika területén szervezett 2017-ben ipari szakmai szimpóziumokat az egyesülés, a rendezvények fő célja az volt, hogy elősegítsék a hazai acélgyártók, a legnagyobb acélfelhasználó piaci szereplők, valamint a kormány-

zati szervek együttműködését. A szakmai szimpóziumok sorozata jövőre is folytatódik, a tervek szerint 2018 tavaszán a fenntarthatóság témakörében szervezik meg az első ilyen típusú rendezvényt.

Az igazgató a fentiekén túl ismertette még az MVAE adományozási, támogatási tevékenységének főbb területeit, majd szólt arról is, hogy a 2018. évi tervek között szerepel a székház üzemeltetésének gazdaságosabbá tétele, egyes tereinek felújítása, valamint a fenntarthatóság és a környezettudatosság elveinek érvényesítése az épület napi működtetésében is.

A taggyűlés második napirendi pontjaként az acélipar aktuális helyzetéről hallgathatták meg az igazgató beszámolóját a tagvállalatok, majd a nyugdíjba vonult MVAE-dolgozók köszöntésével zárult a rendezvény.

Szilágyi Irén



■ Dr. Móger Róbert beszámolója



■ A nyugdíjba vonuló dolgozók

SZALVA PÉTER

Vákuumöntésű nyomásos alumínium alkatrészek fogóelektródás, védőgázos hegesztése

Alumínium vízszintes hidegkamrás nyomásos öntésekor a nagy nyomáson és turbulens áramlással a szerzőműregbe jutó fémbe, szilárdulás közben a levegő és az egyéb gázok bezáródnak. Ez a bezáródott levegő porozitást okoz a darabban. A porozitás hatással van az öntvény mechanikai tulajdonságaira. Teherviselő szerkezetekben ez a porozitás feszültség koncentrációs helyként viselkedik, és repedés kiindulási hely is lehet. A bezáródott levegő és az oldott gázok porozitást okoznak az öntvény hegesztett varrataiban, ahol a hatása ugyanolyan, mint az öntvényben. A vákuummal támogatott nyomásos öntés valós megoldási lehetőség a bezáródott és oldott gáztartalom csökkentésére.

Bevezetés

A Fémalk Zrt.-ben a folyamatos fejlesztés nem pusztán a versenyképesség megőrzésének eszköze, hanem lehetőség is, amivel élve a már kifejlesztett eljárásokat az ipar szolgálatába állítva a sorozat és gazdaságos gyártás megvalósítható. Jelen írással a dr. Rick Tamás „Kihívások és sikerek. Nyomásos öntéssel gyártott alumínium karosszériaelemek a Fémalk Zrt.-nél” [1] című cikkében ismertetett vákuumöntést és az általa nyújtott előnyök további részleteit kívánom bemutatni.

A technológia ismertetését és az általa elérhető előnyöket a Fémalk Zrt. sorozatban gyártott keresztmervítőjén (1. ábra) keresztül mutatom be. A toronymervítő funkciója, beszerelési környezete, elemeinek gyártástechnológiája, alapanyaga, geometriai kialakítása együttesen határozták meg a végterméket. Írásomban az előbb felsorolt szempontokat elemzem.

A toronymervítő funkcióját tekintve egy személygépkocsi első futómű



1. ábra. A hegesztett keresztmervítő tartó

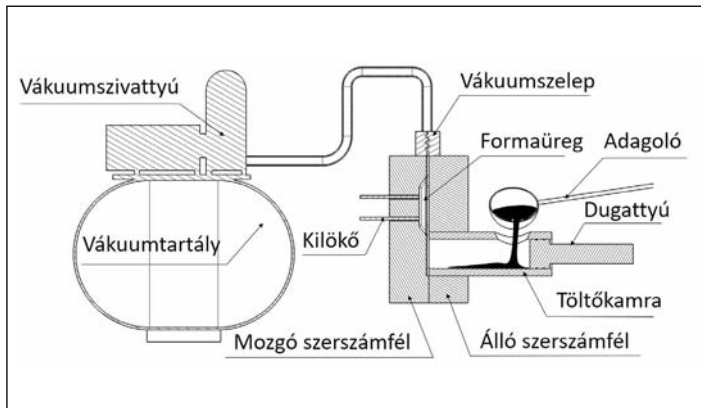


2. ábra. A toronymervítő beépítési környezete [2]

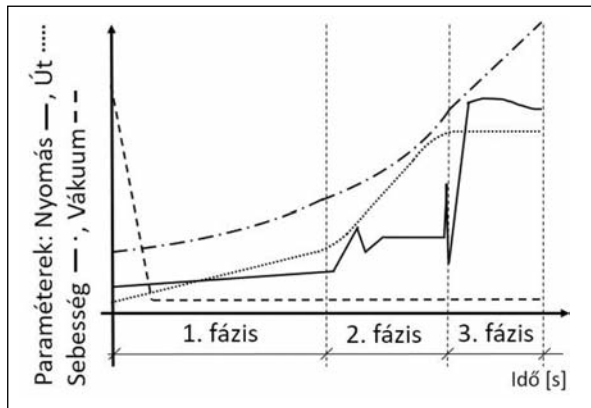
felső bekötési pontjait merevíti (2. ábra) oly módon, hogy a lengéscsillapítók toronycsapágóit egy zárt keret-

be foglalja, mint egy trapéz felső párhuzamos oldala. A toronymervítő nem aktív eleme a kormányzott futóműnek, de merevítő hatásával nagy sebességű kanyarvételnél pontosabb úttartáshoz segíti a kocsitestet. A beszerelési környezetében a motorháztető alatt, a motor felett átvélve szabad szemmel is látható, egyben látványfunkciót is teljesítő alkatrész rögzítési pontjai a toronycsapágók

Szalva Péter 2006-ban diplomázott a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karán, 2008-ban szerezte meg az európai és nemzetközi hegesztő szakmérnöki diplomáját a BME-n. Pályája elején végeselemes fejlesztésekben vett részt, majd 2010-től felelős hegesztőmérnökként dolgozott. 2015-től dolgozik a Fémalk Zrt.-nél, fő feladata a vákuummal támogatott vízszintes hidegkamrás nyomásos öntészet és alkalmazási területeinek technológiai fejlesztése. Ipari kutatóként az öntvények anyagi inhomogenitásainak a darab élettartamára gyakorolt hatását vizsgálja.



■ 3. ábra. Vákuummal támogatott öntés sematikus felépítése



■ 4. ábra. Az öntés fázisai

felső bekötési pontjai. A keresztartót egy 2017 őszén bemutatott vadonatúj fejlesztésű Bentley gépkocsiba építik be. A Bentley Continental GT Supersport már a nevében is a sportosságot hordozza, de a jármű elsődleges marketing adatai sem mutatnak más képet: 336 km/h végsebességű, 522 kW-os, 3,4 másodperc alatt 0–100 km/h sprintet teljesítő gépjármű.

A termék gyártása összetett folyamat, a csatlakozó és egyben legbonyolultabb részeit vákuumos támogatással öntik. A vákuumtámogatás nem új technológia a nyomásos öntészetben, de sorozatgyártásban a megvalósítása sokáig váratott magára [3]. A technológiafejlesztés igényét az öntéssel előállított termékek egyre növekvő mennyisége hozta magával. Már nemcsak a funkcióintegritás és a tömeg, hanem az öntvénnel szembeni egyre nagyobb és komolyabb szilárdsági és szívóssági elvárások és az újgenerációs öntött termékek vékony falai is szükségessé tették. A vákuummal támogatott nyomásos öntés az oldott gáztartalom csökkentése révén a nyomásos magnézium öntvények tulajdonságait is javítja [4, 5]. Az előbb említett igények hagyományos eljárással történő kielégítése közben a legnagyobb darabszámú selejtet a gázporozitás adta. Ennek a porozitásnak a forrása a bonyolult formájú szerszámüregben ragadt levegő és egyéb gázok, amelyek a lefűjő- és dugattyúkenő adalékok párolgásának a következményei. Kialakulásában az olvadék oldott gáztartalma is meghatározó.

A porozításra visszavezethető problémákat két csoportba lehet sorolni. Az első csoport a darabok bevonatolási problémája, mert festés, por-

festés, lámpafoncsorozás közben a darab gáztartalma eltávozik, és a felületet borító vékony réteget felhólyagosítja. Ebbe a csoportba sorolható az öntvények ragasztási problémája is. A második csoport az alumíniumötvözet mechanikai tulajdonságaira gyakorolt kedvezőtlen hatása, mert a porozítás feszültségkoncentrációs helyként, anyagfolytonossági hibaként és repedéskeletkezési helyként egyaránt gyengíti az öntvényt. További feldolgozásra, hőkezelésre vagy hegesztésre alkalmatlanná teszi az öntvényt, mert a felszabaduló gáz hólyagosodást vagy a varrat porozitását eredményezheti.

Felhasznált anyagok és módszerek

A vákuummal támogatott öntéssel a bezáródott levegőt, az elpárolgó gázokat és az olvadék oldott gáztartalmát is csökkenteni lehet. A vákuummal támogatott öntés sematikus felépítését, kiegészítő berendezéseit a (3. ábra) mutatja. A vákuum felépülése a folyamat alatt az üregtöltés lépéseivel (4. ábra) van szinkronban, az elszívás vezérlését a dugattyú az útjeladóból kapja.

A levegő elszívása a szerszámfelek zárása után, a dugattyúnak az öntőkamra töltőnyílása előtti elhaladását követően kezdődik meg [6]. A levegő és egyéb gázok eltávolítása céljából a szerszámot ilyenkor egy speciális szelepen át olyan vákuumtartállyal kötjük össze, amelynek a bruttó térfogata a szerszámüreg, a rávágások, az elszívórendszer és a töltőkamra levegővel telt része térfogatösszegének az egy-ötzöröse [7].

A vákuummal támogatott öntés a gyakorlatban azt jelenti, hogy a zárt szerszámüregben a vákuum értéke 80 millibar (0,08 bar) alatt marad az olvadék bejuttatása és megszilárdulása alatt. A dugattyú, előrehaladása közben, a korábban légtelenített szerszámot feltölti folyékony alumíniummal, így a vak, zsebszerű mélyedések és a bonyolult szerszámüregek töltése közben az előrenyomuló olvadékfront nem oxidálódik és nem okoz hidegfolyásos terméket. A töltőkamra teltségét [8] szerint a töltési fokkal (F) lehet megadni, ami vákuummal támogatott nyomásos vízszintes hidegkamrás öntés esetén: 45-50%.

$$F = \frac{m_{olv} \cdot 100\%}{\rho \cdot A_{dug} \cdot l_{öket}}$$

ahol:

F: töltési fok (%);

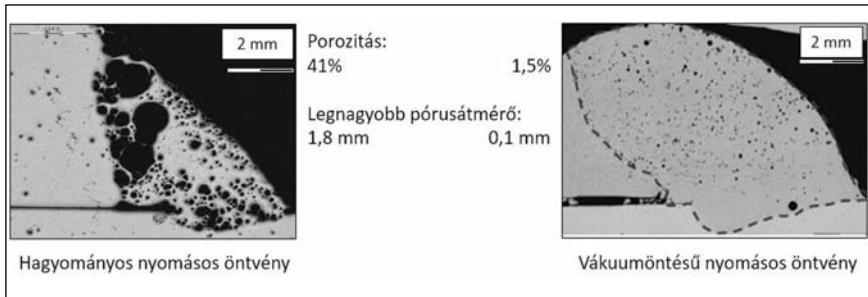
m_{olv} : az olvadék tömege a töltőkamrában (kg);

ρ : az olvadék sűrűsége (kg/m³);

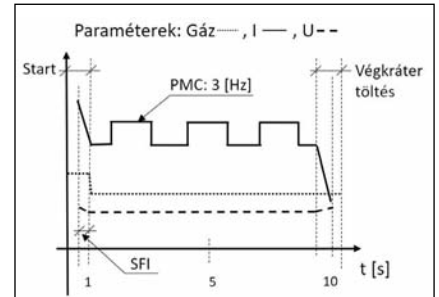
A_{dug} : a dugattyú keresztmetszete (m²);

$l_{öket}$: a dugattyú teljes útja (m).

Az elszívás megvalósításához egy rugalmas, legalább 8–12 cm átmérőjű cső kell, mert csak így szavatolható a gyors és hatékony vákuum létesítése. A megfelelő nyomásértéket a teljes ciklus alatt fenn kell tartani, és az elpárolgó folyadék jelentős térfogatonövekedést okoz. Ez indokolja a nagyméretű vákuumtartályt és a nagy térfogatarányt. Az öntőszerszámra rögzített elszívószelep sajátossága, hogy a fémhálós szűrő szerkezete szavatolja a folyamatos öntést, vagy legalábbis a csak nagy lövésszámok után szükséges karbantartást. Az így megvalósított vákuumöntés által sza-



■ 5. ábra. Öntvények hegesztett varratának keresztmetszete



■ 6. ábra. AFI impulzusvezérelt hegesztési ciklus

vatolt előnyök az alábbiak:

- kis, elméletileg nulla a porozitásra visszavezethető selejt;
- nagyobb az öntött termékek sűrűsége és szilárdsága;
- nagyobb, komplexebb és vékonyabb falú öntvények készíthetők;
- a 3. ábrán vázolt 3. fázis és a végnyomás kisebb lehet;
- nagyobb szerszámélettartam érhető el.

A szelepekre, a vezérlésre, a tartályra és a szigetelt szerszámházra fordított teljes összeg valójában nem kiemelkedően nagy költség a vákuumtámogatás kiépítési költségéhez mérve. Az említett előnyök által szavatolt megtakarításoknak azonban csak töredéke a többletköltség. Az elszívás üzemeltetése a jól megválasztott és pontosan tartott paraméterekben rejlik.

A szerszámtervezésnél a szigetelt kilököház, a vákuumszelep kiépítésén és a szerszámfelek hőálló tömítésén kívül a szerszámhűtés okozott tervezési többletet. A vákuummal támogatott öntésnél a szerszámhűtési célból felvitt kenőanyag minimalizálására kell törekedni. A rávágások és kilevegőzők alakja a gyors levegőeltávolítás miatt fésűs szerkezetű lett. Ezeket az elveket felhasználva valósult meg az öntött végék szerszámtervezése, mert csak így volt szavatolható a hegesztett varrat (5. ábra) előírás szerinti, maximum 10%-os porozitása.

A hegesztett kötést argon védőgáz, fogyóelektródás ívhegesztéssel (AFI) valósítjuk meg, a hegesztőpisztolyt robottal mozgatjuk, a darabokat pedig hegesztőkészülékben rögzítjük. Az AFI [9] eljárásnál villamos ív jön létre a folyamatosan előtöltött tömör huzalelektroda vége és a munkadarabok között. Az ívet és a hegesztési ömledéket semleges gázszugár védi. A folyamatosan előtöltött huzal nagy termelékenységet biztosít, mert nem kell megszakítani a hegesztést. A folyamatosan adagolt és vezérelt semleges argongáz pedig olyan ömledékvédelmet biztosít, amely nem csak a varrat tisztulását segíti, hanem rövid ideig, az ívkioltást követően, a megszilárdult varrat hűlését is.

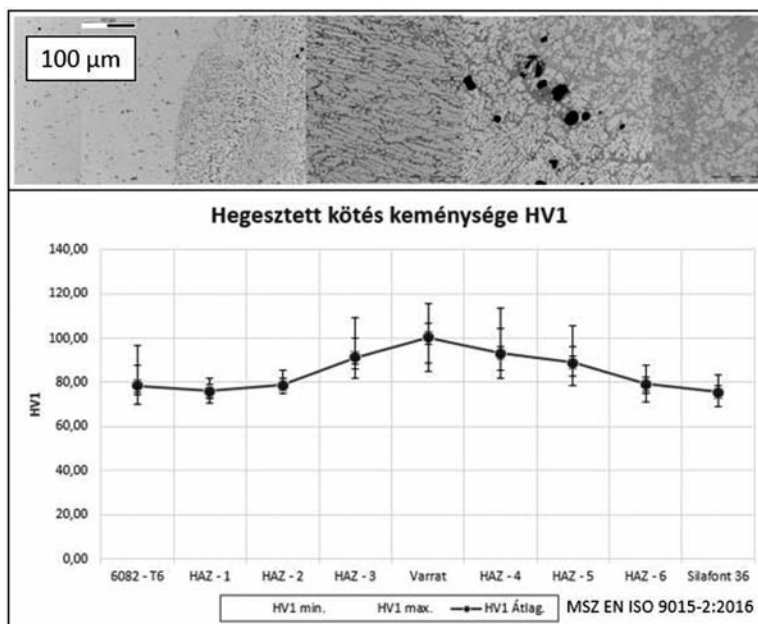
A hegesztési ciklus (6. ábra) a paraméterek változását mutatja. A folyamat kezdetén az argon védőgáz elindul, és fröcsköléstől mentes indítással (SFI – spatter free ignition) [10] létre-

jön az elektromos ív. A folyamat közben az áram értéke vezérelt ciklus alapján változik, a jelváltozás frekvenciája 3 Hz, az alap áramérték 120 A, az ugrás során ez 50 ampert növekszik, majd visszatér az alapszintre. A varrat az ív kioltásával fejeződik be, de a gáz ekkor még rövid ideig áramlik, hogy védje a szilárduló fémeket. Az áram értéke a kezdésnél és a befejezésnél egyaránt eltér az alapértéktől, hogy a varrat indulásánál elkerüljük a hidegkötést, a varrat befejezésénél pedig a végkráter túlzott beszívódását. A védőgáz 99,996%-os argongáz, a kezdeti térfogatáram 18 liter/perc.

Eredmények és elemzésük

A vevői előírásokban rögzített kritériumok kielégítése több követelményt támaszt. A legfontosabb kritérium a varrat porozitásának mértéke, amire az öntvény porozitása közvetlenül hat. A hegesztett varrat minőségi követelményei két csoportba sorolhatók. Az első csoport: a varrat mechanikai tulajdonságai, a varrat keresztmetszetének a keménysége alapján. A második csoport: a varrat vizuális ellenőrzése, a varrat alakja és keresztmetszeti csiszolatának mikroszkópi vizsgálata alapján.

A mechanikai tulajdonságokat a hegesztett varrat mikrokeménység-mérése alapján, az MSZ EN ISO 9015-2:2016 [11] szerint vizsgálják. A



■ 7. ábra. A hegesztett kötés keménysége

cél az, hogy megbizonyosodjanak az alapfémek, a hegesztő hozaganyag és ezek hőhatásövezeteinek a keménységi értékeiről. Az értékeket (7. ábra) 0,3 mm-es lépésközzel mérik, és a 95%-os konfidenciaintervallon vett becslését jelenítik meg folyamatos vonallal. Jól látható, hogy a hőhatásövezet nem lágyult ki egyik átmenetben sem, és nincs jelentős szemcsedurvulás sem az öntött elem szemcsefinomságához képest. Az öntött elem és a varrat hőhatásövezetében látható minimális porozitás, ennek oka az öntvény oldott gáztartalmának a felszabadulása, de a porozitás mérete és a koncentrációja nagyon kicsi. Az öntött darabok primer öntészeti AlSi10MnMg alumíniumötvözetből készülnek, az előbbiekben ismertetett technológiával (1. táblázat), a középelemet AlSi1MgMn alumíniumból extrudálással állítják elő, ami egy meleg-képlékenyalakító technológia, majd ezeket hegesztéssel kötik össze. A választott hegesztő AlMg4,5MnZr hozaganyag, az alapfémekhez képest nagy magnéziumtartalmú ötvözet, melyben a cirkónium a varrat szemcsefinomításáért felel. A választás oka a szilárdsági követelmények kielégítése, amelyet tisztán szilíciummal ötvözött hozaganyaggal [12] nem lehetett elérni.

A hegesztett varrat további ellenőrzési módja a szabad szemmel végzett vizuális ellenőrzés, ezzel az eljárással a varrat összes felületi porozitását viszonyítják a teljes látható varratfelülethez képest. Ez az érték nem haladhatja meg az 5%-ot. Továbbá, a legnagyobb látható porozitást kell a két legtávolabbi pontja közötti távolság alapján megítélni, ami legfeljebb 1 mm lehet. A varratkezdésben nem lehet hidegkötés, a végkráterben nem lehet beszívódás, a varrat teljes hosszának és a hőhatásövezetnek repedésmentesnek kell lennie. Ezeket a kritériumokat a varrat alakj sajátosságai alapján ítélik meg, a repedésmentességet penetrációs vizsgálattal ellenőrzik. A varratke-

1. táblázat. Alumínium alapanyagok összetétele [13]

Ötvözet	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Zn %	Ti %	Maradék
AlSi10MnMg	10–11	0,15	0,03	0,5–0,8	0,1–0,5	0,07	0,15	Al
AlSi1MgMn	0,7–1,3	0,5	0,1	0,4–1,0	0,6–1,2	0,2	0,1	Al
AlMg4,5MnZr	0,25	0,4	0,05	0,7–1,1	4,5–5,2	0,25	0,15	Al

resztmetszet mikroszkópi csiszolat-vizsgálata az adott keresztmetszet összes porozitását vizsgálja. Az előírás összesen 10%-ot enged meg, a legnagyobb pórus átmérője 1 mm lehet. Itt is érvényesek a külső vizsgálatnál felsorolt kritériumok, azaz repedésmentesség az alapfémekben, a varratban és a hőhatásövezetekben. A vizsgált keresztmetszet kivételi helye nem származhat a varrat első és utolsó 5 mm-éből, valamint 50 mm-nél hosszabb varrat esetén 25 mm-enként további keresztmetszeteket is vizsgálni kell. A varratokat roncsolásmentes vizsgálati eljárásokkal is ellenőrzik. A roncsolásos vizsgálatokat sajátosságuk és időszükségletük miatt csak gyártásindításkor végzik el, a roncsolásmentes vizsgálatokat minden 20. darabon. A varratokat, mint a tartó kritikus részeit, röntgenvizsgálattal (8. ábra) ellenőrzik, a kiértékelést az ASTM E505 - 15 szabvány [14] alapján végzik a varratkeresztmetszetben detektálható porozitások mérete és koncentrációja alapján. A porozításra az „A” ellenőrzési osztály második szintje érvényes 3,2–9,5 mm-es falvastagsági érték mellett, ami 1,0 mm-es legnagyobb pórust enged meg.

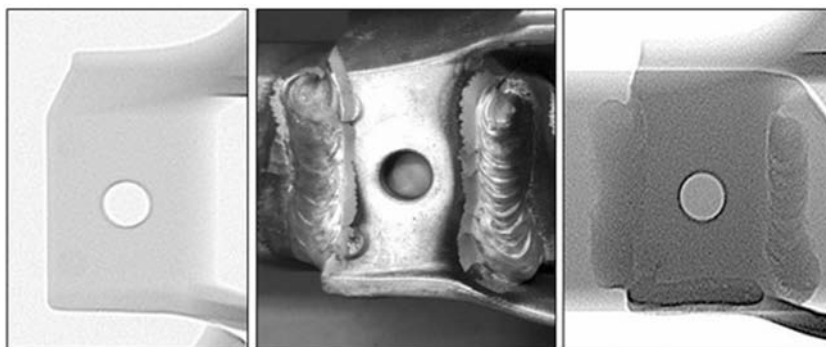
A darab külső felülete a hegesztést követően a varrat környezetében enyhén kormosodik. Oka az öntött darabok felületén maradt leválasztóanyag, a forgácsolás közben szűkszerűen a felületre kerülő kenő-

anyag, az alapfémek és a hozaganyag magnéziumtartalmának részleges kiégése. A korom csak a felületen látható, a darab felületkezelése során eltávolítják, így a késztermék már nemcsak korrózióálló, hanem megjelenésében is szép és tiszta.

Következtetések

A nyomásos öntött alumínium alkatrészek a gyártás folyamán, az olvadék szerszámüregbe juttatása során, nagy mennyiségű levegőt és oldott gázt zárnak magukba, ami szilárd állapotban porozitási selejtként jelentkezik. A gázhólyagocskákból az öntött darabok hegesztése során felszabadul a gáz, és ez rontja az alapanyag mechanikai tulajdonságait. A vákuumtámogatás nélkül hegesztett varrat 40%-os porozitása és 1,8 mm átmérőjű, legnagyobb pórusa 80 mbar-os vákuumtámogatással 1,5%-ra csökkent, s a pórusátmérő is legfeljebb 0,1 mm lett. Az eljárás előnye, hogy növeli a feldolgozható mennyiséget, csökkenti a porozitási selejtet. A jelentős mértékű (0,08 bar) vákuum mellett végzett nyomásos öntés jelentősen segíti az öntvények minőségi ömlesztő hegesztését. A hegesztett kötés mechanikai tulajdonságait az alapfémek gáztartalma, a hegesztő hozaganyag tulajdonságai és a varratalak geometriai sajátosságai egyaránt befolyásolják.

A választott AlMg4,5MnZr hozaganyag kedvezően hat a varrat szemcsefinomságára, és szavatolja a szükséges szilárdsági értékeket. A választott hegesztési eljárás (PMC 3 Hz) alkalmas a nagy szilárdsági értékek biztosítására, és esztétikus megjelenésű varratot szavatol.



8. ábra. Röntgenkép az öntvényről és a hegesztett kötésről, valamint a varratról

Irodalom

- [1] Rick T.: Kihívások és sikerek. Nyomásos öntéssel gyártott alumínium karosszériaelemek a Fémalk Zrt.-nél, BKL Kohászat, 2017. 5. sz. 12–14. old.
- [2] <https://www.autoevolution.com/news/2018-bentley-continental-gt-is-predictably-irresistible-in-the-flesh-120377.html>
- [3] <http://www.castool.com/product/publications/time-now-vacuum-assisted-die-casting>
- [4] Dobránszky J. – Bernáth A. – Orbulov I.: Magnézium: a fém, mely nagyon könnyű, de fontosnak találtatott (1. rész), BKL Kohászat, 2005/5. sz. 35–40. old.
- [5] Dobránszky J. – Bernáth A. – Orbulov I.: Magnézium: a fém, mely nagyon könnyű, de fontosnak találtatott (2. rész), BKL Kohászat, 2005/6. sz., 33–40. old.
- [6] Dr. Dúl J.: Nyomásos öntészeti ismeretek – Támop-4.1.2-08/1/A-2009-0001; Miskolc, 2009. 2. fejezet
- [7] ÖGI: HPDC-technology, ACR – Austrian Cooperative Research, 2016., 2. fejezet
- [8] NADCA: Introduction to die casting, Arlington Heights, Illinois, 2007., Die Casting Dies, 5. fejezet
- [9] Dr. Szunyogh L. (főszerk.): Hegesztés és rokon technológiák kézikönyve, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest 2007., 3.2.4. fejezet
- [10] Fronius: Aluminium-Welding, Fronius International GmbH, Version 01 10/2009., 5. fejezet
- [11] MSZ EN ISO 9015-2:2016: Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Keménységvizsgálat. 2. rész: Hegesztett kötések mikrokeménység-vizsgálata (ISO 9015-2:2016); 2016.
- [12] Fronius: Aluminium-Welding, Fronius International GmbH, Version 01 10/2009., 4. fejezet
- [13] ASM Handbook: Aluminum and Aluminum Alloys – ISBN_0-87170-496-X; 1995. 4. fejezet.
- [14] ASTM E505 – 15: Standard Reference Radiographs for Inspection of Aluminum and Magnesium Die Castings; 2015.

MARCALEK PÉTER

Nagy szilárdságú alumíniumöntvények a gépjárműipar számára

Jelenleg az autógyártás nagy átalakuláson megy keresztül. A biztonság és a megbízhatóság mellett egyre fontosabb tényező a minél kisebb mértékű emisszió, valamint a környezettudatos gépjárműgyártás és -használat. Ezen felül, egyre-másra jelentik be az autógyárak az elektromos modellek kifejlesztését és néhány éven belül a tömeggyártás beindítását. Ez ösztönzi az autógyártókat arra, hogy minél több könnyűfém alkatrészt használjanak fel a gépjárművekben.

Bevezetés

A legnagyobb kihívás a tömegcsökkentés és károsanyagkibocsátás-csökkentés területén, hogy az előírásokat és az európai uniós normákat úgy kell megvalósítani, hogy az autók biztonsága és vezethetősége ne romoljon, sőt minden egyes új modell esetében jobb legyen, mint a kifutó modell esetében. Az elmúlt 40 évben az egyazon kategóriába eső személy-

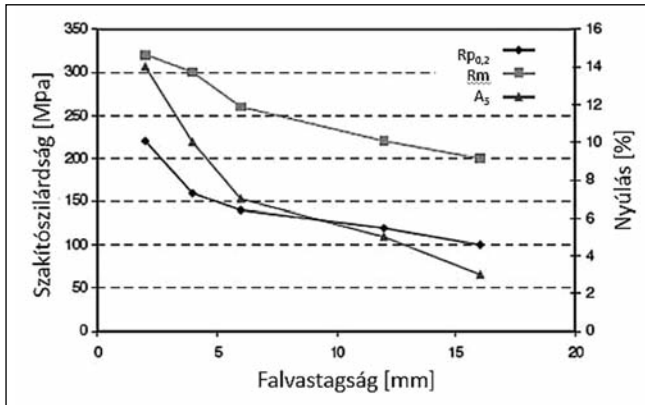
autók tömege megközelítőleg 50%-kal növekedett (1. ábra) azoknak a biztonsági és kényelmi fejlesztéseknek köszönhetően, amelyeket beépítettek a járművekbe [1].

A gépjárműipar fejlődésének alapjai

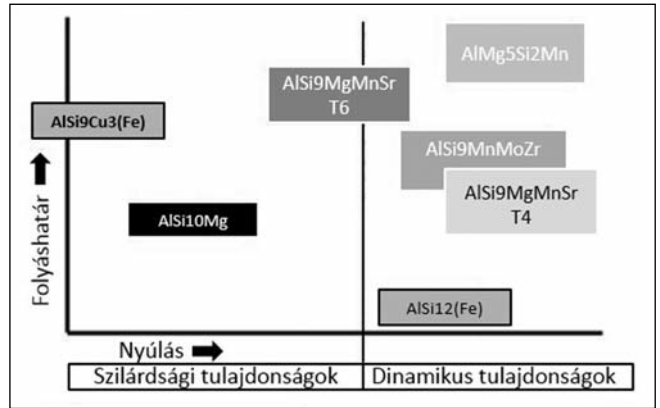
Az autók károsanyag-kibocsátásának csökkentése két úton történhet. Az első módszer, hogy a gyártók csökkentik a motorok lökettérfogatát, a

másik gyakorlatban alkalmazott megoldás, hogy a járművek teljes tömegét csökkentik. A motor lökettérfogatának csökkentésével (downsizing) nagyobb kibocsátás-csökkenést lehet elérni, mint a gépjárművek tömegcsökkentésével. Egyes vizsgálatok szerint egy adott járműnél a teljes károsanyag-emisszió csökkentésének 60%-áért a motor lökettérfogat-csökkentése, míg a fennmaradó 40%-ért az általános tömegcsökkentés felel [2]. Ezt a két módszert párhuzamosan alkalmazták az autógyártók, de jelenleg a motorok tervezése egy olyan alsó határhoz ért el, hogy azok lökettérfogatát nem lehet tovább csökkenteni a teljesítmény és a vezetési dinamika megőrzése mellett. A karosszériaelemek, a motor és az egyéb acél részegységek könnyűfémről történő gyártása további lehetőséget nyújt az autógyártóknak, a tömegcsökkentés és ezáltal a károsanyag-emisszió csökkentésének terén. Ennek eléréséhez könnyűfém (főképp alumínium) komponensek beépítése, nagy szilárdságú alumíniumöntvények növekvő felhasználása szükséges.

Marcalek Péter 2004-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet a Bánki Donát Műszaki Főiskolán. Ezt követően idehaza és külföldön autóipari beszállító cégeknél dolgozott tervezőmérnöként, 2009-től nyomásos alumíniumöntéssel foglalkozik. Speciális szakterülete a nyomásos öntőszerszámok tervezése, öntvények és egyedi termékek fejlesztése, szimulációk készítése. 2016-ban a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Karán, kohómérnök szakon, öntész szakirányon sikeres záróvizsgát tett. Jelenleg az Inno-cast Hungary Kft. ügyvezetője és vezető mérnöke.



■ 3. ábra. AlMg5Si2Mn ötvözetből készült próbák mechanikai tulajdonságai a falvastagság függvényében [4]



■ 4. ábra. Rangsor az alumíniumötvözetek között a mechanikai tulajdonságok alapján [4]

ve 0,3–0,8% Mn a feltapadás csökkentése végett. Ebbe a csoportba tartoznak például az AlSi7Mg, AlSi10Mg, AlSi10MnMg, AlSi9Sr összetételű ötvözetek. Ezek az ötvözetek az eutektikushoz közeli kémiai összetételnek köszönhetően jól önthetők, jó formaképző képességgel rendelkeznek, viszont kiemelkedő mechanikai tulajdonságokat (pl. $R_{p0.2}=280$ MPa és $A_5=10\%$) csak hőkezeléssel (T5/T7) lehet elérni [4][5]. Vagyis az alkatrész ára a gyártási technológia bonyolultsága és munkáigénye miatt magas lesz.

2. A második nagy csoport a nagy, 4–8% magnézium-, és kisebb, 2–3% szilíciumtartalmú alumíniumötvözetek, amelyekben a mechanikai tulajdonságok javítása érdekében 0,01% stroncium és 0,2% körüli titán, illetve a feltapadás csökkentése érdekében 0,3–0,8% mangán is található. Ez az ötvözet kiemelkedő nyúlással rendelkezik ($A_5>12\%$), jól alakítható, dinamikusan terhelhető. A rosszabb formaképző képessége ellenére előszeretettel használják, mivel hőkezelés nélkül is kiemelkedő mechanikai tulajdonságú alkatrészek gyárthatók belőle. Ezeknél az ötvözeteknél összefüggés tapasztalható a falvastagság és a mechanikai tulajdonságok között (3. ábra [4]), ezért a tervezők vékonyfalú alkatrészek esetében ajánlják alkalmazását, ugyanis vékonyabb fal esetén, a gyorsabb lehűlés következtében a szövet szerkezet finomabb

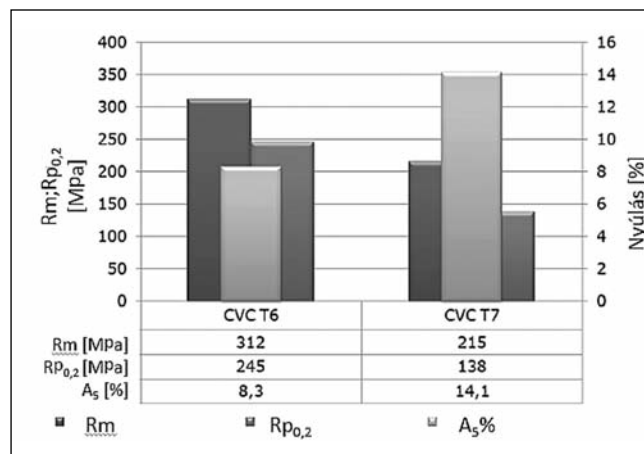
lesz, és ennek köszönhetően növekszik a szakítószilárdság és a fajlagos nyúlás [4][5]. A nagy nyúlás következtében az öntőszerszámot úgy kell megtervezni, hogy a formából károsodás, torzulás nélkül el lehessen távolítani az öntvényt, ami nagyobb tapasztalatot és az ötvözet tulajdonságainak ismeretét követeli meg a szerszám tervezőjétől. Ebbe a csoportba tartoznak például az AlMg5Si2Mn, AlMg6Si2MnZr ötvözetek.

3. A harmadik csoportba sorolhatók az AlSi(Mn) családba tartozó ötvözetek, amelyekre a nagy, 8–12% szilícium- és a 0,3–0,6% mangántartalom jellemző, ellenben a magnéziumtartalom igen kicsi, 0,1% alatti. A mechanikai tulajdonságot javító ötvözők (pl.: stroncium, titán) is megtalálhatók benne. Ebbe a csoportba tartoznak pl. az AlSi9Mn vagy a AlSi9MnMoZr összetételű ötvözetek. Ezek az ötvözetek jó mechanikai tulajdonságuk mellett kiválóan hegeszthetőek.

A 4. ábra különböző „hagyományos” (AlSi9Cu3, AlSi12) és kiváló minőségű (AlSi9MgMnSr, AlMg5Si2Mn, AlSi9MnMoZr) ötvözet használata esetén elérhető szilárdsági és szívóssági tulajdonságok összehasonlítására alkalmas [5].

Ezek a jó minőségű ötvözetek bármilyen öntési eljárás esetén alkalmazhatóak és használatosak is, legyen szó billentő öntésről, gravitációs öntésről, kis- vagy ellennyomású öntésről, de a nagy nyomás alatt végzett öntés a legelterjedtebb gyártási mód, amellyel az alkatrészek 70–75%-a készül. A termelékenység mellett a nyomásos öntésnek a másik előnye, hogy az egyazon alapanyagból készült öntvény mechanikai tulajdonságai az alkalmazott hőkezelés típusától függően széles tartományban változtathatók.

Természetesen ahhoz, hogy hőkezelhető, hegeszthető alkatrészt kapjunk, elengedhetetlen, hogy az öntés vákuum alatt történjen, amely magas technológiai színvonalat és gyártási fegyelmet követel meg. Az általánosan elterjedt, vákuum alatt történő nyomásos öntés esetén, ahol a formaüreg egy kilevegőztető vagy vákuumszelephez csatlakozik, 0,4 bar nyomást lehet a formaüregben elérni. De azokban a speciális esetekben, ahol a formaüreghez több irányból is vákuumszelepek csatlakoznak, vagy ahol a formaüreg mellett a töltőkamra légtelenítése is megtörténik, akár 0,2–0,1 bar vákuum is elérhető a formaüregben. Ezt a



■ 5. ábra. Szilárdsági és nyúlási értékek egy AlSi10MnMg minőségű ötvözetből vákuum alatt, nyomásos eljárással öntött alkatrész esetében T6 és T7 hőkezelés után [1]

speciális öntési eljárást a szakirodalom CVC-nek (controlled vacuum casting), vagyis ellenőrzött vákuum alatt történő öntésnek nevezi (5. ábra).

Ehhez a technológiai és technikai háttér mellett megfelelően kialakított nyomásos öntő szerszámkonstrukció is szükséges. Az alapanyagtól függően meg kell vizsgálni a rádiuszok és oldalferdeségek kialakítását, a zsugorodás mértékét, a kidobás esetén felmerülő problémákat, a vákuum megtartásához megfelelő konstrukciót.

Összefoglalás

Az öntődék és az alkatrészgyártók számára jelenleg rendelkezésre állnak a járműgyártás igényeinek megfelelő speciális alumíniumötvözetek. Ezeknek az öntészeti alapanyagoknak közös jellemzője, hogy vastartalmukat minimalizálták, a felpadási hajlam csökkentése céljából pedig

mangánt adagoltak az ötvözethez. A kiemelkedő mechanikai tulajdonságok érdekében szemcsefinomító és az eutektikus szilíciumfázis morfológiáját javító ötvözőket (Ti, Sr) tartalmaznak. A végtermék szilárdsági és szívóssági tulajdonságait a normarendszereknek és elvárásoknak megfelelően, jellemzően hőkezeléssel állítják be. A hőkezelés megköveteli a megfelelő gyártástechnológiát, nyomásos öntvények esetén a vákuum alatt történő öntést.

A jövő kihívása a járműgyártókkal szemben, hogy a járművek biztonságát fokozzák és vezetési élményét megőrizték a károsanyag-kibocsátás csökkentése mellett. Várhatóan a gyártók egyre több nagy szilárdságú könnyűfém öntvényvel fognak találkozni, ezért érdemes felkészülni ezek használatára, megismerni a tulajdonságaikat, öntési jellemzőiket.

Irodalom

- [1] Greven, K., Zeuner, T.: Highly stressed aluminium cast chassis components – Customized for each application, JSAE annual congress, 2011 (094-20115380) 1, 5. oldal
- [2] Global Casting Magazin – Emission Reduction Possibilities With Structural Castings, 2015/49. old.
- [3] Zovi, A., Casarotto, F.: Silafont-36, The Low Iron Ductile Die Casting Alloy Development and Applications, La Metallurgia Italiana Magazin, 2007/06
- [4] Franke, R., Dragulin, D., Zovi, A., Casarotto, F.: Progress in ductile aluminium high pressure die casting alloys for the automotive industry. La Metallurgia Italiana Magazin, 2007/03, 19, 21. oldal
- [5] Hartlieb, M.: Aluminium Alloys for Structural Die Casting, Die Casting Engineer Magazin, 2013/05, 40. oldal

SÁNDOR BALÁZS

Alternatív nyomásos öntészeti technológia I.

A jelen cikk áttekintést nyújt a nyomásos öntészeti technológia eddig megismert előnyeiről, hátrányairól, jellemzőiről, majd szó lesz egy ipari méretekben még kevésbé, de tudományos szinten annál többet említett, újszerű nyomásos öntészeti technológiáról, ahol az öntés pillanatában az olvadék hőmérséklete a likvidusz-hőmérséklet alatt van.

Bevezetés

A járműiparra nehezedő egyre nagyobb elvárások miatt, a károsanyag-kibocsátás csökkentése céljából, a konstruktőrök könnyebb, nagyobb szilárdságú anyagok felhasználására törekednek. A nyomásos öntés és a technológiához használt, eutektikus összetételű 9–14% Si-öt tartalmazó alumínium–szilícium ötvözetrendszerek a 70-es évektől kezdődően beavaltották a hozzájuk fűzött reményeket,

kielégítették a nagy sorozatú gyártásnál elvárt „gyorsan, olcsón, jól gyártani” igényt.

A tömegcsökkentésre irányuló elvárások azonban egyre fokozódnak, amire csak a hagyományosnak mondott nyomásos öntészeti technológia és ötvözetrendszereinek további fejlesztése lehet jó válasz. Az elvárt magasabb szilárdsági jellemzőket T6-os hőkezeléssel, például Al–Si–Mg ötvözetrendszerrel és vákuum segítségével el lehet érni, ám ezek alkalmazásával az öntődék csak további bizonytalanságokat vittek termelési folyamatukba. A vákuum alkalmazása a berendezés és az öntőszerszám oldaláról is sokkal érzékenyebb a megszokottnál. A technológia folya-

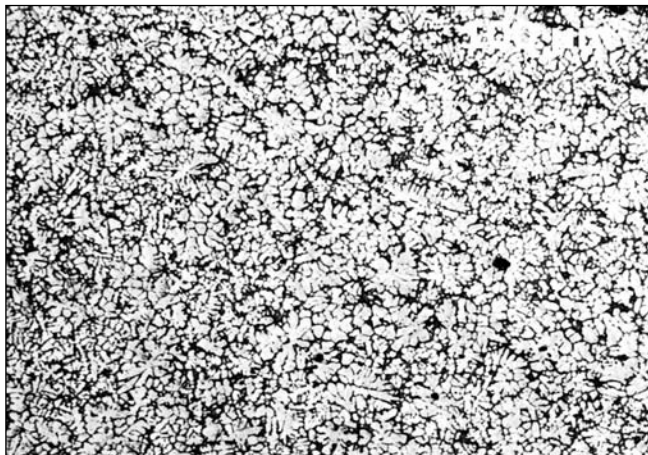
mata veszít stabilitásából, ami termelési kieséssel és a selejt növekedésével párosul.

Az Észak-Amerikai Nyomásos Öntészeti Szövetség, a NADCA (North American Die Casting Association) szerint [1] a járműipar által elvárt öntvényminőségnek csak nagyobb hozzáadott technológiai tudású nyomásos öntvényekkel lehet megfelelni, amit az alábbiak szerint definiál:

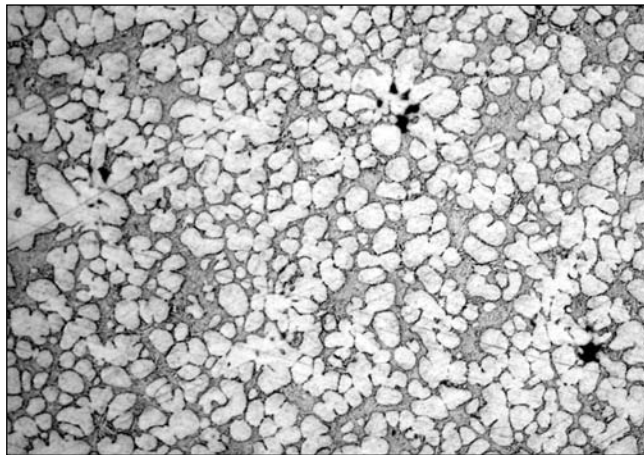
1. Turbulencia nélküli formatöltés;
2. Nagy nyomás alatti megszilárdulás;
3. T6-os hőkezelés hólyagképződés nélkül.

Ezen elvárásoknak megfelelő választ erre ma az ún. préselve öntés, vagyis squeeze casting és a félszilárd öntés, azaz a semi-solid casting

Sándor Balázs gyártástechnológus-gépészmérnök (Fachhochschule Aalen, 2003), okleveles kohómérnök (ME–MAK, 2012). Jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán az Öntészeti Intézetben tudományos segédmunkatárs, valamint a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola harmadéves doktorandusza. Kutatási területe a félszilárd olvadékok viszkozitásának vizsgálata.



■ 1. ábra. Rézkokillába, gravitációsan öntött AlSi6 ötvözet dendrites szövetszerkezetének mikroszkópi metszete (N 50X)



■ 2. ábra. Rézkokillába, gravitációsan öntött AlSi6 ötvözet globulitos szövetszerkezetének mikroszkópi metszete (N 50X)

öntészeti technológiák tudnak adni. Mindkét eljárás során nagy, 20%-nál nagyobb szilárdfázisarányval és közel zárt olvadékfronttal valósul meg a formatöltés.

A hagyományos nyomásos öntés jellemzői

Mivel a jelen cikk a hagyományos nyomásos öntészeti eljárást kívánja egy alternatív technológiával összehasonlítani, meg kell ismerni előbbinek az előnyeit, hátrányait, jellemzőit. Az alábbiakban, címszavakban ezeket mutatjuk be.

Jellemzők:

- az olvadék áramlási sebessége: > 30 m/s;
- gyors megszilárdulás: > 100 °C/s;
- nagy nyomás alatti megszilárdulás: > 900 bar.

Előnyök:

- ez a legkisebb költségű, nagy sorozatú öntészeti eljárás. Az Al-öntvények több mint 60%-a ezzel a technológiával készül;
- olcsó szekunder ötvözet alkalmazható, mivel nagy Fe (0,15–0,7%)-tartalom szükséges az olvadék és az acél öntőszerszám közötti reakció, az ún. feltapadás csökkentésére;
- nagy komplexitású, vékony falú öntvények gyárthatók;
- az öntvény közel beépíthető méretre gyártható. Csökkenthető a megmunkálási ráhagyás, így a ráfordított idő is;
- a gyors megszilárdulás miatti rövid ciklusidő;
- magas fokú automatizálás valósítható meg.

Hátrányok:

- jelentős térfogatú, nagy nyomáson komprimált levegő szorul az öntvénybe. Ez megakadályozza a T6-os hőkezelést és a hegeszthetőséget, nagyobb a hólyagképződés lehetősége;
- a berendezés-, és szerszámköltségek jelentősek, az eljárás csak 100.000-es darabszámnál rentábilis;
- elvesző magok alkalmazása néhány kivételtől eltekintve (sómag) nem megoldott;
- a rövid (10–100 ms) formatöltési idő miatt a formaüregben lévő gázok eltávolítása nem teljes;
- a levegő és az olvadék a turbulens áramlás miatt összekeveredik, a dermedés közben a fémre ható nyomás hatására ezek az igen kis méretű (átm. < 0,2 mm) összenyomott gázbuborékok hőkezelés közben kitágulnak, az ötvözetre jellemző folyáshatár elérésekor a gázbuborékok az öntvény felszínére törnek;
- a legnagyobb szilárdságú rész az öntvény kérge: 0,2–0,6 mm;
- az öntött szakítópróbatest jellemzője: R_m : 330 MPa; $R_{p0,2}$: 165 MPa; A_5 : 3%;
- az öntött, megmunkált szakítópróbatest jellemzője: R_m : 130 MPa; $R_{p0,2}$: 65 MPa; A_5 : < 0,5%.

A nyomásos öntvényeket a legtöbb esetben meg kell munkálni, emiatt a gyors megszilárdulás során kialakult, néhány tizedmilliméter vastag, igen finom szemcseszerkezetű kérget eltávolítják, ami a szakítószilárdság jelentős (40%!) elvesztését eredményezi. A kéreg eltávolítása egy másik prob-

lémát is eredményez. Hiányában az összenyomott, bezárt levegő által alkotott kapillárisok következtében, az alkatrész tömítetlensége lép fel.

A fent említett technológiai sajátosságok vákuumöntéssel, T6-hőkezeléssel, Mg-ot tartalmazó ötvözetrel javíthatók, ezáltal meg lehet felelni a magasabb minőségi elvárásoknak is, de költségesebbé és bizonytalanabbá válik a termelés.

Félszilárd fémöntészet, mint alternatíva (SSM-casting)

A félszilárd fémöntészet mérnöki viszonylatban egy viszonylag fiatal technológiának mondható, ami akkor lesz eredményes, ha megfelelő mikroszerkezetet sikerül elérni az anyag deformálódása előtt, illetve, ha jól ismertek a félszilárd olvadék reológiai (folyási és deformációs) tulajdonságai. Reológiai adatokra a félszilárd olvadék folyási tulajdonságának megismerése miatt van szükség, ami a szabályozott formaképzés biztosítéka. A félszilárd fémolvadék reológiája szempontjából fontos tényező a folyadékfázisban szuszpendált szilárd fázis szövetszerkezte, mivel ennél az eljárásnál az először kristályosodó α szilárdoldat nem dendrites (1. ábra), hanem sokkal inkább globulitos (2. ábra) [2].

Prof. M. Flemings és munkatársai írták le először a félszilárd fémolvadékok viselkedését az 1960-as évek végén, a '70-es évek elején, a Massachusetts-i Technológiai Intézet (MIT) kristályosodási folyamatokat kutató laboratóriumában [3]. Az 1969-

es évben *Steve Metz*, egy akkori végzős diák, öntött acél melegrepedését vizsgálta, egészen pontosan azt, hogy egy részben, 80%-ban, vagy annál nagyobb mennyiségű szilárd fázist tartalmazó acél milyen mértékű feszültségnek képes ellenállni. A vizsgálat konklúziója az volt, hogy a viszkozitás kritikus paraméternek tekinthető a dendritközi folyadékra nézve.

1971-ben *David Spencer*, egy másik, MIT-es végzős diák a részlegesen megszilárdult Sn–Pb15(%) összetételű ötvözet vizsgálatát választotta témájául [4]. Munkájához Couette-reométert használt, amiben a dendrites szerkezetű félszilárd olvadék keverését végezte. Spencer meglepve azt tapasztalta, hogy a félszilárd olvadék hosszabb ideig folyékony maradt abban az esetben, amikor a keverést csak az olvadékfázist tartalmazó hőmérsékleten kezdte, és folyamatos keverés mellett hűtötte le

az olvadékot a pépes („mushy”) zónába. Később kiderült, hogy a jelenség a fém mikroszerkezetének megváltozásával van összefüggésben. Lényegében Spencer felfedezése nyitotta meg az utat a félszilárd fémfeldolgozás előtt [4]. Az elmúlt, közel húszéves időszakban vált a tixotróp viselkedésű folyadék, – amelynek a viszkozitása a nyírófeszültség növelésével csökken – feldolgozása ipari méretűvé, így már nem csak a tudósok kíváncsiságát elégítette ki a jelenség. A félszilárd fémfeldolgozás ipari szintű alkalmazása igazán csak az 1992-es évtől vált ismertté, de mára a hagyományos technológiák konkurenciájává vált.

A kutatók az elmúlt 30-40 évben a félszilárd olvadékok feldolgozási technológiáiban (SSM) elért eredményeikre hivatkozva látják a nyomásos öntészet megújulásának lehetőségét. Az újítás ugyanis nem igényel új berendezéseket, és jelentős szer-

számkonceptciós váltást. A jelenleg alkalmazott nyomásos öntészetben használt, ún. öntőcellákhoz kell csak adaptálni egy félszilárd olvadékot előkészítő folyamatot.

Irodalom

- [1] NADCA North American Die Casting Association. <http://www.diecastingdesign.org/squeeze-casting-standards>
- [2] *Shahrooz Nafisi–Reza Ghomashchi: Semi-Solid Processing of Aluminum Alloys*, 2016 Book
- [3] *M. C. Flemings: Semi-solid forming: the process and path forward*, Metallurgical Science and Technology, Vol. 18 (2000), p. 3–4.
- [4] *D. B. Spencer–M. C. Flemings–R. Mehrabian: Rheological behaviour of Sn–15% Pb in the crystallization range*, Metallurgical Trans. 3, 1972. 1925–1932.

FROM THE CONTENT

Continued from page B2

cannot be utilized – in its given state – for any practical application, but a proper purification may ensure its valorisation. The hydrometallurgical treatment of the residual dross has a double purpose: (1) recovery of the salt content and (2) the removal of the remaining metal content.

The former action may produce salt to be recycled to the hot technology, but the residue may become suitable at the same time for other applications, for example in the construction industry. By the latter action, the purity of the treated material may meet the demands of ceramic application. The properties of the residual dross obtained from the hot treatment were determined by instrumental techniques. The basically light or dark coloured raw materials were subjected – after fine grinding – to leaching with water, sulphuric acid and sodium hydroxide with intensive shaking for varied times. The dark residual dross of the hot processing contained significantly more leachable components. The results clearly show the good solubility of the chloride salt content in water, which is accompanied by a further significant amount of aluminium when acidic or alkaline leaching was used. The extracted Na, K and Al each represented approximately 5–10% ratio of the original mass of

the dark coloured raw material, containing more salt. The instrumental analysis of the residue from the hydrometallurgical treatment showed the dominance of the Al_2O_3 and $MgAl_2O_4$ phases, with some AlN – formed at the hot processing – also present. Dissolution of the latter component was remarkable in water, but even more in the alkaline solution, resulting in the evolution of the unpleasant NH_3 gas.

Varbai B. – Gál I. – Fábián E. R. – Fazakas É. – Májlinger K.: Corrosion properties of austenitic and duplex stainless steels heterogeneous welds 36
In our research 1.4404 type austenitic and 1.4462 type duplex stainless steel dissimilar welds were made by gas metal arc welding process, using two different filler materials: ISO 14343-B – SS316L austenitic and ISO 14343-B – SS2209 duplex welding wire. The task of the dissimilar joint of these two different stainless steel is coming from an industrial application: welding of high-pressure crude oil drilling system. The dissimilar welds were made partly without root protection and partly by using pure argon or nitrogen as backing gases.

According to the results of the corrosion tests, the weld made with duplex welding wire showed better corrosion resistance than the one made with austenitic filler

metal. The welds made with argon or nitrogen root protection showed better corrosion resistance than the one without root protection in cases of both of the filler metals.

Szabó A. – Balla S. – Lovas A.: Liquid quench induced macroscopic stresses in selected iron based glassy alloys

... .. 41

The development of macroscopic stress distribution is discussed in selected iron based glassy alloys based on the quenched-in „free volume” theory.

The degree of stress-inhomogeneity is highly depends on the glass forming ability, being dominated by the chemical nature of coexisting chemical bonds in the super-cooled melt, in addition, the cooling rate has also a significant impact.

Subsequently, the manifestation of quenched-in stresses will also be discussed in the peculiarity of H-absorption in these metallic glasses. It is found, that distribution of the dissolved H atoms is in correlation with the macroscopic curvature of the absorbent ribbons. The reversibility of H-induced macroscopic deformation is described, based on the endotherm nature of H-dissolution in crystalline Fe, which dominates the chemical character of metallic host in these glasses.

A világ öntvénytermelése 2016-ban, t

Ország	Lemezgrafitos vasöntvény	Gömbgrafitos vasöntvény	Temperöntvény	Acélöntvény	Rézbázisú öntvény	Alumínium-öntvény	Magnézium-öntvény	Cinköntvény	Egyéb nemvasfém öntvény	Összes
Ausztria	42.362	101.770	-	11.284	-	140.840	6.256	-	12.347	314.859
Belgium	26.900	7.200	-	17.400	-	783	-	-	-	52.283
Bosznia-Hercegovina	17.500	9.100	-	1.350	-	10.500	-	-	-	38.450
Brazília	1.257.825	515.875	-	164.200	21.900	136.000	5.800	1.400	-	2.103.000
Csehország	158.000	51.800	-	61.000	20.000	98.000	-	1.000	-	389.800
Dánia	20.400	52.500	-	-	779	3.117	-	-	128	76.924
Dél-Afrika	145.000	163.200 ⁺⁺	-	85.000	7.000	24.000	-	500	-	424.700
Finnország	15.300	33.500	-	8.400	2.630	2.114	-	86	-	62.030
Franciaország	531.500	675.200	-	57.000	17.724	324.102	-	20.329	2.340	1.628.195
Horvátország	31.100	11.800	-	50	221	25.174	-	25	15	68.385
India	7.890.000	1.180.000	50.000	1.010.000	-	1.220.000	-	-	-	11.350.000
Japán	2.224.000 ⁺	1.301.300	41.000	150.100	77.400	1.380.570	-	23.530	5.400	5.203.300
Kanada**	330.841	-	-	90.091	14.237	216.189	-	-	-	651.358
Kína	20.350.000	13.200.000	600.000	5.100.000	800.000	6.900.000	-	-	250.000	47.200.000
Korea	1.073.500	707.800	3.000	163.100	26.300	623.200	13.100	-	-	2.610.000
Lengyelország	484.000	166.200	-	50.500	6.100	331.500	-	7.600	2.900	1.048.800
Magyarország	21.700	57.900	-	3.800	1.681	118.246	391	2.985	123	206.826
Mexikó**	815.500	375.800	-	330.790	217.200	735.300	-	85.600	-	2.560.190
Nagy-Britannia	125.800	178.500	-	40.700	8.500	123.200	3.000	7.000	-	486.700
Németország	2.234.900	1.509.900	-	174.200	78.471	1.096.707	17.398	56.247	1	5.167.824
Norvégia	10.900	19.200	-	-	-	6.373	-	-	-	36.473
Olaszország	714.200	381.200	-	57.000	66.081	782.691	7.384	70.474	654	2.079.684
Oroszország	2.000.000	380.000	20.000	800.000	100.000	450.000	100.000	50.000	-	3.900.000
Pakisztán	142.000	24.540	-	42.600	12.400	16.300	-	-	2.200	240.040
Portugália	39.400	93.400	-	7.800	16.000	32.400	-	-	-	189.000
Románia	20.565	4.306	505	6.893	3.590	82.057	5.000	115	137	123.168
Spanyolország	379.900	671.400	-	65.600	15.098	138.591	-	9.079	706	1.280.374
Svájc	35.400	22.800	-	1.100	2.308	12.902	-	989	-	75.499
Svédország	159.600	49.500	-	21.215	6.934	43.089	1.482	8.531	-	290.351
Szerbia	26.368	8.220	-	12.125	2.010	10.120	1	42	-	58.886
Szlovénia	74.235	30.986	3.100	31.344	947	47.584	26	3.494	65	191.781
Tajvan	510.425	187.711	-	66.028	32.662	303.020	-	-	-	1.098.846
Thaiföld***	72.400	28.800	29.500	29.800	26.100	105.400	-	24.400	-	316.400
Törökország	650.000	655.000	-	166.000	22.500	370.000	-	35.000	-	1.898.500
Ukrajna**	400.000	120.000	30.000	580.000	60.000	280.000	15.000	25.000	50.000	1.560.000
USA	3.210.350	2.490.970	40.515	1.245.790	205.440	1.686.230	142.740	322.230	51.040	9.395.305
Összesen	46.241.871	25.467.378	817.620	10.652.260	1.872.213	17.876.299	317.578	1.005.656	128.056	104.378.931

** 2015-ös adatok, *** 2013-as adatok, ⁺öntöttvas csövel együtt, ⁺⁺fehérítőreü öntöttvassal együtt

(Modern Casting, 2017. december, 24-28. old.)

Összeállította: Dr. Lengyel Károly

DOBÓCZKY ISTVÁN

Alapanyag-irányzatok a csaptelepek gyártásában az EU Ivóvíz-irányelv (Rev: 1998) 2013-tól érvényes előírása alapján

A szerző a cikkben bemutatja, milyen kihívások elé állította a vízszelvény- és csaptelepgyártókat az Európai Unió 1998-ban kiadott irányelve az ivóvíz minőségi követelményeire, valamint a „201/2001. (X.25.) Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről” előírása az ivóvízben kioldódó ólomtartalom szigorításával. Elemzi az egyes megoldások előnyeit és veszélyeit.

Bevezetés

Az 1980-as években az orvosi tanulmányokban, kutatásokban megállapították, hogy az ólom káros az emberi szervezetre. Az epidemiológiai kutatások kimutatták, hogy az ólom nem távozik el az ember szervezetéből, és már kis koncentrációjának hosszú időtartamú behatása is rossz hatással lehet a csecsemők, gyermekek intelligenciafejlődésére. Olyan adatok is felfedeztek, hogy a hormonális fejlődést is befolyásolhatja az emberi szervezetbe bekerült akár kis mennyiségű ólom is. Az ivóvízrendszerekhez használt szelepek, csaptelepek alapanyaga általában a több százalékpontnyi ólomot tartalmazó sárgaréz, melyből az ólom kioldódhat, így bekerülhet az emberi szervezetbe. A kutatások eredményét figyelembe véve az Európai Unió 1998-ban irányelvet fogalmazott

Dobóczy István 1982-ben szerzett oklevelet a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán, képlékenyalakító szakon. A Mosonmagyaróvári Fémszerelvénygyárban (Mofém) kezdett dolgozni. 1994-ig üzemi mérnök, később művezető, üzemvezető-helyettes, majd üzemvezető munkakörben dolgozott. Közben elvégezte a Budapesti Műszaki Egyetemen a minőségszabályozási szakot. 2002-ig minőségbiztosítási főosztályvezető, majd 2002–2007 között termelési főmérnök volt. 2007-től műszaki főmérnök.

meg az ivóvíz minőségi követelményeire. A német ivóvízrendelet (TWWo2003. január 3.) 2013. évtől szigorította a csaptelepekből kioldódó ólom határértékét, az előírás maximum 10 µg/l. A német ivóvíz-rendelet előírásait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. Az EU ivóvíz-irányelv (Rev: 1998) alapján a német ivóvízrendelet előírásai a 2003-tól 2013-ig bevezetendő határértékekre (12 órás stagnálás után).

Elem	2003-ig [µg/l]	2003-tól [µg/l]	2013-tól [µg/l]
Cu	3000	2000	2000
Zn	-	-	-
Pb	40	25	10
Ni	40	20	20
As	10	10	10

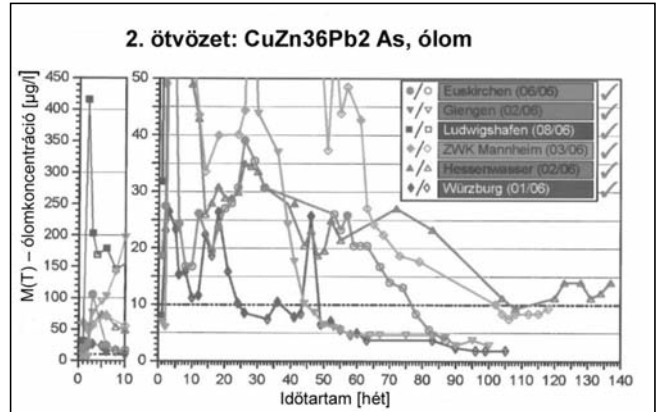
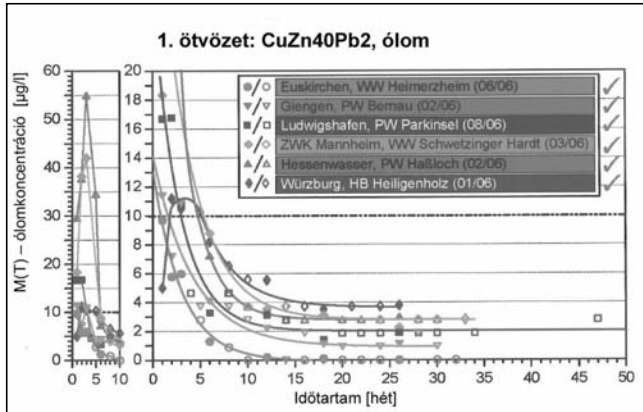
Magyarországon a Európai Unió által kiadott irányelveknek megfelelően kormányrendeletben határozták meg az ivóvíz minőségével kapcsolatos követelményeket: 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről. Ebben a rendeletben az ivóvíz ólomtartalmára ideiglenesen 25 µg/l az előírás, de 2013. december 25-től ez a határérték szintén nem haladhatja meg a 10 µg/l értéket (24 órás pangóvíz esetén).

A vizsgálatok rendjét szintén ez a

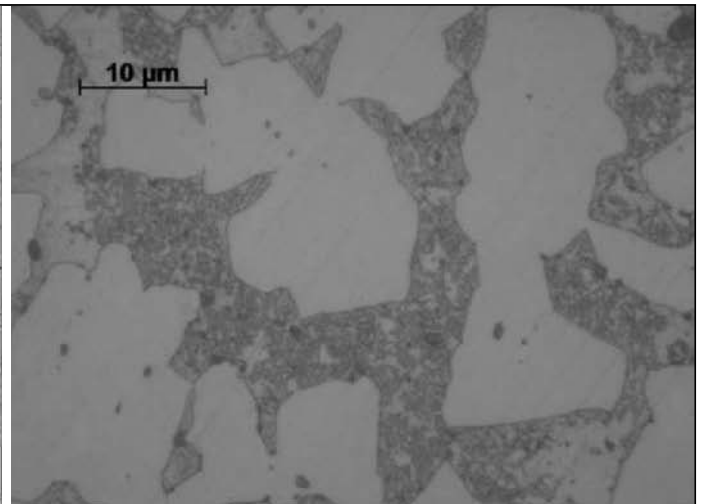
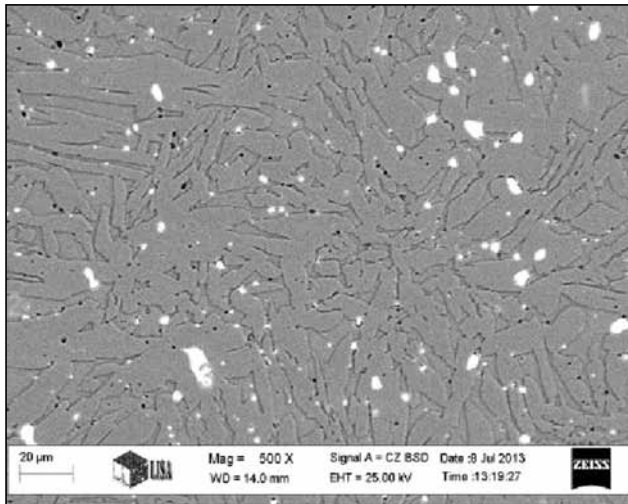
kormányrendelet határozza meg. A kioldódási vizsgálatot általában 1 nap, 2 nap, 6 nap áztatás után végzik el a rendszerben lévő úgynevezett pangóvízen. Ez azt jelenti, hogy a rendszert feltöltik vízzel és meghatározott ideig hagyják a rendszerben a vizet, és utána ennek a víznek vizsgálják meg a minőségét. A vizsgálat során a kioldódó anyagok mennyiségét felületegységre átszámítva értékelik a felhasználás módjának figyelembevételével. Műanyagok esetében a kioldódó szerves anyagot is (TOC = Total Organic Carbon) minden esetben mérik és értékelik.

Az ólom kioldódása

Az ólomtartalmú sárgarézekben az ólom színezékként van jelen (zárvány) és a kristályhatárok mentén helyezkedik el. A másik hatása, hogy a szövetben megjelenő β-fázis az alakíthatóságot és a forgácsolhatóságot befolyásolja. Az öntött és kovácsolt csaptelepek belsejében a vízzel érintkező felületről oldódik ki az ólom és kerül a vízbe. Így az ólomkioldódás új csaptelepeknél nagyobb, a használat során fokozatosan csökken. Az ólomkioldódás az első időszakban csak a pangóvízben érheti el a megengedett határértéket, tartós használat során már a pangóvíz ólomtartalma is lényegesen a határérték alá csökken. Az 1–2. ábra a Wieland cég (Michael Scharf Produkt Management Eco-brass//Wieland-SW1) által elvégzett kísérletek eredményét mutatja két, a csaptelepgyártásban általánosan használt ólomtartalmú sárgaréz ólomkioldódásának időbeli változásáról [1].



■ 1–2. ábra. Ólomtartalmú sárgaréz ötvözetek ólomkioldódásának időbeli változása



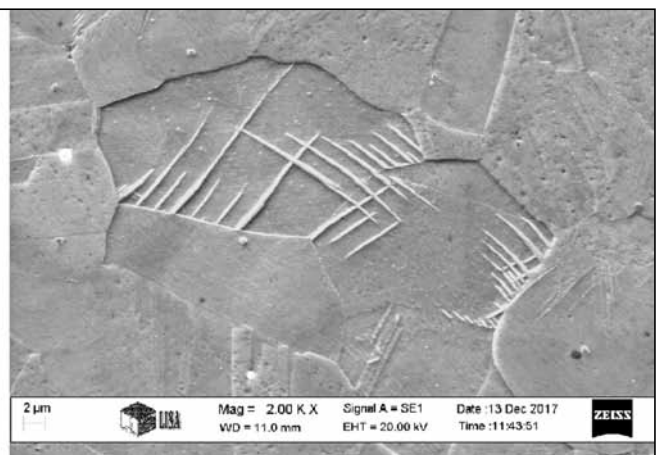
■ 3–4. ábra. CuZn40Pb2 ötvözet elektronmikroszkópos és optikai mikroszkópos szövetszerkezeti képe

A diagramokból jól látszik, hogy a szokásos CuZn40Pb2 összetételű anyagnál már az 5. hét elteltével a határérték alatt van az ólomkioldódás, míg egy másik használatos ötvözet esetén, az arzénes CuZn36Pb2As anyagnál lényegesen hosszabb idő után csökken a határérték alá. Ez valószínűleg az arzén hatása miatt van.

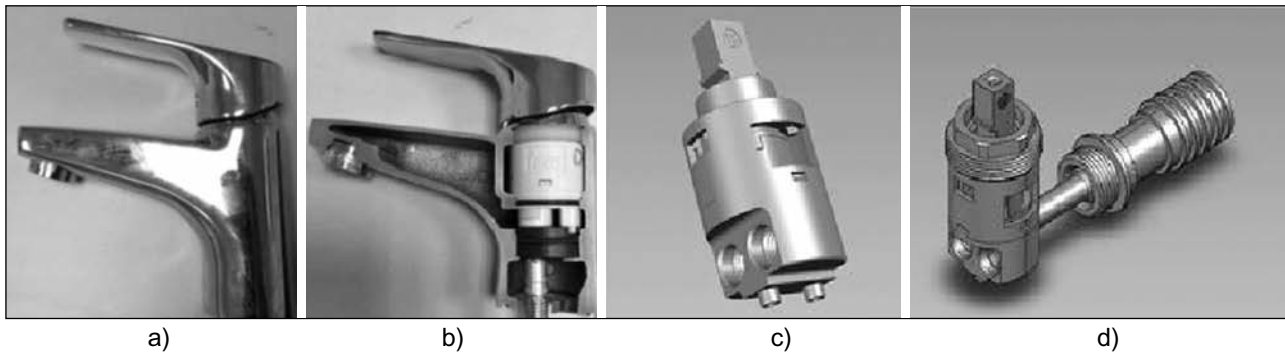
A sárgaréz ötvözetekben lévő ólom a szerelvénygyártásban a forgácsolhatóság miatt lényeges. A kristályhatáron elhelyezkedő ólom a forgács töredezését segíti, amit segít a szövetben lévő β' -fázis is. Az ólom hatásáról még meg kell jegyezni, hogy az alakíthatóságot is kedvezőtlenül befolyásolja a kétalkotós sárgarézekkel

összehasonlítva. Egy ólomtartalmú sárgaréz elektronmikroszkópos és optikai mikroszkópos szövetszerkezeti képét mutatja a 3–4. ábra. A fehér pontok a szövetszerkezetben lévő szín ólmot mutatják [2].

Az ivóvízzel érintkező sárgarézekkel és más ólomtartalmú rézötvözetekből gyártott alkatrészekkel (pl. sikk-



■ 5–6. ábra. Ecobress ötvözet optikai mikroszkópos és elektronmikroszkópos szövetszerkezeti képe



■ 7. ábra. a) külső forma; b) metszet: műanyag kartus; c) kartus; d) kartus és csőcsatlakozó

lőcsapágyak) szemben támasztott szigorúbb követelmények teljesítése céljából a gyártóknak olyan sárgaréz ötvözeteket kell használniuk, amelyek csökkentett és kis ólomtartalmúak, illetve egyáltalán nem tartalmaznak ólomot.

A kis ólomtartalmú sárgaréz ötvözetek (CuZn40; CuZn42) megfelelnek az ólomkioldódás megengedett határértékének, de a forgácsolási megmunkálásuk nagyon nehézkes, különösen a csaptelepgyártásban használt automata gépeken és speciális célgépeken. A forgácsolás közben keletkező szálas (folyó) forgács miatt, amelyet a forgácsoló szerszámokról nehézkes eltávolítani a művelet közben, jelentősen csökken a gépek termelékenységse.

A 2000-es évek elején fejlesztette ki és szabadalmazta a japán Sambo Copper/Mitsubishi Shindon Ltd. az új ólommentes sárgaréz ötvözetét, a CuZn21Si3P-t, Ecobrass néven. Ez az ötvözet nagyon jól alakítható képlékenyen, forgácsolhatósága kb. 80% a CuZn40Pb2 ötvözetéhez képest. Szilárdsága (szakítószilárdsága is) egyenértékű a rozsdamentes SUS304 (UNS S30400) acélokéval, folyáshatára pedig meg is haladja azt.

Az Ecobrass (CuZn21Si3P) ötvözetnek rendkívül jó az elcinktelenedéssel és a feszültségkorrózióval szembeni ellenálló tulajdonsága. Az ólommentessége következtében a vízszelvények és csaptelepek egyik legmegfelelőbb alapanyaga. Az Ecobrass ötvözet elektronmikroszkópos és optikai mikroszkópos szövetszerkezeti képét mutatja az 5–6. ábra [2].

Az Ecobrass rúd szövetszerkezete szilíciumban gazdag κ – (Cu₈Zn₂Si), γ – (Cu₄ZnSi) és α -fázisból áll. A κ -fázis és a γ -fázis, amelyek a szilícium

ötvöző hatására képződnek a forgácsolás közben, forgácsmegszakítóként működnek.

Alapanyag-irányzatok az ivóvízzel érintkező szerelvények és csaptelepek gyártásában

Az ólomkioldódás csökkentésére, illetve megszüntetésére a csaptelepek belső vízútjainak kialakítására szinte mindegyik megoldás a műanyagok használatát helyezte előtérbe a különböző sárgaréz ötvözetekből és horganyötvözetekből előállított csaptelepházakban.

1. Hagományos ólomtartalmú sárgarézről (Pb-tartalom 0,5–2,5%) gyártott csaptelepek

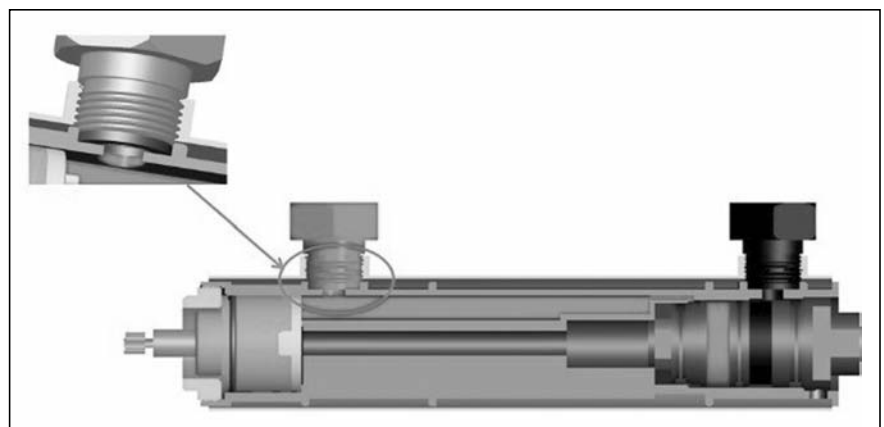
A gyártási technológiától függően öntött vagy kovácsolt csaptelepházakról beszélhetünk. A két technológia alapanyagai és konstrukciói eltérnek egymástól. Az öntési technológiát elsősorban bonyolult belső üregekkel rendelkező csaptelepeknél használják, a kovácsolást az egyszerűbb üregekkel és vízutakkal rendelkező csap-

telepeknél alkalmazzák. A két technológia alapanyag-választásánál arra törekednek, hogy az ólomtartalom a megengedett alsó határ közelében legyen, de még ne befolyásolja a forgácsolhatóságot, ezzel csökkentve az ólomkioldódás mértékét.

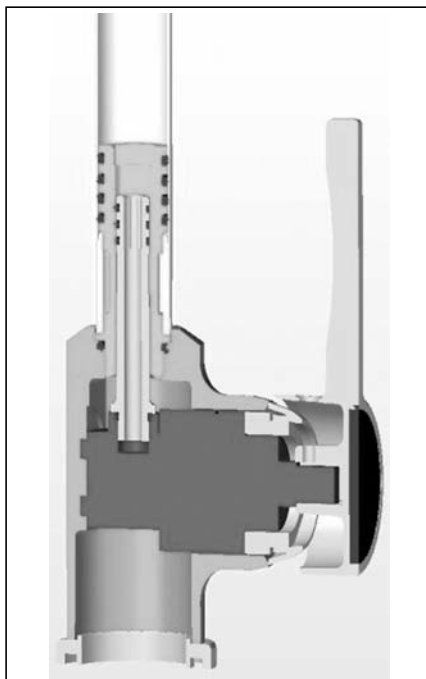
Új megoldásként olyan konstrukciókat alakítanak ki, amelyekben a belső, vízzel érintkező részek, kezelőelemek többsége műanyagból készül, és csak a csaptelepházak külső része (héj) sárgaréz. Ilyen kialakítású csaptelepet a 7. ábra mutat.

Ezzel a megoldással jelentősen csökkenthető a víznek a sárgarézrel érintkező felülete, ezáltal az ólomkioldódás is. Az öntvények belső kialakítása egyszerűbbé válik, így a kokillaöntési technológiával gyártott házak belső porózusságból adódó selejt mennyisége nagymértékben csökkenthető. A csaptelepek tömege kisebb lehet, és ez jelentős költségcsökkenéssel jár.

Előnye még, hogy a hagyományos gyártási technológiákon (öntés, kovácsolás, forgácsolás, csiszolás, fénnyezés, galvanizálás) nem kell módosítani. A műanyag alkatrészek fröccsön-



■ 8. ábra. Horgany csaptelep műanyag belső vízutakkal, sárgaréz csatlakozással



■ 9. ábra. Horgany csaptelep műanyag kartussal és csőcsatlakozóval

tési technológiával előállíthatók, forgácsolásukra nincs, vagy csak kis mértékben van szükség.

A műanyag alkatrészek használata azonban hátrányokkal is jár. A műanyagok újrahasznosítása, a hulladék kezelése, begyűjtése még nincs teljes körűen megoldva, így a meghibásodott műanyag alkatrészek cseréjéből keletkező hulladék környezetterheléssel jár. A műanyagok úgynevezett előregedése, rideggé válása csökkenti a csaptelepek élettartamát, a vízfelvétel, illetve a réztől lényegesen eltérő hőtágulása is befolyásolja a csaptelep megfelelő működését (kartus beszorulása). A műanyagok galvanizálása is lényegesen bonyolultabb, mint a sárgarézé. A keletkező galvanizálási hulladékok, az elhasznált galvánfürdők semlegesítése is költségesebb.

A műanyag alkatrészek alkalmazása az ólomkioldódást csökkenti, illetve megoldja a csaptelepeknél, de a műanyagokból a kioldódó szerves anyagot (TOC) minden esetben szükséges vizsgálni és figyelembe venni.

2. Horganyötvözetekből gyártott csaptelepek

A horganyötvözetek felhasználását a csaptelepgyártásban az utóbbi időben kezdték el. Ennek egyik fon-

tos oka, a horganyötvözet fajsúlya kisebb mint a sárgarézé, így lehet csökkenteni a csaptelepek tömegét. A horganyötvözet ára alacsonyabb, mint a sárgaréz ötvözeté, ezért a tömegcsökkenés és az alapanyagárkülönbség jelentősen csökkenti a gyártási költségeket. A horganyötvözetből gyártott csaptelepeket úgy kell kialakítani, hogy a víz ne érintkezzen az öntvény belső felületével. Az ivóvízben a Zn nem oldódhat ki, nem megengedett az ivóvízben a jelenléte. Ezeket a csaptelepeket úgy alakítják ki, hogy a ház (külső burkolat) nyomásos öntéssel készül, a belseje viszont műanyag (8–9. ábra).

A horganyötvözetből készült csaptelepházak nem érintkezhetnek az ivóvízzel, ezért a vezetékrendszerhez csatlakozó részeit, illetve a kifolyó csöveket sárgarézből kell készíteni. Ez a megoldás teszi kérdéssé a horganyötvözet elterjedését a csaptelepgyártásban. Köztudott, hogy a horgany és a réz elektródpotenciálja között jelentős különbség van.

Elektród	Elektród-folyamat	E° (standard potenciál)
Cu/Cu ²⁺ oldat	Cu ²⁺ +2e ⁻ → Cu	0,337
Zn/Zn ²⁺ oldat	Zn ²⁺ +2e ⁻ → Zn	-0,763

A réz- és a horganyötvözet kapcsolódási pontjain a víz és a tisztítószer hatására galvánelem alakulhat ki, és ez a folyamat gyors korróziót okozhat, amely a csaptelepek élettartamát jelentősen csökkentheti.

A horganyötvözetek galvanizálása is bonyolultabb, mint a rézötvözeteké, hasonló a galvanizálás során keletkező hulladékok és az elhasznált

galvánfürdők semlegesítésének költsége, mint a műanyagoknál.

3. Ólommentes sárgaréz ötvözetből (Ecobrass) öntött kovácsolt csaptelepek

A bevezetőben már említett ólommentes sárgaréz ötvözetből készült ivóvízrendszerekhez tartozó szerelvények és csaptelepek használata megoldja a kioldódó ólom problémáját. Ebben az anyagban az ólomtartalom maximum 0,1% lehet. Az ólomkioldódás megszűnése miatt lehet csökkenteni a belső vízutakhoz az előző pontokban említett műanyag alkatrészek mennyiségét, ami ugyan növeli a költségeket, de a környezetterhelést csökkenti. Az Ecobrass ötvözet ára magasabb, mint a normál sárgaréz ötvözeteké. Ez hátráltatja elterjedését a vízszelvény-szelepeknél és a csaptelepeknél. A 10. ábra a TEKA Magyarország Zrt. által gyártott Ecobrass ferdeszelepet és csaptelepházat mutat be.

Ez az ötvözet melegen nagyon jól kovácsolható (jobban, mint a CuZn40Pb2), öntési paraméterei is jobbak, mint a sárgaréz kokillaöntésre használt ólomtartalmú ötvözeteké. Forgácsolhatósága viszont csak 80%-a az ólomtartalmú sárgarézeknek, elsősorban a magasabb szilárdságának és keménységének következtében. Csiszolási és fényezési paraméterei szinte megegyeznek az általánosan használt sárgaréz ötvözetével. Az ólomtartalom hiányában a fényezés és galvanizálás utáni felület homogénebb, a felületen nem láthatók az ólomzárványok kiválása miatti apró pörusok (lyukak).

Az Ecobrass ötvözetből készült vízszelvények és csaptelepek korrózióállósága lényegesen nagyobb, mint a normál és arzénos sárgaréz ötvözeteké, aminek a felhasználás közben fellépő, korrózív környezetnek való ellenállásában van jelentősége. Galvanizálása azonos a normál sárgarézből készült



■ 10. ábra. Ecobrass ferdeszelep és csaptelepház

csaptelepekével, nem igényel változtatást a meglévő technológiában. A sárgaréz ötvözetek újrahasznosítása, a hulladékok gyűjtése teljes körűen megoldott, tehát a környezetvédelem követelményeinek is megfelel.

4. Összefoglalás

A cikk röviden ismertette, hogy az Európai Unió 1998-ban irányelvet fogalmazott meg az ivóvíz minőségi követelményeire, valamint a 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet az

ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről rendelkezik, és ezekre az előírásokra tekintettel merre tart a vízszervelet- és csaptelepgyártó iparág. Foglalkozott a horganyötvözetek használatának a csaptelepek minőségére és élettartamára vonatkozó kérdéssel, a műanyagok felhasználási kérdéseivel, illetve a különböző összetételű sárgarézektől gyártott termékek ólomtartalmának, az ólom ivóvízben való kioldódásának csökkentésére tett megoldásokkal. A fenntartható fejlődés érdekében azo-

kat az alapanyagokat kell előtérbe helyezni, melyek megfelelnek a törvényi előírásoknak és az újrahasznosításuk teljes körűen megoldott.

Irodalom

- [1] Michael Scharf Produkt Management ECOBRASS/Wieland-SW1 kísérletek
- [2] A Miskolci Egyetem Fémtechnológiai Intézet Mofém részére készített vizsgálati jegyzőkönyve

HEGEDÜS BALÁZS – KÉKESI TAMÁS

Lehetőség az alumínium olvasztási salakok melegfeldolgozási maradványainak hidrometallurgiai kezelésére

Az alumínium olvasztásakor, illetve a primer salakok valamilyen technológia szerinti fémvisszanyerő kezelésekor jelentős mennyiségű, alapvetően oxidos végsalak keletkezik, aminek a fémtartalma már nem jelent különösebb érdekeltséget a további feldolgozásra. Ugyanakkor, a nyers salak és a kezelés jellegétől függően, jelentős lehet a kloridos alapalkotókból és fluoridos adalékból álló sótartalma. Az esetleges építőanyag-ipari, utépitési, illetve acélgyártási hasznosítása a sótartalom minél teljesebb eltávolítását követeli. A kohászatban kívüli esetleges felhasználások pedig a maradék fémtartalom eltávolítását is igényelhetik. Minderre egy örlést követő hidrometallurgiai eljárás lehet a legalkalmasabb. Egy megfelelő tisztítási eljárás kialakítása érdekében elektronmikroszkópos és röntgendiffrakciós technikákkal megvizsgáltuk a nyers végsalakok összetételét, valamint kísérleteket végeztünk a vizes, kénsavas és nátrium-hidroxidos kezelések hatékonyságának a megálapítására. Az eredmények szerint a vizes kioldás képes eltávolítani a NaCl és KCl fő sóalkotókat igen rövid idő alatt. Ennek során azonban az előzetes termikus lépések során képződött AlN vegyület reakciójából származó ammónia felszabadulásával is számolni kell. Kénsav alkalmazása nemcsak a maradék fémtartalom eltávolításában, de az ammónia fejlődés visszaszorításában is hasznos lehet. A nátrium-hidroxid reagens ugyan agresszíven képes oldani nemcsak a fémes, hanem a kevésbé stabil oxidos állapotú alumíniumot is, de az ammónia-képződést fokozza. A kezelt anyagok fázisösszetételét és szerkezetét mutató eredmények alapján valószínűleg megfelelő a vizes, majd esetleg kénsavas kioldás kombinációja a végsalakok egyéb célú felhasználásra alkalmas állapotot biztosító tisztítására.

Hegedüs Balázs BSc anyagmérnök-diplomát szerzett a Miskolci Egyetemen, fémelőállítási és öntészeti specializáción. Tanulmányait ugyanitt a kohómérnöki MSc-szakon folytatja, energiagazdálkodási specializációval. Emellett az Energia- és Minőségügyi Intézetnél félállású tanszéki mérnöki munkakörben is részt vesz a másodnyersanyag-hasznosítási és fémolvadék-kezelési témakörökben folyó kutatómunkákban.

Dr. Kékési Tamás 1984-ben szerzett kiegészítő kohómérnöki oklevelet a Nehézipari Műszaki Egyetemen, majd 1986-tól folyamatosan a Miskolci Egyetem oktatója. 1992-ben a műszaki tudomány kandidátusa lett, 1995-ben megszerezte a japán doktori fokozatot, majd 2005-ben a dr. habil és 2006-ban az MTA doktori címet. Hosszú ideig volt a Miskolci Egyetem Fémkohászati Tanszékének a vezetője, majd a Metallurgiai Intézet igazgatója, 2018-tól az Energia- és Minőségügyi Intézetben egyetemi tanár. Fő kutatási és oktatási területe a fémkinyerés, hulladékfeldolgozás, valamint az elektrolitikus energiatárolás és -felhasználás. Szakmai munkája mellett a Miskolci Egyetem tudományos és nemzetközi rektorhelyettesi pozícióját is betölti. 2018 óta az MTA Metallurgiai Bizottságának az elnöke.

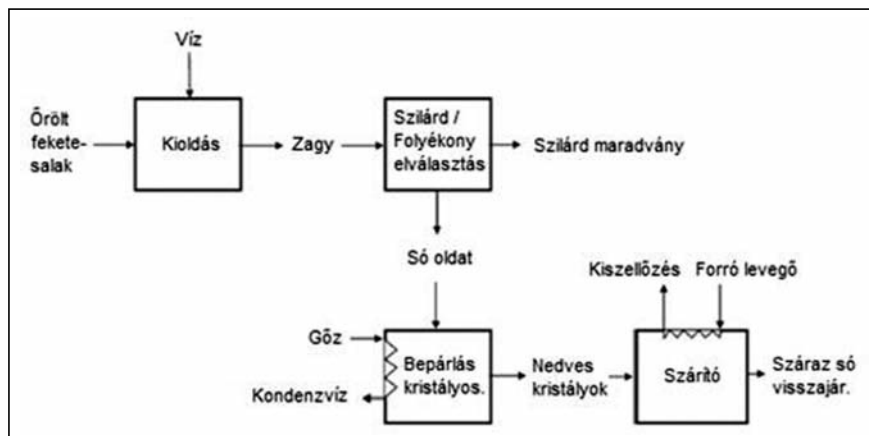
1. Bevezetés

A világ alumíniumiparára jellemző az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb mértékű szekunder nyersanyag-felhasználás. Ezt a változást elősegíti az egyre nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló amortizációs alumínium-hulladék, amely feldolgozásának velejárója a jelentős mennyiségű és nagy fémtartalmú felzék/salak képződése [1]. Ezt a magyar szakmai zsargon alumíniumsalaknak nevezi. A szilárd láncokat alkotó oxidszemcsékből álló felzéknek (dross) nincs összefüggő határfelülete, így – a szivacshoz hasonlítható módon – jelentős mennyiségű folyékony anyagot, olvadt fémeket is képes mechanikusan magába zárni [2]. Ezzel az olvadt fém heterogén oxidációjának még nagyobb lehetőséget teremt. A fémtartalom visszanyerése tehát fontos művelet, amit a még meleg salakból további hevítés, mechanikus behatás és kezelő adagolása mellett végeznek el [2]. A bezárt fém kioldását eredményező – általában forgó dobkamencében oxigén gázegés hevítéssel végzett – „konvertérezésen” átesett végsalak értékes fémtartalma már csak néhány százalék lehet [3]. Ez a szokásos metallurgiai módszerek további alkalmazásával már nem dolgozható fel gazdaságosan, ugyanakkor érdemes foglalkozni az egyéb célú felhasználási lehetőségekkel. Más iparágakban hasznosítható lehet ez az alapvetően oxidos maradvány, amennyiben a további hasznosítás szempontjából káros, nemkívánatos anyagok eltávolíthatók. Utóbbiak közé tartozik a végsalak sótartalma és a maradék fémtartalma [4].

A tisztított salakmaradvány általános felhasználási lehetőségei széleskörűek:

- Építőipar: építmények inert töltőanyaga, habarcsalkotó;
- Vegyipar: alumínium-oxid hidrát és alumíniumsók gyártása, epoxigyanta habarcs és polimerek inert töltőanyaga;
- Metallurgia: szintetikus salak acélgyártáshoz;
- Mezőgazdaság: mesterséges talaj, műtrágya;
- Ásványgyapot.

A végsalakban jelen lévő – és a felhasználásokat zavaró, illetve vissza-



■ 1. ábra. Elvi módszer a végsalak sótartalmának eltávolítására [4]

járátható – maradék só főként kloridos vegyületei jól oldhatóak tiszta vízben, közönséges hőmérsékleten is, ezért célszerű a végsalakat először vizes kioldó műveletnek alávetni. Az 1. ábra vázlatosan szemléltet egy sókioldó rendszert, ami jó hatékonysággal képes az általában sötét megjelenésű „feketesalak” nagy sótartalmát vizes kioldással eltávolítani. A keletkező tisztított maradvány már megfelelhet az egyéb célú hasznosítás követelményeinek. Ugyanakkor az eltávolított só kinyerhető az oldatból, és visszajáratható kezelősként a melegfeldolgozáshoz, a lecsökkent sótartalmú víz pedig újra felhasználható a sókioldási művelethez.

A salakbetétet először törlik/örlik, majd meleg, illetve hideg fizikai úton szeparálva a lehetséges legtöbb fém alumíniumot eltávolítják belőle. Az oldáshoz csak annyi vizet adnak, hogy a telítési koncentrációnak megfelelő 22-25%-os oldott sótartalmat elérjék. A só jól oldható, és a felesleges víz bepárlása a kristályosításkor növelné az energiaigényt. Az oldóreaktorban a sók oldódása közben hő fejlődik, ezzel az oldat hőmérséklete 60 °C-ig is emelkedhet. A kapott iszapot egy szilárd-folyadék szeparátorba adagolják. Ez egy kétlépcsős folyamat: centrifugálással kezdődik, ami elválasztja a folyadék nagy részét a nemfémes szilárd anyagtól (oxidok, maradék fém), ezután a folyadékfázis egy ülepitőbe kerül, ahol leülepedik a finomszemcsés nemfémes szilárd anyag sűrű iszapként. Ez utána mos-

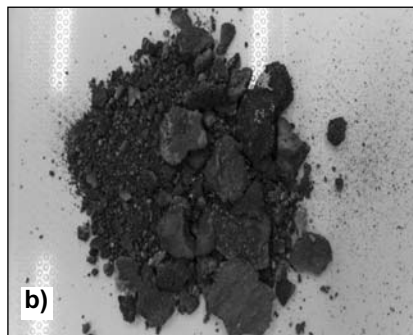
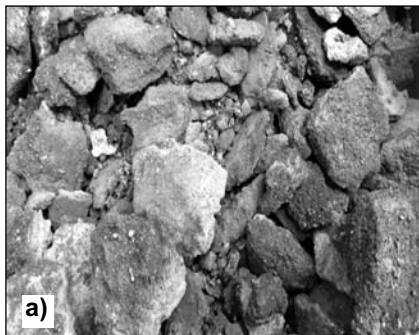
ható és szűrhető, amivel egy sómentes nemfémes termék keletkezik. Ez a szilárd, finomszemcsés és tisztított végmaradvány már könnyebben lerakható, vagy éppen más célokra felhasználható. A szilárd anyag elválasztásakor fontos szempont a sóoldatok tisztítása is, ami az egyéb szilárd anyagok – CaSO₄ és Mg(OH)₂ – eltávolítását is szolgálja. Ezek nemkívánatosak, mert kiválást okozhatnak a kristályosítóban.

Ezután a sóoldatból el kell távolítani a vizet, ez általában elpárologtatásos kristályosítóban történik. A kristályosítás eredménye nedves sókristály, amit szárítva lehet kezelősként visszajáratni. Mivel a KCl nagyobb arányban párolog olvasztás közben, ezért visszajáratás során a KCl dúsításra lehet szükség. A só-újrahasznosítás energiaköltségei azonban számottevőek lehetnek, és általában nehezen igazolhatók a visszanyert só értékével.

A melegfeldolgozásból származó végsalak alapvetően alumínium-oxidból és további oxidokból áll egy kevés alumínium-nitriddel és alumínium-karbidval. Ezek az alkotók nehézségeket okozhatnak, ugyanis ha az AlN nedvességgel érintkezik, az alábbi reakciók játszódhatnak le:

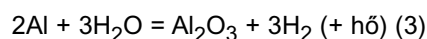


A lúgos közeg megbontja az oxidhártyát a fémszemcsék körül, és emiatt a nedvesség/gőz reakcióba léphet a fémmel, aminek az eredménye hid-

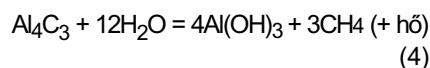


■ 2. ábra. A világos (a) és a sötét (b) színű melegfeldolgozási végszalakok makrofelvételei

rogén keletkezése:



Az alumínium-karbid is reagál a vízzel:



valamint egyéb veszélyes melléktermékek (foszfin, kén-hidrogén) is keletkezhetnek a vizes közegű reakciók során. Mindegyik fenti hidrolízises reakció exoterm. A hőfejlődés és hidrogén-gáz jelenléte tűz- és robbanásveszélyt okoz, a gázok kellemetlen – sőt egyes esetekben mérgező – jellegéből eredő veszélyesség mellett. Így a melegfeldolgozási melléktermék, illetve sós alumíniumsalak, a „sosalak” elhelyezése, hasznosítása, vagy ártalmatlanítása még mindig veszélyes. A nem-fémesmaradvány-tartalom hasznosítási lehetősége elsősorban a kloridtartalomtól függ, ezért további mosási lépések lehetnek szükségesek, a kezelhető mértékig csökkentés érdekében.

Az Engitec cég kínálja a sosalak-kezelő STE-technológiáját [5], ami biztosítja a só 99%-os kihozatalát, az kis kloridtartalmú (< 0,2%) oxidos végterméket, és mindezt alacsony élömunkaigény mellett. Az eljárás sajátossága, hogy a nedves kezelési lépések során keletkező kellemetlen gázokat elégetik, így nincs szennyezőgáz-kibocsátás, a felszabaduló hőenergia pedig felhasználható a bepárlásnál. A szilárd maradvány használható például a klinker égetési eljáráshoz, ahol beadagolható a kemencébe, mivel a nagy alumínium-oxid-tartalma segíti a kalcium-aluminát-fázisok képződését. A kerámia- és tűzállóanyag-iparban alumínium-oxid forrásként is használható (falazótégglák, tűzálló tégglák). Az Engitec Impianti S.A. már létesített sosalak-feldolgozó üzemet Olaszországban (Carisio és Borgofranco), valamint Braziliában (Cacapava). A legújabb megoldásban a „Flash evaporation” technológia biztosítja a rugalmas működtetést és a bepárlásnak a kristályosítással való összekapcsolását nagyobb méretek

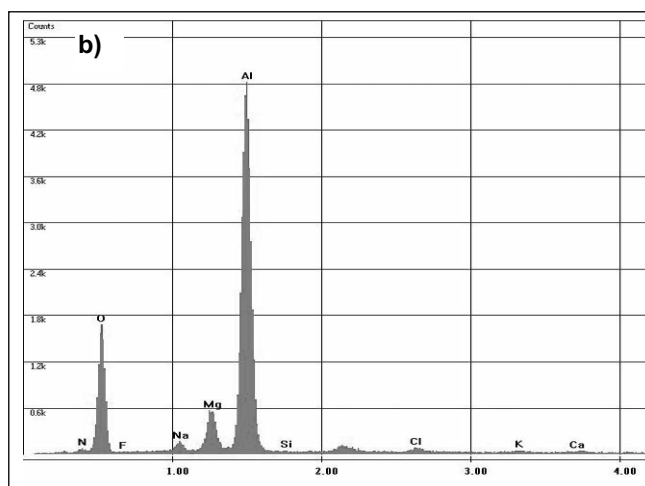
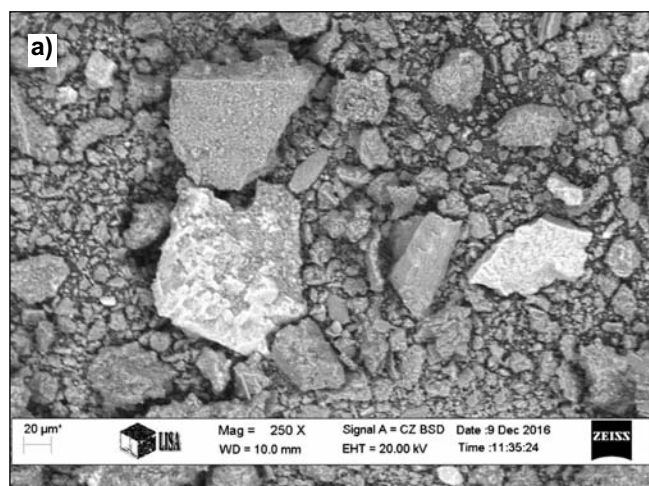
alkalmazásakor. Ez a technológia biztosítja a só visszanyerését, elkerüli a káros gázok kibocsátását, valamint kis kloridtartalmú oxidos terméket állít elő, ami alkalmas a cementgyártási felhasználásra.

2. Kísérleti nyersanyagok

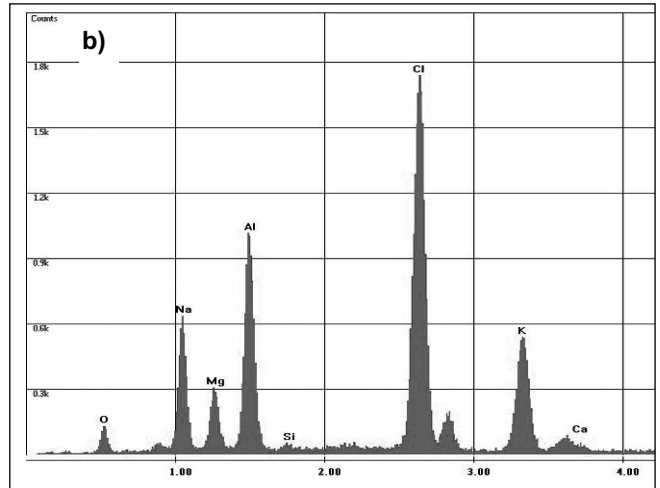
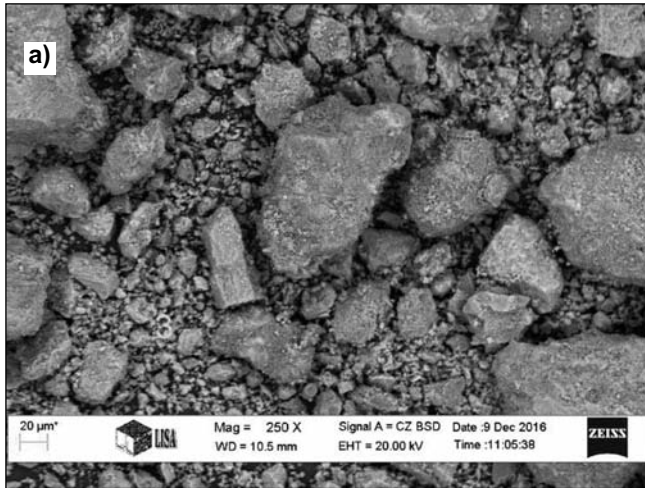
Az alumíniumolvasztási salakok fémtartalmát közvetlenül csökkentő melegfeldolgozásból alapvetően eltérő „világos” és „sötét” végszalakok is keletkezhetnek (2. ábra). A két szélsőséges salakminta összetétele eltérő. A világosabb végszalakok fémtartalma általában kisebb. A vizsgált mintában ez 9,9% volt, míg ennek az őrlés után kapott < 250 μm alatti finom frakciójában ez 1,1% tömegrészt képviselt. A másik végletet képviselő sötét tónusú végszalakminta esetében ezek az értékek 13,6%, illetve 4,5% voltak. A finom őrlemény viszonylag kis maradék fémtartalmát az oxidos fázis erősen burkolta. Ezt csak közvetett módszerrel [2], az alumínium forró NaOH oldattal történő reagáltatása során felszabaduló H₂ gáz térfogatának a mérésével lehetett meghatározni.

Az alapfázisok vizsgálata elektronmikroszkópos (SEM), energiadiszperzív röntgenmikroszkopos (EDS) és röntgendiffrakciós (XRD) módszerekkel történt a nyersanyag < 250 μm alatti finom őrleményét felhasználva. A jellemző elektronmikroszkópos mikrofelvételeket, valamint a minták átlagos EDS spektrumait a 3. és 4. ábrák foglalják össze.

Az EDS-spektrumok értékelésekor



■ 3. ábra. Melegfeldolgozási világos végszalak jellemző SEM-képe (a) és EDS-spektruma (b)



■ 4. ábra. Melegfeldolgozási sötét végsalak jellemző SEM-képe (a) és EDS-spektruma (b)

meg kell említeni, hogy a gerjesztő elektronsugár az oxidos felületi rétegbe kb. 5 µm mélységéig képes behatolni, ezek alapján a vizsgált szemcsék magja ennél vékonyabb felületi réteg esetén hozzáadódik a röntgenspektrumhoz. Emellett, a nagyobb atomok röntgenemissziója jelentősen erősebb, így az alumínium jele azonos mennyiség esetén is erősebb, mint a nátriumé, vagy a magnéziumé, vagy az oxigéné. A Cl és a Ca jele azonban az előbbi elemekhez viszonyítva erősebb. Az EDS-spektrumok megmutatják a melegfeldolgozás hatását, ugyanis a világos végsalokban alapvetően alumínium és oxigén volt

kimutatható. A sötét mintában pedig elsősorban a maradék só alkotói domináltak, jelentős mennyiségű magnézium, de csökkent alumínium- és oxigén-tartalom mellett. A kezelősó SEM-, EDS- és XRD-vizsgálatai a NaCl és KCl molárisan közel azonos mennyiségű alapalkotók mellett csak a CaF₂ adalék jelenlétét mutatták ki. A végsalokok fázisainak az egyértelmű kimutatására az XRD-technika alkalmas.

A röntgendiffrakciós vizsgálat igazolta, hogy a világos színű konvertersalokban dominálnak az egyszerű, illetve összetett oxidok (α -Al₂O₃ és a MgAl₂O₄ spinel). Az alumínium-oxid-

nak elsősorban a nagyobb hőmérsékleten kialakuló α -korund módosulata látható a diffraktogramban. Ezek mellett jelen vannak a maradék kezelősó fő alkotóiból származó anyagok. Ezek között elsősorban a NaCl jelentkezik, valamint kisebb mértékben a KCl is kimutatható. Az utóbbi só a nagy hőmérsékleten nagyobb mértékben elillanhatott. Meglepően jelentős mennyiségűnek mutatkozik az AlN a kapott mintában. A jelen lévő fémes Al kimutatása azonban a jellemzően vastagabb oxidos réteggel fedett szemcsékben való előfordulása miatt egyik műszeres technikával sem egyértelmű. A sötét végsalokban jelentősen nagyobb a maradék sótartalom, valamint nagyobb arányban van jelen a Mg-spinel vegyület is. Ezt a valószínűleg kevésbé intenzív hevítés eredményezte, ami az illanási veszteséget csökkentette. Preferenciális elgőzölgésre elsősorban a KCl és a Mg esetében lehet számítani.

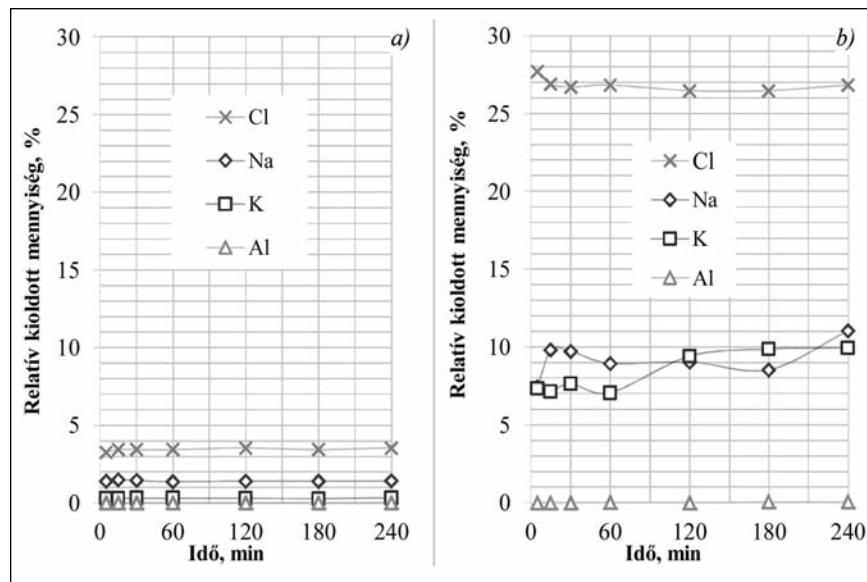


■ 5. ábra. A konvertersalokok alapvető laboratóriumi kioldási kísérletei (a, b – oldatok és maradványok, c – gázfejlődés a rázódoboz nyitásakor)

3. Kioldási kísérletek módszere

Az alapvető kioldási vizsgálatokban a fent bemutatott világos és sötét tónusú, melegfeldolgozási végsalakok 250 µm szemnagyság alá őrölt frakciói szerepeltek nyersanyagként. Az oldószer desztillált víz, valamint 16,3 m/m %-os (10 V/V %-os) kénsavas oldat, illetve 6 mol/dm³ koncentrációjú NaOH oldat volt. A választott kénsav-koncentráció megfelelt a könnyű előállíthatóság, valamint a hidrometallurgiai gyakorlatban preferált közepesen híg tartománynak [6,7], a nátrium-hidroxid oldat pedig az alumínium-oxidra gyakorolt erős oldó hatás referenciájaként szolgált. A 10 g tömegű őrölt mintákat minden esetben 100 cm³ oldószerhez adtuk. Ez a mennyiségi arány nagy feleslegben biztosította a szilárd minta reakcióképes alkotóinak az oldhatóságát. A megfelelő kinetikai feltételeket 300 cm³-es reaktoredényekben géppel végzett horizontális rázás biztosította, amely a beállított intenzitás mellett megakadályozta a salak szemcséinek a leülepedését. A kioldások 5, 15, 30, 60, 120, 180 és 240 perces időtartamúak voltak. A folyamat előrehaladását minden kioldási művelet végén vett oldatminták elemzése mutatta. A klorid, valamint hidrogénion-koncentrációk meghatározása azonnal megtörtént titrimetriával, majd a fémionok (Na, K és Al) koncentrációját szűrés és megfelelő hígítások után végzett atomabszorpciós spektrometriával (AAS) határoztuk meg. A kapott koncentrációkból kiszámítottuk a bemért nyersanyag tömegére vonatkozó relatív kihozatalokat. A kloridion-koncentráció meghatározása AgNO₃ mérőoldattal és kálium-kromát indikátor felhasználásával történt. Ez a kísérletek során azonnali eredményeket adott, de inkább csak ellenőrzés jelleggel volt használható, mivel a mérőoldat fényérzékenysége és az indikáció pH-érzékenysége különösen a savas oldatok elemzése során okozott jelentős zavaró hatást.

További kísérletek vizsgálták az üzemi melegfeldolgozásból származó világos és sötét végsalakok, valamint az eltérő Mg-tartalmú ötvözetek gyártásából származó olvasztási salakok laboratóriumi melegfeldolgozásából kapott végsalakok kioldási hatékonyságait, a műveleteket a teljességet biztosító időtartamig (1 h) végezve. A laboratóriumi műveletek termékeit és lépéseit az 5. ábra képei mutatják be.



■ 6. ábra. A világos (a) és a sötét (b) tónusú végsalakok vizes kioldásával a minta tömegére vonatkozóan kapott kihozatalok az idő függvényében

4. Az alapvető kioldási kísérletek eredményei és értékelése

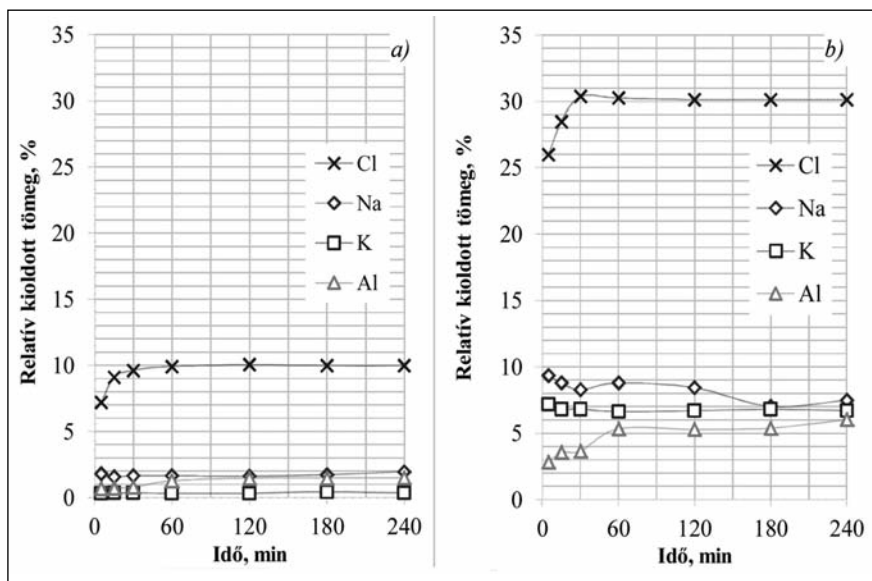
Az üzemi meleg-salakfeldolgozásból származó világos és sötét tónusú végsalakok finomra őrölt mintáiból vízzel kioldott elemeknek a bemért salaktömegre vonatkozó relatív mennyiségeit a 6. ábra adja meg a kioldási időtartam függvényében.

A sötét végsalakból kioldott számottevő Cl-kihozatal jelentős vízben oldható sótartalomra utal. A sötét salak esetében a pontosabb AAS módszer szerint 35,9% sókihozatal volt elérhető a minta tömegére vonatkozóan a vizes kezeléssel. Az argentometria szerint ez az érték ugyan 48,7%, de a mérőoldat folyamatosan csökkenő hatóanyagtartalma miatt a túltitrálás jelentős lehetett. Ezzel szemben, a világos konvertersalakból a vizes kioldással csak 5% sókihozatal volt elérhető, ami a kevésbé megbízható argentometriás módszerrel 6,4% volt. Így elmondható, hogy a sötét végsalaknak kb. 7-szer nagyobb a kioldható sótartalma. Továbbá, az is megfigyelhető, hogy a kloridos só kioldása igen rövid időn belül végbemegy.

A kihozatalok tekintetében a kénsavnak jelentős hatása volt a salak kinyerhető fémes alumíniumtartalmá-

ra. A 16,3%-os kénsavas oldás esetében a világos és a sötét üzemi végsalakok kioldási eredményeit a 7. ábra diagramjai mutatják be.

A Na és K elemekre végzett AAS analitika alapján a sötét végsalak kénsavas oldásával kb. 30,4%-nak adódott kloridos só kihozatala a salakminta tömegére vonatkozóan. Ez kb. 5%-kal kisebb, mint a vizes kioldás esetén. Ugyanakkor a kénsavas kioldási minták klasszikus analitikája, a sötét színű konverter végsalakból kb. 51,7% kloridos só kioldódását mutatja. A jelentősen nagyobb eltérés a klasszikus analitika nagyobb hibáját jelzi a kénsavas közeg esetében. Ez a kálium-kromát indikátor jelentősebb mértékű inert H₂CrO₄ krómsavvá alakulásával függ össze. A 16,3%-os kénsav oldat jelentős mennyiségű, a bemért salakminta tömegére vonatkozóan ~ 6% alumíniumot is ki tudott oldani a sötét végsalakból. A világos végsalakból ellenben csak 1,5% volt az alumínium kihozatali aránya. Ez megerősíti fentebb tett feltételezést, miszerint ez az anyag egy nagyobb hőmérsékletű, hosszabb termikus kezelés során intenzívebb oxidációt szenvedhetett, ami miatt kevés oldható alumínium maradhatott vissza benne. Az üzemi melegfeldolgozásból származó végsalakok esetében végzett vizsgálatok alapján látható, hogy a vizes kioldás teljességéhez 15 perc, az alumínium tartalom kénsavas kioldásához 60 perc elegendő lehet.



■ 7. ábra. A világos (a) és a sötét (b) tónusú végsalakok 16,3% H₂SO₄ kioldásával a minta tömegére vonatkozóan kapott kihozatalok az idő függvényében

A különböző típusú végsalakokból eltérő közegű kioldásokkal elérhető relatív kihozatalok összehasonlítására az egységesen 60 perc időtartamú kísérletek adnak szemléletes alapot.

A kinetikai eredményeket megerősítve, a reakció teljességét biztosító egy órás általános kioldások Na és K analitikai eredményei alapján látható, hogy a sötét végsalak NaCl-tartalma kb. ötször nagyobb, mint a világos végsalaké. A KCl esetében ez az arány sokkal nagyobb, amit a világos végsalakot eredményező megfeldolgozás során – a körülményekből adódóan – fellépett nagyobb mértékű K illanás okozhatott. Ezt jelzik a kioldott Na/K mól-arányok jelentős eltérései is. Ez az érték a sötét végsalak vizes és savas kioldásai esetében egyaránt kb. 2,8, míg a világos végsalak vizes és savas kioldásai esetében átlagosan 10 volt.

Az elhanyagolhatóan kicsi és a nagy Mg-tartalmú ötvözetekből származó primer olvasztási salakok laboratóriumi megfeldolgozásából származó végsalakokból vizes granulálással és őrléssel kapott finom (< 250 µm) porminták 1 órás vízzel, illetve 16,3%-os kénsavval végzett kioldásának eredményeiből látható, hogy a nagy Mg-tartalmú ötvözetből származó olvasztási salak megfeldolgozási maradványából kioldott NaCl és KCl sótartalom jelentősen kisebb. Ez a megfeldolgozás során fellépő heves Mg kiegészéssel járó lokális túlhevülé-

sekkel lehet összefüggésben, ami a kloridok illanását elősegíti.

Különösen számottevő a különbség az illékonyabb KCl alkotó esetében. A nagy Mg-tartalmú ötvözet végsalakjában a savval oldható alumíniumtartalom nem mutatott jelentős csökkenést, ami jelzi, hogy a laboratóriumi körülmények között végrehajtott megfeldolgozás során a nagyobb hőmérséklet mellett sem növekedett meg az alumínium másodlagos vesztesége.

A vízzel és a 16,3%-os kénsavval egy óra időtartamban végzett kioldásokkal kapott szilárd maradványok szerkezetét 105 °C-on végzett több órás szárítás után vizsgáltuk. A SEM-felvételek a kioldások maradványszemcséinek érdesebb felületét mutatták. A barázdált felületű szemcsékből következtethető az α-Al₂O₃ nagy arányú jelenléte, valamint a megfelelő EDS-spektrumokból eltűntek a kloridos sóalkotók elemeihez tartozó csúcsok. Láthatóan, az Al és az O elemek vannak jelen döntő hányadban. A só eltávolítása szempontjából a vizes kioldás is kiváló hatékonyságú. A maradék fémes alumíniumtartalom egyértelmű kimutatására azonban a SEM- és EDS-technikák nem alkalmasak.

Mivel a kezelt salakmaradvány egyéb célú felhasználási lehetőségei a fémtartalomra, valamint a fázisösszetételre is érzékenyek, a maradványok XRD-vizsgálata is nagy jelentőségű a kezeléssel elérhető minőség

megfelelősége tekintetében. A röntgendiffraktogramokban világos típusú végsalak vizes kioldása után erősen szembetűnővé vált az α-Al₂O₃ dominanciája, ami mellett a MgAl₂O₄ spinel is számottevő. A kénsavas kioldási maradványának röntgendiffraktogramja hasonló a vizes kioldás után kapotthoz, noha ebben a spinel jelenléte erősebben mutatkozik meg. Ez utal a MgAl₂O₄ vegyület erős kémiai kötéséből eredő stabilitásra, ami a kénsavval szemben α-Al₂O₃-nál is ellenállóbbá teheti. Emellett nem csökkent, sőt arányaiban még emelkedett is a nagy hőmérsékletű kioldvasztásnál képződő AlN csúcsainak az intenzitása. Ez jelzi, hogy a vízzel kellemetlen ammóniafejlődést okozó reakcióba lépő vegyület a kénsavas közegben kevésbé hajlandó az ilyen reakcióra. A maradék – viszonylag kevés – fémes alumíniumtartalom a szemcsék belsejében, valamint a nagy vastagságú oxidburok alatt helyezkedhetett el, amit a felületi rétegnél mélyebbre nem hatoló elektron-, illetve röntgensugárral nem lehet egyértelműen kimutatni.

Noha a vizes kezelés a sótartalom, a híg kénsavas pedig a fémtartalom megfelelő mértékű eltávolítására hatékonynak bizonyult, összevetés céljára szükséges volt megvizsgálni a tömény nátrium-hidroxidos közeggel elérhető tisztítás eredményességét is. Ez a közeg jelentheti azt a referenciát, amit használva az oxidrétegek gyakorlatban kivitelezhető legteljesebb bontása után kapott anyag minősíthető. Azonban a lúgos közegnek a salakmintával való reakciói hevesek voltak, erős gázfejlődés és felmelegedés volt tapasztalható. A gázfejlődés utalhat a NaOH oldószer fémes alumíniummal történő reakciójára, illetve a nagy hőmérsékletű kezelésnél keletkező AlN vegyületnek a (2) egyenlet szerinti intenzív reakciójára is. A nátrium-hidroxidos kioldás, ahogyan a kénsavas is, eltávolította a kloridos sók mellett a fémes alumíniumot, és elsősorban csak α-Al₂O₃ és MgAl₂O₄ fázisok maradtak. Ami különbségként megfigyelhető, hogy szinte teljesen eltűntek a kénsavas kioldás után még a maradványban talált AlN diffrakciós csúcsok. Ez az erős gázfejlődéssel járó (2) reakció intenzitását igazolja.

A sötét végsalak esetében jobban

kimutathatóak a hidrometallurgiai kezelés hatásai, hiszen ez az anyag az alumínium-oxid és a spinel fázisokon túl jelentősen nagyobb mennyiségben tartalmazza az egyéb alkotókat is.

A vizes kioldással kezelt sötét végsalakban elsősorban a spinel $MgAl_2O_4$ és az $\alpha-Al_2O_3$ vegyületek, valamint a fémes Al voltak kimutathatók, viszonylag kisebb AlN tartalom mellett. A sómaradvány vizes eltávolítása után, a spinel alkotó dominanciája kitűnik, továbbá jelentős a kimutatható fémes alumíniumtartalom. Mindez markáns különbségként jelenik meg a világos típusú végsalak vizes kezeléséből származó maradvány fázisösszetételével szemben. A megfeldolgozás során valószínűleg enyhébb termikus hatások mellett kevésbé gőzölgött el a Mg és nagy mennyiségű spinelt képezhetett, valamint a só illanása sem volt nagymértékű. A nagyobb sótartalom pedig elősegíthette az alumínium-cseppek egyesülését, ami kisebb mértékű másodlagos oxidációt és tisztábban megjelenő fémes felületű szemcséket eredményezhetett. Így érthetőek az XRD-spektrumban határozottan megjelenő fémes alumíniumhoz tartozó csúcsok. A sötét végsalak kloridos sótartalmát is hatékonyan eltávolította a vizes kioldás. Ez esetben is a kénsavas oldás után láthatók az AlN-vegyület erősebb diffrakciós csúcsai, ami jelzi a kellemetlen gázfejlődéssel járó (2) reakció visszaszorulását a savas közegben. Ugyanakkor, a fémes alumíniumot az XRD-spektrum már nem jelezte a kénsavas kezelés után kapott végsalakmaradványban. A hozzáadott só alkotói közül egyedül az oldódási hajlamot a víz mellett – ezek szerint

– a lúgos közegben sem mutató CaF_2 volt észlelhető.

5. Összefoglalás

Az alumíniumolvasztási salakok üzemi és laboratóriumi megfeldolgozásával nyert végsalakok hidrometallurgiai kezelése jelentős változásokat képes okozni a salakmaradvány összetételében és szerkezetében. Megállapítható, hogy a vizes közeg a kloridos sótartalom kioldása tekintetében hatékony, emellett felléphet a nagy hőmérsékleten keletkezett AlN vegyület oldódása is. A híg kénsavas és a tömény NaOH-os közegek a sótartalom mellett a fémes alumínium eltávolításában is hasonlóan hatékonyak. Emellett az előbbi használatokor a kis mennyiségű CaF_2 sóalkotó is oldható állapotba kerülhet. A tömény NaOH oldat intenzíven képes oldani az AlN vegyületet, ami erős NH_3 gáz fejlődésével jár, azonban a CaF_2 tartalomra nincs jelentős hatással. A kioldási reakció melléktermékeként fejlődő NH_3 gáz ipari méretű megvalósításnál veszélyes is lehet. A kezelt anyagok fázisösszetételét és szerkezetét mutató eredmények alapján valószínűleg megfelelő a vizes, majd kénsavas kioldás kombinációja a végsalakok egyéb célú felhasználásra alkalmas állapotot biztosító tisztítására.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatómunka témáját és feltételeit a GINOP 2.2.1.-15-2016-00018 projekt támogatása segítette kialakítani az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával. Az ismertetett kuta-

tómunka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Han, Q., et al.: Dross formation during remelting of aluminium 5182 remelt secondary ingot (RSI), Materials Sci. Eng. A363 (2003) 9–14.
- [2] Kékesi, T., Kulcsár, T.: Ötvözött alumíniumhulladékok olvasztása során keletkező salakok jellemzői, BKL Kohászat, 150 (2017) 1, 23–29.
- [3] Ray D. Peterson: A historical perspective on dross processing, Materials Science Forum Vol 693 (2011) pp 13–23.
- [4] Xiao, Y., Reuter, M. A., Boin, U.: Aluminium Recycling and Environmental Issues of Salt Slag Treatment, Journal of Environmental Science and Health, 40:1861–1875, 2005.
- [5] <http://www.ips-engineering.net/Doc/Engitec/STE%20Process.pdf>
- [6] Liu, Y, et al.: Study on hydrometallurgical process and kinetics of manganese extraction from low-grade manganese carbonate ores, International Journal of Mining Science and Technology, 24, 4, 2014, 567–571.
- [7] Bar, D. L., Barket, D.: The leaching of sulfide iron (II) with sulfuric acid, Journal of Mining Science, 51, 1, 2015, 179–185.

VARBAI BALÁZS – GÁL ISTVÁN – FÁBIÁN ENIKŐ RÉKA – FAZAKAS ÉVA – MÁJLINGER KORNÉL

Auszténites és duplex korrózióálló acélok vegyes kötéseinek korróziós tulajdonságai

Kísérleteink során 1.4404 típusú auszténites és 1.4462 típusú duplex korrózióálló acélok vegyes kötéseit készítettük el huzalelektrodás védőgázos hegesztési eljárással, ISO 14343-B – SS316LSi auszténites és ISO 14343-B – SS2209 duplex hozaganyagokkal. A két eltérő szövetszerkezetű korrózióálló acél kötésének igénye nagynyomású olajfúró csövek hegesztésekor merült fel. A hegesztett kötések elkészítettük gyökoldali gázvédelem nélkül, majd argon és nitrogén gyökoldali védelem mellett.

Az elvégzett korróziós vizsgálatok alapján a duplex hozaganyaggal hegesztett minta jobb korrózióállóságot mutatott, mint az auszténites huzallal készült. Az argon vagy nitrogén gyökoldali gázvédelem mellett hegesztett minták mindkét hozaganyag esetén jobb korrózióállóságot mutattak, mint a gyökoldali gázvédelem nélkül hegesztettek.

Bevezetés

A duplex korrózióálló acélok egyre nagyobb szerepet kapnak a korrózióálló acélok családján belül [1], és ezzel arányosan egyre több esetben merül fel az a feladat, hogy duplex acélt attól eltérő szövetszerkezetű, legtöbbször auszténites, korrózióálló acéllal [2–5], vagy két eltérő anyagminőségű duplex acélt kell összehegesztetni [6, 7]. Két eltérő szövetszerkezetű korrózióálló acél összehegesztésekor kiemelten fontos a kialakult varrat korrózióállósága, és ezzel szoros összefüggésben a varrat fázisainak aránya. A jelen kutatásban is felhasznált 1.4404 auszténites és 1.4462 duplex korrózióálló alapanya-

gok kézi ívhegesztéssel kialakított vegyes kötése során kutatók azt találták [8, 9], hogy a szemcsehatármenti korrózióval szembeni ellenállás javul nagy ($0,6-0,7 \text{ kJ}\cdot\text{mm}^{-1}$) hőbevitel mellett, az ISO 3581-B– ES2209 duplex elektróda használatakor. Ugyancsak kézi ívhegesztés esetén az ES2209 elektródával készült varrat jobb korrózióállóságot mutatott, mint az ES309L auszténites varrat [10]. Volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés (TIG-hegesztés) alkalmazásakor különböző típusú (ISO 14343-B – SS347 és SS309LMO) auszténites hozaganyag alkalmazása során a legjobb korrózióállóságot az SS309LMO hozaganyaggal hegesztett minta mutatta [11]. Szintén TIG-hegesztéssel kialakított

szuperduplex és szuperauszténites alapanyagok vegyes kötések [12] az Ar + 2% N₂ védőgáz a lyukkorrózióval szemben jobb ellenállást mutatott, mint a tiszta argonnal hegesztett minta. Jelen kutatómunkánk témája egy ipari alkalmazásból indult. A nagynyomású olajipari tömlők kialakítása során az olcsóbb, de kisebb korrózióállóságú 1.4404 auszténites alapanyagú alkatrészt, a korróziós közegnek kitett, jobb korrózióállóságú 1.4462 duplex alapanyagú alkatrészhez hegesztik. Az elvégzett kísérleteink alapján, a korábbi kutatásoknak megfelelően, a duplex hozaganyaggal hegesztett minták jobb korrózióállóságot mutattak az 1.4404 és az 1.4462 alapanyagok vegyes kötések, mint az auszténites hozaganyaggal hegesztettek. Kimutattuk a külön gyökoldali védőgáz (argon vagy nitrogén) alkalmazásának korrózióállóságot javító hatását is a gyökoldali gázvédelem nélkül hegesztett mintákkal szemben.

Felhasznált anyagok és berendezések

A hegesztett kötést tömör huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztési eljárással (MAG-hegesztés), impulzusos (Rehm Mega Puls 300) anyagát-

Varbai Balázs okleveles gépészmérnök 2015 óta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszékén tanársegéd és PhD-hallgató. Kutatási területe a duplex korrózióálló acélok hegeszthetősége.

Gál István anyagmérnök, hegesztőtechnológus-szakmérnök (EWE/IWE, 2017, BME). 2010 óta a ContiTech Rubber Industrial Kft.-nél tölt be gyártástámogató mérnöki pozíciót.

Fábián Enikő Réka okleveles kohómérnök (1993), hegesztőtechnológus-szakmérnök (2015), PhD (2012). 2010 és 2017 között a BME Gépészmérnöki Kar Anyagtudomány és Technológia Tanszéken tanársegéd, majd adjunktus, a metallográfiai laboratórium vezetője. 2018-tól az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karának Anyag- és Gyártástudományi Intézetében egyetemi docens.

Fazakas Éva PhD szakmai életrajzát a BKL Kohászat 2016/5-6. számának 48. oldalán közzétették.

Májlinger Kornél PhD, okleveles gépészmérnök nemzetközi hegesztőmérnök (IWE), a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékének adjunktusa. 2013-tól a hegesztő technológus szakirányú továbbképzés felelőse a BME-n, fő kutatási területe a nagyszilárdságú acélok hegesztése.

1. táblázat. A kísérletek során alkalmazott hegesztési paraméterek

Áramerősség (A)	Feszültség (V)	Huzalelőtolási sebesség (m·min ⁻¹)	Hegesztési sebesség (mm·s ⁻¹)	Védőgáz-áram (l·min ⁻¹)	Gyökvédőgáz-áram (l·min ⁻¹)	Elméleti hőbevitel (kJ·mm ⁻¹)
107	18,2	3,6	10	14	7	0,155

vitellel végeztük, 2,5 mm vastag 1.4404 ausztenites és 1.4462 duplex alapanyagokon. Hozaganyagként 1,2 mm átmérőjű, ISO 14343-B –SS2209 duplex és SS316LSi ausztenites huzalt használtunk. A védőgáz minden esetben 98% Ar + 2% O₂ gázkeverék volt. A hegesztést elvégeztük gyökoldali gázvédelem nélkül (vagyis szabad levegőn) és Ar, valamint N₂ gyökoldali gázvédelemmel. A tompakötést 1 mm-es gyökhézaggal illesztettük. Az alkalmazott hegesztési paramétereket az 1. táblázat, a felhasznált anyagok kémiai összetételét a 2. táblázat tartalmazza. A varratfém összetételének előzetes becslésekor feltételeztük, hogy az alapanyagok 15%-os, a hozaganyag 70%-os mértékkel vesznek részt a varratfém kialakításában.

Az alapanyagok (mért) és a hozaganyagok (adatlapról kivett) összetételét tartalmazza a 2. táblázat. A táblázatban szereplő PRE lyukkorróziós ellenállási tényezőt az EN 10088-1:2014-es szabvány D melléklete szerint duplex acélra az (1) egyenlet, ausztenites acélra a (2) egyenlet szerint számoltuk.

$$PRE (duplex) = Cr + 3,3Mo + 16N \quad (1)$$

$$PRE (ausztenites) = Cr + 3,3Mo + 30N \quad (2)$$

A táblázatban szereplő ausztenit/ferrit arányt (A/F) a Schaeffler–De Long-diagram (1. ábra) alapján határoztuk meg, ahol az ausztenit-(NiE) és ferritképzők (CrE) a (3) és (4) egyenlet szerinti képlettel számolhatók:

$$NiE = Ni + 30(C + N) + 0,5Mn \quad (3)$$

$$CrE = Cr + Mo + 1,5Si \quad (4)$$

A hegesztett varratok értékelését szemrevételezéssel, valamint mechanikai, metallográfiai és korróziós vizsgálatok segítségével végeztük. A metallográfiai minták előkészítését beágyazás után hagyományos mó-

2. táblázat. Az alkalmazott alapanyagok, hozaganyagok és a kialakuló varratfém (VF) kémiai összetétele, PRE-száma és számított ausztenit/ferrit fázisaránya

Anyag(rész)	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	PRE	A/F
	tömeg%								%
1.4404 (lemez)	0,020	0,31	0,79	16,2	10,2	1,8	-	22	96/4
1.4462 (lemez)	0,015	0,38	1,23	22,6	5,5	3,2	0,17	36	68/32
SS316LSi (huzal)	0,020	0,80	1,70	18,8	12,5	2,8	-	28	92/8
SS2209 (huzal)	0,015	0,40	1,70	22,5	8,8	3,2	0,15	35	84/16
Ausztenites VF	0,019	0,66	1,49	18,9	11,1	2,7	0,03	29	90/10
Duplex VF	0,016	0,38	1,49	21,6	8,5	2,9	0,13	33	84/16

don hajtottuk végre. A csiszolatok előkészítésénél először Kalling-marószert (100 ml etilalkohol, 100 ml sósav, 5 g réz-klorid), majd Beraha-reagenst (85 ml desztillált víz, 15 ml sósav, 1 g kálium-metabiszulfít) használtunk. A szövetszerkezeti felvételeken világos területként jelennek meg az ausztenites és sötét területként a ferrites fázisok (például 3. ábra). A szövetszerkezet vizsgálatát Olympus SZX16 és Olympus PMG-3 mikroszkóppal, az összetétel vizsgálatát Inspect S50 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal végeztük. A szövetelemek arányát Fischer FMP30 ferritszkóppal mértük. A keménységeloszlást KB Prüftechnik típusú Vickers-keménységmérővel mértük, 98 N ter-

helés mellett. A korróziós vizsgálatokhoz a mintákat az ASTM G 48-as szabvány előírásainak megfelelően előkészítettük, és 72 órára 22 °C-on és 50 °C-on, 6 tömeg%-os vas(III)-klorid oldatba helyeztük. A kiértékelés során mértük a minták vizsgálat előtti és utáni tömegét. A polarizációs görbék felvétele Zahner IM6e potenciostáttal történt, hagyományos, három-elektrodos cellában. Referenciaelektrodként kalomelektrodot Hg₂Cl₂/KCl_{tel.}, segédelektrodként Pt-huzalt és munkaelektrodként a mintadarabot alkalmaztuk. A mérések során a potenciált másodpercenként 10 mV értékkel léptettük, és mértük az áramválaszt. A méréseket 3,5% NaCl-oldatban végeztük, szobahőmérsékleten.

A korrózió sebességének kiszámításához az (5) szerinti képletet alkalmaztuk:

$$v_{korr} \left(\frac{mm}{év} \right) = \frac{K \cdot j_{korr} \cdot E_W}{D} \quad (5)$$

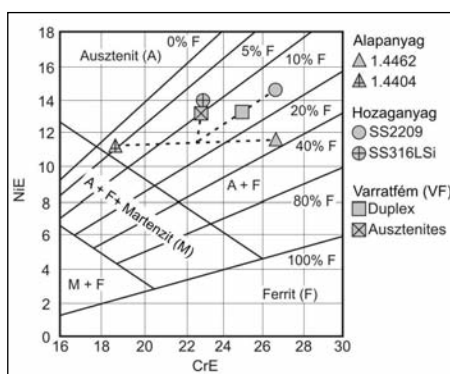
ahol:

$$K = 3,27 \cdot 10^{-3} \left(\frac{mm \cdot g}{\mu A \cdot cm \cdot év} \right) \text{ korróziós együttható,}$$

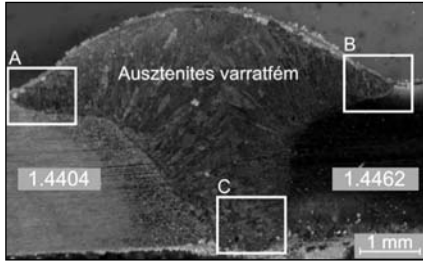
$$j_{korr} \left(\frac{\mu A}{cm^2} \right) \text{ korróziós áramsűrűség,}$$

$$E_W \left(\frac{g}{mol} \right) \text{ egyensúlyi tömeg,}$$

$$D \left(\frac{g}{m^3} \right) \text{ sűrűség.}$$



1. ábra. A felhasznált alapanyagok, hozaganyagok és a kialakuló varratok szövetszerkezetének ábrázolása a Schaeffler–DeLong-diagramban



■ **2. ábra.** Ausztenites huzallal készült vegyes kötés sztereomikroszkópos képe. Az A-, B-, C-vel jelölt területek a metallográfiai felvételek helyeit mutatják (3. ábra)

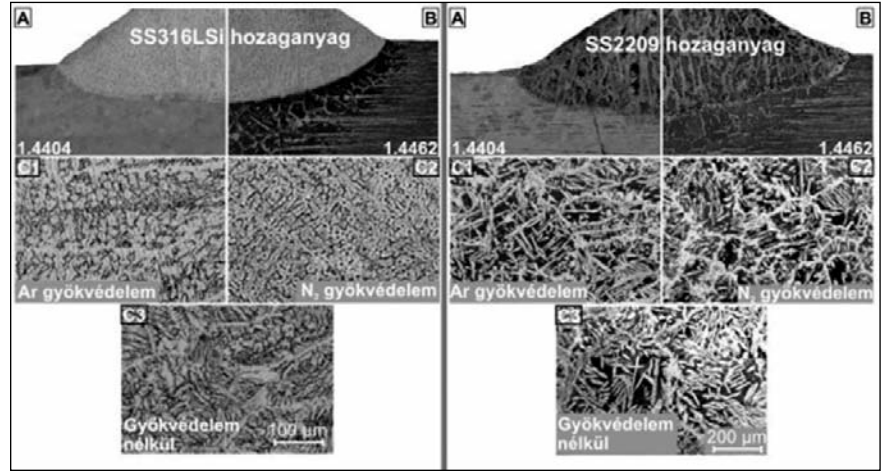
Eredmények és értékelésük

A különböző paraméterekkel hegesztett varratok szemrevételezéses kiértékelése során a legszembeütőbb a gyökoldali gázvédelem hatása volt. Mindkét hozaganyag esetén a gyökoldali gázvédelem nélkül hegesztett varratok gyökoldala porózus, oxidréteggel takart. Ezzel szemben mind az argon, mind a nitrogén gyökoldali védelem alkalmazása esetén fémtiszta felületet kaptunk. A varratkeresztmetszet sztereomikroszkópos értékelésekor feltűnő volt, hogy az ausztenites huzallal hegesztett varratok minden esetben aszimmetrikusak (a duplex alapanyag felé tolódott, 2. ábra), duplex huzal esetén viszont szimmetrikusak.

A kis hőbevitel miatt az ausztenites oldalon a hőhatásövezet jellemző szélessége ~ 0,5 mm, a duplex oldalon ~ 0,15 mm. A metallográfiai képek alapján (3. ábra) szemrevételezéssel is megállapítható, hogy a varrat ferrittartalma a duplex huzal esetén lesz nagyobb.

A varratban ferritszakkóppal mért fázisarányt tartalmazza a 3. táblázat. A mérésből látszik, hogy a duplex hozaganyag esetén nagyobb ferrittartalmat mértünk, mint az előzetesen becsült 16% (2. táblázat). Ausztenites huzal használatakor a mért ferrittartalom jobban közelít az becsült 10%-hoz.

Az argon gyökvédelem mellett hegesztett két mintán energiadiszipatív röntgenspektroszkópos méréssel mértük a kialakult varratok kémiai összetételét (4. táblázat). A mérés a kis rendszámú elemek (C, N)



■ **3. ábra.** A két különböző hozaganyaggal és három különböző gyökoldali védelemmel ellátott heterogén varratok szövetszerkezeti képei

3. táblázat. A varratban mért ferrittartalom az alkalmazott huzal és gyökoldali gázvédelem függvényében

Hozaganyag típus	Ausztenites			Duplex			
	Gyökvédelem	Nincs	Ar	N ₂	Nincs	Ar	N ₂
Ferrittartalom (%)		14,2±1	10,3±1	9,4±1	29,3±1	38,9±1	39,9±1

4. táblázat. A varratban mért és előzetesen becsült (2. táblázat) Cr- és Ni-tartalom

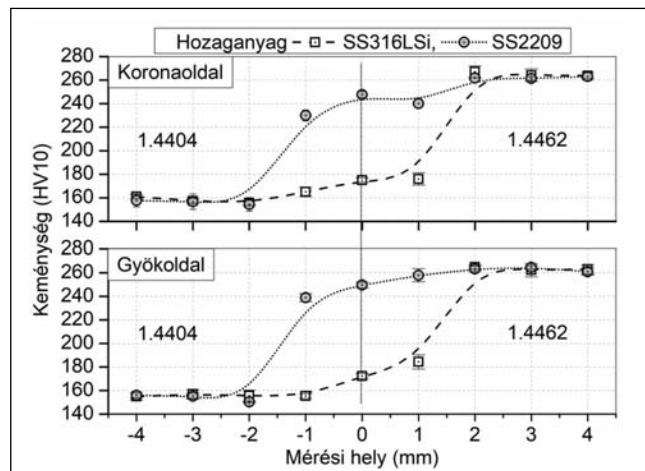
Cr- és Ni-tartalom (tömeg%)		Ausztenites	Duplex
Cr	Becsült	18,90	21,60
	Mért	20,35	21,69
Ni	Becsült	11,10	8,50
	Mért	9,37	8,06

mennyiségének meghatározására nem alkalmas, ezért a mért adatok alapján Cr- és Ni-egyenértéket nem számoltunk. A varratfémekben mért Cr- és Ni-ötözők mennyisége azonban jól közelít az előzetesen becsült értékekhez (1. 2. táblázat).

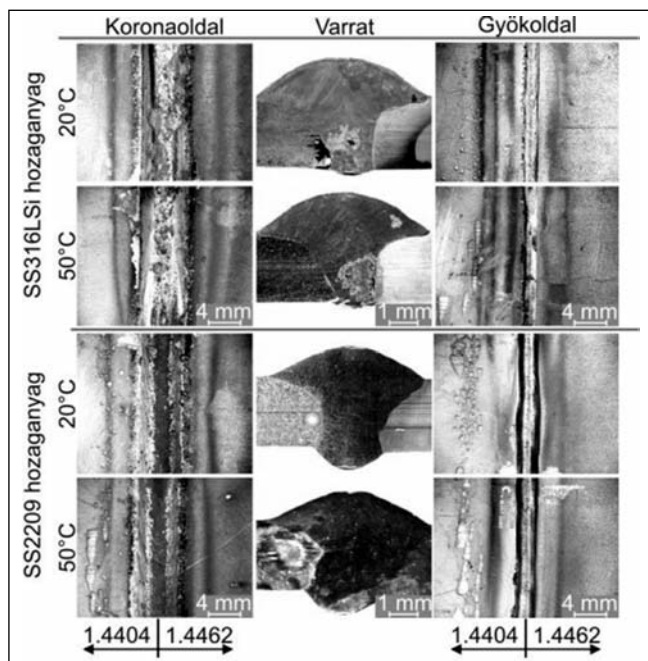
Az alkalmazott 1.4404 ausztenites

alapanyag mért HV10 keménységértéke 158±6, az 1.4462 duplex alapanyagé pedig 261±4 HV10. A keménységeloszlás mérését mind a korona-, mind a gyökoldalon a lemez síkjától 0,5 mm-re, keresztcsiszolaton végeztük el. A 4. ábrán az látszik, hogy a keménység az ausztenites oldal felől a duplex alapanyag felé monoton növekszik, ameddig el nem éri a duplex alapanyagét. A három különböző gyökoldali védelem esetén a mérhető keménységértékek között különbséget nem tapasztaltunk, azok a szóráson belül voltak.

Az ASTM G 48 korróziós kísérlet eredményeit az 5. táblázatban foglaltuk össze, ahol az értékek a 72 óra leteltével, mg·cm⁻²-ben kifejezett fogyások. A vizsgálat során a duplex hozaganyag és az ausztenites hozaganyag gyökvédelem



■ **4. ábra.** A két különböző huzallal hegesztett varrat keménységeloszlása a korona- és gyökoldalon



■ 5. ábra. Felületi és csiszolati sztereomikroszkópos felvételek a minták 72 órás, ASTM G 48 szerinti korróziós vizsgálata után

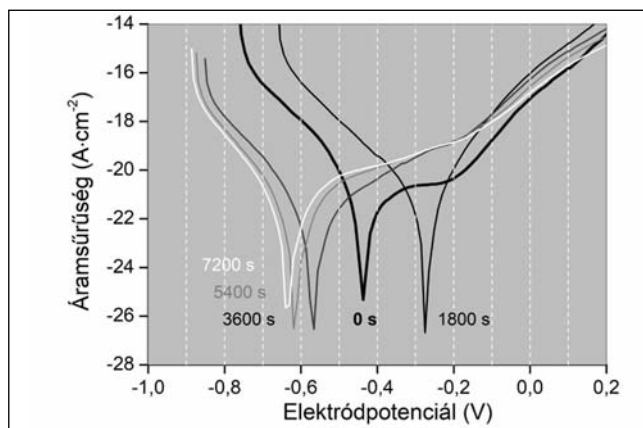
nélküli alkalmazása között sem 22 °C-on, sem 50 °C-on nem tapasztalható jelentős különbség, de a hőmérséklet emelése mindkét minta esetén jelentősen befolyásolta a mintákon mért korróziós fogyás nagyságát. Mind az argon, mind a nitrogén gyökvédelemmel hegesztett minták eredményei jól mutatják a gyökvédelem kedvező hatását, 22 °C-on és 50 °C-on egyaránt. A két gyökvédelemként alkalmazott gáz hatása között nem állapítható meg egyértelmű különbség. Nagyobb hőmérsékleten a nitrogén gyökoldali gázvédelemmel hegesztett varrat mutatott jobb korrózióállóságot.

Az ASTM G 48 korróziós vizsgálat elvégzése után a csiszolatokról sztereomikroszkópos és szövetszer-

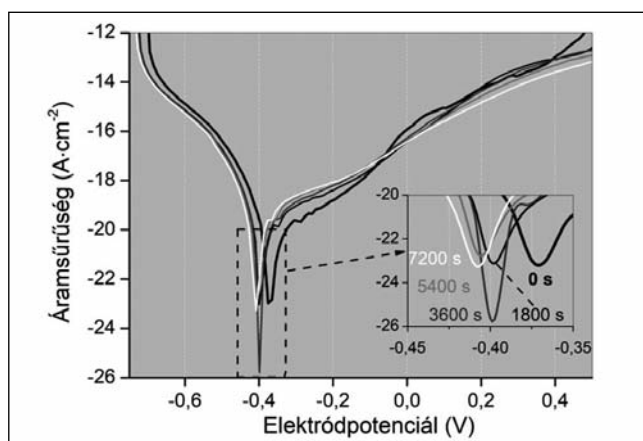
kezeti felvételeket készítettünk (5. ábra). A 22 °C-on végzett vizsgálatoknál nitrogén gyökvédelem mellett, az ausztenites huzallal hegesztett minták hőhatásövezetében nagyobb mértékű lyukkorrózió volt tapasztalható, mint a külön gyökvédelem nélküli hegesztett mintáknál. A gyökvédelem nélkül hegesztett mintákon a korrózió a gyökoldalra koncentrált. 50 °C-on az argon gyökvédelem használata mellett hegesztett minták is nagymértékű lyukkorróziót szenvedtek. Gyökvédelem alkalmazásakor a helyi kor-

5. táblázat. Az ASTM G 48 szerinti korróziós vizsgálat eredményei

Hozaganyag	Hőmérséklet (°C)	Gyökvédőgáz	Korróziós fogyás (mg·cm ⁻²)
SS316LSi	22	Nincs	23
		Ar	28
		N ₂	30
	50	Nincs	99
		Ar	44
SS2209	22	Nincs	19
		Ar	23
		N ₂	29
	50	Nincs	103
		Ar	47
		N ₂	45



■ 6. ábra. Az ausztenites huzallal hegesztett minta polarizációs görbéje



■ 7. ábra. A duplex huzallal hegesztett minta polarizációs görbéje

rózió az ausztenites alapanyag teljes felületére jellemző volt (5. ábra).

Az ASTM G 61 szabvány szerinti polarizációs görbék felvételekor a kapott korróziós áramsűrűség és elektrodpotenciál értékeket az ausztenites hozaganyaggal hegesztett minta esetén a 6. ábrán, a duplex hozaganyaggal hegesztett minta esetén a 7. ábrán foglaltuk össze. Az ausztenites hozaganyaggal hegesztett mintáknál az elektrodpotenciál-értékek enyhe növekedést mutatnak. A bemelegítési idő növelésével a korróziós áram is folyamatosan változott, melynek oka, hogy passzív réteg nem alakult ki a varrat felületén. A duplex hozaganyaggal hegesztett minta esetében az áramsűrűség és az elektrodpotenciál is alig változott. A vizsgálat kezdetekor számított korróziós sebesség 4,0 μm·év⁻¹, mely 2 óra vizsgálati idő után is csak 4,4 μm·év⁻¹ értékre növekedett (6. táblázat). Valószínűsíthető, hogy stabil oxidréteg alakult ki mindjárt a bemelegítés után, amely védte a varrat felületét a további korróziótól.

A számolt korróziósebességeket (lásd (4) egyenlet) tartalmazza a 6. táblázat.

Összefoglalás

Munkánk során 1.4404 ausztenites és 1.4462 duplex szövetszerkezetű korrózióálló acélok MAG-hegesztett vegyes kötéseit készítettük el két különböző (ISO 14343-B – SS316LSi ausztenites és ISO 14343-B – SS2209 duplex) huzal segítségével. A tompavarratokat gyökoldali védelem nélkül és argon, valamint nitrogén gázvédelem mellett is elkészítettük. Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható:

- Az ausztenites huzal esetében a varratban kialakult ferrittartalom 9–14%, duplex huzal esetén 29–40%, mely jobban közelíti a duplex acélok-nál ideálisnak tekinthető 50-50% fázisarányt. A gyökoldali gázvédelem hatása a szövetelemek arányában nem látható.

- A varratfémekben mért Cr- és Ni-tartalom alapján a feltételezett keveredési arány helyes volt (alapanyagok 15%, hozaganyag 70%).

- Az 50 °C hőmérsékleten elvégzett ASTM G 48 korróziós vizsgálat során a mért korróziósebesség mind ausztenites, mind duplex hozaganyaggal hegesztett minta esetében argon vagy nitrogén gyökoldali védelem mellett 30 mg·cm⁻² és 50 mg·cm⁻² között volt. Gyökoldali védelem nélkül mindkét hozaganyag esetén romlik a korrózióállóság, a mért fogyás 100 mg·cm⁻² körüli.

- A polarizációs görbék felvételekor kapott eredmények alapján a duplex hozaganyaggal hegesztett varrat sokkal jobb korrózióállóságot mutat. A mért korróziósebesség 2 óra vizsgálati idő után 4,4 μm·év⁻¹, míg ausztenites hozaganyag esetén 8,0 μm·év⁻¹.

- A fentiek alapján korróziós hatásoknak fokozottan kitett duplex és ausztenites vegyes kötések esetén duplex hozaganyag használata ajánlott.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta (BO/00196/16/6). A projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs

6. táblázat. A polarizációs görbék áramsűrűség-adataiból számolt korróziósebességek

Kötéshez használt huzaltípus	Vizsgálat ideje (s)				
	0	1800	3600	5400	7200
	Korróziósebesség, v_{korr} (μm·év ⁻¹)				
SS316LSi	5,0	4,0	7,0	8,0	8,0
SS2209	4,0	4,2	5,0	4,6	4,4

Hivatal támogatásával – NKFIH, valósult meg (OTKA PD 120865).

Az elektronmikroszkóppal végzett vizsgálatokban nyújtott segítségért köszönettel tartozunk a BME Elektronikai Technológia Tanszéken dolgozó kollégáinknak.

Irodalom

[1] Dobránszky J., Kovács D.: Szemlézés a rozsdamentes acélok gyártásának európai kutatásaiból, BKL Kohászat 149 (1) (2016) 6–10.

[2] Bhattacharya A., Kumar R.: Dissimilar Joining Between Austenitic and Duplex Stainless Steel in Double-Shielded GMAW: A Comparative Study, Materials Manufacturing Processes 31(3) (2016) 300–310.

[3] Alcantara A. S., Fábrián E. R., Furkó M., Fazakas É., Dobránszky J., Berecz T.: Corrosion resistance of TIG welded joints of stainless steels, Materials Science Forum 885 (2017) 190–195.

[4] Sándor T., Dobránszky J.: Microstructural properties of the heterogeneous welded joints of LDX2101 and AISI 304 stainless steels, 8th Duplex Stainless Steels Conference (2010)

[5] Harasztí F., Kovács T.: Plastic deformation effect of the corrosion resistance in case of austenitic stainless steel, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 175 (2017)

[6] Dobránszky J., Lőrinc Zs., Gyimesi F., Szigethy A., Bitay E.: Laser welding of lean duplex stainless steels and their dissimilar joints, 8th European Stainless Steel and Duplex Stainless Steel Conference (2015)

[7] Fábrián E. R., Dobránszky J., Csizmazia J., Ott R.: Effect of laser beam welding on the microstructure of duplex stainless steels, Materials Science Forum 885 (2017) 245–250.

[8] Verma J., Taiwade R. V.: Dissimilar welding behavior of 22% Cr series stainless steel with 316L and its corrosion resistance in modified aggressive environment, Journal of Manufacturing Processes 24 (2016) 1–10.

[9] Verma J., Taiwade R. V., Khartikar R. K., Sapate S. G., Gaikwad A. D.: Microstructure, Mechanical and Intergranular Corrosion Behavior of Dissimilar DSS 2205 and ASS 316L Shielded Metal Arc Welds, Transactions of the Indian Institute of Metals (2016) 1–13.

[10] Verma J., Taiwade R. V., Khartikar R. K., Kumar A.: A Comparative Study on the Effect of Electrode on Microstructure and Mechanical Properties of Dissimilar Welds of 2205 Austeno-Ferritic and 316L Austenitic Stainless Steel, Materials Transactions The Japan Institute of Metals and Materials 57(4) (2016) 494–500.

[11] Moteslakker A., Danaee I.: Microstructure and Corrosion Resistance of Dissimilar Weld-Joints between Duplex Stainless Steel 2205 and Austenitic Stainless Steel 316L, Journal of Materials Science & Technology 32(3) (2016) 282–290.

[12] Zhou Z., Löthman J.: Dissimilar welding of super-duplex and super-austenitic stainless steels, Welding in the World 61(1) (2017) 21–33.

A gyorsűtés és hidrogénoldódás okozta makroszkópos feszültség szerepe néhány vasalapú fémüveg tulajdonságaiban

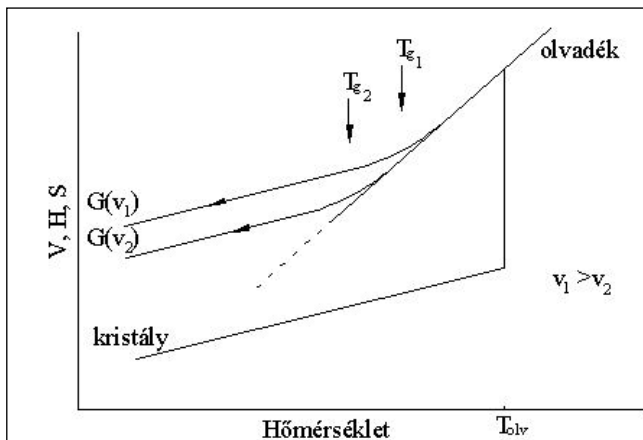
A makroszkópos feszültségek kialakulásának szerkezeti háttere fémüvegekben az üvegátalakuláskor befagyasztott „szabad térfogat” inhomogén eloszlása, amit a lokálisan eltérő hűtési sebesség eredményez. Ez a feszültségállapot nagymértékben összetételétől függ, vagyis kapcsolatban van az üvegtérfogattal, vagyis kapcsolatban van az üvegtérfogattal. A cikk első részében ezt a jelenséget írják le a szerzők irodalmi eredmények felhasználásával. Ezt követően néhány eredmény ismertetésére kerül sor arra vonatkozóan, hogy miként nyilvánul meg a gyorsűtés során kialakuló makroszkópos feszültség inhomogenitása néhány mechanikai jellemzőben, illetve a hidrogénabszorpció mechanizmusában. A gyorsűtött mintába bediffundáló hidrogén eloszlása leköveti a feszültségtér inhomogenitását, és emiatt a minta reverzibilisen elgörbül a hidrogénabszorpció folyamata alatt. A deformáció azonban reverzibilis annak megfelelően, hogy a hidrogénoldódás termodinamikailag endoterm. Az endoterm jelleg a vas alapfém kémiai tulajdonságaiból öröklődik.

A makroszkópos feszültséggradiens eredete

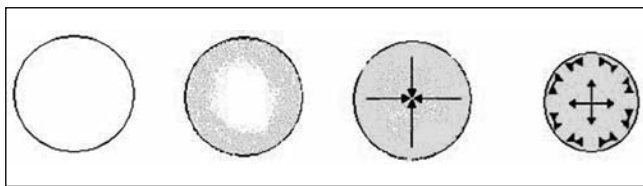
Kristályos vasalapú ötvözetekben a gyorsűtést rendszerint a fázisviszonyok módosítására alkalmazzák, ezek a fázisátalakulások többnyire szilárd fázisok között mennek végbe. Ezzel szemben az olvadékok gyors hűtése többnyire a szemcseszerkezet tervezésében játszik szerepet. Ez utóbbi – olvadék-szilárd – fázisátalakulás fontos jellemzője, hogy a fajtérfogat (V), a hőtartalom (H) és az entrópia (S) törésszerű változása történik az olva-

dásponton (1. ábra). Ismert, hogy a kristályosodással járó megszilárdulás nem jelent szükségképpen azonos állapotot még ugyanazon hűlési folyamatban sem. A lokális hűlési sebesség változhat, így feszültségek lépnek fel az ötvényekben, amelyek megszüntetése, illetve csökkentése utólagos hőkezelésekkel alapvető műszaki követelmény.

A fémes olvadékok egy része kellő-



1. ábra. A fajtérfogat (V), entalpia (H) és entrópia (S) hőmérsékletfüggése a kristályos- és az üvegátalakulás során. $G(v_1)$ és $G(v_2)$, a $(v_1 > v_2)$ sebességgel hűtött olvadékokra vonatkozó üvegátalakulásokat, illetve üvegállapotokat ábrázolják



2. ábra. Üvegrúd keresztmetszetében kialakuló hőmérséklet-eloszlás a lehülési folyamat alatt, illetve a keletkező húzó-nyomó feszültség a lehülési folyamat végén

en nagy hűlési sebesség teljesülése esetén nem kristályosodással szilárdul meg, hanem az olvadékszerkezetet öröklő üvegállapotba fagy be. Ellentétben a kristályosodással, ez az átalakulás (üvegtérfogattal) nem rendelhető meghatározott hőmérséklethez, hanem egy viszonylag szűk hőmér-

Dr. Szabó Attila 2006-ban a BME Közlekedésmérnöki Karán okl. gépészmérnök szakképzettséget szerzett. 2009-től tanársegédként dolgozott, 2014-ben PhD-fokozatot szerzett. Kutatási témája volt dr. Lovas Antal témavezetésével a termofeszültségmérésen alapuló roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer fejlesztése. 2014-től a németországi Breuckann GmbH & Co KG-nál posztdoktori ösztöndíjas. 2016-tól a Dunaújvárosi Egyetem Gépészeti Intézetének munkatársa, kutatási területe anyagmegmunkálásokhoz

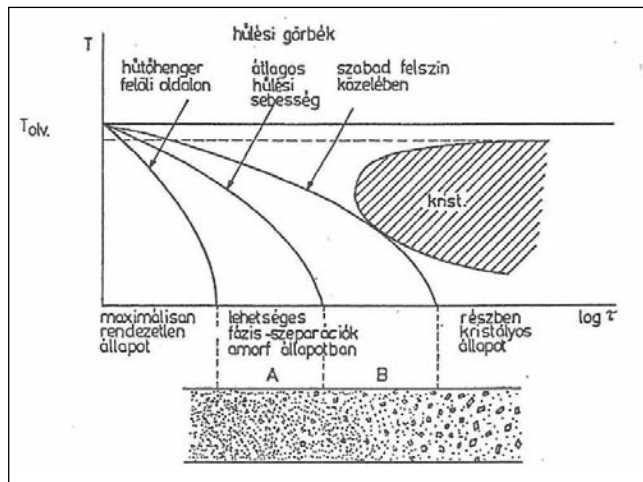
kapcsolódó nem-egyensúlyi átalakulások vizsgálata amorf állapotú fémes rendszerekben.

Dr. Balla Sándor a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki Karán 2006-ban okl. gépészmérnöki diplomát kapott. Majd ugyanott PhD-képzésben vett részt, ezzel egy időben 2007-től tanársegédként dolgozott. 2012-ben doktori fokozatot szerzett. Doktori munkásságát dr. Lovas Antal témavezetésével a fémüvegek hidrogénabszorpciók kutatásai képezték.

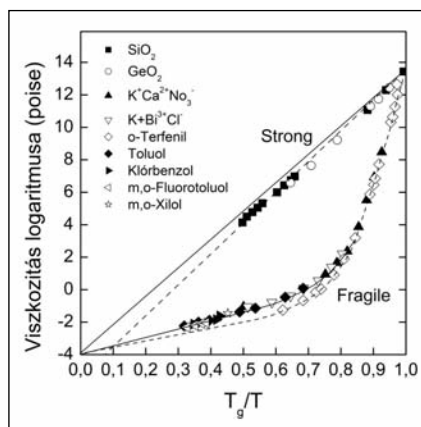
Dr. Lovas Antal okl. vegyész, a műszaki tudományok kandidátusa (1992). Akadémiai doktori értekezését 2014-ben védte meg. A BME Gépáruháztudományok Tanszékén c. egyetemi tanár. Kutatói területe az anyagtudomány, melyen belül híg ötvözetek, nagy tisztaságú fémek, fém-gáz reakciók, illetve nem-egyensúlyi ötvözetek vizsgálatával foglalkozik. Műszaki területhez kötődő kutatói tevékenysége elsősorban a lágymágneses fémüvegek gyakorlati alkalmazásának előkészítéséhez kapcsolódik.

séklet-tartományban zajlik le, így az állapotfüggvények változása nem törésszerű (1. ábra). A különböző hűlési sebességgel keletkező üvegállapotok nem teljesen azonosak fizikai tulajdonságaikat illetően. Noha közös jellemzőjük a hosszú távú (kristályos) rend hiánya, a rendezetlenség mértékében, a befagyasztott hőtartalom és az úgynevezett „szabad térfogat” nagyságában különböznek (a kristályos állapothoz képest). Az üvegállapot sűrűsége láthatóan kisebb, mint a kristályos fázisé.

A hűtési folyamat során keletkező, lokálisan eltérő hűtési sebesség eredménye lehet húzónyomó feszültség egyidejű kialakulása. Ezt az esetet mutatja a 2. ábra, ahol egy hengeres üvegtestben kialakuló hőmérséklet-eloszlást láthatunk sematikus ábrázolásban a hűlési folyamat során. Az eddigiek alapján már érthető, hogy ilyen feszültségpár kialakulására a hűtési folyamatban döntő szerepet játszik a külső és belső hővezetési tényező nagyságának viszonya, valamint a határfelületen lejátszódó hőcsere kinetikája. A 2. ábra szerinti esetben a feszültség kialakulásának nyilvánvaló oka az, hogy az üveg belső hővezetési képessége kisebb, mint a környező levegőé, vagyis a szabad felület környezetében nagyobb hűtési sebesség érvényesül, így a határfelülethez közeli rétegekben a befagyott szabad térfogat nagyobb. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy inhomogén makroszkópos feszültségter alakul ki a minta keresztmetszetén belül. Ez a feszültséggradiens teszi a befagyott üveget törékennyé, ezért feszültségmentesítő hőkezeléseket alkalmaznak ennek csökkentésére. Hasonló mechanizmussal keletkeznek a feszültségek az öntvényekben is, továbbá ilyen mechanizmus alapján értelmezhető az átedző képesség fogalma is az acélokban. Érzékelhető tehát, hogy a makroszkóposan is definiálható átedző képesség fogalmi kapcsolatban van az üvegképző hajlammal: mindkét jelenségben, az atomi szintű mozgékonyosság (mint belső képesség) és a környezetbe történő



■ 3. ábra. A gyorsítási folyamatban a hűtőhenger és a szalag szabad felszínének környezetében lokálisan érvényesülő lehűlési görbék, valamint egy „átlagos”-nak definiálható hűlési sebesség ábrázolása [1]



■ 4. ábra. A viszkózitás hőmérsékletfüggése erős és gyenge üvegképző hajlamú olvadékok esetén [2]

energiadisszipáció sebességének viszonya határozza meg az átalakulások irányát, illetve természetét. Az üvegképző hajlam kísérletileg jellemezhető azzal az (olvadékból megszilárdult) szalagvastagsággal, amelyre még igaz, hogy mindkét oldalának környezetében röntgen-amorf állapot alakul ki, ahogyan ezt a 3. ábra is szemlélteti.

A több tulajdonságban is megmutatózó, lokálisan eltérő hűtési sebesség eredménye érvényesül tehát a szalagminta két szemközti oldalán az egyoldalú hőelvonás következtében. Definiálható – ezen kívül – egy „átlagos” hűtési sebesség is a globálisan röntgen-amorf állapotban belül. Az olvadék kémiai összetételétől is függően, néhány nanométeres tértartományokra kiterjedő „mikrofázis szeparáció” is létrejöhet a szalag vastagsága mentén. Ezt a jelenséget figyelték meg FeNiSiB amorf ötvözetek esetében

[3]. Elméleti megfontolásokkal igazolható, hogy az üvegállapotra jellemző, egy atomra jutó szabad térfogat is változik a hűtési sebességgel még a gyorsított szalag vastagsága mentén is, vagyis a „termikus előélet” nem szükségképpen azonos a makroszkópos röntgen-amorf anyagmintán belül sem. Maga az üvegképzési hajlam jól jellemezhető a túlhűlő olvadék viszkozitásának hőmérsékletfüggésével, $(\eta(T))$ is. Ez a hőmérsékletfüggés a translációs, atomi szintű elmozdulások elemi lépéseinek gyakorisága alapján érthető meg.

Ez a karakterisztikus idő hőmérséklettől függően $10^{-6} - 10^{-14}$ sec nagyságrendbe esik. Ez a hőmérsékletfüggés képezi tehát a $\eta(T)$ atomi szintű hátterét.

Ennek matematikai leírásához karakterisztikus aktivációs energiaspektumot kapcsolnak. Segítségével írható le a különböző üvegképző hajlamú olvadékok viszkozitásának hőmérsékletfüggése. Ilyen összefüggéseket szemléltet a 4. ábra, ahol a T_g -re normált hőmérséklet függvényében ábrázolták számos üvegképző olvadék viszkozitását.

Alapvetően kétféle olvadéktípus különböztethető meg: az egyik az ún. „strong liquids”, amelyekben a viszkozitás hőmérsékletfüggése a túlhűlés teljes tartományában (4. ábra) egyetlen aktiválási energiával, az ún. Arrhenius-típusú összefüggéssel írható le (1):

$$\eta = A \exp\left(\frac{E}{kT}\right) \quad (1)$$

ahol k a Boltzmann-állandó, T a hőmérséklet, E az aktiválási energia és A a preexponenciális állandó.

Azt feltételezik, hogy ezeknek az olvadékoknak a szerkezete nem változik a túlhűlés mértékével a hűlési folyamat során, és nagy üvegképző hajlamuk lévén, igen kis hűtési sebességgel is üvegállapotot alkotnak szobahőmérsékleten (tipikus példa a SiO_2 olvadék).

A másik típust a „fragile” olvadékok alkotják. Ezekben többféle kötéstípus

van jelen, és valamelyik kötéstípus dominánssá válik egy adott hőmérséklet-tartományban a hűlési folyamatban. Ezt a viselkedési típust az ún. Vogel–Tammann–Fulcher-jellegű összefüggéssel közelítik, amelyben az aktiválási energia csak korlátozott, $(T-T_0)$ hőmérséklet-tartományban tekinthető állandónak.

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{B}{T - T_0}\right) \quad (2)$$

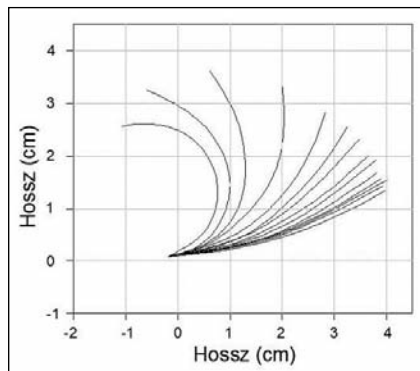
ahol η_0 és B hőmérsékletfüggő anyagjellemzők, T_0 a Vogel-hőmérséklet, ami kb. 50 °C-kal az üvegátalakulási hőmérséklet alatt van.

Ez az összefüggés (2) tehát többféle kötéstípust tartalmazó olvadékok leírására alkalmazható, üvegek képző hajlamuk rendszerint csekély, és csak nagy hűtési sebességgel hozhatók üvegállapotba (10^5 °C/sec nagyságrendű hűlési sebesség). Ide tartoznak az egyszerű összetételű fémüvegek (pl. Fe-B, Fe-Si-B rendszerek). Mint-hogy itt a túlhűlő olvadék viszkozitás változása mögött különböző kötéstípusok (fémes, kovalens, másodlagos kötések), illetve atomi átrendeződések vannak, az egy atomra jutó szabad térfogat is nagyobb változáson megy át a túlhűlés folyamán. Belátható ezért, hogy a képződő szalag vastagsága mentén kimutatható sűrűség- és feszültséggradiens alakulhat ki, vagyis a szalag keresztmetszetének feszültségtérképe a 2. ábrán láthatóra emlékeztet.

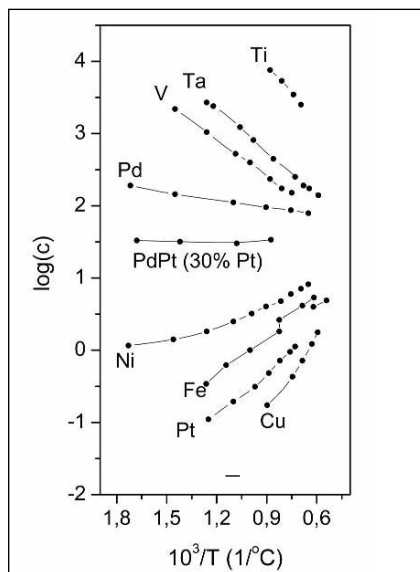
A makroszkópos feszültségállapotra érzékeny fizikai tulajdonságok

Már a kutatások korai szakaszában megfigyelték, hogy a gyorsított amorf szalagok elektrokémiai tulajdonságai (korróziós hajlam) nem azonosak a szalagok két szemközti felületének környezetében [4] (ún. henger felőli oldal, illetve a szabad felszín környezete: matt és fényes felszín). Ezt követte az a felismerés, hogy a mágneses felhasználások céljára készített, felcsévelt lágy-mágneses vasmag jellemzői (koercitív erő H_c , veszteség) jelentősen függenek attól, hogy a szalagok fényes felülete konkáv, vagy konvex görbület mentén van felcsévelve.

Ezek a jelenségek azért figyelemreméltóak, mert a két felület környeze-



■ 5. ábra. FeB₁₅ amorf szalag átlagos görbületének grafikus ábrázolása hidrogén-deszorpció 15 percig történő megfigyelése során [7]



■ 6. ábra. Különböző fémek hidrogénoldó képessége (ill. egyensúlyi hidrogéntartalom) a hőmérséklet függvényében [8]

tében észlelt különbségek még az ún. feszültségmentesítő, „relaxációs” hőkezelések hatására sem tűnnek el teljesen [5]. Feltehető ennek alapján, hogy a makroszkópos szalag keresztmetszetében kialakuló feszültségtér szegregációs folyamathoz is kapcsolódik, amelynek eredete a gyorsított folyamat mechanizmusában keresendő.

Oldott hidrogén okozta makroszkópos deformációk

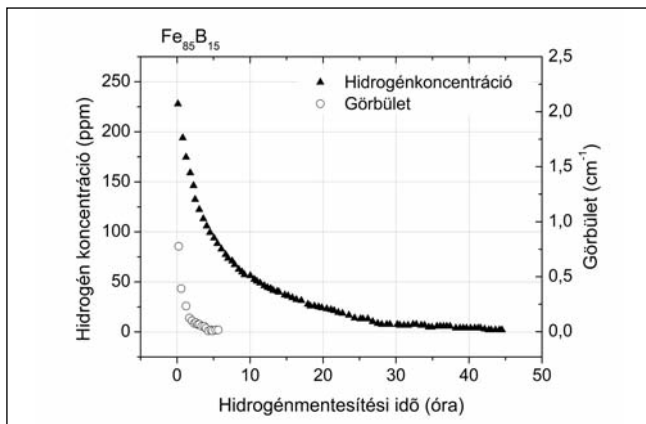
Kristályos fémekben, ill. ötvözetekben az oldott hidrogén által keltett belső feszültségek és az okozott törekenység (elsősorban a Cu esetében) régen ismert. Ez a feszültségtípus [6] – mind keletkezésében, mind mechanizmusában – különbözik attól, amelyet a következőkben leírunk. Az előbbi az oldott hidrogén másodlagos ha-

tásával áll összefüggésben, a hatás itt tehát többnyire közvetett. Maga a keletkező feszültség, amely végül is törekenységet okoz, pl. a rézben, lokális (nem kiterjedt) jellegű. Itt a szemcsehatárokon felgyülemelő vízgőz hatásáról van szó, amely a rézben oldott, kis mennyiségű oxigén és hidrogén kölcsönhatásakor keletkezik nagy hőmérsékleten.

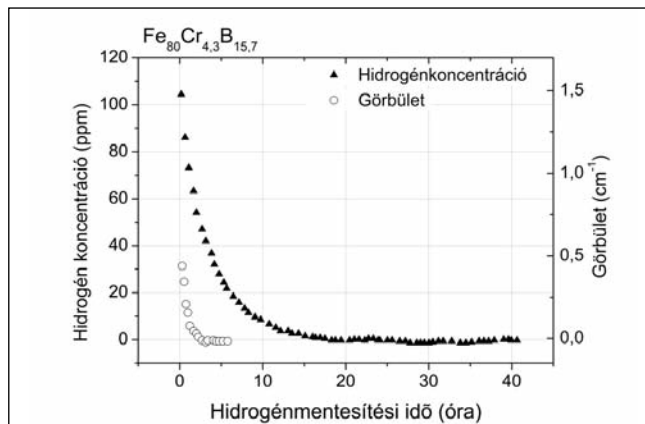
Ezzel ellentétben, a gyorsított szalagoknál, valójában az egész szalagmintára kiterjedő feszültségtérrel beszélhetünk, amelyet az atomosan oldott hidrogén kelt az amorf mátrixban, és ezzel a szalagok makroszkópos elgörbülését okozza. Amorf szalagokban tehát valóban az oldott hidrogén kelti az anyagminta makroszkópos elgörbülését, és az atomosan oldott hidrogénatomok mennyiségétől függő makroszkópos elgörbülését okozza az amorf gyorsított szalag, amint ez az 5. ábrán látható [6].

A fémüvegek kémiai tulajdonságai nagymértékben az alapfém kémiai tulajdonságaiból öröklődnek, az alapfém koncentrációjának meghatározó arányai miatt (80 at%).

Ez tükröződik a különböző alapfémekből felépülő fémüvegek hidrogénoldó képességének, illetve a hidrogénoldódás mechanizmusának összehasonlításában is. A 6. ábra különböző fémek telítési hidrogénkoncentrációját mutatja a hőmérséklet függvényében gázfázisból történő telítés után. Legfeltűnőbb különbség a fémek két csoportja között, az exoterm típusú oldódás során a telítési hidrogéntartalom nagymértékű eltérése és annak hőmérsékletfüggése. Ez utóbbi szempontból pozitív, illetve negatív hőmérsékletfüggést különböztethetünk meg. Az exoterm oldódás során negatív, az endoterm típusú esetben pozitív iránytangens jelzi. Az endoterm oldódás kismértékű ugyan, de a hőmérséklettel növekvő értéket mutat. Ez a tendencia jellemzi a Fe fémét is, azzal a különlegességgel, hogy az $\alpha-\gamma$ fázisátalakulás során az oldékonyság törésszerűen megnő: az fcc (γ) módozatban a telítési oldékonyság nagyobb. Az endoterm típusú oldódási tendencia öröklődik a vasalapú fémüvegekben is, ha állandó hőmérsékleten, a telítési idő függvényében követjük a hidrogéntartalom megváltozását, pozitív iránytangensű összefüggést



■ 7. ábra. A hidrogéntartalom és a FeB_{15} amorf szalag görbületének változása szobahőmérsékletű H-deszorpció során [7]



■ 8. ábra. A hidrogéntartalom és a görbület változása $\text{Fe}_{80}\text{Cr}_{4.3}\text{B}_{15.7}$ amorf szalag esetén a deszorpció idő függvényében [9]

kapunk. Ha a hidrogéntartalmú környezet (gáz, vagy elektrolittal történő direkt kapcsolat) megszűnik, spontán deszorpció következik be, az endoterm típusú oldódás termodinamikai követelményének megfelelően. Ezt a tendenciát láthatjuk a 7. ábrán $\text{Fe}_{85}\text{B}_{15}$ összetételű fémüveg szalag esetében.

Látható itt, hogy az anyagminta görbülete inverz módon változik az oldott hidrogénatomok koncentrációjával. Az elektronszerkezeti kölcsönhatás a vas- és hidrogénatomok között elhanyagolható, ennek megfelelően az oldódás reverzibilis, vagyis a hőmérséklet csökkenésével, illetve az elektrolit oldattal való direkt kapcsolat megszűnésével spontán deszorpció veszi kezdetét [7].

A hidrogénoldódás okozta maximális feszültség szint, valamint az oldott hidrogénatomok mennyisége természetesen befolyásolható a fémüveg összetételének változtatásával. Összehasonlításként egy $\text{Fe}_{80}\text{Cr}_{4.3}\text{B}_{15.7}$ ötvözetre vonatkozó eredményt mutatunk be a 8. ábrán.

Végezetül a mágneses mérések alapján számolható feszültségállapot változását hasonlíthatjuk össze a hidrogéntartalom függvényében a 9. ábrán FeB_{15} és $\text{Fe}_{80}\text{Cr}_{4.3}\text{B}_{15.7}$ amorf ötvözetekben [9].

Összefoglalás

A makroszkópos feszültségállapot kialakulásának mechanizmusát ismertettük FeB-alapú fémüvegek esetében. Ez a feszültségállapot az olvadék gyors hűtése során keletkezik az egyoldalú hűtés következményeként.

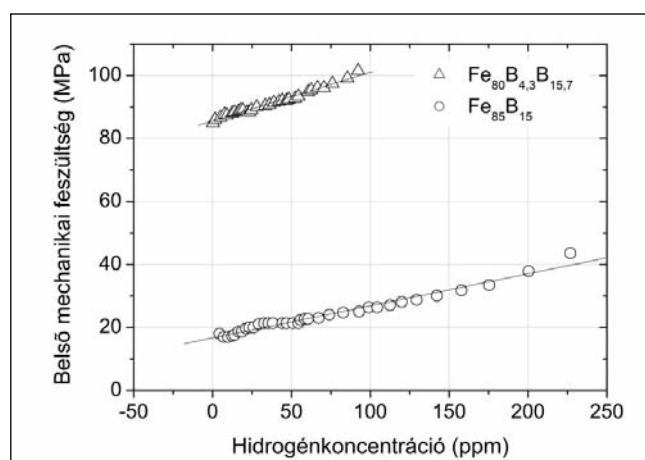
A makroszkópos feszültséggradiens atomi szintű háttere az amorf állapot befagyásakor keletkező „szabad térfogat”, amelynek nagysága a szalag vastagsága mentén változik annak megfelelően, hogy a hűtési sebesség eltérő a hűtőhenger felőli oldalon, illetve a szalag szabad felszínének környezetében. E feszültségteret az oldott hidrogénatomok felnagyítják, és a szalag reverzibilisen elgörbül. Az oldott hidrogénatomok spontán deszorpciója következtében az eredeti görbületi sugár áll be.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény az EFOP 3.6.2-16-2017-00016 „Autonóm járművek dinamikája és irányítása” c. pályázat támogatásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Lovas A., Kisdi-Koszó É., Potocky L., Novák L.: J. Mater. Sci. 22 (1987) 1535
- [2] Angell C. A. J.: Non-Cryst. Solids 102 (1988) 205
- [3] Piller J., Haasen P.: Acta Met. 30, (1982) 1
- [4] Farkas J., Kiss L., Lovas A., Ko-



■ 9. ábra. A számolható feszültségállapot változása a hidrogéntartalom függvényében [9]

vács P., Géczi E.: Conference on Metallic Glasses Science and Technology 2 (1980) 367

- [5] Csizmadia E.: Magánközlemény
- [6] Thornton A. P., Colangelo V. J.: Fundamentals of Engineering Materials, p. 660, Prince-Hall international Inc., London, Toronto
- [7] Kladvivova M., Ziman J., Novák L., Kovalakova M.: Acta Electrotechnica et Informatica, Vol. 13, No 12, 65-69, DOI: 10248/aei, 2013-0014
- [8] Fast, J. D.: Interaction of Metals and Gases Vol. 1. Thermodynamics and Phase Relations, Philips Technical Library, 1965
- [9] Kovalakova M., Kollár P., Novák L.: Sevcovic L, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 304 (2006) e648-ee650

A Miskolci Egyetem hírei 2017. november – 2018. február



■ 1. kép. A nyílt napok MAK-standja



■ 2. kép. Vincze Fanni Virág és Nagy Miklós Nándor anyagmérnök BSc-hallgatók átveszik a Nematik Díjat

• A november 30. – december 1. között tartott Nyílt Napokon közel 2000 diákkal és a partnervállalatok számos képviselőjével telt meg a Miskolci Egyetem díszaulája. A karok képzéseit bemutató előadásokon és a labortúrákon is sok érdeklődő középiskolás diák vett részt (1. kép).

• Dr. Török Béla egyetemi docens december 1-től a Metallurgiai Intézet megbízott intézetigazgatója lett. Dr. Török Béla 1993-ban szerzett oklevelés kohómérnöki diplomát a Miskolci Egyetem metallurgus szakán. Doktoranduszi, majd tanszéki mérnöki évei az egykori Vaskohászattani Tanszékhez kötődnek. Nyersvas-metallurgia témakörben írt PhD-disszertációját summa cum laude minősítéssel 1999-ben védte meg. Kutatási területe az archeometallurgia, archeometria, amelyhez történelemtanári és történelem szakos bölcsészdiplomái is kapcsolódnak. 2011-től a Metallurgiai és Öntészeti Intézet, majd a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, majd újra a Metallurgiai Intézet egyetemi docense, utóbbinak 2017. december 1-től megbízott igazgatója. Szakterületéhez kapcsolódik, hogy a Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Kutatócsoportjának, illetve a UISPP nemzetközi archeometriai komissziójának is alapító elnöke. Több év óta meghívott pályázatbíró szakértője az EU Research Found for

Coal and Steel szervezetének.

• MTA doktori értekezését sikeresen megvédte a Műszaki Anyagtudományi Kar két oktatója. November 22-én prof. dr. Palotás Árpád Bence, a kar dékánja, az Energia- és Minőségügyi Intézet igazgatója, január 11-én pedig prof. dr. Mertinger Valéria egyetemi tanár, a Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet igazgatója kapta meg a címet.

• A 2018. január 26-án megrendezett Kohász Gyűrü- és Kupaavató Szakestély keretében a NEMAK Győr Alumíniumöntöde Kft. képviselőjében Braun Zsolt műszaki igazgató a 2017-ben végzett kiváló szakmai, tudományos diákköri tevékenység elismeréseként Vincze Fanni Virág és Nagy Miklós Nándor anyagmérnök BSc-hallgatóknak Nematik



■ 3. kép. A végzett hallgatók egy csoportja

Díjat adott át (2. kép). Témavezetőik: Mende-Tokár Monika tanársegéd, Öntészeti Intézet, dr. Mende Tamás, docens, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet. A kitüntetéshez gratulálunk, és további sikereket kívánunk!

• A 2017/2018. tanév I. félévében a Műszaki Anyagtudományi Karon 50 fő szerzett oklevelet. 2018. február 8-án a Miskolci Egyetem Nyilvános Ünnepi Egyetemi Szenátusi Ülésén 36 ifjú mérnök (23 fő BSc-szinten, 13 fő MSc-szinten, 3. kép) vette át oklevelét a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánjától, dr. Palotás Árpád Bence professzortól. A diplomaosztó ünnepség keretében Godzsák Melinda PhD-oklevelet vett át.

– Anyagmérnöki mesterszakon oklevelet kaptak:

Balogh Tamás (FDF4DS), Balogh Tamás (FIZSZM), Béres András, Csanálosi Ádám, Daruka Márton, Dobó Dániel, Fridrik Mihály, Hámos Ferenc, Kiss Nándor, Lu Min Yen, Matesz Attila, Máda Nóra, Rácz Mária, Rezes József, Ring György, Szász Judit, Szőnyi Szabolcs Bence, Toldi Rudolf, Urbán Erika

– Kohómérnöki mesterszakon oklevelet kaptak:

Erdei Ferenc Dániel, Klam Kitti, Saláta Mária, Vincze Roland, Zöld Csaba

– Anyagmérnöki alapszakon oklevelet kaptak:

Asztalos Flóra, Bársony Ádám, Bubonyi Tamás, Burkus Krisztina, Gabányi Gábor, Gyarmati Gábor, Hegedüs Balázs, Horváth Balázs, Juhász Dániel, Juhász Viktor Tamás, Kazup Ágota, Kárpáti Viktor, Lovász Tamás, Molnár Zsannett, Pail Brigitta, Prekob Ádám, Sepsi Máté, Sikora Emőke, Szan-

kai Csaba, Szecskó Ádám, Szilágyi Tamás, Szoboczi Ákos, Takács Bence, Váradi Lajos Ádám, Veres Tamás, Zsóka Gergő

– TDK 1. helyezettek:

– Sepsi Máté (konzulensei: prof. dr. Mertinger Valéria, dr. Benke Márton), Gyarmati Gábor (konzulensei: Mende-Tokár Monika, Bíró Nóra), Min-Yen Lu (konzulensei: prof. dr. Viskolcz Béla, dr. Fiser Béla),

Pethő Dániel (konzulensei: dr. Benke Márton, Hlavács Adrienn)

• A hallgatói érdekképviselő terén, valamint az egyetemi diák- és közéletben végzett kiemelkedő munkájának elismeréseként a Miskolci Egyetem Hallgatói Önkormányzata becsületdiplomát adományozott Szoboczi Ákosnak, a Műszaki Anyagtudományi Kar hallgatójának, valétalélnöknek. **HB**

XVI. Képlékenyalakító Konferencia a Miskolci Egyetem szervezésében

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézete, a Gépészmérnöki és Informatikai Kar Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézete, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) Vaskohászati Szakosztálya és Egyetemi Osztálya, a Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) Központi Képlékenyalakító Szakosztálya, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Területi Bizottságának szervezésében 2018. február 7–9. között a Miskolci Vigadóban rendezte meg a XVI. Képlékenyalakító Konferenciát.

A rendezvényen képviseltette magát a képlékenyalakító szakma közel 30 magyarországi vállalata, illetve mindazon egyetemek, főiskolák, ahol a képlékenyalakítás oktatása és kutatása folyik. A szervezők célja, hogy fő-

rumot biztosítsanak mindazok számára, akik ma Magyarországon a képlékenyalakítás területén tevékenykednek, beleértve a régi, de megújult nagyvállalatokat, az újonnan létrejött hazai és külföldi tulajdonú vállalatokat, a kis- és középvállalatokat, valamint az oktató és kutató intézményeket. A konferencián olyan cégek is részt vettek kiállítóként vagy előadóként, amelyek berendezéseikkel, termékeikkel hozzájárulnak az alakítás-technológia fejlődéséhez.

A mintegy 30 előadást – a plenáris előadásokat követően – két szekcióban tartották. A plenáris ülészak előadói között olyan nagy- és középvállalatok vezetőit és képviselőit hallhatunk, mint például az Arconic-Kőfém Kft., a fém csomagolóeszközök gyártásában piacvezető Mátrametal Kft., vagy a kutatás, fejlesztés és innováció területén ismert Bay Zoltán Alkal-

mazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., továbbá azokat a magyar kutató szakembereket, akik a hazai és nemzetközi szinten egyaránt elismerést szereztek szakmai pályájuk során. A szekció-előadások témái között szerepelt többek között az alakítási folyamatok modellezése és szimulációja, az anyagtudomány, a lemezalakítás, a húzás, valamint a hagyományos kohászati technológiák, mint a hengerlés és kovácsolás.

A szervezők remélik, hogy a konferencia kiadványát haszonnal forgatják az ipari szakemberek és az egyetemi hallgatók. A konferencia iránt megmutatókozó széleskörű érdeklődés igazolja a kezdeményezés hasznosságát, és azt is, hogy három év múlva érdemes megrendezni – az idei rendezvény folytatásaként – egy hasonló témájú konferenciát.

Szűcs Máté

MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR

FELHÍVÁS

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara felhívást intéz az Alma Mater egykori hallgatóihoz, akik 1948-ban, 1953-ban, 1958-ban, illetve 1968-ban (70, 65, 60, 50 éve) vették át diplomájukat a Kohómérnöki Karon Miskolcon, vagy a Sopronban.

Kérjük és várjuk jelentkezésüket, hogy részükre, jogosultságuk alapján, a rubin-, a vas-, a gyémánt-, vagy aranyoklevél kiállítására érdekében szükséges intézkedéseket meg tudjuk kezdeni.

Kérünk minden érintettet, hogy 2018. **április 15-ig jelentkezzen levélben vagy e-mail-en** a Műszaki Anyagtudományi Karon.

Adja meg **nevét, elérhetőségét** (lakcím, telefonszám, e-mail cím), illetve az alábbi címre küldje meg:

- **oklevelének fénymásolatát**,
- a kiadványban megjelentetni kívánt **rövid szakmai önéletrajzát** (maximum egy A/4 oldal egyes szám harmadik személyben fogalmazva) és
- egy darab **igazolványképet**.

Cím: Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar
Dékáni Hivatal
3515 Miskolc-Egyetemváros C/1.
I. emelet 109. szoba
Telefon: +36/46/565-090;
E-mail: roneczne.judit@uni-miskolc.hu

Dr. Palotás Árpád Bence
dékán

Borbála-napi ünnepség*

Az idei Szent Borbála-napi országos központi ünnepséget a Magyar Bányászati Szövetség (MBSZ) 25 éves, valamint az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) 125 éves jubileumának jegyében tartották meg a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, az MBSZ, a Bánya-, Energia- és Ipari Dolgozók Szakszervezete (BDSZ), valamint az OMBKE szervezésében.

Az elnökségi asztalnál helyet foglalt *dr. Szűcs Péter*, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának dékánja, *Szakál Tamás*, az MBSZ elnöke, *Zelei Gábor*, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat elnöke, *dr. Aradszki András*, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium energiaügyért felelős államtitkára, *dr. Zoltay Ákos*, az MBSZ főtitkára, az ünnepség levezetője, *dr. Nyikos Attila*, a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal nemzetközi elnökhelyettese, *dr. Nagy Lajos*, az OMBKE elnöke, *Rabi Ferenc*, a Bánya-, Energia- és Ipari Dolgozók Szakszervezete elnöke, *dr. Palotás Árpád Bence*, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja.

Az ünnepi beszédet *dr. Aradszki András* államtitkár mondta, majd *Szakál Tamás* MBSZ elnök és *dr. Nagy Lajos* OMBKE elnök köszöntöje hangzott el.

Az ünnepi műsort követően a Szent Borbála-érem kitüntetések és Miniszeri Elismerő Oklevelek átadására került sor. *Rabi Ferenc*, a BDSZ elnöke a jubiláló MBSZ és OMBKE részére Emlékplakettet adott át. Az ünnepséget követő állófogadáson *Zelei Gábor*, az MBFSZ elnöke mondott pohárköszöntőt.

Szent Borbála-éremmel kitüntetett kohász tagtársaink életrajza a következőkben olvasható.

Szent Borbála-érem kitüntetésben részesült lelkiismeretes kohászattal kapcsolatos tevékenységéért:

Szabó Ferenc a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Kar metallurgia szak, vas-, acél és fémkohászati ágazatán 1976-ban végzett metallurgus üzemmérőként. Első munkahelye a Metallochemia Vállalat volt, ahol üzemvezetőként, majd a Metalloglobus Rt.-nél öntödei osztályvezetőként dolgozott.

A rendszerváltás után megalapította a Glob-Metal Kft.-t amely a nehézfémek fejlesztésével, gyártásával, valamint hulladékainak másodlagos nyersanyaggá való hasznosításával foglalkozik. A Miskolci Egyetem Metallurgiai Intézetével szoros kapcsolatot tart, ahol a tudományos kutatáshoz nyújt segítséget.

Az OMBKE-nek 1970 óta tagja.

Dr. Pintér Richárd 1995-ben a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán, öntő szakirányon végzett. Végzés után három évig volt az FH Aalen Arge Metallguß laboratórium tudományos munkatársa és doktorandusz. 1998-tól 2005-ig Linzben az akkori VAW, majd a Norsk Hydro, később az Ae group tulajdonában lévő nyomásos öntöde vezetője, majd műszaki igazgatója volt. 2001-ben szerezte meg a PhD-fokozatot. 2005-ben hazatért, és közel két évig az Ózdi Acélművek műszaki igazgatójaként dolgozott. 2007-ben megszerezte az igazságügyi szakértői jogosultságot. Ebben az évben váltott az AUDI Hungária Zrt.-hez, ahol a prérsszerszámok megmunkálásának vezetését vette át, majd az öntészeti csoport bővítésekor átigazolt szakmájának megfelelően, és itt dolgozik öntészeti szakértőként a mai napig. 2014-től a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar címzetes egye-

temi docense, az Öntészeti Intézet duális képzésén belül a Járműipari öntvények c. tárgyat oktatja.

1997-től az OMBKE tagja.

Lontai Attila felsőfokú tanulmányait a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki karának alakítástechnológiai szakán végezte, ahol 1987-ben okleveles kohómérnöki diplomát szerzett. Végzettségét 1991-ben és 1997-ben a közgazdasági és jogi diplomával egészítette ki. Tanulmányait követően a Dunai Vasmű Meleghengerművénél kezdett dolgozni, ahol egyre magasabb beosztásokba került, míg 1998-ban megbízást kapott a gyárvezetői tisztség betöltésére.

Tevékenysége során kiemelt figyelmet fordított a berendezések modernizálására, az új fejlesztések bevezetésére, mind a technológiák, mind a gyártott termékek terén.

Az OMBKE tevékenységéhez 1990-ben csatlakozott. A helyi és központi rendezvények aktív résztvevője és szervezője. Az OMBKE Borovszky Emlékév keretében megtartott szakmai előadássorozat szervezésében kiemelt szerepet vállalt.

2007 és 2010 között a Vaskohászati Szakosztály elnöki tisztségét töltötte be.

Dr. Kiss László 1967-ben végzett a Nehézipari Műszaki Egyetemen okl. kohómérőként, 1984-ben védte meg a műszaki doktori disszertációját vákuummetallurgia témában, 2008-ban címzetes egyetemi docens címet kapott a Miskolci Egyetemen.

Egyetlen munkahelye a Diósgyőri Acélművek jogelőd és jogutód intézményeiben volt, ahol acélgyártó, üzemvezető, főmérnök, főosztályvezető és műszaki igazgató beosztásokban dolgozott. Több hónapos szakmai továbbképzéseken vett részt svéd (ASEA) és japán (Kobe Steel: FAM, Nippon Kokan: UHP) kohászati üzemekben.

* Az ünnepségről készült képek a hátsó-belső borítón láthatók.

A szakmában eltöltött félévszázados tevékenysége alatt jelentős eredményt ért el az új Elektroacélmű és a Kombinált Acélmű felépítésénél, beüzemelésénél és működtetésénél.

Mindezekon túl részt vett az ISO 9001, ISO 17025, ISO 14001 szabványok integrált minőségirányítási rendszerének kidolgozásában és a tanúsítás lefolyásában.

Ez évben aranydiplomát kapott. Az OMBKE-nek 1969-től tagja, ahol vezetőségi tisztségeket is ellátott.

Emlékeztető a 2017. november 14-i OMBKE választmányi ülésről (kivonat)

Az ülést *dr. Nagy Lajos*, az OMBKE elnöke vezette le. Jelen volt 14 fő választmányi tag.

Az első napirendi pontban az elnök a közelmúlt jelentősebb eseményeiről számolt be, amik közül külön kiemelte az OMBKE 125. éves évfordulója kapcsán tartott selmecebányai megemlékezést, amelyen *Kövér László*, az Országgyűlés elnöke is részt vett.

Tájékoztattott, hogy az OMBKE lobozik az Öntödei Múzeum fennmaradásáért és szakmailag korrekt működéséért, továbbá vizsgálják, hogy a Múzeum kezelési jogát miképpen lehet megszerezni.

A második napirendi pont a tisztújítás ütemezése volt, amit a választmányi tagok előzetesen, írásban megkaptak.

A harmadik napirendi pont témája az OMBKE szerepe a selmeci hagyományok ápolásában volt. A vitaindítóban *dr. Pataky Attila* tiszteleti tag ismertette, hogy a selmeci diákhagyományok (melyeket az UNESCO korábban a kulturális hagyományok részévé nyilvánított) életben tartásának, ápolásának letéteményese a diákság. A vita alapján az OMBKE választmány ajánlásokat fogadott el a selmeci diákhagyományok védelme érdekében. Az ajánlások az összefoglaló (a kivonat) mellékletében található.

A következő napirendi pontban az OMBKE pénzügyi helyzetéről *dr. Gagy Pálffy András* ügyvezető igazgató adott tájékoztatást: az időarányoshoz képest 4,7 millió forint hiány mutatkozott.

Végezetül a következő időszak főbb rendezvényei kerültek napirendre, és az egyebekben *Katko Károly* az Öntészeti Szakosztály elnöke bejelen-

tette, hogy az OMBKE-bált 2018. február 17-én, Lillafüreden rendezik meg.

Melléklet

Az OMBKE választmányának ajánlásai a selmeci diákhagyományok védelme érdekében. (Választmányi ülés 2017. nov. 14.)

1. A választmány határozatot hoz arról, hogy hagyományainkat egyesületünk a továbbiakban Selmeci diákhagyományoknak nevezi, s mint ilyen, kitünteti azzal, hogy tulajdonnévként használja, ezért nagy kezdőbetűvel írja.
2. A választmány a valétabizottságok kérésére felhívja a helyi szervezeteinek figyelmét, hogy tartsák tiszteletben azon kérésüket, hogy balekot avatni és firmát keresztelni csak a selmeci utód szakokat képviselő valétabizottságok által elismert szakestélyeken lehet. Szervezeteink által rendezett szakestélyeken, ha arra minden tekintetben alkalmas, tiszteletre méltó társunkat, nagyra becsülésünk jeléül szeretnénk kitüntetni kereszteléssel, használjuk a „Tiszteletbeli Bányász”, vagy „Tiszteletbeli Kohász” címet.
3. A választmány felkéri a történelmi karok oktatóit, hogy lehetőségeikhez mérten, minél nagyobb létszámban és gyakrabban vegyenek részt a hallgatók rendezvényein, s egyben kéri az oktatókat, hogy jó példával élen járva segítsék hagyományos köszönésünk, a Jó szerencsét, ismételt elterjedését, mindennapos használatát.
4. A választmány határoz arról, hogy a selmeci és a soproni nóták életben tartása érdekében készített, és közzé tesz egy karaoke – szöveg

nélküli – CD-t, amin a nótáink dallama egy szólamban, a laikus követők számára is használható, a dalok ezen CD segítségével egyszerűbben megtanulhatók.

5. A Selmeci diákhagyományoknak más, nem selmeci utódtintézmények diáksága általi lemásolásával kapcsolatosan a választmány álláspontja az, hogy ezt a kérdést maguknak, a különböző intézmények diákjainak kell egymás között megbeszélniük és megoldaniuk. A választmány állásfoglalása szerint a továbbiakban a selmeci hagyományokat magukénak valló diákságot kívánja lehetőségeihez mérten támogatni és előnyben részesíteni. Az egyesület nyilvános rendezvényei, szereplései során minden érdeklődőt tisztelettel vár és az ott történő részvételtől senkit nem kíván eltiltani.
6. A választmány felkéri az Egyetemi Osztályt, hogy a BKL-lapok (Bányászat, Kőolaj és Földgáz, Kohászat) szerkesztőbizottságaiba a jelenleg is delegált oktatók mellett delegáljanak egy-egy hallgatót is, folyamatosan gondoskodva a végzett hallgató pótlásáról.
7. Az iparban tevékenykedők, különösen a fiatal és középkorú korosztály mutassanak példát az egyetemi rendezvényeken való megjelenésükkel és aktív részvételükkel.
8. A választmány elismerését fejezi ki a valétabizottságok tagjainak a Selmeci diákhagyományok ápolásáért, továbbadásáért végzett elkötelezett munkájukért.

Dr. Gagy Pálffy András jegyzőkönyve alapján összeállította BT

Emlékeztető a 2017. december 13-i OMBKE választmányi ülésről (kivonat)

Az ülést *dr. Nagy Lajos* OMBKE elnök vezette le. Jelen volt 15 fő választmányi tag.

A választmányi ülés résztvevői néma felállással emlékeztek meg *dr. Rempert Zoltán* gyémántokleveles kohómérnök, *prof. dr. Tarján Iván* gyémántokleveles bányamérnök, tiszteleti tagokról.

Az első napirendi pontban *dr. Nagy Lajos* néhány kiemelt eseményt említett meg.

2017. november 16–17-én az Országos Bányászati Konferenciára került sor Egerszalókon, 130 résztvevővel.

2017. december 4-én a Földtani Intézet dísztermében a központi Borbála-ünnepséget tartottuk meg, ahol Szent Borbála-kitüntetések kaptak többek között az OMBKE által előterjesztett bányász- és kohász tagtársak. Ugyanezen a napon a Szent Gellért Sziklatemplomban hagyományos, ökumenikus istentisztelet volt. A központi ünnepséggel kapcsolatban az elnök felhívta a figyelmet, hogy el kell érni, hogy ez ne alakuljon át az MBSZ „közgyűlésévé”.

Tájékoztatott arról, hogy a Szilikátipari Egyesület vezetője, *Kárpáti*

László megkereste egyesületünket szorosabb együttműködés ügyében.

A második napirendi pontban *dr. Gagy Pálffy András* ügyvezető igazgató tájékoztatást adott, hogy év végére 0 körüli eredménnyel zár az egyesület. Ezt követően az ügyvezető igazgató felvetésére a választmány megvitatta a tagdíjak 10%-os emelésének lehetőségét, amit 1 ellenszavazat és 2 tartózkodás mellett elvetett.

Ezt követően *Hevesi Imre* főtitkár-helyettes ismertette a küldöttgyűlésen átadható kitüntetések keretét:

Szaksztály	Emlékérem	OMBKE emlékérem (plakett)
Bányászati Szaksztály	3	3
Kőolaj- Földgáz és Vízbányászati Szaksztály	1	1
Vaskohászati Szaksztály	1	1
Fémkohászati Szaksztály	1	1
Öntészeti Szaksztály	1	1
Egyetemi Osztály	1	1
Elnöki keret	4	4
Összesen	12	12

Kérte, hogy a 2018-as Szent Borbála-kitüntetésre javasolataikat (3 fő bányász és 4 fő kohász) 2018. augusztus 30-ig az OMBKE titkárság-

ra küldjék meg a szaksztályok.

A következőben az 2018. évi tisztújító közgyűléssel kapcsolatos ügyeket tárgyalta a választmány. A Küldöttgyűlés időpontja 2018. május 26-a, 10.00 óra, helyszíne a budapesti Földtani Intézet díszterme. A szaksztályi javaslatok alapján a választmányi ülés döntött az Egyesületi Jelölőbizottság tagjairól: *dr. Korompay Péter, id. Ósz Árpád, Nagyné Halász Erzsébet, Hajnal János, dr. Lengyel Károly, dr. Dúl Jenő*; valamint a bizottság vezetőjének *dr. Károly Gyulát* javasolta.

Az ülés *dr. Nagy Lajos* év végi jókívánásaival zárult.

Dr. Gagy Pálffy András jegyzőkönyve alapján összeállította BT

Az OMBKE főbb rendezvényei 2018-ban

Időpont	Helyszín	Esemény
Február 17.	Lillafüred	OMBKE bál
Február 20.	Oroszlány	Selmeci Hűség Napja
Március 1–2.	Velence	Kő- és Kavicsbányászati Napok
Március 23.	Székesfehérvár	Fémkohászati Szaksztály ünnepi ülése
Április 6–8.	Gyulafehérvár	EMT konferencia
Április 11.	Várpalota	Jó szerencsét! köszöntés emlékülés
Május 26.	Budapest	OMBKE küldöttgyűlés
Június eleje	Eger/Egerszalók	Öreg mezők rehabilitációja (Kőolaj Szaksztály)
Június 6–8.	Tatabánya	LVII. Bányamérő továbbképző
Aug. 31. – szept. 1.	Dunakiliti	Pivarcsi László Szigetközi Tudományos Szakmai Napok
Augusztus 30.	Pécs	Bányásznapi
Szeptember első hétfője	Gánt	Bányásznapi
Szeptember 7.	Salgótarján	Salgótarjáni Ipartörténeti Emléknapi
Szeptember 7–8.	Selmecbánya	Selmeci Szalamander
Szeptember 14–16.	Miskolc	XII. Fazola Fesztivál
Szeptember 18–20.	Budapest	Clean Steel Konferencia
Október–november	Székesfehérvár	Fémkohász Szakmai Nap

Október 5.	Nagykanizsa	Kis mezők nagy napja
November	Egerszalók	Országos Bányászati Konferencia
November első hétvége	Káloz	Kunoss Endre sírjának megkoszorúzása
November 30.	Dunaújváros	XXIV. Szent Borbála szakestély
December első hétvége	Gánt	Szalamander
December 4.	Budapest	Országos Szt. Borbála-napi Ünnepség, ökumenikus mise
December 13.	Budapest	Luca napi szakestély

Készült 2018 márciusában

Tisztújítás az MTA Metallurgiai Tudományos Bizottságában

2017 végén került sor a Magyar Tudományos Akadémia tudományos bizottságainak tisztújítására.

A VI. számú Műszaki Tudományok Osztálya által gondozott tudományterületek többek között az anyagtudományok-technológiák és a metallurgia. Az osztály figyelemmel kíséri, segíti és értékeli a területére eső tudományos tevékenységet, állást foglal tudományos kérdésekben, véleményt nyilvánít az osztályhoz tartozó kutatóhelyek tevékenységéről. Az osztály dönt többek között elismerések és díjak odaítéléséről, támogatja tudomá-

nyos folyóiratok és könyvek kiadását, és kutatási pályázatokat véleményez, valamint rendezvényekhez nyújt erkölcsi és anyagi támogatást.

A Metallurgiai Tudományos Bizottság alakuló ülését 2017. november 9-re hívta össze *Kollár László* osztályelnök.

A bizottság tagjai: *Bartha László, Dúl Jenő, Farkas Ottó, Fegyverneki György, Horváth János, Imre József, Kaptay György, Károly Gyula, Kékesi Tamás, Marczis Gáborné, Móger Róbert, Molnár Dániel, Palotás Árpád Bence, Roósz András, Szűcs István,*

Tardy Pál, Török Tamás, Varga László és Voith Márton.

A Metallurgiai Tudományos Bizottság jelen lévő tagjai a jelöltek közül *Kékesi Tamás*t választották a bizottság elnökévé, aki javaslatot tett a titkár személyére. A javaslat megvitatása után *Molnár Dániel*t választották a bizottság titkárának.

A bizottság tagjai megköszönték *Török Tamás* leköszönő elnök és *Dúl Jenő* leköszönő titkár előző ciklusban végzett odaadó munkáját.

Molnár Dániel

XVIII. Fémkohász Szakmai Nap, Miskolc

A Fémkohászati Szakosztály és az Egyetemi Osztály a XVIII. Fémkohász Szakmai Napot 2017. november 9-én közösen, a hagyományos helyen, a Miskolci Egyetemen rendezte meg.

A szervezők úgy döntöttek, hogy az eddigiektől eltérően, nem pénteken, hanem csütörtök délután legyen a rendezvény, így az Egyetemi Osztály javaslata szerint több résztvevőre lehet számítani az egyetemről. Továbbá javaslatként hangzott el, hogy a konferencia nyisson a rokon szakmák felé.

A konferencián közel 100 fő vett részt, a hallgatók jobbra az előadások szünet utáni részében voltak nagyobb létszámban.

A rendezvényt *dr. Havasi István*, az Egyetemi Osztály elnöke nyitotta meg. A levezető elnöki teendőket *dr. Tolnay Lajos*, az OMBKE tiszteleti elnöke látta el, aki az egyes előadá-

sok előtt az előadó rövid szakmai életrajzát is ismertette.

A konferencián az alábbi előadások hangzottak el:

- Egy zöldmezős telepítésű fémkohászati üzem: az ALUMETAL bemutatkozása. (*Jakab Sándor* gyárigazgató, ALUMETAL Kft.);
- Az alumínium szerepe a környezettudatos villamosenergia-szállításban. (*Dr. Barkóczy Péter*, termék- és minőségfejlesztési igazgató, FUX Zrt.);
- Technológiai fejlesztések nagyszíriátságú alumíniumötvözetek járműipari alkalmazásánál. (*Dr. Tisza Miklós* intézeti tanszékvezető egyetemi tanár, *dr. Lukács Zsolt* egyetemi docens, ME);
- Az elektronikai hulladék feldolgozásának helyzete Magyarországon. (*Balika István*, elektronikai hulladék üzletágvezető, METALEX 2001 Kft.);
- Klímaberendezések kohászati hasz-

nosítása. (*Höflinger Norbert*, stratégiai igazgató, HWD Recycling Kft.);

- A hazai fémkohászat szerkezete és helyzete. (*Hajnal János*, Fém szövetség).

A program szünetében a 25 éve alapított Fux Zrt. bemutatkozó poszterkiállítását lehetett megtekinteni. A szakmai program után a Miskolci Egyetem *Bartók Béla* Zeneművészeti Főiskola fúvósai rövid hangversenyen szórakoztatták a jelenlévőket.

Ezután egy jó hangulatú fogadás következett, amin *Csurgó Lajos*, a Fémkohászati Szakosztály elnöke mondott pohárköszöntőt. A fogadást követően szakmai asztaltársaságokban folytatódott a beszélgetések.

A résztvevők és a rendezők véleménye szerint a rendezvény beváltotta az előzetes várakozásokat és a most eszközölt módosítások figyelembevételével fogják a további szakmai napokat szervezni.



■ Az előadások hallgatósága



■ Csurgó Lajos pohárköszöntője

Megköszönve a konferencia támogatóinak anyagi hozzájárulását, amit a Born Ignác Fémkohászati alapítvá-

nyon keresztül nyújtottak álljon itt a nevük: Alumetal Kft., Fux Zrt., Glob-Metal Kft., HWD Recycling Kft.,

Metalex 2001 Kft., Schmelzmetall Kft., West Recycling Kft.

Balázs Tamás

XIII. Ózdi Hagyományápoló Szakestély

2017. november 10-én este 19 órától kezdődött Ózdon az Olvasó épületnek Adorján Lajos termében (régén Bálterem) a nagy sikerű XIII. Ózdi Hagyományápoló Szakestély. Ebben az évben ünnepelte működésének 20. évfordulóját az egyik fő szervező, az Ózdi Acélművek (ÓAM) Kft., amelynek tulajdonosa, *Max Aicher* néhány nappal korábban vehette át Miskolcon az Év Acélgyártó Vállalkozója Díjat. A gyülekező ideje alatt a Városi Tűzoltó Zenekar fúvósainak kellemes zenéje mellett kávé, üdítő fogyasztása közben lehetőség volt az előző 12 szakestély történetét bemutató hatalmas album képeinek megtekintésére. A korábban Ózdon élő, dolgozó kohász, bányász, erdész kollégák is meghívást kaptak, és többen el is jöttek a szakestélyre. Közel 150 résztvevő érkezett Miskolcra, Dunaujvárosból, Budapestre, Győrből, Sátoraljaújhelyről stb. A Miskolci Egyetem mintegy 50 hallgatója mellett a Műszaki és Anyagtudományi Kar dékánja és az Egyetemen oktató kollégák is részt vettek, hiszen ebben az évben indult Ózdon a kihelyezett anyagmérnökképzés.

A szakestély menete, eseményei az 1735-ben Mária Terézia által Selmecbányán alapított Bányatisztképző

Főiskola ősi bányász, kohász hagyományainak megfelelően zajlott. Az elnöki teendőket *dr. Grega Oszkár* címzetes egyetemi docens látta el. A major domus *Póczos József*, a cantus praeses *Hegedűs Balázs*, *Korózs József*, emeritus cantus praeses *Máté László*, kontrapunktok *Kovács Imre*, *Ivacs Gyula*, konzekvencia *Sándor Balázs* volt. A házirend felolvasását követően a dokumentumot *Janiczak Dávid* polgármester látta el kézjeggyel. Természetesen az alkalomhoz illő kupa is készült. A kupaavatót *Kelemen Kristóf*, a komoly poharat *Marczis Gáborné dr.*, a vidám poharat



■ Máté László a régi szakestélyek hangulatát idézte fel

dr. Kiss László tartotta. Az ózdi kihelyezett anyagmérnökképzésről *dr. Palotás Árpád Bence*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja, a régi szakestélyek emlékeiről pedig *Máté László (I. kép)* foglalta össze gondolatait. Tiszteletbeli kohásszá *dr. Nagy Péter* történészt avatták, akinek A RIMA VONZÁSÁBAN monográfiája a közelmúltban jelent meg. *Szoboczkai Ákos* kohász valétaelnök a kölcsönös segítségre, bajtársiasságra, szakmaszeretetre irányította a résztvevők figyelmét. Az est fényét még további hozzászólások emelték, valamint a hivatalos ital, a sör, a hivatalos étel, a zsíroskenyér és a vidám nótázások meghatározták az est jó hangulatát.

A kohász, bányász szokások megtartása, hangulata, a hagyományok ápolása, amely összetartja az embereket, a mai generáció számára Ózdon talpon maradt és tovább erősödött. A szerveződés szélesebb társadalmi alapokra helyeződött, hiszen a város vezetése jelenlétével, támogatásával hangsúlyt adott az esemény fontosságának és vállalta, hogy a következő évben is méltó helyen és keretek között kerül megrendezésre a XIV. Ózdi Hagyományápoló Szakestély.

Marczis Gáborné

Budapesti vaskohászok kirándulása

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Budapesti Helyi Szervezete 2000 óta minden év őszi szakmai kirándulást szervez a tagtársak és hozzátartozóik, valamint a társszervezetek képviselői részére. Ebben az évben október 13-án a Vértes, a Velencei-hegység és a Velencei-tó környékére látogattunk.

Elsőként a gánti Balás Jenő Bauxitbányászati Múzeum földalatti kiállítását tekintettük meg, majd a napos, de hideg szeles időben végigjártuk a hajdani külszíni fejtés területét is. A művelés több mint 90 éve, 1926-ban kezdődött, és annak idején Európa egyik leggazdagabb bauxitbányája volt. Termelése nagyrészt a német hadiipart szolgálta, de a csúcsteljesítményét 1953-ban érte el. A bauxitbányát 1962. december 31-én zárták be, ma Bauxitföldtani Parkként üzemel. Az itt kialakított 3,5 km-es tanösvény az ásványoktól elszíneződött dolomitos alapkőzet dombjai között, szinte marsbéli környezetben vezet. Lenyűgöző a látvány, mely felejthetetlen élményt nyújt.

Az ebédet követően *dr. Tarsoly Péter*, az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézetének adjunktusa csatlakozott hoz-



■ A gánti Bauxitbányászati Múzeumban

zánk, és segítségével a Nadap községben található szintezési ősjegy eredetével és jelentőségével ismerkedtünk. Nadap a térképészet egyik legfontosabb viszonyítási pontja, az Adria feletti szint, valamint a később meghatározott Balti szint fő alappontja.

Kirándulásunk következő állomása a Katonai Emlékpark Pákozdi – Nemzeti Emlékhely volt. Az 1848–49-es forradalom és szabadságharc emlékére állított obeliszk a pákozdi csata legelső emlékműve, amit országos közadakozásból 1889-ben emeltek. Ez a győzelem erkölcsi, politikai

hatása miatt vált a magyar honvédelem jelképévé. A dombtetőről csodálatos a kilátás, még az újonnan felállított Miska huszár is jól látható...

Az emlékpark fogadóépületének aljában, egy stílusosan kialakított pincében nemcsak a helyhez kapcsolódó történetekkel, hanem a helyi borokkal is ismerkedhettünk. A koccintgatásokkal és nótázással egybekötött társalgás a kirándulásaink nélkülözhetetlen eleme, mely szinte mindig megalapozza a visszafelé buszozás vidám hangulatát is.

Nagy Erzsébet

Luca-napi szakestély a budapesti vaskohászoknál

A vaskohászok Budapesti Helyi Szervezete december 13-án tartotta a hagyományos Luca-napi szakestélyét az Óbudai Egyetem Bánki Donát Kollégiumának közösségi termében. Szakestélyünk idén az 50 éves kohász kupa történetét elevenítette fel, hiszen az 1967-ben végzett kohómérnök-hallgatók voltak az elsők, akik kupával, nevezetesen fából készült kupával köszöntötték professzorikat és valétaló társaikat. A komoly pohár keretében *dr. Verő Balázs*, az 1967-ben végzett, most már aranydiplomás évfolyam valétaelnö-

ke foglalta össze a kupahagyomány történetét, amely a korabeli meghívó szerint az 1967. március 14-én este 8 órakor megrendezett szalagavató

szakestélyen kezdődött. A hagyomány előtti tiszteletadás jeleként az idei Luca-napi szakestély kupáját az 50 évvel ezelőtti fakupa fényképe díszítette.



A szakestély – melyen az egyesületünk elnöke, *dr. Nagy Lajos* és *dr. Gagyi Pállfy András* ügyvezető igazgató mellett szép számmal más szakosztályok tagjai és meghívott vendégek is képviseltették magukat –, a komoly és vidám felszólalások után a szokásos jó hangulatban zárult.

Nagy Erzsébet

Szent Hubertus- és Szent Borbála-szakestély Solton

Az OMBKE Kecskeméti Helyi Szervezete és az OEE Kecskeméti Helyi Csoportja idén már 17. alkalommal tartotta meg Solton a KEFAG Zrt. nemrég megnyílt Kulcsos Házában a szokásos évzáró, a védőszenteket méltató szakestélyt.

A rendezvényen 45 fő vett részt a két csoportból a meghívott vendégekkel együtt, akik között a tolnai, székesfehérvári, monori, Mindszenti erdészeket, gépészeket és kohászokat is örömmel fedeztük fel. Az összejövetelre érkezők a hidegre fordult időjárás kellemetlen hatását baráti poharas köszöntőkkel feledtették.

A szakestélyt megelőzően finom szarvaspörkölt elfogyasztásával készültek fel a firmák és filiszterek, és mint közben kiderült, egy sötétben bujkáló pogány is.

A pontban este nyolckor kezdődött szakestély elnökének *Ugró Sándor*, a *Pinokkió* okl. erdömérnököt választották meg, aki a házigazda szerepét kitűnően ellátó v. *Szűcs Imre*, a *Lenin* okl. erdömérnököt kérte fel a házirend ismertetésére. A cantus szerepkörre *Csurgó Lajos*, a *Ifjúmadár* okl. kohó-

mérnököt, míg a kontrapunkt szerepkörre *Szabó Lajos*, a *Féldecsi* okl. erdömérnököt jelölte ki. A háznagy a többi nélkülözhetetlen tisztségviselőt elnöki felhatalmazással jelölte ki az isteni fényben tündöklő firmák teljes megelégedésére. A szakestély során a Komoly Pohár keretében *Dánfy László*, a *Bubu* okl. vegyészmérnök, aki mind az OMBKE-nek, mind az OEE-nek tagja, vetített képes illusztrációkkal támogatott hozzászólásában ismertette a védőszentek legendáit, kultuszuknak régi és mai gyakorlását, valamint az 1989 óta történt fokozatos újra elfogadásuknak menetét. A Vidám Pohár keretében *Koczka Zoltán*, a *Koczek* okl. Bedő Albert Díjas erdömérnök elevenítette fel egykori igazgatójának, *Barányi László* okl. erdömérnöknek humoros történeteit. A menetközben a gyertyalángnál felismert pogányt, *Széll Szilárd* erdész technikust, aki időközben átképződése során informatikai szaktekin-téllyé vált, a balekcsősz *Szabó Tibor*, a *Volk* okl. erdömérnök vette kezelésbe, hogy a szünetig hátralévő időben a lehetetlenséget is meghazud-

tolva felkészítse a balekvizsgára és a majdani keresztelőre. Számos pompás felszólalás és selmeci, soproni, valamint miskolci nóta után a sikeres vizsgát tevő pogányt *Beliczay István*, a *Cicvarek* okl. erdömérnök és *Szűcsné Fias Mónika*, a Négyfias erdész technikus keresztelték meg, a kereszttségben *Böszöri Fényes Csillag* nevet adva *Széll Szilárd*nak. Az OEE 151. és az OMBKE 125. éves alapításának alkalmából a kettős tagsággal rendelkező *Dánfy László*, a *Bubu*, aki az OMBKE Kecskeméti Helyi Szervezetének elnöke, díszes jubileumi OMBKE korsót adott át *Sulyok Ferenc*, a *Hagyma* okl. erdömérnöknek, aki az OEE Kecskeméti Helyi Csoportjának elnöke. A szakestélyt *Bognár Gábor*, a *Pagát* Kaán Károly díjas okl. erdömérnök felszólalása és a méltóságteljes csendben felolvasott *Dzsida József*: Nincsenek már Selmeci Diákok... verse zárta, majd a záró énekek elhangzása után a baráti találkozó a még el nem hangzott nóták intonálásával folytatódott a hajnali órákig.

Dánfy László Andor

Évzáró Szakmai Nap Kecskeméten a BOSAL Hungary Kft.-nél

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezetének és a Szakosztály LEAN Szakcsoportjának közös szervezésében az érdeklődő tagság 2017. december 1-jén az éves program szerint megtartott szakmai napját a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft. kecskeméti gyárának felkeresésével kezdte. A gyár munkatársai a bevezető filmek kommentálásakor kiemelték, hogy ma már három típus gyártása folyik a Hírös Városban, és közel 4000 munkatársuk van. Ebben az évben a továbbképző központban először avattak 15 végzős munkatársat a 2018 végére 8000 m²-es csarnokban vég-

legesen helyet kapó Mercedes-Benz Academy Kecskemét Ipari Művezető Képző központban, ahol öt év alatt 180 szakembert képeznek ki duális és belső képzési programokban. A gyár beruházási terveit szerint már megkezdődtek a bővítés II. ütemének munkálatai a terület régészeti feltáró ásatásaival és az építkezési úthálózat alapjának előkészítésével. A gyárlátogatás során ismét jó volt látni az acél- és alumíniumszalag-vágást és -préselést, a robottechnikával végzett karosszéria- és alvázgyártást, valamint a felületkezelést és festett autóvázak felöltöztetését, amelynek során most is két percenként gördül le egy-

egy autó a szerelőszalagokról.

A szakmai nap másik részében a résztvevők a BOSAL Hungary Kft. 10 hektáron elterülő gyártóüzemét keresték fel, ahol *Gajda Pál* igazgató megbízásából *Gréczy Ferenc* operációs vezető gépészmérnök fogadta a tanácsteremben a csoportot. A családi tulajdonban lévő céget 1923-ban alapították Belgiumban. A kecskeméti gyár 2003-ban létesült a vonóhoroggyártásra specializálva, miután kivásárolták az Autoflex-Knott teljes vonóhorog-profilját. Ma az olasz FIAT gyártmányú autók kivételével minden európai és japán gyártmányú személy- és kisteherautóhoz itt gyártják a

vonóhorgokat. A fejlődésre jellemző, hogy 2014-ben 35000 vonóhorgot gyártottak, 2017-ben 1,1 milliónál is többet fognak kiszállítani napi 45-50 kamionnal. Autóalkatrész-nagykereskedéseknek (pl. UNIX) úgynevezett utópiaci gyártás folyik a 15 évi kötelező alkatrészgyártási előírások teljesítésére. A vonóhorgokon felül tetőcsomagtartókat, tartósíneket, kipufogókat, valamint cabrio típusokba hátsó szélvédő szélfogókat gyártanak alumíniumból és műanyagból. A vonóhorgokat kizárólag fekete színben, mártásos beégetéssel, vagy porszórással festik két felületkezelő és előkészítő konvejsoron mozgatva. A technológiában a Dunafer által szállított acéllemez CNC-vezérelésű lézervágását, élhajlítást, valamint a 48 ikerállásos hegesztőautomatát szolgálja ki a szakmunkás kollektíva. Na-



■ A csoport a BOSAL Hungary Kft.-nél

ponta 45 t acél feldolgozása történik meg a csarnokokban, ahol a modern gömbforgácsolás is látványos része a gyártásnak.

Ma már 1000 alkalmazott van, akikből 143 nem fizikai munkát végez, közülük 31 mérnök szolgálja ki a folyamatos fejlesztőmunkát. Örömmel hallottuk, hogy a többi BOSAL gyár részére is itt folyik a fejleszt-

tőtevékenység. A szakképzett, begyakorlott munkaerő hiánya már itt is megjelent. Saját belső képzéssel próbálják enyhíteni a hiányt, amely ma Kecskeméten egy felmérés szerint 9500 körül van.

A 2014-ben felépült 8700 m²-es csarnokban helyet kaptak a fejlesztőhelyiségek mellett a vizsgáló- és tesztelőműhelyek is, a gépi kiszolgálású magaskraktárak mellett. Ma a raktárakban egy időben 2000 féle saját gyártású késztermék és vásárolt alkatrész van raktározva. Jelentős tevékenység az alkatrészcsomagok összeállítása és a csomagolás is, ami zsugorfóliás és papírdobozos csomagkészítést jelent. Az előadást követően a csoport gyárlátogatáson vett részt.

Dánfy László

XXIII. Szent Borbála Szakestély Dunaújvárosban Ma is élő hagyományok

Immár a huszonharmadik volt a sorban a bányászok és kohászok védőszentje, Szent Borbála emléke előtt tisztelgő szakestély, amelyet 2017. november 24-én rendeztek meg Dunaújvárosban, a Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Vas-kohászati Szakosztály dunaújvárosi szervezetének Isteni Fényben Tündöklő Dicső Firmái.

Az estély legmagasabb tisztségének betöltésére egyhangúlag *Lontai Attilát, alias Maxot* választották meg a résztvevők, aki szigorú, de igazságos elnökként határozottan kézben tartotta nemcsak díszes kupáját, hanem az este történéseit is. Mindjárt első intézkedésként kinevezte tisztségviselőit a rendezvény idejére. Major domusként *Győri Richárd alias Banános Joe* segítette az elnököt fontos feladatainak ellátásában. Kontrapunktként jól megállta a helyét *Hevesi Imre alias Ózdi herceg* és *Polányi Zoltán alias*

Popó is. cantus praeseként *Szentgyörgyi Zsolt alias Poéta avagy 2 perc szólásszabadság* gondoskodott az est folyamán a megfelelő nóták intonálásáról, míg fukszmajorként *Hajnal Péter alias EKSzibit* öröködött a balekság helyes viselkedése felett. A fuhrverek pedig afelett öröködtek

szorgalmasan, hogy nehegy elfogyjon az asztalokról az este hivatalos itala, a sör. A szakestély történéseit *Józsa Róbert alias Csörmester* dokumentálta, beszámolóknk képeiért is őt illeti köszönet.

A bányász, erdész és kohász himnuszok mellett számos szép régi nóta



■ A szakestély résztvevőinek egy csoportja

is elhangzott az est folyamán a gyertyafényes teremben. A szakestély kupáját *dr. Palotás Béla alias Béci, a Hegesztő* avatta fel és nem maradt el a komoly és a vidám pohár köszöntője sem. Előbbit *Nyikes Csaba alias Rácalmási Szatír*, míg utóbbit *dr. Csirikusz József alias Csernai* prezentálta.

Idén is akadt a setét pogányság tagjai között egy megkeresztelésre méltó személy, mégpedig *Balogh László*, aki sikeres bemutatkozó beszédében a mérlegekkel való speciá-

lis kapcsolatára is rávilágított. A szent keresztségben a *Koxfinác* nevet nyerte el, a keresztelési szertartást követően az erről szóló díszes oklevelet keresztszülei, *Pász Péter alias Koxdara* és *Polányi Zoltán* társaságában vehette át. A humort sem nélkülöző hozzászólások sorát zenés produkció is fűszerezte: *Tóth Szilvia alias Szivacs* vezényletével alkalmi zenekar tette feledhetetlenné a Szép az ifjúság című nótát.

A kellő időben megérkezett az este (egyik) fénypontja, a krampampuli is,

amelynek minősítését *Pallag János alias János vitéz* végezte el a tőle megszokott alapossággal. Vidám nótázgatással, sok-sok beszélgetéssel zárult az az este Dunaújvárosban. S ha majd egyszer résztvevőit az unokák megkérdezik arról, hogy mire emlékeznek vissza legszívesebben a nagy, füstös gyárban eltöltött évtizedeikből, a szakestélyek minden bizonnyal az említésre méltó események között lesznek. Jó szerencséjével még nagyon sokáig.

Szilágyi Irén

Megfiatalodó OATK

2017. október 15–17. között rendezték meg Balatonkenesén a XI. Országos Anyagtudományi Konferenciát 165 fő részvételével. *Dr. Verő Balázs* és *dr. Zsámbók Dénes* 1997. október 29-én indította útjára Dunaújvárosból az immár nagy múltú rendezvénysorozatot, melynek célja az elmélet és a gyakorlat együttes eredményeinek bemutatása a hazai közönség számára, legyen szó fémekről, kerámiákról, polimerekről vagy kompozitokról. Az anyagtudomány, az anyagvizsgálat és az anyaginformatika legfrissebb eredményeiről, fontosabb irányairól és az eredmények felhasználásáról számoltak be a hazai kutatóműhelyek képviselői előadások, rövid szóbeli előadások, valamint poszterelőadások keretében. A konferencia és a hozzá kapcsolódó kiállítás mindig nagyszerű lehetőséget teremt a résztvevők ismereteinek bővítésére, szakmai és tudományos együttműködések létrehozására.

Az idei rendezvényt a „Fiatal kutatók konferenciája” mottó jegyében hirdette meg a szervezőbizottság (*Bárány Tamás, Gubicza Jenő, Mertinger Valéria, Verő Balázs, Weltsch Zoltán*) *Szabó Péter János* elnöklésével. A konferencia zárásakor bebizonyosodott, hogy beteljesült a szervezők víziója, mert a résztvevők közel harmada, 48 fő volt diák. 37 fő képviselt 21 iparvállalatot vagy kiállítót, melyből kilencen standdal is megjelentek a rendezvényen. Nyolc kutatóhely, ill. nonprofit szervezet 12 főt delegált a rendezvényre, míg 10 egyetemről összesen 110 fő vett részt a konferencián. Har-



■ 1. kép. Dr. Czoboly Ernő (jobbra) kaptja a Magyar Anyagtudományi Egyesület díját

mincan egynapos részvétellel jöttek, s nekik igen nehéz lehetett azt az egy napot kiválasztani, mert nagyon tartalmas program biztosította az értékes időtöltést.

Rendhagyó módon vasárnap délután voltak a népszerű rövid szóbeli (short oral) előadások, melyet a spontán, vagy komoly előkészületeket megelőzően létrejött 10 fős csapatok kvíztéka követett. Vacsora előtt *Mende Tamás*, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának dékánhelyettese látványos tüzeléstechnikai kísérletekkel fokozta a hangulatot. Az est során *Czoboly Ernőnek* a Magyar Anyagtudományi Egyesület díját az anyagtudomány terén elért eredményeiért, az anyagtudomány hazai népszerűsítéséért és színvonalas műveléséért *Kaptay György* adta át (1. kép).

A hétfői és keddi plenáris előadók is fiatal kutatók voltak, *Benke Márton* a Miskolci Egyetemről „A TWIP/TRIP effektusról 30 percben”, míg *Tapasztó*



■ 2. kép. Kovács Dorina átveszi a Legjobb Poszter Díjat

Levente az MTA Műszaki Fizikai Anyagtudományi Intézetből „Kétdimenziós anyagok” címmel tartott előadást. A konferencia keretein belül *Gácsai Zoltán* moderálta a fiatal kutatói perspektívák Magyarországon témájú kerekasztal-beszélgetést, ahol *Cseh Dávid* DOSZ elnökségi tag és *Fehér Jánosné*, az Arconic-Köfém Kft. menedzsment tagja más-más szemszögből közelítették meg az aktuális kérdéseket. *Gyulai Józsefnek*, a tudományos bizottság elnökének hozzászólása nagyon népszerű volt a fiatalok körében.

Az idei évi konferencia emblémája és a fótópályázat győztese *Juhász Koppány* szegedi PhD-hallgató platina nanorészecskékből álló kompozíciója volt. A tudományos bizottság döntése alapján a Legjobb Poszter Díjakat is fiatal kutatók nyerték el. 1. hely: *Kovács Dorina* (BME ATT, 2. kép) „Plazmanitridálás során használt bias feszültség hatása” c. posztere, 2. hely: *An-*

gel Dávid Ádám (ME FKNI) „A perzeri technológiával készült félkész termék szemcseszerkezetének és kristálytani textúrájának jellemzése a teljes gyártástechnológia során” c.

munkája, 3. hely: *Asztalos Lilla* (BME ATT) „Sztentek korróziós tulajdonságainak vizsgálata” c. poszttere.

De nemcsak a díjazottak, hanem minden résztvevő profitált ebből a

rendezvényből, mely a szervezőbizottság döntése alapján két év múlva folytatódik.

Mertinger Valéria



MEGHÍVÓ

az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület

2018. május 26-án, szombaton

10:00 órakor kezdődő

108. (tisztújító) KÜLDÖTTGYŰLÉSÉRE

Helyszín:

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet II. emeleti díszterem
1143 Budapest, Stefánia u. 14.

TÁJÉKOZTATÓ

Az OMBKE és az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) 2018. április 5–8. között Gyulafehérváron rendezi meg a XX. NEMZETKÖZI BÁNYÁSZATI, KOHÁSZATI ÉS FÖLDTANI KONFERENCIÁT

A konferencia programja:

április 5., csütörtök: délután regisztráció, elszállásolás

április 6., péntek: egész napos szakmai kirándulás

április 7., szombat: délelőtt: konferencia megnyitó, plenáris előadások, délután: szekció-előadások, poszterek bemutatása
április 8., vasárnap: hazautazás

A bányászati, kohászati kirándulás útvonala: Gyulafehérvár – Tövis – Marossszentimre – Boroskrakkó – Magyarigen – Zalatna – Kisompoly – Ompolygyepű – Szászsebes – Gyulafehérvár

A konferenciára az OMBKE Budapestről autóbustot indít.

Az úttal kapcsolatos kérdésekre az OMBKE titkárságon Csányi Judit ad felvilágosítást (tel.: 201-7337;

e-mail: ombke@ombkenet.hu).

Jó szerencsét!

Dr. Gagyi Pálffy András ügyvezető igazgató

NEKROLÓGOK

Dr. Rempört Zoltán

1922–2017



Az elmúlt egy évben a hazai vaskohászat négy jelentős egyéniségétől kellett búcsút vennünk: Sziklavári Jánostól, Szőke Lászlótól, Mydló Antaltól, legutóbb pedig, 2017 decemberében Rempört Zoltántól. Valamennyien elmultak 90 évesek, szép életkort éltek meg. Távozásukkal nemcsak családjuk, hanem a hazai vaskohászat is sokat veszített.

Dr. Rempört Zoltán utolsó beszélgetésünk során megfogalmazta azt a szemléletet, ami pályáját meghatározta. Szerinte valamennyi szakmának három szintje van: mestersége, tudománya és kultúrája. Pályafutása ennek a gondolatnak megfelelően alakult: mindhárom szinten nagyot és maradandót alkotott.

Rempört Zoltán 1922. december 27-én született egy Vas megyei községben. 1942-ben érettségizett a jó hírű pápai református gimnáziumban, majd a hazai bányászok és kohászok akkori alma

materében, Sopronban szerzett kohómérnöki oklevelet 1946-ban.

Friss diplomásként, 1946-ban a Diósgyőri Vaskohászati Üzemben kezdett dolgozni, ahol közel 10 évet töltött. Különböző, egyre magasabb beosztásokban, de mindig a termelés területén maradv dolgozott; itteni pályafutását gyár- és részlegvezetőként fejezte be. Ennek során megismerkedett a minőségi, ötvözött rúdaccéltermelés műszaki problémáival, közreműködött a termékválaszték szélesítésében, a minőség javításában.

Ezután 27 éven keresztül irányította a Lőrinci Hengermű műszaki munkáját. Elsősorban itt alkalmazta gyakorlati feladatainak megoldásához a tudományos ismereteket. Irodalmi tanulmányok alapján, a kor legfontosabb anyagtudományi eredményeinek alkalmazásával közreműködött a Dunaferr mikroötvözött acéltípusainak kifejlesztésében. Eredményeit egyebek között az Erzsébet hid építé-

sénél használt acéllemezek kifejlesztése és gyártása során hasznosították.

Fontos szerepet játszott az alapanyagot gyártó Dunai Vasmű és a termékeket felhasználó vállalatok, elsősorban az acélszerkezet-gyártók közötti együttműködésben.

Népszerű volt mind a vállalatvezetők, mind a munkatársak között. Amikor 60 éves korában, 1983-ban nyugdíjba ment, a Dunafer és a Lőrinci Hengermű vezetői díszvacsorát rendeztek tiszteletére. A Hengermű alapításának 60. évfordulója alkalmával, jóval nyugdíjazása után megkapta a Hengermű Kiváló Dolgozója kitüntetését.

Rempört Zoltán azonban nem olyan ember volt, aki nyugdíjazása után büszkén ült megszerzett babérjain.

Szakmai lelkiismeretét, alaposágát, a pápai gimnáziumban szerzett humán érdeklődését a magyar vaskohászat történelmének kutatására és leírására fordította. Ráébredt, hogy a szakmai történetírással a szakmabeliek és a történészek nem szívesen foglalkoznak, mert ezen a területen nehezebb érdekes, széles érdeklődésre számot tartó eredményeket elérni. Ekkor kezdett foglalkozni a szakma általa megfogalmazott harmadik szintjével, a hazai vaskohászati szakma történelmével. A hazai vaskohászat történelmét Heckenast Gusztáv a 19. század elejéig feldolgozta, majd úgy gondolta, hogy a további fejlemények feldolgozásához a vaskohászatban megindult rohamos fejlődés, a technológiák átalakulása miatt igazi szakemberre van szükség. Rempört Zoltán szakmai teljesítménye és alkata miatt alkalmas volt erre a feladatra és vállalta a kihívást. Ezt követően közel 30 éven keresztül – hosszabb ideig, mint amit a Lőrinci Hengerműben töltött – bújta a levéltárakat, könyvtárakat, múzeumokat és írta cikkeit, könyveit a magyar vaskohászat történelméről. Cikkei sorra jelentek meg a szakma folyóiratában, a Kohászati Lapokban, továbbá a Történelmi szemle, a Gép, a Dunai Vasmű, a Szakmatörténeti Szemle oldalain; rendszeresen tartott előadásokat a különböző szakmai fórumokon. Három, könyv formájában kiadott művében a hazai vasipar 19. századi fejlődését írta le. Utolsó munkája, a „Magyarország vasgyártásának 1100 éves története”, egyelőre kéziratban áll az érdeklődők rendelkezésére.

Történelmi érdeklődése azonban már korábban, még aktív gyári vezető korában megnyilvánult. Ekkor a gyár anyagi lehetőségeit kihasználva mecenatura segítségével támogatta a vaskohászati régészeti tevékenységet. Ily módon sikerült elérnie, hogy a Gömöri térségben ásatásokat tudtak folytatni és az ásatások során feltárt bucakemencékből egy-egy példányt a rudabányai, az ózdi és a dunaújvárosi kohászati gyűjteménynek adtak át.

Rempört Zoltán tevékeny tagja volt az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. A Vaskohászati Szakosztály vezetőségének hosszú időn keresztül tagja volt; elnöke volt a Nívódíj Bizottságnak, titkára a Hengermű Szakcsoportnak, elnöke a Történelmi Bizottságnak. Munkáját az egyesület két emlékéremmel és a legmagasabb kitüntetését jelentő tiszteleti tagsággal ismerte el. Az egyesület felterjesztésére a szakminisztérium 2006-ban a Szent Borbála-éremmel tüntette ki.

Országos jelentőségű szakmai munkáját az állami irányító szervezetek is elismerték: számos kitüntetés, elismerést kapott. Az életpályájával foglalkozó szakmai folyóiratokból ezek megismerhetők. Közülük két nem szokványosat érdemes kiemelni: a közlekedési minisztertől Margit híd és Lánchíd emléklapot kapott, mert a Lőrinci Hengerműben készült lemezeket használták fel a háború során felrobbantott hidak újjáépítése során.

Rempört Zoltán mint ember is rokonszenves, művelt, komoly egyéniség volt, aki szívesen osztotta meg ismereteit barátaival, ismerőseivel. Élvezet volt hallgatni visszaemlékezéseit ifjúságáról, szakmai tevékenységéről, újabb felfedezéseit a magyar vaskohászat történelméről.

Dr. Rempört Zoltán pályáját, életművét áttekintve ellent kell mondanunk a középkori Halotti Beszéd megállapításának, miszerint csak por és hamu vagyunk. Rempört Zoltán ennél sokkal többet hagyott maga után: emléke tovább él barátai, pályatársai emlékeztében, könyveivel pedig örök emléket hagyott az utókorra.

Isten nyugosztaljon, Zoli bácsi, nyugodjál békében, jó szerencsét!

Tardy Pál

Horváth György

1924–2017



Horváth György Sopronban született 1924. szeptember 10-én. Középiskolai tanulmányait a Soproni Bencés Gimnáziumban végezte. Az alma mater 1944-ben sorai közé fogadta, és 1950-ben szerezte meg kohómérnöki diplomáját.

Az egyetem elvégzése után a Tüzeléstan Tanszéken nyert alkalmazást mint demonstrátor, később pedig tanárséggé nevezték ki. Kollégájával – Szalay Jánossal – rendezték első ízben sajtó alá és adták ki dr. Diószeghy Dániel professzor előadásanyagát. Megvalósították a tüzeléstan gyakorlati oktatását.

Tanszék Miskolcra való költözése után az iparban helyezkedett el. Műszaki érdeklődése az alumínium új, izgató jövője felé fordult, és így a székesfehérvári MASZOBAL, majd a Köfém lett új munkahelye 1952-től.

MEO- és laboratóriumvezető, hengerműi üzemvezető, beruházási létesítményvezető, beruházási főosztályvezető beosztásokat töltött be több mint három évtizeden keresztül, 1984-ben bekövetkezett nyugdíjazásáig.

A vezetői feladatokon túlmenően aktívan foglalkoztatta az alumínium és ötvözetek metallográfiája, az alakí-

tás és hőkezelés hatásának vizsgálata az alkalmazott technológia és a termék minőségjavítása érdekében.

Beruházási tevékenységével részt vett a Köfém nagy ívű fejlesztésében 1964 és 1984 között. A szélesszalag-hengermű nagyberuházás programjában a műszaki előkészítéstől az üzembe helyezésig a későbbi fiatal üzemeltető kollégákkal szorosan együttműködve szakmai következettségével és baráti segítségnyújtásával döntően járult hozzá a fejlesztés sikeréhez.

Munkássága elismeréseként két esetben a NIM kiváló dolgozója kitüntetését, majd a „kiváló kohász” címet adományozták neki.

1952-től volt az OMBKE tagja. 1955-ben részt vett a helyi csoport megalapításában, majd az 1958–1965 közötti időben a titkári feladatokat látta el.

A Miskolci Egyetemtől aranyoklevelet, egyesületünkől az 50 éves tagságért Soltz Vilmos-emlékérmet, majd 2005-ben OMBKE-plakett kitüntetését kapott.

Horváth György temetése 2017. október 9-én Székesfehérváron volt.

Nyugodjon békében!

Csurgó Lajos

Osvald Zoltán

1931–2017



A magyar Timföldgyártás jelentős mérnöke pihent meg örökre. Ajkán született, és már a gimnázium elvégzésekor, 1944-től többször dolgozott édesapja mellett az ajkai gyárban. 1951–1956 között a Budapesti Műszaki Egyetemen tanult, és 1956 tavaszán vegyész-mérnöki oklevelet kapott. 1956–1958 között az Ajkai Timföldgyárban dolgozott, mint üzemrészvezető, majd 1958–1971 között a budapesti Fémipari Kutató Intézet állományában timföldipari kutatómunkát végzett, közben az FKI kiküldetésében 1963–1966 között dolgozott az Almásfüzitői Timföldgyárban. Az 1960-as években a Magyar–Szovjet Timföld–Alumínium Egyezmény teljesülése érdekében az FKI-ban önálló timföld-technológiai osztályt létesítettek, amelynek egyik fontos tudományos munkatársává lépett elő.

1972-től 1991-ig a Magyar Alumíniumipari Tröszt timföld-technológiai főmérnökévé nevezték ki. 1973-tól mintegy hét éven át tevékeny felügyelője volt a MAT részéről az új ajkai – 2. számú – korszerű timföldgyár építésének és üzembe helyezésének, részben mint a

MAT vezérigazgatójának tanácsadója is. A gyár működését azonban továbbra is figyelte és szíven viselte. Munkája során részt vett a Bayer-timföldgyártás technológiai és energiagazdálkodási fejlesztésében. Elért eredményeit több szabadalom és találmány jelezte, közöttük legfontosabb a diaszporos és böhmites bauxitok együttes feltárása, a feltárandó bauxitos zagy kétlépcsős beállítása. A csőfeltárás kísérleti kidolgozásában szakértőként nyújtott segítséget. Eredményeit az Alumíniumipari Tervező Vállalat értékesítette az ajkai 2. sz. gyár és a romániai Tulceai Timföldgyár tervezése során.

Mérnök létére nagy műveltséggel rendelkezett, és szellemi frissességét élete utolsó percéig megőrizte. Bármely munkahelyre is került, körültekintő és alapos munkával látta el feladatait, szerénységével, segítőkészségével sokak szeretetét kiérdemelte és példát mutató fiatalabb kollégáinak is.

Szomorú szívvel mondunk neki a még élő kollégák nevében is utolsó

Jó szerencsét!

-oi + ok-

Hullán Szabolcs

1940–2017



Hullán Szabolcs okl. kohómérnök Budapesten, 1940. szeptember 18-án bányász-kohász családban született, 2017. november 26-án hosszú betegség, de nem hosszú szenvedés után Vácgyegesen elhunyt. Általános és középiskoláit Budapesten végezte, a NME Kohómérnöki Karán 1963-ban szerzett fémkohómérnöki diplomát.

Kiterjedt bányász-kohász dinasztia-ból származik, a családnak csak a fémkohászattal kapcsolatos emlékezete: nagyapja Hullán János, édesapja Hullán Tibor fémkohász kohómérnök, dédapja, Michaelisz Gusztáv és annak öccse, Michaelisz Samu szintén kohómérnök volt. A bővebb családban mintegy húsz, legkülönbözőbb végzettségű (bánya-, gépész-, építés- stb.) mérnököt találunk.

Első munkahelye a Kőbányai Vas- és Acélöntöde Kutatási és Fejlesztési Osztályán volt. Érdeklődési körébe tartozott hőkezelés, anyagvizsgálat, metallográfia, meleg és hideg technológiák, elsősorban a saválló és hőálló acélokra vonatkozóan. A szerződéses idő lejártakor a MÁV Központi Felépítményvizsgáló Főnökséghez került, és onnan többszöri jogutódváltást követően 2001-ben ment nyugdíjba.

A MÁV-nál első lépésként az ún. szakmérnöki vizsgát tett, ami zömmel pályaeépítési és fenntartási szakvizsgák sorából állt. 1976 és 1978 között a BME-en hegesztő szakmérnöki diplomát, és a továbbiakban Magyar Szab-

ványügyi Hivatal által szervezett posztgraduális képzésen szabványalkotói oklevelet szerzett 1984-ben.

A MÁV-nál először beosztott mérnökként dolgozott, majd 1976-tól osztályvezetőként. Napi munkája a vasúti pálya részére szükséges felépítményi anyagok vizsgálata, minősítése és átvétele volt a legkülönbözőbb belföldi és külföldi üzemekben. Munkája kiterjedt minden olyan alapanyag, késztermék vizsgálatára, s mindenre, ami a vasúti pálya építéséhez szükséges. Külön feladata volt a vasúti pálya alumínotermitikus hegesztéséhez szükséges anyagok minősítése, valamint a helyhez kötött és mobil leolvasztó hegesztések vizsgálata és minősítése. A felépítményi anyagoknak a használat során előforduló rendszeres, vagy egyedi tönkremenetelét, meghibásodásuk vizsgálatát szintén az általa vezetett osztály végezte. Mindezek szertágazó gyártástechnológiai és szabvány, valamint szerződéskötés–visszaigazolás körébe tartozó ismereteket igényeltek.

Személyes beszélgetések során tisztelettel és szeretettel emlékezett meg volt főnökeiről és munkájában előtte járó elődeiről. Első főnökét, dr. Hajtó Nándort mind emberi, mind szakmai példaképként őrizte meg.

A régi kollégák, pályatársak kohász köszöntéssel kívánnak utolsó

Jó szerencsét!

Káplánné Juhász Márta

Dr. Kócsó Illés

1927–2017

Kócsó Illés szenvedése két nappal 90. születésnapja után, 2017. november 24-én véget ért.

A Szeged melletti Balástyán született 1927. november 22-én. A háború utáni társadalmi mozgások kedveztek a tanulni vágyó fiatalembernek, akít a Budapesti Műszaki Egyetemre vettek fel. Mint végzős gépészmérnök-hallgató, a porkohász Nagy Endre tanítványai közé tartozott. Az ő ajánlására lett az alakulóban lévő Vasipari Kutató Intézet dolgozója, 1951-ben. Az intézetbe költözésben tevékenyen vett részt. Szervezőtehetségét feleltették és munkatársai már akkor elismerték. Eközben megvédte gépészmérnöki diplomamunkáját. Ettől kezdve élmény volt számára a kutatás, a porkohászat iránti érdeklődését fokozta, hogy megalakult a Porko-

hászati Osztály, amelynek tudományos munkatársa lett.

Az osztály az 50-es évek elején részt vett a PORKO vasporkohászati gyár tervezésében, amelynek témavezetője Kócsó Illés volt. A porkohászok számára a korszak nagy kihívása lett az oxidmágnesek kutatása és hazai gyártásának megvalósítása. Az oxidmágnesek, azaz ferritek, hazai előállításukat a felhasználó iparágak kezdeményezték és támogatták. A VASKUT eszközei felüzemi gyártásra is alkalmasak voltak, majd megépült a Híradástechnikai Anyagok Gyára Vácott, és a VIDEOTON hangszórómágnese gyára Székesfehérváron.

Kócsó Illés ezt a kutatást már mint főmunkatárs vezette. Ebben a témakörben írt egyetemi doktori dolgozata meg-

védése után a Budapesti Műszaki Egyetemen műszaki doktorrá avatták.

A Porkohászati Osztály bővülő feladatokkal Különleges Anyagok Osztályává nőtt, majd felszereltsége, műszerezettsége, eltérő érdekkörei lehetővé tették, hogy kiváljon belőle a Mágneses Anyagok Osztálya, dr. Kócsó Illés tudományos osztályvezetői megbízásával. Az osztálynak a porkohászat továbbra is kiemelt területe maradt. A ferritek mellett más különleges fizikai tulajdonságú ötvözetekkel, lágy- és keménymágnesekkel is foglalkoztak. Ezek közül a ritkaföldfém–kobalt mágnesekre irányuló kutatás elvezetett a Recoma mágnesek gyártásának a bevezetéséhez a svájci BBC cég know-how-ja alapján.

Dr. Kócsó Illést szabadalmi alapján

Kiváló Feltalálónak minősítették. Szakmai munkáját több alkalommal ismerték el Kiváló Dolgozó kitüntetéssel, tagja volt a Vaskut Törzsgárdájának.

A kutatott anyagok újdonsága szükségessé, saját eredményei pedig lehetővé tették, hogy tanulmányutakon és számos konferencián vegyen részt. 1989-ben ment nyugdíjba. A Vaskut végnapjait nem élte át közvetlenül. Reméljük jó és szép emlékei maradtak, munkáját, munkatársait megtartotta jó emlékezetében.

Dr. Kócsó Illéstől úgy búcsúzzunk el, mint a Vaskut alapító gárdájának egyik utolsó tagjától.

És tartsuk meg jó emlékezetünkben...

Solymár Márta

Varga Ferenc 1955–2018



2018. február 2-án tragikus hirtelenséggel hunyt el Varga Ferenc okleveles kohómérnök, a Schmelzmetall Hungária Kft. ügyvezető igazgatója.

Devecseren, 1955. június 1-jén született. Édesapja bányakapitány, egyik testvére bányamérnök volt. A családi környezet irányította érdeklődését tágabb szakmánk és további tanulmányai felé.

Középiskolai tanulmányait Veszprémben, a vegyipari technikumban végezte. Érettségi után a Nehézipari Műszaki Egyetemen tanult tovább, és szerzett metallurgus kohómérnöki diplomát 1978-ban. Ezt követően 1978-tól 2001-ig a Csepeli Fémműben dolgozott mint technológus, gyártmánycsoport-felelős, főmetallurgus, főtechnológus, intézetvezető és üzletág-igazgató.

A sikeres privatizáció után 2001-től a Schmelzmetall Hungaria Kft. ügyvezetője lett, amely a Csepeli Fémmű Vákuumöntödéjéből és Kísérleti üzeméből létesült. Irányítása alatt valósult meg ezekhez kapcsolódóan egy kovácsolózem.

A szakmai munkáját mindig a gyártmány-, gyártás- és technológiafejlesztés képezte, amely felölelte a rézkohászat több területét. Mindvégig a fémmetallurgiával volt kapcsolatos a tevékenysége. Szakterületén országos elismertségnek örvendett. Munkája során gyakran dolgozott együtt a Miskolci Egyetem tanzsékeivel és kutatóival. Szakmai sikerei kiterjedtek – a teljesség igénye nélkül –

a nagy ellenálló képességű grafitkórállak kidolgozására, a közvetlen hidegalakításra alkalmas rézötvözetű szalagok (CuZn, CuNi, CuNiZn) folyamatos öntésére, a tűzi rézfinomítás salakvezetésére, a 1,5 tonnás vákuumkemence korszerűsítésére és teljesítményének stabilizálására, valamint a berilliummentes nagy szilárdságú ötvözetcsalád meghonosítására. A közelmúltban a nagy hőmérsékleten alkalmazható, korrózióálló bronzötvözetek előállításán dolgozott.

Az OMBKE-nek 1975-től volt tagja, 2010-től a Fémkohászati Szakosztály alelnöke. Az egyesületnek nagyvonalú támogatója volt. Helyet adott a Fémkohászati Szakosztály rendezvényeinek a kft. tanácstermében. Cégének fő szponzorálásával valósulhattak meg az évi Fémkohász Napok Miskolcon.

Az OMBKE-től 40 éves tagságáért Sóltz Vilmos-émlékéremet kapott. 2009-ben az egyesület támogatásáért a Schmelzmetall Hungaria Kft. OMBKE Nagyplakett kitüntetésben, ügyvezetője, Varga Ferenc pedig OMBKE Kispakett kitüntetésben részesült. Az egyesület 2012-ben Szent Borbála-érem miniszteri kitüntetésre terjesztette fel, amit meg is kapott.

Szűk családi körben, Veszprémben helyezték örök nyugalomba.

Kollégáid nevében búcsúszom, utolsó Jó szerencsét kívánva

BT

Képek a 2017. évi Szent Borbála-napi központi ünnepségről



Az ünnepség hallgatósága



Szabó Ferenc átveszi a kitüntetést



Dr. Pintér Richárd átveszi a kitüntetést



Lontai Attila átveszi a kitüntetést



Dr. Kiss László átveszi a kitüntetést



Magyar tudás és szakértelem
több mint 115 éve



TEKA MAGYARORSZÁG ZRT.

A Teka Magyarország Zrt. ma Magyarország piacvezető fényes szerelvény gyártója, emellett a víz- és gázfelhasználású golyóscsapok egyik legnagyobb európai előállítója. A vállalat neve a 2013. januári bejegyzés óta Mofém Zrt.-ről Teka Magyarország Zrt.-re módosult. Ennek keretében a magyarországi piacon átvettük a Teka konyhatechnikai termékek forgalmazását. Az új cégnév is jelzi, hogy tevékenységünk súlya, szerepünk a TEKA csoporton belül jelentősen megerősödött.

Az évtizedek során felhalmozott tapasztalat és szaktudás nemcsak a cég, de az egész magyar ipari kultúra részévé vált. Ez a tradíció napjainkban is meghatározó, mely évről évre gyarapszik biztos alapot teremtve az elkövetkező évek-re. Nem véletlen, hogy a céggel történelmileg szorosan összeforrt MOFÉM márkanevet oly gyakran az ipari Hungaricum jelzővel illetik.

Ezzel összhangban tovább erősítjük márkáink piaci pozícióit, magyar márkánkat, a MOFÉM-ot tovább fejlesztjük, bővítjük, míg világmárkánk, a TEKA tekintetében a márka ismertségének növelése, versenyképességünk fokozása a cél. Személyes elkötelezettségünk, hogy nemcsak az előttünk álló időszakokkal kívánunk foglalkozni, hanem múltunk hagyományait, szellemi és tárgyi örökségét is gondozzuk, ápoljuk.

A Teka Csoport vállalatai 37 országban vannak jelen, melyek Teka mosogatókat és berendezéseket öt kontinens 125 országában értékesítenek. Az 1900-ban az egykori Osztrák–Magyar Monarchia területén alapított vállalkozás azok közé a cégek közé tartozik, ahol a gyártás és termékfejlesztés kultúrája a kezdetektől fogva áthatotta annak működését.