

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

148. évfolyam

2015/6. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 P. R. Scheller – K. Hack – S. Petersen – Qifeng Shu:** A zárványosság kialakulása az acélban üstmetallurgiai kezelés során – szimulációs modell ipari folyamatokhoz
- 6 Thiele Á.:** A foszfor szerepe a vas archeo-metallurgiájában – a Somogyban folyó avar és honfoglalás kori vaskohásztól kezdve a korabeli damaszkolt pengékig
- 9 Kunhalmi G.:** A Garam-völgyi vasművek és a Coburgok

Öntészet

- 13 Tóth J. – Diószegi A. – Tóth L. – Svidró J. T.:** Öntődei formázókeverékek hőfizikai tulajdonságainak vizsgálata
- 16 A szakmánk él és fejlődik 2.0!**
- 18 A 23. Magyar Öntőnapok diákszekciójában elhangzott előadások rövid összefoglalója**

Fémkohászat

- 24 Penk M.:** Új alumínium átolvasztómű Inotán
- 27 Mikó T.:** Zömítővizsgálatok Al1370 alumíniumon
- 30 A XVI. Fémkohász Szakmai Napról...**
- 31 Hogyan tovább MMKM Magyar Alumíniumipari Múzeum?**
- 32 Hároméves gyakoriságra vált a „Bright World of Metals” vásárnégyes**

Anyagtudomány

- 33 Buza G. – Erős A. – Fazakas É.:** A hegesztési munkagáz összetételének hatása a plazmaképződésre a lézersugaras hegesztés során
- 37 Csanádyne Bodoky Á. és társai:** Ganz Ábrahám vasúti kerekeinek titkai anyagtudományi vizsgálatok tükrében
- 43 Koszorúzás Sopronban**

Felsőoktatás

- 44 Interjú dr. Varga Lászlóval, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Öntészeti Intézet igazgatójával**
- 47 A Műszaki Anyagtudományi Kar rövid hírei. 2015. december**

Hírmondó

- 48 Emlékezés Sáfár László szakosztályelnökre**
- 49 Egyesületi hírek**
- 51 IX. Fazola Fesztivál**
- 52 Dr. Varga Ferenc életműve halálának 25 éves jubileuma alkalmából**
- 54 Köszöntések**
- 55 Nekrológok**

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

FROM THE CONTENT

P. R. Scheller – K. Hack – S. Petersen – Qifeng Shu: Inclusion development in steel during ladle metallurgical treatment – a simulation model for industrial processes1

A comprehensive model for inclusion development in gas stirred ladles developed by the authors is validated in the industrial ladle treatment processes. The important factors, like stirring intensity, reaction between steel and slag as well as refractory material, and the conditions needed for separation and floatation of non-metallic inclusions are taken into account on the basis of industrial data. FactSage and SimuSage packages are employed as the thermodynamics database and simulation tools, respectively. The comparison between model predictions and actual plant data shows good agreement as well for 210 t heats as for 30 t heats and different steel grades.

Thiele Á.: The role of phosphorus in the archaeometallurgy of iron – from the Avar and conquering age iron smelting in Somogy to the contemporary European pattern welded blades 6

Bloomery iron of high phosphorus content (phosphoric iron) was extracted by the smelting of phosphorus rich bog iron ores in Somogy County, Hungary in the Avar and conquering ages. Phosphoric iron was widely used by the contemporary iron industry for the famous pattern welded blades.

After archaeometrical analysis of several European medieval pattern welded knife and sword blades we made samples for mechanical testing of bloomery alloys extracted by smelting bog iron ores from Somogy County. Based on the results we concluded that the technique of pattern welding employed in the manufacture of historical knife and sword blades – as opposed to the contrastive statements of several literatures and popular belief – does not have any important positive effects on mechanical properties. The function of pattern welding was rather decorative.

The PhD-thesis related to this paper could be downloaded from the website of Hungarian scientific Bibliography database: <https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/1357>

Kunhalmi G.: Iron works in the Garam Valley and the Coburgs9

The foundation and history of ironmaking plants in Garam valley is coupled with name of Coburg family. Many technical and quality improvements were applied in this

plants. Nowadays Železiarne Podbrezová take the function of ironmaking and it is the good level in Slovakia and also abroad area.

Tóth J. – Diószegi A. – Tóth L. – Svidró J. T.: Investigation of the thermophysical properties of moulding mixtures ...13

Since the tolerances for castings became increasingly tight lately, moulding material based research came into focus. Thermal properties of the applied mixtures have significant importance on the quality of castings and play a main role in the formation of casting defects. The method presented in this paper provides real foundry conditions to study the high temperature processes in moulds and cores. The results bring along new information about the thermophysical properties of moulding mixtures used in foundry technology.

Résumé of lectures held in the students' section of the 23rd Hungarian Foundry Days18

Bartus B.: Research of the relationship between the strength properties of foundry sands and cores

Bubenkó M.: Investigation of the mechanical properties of artificial resinous core sand mixtures

Mádi L. J.: Examination of the properties of resin bonded core mixture during thermal load

Ádám E. – Mádi L. J.: Examination of resin burnout of resin bonded sand core mixtures

Juhász Á.: Examination of melt-sand core interfacial phenomenon

Boros V.: The examination of the effects of reduced strontium content

Bencze G.: Reduction of inclusions by cleaning fluxes in case of Al-Si casting alloys

Nagyházi N.: The effect of changing the technological parameters on high-pressure die castings

Halápi D.: Development of a gravity die casting via control volume simulation

Penk M.: New aluminium remelting plant in Inota 24

New remelting plant has been installed in Inota plant in 2015. The goal of the investment is to produce aluminium casting alloy and wrought alloy aluminium ingots by remelting aluminium scrap. The key point of the process is the professional sorting method that enables to charge the metal scrap according to the needed chemical composition of the outcoming ingots. Using scrap in different forms such as skimmings,

Continued on page B3

• **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. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelne Kiss Katalin, Schudich Anna, Szabados Ottó, 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

PIOTR R. SCHELLER – KLAUS HACK – STEPHAN PETERSEN – QIFENG SHU

A zárványosság kialakulása az acélban üstmetallurgiai kezelés során – szimulációs modell ipari folyamatokhoz*

A szerzők átfogó modellt dolgoztak ki a zárványok összetételének és minőségének számítására gázzal kevert üstben; a modell helyességét ipari kísérletekkel igazolták. Ipari adatok alapján vették figyelembe a keverés intenzitását, az acél és a salak, ill. falazat közti reakciókat, a zárványok távozásának feltételeit. A FactSage és SimuSage szoftvercsomagokat használták a termodinamikai jellemzők, ill. szimulációs módszerek meghatározásánál. 210 t és 30 t súlyú adagok kezelése során kapott mérések eredményeit és a modellel számított értékeket összehasonlítva az egyezés jónak bizonyult.

Bevezetés

Az acél tisztaságának javítása a kutatók egyik legfontosabb feladata a kohászati folyamatoknál. A nemfémes zárványok rontják a termékek mechanikai jellemzőit és felhasználói tulajdonságait. Emellett a zárványcsomók az öntőcső elzáródását okozhatják és így komolyan veszélyeztethetik az acélgyártás folyamatát. Az acél minőségének javítása céljából nagy erőfeszítéseket tesznek az üstkezelés szabályozására a nemfémes zárványok eltávolítása érdekében [1]. Fontos, hogy ismerjük a zárványosság kialakulását az üstmetallurgiai kezelés során, mivel ennek befolyásolásával javítható a termék minősége.

Nagy mennyiségű zárvány keletkezik a dezoxidáció és ötvözés után. A salak FeO és MnO tartalma növelheti a zárványok mennyiségét. Gázkeverést alkalmaznak az acél összetételének és hőmérsékletének homogenizálására, a salak-fém reakciók kiné-

tikájának növelésére és a zárványok eltávolításának elősegítésére. A zárványok ütközhetnek egymással és összetapadhatnak, majd felúsznak az acél-salak határfelületig és eltávozhatnak a salakba. A zárványok összetétele folyamatosan változik a salakból és a tűzálló anyagból származó kalciummal és magnéziummal reagálva. A fedősalak és az acél határfelületén lejátszódó reakciók hatására az acél összetétele is változhat, ily módon módosul a zárványok összetétele is. A termodinamikai paraméterek mellett a zárványok kifejlődését számos más paraméter is befolyásolhatja, pl. az üstfalazat, az acélolvadékban kialakult áramlások stb. Nagy kihívás ezért a zárványok kialakulását leíró modell kidolgozása. Már eddig is jelentős munka folyt a zárványosság kialakulását illetően üstmetallurgiai kezelés során [2, 3]. A korábbi modellekben csak részfaktorokat vettek figyelembe (pl. a salak-fém reakciók, áramlási folyamatok).

Sok kutató vizsgálta a zárványok eltávolításának mechanizmusát gázbefúvású üstben különböző modellek segítségével [3]. A salak-fém reakciókat úgy vizsgálták, hogy az acél, a salak és a zárványok között egyensúlyi állapotot tételeztek fel [4, 5, 2]. Ennek eredményeként valamennyi oxidfázisnak azonos, homogén összetételűnek kell lennie. Ennek alapján a fedősalak összetételének szabályozását javasolták, a salak-fém reakciók fontosságának ismeretében [2]. Ismeretes azonban, hogy ipari körülmények között a zárványok különböző összetételűek és heterogének, ami a kezelés során bekövetkezett változásokat jelzi. A mintavétel időpontjától függően különböző zárványösszetételeket találnak. Újabb publikációkban a reakciók kinetikai tényezőit is figyelembe veszik az üstmetallurgiai kezelés során [6–8]. A zárványok összes CaO-, Al₂O₃-, SiO₂- és MgO-tartalma a kezelés függvényében számítható. A modellben feltételezik a zárványok eredetét és mennyiségét, majd ipari és saját laboratóriumi eredményekkel való összehasonlítás alapján pontosítják.

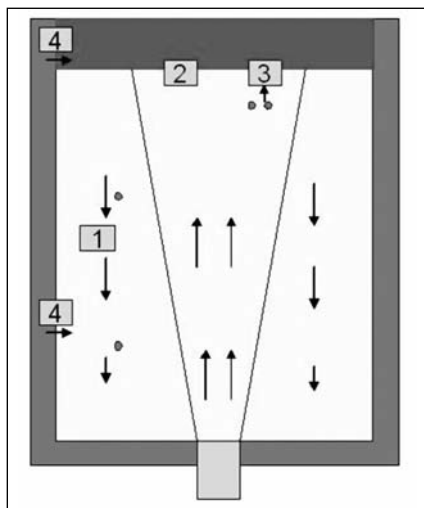
Eddig a szerzők által korábban közölt [9–11] modell eredményeit ismertették, amelyben figyelembe veszik a fent említett paramétereket és kiszámítják a ténylegesen előforduló komplex zárványokat. Jelen munka célja, hogy bemutassák a gázzal kevert üstben a zárványok kialakulására szolgáló modell ipari alkalmasságát, amely figyelembe veszi az áramlások, a salak-fém reakciók, a zárványok eltávolozása és a tűzálló anyagokkal való kölcsönhatások paramétereit. Leírják továbbá a zárványosság befolyásolására irányuló ipari alkalmazást. A

Piotr R. Scheller, Prof. Emeritus Bergakademie Freiberg;

Klaus Hack és Stephan Petersen, GTT Technologies GmbH, Herzogenrath, Németország;

Qifeng Shu, University of Science and Technology Beijing, Kína.

* Az előadás a 2015. szeptember 8–10. között Budapesten tartott Clean Steel konferencián hangzott el.



■ **1. ábra.** A zárványosság alakulását befolyásoló paraméterek gázkeverésű üstben: 1. az acél és a salak keveredése az üstben; 2. fém-salak reakciók; 3. a zárványok távozása; 4. a falazat kölcsönhatása az acéllal és a salakkal

modell felépítésénél az ipari tapasztalatokat vették figyelembe és input adatként használtak az üzemi adatokat.

1. A modell leírása

A zárványok alakulását üstmetallurgiai kezelés során számos ipari paraméter befolyásolja (1. ábra). Ötvözőket, pl. Al-ot adnak az acélhoz dezoxidálás céljára, amely a beadás helyén nagy Al-koncentrációt és kis O-koncentrációt eredményez, és nagymennyiségű dezoxidációs termék, zárvány keletkezik. A gázkeverés hatására kialakuló áramlások fokozatosan homogenizálják az Al- és O-koncentrációt, miközben zárványok keletkeznek és módosulnak. A salak-fém határfelületen reakciók játszódnak le, amelyek megváltoztatják az acél összetételét, amely a gázkeverés hatására ugyancsak homogenizálódik. A zárványok ütköznek és növekednek, majd felúsznak, vagy az áramlás hatására a határfelületre sodródnak, majd a salakba kerülnek. A tűzálló falazat kölcsönhatásba lép az acéllal és a salakkal, így módon befolyásolja a zárványok kialakulását.

Az 1. ábra szerint a modellnél a következő paramétereket vettük figyelembe:

1. keveredés az üstben és a salakrétegben,
2. az acél és a salak közti reakciók,

3. a zárványok eltávozása,
4. az acél és a salak kölcsönhatása a falazattal.

Ezek a paraméterek kölcsönösen összefüggenek. Pl. az üstben lezajló keveredésnek jelentős hatása van az acél és salak közti reakciókra, mivel megváltoztatja az anyagátadási együtthatókat. A modellezés céljából jelen munkánkban ezeket a paramétereket egyenként vettük figyelembe.

1.1. Keveredés az üstben

Az üstben kialakuló keveredés befolyásolja a kémiai inhomogenitást; ezzel számos kutató foglalkozott az elmúlt években. Több beszámoló született az üstben lezajló keveredés matematikai vagy fizikai modellezéséről [12–19]. Jelen tanulmányunkban meglehetősen egyszerű matematikai modellt alkalmaztunk, nevezetesen a tartály-sorozat recirkulációs modellt [20–23]. Az olvadékat három gyűrű alakú tárolóba osztották el, a falazat volt a negyedik. Ez a modell rendkívül gyors számításra ad lehetőséget és meghatározott térfogatban lejátszódó keveredésre ad adatokat (> 95% homogenitás a teljes térfogatban) és más CTD-módszerrel (a vezetőképesség, a hőmérséklet és a hidrosztatikus nyomás mérésén alapuló) végzett számításokhoz hasonló eredményeket adott. A nagy sebességre azért volt szükség, hogy a modellt online módon, tehát a szóban forgó folyamattal párhuzamosan lehessen alkalmazni. Az üstben a keveredés a gázbefúvás intenzitásától, ill. az általa előidézett cirkulációs sebességtől függ. Hasonló módon számítottuk a salakrétegben lezajló keveredést.

1.2. Az acél–salak reakciók

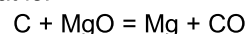
A fedősalak hatását a zárványösszetételre számos kutató vizsgálta. Legtöbb esetben az acél, salak és zárványok közötti reakciók termodinamikájára koncentrálnak, annak ellenére, hogy az említett fázisok között egyensúlyi állapotot nehéz elérni a korlátozott fúvatási idő miatt. Ezért az acél-salak reakciók kinetikáját is figyelembe kell venni annak érdekében, hogy realisztikusabb képet kapjunk a fedősalak hatásáról. Az acél és a salak anyagátadási együtthatóját (KST, KSL) használtuk fel a fém–salak reakció kinetikájának leírására.

1.3. A zárványok eltávozása

A zárványok távozása az acélból rész-folyamatokból áll: átmenet az acélból a fém-salak határfelületre, majd a zárvány átlépése a salakba a határfelületen. A zárványok mozgása az acélolvadékban összetett. Egyszerűség kedvéért feltételeztük, hogy a zárványok mozgása az áramlásokat követi, amíg a fém-salak határfelületre érkezik. Ezt a feltételezést jogossá teszi a zárványok kis mérete. Legtöbbjük kisebb 40 µm-nél, ezért az örvényhatás elhanyagolható. A megfigyelések szerint a zárványok csak részben távoznak a salakba, vagy tapadnak a falazathoz. Legnagyobb részük követi az acélfürdő mozgását és különböző összetételű heterogén zárványokká alakul. A zárványok viselkedésének vizsgálata alapján a szilárd állapotú Al_2O_3 és nagy Al_2O_3 -tartalmú alumínátok ütközés során könnyen összetapadnak, míg a folyékony alumínátok és Mg–Al spinellek nem [24–26]. A szilárd alumínátok könnyedén átlépnek a salakba, míg a folyékony zárványok sokkal kevésbé [26]. A végeredmény az, hogy a szilárd alumínátok távozása a salakba sokkal könnyebb, mint a folyékony Mg–Al spinelleké és alumínátoké. Saját megfigyeléseink és ipari vizsgálatok szerint a zárványok távozási sebessége az acélból különböző és a fajtájuktól függ (spinell, folyékony állapotú zárványok, szilárd alumínátok). A legnagyobb távozási sebességet az Al_2O_3 és a nagy Al_2O_3 tartalmú zárványok esetén feltételezték.

1.4. Kölcsönhatás az üstfalazattal

A modellnél figyelembe vettük a falazat és az acél, ill. salak közti kölcsönhatást is. A falazat anyaga oldódhat a salakban és kis mennyiségben az acélba is bekerülhet, így megváltoztatja azok összetételét. A zárványok viselkedése függ az acél és a salak összetételétől. Tipikus üstfalazat anyag a MgO-C téglá. A falazat anyaga mechanikai, vagy kémiai erózió hatására kerülhet az acélba [26]. Továbbá a MgO-C téglák bizonyos termodinamikai feltételek mellett nem stabilak. Pl. az acél és a falazat határfelületén a következő reakció játszódhat le:



A Mg és a CO oldódik az acélban (a

CO oldott karbonná és oxigénné bomlik) és így megváltoztatja az acél és a meglévő zárványok összetételét. A falazat oldódásának a sebességét ipari adatok alapján becsültük.

A falazat oldódása a salakban a salak okozta korrózió fő mechanizmusa. A falazat komponensei ennek megfelelően megváltoztatják a salak összetételét és a salakból az acélba juthatnak. Mivel a salakösszetétel változásának követéséhez időre van szükség, az üzemekben megfigyelt falazatkopást vettük alapul a falazatból a salakba és acélba kerülő anyagok számításához. A falazat oldódásának sebességét az acélba, ill. salakba az üstkezelés alatt bekövetkező falazatcsökkenés segítségével becsültük. A falazat anyagainak oldódása közvetlenül az acélban feltételezésünk szerint csekély a teljes falazat fogyáshoz képest.

1.5. Modelleszközök

A folyamat szimulációjához a SimuSage programot alkalmaztuk. Ebben különböző komponensek állnak rendelkezésre, pl. a kémiai reaktor, a keverő, az elosztó, az ismétlő stb. Az alapadatokat a FactSage adatbázisból importáltuk. További magyarázatokat fognak adni a szerzők egy tervezett új publikációban.

2. A modell hitelesítése – eredmények és értékelés

Ez a modell arra a célra készült, hogy online módon alkalmazza az ipari gyakorlatban. A hitelesítés meglehetősen bonyolult, mert a kísérleti adagoknál a hőmérséklet és az oxigén aktivitásának mérése mellett számos próbát kell venni, amelyeken részletes kémiai elemzést kell végezni. Ebben a dolgozatban két példát mutatunk be a modell hitelesítésére: egy 210 t súlyú mikroötvözött adagra és egy 30 t súlyú hőálló acél adagra.

A modellt ennek megfelelően az acél, a salak és a zárványok összetételének vizsgálatára alkalmaztuk mikroötvözött acélra ipari körülmények között. Az acél LD-konverterben készült. Csapolás közben 150 kg alumíniumot és 600 kg szilíciumot adagoltak. A második dezoxidációra a 210 t-s üstben került sor, 130 kg alumínium adagolásával, keverés közben. A ke-

1. táblázat. A modell hitelesítésénél alkalmazott ipari adatok

| | |
|-------------------------------------|--|
| Az acél és a salak tömege | Acél: 210 t, salak: 2,5 t |
| Az acél összetétele a kezelés előtt | C: 0,11%, Mn: 0,90%, Cr: 0,24%, Mo: 0,12%, V: 0,007%, Ti: 0,002% |
| A salak összetétele kezelés előtt | CaO: 54%, SiO ₂ : 12%, Al ₂ O ₃ : 22%, MgO: 8%, CaF ₂ : 4%, FeO+MnO ₂ << 1% |
| Dezoxidáció | 1) Si 600 kg, Al 150 kg 2) Al 130 kg 3) CaSi kezelés |

2. táblázat. A számítások során alkalmazott modell paraméterei

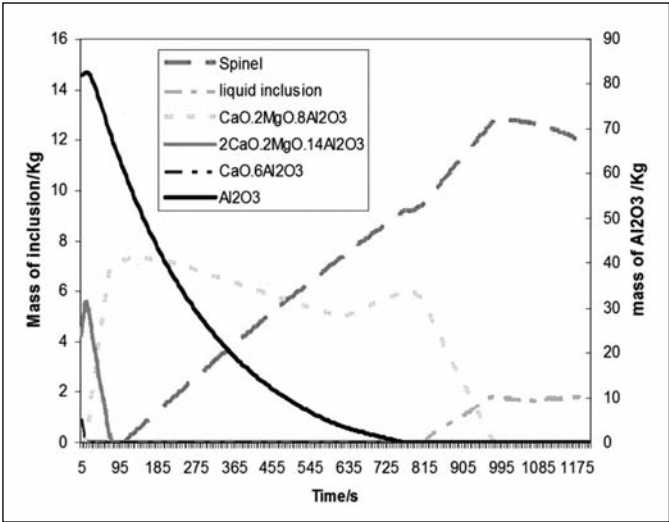
| | |
|--|---|
| Recirkulációs sebességek (ipari adatok) | 288 kg/s (lágú Ar-fúvatás, 150 l/perc) |
| Anyagátadási együtthatók | Acél oldalon: KST = 0,002 m/sec Salak oldalon: KSL = 0,001 m/s |
| Falazat oldódási sebesség (ipari adatok) | Az acéllal érintkezve: 0,0005 kg/m ² ·s A salakkal érintkezve: 0,001 kg/m ² ·s |
| Fürdő hőmérsékletek (ipari adatok) | Az idő függvényében változó T = 1650-0,144 t/60-8,689(t/60) ^{1/2} |

zelés végén Ca-Si-ot adagoltak, hogy folyékony zárványokat kapjanak. Néhány input adatot az 1. táblázatban foglaltunk össze.

A gyártás során vett próbákban meghatározták az acél, a salak és a zárványok összetételét stb. A modellt a dezoxidáció második lépcsőjének a szimulációjára használtuk, a CaSi kezelés előtt. A szimulációt a CaSi adagolás után csak néhány percig folytattuk. A számításokhoz használt paramétereket a 2. táblázat tartalmazza. Az üstfalazat MgO-C téglából készült. A modellszámítások során kinetikai paraméterként a recirkuláció sebességét, az anyagátadási együtthatókat, a falazat oldódási sebességét és a zárványok távozási sebességét használtuk; ezek ipari kísérletekből származnak. A számítások során ezeken a paramétereken nem változtattunk. A szimuláció 130 kg alumíniumhuzal adagolásával indult.

A zárványkialakulás szimulációjának eredményeit a 2. ábra mutatja be. Az alumíniumoxid-tartalom 800 s után 0-ra

csökkent, főleg a salakba való távozás, továbbá a zárványok összetételének változása miatt. A szilárd állapotú CaO·Al₂O₃ és 2CaO·2MgO·14Al₂O₃ rövid jelenléte azzal magyarázható, hogy az Al-adagolás után az Al-aktivitás folyamatosan változik a fürdőben, emiatt az ott maradó alumínátok Al₂O₃ tartalmának egyensúlyi feltételei is változnak. Az MgAl spinell mennyisége 1000 s-on keresztül folyamatosan nő. A CaO·2MgO·8Al₂O₃ tartalom először nő, majd 990 s után nullára csökken. Folyékony alumínátok keletkeznek és mennyiségük 800 s után növekszik. A végső zárványok Mg-Al spinellekből és folyékony Ca-alumínátokból állnak. A számítások során feltételeztük, hogy az Al₂O₃ és a szilárd alumínátok



2. ábra. A zárványösszetétel alakulása az üstkezelés során; 210 t-s üst, MgO-C falazattal

($2\text{CaO} \cdot 2\text{MgO} \cdot 14\text{Al}_2\text{O}_3$, ill. $\text{CaO} \cdot 2\text{MgO} \cdot 8\text{Al}_2\text{O}_3$) távozási sebessége nagyobb, mint a spinelleké és folyékony aluminátoké. A zárványok mozgása így az Al_2O_3 és a szilárd aluminátok távozásához vezet. Ennek eredményeként viszonylag több spinell és folyékony aluminát van a végső zárványosságban, ami a kisebb távozási sebességüknek és a termodinamikai feltételeknek köszönhető.

A modell segítségével számított zárványokat az ipari adagból vett próbákban a 3. táblázat tartalmazza. A Ca-Si-os kezelés az Mg-Al spinelleket és az Al-oxidokat folyékony aluminátokká alakítja. A Ca-Si-os kezelés után a számítások szerint kevés CaS zárványt találtunk (3. táblázat). Az eredmények összehasonlítása alapján látható, hogy a modellel számított zárványok összhangban voltak a vizsgált

3. táblázat. Az elemzett és számított zárványok összehasonlítása

| Kezelési lépés | Elemzett zárványok | Számított zárványok |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|
| Érkezés az üstkezelés helyére | ACD | AC |
| Ca-Si-os kezelés előtt | BAC | BAC |
| Az üst ürítésekor | CE | EC |

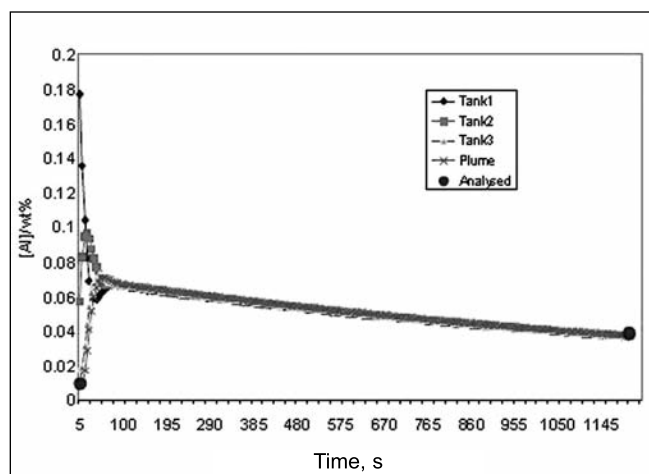
A: Al-oxid, B: spinell, C: Ca-aluminát, D: Mn-szilikát, E: CaS. A sorrend a csökkenés mértékének felel meg.

zárványokkal. A Ca-Si-os kezelés előtt sok Mg-Al spinell és kevesebb Al-oxid, ill. Ca-aluminát volt az ipari acélban. A Ca-Si-os kezelés után a fő zárványtípus a folyékony aluminát és a CaS lett. A modell helyesen nagy mennyiségű Mg-Al spinellt és kevés CaS zárványt jelez a kezelés hatására.

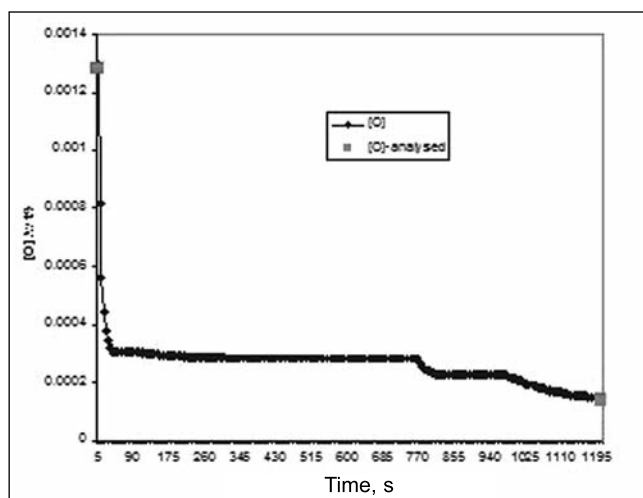
Az acél és a salak kémiai összetételét is meghatároztuk a modell segítségével. Az eredmények, amelyeket máshol mutattunk be [9] azt mutatják,

hogy az acél Al-tartalma az üstkezelés első két percében ingadozik, majd a dezoxidációs reakció miatt csökken.

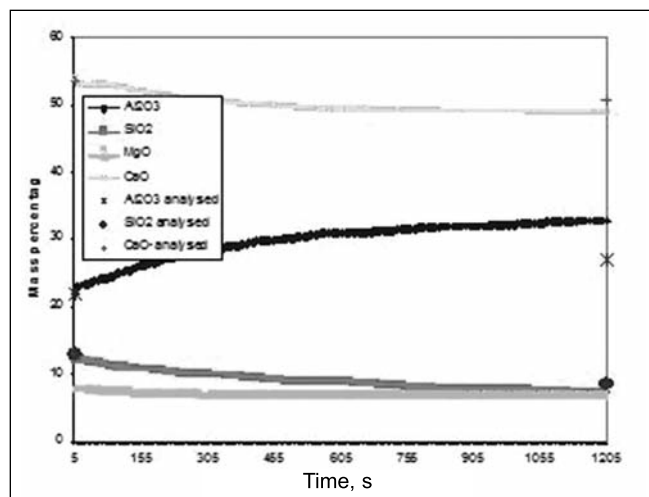
A számításokból látható, hogy az Al-tartalom alakulásánál a keveredés és a fém-salak reakciók a meghatározók. A 3. és 4. ábrán az ipari adagból vett minták számított és a mért Al-tartalma és O-aktivitása látható. Az ábrákon látható, hogy a számítás helyes eredményeket ad az acél Al-tartalmára és O-aktivitására.



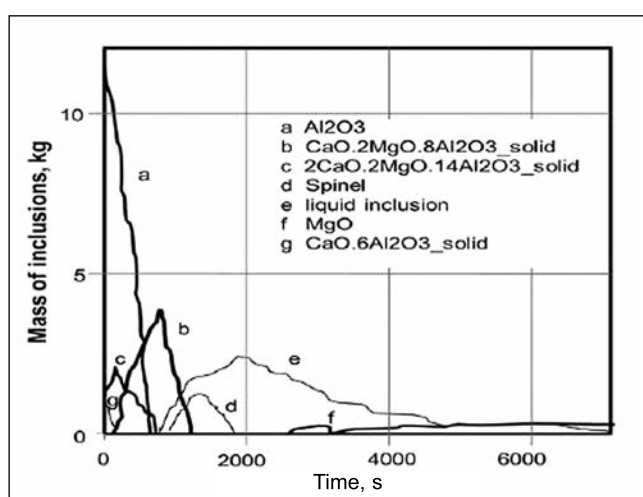
3. ábra. Az oldott Al-tartalom változása a kezelés során. A számított és az ipari adagban mért eredmények összehasonlítása



4. ábra. A számított és mért oxigénaktivitások összehasonlítása az üstkezelés során. Az első meredek esés az Al-os dezoxidáció, a későbbiek a zárványok hatása



5. ábra. A számított és mért salakösszetétel összehasonlítása



6. ábra. A zárványosság változása az üstkezelés során, 30 t hőálló acél.

4. táblázat. Ipari adatok a 30 t-s adagok hitelesítéséhez

| | |
|--|--|
| Az acél és a salak tömege | Acél: 30 t, salak: 250 kg |
| Az acél összetétele a kezelés során (a számítások során ezeket használták) | C: 0,24%; Mn: 0,29%; Cr: 1,67% Mo: 0,39%; V: 0,086%; Si: 0,09% |
| A salak összetétele dezoxidálás után, a kezelés előtt (kiinduló adatok) | CaO: 55%, SiO ₂ : 7%, Al ₂ O ₃ : 30%; MgO: 7%, FeO+MnO ₂ < 1% |
| A dezoxidáció menete | 1) Al az elektrokemence csapolása után 2) Al a kezelés során |

A számítás eredményei jól egyeztek az ipari adatokkal a salak kémiai összetétele esetében is (5. ábra). A számított és mért adatok közti kis eltérések a gyártás közben vett próbatestek inhomogenitásával magyarázhatók.

A másik hitelesítést 30 t-s üstben gyártott hőálló acélra végeztük el. A salak és az acél összetételét a 4. táblázatban adtuk meg. Az üstkezelés előtt az acélt csapolás közben alumínummal dezoxidálták, a második adagolásra az üstkezelés során került sor. Mintát vettek az üstkezelés előtt és után, továbbá a vákuumkezelés kezdete előtt. Az üstfalazat MgO-C téglából készült.

A modellszámítások során ugyanazokat a kinetikai paramétereket használtuk, mint az előző esetben (recirkuláció sebessége, anyagátadási együtthatók, falazat kopási sebesség, zárványtávozás sebessége). A zárványokra vonatkozó eredményeket a 6. ábrában mutatjuk be. A vizsgált idő kb. 2 órára nőtt, a vákuumkezelés előtti időtartamra vonatkoztatva. Az eredmények szerint az előző kísérlethez hasonló zárványtípusok alakultak ki, bár a mennyiségük és alakulásuk a kezelési idő függvényében eltér. Megjelenésük és változásuk is ugyanúgy magyarázható, azaz a vizsgált komponens aktivitásának változásával. A MgO új fázisként kb. 1 órás kezelés után jelenik meg, és a további kezelés során kissé nő a mennyisége. Ez azzal magyarázható, hogy az O-aktivitás a második Al-adagolás után jelentősen csökken, 5,8 ppm-ig. Ilyen körülmények között a magnézium főleg a salakból származik, de a falazat oldódása is hozzájárul. A zárványok elemzése szerint az üstkezelés elején tiszta Al-oxidok vannak jelen, majd nagy Al-oxid tartalmú zárványok. Az üstkezelés végén és a vákuumkezelés előtt az ipari minták elemzése szerint spinellek és Ca-aluminátok vannak az acélban. A számítási ered-

ményekkel összehasonlítva az egyezés jónak mondható, bár tiszta MgO zárványokat nem elemeztek (6. ábra).

3. A modell alkalmazása a gyártás során

A koncepció és a modell megalkotása során cél volt, hogy a modellt közönséges személyi számítógépen lehesen használni és a számítási idő rövid legyen. Ennek eredményeként a modellt párhuzamosan futtatják a kezeléssel, és a zárványok összetételét és mennyiségét online módon számítják. A folyamat elején a szükséges input adatokat a kezelő adja be a képernyő input oldalára (vagy pedig elektronikusan viszik rá). Miután az adatokat bevitték, a „start” gombot megnyomják. A számított zárványösszetétel és mennyiség, az acél Al-tartalma, az oxigénaktivitás és a salakösszetétel megjelenik a képernyőn. Ha dezoxidálószer, ötvözőt, vagy salakképzőt adagolnak, a számítást megszakítják és a beadott mennyiséget beviszik. A program újraindítása után a számításokat az új adatokkal folytatják.

Eszerint a modell rugalmasan alkalmazkodik az új, vagy megváltozott feltételekhez. A modellt offline módon is lehet használni a különböző paraméterek, pl. salakösszetétel, ötvözes, kezelési idő és tűzálló bélés változásának a zárványkialakulásra gyakorolt hatásának vizsgálatára különböző acéloknál. Ily módon a metallurgiai folyamatok egyedi optimalizálása válik lehetővé. A gyakorlott felhasználók változtathatják a kinetikai paramétereket, pl. az anyagátadási együtthatókat, a falazat eróziót, a különböző zárványok távozási sebességét (pl. ha a salakvezetés változik, vagy vákuumkezelést alkalmaznak), vagy az adaghőmérséklet számítási módját és így a modellt adaptálni lehet a saját igényeknek, ill. feltételeknek megfelelően.

Következtetések

Átfogó modellt dolgoztunk ki a zárványok kialakulására, szabályozására és ellenőrzésére gázzal kevert üstben a keveredés, a salak-fém reakciók, a zárványok eltávozása és a falazat oldódása figyelembe vételével. A modell a termodinamikai egyensúlyokat kombinálja a reakciókinetikával és a keveredéssel az acéolvadékból és salakfázisban. A kinetikai paramétereket ipari kísérleti adatok alapján határoztuk meg. Ily módon megfelelő módszert kaptak közvetlen ipari alkalmazásra.

A zárványok összetételének és mennyiségének, valamint az acél és salak összetételének számított változását üstmetallurgiai kezelés során különböző összetételű, 210 t és 30 t súlyú ipari adagokon mért eredményekkel hasonlítottuk össze. A számított és mért adatok összehasonlítása azt mutatta, hogy a kidolgozott modell a kinetikai paraméterek változtatása nélkül is jónak bizonyult. Nyilvánvaló azonban, hogy a termodinamikai összefüggések mellett az ipari körülményekre érvényes kinetikai paramétereket is figyelembe kell venni. Ezeket a paramétereket a modell használójának kell módosítani a saját gyártási körülményeinek megfelelően. A modell alkalmas a zárványok típusának és mennyiségének online ellenőrzésére a folyamat során, offline módon pedig a folyamat optimalizálására és a zárványosság tudatos kialakítására.

Fordította: Tardy Pál

Irodalom

- [1] Mazumdar, D.; Guthrie, R. I. L.: ISIJ Int., 1995, No. 1, pp. 1–20.
- [2] Suito, H.; Inoue, R.: ISIJ Int., 1996, No. 5, pp. 528–536.
- [3] Söder Mats; Jönsson Pär; Jonsson Lage: steel research int., 2004, No. 2, pp. 128–138.
- [4] Ito, H.; Hino, M.; Ban-ya, S.: CAMP-ISIJ, 8, (1995), 75.
- [5] Ohta, H., Suito H.: ISIJ Int., 36 (1996), 983.
- [6] Harada, A.; Maruoka, N.; Shibata, H. and Kitamura, S.: ISIJ Int., 53 (2013), 12, 2110–2017.
- [7] Harada, A.; Maruoka, N.; Shibata, H. and Kitamura, S.: ISIJ Int., 53

- (2013), 12, 2118–2025.
- [8] Harada, A.; Maruoka, N.; Shibata, H.; Zeze, M.; Asahara, N.; Huang, F.; Kitamura, S.: ISIJ Int., 54 (2014), 11, 2569–2577.
- [9] Shu, Q.; Volkova, O.; Scheller, P. R.: HINO Symposium. Tokyo, Japan, May 23–25, 2010, pp. 106–115.
- [10] Scheller, P. R., Shu, Q.: Proc. 5th Int. Congress on the Science and Technology of Steelmaking 2012, Dresden, Germany, Oct. 1–3, Paper ID 1388
- [11] Scheller, P. R., Shu, Q.: steel research int., 85 (2014), 8, 1310–1316.
- [12] Steinmetz, E.; Scheller, P. R.: Stahl und Eisen, 1987, No. 9, pp. 417–425.
- [13] Scheller, P. R.; Volkova, O.; Ryabov, D.: Proc. Jim Evans Honorary Symposium, TMS 2010, Washington, USA, February 14–18, 2010, pp. 165–172.
- [14] Szekeley, J.; Lehner, T.; Chang, C. W.: Ironmaking and Steelmaking, 1979, No. 6, pp. 285–293.
- [15] Mietz, J.; Oeters, F.: Steel Research, 1987, No. 10, pp. 446–453.
- [16] Oeters, F.; Pluschkell, W.; Steinmetz, E.; Wilhelmi, H.: steel research, 1988, No. 5, pp. 192–201.
- [17] Mazumdar, D.; Guthrie, R. I. L.: Met. and Mat. Trans.B, 1986, No. 4, pp. 725–733.
- [18] Zhu, M. Y.; Sawada, I.; Yamasak, N.; Hsiao, T. C.: ISIJ Int., 1996, No. 5, pp. 503–511.
- [19] Mazumdar, D.; Evans, J. W.: ISIJ Int., 2004, No. 3, pp. 447–461.
- [20] Levenspiel, O.: Chemical reaction engineering, Wiley, New York, NY, 1972
- [21] Sano, M.; Mori, K.: Trans. ISIJ, 1983 pp. 169–175.
- [22] Pietzka, J.; Steinmetz, E.; Wilhelmi, H.: steel research, 1987, No. 12, pp. 538–545.
- [23] Krishna Murthy, G. G.: ISIJ Int., 1989, No. 1, pp. 49–57.
- [24] Hongbin Yin, Shibata, H.; Emi, T.; Suzuki, M.: ISIJ Int., 1997, No. 10, pp. 946–955.
- [25] Kang, Y. J.; Sahebkar, B.; Scheller, P. R.; Du, S.: Proc. Int. Steel Conf. on New Materials in Metallurgical Process Technologies, METEC, 11–15 June 2007, Dusseldorf, Germany, pp. 265–272.
- [26] Kang, Y. J.; Sahebkar, B.; Morita, K.; Scheller, P. R.; Du, S.: Met. and Mat. Trans. B, 42B, 2011, No. 6, pp. 522–534.

THIELE ÁDÁM

A foszfor szerepe a vas archeometallurgiájában – a Somogyban folyó avar és honfoglalás kori vaskohásztól kezdve a korabeli damaszkolt pengéig

Az avar és honfoglalás kori vaskohászok Belső-Somogyban olyan foszfordús gypvasérceket kohósítottak, amelyekből nagy foszfortartalmú, ún. foszforvasat állítottak elő. Ennek a speciális anyagnak a felhasználásával készültek a korabeli damaszkolt pengéjű kések és kardok.

Damaszkolt kés- és kardpengék archeometriai vizsgálatai alapján somogyi gypvasércek próbakohósításával különböző kémiai összetételű bucavasakat illetve ezekből damaszkolt próbatesteket állítottunk elő. A próbatesteken elvégzett mechanikai anyagvizsgálatok során megállapítottuk, hogy a foszforvas felhasználásával készült középkori európai damaszkolt pengék esetében a damaszkolás mint eljárás, a szakirodalom ide vonatkozó megállapításaival és a közhiedelemmel ellentétben, nem módosította kedvezően a mechanikai tulajdonságokat, funkciója csupán a díszítés volt.

A cikkhez kapcsolódó PhD-dolgozat teljes terjedelmében letölthető az Országos Műszaki Könyvtár weblapjáról: <https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/1357>

Thiele Ádám 2010-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME) gépészmérnöki diplomát, 2015-ben ugyanitt PhD-címet szerzett. Jelenleg a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékén egyetemi adjunktus, kutatási területe a vas archeometallurgiája, a középkori vasiparhoz köthető régészeti leletek archeometriai vizsgálata. Emellett díszműkovácsként dolgozik önálló vállalkozásban.

1. A foszfor szerepe Somogy avar és honfoglalás kori vaskohászatában

Bevezetés

Magyarország területén az elmúlt évtizedek iparrégészeti feltárásai során a középkori vaskohászat nyomaira bukkantak. Az egyik nagy vaskohászati centrum Somogyban volt, ahol avar és honfoglalás kori bucakemencék kerültek napvilágra, összesen nyolc régészeti feltárt lelőhelyen. A középkori Somogyban kétféle bucakemence típus volt használatban. Az avarok a szabadon álló avar vagy nemeskéri változatot használták, míg a honfoglaló magyarok a műhelygödör oldalfalába beépített fajszi típusú bucakemencét.

Korábban számos ún. próbakohósítást végeztünk el a fajszi típusú bucakemence másolatával (1. ábra) nyírségi (Fancsika, Bagamér és Léta-vértes környékéről származó) gypvasérceket kohósítva. Ezek a gyp-

vasércek nagy foszfortartalmúak voltak, és kohósításukkor a foszfor a salakfázis és a vassfázis közötti megoszlással bekerült a vassbucába. Ha a foszfor kb. 2 t%-nál nagyobb mennyiségben jelent meg a vassfázisban, a vassbucá melegtörékeny lett, mert a szemcsehatárokon megjelenő vasvasfoszfid eutektikum a kovácsolás 1100-1300 °C-os hőmérsékletén megolvadt. 2 t% P-tartalom alatt, bár a vassbucá kovácsolható volt, a belőle kikovácsolt vastárgyak ridegek és törékenyek lettek.

A kutatás célja, kérdések

A kísérleti tapasztalatok alapján vetődött fel az a kérdés, hogy vajon Somogyban, ahol nagyon intenzív vaskohászat folyt az avar és honfoglalás korban, szembesültek-e a foszfor okozta súlyos technológiai problémákkal, és ha igen, akkor milyen megoldást találhattak rá.

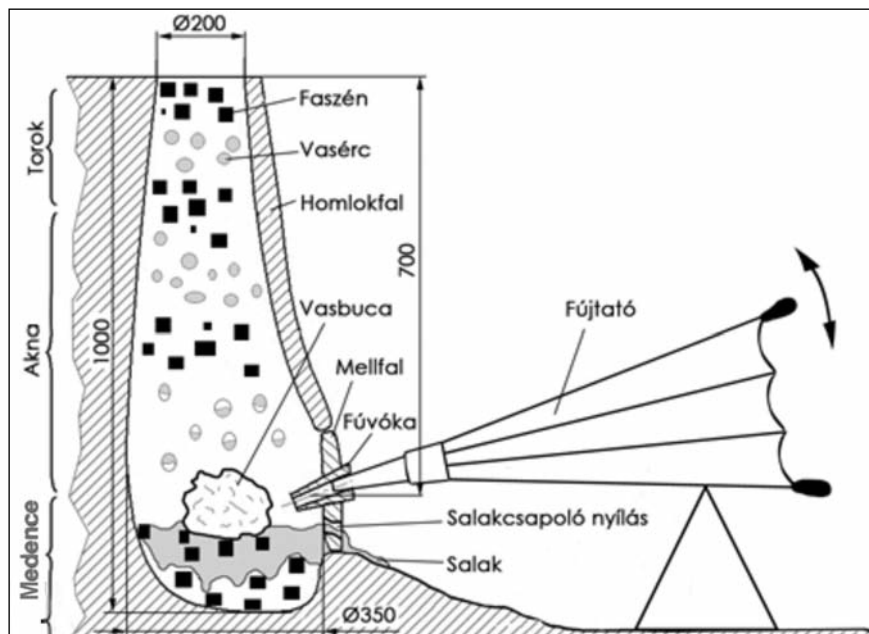
A vizsgált anyagok és vizsgálati módszerek

Terepbejárások során feltérképeztük a somogyi gyepvasérctelepeket és megállapítottuk, hogy elsősorban az óholocén ártéri, mocsári-lápi környezetben kialakult, jelenkori patakmedrekben feltároluló ún. biogén gyepvasérclelencsékben, illetve egyes, ezek áthalmozásával és dúsításával keletkezett ún. áthalmozott gyepvasércrétegekben található gyepvasérc szolgáltat a Somogyban folyó avar és honfoglalás kori vaskohászat ércbázisával. A begyűjtött mintákon röntgenfluoreszcens vegyelemzéseket végeztünk.

Összehasonlító anyagvizsgálatokat végeztünk régészeti salakmintákon, illetve három somogyi gyepvasérctelepről származó érccel elvégzett próbakohósításokkal kapott kísérleti salakmintákon. A kísérletek során megvizsgáltuk a CaO beadagolásának hatását a vassbucá foszfortartalmára.

Eredmények

A területen folyó vaskohászat ércbázisát adó óholocén biogén gyepvasérclelencsék, illetve ezek áthalmozásával és természetes úton való dúsulásával keletkezett áthalmozott gyepvasércrétegekből kifejtethető ércék foszforpentoxid tartalma nagy, 3-7 t%. Ennek oka, hogy a mocsári-lápi környezetben, vaskohászat közreműködésével



■ 1. ábra. A próbakohósításokhoz használt fajszi típusú bucakemence geometriai méretei, felépítése és a kísérletek elrendezési vázlata

vel kialakult nagy fajlagos felületű gyepvasércek a terület vegetációjának bomlásából származó, vízben oldott foszfátionokat adszorbeálták. A feltöltődött, illetve kiemelkedő terület talajszódosodásának következtében a somogyi gyepvasércekre továbbá jellemző az általában nagy, 3-14 t%-os CaO-tartalom is. A területen változó keménységű és mennyiségű meszes gumók vagy rétegek formájában jelentkező karbonátkiválások is megfigyelhetők.

A somogyi gyepvasércek korhű próbakohósításai során 0,9-4,5 t% foszfort tartalmazó, melegtörékenységet mutató és szobahőmérsékleten rideg viselkedésű bucavas volt előállítható. Azonban egy archeometallurgiai szempontból nagy jelentőségű (a Lábod község melletti Petesmalmi Vidrapark területén egy avar kori vaskohászati műhely közelében fellelt) gyepvasérctelepről származó, 7 t% P₂O₅-tartalmú foszfordús gyepvasérccel elvégzett próbakohósítás sorozat során 1/10 majd 2/10 CaO/pörkölt gyepvasérc tömegarányban beadagolt égetett mész hatására 4,5 t%-ról 0,9 t%-ra, majd 0,1 t% alá csökkent a kapott vassbucá foszfortartalma.

A somogyi vaskohászati műhelyekből származó avar kori és honfoglalás kori folyósalakok átlagos kémiai összetételére nagy, 2-8 t%-os foszforpentoxid tartalom jellemző, illetve a somogyfajszi vaskohászati műhelyben még feldolgozatlanul fellelt négy

vassbucá is nagy, 0,4-1,22 t%-os foszfortartalmú. Megállapítható volt továbbá, hogy a somogyi vaskohászati műhelyekből származó avar kori és honfoglalás kori folyósalakok CaO-tartalma nagy, 6-25 t%-os, bennük a foszfor tűs megjelenésű kalciumfoszfát formájában kötve volt megtalálható.

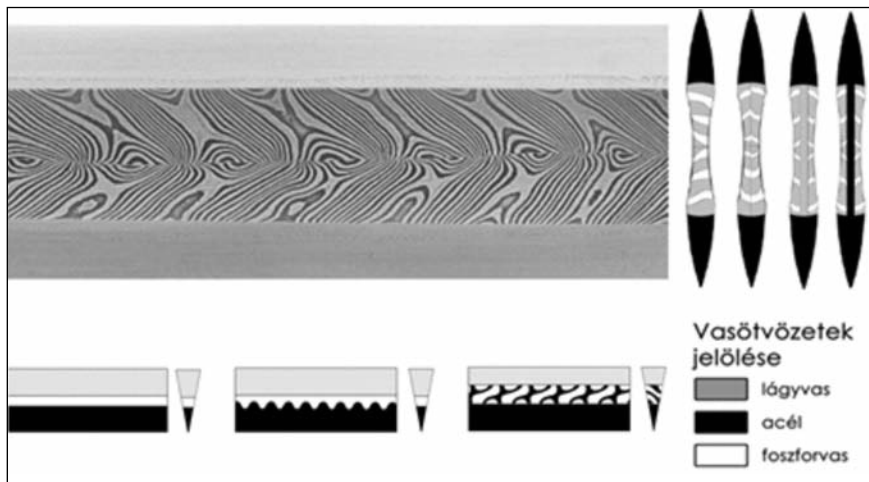
Összegzés

A somogyi avar és honfoglalás kori bucavaskohászatban a területen fellelhető foszfordús gyepvasércek kohósításával nagy foszfortartalmú bucavasak voltak előállíthatók, de a foszfortartalom csökkentésére CaO-tartalmú betétanyagokat (mészkövet, mesze- sebb gyepvasérceket vagy fahamut) használhattak.

2. A foszforvas szerepe a damasz-kolt pengékben

Bevezetés

A damasz-kolt pengék kiváló mechanikai tulajdonságairól máig nagyon sok mítosz, legenda él a köztudatban, amelyeket általában a szakirodalom is megerősít. Az elmúlt évtizedben elvégzett archeometriai vizsgálatok során kiderült, hogy a középkori damasz-kolt pengéknél foszforvasat használtak fel díszítő célra. Kardok esetén a penge középső része (2. ábra), kések esetén pedig a penge foka volt damasz-kolt.



■ 2. ábra. A 6–10. századi damaszkolt kardpengék és a 9–13. századi foszforvassal díszített késpengék leggyakoribb felépítése

A kutatás célja, kérdések

Az cikk első része alapján felvetődik a kérdés, hogy milyen mechanikai tulajdonságokkal rendelkezett a középkori damaszkolt pengékben felhasznált foszforvas, és hogy a damaszkolás kedvezően módosította-e a pengék mechanikai tulajdonságait, vagy funkciója mindössze a díszítés volt.

A vizsgált anyagok és vizsgálati módszerek

A középkori damaszkolt pengékben felhasznált foszforvas mechanikai tulajdonságaira jelentős hatást gyakorló foszfortartalmának meghatározása céljából a mai Csehország és Szlovákia területéről származó damaszkolt kard- és késpengék archeometriai vizsgálatát végeztük el. Megfigyelhető volt, hogy mindegyik pengénél foszforvasat használtak a damaszkoláshoz foszforvas + lágvas vagy foszforvas + acél anyagpárosítással. A pengék egy része normalizált, másik része nemesített hőkezeltségi állapotú volt. A damaszkolt kard- és késpengékben felhasznált foszforvas foszfortartalmát pásztázó elektronmikroszkóp alatt elektronsugaras mikroanalizátor (SEM-EDS módszer) segítségével mértük.

A foszforvas mechanikai tulajdonságainak meghatározása céljából, és azért, hogy kiderítsük, hogy a damaszkolás valóban kedvezően módosította-e a mechanikai tulajdonságokat, mechanikai anyagvizsgálatokat végeztünk a damaszkolt pengékhez használt bucavas alapanyagokon

(normalizált lágvason, normalizált foszforvason, illetve normalizált és nemesített acélon) és az ezekből damaszkolt próbatesteken. Kémiai összetételük és szövetszerkezetük alapján ezek a próbatestek jól reprezentálták a vizsgált középkori damaszkolt pengéket. Referenciaként a jól ismert S235JRG2 anyagminőségű mai acélt választottuk. Charpy- és szakítóvizsgálatok segítségével meghatároztuk az egyes próbatesttípusok jellemző átlagos szilárdsági és szívóssági mérőszámait és azok szórását.

A kapott eredmények statisztikai módszerekkel történő kiértékelése során elvégeztük a kardpengékhez használható anyagok rangsorba állítását a minőségbiztosításban is használt MCA (Multi Criteria Analysis) és az AHP (Analysis Hierarchy Process) módszer segítségével.

Eredmények

A középkori, foszforvas felhasználásával készült, európai damaszkolt pengék archeometriai vizsgálata alapján a pengékhez 0,4–1,4 t% foszfort tartalmazó foszforvasat használtak fel. Az ilyen foszforvasat jól reprezentáló, korhűen előállított bucavas a mechanikai anyagvizsgálati eredmények alapján rendkívül rideg és törékeny, a szívósságára és az alakíthatóságára jellemző mérőszámok kicsik, az átlagos ütőmunka $KV = 2 \text{ J}$, az átlagos fajlagos törési munka $W_c = 20 \text{ J/cm}^3$, az átlagos szakadási nyúlás $A = 5\%$, az átlagos kontrakció pedig $Z = 3\%$.

A középkorban a damaszkoláshoz felhasznált (különböző hőkezeltségi állapotú) lágvas, foszforvas és acél próbatestek és az ezekből damaszkolt próbatestek összehasonlító mechanikai anyagvizsgálati eredményei alapján megállapítható volt, hogy a damaszkolás során a felhasznált alapanyagok mechanikai tulajdonságait jellemző mérőszámok – függetlenül a damaszkolás során kialakított mintázattól és rétegszámtól – kiátlagolódnak, ezért a rideg és törékeny foszforvas felhasználásával készült damaszkolt anyagok jóval kevésbé szívósak és alakíthatóak, mint a lágvas vagy acél önmagában.

Az összehasonlító mechanikai anyagvizsgálati eredményeinek az MCA- és az AHP-módszerrel történt kiértékelése alapján elmondható, hogy a középkori, foszforvas felhasználásával készült, európai damaszkolt kardpengéknél az igénybevételekkel szemben mutatott ellenállás szempontjából a kardok középső, damaszkolt részéhez a legjobb anyagpárosítás a foszforvas és a nemesített acél volt.

Összegzés

A középkori, foszforvas felhasználásával készült európai damaszkolt pengék esetében a damaszkolás mint eljárás, a szakirodalom ide vonatkozó megállapításaival és a közhiedelemmel ellentétben, nem módosította kedvezően a mechanikai tulajdonságokat, funkciója csupán a díszítés volt.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik lelkesen támogatták és segítettek az elmúlt évek kutatómunkáját, mindenekelőtt dr. Dévényi László konzulensemnek és a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék munkatársainak.

A szerző témában megjelent publikációi a Magyar Tudományos Művek Tárháza (MTMT) internetes oldalon tekinthetők meg:

https://vm.mtmt.hu//search/slist.php?nwi=1&initd=1&ty_on=1&url_on=1&cite_type=2&orderby=3D1a&location=mtmt&stn=1&AuthorID=10032619

A Garam-völgyi vasművek és a Coburgok*

A Garam-völgyi vasművek létesítése és története nagy részben a Coburg család nevével függ össze. Több műszaki újdonságot honosítottak meg ezekben a vasüzemekben, s kiváló minőségű termékeket gyártottak. Napjainkig a Podbrezovai Vasmű (Železiarne Podbrezová) folytat még jelentős vaskohászati tevékenységet, termékei Szlovákiában és külföldön is keresettek.

A vasipar kezdete a Garam völgyében

A Garam (szlovákul Hron) folyó völgyében nagyon jó adottságok voltak a bányászat és kohászat kezdetéhez, hiszen sűrű ércelőfordulás, erdők sokasága és vízienergiát szolgáltató bővíző folyók voltak ezen a vidéken. A Gömör-Szepesi-érchegységben (ma Szlovák-érchegység) az első hámor már a 14. század 40-es éveiben működött [1]. A későbbiekben a vaskohászat fejlődését a török hódítás veszélye is gyorsította.

A rhónici vasművek

A Garam völgyében, a Fekete-Garam torkolatánál fekvő Rhónicon (Kisgaram, szlovákul Hronec) a zólyomlipcsei uradalom három jobbágya, továbbá egy negyedik személy 1565-ben engedélyt kapott vasércbányászatra és hámorépítésre. 1580-ban a két vállalkozást a Besztercebányai Kamara átvette és egyesítette [2]. 1603-ban az összes bánya, vaskohó és hámor az ausztriai kamarához volt csatolva [3]. A vasmű, amely négy bucakemencéből és négy háorból állt, a 17. sz. közepén évente átlagosan 110 t vasat termelt és a kamara bányáit elsősorban zúzóvassal látta el.

Az első nagyolvasztót 1740-ben

helyezték üzembe. Építését az a J. M. Fritz vezette, aki előzőleg a morvaországi Bernsteinben másfél évig tanulmányozta az ottani nagyolvasztót. A rhónici vasmű termékprofilja ettől kezdve a vasöntvényekkel (muníció, kályhalapok stb.) bővült. Itt öntötték a selmeci bányák részére Hell József Károly vízemelő gépeinek alkatrészeit. 1780-tól Rhónicról látták el vassal Osztrák-Sziléziát, a két lerakat Opaván és Ostraván volt. Rhónicon működött 1786-tól az alsó-magyarországi kincstári vasgyárak közös igazgatósága. Csak a Rhónichoz közeli helyekre szorítkozva: hámorok voltak Pieszokon, Lopejen, Vaiszkován, Jaszenán, Bisztrán, Chvatimechen. 1788-ban üzembe lépett a második nagyolvasztó, ezáltal az évi nyersvastermelés 620 tonnára nőtt, és a – nem csak rhónici nyersvasból előállított – kovácsolt termékek mennyisége is közelítőleg ennyit tett ki. Vasöntödét, mintaszatlas-, és gépműhelyt is létesítettek.

Itt készült az ország, ill. az Osztrák–Magyar Monarchia első két öntöttvas hídja: 1810-ben egy 4,5 m, 1813-ban egy 10 m fesztávolságú; ezek az európai kontinensen is az elsők közé számítottak. A kisebbik híd – nem eredeti helyén – ipartörténeti emlékként van kiállítva (2. ábra), a nagyobbik, mely 1916-ban még állt, ma már nincs meg. A 19. sz. első felében Rhónic volt az egyik központja a magyarországi műöntészetnek (öntöttvas serlegek, kisplasztikák).

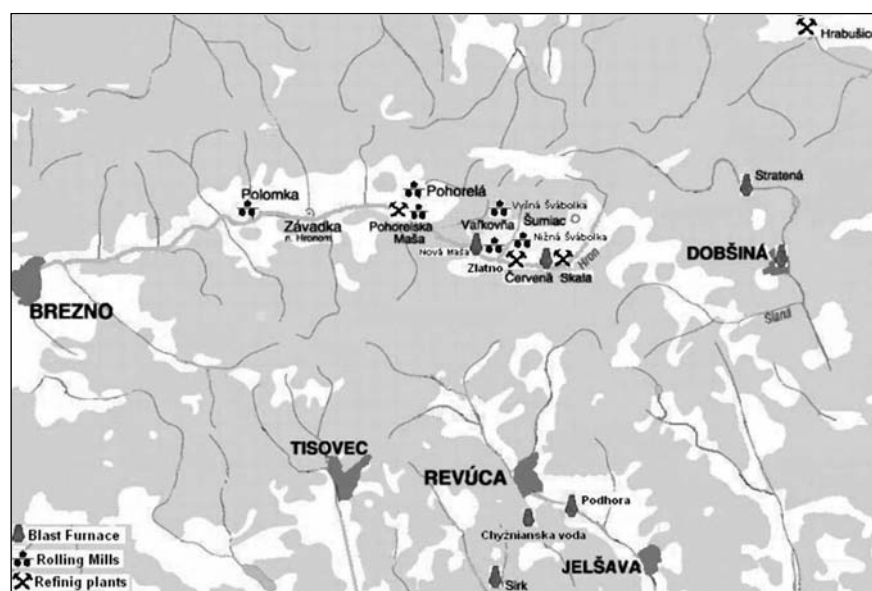
1814-ben itt helyezték üzembe Magyarország első lemezhengerművét [2]. 1833-ban dróthúzó művet is létesítettek, szintén elsőként Magyarországon [5].

Chvatimechben az első vaskohó és frissítő hámor 1747-ben már működött. 1833-ban csatolták a rhónici Kincstári Vasművekhez és úgy ismerték, mint Károly-kohót, ahol három nagyolvasztó és hámor működött vízierék-meghajtással. 1839-ben itt létesült Magyarország első finomító kavarókemencéje és lemezhengergépe üze-me. 1950-ben szűnt meg itt a termelés.

1842-ben Záhrenbachon (Osztrblie) rúdsort, öt év múlva Pieszokon egy még nagyobb rúdhengerművet építettek. A Breznó közeli Bujakovban (Bikás), ill. Osztrblie közelében Tri

Kunhalmi Gábor okl. kohómérnök, a Szlovák Vaskultúra Útja Egyesület elnöke. A Kassai Műszaki Egyetem Fémkohászattani tanszékének nyugalmazott docense. Oktatási és kutatási szakterülete: alumíniumkohászat és -újrahasznosítás. Nyugdíjasként főleg a bányászat- és kohásztörténet területén tevékenykedik.

* Az előadás 2015. március 12-én hangzott el a Közép-Európai Vaskultúra Egyesület budapesti elnökségi ülésén.



1. ábra. Térkép a vasművek elhelyezkedéséről [1].

Blast furnace – nagyolvasztó, Rolling Mills – hengermű, Refining plants – frissítőmű

Vody-ban (Háromvíz) faszenes nagyolvasztó és henger-mű működött. Utóbbi kohó az 1880-as évekig olvasztott, 1882-ben tűzvész miatt állt le. A nagyolvasztót rekonstruálták, mellette egy információs táblán a szerkezete és a kohó története olvasható.

A szabadságharc alatt, 1849-ben Rhónicon és környékén szuronyt, puskacsövet, puskavesszőt, ágyúgolyót gyártottak mintegy négy hónapon át, mielőtt a császári csapatok megszállták a Garam völgyét [2].

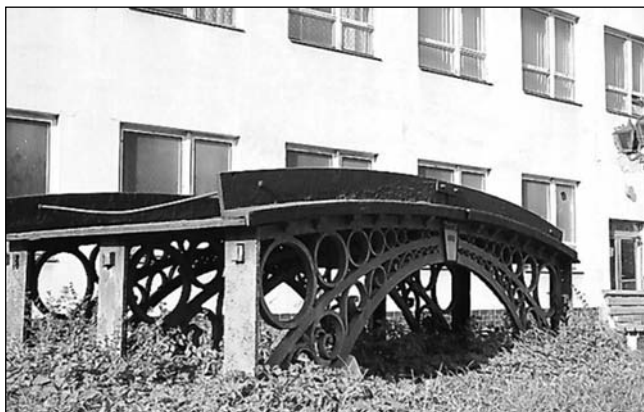
A rhónici Kincstári Vasmű komplexumához tartozott még Mihálytelek (Michalová), Tiszolc (Tisovec), Libetbánya (Libetha, Ľubietová), Mosód (Moštenica), Besztercebánya (Banská Bystrica), Kisélesd (Kostiviarska, ma Banská Bystrica). Pieszkon 1867-ben hámor működött, itt vasrudakat és szögeket készítettek [5].

Rhónicon 1861–63-ban a régiek helyett két új nagyolvasztót építettek, az évenkénti nyersvastermelés 4000 t fölé nőtt. A közeli ércvagyon kimerülése és a kitört gazdasági válság miatt 1876-ban a nagyolvasztók üzemét megszüntették. Az öntőde három kupolókemencével továbbra is működött, gép- és egészségügyi öntvényt, csövet gyártottak, évente mintegy 2700 tonnát. Kovácsolómű és reszelő-

gyár is volt. 1884-ben edénygyárat és zománcozót hoztak létre, edényt öntéssel és sajtolással is készítettek. 1893-ban itt 1083 t zománczott árucikket és 242 t öntöttvas árucikket gyártottak [5].

hengereltek, és kovácsolómű is volt. A Zólyombrézónak elnevezett ipartelepre (5. ábra) helyeződött át Rhónicról a vaskohászat súlypontja [2].

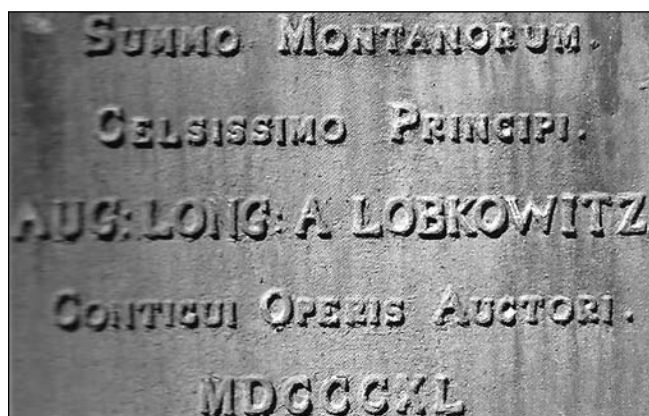
A hengerelt áru termelése később lecsökkent, az üzem veszteséges lett,



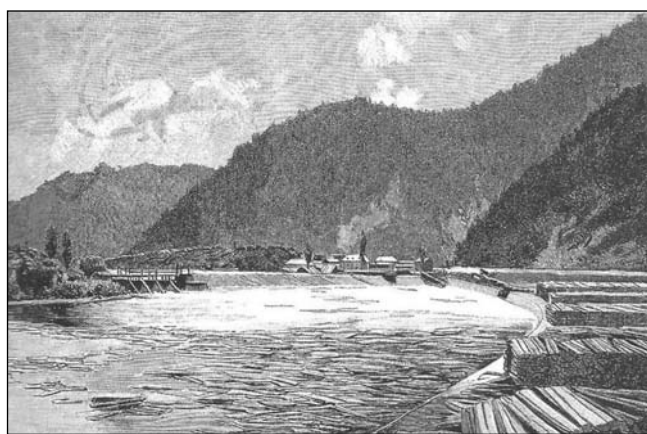
■ 2. ábra. Az 1810-ben öntött híd egyik szegmense Rhónicon látható



■ 3. ábra. A bikási (Bujakovo, ma Brezno része) vasüzem munkásai a 19. sz. elején [8]



■ 4. ábra. Emléktábla Lobkowitz herceg 1840-es zólyombrézói látogatása emlékére. A tábla a podbrezovai templom közelében egy obeliszken látható [3]

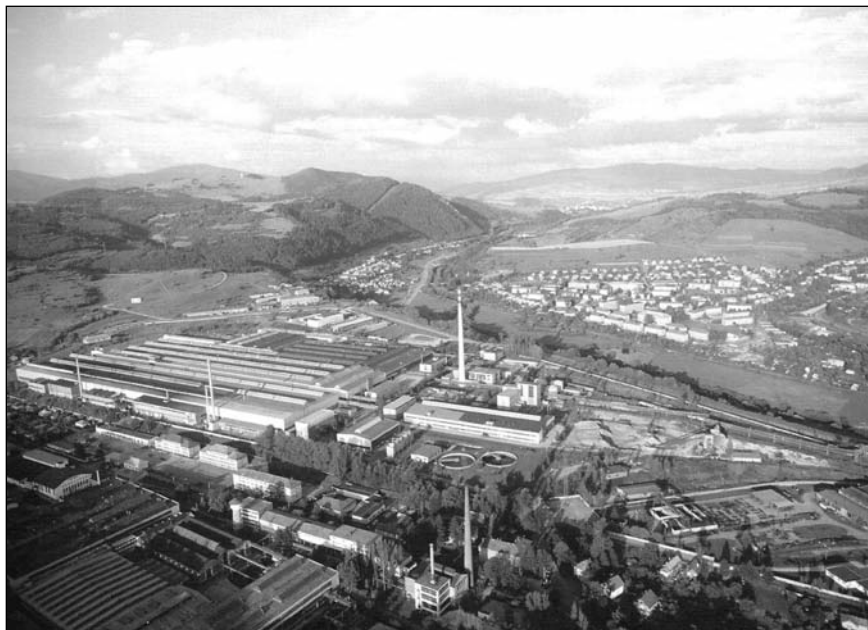


■ 5. ábra. Faúsztatás a Garamon a 19. század végén [3]

1901-ben eladták az öntödét és az edénygyárat a zománczóval együtt a Vas- és Zománczógyárak Bartelmus és Társa Rt.-nek, ezáltal a rhónici kincstári vasmű több mint három évszázados története végeére ért [2].

Zólyombrézó (Podbrezová)

A 19. sz. közepén világszerte felgyorsult vasútépítés (az első hazai vonalat Pest és Vác között 1846-ban nyitották meg) Magyarországon is sürgető igényt teremtett a vasúti sínek gyártására. Lopejtől keletre, a Garam jobb partján, Podbrezován, zöld mezőn, 1837-ben kezdték meg Lobkowitz herceg javaslatára egy frissítő kemence és egy sínhenger-mű építését, melyet Magyarországon elsőként, 1853-ban itt helyeztek üzembe. A közeli erdőkből a Garam folyón tudták a fát leúsztatni, ami jó energiaforrást jelentett (4. ábra). Nagyvasúti sínen kívül kerékabroncsot, később rudat, profilacélt, lemezt is



■ 6. ábra. A Podbrezovai Vasmű mai látképe [3]

1880–85 között új beruházással, új termék gyártásához fogtak, elsőként a monarchiában csöveket gyártottak. Ez fellendítette az üzemmenetet, 1884-ben a sínek termelését leállították. Elindult az edénylemezek gyártása és a profilvas készítése is. Az üzem a vezető vasmű lett Magyarországon.

A kiváló minőségű hengerelt acélcsöveket gyártó zólyombrézói vasmű, mai nevén Železiarne Podbrezová – ŽELPO, egyike azoknak a cégeknek, melyek belföldi tulajdonban maradtak. Ezért a legnagyobb elismerés *Vladimír Soták* vezérigazgatót és munkatársait illeti. 2003 végén a Közép-Európa legrégebbi kohász üzemei közé tartozó vasműben több mint 4000 ember dolgozott. Évi termelése több mint 200 000 t. Termékeit világszerte ismerik, többek között Egyiptomba, Finnországba, Franciaországba, Hollandiába, Japánba szállítanak (6. ábra), [3].

A Coburg hercegek vasművei Pohorella (Koháryháza, szlovákul Pohorelá)

A Garam Gömör vármegyéhez tartozó felső szakasza mentén létesült hámoroknak már a 16. századtól vannak írásos nyomai. A Besztercebányai Kamara sokáig tiltotta itt hámorok működtetését, mert ezek a rhónici kincstári vasmű versenytársai lehettek.

Pohorellán legalisan 1783-ban kezdett működni egy kisebb nagyolvasztó (Pohorelská Masa) és két hámor. 1792-ben *Sturman Márton* hat társával és *gróf Koháry Ferencnek*, a murányi uradalom földesurának bevonásával részvénytársaságot alapított és a Sumjáchoz (Šumiác) tartozó Vereskőn (Červená Skala) felépítettek egy faszenes nagyolvasztót és két frisstüzes hámort is működtettek. Hat év múlva Koháry a csődbe ment vállalkozást megvásárolta, uradalmi vasműként üzemeltette tovább és Garamszécsen (Polomka) 1821-ben egy

frisstüzes hámort is üzembe helyezett.

Koháry Ferenc 1826-ban bekövetkezett halálával a családnak magva szakadt, s a birtok a *Koháry Mária Antónia Gabriellát* 1816-ban feleségül vevő, gazdag német arisztokrata családból származó *Ferdinánd* szász-coburg-gothai hercegre szállt, aki magyar honfiúsítást kapott.

Innen kezdődött a vasmű nagyarányú fejlesztése. A hercegi vasgyár a következő évtizedekben több telephellyel bővült a Gölnic (Hnilec), a Hernád (Hornád) és a Sajó (Slaná) folyók mentén is, és az ország egyik jelentős kohászati vállalatává fejlődött. Itt létesült Alsó-Svábolkán (ma Val'kovňa) 1834-ben, Rhónic után a második legrégebbi vízikerekkel hajtott hengermű, hét hengersorral. A svábolkai kohó előzőleg *Colorado Mitrovsky* tulajdona volt, tőle Koháry Ferenc, majd az ő halála után 1826-ban *Ferdinánd Coburg* herceg vette meg [1]. *Charles Heyssel* kohász szakértő segítségével ez lett a legmodernebb hengermű az országban. Lemezt és rudat hengereltek, Zlatnón (ma Val'kovňához tartozik) pedig vasúti síneket. Öt év múlva (Ferdinándhuta néven) egy faszenes nagyolvasztóval és ércelőkészítővel bővült a komplexum. A hercegnek a Gölnic völgyében és Vashegyen voltak vasbányái. A hengerléshez szükséges kéregöntésű hengerekhez a vasat a Felső-Svábolkán (ma Val'kovňa) létesített kupolókban és lángkemencékben olvasztották át [2].



■ 7. ábra. A sztracenai vasmű a nagyolvasztóval a 19. sz. végén [8]



■ 8. ábra. Simeon Coburg látogatása Pohorelská Mašán (Fotó: Kunhalmi Gábor)

A lebontott pohorellai kohó helyén 1847-ben Alsó-Pohorellán (Nižná Pohorelá) kavarókemencéket és rúd-hengerművet létesítettek. Ferdinánd Coburg halála után 1851-től fia, Augustin folytatta a vasüzemek bővítését. Ezt a telepet Ágosthutának nevezték el, később hivatalos neve Pohorellavasgyár (Pohorelská Maša) lett. Itt volt a hercegi bányák és vasművek központja a kastéllyal egyetemben. 1853-ban Alsó-Svábolkán új lemez-hengerművet helyeztek üzembe [4]. A frisstüzes hámorokat az összes telephelyen takarékosabb, ún. Comté-tüzű hámorokkal cserélték le.

Augustin Coburg 1871-ben Sirk-Červeňany-ban (Szirk-Vörösvágás) oszlopokon álló faszenes nagyolvasztót építtetett, ami ma is áll, és profilja a Szlovák Vaskultúra Útja Egyesület logója. Ezenfelül két nagyolvasztót bérelt Dobsinán (Dobšiná) és Sztracénán (Stratená) (7. ábra).

Pohorella (Pohorelá) volt a Coburg-féle vasgyárak alapüzeme. 1892-ben Ferdinándhután (ma Val'kovna) Siemens–Martin acélművet kezdtek építeni, amely egy négytonnás és egy nyolctonnás kemencéből állt. Ez a Coburg-vasművek komplexumának fontos műszaki fejlesztése volt. A rekonstrukció alatt leállították a finomított hámorok többségét [6].

A 19. század végén az uradalmi vasművek tönkrementek, így a Coburg-féle vasmű is nehéz helyzetbe került. Az I. világháború után a Poho-

rellavasgyár (Pohorelská Maša) 1933-ban leállt.

A vasművet alapító Ferdinánd Coburg (1785–1851) annak idején felvette a Koháry nevet is, így a Selmecbánya melletti Szentantalban ma is látogatható Koháry-kastély is a családé volt.

Ferdinánd Coburg herceg unokája szintén a Ferdinánd (1861–1948) keresztnévet viselte. Ő Bulgária uralkodója lett, a nagy bolgár nemzetgyűlés huszonhat évesen választotta bolgár fejedelemmé. Hét nyelven beszélt anyanyelvi szinten, és huszár főhadnagyként Jászberényben szolgált. Bulgária teljes függetlenségének kinyilvánításától, 1908. október 5-től I. Ferdinánd néven cár lett. Miután Bulgária vereséget szenvedett az első világháborúban, 1918. október 3-án lemondott a trónról Borisz fia (1894–1943) javára. Végleg elhagyta az országot, Coburgban, egykori birtokán élt haláláig [7]. Borisz fiát, Simeont (sz. 1937-ben) 1946-ban lemondatták a trónról, de azóta is a bolgár politikai élet egyik fontos szereplője.

A pohorellai vasgyáralapító, Coburg herceg szépunokája, Simeon Coburg 2014 júniusában látogatást tett az egykori pohorellai vasgyárban (Pohorelská Maša) (8. ábra).

Tárgyalásokat folytatott a Szlovák Vaskultúra Útja Egyesület képviselőjével a szervezet Szlovákiában és Közép-Európában folyó tevékenységéről. Felmerült annak a lehetősége,

hogy a Coburg név jegyében a Vaskultúra Útja azon állomásainak látogatásával, melyek emlékeztetnek az egykori híres vasműre, egy „Vasfesztivált” vagy egy Coburg-napot lehetne szervezni hasonlóan ahhoz, ahogyan Rozsnyón Andrássy-napot, Miskolcon Fazola-ünnepségeket tartanak.

Köszönet

A cikk megírásához nyújtott segítségért köszönetemet fejezem ki Lengyelné Kiss Katalin szerkesztő asszonynak.

Irodalom

- [1] Fečková, P., Moravčíková, L., Mihol, L., Petrik, J., Roth, P.: Hutnícke podniky rodiny Coburgovcov na Slovensku, Archeologica technica 17. 1996. p. 120–126.
- [2] Kovács, L.: Szemelvények kohászatunk múltjából, Rhónic (Kisgaram, szlovákul Hronec), BKL Kohászat 2010/5. sz. p. 65–66.
- [3] Turčan, T. (szerk.): Železiarne Podbrezová 170 ročnė, Tibor Turčan – Banská agentúra, Košice 2010.
- [4] Kovács L.: Szemelvények kohászatunk múltjából Pohorella (Koháryháza, szlovákul Pohorelá), BKL Kohászat, 2010/2. sz. p. 64.
- [5] Greschner, J.: 150 rokov železiarní v Podbrezovej, Martin, Osveta 1990.
- [6] Fečková, P., Mihok, L., Petrik, J., Roth, P.: Augustova huta – jeden z najvýznamnejších závodov Coburgovského železiarskeho komplexu, Archeologica technica 19. 2011. p. 32–38.
- [7] Gjurov, A.: Évszázadok öröksége. A magyarok nyomai bolgár földön. Magyar Kulturális Intézet, Gutenberg Kiadó, Szófia, 2003.
- [8] Turčan, T. (szerk.): Dejiny Hutníctva na Slovensku (History of Metallurgy in Slovakia), Tibor Turčan – Banská agentúra, Košice, 2006.
- [9] Šarudyová, M.: Topografia železiarní na Slovensku v 19. storočí, Vsl. Vydavateľstvo, Košice, 1989

TÓTH JUDIT – DIÓSZEGI ATTILA – TÓTH LEVENTE – SVIDRÓ JÓZSEF TAMÁS

Öntödei formázókeverékek hőfizikai tulajdonságainak vizsgálata

Az utóbbi években az öntvények minőségével szemben támasztott követelményekkel együtt szükségszerűen a formázóanyagok szerepe is jelentősen megnőtt az öntészetben. A formákat és magokat alkotó homokkeverékek hőfizikai tulajdonságainak ismerete elengedhetetlen az öntvénygyártási folyamatok tervezéséhez és közben tartásához. A Fourier-féle termikus analízis módszerének innovatív alkalmazásával új jellemzőket határoztunk meg a különböző kötőanyag tartalmú keverékek lebomlási és hőelnyelési folyamataira vonatkozóan.

Bevezetés

A formázókeverékek három fő alkotóból állnak: szemcsés tűzálló mátrixból, kötőanyagból és adalékanyagokból. Együtt kompozitot alkotnak, amelyben az olvadékkal való érintkezés miatt rendkívül összetett folyamatok zajlanak le. A nagy hőmérséklet hatására a kötő- és adalékanyagok lebomlanak, ami különböző összetételű és mennyiségű gáz keletkezésével jár. Számos öntvényhiba köthető ezekhez a felszabaduló gázokhoz, továbbá a forma/fém határfelületen lejátszódó jelenségekhez. A „tökéletes” öntvény előállításához rendkívül fontos ismerni – többek között – a formák és magok viselkedését, valamint az ezeket alkotó egyes komponensek termikus tulajdonságait. Emiatt elen-

gedhetetlen a folyamatok legapróbb részletekig történő közben tartása, amely a jelenleg elérhető öntészet-technológiai tudományos ismeretanyag alkalmazásával csak részben valósítható meg. E cél érdekében (az öntvénygyártási eljárások napról napra történő korszerűsödése mellett) szükség van a tudományos eszközök folyamatos fejlődésére is.

A formázóanyagok különböző termikus és mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára számos mérési módszer áll rendelkezésre, továbbá léteznek olyan eszközök is, amelyekkel laboratóriumi körülmények között megmérhetők a formák/magok hőfizikai tulajdonságai is. Célunk azonban egy olyan módszer kifejlesztése volt, amellyel valós öntési körülmények között vizsgálhatjuk az olvadékkal

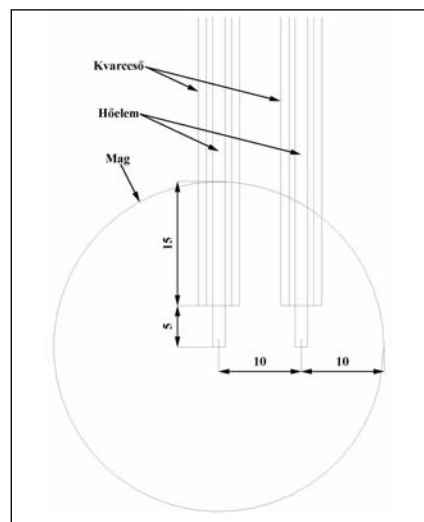
érintkező keverékekben lejárló folyamatokat. A termikus analízist széles körben használják gyártásközi ellenőrzésként a kémiai összetétel, valamint a mikrostruktúra vizsgálatára. Kutatási szempontból a lehűlési görbék vizsgálatán alapuló eljárás hasznos eszköz az olvadékból szilárd halmazállapotba történő átalakulások során lejátszódó hőtani folyamatok értelmezésében is. Az így kapott eredmények alapján minőségileg és mennyiségileg is jellemezhetjük a kristályosodási folyamatokat [1–4]. Ezt az elterjedt mérési módszert alkalmaztuk innovatív módon a formázóanyagok vizsgálatára. A hőmérsékletmérést a magban végeztük, miközben olvadékba merítettük. A kísérlet során nem a felszabaduló, hanem a formázóanyag által elnyelt hő tanulmányoztuk, amely információt nyújt a formázó- és maghomokkeverék lebomlási folyamatairól. A módszer segítségével eddig nem ismert hőfizikai tulajdonságokat határoztunk meg a vizsgált keverékekre vonatkozóan.

Tóth Judit 2011-ben öntész szakirányos MSc kohómérnöki diplomát szerzett a Miskolci Egyetemen. 2011-től a Kerpely Antal Anyagtudományok- és technológiák Doktori Iskola hallgatója volt, 2015 augusztusában abszolutóriumot szerzett. Kutatási témája az öntödei homokok termikus és hőfizikai tulajdonságainak vizsgálata.

Dr. Diószegi Attila a Jönköpinger Egyetem öntésstechnológia professzora, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára. Kutatási területe vasötvözetek öntésstechnológiája, öntvényhibák, öntési jelenségek modellezése és szimulációja. A Kerpely Antal Anyagtudományok- és technológiák Doktori Iskola, a Stockholmi Műszaki Egyetem Anyagtudományi karának Doktori Iskolája valamint a Jönköpinger Egyetem Műszaki Karán működő Doktori Iskola témavezetője.

Dr. Tóth Levente szakmai életrajza a Kohászat 2014/1. számában található.

Dr. Svidró József Tamás 2008-ban végzett öntész szakirányos okleveles kohómérnök-ként a Miskolci Egyetemen. 2011-ben PhD-fokozatot szerzett transzportfolyamatok a fém/formázóanyag határfelületen témakörből. Jelenleg a Jönköpinger Egyetem adjunktusa, kutatási területe az öntödei formázókeverékek lebomlási, valamint gázfelszabadulással járó folyamatainak vizsgálata.



■ 1. ábra. A mérési elrendezés vázlata

1. táblázat. A vizsgált formázókeverékek és próbatestek jellemzői

| Kötőanyag-rendszer | Keverék összetétele |
|---------------------------------|---|
| Epoxigyanta + SO ₂ | 2% epoxigyanta + 0,2% kumén-hidrogén-peroxid |
| Hot-box karbamid–furángyanta | 2% karbamid–furángyanta + 0,33% térhálósító adalék |

Mérési módszer

A kísérletek során kifejezetten ehhez a vizsgálathoz tervezett, 40 mm átmérőjű, gömb alakú próbatesteket vizsgáltunk. A hőmérsékletmérést két pontban, a gömb középpontjában és a felületéhez közel végeztük, miközben a magokat 680 ± 10 °C-os alumíniumolvadékba merítettük. Az adatokat a hőmérsékletek kiegyenlítődé-
ig rögzítettük. A pontos mérési elrendezés az 1. ábrán látható. A hőelemeket 5 mm külső átmérőjű és 1 mm falvastagságú kvarcsövek védtek az olvadéktól, amelyek a keletkező gázok elvezetését is biztosították. Az öntés során a formázó- és maghomokkeverékekből felszabaduló gáz mennyiségének mérési lehetőségeiről, illetve az eredményekről korábbi szerzők munkájában található bővebb információ [5, 6].

Kétféle, az öntészeti gyakorlatban széleskörűen elterjedt műgyanta kötőanyagú formázókeveréket vizsgáltunk meg, egy epoxigyantás és egy hot-box-eljáráshoz használatos karba-

mid–furángyantásat (1. táblázat). A keverékek kötőanyagtartalma és alaphomokja (0,23 mm közepes szemcsenyag-ságú, három fő frakció-ból álló öntődei kvarchomok) azonos volt. A vizsgált keverékek ösz-

szetételét a 2. táblázat tartalmazza. A minta nedvességtartalma nagy mértékben befolyásolja a hőelnyelési értékeket, ezért a kísérlet előtt a próbatesteket 105 °C-on, 2 órán keresztül szárítottuk és exszikkátorban hagytuk lehűlni.

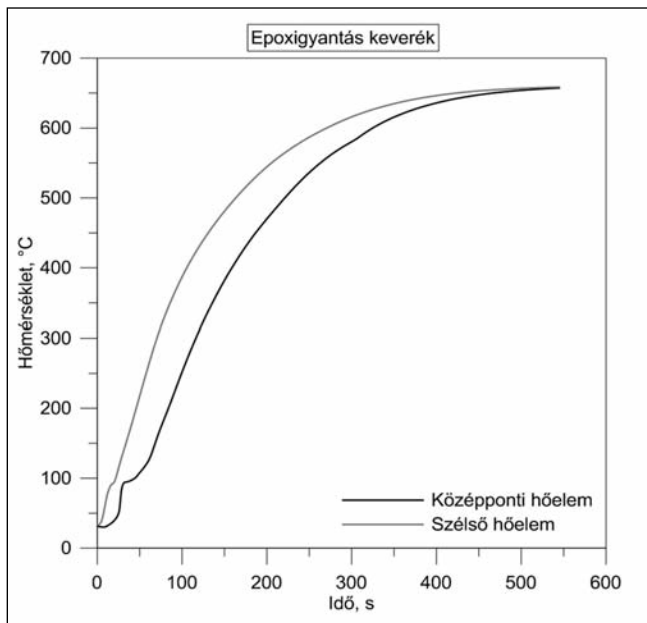
A hőmérsékletmérés eredményei

A vizsgálatok elsődleges eredményei a két mérési pontban regisztrált felhevülési görbék az idő függvényében (2. és 3. ábra), melyek karakterisztikájában jelentős eltérések tapasztalhatók. Bizonyos hőmérsékleteken, pl. 100 és 575 °C körül hőelnyeléssel járó folyamatok figyelhetők meg, főként a középpontban mért görbékben. A felmelegedési sebesség változásai jól láthatóak a 4. és 5. ábrákon a görbék idő szerinti deriváltjain a hőmérséklet függvényében. A negatív csúcsok endoterm folyamatokra utalnak, mint pl. a nedvességtartalom elpárolgására és a kvarc allotróp átalakulására. A magasabb hőmérsékleteken (100 °C felett) látható további csú-

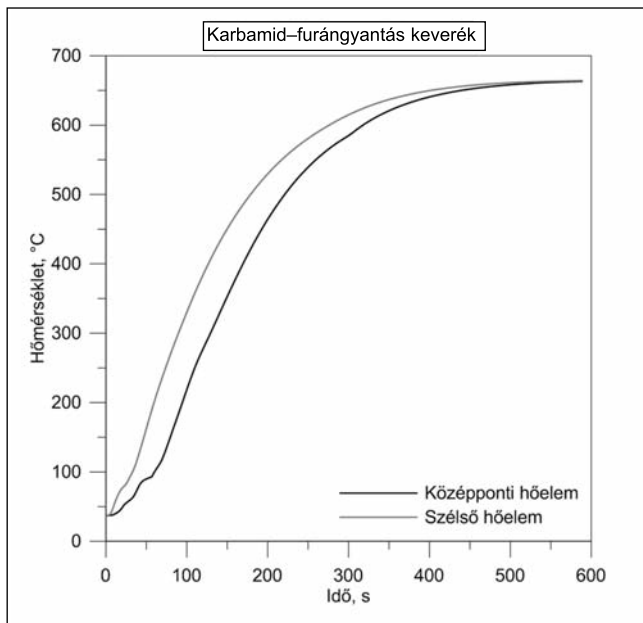
csokat a kötőanyagrendszer bomlása okozza, mely láthatóan nem azonos hőmérséklettartományba esik.

Fourier-féle termikus analízis

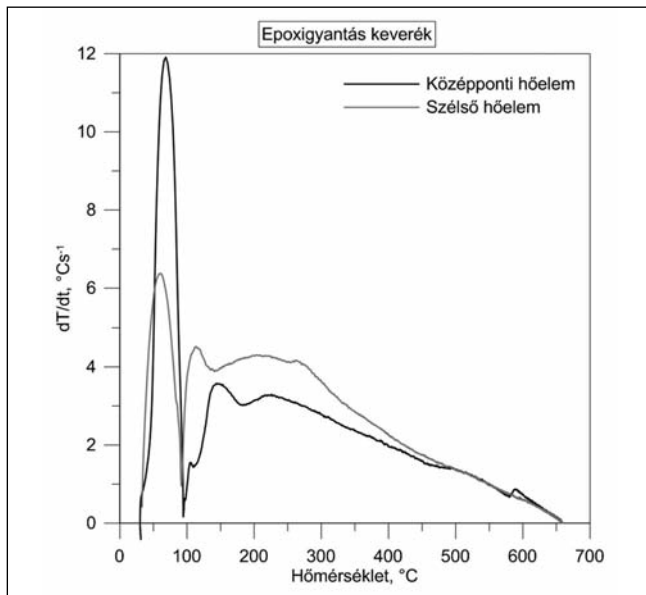
A Fourier-féle termikus analízis olyan, legalább két ponton történő hőmérsékletmérésen alapuló vizsgálati módszer, amely alkalmas az olvadék és a felszabaduló látens hő elemzésére. Jelen munkánk során azonban formázóanyagok esetén alkalmaztuk az elnyelt hő mennyiségének tanulmányozására. A hővezetés alapegyenletéből kiindulva, az összefüggésekkel iteratív módon számolva meghatároztuk a keverékek által elnyelt teljes hőmennyiség értékét, a hőelnyelés intenzitását és az elnyelt hő mennyiségének részarányát is. A számítás menete korábbi szerzők munkájában található meg [7]. Az elnyelt hőmennyiség tartalmazza a próbatest felhevítéséhez, a kötőanyagrendszer lebomlásához, a kötött nedvességtartalom, illetve kristályvíz elpárolgásához és a kvarchomok átalakulásához szükséges energiát is. A vizsgált keverékekre vonatkozó pontos eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. Az epoxigyantás mag által elnyelt hő mennyisége kb. 15%-kal nagyobb, mint a karbamid–furángyanta kötőanyag magé. A nagyobb hőelnyelő képességű formák/magok nagyobb hűtőhatást gyakorolnak az



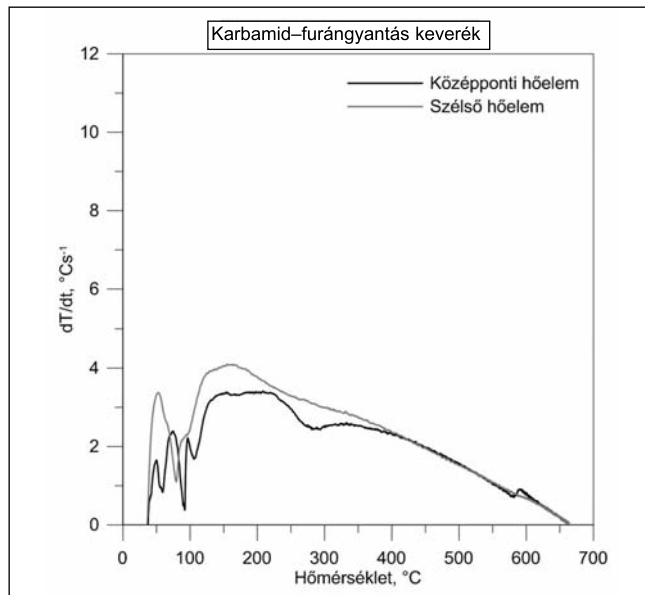
2. ábra. Az epoxigyantás próbatest felhevülési görbéi a próbatest középpontjában és felületénél



3. ábra. A karbamid–furángyantás próbatest felhevülési görbéi a próbatest középpontjában és felületénél



■ 4. ábra. Az epoxigyantás próbatest felhevülési sebessége a próbatest középpontjában és felületénél



■ 5. ábra. A karbamid-furángyantas próbatest felhevülési sebessége a próbatest középpontjában és felületénél

öntvényre, ezáltal gyorsítják a dermedési folyamatot. A formatöltést követően kialakuló öntvényfelületi réteg (az ún. „öntvénybőr”) megakadályozza a formázókeverék kötőanyagtartalmának lebomlása során felszabaduló gázok betörését az olvadékba, továbbá az egyéb, kezdeti időintervallumban kialakuló felületi öntvényhibák megjelenését.

A hőelvonás mértékének hőmérséklet szerinti eloszlását mutatja be a 6. ábra. A görbe függőlegeshez közelítő szakaszai azt jelentik, hogy az elnyelt hő mennyisége közel állandó

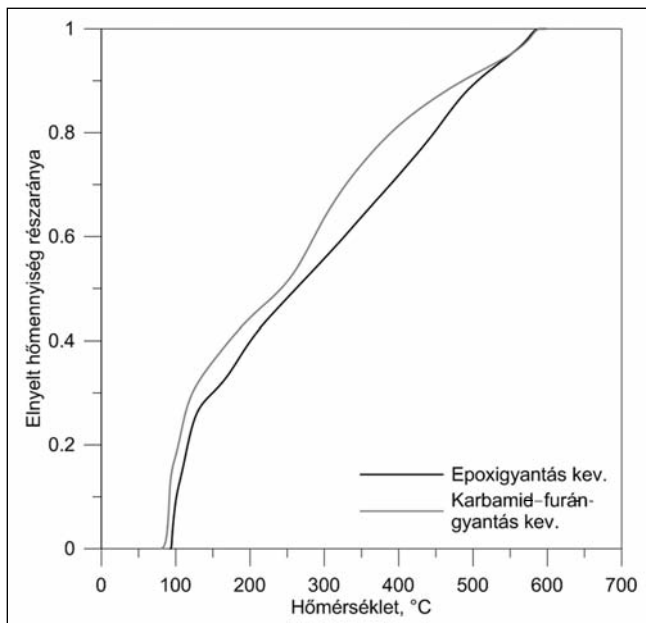
2. táblázat: A vizsgált keverékek által elnyelt hőmennyiség értékei

| Minta | Teljes elnyelt hőmennyiség, kJ/kg |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Epoxigyantás | 215 |
| Karbamid-furángyantas | 187 |

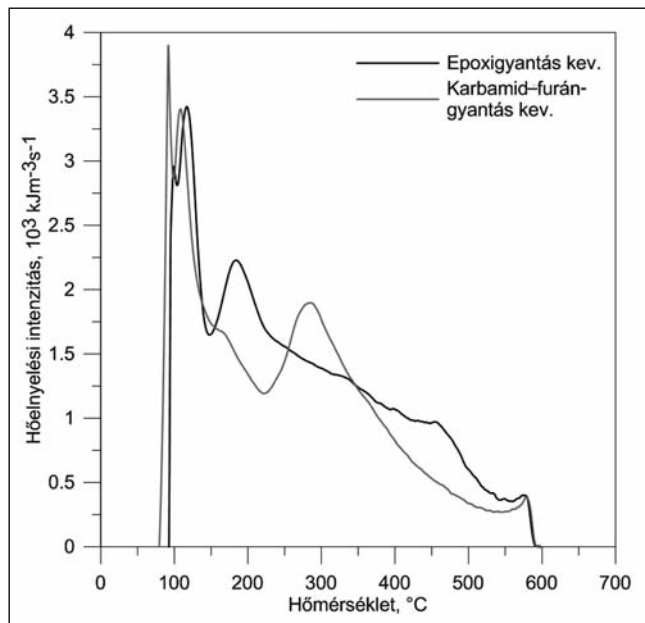
hőmérséklet mellett nő. Ez 100 °C környékén a nedvességtartalom elpárolgását, 573 °C-on a kvarc allotróp átalakulását, a 110–550 °C-os tartományban pedig a kötőanyagrendszer bomlási folyamatait jelöli. Az elnyelt

hőmennyiség részarányának segítségével nemcsak a kötőanyagrendszer lebomlási karakterisztikája tanulmányozható, hanem a keverékekhez tartozó pontos értékek ismeretében az egyes hőmérséklet-intervallumokban végbemenő endoterm folyamatok hőelvonó hatása is megbecsülhető.

A hőelnyelés intenzitása a hőmérséklet függvényében a vizsgált keverékek esetén a 7. ábrán látható. A görbék maximumai endoterm folyamatokat jelölnek, amelyek során hirtelen nő meg a hőelvonás sebessége. Ezen a diagramon még inkább megfigyelhe-



■ 6. ábra. A vizsgált keverékek által elnyelt hőmennyiség részaránya a hőmérséklet függvényében



■ 7. ábra. A vizsgált keverékek hőelnyelési intenzitása a hőmérséklet függvényében

tő, hogy a kezdeti, kb. 100 °C-nál látható csúcs után az epoxigyanta lebomlása több lépcsőben zajlik. A hőelvonás-intenzitási görbéknek epoxigyantás keverék esetén kb. 200 °C és kb. 460 °C körül is maximuma van, szemben a karbamid–furángyantás keverékkel, melynél határozottan más hőmérséklet-tartományban történik intenzív hőfelvétel, kb. 170 °C-on és kb. 270 °C-on. A két kötőanyagrendszer tehát az olvadékkal érintkezve teljesen eltérő módon viselkedik. Ez nemcsak azt befolyásolja, hogy kb. milyen hőmérsékleten fejt ki legintenzívebben az adott keverék az olvadékra gyakorolt hűtő hatását, hanem azt is, hogy mikor lesz a legintenzívebb a gázképződés.

Összefoglalás

Munkánk során a hőmérsékletmérések alapján végzett termikus analízis újszerű alkalmazásával sikeresen meghatároztuk két, az öntészeti gyakorlatban használt műgyantakötésű formázókeverék eddig nem ismert hőfizikai tulajdonságait. Kiszámítottuk a keverék által elnyelt teljes hő mennyiségét, valamint az elnyelt hőmennyiség részarányát és a hőelvonás intenzitását a próbatest geometriai középpontjában rögzített hőmérséklet függvényében. Megállapítottuk, hogy a két vizsgált kötőanyagrendszer lebomlási karakterisztikája lényegesen eltérő, a kiegészítő folyamattal együtt járó endoterm reakciók különböző maghőmérsékleteken játszódnak

le az epoxigyantás és a karbamid–furángyantás keverékek esetében. Ennek megfelelően a magok hűtőhatása is speciális hőmérsékleteken és hőmérséklet-tartományokban fog érvényesülni, amely jelentősen befolyásolhatja az öntvények dermedését, illetve az öntvényhibák kialakulását. Ezáltal az eredmények nemcsak az öntés során a formázókeverékekben lezajló folyamatok részleteiből megértéséhez járulnak hozzá, hanem információval szolgálnak az olvadékra gyakorolt hatásuk előrejelzésében is. Az egyes formázókeverékek hőelnyelő képességének ismerete például elősegítheti a számítógépes szimulációs és tervezési folyamatot, pontosabb bemenő adatokat szolgáltatva a formázókeverék hőfizikai tulajdonságaira vonatkozóan.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott munkát a Swedish Knowledge Foundation, valamint a Campus Hungary Program támogatta. A kutatásban részt vett a Jönköping University, a Scania CV AB és a Volvo Powertrain Production Gjöteriet AB.

Irodalom

[1] A. Diószegi, I. L. Svensson: Interpretation of Solidification by Thermal Analysis of Cooling Rate, Transactions of the Indian Institute of Metals, vol. 8. No.4. August 2005. old. 611–616.

- [2] S. Stan, M. Chisamera, I. Riposan, M. Barstow: Application of thermal analysis to monitor the quality of hypoeutectic cast irons during solidification in sand and metal moulds, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012; 110:1185–1192.
- [3] Fras E., Kapturkiewicz W., Burbielko A., Lopez H. F.: Numerical simulation and Fourier thermal analysis of solidification kinetics in high carbon Fe–C Alloys. AFS Trans. 1997;28:115–23.
- [4] Emadi D., Whiting LV., Djurdjevic M., Kierkus WT, Sokolowski J.: Comparison of Newtonian and Fourier thermal analysis techniques for calculation of latent heat and solid fraction of aluminium alloys, J Metall. 2004;2:10.
- [5] N. Aas, T. V. Lokken, A. O. Fredheim: TG Evolved Gas Analysis Using ATD Sample Tubes, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2001;64:393–401.
- [6] L. Winardi, R. D. Griffin, H. E. Littleton, J. A. Griffin: Variables Affecting Gas Evolution Rates and Volumes from Cores in Contact with Molten Metal, AFS Transactions, 2008.
- [7] J. T. Svidró, A. Diószegi, J. Tóth: The novel application of Fourier thermal analysis in foundry technologies, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Volume 115, Issue 1, January 2014. old. 331–338.

MÖSZ-HÍR

A szakmánk él és fejlődik 2.0!

A Magyar Öntészeti Szövetség (MÖSZ) és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) Öntészeti Szakosztálya szervezésében és lebonyolításában, 2015. október 9–11-én ismét Herceghalmon, a Hotel Abacusban zajlott le magyar és angol nyelven a 23. Magyar Öntőnapok.

Az öntőnapokról szóló tudósítás címét két évvel ez előtt is így fogalmaztuk meg, de az ideai „nagyrendezvényünk” már egy újabb fokozatot

(mondhatjuk a 2.0 verziót) jelentett...

Fontos előrebocsátani, hogy megnyugtató helyzetben van a hazai öntődék többsége, számos társaság szinte szárnyal, erőteljesen képes adottságait fejleszteni, ami különösen örvendétes, nem csak a fémöntészetben, de a vasöntészetben is. Ez a megállapítás megalapozott adatokon alapul, amit az előző, 22. öntőnapok adataihoz (zárójelben) hasonlítva is érzékelhetünk:

Előadások száma: 38 (35)
Plenáris előadások száma: 4 (4)

Diákok által tartott előadások száma: 9 (9)

Cégismertető előadások száma: 9 (7)

Kiállítók száma: 8 (7)

Támogatók száma: 17 (15)

A középiskolások száma: 118 (67)

Üzemlátogatáson résztvevők száma: 102 (71)

A regisztrált résztvevők száma 248 volt, ebből 29 külföldi, míg két évvel ezelőtt ez a szám 205 volt. A konferencián 104 cég képviselője jelent



■ **1. kép.** Egyesületünk elnöke köszönti a konferencia résztvevőit



■ **2. kép.** A diák- és doktoranduszszekció előadói, az Öntészeti Intézet munkatársai és a szekció elnöke, dr. Dül Jenő

meg kilenc ország képviselőjében.

A rendezvény fő támogatója a FÉMALK Zrt. volt, kiemelt támogatói a Busch-Hungária Kft., az Ecseri Kft., az Inductotherm Europe Ltd. (UK) és a NEMAK Győr Kft. voltak. A konferencia további szponzorai: Alba Metall 1991 Kft., Alu-Öntő Kft., Antamik Kft., Csefém Kft., Csepel Metall Kft., K+K Vas Kft., Kuka Robotics Kft., Magyarmet Kft., Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Öntészeti Intézete, Robot-x Kft. és a Szegedi Öntőde Kft.

A konferencia első napjának délelőttjén, október 9-én, lehetőség volt három öntődében (Fémalk – Dunavarsány, Busch Hungária – Győr és Magyarmet – Bicske) üzemlátogatáson részt venni, amivel a konferencia résztvevőinek mintegy fele élt is. Ezzel egy időben a konferencia kísérő rendezvényeként szakmai délelőtti tartottak a szervezők az öntészeti szakirányú képzés jövőjének biztosításáért, az öntészet társadalmi elfogadottságának javításáért. A megjelent 118 középiskolai diák négy szakiskolából és egy gimnáziumból érkezett, az ország különböző részeiből. Az Abacus Hotel bejárata előtt felállított sátor alatt és körül a formázási és öntési bemutatót – természetesen a diákok közreműködésével – tartották meg az ME oktatói és hallgatói.

A rendezvény szakkiállítását ugyanezen nap délutánján, a megnyitó és a plenáris ülések előtt nyitotta meg dr. Lengyel Károly, a MÖSZ elnökségi tagja. A hazai Antamik Kft., a Dualvest Kft., a Foundex Kft., a Jupiter Tech Kft., a Nanotest H. Kft. és a TP Technoplus Kft., valamint két külföldi cég, az angol Inductotherm

Europe Ltd. és a szlovén Metal Ltd. szerepelt kiállítási standdal.

A konferenciát Kovács Sándor, a Magyar Öntészeti Szövetség elnöke nyitotta meg és dr. Nagy Lajos, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöke köszöntötte (1. kép).

A meghirdetett programnak megfelelően az alábbi négy plenáris előadás hangzott el:

Heiko, Lickfett (Európai Öntészeti Szövetség): Az európai öntészet helyzete és kihívásai;

Dr. Rick Tamás (FÉMALK Zrt.): A beszállítói lánc – a vevői kapcsolatok fejlődése a FÉMALK Zrt. példáján;

Dr. Varga László (ME Öntészeti Intézet): Duális BSc öntőmérnök képzés a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán;

Fekete István – Lidvin Balázs (Busch-Hungária Kft.): Innováció és tradíció a vasöntészetben: új irányvonalak és sikeres hagyományok ötvözése a Busch-Hungária Kft.-nél.

A szakmai és információs előadások szombaton egész nap és vasárnap délelőtt két szekcióban hangzottak el.

A diákszekció előadásainak rövid összefoglalását lapunk e számában közöljük (szerk.). Az előadások szakszerűek, magas színvonalúak, a megjelent szakemberek és érdeklődők aktivitása és szakmaszeretete kiemelkedő volt. Az előadások mintegy felét a termelő társaságoknál dolgozó, 40 évnél fiatalabb szakemberek tartották (2. kép).

Az oktatók és a támogató társaságok képviselőinek részvételével kerakasztal-megbeszélés folyt a Miskolci Egyetemen idén bevezetett duális képzésről.

A selmeci diákhagyományokat felidéző, tradicionális öntész szakestélyt is tartottak a konferencia résztvevői, kiemelkedően jól szervezett, fegyelmezett módon.

A konferencia záróakkordjaként a szekcióelnökök döntése alapján az előadásokat díjazták. „A 23. Magyar Öntőnapok kiváló szakmai előadása” minősítést a FÉMALK Zrt. szponzorálásával Séllei Anett okl. anyagmérnök (Szegedi Öntőde Kft.) kapta (3. kép), a MÖSZ és az OMBKE Öntészeti Szakosztálya által közösen fel-



■ **3. kép.** Séllei Anett



■ **4. kép.** Halápi Dávid

ajánlott, „A 23. Magyar Öntőnapok kiváló diák előadása” díjat pedig *Halápi Dávid* (ME BSc IV. évf. hallgató) előadásának ítelték oda (4. kép).

Kovács Sándor elnök zárszavában kiemelte a rendezvény sikerességét, ami szakmáknak biztató jövőt ígér. Ismertette az előadásokat levezető szekcióelnökök által összeállított ajánlásokat. Köszönetet mondott dr.

Hatala Pál MÖSZ ügyvezető igazgatónak és *Katkó Károly* szakosztályelnöknek, mint főszervezőknek, *Fifek Gabriellának*, a MÖSZ titkárság vezetőjének, az ME öntészeti oktatóinak, dr. *Dúl Jenőnek*, dr. *Varga Lászlónak*, *Mende-Tokár Monikának*, és a szakmai bemutatót tartó hallgatóknak, a szekcióelnököknek, a rendezőknek kiválóan segítő *Alexa Márk* és *Tóth*

Richárd miskolci egyetemistáknak, a támogatóknak, valamint az Abacus Hotel csapatának és mindazoknak, akik valamilyen módon részt vállaltak a rendezvény sikeres lebonyolításában.

A 24. Magyar Öntőnapokat 2017 októberében rendezi meg a két társ-szervezet.

HP

A 23. Magyar Öntőnapok diákszekciójában elhangzott előadások rövid összefoglalója

Bartus Bence BSc III. évf.: **Öntődei homokok és a magok szilárdsági tulajdonságai közötti összefüggések kutatása**

Konzulensek: *Császár Csaba* és *Pete László* (Nemak Győr Alumíniumöntőde Kft.), dr. *Dúl Jenő* (Miskolci Egyetem)

Műgyanta kötőanyaggal kötött homokmagok gyártására használt öntődei homokok tulajdonságait vizsgáltam. Fontos a használt homok újrahasznosítása, a kötőanyag-maradványok eltávolítása, ezáltal a maggyártásra alkalmas regenerált homok előállítás.

A kutatómunka üzemi háttérét biztosító öntődében a termelés felfutása miatt elégtelenné vált a homokregeneráló kapacitás, ezért a magok egy részét regenerálás nélküli, használt homok, üzemi elnevezés szerint „öreg homok” felhasználásával készítik. Feladatom volt a regenerált és a

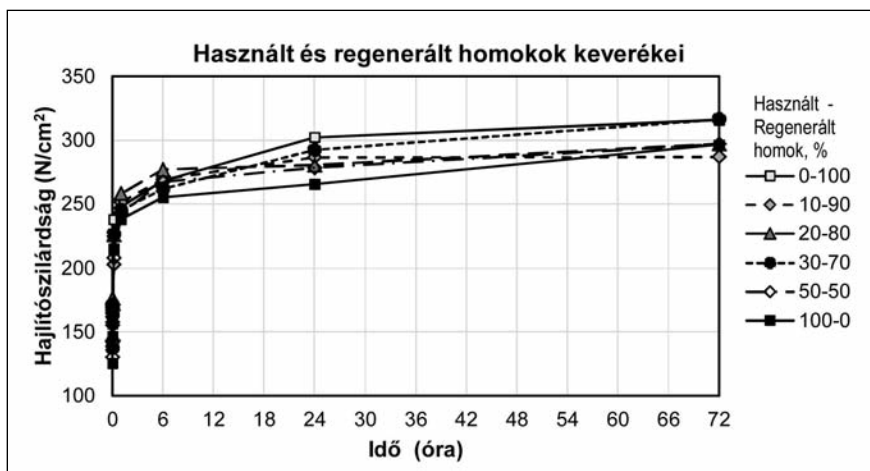
használt homok különböző arányú keverékeinek felhasználásával készített magok tulajdonságainak a vizsgálata, mivel a homok-előkészítő rendszer lehetővé teszi a maggyártásra használt homokok keverését. További feladat volt a nagyobb iszaptartalomnak a magok szilárdsági tulajdonságaira gyakorolt hatásának a vizsgálata, majd összevetése a normál iszap-tartalmúval, valamint a magkészítéshez használt homok növelt hőmérsékletének vizsgálata, mellyel a nyári üzemi körülmények szimulálhatók.

A különböző típusú homokkeverékekből azonos gyanta- és amin-

tartalommal készített próbatestek hajlítószilárdságának meghatározásából olyan adatokat kaptam, melyekkel jellemezni, illetve összehasonlítani lehet a homokok tulajdonságait.

A használt és regenerált homokból különböző arányban összeállított keverékek vizsgálatánál az azonnali mérések alapján azt lehet megállapítani, hogy minél több „öreg homokot” keverünk a regenerált homokhoz, annál kisebb lesz a hajlítószilárdsága. Ám hosszabb pihentetési idő után ez a tendencia változik. 30% „öreg homokból” és 70% regenerált homokból álló keverékből készült próbatestek hajlítószilárdsága 24 óra elteltével megközelíti a 100%-os regenerált homokból készült próbatest eredményeit. Ez ipari méretekben nagy megtakarítást tesz lehetővé (1. ábra).

A hőmérséklet hatásának vizsgálatánál arra lehet következtetni, hogy a 40 °C-os hőmérsékletre felmelegített homokból készült keverék magjainak hajlítószilárdsága érzékelhetően kisebb, mint a szobahőmérsékleten készített magoké. Ez annak tudható be, hogy melegben korábban indul el a homokszemcsék közötti hidak kialakulása, ezáltal romlik a homokmagok szilárdsága. Ez főleg nyáron jelentős, mikor az üzem területén nagy hőmérséklet uralkodik.



■ 1. ábra. Használt és regenerált homokból különböző arányban készült próbatestek hajlítószilárdsága

A dolgozat tárgya a műgyantás maghomokkeverékek hajlítószilárdságának vizsgálata alapján az alkalmazott kötőanyagrendszer optimális összetételének meghatározása. A vizsgálatokhoz eltérő alap-homokokat, különböző származású műgyantát és katalizátorként amint alkalmaztam. A vizsgálatok elősegítik a Nemak Győr Alumíniumöntőde Kft.-ben a hengerfejek gyártásához használt maghomok-keverékek mennyiségének és a költségeknek a csökkentését.

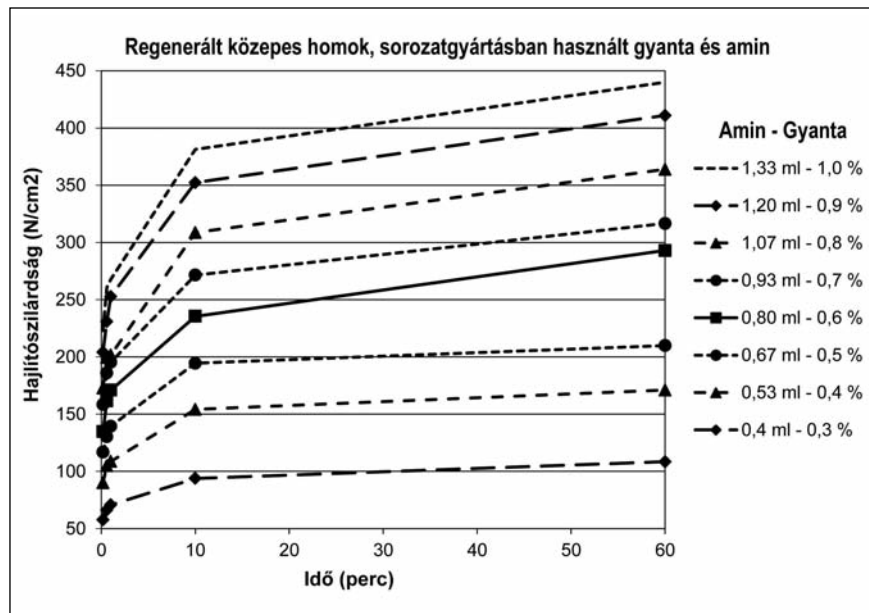
A próbatestek hajlítószilárdságát a maglövés után különböző (10, 35, 60 sec, 10 és 60 min, 6 óra, 1 és 3 nap) várakoztatási időt követően mértem. A hidegmagszekrényes (cold-box, CB) eljárásnál 1 kg üzemi keverékhez 0,6% gyantát és 1 ml amint használnak, amit a maglövő gép elpárologtatás után juttat a magszekrénybe. Ettől eltérő gyantaadagolás esetén változatlan az amin-gyanta aránya. A kísérletekhez 2 kg keveréket készítettem. A laboratóriumi maglövő gépen a hajlítószilárdság vizsgálatához három szabványos méretű (22,5×22,5×150 mm) próbatestet állítottam elő, melyhez 0,02-0,7 ml között változó mennyiségű amint használtam. Kimutattam, hogy a 0,6% gyantatartalmú keverékeknel az

amin eltérő arányban történő alkalmazása 0,5 ml alatt jelentősen csökkenti, fölötté csekély mértékben növeli a homokkeverék hajlítószilárdságát.

Az eltérő tárolási idejű, valamint a különböző beszállítók által gyártott amin hatását összehasonlítva lényeges változás (5% különbség) nem mutatható ki. A regenerált közepes és regenerált finom homokból készített

próbatestek hajlítószilárdságát mérve különböző műgyantamennyiségek felhasználása esetén kiderült, hogy finom homoknál ugyanolyan hajlítószilárdság eléréséhez több (0,6% helyett 0,7%) műgyanta kell (nagyobb a fajlagos felület).

Nagyobb gyantamennyiség esetén nagyobb hajlítószilárdságot kaptam (2. ábra).



2. ábra. A cold-box magok hajlítószilárdsága eltérő amin- és gyantamennyiségek esetén

Mádi Laura Johanna MSc II. évf.: Műgyantás maghomokkeverékek hőterhelés közben mérhető tulajdonságainak vizsgálata

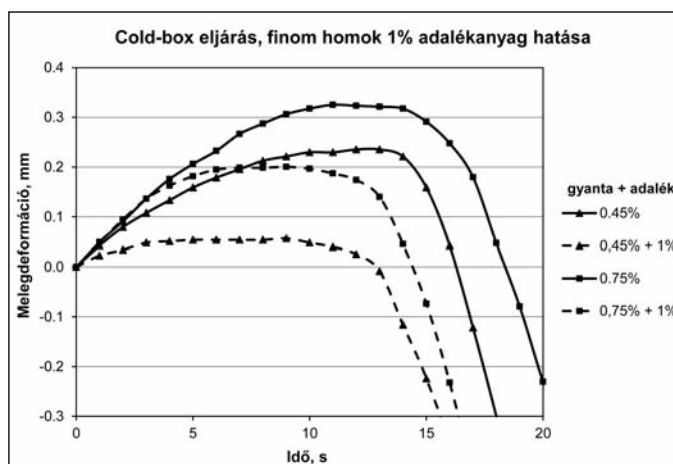
Konzulensek: dr. Dúl Jenő (Miskolci Egyetem), dr. Fegyverneki György (Nemak Győr Kft.)

Kutatómunkám célja, hogy a műgyantás maghomokkeverékeken hideg- és meleg-hajlítóvizsgálatokkal, valamint egyoldalú melegdeformációs vizsgálatokkal eltérő összetételű kötőanyagrendszereken mérhető tulajdonságokat állapítsak meg.

A különböző időtartamú hőkezeléseknek köszönhetően képet kapunk a keverékekben lévő kötőhidak kialakulásáról, a részlegesen vagy teljesen kiégett gyantatartalmáról. A próbatesteket különböző hőmérsékleten (400 és 450 °C) és különböző ideig (2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25 perc) hőterheléseknek tettem ki. Kimutattam,

hogy a 400 °C-os, rövid ideig tartó hőterhelés során a szilárdság utólag növekszik, ami a hő hatására felgyorsult reakciók miatt erősíti a kötést.

A Hot Distortion Tester (Sympson Gerosa) berendezés segítségével a mű-



3. ábra. A gyanta és az adalék hatása a melegdeformációs görbékre

gyantakötésű homokmagok hő hatására történő deformációját vizsgáltam. A melegdeformációt és a degradációt idejét sok tényező befolyásolja. A nagyobb gyantatartalom

növeli a deformációt és a degradációs időt. A katalizátor (amin) mennyiségének a növelése nagyobb deformációt és megnövekedett degradációs időt okoz. A folyékony fém

homokszemcsék közé hatolásának (penetráció) csökkentése érdekében adagolt adalékanyag csökkenti a deformációt és a degradációs időt (3. ábra)

Ádám Enikő – Mádi Laura Johanna MSc II. évf.: Műgyantás homokkeverékek gyantakiégési folyamatának vizsgálata

Konzulens: dr. Dúl Jenő (Miskolci Egyetem)

A kutatómunka célja a maggyártásban használatos különböző műgyantás homokkeverékek regenerálását elősegítő vizsgálatok elvégzése, a hőterhelés közben lejátszódó gyantakiégés hőmérséklet-függésének kimutatása a regeneráló berendezések működésének optimalizálása céljából.

A mérések során különböző, a Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft.-nél alkalmazott homokkeverékek cold-box (CB), hot-box (HB) keverékek és ezen kívül a héjhomokok gyantakiégésének vizsgálatára került sor 400, 450, 500 és 900 °C hőmérsékleteken 20 perces hőntartási idővel.

A különféle HB-keverékek esetén a tömegváltozás arányos a gyantatartalommal. A HB-keverékek esetén a Furesan kötőanyag azonos körülmények között kisebb arányban ég ki a Termophen gyantához képest. CB-keverékeknél azonos gyantatartalom mellett, kis hőmérsékleten a gyanta kiégésének mértéke finom homok esetén nagyobb, mint a közepes homok esetén.

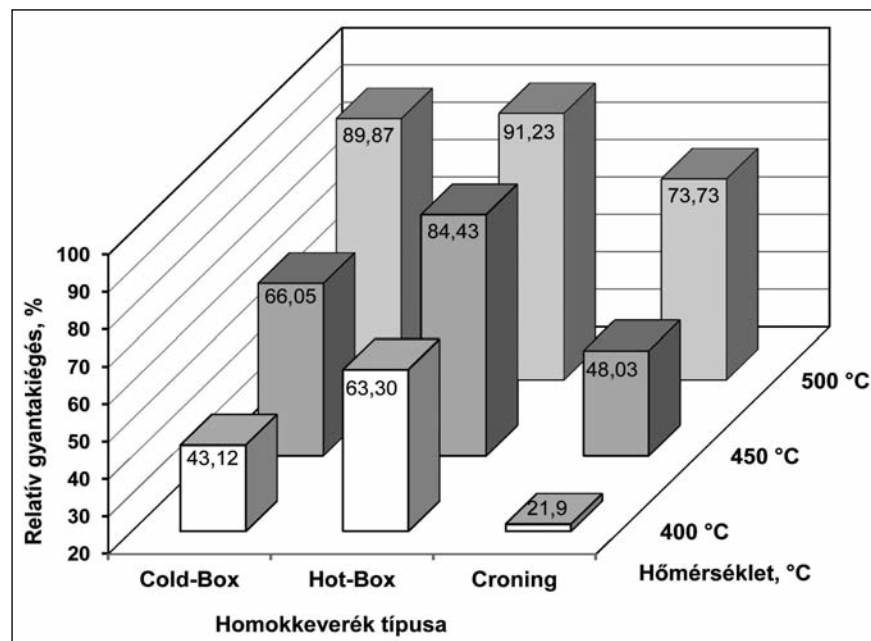
Regenerált és használt homok eltérő arányú keveréke esetén CB-kötőanyag alkalmazásánál a tömegvesztesség mértéke 30% használthomoktartalomig lényegesen nem változott.

A penetráció csökkentése érdekében használt, sok szerves anyagot tartalmazó adalékanyag alkalmazása esetén arányosan nagyobb a tömegvesztesség, de a tömegcsökke-

nés hőmérsékletfüggése nem változott. A nagy gyantatartalmú (2% izzítási veszteség) Croning-homokok tömegcsökkenése a HB- és CB-keverékekhez képest a gyantatartalommal arányosan nagyobb, a kiégés aránya a többi keverékhez képest azonos hőmérséklet és időtartam esetén lényegesen kisebb. A 4. ábra a különböző kötőanyagrendszerek relatív (a 900 °C hőmérsékleten mérthez viszonyított) tömegvesztességét szemlélteti.

Kirámolás vagy öntvénytisztítás során a CB- és HB-homokok együtt

kerülnek ki az öntvényből és kimutatható a gyanta kiégési karakterisztikájának eltérése. A homokregeneráló rendszerben a HB-keverékek gyantatartalma könnyebben, gyorsabban ég ki, mint a CB-keverékeké. A regeneráló berendezésben a teljesítmény növelése a homok áthaladási idejének csökkentésével a CB-keverékek esetén idéz elő részleges kiégést. A Croning-homok regenerálása a CB- és HB-keverékekhez képest hosszabb ideig tart, ami a rendszerbe bevitelének alapos megfontolását igényli.



■ 4. ábra. A vizsgált homokkeverékek gyantakiégésének összehasonlítása

Juhász Ákos BSc III. évf.: Olvadék-homokmag határfelületi jelenségek vizsgálata

Konzulensek: Császár Csaba (Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft.) és dr. Dúl Jenő (Miskolci Egyetem)

A könnyűfém öntvények belső üregeinek kialakítására szolgáló homokmagok különböző műgyantás homokkeverékekből készülnek. A hengerfej gyártása során az öntvény minőségét jelentősen befolyá-

solja az olvadék és a homokmag kölcsönhatásakor felszabaduló gáz, ami a többfázisú határfelületi reakció meghatározója. Az üzemi viszonyok között azt tapasztalták, hogy az AISi9Cu1 ötvözet esetén

homokfeltapadás keletkezik a hengerfejüregek kimenő nyílásának közelében, melyet csak szemcseszórással lehet tisztítani. Ennek a felületi problémának a kiváltó okával és megoldásának lehetőségeivel fog-

lalkozom a Nemak Győr Alumínumöntőde Kft.-ben.

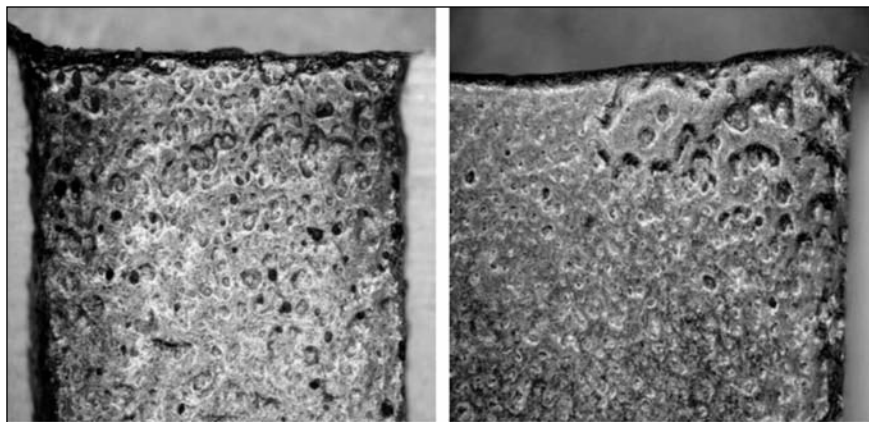
A kutatásom célja megérteni, hogy milyen mechanizmus váltja ki a homokszemcsék feltapadását, és olyan technológiai változtatás kidolgozása, amely a jövőben kizárja az ilyen típusú öntési hibákat.

A vizsgálatoknál folyékony fémrel körbeöntöttem a hajlítoszilárdság vizsgálatára szolgáló 22,5×22,5 mm keresztmetszetű homokmag próbatesteket az erre alkalmas kokillában. Ezzel vizsgálhatók a homok feltapadásának körülményei a különböző homokkeverékek és ötvözetek esetén. Vizsgálni lehet a homokmag üríthetőségét, lehetővé válik a homokmaggal kialakított felület minőségének vizsgálata is különböző kötőanyag, fekecs és adalék alkalmazásánál, valamint az ötvény zsugorodása is.

A homokmag–olvadék–gázfázis

határfelületi reakció hatásának megállapítása céljából az ötvények belső felületét mikroszkóppal vizsgáltam, és összehasonlítottam a különböző ötvözetek és homokkeverékek hatását. A kiürített homokmaradványon izzítási

veszteséget mértem, elválasztva egymástól a rögzös és pergő homokot. Szitaanalízist is végeztem, amivel meghatároztam, hogy a különböző homokkeverékek szemcséi az ürítést követően mennyire homogének.



■ 5. ábra. AISi9Cu1 ötvözetből öntött kísérleti darab belső felületén, cold-box keverékből készített homokmagnál kialakult elváltozás

Boros Viktória BSc IV. évf.: Csökkentett stronciumtartalom módosító hatásának vizsgálata

Konzulensek: Mende-Tokár Monika (Miskolci Egyetem), Bíró Nóra (Nemak Győr Alumíniumöntőde Kft.)

A dolgozat tárgya a stronciumtartalom csökkentésének vizsgálata AISi8Cu3 öntészeti ötvözet esetén. A kísérleteket 100 ppm fölötti és alatti stronciumtartalmú olvadék esetében végeztem el, a N₂-gázzal végzett rotoros gáztalanító kezelés során 40 ppm stroncium hozzáadásával. Célom volt az üzemi körülmények között alkalmazott 100 ppm fölötti stroncium hatásának összehasonlítása a szakirodalmak szerint a módosításhoz elégséges, közelítőleg 100 ppm stroncium hatásával.

Az eutektikus, közelítőleg 12% szilíciumtartalmú ötvények szilárdsági tulajdonságaira jelentős minőségjavító hatással van az ún. „módosítás”, mely során előötvözetnek az olvadékba való bevitelével az eutektikum szilíciumfázisa finomítható, lemezes, durva kristályok helyett kevésbé bemetsző hatású, szemcsés alakban kristályosodik. A legelterjedtebb módosító ötvöző a stroncium, melyet AISr10 előötvözet formájában alkalmaznak.

A szakirodalom alapján elegendő kisebb, közelítőleg 100 ppm stroncium alkalmazása a megfelelő módosítottsági szint eléréséhez, de a kísérleteim helyszínénél szolgáló üzemben nagyobb (>100 ppm) Sr-előírást alkalmaznak. Ezért célom volt megvizsgálni, esetlegesen igazolni a szakirodalomban leírtakat üzemi viszonyok között.

A módosítottság mértékét lehűlési görbék, illetve szövetszerkezeti vizsgálatok alapján állapítottam meg a termikus elemzés során öntött hengeres próbatesteken. A két módszerrel célom volt annak meghatározása, hogy milyen korreláció van a lehűlési görbékben számolható ΔT túlhűlési hőmérséklet alapján és a szövetszerkezetek etalonsorozattal történő összehasonlításával megállapított módosítottsági szintek között, valamint kideríteni, hogy a kísérleti körülmények tervezetten változtatott paraméterei milyen hatással vannak a mechanikai tulajdonságokra.

Megállapítottam, hogy a kis Sr-tartalmú olvadékok esetében a spektro-

méteres elemzéssel kimutatható Sr-tartalom nem változik a technológiai lépések során, viszont a kristályosodás során elért ΔT túlhűlési hőmérsékletek folyamatosan csökkennek. Az olvadékban lévő stroncium, bár benne van az olvadékban, hatását veszti. A eutektikum szilíciumának módosítottsága közvetlenül gáztalanítás után 107 ppm Sr-tartalom esetén nem lemezes volt, míg 96 ppm-nél részben módosított. Az üzemben alkalmazott rotoros gáztalanító kezelés során pótlólag beadagolt előötvözzel a 40 ppm stronciumot csak részben veszi fel az olvadék, így az nem fejt ki finomító hatását, és gáztalanítás után a szilícium lemezes szerkezettel jelenik meg. Az idő elteltével azonban az eutektikus túlhűlési hőmérséklet megnő, azaz a bevitt, többlet stroncium később kifejti hatását.

A késztermékeken végzett szövet-szerkezeti- és mechanikai vizsgálatok alapján a kisebb stronciumtartalmú olvadékkal is biztosítani lehet az előírt szilárdsági követelményeket.

Célom Al-Si ötvözet olvasztásánál az üstkezelés során alkalmazott sókeverék hatásának vizsgálata a zárványtartalomra, a fémolvadék tulajdonságaira, valamint a képződő fölzék és salak mennyiségére nézve. Az olvadék tisztítására kezelőso adagolása mellett a kémiailag passzív N₂-gáz átbuborékolatását alkalmaztam.

A Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft.-ben üzemi körülmények között végeztem a zárványosság csökkentésére irányuló kísérleteket a DIN-szabvány szerinti A226.10 (öAlSi9Cu3) öntészeti ötvözet esetén. A kísérleteket ún. kétlépcsős olvadékezelés formájában végeztem el, a kísérletsorozat két részből tevődött össze: elsőként az üzemi technológiától eltérően, a szállítóüstben ötperces üstkezelést (kezelőso adagolása + N₂-nel történő gáztalanító kezelés) alkalmaztam, majd ezt követte a hőntartó-kemencében végzett hatperces, rotoros gáztalanító kezelés.

Változtattam a fölzék (olvadék átöntése közben, a turbulens áramlási viszonyok miatt képződő haboso-

dás oxidos terméke, melynek nagy a tapadó fémtartalma) leszedésének a körülményeit aszerint, hogy az egyes technológiai lépéseket megelőzően leszedték-e, vagy sem. Elvégeztem a részfolyamatokban képződő fölzék (salak) mennyiségének vizsgálatát is.

Az olvadéktisztaság mértékének meghatározását a technológiai részfolyamatok során öntött K-mould próbatetek töretfelületeinek szakirodalom szerinti kiértékelésével végeztem el. Az oldott H₂-tartalom meghatározását sűrűségindex próbákön végeztem el. Érempróbákat öntöttem az összetétel meghatározására, mely vizsgálat szikragerjesztéses spektrométerrel történt, ill. mértem az olvadék hőmér-

sékletét minden egyes technológiai lépést megelőzően. Páztázó elektronmikroszkóp segítségével azonosítottam a töretfelületeken megjelenő zárványokat.

A részfolyamatokban képződő salak mennyiségének vizsgálata alapján kimutattam, hogy a sóadagolás olvadékezelés jelentős mértékben csökkenti a salakhoz kapcsolódó fémvesztéseget.

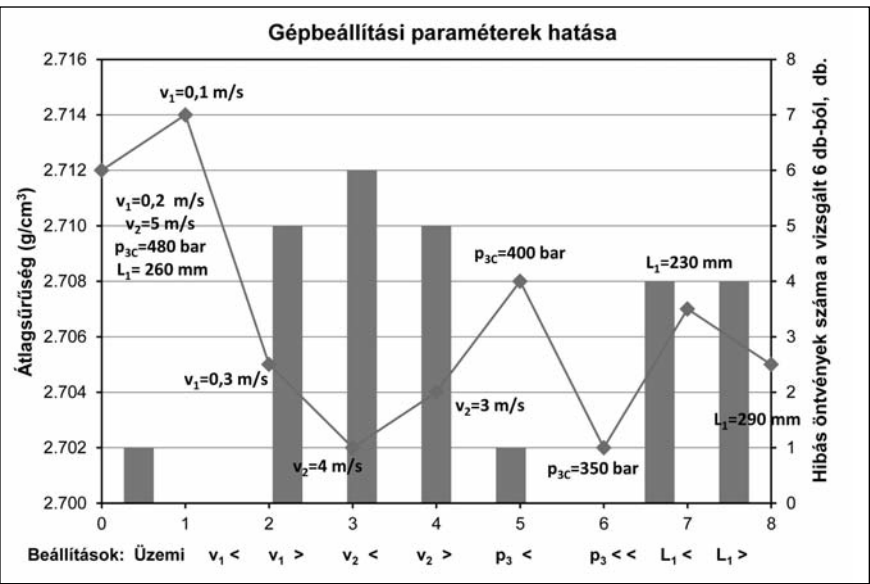
Megállapítottam, hogy az üstkezeléssel csökkenteni lehet a zárványosságot, és a legjobb az átöntést követően a fölzék leszedése nélküli gáztalanítás, ebben az esetben kaptam a legkisebb átlagos és maximális K-értéket is (1. táblázat).

1. táblázat. Az olvadékezelési kísérletek átlag K-érték adatainak összehasonlítása

| Fözlék leszedésére vonatkozó változatok | Átlag K-érték | | Maximális K-érték |
|---|-----------------|-------------------|-------------------|
| | Üstkezelés után | Gáztalanítás után | Gáztalanítás után |
| I. Fözlék leszedve a kezelések előtt | 0,23 | 0,04 | 0,38 |
| II. Fözlék nincs leszedve a kezelések előtt | 0,46 | 0,02 | 0,13 |
| III. Fözlék nincs leszedve üstkezelés előtt | 0,26 | 0,05 | 0,25 |

A dolgozat tárgya egy üzemi nyomásos öntvény esetén a nyomástömörégi hiba okainak a vizsgálata, miközben a gyártási paramétereket változtattuk, ezzel befolyásolva a darabok tulajdonságait. A kísérleti öntvények minőségét nyomáspróbával és sűrűségméréssel határoztuk meg, ezek változása és a gépbeállítási paraméterek közötti összefüggést vizsgáltuk.

A vizsgált nyomásos öntvény egy klímakompresszor-alkatrész, amelyet a gépkocsi klímarendszerébe szerelnek, biztosítva annak a kifogástalan működését. A darabok gyártása során alapvető követelmény, hogy az összetett szerkezet ellenére nagy tisztaságú, garantált szilárdságú, és adott nyomásnak ellenálló, tömör keresztmetszetű, ún. „nyomás-tömör” alkatrész legyen a végered-



6. ábra. A különböző beállításoknál kapott átlagos sűrűségértékek és a hibás öntvények száma közötti összefüggés

mény. Alapanyagként D226 (öAlSi9Cu3Fe) ötvözetet használva, vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgépen (Italpresse 750), kétfészes szerszámmal öntik a darabokat.

A vizsgálatok során a gépbeállító lapon előírt értékekhez képest változtattuk az öntési paramétereket. Vizsgáltuk az üzemi előírás értékétől eltérő első fázis és a második fázis sebességének, az utánnyomásnak, valamint a kapcsolópontnak a hatását. Minden változtatás szerint gyártott önténysorozatból hat öntvényen sűrűségmérést, nyomáspróbát és röntgenvizsgálatot végeztünk. A nyomáspróba után megkaptuk a külön-

böző paraméterváltoztatások esetén a hibás, szivárgó öntvények számát és kimutattuk a tömörségi hibák leggyakoribb helyeit is. A röntgenvizsgálat nem adott sok információt, mivel a különböző anyaghibák, oxidzárványok nem látszódnak kellőképpen a hibás öntvények vizsgálata során készült felvételeken.

A vizsgálatok alapján több fontos következtetés is levonható a sűrűség és az öntvényhibák rendkívül szoros kapcsolatáról (6. ábra).

Az első fázis sebességének az üzemi 0,2 m/s beállításról 0,3 m/s-ra növelése esetén jelentős mennyiségű (öt) hibás öntvényt kaptunk. Ezzel

szemben a 0,1 m/s esetén nem volt hibás öntvény. A második fázis üzemi 4,8 m/s sebességének a csökkentése mindkét esetben jelentős mennyiségű hibás öntvényt eredményezett, 4 m/s esetén hat, 3 m/s esetén öt hibás öntvényt kapunk.

Az utánnyomás változtatásának során a hibás öntvények aránya nem változott, az öntvények nagy többsége hibamentes volt. Az átkapcsolási pont üzemi értékénél (260 mm) a pozitív és negatív irányú módosítás (mindkét esetben 30 mm-rel) jelentős mennyiségű hibás öntvényt eredményezett.

Halápi Dávid BSc IV évf.: Kokillaöntvény fejlesztése öntészeti szimulációval

Konzulensek: dr. Molnár Dániel (Miskolci Egyetem), Dobóczy István (TEKA Magyarország Zrt.)

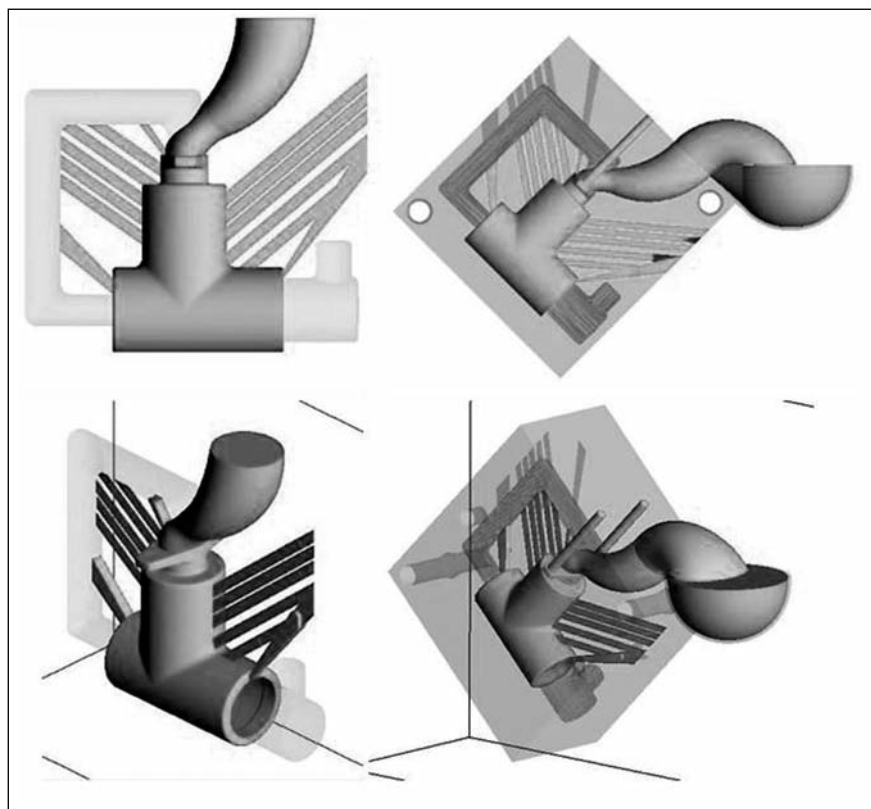
Kutatásaim során a TEKA Magyarország Zrt. mosonmagyaróvári telephelyén végzett sorozatgyártást kísérő, terméktervezési- és fejlesztési folyamatok szerves részét képező vizsgálatokra koncentráltam, különös figyelmet fordítva az előállítani kívánt termék öntészeti technológiai viselkedésének elemzésére, így az olvadék formakitöltő képességére, a zsugorodási és porozitási hibahelyek detektálására. A vállalat gyártás közbeni és utáni ellenőrzésén és folyamatos fejlesztésén felül a vizsgálatok körét kívántam kibővíteni egy általam kidolgozott módszerrel, melyvel a billentve öntés folyamatát próbáltam alaposabban megismerni, és abból a megfelelő következtetéseket levonni.

A téma elméleti hátterének alapos megismerése után a technológiai viselkedést közvetlenül a gyártási folyamatban vizsgáltam. Ennek első lépése az üzemben végzett mérés-sorozat, melynek során a billentve öntés ciklusfázisainak hőmérsékleteit mértem és elemeztem. Pusztán a mérési eredmények azonban nem adnak képet a billentve öntés teljes folyamatáról. A mélyebb megértést „control volume” szimulációk segítik, melyek elvégzésére az ME Öntészeti Intézet laboratóriumában van lehetőség. Ezek eredményeit a mérésekkel összevetve, validációra is lehetőség nyílik. A szimulációs programkörnye-

zet felépítését szimulációs program-fejlesztők (Novacast, Magmasoft, RWP-Simtec, Flow3D) által alkalmazott példák alapján dolgoztam ki. A számítógépes szimulációval a valós üzemi mért és számított értékek, kiindulási és peremfeltételek alapján vizsgáltam a lezajló folyamatokat, és kidolgoztam egy megoldási javaslatot

az üzemszerű termelés gyártástechnológiájára (7. ábra).

Az általam kitűzött feladat egy olyan valós üzemi probléma megoldása életszerű, számítógépes szimulációs eszközökkel, mely az üzemben belül egyéb vizsgálati módszerekkel nehezen vizsgálható.



■ 7. ábra. A kétféle öntési helyzet összehasonlítása. Bal oldalon a gravitációs öntés, a jobb oldalon pedig a billentve öntés kiinduló helyzete látható

PENK MÁRTON

Új alumínium átolvasztómű Inotán

Új alumínium átolvasztómű beruházása fejeződött be Inotán 2015-ben. A beruházás célja alumínium öntészeti és képlékeny alakítási ötvözetek gyártása alumíniumhulladék átolvasztásával. A gyártási folyamat egyik súlypontja a fémhulladékok szakszerű válogatása, hogy elérjék a betétanyagban a gyártandó ötvözet kémiai összetételét. A különböző hulladékok, fölözések, salak, fólia, forgács, italosdoboz, darabos öntvény, ömlesztett és bálázott anyagok, lemezek, profilok, csövek, rudak, vagy akár kompozit anyagok válogatása nagy hozzáértést igényel a válogató csapat részéről. A két forgódobos-, két öntökemencét és öntőegységet tartalmazó technológiai egység fontos lépés az újraéledő magyar alumíniumipar számára.

1. Az előzmények

2014 elején egy orosz magánbefektető, az Inotal Zrt. és a Martin Metals Kft. által szervezett konzorcium megvásárolta Ausztriában az Alumelt GmbH ötvözetgyártó berendezéseit. Ezek a következők voltak:

- 2 db Alumonte-gyártmányú billenthető forgódobos olvasztókemence (eredetileg PB-gázos égőkkel), a hozzá tartozó adagológépekkel és égésvezérléssel;
- 2 db Stotek-gyártmányú billenthető ötvöző-, öntökemence (három égővel, égésvezérléssel, gáztalanító fenékkövekkel);
- 1 db Gautschi-gyártmányú víz-levegő hűtéses öntőlánc rakásoló robottal és automata pántolóval;
- 1 db zsákos füstgáztisztító berendezés;
- kiegészítő berendezések (hűtővíz hőcserélő- és keringető rendszer, spektrál labor, adagológépek, hulladéktároló és salakoló edényzet stb.).

2014-ben és 2015-ben az Alumelt Engineering Kft., a konzorcium által létrehozott cég Inotára, az Inotal Zrt. volt kohócsarnokába telepítette a berendezést. Ennek során rekonstrukciós munkálatokra, átalakításokra, valamint a termékpaletta bővítését szolgáló fejlesztésekre is sor került. A berendezések 2015. áprilisi próbaüzemi indítását az Inotal Zrt. végezte. Az alapanyag-ellátását és a termékértékesítést a Martin Metals Kft. biztosítja.

2. A piaci koncepció

Az átolvasztó üzem telepítése idején, a magyar piacon két ötvözetgyártó (az ajkai és a mocsai) kiesésével, valamint a tatabányai ötvözetgyártó részleges kapacitású üzeme miatt jelentős mértékű termeléseszkökenés következett be. Az öntészeti ötvözetek gyártása lecsökkent, a kieső kapacitásokat a magyar formaöntődék importból fedezték. Ugyanakkor jelentős mennyiségű alumíniumhulla-

dék – az ún. vékonyfalú, képlékeny alakítási hulladékok (fólia, italosdoboz, forgácsok stb.) – újrahasznosítása csak export útján volt lehetséges, mert a magyarországi félgyártmány-feldolgozók nem rendelkeztek alkalmas technológiákkal. A telepítés idején már hallhatók voltak a hírek, hogy lengyel befektetők nagy kapacitású üzem beruházását tervezik Komárom térségében, amely képes ellátni a magyar igényeket. Ezért a fejlesztők sajátos adottságaikat is figyelembe véve alakították ki koncepciójukat, amely szerint tervezték:

- olyan öntészeti ötvözetek előállítását, amelyek kényesebb összetételi igényeket is kielégítenek, ezeket a mennyiségi szemléletű gyártók nem szívesen gyártják hulladékból, illetve
- képlékenyalakítási ötvözetek előállítását, ami a félgyártmánygyártók alapanyagául szolgálhat.

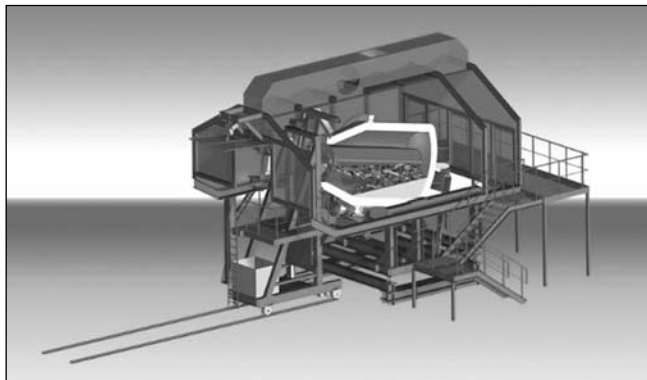
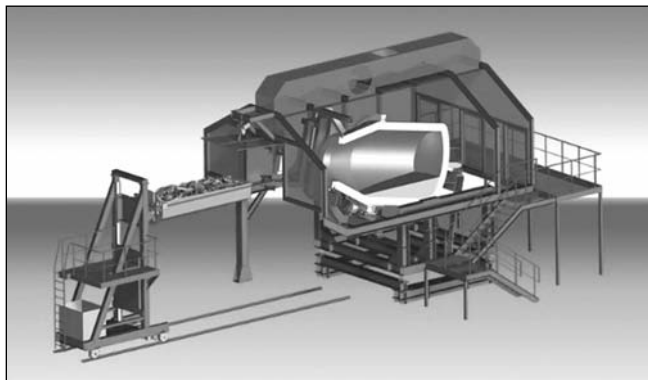
3. Másodnyersanyagokból gyártott öntészeti és képlékeny alakítási alapanyagok

Az átolvasztómű tevékenységének középpontjában a hulladékok előválogatása, a megfelelő betét-összeállítás, a precíz ötvözőanyag-felhasználás áll, úgy, hogy az üzem kizárólag hulladékokból állít elő ötvözeteket.

A hulladékok formájuk szerint a következők: feldolgozott salak, forgácsok, fóliák, italosdobozok, darabos öntvény és deformálható hulladékok, darált ömlesztett és bálázott lemez, profil, rúd, cső, kompozit (fém-, műanyag-, festék-, olajtartalmú) anyagok.

Az öntészeti ötvözetek közül az üzem elsősorban a szűkített összetételű AISi9Cu3, AISi12Cu1, AISi12, AISi10Mg, AISi7Mg típusú ötvözet gyártására koncentrál. A képlékeny alakítási ötvözetek közül AlMgSi0,5

Penk Márton a Moszkvai Kohászati Egyetemen 1975-ben végzett kohómérnök-ként, kohászati kemencék hőtechnikája és automatizálása szakon. A Martin Metals Kft. (az alapítás éve 2003) és a Martin Metal Product Kft. ügyvezető igazgatója. Az alumíniumhulladék másodnyersanyagként való újrahasznosításának, az alumínium félgyártmány-kereskedelemnek egyik fontos magyarországi szereplője. Cége 2007-től az Inotal Zrt. egyik résztulajdonosa.



■ 1. ábra. Adagolás a forgódobos kemencébe

(6063), AlMgSi1 (6082), AlFeSi (8011), AlCu4Mg (2015), AlZnMg (7075) gyártása történt eddig.

4. A berendezések és a technológiák leírása

4.1. Forgódobos kemencék

Adatok: a kemencék hasznos térfogata egyenként 6 m³, az adagolható betét mennyisége 9 t, a folyékony fém mennyisége 6 t. Az égők: földgáz–oxigén tüzelésű Messer-gyártmányú, jól szabályozhatók. A kemenceajtóba épített égő teljesítménye 1,5 MW. A füstgáz eltávolítására az ajtónyílás szolgál, ami térfomás-szabályozással, a kemenceajtó helyzetének állításával történik. A kemencék hosszanti tengelyének dőlésszöge változtatható, billenthető az adagoláshoz, az olvasztáshoz, ill. a salakoláshoz és tisztításhoz.

4.1.1. Nyersanyagok, adagolás

Az olvasztókemencékbe a betét összeállítását vagy a meglévő hulladékok-

ból indul ki (egyszerű átömlesztés), vagy a kívánt összetétel szerinti hulladék–betét összeállításból. A fő szempont, hogy a hulladékok megolvasztása a lehető legkisebb anyagvesztéssel a kívánthoz legközelebb álló kémiai összetétellel valósuljon meg. A betét összeállításánál figyelembe kell venni a kohászati, hőtechnikai és környezetvédelmi korlátokat.

A forgódobos kemencékbe a 3-as pontban leírt alumínium és esetenként ötvözőanyagokat tartalmazó egyéb hulladékokat és takarósót adagolnak. Az adagolást géppel végzik, számítógép vezérlésű automatikus programmal (1. ábra).

A kemencék kialakítása és vezérlési rendszere lehetővé teszi szennyezett és kompozit anyagok olvasztását is. A hulladék szennyezőanyag-tartalma lehet illó anyagokká alakuló (nedvesség, emulzió, olaj, festék stb.) szennyezés, amely páráként távozik, vagy elégethető. A jól szabályozható égésvezérlés oxigén befúvásával képes biztosítani egyrészt a tökéletesebb égést, ezáltal a környezetszeny-

yezés csökkenését, másrészt az éghető anyagok elégetésével a hőtermelés kiegészítését. A hulladék nem elégethető szennyezése a salakban gyűlik össze, majd eltávolítják.

4.1.2. Olvasztás

Az olvasztási technológia a betétanyagok jellemzőitől függ. Az adagolandó védőszó mennyisége, minősége, a felfűtési és olvasztási diagramok, a kemence forgási sebességének megválasztása, az égővezérlés paramétereinek beállítása, a betét olvadási folyamatának vezérlése, a csapolás és a salakkezelés levezénylése csak részben technológizálható (2. ábra). A személyzet hozzáértésének, tapasztalatának és érzékének, összefoglalóan – a szubjektív tényezőnek – a folyékony alumínium előállításának más területeihez képest itt lényegesen nagyobb szerep jut. Az olvasztási folyamat főbb szakaszai:

- szárítás: az illó anyagok kiégetése,
- felfűtés: a betét hőmérsékletének az olvadáspont közelébe történő emelése,



■ 2. ábra. Olvasztóoldali panoráma



■ 3. ábra. Öntőoldali panoráma

- rogyasztás: a betét térfogatának csökkentése folyékony fémfürdő megjelenése nélkül (ez csak könnyű, nagytérfogatú betétek esetén szükséges),
- olvasztás: az olvasztási folyamat befejezése.

4.1.3. Csapolás

A kemencék csapolása a paláston, a hátsó fenékfalhoz közeleső csapolónyíláson keresztül történik. A csapolásnál elválaszthatók az alumíniumnál nehezebb és könnyebb rétegek (pl. fizikai vas és a salak). A folyékony fém a kiépített csatornákon keresztül vagy az öntőkemencékbe juthat további feldolgozásra, vagy – homogén anyagok egyszerű átolvasztása esetén – öntésre is kerülhet 400 vagy 600 kg-os öntecsekbe, ill. üstökbe, folyékony fém szállítása esetén.

4.1.4. Salakolás, tisztítás

A salak eltávolítása a kemence ajtónyílásán keresztül történik. A salakkal együtt távoznak az üledékek is. A salakolás után minden alkalommal elvégzik a falazati lerakódások eltávolítását mechanikus úton, és a falazat tisztítását.

4.2. Öntőkemencék

Adatok: a kemencékben a folyékony fém mennyisége egyenként 12 t. Az égők: a boltozatba épített 3 db földgáz–levegő tüzelésű. Az égők összteljesítménye 1,2 MW (az égőteliesség a hőtartáson túl olvasztásra is lehetőséget nyújt). A füstgáz lehúzósa a kemence tetején fix beépítésű, tér-

nyomás szabályozással ellátott. A kemencék keresztirányú tengelyének dőlésszöge változtatható, billenthető, a billentést az öntőlánc szabályozó-rendszere vezérli.

Az öntőkemencék alapfunkciói: a kémiai összetétel és az öntési mennyiség beállítása, fémkezelés, a fém szabályozott csapolása az öntőláncra (3. ábra). Ezek a technológiai lépései:

4.2.1. Ötvözés, összetétel beállítása

Az eredeti betét-összeállítás, valamint az olvasztókemencékből vett gyors-elemzéseinek adatai alapján történik a betét kémiai összetételének beállítása az ötvöző anyagok adagolásával, szükség esetén hígítással. A végleges betétből vett minták alapján állítják ki a minőségi tanúsítványokat.



■ 4. ábra. Az „Alumelt” brand öntészeti tömb

4.2.2. Fémkezelés

A kemencék fenekén elhelyezett hat habkövön keresztül nitrogén befúvásával történik a folyékony fém keverése (már az ötvöző anyagok beolvasztását is segíti), valamint a gáztalanítás és a szilárd finom szennyezések eltávolítása. Szükség esetén sókezeléssel, ill. szemcsefinomító anyagok adagolásával biztosítható a szükséges kristályszerkezet.

4.2.3. Salakolás

Az ötvözéshez, ill. a kész fémfürdő csapolása előtt szükséges az összegyűlt salak eltávolítása, amit salakle-
húzással végeznek.

4.2.4. Öntés

A kemencéből való csapolás történhet az öntőláncra 7 kg-os öntészeti tömb gyártása céljából. Ekkor a kifolyó fém sebességét az öntőlánc vezérli, az öntőkemence billentési szögének szabályozásával.

Az öntés történhet 400 vagy 700 kg-os kokillákba is, az erre kialakított öntőálláson keresztül. Arra is van lehetőség, hogy a kiöntés üstökbe történjen, ha a fém folyékony állapotban értékesíthető.

4.3. Az öntőlánc

A tömböntő lánc főbb szakaszai:

4.3.1. Fémszint- és folyadéksugár-szabályozó: A fémsugár csillapítására és egyenletes elosztására szolgál egy öntőkerék. Előtte lézeres detektor biztosítja, hogy ne maradjon bera-
gadt tömb a kokillában, utána lézeres

szintszabályozó állítja be a fémszintet, ezáltal a tömb súlyát.

4.3.2. *Hűtőlánc:* A lánc kokillait recirkuláltatott víz hűti, a felszint pedig levegősugár.

4.3.3. *Másodlagos hűtőlánc:* A kokillákból a fémeket egy kalapácsos mechanika üríti ki a lánc végén, a tömbök egy újabb hűtőláncon folytatják útjukat, ahol közvetlen vízpermet szobahőmérséklet közelébe hűti őket.

4.3.4. *Rakásoló robot:* a Robotec megoldásában, Fanuc-gyártmányú robot válogatja és rakásolja a tömböket a kívánt rakatformára és súlyra. A robothoz kapcsolódó automata mérleg mérlegeli és címkézi a rakatokat.

4.3.5. *Automata pántoló:* Az összerakott és címkézett rakatokat az automata pántoló műanyag szalaggal rögzíti (4. ábra).

5. Kapacitások, piacok

Az olvasztómű termékei a nagyon rövid próbaidőszak alatt eljutottak és elfogadottá váltak a magyar alumínium formaöntődéknél, ahova a tervezett kapacitásának 60%-át kívánja értékesíteni a forgalmazó. Csaknem valamennyi nagyobb magyar alumínium formaöntőde mellett cseh, német, osztrák, szlovén, horvát, szerb és román vevőkhöz is szállított eddig a forgalmazó Martin Metals Kft. Három hazai és három külföldi cég auditálta eddig a Martin Metals, az Inotal és az

Alumelt minőségbiztosítási rendszereit.

Az olvasztómű próbaüzemének lezárása után a tervezett teljes kapacitás (a felhasznált alapanyagoktól függően változhat) elérheti a 15 000 t éves mennyiséget.

A vásárolt, hulladékokból történő termelés és értékesítés mellett az üzemeltetők folyamatosan tárgyalnak a vevőkkel létesíthető zártkörű (closed loop) hulladék-újrahasznosítási konstrukciókról is.

Az inotai üzem bizonyítja, hogy a magyar alumíniumipar az öt ért sok kellemetlenség ellenére képes megújulásra. Újabb 35 embernek biztosít megélhetést, és öregbítheti a magyar alumíniumkohászat hírnevét.

MIKÓ TAMÁS

Zömítővizsgálatok Al1370 alumíniumon

A fémek alakváltozási tulajdonságainak laboratóriumi körülmények közötti tanulmányozásához olyan vizsgálati módszer és mérési összeállítás szükséges, amely segítségével az anyag viselkedését, az azt befolyásoló paraméterek (A, T, $\dot{\varphi}$, φ) széles tartományában, a külső zajoktól mentesen tudjuk vizsgálni. Standard mechanikai anyagvizsgáló berendezésre alapozva összeállítottam egy termomechanikus szimulátort, mely segítségével különböző alumíniumötvözeteken széles hőmérséklet-tartományban végeztem el egy-, illetve egymást követő többszöri zömítések. A cikk megírásának az volt a célja, hogy összefoglaljam az Al1370 alumíniumon elvégzett eddigi vizsgálataim eredményét.

1. Bevezetés

A kristályos fémek alakváltozó képességét az anyagra ható külső és belső körülmények egyaránt befolyásolják. Ilyen az alakítás hőmérséklete (T), az alakváltozás mértéke (φ), illetve annak sebessége ($\dot{\varphi}$), valamint az alakítandó anyag tulajdonságai (A), jelen esetben annak technológiai előélete [1, 2].

$$\sigma = f(A, T, \dot{\varphi}, \varphi)$$

Ezek összessége határozza meg azt a rugalmas és képlékeny alakváltozó viselkedést, ahogyan az anyag a rá ható külső terhelésre válaszol.

Ahhoz hogy ipari méretekben képesek legyünk a kívánt geometriájú és mechanikai tulajdonságú félkész-, illetve késztermékeink előállításának megtervezésére és tudatos elvégzésére, ismernünk kell ezen összetett függvény paramétereinek egyesített hatását. Erre szolgál a folyásgörbék felvétele, azaz a valódi feszültség–valódi alakváltozás függvényének meghatározása állandó alakváltozási sebességgel, állandó hőmérsékleten, valamint egytengelyű feszültségállapot mellett [3].

Az anyag mikroszerkezetében végbemenő változások és az említett folyásgörbék között szoros kapcsolat áll fenn. Fontos tehát, hogy a kapott

görbe valóban a vizsgálni kívánt körülmények hatását tükrözze, és ne pedig a mérési hibák hatását. Utóbira példa az 5. ábrán látható 100 és 200 °C-os hőmérsékletre tartozó folyásgörbék esete, ahol a hőmérséklet alakítás közbeni ± 5 °C-os ingadozása eredményezte a görbék hullámos jellegét.

A folyásgörbék laboratóriumi körülmények közötti felvételének egyik legegyszerűbb megoldása a zömítővizsgálat elvégzése.

2. Vizsgálóberendezés és vizsgált anyag

2.1. Vizsgált anyag

Az elmúlt közel egy év alatt, különböző alumíniumötvözetek folyási viselkedését (5182, 3003, 8006, 7075, Al59, 6101) vizsgáltam. Ezek közül most az ipari tisztaságú, Properzi-eljárással H14-es keménységre hengerelt Al1370-es anyagon elvégzett zömítővizsgálat eredményeit foglalom össze. A vizsgált anyag szennyezőtartalmát az 1. táblázat tartalmazza.

Az 1. táblázatban szereplő szennyezőket tartalmazó alumíniumot vizsgáltam eredeti H14-es, illetve

1. táblázat. A vizsgált alumínium szennyezőtartalma

| Anyagminőség | Szennyezőtartalom %-ban | | | | |
|--------------|-------------------------|------|-----|------|------|
| | Mg | Mn | Si | Fe | Cu |
| Al1370 | 0,02 | 0,01 | 0,1 | 0,25 | 0,02 |

lágított állapotában (400 °C, 1 óra). A szobahőmérsékletű vizsgálatok során hat egymást követő alakítást alkalmaztam ugyanazon a darabon, az alakítások között különböző időközökkel (0, 30, 60, 300, 600 és 1200 s) a minta tehermentesített állapotában. Ezt követően azt vizsgáltam, hogy az alakítás hőmérsékletének emelésével (100 és 500 °C között) hogyan változik az anyag folyási viselkedése a kemény, illetve lágított kiinduló állapot esetében. Az emelt hőmérsékletű vizsgálatokat megelőzően egységesen 5 perces hűtést alkalmaztam a vizsgálati hőmérsékleten.

2.2. Mérési összeállítás és eljárás

A melegzőmítő vizsgálatokhoz összeállított mérőrendszer két fő eleme a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán található Instron 5982-es univerzális anyagvizsgáló berendezés, és egy 5 kW-os Eurotherm hőmérséklet-szabályozóval ellátott indukciós hevítő berendezés. A mérési összeállítás megtervezése során az volt a célom, hogy lehetővé tegyem a darab hőmérsékletének gyors megváltoztatását.

A szobahőmérsékletű vizsgálatokhoz acél nyomószerszámot, míg az emelt hőmérsékletek esetén alumínium-oxid kerámiát használtam. A vizsgálatokat az adott hőmérsékleteken állandó alakváltozási sebességre szabályozva végeztem. Ehhez finomnyúlásmérő segítségével mértem a darab magasságcsökkenését. Az állandó valódi alakváltozási sebességre való szabályozás lényege az, hogy az alakváltozás mértéke az alakítás során azonos, miközben azt nem a kezdeti H_0 magasságra, hanem a pillanatnyi H magasságra vonatkoztatjuk. Ennek értéke az elvégzett vizsgálatok esetében egységesen $0,01 \text{ s}^{-1}$ volt.

A hordósodásmentes alakváltozást a Rastegaev-típusú próbatest

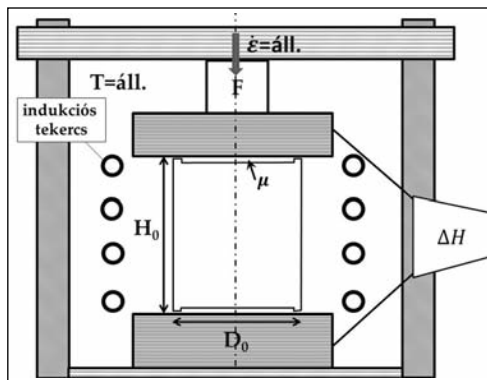
geometria, és teflon kenőanyag használta tette lehetővé a $H_0=15 \text{ mm}$; $D_0=10 \text{ mm}$ kiinduló méretű hengeres próbák zömítése során. A darabok hőmérsékletét azok oldalába helyezett furatban rögzített K-típusú hőelem segítségével mértem.

3. Eredmények

3.1. A várakozási idő hatása a szobahőmérsékletű, egymást követő zömítések során

Az iparban néhány esettől eltekintve, egymást követő alakítások (szűrások) segítségével érik el a kívánt geometriát, illetve anyagi tulajdonságokat. Ezen műveletek között egyes esetekben (pl. huzalhúzás) feszültség alatt, más esetekben pedig (pl. hengerlés) feszültségmentes állapotban tartózkodik az anyag. Ennek szimulálására olyan mérési eljárást dolgoztam ki, mely során az egymást követő tetszőleges számú alakítás között különböző mértékű visszatérhelés, illetve teljes leterhelés alkalmazható. Az egyes alakítások nagyságai és sebességei valamint az alakítási hőmérséklet pedig külön-külön előre programozható.

A szobahőmérsékleten elvégzett zömítések során azt tapasztaltam, hogy ha az egyes alakítások között teljesen tehermentesített állapotban növeltem a várakozási időt, akkor az alkalmazott alakítások számával, illetve mértékével az előző alakítások utolsó pillanatában mért feszültségértékéhez képest egyre kisebb feszültség szinten folytatódik a képlékeny folyás.



■ 1. ábra. Mérési összeállítás

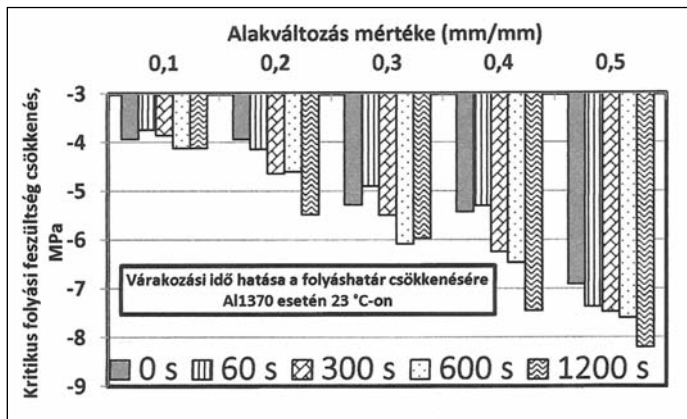
A jelenség mértékének kvantitatív leírásához meg kellett határoznom a rugalmas-képlékeny viselkedés átmenetéhez tartozó kritikus feszültségértéket. Az egyezményes folyáshatár ($R_{p0.2}$) alkalmazása ebben az esetben nem jellemzi megfelelően a folyás megindulásának pillanatát. Ennek oka, hogy egy frissen alakított anyag rugalmas viselkedése hirtelen, jóval kisebb átmeneti szakasz után vált át képlékeny alakváltozásba. Munkám során a görbe rugalmas, valamint képlékeny szakaszaira egyeneseket illesztettem. Ezen egyenesek egyenleteit egymással egyenlővé téve megkaptam a metszéspontjukat, amiknek a görbére vetített értéke meghatározta a folyásgörbe rugalmas szakaszának végét. Ezt az értéket vontam ki az előző alakítás során mért maximális feszültségértékből, megkapva a folyási feszültség visszacsökkenésének mértékét. A bemutatott eljárást a vizsgáló berendezés szoftverébe integráltam, így a vizsgálatokat követően azonnal hozzájuthattam a szükséges eredményekhez. Az így kapott eredményekből megállapítottam, hogy az alakítás mértéke, valamint az alakítások között eltelt idő egyaránt jelentősen növeli a folyáshatár csökkenésének abszolút mértékét (2. ábra).

Az anyag zömítései között eltelt idő növelésével nő a rugalmas hiszterézis-hurok nagysága. A 3. ábrán az utolsó (6.) zömítés esete látható két különböző hosszúságú várakozási idő esetén.

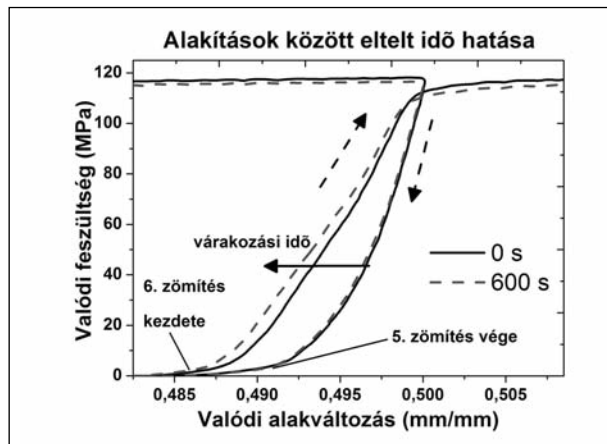
Minél nagyobb a hurok területe, annál több energia disszipálódik a rendszerből. A hosszabb várakozás esetén az alakváltozás kezdete egyre kisebb alakváltozási értékről folytatódik. Ez annak a következménye, hogy a leterhelés befejeződésének pillanatában nem nyerte még el az anyag a végleges méretét, ugyanis a rendszernek időre van szüksége, hogy az új feltételeknek megfelelően megváltoztassa az alakját [4, 5].

3.2. Hőmérséklet hatása a folyási viselkedésre az anyag különböző kiinduló állapotai esetén

A hőmérséklet növelésével a megújulásnak köszönhetően a kemé-



■ 2. ábra. Az egyes alakítások között leterhelt állapotban telt várakozási idő hatása az előzetes alakítás maximális feszültségéhez képesti folyáshatár csökkenésére kilágyított Al1370 anyagon (23 °C, 0,01 s⁻¹)



■ 3. ábra. Várakozási idők hatása az újbóli alakítás során mért folyási feszültségre szobahőmérsékleten Al1370 anyagon 0,5 mm/mm előzetes alakítás esetén

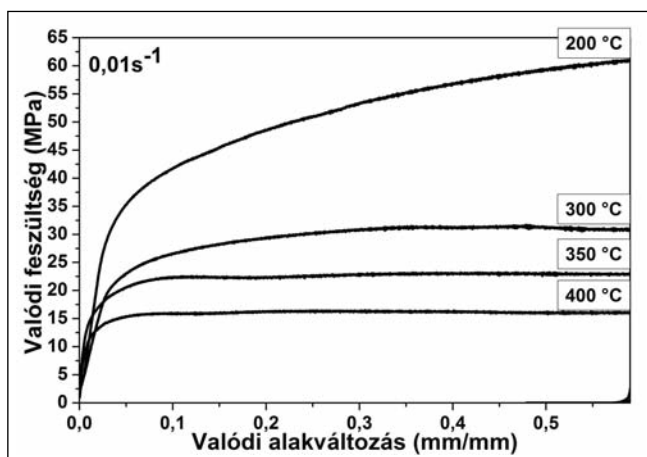
nyedést fokozatosan megszünteti az alakítás közbeni lágyulás hatása. A lágyított kiinduló állapotú anyag „egylépcsős” melegzömítő görbéi konvencionális jellegűek (4. ábra). Jól látható, hogy 200 °C-on az alakítás teljes folyamata során még a keményedés az uralkodó folyamat. 300 °C-on hozzávetőleg 0,3 mm/mm alakváltozás után azonban már beáll egy állandó feszültségszintre a görbe. A hőmérséklet további emelésével a kritikus folyási feszültség folyamatos csökkenése mellett pedig az állandósult szakasz kezdete mindinkább a kisebb alakváltozási értékek irányába tolódik el.

Ezzel szemben a H14-es kiinduló állapot esetében, egy érdekes jelenséget figyelhetünk meg a 200 és 350 °C közötti hőmérséklet-tartományban (5. ábra). Ekkor ugyanis a valódi feszültség az alakítás közben erőteljesen csökken a rugalmassági határ átlépését követően. Az említett hő-

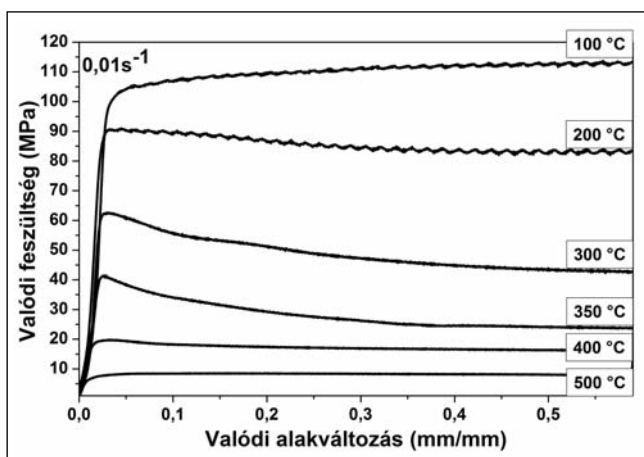
mérséklettartomány alatt, illetve fölött az anyag a kilágyított állapotnál tapasztalt módon viselkedik.

A bemutatott folyási viselkedés azért lehet talán kevésbé ismert, mivel a gyakorlatban ritka, hogy egy már hidegen alakított anyagot melegen alakítunk tovább. A jelenség okát az anyag nem egyensúlyi diszlokációsűrűségével magyarázhatjuk. A H14-es kiinduló állapot esetén az anyag egy viszonylag nagy kiindulási diszlokációsűrűséggel rendelkezik. Az alakítási hőmérséklet növelésével, az anyagban egyensúlyban lévő diszlokációsűrűség értéke folyamatosan csökken. Mindaddig a hőmérsékletig, amíg az anyag diszlokációsűrűsége alatta van ezen adott hőmérsékletre jellemző egyensúlyi értéknek, további diszlokációképződést, azaz alakítási keményedést tapasztalhatunk a folyásgörbén. A görbék alapján megállapítható, hogy 200 °C-on már a telí-

tési diszlokációsűrűség kisebb, mint kiindulási állapotra jellemző érték, ezért szükségszerűen ennek le kell csökkennie az egyensúlyi szintre. Ha az alakítás hőmérséklete, illetve az alakítást megelőző hőtartás ideje nem volt elég a statikus jellegű átrendeződés befejeződéséhez, akkor annak az alakítás során kell végbemennie. Ennek módja a dinamikus megújulás. A folyási feszültség csökkenése addig tart, amíg a rendszer el nem éri a telítési állapotot. A telítési állapot alatt azon körülmények eredőjét értjük, mely esetén az anyag további alakítása már nem jár keményedéssel, azaz diszlokációsűrűség növekedéssel. Ekkor a befektetett munka teljes egészében az alakváltozásra fordítódik, az energia hővé alakul. A folyásgörbe vízszintes szakaszának kezdete jelenti tehát ilyen értelemben az előzetes diszlokációs szerkezet átrendeződésének végét [6].



■ 4. ábra. Lágyított kiinduló állapotú Al1370 folyásgörbéi különböző hőmérsékleten 0,01 s⁻¹ állandó alakváltozási sebesség esetén



■ 5. ábra. Hidegen alakított kiinduló állapotú Al1370 folyásgörbéi különböző hőmérsékleten 0,01 s⁻¹ állandó alakváltozási sebesség esetén

Minél magasabb hőmérsékleten végezzük a zömitést (adott előzetes hőntartási idő esetén), annál gyorsabb a megújulás folyamata. Így az egyensúlyi állapot már az egyre kisebb alakváltozási értékeknél képes beállni. Tehát 500 °C-on azért nem tapasztalhatunk a görbén feszültségcsökkenést, mert ezen a hőmérsékleten a megújulás olyan gyors, hogy már a felmelegítés során jelentős mértékben végbement a statikus megújulás folyamata. Ennek következtében a képlékeny alakváltozás kezdetére kialakult az adott hőmérsékletre jellemző (egyensúlyi) diszlokációsűrűség, így pedig a zömités során az alakváltozás gyakorlatilag állandó feszültség szinten ment végbe.

4. Összefoglalás

A széles hőmérséklettartományban alkalmazható egy-, illetve többlépcsős alakításokhoz kialakított berendezés segítségével megvizsgáltam az Al1370-es alumínium alakváltozó tulajdonságaira vonatkozóan az alakítások között eltelt időnek, az alakítás hőmérsékletének, illetve a kiinduló állapotnak a hatását. Ezek során két folyási jelenséget tapasztaltam.

Abban az esetben, ha a szobahőmérsékletű alakítások között az anyag tehermentesített állapotában növeljük az egymást követő alakítá-

sok között eltelt ún. várakozási időt (t), úgy a következő alakításnál az előző alakítás végén mért értékhez képest kisebb feszültség szinten folytatódik a képlékeny folyás. Ez az anyagban végbemenő feszültségrelaxációnak, illetve az anelasztikus viselkedésnek a következménye. Az alakíttatóság mértékének és a várakozási idő hosszának növelésével ezen csökkenés abszolút értéke egyre nagyobb lesz.

Az alakítási hőmérsékletet (T) és az anyagi tulajdonságot (A) illetően kapcsolatot állapítottam meg. Ha az anyagban a melegzömités kezdetén a kiinduló diszlokációsűrűség nagyobb, mint az adott alakítási hőmérsékletre jellemző egyensúlyi érték, akkor a folyáshatár után feszültségcsökkenés tapasztalható. Ez a csökkenés addig az alakítási mértékig tart (telítési állapot), amíg ki nem alakul az adott hőmérsékletre jellemző egyensúlyi állapot. Méréseim alapján a H14-es kiinduló anyag alakváltozó tulajdonságát 200 és 350 °C között jellemzi leginkább ez a jellegű viselkedés.

A fenti eredmények mutatják, hogy az elkészített berendezés alkalmas komplex alakítási folyamatok fizikai szimulációjára, illetve pontos körülmények között történő vizsgálatok elvégzésére nemcsak ötvözetlen alumíniumon, hanem tetszőleges ötvözetben is.

5. Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Alkalmazott Anyagtudomány és Nanotechnológia Kiválósági Központ keretében valósult meg.

Köszönettel tartozom *dr. Gubicza Jenő* professzornak, a vizsgált jelenség magyarázatához nyújtott segítségéért.

Irodalom

- [1] Voith M.: A képlékenyalakítás elmélete. Miskolci Egyetemi Kiadó, (1998) Miskolc
- [2] K. Lange: Springer-Verlag, (1984) Berlin
- [3] Prohászka J.: A fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságai. Műegyetemi Kiadó, (2001) Budapest
- [4] Kovács I., Zsoldos L.: Diszlokációk és képlékeny alakváltozás. Műszaki könyvkiadó, (1965) Budapest
- [5] Horváth L.: Folyásgörbe meghatározás módszerei. (2005) Budapesti Műszaki Főiskola
- [6] J. Gubicza et al.: Effect of Mg addition on microstructure and mechanical properties of aluminium. Materials Science and Engineering (2004) pp. 55–59.

A XVI. Fémkohász Szakmai Napról...

A Fémkohászati Szakosztály hagyományaihoz híven – az Egyetemi Osztállyal együttműködésben – november 13-én ismét megrendezte a Fémkohászati Szakmai Napot a Miskolci Egyetemen. A korábbi évek jól megszokott helyszínén technikai okok miatt változtatni kellett, ezúttal az A1 épület XXXII. előadója és keresztező folyosói adták a korábbinál kevésbé ideális helyszínt. A rendezvény koncepciója változatlan volt: az egyetem és az ipar kapcsolatának erősítése, illetve a hallgatók egyesületbe történő terelése. A rendezvény szokásosan szakmai konferenciával indult (1. kép). A levezető elnök ezúttal

dr. Tolnay Lajos, egyesületünk tiszteleti elnöke volt. Ünnepi megnyitó szavait követően *dr. Palotás Árpád Bence*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja a házigazda nevében



■ 1. kép. A konferencia hallgatósága

köszöntötte a hallgatóságot, majd ő tartotta az első szakmai előadást is „Lángdiagnosztikai kutatások” címmel. Ezt a sokak által várt ALCOA-Köfém előadás követte *dr. Kórodi István* és *Simon László* közös előadásában, amely tartalmában kissé eltért a meghirdetett címtől. A „Forgódobos kemencék alkalmazása alumíniumhulladék olvasztására az ALCOA-ban” cím alatt az előadás nagyobb része az alkalmazott alumíniumsalak feldolgozási technológiákat elemezte. Az egyre erősödő hazai ólom- és ónhulladék feldolgozás jegyében tartotta meg előadását a Metalloglobus Fémöntő és Kereskedelmi



■ 2. kép. Csurgó Lajos pohárköszöntője

Kft. képviselőjében Szurdán Szabolcs „Az alacsony olvadáspontú fémötvözetek és felhasználásuk” címen. Két év kihagyást követően ismét klasszikus fémhulladék feldolgozási témát köszönthetünk: Hoffmann Nándor a MÜ-GU Kft. igazgatója „Hulladékkezelés a MÜ-GU Kft.-nél: egy autó utolsó útja”c. előadásában többek közt bemutatta a gépkocsironcsok shredderezését követő színesfém kinyerési technológiákat. Ezt az egyetem részéről a szokásos doktoranduszi előadás követte: Mikó Tamás „Zömítő vizsgálatok alumíniumötvözeteken” címen tartotta meg előadását. Befejezésül ismét kételőadás prezentációt hallhattunk. „Minőség és biztonság a középpontban – Bemutatkozik a DENSO Kft.” címmel Bresák Judit HR-menedzser és Kökőrcsény Tímea öntész-folyamatmérnök mutatták be a rohamosan fejlődő és terebélyesedő székesfehérvári gyárat. A hat előadást követően Tolnay elnök úr foglalta össze az elhangzottakat, majd a hallgatóság kapott hozzászólási, véleményalkotási lehetőséget. Ez szinte

valamennyi előadást érintette, de mindenekelőtt az ALCOA-s és a gépkocsi hulladékos előadások jutottak el a polemizálásig. Elnöki zárszót követően a díszteremmé álmódott kereszt-folyosókon ügyesen elhelyezkedve folyt tovább a program.

A hagyományos pohárköszöntővel ezúttal Csurgó Lajos, a Fémkohászati Szakosztály elnöke nyitotta meg a további, immáron esti programot (2. kép), melyet az egyetem Bartók Béla Zeneművészeti Intézetének növendékeiből összeállt fúvósötös fél órás ünnepi koncertje követett. A „zenekar” – történetünk során első alkalommal – bányász egyenruhában lépett fel (3. kép). A fúvósötös vezetője a koncert végén szolt is hagyományörző vállalkásukról és elkötelezettségükről, majd indítványára közösen elénekeltük himnuszainkat. A szokásos svédasztalos fogadás kulináris örömeivel megalapozta a folytatást, no és a sörnek sem voltunk hiányában. Ez folyt egybe aztán a szakmai kerekasztal-megbeszélésekkel, mindenekelőtt annak lehetőségével. Most is mint az



■ 3. kép. A fúvósötös koncertje

elmúlt két évben, szakestély helyett lágy zene és csapolt sör mellett terveztük a kötetlen kerekasztal-megbeszéléseket, ezúttal négy szakterületet (Fémkohászat, Alumínium öntészet, Képlékenyalakítás és hőkezelés, Fémhulladék előkészítés és feldolgozás – Másodlagos alumíniumipar) reprezentálva álltak felkészülve ipari szakemberek az egyetemiek rendelkezésére. Az ipariak meg is voltak egymással. Sajnálattal az idei évben minden eddiginél kevesebb hallgatóval találkozhattunk. A rendezvény szervezői a részsikerek és a jó hangulat mellett kissé értetlenül álltak a törekvéseinkkel szembenálló érdektelenséggel... de folytatjuk... mert ez a kötelességünk és szakmai elkötelezettségünk.

Végezetül nem mehetünk el szó nélkül azon cégek felemlítése mellett, akik a szakmai nap jóléti-anyagi alapjait biztosították: ALCOA-Kőfém Kft., DENSO Kft., Greenmetal Kft., Globmetal Kft., Metalex 2001 Kft., Metalloglobus Fémöntő és Kereskedelmi Kft., MÜ-GU Kft., Schmelzmetal Hungaria Kft. Köszönjük! Végül köszönetünket kell kifejezni azoknak az egyetemistáknak, akik mind a rendezvény szervezésében, mind annak lebonyolításában lelkes és kiváló munkát végeztek!

Hajnal János

Hogyan tovább MMKM Magyar Alumíniumipari Múzeum?

A székesfehérvári Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Alumíniumipari Múzeuma 2015-ben érte el fennállásának 40. évét. Mint üzemi kiállítást már 1971-ben létrehozták, de a teljes vertikumra kibővítve csak 1975-ben nyerte el múzeumi rangját. Működési engedélyét a Kulturális

Minisztérium adta ki. Ezzel Európa egyetlen, a teljes iparágat bemutató múzeuma vált nyilvánossá. A privatizáció után a múzeumot a HUNGALU Rt. működtette Radnai József igazgató felügyeletével, és eredményes működéséért 1997-ben elnyerte az „Év múzeuma” kitüntetést. 1999-től a

Művelődésügyi Minisztérium és a HUNGAMOSZ alapítvány üzemeltette. A XXI. század elejének változásai során előbb a Országos Műszaki Múzeum, majd a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum (MMKM) biztosította fennmaradását.

A ma is látogatható múzeum egy

TÍOP-pályázat segítségével modernizálódott: elkészült a földszinti termék építészeti átalakítása, jelenleg pedig az épület eredetileg középfolyosóról nyíló mindkét oldali termeinek kialakítása folyik. Ez lehetővé teszi a vertikumot bemutató kiállítás jobb érvényesülését. Az átalakítás során az MMKM-től több látványos tárgy (pl. timföldszállító vagon, tolató mozdony) is átkerül a kiállításba.

A már kb. 80%-ban elkészült kiállítás a mai igények szerint készül, szakmailag és megjelenítésében is igyekszik ennek megfelelni. 2015-ben – az építészeti nehézségek után – a múzeum megkapta a használatbavételi engedélyt. Az intézmény vezetésének víziója szerint a kiállítást a szakmán kívülről érkezők számára is érdekessé, emészthetővé kell tenni, ennek érdekében több speciális elemmel bővül a kiállítás – mint például a látogatók által is mozgásba hozható bányacsille, interaktív elemek, látványos makettek. Az ennek is megfelelő kész kiállítás várhatóan 2016 márciusában készül el. A kiállított tárgyak száma ugyan lényegesen csökken, de a bemutatott információk ezt kiegészítik. A megújult intézmény megcélozza a szakmai közönségen túl a fiatalokat, mint újabb célcsoportot.

A múzeum birtokolja az egyik jelentős hazai alumíniumipari (latin betűs) könyvtárat, amelynek használata azonban a megfelelő számú személyzet miatt erősen korlátozott, és nagyon



■ A múzeum felújított bejárata

korlátozottan használható a dokumentumtár is, mely részben feldolgozott.

A szűk létszám (összesen a vezető és egy közművelődési munkatárs) mellett is súlyt helyeznek múzeumpedagógiai foglalkozásokra – ebben látva a fiatalok megszólításának legnagyobb lehetőségét.

Ennek egyik alapja az „Alu-go” nevű, alumínium italosflakonból kreatív játékokat kialakító program. Az alapanyag a hulladék alumínium italdobozokból nyerhető vékony alumíniumlemez. A fémlemez sajátos összetételénél fogva speciális ollóval oly módon vágható, hogy a vágási felület tompa marad. A vágás során ugyanis az olló vágófelületének oldallapja szinte leereszti a lemez élet. Mivel a „sorjázás” így elmaradhat, kis fantáziával a legkülönbözőbb egyéni ötletek is biztonságosan, sérülések nélkül kivitelezhetők. Az alumínium italdobozok szétbontása pedig megfelelő technikával egyszerűen, gyorsan

és veszélytelenül megoldható.

Az alkalmazásra kerülő módszer alapvetően diákcentrikus, igen egyszerű és könnyen kivitelezhető. A műveletek során élük át a fiatalok azt az – egyébként ma még szokatlan – érzést, hogy a „hulladék” egy önmaguk alkotta játék alapanyagává válik. Így módon a környezettudatos szemléletformáló szerepe rendkívül erős. Tekintettel az alapanyagra, annak beszerzése nem okoz gondot, összegyűjtése pedig egy komoly környezetvédelmi problémára irányítja a résztvevő diákok figyelmét. A funkcióját veszített hulladék alumínium italdobozok alapanyagként történő felhasználása rámutat arra, hogy mindez egy alternatív nyersanyagforrás, tehát másodnyersanyag.

A szükséges flakonok összegyűjtése jó értelemben vett belső kényszerre válhat, ezért a hulladék alumínium italdobozok új típusú újrafelhasználása a szelektív hulladékgyűjtés belső motivációját erősíti meg. E gondolat a fenntartható környezettudatos életmód egyik jelentős alappillére.

Reméljük, hogy mind a korszerűen megújuló kiállítás, valamint a megújuló intézmény, annak állandó és időszakos programjai elnyerik a jövőbeli látogatók érdeklődését és tetszését, valamint hozzásegít a művelődésükhöz is. Ehhez kívánunk minden jövőbenő látogatónak

Jó szerencsét!

☛ **Fülöp Krisztián – Klug Ottó**

Hároméves gyakoriságra vált a „Bright World of Metals – A fémek csillogó világa” vásárnégyes

A GIFA, METEC, THERMPROCESS és NEWCAST szakvásárokat 2018. június 26–30. között rendezik Düsseldorfban

A Messe Düsseldorf vásártársaság ügyvezetője, *Joachim Schäfer* úr így nyilatkozott: „A szakvásárok a bemutatott piacokat tükrözik, egyúttal pedig kitekintést nyújtanak az iparág fejlődési irányzataira és az ágazat fejlődésére. Az ipar partnereként és a szakmai szövetségekkel szorosan egyeztetve fontosnak tekintjük a változásoknak való megfelelést, hogy megfelelő teret kínáljunk a jó üzletek megkötéséhez és a jövőbe mutató újdonságok felvonultatásához.”

A vezető világvásárok eddigi története során az iparágaknak megfelelően többször is módosították a rendezési gyakoriságot: az első ízben 1956-ban Düsseldorfban bemutatkozó GIFA-t kezdetben hatévente rendezték, majd 1974-ben ötéves, az ezredfordulón pedig négyéves gyakoriságra váltottak. 1974-től párhuzamosan rendezték a THERMPROCESS szakvásárt is, majd 1979-től a METEC-kel bővült a kör, 2003-tól pedig a NEWCAST tette teljessé a vásárnégyes szakmai kínálatát.



Magyarországi képviselő:

BD-Expo Kft. • Kádár Judit

Tel.: 1-346-0273

kadar@bdexpo.hu

www.bdexpo.hu/gifa

BUZA GÁBOR – ERŐS ANDREA – FAZAKAS ÉVA

A hegesztési munkagáz összetételének hatása a plazmaképződésre a lézersugaras hegesztés során*

A hagyományos hegesztési technológiákkal összehasonlítva, a lézersugaras hegesztés során a munkagázoknak (védőgázoknak) sajátos szerepe van, különösen a 10^6 W/cm²-nél nagyobb lézersugár teljesítménysűrűség esetén. A munkagáz atomjainak (esetenként molekuláinak) csak az elektronjai lépnek a lézersugár fotonjaival kölcsönhatásba, ami a képződő plazma elektronsűrűségét és ezen keresztül a plazma optikai tulajdonságait befolyásolja. Mindezek meghatározó szerepet játszanak a hegesztési varrat geometriájára, különösen a hegesztési varrat mélységére, valamint a hegesztési sebességre stb. A bemutatott kísérletsorozat és vizsgálati eredmények a feltárt összefüggések megvilágítását célozza.

1. Bevezetés

A klasszikusnak számító kötési technológiák körében – különösen az autópárházban – terjednek a lézersugaras hegesztő eljárások, mert jól automatizálhatók, kifejezetten alkalmasak tömegtermelésre, a hegesztés eredménye reprodukálható, esetenként olcsók. Mivel az ívhegesztés során a védőgáz jelentősen befolyásolja az ívszerkezetet, az anyagátmenetet, a beolvadás mélységét, a varrat alakját és a varrat kémiai összetételét, a gazdaságossági és minőségi szempontok fontos szerepet játszanak a legkedvezőbb védőgáz kiválasztásában. Feltételezhető, hogy a lézersugaras

hegesztés esetén is hasonló a helyzet.

A NASA az 1970-es évek közepén egy kiterjedt kísérletsorozat keretében összehasonlította az elektronsugaras, a lézersugaras és az ívhegesztés eredményeit, különböző paraméterek függvényében [1]. Akkor csak He és Ar védőgázt használtak. Az akkori körülmények és technikai lehetőségek körében az elektronsugaras hegesztést találták a legeredményesebbnek. Lehet, hogy Európához képest az USA-ban ezért is volt sokáig kedvezőbb az elektronsugaras hegesztési technológia, mint a lézersugaras?

A későbbi kutatások és irodalmi

közlések szerint jobb felületi minőség érhető el az olvadt zónában, ha kisebb a gázok zavaró mechanikai hatása. Megállapították, hogy a mélyvarratos hegesztésnél a nagy ionizációs potenciálú He jelentős szerepet tölt be a CO₂ lézersugárral való hegesztésénél, mert kedvezően befolyásolja a lézer-anyag kölcsönhatást [2–4].

Gao és társai igazolták, hogy védőgáz jelenlétében nagyobb a lézersugár anyagba hatolási mélysége, amit a plazma hatásával magyaráztak. Szerintük a plazma a fémgőz ionizációjával alakul ki, amikor a hőmérséklet nagyobb, mint 20 000 °C [5].

Keskitalo és kutatócsoportja az argon és a nitrogén védőgáz hatását vizsgálták rozsdamentes acélok hegesztésénél. A két gáz hatása között egy fontos különbség figyelhető meg: a nitrogén kis mértékben be tud oldódni az ausztenitbe és az intersticiós helyzetben lévő nitrogénatomok növelik a hegesztési varrat keménységét. A nitrogénatomok beépülése az ausztenites acélokba előnyös is lehet, mert kompenzálja a hegesztési varrat átlagosnál kisebb szilárdságát. A vizsgálatban duplex acélokat he-

Dr. Buza Gábor okl. kohómérnök (miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem, 1975). 1986-tól egyetemi doktor, 1990 óta a műszaki tudomány kandidátusa. 2008-tól a Miskolci Egyetem c. egyetemi tanára, 2013-tól főiskolai tanár (Edutus főiskola). 1975-től 1988-ig a Vaskut, 1988-tól a BME dolgozója. Jelenleg a BME Gép-járművek és Járműgyártási Tanszék nyugalmazott docense és a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. kutatója. Fő érdeklődési területe: acélok fázisátalakulásának vizsgálata, nagy energiasűrűségű eljárások. Több mint 10 éve intenzíven foglalkozik a nagy teljesítményű lézerek anyagmegmunkálási lehetőségeinek kutatásával.

Erős Andrea (BSc – 2010 könnyűipari mérnök, termékkonstrukció szakirány; minőségirányítási rendszerfejlesztő). Több mint 5 éve dolgozik a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.-nél (BZN) anyagtudományi területen.

Dr. Fazakas Éva (BSc – 2000 vegyész-fizikus, MSc – 2002 anyagtudomány és technológia Babes–Bolyai Tudományegyetem, PhD – 2011 anyagtudomány és szilárdtestfizika, ELTE) több mint 10 éves tapasztalattal rendelkezik anyagtudományi fejlesztések, ezen belül az újszerű Al-alapú ötvözetek és nagyentrópiájú ötvözetek előállítása és tanulmányozása terén. 2013-tól vezetőként dolgozik a BZN Kft.-nél.

*A cikk megjelent a Gépgyártás, LV. évfolyam, 2015. 1. számában

gesztettek argon és nitrogén védőgáz atmoszférában. A hegesztések 4 kW-os diszklézerrel történtek [6].

Az ezredforduló idején kezdett elterjedni a lézer-hibrid hegesztés, ahol a gáz összetételének az ív- és a lézersugaras hegesztés jellegzetességeinek egyaránt meg kell felelni. *Fellman* például a védőgáz összetételének hatását vizsgálta a varrat mechanikai tulajdonságaira [7].

Kiterjedt vizsgálódás után is megállapíthatjuk, hogy a szakirodalom nem közöl olyan ismereteket, melyek összetartozó technológiai és mérési adatok komplett egységét tartalmazzák, ezért azok csak nagyon korlátozottan alkalmasak általános érvényű, korrekt összefüggések és következtetések levonására. A szakirodalmi közlések többnyire a kísérleti eredmények szűk körére vonatkoznak.

Ezért célul tűztük ki a munkagáz szerepének és hatásának átfogó vizsgálatát a mélyvarratos lézersugaras hegesztésre, különös tekintettel a plazmaképződésre és a hegesztési varrat geometriájára.

2. Kísérleti-kutatási-tervezési munka

Kísérleteinket a CO₂ lézersugár (10 600 nm) hatásának vizsgálatára terveztük. A sugárforrás egy 4,5 kW max. fénytelsítményű, Rofin gyártmányú, Slab típusú ($k \geq 0,95$) volt, melynek típusjele DC 045. A sugárvezetés 45°-os sík saroktükrökből és egy 200 mm fókusztávolságú vörösréz parabolatükrökből állt. A lézersugár cirkulár-polarizált volt. A hegesztési kísérletek anyaga ZF7B jelű acél volt, ami egy módosított 20MnCr5 jelű, gyengén ötvöztött betétedzésű acélminőségnek felel meg (C%: 0,15–0,20; Mn%: 1,10–1,40; Cr%: 1,00–1,30; B%: 0,001–0,003; Al%: 0,02–0,05; N%: min. 0,009).

A hegesztési munkagázokat a Messer Hungarogáz Kft. palackozva szállította. A gázkeverékeket min. N4.0 tisztaságú elemi gázokból, tömegmérés alapján állították össze. A vizsgálatok során alkalmazott munkagázok összetételét az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A hegesztési munkagázok térfogatárama minden kísérlet esetén 16 l/perc volt, amit 6 mm belső átmérőjű csövön keresztül, a munkadarab felső

1. táblázat. A kísérletsorozat hegesztési munkagázainak összetétele térfogat %-ban

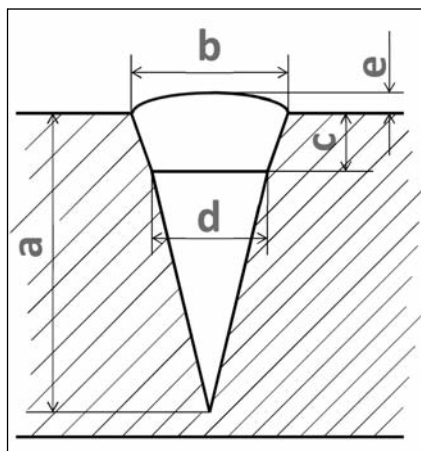
| | CO ₂ | Ar | He | H ₂ |
|---|-----------------|-----|-----|----------------|
| 1 | 100 | | | |
| 2 | | 100 | | |
| 3 | | 80 | 20 | |
| 4 | | 60 | 40 | |
| 5 | | 40 | 60 | |
| 6 | | 20 | 80 | |
| 7 | | | 100 | |
| 8 | | 76 | 19 | 5 |

síkjával 45°-ot bezáró szög alatt, a lézersugár haladási irányával ellentétes irányban fűjtünk.

A hegesztési kísérletek során – a hegesztési munkagázokon túl – a lézersugár teljesítményét (P: 2600–3400 W, $\Delta = 200$ W), a mélyvarratos hegesztési sebességet (v: 2100–6300 mm/perc, $\Delta = 300$ mm/perc) és a fókuszfolt helyzetét f: +2,6–0 mm, $\Delta = 1,3$ mm) változtattuk. Összesen 247 hegesztési kísérletet hajtottunk végre.

Minden mélyvarratos hegesztést megelőzőtt egy ún. tűzővarrat, melynek paramétereit a kísérletek során nem változtattuk. Lézersugár teljesítménye: 1200 W, hegesztési sebesség: 3200 mm/perc, fókuszhelyzet: +2,6 mm, munkagáz: mint a tűzővarratot követő mélyvarrat esetén.

A hegesztés során száloptikai pirómméterrel mértük a hegesztés helyéről érkező elektromágneses sugárzás intenzitását a 800–1000 nm hullámhosszúságú tartományban. A hegesztési varrat belső hibáit (porozi-



1. ábra. A varrat keresztmetszeti síkjában mért adatok. a: Varrat mélysége; b: Korona szélessége; c: Korona magassága; d: Gyök szélessége; e: Kidudorodás (beszívódás)

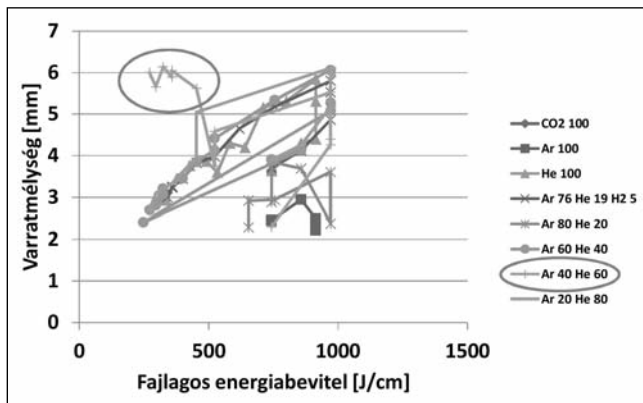
tás, repedés stb.) USIP 11 típusú, impulzusos ultrahang vizsgáló műszerrel ellenőriztük. A csatoló közeg víz volt (víz alatti ultrahangos vizsgálat). Metszeti metallográfiai vizsgálatához a mintadarabot a varrat kezdete és vége között, félútról munkáltuk ki (a hegesztési varrat hosszúsága ~350 mm). A varrat anyagának mikroszkópi vizsgálatához a metallográfiai csiszolatot 7%-os Nital marószerezrel maratuk, majd az 1. ábrán látható adatokat határoztuk meg a Weding Expert berendezés segítségével.

3. Eredmények

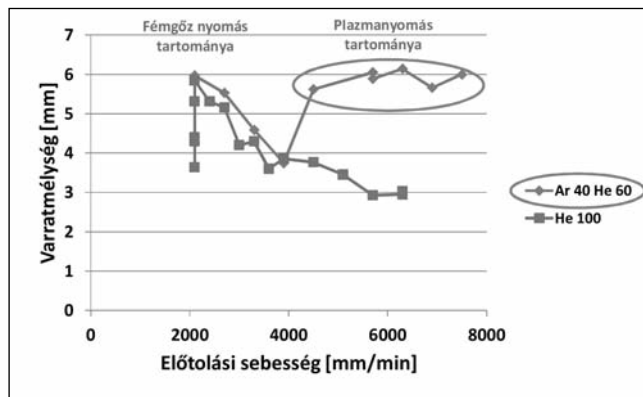
A mélyvarratos lézersugaras hegesztés eredményének talán legjellemzőbb adata a hegesztési mélység. A hegesztési mélységet számos technológiai adat befolyásolja, melyek közül a mélyvarratos hegesztés jellegzetessége miatt (~10⁶ W/cm² teljesítménysűrűség küszöbérték) a lézersugár teljesítményét szokás kiemelni. Ennél több információt szolgáltat az egységnyi hosszúságú hegesztési varratra jutó lézersugár energia (J/cm). Ebben az összevetésben általános tapasztalat, hogy a lézersugár teljesítményének, ill. fajlagos energia igényének növekedtével a varratmélység is nő. Ez a tendencia a mi kísérleti eredményeink alapján is megerősíthető. Egy kivétellel, valamennyi hegesztési munkagáz esetén ezt az általánosan ismert tendenciát figyeltük meg. A 40% Ar + 60% He gázkeverék esetén azonban a többi mérési adattól elkülönülő eredményeket mértünk. Ezt mutatja a 2. ábrán látható diagram, ami a hegesztési mélységet a fajlagos hegesztési energia függvényében ábrázolja.

A 2. ábra információi azért is meglepőek, mert általános vélekedés szerint a 100% He munkagáz alkalmazása lenne a legkedvezőbb hatású. (Meg kell jegyezni, hogy a lézersugaras hegesztés esetében sem a hegesztési mélység az egyetlen paraméter, ami alapján a hegesztés eredményét minősítjük, vagyis a héliumra vonatkozó állítás a 2. ábrától függetlenül igaz maradhat.)

Mivel a lézersugaras hegesztés esetén a héliumot tartják az egyik legkedvezőbb hatású gáznak (sajnos az összes többihez képest a legdrá-



■ 2. ábra. A lézersugaras hegesztési munkagáz és a hegesztési varrat egységnyi hosszúságára jutó lézersugár energia hatása a varrat mélységére



■ 3. ábra. A hegesztési (előtolási) sebesség hatása a lézersugaras hegesztési varrat mélységére a He és egy Ar+He gázkeverék esetén

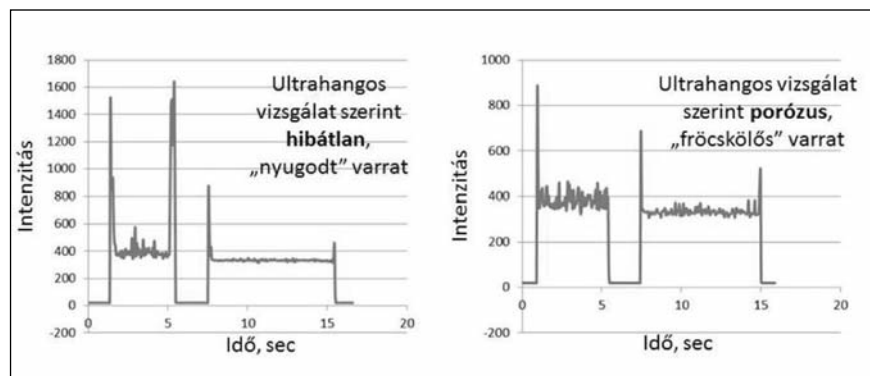
gább), ezért a mérési eredményhalmazból ragadjuk most azokat ki, melyek a 100% He és a 40% Ar + 60% He hatásának összehasonlítására alkalmasak. A hegesztő technológusokat az elérhető hegesztési sebesség is érdekli, ezért most ennek függvényében vizsgáljuk a varrat mélységét (3. ábra). A 40% Ar + 60% He gázkeverék hatása ebben az összehasonlításban is szembevetőd.

A hegesztési varrat belső hibáiról az ultrahangos vizsgálat eredményei adnak tájékoztatást. Mivel esetünkben analóg kijelzésű vizsgáló eszközről (USIP 11) van szó, az értékelés jellemzően szöveges természetű. A varrattól, a hegesztés során regisztrált elektromágneses sugárzás intenzitás adatok azonban numerikusak. Egyértelmű megfigyelés volt, hogy az ultrahangos vizsgálat szerint hibátlan varrat hegesztése során a sugárzás intenzitásában kicsi volt a szórás. A 4. ábrán két varrat hegesztése során rögzített mérési adatok láthatók. Mind a két esetben jól elkülöníthető a tűző és a mélyvarrat. A varratok kezdete és vége a regisztrált sugárzás intenzitásában többnyire nagy, sztochasztikus tranziens jelenségeket mutat. Ezeket az intenzitás csúcsokat az értékelés során nem vettük figyelembe. Az első tartomány a tűzővarrat-hoz tartozik, ennek időtartama mindig azonos. A második tartomány a mélyvarrathoz, ezért ennek időtartama a hegesztési sebességnek lineáris függvénye. Értékeléseinket a második tartomány tranziensektől mentes intenzitásváltozásának szórására korlátoztuk. Ez alapján tudtunk „nyugodt” és „fröcskölős” varratokat meg-

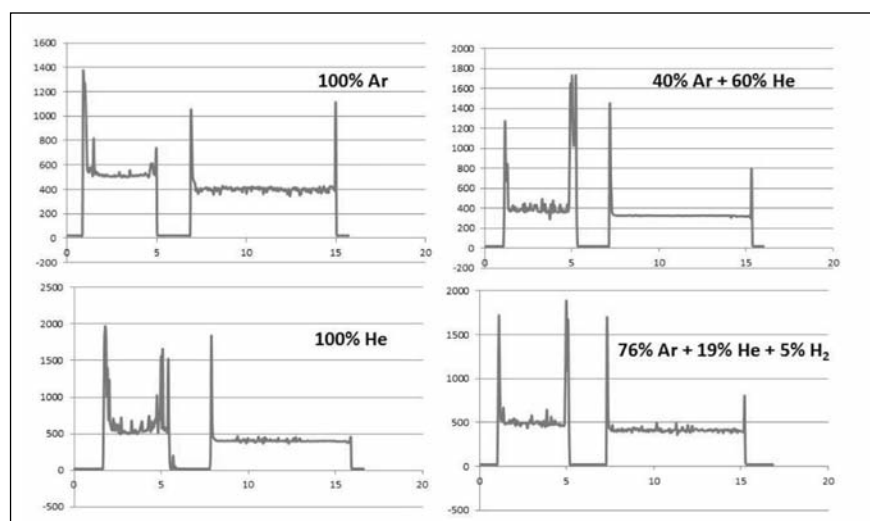
különböztetni. A megfigyeléshez hangeffektusok is tartoznak, vagyis a későbbiekben a vizsgálatokat érdemes lesz akusztikus mérésekkel is kiegészíteni.

Az 5. ábrán négy hegesztés során rögzített adatok láthatók. A négy diagram felvételi körülményei között csak

az alkalmazott hegesztési munkagáz volt a különbség (pl.: mélyvarrat $P = 2600 \text{ W}$, $v = 2100 \text{ mm/min}$). A négy varrat közül a 40% Ar + 60% He gázkeverékkel készült bizonyult a legnyugodtabbnak (egyben legcsendesebbnek) és a 100% He csak a második helyezett lehetett.



■ 4. ábra. Példák a lézersugaras hegesztés során a varrattól érkező sugárzásintenzitás változására



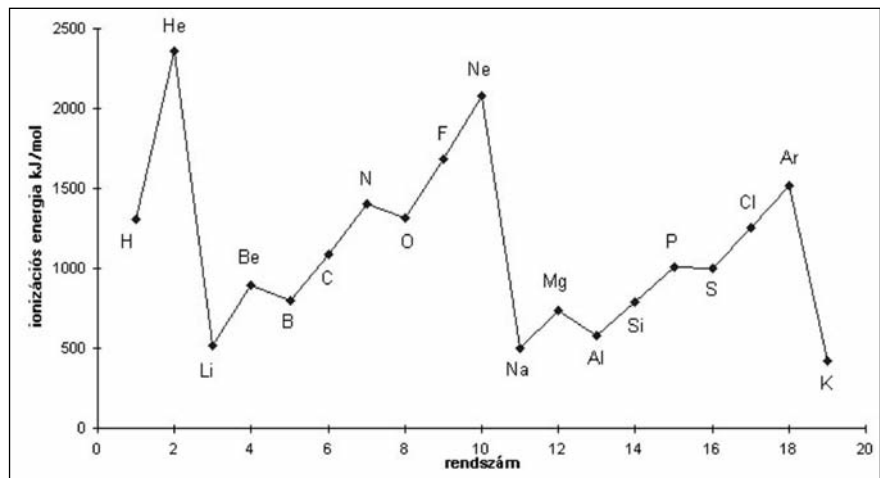
■ 5. ábra. Négy hegesztési munkagáz hatása a varrattól érkező sugárzás intenzitására ($P = 2600 \text{ W}$, $v = 2100 \text{ mm/min}$)

4. Értékelés és következtetések

A tapasztalt jelenségek és a mérési adatok értékelése érdekében a lézersugaras hegesztés során lejátszódó folyamatok áttekintéséből kell kiindulnunk. Tudjuk, hogy a lézersugaras hegesztéseknek két csoportja van: a hővezetési és a mélyvarratos. A kettő közötti átmenetet a $\sim 10^6 \text{ W/cm}^2$ teljesítménysűrűség-értékkel szokás jellemezni, amely érték az anyagminőségtől és a lézersugár keresztmetszeti intenzitáseloszlásától függ. A határ alatt a hővezetési hegesztés viszonyai jellemzőek, fölötté a mélyvarratos. A hővezetési hegesztés esetében a hőtranszport folyamatok hasonlóak a hagyományos hegesztési folyamatok során lejátszódóakhoz: az olvasztáshoz szükséges energia az olvadék felszínétől a varrat aljáig hővezetéssel és az olvadék áramlásával jut.

A mélyvarratos hegesztés során a nagy teljesítménysűrűség következtében a megolvadt fém már olyan intenzíven párolog, hogy az olvadéktócsa felszínét deformálja, rajta horpadás keletkezik. Ezzel megnő a lézersugár fotonjainak anyagba hatolásához (fémek esetén 1...10 nm mély) rendelkezésre álló felület nagysága, vagyis az abszorpció mértéke is nő. Így egy öngerjesztő folyamat indul be, aminek varratmélységre gyakorolt hatását a lézersugár teljesítménye, ill. teljesítménysűrűsége korlátozza. A fémgőzzel telített csatorna (keyhole) és a fémolvadék fázishatárán a lézersugár egy része abszorbeálódik az olvadékban, a másik – geometriai okokból – lefelé tükröződik. A mélyvarratos hegesztés során tehát az energia számottevő része szinte időigény nélkül (fénysebességgel) jut a varrat aljára. A csatornában azonban nemcsak az elpárologtolt hegesztendő anyag gőze, hanem plazma is van.

A lézersugár fotonjai az elektronokkal lépnek kölcsönhatásba, a fotonok kvantált energiacsomagjainak hatására lépésről lépésre nő az elektronok energiája. Ezen az úton könnyedén tehetnek szert akkora egyedi energiára, hogy legyőzik az atommag kötési erejét, vagyis az anyag ionizálódik, plazmaállapotba kerül. A mélyvarratos hegesztés esetében ezért nem fémgőz, hanem fémgőz-plazma csatorná-



■ 6. ábra. Az első ionizációs energia rendszám függése

ról beszélnek. Milyen rendszámú atomokból áll a plazma? A fotonok, melyek a CO_2 lézersugár esetében az atmoszférikus nyomású levegőben haladnak, a fókuszálás következtében, a hegesztési varrat környezetében olyan gyakorisággal „ütköznek” elektronokkal, hogy már a hegesztési munkagáz nemesgáz atomjait is ionizálják. A plazma ezért fém és nemesgáz ionokat egyaránt tartalmaz. A különböző rendszámú ionok között nagy energiájú elektronok vannak, melyek táguló teret alkotnak. A plazmának tehát van nyomása, ami első közelítésben az elektronsűrűségtől és az elektronok energiájától (kinetikus energia, elektronhőmérséklet) függ.

Milyen mély lehet a gőz-plazma csatorna? Csak annyira lehet mély, hogy a csatorna alján lévő gőz-plazma nyomás megtartsa a fémolvadék nyomását. Acél esetében ez

$$\rho_{\text{olvadék}} = h \cdot \gamma \cdot g, \quad [1]$$

behelyettesítve (kb.)

$$p_{\text{olvadék}} \approx 1 \text{ mm} \cdot 7,2 \cdot \frac{10^{-6} \text{ kg}}{\text{mm}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 0,07 \text{ mPa},$$

vagyis minden mm csatornamélység (ami általában alig kevesebb, mint a varratmélység) 0,07 mPa gőz-plazma nyomást igényel a csatorna alján.

A gőz és a plazma nyomás pontos arányát nem ismerjük. Ez nem is lehet egy állandó érték, mert erősen függ a munkagáz kémiai összetételétől, a lézersugár teljesítményétől, a fókuszolt méretétől és helyzetétől stb.

Vizsgálódásunkat korlátozzuk két munkagáz komponensre, a héliumra és az argonra. Amíg a hélium teljes ionizációja esetén (minden elektron elhagyja az atommag körüli pályáját) atomonként csak két szabad elektron keletkezhet, addig az argon esetében 18. Az első ionizációs energia rendszám függését a 6. ábra mutatja. Ebből az látszik, hogy az argon első ionizációs szintjéhez kevesebb energiára van szükség, mint a hélium esetében. A hélium két ionizációs szintjéhez 2372,3 kJ/mol, ill. 5250,5 kJ/mol energiára van szükség. Az argon első három ionizációs energiaszintjét 1520,6 kJ/mol, 2665,8 kJ/mol és 3931 kJ/mol értékekkel jellemezhetjük. Ezekből az értékekből arra a következtetésre juthatunk, hogy közel azonos energiabefektetéssel a hélium esetében csak két, az argon esetében viszont három szabad elektront hozhatunk létre. Amennyiben a fotonok kellően nagy mennyiségben állnak rendelkezésre, a héliumtól több elektron már nem származhat, de az argontól igen.

Amennyiben elfogadjuk, hogy a plazma szabad elektronjainak sűrűsége (száma egységnyi térfogatban) a plazma nyomás növekedését eredményezi, akkor az argon egyértelműen kedvezőbb munkagáz a héliumnál, a varrat mélysége szempontjából.

A gőz-plazma csatorna szabad végénél (torok) a kiáramló fémgőz és plazma keverékéből álló „felhő” van. A lézersugárnak először ezen a felhőn kell áthaladnia, hogy a gőz-plazma csatornába juthasson, hogy ott a fém-

olvadékokat hevítse. A fotonok tehát először a „felhő” anyagával kerülnek kölcsönhatásba. A felhő alapvető optikai tulajdonságai (abszorpció, reflexió, transzmisszió) az összetételétől, hőmérsékletétől és nyomásától függenek. Tudjuk, hogy az elektronsűrűség és a hőmérséklet növekedtével a reflexió mértéke nő. Ennek eredményét árnyékolóhatásként szokás jellemezni. A hegesztés során ezt úgy tapasztaljuk, hogy azonos körülmények között, a lézersugár teljesítményének növekedése a varratmélység csökkenését eredményezi. Ez azért van, mert a túlhevített „felhő” a lézersugár nagyobb részét reflektálja, nem engedi a gőz-plazma csatornába jutni. A reflexió hatás növekedése a lézersugár hullámhosszúságával négyzetesen növekszik. Ezért ez a hatás, az ipari lézerek közül legerősebben a CO₂ lézersugár esetén tapasztalható.

Kísérleti eredményeink azt igazolták, hogy a hegesztési varratmélység szempontjából ideális gőz-plazma állapot a megfelelő összetételű munka-

gáz keverékkel még a CO₂ lézersugár hegesztés esetén is biztosítható.

Irodalom

- [1] Conrad M. Banas: NASA Contractor Report, NASA CR-132386, Electron Beam, Laser Beam And Plasma Arc, Welding Studies 1974
- [2] A-H. I. Mourada, A. Khouirshidb, T. Sharefb: Gas tungsten arc and laser beam welding processes effects on duplex stainless steel 2205 properties, Materials Science and Engineering A 549 (2012) 105–113.
- [3] Sana Bannour, Kamel Abderrazak, Hatem Mhiri, Georges Le Palec: Effects of temperature dependent material properties and shielding gas on molten pool formation during continuous laser welding of AZ91 magnesium alloy, Optics & Laser Technology 44 (2012) 2459–2468.
- [4] P. Sathiya, Mahendra Kumar Mishra, R. Soundararajan, B. Shanmugarajan: Shielding gas effect on weld characteristics in arc-augmented laser welding process of super austenitic stainless steel, Optics & Laser Technology 45 (2013) 46–55.
- [5] Ming Gao, Xiaoyan Zeng, Qianwu Hu: Effects of gas shielding parameters on weld penetration of CO₂ laser-TIG hybrid welding, Journal of Materials Processing Technology 184 (2007) 177–183.
- [6] M. Keskitalo, K. Mäntyjärvi, J. Sundqvist, I. Eriksson, A. F. H. Kaplan: The influence of shielding gas on the properties of laser welded stainless steel, NOLAMP 14, Gothenburg, August 26–28., 2013
- [7] Anna Fellman: The effect of shielding gas composition on welding performance and weld properties in hybrid CO₂ laser–gas metal arc welding of carbon manganese steel; Journal of Laser Applications, February 2006, VOLUME 18, NUMBER 1, 12–20.

CSANÁDYNÉ BODOKY ÁGNES ÉS TÁRSAI*

Ganz Ábrahám vasúti kerekeinek titkai anyagtudományi vizsgálatok tükrében**

A közleményben Ganz Ábrahám öntődjében 1867-ben készített, sok éven át futott kéregöntésű, kettős-falú vasúti kerék anyagát tanulmányoztuk korszerű anyagtudományi módszerekkel (OES, OM, SEM, TEM, EDS, EBSD, XRD, XRF [ESCA], SNMS, mikrokeményiség-mérés) és a kapott eredményeket elemeztük. Az OES vizsgálatok kimutatták, hogy a kerékben mindenütt megtalálható ~0,059% antimon (Sb), ami többszöröse az öntvényekbe az egyéb anyagokkal bejutó átlagos mennyiségnek (<0,01%). Az Sb SNMS technikával a több mm-es kéregben is megtalálható volt, kivéve a kéreg felszínének legkülső, 1 µm-nél kisebb rétegét. A 20. századi sokoldalú vizsgálatok szerint a kerékben kimutatott antimon mennyisége ideális, stabilizálja a perlitet, kedvezően hat az öntöttvas

mechanikai tulajdonságaira és így használhatóságára. A felület szerkezetének vizsgálatával (XRD, TEM, ED) bizonyítottuk, hogy a kéreg felszínén észlelt kiugró keménység (~600 HV) a nagymértékű képlékeny deformációval járó használat (sín-kerék érintkezés) következtében a perlitből kialakuló „nanokompozit” következménye, aminek kialakulását az öntvény anyagában kimutatott nagy széntartalom (4,09%) is elősegítette. A használat során egyre finomodó szerkezet is hozzájárult a kerekek hosszú élettartamához.

Ganz Ábrahám vasúti kerekei sikerének titka az ismert újszerű konstrukción és az azzal összefüggő előállítási technológián (kéregöntés) kívül a fém jelenleg ismertett összetételében és az ezekből kialakuló szerkezetében is rejlik.

* Csanády Andrásné, MTA doktora; Gábor János, gépészmérnök (Ganz Holding Zrt.); Jenei Péter, PhD és Prof. Gubicza Jenő, MTA doktora, (ELTE, Anyagfizikai Tanszék); Prof. Szabó Péter János, MTA doktora és Fábián Réka, PhD (BME, Anyagtudomány és Technológia Tanszék); Radnóczy György, MTA doktora, tud. tanácsadó és Tóth Attila Lajos, PhD, CSc (MTA Energiakutató Központ, MFA); Langer Gábor, PhD, CSc (Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizikai Tanszék); Krafcsik Olga, PhD (BME, Fizika Tanszék); Prof. Verő Balázs, MTA doktora (Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.)

** Csanádyné Bodoky Ágnes előadása a Ganz-év alkalmából hangzott el az Öntödei Múzeumban, az OMBKE Öntészettörténeti és múzeumi szakcsoport ülésén, 2015. május 13-án

1. Bevezetés

Ganz Ábrahám (1814–1867) a 19. századi magyar ipari fejlődés fellendítésének meghatározó személyisége gazdasági sikereit legfőképpen a vasúti kerekek korábbi konstrukciójától eltérő megoldásaival, jobb minőséget és tartósságot szavatoló technológiájának kidolgozásával, a technológia megújításával érte el. Az Angliában már az 1820-as években a vasúti kerekeknel alkalmazott, „kéregöntés” eljárását tökéletesítette és Bécsben az 1850-es évek közepén (1854, 1855, 1856) szabadalmaztatta [1]. Az Angliában leírtak szerint a „... kéregöntés... úgy történik, hogy a kerékabroncs külső felületének előállításához a fémeket egy hideg, henger alakú vasdarabra folytatjuk. Ekkor a hideg vas okozta hőelvonás olyan keménységet kölcsönöz a fémnek, hogy reszelővel sem lehet megmunkálni...” [2]. Ganz szabadalmaztatott kerék-konstrukciója már nem küllőkkel és abronccsal készült. A kéregöntés az összefüggő, üreges tárgyként öntött kerekek sínekkel érintkező felületeinek biztosított gyorsabb hűlést. Ezt a hűtőhatást a homok öntőformába elhelyezett, a homoknál jobb hővezetést biztosító fémbetéttel (kokillával, mai szóhasználatnál hűtővassal) érte el. A kokillák belső felületét a korabeli gyakorlat szerint úgynevezett „kokillamázsal” [3] kezelték és ezzel gátolták az olvadék feltapadását. Ganz Ábrahám nemcsak kialakította az új típusú kéregöntésű vasúti kerekek gyártásához szükséges technológiai feltételeket, hanem a kokillamáz összetételére is szokatlan, egyedi változatot javasolt. Az 1857-es, Bécsben beadott szabadalmi leírásából ismeretes, hogy ennek legfontosabb összetevője az „antimonpor” volt. Ezzel sikerült a gyártáshoz elengedhetetlen szabadalmat megszereznie. A szabadalomban az antimon, mint a vas egészét keményítő adalékot is szabadalmaztatta [1].

Az angol technológiát Amerikában is hamar megvalósították [4]. Észak-Amerikában már korán rátértek abroncs nélküli kerekek gyártására, amelyekből Európába, sőt Magyarországra is került valamennyi a vasúti hálózatok kiépítése során [5, 6]. Az Egyesült Államokban beadott, vasúti kerekek előállítására vonatkozó 1872-

es keltezésű szabadalom az egyéb európai leírásoktól eltérő technológiai megoldásokat alkalmaz [7].

A Ganz Ábrahám műhelyében készített kéregöntött kerekek számos előnyt nyújtottak a korábban gyártott abroncsos kerekkel szemben. A kiváló formatartású kerekek súlya és sínkoptató hatása kisebb, élettartama hosszabb, hőállósága és hidegtűrése jobb, mindezekből következően alkalmazásuk sokkal gazdaságosabb volt. Ez tette lehetővé, hogy egy adott időszakban ő nyerje el az európai piacok túlnyomó többségét [5].

Ganz munkássága idején csak kevés és kezdetleges anyagvizsgáló módszert használtak. Az öntvények ellenőrzésének egyedüli lehetőségét a töretek szemrevételezése kínálta. Ganz Ábrahám a megfelelő eszközökkel szerethető adatok hiányában csak kísérleti megfigyeléseken alapuló sejtésekre támaszkodhatott. Az, hogy milyen módon került kapcsolatba az antimonnal, nem tudható. Mindenesetre a Fe-Sb ötvözet akkor már ismert volt, ezt a korabeli német és angol szakkönyvek tanúsítják.

A 21. században az anyagtudományok lehetőséget teremtenek arra, hogy a 19. században hosszadalmas kísérletezéssel, tapasztalati úton kifejlesztett technológiák eredményeit részletesen megvizsgáljuk és néhány anyagtudományi kérdést tisztázzunk.

Az eltelt mintegy 150 év során rendkívül gyors fejlődés ment végbe a természettudományok (pl. kémia és fizika) területén. Az elmúlt évtizedekben nagyon sok kísérlet és sokoldalú vizsgálati tevékenység tárt fel, többek között az Sb szerepét is az öntöttvasban [8, 9, 10, 11]. Ezek a megállapítások napjainkban sem veszítették érvényüket [12]. Ma már tudható, hogy az Sb kedvező hatása erősen függ a vasöntvényben található mennyiségétől. A legkedvezőbb tulajdonságokat egy kifejezetten kis mennyiségű Sb (~0,05%) eredményezi, amelynek elsődleges szerepe, hogy stabilizálja a perlitet. Az Sb a vasnál 17%-kal nagyobb atomi átmérőjével beépül a vas kristályszerkezetébe, és ezúton megnöveli a keménységet, javítja a kopásállóságot, gátolja a szemcsenövekedést és az oxidálódást, szegregációra való hajlama következtében csökkenti a felületi sza-

bad energiát. A mechanikai tulajdonságok javításában az Sb mutatja a legjobb eredményeket a vizsgált egyéb hasonló fémek között (Sn, Pb stb.). Európában kis mennyiségben, számos helyen alkalmazzák szürkevas öntvények előállításához. Ez a kis mennyiség növeli a perlit hőhatásokkal szembeni stabilitását és ezzel pl. 704 °C-ig végzett ciklikus vizsgálatok esetében mintegy megkétszerezi a szürkevas élettartamát. Kedvező hatással van a képződő grafit morfológiájára is. Bizonytalan mennyiség ($Sb < 0,01\%$) a gyártás különböző fázisaiban a különböző eredetű nyersanyagokból és adalékokból mindig bekerülhet a gyártmányba, ezt figyelembe kell venni, mivel könnyen előfordulhat Sb-túladagolás. Az Sb túl nagy mennyiségei károsak, mivel jelentékenyen rontják a szívósságot, fokozzák a törési hajlamot. Az Sb-bevitelt általában az öntőüst aljára elhelyezett nagyon finom antimonporral valósítják meg.

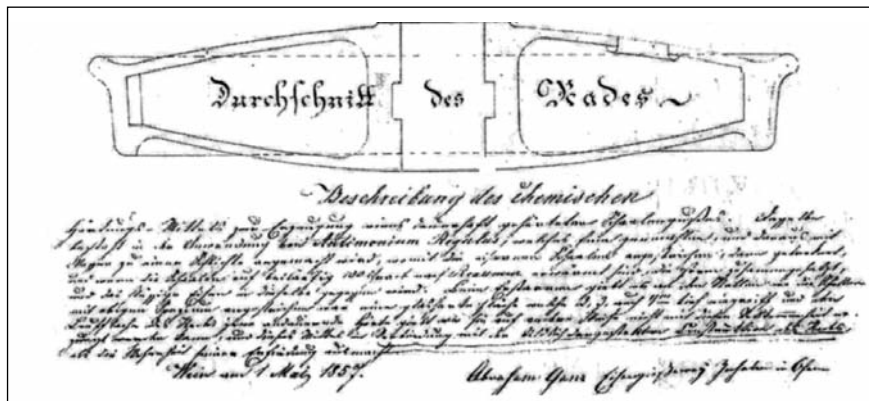
2. Kísérleti célok és eredmények

Vizsgálatunk célja, hogy az elmúlt évtizedekben felhalmozott ismeretek és a mai vizsgálati eszközeink segítségével választ keressünk arra, hogy a Ganz-öntődében kéregöntéssel előállított kerék jó minőségét mivel magyarázhatjuk? A lehető legsokoldalúbban jellemezzük ezt az eddigiekben kevésbé ismert ipartörténeti emléket. Mit tudhatunk meg a kerék összetételéről, esetleges Sb-tartalmáról? A kéreg és a kerék belső (tömbi) része milyen eltérő tulajdonságokat mutatnak, és ezeknek a különböző tulajdonságoknak milyen anyagszerkezeti, összetéti okai vannak? A feladat megoldását nehezítette, de másrésről új felismerésekkel gazdagította, hogy egy 1867-ben a Ganz-öntődében készült, de sok éven át használt kereket vizsgáltunk. Így azonban a használat okozta változásokra és folyamatokra, az azokat befolyásoló adottságokra is fényt deríthettünk.

A vizsgálatokhoz olyan mintát (majd abból további mintákat) kellett kivágni az osztatlan agyú, kettősfalú öntött kerékből (1 és 2. ábra), hogy a tulajdonságokat tanulmányozni lehessen a kéregöntött felületre merőlegesen is, továbbá, hogy magát a kéreg-



■ 1. ábra. A mintavételhez használt kerék



■ 2. ábra. A Ganz-szabadalomban a kettősfalú kerék keresztmetszetének rajza

öntött (a fémbetéttel hűtött, majd terhelt felületet) is lehessen vizsgálni. Ez nehéz feladatnak bizonyult, tekintettel a kb. 140 kg-os kerékre [5] és annak keménységére.

Minden vizsgáló eszköznek más a minták méretével kapcsolatos elvárása, így további darabolás is szükségessé vált.

A különböző, egymást kiegészítő vizsgálati módszereket (Optikai emissziós spektrometria: OES; fénymikroszkópia: FM; pásztázó elektronmikroszkópia: SEM + energiadisziperzív röntgenspektrometria: EDS + visszaszórt elektrondiffrakció: EBSD; transzmissziós elektronmikroszkópia: TEM + elektrondiffrakció: ED + energiadisziperzív röntgenspektrometria: EDS; röntgendiffrakció: XRD; röntgen-foto-elektronspektroszkópia: XRS (ESCA); szekunder semleges részecske tömegspektrometria: SNMS; mikrokeménység-mérés) néhány fontos kérdés megválaszolására összpontosítottuk.

- Mi volt a kémiai összetétele a Ganz-féle keréknek? Mennyi C és Si, milyen és mennyi egyéb ötvöző, vagy szennyező található a mintában? Van-e különbség a kéreg és a belső (tömbi) rész összetételében? Megtalálható-e az Sb a kerékben és hol?

- Milyen szövetszerkezeti elemeket találunk a kéregben és a belső részben, hogyan jeleníthetők meg ezek fénymikroszkópos és pásztázó elektronmikroszkópos metallográfia segítségével?

- Van-e különbség a kéreg és a belső (tömbi) öntvényrész átlagos szemcseméretében és kialakul-e a kéregben kitüntetett orientáció?

- Hogyan változik a kerék anyagának keménysége a felszíntől számított

mélység függvényében? A kérgi rész mikroszkópokkal mért vastagságát hogyan tükrözik a keménységmérés eredményei?

- Mi a magyarázata a tartós használat, a sín-kerék kölcsönhatás során kialakuló rendkívüli keménységértékeknek?

A feltett kérdésekre adott válaszokat két alfejezetben ismertetjük:

2.1. A minta összetételének, szövetfázis- és kristályszerkezetének, továbbá a kéreg és belső (tömbi) rész különbségeinek vizsgálata

2.1.1. A minta tömb anyagának összetétele

A Magyarmet Öntöde jóvoltából egy korszerű optikai emissziós spektrométerrel (OES) (METEKSPECTROLAB, LABLAVM10) a kerék tömb anyagának összetételét igen pontosan meg lehetett határozni (a megadott értékek tömegszázalékokat jelentenek):

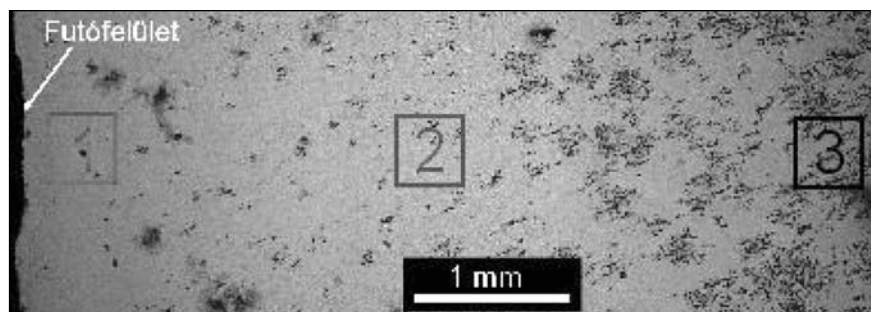
C: 4,09; Fe: 93,6; Si: 1,15; Mn: 0,56; P: 0,067; S: 0,24; Cr: 0,08; Mo: 0,015; Ni: 0,053; Al: 0,001; Co: 0,02; Cu: 0,108; V: 0,009; W: 0,014; Nb: 0,023; Ti: 0,018; Pb: 0,0012; Sn: 0,00094; As:

0,0392; Ca: 0,00057; Sb: 0,059; Ta: 0,0067; B: 0,0028; N: 0,0239; O: >>>0,012

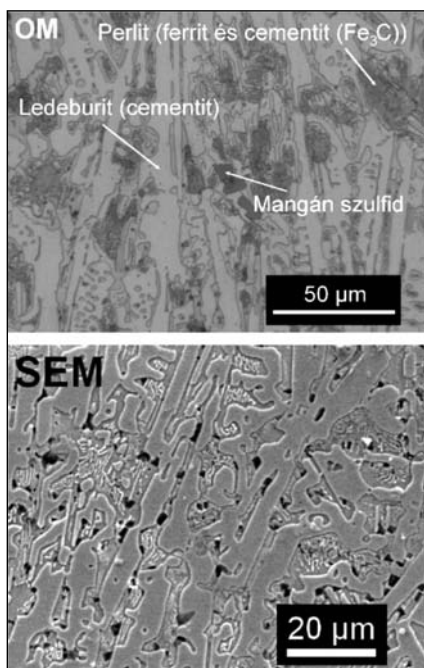
Az összetétel a meghatározó elemek (Fe, C, Si, Mn, P, S) tekintetében teljességgel megfelel az ún. szürkevasnak nevezett Fe-C-ötvözet összetételének (MSZ EN 1561:2000), antimontartalma: 0,059%.

2.1.2. A minta keresztmetszeti összetételének és szövetszerkezetének vizsgálata a kéreg felületétől az öntvény belseje felé haladva

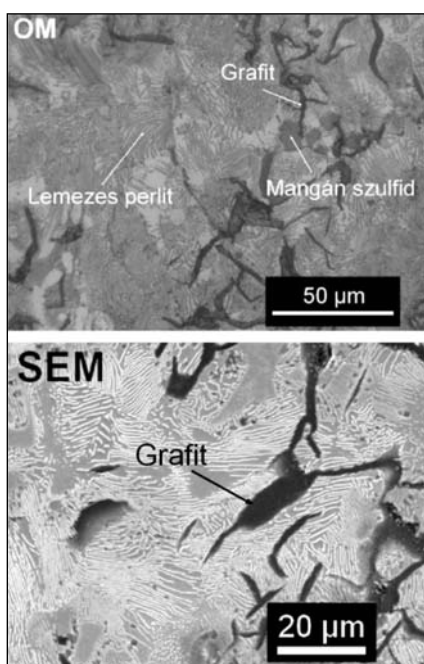
Szabad szemmel szemlélve az öntvénytörét kérgi része fehéres, míg a belső (tömbi) része szürke. A minta csiszolt keresztmetszetén is megkülönböztethető volt szabad szemmel a néhány mm-es felületi kéreg az utána következő átmeneti résztől, majd a minta lassabban hűlt belső (tömbi) részétől. Egy polírozott minta különböző területei összetételét (kéreg, átmeneti zóna, belső (tömbi) rész) SEM-ben (JSM 25 S III. és Röntec analizátorral) vizsgáltuk (3. ábra). Az egyes területek összetétele teljesen azonos volt, kivételt képezett, ha az elektron-sugár útjába véletlenszerűen egy MnS



■ 3. ábra. Egy SEM BEI (visszaszórt elektronokkal készített) felvételen a részletes EDS-analízis kiválasztott területei a kéregben (1), az átmeneti zónában (2) és a belső (tömbi) részben (3)



■ **4a ábra:** A kéreg nitállal maratott, optikai mikroszkóppal (OM) készített szövetképe, és **4b ábra:** szekunder elektronmikroszkópos (SEM) felvétele (cementit, perlit, helyenként MnS)



■ **5a ábra:** A belső (tömbi) rész nitállal maratott, optikai mikroszkóppal (OM) készített szövetképe, és **5b ábra:** szekunder elektronmikroszkópos (SEM) felvétele (lemezes perlit, grafit, helyenként MnS)

kiválás került. Jól észlelhetőek voltak a S, a C, a Mn, a Fe az Al, a Si, a P különböző csúcsai.

OM-os (Olympos PMJ3) vizsgálatainkat, a csiszolt és 2%-os nitálban maratott keresztmetszeti csiszolatok-

ról készült szövetképeket a 4. és 5. ábrák mutatják.

A kéreg szövetszerkezeti felvételei megfelelnek a Greiner–Klingenstein-féle szövetdiagramban (C+Si összmenyisége és a falvastagság/hűlési sebesség/közötti összefüggés) az öntöttvas összetételére vonatkozó szövetszerkezeteknek. A gyors hűlés hatására a kéregben ledeburit és perlit azonosítható, ami az egyes szövetelemek keménységértékeivel (HV 1 N mikrokeménység-vizsgálat) is igazolható és az irodalom szerint is várható volt. [13, 14] (4. ábra) A kéregnél lassabban hűlt öntvény belső (tömbi) részében lemezes perlit és grafit, (5. ábra) továbbá mindkét részben, itt-ott MnS zárványok voltak észlelhetők. A mikroszkópos felvételek alapján és a mikrokeménység-mérés (6. ábra) szerint is a kérgi rész vastagsága egyaránt 3–4 mm.

Egy EDAX-TSL feltétellel felszerelt SEM-ben (Philips XL-30) visszaszórt elektrondiffrakció módszerével (EBSD) vizsgáltuk a kéreg és a belső (tömbi) rész szemcseszerkezetét és orientációs viszonyait. A kéreg finomabb szemcseméretét a színes EBSD-felvételek látványosan bizonyították. A kéregről és a belsőbb részről készített pólusábrák alapján textúra nem volt észlelhető.

2.1.3. A felületről kiindulva, porlasztással, a mélység függvényében végzett kémiai összetétel-vizsgálat

Tekintettel arra, hogy az EDS-vizsgálat kimutatási határa (~0,1%) nem elegendő kis mennyiségű Sb kimutatására, érzékenyebb módszereket is kellett keresni annak érdekében, hogy az Sb-t észlelhessük a kéregben is, vagyis az OES-nél kisebb léptékű téri eloszlását is vizsgálhassuk. Az OES belső (tömbi) részösszetételi vizsgálata már kimutatta az Sb jelenlétét. Ezért a felületről kiindulva XPS (ESCA)- és SNMS-vizsgálatokat végeztünk. XPS esetében 4 órás porlasztás nem volt elegendő arra, hogy az Sb megjelenjen a spektrumban. Ezt utóbb a 3x10 órán át végzett SNMS-vizsgálatok (INA-X, SPECS GmbH, Balzers QMG 422, d=2 mm foltátmérő) érthetővé tették. Az Sb ~15 órás porlasztás után, csak kb. 0,7 µm mélységben vált megfigyelhetővé és onnan fokozatosan érte el még a kérgi részben (2-3 mm mélységben) egy másik SNMS-mé-

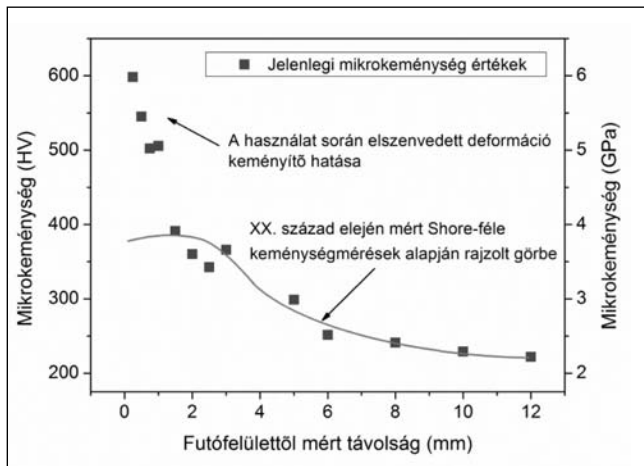
réssel a belső (tömbi) csiszolaton is észlelt szintet.

Vizsgálataink szerint az Sb a kéreg legkülső részéből egy µm-nél kisebb tartományból hiányzott. Ez egyaránt következménye lehet az öntés közben lejátszódó (pl. párolgás) vagy a használat során végbemenő folyamatoknak (a felület felmelegedése stb.).

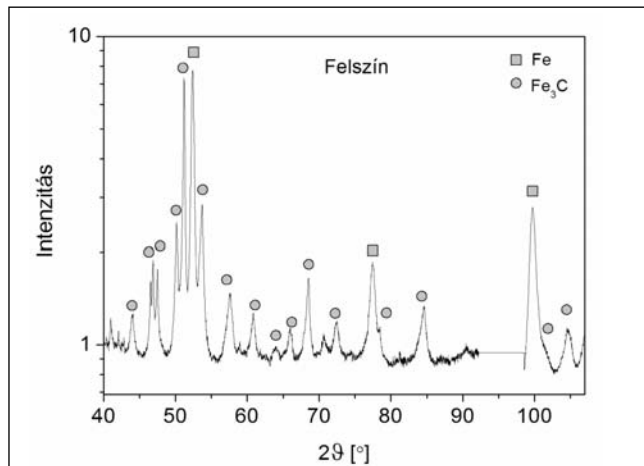
Feltehető a kérdés, ha a kéreg legkülső részében a vizsgált területen nem található meg az Sb, a kokillamázban volt-e az antimon, és ha igen, mi történt vele az öntéskor. A gondolkodást segíti az antimon bevezetőben emlegetett tulajdonságainak számbavétele: a kis olvadáspont, a szublimációs hajlam, a vasban mutatkozó nagymértékű oldékonyság stb., továbbá az a sok közlemény, ami a 20. században az öntöttvasban lévő antimonnal kapcsolatban végzett vizsgálatokból született, mégis a kérdést nem tudjuk megválaszolni. Az azonban eléggé nyilvánvaló, hogy a kokillamáz nehezen biztosíthatja a megbízható Sb-adagolást.

Az OES-vizsgálat szerint a vizsgált kerékben meglepő módon közel az a mennyiségű Sb van, amelyikről később, a 20. században tisztázták, hogy optimális a kerék szövetszerkezeti és mechanikai tulajdonságai szempontjából. Ganz Ábrahámot az Sb ilyen kis mennyiségeinek kedvező hatásához csak kísérletei vezethették el, hiszen az ő idejében vizsgálatokkal igazolt ismeretek még nem léteztek. Ganz egy 1843-ban végzett kísérlete során vesztette el egyik szemét, amikor abba forró vas fröccsent [15]. Feltételezhetjük, hogy ekkor már Sb-porral kísérletezhetett. Arra a kérdésre, hogy miként biztosították az üzemben 1867-ben, a később szinte ideálisnak bizonyult Sb-szintet (a szabadalomban leírt kokillamázzal, vagy az öntőüst alá helyezett antimonporral stb.) nem tudunk válaszolni.

Bizonyára voltak a szabadalom szerinti technológiával is kísérleti sorozatok, de Kerpely Antal professzor már 1870-ben, a Ganz-műhelyben tett látogatásáról írt beszámolójában az antimonos kokillamáz használatát kétségbe vonta [16]. Később, 1901-ben a fenti feltételezés helyességét a gyártási eljárásra vonatkozó protokollok is igazolták, ezekben nem szerepelt az antimonos kokillamáz használata [17].



■ 6. ábra. Mikrokeménység (HV) a futófelülettől való távolság függvényében



■ 7. ábra. A minta felszínén, nagyfelbontású kobaltanódos diffraktométerrel készült röntgendiffraktogram [(Fe₃C) és bcc α-vas]

2.2. A kerékhasználat során bekövetkezett változások és ezek értelmezése

A bevezetésben leírtak és a 2.1. fejezet vizsgálati eredményei fontosak voltak annak magyarázatához, hogy a kerékhasználat során mutatkozó, a korabeli konkurenciával szemben előnyt biztosító tulajdonságokat, élettartam stb. [5] milyen összetétel és szerkezet alapozta meg, de a jobb megértéshez még további vizsgálatokra is szükség volt.

2.2.1. Keménységmérés

Azt a kérdést, hogy miképpen változik a kerék anyagának keménysége a felszíntől számított mélység függvényében, egy Zwick Roell ZHμ mikrokeménység-mérővel (20 N-os terhelés) tisztáztuk. Az eredményeket a 6. ábra mutatja.

A kéreg keménysége (eltekintve a külső 0,5-1 mm-től) ~370 HV, majdnem kétszerese a grafitosan dermedt belső (tömbi) részen mért értéknek (~200 HV). Az ábrán látható Shore-féle keménységmérések alapján rajzolt görbe Bánhegyi László 1967-es munkájából [13] származik. Ezt a szkleroszkóppal (rugalmasan visszapattanó acélszerszámmal) végzett mérési eljárást egykor keménységek összehasonlítására használták. A kerék legkülső részén általunk mért keménység (~600 HV) azonban sokkal nagyobb, mint a 20. század elején közölt adatok. A különbség oka, hogy a korábbi mérések egy új keréken történhettek, míg az általunk vizsgált kerék felülete a használat során, a sinnel

való kölcsönhatás eredményeképpen vált még sokkal keményebbé.

A korábban bemutatott OM- és SEM-felvételek (4. és 5. ábrák) megmutatták a kerék belsejének és külső kérgének szövetszerkezetét. A képen látható kéregméret összhangban van a keménység alapján meghatározott méretekkel. A keménységi adatok tendenciája azonban a kéreg külső felületének a kéreg felépítésétől is eltérő szerkezetére utaltak. Ez tette szükségessé, hogy ezt a kérgi részt, ennek szerkezetét különös gonddal, a korábbiaknál nagyobb részletességgel vizsgáljuk meg.

2.2.2. A kéreg felszíni rétegének vizsgálata

2.2.2.1. Röntgendiffrakció és a vonal szélesedés elemzése

A kéreg felszíni részében RD-val két fázist lehetett azonosítani (7. ábra) a bcc α-vas, ferrit fázist és az ortorombos kristályszerkezetű cementit (Fe₃C).

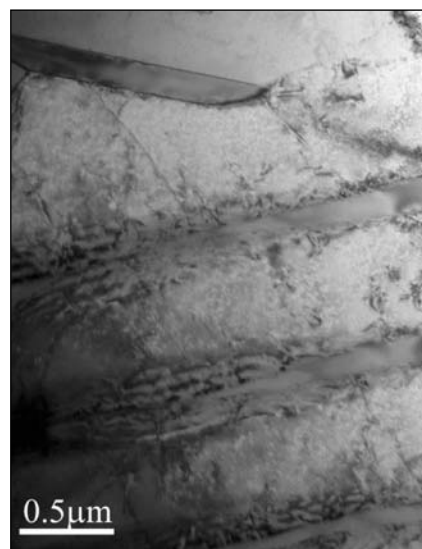
A röntgendiffrakciós felvételek elemzésével a „kristallitok” (koherens szórócentrumok) méretei a vas 110 csúcsából Scherrer-módszerrel számítva, a felszínen, a felszíntől 2 mm-re, majd 10 mm-re mérve 35, 85 ill. 105 nm-nek, ugyanezek a méretek a Fe₃C 121 indexű csúcsából becslve 25, 100, ill. 85 nm-nek adódtak.

2.2.2.2. Transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatok

A minta felszínének legfelső rétegét ionmaratással preparáltuk és TEM-mel (Philips CM 20, 200kV, Nano-probeNoran EDS) is megvizsgáltuk. A



■ 8. ábra. A kéreg felszínén kialakult nanokompozit ferritszemcséi az őket elválasztó cementitlemezekkel



■ 9. ábra. A kéreg felszínén kialakult nanokompozitban, a ferrit/cementit határán induló és sűrűsödő diszlokációkkal

TEM-ben a kiválasztott fázisokról készített diffrakciós felvételeken ugyanazt a két fázist azonosítottuk, mint röntgendiffrakcióval. A felvételek azonban érdekes szerkezetet mutattak. Egy ~10 µm terület átnézeti felvételén az látható, hogy az ionmaratással elvékonyított mintában finom cementitlemezeket tartalmazó „kompozit szerkezet” alakult ki (8. ábra). Ezt a szerkezetet nagyobb nagyítással, világos és sötét látóterületű felvételeken megvizsgálva a cementitlemezek vastagságára esetenként ~100 nm körüli értékeket kaptunk. A cementitben alig található diszlokáció, míg a ferritben igen sok van. A diszlokációk jelentős része a ferrit/cementit fázishatárhoz kötődik, és a ferritszemcsékbe nyúlik tovább (9. ábra).

Figyelemre méltóak a minta átlagáról és az egyes fázisokról külön-külön is készített EDS-analízisek. A SEM-ben a nagyobb területekről készített EDS-spektrumok jellegzetes szennyezői (Si, P, Mn stb.), ha egyenként analizáltuk a fázisokat csakúgy, mint a TEM-ben az egyes kis méretű fázisokról készített analízisekben is, csak a ferritszemcsékben észlelhetők. A cementitben csak a Fe, C és kevés Mn jelenik meg. (A kis mennyiségű antimon ilyen lokális elemzéseit jelenleg EDS-sel nem megvalósíthatók.)

Mind a röntgen-, mind a TEM-vizsgálatok alapján arról győződhetünk meg, hogy a kerékhasználat során felkeményedett szerkezet hasonló mechanizmussal jött létre, mint amilyen folyamatok egyéb perlitess szerkezetek bizonyos mechanikai kezelése (nagy mértékű képlékenyalakítás (SPD), mechanikai ötvözés, koptatás stb.) során, különböző mértékben lejátszódnak [18, 19]. Az erőteljes mechanikai behatás, a plasztikus deformáció okozta szerkezetváltozás mindezeknél hasonlóképpen megy végbe. A kerék felszínén a kéregöntéssel kialakult ledeburitos-perlites szerkezetet is átalakul a kerék-sín érintkezésekben fellépő mechanikai hatások (képlékenyalakítás) következtében. Bőséges irodalom foglalkozik napjaink acél vasúti kerekeinél fellépő folyamatokkal, amelyek azonban kis (<1% C), legtöbbször ~0,6-0,7% C-tartalmú, általában ötvözött anyagok. Ezek esetében is megfigyelték a felületen a mikroszerkezet és keménység változását, a folyamatokat

szimulációval is megjelenítették [20].

Néhány éve már egyes különleges célból előállított perlitess anyagok nagy energiájú kezelésének kémiai folyamatait nagy érzékenységgel atomszondákkal [18] is vizsgálják. A folyamat legvalószínűbb magyarázata szerint a diszlokációsűrűség fokozatosan nő a ferritszemcsékben, a cementitek C-tartalma pedig a cementit/ferrit határokra kialakuló diszlokációk segítségével egyre jobban beoldódik a ferritmátrixba. Miközben leépülnek a cementitkomponensek, egyre nagyobb cementit/ferrit fázishatár-sűrűség alakul ki, és a ferritmátrixban megnő a C-tartalom. Az intenzív mechanikai hatás következtében a határfelületeken kémiai keveredés, azaz mechanikai ötvöződés játszódik le. A felkeményedéshez hozzájárul mind a megnövekedett C-mennyiség a ferritben, mind az egyre növekedő diszlokációsűrűség [21]. Egyértelműen kimutatható volt, hogy a C-koncentráció a leépülő cementit/ferrit határokon kiugró értékeket mutatott.

A hosszú éveken át a síneken gördülő, nagy terhelésnek kitett és a kéregöntés következtében ledeburit-perlites szövetszerkezetű Ganz-féle öntöttvas kerekek felszínén ható plasztikus deformáció is olyan hatással volt, mint az egyéb nagy energiájú alakítási módszerek, azaz szintén létrehoz egy ferrit-cementit nanokompozitot. Erre az átalakulásra a Ganz-kerék összetétele és szövetszerkezete következtében különösen alkalmas volt, összetételének nagy, 4,09% C-tartalma elősegítette a fent vázolt folyamatot, mint azt különböző széntartalmú anyagokkal végzett vizsgálatok is igazolták [22]. Ez is hozzájárulhatott ahhoz, hogy ezeknek a kerekeknek hosszabb volt az élettartama, mint a korabeli egygyártmányoknak.

3. Összefoglalás

Egy ilyen komplex használati tárgy esetében, mint egy vasúti kerék, nehéz mindazokat a szempontokat, előnyeit feltehető okait, titkait, számba venni, amelyek gazdasági sikeréhez vezettek. Több ilyen ismertünk már korábban, mindenekelőtt a konstrukció és kéregöntés szerepét, de a szakirodalom szerint azok az anyagtudományi részletek, amelyeket most tártunk fel, szintén figyelemre méltó tényezők.

Az összetételben megtalált stabilizáló hatású Sb jelenléte, a közel eutektikus szövetszerkezethez tartozó nagy C-tartalom és szerepük a használat során. Nem kérdéses azonban, hogy Ganz Ábrahám rendkívüli sikereihez mindezeket túl a szerencse is hozzájárult.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk *Fitos Zoltán* elnök vezérigazgatónak, aki engedélyezte a Ganz Holding Zrt. tulajdonában lévő 1867-ben készült vasúti kerékből a vizsgálatokhoz szükséges minta kivágását, és *Fekete Józsefnek* a Ganz Holding Zrt. üzemvezetőjének a mintakivágás elvégzését. Köszönettel tartozunk *Tóth Péter* laboratóriumvezetőnek (Bűnügyi Szakértői és Kutató Intézet) a kerék felületének röntgenfluoreszcens spektrométeres (XRF) vizsgálatáért.

Irodalom

- [1] Kovács L.: Ganz Ábrahám szabadalmi (német és magyar nyelven), 2007 HU ISSN 1417, 1058 Budapest, 2007, Öntödei Múzeumi Füzetek 18., továbbá Budapest Fővárosi Levéltár
- [2] Wood, N.: A practical Treatise on Railroads, and Interior Communications in General, 1st. edition, London, printed for Longman, 1828, Chap.I. and Chap., III. pp 79–82, 2nd edition 1832. A vonatkozó szabadalmakat W. Losh és G. Stephenson jegyzik.
- [3] Hartmann, C. F. A.: Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Band, 1834, Schallenguss des Eisens, Berlin, bei August Rücker, S. 51.
- [4] Earle, Th.: A Treatise on Railroads and Internal Communications, Philadelphia, 1830, Sold by John Grigg, p 59.
- [5] Ueber Schallengussräder für Eisenbahnfahrzeuge, In: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 6. Jg. (1862) Dezember, 612.
- [6] Kovács L.: Ganz Ábrahám, Öntödei Múzeumi Füzetek 16, 2006, 17.
- [7] Wheeldon Frederick, Richard: Wolverhampton, England: Improvement in the modes of casting wheels and pinions, US 131486 A, 1872, Sept. 17.

- [8] Henke, F.: Spurenelemente im Gusseisen, Giesserei Praxis, 1971. Apr. 25.139–149.
- [9] Matijasevic, S. et al: Ferritic Surface Layers on Gray Iron Castings, AFS Transactions, Vol. 82 (1975) 571–592.
- [10] Narasimha Swamy, G.S. et al: Factors Influencing the Ferritic Layer on the Surface of Gray Iron Castings, AFS Transactions, Vol. 83 (1975)531–550.
- [11] Aborn, R. H.: What Antimony May Do for You in Gray and Ductile Iron? Transactions of the Amer. Foundry Soc. 84 (1976) 503–506.
- [12] Zhe, L., et al: Influence of cooling rate and antimony addition content on graphit morphology and mechanical properties of a ductile iron, China Foundry, Vol. 9/2, (2012)114–118.
- [13] Bánhegyi L.: Ganz Ábrahám, In: Műszaki Nagyaink II. köt. (1. kiadás 1967, 2. kiadás 1983) szerkesztette Szőke Béla, Gépipari Tudományos Egyesület kiadása, 43–89.
- [14] Verő J., Káldor M.: Fémtan, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977, 143–155.
- [15] Szekeres J.: Ganz Ábrahám (1814–1867), Budapest, 1967, Sokszorosította a Ganz Villamosági Művek Házi Nyomdája
- [16] Kerpely A.: Bányászati és Kohászati Lapok III évf. 15. és 16.sz. (1870) 15–18, ismételt közlés Bányászati és Kohászati Lapok, 141. évf., 3 sz. (2008) 22–24.
- [17] Protokoll in Baumaterialienkunde, Die Entwicklung der Schalen-gussräder-Fabrikation, deren Vorteile betrifft Sicherheit und Ökonomie der Betriebe (Besuch der Teilnehmer am Budapester Kongress der Materialprüfungstechniker bei der Firma Ganz, aufgenommen 1900. jun.22.) (1901) Vol. 6, 21 sz. 331–334; 22 sz. 351–353; 23 sz. 365–368.
- [18] Sauvage, X., Lefebvre, W., Genevois, C., Ohsaki, S., Hono, K.: Complementary use of TEM and APT for the investigation of steels nanostructured by severe plastic deformation, Scripta Materialia, Vol. 60 (2009) 1056–1061.
- [19] Takahashi, J., Kobayashi, Y., Ueda, M., Miyazaki, T., Kawakami, K.: Nanoscale characterisation of rolling contact wear surface of pearlitic steel, Materials Science and Technology, Vol. 29/ 10 (2013)1212–1218.
- [20] Molyneux-Berry, C.,- Davies, C., Bevan, A.: The influence of Wheel/Rail Contact Conditions on Microstructure and Hardness of Railway Wheels, Hindawi Publishing Corporation, The Scientific World Journal, 2014, ArticleID 2097752, 16 pages, <http://dx.doi.org/0.1155/2014/209752>
- [21] Li, Y. J., Choi, P., Borchers, C., Westerkamp, S., Goto, S., Raabe, D., Kirchheim, R.: Atomic-scale mechanisms of deformation-induced cementite decomposition in pearlite, Acta Materialia, 59 (2011) 3965–3977.
- [22] Ueda, M.,Uchino, K.,Kobayashi, A.: Effects of carbon content on wear property in pearlitic steels, Wear, 253/1-2, (2002) 107–113.

Koszorúzás Sopronban

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya keretében működő Anyagtudományi és Technológiai, illetve a Szál- és Kompozittechnológiai Tudományos Bizottság 2015. december 4-én a Nyugat-magyarországi Egyetem meghívására kihelyezett ülést tartott. Az ülést a két tudományos bizottság elnökei, dr. Gácsi Zoltán és dr. Bárány Tamás közösen vezették le.

Az ülést dr. Faragó Sándor, a Nyugat-magyarországi Egyetem rektorának köszöntője vezette be, majd dr. Alpár Tibor, a Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar dékánja tájékoztatta a jelenlévőket a kar helyzetéről és a közeljövőben bekövetkező változásokról.

A szokásoknak megfelelően ezután tudományos előadások kerültek sorra, amelyek a karon folyó kutatási tevékenység magas színvonaláról tanúskodtak.

Az előadások közül kiemeljük dr.

Alpár Tibor: Faalapú kompozitok, dr. Divós Ferenc: Roncsolásmentes faanyagvizsgálat, valamint Csóka Levente: Multifunkcionális cellulóztermékek című anyagát.

A délelőtti szekció után a kihelyezett ülés résztvevői megkoszorúzták dr. Verő József emléktábláját, amelyet múlt év júniusában dr. Szőke László kezdeményezésére helyeztek el és avattak fel. A koszorúzáson megjelent Verő professzor legidősebb fia, dr. Verő József is a feleségével együtt. A koszorú elhelyezése előtt dr. Verő Balázs emlékezett vissza a soproni évekre. Mivel a Metallográfia Tanszék épületének falán dr. Verő József emléktáblája mellett professzortársa, dr. Tarján Gusztáv emléktáblája is el van helyezve, a visszaemlékezésben a soproni egyetem professzori karának baráti közösségéről beszélt megemlítve többek között dr. Győrfi János, dr. Magyar Pál, Tettamanti Jenő nevét is.

A koszorút dr. Gácsi Zoltán és dr. Verő Balázs közösen helyezték el (l. kép).

 **Verő Balázs**



■ Koszorúzás Verő József emléktáblájánál

Interjú dr. Varga Lászlóval, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Öntészeti Intézet igazgatójával



Az utóbbi időben szakmai rendezvényeken, egyesületi találkozók, vállalati megbeszéléseken gyakran szóba kerül az öntészeti felsőoktatás helyzete. Időszerű a téma, mert a hazai öntvénytermelés rohamosan fejlődik, főként a járműipari beszállítók növelik évről évre a termelésüket. Új technológiai megoldások honosodnak meg, új berendezések kerülnek használatba, egyre inkább kiteljesedik a számítástechnika alkalmazása, amely felsőfokú szakmai ismeretekkel rendelkező fiatalok alkalmazását igényli. E kérdések is szóba kerültek azon a 2015 novemberi beszélgetésen, amelyen dr. Varga László intézetigazgatót faggatta dr. Lengyel Károly, lapunk korábbi felelős szerkesztője.

Dr. Lengyel Károly (LK): Az elmúlt bő egy évben nagyon sok helyen megfordultál, előadásokat, tájékoztatókat tartottál, vállalati megbeszéléseken vettél részt. A téma mindig a felsőfokú öntészképzés, főként a személyi és tárgyi feltételek biztosítása volt. Korosztályod tagjai jól ismernek, de lapunk olvasói közül sokan csak mostanában hallhattak rólad. Ezért először egy rövid bemutatkozást kérek.

Dr. Varga László (VL): Tösgyökeres miskolci vagyok, a Hermanban érettségiztem. Kevesen tudják, hogy az egyetemre kerülésem előtt fogtechnikusi vizsgát tettem, miközben az öntéssel is megismerkedtem a különböző fogpótlások, koronák, hidak öntése során. Vonzódásom a szakma iránt talán innen eredeztethető. Ezt követően kerültem a Kohómérnöki Karra, ahol 1999-ben öntészeti szakirányon diplomáztam, majd 2003-ban vasöntészeti témában védtem meg doktori disszertációm. Témavezetőm dr. Dúl Jenő volt, akivel nagyon jó szakmai és baráti kapcsolatot ápolok a mai napig. Ezt követően tanársegédként dolgoztam még két évet az egyetemen, majd Győrbe kerültem a mai Nematik elődjéhez, a Hydro Alumínium Kft.-hez, ahol nagyon sok

területen dolgoztam. Voltam CAD csoportvezető, termékfejlesztési vezető, projektvezető, ill. több területen technológus. Néhány év után úgy hozta az élet, hogy nem is rövid időre elhagytam az öntészetet, több volt évfolyamtársammal vállalkozásba kezdünk. Talán ez a szabadság biztosította aztán azt a lehetőséget, hogy az elmúlt évben visszatérjek az egyetemre, a szakmámhoz. Először csak egy-két tárgy oktatását vettem át, majd a duális képzés remélt bevezetése felvillanott egy olyan jövőképet, amely arra ösztönzött, hogy az öntészeti oktatás szervezéséből is egyre jobban kivegyem a részem.

LK: Mi adta a végső lökést, hogy belevágj ebbe a kalandba?

VL: A végső lökést talán a 22. magyar öntőnapokon szervezett, az iskola-rendszerű öntészeti oktatással foglalkozó, éppen az általad vezetett kerekasztal-megbeszélés adta. Ezen érdeklődő vendégként vettem részt, de az elhangzottak rádöbentettek arra, hogy ha sürgősen nem teszünk valamit, akkor az öntészeti oktatás végképp megszűnik hazánkban. Ha nem pótoljuk a nyugdíjasként is sok-sok évet dolgozó tanár kollégáinkat – megérdemlik, hogy név szerint is em-

lítsük őket: dr. Jónás Pált és dr. Tóth Leventét, – akkor az egyre jobban prosperáló öntészeti vállalkozások szakember nélkül maradnak. Ösztönzőként hatott az is, hogy elsősorban a Nematik Győr Kft. és annak az ügy iránt elkötelezett ügyvezető igazgatója, David Toth, időt és pénzt nem sajnálva a tanszék fennmaradása és az oktatás folytatása, megújítása mellé állt, amikor 2014 júliusában együttműködési és támogatási szerződést kötött az egyetemmel. Feltétlenül megemlítendő, hogy több öntőde, pl. a Fémalk Zrt., az Ecseri Kft. és a Magyarmet Bt. is kinyilvánította támogatását. Fontos volt az is, hogy a kar dékánja, dr. Palotás Árpád Bence, és az a 8-10 PhD-s, aki az elmúlt években doktorált, segítőkészségéről biztosított.

Valószínű azonban, hogy az oktatásból való jelentős mértékű forráskivonás és az egyre csökkenő hallgatói létszám miatt nem jártunk volna sikerrel, ha az időközben meghirdetett duális képzés mielőbbi bevezetésének lehetőségét nem ragadjuk meg, az elsők között vagy talán elsőként az egyetemen, s nem nyerjük meg immár 23 öntőde anyagi és erkölcsi támogatását. A duális képzés lehetősége volt az, amely segített az egész oktatási és támogatási koncepció kidolgozásá-

ban, s azzal kecsegtetett, hogy ez a Németországban már 1973-tól működő rendszer nálunk is évekre vagy évtizedekre biztosítja a felsőfokú öntészképzés fennmaradását.

LK: Csak közbevetőleg jegyzem meg, az ilyen fajta gyakorlatorientált képzés a rendszerváltásig nálunk is jelen volt a középfokú és a főiskolai szakmai képzésben, még ha nem is ilyen mélységben és nem is így nevezték.

VL: Valóban így volt, de az elmúlt 25 év során oda jutottunk, hogy ez teljesen elhalt, ami azt is eredményezte, hogy a vállalatokhoz kikerülő végzőseinknek lényegesebb hosszabb betanulási időre van szükségük. A duális képzés lehetőségére már stratégiát lehetett építeni, érdemben lehetett a vállalatokkal tárgyalni, mert közös az érdek. A duális képzés lényege egyébként az, hogy a leendő hallgató először a vállalatnál jelentkezik, ott szerzi meg a támogatást a gyakorlati képzéséhez, ahol az ott alkalmazott technológia művelésében szerez majd jártasságot. A vállalati felvételi mellett jelentkezik az egyetemre, ahol aztán az elméleti alapokat tanulja meg. Így az egyetem és a vállalatok közös érdeke lesz, hogy mind gyakorlati, mind elméleti ismeretekkel jól felvértezett, rövid időn belül hadra fogható fiatal szakember kezdje meg a munkáját. Mi erre a közvetlen és kettős érdekre építettük fel a stratégiánkat, aminek ismertetésére elkezdtük járni az öntődéket.

LK: Milyen mértékű az előbb említett vállalati támogatás?

VL: Csak bizonyos árbevétel felett kérünk a csatlakozó vállalatoktól támogatást, amelynek mértéke a bruttó éves bevétel egy ezreléke. A jelenlegi megállapodások alapján ez 90-100 millió forintot jelent évente. Szerződéseink szerint ezt az összeget csak az öntészeti felsőoktatás működtetésére, és anyagi feltételeinek biztosítására lehet használni. Lehetőség nyílik új emberek felvételére – csak közbevetőleg jegyzem meg, hogy tavaly ősszel összesen két főállású alkalmazott volt a tanszéken dr. Molnár Dániel tanszékvezető egyetemi docens és Mende-Tokár Monika személyében, –

megfelelő bérek, bérkiegészítések kifizetésére, de legalább ilyen súllyal esik latba az intenzív beiskolázási propaganda finanszírozása is. Ez utóbbi a vállalatokkal közös érdek, minél több helyre, minél több érdeklődőhöz kell eljuttatnunk ezt a továbbtanulási lehetőséget. Ehhez információs anyagok kellenek, személyes meggyőzés, annak elhitése, hogy az öntőipar dinamikusan fejlődik, évtizedekre nyújt karrierlehetőséget.

Tudatosítanunk kell, hogy a vállalatoknál is generációváltás van, az utolsó pillanatban vagyunk ahhoz, hogy az egyre nagyobb számban nyugdíjba vonuló szakemberek tudását megmentsük, átörökötsük. Ez nagy esélyt jelent a szakmánkat választó fiataloknak, számításaink szerint és a vállalati előrejelzések alapján még az elkövetkező tíz évben sem tudunk annyi szakembert képezni, az óhatatlan lemorzsolódásokat is figyelembe véve, mint amennyi a vállalati igény.

LK: Milyen területekre terjednek ki a toborzó utak, vagy ahogyan nevezitek, roadshow-k?

VL: Elsősorban az egyetem környezetére, itt vannak a leginkább kiépített középiskolai kapcsolataink. Másodszor a partner vállalatok környezetére, hiszen nekik is fontos, hogy a szűkebb régiójukból kerüljenek ki a leendő munkatársak. De szeretnénk egyfajta országos lefedettséget is biztosítani, s a lehető legtöbb helyre eljutni vagy a hírünket eljuttatni.

LK: Visszatérve az oktatás finanszírozására, megkérdezhetem, hogy milyen mértékű az egyetemi vagy központi támogatás?

VL: Most úgy néz ki, hogy a fentebb vázolt vállalati támogatás az intézet és a tanszék működtetéséhez szükséges költség több mint kétharmadát fedezi, ez rávilágít az oktatás alulfinanszírozottságára is. Ennek következménye pl. az, hogy a felsőoktatásban nyolc éve nem volt béremelés. De még az így képződött bértömeg biztosítása is sokszor gondot jelent az egyetemeknek, ezért arra kényszerülnek, hogy jelentős túlmunkával biztosítsanak anyagi forrásokat. Ezek lehetnek pályázatok, megbízásos munkák, külön-

böző kutatási feladatok, amelyek bizony időt és energiát rabolnak el az oktatási feladatoktól és az oktatók túlterhelésével járnak.

LK: Milyen szerepe van a Foundry-Solid Kft.-nek a tanszék életében és finanszírozásában?

VL: A Foundry-Solid Kft. megalakítása, ami ugye a Miskolci Egyetem és a Magyar Öntészeti Szövetség 80/20% tulajdoni hányadú közös vállalkozása, csakúgy, mint a Nándori Alapítvány létrehozása, alapvető fontosságú a tanszék életében, működésének finanszírozásában. A Foundry-Solid Kft. elsősorban arra szolgál, hogy a tanszék K+F tevékenységét szervezze, s ezzel forrást biztosítson, ugyanakkor jelentős adminisztratív teherrel mentse a tanszéki vezetést. Külső ember számára ugyanis elképesztő mértékű és bonyolultságú adminisztráció van a felsőoktatásban, mindent száz helyen kell engedélyeztetni, csúszunk a határidőkkel, ennek következtében nem tudunk normálisan megfelelni a partnereink elvárásainak. A Foundry-Solid Kft. egyfajta rugalmasságot biztosít, ugyanakkor ott is nagyjából ugyanazok dolgoznak, mint a tanszéken, csak nyilván törzsidőn kívül, ami számukra jelentős többletterhet jelent.

LK: De egyben lehetőséget teremt a diákok bevonására is.

VL: Igen, főleg a nyári gyakorlatokon, de nagyon fontos, hogy számos tudományos diákköri dolgozat és diplomaterv alapja lehet a Foundry-Solid Kft.-ben végzett kutatómunka amellel, hogy némi anyagi jutattással is jár. Volt arra is példa, hogy a gondos, lelkiismeretes munkát végző hallgatót állásajánlat várta a kutatási feladat megbízójánál.

LK: Jelenleg milyen szervezeti rendben dolgoztok?

VL: Azt hiszem az közsímet, hogy a hagyományos Kohómérnöki Kar új neve már elég régóta Műszaki Anyagtudományi Kar, ezen belül van a koordináló feladatokat ellátó Öntészeti Intézet, amihez dr. Molnár Dániel vezetésével az oktatási feladatokat ellátó Járműipari Öntészeti Intézeti Tan-

szék, és dr. Fegyverneki György vezetésével a főként gyakorlati oktatást megvalósító Könnyűfémöntészeti Kihelyezett Nemak Intézeti Tanszék tartozik. Ez utóbbi a nevéből is következően Győrött van. Az önálló Öntészeti Intézet létrehozása a korábbinál nagyobb önállóságot jelent, jobban tudunk a csak bennünket érintő és érdeklő feladatokra koncentrálni.

A hallgatók elsősorban Miskolcon vannak, de gyakran előfordul, hogy Győrött, a kihelyezett tanszéken folyik az oktatás és a gyakorlati képzés. A Nemak Győr Kft. e feladatok ellátására nem kevés költséggel olyan oktatási bázist alakított ki és fejleszt tovább, amely alapja lesz a duális képzésnek is.

Meg kell említeni, hogy a már név szerint is említett volt és jelenlegi oktatókon kívül külsősök is segítik az oktatást, bevonásuk talán egy kicsit közelebb viszi a való élethez a hallgatókat.

LK: Van-e kiemelt kapcsolat a szakirányú képzést folytató szakközépiskolákkal, amiből már három van Győrött, Csepelen és Szolnokon?

VL: Napi kapcsolat még nincs, de ahogy a duális képzésre beindul a toborzás, nyilván elsősorban ezek az iskolák lesznek a célpontok az utánpótlás szempontjából. Beindításukban is elévülhetetlen érdemei vannak a Nemaknak, hiszen az ő nyomásukra került be a járműipari fémalkatrészgyártó szakma, amelynek jó 70%-a öntészet, nappali képzésként az Országos Képzési Jegyzékbe.

Egyébként egész Európára jellemző az öntész szakemberek hiánya. A közelmúltban Freibergben voltunk, ahol arról panaszkodtak, hogy a szinte világszínvonalú felszereltség és felkészült oktatói kar ellenére is kevesen tanulnak náluk. Németországban egyébként négy vagy öt képzőhely van s az évente végzett öntész szakemberek száma nem haladja meg az ötvenet. Mi abban reménykedünk, hogy 20-25 új hallgatónk lesz évente. Az óhatatlan lemorzsolódás, és a valljuk be, a csábító külföldi munka lehetősége miatt azzal kell számolnunk, hogy még hosszú évekig tartós szakemberhiánnyal kell szembe nézni a magyar öntődéknek.

LK: Visszatérve a Foundry-Solid

Kft.-hez és a tanszéken folyó kutatómunkához, most van-e olyan országos célprogram, pályázat stb., amiben részt tudnátok venni?

VL: Bennünket érintő és érdeklő országos program jelenleg nincs, a folyó kutatási munkák konkrét üzemi megbízások. Most tanulmányozzuk azokat az európai uniós pályázati lehetőségeket, amelyekhez az elkövetkező időszakban vagy egyedül, de inkább vállalatokkal összefogva, csatlakozni tudnánk. Fontosnak tartom azt is megjegyezni, hogy mivel hazánkban mi vagyunk az egyetlen öntészeti oktató- és kutatóhely, minden szakterülettel foglalkoznunk kell. Elsősorban a humán erőforrást kell fejlesztenünk, hiába vannak korszerű eszközeink, ha nincs, aki dolgozzon velük. S itt van annak jelentősége, hogy a vállalati támogatást erre is tudjuk fordítani, de sem fizetésben, sem a karrierlehetőségek felkínálásában nem tudunk a nagyvállalatokkal versenyezni. A cégek ott is előnyben lesznek, hogy a duális képzés nyújtotta lehetőségek felhasználásával már a BSc befejezése után állást ajánlanak a felkészült hallgatóknak, s tartanunk kell attól, hogy kevesen mennek tovább a mesterszakra.

LK: Tananyagok írásával, vagy inkább talán úgy kell mondani, a hozzáférhetőségükkel hogy álltok?

VL: A közelmúltban elkészültek azok a törzsanyagok írásos formában is, amelyek a gerincét képezik a szakirányú oktatásnak. Ezek az interneten is hozzáférhetőek. Jelenleg az a helyzet, hogy a metallurgia és az öntészet szétválásával megteremtődött egy járműipari öntészeti felszakirány oktatásának lehetősége, ahol foglalkozni lehet a legújabb és a vállalati szempontból is fontos ismeretanyag oktatásával, míg a BSc anyagmérnökképzés indítása óta meglévő öntészet felszakirányon belül főként a törzsanyag-nak felfogható öntészeti szakmai ismereteket oktatjuk. Mondhatjuk azt, aki felveszi a két felszakirányt, teljes körű öntészeti képzésben részesül. Az ipari partnerekkel folytatott beszélgetéssorozatok az is eredménye lett, hogy a duális képzés keretein belül a választható tantárgyak körét olyanok-

kal is kiegészítjük, amelyek közvetlen vállalati igényeket elégítenek ki, s kidolgozásukat is velük együtt szeretnénk végezni. Ezt a munkát a közeljövőben meg kell kezdenünk.

LK: Egy mondat erejéig érintette a nemzetközi kapcsolatokat. Mondanál erről egy kicsit többet?

VL: Korábban nagyon jó kapcsolatokat ápoltunk, főleg német nyelvterületen, a külföldi szakirányú felsőfokú oktatási intézményekkel, többek között Aalenben, Freibergben, Magdeburgban vagy Leobenben. Ezek egy része az ottani személyi változások miatt megszakadt. Megkezdtük a tapogatózó tárgyalásokat, a legtöbb helyen nyitottak a partnereink, igazából az lesz a meghatározó e kapcsolatok ápolásában, hogy mennyi energiát tudunk rá fordítani. Szeretnénk minél többet, mert bizony sok mindenben előttünk járnak, van mit tanulnunk.

LK: Érdekelne az is, hogy szerepel-e terveitekben a még szélesebb nemzetközi kitekintés, az öntészetben folyó legfontosabb műszaki megoldások figyelemmel kísérése, fejlődési tendenciák, trendek felállítása?

VL: Megítélésem szerint ez többszintű és többlépcsős dolog. Úgy gondolom, hogy a duális képzésben megvalósuló BSc-szint alapozó és gyakorlati jellegű kell hogy legyen. Az MSc-ben és a doktori képzésben már lesz ilyesmire lehetőség, mert feltett szándékunk, hogy az MSc-t is meg kell újítanunk. Szeretnénk, ha a legjobb hallgatók eljutnának az MSc-képzésbe, a kiváltképp pedig a doktori iskolába. Meggyőződésem, hogy ez egyfajta vállalati érdek is.

Ha erre nem figyelünk, újra magunk alatt vágjuk a fát, mert a felsőszintű utánpótlás fog beszűkülni. Ez nem lehet érdeke senkinek sem.

LK: Van-e még valami, amit nem kérdeztem s el szeretnék mondani?

VL: Befejezésül talán néhány mondatot még a duális képzésről a számok tükrében. 2015 szeptemberében 14 hallgató iratkozott be a duális képzés keretében a Műszaki Anyagtudományi

Karra. Ők az első naptól fogva tudják, hogy öntőmérnökök lesznek, részarányuk eléri a tanulmányaikat megkezdők 40%-át.

Egyébként az egyetemen rajtunk kívül csak két további kar, a Gazdaságtudományi és a Gépészmérnöki tudott duális képzést indítani. Mi 2015-ben egy szakirányon tudtuk indítani, önérik több szakirány oktatási tematikáját kellett kidolgozni. Országos szinten

441 tanuló kezdte meg duális képzés keretében a tanulást, megközelítően a felük tanul műszaki területen. Ebből a mintegy 220-ból hoztunk el 14-et, amit mi sikernek értékelünk.

Végezetül, de nem utolsósorban szeretném megköszönni a Magyar Öntészeti Szövetség, és különösen *dr. Hatala Pál* aktív támogató közreműködését az elmúlt hónapok igen mozgalmas időszakában, és minden önté-

szeti vállalkozásnak a nem csak anyagi hozzájárulásban megmutatkozó támogatását! Ilyen példaértékű összefogás nélkül nem tudnánk új alapokra helyezni a hazai öntészeti felsőoktatást! Köszönjük!

LK: A szakma nevében én is. Köszönöm a beszélgetést és tiszta szívből kívánom, járjatok eredményre!

A Műszaki Anyagtudományi Kar rövid hírei. 2015. december

• A Miskolci Egyetem Szenátusa 2015. november 26-án elfogadta a Műszaki Anyagtudományi Kar újabb szakirányainak duális formában történő indítási szándékát, valamint a képzéshez csatlakozó partnervállalatok együttműködési megállapodásait. Leendő hallgatóink 2016. szeptember 1-jétől immár duális formában kezdhetik meg a tanulmányaikat az anyagmérnök alapképzés Hőkezelés-Képlékenyalakítás (10 vállalat), Polimer- és Vegyipari technológia (5 cég), valamint Fémtechnológia (1 partner) specializációin. A korábbi szenátusi döntéssel már elindított Járműipari öntészeti specializáción folyó duális képzéshez pedig újabb két vállalat csatlakozott.

• 2015. november 30-án történelmi naphoz érkezett a karunk hallgatóságának egy része, ugyanis ezen a napon kezdődött el a szeptemberben induló duális anyagmérnök képzés első vállalati szakasza. Tizenhárom diákunk hat vállalatnál (az országban Győrtől Budapesten és Miskolcon át egészen Sátorlajúhelyig szétszóródva) teszi meg az első lépéseket a gyakorlati tapasztalatok begyűjtésében. A téli vállalati szakasz a következő szorgalmi időszak kezdetéig, február 1-ig tart hallgatóinknak, mely időszakban a hagyományos képzésben résztvevő társaikhoz hasonlóan az egyetemi vizsgáikon is helyt kell állniuk.

• Ismét Nyílt Napokkal hirdette

képzéseit a Miskolci Egyetem. 2015. december 3-án és 4-én látta vendégül a végzős középiskolásokat az Alma Materünk (1. kép). Az előző évhez hasonlóan idén is a partnervállalataink egy részével közösen fogadtuk a diákokat, hiszen egyértelművé kell tenni a fiatalok számára, hogy a miskolci diplomának értéke, rangja van a munkaerőpiacon. A rendezvényen 31 vállalat vett részt, melyek közül a legtöbben a duális képzést indító négy miskolci kar egyikeként szerződött duális képző partnervállalatai. A Nyílt Napok mottója ez évben is a következő volt: „Karriert is adunk, nem csak diplomát!”. A programban dékáni információs előadások, laborlátogatások, látványos kísérletek, nyitott tanóra látogatások szerepeltek, míg a csütörtöki napot vendégünk, *Dombóvári István* humorista nagy sikerű, teltházas fellépése zárta. A Műszaki Anyagtudományi Kar oktatói, hallgatói – többek között – látványöntésen, homokformázáson, mikroszkópos vizsgálatokon, tüzeléstani bemutatókon, miniatroncs-gyártáson és kémiai kísérleteken toborozták az érdeklődőket.

• *Harangi Zoltán*, a Műszaki

Anyagtudományi Kar végzős anyagmérnök mesterképzésben résztvevő hallgatója 2015. november 19-én, Budapesten, a Magyar Tudományos Akadémia dísztermében vehette át kiváló tanulmányi eredményeiért és kimagasló tudományos diákköri tevékenységéért az egyetemisták számára adható legmagasabb kitüntetést, a Pro Scientia Aranyérmet (2. kép). Az Országos Tudományos Diákköri Tanács kiemelkedő témavezetői és tudományos diákköri szervezői munkájáért Mestertanár kitüntetésben részesítette *dr. Kékesi Tamás* egyetemi tanárt, a Metallurgiai Intézet igazgatóját, egyetemünk rektorhelyettesét, valamint *dr. Palotás Árpád Bence* egyetemi tanárt, az Energia- és Minőségügyi Intézet igazgatóját, karunk dékánját. A díjátadó ünnepséget *Szendrő Péter*, az OTDT elnöke nyitotta meg, a megjelenteket *Lovász László*, a Magyar Tudományos Akadémia elnöke, *Palkovics László* felsőoktatásért felelős államtitkár (EMMI) és *Csányi Attila*, a Bonafarm Zrt. vezérigazgatója köszöntötte.

Mende Tamás



■ 1. kép. Nyílt Nap a Miskolci Egyetemen



■ 2. kép. Dr. Kékesi Tamás rektorhelyettes és Harangi Zoltán

Emlékezés Sáfár László szakosztályelnökre



Születésének 100. évfordulója alkalmából az Öntésztörténeti és Múzeumi Szakcsoport több idős tagtársunk részvételével megemlékezett Sáfár Lászlóról, aki két cikluson keresztül az Öntészeti (akkor Öntödei) Szakosztály elnöki tisztségét is betöltötte. Életrajzát fia, *iff. Sáfár László* ismertette, aki édesapja nyomdokain járva, szintén kohómérnöki diplomát szerzett.

Sáfár László Debrecenben született 1915. augusztus 19-én. A debreceni Református Kollégiumban tett érettségi után 1933-ban a M. Kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karára iratkozott be, majd 1934-ben az egyetem soproni Kohómérnöki Karán folytatta tanulmányait.

Szigorló mérnökként az Általános és Szervetlen Kémia tanszéken díjtalan gyakornokként, később tanársegédként dolgozott. 1942-ben a Magyar Acélárugyár Rt. budapesti telephelyén az anyagvizsgáló laboratóriumban alkalmazták. 1943-ban kohómérnöki diplomát szerzett, majd a Magyar Acélárugyár Rt. kolozsvári fióküzemében üzemmérnökként a nagy ötvöztartalmú szerszámacél forgácsok újraolvasztását kapta feladatul.

1944 februárjától a Magyar Bauxitbánya Rt. Székesfehérvári Könnyűfémű üzemében a laboratórium

vezetője lett. 1945 végétől – amerikai hadifogság után – az üzem újjáépítésében és beindításában vett részt, majd a Műszaki osztály vezetőjeként dolgozott.

Részt vett az 1945. január 18-án megalakult Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete (MMTSZSZ) helyi csoportjának megszervezésében, ottani tartózkodása alatt vezetőségi tag volt.

1948 szeptemberétől a Nehézipari Központ Műszaki Főosztályán, ezután a NIM Gépipari Főosztályán, később a KGM Járműipari Igazgatóságán csoportvezető főmérnökként dolgozott. Többek között dízelmotorok alumínium forgattyúházának gyártásfejlesztésével, öntészeti problémáival foglalkozott.

1957 áprilisában, az akkori racionalizálás során – kérésére, a gyakorlati munkát választva – a MÁVAG Mozdony- és Gépgyárba helyezték át, ahol a Műszaki Főosztályon, mint kutatómérnök, majd a Ganz és a MÁVAG egyesülése után, 1961 márciusától mint főmetallurgus, az Öntöde Gyáregységben továbbra is a motorvonati dízelmotorok gyártástechnológiájával foglalkozott, új, korszerű ellenőrzési- és vizsgálati eljárásokat bevezetve.

1966-ban, egészségének megromlása után a Kohászati Értékesítő Vállalat műszaki osztályán, majd ennek megszűnésével, 1967 júliusától a Metalloglobus Vállalatnál állt alkalmazásban. Ezt szakmai visszalépésként élte meg, ezért munkahelyet változtatva 1968-tól haláláig a Vaskohászati Kemenceépítő Vállalatnál, a későbbi KGYV-nél, a Generáltervező Iroda vezetőjeként elektromos ívkemencék tervezésében, fejlesztésében vett részt.

Munkahelyi kötelezettségei mellett évekig vállalt más szakmai elfoglaltságokat is.

Eredményesen szolgálta a szakmai oktatást. 11 éven át nagy kedvvel vett

részt az Öntészeti Gimnázium első esti (mondhatni kísérleti) iskolájában oktatóként. Metallográfiát és acélöntészetet tanított a III–IV. osztályban. Nyelvismerete révén évekig lektorálta a szakmai tudományos könyvek magyar kiadásait, így pl. *Girsovics: Vasöntészet*, *Nyehendzi: Acélöntés c. szakkönyvét* és a *Gépipari Enciklopédiát*.

Az OMBKE-nek 1949 óta volt tagja, ahol több ízben látott el különféle vezetőségi funkciókat, választmányi és MTESZ országos választmányi tag volt. A BKL-ból 1952-ben kivált Öntöde c. szaklapunk első szerkesztőbizottságának is tagja volt.

1960-tól 1966-ig, két cikluson keresztül az Öntödei Szakosztály elnöke volt. Nagy érdeme, hogy fiatal, tetterős szakembereket nyert meg szakmai-társadalmi szervezetünknek. Elhivatottan képviselte az öntész szakmát a hazai és a nemzetközi fórumokon és konferenciákon.

Segítette a vidéki helyi szervezetek kiépítését (Győr, Sopron, Diósgyőr), s kezdeményezte a szakmai munkabizottságok (vas-és acélöntészeti, formázási stb.) megalakítását. Az OMBKE képviselőjében 1961-től részt vett az egyetemi oktatási rendszer és a természettudományos tárgyakra alapozott tananyag kialakításában. Támogatta, hogy a Ganz-törzsgyár kéregöntődéje „műszaki emlékként” elkerülhesse a lebontást, és Öntödei Múzeumként megmaradjon.

Érdemeiért 1953-ban a Kohászat Kiváló Dolgozója, 1966-ban a z. Zorkóczy Samu-emlékérem arany fokozatának adományozásával tüntették ki.

1971. április 16-án, 56 évesen, munkába menet érte utol a végzetes harmadik infarktus. A Farkasréti temetőben ravatalánál az OMBKE nevében Szász József búcsúzott tőle és mondott utolsó Jó szerencsét.

✎ LKK – SL

Emlékeztető az OMBKE választmányi üléséről

(kivonat)

A 2015. október 16-án megrendezett ülésen a Miskolci Egyetem Szenátusi Tanácstermében 15 választmányi tag és 10 tanácskozási joggal meghívott vett részt. A Miskolci Egyetem részéről jelen volt *dr. Palotás Árpád Bence*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja. A választmányi ülés helyszíne kapcsolódott az Egyesület Egyetemi Szervezetének 60. éves jubileumi ünnepségéhez.

Napirend előtt *dr. Nagy Lajos* elnök megemlékezett *Kárpáti Lóránt* vasokleveses bányamérnök tiszteleti tagról, a Bányászati Lapok egykori felelős szerkesztőjéről, aki 2015. június 17-én hunyt el.

Az első napirendben a Szent Borbála kitüntetésre vonatkozó szakosztályi javaslatokat a Választmány jóváhagyta.

Ezután az OMBKE gazdálkodásáról az írásos anyag kiegészítéseként *dr. Gagyai Pálffy András* ügyvezető igazgató számolt be. Az első háromnegyed évben a tevékenység eredménye 2,5 millió Ft volt. Az egyéni tagdíjból 11,2 millió forint érkezett be, amely 3,5 millióval kevesebb, mint az éves előirányzat. A pártoló tagdíjakból 7,5 millió Ft érkezett, ami 9,3 millióval kevesebb a 2015. évi tervezettnél. Tájékoztatást adott, hogy figyelembe véve az év hátralévő részében várható, el nem kerülhető kiadásokat

az egyéni és jogi tagdíjakból összegében még legalább 7,5 millió Ft-nak kell beérkezni ahhoz, hogy pozitív legyen a mérleg.

Külön kiemelte, hogy a Fémalk Zrt. ez évben is 4,8 millió forinttal támogatta a Kohászati Lapok megjelenését. Ugyanakkor a MOL Nyrt. a Kőolaj- és Földgáz Lap korábbi támogatását jelentősen csökkentette. Ennek kapcsán elmondta, hogy időszzerűvé válik ezen lap kiadását a továbbiakban az OMBKE-nek intézni a Montanpress Kft. helyett, hasonlóan a többihez.

A következő napirendben az előző választmányi ülés óta eltelt időszak fontosabb eseményeit ismertette dr. Nagy Lajos, amelyek közül a legfontosabb, a kohászokat is érintő rendezvények a következők voltak:

– a 105. küldöttgyűlést 2015. május 30-án, Egerben tartottuk, amelyhez kapcsolódóan május 29–30-án rendeztük meg a 10. Bányász-Kohász-Erdész Találkozót. Ezen összesen 545-en vettek részt. Az Egyesület 78 diák részvételét 1,2 millió forinttal támogatta. Bár a szponzoroktól több mint 1,5 millió forint érkezett be, a rendezvény nem volt nyereséges, mivel a vártnál jóval kevesebb (144 fő) volt a kétnapos fizető résztvevő. Meggondolandó az ilyen rendezvények egy napossá tétele;

– ez évben 22. alkalommal rendezték meg a Szigetközi Napokat Dunakilitin, 110 résztvevővel;

– elismerten nagy szakmai sikerrel, 171 résztvevővel volt Budapesten 2015. szeptember 8–9-én a 8. Clean Steel Nemzetközi Vaskohászati Konferencia;

– 2015. szeptember 11–13-án, kb. 400-an vettünk részt a hagyományos, selmeci Szalamander-felvonuláson;

– 2015. szeptember 25–26-án tartotta a Fazola Napokat az Egyetemi Osztály és az OMBKE Miskolci Szervezete;

– a Magyar Öntészeti Szövetség és a Öntészeti Szakosztály 2015. október 9–11-én nagy szakmai érdeklődés mellett Herceghalmon tartotta a Magyar Öntőnapok nemzetközi konferenciát 240 fő részvételével.

A választmányi ülést követően a résztvevők megkoszorúzták az Egyetemi Könyvtár melletti OMBKE Emlékoszlopot, és megszólaltatták a Lélekharangot. Ezután az Egyetemi Könyvtárban az OMBKE Egyetemi Osztályának 60. éves jubileuma alkalmával emlékező konferenciát tartottak. Az ünnepséget jó hangulatú szakestély zárta.

Dr. Gagyai Pálffy András emlékeztetője alapján összeállította

Balázs Tamás

60 éve Miskolcon

Az OMBKE Egyetemi Osztálya jubileumi megemlékező rendezvénye

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Egyetemi Osztálya (OMBKE EO) 2015. október 16-án a Miskolci Egyetemen ünnepelte az Egyetemi Csoport megalakulásának (1955. október 12.) 60. évfordulóját. A nevezetes ünnepi eseményhez kapcsolódóan az OMBKE vezetése kihelyezett választmányi ülést tartott.

Az ünnepség érdemi része az

Egyetemi Könyvtár melletti OMBKE Emlékoszlop megkoszorúzásával, valamint a közeljövőben felállításra kerülő Lélekharang bemutatásával és megszólaltatásával folytatódott. Az emlékhelyre az EO vezetése helyezte el koszorút. Ezt követően a Miskolci Akadémiai Kör (MAK) társelnöke, *Nagy Tibor* olvasta fel *Debreczeni Dániel* ez alkalomra írt, a Lélekharangot bemutató levelét. A harangot az

EO nevében *dr. Kovács Ferenc* volt rektor (1. kép), az OMBKE részéről *dr. Tolnay Lajos* tiszteleti elnök, a MAK nevében pedig *Nagy Tibor* jogászhallgató szólaltatta meg.

Az ünnepi esemény ezután az Egyetemi Csoport ill. Osztály 60 éves történetére visszatekintő konferenciával folytatódott. A konferencia megnyitóját *dr. Nagy Lajos*, az OMBKE elnöke tartotta (2. kép). Ezután *dr.*



■ 1. kép. Megszólal a Lélekharang



■ 2. kép. A választmányi ülés résztvevői

Földessy János, a Magyarhoni Földtani Társulat, valamint dr. Turai Endre, a Magyar Geofizikus Egylet helyi szervezete nevében köszöntötte a jubileumi konferenciát, és beszélt az EO-hoz fűződő korábbi és jelenlegi szakmai kapcsolatokról. Az üdvözlések után az EO volt elnökei és jelenlegi elnöke mutatták be az egyetemi osztály vezetési időszakuk alatti sokszínű életét. Tőlük az alábbi előadások hangzottak el:

- Dr. Somosvári Zsolt: Visszaemlékezés az Egyetemi Osztály megalakulására (benyomások) (1972–76, 1981–85)

- Dr. Károly Gyula: Az egyesületi élet sajátosságai az általam vezetett Egyetemi Osztályban (1976–1981; 1985–1994)

- Dr. Böhm József: AZ OMBKE sze-

repe az Egyetem fejlesztésében (1994–2000)

- Dr. Dúl Jenő: Az Egyetemi Osztály szerepe a szakmai kapcsolatok fejlesztésében 2000 után (2000–2008)

- Dr. Havasi István: Az OMBKE EO életének közelmúltja és jelene (2010–)

A konferencia zárszavát követően 19 órától a meghívott vendégek az Egyetemi Menza különtermében vacsorán vettek részt, ahol dr. Szűcs Péter, a Műszaki Földtudományi Kar dékánja mondott pohárköszöntőt.

Az ünnepség megkoronázásaként 20 órától az Egyetemi Menza különtermében Jubileumi Szakestélyre került sor. A szakestély levezetését végző elnökségi oldal feladatait az OMBKE EO hallgatói összekötői, Ginovszky Máté (elnök) és Domonkos Balázs (háznagy) végezték. Az elnökségi

ellenpólust a két tradicionális kar jelenlegi valétaelnökei, Tóth Balázs és Kronovetter Márton látták el. A rendezvény korszójának szép ábráját Schultz Vera földtudományi alapszakos hallgató készítette; a korszóavatót pedig dr. Palotás Árpád Bence, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja mondta el. A szakestély komolypoharának magvas gondolatait dr. Tolnay Lajos, az OMBKE tiszteleti tagja; vidámpohárát pedig Morvai Tibor, az EO volt titkára ismertette. Az EO vezetősége e helyről is köszönetét fejezi ki mindazoknak, akik a szervezőmunkájukkal, szerepvállalásukkal, támogatásukkal segítettek, személyes jelenlétükkel megtisztelték az OMBKE EO 60 éves jubileumi rendezvényét.

Jó szerencsét!

Havasi István

40 éves az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete

2015. október 30-án, Szakmai Nappal egybekötött jubileumi taggyűlésen emlékeztek meg az egybegyűltek a Kecskeméti Helyi Szervezet megalakulásának 40. évfordulójáról.

1975. október 25-én Kecskeméten a Tudomány és Technika Házában a Dunától keletre elhelyezkedő, zömében alumínium-feldolgozással foglalkozó vállalatok szakemberei az OMBKE keretein belül alakították meg a máig is sikerrel működő szakmai tudományos egyesületi csoportot. Az

alapítók a Köbal Kecskeméti Gyáregységéből, a balassagyarmati Fémipari Vállalattól, a budapesti Alumínium Szerkezetek Gyárából, a budapesti Alumíniumárugyárból, és annak Tiszafüredi Gyáregységéből, a kecskeméti Alumíniumipari Szövetkezetből, a Hódmezővásárhelyi Fémipari Vállalattól és annak Mindszenti Gyáregységéből valamint a Mezőgép Vállalat Kerekegyházi Gyáregységéből érkeztek. 2005-ben a 30 éves évfordulón az ún. „Tiszántúliak Társasága” csoport-

rész már saját rendezvényprogramról számolt be a helyi szervezeten belül.

Idén az egyik alapító vállalkozás jogutódjánál, a kecskeméti, magyar tulajdonú Metalconstruct Zrt.-nél szervezett Szakmai Nappal vette kezdetét a jubileumi rendezvény. A helyi szervezet elnöke, Dánfy László rövid bevezetőjében arra is kitért, hogy a jövőre 65 éves vállalkozás, annak vezetői és műszaki munkatársai meghatározó szerepet játszottak a helyi szervezet támogatásában, és tőserdei

vendégházuk adta lehetőséggel is élve, a területi OMBKE találkozó megrendezésében.

Kékkői András gépészmérnök, a cég műszaki és minőségirányítási főmérnöke prezentációjában tolmácsolta *Kis Ernő* vezérigazgató üdvözlését, és ismertette a ma 90 fővel dolgozó cégnél folyó termelési és gyártmánytervezői és -fejlesztői műszaki tevékenységet.

Az előadás után felmerült kérdések megválaszolása és a létrejött rövid szakmai konzultáció után *Tarjáni Béla* és *Hegedűs Antal* gépészmérnök kollégák vezetésével üzemlátogatáson vettek részt a látogatók, melynek végeztével a szabadtéri és a zárt téri termékbemutatót is megtekintették.

A Jubileumi Ünnepi Taggyűlést a KEFAG Zrt. Juniperus Parkerdeszete – akik a Parlament előtti Kossuth tér parkfelújítását is végezték – szomszédságában lévő Juniperus Park Hotelben tartották (1. kép).

Az 52 főre duzzadt taggyűlést *Dánfy László* elnök nyitotta meg. Köszöntötte a megjelent tagságot és a szimpatizánsokat, akiknek a száma az utóbbi időben növekedett, a fizető tagság létszáma viszont 16 főre esett vissza. Ugyancsak köszöntötte a vendégeket élükön *dr. Tolnay Lajos* tiszteleti elnökkel, a Fémkohászati Szakosztály vezetőségének tagjait *Csurgó Lajos* elnök, OMBKE alelnök vezetésével, aki a Székesfehérvári Helyi Szervezet elnöke is. A Fémkohászati Szakosztály vezetőségéből jelen volt *Sándor István* titkár, *Balázs Tamás*, a BKL Kohászat felelős szerkesztője, *Hajnal János*, *Balázs László*, *Komjáthy István*, *Puza Ferenc* tiszteleti tag,



■ 1. kép. Az ünnepi taggyűlés résztvevői

Csonka László, a LEAN Szakcsoport elnöke, a Budapesti Helyi Szervezet titkára, valamint a Ferencz István Észak-dunántúli Regionális Szervezet képviseletében *Csutak István* vezetésével a mosonmagyaróvári kollégák. Köszöntötte a szakosztályok képviseletében megjelent *Ősz Árpád* tiszteleti tagunkat, a Kőolaj, Földgáz és Vízbányászati Szakosztály korábbi elnökét, *Boross Pétert*, a Vaskohászati Szakosztály titkárát és az Öntödei Szakosztály megjelent tagjait. Az Országos Erdészeti Egyesület Kecskeméti Helyi Csoportját *Bekőné Polner Katalin*, *dr. Bárány Gábor* és *Bognár Gábor* erdőmérnökök képviselték. A Miskolci Gépészek Alapítvány képviseletében *Gubicz László* elnök és *Dömötör Tibor* gépészmérnök jött el.

Dánfy László elnök az elmúlt 10 évről számolt be, majd átadta szót *Széll Pál* titkárnak, a „Tiszántúliak Társasága” vezetőjének, aki felhívta a jelenlévők figyelmét a folyamatosan futó vetített képekre, amelyeket az elmúlt négy évtized és különösen az utóbbi 10 év szakmai és társasági rendezvényeiből állítottak össze, ezzel is alátámasztva az egyesületi hármast célt „Szakmasze-



■ 2. kép. A szakestély házirendjének felolvasása

retet, Hazaszeretet, Barátság”. Ezt követően *Csurgó Lajos* elnök köszöntötte a jubiláló szervezet tagjait.

Az ünnepi taggyűlés résztvevői a vacsora után hagyományörző Selmeci Szakestélyt tartottak, melyen az elnöki megbízatást *Dánfy László* okl. vegyészmérnöknek szavazták meg közfelkiáltással. Az est Komoly Pohár hozzászólását *dr. Tolnay Lajos* tiszteleti elnök tartotta, aki helyi szervezeti aktivitást továbbra is fontosnak tartva, reményét fejezte ki, hogy a Kecskeméti Helyi Szervezet bázist kereső tevékenysége sikeres lesz. A Vidám Pohár hozzászólásban *Ősz Árpád* egyetemi és munkahelyi történetekkel nevelte meg a résztvevőket (2. kép). Számos hozzászólás, selmeci nóták éneklése és kedves ajándékozás után a szakmai himnuszok intonálását követően az elnök berekesztette a szakestély hivatalos részét, mely után majd éjfélig tartó baráti beszélgetéssel zárult a Metalconstruct Zrt., a Phoenix-Mecano Kecskemét Kft., a Breitling Vezetési Tanácsadó Iroda és *Szőke István* egyéni vállalkozó által is támogatott jubileumi rendezvény.

Dánfy László

IX. Fazola Fesztivál

Az Északkelet-Magyarország Ipartörténeti Ápolásáért Alapítvány karöltve az OMBKE helyi szervezeteivel, a Miskolci Egyetemmel, az MMKM Kohászati Múzeummal és a Rotary Club Miskolccal 2015. szeptember 25–26-án rendezte meg a IX. Fazola Fesztivált.

A rendezvény eseményei Miskolcon, illetve a helyi vaskohászat „ősi fészkében” az újmassai Fazola műemlékhó térségében zajlottak.

Az első napon az „Ipari Örökség” témakörben nemzetközi tudományos konferenciára került sor. A konferenciát jelenlétével megtisztelte *Dr. Nagy Lajos* az OMBKE elnöke, Miskolc város önkormányzatát *Óvári Zsuzsanna* főosztályvezető, a B.A.Z. Megyei Mérnöki Kamarát *Holló Csaba* elnök képviselte. A tudományos konferencián tizennégy előadás hangzott el. Az előadások szüneteiben *Csehil György* kohómérnök rendezésében a

vaskohászatot reprezentáló bélyegkülönlegességekben gyönyörködhettek az érdeklődők.

A tudományos konferenciát követően most sem maradt el a bányász, kohász erdész testvéri közösséget reprezentáló szakest, melynek a Bartók Béla Vasas Művelődési Ház adott otthont. A hagyományokhoz hűen vezényelt szakestet *dr. Harcsik Béla* egyetemi adjunktus és *dr. Kiss László* kohómérnök tartották kézben.

A második napon népes látogatósereget vonzottak a Fazola műemlék kohó területére szervezett programok. A klopacska és a kohóharang jelzései, majd az erdész-, bányász- és kohász-himnuszok után dr. Nyitray Dániel kohómérnök a szervezők nevében köszöntötte a kilátogató vendégeket. Az ünnepi megnyitó beszédet dr. Dúl Jenő c. egyetemi tanár mondta.

A Fazola Fesztivál szép hagyománya a tiszteletbeli kohásszá fogadás.

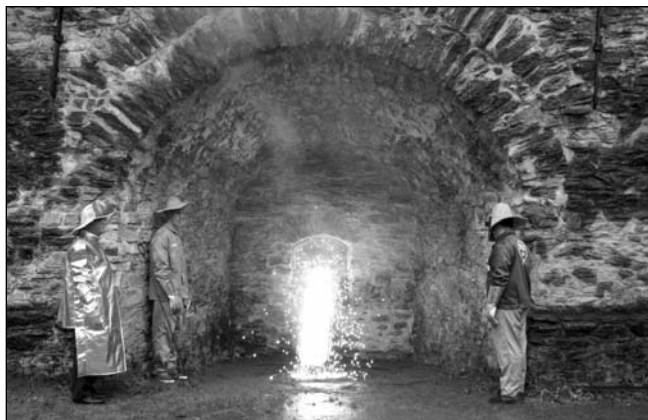
Ez évben Balogh Bélára, a Vasas Szakszervezeti Szövetség elnökére esett a választás (1. kép).

A gazdag szakmai program keretében a látogatók megismerkedhettek az alumínium fémhabok szerkezeti anyagként való hasznosíthatóságával; a kovácsmesterek a vas művészi szabadkézi alakítását, hengerész barátaink a gépi képlékeny alakítás technikáját mutatták be. Dr. Thiele Ádám a Budapesti Műegyetem adjunktusa az

általa épített bucakemencében nagy érdeklődés mellett ősi módszerrel állított elő a mai fogalmaink szerinti acélt (2. kép). Délután a kulturális programok kellemes kikapcsolódást biztosítottak minden korosztálynak.

A IX. Fazola Fesztivál ez évben is az összetartozás rendezvénye volt, amelyen az esős időjárás ellenére a két napon több mint ezren vettek részt.

Sipos – Nyitray



■ 1. kép. „Csapolás” a műemlék kohónál



■ 2. kép. Thiele Ádám bucakemencéje

Dr. Varga Ferenc életműve halálának 25 éves jubileuma alkalmából (1920–1990)

Varga Ferenc nyolcgyermekes családba született 1920. április 18-án. Édesapja a Győr–Sopron–Ebenfurti Vasút (GYSEV) alkalmazottja volt, mint kocsifékező. Tanulmányainak helyszíne az elemi iskolától az egyetemmel bezárólag szülővárosa volt. Középiskolásként a bencések jeles gimnáziumát választotta. Ide járt nyolc évig, és itt is érettségizett 1938-ban. Sok minden érdekelte, sok minden akart lenni. Végül is a Magy. Kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem soproni karán a kohászatot választotta. Általános kohómérnöki oklevelét – évvésztesség nélkül – itt szerezte meg 1943-ban.

Neves gépgyárak vasöntődéinek sorában szerzett jó üzemi gyakorlatot.

Első munkahelye a Láng Gépgyár vasöntődéje volt, majd magánmérnöki irodában tervezéssel foglalkozott. A II. világháború után a Soproniöví Kés-



gyárban vállalt üzemmérnöki beosztást. 1946–1948-ban a Röck Gépgyár öntődjében hasonló beosztásban munkálkodott. Majd 1951-ig a budapesti Magyar Állami Vas- és Gépgyárban (MÁVAG) a vasöntőde műhelyfőnök helyetteseként foglalkoztatták.

1951-ben a Tudományos Bizottság függetlenített aspiránsnak vette fel a Vasutba, de amikor a Vasipari Kutató Intézet már meglevő Metallurgiai Osztályból kiváló önálló Öntődei Osztály osztályvezetői posztját meghirdették, akkor ezt megpályázta, és el is nyerte 1952-ben. Így ő lett a hazai öntészeti kutatások megszervezője vasöntészet és formázóanyag kutatási körrel. Aspiránsi tevékenységét a munkája mellett párhuzamosan folytatta. Az osztály kutatási tevékenysége a létszám és berendezés bővülésével a kupolós és induktív olvasztásra, a temper- és olykor az

acélöntészetre is kiterjedélyesedett. A fémöntődek és a Kohó- és Gépipari Minisztérium sürgetésére 1964-ben áthívta a Fémöntő Csoport megszervezésére dr. Pilissy Lajost a Fémipari Kutató Intézetből. Így az osztály tevékenységi köre teljessé vált. Ez lett az Öntődei Osztály fejlődésében az ágazat meghatározó kutatási bázisa. Ezt az osztályt vezette 25 évig, nyugdíjazásáig.

Az osztály és saját tevékenységének fő irányai: a módosított és gömbszögletes öntöttvas gyártástechnológiájának kidolgozása és a hazai üzemekbe való bevezetése, a kupolókemencék fejlesztése (forrószekes, bázikus stb.) az öntöttvas kéntelenítése, a gázmetallurgiai eljárások bevezetése. Fémöntő csoportja első sorban az alumínium kokilla- és nyomásos öntésének fejlesztésével foglalkozott, főleg a svájci Bühler hidegkamrás nyomásos öntőgép megvétele után.

1956 májusában a Magyar Tudományos Akadémián megvédte tuda-

mányos téziseit és ezzel a műszaki tudományok kandidátusa címet. Disszertációja: Kéntelenítési kísérletek bázikus béléű kupolókemencében. Ezt az eljárást bevezették a csepeli és salgótarjáni vasöntödében. Kandidátusi fokozata alapján még ez évben műszaki doktorrá avatták a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen.

Ő maga kutatómunkája kiemelkedő eredményének írta a nagyszilárdságú gömbgrafitos öntöttvasal a MÁVAG vasöntödéjében folytatott kísérleteit, a forrászeles kupolókemencés olvasztási kísérleteit az Április 4. Gépgyár vasöntödéjében, majd az első hazai forrászeles kupoló megépítését 1959-ben. Munkatársaival segédötveteket dolgozott ki a gömbgrafitos öntöttvas gyártására, melyre szabadalmi oltalmat is nyertek.

Jelentős és maradandó tevékenységet fejtett ki a szakmai oktatás terén is. Már a MÁVAG-ban vasöntő továbbképző és átképző tanfolyamokat tartott. A vasas szakszervezet részéről az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesülettel együtt már 1947-ben felmerült a dolgozók hároméves esti öntőipari középiskolájának megszervezése, és szervezőül Varga Ferenc neve, aki egy bizottság élén kidolgozta a most már négyéves öntőipari gimnázium, később technikum tanmenetét, órabeosztását és tematikáját. Az esti iskola be is indult, első igazgatója a szervező Varga Ferenc volt (1947–1952), egyben a Vasöntészet c. tantárgy előadója is. A nappalos öntő- és kohóipari technikumok később ennek az esti technikumnak a mintájára alakultak. A Műszaki és Gazdasági Akadémián ugyancsak ő tanította a vasöntészetet 1951–1952-ben, ugyanígy a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen a Vaskohászati Tanszék keretei között 1957–1958-ban szintén a vasöntészetet.

Irodalmi munkássága kiemelkedően magas és korszakalkotó is volt. Kezdenek 70 dolgozata jelent meg, zömében az Öntőde hasábjain. Az Öntőszakma legaktívabb közírója volt a múltba és a jövőbe tekintve egyaránt. Közel 200 kutatási jelentés jelent meg a nevével fémjelezve. Fiatal kutató beosztottjait nemcsak a kutatómunkába vonta be akár témavezetőként is, hanem a cikkek vagy ezek részeinek megírásába is. Így dolgozatainak zöme a társszerzők nevének feltüntetésével jelent meg. Az OMBKE Öntőde c. szak-

lapjának független szerkesztője volt két cikluson keresztül 1957–1963-ban. Így nem csoda, hogy számos apróbb közlemény (egyesületi vagy vállalati rendezvény, úti beszámoló, könyvismertetés vagy nekrológ stb.) az ő tollából került ki (névének szignójával vagy anélkül). Ezenkívül tíz szak- és tankönyvnek volt a szerzője, illetve társszerzője. Közülük messze kiemelkedik a főszerkesztésében a Műszaki Kiadónál megjelent felső szintű öntészeti kézikönyv első kiadása 1964-ben, és második kiadása 1985-ben, amely nívódíjas kiadvány lett. Itt nem arról van szó, hogy a második kiadás az elsőnek változatlan vagy bővített kiadása, hanem teljesen más, új felfogásról van szó. A 815 oldalas művet 33 szerző írta. Az utóbbi szám arra utal, hogy milyen nehéz lehetett e 33 szerző munkáját és művét összehangolni. Nem csoda, hogy a főszerkesztő négy fejezetszerkesztőt hívott segítségül. Varga Ferenc munkája volt a Táncsics Kiadónál 1964-ben megjelent, szakmunkás szintű Vas- és acél öntése c. könyv.

Társadalmi szervező tevékenységét az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületben (OMBKE) fejtette ki. Egyesületünkbe 1944-ben – mint kezdő mérnök – lépett be. A Kohászati Szakosztályon belül 1949-ben megalakult öntődei tagozatból 1952-ben vált ki végleg Öntődei Szakosztályként. Ennek első elnöke az akkor csepeli Hargitay Sándor okl. gépészmérnök lett, titkára pedig Varga Ferenc okl. kohómérnök, aki ugyan csak nehéz időszakban, a szerveződobben lévő szakosztályt két cikluson keresztül (1952–1958) vezette. A most már dr. Varga Ferenc 1966 és 1972 között (ismét két cikluson át) a szakosztály elnöki tisztségét töltötte be. Az Öntődét 1955–1963 között szerkesztette az előzőekkel párhuzamosan. Ez komoly megterhelést jelentett számára. 1958–1969 között az egyesület választmányának is tagja volt. 1972–1976 között az egyesület főtítkárhelyettesi tisztségét viselte. Azaz 18 éven keresztül dolgozott részben átfedő funkciókkal egyesületünkben.

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Öntődei Bizottságának titkári tisztségét viselte 1951–1956 között, majd a Fémszerkezeti, később a Technológiai Bizottságban ugyanezt a posztot töltötte be. Az MTA köztestületének is tagja volt haláláig, szavazati joggal.

Egyesületünket több ízben képviselte az Öntéstechnikai Egyesületek Nemzetközi Szövetségében (UATF). Előadással szerepelt számos nemzetközi rendezvényen (Bécs, Prága, Varsó, Újdelhi, Amszterdam). Mindezekért, de kutatóintézeti szervező és kutatómunkájáért a következő kitüntetések kaptak időrendben: a Szocialista Munkáért állami kitüntetést 1953-ban, z. Zorkóczy Samu-emlékérmet 1959-ben, Munka Érdemrend bronz fokozata minisztériumi kitüntetést 1967-ben, a Kohászat Kiváló Dolgozója minisztériumi kitüntetést 1973-ban, a Wahlner Aladár-emlékérmet 1983-ban, z. Zorkóczy Samu-emlékérem bronz fokozatát 40 éves egyesületi tagságáért 1984-ben. Végül egyesületünk legmagasabb kitüntetését nyerte el, amikor a közgyűlés Tiszteleti Taggá választotta 1985-ben.

1977-ben vonult nyugállományba, de folytatta publikációs tevékenységét. Elkészítette a Magyar Öntőnapok 1959 és 1979 közötti krónikáját. Részt vett az egyesület Jubileumi Évkönyvének kiegészítésében. Megírta az egyesület és a legendás Ifjúsági Kör történetét. Az egyesületi munkáról megírt, a Kitüntettek Almanachja c. mű sajnos kiadatlan maradt.

Elsősorban azonban családjának élt és bélégygyűjteményével foglalkozott. 1990. október 21-én, életének 71. évében hirtelen szívroham következtében hunyt el. Az OMBKE és az Öntészeti Egyesülés sajtó halottjának ismerte el. November 7-én a hozzátartozói, sok tanítványa, munkatársa, tagtársa és barátja kísérté utolsó útjára a Farkasréti temetőben, ahol egyesületünk és a szakma nevében dr. Bakó Károly ügyvezető főtítkár búcsúztatta a ravatalozóban. A sírnál a katolikus egyházi becszentelés után felcsendültek a kohász-himnusz hangjai.

Varga Ferenc a. Faki kimagasló személyisége volt az ekkor még virágzó öntőszakmának. Nemcsak kitűnő szervező volt, de a jövőbe látó (pl. indukciós olvasztás, gázmetallurgia) kutató is. Fiatal kutatóit mindig támogatta munkájukban, még tanulmányaik elősegítésében is. Hathatós támogatója volt a politikailag üldözött emberek szakmai életének visszarendezésében, így pl. Chapó Elek okl. gépészmérnöknek, Görög Márton okl. kohómérnöknek.

Emlékét megbecsüléssel és szeretettel őrizzük.

 Pillissy Lajos

70. születésnapját ünnepelte

Komjáthy István 1945. október 15-én született Pozsonyban. Középiskolai tanulmányait a budapesti Madách Imre Gimnáziumban végezte. Érettségi után felvételt nyert a Budapesti Műszaki Egyetem villamosmérnöki karára, ahol az erősáramú szak automatizálási ágazatán szerzett oklevelet 1969-ben.



1969-től a CsM Fémműben végigjárta a fejlődésben lévő vállalat főbb területeit és különböző beosztásokban dolgozott. Kezdetben technológus és karbantartó művezető volt a Hengermű gyáregységben, majd 1973-tól a Fémszalaghengerde új korszerű technológiai létesítményeinek beruházási feladataival foglalkozott. A vállalati Kiváló Ifjú Mémök mozgalomban aktívan vett részt, és a hengerművi technológiák folyamatszabályozása és üzemeltetése terén kidolgozott több újszerű pályázatával országos díjat is nyert. Ebben az időszakban kapott Aranykoszorús Újító és Kiváló Dolgozó kitüntetések is.

1979–84 között a Hengermű gyáregység üzemfenntartási főmérnöke beosztásban tevékenykedett, majd a CsM Fémmű beruházási főmérnöke volt 1991-ig.

Fenti két évtizedes időszakban aktívan részt vett a Fémkohászati Napok szervezésében, több korszerű külföldi technológiát ismertető szimpózium lebonyolításában, és előadások tartása mellett munkája szakirodalmi cikkek írására is kiterjedt.

1991-ben létrehozta a Hermes Schleifmittel GmbH & Co. KG nagy múltú német/osztrák cég magyarországi kereskedelmi képviselőjét és új munkakörében elsősorban a hazai könnyűfémöntődékek, autó- és motorgyárak, fém készülék- és berendezés-

gyártók igényeinek megfelelő korszerű csiszolószerszámok és technológiák alkalmazásának bevezetésével foglalkozott, eredményes kereskedelmi tevékenységet folytatott 2011 végén történt nyugdíjba vonulásáig. Az ipari csiszolástechnika területén összegyűjtött sokrétű szakmai tapasztalatát azóta tanácsadóként hasznosítja.

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának 1970 óta tagja. Már az első években tevékenyen bekapcsolódott a csepeli helyi szervezet munkájába. 1981-ben a Fémkohászati Szakosztály titkárának választották, s az 1985-ig végzett tevékenységének elismeréseként ipari minisztériumi Kiváló Munkáért kitüntetést kapott. Ezt követően több cikluson keresztül az Érembizottságban dolgozott, és annak elnöki tisztét 2007–2010 között töltötte be.

Az egyesületben hosszú évek alatt végzett munkája elismeréseként az alábbi kitüntetések kaptak: Centenárium érem (1992), Kerpely Antal-emlékérem (2005), Soltz Vilmos-emlékérem 40 (2010), Wahlner Aladár-emlékérem (2011).

Tárkány Szűcs József 1945-ben Hódmezővásárhelyen született értelmiségi családba. 1964-ben érettségizett a Debreceni Református Kollégium Gimnáziumában, majd felvételt nyert a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemre.

1969-ben szerzett technológus kohómérnöki diplomát a Székesfehérvári Könnyűfémű ösztöndíjasaként alumínium hengerművek fejlesztése témakörben.

A KÖFÉM hengerművében technológusként dolgozott 1973-ig, amikor az ALUTERV-hez helyezték át, ahol a Székesfehérvári Könnyűfémű félgyártmány fejlesztés



nagyberuházás keretében technológus és létesítmény tervezőként dolgozott. Elsősorban a darabolósorok rekonstrukciójának és áttelepítésének tervezésével foglalkozott, de az új hőkezelő kemencék, csiszoló gépek telepítése is feladatai közé tartozott. Jelentős részt vállalt a hengermű anyagmozgató, anyagtaroló rendszereinek fejlesztésében is. Létesítményi főmérökként felelős volt az új hengermű épületének, technológiájának tervezői szintű megvalósításáért.

Az 1980-as évek második felében ő készítette az Indonéziában, Jakartában létesített alumínium gázpalackgyártó üzem létesítési terveit és építészeti adatszolgáltató terveit.

1992-ben igazolt vissza a KÖFÉM-be. Először a termelési igazgató műszaki titkáráként, majd az ALCOA belépte után területi termelésvezetőként, azt követően fejlesztőmérnök-ként dolgozott. A 2007. évi nyugdíjba menetele előtti években az ALCOA-KÖFÉM hengerműi kikészítő berendezéseinek fejlesztésével foglalkozott. Az általa irányított team aprólékos, sok-sok részletre kiterjedő tevékenysége tette lehetővé a lágy alumíniumszalagok hasításának bevezetését.

Az OMBKE Székesfehérvári Helyi Csoportjának 1970-től tagja, 1972-től 2000-ig a csoport vezetőségi tagja volt, ahol különböző funkciókat töltött be. A 1994–1997 közötti ciklusban a csoport titkáráként tevékenykedett. Rendezvényfelelősként hosszú ideig a csoport hagyományos Mikulás báljának főrendezője volt. Szakmai, társadalmi és hagyományápoló rendezvények szervezésében mindig aktívan részt vett, szakmai előadásokat tartott a csoportban és az Alumíniumipari Konferenciákon.

Egyesületi munkájáért 2003-ban OMBKE Plakett, 2009-ben Debreceni Márton-emlékérem kitüntetésben részesült. 40 éves egyesületi tagságáért 2010-ben Soltz Vilmos-emlékérmert kapott.

Szilágyi Imre

1928–2015



Szilágyi Imre okleveles gépészmérnök 1928-ban született. 1946-ban asztalosipari szakképesítést, majd 1951-ben technikus oklevelet szerzett az Újpesti Faipari Középiskolában.

1956-ban szerzett diplomát a Budapesti Műszaki Egyetem gépgyártástechnológiai szak hidegtechnológiai ágazatán.

A Csepeli Vas- és Acélöntődében 1949-től mintakészítő, 1951-től mintatechnológus, 1956-tól a szerszám- és készüléktervező csoport vezetője volt. 1971–82-ig az Öntödei Vállalatnál gyártásfejlesztési főosztályvezetőként, majd műszaki-gazdasági tanácsadóként dolgozott. A vállalatnak Magyar Öntészeti Egyesüléssé való átalakulása után főmunkatárs volt 1988-as nyugdíjazásáig. Itt több öntöde korszerűsítésében, öntödei fejlesztési tervek kidolgozásában vett részt. Két szabadalmát fogadták el, szaklapokban számos publikációt jelentetett meg. Két szakkönyvnek is a társszerzője volt. Négyyszer kapott Kiváló Dolgozó kitüntetést.

Nyugdíjas éveiben intenzíven foglalkozott kedvenc témájával, az elméleti fi-

zika újragondolt alapjaival, melyet 2009–12-ben négy kötetben, a Révai Digitális Kiadónál meg is jelentetett.

1952-től tagja volt az OMBKE-nek. Az Öntészeti Szakosztály csepeli szervezétének egyik alapítója és első titkára volt. 1971–75-ben a szakosztály titkárhelyettese, több cikluson keresztül az egyesületi alapszabály-bizottságnak a tagja, majd a vezetője volt, 1994–97-ben pedig a fegyelmi bizottság tagja volt.

Egyesületi munkájáért két ízben a Kohászat Kiváló Dolgozója és a z. Zorkóczy Samu-emlékérmét, továbbá Centenáriumi Emlékérmét kapott. 2002-ben elsőként kapta meg az OMBKE Öntészeti Szakosztályért kitüntetést, és a szakosztály alapító tagjainak járó díszoklevelet.

2015 májusában bekövetkezett haláláról sajnálatos módon csak ősszel értesültünk. Hozzáátartozóinak ezúton fejezzük ki őszinte részvétünket. Kedves tagtársunknak szakosztályunkban kifejtett szakmai-társadalmi tevékenységéért tisztelettel adózva kívánunk békés nyugalmat, utolsó Jó szerencsét!

LKK

Vámos Éva

1950–2015



2015. július 25-én, 65 éves korában, türelemmel viselt, hosszú betegség után elhunyt dr. Vámos Éva, a történelemtudomány kandidátusa, habilitált egyetemi tanár.

1973-ban végzett az ELTE Bölcsészettudományi Karán, történelemangol szakon. Első és egyetlen munkahelye az Országos Műszaki Múzeum (később, az egyesítés után Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum) volt, ahol szinte minden poszton szolgálta a magyar műszaki muzeológia ügyét. Több mint 10 évig az OMM főigazgatója volt.

Vámos Éva a műszaki muzeológia jelentős személyisége volt, nemcsak magyar, hanem nemzetközi viszonylatban is. Otthon volt számos természettudomány (leginkább a kémia) és műszaki tudomány szakmai kérdéseiben, s otthon volt a természet- és műszaki tudományok modern kori társadalomtörténetében. Aktív és többször vezető szerepet töltött be nemzetközi szervezetekben, lelkes és kitartó munkával évtizedekig ő szervezte az évenkénti novemberi ankétot „Újabb eredmények a hazai tudomány-, technika- és orvostörténet köréből” címmel egészen

2013-ig, és nyomda alá rendezte annak sokoldalas kiadványát.

Tudományos munkásságát több könyv mellett 200-nál több cikke fémjelzi, melyek fele németül és angolul jelent meg.

Ő volt számos Műszaki Muzeológus Találkozó szervezője és rangos előadója. A szakmúzeumokat bekapcsolta a Közép-európai Műszaki Múzeumok Szövetsége (Mitteleuropäische Union der Technischen Museen) szervezetébe, így lehetőségük nyílt a környező országok műszaki gyűjteményeivel is megismerkedni. A MUT segítette 2002 és 2005 között az Öntödei Múzeum kiállításainak szlovákiai vándoroltatását.

Dr. Vámos Évát 2015. augusztus 10-én nagy részvét mellett helyezték örök nyugalomra a Farkasréti temető urnaparcellájában. Sírjánál dr. Deme Péter, a Pulszky Társaság – Magyar Múzeumok Egyesülete elnöke méltatta munkásságát.

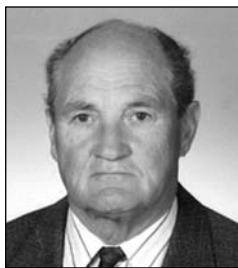
Kedves Éva, nyugodj békében! A mi hagyományaink szerint kívánunk Neked

utolsó jó szerencsét!

Lengyelne Kiss Katalin

Bánky Gyula

1923–2015



2015 augusztusában elhunyt az Öntödei Szakosztály egyik legidősebb tagja, Bánky Gyula arany-, gyémánt-, vas- és rubindiplomás kohómérnök.

1923. október 21-én Miskolcon született. A vasgyári gyártelepen nevelkedett, édesapja Bánky (Biber) József szintén vasdiplomás vaskohómérnök volt, A miskolci katolikus gimnáziumban letett érettségi után apja nyomdokait követve ő is Sopronban, 1945-ben végzett.

Rövid ideig az egyetem Mechanika és Szilárdságtan Tanszékén dolgozott tanársegédként, majd a Hubert és Sigmund Acél- és Fémárugyár Kft.-ben (a későbbi Kőbányai Vas- és Acélöntöde) helyezkedett el. Itt az anyagvizsgáló laboratórium vezetője és korróziós tanácsadó lett, majd 1946-ban a hőkezelő vezetését is rábízta.

1950-ben műszakvezetőnek az acélöntödébe helyezték, 1952-ben az új vasöntöde vezetésével bízták meg, amit tiszta profilú centrifugálöntödévé alakított át. Bevezette a vas túlhevítését és FeSi-mal, valamint CaSi-mal való beoltását.

1954-ben a legnagyobb üzem, az acélöntöde vezetője lett, ahol 50 különböző ötvözetből készültek öntvények és tartósmágnesek. Szorgalmazta a precíziós öntést, a héjformák és magok készítését. Az országban elsőként gyártottak gyantás homokot héjformákhoz és magokhoz, valamint a perselyöntésnél használt kokillák bevonásához.


1957–71 között felváltva volt főtechnológus és öntödei gyáregységvezető. Megoldotta többek közt a kubai nikkel-szinteroxid feldolgozását min. 98%-os kohónikkellé, ami jelentős exportbevételt és nyereséget hozott a vállalatnak. 1971–75 között fejlesztési főmérnöki beosztásban a beruházási és karbantartási munka javításával foglalkozott. Törődött a művezetők és szakmunkások továbbképzésével, és ehhez könyveket is írt.

1975–83-ig az Öntödei Vállalat központjában műszaki osztályvezetőként, majd műszaki gazdasági tanácsadóként az öntödék selejtcsökkenését segítette és a haditechnikai önvénygyártást tartotta kézben.

25 évig volt igazságügyi szakértő és több jelentős perben segítette a bírók döntését.

Egyesületünknek 1946 óta volt tagja, az 50-es években az öntödei szakosztály vezetőségi tagja is volt. Utolsó éveiben a Hubert és Sigmund cég történetének megírásával foglalkozott.

Bánky Gyula a rubindiplomáját a 2015-ös átadó ünnepségen az időközben bekövetkezett halála miatt sajnos már nem vehette át. Öntészeti Szakosztályunk leghosszabb tagsággal rendelkező tagjától tisztelettel búcsúzunk. Nyugodjék békében!

 (LKK)

Riedl Rezső

1948–2015



Riedl Rezső, alias Schulz Sopronban született többgyermekes katolikus család elsőszülöttjeként. Itt, a soproni Széchenyi Gimnáziumban alapozódott meg a reál tárgyak iránti érdeklődése, de itt kapta meg elsősorban édesapja segítségével a zenei alaptudást is.

Tanulmányait a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen folytatta, 1971-ben szerzett metallurgus kohómérnöki diplomát. Sokoldalú érdeklődése megmutatkozott az ábrázoló geometria iránti fogékonyságában, zenei tehetségében (klarinétosként csatlakozott az egyetem szimfonikus zenekarához) és jó német nyelvtudásában.

Az egyetem elvégzése után rövid időre a budapesti Ganz-Mávag öntödéjében dolgozott, majd feleségével együtt átköltöztek Győrbe, ahol el tudtak helyezkedni az akkor igen dinamikus fejlődésnek indult RÁBÁ-nál. A RÁBA új, korszerű öntödéjének a beüzemelése, majd a folyamatos gyártás- és

gyártmányfejlesztés volt a feladata.

A kilencvenes évek vége felé újabb szakmai kihívásként megkeresést kapott a soproni öntöde német tulajdonosától, akinek nagyszabású gyártmánystruktúra átalakító terveihez szüksége volt korszerű tudású, az olvasztás technológiát jól ismerő és hatékony vezetői képességekkel rendelkező mérnökre, aki önállóan kézben tudja tartani az üzem vezetését. Ezt is, mint minden más szakmai feladatot maradéktalanul megoldotta.

Mindig szorgalmasan és kitartóan végezte munkáját, hűséges volt családjához, hazájához, egyházához, szakmájához, barátaihoz és a zenéhez, és ezzel példát mutatott valamennyiünknek.

Riedl Rezső 2015. szeptember 12-én hunyt el, temetése szeptember 18-án volt a Győr-Révfalui temetőben.

Kedves Schulz, hiányozni fogsz, nyugodj békében. Jó szerencsét!

 Longa Péter

Szalai János

1922–2015



2015. október 17-én elhunyt Szalai János kohómérnök a – ma már csak ipartörténetet jelentő – hazai ferroötvözet-gyártás kiemelkedő szakmai egyénisége.

1922-ben született Komáromban. A gimnáziumot a piaristáknál, majd a komáromi bencéseknél végezte kitűnő eredménnyel. Olyan tanárai voltak, mint pl. Öveges professzor.

A József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem soproni Kohómérnöki Karán 1948-ban szerezte meg diplomáját. Két évig tanársegédként dolgozott az egyetem Tüzeléstan Tanszékén, majd az Almásfüzitői Timföldgyárba került. Három év után jelentkezett a Zagyvarónai Magyar Vasötvözetgyárba, ahol először főtechnológus, majd 1955-től főmérnök, ill. műszaki igazgatóhelyettes volt. A gyár ekkor még csak 3-4-féle ferroszilíciumot gyártott két ívkemencével, s ekkor helyezték üzembe – már az ő irányításával – a 3-as és 4-es kemencét. Nagyon hamar felismerte, hogy négy 3,75 MW teljesítményű kemencével csak a FeSi-gyártásból hosszú távon nem lehet megélni. Ezért kísérleti üzemet épített nagyobb teljesítményű kemencékkel, amelyek alkalmasak voltak értékes termékek gazdaságos gyártására is. A fejlesztésekbe, kutatási témákba bevonta a Miskolci Egyetemet, a Vasipari és a Fémipari Kutató Intézetet, s a külföldi ferroötvözet-

gyártókkal is jó szakmai kapcsolatokat ápolt. Számos új terméket és technológiát fejlesztett ki, pl. bevezette a hazai ércек felhasználásával a FeMn-, SiMn-gyártást. Átvették és tovább fejlesztették a metallotermikusan előállított ferroötvözetek (FeTi, FeW, FeMo, FeV, FeNbTa) gyártását. Értékes salakok feldolgozására technológiákat dolgozott ki, amelyek jobb fémkihozatalt eredményeztek ötvözeskor.

Sokat foglalkozott a hazai mangánércvagyon, a vörösiszap, a wehrli, a szerpentin pirometallurgiai feldolgozásával. 1977-ben már több mint 30-féle új terméket gyártó korszerű technológiákkal rendelkező, nyereséges Salgótarjáni Ötvözetgyárat hagyott ott. Ezután 1984-ig a Vaskutban beruházási vezetőként dolgozott.

Munkásságát számtalan újítás, bel- és külföldi előadás, 14 szabadalom, valamint szakmai kitüntetések fémjelzik (Kiváló Újító arany fokozat, Kohászat Kiváló Dolgozója, Munka Érdemérem, számos Kiváló Dolgozó kitüntetés).

Volt kollégáival és tisztelőivel együtt október 22-én vettünk tőle búcsút a salgótarjáni Új temetőben. Soha nem feledjük el. Életműve példa értékű lehet a jövő kohász generációi számára.

Kívánunk Neki békés nyugalmat, és utolsó Jó szerencsét!

 Szalai János

FROM THE CONTENT

Continued from page B2

drosses, foils, turnings, used cans, pieces of castings, loose or bailed materials, sheets, profiles, tubes, rods and even composites requires much expertise from the sorting team to determine the chemical composition and the possible use of the material. The technology line containing 2 rotary melting, 2 casting furnaces and casting equipments is an important step for the newly rise of the Hungarian aluminium industry.

Mikó T.: Hot compression tests in aluminium alloys ... 27
Investigation of the hot plastic deformation of aluminium alloys under laboratory conditions was the goal of this study. Therefore I created a test assembly and method. With this assembly and method the behavior of the aluminium alloy can be investigated under wide range of the temperature; strain rate; and strain ($A, T, \dot{\epsilon}, \epsilon$) in order to set up the true stress-strain curve and to define the microstructure changes. I did many single and multiple tests, and I summarize the results of these measurements.

Buza G. – Erős A. – Fazakas É.: The effect of welding working gas composition on the plasma formation

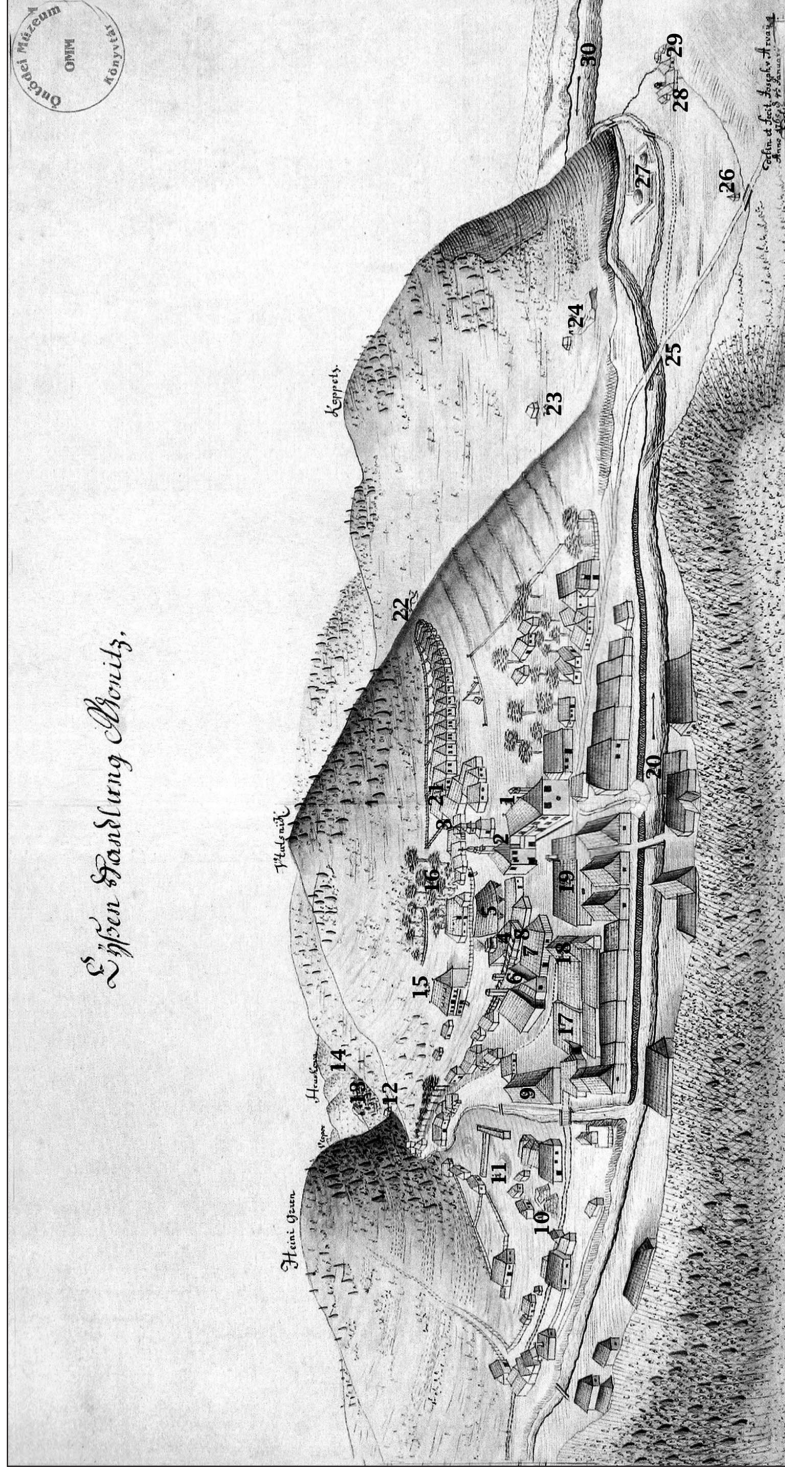
during laser beam welding ... 33
In comparison to the traditional welding technologies working (protecting) gases play a special role, especially at power densities exceeding 10^6 W/cm^2 . Only the electrons of the atoms (in some cases molecules) of the working gas interact with the photons of the laser beam, which influences the electron density of the plasma formed, thus its optical properties. All these play a decisive role in determining the geometry of the welded seam, especially its depth, as well as the welding rate etc. The presented series of experiments is aimed at the elucidation of the observed inter-relations.

Csanády Bodoky Á.: Secrets of Abraham Ganz's train wheels enlighten by material science methods ... 37
Case hardened, double-walled train wheel, produced in the foundry of Abraham Ganz in 1867 and used for long time on the railroad tracks, was investigated and evaluated by modern methods of materials sciences (OES, OM, TEM, EDS, EBSD, XRD, XRF [ESCA], SNMS, micro-hardness measurements). OES studies have shown the presence of 0,059% antimony (Sb), distributed uniformly in the material of the wheel. This

quantity is several times higher than the average Sb amounts ($<0,01\%$) of other components get into the castings. Sb was detected by SNMS even in the several mm thick crust, except in the outermost surface layer with $<1 \mu\text{m}$ thickness. Based on the 20th century comprehensive studies, the antimony content, detected in the wheel, was found to be ideal (perfect). In grey iron it is a powerful pearlite stabilizer, has favorable effects on its mechanical properties and serviceability. By investigation of the surface structure (with XRD, TEM, ED), it has proved that the excellent hardness ($\sim 600 \text{ HV}$) at the crust surface was due to the "nanocomposite" formed from the pearlite as a consequence of severe plastic deformation during service. This was also promoted by the high amounts (4,09%) of carbon present in the casting. The long service life of the wheels was also helped by the continuously refining surface structure of them.

The secret of the Abraham Ganz's train wheels is inherently present – beside in the novel construction and production technology (case hardening) – in the above mentioned composition and the structure of the material.

A rhónici vasmű látképe



Árva József 1765-ben készült rajza

Prospect der Kay(serlichen)-König(lichen) Eýßen-Handlung Rhonitz

A rhónici császári-királyi vasmű ismertetése

1. Schaffers Wohnung (sáfár = üzemvezető lakása); 2. Handlungs Uhr samt Session Zimmer (óra és ülésterem); 3. Handlungs Geleuth (harangmű); 4. Blau Feuer (bucakemence); 5. Rost-Hütten (ércpörkölő); 6. Hierin befindliche Hämmer (itt találhatók a kalapácsok); 7. Nagel Schmittten (szöghámor); 8. Das Fluderwerckh (vízcsatorna); 9. König(liche) Stallungen (királyi istálló); 10. Alter Hoch Ofen (régí nagyolvasztó); 11. Obere Kholung (felső szénégető); 12. Handlungs Mühl (malom); 13. Stein Bruch (kőfejtő); 14. Hruskova Gruben (Hruskova-bánya); 15. Gegen Handlers quartier (kereskedőnegyed); 16. S(c)haffers garten (sáfár kertje); 17. Fleisch-banchh (mészárszék); 18. S(c)hmi(e)ds wohnung (kovács lakása); 19. Keeßerey oder Heuer Stuben (sajt-készítő vagy szénapajta); 20. Das Schwartz Wasser (Fekete-víz, Fekete-Garam); 21. Sogenante 18 Týroler Haußer (18 ún. tiroli ház); 22. Platz wo Ein Ga... gestanden (hely, ahol egy ... állt); 23. Planirte Baad-Stuben (tervezett fürdőház); 24. Erb(autes) Stollner Mundloch (művelt táró szája); 25. Ord. Prückhen (rendes híd); 26. St. Johannes Statuen (Szt. János-szobor); 27. Untere Kholung (alsó szénégető); 28. Hoch Ofen ¼ St... (nagyolvasztó ...); 29. Hierzue nöthige Hammer (ehhez szükséges hámor); 30. Der Graan Fluß (Garam folyó).

K. L.