

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Hírmondó

154. évfolyam

2021/3-4. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 Kiss Csaba:** A diósgyőri nagyvasúti síngyártás technológiájának fejlődése a felhasználói követelmények tükrében
- 7 Wizner Krisztián – Kóvári Attila:** Vertikális elrendezésű folyamatos acélöntőmű folyamatparamétereinek elemzése

Öntészet

- 11 Fegyverneki György – Biró Nóra – Dúl Róbert – Dúl Jenő:** Alumíniumolvadékok zárványtartalmának minősítése a K-mold próbatest töréséhez tartozó forgatónyomaték mérésével
- 16 Hudák Henrietta – Varga László:** Bentonitos homokkeverékek granulometriai tulajdonságainak és gázáteresztő képességének vizsgálata

Fémkohászat

- 22 Penk Márton:** A „zöld” alumínium – sürgető gondolatok
- 27 Kulcsár Tibor – Török András:** A nemesfémkinyerés másodlagos alapanyagokból a Metal Shredder Hungary Zrt.-nél

Anyagtudomány

- 32 Renkő József Bálint – Romanenko Alekszej – Szabó Péter János – Petrik Péter – Bonyár Attila:** Színesen mart ferrites acél vizsgálata spektroszkópiai ellipszometriával
- 37 Nagy Erzsébet – Kristály Ferenc – Kárpáti Viktor – Konczhorváth Dániel – Karacs Gábor – Mertinger Valéria:** Kiválási folyamat „in situ” röntgendiffrakciós vizsgálata NbTi ötvözetben

Hírmondó

- 42 OMBKE hírek.** Az OMBKE 111. Küldöttgyűlése
- 43 A Miskolci Egyetem hírei**
- 44 Káldor Mihály** professzor mellszobrának avatása
- 45 Múzeumok Éjszakája a Massa Múzeumnál**
- 45 XII. Őzdi Ipari Örökségvédő Konferencia**
- 46 Újmasszai ipari skanzen** bányagépeinek festése
- 47 „Múzeumok Őszi Fesztiválja – Fazola nap”**
- 48 Szakmatörténeti Nap és OMBKE Emlékpont-felavatás** Kecskeméten
- 49 Egy marék világ – látogatóban** Bahget Iskandernél
- 49 KÖSZÖNTÉSEK**
- 52 NEKROLÓGOK**

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

FROM THE CONTENT

Kiss Csaba: The technological development of the Main Line rail production in Diósgyőr in the position of the operator's requirements 1
The author overviews the one and a half century technical, technological and quality managed development of the rail production in Diósgyőr has been formed during the traditional cooperation with the Main Line operator MÁV. The outstanding – and the last – event of the Hungarian rail history was the production of the usual European rail profile UIC 60, of which production stages and the successful international qualification are described in the last section.

Wizner Krisztián – Kóvári Attila: Analysis of process parameters of a vertical continuous steel caster 7
The expert support IT system, which processes the production data of continuous caster, provides metallurgy experts with a powerful tool by means of the automatized identification and classification of non-steady periods of casting. A small change may not have a significant effect on downgrading of metallurgical origin. This paper provides insight into assessing the limit where the change can be considered already significant in terms of slab quality.

Fegyverneki György – Biró Nóra – Dúl Róbert – Dúl Jenő: Qualification of Cleanliness of Aluminium Melts by Measuring Breaking Torque of K-mold Test Pieces 11
In the manufacture of light metal castings, inclusion content in the melt is tested using a K-mold specimen. Inclusions on fracture surfaces of the specimen reduce fracture toughness, which can be determined by instrumental testing according to the authors' patent application P1900378. Measuring torque associated with fracture allows for quick and objective grading in addition to the existing visual (subjective) grading. Results of performed measurements confirm applicability of the new qualification method.

Hudák Henrietta – Varga László: Investigation of granulometric features and permeability properties of molding mixtures 16
Foundry sand is the main element of sand mixtures from which moulds or sand cores are made. The granulometric properties of the sand grains significantly determine the characteristic strength properties or permeability of the moulds or cores. Standard cylindrical samples made from different foundry quartz sands were used during the research whose properties were examined with a new qualification system, and then its connection with the gas permeability of moulds was analyzed.

Penk Márton: The “green” aluminium – urgent thought 22
The global warming motivates the world, the different sectors of economy, namely the Aluminium industry to do the needed actions. The article makes a survey for the targets of the Aluminium industry to realize the appealing requirement – production of “green” Aluminium. The most important goal for a short time period the low carbon emission, then the carbon neutral and carbon free production. The most obvious methods are the consumption of a “green” energy, the implementation of the circular Aluminium industry and the reduction and liquidation of fossil fuels. For Hungary are the targets same impor-

tant, as the absence of the raw material phasis allows more quick realization of the implementing. This way is the target for the author of this article to implement a Hydrogen base Aluminum melting experiment.

Kulcsár Tibor – Török András: Extraction of precious metals from secondary materials at Metal Shredder Zrt. 27
In recent years, the Metal Shredder Zrt. has become an outstanding recycler of electronic waste in the domestic market. The applied technologies, with their modular structure, adapt well to the constantly changing secondary raw material flows. In addition to the extraction of precious metals, recycling both of the substrate metals and the transition metal coatings are also becoming increasingly important. The company is constantly expanding its production capacity by participating in domestic and international tenders. As part of the investments, a Serbian subsidiary will be established to supply the electronic waste management process in the southern region. The company's objectives also include the recycling of depreciated equipment, Li-ion containing energy storage devices and solar cells so that they can be returned to the economy as raw materials using the principles of a circular economy.

Renkő József Bálint – Romanenko Alekszej – Szabó Péter János – Petrik Péter – Bonyár Attila: Investigation of colour etched low carbon steel with spectroscopic ellipsometry 32
Colour etching is a widely used process in metallography. Although it has been used successfully for a long time, precise exploration of the chemical processes during etching has not been done so far. In this paper, we describe the results of spectroscopic ellipsometric examination performed on low carbon steel to investigate the properties of the layer formed during colour etching. The studies confirmed the previously hypothesized relationship between stratification rate and grain orientation.

Nagy Erzsébet – Kristály Ferenc – Kárpáti Viktor – Koncz-Horváth Dániel – Karacs Gábor – Mertinger Valéria: Investigation of precipitation process in NbTi alloys by “in situ” X-ray diffraction method 37
Under the influence of the thermomechanical treatment, α -Ti precipitations develop in the β -phase in the NbTi superconductors. Precipitation can be created by a series of heat treatments and cold forming processes. This thermo-mechanical process involves three constant time and temperature heat treatments and the transformations installed between the heat treatments. In this study, the basic material of a new type of superconducting shield was investigated. The presence of α -Ti precipitations was investigated in a cold-formed Nb47%Ti alloy and multilayer composite, the precipitation process was monitored by “in situ” X-ray diffraction method. The diffractogram-series obtained during the in situ XRD investigation were evaluated by means of the Rietveld fitting method. The process was described based on the phases identified at the individual steps of heat treatment lasting for a long time. Following the heating of the cold-formed Nb47%Ti samples and multilayer composite, the precipitation of α -Ti starts simultaneously with the decomposition of the metastable beta phase.

• Szerkesztőség: 1107 Budapest, Hízlaló tér 1. • Telefon: 06-1-201-7337 •
• E-mail: bkl.kohaszat@gmail.com • Internetcím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html •
• Felelős szerkesztő: Balázs Tamás •

• A szerkesztőség tagjai: Biró Nóra, dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Dévényi László, dr. Dúl Jenő, dr. Harcsik Béla, dr. Kóródi István, Schudich Anna, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

• A lapban megjelenő valamennyi cikket független szakértők lektorálják •

• Kiadó: Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • Felelős kiadó: dr. Hatala Pál •

• 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, utánnomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

• Indexeli az EBSCO Publishing Inc. •

KISS CSABA

A diósgyőri nagyvasúti síngyártás technológiájának fejlődése a felhasználói követelmények tükrében

A tanulmány a diósgyőri síngyártás közel másfél évszázados fejlődése alatt bekövetkezett műszaki, technológiai és minőségbiztosítási eredményeket tekinti át, a magyar államvasúttal kialakult tradicionális együttműködés keretében. Ismerteti a hazai síntörténelem kiemelkedő – egyben utolsó – eseményének számító, az európai vasutaknál elterjedt UIC 60 rendszerű nagyvasúti sín kifejlesztésének eseményeit és sikeres nemzetközi minősítését.

A hazai síngyártás történelmi megalapozása

Az európai síngyártás története az öntött és kovácsolt sínek gyártásával vette kezdetét. Az első öntött kivitelű vályús síneket 1767-ben, a kovácsolással készült síneket 1805-ben készítették. A hengerelt síneket 1825-ben kezdték alkalmazni Európában [5].

Magyarországon a vasútépítés az 1836. évi XXV. Törvénycikk rendeletével vette kezdetét, amikor kimondták, hogy egy korábbi országgyűlési határozat alapján kijelölt 12 közlekedési főútvonalú vasúthálózatot kell megépíteni. A hazai vasúti közlekedés fejlődése a Pozsony és Nagyszombat közötti lóvontatású vasút megépítésével, és ezzel egy időben a Budapest–Vác gőzvontatású vasútvonal 1846. július 15-i felavatásával kezdődött. A szükséges vasúti alapanyagokat ekkor még külföldről vásárolták, de minőségük nem volt megfelelő, ezért előtérbe került a sínek hazai gyártásának megoldása.

Magyarországon 1862-ben az elsők között Ózdon gyártottak vasúti sínt kavart acélgyártási technológiával, majd fokozatosan növelték a termelést: 1881-ben 9600 t, 1894-ben 35 000 t vasúti sínt gyártottak. A Siemens–Martin-eljárást 1895–96-ban vezették be, amellyel előállított csillapítatlan (Si-mentes) sínek jó minőségére jellemző, hogy pl. az 1896. évben gyártott, 1. ábra szerinti sínek a mai napig pályában vannak a Belgrád–Bar vasútvonal obrenováci szakaszán [4]. Az ózdi síngyártás a II. világháborúig tartott [3].

Dr. Kiss Csaba PhD okleveles építőmérnök, okleveles vállalkozó-menedzser, szakközgazdász, okleveles hegesztő szakmérnök, európai (EWE) és nemzetközi (IWE) hegesztőmérnök, nemzetközi ISO 9001 vezető auditor. Jelenleg a BKV Zrt. villamos pályafenntartási területén szolgálatvezetőként a fejlesztésekkel és a pályafelügyelettel foglalkozik. Érdeklődési és kutatási területe a közúti és vasúti pályák speciális szakterülete, beleértve a fejlesztési, logisztikai és felújító karbantartásokat.



1. ábra. Belgrád–Bar vasútvonal obrenováci szakaszán üzemelő vasúti sín fényképe [4]

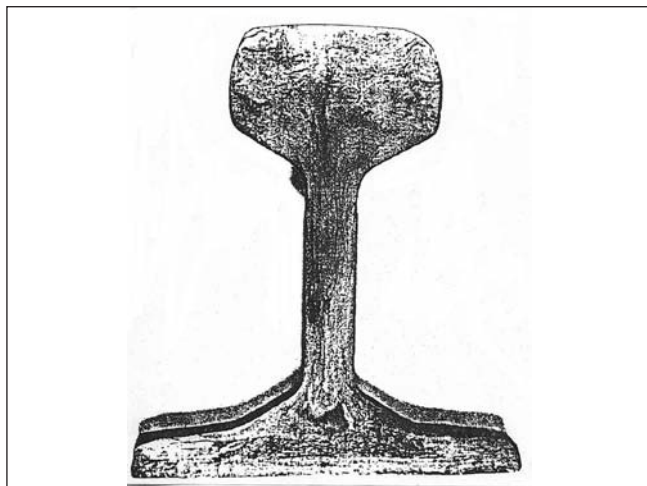
Különböző sínacélgyártási eljárások kialakítása, folyamatos fejlesztése Diósgyőrben

Diósgyőrben a „200 000 bécsi mázsa (egy bécsi mázsa 56 kg) vaspályasín termelésére számított vasgyár tervének kidolgozása” után épült gyár 1870-ben kezdte meg működését. Ennek során a Szinva völgyében Miskolc és Diósgyőr között, a környék barnaszén és vasérc lelőhelyeit is figyelembe véve, kizárólag vassínek és kapcsolószerek gyártására berendezendő vasgyárat létesítettek egyelőre 50 000 bécsi mázsa nyersvas és 200 000 bécsi mázsa vassín évi termelőképeséggel [2].

A diósgyőri telephelyen épült gyárban a síngyártás technológiáját kavartvasból nyújtott nyerssínemből összeállított kévék (csomagok) forrasztó-alakító hengerlésére alapozták, melynek kivitelezése több lépcsőben történt. Az első gyártási fázisban a kavarókemencében előállított vasgomolyákat kovácsolással zömítették, majd lapos szel-

vényű nyerssinné (nyers vaslapkává) hengerelték, lehűtötték és töret szerint osztályozták. A gyártás második fázisában az azonos töretű nyerssinekből, elkopott és hulladékvasakból kötegeket (kévéket) készítettek, melyek felületét az oxidáció elkerülése érdekében agyagos réteggel kentek be. A kötegeket forrasztókemencében hevítették, kovácsolással egyesítették, azaz a csomag egyes darabjait egymással összeforrasztották. Az utolsó technológiai fázisban az előhengerelt darabokat újból felizzították, ezt követően 11-13 szúrással készre hengerelték, azaz másodszor forrasztották.

A kavartvasból gyártott sínek minősége nem volt megfelelő. Szövetszerkezetükben egyenetlen alakítási szárlirányok, a fejben forrasztási hibák (2. ábra) mutatkoztak, a sínek max. 4,57 m hosszúak voltak és keménységük sem volt kielégítő.



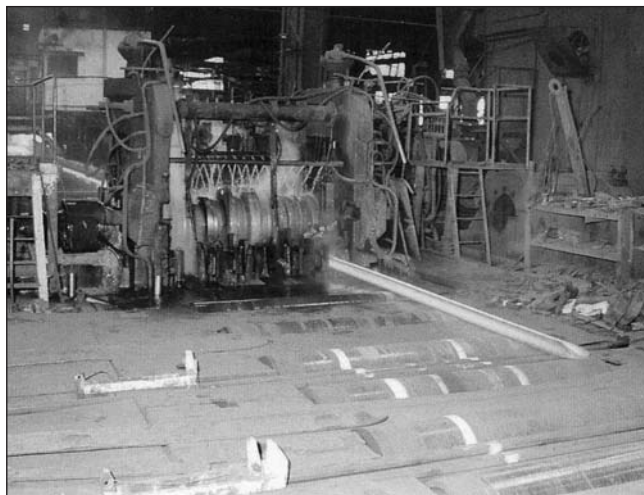
■ 2. ábra. Diósgyőri kétszer forrasztott sín maradtott keresztmetszete

A sínek minőségjavulása az 1855-ben feltalált Bessemer-konverteres, majd az 1864-ben kifejlesztett Siemens–Martin acélgyártási eljárás 1882-es, illetve 1879-es diósgyőri alkalmazásával következett be, amikor a „kétszer forrasztott” technológiát a „folytácélgyártó” technológia váltotta fel, a meleghengerléses technológia alkalmazása mellett [7].

A korszerűsített technológiával, Bessemer-konverterben vagy Siemens–Martin-kemencében folyékony acélt állítottak elő, öntőüstbe csapolták, majd kokillába öntötték. Az öntött tuskókat dermedés után a kokillából eltávolították és a hengerműbe szállították, ahol a háromhengeros sínhengerdében, 1892. évtől pedig a továbbfejlesztett 750 mm hengerátmérőjű gerendasoron (3. ábra) készméretre alakították. Az így előállított sínek a korábbiakhoz képest keményebbek (C: 0,3–0,4%) voltak, kevésbé koptak és jobb tartóssággal bírtak. 1885-től Diósgyőrben acélsínek gyártása folyt.

A diósgyőri hengerművek 1913-ban elvégzett korszerűsítésével a következő típusú síneket hengerelték:

- vasúti sín: 15,8 kg/m-től 42,8 kg/m-ig (belföldre és külföldre)
- csúcssín (öntött): 61 kg/m-től 62,4 kg/m-ig
- vezetősín: 45,5 kg/m
- villamos sín: 22,5 kg/m-től 33,6 kg/m-ig



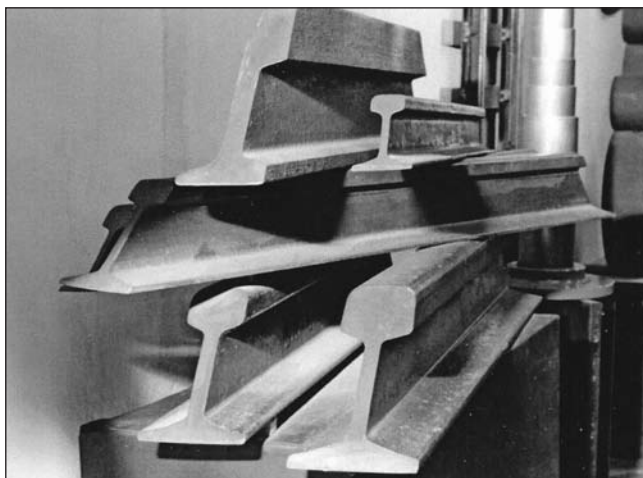
■ 3. ábra. Az 1892-ben létesített, több mint 100 évig üzemelő 750 mm-es gerendasor [2]

A szakadatlan fejlesztések eredményeként 1929-ben megoldották a 48,3 kg/m tömegű sínek hengerlését, egyben 18 m-ről 24-méterre növelték a sínek hosszát, továbbá korszerűsítették a vasúti kerékabroncsok, tengelyek, és hevederek előállítását. Ezeket 1932-től kezdődően exportra (Olaszország, Norvégia, Szovjetunió, Afrika) is szállították.

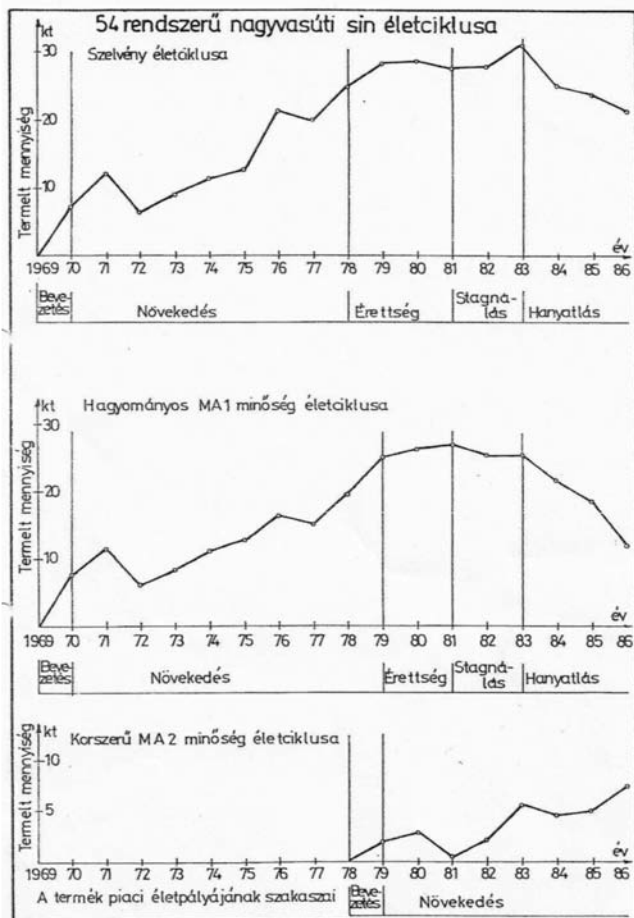
Nemzetközi színvonalú síngyártási technológiák bevezetése Diósgyőrben

A II. világháború befejezése után a síngyártás továbbra is a Martinacélműben és időnként az Elektroacélműben történt. Nagy jelentőségű fejlődés 1968-ban akkor következett be, amikor az elektroacélműben bevezették a vákuumos technológiát, 1969. évben pedig új elektroacélművet építettek, és továbbra is fő gyártmányok maradtak a sínek és vasúti termékek.

Nagy jelentőségű volt a gyár életében az 1969-ben új termékként bevezetett 54 rendszerű sítípus. E típussal bővülő sín termékcsaládról a 4. ábra ad szemléltető képet. Az 54 rendszerű sín termelésváltozását a 80-as évek közepéig az 5. ábrán lehet nyomon követni [1].



■ 4. ábra. Diósgyőri sínprofilok [5]



■ 5. ábra. Különböző minőségű nagyvasúti sínek termelése az 1969–1986 években

A singyártás nemzetközi színvonalra emelése, az 1980–82 években elkészült Kombinált Acélmű és Központi Laboratórium fejlesztésével valósult meg a következő berendezésekkel [1]: 80 tonnás LD-konverter, 80 tonnás UHP ívkemence, ötállásos (argonozó, hevítő, vákuumozó, salaklehúzó) ASEA-SKF komplex üstmetallurgiai rendszer, hagyományos öntecsöntés és ötszálás folyamatos öntőmű, 1300 tonnás nyersvaskeverő, ötvöző- és hozaganyag-ellátó rendszer, gáz- és porleválasztó rendszer, valamint oxigéngyár és egyéb energetikai, közlekedési és kiszolgálási rendszerek. A technológiai berendezések sorát számítógépes termelésirányító hálózat fogta össze.

Az új fejlesztések jól segítették a MÁV akkori igényeinek a kielégítését:

- A 48 és 54 rendszerű sínek növelt (18 m-ről 24 m) hosszban történő gyártása.
- Az MSZ szabvány szerinti MA1 minőségnél a szakítószilárdság alsó határának növelése 740 N/mm²-ről 780 N/mm² fölé, az MA2 minőségnél pedig 800 N/mm² fölé.
- 54 rendszerű, mikroötvözésű kopásálló sínek előállítása.

Továbbfejlesztették a 48 és 54 rendszerű sínek hengerléstechnológiáját [2]. A sín belső kristályszerkezetének finomítása érdekében növelték az áthengerlési számot, ezért a korábbi 225 × 225 mm kiinduló FAM bugaméretet 240 × 350 mm-re módosították. A hengerlési technológia fejlesztésénél a kevesebb üregű, nagyobb fogyással alakító előüregzést nagyobb üregszámú, finomabban alakító üregzésre alakították át.

Az 1980-as években világszerte bevezetett ≥ 160 km/h vasúti vontatási sebesség és a tengelyterhelés 225 kN-ra növelésével jelentkező erőhatások ellensúlyozása érdekében a nemzetközi UIC döntvény szigorította a vasúti sín minőségi előírásait, melyet a MÁV Diósgyőrtől is megkövetelt [8]:

- szakítószilárdság min. 920 N/mm²;
- keménység min. 280 HB;
- szakadási nyúlás (A₅) min. 10%;
- egyezményes törési szívósság min. 1400 N/mm²
- MSZ 2668 szerint zárványtartalom max. 3 fokozat,
- 7,5 m magasból leejtett 500 kg-os tömeg hatására max. 60 mm-es behajlás.

A növelt minőségi tulajdonságok eléréséhez, diósgyőri és vasúti szakemberek (köztük a cikk szerzője) kijelölésével és a Metalcontrol Kft. laboratórium bevonásával, külön szakbizottságot hoztak létre. Feladatuk volt, hogy a világon elsőként Japánban megépült nagysebességű pálya (260 km/h) és azt követően a Train a Grande Vitesse (300 km/h) tapasztalatai alapján a zúzottkő-ágyazatos feszített vasbetonalj kiépítésű UIC 60 rendszerű 860-V-67 előírás szerinti 900A minőségjelű sínrendszer hazai megvalósíthatóságát vizsgálják.

Ez a döntés azt jelentette, hogy az akkori élenjáró Brit Vasút (gyártó üzemek: Shelton Művek, Workington Művek) Német Szövetségi Vasutak (gyártómű: Thyssen Művek), Osztrák Államvasutak (gyártómű: VOEST ALPINE), Cseh Államvasutak (gyártómű: Trinec) által keletkezett versenyhelyzetéhez igazodó nemzetközi színvonalnak megfelelő, új típusú sínrendszer gyártását kellett a diósgyőri gyárnak megtervezni és kivitelezni. Az új típusú 60 rendszerű singyártás tervezése és megvalósítása korszakalkotó technológiai kihívás elé állította a szakembereket!

A vertikális technológia a következő metallurgiai és technológiai folyamatokra épült:

- Primer acélgártás: LD-konverter vagy UHP-ívkemence
- Szekunder kezelés: argonozás → hevítés → vákuumozás →
- Folyamatos öntés: zárt rendszerű technológia → keszonos bugavisszahűtés →
- FAM buga felületjavítás: csiszolás →
- Hevítés fennálló kemencében →
- Hengerlés: új üregzés szerint → szűrés közbeni rekvéltetés → lassú lehűtés → egyengetés → UH-vizsgálat → minősítés → MEO – MÁV minőségi átadásvétel →
- Késztermék kiszállítás

A vertikális gyártástechnológia tervezésénél figyelembe vett újszerű metallurgiai, alakítástechnológiai és fémfizikai szempontok:

- A 60 rendszerű síneknél megnövekedő dinamikus igénybevétel a szövetszerkezet finomításával kell ellensúlyozni. Erre a célra – új megoldásként – vanádium mikroötvözést terveztek. (A vanádium mikroötvözés azért előnyös, mert erős nitrogénlekötő képessége folytán a keletkező finom eloszlású vanádium-nitrid, illetve vanádium-karbonitrid kiválás az acél

keménységének növekedése mellett a szívósságot is növeli.)

- A nemfémes zárványok csökkentésére megtiltották a fémalumínium alkalmazását kicsapásos dezoxidációra, csak C, FeSi, FeMnSi, FeMn dezoxidáló anyagok felhasználását engedélyezték.
- Az oxigéntartalom további csökkentését vákuum-karbonos dezoxidálással tervezték. Szigorították a vákuumozási technológiát. Az ötfokozatú gőzsugár-szivattyú teljesítményének növelésével max. 0,5 Hgmm nyomást értek el. Ezzel javították a hidrogén és nitrogén eltávozásának és a vákuum-karbonos dezoxidáció feltételeit.
- Az adag leöntését 6000 kg-os kokillába alsóöntéssel vagy zárt rendszerű folyamatos öntéssel tervezték. Utóbbinál, az UIC-döntvény által előírt min. 8-as „átalakítási-szám” eléréséhez 240 × 350 mm méretű kristályosító használatát írták elő.
- A FAM előbugák hevítésénél 1180 °C hengerlési hőmérsékletet terveztek.
- A 780 mm hengerátmérőjű gerendasori hengerműben történő hengerléshez új szűrősterv készült.
- A 24 méteres darabolást és véglevágást melegfűrészeléssel tervezték.
- Hűtőrámas lehűtés után a sínek egyengetésére a nyomóprésses egyengetés mellett görgős egyengetést is betervezték.
- Minősítő minták kivételét, azok laboratóriumi vizsgálatát és kiértékelését a MÁV és a diósgyőri acélműilletékes szakembereinek jelenlétével tervezték.

Az elkészült kísérleti technológia jóváhagyása után több kísérleti adagot gyártottak, és a biztató eredmények alapján egy 80 tonnás TESZT-adag gyártását határozták el, amelynek termékét valós vasúti üzemi körülmények között tervezték vizsgálni, a szakbizottsági szakértők helyszíni ellenőrzése mellett. Tekintettel arra, hogy ez az esemény a síngyártástörténet egyik kiemelkedő eredményének számított, megörökítés végett az alábbiakban közöljük.

60 rendszerű nagyvasúti sín adaggyártásának lefolyása [10]

Gyártás helye: Diósgyőri Nemesacél Művek Kft.
Ideje: 1993. 08. 12.
Minőség: UIC 900A
Adagszám: 381896
Rendelő cég: MÁV
Késztermékformája: 60 kg/m nagyvasúti sín
Kémiai előírás (%): C: 0,60–0,80; Mn: 0,80–1,30;
Si: 0,15–0,30; P: max. 0,040;
S: max. 0,040; V: 0,04–0,09

A technológiai műveletek kivitelezése, [óra.perc] zárójelben az adag időbeni lefolyása:

- **Nyersvaskeverő:**
 - Nyersvas csapolása beöntőüstbe [6.55–6.58] – összetétel (%): C: 4,31; Si: 0,85; Mn: 0,26; P: 0,084; S: 0,032, – hőmérséklet: 1380 °C
- **DEMAG-Ösberg kéntelenítő:**
 - kezelés

• LD-konverter:

- Acélhulladék (20 100 kg) + CaO beöntés (5065 kg) [7.05–7.10]
- Nyersvas beöntés (tömeg: 70 t, nyersvas arány: 77,7%)
- Oxigén fúvatás és hozaganyag adagolás oxigén: 3970 Nm³, CaO: 470 + 940 kg, CaF₂: 464 kg
- Acél mintavétel: összetétel (%): C: 1,01, Mn: 0,23; P: 0,042; S: 0,020, („karbonelkapás” pontatlan, ráfúvatás szükséges)
- Oxigén ráfúvatás: 940 Nm³
- Acél- és salak mintavétel: acélösszetétel (%): C: 0,36, Mn: 0,14; P: 0,015; S: 0,013, salakösszetétel (%): Σ Fe: 11,11; SiO₂: 18,36; CaO: 48,63; Al₂O₃; MgO: 11,38; MnO: 2,77; S: 0,113; B: 2,65
- Hőmérsékletmérés: 1689 °C
- Csapolás [7.40–7.48]: ötvözés: Stoll-C: 220 kg; FeMn: 522 kg; FeSi: 21 kg; FeMnSi: 508 kg; Al: 0 kg; FeV: 90 kg

• ASEA – SKF komplex üstmetallurgiai kezelés:

- Salakoló állásba érkezés [7.55]
- Gépi salakolás [8.00–8.05]: oxidsalak kb. 90%-os eltávolítása
- Hőmérsékletmérés [8.10–8.12]: 1539 °C
- Mintavétel [8.31–8.40]: C: 0,61; Si: 0,09; Mn: 0,90; P: 0,020; S: 0,015; V: 0,07; aktív oxigén: 11,8 ppm
- Salakképzés [8.45–8.50]: CaO 400 kg
- Hevítés közben kezelés: argonos és mágneses keverés, ötvözés, salakkorekció. diffúziós dezoxidálás, homogenizálás [8.51–9.12]: adagolás: FeSi 50 kg; CaO 300 kg; CaF₂ 100 kg
- Hőmérsékletmérés: [9.35–9.38]: 1580 °C
- Mintavétel [9.40–9.42]: összetétel (%): C: 0,61; Si: 0,14; Mn: 0,97; P: 0,021; S: 0,013; V: 0,07; aktív oxigén: 10,5 ppm
- **Hevítés** [9.43–9.54]: Hevítés közben acélkezelés:
 - Diffúziós dezoxidálás, homogenizálás
- **Vákuumkezelés** [9.58–10.22]:
 - Vákuum-karbonos dezoxidálás: vákuumérték: 0,5 Hgmm, időtartam: 12 min
 - Vákuumos kezelés: nyomás: 1,5 Hgmm, ötvözés: FeSi 150 kg;
- **Hevítés:**
 - [10.29–11.03]: Hőmérsékletmérés: 1588 °C,
 - [11.05–11.08]: Mintavétel: aktív oxigén: 1,6 ppm, acélösszetétel (%): C: 0,60; Si: 0,14; Mn: 0,95; P: 0,020; S: 0,007; V: 0,08; salakösszetétel (%); Σ Fe: 0,70; SiO₂: 16,63; CaO: 57,63; Al₂O₃: 7,59; MgO: 9,61; B: 3,4
 - [11.10–11.12]: Hőmérsékletmérés: 1546 °C,
- **Öntésre kiadás** [10.25]
- **FAM öntés** [10.32–11.28]: méret: 240 × 350 mm
- **Visszahűtés:** hűtőkesztonban, hidrogén diffúziós pihentetés: 5 nap
- **FAM buga vizsgálat:** (1993.08.18–08.30): Felület ellenőrzés, belső makro-, mikrovizsgálat
- **Hengerlés** (1993.09.01): Gerendasoron, hengerelt-sín darabolás, végvágás
- **Kikészítés, minősítés** (1993.09.20.): MEO – MÁV átvétel

A hengerlés az egytengelyes elrendezésű, 750-780 mm hengerátmérőjű háromállványos gerendasoron történt. A kihengerelt szálakat 24 600 mm nyersméretre darabolták és bélyegzés után Wirth-gyártmányú egyengető géppel biztosították az előírt egyenességi értékeket. A kész síneket a hűtőrámákon összerendezték és MÁV átvételre bejelentették.

MÁV átvételi vizsgálatok

A MÁV-átvevők a következő minőségellenőrzéseket végezték [12]:

Az acélgyártás módja, kémiai összetétel, Baumann-nyomat, szakítószilárdság, folyáshatár, szakadási nyúlás, nagyütő próba, ütővizsgálat, szelvényméret, hosszúság, alakhűség, egyenesség, elcsavarodás, felület, jelölés, UH-vizsgálat, tartós fásasztás.

Az átvétel sikeresen zárult, a sín makrovizsgálata egyetlen szövegszerkezetet mutatott (6. ábra).



■ 6. ábra. UIC 60 rendszerű, 900A minőségű hengerelt sín makrociszolat fényképe [9]

Szakszabotásági vizsgálat és döntés

Szakszabotásági feladatként elvégezték a legyártott TESZT-adag és a külföldről beszerzett 1992-ben gyártott UIC 861 – V-91 előírás szerinti 60 rendszerű sínek minőségi összehasonlítását. A vizsgálatokat és a kapott eredményeket az irodalomban megjelölt [18] hivatkozás, az értékelést az 1. táblázat tartalmazza. (A „jó” minősítés az UIC 861 előírásnak való megfelelést, a „kiváló” minősítés az

1. táblázat. Különbéféle származású sínek minőségi értékelése

Értékelés	TESZT-adag	Voest-Alpine, Donawitz	ILVA, Piombino
Összetétel szórás	Kiváló	Jó	Jó
Alak- és méret	Jó	Jó	Kiváló
UH-vizsgálat	Kiváló	Kiváló	Kiváló
Gáztartalom	Kiváló	Kiváló	Kiváló
Makrovizsgálat	Kiváló	Kiváló	Jó
Mikrovizsgálat	Kiváló	Jó	Jó
Szilárdság	Kiváló	Kiváló	Kiváló
Törésmechanika	Kiváló	Kiváló	Kiváló

előírásokat jelentősen meghaladó eredményeket tükrözi.) Az 1. táblázatban látható, hogy a legyártott TESZT-adag minőségi paraméterei hasonlóak, vagy jobbak voltak, mint a külföldről beszerzett sínek paraméterei.

A vizsgálatok pozitív eredményei alapján a szakszabotás a hazai vasúthálózat fejlesztését diósgyőri UIC 60 rendszerű sínek gyártásából javasolta. A javaslatot a MÁV vezetői elfogadták, majd a TESZT-adag sínjeivel (összesen egy adag, 80 tonna készült) próbaüzemelését végezték. Sikeres próbaüzem után a síneket üzemszerű használatba vették, melyek a Szeged–Békéscsaba vonalon (második fekvési helyen) jelenleg is üzemelnek (7. ábra).



■ 7. ábra. Diósgyőrben kifejlesztett UIC 60 rendszerű sínrel üzemelő pályaszakasz

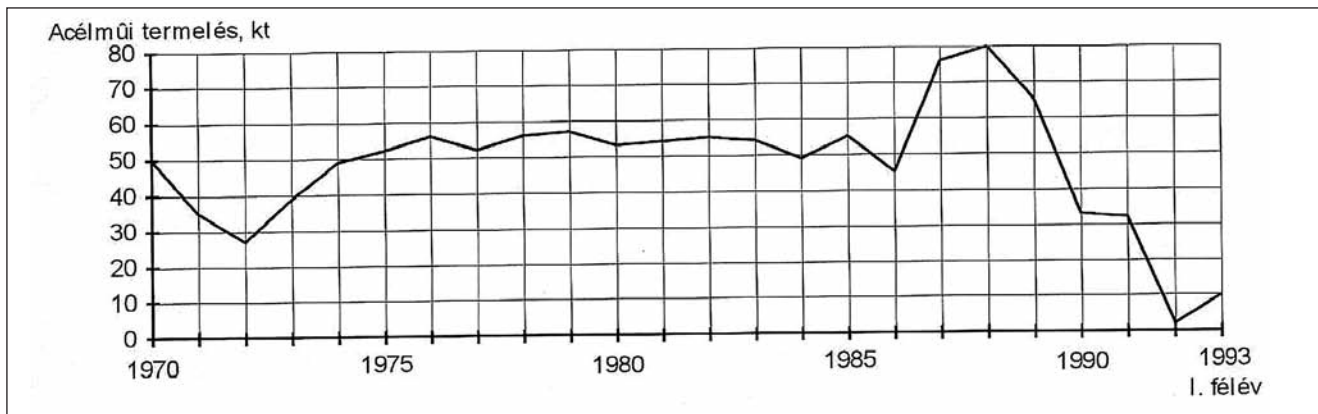
A MÁV 1993. IV. negyedévre 7000 tonna UIC 860-V-91. gyártmány szerinti UIC 60 rendszerű nagyvasúti sínt rendelt.

A sikeres teszt eredményei, a MÁV-val a több mint 120 éves kapcsolat további fenntartása és az akkori közlekedési tárca biztató támogatása révén Diósgyőrben teljeskörűen önerőből megkezdték a gerendasoron a sínkikészítés fejlesztését. A beruházás mintegy 60%-os készletállapotban külső töke bevonása vált szükségessé. A kormány vissza nem térítendő támogatásról döntött, míg a MÁV hitelt ígért a technikai korszerűsítések befejezéséhez. A diósgyőri kohászat egyiket sem kapta meg, ezért a munkálatok befejeződtek, az elkezdett fejlesztés meghiúsult. Bár az 54 és 48 rendszerű síneket a MÁV tovább igényelte a stagnáló pályakorszerűsítésekhez meglehetősen redukált mennyiségben. Az ezredforduló időszakában a MÁV új szabályokat vezetett be a sínbeszerzéseknél. A gyár a fejlesztések elmaradásával a kialakult piaci környezetben nem tudott minden tekintetben versenyképes maradni, így 130 év után Diósgyőrben a síngyártás befejeződött.

A síngyártás leállása előtti 23 éves termelést (8. ábra) vizsgálva megállapítható, hogy az egyenes termelési éveket követően 1988-ban, a hazai síngyártás életciklusában korábban el nem ért 80 000 tonnás csúcseredmény született.

Összefoglalás

A XIX. század közepén a vasútvonalak gyors ütemű fejlődése minden korábbinál nagyobb mértékre növelte a hazai vas- és acélalapanyag szükségletet, ezért az



8. ábra. Nagyvasúti sínek termelése az utolsó 23 évben

1867-es osztrák–magyar kiegyezés utáni magyar kormány határozatot hozott egy diósgyőri telephelyű vaskohászat fejlesztésre. A Vasgyár 1868-ban kezdte meg működését és 130 évig a hazai vasútépítés biztos bázisa volt [9], [2], [10].

A diósgyőri síngyártás termelési eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy az eltelt idők folyamán fellendülés, stagnálás és hanyatlás egyaránt előfordult. A ciklikusváltások okai főleg az adott időszakok rendszertelen gyártói és vasúthálózati fejlesztéseivel kapcsolatosak, melyek közül három nagy ciklust kell kiemelni:

- Első, pozitív ciklusként az 1879. év után megvalósult folytacélgyártásos technológiaváltással, majd a 10 évvel későbbi gerendasori fejlesztéssel elért egyenletes, sőt kiugróan jó termelési eredményeket kell megemlítenünk.
- A második ciklusban, a járműipari program rúdacél szükségletének biztosítása érdekében az 1960–80 közötti években megvalósított technológiai beruházások és fejlesztések segítségével elért termelésnövekedést és a gyártott sínek minőségjavulását (reprodukálható kémiai összetétel, kis zárvány- és gáztartalom, belső hibamentesség stb.) kell felidézni.
- Harmadik ciklusként az 1980–82 években épült Kombinált Acélmű kiváló technikai adottságaival és a jól felkészült szakembergárdával kifejlesztett új technológiákat és új termékeket kell kiemelni. Ezek közül külön kihívásnak számított a MÁV által sürgetően kért Budapest–Hegyeshalom közötti nagy teljesítményű tranzitvonalra szánt 60,34 kg/fm tömegű, a nemzetközi vasútforgalom előírásainak megfelelő sántípus gyártásának a kifejlesztése.

A sántörténelmi eredmény hasznosítása azonban, a diósgyőri gyár megszűnése miatt csak illúzió maradt, a MÁV közel három évtizede külföldi sínacélok beszerzésére kényszerül.

A diósgyőri síngyártás múltjára visszatekintve összegezhető, hogy a gyár vezetői és jogelődjei – a vasúttal karöltve – folyamatosan igyekeztek kielégíteni az ország vasúti igényeit. A gyártott sínek minősége mindenkor versenyképes volt a külföldi sínekével, állaguk több évtizedes (évszázados) üzemelés után sem romlott a kritikus érték alá. Bizonyítja ezt, hogy a MÁV mellékhálózatában még ma is fellelhetők 100 éves vagy még idősebb sínek, de

fővonalain, első fekvési helyeken is található a hézagnélküli pályákban megbízhatóan üzemelő 50 év feletti sínek, melyek várhatóan további hosszú évekig biztonsággal fekdühetnek a pályákban, a „DIÓSGYŐR” felirat megörökítésével.

Irodalom

- [1] Jung, Kiss, Sélei, Sziklavári: A diósgyőri acélgyártás története a folytacélgyártás bevezetésétől napjainkig. Miskolc 2004. BAZ Megyei Levéltár kiadványa.
- [2] Marosvári László: A Diósgyőri Hengerművek története. Miskolc 1999. BAZ Megyei Levéltár kiadványa.
- [3] Vas Tibor: Az ózdi acélgyártás története. Ózd. 2000. ÓAM Kft. kiadvány.
- [4] Internet
- [5] Boros Árpád: Diósgyőri Kohászat a tevékenységei tükrében. Miskolc, 2010. BAZ Megyei Levéltár kiadványa.
- [6] Gerendasori hengerlés gyártástechnológiája. 1979. LKM Diósgyőr.
- [7] Kiss Csaba: Hazai vasúti sínek gyártásának történelmi áttekintése és a fejlesztési irányzatok mérlegelése. BKL Kohászat. 125 évfolyam 6. szám, 1992. június
- [8] Kiss Csaba: Dinamikus igényeknek fokozottan ellenálló sínacélok kifejlesztése. Doktori értekezés. 1992. Miskolci Egyetem.
- [9] 60 rendszerű sínacél belső szövetszerkezetének vizsgálata. 1993. Metalcontrol Vaskohászati Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Központ Kft.
- [10] MÁV vezetői elismerő nyilatkozat a Diósgyőri sínek megfelelőségéről, új rendelkezések indításáról. 1994. DNM-MÁV igazgatói tárgyalás feljegyzése.
- [11] Kiss László, Kovács Károly: Öntött tuskóból és folyamatos öntésű bugából hengerelt 900 A (MA2) minőségű 60 rendszerű nagyvasúti sín minőségének összehasonlítása. 1993. Kutatási jelentés. Metalcontrol 6/2055 jkv
- [12] Kiss Csaba – Nyitrai Dániel: Comparison of home-made rails, and determination of probable rail-lifetime by tensile test of notched specimen. Előadás. 2nd Mini Conference On Contact Mechanics And Wear Of Rail/Wheel Systems, Budapest, 1996. július 29–31.

Vertikális elrendezésű folyamatos acélöntőmű folyamatparamétereinek elemzése

A folyamatos acélöntőmű gyártási adatait feldolgozó szakértői támogató informatikai rendszer komoly eszközt ad a kohászati szakemberek kezébe a nemállandósult öntési szakaszok automatizált azonosítása, illetve értékelése révén. Kis változás nem gyakorolhat jelentős hatást a metallurgiai eredetű leminősülésekre. Annak megítélésére, hogy hol van az a határ, ahol egy változás már szignifikánsnak tekinthető a bramma minőségére nézve, jelen cikk kínál betekintést.

1. Bevezetés

Az ISD Dunaferr Zrt. vertikális felépítésű öntőművének több évtized alatt felhalmozott technológiai adatok alapján kialakított adatfeldolgozó rendszer [1] segítségével átfogóbb, pontosabb vizsgálatra nyílt lehetőség, valamint az öntési görbék (adatsorok) minőséget befolyásoló jellegzetes szakaszainak azonosításával számos új paraméter vált automatizáltan vizsgálhatóvá (pl. öntési sebességváltozás [2], kristályosítói acélszint ingadozás [3], zárványleválásra utaló közbenső dugópozíció-változás [4]). Ezeknek az új adatoknak a birtokában boxplot elemzés segítségével történt a határértékek megállapítása, melyeken kívül a változás már kritikus lehet a szál minőségének szempontjából, tehát leminősülés szempontjából érdemes vizsgálni.

2. Kívülálló értékek meghatározása

A kívülálló értékek meghatározása azoknak a szálszakaszoknak a vizsgálata alapján történt, ahol elvárható az állandósult öntési folyamat. Az öntés indításánál, illetve a befejezésénél közel sem tekinthetők állandósultnak a folyamatok, ezért azokat a változási szakaszokat, melyek az öntésindításhoz (0 mm öntött hosszánál kezdődnek), illetve az öntés végéhez kapcsolódnak (pozíciójuk vége egybe esik a szálon öntött teljes hosszal), nem vettük figyelembe a kívülálló érték keresésénél. Továbbá kizártuk azokat az öntött hossz alapú változásintenzitás értékeket is, ahol az öntési sebesség olyan nagymértékben lecsökkent (pl. felfüggesztett szálhúzás), hogy a változás során az öntött hossz nem változott az egymást követő adatokban (adat

rekordokban). Az ismertetett eredmények a 2018. 01. 01. – 2020. 06. 30. időszak adatai alapján készültek.

2.1. Öntési sebesség változása

A szál öntésének indításakor a folyamatirányító számítógép a kémiai összetétel (öntési osztály), illetve a beállított szelvényméret ismeretében kalkulálja az ajánlott öntési sebességet, melyet a kezelő személyzet állít be az öntőgépen. Termelésszervezési, illetve biztonsági okokból azonban lehetőség van az öntés során is az öntési sebesség kézi megadására.

Azért, hogy a sebességváltozás a legkisebb negatív hatást gyakorolja az öntött szálra, az öntőgépet kezelő szakemberek törekszenek a változás elnyújtására, és a hirtelen nagymértékű lassítás/gyorsítás kerülésére (1–2. ábra). Sajnos üzemzavar, illetve beavatkozások esetén elkerülhetetlen az intenzív lassítás, melyet sok esetben drasztikus sebességemelkedés követ, amikor visszaállítják a kívánt öntési sebességet.

Az öntési sebesség változása a középvonali dúsuláson túl elsősorban a bramma felületére, az öntött hosszban gyakorol negatív hatást [5], független a szelvénymérettől, ezért a kívülállóérték határokat a teljes adatmennyiség figyelembevételével, boxplot alapján határoztuk meg (1. táblázat).

1. táblázat. Öntési sebességváltozás alapján ábrázolt boxplot diagramok kiemelt értékei

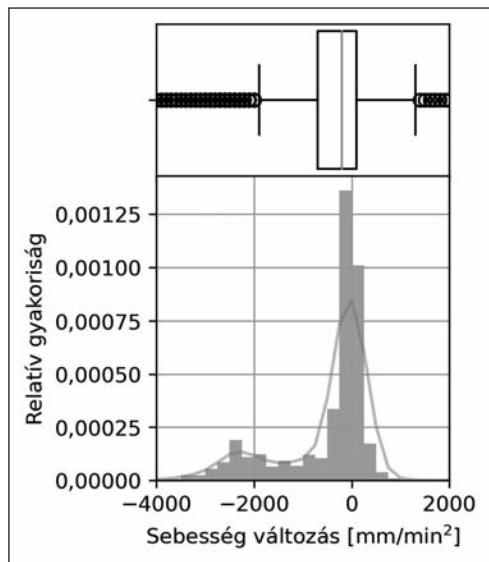
Alapja	Kvartilisek		Határok		Mértékegység
	Q1	Q3	Alsó	Felső	
Eltelt idő	– 700	100	– 1900	1300	mm/min ²
Öntött hossz	– 1,0	0,2	– 2,8	2,0	1/min

2.2. Kristályosítói acélszint változása

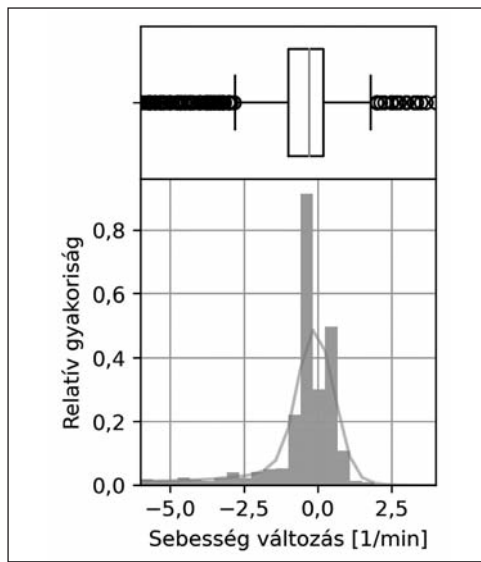
A kristályosítói acélszintváltozás számos okból fordulhat elő. Ilyen lehet például a hirtelen leszakadó zárványcsoport miatti túltöltés, a szál megcsúszása, vagy a szál vágásának végén a bramma leszakadása miatt bekövetkező „visszaugrás” jelensége, ami a húzóhengerek hajtásszabályzásának az öntött szál hirtelen tömegváltozásából eredő tranziens szabályozási eltérése (3–4. ábra).

Wizner Krisztián a Miskolci Egyetemen 2002-ben okleveles kohómérnök diplomát szerzett. Jelenleg végzős PhD-hallgató a Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskolában. 2002-től 2021-ig dolgozott az ISD Dunaferr társaságcsopornnál műszaki fejlesztési és technológiai területen. Kutatási/érdeklődési területe az Ipar 4.0 és kohászati alkalmazásai, valamint a kohászat és informatika határterülete.

Dr. habil. Kövári Attila a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki Karán 2001-ben villamosmérnök, majd a Dunaújvárosi Egyetemen 2017-ben gépészmérnök mesterszintű oklevelet szerzett. Tudományos fokozatát 2014-ben a Pannon Egyetem Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok Doktori Iskolában kapta anyagtudományok és technológiák tudományágban. Több mint 10 évig dolgozott az ISD Dunaferr Zrt.-nél, jelenleg egyetemi tanár a Dunaújvárosi Egyetem Műszaki Intézeténél, oktató az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Karán és a Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Karán.



■ 1. ábra. Időre vonatkoztatott öntési sebesség változásának eloszlása



■ 2. ábra. Öntött hosszra vonatkoztatott öntési sebesség változásának eloszlása

Az öntési sebesség változásához hasonlóan a kristályosítói szintváltozás is elsősorban a bramma felületére (perem kialakulása „hook formation”) [2], az öntött hosszban gyakorol negatív hatást, függetlenül a szelvénymérettől, ezért a kívülállóérték-határok meghatározása a teljes adatmennyiség figyelembevételével, boxplot alapján történt (2. táblázat).

2. táblázat. Jelentős mértékű kristályosítói szintingadozás határértékei

Alapja	Kvartilisek		Határok		Mértékegység
	Q1	Q3	Alsó	Felső	
Eltelt idő	-160	120	-580	540	mm/min ²
Öntött hossz	-0,279	0,257	-1,084	1,062	1/min

2.3. Közbensőüst dugópozíció-változás

A kristályosítóban lévő állandó acélszint tartásához a szint-szabályzó automatika a megfelelő tömegáram biztosításához szükség szerint emeli, vagy süllyeszti a közbensőüst (továbbiakban kü.) kifolyónyílása felett elhelyezkedő záródugót. Amennyiben jelentősebb mértékű (öntési sebesség változásával nem indokolható) dugópozíció-változás következik be, az záránycsoport kirakódásával, illetve leválásával lehet kapcsolatban [6].

A megfelelő kalciumos záránymodifikáció egyik lényeges következménye, hogy a dezoxidáció során kivált, illetve a reoxidáció

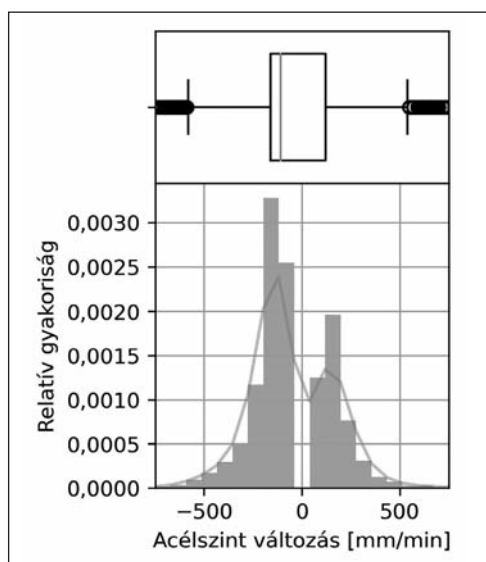
mányba tolódik, tehát a folyamatos záránnykiválás miatt az öntés során a dugónak folyamatosan nyitnia kell az állandó anyagáram biztosítása érdekében.

A pontosabb számítás érdekében (a záránnykiválási folyamat különbözősége miatt [8]) külön vizsgáltuk a kalciummal kezelt, és nem kezelt szekvenszek adatait (3. táblázat), valamint figyelembe vettük az esetleges öntési sebességváltozásból adódó, szelvényméret függő dugópozíció-változást is.

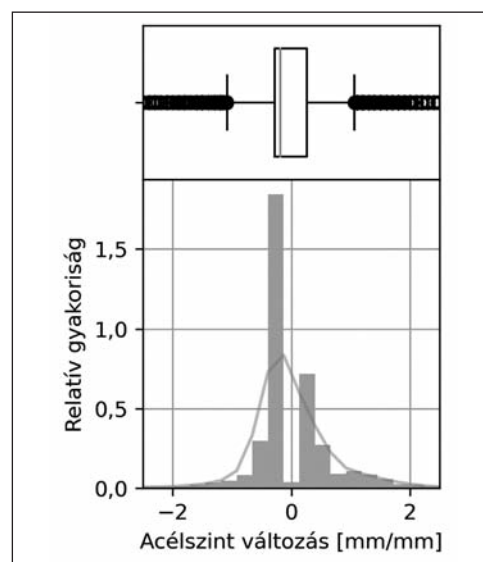
3. táblázat. Szekvenszek megoszlása kalciumos kezelés szerint

Kezelt (✓Ca)	18,81%
Nem kezelt (Ø Ca)	75,66%
Vegyes	5,52%

Az öntési sebesség, valamint a kristályosítói acélszint-változás szakaszai csak rövid szálszakaszokat érintenek,

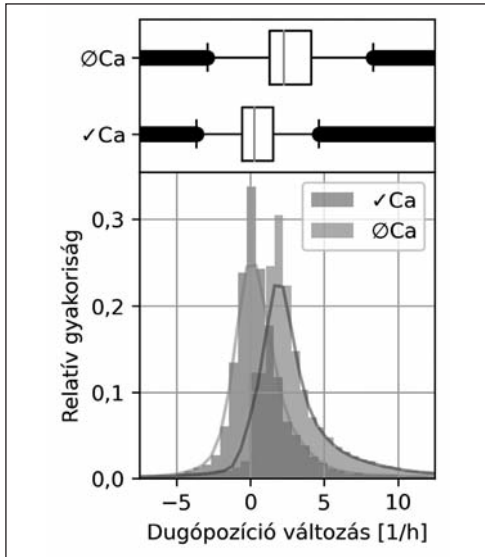


■ 3. ábra. Időre vonatkoztatott kristályosítói acélszintváltozás eloszlása

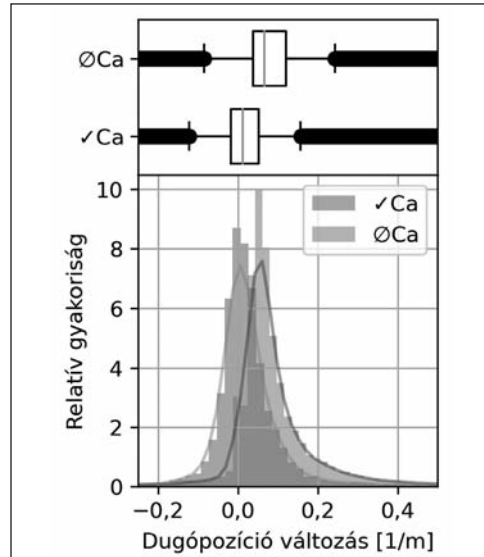


■ 4. ábra. Öntött hosszra vonatkoztatott kristályosítói acélszintváltozás eloszlása

során keletkezett Al₂O₃ záránnyok kevésbé hajlamosak kirakódásra a tűzálló anyagok (pl. merülőcső) felületén [7]. Az alábbi (időre és öntött hosszra vonatkoztatott) hisztogramokon (5–6. ábra) megfigyelhető, hogy a kü. dugópozíció változásának iránytangense kalciummal kezelt adagok esetén jellemzően 0 környékén helyezkedik el, tehát nem lép fel számottevő záránnykirakódás, ami szűkítené az átfolyási keresztmetszetet. A kalciummal nem kezelt adagok esetén azonban az iránytangens a pozitív tartományba tolódik,



■ 5. ábra. Időre vonatkoztatott kü. dugópozíció-változás eloszlása



■ 6. ábra. Öntött hosszra vonatkoztatott kü. dugópozíció-változás eloszlása

azonban a kü. dugópozíciójának változása lassú és a teljes öntött hosszt érinti. Az adatok értékelésénél figyelembe kellett venni, hogy azonos adagtömeg mellett a szélesebb szelvényen öntött adagok öntési ideje, valamint az öntött szálhossz jellemzően rövidebb, mint a keskenyebb szelvényeknél.

A korábbi módszert követve boxplot segítségével meghatározott kívülállóértékek határára lineáris regresszió segítségével illesztett egyenes együtthatóit a 4. táblázat tartalmazza.

$$H = m \cdot W_{\text{szelvény}} + b \quad (1)$$

H : kívülállóérték-határ (időre: [mm/min], öntött hosszra: [mm/mm])

$W_{\text{szelvény}}$: a szelvény szélessége [m]

m : a regressziós egyenes meredeksége

b : a regressziós egyenes konstans tagja

4. táblázat. Kívülállóérték-határookra illesztett regressziós egyenes együtthatói és a korreláció mértéke

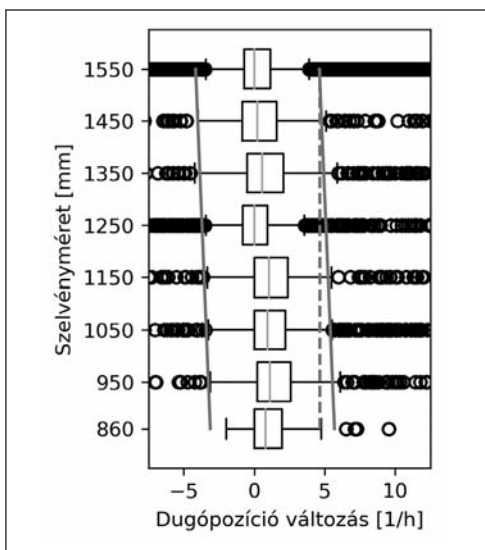
Alap	Ca-mal kezelt	Határ	m	b	R ²
Eltelt idő	Igen	Alsó	-1,50716	-1,823440	0,447
		Felső	-1,55590	7,027567	0,152
	Nem	Alsó	-1,58128	-0,882999	0,865
		Felső	1,61927	6,083681	0,132
Öntött hossz	Igen	Alsó	-0,10488	0,007953	0,746
		Felső	0,02958	0,129631	0,058
	Nem	Alsó	-0,09056	0,028749	0,966
		Felső	0,16265	0,035302	0,794

rokra illesztett regressziós egyeneseket. A gyenge korrelációval illesztett egyenesek esetén szaggatott vonal jelöli a viszonyítási alapnak (idő, öntött hossz), illetve a kalciumos kezelés meglétének, illetve hiányának megfelelő szelvénymérettől független határértéket.

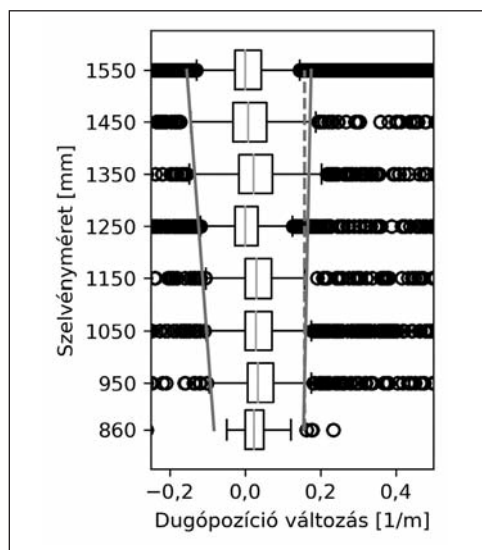
A legjobb korreláció az illesztett határérték és az üzemi adatok alapján számított határok között a Dunaferri elsődleges profiljába tartozó, kalciummal nem kezelt (öntött hossz alapján vizsgált) szekvensknél figyelhető meg (10. ábra).

3. Összefoglalás

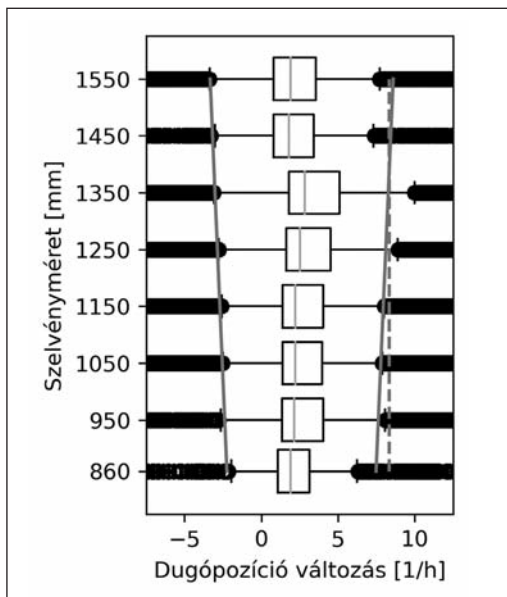
Az ISD Dunaferri Zrt. vertikális elrendezésű öntőműve több évtizedes fennállásának köszönhetően nagy mennyiségű eltárolt tech-



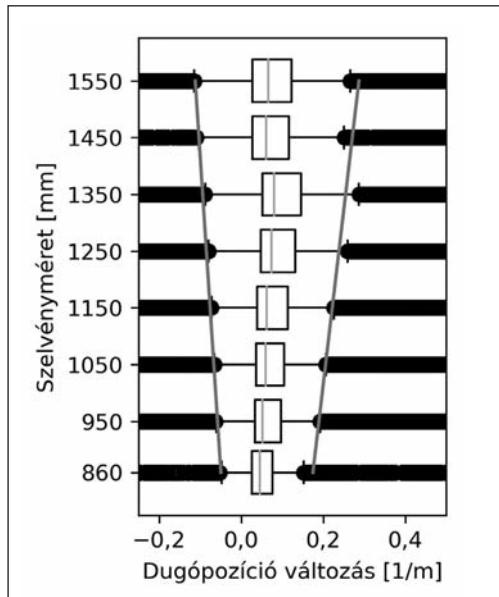
■ 7. ábra. Időre vonatkoztatott Ca-mal kezelt szekvensnek kü. dugópozíció-változás iránytangense



■ 8. ábra. Öntött hosszra vonatkoztatott Ca-mal kezelt szekvensnek kü. dugópozíció-változás iránytangense



■ 9. ábra. Időre vonatkoztatott, Camal nem kezelt szekvensek kü. dugópozíció-változás iránytangense



■ 10. ábra. Öntött hosszra vonatkoztatott, Ca-mal nem kezelt szekvensek kü. dugópozíció-változás iránytangense

nológiai adattökevel rendelkezik. A hengerelt termékek metallurgiai okokra visszavezethető leminősülésének vizsgálata során, a meglévő adattökére épített adatfeldolgozó rendszer segítségével mélyebb vizsgálatok elvégzésére nyílt lehetőség. A vizsgálatok alátámasztották, hogy egyes metallurgiai körülmények csupán hajlamosítják a brammából hengerelt tekercsek leminősülését, de nem feltétlenül okozzák azt.

Korábbi adatfeldolgozási fejlesztés során meghatároztuk az öntés során előforduló állandósult állapottól eltérő események (öntéssebesség-változás, kristályosítói szintingadozás, a közbensősütnben elhelyezkedő záródugó zárvány kirakódásra/leválásra utaló dugópozíció-változás) időre, illetve öntött hosszra vonatkoztatott súlyosságát. Feltételezve, hogy a kis ingadozásoknak nincs nagy hatása a leminősülésre (hiszen akkor nagyon magas lenne a leminősülési arány), statisztikai módszerrel határoztuk meg azon határértékeket, melyeken felül a változások már számottevőnek tekinthetők, ezáltal kiemelt figyelmet igényelnek a Dunaferri öntőműve esetén.

Az eredmények alapján látható, hogy a termék (bramma) szempontú, öntött hossz alapú változások határértékeinek meghatározása megbízhatóbb, mint a folyamat szempontú, idő alapú változásoké. A kapott eredmények betekintést adnak abba, hogy a folyamatos öntés során bekövetkező, állandósult állapottól eltérő események hogyan befolyásolják a hengerelt termék leminősülési arányát. A határértékek meghatározásával a brammák automatizálhatóan minősíthetővé válnak az öntési esemény alapján, ami nagyban megkönnyíti a szakemberek munkáját a technológiai fejlesztések, hibakeresés és a reklamációkezelés területén, hiszen a hibák pontosabban válnak behatárolhatóvá és azonosíthatóvá.

Irodalom

- [1] *Wizner K., Kővári A.*: Novel concepts for establishing expert support systems to investigate the defect occurring in metallurgical phases in the technology of ISD DUNAFERR Zrt. Conference Series: Materials Science and Engineering 903 (2020) 012001, p 6.
- [2] *Wang Y., Zhang L.*: Transient fluid flow phenomena during continuous casting: Part II –

Cast speed change, Temperature fluctuation, and steel grade mixing, *ISIJ International*, Vol. 50, No. 12 (2010) pp 1783–1791.

- [3] *Sengupta J., Thomas B. G.*: Effect of sudden level fluctuation on hook formation during continuous casting of ultra-low carbon steel slabs, *Modeling of casting, welding and advanced solidification process – XI* (2006) pp 727–736.
- [4] *Tehovnik F., Burja J., Arh B., Knap M.*: Submerged entry nozzle clogging during continuous casting of Al-killed steel, *Metallurgija* Vol. 54, No. 2 (2015) pp 371–374.
- [5] *Zeng J., Chen W.*: Effect of casting speed on solidification structure and central macrosegregation during continuous casting of high-carbon rectangular billet, *La Metallurgia Italiana* Vol. 7/8 (2015) pp 51–58.
- [5] *Károly Gy., Ghazally S. A., Tardy P., Harcsik B., Józsa R.*: Decreasing the nozzle clogging tendency in low-silicon Al-killed mild steels at ISD Dunaferri Co., *Clean Steel 8th International Conference*, Budapest, Magyarország (2012) pp 1–8.
- [7] *Holappa L., Hämäläinen M., Liukkonen M., Lind M.*: Thermodynamic examination of inclusion modification and precipitation from calcium treatment to solidified steel, *Ironmaking and Steelmaking* Vol. 30, No. 2 (2003) pp 111–115.
- [8] *Abraham S., Bodnar R., Raines J., Wang J.*: Inclusion engineering and metallurgy of calcium treatment, *Journal of Iron and Steel Research International* Vol. 25, No. 2 (2018), pp 133–145.

FEGYVERNEKI GYÖRGY – BIRÓ NÓRA – DÚL RÓBERT – DÚL JENŐ

Alumíniumolvadékok zárványtartalmának minősítése a K-mold próbatest töréséhez tartozó forgatónyomaték mérésével

A könnyűfém öntvények gyártásánál az olvadékban lévő zárványtartalmat K-mold próbatest alkalmazásával vizsgálják. A próbatest törési felületein lévő zárványok csökkentik a töréssel szembeni ellenállást, amely a szerzők P1900378 szabadalmi bejelentése szerint műszeres vizsgálattal meghatározható. A töréshez tartozó forgatónyomaték mérése lehetővé teszi a gyors és objektív minősítést a meglévő vizuális (szubjektív) minősítés mellett. Az elvégzett mérések eredményei igazolják az új minősítési módszer alkalmazhatóságát.

A könnyűfém öntvények gyártásánál előforduló hibajelenség az olvadékban lévő oxidzárványok kialakulása és a formatöltés közben az öntvénybe jutása. Az olvadék zárványtartalmának gyors és megbízható minősítése azért is fontos, mert az olvadék tisztítását olvadékkezeléssel végzik, melynek hatékonyságát sok tényező befolyásolja. Az olvadék zárványtartalmának gyors vizuális minősítésére a K-mold próbatestet használják. A kutatási tevékenység célja a K-mold próbatest töréséhez tartozó forgatónyomatékmérési módszerének kidolgozása és az eredmények hasznosítása. A kifejlesztett vizsgálati módszer gyors és számszerű eredményt szolgáltat, ezáltal alkalmas az olvadék zárványtartalmának minősítésére és a tisztítási műveletek hatékonyságának megítélésére.

A zárványok csökkentik az öntvények szilárdsági tulajdonságait, a megmunkált felületen az előfordulásuk tömítettségi hibát, a belső részeken a tömörségi hibát, selejterméket okoz.

A zárványok eltávolítása az olvadékból a könnyűfém öntvények gyártásánál bonyolult feladat. Az alumínium-oxid a fürdőben nem úszik fel az olvadéknál nagyobb sűrűsége miatt (az Al_2O_3 sűrűsége $3,95 \text{ g/cm}^3$, az olvadék sűrűsége a szilíciumtartalmától függően $2,4\text{--}2,7 \text{ g/cm}^3$). A

zárványok csökkentésére a fizikai módszerek önállóan nem hatékonyak, a kémiai módszerek alkalmazása pedig az alumíniumnak és a magnéziumnak az oxigénnel alkotott stabil vegyületeképződése miatt nem könnyű. Az oxidzárványok eltávolítása az öntészeti alumíniumolvadékból a fizikai és kémiai tisztítás módszereinek együttes alkalmazásával, hatékony sókeverék intenzív bekeverésével érhető el.

Az olvadék zárványtartalmát különböző eljárásokkal vizsgálják. Az alkalmazott eljárások többsége az olvadékból vett minta szűrésével elválasztja a zárványokat, és a szűrés közben az átfolyási jellemzők mérése, valamint a szűrőn összegyűlt anyag vizsgálata alapján következtet a zárványosságra, ilyen vizsgálat a PREFIL és PODFA [1, 2]. Ezek az eljárások drága berendezés alkalmazását igénylik, a kiértékelés hosszadalmas és költséges, ezért az üzemi gyakorlatban a használata nem terjedt el.

Az öntést megelőző olvadékminősítésre is alkalmas a Twist-Control univerzális szilárdságvizsgáló készülék, mely a hatszög keresztmetszetű öntött próbatest torziós terhelésével a töréshez tartozó szilárdsági tulajdonságokat méri [3]. Az olvadék-előállítás részműveleteinél öntött próbatestek vizsgálati eredménye alapján következtetni lehet az olvadékkezelés hatékonyságára, illetve a szilárdságcsökkentő zárványok előfordulására. A kokillába, vagy homokformába (öntöttvas minősítésére) öntött próbatestek megmunkálás nélkül alkalmasak a vizsgálat elvégzésére és az öntést követően gyors eredmény szolgáltatására.

Az olvadék zárványtartalmának gyors és egyszerű üzemi vizsgálati módszere a K-mold próbatestek öntése és a törési felületük vizuális kiértékelése [4–5]. A K-mold próbatestek jellemzője a lap alakú geometria felső részén lévő négy beszűkítés, ahol az olvadék áramlása közben a zárványok megtapadnak és ezeken a helyeken a próbatest eltörése után láthatóvá válnak. Az olvadék zárványtartalmának minősítése a törési felületeken található zárványok

Dr. Fegyverneki György szakmai életrajzát 2020/4. számunkban közzöltük.

Biró Nóra a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán 2017-ben szerzett MSc kohómérnöki diplomát öntészeti szakirányon. 2014 óta a Nemak Győr Kft.-nél dolgozik folyamatmérnökként olvasztás-olvadékkezelés területen.

Dr. Dúl Róbert okl. gépészmérnök, közgazdász a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karán 1997-ben szerzett oklevelet. PhD-disszertációját 2013-ban védte meg. Címzetes egyetemi docens a Miskolci Egyetem Energia- és Minőségügyi Intézetben. A numerikus áramlástan szimulációkban szakértő. A Flow Computing Technologies Ltd. (Egyesült Királyság) ügyvezetője.

Dr. Dúl Jenő szakmai életrajzát 2019/1. számunkban közzöltük.

száma alapján történik. A zárványok számának vizuális meghatározása szubjektív, és az eltérő méretű zárványok (sok és apró, vagy kevés nagy) összesítése nem ad megbízható minősítést az olvadékról.

Az olvadék zárványtartalmának gyors és megbízható minősítése azért is fontos, mert az olvadékkezelés hatékonyságát sok tényező befolyásolja. A rotoros gáztalanító kezelésnél oxidokkal reagáló sókeveréket adagolnak az olvadékhoz, melynek zárványcsökkentő hatása az alkalmazott sókeverék összetételétől, mennyiségétől, a rotor geometriájától és működtetési paramétereitől, valamint a felhasznált öblítőgáz térfogatáramától, a gáztalanítás idejétől függően változik.

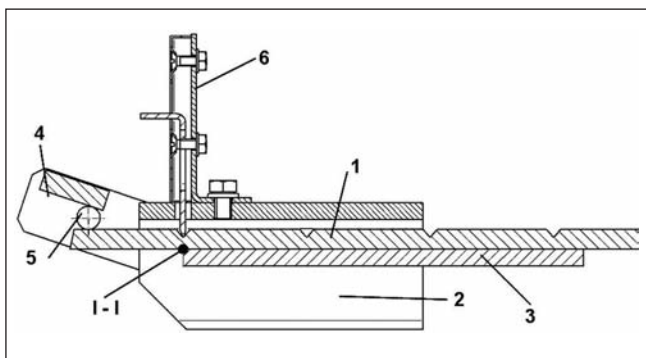
A műszeres vizsgálat kifejlesztésének a célja egy olyan minősítési eljárás létrehozása volt, amely alkalmas a zárványosság minősítésére szolgáló K-mold próbatesten a töréshez tartozó maximális forgatónyomaték mérésével az objektív kiértékelés megvalósítására [6].

A kifejlesztett eljárás más ismert zárványtartalom meghatározási megoldáshoz képest számszerű, objektív eredményt szolgáltat rövid idő alatt, ezáltal a gyártásközi ellenőrzésre és az olvadék tisztaságának, az előállítási művelet hatékonyságának a megítélésére alkalmas.

A törési forgatónyomaték-vizsgálat módszere és eszköze

A vizsgálat elvégzésére kifejlesztett készülék a K-mold próbatestek geometriai méreteihez és a törési forgatónyomaték mérésének reprodukálható kivitelezéséhez igazodik. A K-mold próbatesteknek a készülékben történő törésénél az alátámasztási (rögzítési) pont a beszüktetés síkjában a próbatest alja és ezzel azonos a nyomatékmérés forgási tengelye (1. ábra). A K-mold próbatest eltörését törővilla elforgatásával végezzük. Ennek fontos eleme a törőhenger, melynek kialakítása és forgásponttól mért távolsága a K-mold próbatest geometriai méretéhez igazodik és lehetővé teszi a beszüktetési helyeken a törés létrehozásához az azonos körülményeket és terhelő erő vonal menti eloszlását.

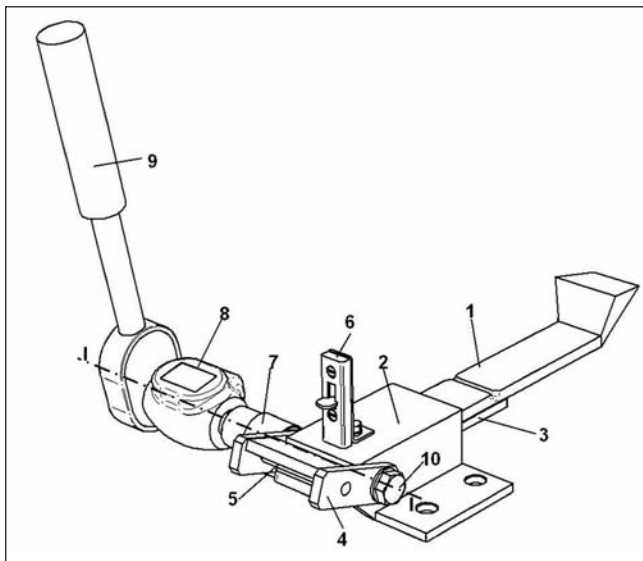
A vizsgálat elvégzésére kereskedelmi forgalomban beszerezhető nyomatékmérő műszert, kapcsolóelemet és hajtókart alkalmazunk, melyek célszerű megválasztása biztosítja a törési forgatónyomaték átvitelét a próbatestre.



■ 1. ábra. A K-mold próbatesten a törési forgatónyomaték mérésére kifejlesztett készülék metszeti rajza. Jelölések: 1 – Próbatest, 2 – Készülékház, 3 – Alátámasztó lap, 4 – Törővilla, 5 – Törőhenger, 6 – Pozicionáló, I – I Forgástengely

A K-mold próbatest befogására szolgáló készülékház és a törővilla kialakítása saját fejlesztés, melyek a vizsgálat reprodukálható megvalósítását szolgálják (2. ábra). A törési forgatónyomaték mérésnél alkalmazott törővilla a törési (bevágott) helytől 30 mm távolságban, azzal párhuzamosan a hengeres törőrúddal hozta létre a terhelést.

Az öntészeti alumíniumötvözetekben lévő és a K-mold próba beszüktetési helyein megtapadó zárványok csökkentik a törési felületben a terhelést elviselő keresztmetszetet, ezáltal csökkentik a töréshez tartozó forgatónyomatékokat.



■ 2. ábra. A K-mold próbatesten a törési forgatónyomaték mérésére kifejlesztett készülék. Jelölések: 1 – Próbatest, 2 – Készülékház, 3 – Alátámasztó lap, 4 – Törővilla, 5 – Törőhenger, 6 – Pozicionáló, 7 – Kapcsoló elem, 8 – Nyomatékmérő műszer, 9 – Törőkar, I – I Forgástengely

A kifejlesztett törési nyomatékmérési eljárás olyan adatot szolgáltat, amely alapján következtetni lehet adott ötvözet esetén az olvadék zárványosságára. Az eltérő kémiai összetételű ötvözetek eltérő szilárdsági tulajdonságai alapján a törési nyomatékmérési eljárás alkalmas a zárványmentes ötvözet tulajdonságainak megismerésére is.

A kifejlesztett eljárás jellemző felhasználási területe az olvadék zárványtartalmának csökkentésére irányuló gyártásközi művelet (pl. rotoros olvadéktisztító kezelés) hatékonyságának minősítése a beavatkozás előtti és utáni olvadékból vett K-mold próbatestek törési nyomatékának összehasonlítása alapján.

A minősítési eljárás megkezdése előtt először az általánosan használt K-mold kokillába próbatesteket öntünk, melyek alkalmasak a beszüktetett keresztmetszetről a formatöltés közben a zárványok megtapadására. Ezt követően alkalmazzuk a törési nyomaték vizsgálatára kifejlesztett készüléket és meghatározzuk, hogy az olvadék előállításának különböző műveleteinél hogyan változik a K-mold próba töréséhez tartozó forgatónyomaték.

Kísérleti körülmények

A vizsgálatok alapanyaga autóiipari kokillaöntéshez használt AlSi7Mg (A356LP), AlSi7MgCu0,5 (A356Cu) és AlSi8Cu3 (A319-LFe) üzemi ötvözet olvadékok voltak, melyek kémiai összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A kokillaöntészeti ötvözetek kémiai összetétele

Elemek [%]	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	Egyéb	Al
AlSi7Mg	7,32	0,10	0,01	0,069	0,235	0,0104	0,1158	0,0186	0,011	92,12
AlSi7MgCu0,5	6,85	0,14	0,48	0,065	0,387	0,0133	0,1095	0,0213	0,014	91,93
AlSi8Cu3	9,16	0,48	2,39	0,367	0,285	0,4900	0,0860	0,0183	0,108	86,61

A gázfűtésű Striko kemencében történő olvasztást követően a kihordóüstbe csapolt olvadékot az 1200 kg kapacitású téglés hőtartó kemencébe átöntötték és ezt követően rotoros olvadékezelést alkalmaztak. Az AlSi7MgCu0,5 ötvözet gáztalanító kezelésének elején a zárányosságot csökkentő sógranulátumot (COVERAL MTS 1533) adagoltak a fémfürdőbe a rotor gyors forgatása közben a hatékony bekeverés megvalósítására. Az AlSi7Mg és AlSi8Cu3 ötvözetek olvadékezelésénél sóadagolás nem volt. A nitrogén gáztalanítás teljes időtartama sókezeléssel gáztalanított AlSi7MgCu0,5 ötvözet esetén 9 perc volt. Sóadagolás nélküli kezeléssel történő gáztalanítás során az AlSi8Cu3 ötvözet esetében 12 perc, az AlSi7Mg ötvözet esetében pedig 35 perc volt.

Megvizsgáltuk az olvadékezelés részmuveleteinél az olvadék K-mold próbával kimutatható zárányosságát és a törési forgatónyomatékot. Minden műveletnél öt K-mold próbatestet öntöttünk, melyek záránytartalmát és a töréshez tartozó forgatónyomatékot vizsgáltuk.

Kísérleti eredmények

A K-mold próbatestet beszőkítési helyéhez tartozó törési forgatónyomaték értékét nemcsak az ott megapadt zárányok, hanem a megszilárdulás és lehülés helyi hőmérséklet-viszonyai is befolyásolják. A beömlőhöz közeli beszőkítési helyen nagyobb az ott megszilárduló olvadék hőtartalma, mint a beömlőtől legtávolabb lévónél. Az 1. táblázatban lévő ötvözetekből öntött K-mold próbák törési forgatónyomaték átlagértékeinek a törési helyhez tartozó eredménye a 2. táblázatban található.

2. táblázat. A kokillaöntészeti ötvözetek törési forgató nyomaték átlagértékei a K-mold próba törési helyeinél

AlSi7Mg	T4	T3	T2	T1
Hőtartó kemencéből gáztalanítás előtt	34,0	33,0	31,0	32,4
Hőtartó kemencéből gáztalanítás után	33,9	33,7	31,7	34,0
15 perces pihentetés után	33,0	32,5	31,1	32,5

AlSi7MgCu0,5	T4	T3	T2	T1
Hőtartó kemencéből gáztalanítás előtt	34,7	34,1	31,0	33,8
Hőtartó kemencéből gáztalanítás után	35,6	35,0	31,1	33,1
15 perces pihentetés után	36,4	35,8	31,8	35,1
Öntőkádból	34,0	33,2	30,6	31,2

3. táblázat. A vizsgált ötvözeteknél mért törési forgatónyomatékok

Törési nyomaték, Nm	Átlag	MIN	MAX	Szórás	Vált %
AlSi7MgCu0,5 sókezelés	30,5	26,7	41,5	3,0	9,9
AlSi8Cu3 gáztalanítás	32,0	26,8	37,7	3,3	10,3

A beömlőtől legtávolabb (T1) lévő beszőkítési helyen gyorsabb a megszilárdulás és a lehülés, mint a legközelebbi (T4) helyen. A legkisebb a törési forgatónyomatékok átlagértéke a T3 beszőkítési helyen. A törési helyekhez tartozó körülmények eltérése miatt a kiértékelést a két középső, T2 és T3 törési helyekhez tartozó értékek átlaga alapján végeztük el.

A 3. táblázatban az eltérő összetételű és eltérő olvadékezelési technológia szerinti ötvözetek esetén az öt próbatestet törési forgatónyomatékának eredményei láthatók.

A MIN és MAX érték az azonos olvadékból öntött K-mold próbák összes törési helyéhez tartozó szélsőérték, a Vált % a változékonyság, mely a szórás aránya %-ban az átlagértékhez viszonyítva.

A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy törési forgatónyomaték legnagyobb és legkisebb értéke az átlagnak a felét kitevő intervallumban változik, ezáltal alkalmas az olvadék minőségének a megítélésére.

Vizsgálatot végeztünk az olvadékezelés műveleteihez tartozó zárányosság és törési forgatónyomaték-eltérések kimutatására. A rézmentes és rezes AlSi7Mg ötvözet esetén K-mold próbatestet öntöttünk a zárányosság K-értékének és törési forgatónyomatékának meghatározására. Az olvadékezelés technológiai műveleteihez tartozó eredményeket a 4. táblázat tartalmazza.

Az AlSi7Mg ötvözet esetén a zárányosság K-mold átlagértékek a gáztalanító kezelés után nagyobbak, mint előtte és a pihentetés után, továbbá nagy a változékonysága a szubjektív minősítés miatt. A törési forgatónyomaték-értékek változása az olvadékezelés műveleteinél nem követi a K-mold átlagértékekét, a legnagyobb értékek a gáztalanító kezelés utáni olvadékhoz tartoznak.

Az AlSi7MgCu0,5 ötvözetnél a K-mold átlagértékek kicsik, ami az olvadék nagy tisztaságára utal a gáztalanító kezelést követő műveleteknél. Ezzel megegyező a törési forgatónyomaték-értékek változása, a rézmentes ötvözetekhez képest nagyobb értékekkel.

Nyomásos öntészeti ötvözetek törési forgatónyomatékának vizsgálata

A nyomásos öntészeti ötvözetek olvadékainak zárányosságot csökkentő kezelése egyre nagyobb jelentőségű az autópári ismétlődő

4. táblázat. Az olvadékkezelés műveleteinél mért törési forgató nyomatékok és K-értékek

AlSi7Mg 356LP	Törési nyomaték, Nm					K-mold zárányosság			
	Átlag	MIN	MAX	Szórás	Vált %	Átlag	MAX	Szórás	Vált %
Hőntartó kemencéből gáztalanítás előtt	32,0	26,3	38,4	2,5	8,0	0,9	5,0	0,8	91,8
Hőntartó kemencéből gáztalanítás után	32,8	26,6	42,2	2,6	7,9	1,6	4,3	1,0	62,5
15 perces pihentetés után	31,8	25,9	39,5	2,3	7,3	1,1	2,0	0,5	41,9

AlSi7MgCu0,5 356Cu	Törési nyomaték, Nm					K-mold zárányosság			
	Átlag	MIN	MAX	Szórás	Vált %	Átlag	MAX	Szórás	Vált %
Hőntartó kemencéből gáztalanítás előtt	32,6	26,3	37,9	3,2	9,7	1,6	4,3	1,0	60,5
Hőntartó kemencéből gáztalanítás után	33,0	27,6	38,5	3,1	9,4	0,1	0,3	0,1	146,4
15 perces pihentetés után	33,8	26,8	42,6	3,8	1,3	0,2	0,8	0,2	117,6
Öntőkádból	31,9	26,5	36,3	2,4	7,6	0,7	1,3	0,4	51,8

terhelésnek kitett ötvények esetén. Különösen veszélyes az oxidzárványok olvadékba keveredése az adagoló kanál vagy a vályú faláról, mert a lemezes szerkezetű oxidok felületén nincs fémes kötés, légrés jellegű szilárdságcsökkenő helyeket képeznek a szerkezetben.

A nyomásos öntészeti ötvözetek olvadékkezelésének nem célja az oldott hidrogéntartalom előírt minimális értékre csökkentése, ugyanis a megszilárdulás közben ható több száz bar fémmre ható nyomás hatására az oldott hidrogén kiválása közben az atmoszférikus nyomáson 0,8-1,3 vol% hidrogén összepréselődik és a térfogata a formatöltés közben bezáródó levegőbuborékokhoz képest elenyésző arányú. Ezért a nyomásos öntészeti ötvözetek olvadékkezelésének általában nem része az oldott hidrogéntartalom lecsökkentéséhez szükséges viszonylag hosszú időt (6-10 perc) igénylő nitrogénátbuborékoltatás. Az olvadékkezelés minősítésére használt sűrűségindex próba eredménye a hidrogéntartalom változását mutatja, a záránytartalom csökkenésének hatékonyságát nem mutatja.

A nyomásos öntészeti ötvözetek olvadékkezelése egy hatékony sóadagolásos intenzív átkeverésből áll, mely rövid idejű (3-6 perc) és az olvadék oxidos zárányainak eltávolítására irányul. Az üstkezelő berendezésen nincs terelőlapát és az olvadék felszíne tölcser alakú a rotor nagy fordulatszámú (350-380 fordulat/perc) forgatása közben (3. ábra).



■ **3. ábra.** A nyomásos öntődében alkalmazott sóadagolásos üstkezelés közben kialakuló olvadékfelszín

5. táblázat. Nyomásos öntészeti ötvözetek törési forgatónyomatéka

	Törési nyomaték, Nm	Átlag	MIN	MAX	Szórás	Vált %
		AlSi12Cu1Fe	Striko olvasztó kemencéből	25,1	21,8	27,5
	Üstből a kezelés után	21,5	19,4	24,7	2,0	9,1
	W Hőntartó kemencéből	20,7	18,4	23,8	1,5	7,1
AlSi9Cu3Fe	Striko olvasztó kemencéből	22,3	19,7	26,7	1,8	7,9
	Üstből a kezelés után	21,5	14,9	27,9	3,4	15,7
	T Hőntartó kemencéből	21,5	18,0	24,0	2,1	10,0

Vizsgálatot végeztünk különböző összetételű nyomásos öntészeti ötvözetek olvadékainak előállításánál a zárányosság törési forgatónyomaték mérési módszerrel történő minősítésére. Az egyik nyomásos öntődében AlSi12Cu1Fe (D231) és AlSi9Cu3Fe (D226) ötvözetekből autóiipari ötvényeket gyártanak és a gázfűtésű Striko kemencében olvasztott fémet sóadagolásos rotoros üstkezeléssel tisztítják. Az üstkezelésnél alkalmazott gáz Ecodeidral, a sókeverék típusa EBA-Al98, mennyisége 120 g a 200 kg olvadékhoz. K-mold próbákat öntöttünk az olvadék előállításának részműveleteinél és a törési forgatónyomatékokat a kidolgozott módszerünkkel vizsgáltuk. A műveletenkénti öt próbatest mérési eredményeit az 5. táblázat tartalmazza.

A vizsgált nyomásos öntészeti ötvözetekből öntött K-mold próbatestek törési forgatónyomaték-értékei a kokillaöntészeti ötvözetekénél lényegesen kisebbek. Ennek oka a nagyobb vastartalom, melyből az előmelegített K-mold kokillában megszilárdulás közben durva szemcseméretű és lemezes szerkezetű vastartalmú komplex vegyületfázis képződik. A K-mold próbatest öntése a W hőntartó kemencéből az olvadékot a tisztítóajtó nyílásán vettük ki, mely minőségében nem azonos az adagoló által a kamrába juttatott olvadékkal. A T hőntartó kemence tégelyes, villamos fűtésű és nyitott fedelű volt.

A gravitációs kokillaöntészeti és a nyomásos öntészeti ötvözetekből öntött K-mold próbatesteken mért törési forgatónyomaték-eredmények átlagértékeinek összehasonlítását a 4. ábra mutatja. A nyomásos öntészeti olvadékoknál a kezelés után öntött próbák törési nyomatéka kisebb a Striko olvasztó kemencéből csapolt olvadékéhoz képest, ami a sókeverék nem megfelelő bekeverésével hozható kapcsolatba. A teletöltött kihordóüst és lassú rotorfordulatszám esetén a tölcserképződéses olvadékfelszín nem hozható létre és ezáltal a sókeverék oxideltávolító hatása sem hatékony.

A nyomásos öntődékben egyre nagyobb arányban alkalmaznak zártterű Westofen típusú hőntartó kemencéket, melyekből az olvadék adagolása a túlnyomásos szifonból a kamrába lejtős vályúban történik. A vályú alján az olvadék lefolyása után oxidhártya-tapadvány marad, ha ennek megakadályozására olvadéktaszító fekecselést nem használnak. Az oxidhártya a vályúban hosszú, kardjellegű, mely a következő adagolt olvadékba bemosódik, bekeveredik, és így az oxidos olvadék formaüregbe juttatása üzemszerűen megvalósul.

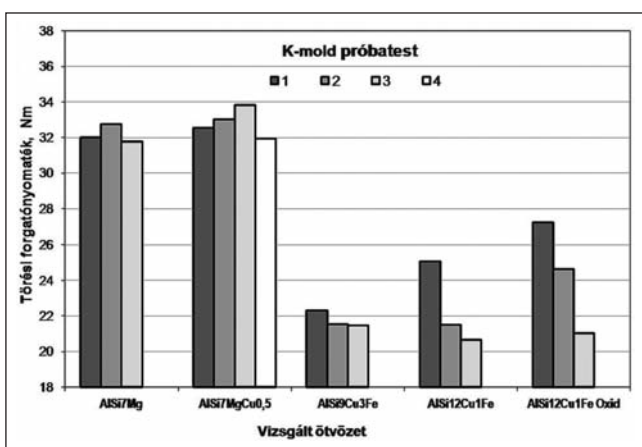
A vályú olvadéktaszító fekecselése nélküli működtetés esetén az oxidos tapadványt a gépkezelő veszi ki a vályúból minden adagolás előtt.

Megvizsgáltuk az oxidos tapadvány bekeveredésének a hatását a törési forgatónyomaték változására AlSi12Cu1Fe (D231) ötvözet esetén. A Westofen hőntartó kemencét megemelték olyan magasra, hogy a vályú alja és a kamra között elfért az adagolt olvadék mennyiségéhez igazodó méretű kézi öntőkanál, amelybe csapolt olvadékból öntöttünk K-mold próbatesteket.

A tapadvány oxidosságát befolyásoló hatásának vizsgálatára öntöttünk olyan olvadékból K-mold próbatesteket, melyeknél a vályúból kivettük az oxidos tapadványt, valamint az üzemi viszonyok szerint bennhagytuk a tapadványt, és öntöttünk olyan próbatestet is, amelynél a vályúba még egy (korábban kivett) tapadványt hoztattunk.

Az üzemi oxidos olvadék törési forgatónyomaték átlagértéke 10%-kal, a dupla oxidosé 25%-kal kisebb az oxidos tapadvány nélküli olvadéknál. Az oxidos tapadvány nélküli és a dupla oxidos olvadékból öntött K-mold próbatestek törési felületéről készített sztereomikroszkópos felvételek az 5. ábrán láthatók. A dupla oxidos próbatest beszűkítési helyeinek környezeténél láthatók az oxidhártya élei az öntött felületen, mert a vályúból a kanálba csapolás után a teljes bekeveredés még nem alakult ki.

A K-mold próbatestek törési forgatónyomatékát a vizsgált ötvözet szilárdsági tulajdonságai és a K-mold próbatest beszűkítési helyén a törési ellenállást csökkentő inho-



4. ábra. A törési forgatónyomaték átlagértékeinek változása a vizsgált öntészeti ötvözetek olvasztási műveleteinél a jelölések: a kokilla-öntészeti AlSi7Mg, AlSi7MgCu0,5 ötvözeteknél 1 – kezelés előtt, 2 – kezelés után, 3 – a kezelést követően 15 perc után a hőntartó kemencéből, 4 – az öntőkanálból. Az oxidos olvadék vizsgálatánál a jelölések: 1 – oxidmentes vályúval adagolva, 2 – üzemi (egy oxid a vályúban) olvadék, 3 – dupla oxid a vályúban



5. ábra. Az üzemi (a) és dupla oxid (b) technológiával öntött K-mold próbatestek törési felületéről készített sztereomikroszkópos felvételek

mogenitások előfordulása együttesen befolyásolja. A beszűkítési helyeken a törési forgatónyomaték eltérését befolyásolják a K-mold próbatest eltérő hőmérsékletviszonyai is a megszilárdulás és a lehűlés közben. Ezért a K-mold próbatestek törési forgatónyomatékának mérési módszere statisztikai kiértékelésre alkalmas számú próbatest mérési eredménye alapján használható.

Összefoglalás

A K-mold próbatestek törési nyomatékának vizsgálati eljárása és készüléke a tesztelési kísérletek eredményei alapján alkalmas az öntészeti alumíniumolvadékok előállításához tartozó műveletek és az olvadéktisztaság minősítésére.

A K-mold próbatestek törési forgatónyomatékának meghatározása lehetővé teszi a nyomásos öntődék sóadagolásos rotoros olvadéktisztítási művelet hatékonyságának és működtetési paramétereinek optimalizálását, valamint a sókeverék típusának és mennyiségének meghatározását.

A Westofen hőntartó kemencékből az olvadék vályús adagolása közben kialakuló oxidhártya elkerülése megfelelő fekecseléssel vagy az oxidhártya eltávolításával fontos az oxidos hibák kialakulásának megelőzése érdekében.

A K-mold zárányosság értékek és a törési forgatónyomaték közötti összefüggés meghatározása további vizsgálatok elvégzését igényli.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Nemark Győr Alumíniumöntőde Kft., a CERTA Zárnyártó, Présöntő és Szerszámkészítő Kft. és a ZIEHL-ABEGG Motor- és Ventilátorgyártó Kft. munkatársainak a kísérletek elvégzéséhez nyújtott segítő támogatásért és a szakmai lektoroknak a hasznos javaslaikért.

Felhasznált irodalom

- [1] S. Kitaoka: Evaluation of the melt cleanliness by K mold test, Light Metals 2001, 40th Annual Conference of Metallurgists of

- CIM (COM 2001), August 26-29, 2001, Toronto, Ontario, pp.13-24 (ISBN 1-894475-12-7).
- [2] Mile B. Djurdjević, Zoran Odanović, Jelena Pavlović-Krstić: Melt Quality Control At Aluminum Casting Plants, Association of Metallurgical Engineers of Serbia AMES Scientific paper UDC: 621.747:669.71 <https://www.dykast.com/user/products/3159-pdfs-3-file.pdf>
- [3] Friedrich Klein: Universalprüfmaschine Twist-Control zur Messung der Schmelzequalität vor dem Abgießen, <https://www.twist-control.de/>
- [4] G. Gyarmati, Gy. Fegyverneki, T. Mende, M. Tokár: The Effect of Fluxes on the Melt Quality of AlSi7MgCu Alloy, International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS) Vol. 4. (2019). No. 1 DOI: 10.21791/IJEMS.2019.1.46. https://www.researchgate.net/publication/331881356_The_Effect_of_Fluxes_on_the_Melt_Quality_of_AlSi7MgCu_Alloy
- [5] Szombatfalvy Anna Ágnes: Járműipari öntészeti AlSi-ötvözetek tulajdonságainak vizsgálata PhD-értekezés Miskolci Egyetem 2012. http://193.6.1.94:9080/JaDoX_Portlets/documents/document_t_13776_section_5945.pdf
- [6] Dúl Jenő, Fegyverneki György, Dúl Róbert: Inhomogén anyagokból készített próbatestek szilárdsági tulajdonságának minősítése a töréshez tartozó forgatónyomaték mérésével P 19 00378 számú szabadalmi bejelentés; Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő 126. évfolyam 10. szám, 2021.05.28. P109-P110 oldal. https://www.sztnh.gov.hu/sites/default/files/kiadv/szkv/202105b-pdf/B_02_Szab_kozzetetel_10_2105.pdf

HUDÁK HENRIETTA – VARGA LÁSZLÓ

Bentonitos homokkeverékek granulometriai tulajdonságainak és gázáteresztő képességének vizsgálata

Az öntődei homok a homokkeverékek fő összetevője, amelyből formát vagy homokmagot készítenek. A homokszemcsék granulometriai tulajdonságai jelentősen meghatározzák a formák vagy a homokmagok jellemző szilárdsági tulajdonságait vagy gázáteresztő képességét. Vizsgálatunk során különböző típusú öntődei kvarchomokok használatával nedves bentonitos homokkeverékekből készített szabványos hengeres próbatestek tulajdonságait jellemeztük egy új minősítő módszer alkalmazásával és vizsgáltuk meg ennek kapcsolatát a formázókeverékek gázáteresztő képességével.

1. Bevezetés

A formák és a homokmagok gázteresztő képessége több szempontból is fontos paraméter. Öntés közben az olvadék gyors áramlása miatt levegőbezáródás alakulhat ki. Ha nincs megfelelő gázelvezetés, akkor a formaüregbe bezáródott levegő miatt porozitás keletkezhet a megszilárdult öntvényben. A levegő vagy gázbezáródásoknak másik lehetséges forrása az olvadék nagy hőmérsékletének hatására a formából vagy a homokmagból felszabaduló gáz. Gázfejlődés lehetséges egyrészt a forma és a homokmag nedvességtartalmából, amely 100 °C felett elpárolog, valamint a nagy hő hatására a kötőanyag komponenseinek bomlásából, másrészt pedig lehetséges acél vagy öntöttvas öntés esetén a határfelületen lejátszódó reakciók eredményeképpen keletkező gázokból. A megfelelő gázelvezetéssel (légzőfuratokkal vagy a homokmagon keresztül) megakadályozható a kialakult öntvényhiba, azonban előfordulhat, hogy ezek a gázok hirtelen

olyan nagy mennyiségben keletkeznek, hogy nincs elégséges idő vagy tér ahhoz, hogy megfelelően elvezetődjenek. A homokmagok belsejében megnövekedett nyomás alakulhat ki, aminek következtében gázbuborékok juthatnak az olvadékba, ezért a porozitás és a gázáteresztő képesség vizsgálata elengedhetetlen az ilyen típusú öntvényhibák elkerülése végett [1–2].

A formák és a homokmagok porózus anyagok, porozitásuknak mértéke számos tényezőtől függhet. A porozitás-csökkenés, azaz a térfogatsűrűség-növekedés a homokszemcsék granulometriai jellemzőinek, azaz a homokszemcsék alakjának, méretének, szemcseméret-eloszlásának, valamint a kötőanyag mennyiségének, a tömörítés mértékének; bentonitos formázókeverékek esetén a víz- és iszaptartalomnak, valamint az adalékanyagok mennyiségének függvénye. A forma vagy mag tömörsége, a tömörítés mértéke, a forma térfogatsűrűségével vagy porozitásával, illetve a vele arányos gázáteresztő képességgel jellemezhető [2–5].

Hudák Henrietta 2016-ban MSc kohómérnöki diplomát szerzett öntészet szakirányon, majd 2020-ban abszolutóriumot a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolában. Jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Öntészeti Intézetében tudományos segédmunkatárs. Kutatási területe az öntődei formázó- és maghomokkeverékek granulometriai, valamint szilárdsági tulajdonságainak vizsgálata.

Dr. Varga László öntészeti szakirányos kohómérnöki oklevelét 1999-ben szerezte a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán, majd doktori disszertációját 2003-ban védte meg. 2014-ben tért vissza a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karára, ahol 2015 óta az Öntészeti Intézet igazgatója.

2. A gázáteresztőképesség-mérés elve

A gázáteresztőképesség-mérés az egyik leggyakrabban alkalmazott forma vagy homokmag minőség-ellenőrzési vizsgálatok egyike. A gázáteresztő képesség vizsgálatára minden olyan berendezés alkalmas, amely levegőt nyom vagy szív át a tömörített próbatesten és/vagy a próbatestbe, amely lehetővé teszi a levegőmennyiség, a nyomáskülönbség és az átáramoltatási idő mérését. Korábban merülőharangos eljárással történt a tömörített próbatestek gázáteresztő képességének mérése. Napjainkban elektromos, centrifugál ventilátorral felszerelt berendezések biztosítják a szükséges levegőnyomást.

A gázáteresztő képesség vizsgálatának elve azon alapul, hogy a párhuzamos homlokfelületű, tömörített, hengeres próbatesten átáramló levegő térfogata, térfogatárama függ a próbatest keresztmetszetétől, a véglapokon fennálló nyomáskülönbségtől, a levegő átáramlásának időtartamától és a homoktest fajlagos gázáteresztő képességétől, valamint a homoktest magasságától. A gázáteresztő képesség számítása az alábbi képlettel írható le:

$$G_k = \frac{V \cdot h}{A \cdot p \cdot t} \quad (1)$$

ahol, G_k : a próbatest gázáteresztő képessége [–], V : a próbatesten átáramló levegő térfogata [cm^3], h : a próbatest magassága [cm], A : a próbatest keresztmetszete [cm^2], p : a próbatest véglapjainál fennálló nyomáskülönbség [cm v.o-ban], t : a levegő áramlásának időtartama [min] [7–9].

2. 1. A gázáteresztőképesség-mérés menete

A gázáteresztő képesség (G_k) vizsgálata során a szabványos $\varnothing 50 \times 50$ mm-es hengeres próbatesten állandó nyomás mellett (100 mm vízoszlopnak megfelelő nyomás, 1 kPa) levegőt áramoltatunk át. A próbatesten átáramló levegőtér fogatnak csak egy bizonyos hányada áramlik át a porózus anyagon. Mivel a homokkeverékből álló próbatest porózus anyag, zárt és nyitott pórusokat tartalmaz, ezért a próbatest alatt dinamikus nyomásesés jön létre. A próbatest másik végén kilépő levegő térfogata kisebb, mint a beáramló, mivel adott mennyiségű levegő a próbatestben marad. Egy bizonyos idő eltelté után a próbatest alatt a dinamikus nyomásesés állandósul. A kialakult nyomáskülönbség értékét az elektromos mérőkészülék átkonvertálja, és a gázáteresztő képesség a nyomásmérő megfelelő skálájáról közvetlenül olvasható (1. ábra).

A mérés során a meghatározott mennyiségű vizsgálandó homokkeveréket a döngölőhüvelybe kell mérni 1,0 g pontossággal, majd kézi döngölőberendezést alkalmazva három döngölőütéssel tömörített próbatest készíthető megengedett mérethatárok közötti magassággal (50 ± 1 mm). Próbatest készíthető adott nyomású tömörítő berendezéssel is. A formázókeverékek gázáteresztő képesség mérésének esetében az elkészített próbatestet a döngölőhüvelyben kell hagyni és a hüvelyt a mérőberendezés légmentesen záródó hüvelyülékére kell helyezni, ezután elvégezhető a mérés. A műgyantakötésű megszilárdított hengeres próbatesten a gázáteresztőképesség-mérés az erre a célra szolgáló felfújható bélésű hüvelybe helyezve végezhető el [10].



■ 1. ábra. DISA-típusú elektromos gázáteresztőképesség-mérő berendezés, mellette a homokmagok befogására szolgáló felfújható bélésű hüvely

A kész formák és a homokmagok felületi gázáteresztő képességének mérésére is lehetőség van. A felületi gázáteresztő képesség a forma vagy a homokmag falára helyezett speciális vizsgálófej segítségével történik. A fejből állandó nyomású levegő áramlik ki, amely a forma vagy a homokmagon áthatol. Hasonlóan, mint a hengeres próbatest esetében a mérőműszer fejében a nyomáskülönbség változik, ami a gázáteresztő képességet határozza meg. A mért gázáteresztőképesség-érték a készülék nyomásmérőjéről – hasonlóan, mint a szabványos próbatestek esetében – közvetlenül olvasható [9].

3. A vizsgálati anyagok bemutatása

Vizsgálataink során az elkészített próbatestek gázáteresztő képességét vizsgáltuk meg hagyományos módszerrel, valamint az általunk bevezetni kívánt, új minősítő rendszer alkalmazásával. Formák és homokmagok esetében az egyik legfontosabb tulajdonságokat befolyásoló paraméter a homokszemcsék alakja. A homokszemcse alakja a kötőerősségen túl lényegesen befolyásolja a keverék tömöríthetőségét és ezen keresztül a gázáteresztő képességét is. További igen fontos tényező a szemcseméret, valamint a felületi minőség. Vizsgálatainkhoz olyan homoktípusokat választottunk, amelyek granulometriai tulajdonságaik alapján nagyon hasonlóak, azonban felületi minőségükben eltérőek. Méretszerinti frakciókra (durva: 540–300 μm , közepes: 300–220 μm , finom: 220–110 μm) bontással pedig az eltérő szemcseméretet értük el. Így a heterogén szemcse szerkezet kedvezőtlen befolyásoló hatása is kizárható.

A méréseinkhez a GBM 45 típusú kvarchomokra esett a választás. Az európai kvarchomokkal szemben számos előnye van, egységesebb felületi minőség és simább szemcsefelület mellett jó regenerálhatóság jellemzi [11]. Emellett választottunk összehasonlításához egy európai kvarchomokot, az SH 33 típust. A szemcsék kedvező alakja (erősen gömbölyített), ezáltal ebből a homokból készített homokmagok kötőanyagigénye igen kicsi, így használatuk gazdaságos [12].

A kvarchomokok a forgalmazók által meghatározott összetételének és főbb jellemzőinek adatait az 1. táblázat tartalmazza.

A homokok alapvizsgálatát sztereomikroszkópos felvételek készítésével kezdtük a homokszemcsék alakjának

ellenőrzése céljából. A Zeiss Stemi 2000 típusú sztereomikroszkóppal készített felvételeket a 2. ábra szemlélteti.

A két kvarchomok nagyon hasonló a szemcsék alakját tekintve. A felvételek alapján megállapítható, hogy a GBM 45 kicsit gömbölyűbb, kevésbé sarkos, mint az SH 33. A pontosabb összehasonlításhoz további granulometriai alapvizsgálatot, szitaanalízist végeztünk. Az öntödei homokok szemcseméret-eloszlását Fritsch ANALYSETTE 3 PRO vibrációs szita segítségével határoztuk meg. A szabványos lyukbőségű szitasoron az iszaptalanított, száraz homokmennyiséget, 50 g-ot szitáltunk 15 perc szítási idővel és 2 mm-es amplitúdóval. A szítást követően az egyes szitán fennmaradó minta mennyiségét lemérve kéttizedes pontossággal a teljes mennyiség tömegéhez viszonyítva két mérés átlagértékeit ábrázoltuk oszlopdiaagramon, illetve összesített kumulatív görbén, melyet a 3. ábra szemléltet.

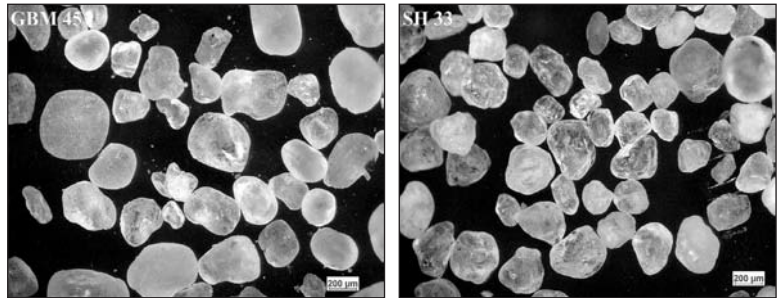
A DIN ISO 3310/ASTM E11 szabvány szerinti szitasorral végeztük el a mérést, annak érdekében, hogy minél pontosabb eredményt kapjunk a homokok szemcseeloszlásáról. A szitasorok szabványos lyukbőségmérteit a 2. táblázat mutatja be.

A szitaanalízisből meghatározható mérőszámok összegzését a 3. táblázat tartalmazza.

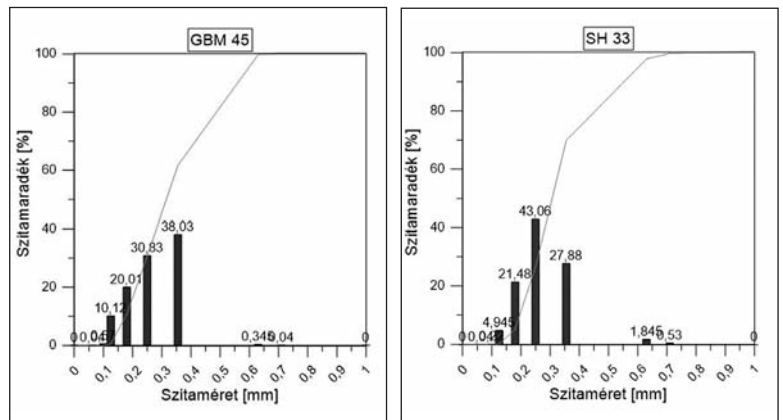
A granulometriai vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgálatokhoz alkalmazott homokok három, illetve négy fő frakcióból állnak és a szemcseméret-eloszlásuk különböző. Az SH 33 kvarchomok a finom szemcséket kisebb mennyiségben tartalmazza a GBM 45 kvarchomokhoz képest. Átlagos szemcseméretet tekintve majdnem azonosak. Finomsági számuk megegyező értékű. Egyenletességi fok esetében a GBM 45 alacsonyabb értékű az SH 33 homokhoz képest. A két kvarchomok mért fajlagos felülete szintén azonos értékű. A két granulometriai szempontból nagyon hasonló kvarchomok esetében a felületi minőség összehasonlítása céljából pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételek készültek a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben. A homokok felületének alaposabb vizsgálatá-

1. táblázat. A vizsgált kvarchomokok összetételének és főbb jellemzőinek adatai [11–12]

Összetétel, %	GBM 45	SH 33
SiO ₂	99,7	93-97
Al ₂ O ₃	0,12	1,50-4,30
Fe ₂ O ₃	0,04	0,07-0,25
K ₂ O	0,02	0,20-0,30
TiO ₂	0,01	0,03-0,15
Na ₂ O	0,01	0,01-0,35
CaO + MgO	0,13	0,16-0,70
Izzítási veszteség, %	0,05	0,20-0,30
Nedvességtartalom, %	0,2	0,5
pH	6,80	6,64
Sűrűség, g/cm ³	2,65	2,6
Halomsűrűség, g/cm ³	1,6	1,56



2. ábra. A GBM 45 és az SH 33 kvarchomokokról készített sztereomikroszkópos felvétel N = 20 ×



3. ábra. A vizsgált homokok szemcseeloszlása oszlopdiaagramon és kumulatív görbén

hoz készített felvételeket a 4. ábra szemlélteti.

A nagy nagyítású képen látható, hogy a GBM 45 típusú öntödei kvarchomok felületén több apró barázda található az SH 33 típusú homok felületéhez képest. Azért kell megjegyezni ezt az érdekességet, mivel a homokot forgalmazó cég a homok jó tulajdonságait a sima szemcsfelületnek tulajdonítja [13–14]. Azonban a SEM-felvételek alapján a sima homokszemcsé (GBM 45) felületén nagy nagyításban látható, hogy sok, kisebb mélyedéssel tarkított.

4. A vizsgálati eredmények ismertetése

A vizsgálathoz adott összetételű homokkeverékeket készítettünk a két eltérő kvarchomok – GBM 45 és SH 33 – frakcióiból (durva, közepes és finom frakciókból). A keverékek azonos előállítási paraméterek mellett készültek, laborató-

2. táblázat. A DIN ISO 3310 és az ASTM E11 szabvány szerinti szitasor méretei

	DIN ISO 3310/ASTM E11 szerinti szabványos szita lyukbőség méretei, µm
1	> 710
2	500
3	355
4	250
5	180
6	150
7	125
8	90
9	< 63

3. táblázat. A szitaanalízis eredményeinek összegzését tartalmazó táblázat

	GBM 45 kvarchomok	SH 33 kvarchomok
Átlagos szemnagyság (diagramból), mm	0,32	0,31
Átlagos szemnagyság (számolt), mm	0,31	0,32
Finomsági szám, –	44	44
Egyenletességi fok, %	52	61
Sarkosság tényező, –	1,29	1,33
Mért fajlagos felület, cm ² /g	115	115
A szemcse alakja	közepesen gömbszerű, lekerekített	közepesen gömbszerű, kissé lekerekített

riumi keverőben (Multiserw Morek féle TYP LM 2c kollerjáros görgős keverőberendezésben) szabványnak megfelelően készítve. A homokkeverékek elkészítéséhez a következő általános receptúrát alkalmaztuk:

- 4% desztillált víz,
- 8% bentonit – BENTOPLAST 30.

(A keverékek sem karboadditívet, sem adalékanyagot nem tartalmaztak.)

A homokkeverékek elkészítését követően 1-2 óra várakozási idő után különböző számú döngölőütéssel (3, 5, 7, és 9) szabványos (50 mm magas, 50 mm átmérőjű) hengeres próbatesteket készítettünk gázáteresztő képesség vizsgálathoz.

A vizsgálati eredményeket hagyományosnak mondható módon az ütésszám függvényében ábrázoltuk, melyet az 5. ábra mutat be.

Látható, hogy a vizsgálati eredmények teljesen megfelelnek a szakirodalomban leírtaknak. A tömörítés növelésével csökken a porozitás, így nő a térfogatsűrűség, ezzel pedig csökken a gázáteresztő képesség. A gázáteresztő képesség a tömörített homok porúsosságával arányos. Korábbi vizsgálatok alapján megállapították, hogy megközelítően érvényes az az összefüggés, hogy azonos térfogatsúlyú (δ) keverékhez arányosan azonos gázátbocsátó

képesség tartozik [3]. Ezt az állítást cáfolják az általunk mért vizsgálati eredmények. A mért gázáteresztő képesség térfogatsűrűség függvényében történő ábrázolásával, melyet a 6. ábra szemléltet jól látható, hogy azonos térfogatsűrűséghez különböző gázáteresztő képesség is tarthat.

A 6. ábra alapján megállapítható, hogy 1,64 g/cm³ térfogatsűrűség-érték adódott három homokkeverék esetében a közepes frakciójú GBM 45 öt ütéssel, a közepes frakciójú SH 33 kilenc ütéssel és a finom frakciójú SH 33 kilenc ütéssel készített próbatesteknél. Ezen próbatestek esetében a gázáteresztő képesség pedig

30–100-ig változik. A valóságban olyan eset valóban előfordul, hogy azonos térfogatsűrűség érhető el különböző tömörítéssel készített próbatestek esetében, amelyek azonos szemcseméretű, de eltérő fajlagos felületű homokból készültek. Valamint azonos tömörítéssel készített, de eltérő szemcseméretű homokkal is elérhető azonos térfogatsűrűség.

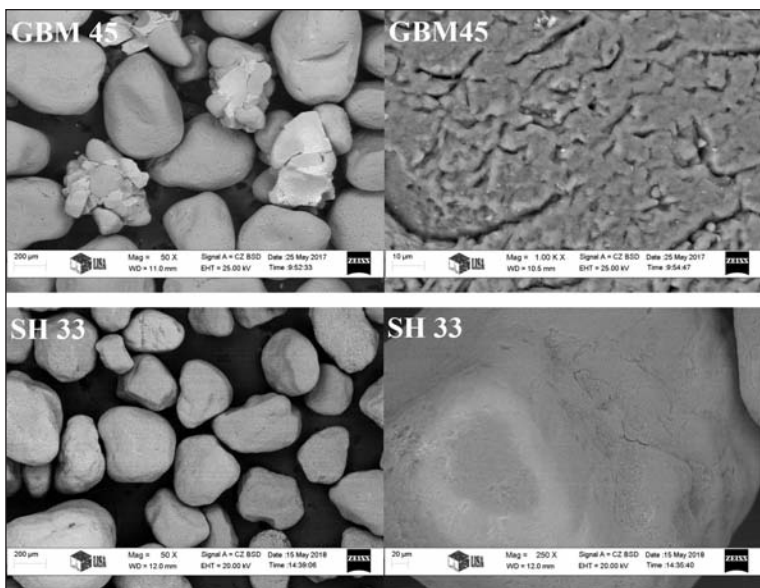
Ha a két különböző homoktípus közepes frakciójának három döngölő ütéssel tömörített próbatestjeinek, valamint a durva frakciók kilenc ütéses próbatestjeinek esetében összehasonlítjuk az eredményeket láthatjuk, hogy eltérő térfogatsűrűség mellett azonos gázáteresztőképesség-érték jellemző. Az azonos gázáteresztő képesség abból adódik, hogy bár a különböző homoktípusok esetében a szemcsék alakja eltérő, mivel azonos méretre bontottuk őket, így az érintkezési pontok száma mindkét homok esetében közel azonos. Mivel alakjukban különböznek, ennek következtében eltérően tömörödnek és így térfogatsűrűségük is eltérő. Ugyanakkor a szemcseméret-különbség (durva és közepes) és a tömörítésselérés (három vagy kilenc döngölésszám) kompenzálódik, így elérve azonos porúsosságot, azaz azonos gázáteresztő képességet, de eltérő térfogatsűrűséget.

Annak érdekében, hogy egyszerűbb összehasonlítási alap álljon rendelkezésre, mely alapján a mérési eredmények könnyebben értelmezhetőek, új minősítő módszer alkalmazásával értékeltük ki az eredményeket.

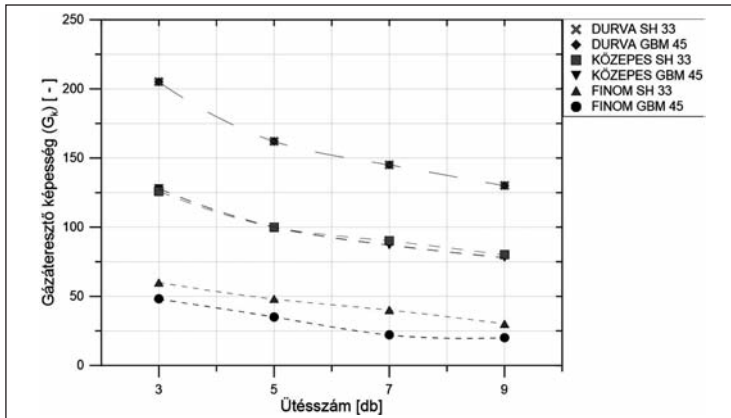
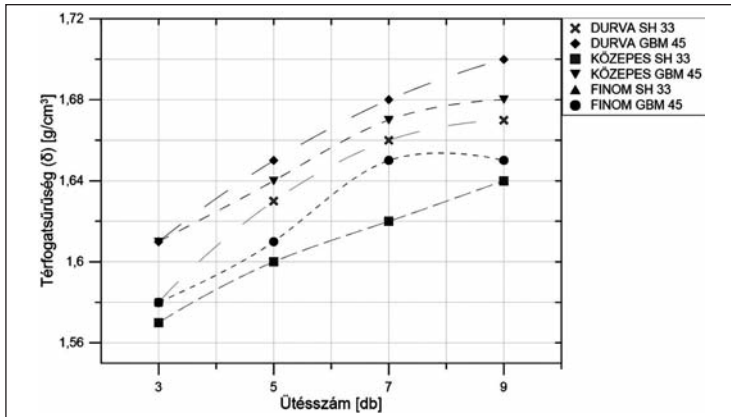
5. Az új minősítő módszer bemutatása

Az új minősítő módszer alkalmazásával, amely minősítés a Homokmag Minőségindex minősítő szám (CQ_i – Core Quality Index) bevezetésén alapul; a homokmagok granulometriai tulajdonságaival összefüggő jellemzői, egy számmal – értékkel – leírhatóak. A minősítés lényege, hogy egy mérőszámban megtalálható a homokmagban lévő homok térfogata, a teljes homokmennyiség felülete és az anyagsűrűségtől független térkitöltöttsége. Ezáltal alkalmas a homokmag tulajdonságainak a komplex minősítésére.

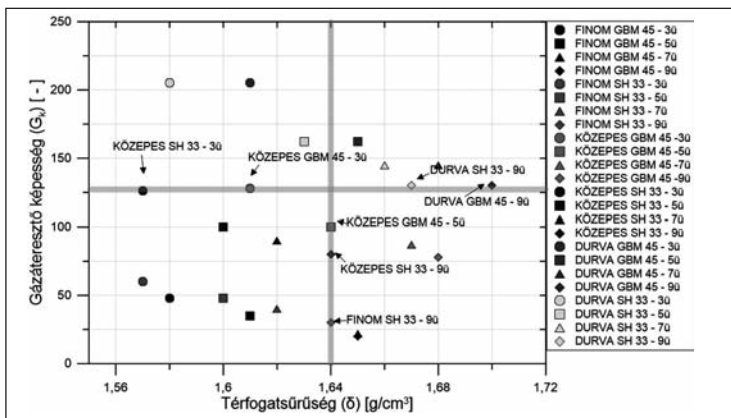
A Homokmag Minőségindex (CQ_i – Core Quality Index) meghatározása a következőképpen történik:



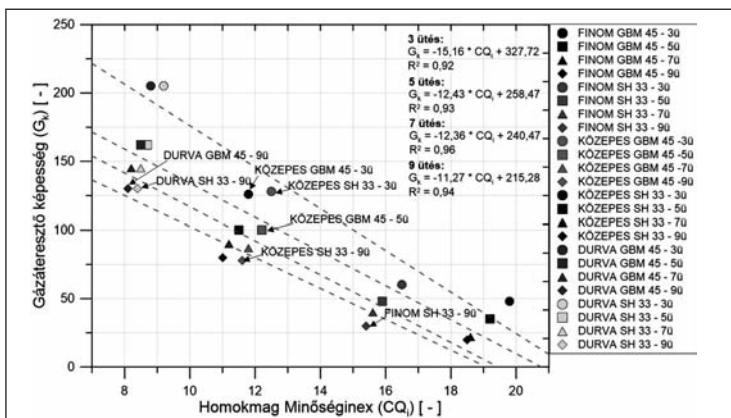
4. ábra. A kvarchomokokról készített elektronmikroszkópos (SEM) felvétel; GBM 45 N=50 ×, N=1000 ×; és SH 33 N=50 ×, N=250 ×



5. ábra. A vizsgált homokkeverékekből készített próbatetek térfogatsűrűsége és mért gázáteresztő képessége az ütőszám függvényében



6. ábra. A vizsgált homokkeverékekből készített próbatetek mért gázáteresztő képessége a térfogatsűrűség (δ) függvényében



7. ábra. A vizsgált homokkeverékekből készített próbatetek mért gázáteresztő képessége a Homokmag Minőségindex (CQ_i) függvényében

$$CQ_i = \frac{P\%}{SM} \quad (2)$$

ahol CQ_i : a Homokmag Minőségindex [–], a $P\%$: az adott homokmagban található pórusmennyiség, azaz levegőmennyiség [%], SM : a homokmagot felépítő alaphomok Homok Modulja [cm].

A Homok Modul érték foglalja magába a homokmagot alkotó alaphomok térfogatához tartozó felületének arányát. Számítása a következőképpen történik:

$$SM = \frac{V}{A} \quad (3)$$

ahol, SM : a Homok Modul [cm], a V : az adott homokmagban található homok térfogata [cm³], A : az adott homokmagban található homok teljes felülete [cm²]. (Megjegyzés: a gyakorlatban a Homok Modul értéke nagyon kicsi szám, a könnyebb kezelhetőség érdekében ezerszeresét alkalmaztuk a Homokmag Minőségindex meghatározásakor.)

A Homokmag Minőségindex, valamint a Homok Modul értékének meghatározásához a következő adatokra van szükség:

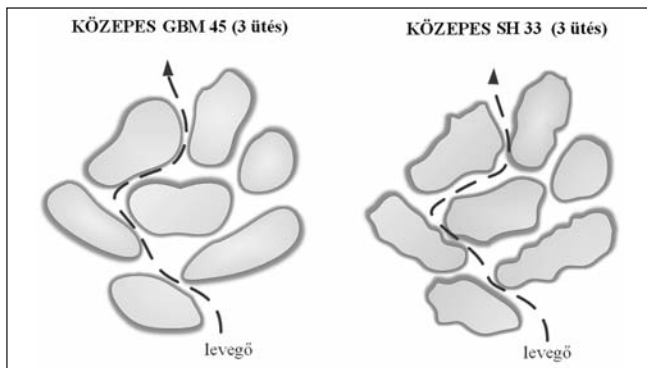
- V_{mag} : a homokmag térfogata [cm³],
- m_{homok} : a homokmag tömege (homok tömege) [g],
- ρ_{homok} : a homok sűrűsége (anyagsűrűsége) [g/cm³],
- F_V : a homok mért fajlagos felülete [cm²/g].

A gyakorlatban az alaphomok sűrűségének és fajlagos felületének meghatározásán kívül csak a vizsgálni kívánt próbatetek térfogatának és tömegének meghatározása szükséges. A Homokmag Minőségindex használatával a különböző típusú alaphomokok tulajdonságai könnyen összehasonlíthatóvá válnak. A CQ_i használatával a homokmag méretétől (dimenzióitól) és az alaphomok minőségétől függetlenül minősíthetők a homokmag granulometriai és térkitöltöttségi viszonyai.

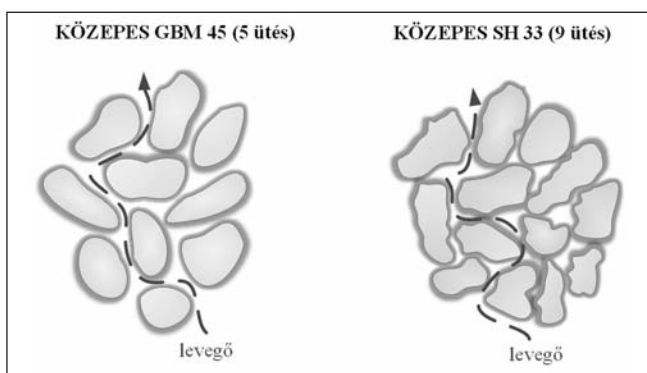
6. Az új minősítő módszer alkalmazásával történő eredmények bemutatása

A 7. ábrán mutatjuk be a vizsgálat során kapott eredmények ábrázolását az új minősítő modellrendszer alapján. A diagram alapján látható, hogy a két eltérő homoktípus esetében a CQ_i értékek különbözőek. A Homokmag Minőségindex függvényében történő ábrázolással a mérési eredmények jól elkülönülnek, így könnyebb kiértékelés tesz lehetővé a módszert.

Az új minősítéssel történő eredménykiértékelés segítségével lehetőség van, hogy megkülönböztessük a porozitás mennyiségének, azaz a homokszemcsék közötti pórusok méretének változását, azaz a gázáteresztő képesség változását okozó szemcseméret-változás és a tömörítés-változás ellentétes hatását. A szemcseméret csökkenés CQ_i érték növekedést, a tömörítő erő növekedés pedig CQ_i érték csökkenést eredményez.



■ 8. ábra. A homokszemcsék a GBM 45 és az SH 33 kvarchomok közepes frakciójának (azonos döngölő ütés – három ütés) esetében sematikus ábrázolva



■ 9. ábra. A homokszemcsék a GBM 45 kvarchomok közepes frakciójának különböző tömörítés (öt és kilenc döngölő ütés) esetében sematikus ábrázolva

Megvizsgáltuk közelebbről a GBM 45 és az SH 33 közepes frakciójának esetében a három döngöléssel tömörített próbatetek mérési eredményeit. Mindkét homoktípus próbatestjeinek porustartalma (porozitása) közel azonos, megközelítőleg 39%. A próbatesten belüli homok térfogata 59%, melyben szintén nincs különbség. A próbatetek tömege már eltérő, a GBM 45 kvarchomok esetében 157 g, míg az SH 33 homok alkalmazásával 154 g. Ennek következtében a próbatetek térfogatsűrűsége is különböző, amit a különböző szemcsealak miatti eltérő tömörödés okoz. A SM értékek kismértékű eltérését az eltérő homokfelület, vagyis az eltérő fajlagos felület érték okozza. A fajlagos felület értéknek a különbözősége a homokszemcse alakjának és a felületi minőségének differenciájából adódik. Ugyan a fajlagos felület értékben eltérés mutatható ki, azonban a CQ_i értékben nincs jelentős különbség, amit jól mutat, hogy a mért G_k értékben sincs eltérés. Ezt az esetet mutatja sematikus rajzon a 8. ábra, melyen a homokszemcsék között a levegő útajában nincs jelentős eltérés.

A GBM 45 kvarchomok közepes frakciójának öt döngöléssel tömörített, és az SH 33 kvarchomok szintén közepes frakciójának kilenc ütéssel tömörített próbatestjeinek esetében a térfogatsűrűségben nincs különbség, azonban gázáteresztő képességük eltérő. A számolt levegő mennyisége 37-38%. A próbatesten belüli homok térfogata szintén 60 és 62%, kismértékű az eltérés. A próbatetek tömegében sem adódik számottevő különbség GBM 45 esetében 160 g, míg SH 33 esetében 161 g, így térfogatsűrűségük azonos mértékű. A tömörítés mértéke eltérő. Az

eltérő SM értékek az eltérő homokfelületből adódnak, így a CQ_i értékek is különbözőek, ami jól reprezentálja a G_k értékben lévő számottevő kontrasztot. Ennek a példának az ábrázolását mutatja be a 9. ábra.

7. Összefoglalás

A kutatás célja egy új minősítő módszer, a formákat vagy a homokmagokat minősítő szám a CQ_i , azaz a Homokmag Minőségindex és a formák, vagy a homokmagok gázáteresztő képessége közötti kapcsolat feltárása volt.

A vizsgálat során két különböző öntödei kvarchomok különböző frakcióiból készített próbatetek tulajdonságait vizsgáltuk az új minősítő módszer alkalmazásával és vizsgáltuk meg ennek kapcsolatát a minták gázáteresztő képességével.

A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy az új típusú minősítő módszer és a gázáteresztő képesség értékei között összefüggés tapasztalható. A különböző típusú öntödei homokokból készített próbatetek tulajdonságainak az összehasonlítása a bemutatott minősítő módszer alkalmazásával könnyebben kiértékelhető. A különböző alaphomokot tartalmazó homokmagok gázáteresztő képességének előrejelzését, ezáltal a könnyebb tervezhetőségét teszi lehetővé az új típusú minősítés.

Irodalom

- [1] D. Sundaram, J. T. Svidró, A. Diószegi, J. Svidró: Measurement of Darcian Permeability of foundry sand mixtures, International Journal of Cast Metals Research, 2021. DOI: 10.1080/13640461.2021. 1917890
- [2] M. Holtzer, M. Gómy, R. Dańko: Microstructure and Properties of Ductile Iron and Compacted Graphite Iron Castings – The Effects of Mold Sand/Metal Interface Phenomena, Springer, 2015. 97-99. oldal DOI: 10.1007/978-3-319-14583-9
- [3] Dr. Nándori Gy., Jónás P.: Nedves formázókeverékek felhasználhatóságának vizsgálata különféle nagyságú tömörítő erők hatására, BKL Öntöde, 1968. 11. sz. 225–233. oldal
- [4] Dr. Nándori Gy., Tóth L.: A G_k - δ görbék alkalmazása a nedves formázókeverék tömöríthetőségének ellenőrzésére, BKL Öntöde, 1970. 3. sz., 57–59. oldal
- [5] Dr. Nándori Gy., Jónás P.: Egyalkotós bentonitos formázókeverékek alkalmazása nagynyomású formázáshoz, BKL Öntöde, 1971. 12. sz., 265–272. oldal
- [6] Dr. Nándori Gy., Jónás P., Tóth L., Dr. Vereskői J.: A nedves formázókeverékek tömörítettségének vizsgálata a gázáteresztő képesség mérésén alapján, BKL Öntöde, 1975. 5. sz., 97–104. oldal
- [7] Öntészeti Szabványok, II. kötet, Szabványkiadó, 1977.
- [8] P. Beeley: Foundry Technology, Butterworth-Heinemann, 2001. ISBN: 978-0750645676
- [9] Bakó K.: Öntödei formázóanyagok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 108–109. oldal, 1976.
- [10] Budavári I.: Nedves bentonitos formázókeverék gázáteresztő képességének meghatározása, Vizsgálati útmutató, 2016.
- [11] http://giba.at/sande1_en.html
- [12] <https://www.mineralholding.hu/ipariasvanyok/kvarchomok.html>
- [13] V. Bechný: Zukünftige Herausforderungen an Gießereisande, Giesserei-Rundschau 59. ¾, 2012. 81–83. oldal
- [14] J. Kotzmann, V. Bechný: Die Zukunft der Form- und Kernherstellung, internetes elérés: <http://www.giba.at/pdf/giba-de.pdf>

PENK MÁRTON

A „zöld” alumínium – sürgető gondolatok

A globális felmelegedés tettekre készíti a világot, a gazdaság különböző területeit, nevezetesen az alumíniumipart is. A cikk áttekinti az iparág számára fontos célokat, a termelés számára vonzó követelmény, a „zöld” alumínium előállításának lehetőségeit. A legfontosabb cél rövid távon az alacsony karbonkibocsátás, a karbonsemleges, ill. karbonmentes termelés. A kézenfekvő módszer erre a „zöld” energiafelhasználás, a körforgásos alumíniumipar megvalósítása, a fosszilis tüzelőanyagok csökkentése, ill. kiiktatása. Magyarország számára hasonló fontosságú a célok megvalósítása, melyre az alapanyagfázisok hiánya gyorsabb megvalósítási lehetőséget biztosít. Ezt célozza meg a cikk szerzője a saját üzemében hidrogénbázisú alumínium olvasztási kísérletével.

1. A globális felmelegedés és az alumíniumipar

A világ talán legnagyobb problémája, de bizonyára a legnagyobb környezeti problémája a globális felmelegedés. Ma már minden valamennyire tájékozott ember közvetlenül is érezheti: nincs tovább, az emberiségnek csökkentenie kell az üvegházhatású gázok kibocsátását, konkrétan csökkenteni kell a szénbázisú tüzelőanyagokkal történő energiatermelést. E cél elérésére nemzetközi megállapodások sora született, a csúcsponton a 2015-ös Párizsi Egyezményrel [1]. Az EU [2] 2030-ra 40%-os CO₂-kibocsátás csökkentést javasolt, melyet később 55%-ra emelt. A kitűzött cél az EU-ban 2050-re a karbonsemlegesség. Ehhez lassan az egész világ csatlakozik (az USA visszalépett az egyezménybe, és még Kína is célul tűzte a karbonsemlegességet, de csak 2060-ra). A konkrét gazdasági beavatkozást a CO₂-kvóták bevezetése jelentette, azóta folyamatosan kiadásra kerülnek közismert korlátozó szabályozások (az energiatermelésre, a közlekedésre) [3].

A legnagyobb CO₂-kibocsátó az energiaipar, melyet a közlekedés követ, de jelentős a nehézipar, benne az alumíniumipar emissziója is. Az EU megrendelésére készült tanulmány [2] az alumíniumipar 2007-re vonatkozó adatgyűjtését mutatja (1. táblázat).

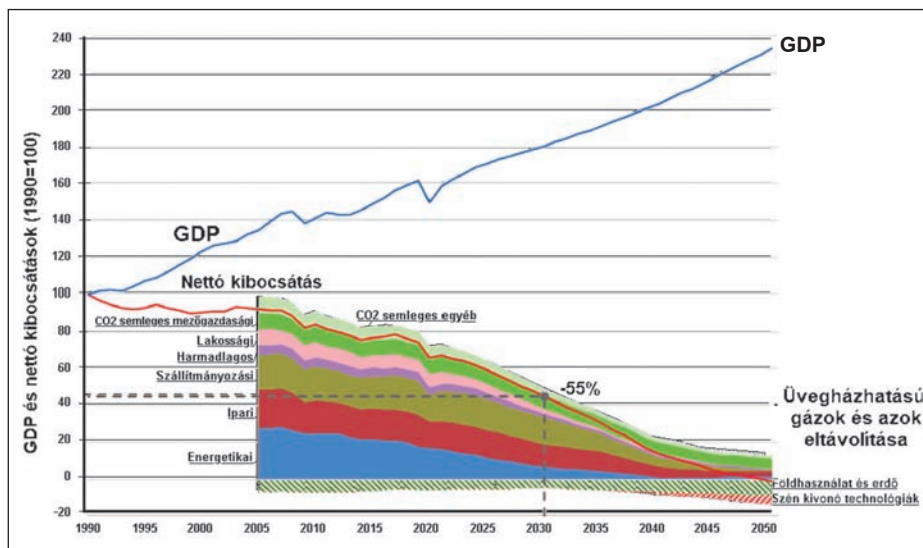
A táblázatból látszik, hogy a kulcskérdés a primer alumínium CO₂-kibocsátásának a csökkentése, ill. megszüntetése. Az EU-ban a primer alumínium kibocsátása 1990-hez képest 2015-re 1500-ról 670 kgCO₂/t Al-ra csökkent,

ami a korszerűsítésnek, részben pedig a legszennyezőbb kohók leállításának köszönhető. A European Aluminium Vision 2050 tanulmány [4] reálisnak látja, hogy 2050-re csak Norvégiában és Izlandon maradjon primer termelés (megújuló energia bázisán), így a CO₂-kibocsátás 2020 és 2050 között a 4-12% szintre csökkenhet.

A magyar alumíniumiparban primer alumínium termelése nem folyik, csak felhasználása történik újraolvasztással. Így a közvetlen kibocsátás megmarad a 270 kg CO₂/t Al szinten.

2. Felmerülő igény: lehessen „zöld” jelzővel illetni az alumíniumtermékeket

A marketing azon igénye, hogy „zöld” vagy legalább „kék” jelzővel illethessék az alumíniumból készült termékeket is, elemi erővel jelentkezik az utóbbi egy évben. Ez két oldal-



1. ábra. Az EU Parlament kutatási szolgálatának (EPRS) céljai [3]

Penk Márton kohómérnök, tüzeléstechnikai és automatizálási szakmérnök (Moszkvai Acél és Ötvözetek Egyetem – МИСиС, 1975), a Martin Metals Kft. ügyvezető igazgatója, az OMBKE Inotai Szervezete elnöke.

1. táblázat. Az alumíniumipar 2007-re vonatkozó adatgyűjtése [2]

Tevékenység	Termelés volumene EU27 (mt)	Direkt emisszió tartomány (kg CO ₂ /t)	GHG (ÜHG) emisszió (t/CO ₂ eq)
Timföldgyártás	6,8	400-830	4,18
Blokkanód gyártás	2,3	320-575 ¹	0,84
Elektrolízis (Anódkibocsátás ²)	3,05 ⁴	1500-2500	5,6
PFC (perflouorkarbonok)			(4,8)
Primer öntés	3,65	70-200	0,4
Másodlagos újraolvasztás (remelting)	4,9	150-350	0,88
Másodlagos ötvözetgyártás (refinery)	3	250-390 ³	0,96
Hengerlés	4,8	20-235	0,35
Sajtolás	3,3	50-250	0,3
Összesen:			13,51⁴

¹ Hozzávetőleg a fele az anyag fogyasztásból, fele a fűtésből származik
² Az EAA (2008) 27. p. szerint 2005 a nettó anód/anódmassza kibocsátás 248 kg/t Al volt
³ Az adatok 9 EU27 gyártótól származnak (egyrészük részei az ETS-nek, egy részük nem)
⁴ Ellenőrző összehasonlítás az EU27 tüzelőanyag felhasználási NEA (2008) adattal 14 t CO₂-kibocsátást mutat (az elektrolízis és anódgyártás PFC kibocsátásán kívül)

ról is érhető, ill. öröndetes tendencia: egyrészt a köztudatban is megjelenik a környezettudatosság, másrészt gazdasági érdek a CO₂-kvótával, mint költségtényezővel való takarékoság. Mindehhez párosul egyfajta „zöld” divat is, mint a biotermékeké, ami pozitív hajtóerőt jelent a környezeti szempontokból is.

A CO₂-kvóta egyre fontosabb szerepet fog játszani a jövőben, ha felemelkedik az ára. Ez a folyamat már zajlik. 2021-ben az év elejéhez képest duplájára, 32-ről 62 €/t-ra nőtt [5]. Ezt a tendenciát a későbbi várható szigorítások erősíthetik.

Az alumíniumiparban dolgozók különösen élénken érzékelik ezt a fogyasztási cikkek, főleg a csomagolóanyagok (italosdobozok, illatszerflakonok stb.) terén. De megjelent ez a szerkezeti anyagok, járműipar területén is.

Az öncélú, technikailag nem megalapozott becsapós marketing ugyanakkor káros hatást is kiválthat, amikor arra ösztönzi a termelőket, hogy látszatmegoldásokkal akasztanak zöld jelzőket a termékekre. A reklámcél, hogy az italosdobozra, vagy a dezodorflakonra ráírható legyen, hogy ez a termék 100%-ban újrafelhasznált alumíniumból készült, valótlan megoldásokra ösztönözheti a gyártókat. Közismert az autógyártónak a kibocsátásra vonatkozó hamis igazolása, ill. a körülötte keletkező botrány. Ez elkerülendő lenne az alumíniumiparban, szakmailag ugyanis nem elképzelhető (vagy csak extrém megoldásokkal), hogy 100%-ban visszaforgatott hulladékból történjen gyártás. Ez csak a technikai kérdésekben képzetlen reklámügynökök találmánya.

A gondolat azonban fontos. Megfelelő kritériumokkal és minősítési rendszerrel a „zöld” alumínium húzóerőt jelenthet a környezettudatos termelőknek.

3. Lehetséges utak a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére

Három útja van az alumínium „zöldítésének”:

a) A felhasznált villamos energia „zöldítése”

- b) A már előállított alumínium újrafelhasználása;
 c) A gyártás során a szénalapú anyagok felhasználásnak csökkentése, vagy annak megszüntetése.

3a. A felhasznált villamos energia „zöldítése”

E cikknek nem tárgya a zöld villamos energia termelésével összefüggő fejlesztések áttekintése. A villamosenergia-ipar ilyen irányú fejlesztéséről elérhető széleskörű ismeretanyagok a tudományos-népszerű és a szakmai irodalomban is. Az alumíniumipar eddig is – főleg a kohászati elektrolízis óriási áramigénye miatt – mindig a villamos erőművek tervezési szempontjai

között szerepelt, főleg azon területeken és erőműveknél, ahol szükség volt a zsinórfogyasztóra: vízi, geotermikus, atomerőműveknél. (Sajnos a fosszilis erőműveknél is voltak ilyen telepítési szempontok, de az ilyen erőművek és a melléjük telepített kohók rendre leállításra kerültek a fejlett országokban.)

3b. Az újrahaznosítás

Az alumínium, mint fém a fizikai és kémiai tulajdonságainak köszönhetően igen jól újrahaznosítható. A szakmai legendárium szerint az első tonna alumíniumból 777 kg még mindig a körforgásban vesz részt. A különböző szakmai források az újrahaznosítás környezeti lábnyomát 10-12-szer kisebbre taksálják, mint a primer alumíniumét. Persze ez attól is függ, hogy milyen úton előállított primer fémhez viszonyítjuk. A vízi, geotermikus, szél (vagyis természeti vagy megújuló) energiával előállított fém lábnyoma nyilvánvalóan sokkal kisebb, mint a fosszilis energiával elektrolizált alumíniumé. Ugyanakkor a táblázatból látszik, hogy az újrahaznosítás még teljesen zöld villamos árammal való elektrolízis esetén is kevesebb CO₂-kibocsátással jár, mint a bauxit-timföld-primerfém-kiöntés együtt. Tehát a hulladék újrahaznosítása önmagában csökkenti a CO₂-kibocsátást.

Az alumíniumipari szakma az újrahaznosításnak két útját tartja számon:

- újraolvasztás vagy átolvasztás (remelting) – a célötvözet közeli hulladékok saját anyagában történő hasznosítása;
- finomítás (refining) – a különböző összetételű és állagú hulladékokból egy új minőség, új ötvözetű nyers alumíniumtömb előállítása.

A félgyártmánygyártásban az újraolvasztás, átolvasztás a jellemző. Itt jelentkezik leginkább az igény, hogy a termékekre ráakasztható legyen a „100%-ban hulladékból gyártott” jelző. Ez a marketingeseknél jól hangzó jelző azonban nem teljesíthető a kohások számára, ugyanis

gyakorlatilag semmi nem gyártható 100% hulladékból. A szennyezőanyagoknak az átolvasztás során bekövetkező dúsulása mindig megköveteli a tisztább frissítő fémek adagolását, ami az alacsonyán ötvözött képlékeny alakítási anyagoknál gyakorlatilag primer fémet jelent. Ezért az ilyen szlogenek azt a veszélyt hordozzák magukban, hogy a hirdetője úgy jár, mint az autógyárak a már említett hami-sított emissziós információkkal.

Az átolvasztásra használt anyagok legtöbbször homogén, alacsonyán ötvözött, a félgyártmánygyártó üzemekben járatos kamrás kemencékben adagolható minőségű hulladékok, vagy „hulladék státusz” vége minősítésű másodnyersanyagok, többségében gyártási melléktermékek. A gyártók és felhasználók közötti hulladék-visszafor-gatást szolgáló zárt láncú (closed loop) anyagáramok terjedőben vannak. Ezek általában lerövidítik a kereskedelmi láncokat, ha vagy a gyártó vagy a felhasználó megfelelő hulladékkezelési-rendszert épít ki. A zárt láncú hulladék-áramok a CO₂-kibocsátás szempontjából nem mindig mutatnak kedvező képet, ha a szállítási emissziót is figyelembe vesszük. Ennél optimálisabb megoldásokat eredményez a „körforgásos” szemlélet, amely a nyersanyagtól a felhasználásig, és az elhasználódásig, ill. az utána következő újrahasznosításig kíséri figyelemmel az anyagáram emisszióját.

A finomítás elsősorban az öntészeti ötvözetgyártásnál használt módszer az ötvözetgyártó-tömböntő üzemekben. Ebben az értelemben a finomítás nem az alapfémtartalom növelését jelenti, hanem a kevert hulladékok elegyéből egy új minőség, egy új összetétel előállítását. Itt legtöbbször csak az ötvözőanyagokból használnak primer fémet, jellemzően a szilíciumból, ugyanis – néhány hiper-eutektikus Si-ötvözetet leszámítva – nincsenek olyan hulladékok, amelyek több Si-t tartalmaznak, mint a célötvö-zet, így nem használhatók Si-bevitelre. Kivételt képeznek a primer fémbázisú ötvözetek, ahol a szennyezők előírásai miatt csak primer alumínium lehet az alapanyag. Ezek az üzemek gyártanak dezoxidációs és képlékeny alakítási ötvö-zeteket is. Utóbbi esetben ezt egyszerű átolvasztással végzik általában szennyezett vagy egyéb okból a félgyártmány gyártóknál nem, vagy rosszul használható hulladékokból.

Az általános tendencia, hogy a hulladékhasznosítási igény mellett érzékelhető egy ennek ellentmondó, ezt gyengítő ten-dencia is: egyre több olyan, a szabványtól eltérő „szűkítés” jelenik meg a felhasználó üze-mi belső szabványokban, ami leszűkíti, egyes esetekben lehetetlenné teszi a hulladékfel-használást a gyártásnál. A szennyezők – sokszor a terve-

zők ismerethiányából eredő – „betűrése” a kohófém szint-jére kizárja a hulladék újrafelhasználásának lehetőségét. Ez a tapasztalatok szerint sokszor néhány % anyagmeg-takarítás miatt annál nagyobb % drágulást okozhat a termé-k árában. Különösen igaz ez akkor, ha az emissziós adatokat is figyelembe vesszük a kalkulációknál. Ez a ten-dencia jól nyomon követhető néhány esetben, amikor pusztán a felületkezelési igények (eloxálási igény a profi-loknál, vagy flakonoknál), vagy szilárdsági paraméterek miatt súlycsökkentési céllal az öntészeti ötvözeteknél tol-ják el az igények a gyártást a primer bázis felé.

Mindezek ellenére folyamatos és jelentős a hulladék újrahasznosítása az európai alumíniumiparban, ezt jól mutatja a European Aluminium grafikonja [6] (2. ábra).

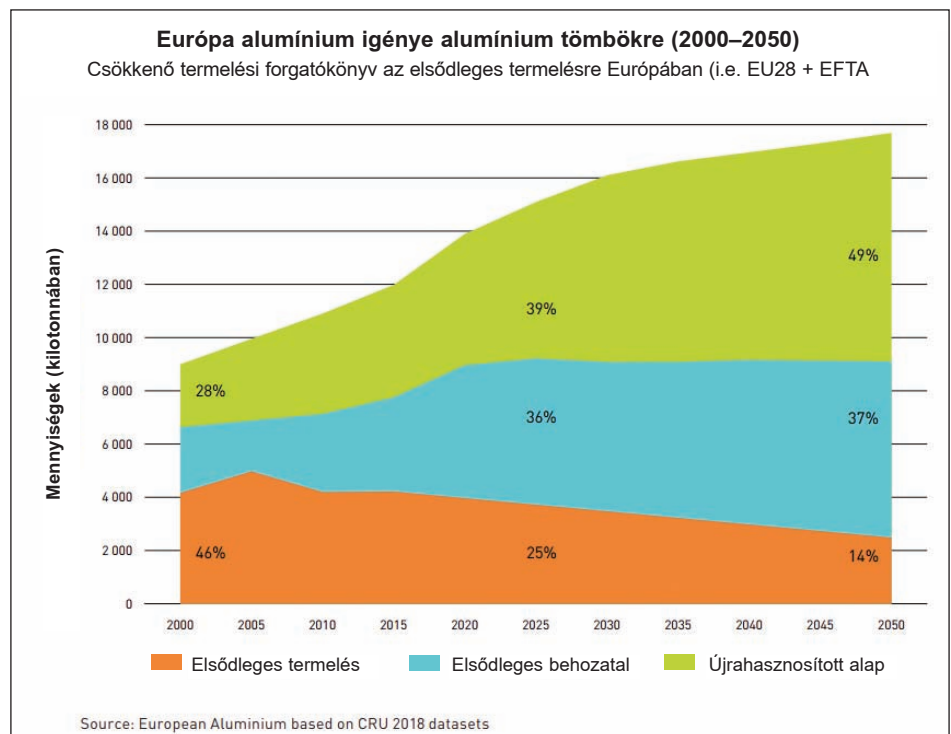
3c. Az emisszió csökkentésének lehetőségei az alu-míniumiparban

A primeralumínium-gyártás folyamatában a különböző technológiai szinteken különbözők a fosszilis energiahor-do-zók kiküszöbölésének lehetőségei:

A bauxitbányászatban a CO₂-kibocsátás fő forrását a kőolajbázisú hajtóanyaggal működő anyagmozgató gépek jelentik. A feladat ezek átállítása villamos vagy nem CO₂-t kibocsátó motorokra.

A timföldgyártásnál a technológiai hő előállító hőgene-rátorok átállítása a feladat. Jelentős emissziót jelentenek a timföld kalcinálását végző kemencék, melyek tüzelőanya-gát kell átállítani (legtöbbször földgázzal vagy tüzelő olaj-ról) más tüzelőanyagra (ezt később tárgyaljuk).

A legnagyobb emissziót a primer fémelőállítás, az elekt-rolízis adja. Itt az átállást egyrészt a zöld áram, másrészt a karbonbázisú Hall-Héroult-elektrolízis fejlesztését igényli. Utóbbi megoldása nem egyszerű, hiszen az általá-



■ 2. ábra. Európa igénye alumínium tömbökre 2000–2050

ban petrolkokszból gyártott anódok maguk is szerves részét képezik az elektrolizáló kádak elektromos, kémiai és hőtechnikai rendszerének. Az elektrolízis során az áram szétbontja a timföldet alumíniumra és oxigénre. Utóbbi elég az anódon. Elvileg egyszerű lenne lecserélni a szénanódot valamilyen másra, amely nem ég el, és akkor oxigén válik ki az anódon. Ezt célozza meg a RUSAL ún. inert anódos [7] megoldása, amely fém-kerámia kompozit nem fogyó anóddal O₂-t és HF-ot bocsát ki (utóbbit a kriolit miatt minden elektrolízis kibocsátja, amit tisztítással eltávolítanak). Egy kád (cella) oxigéntermelése a gyártók állítása szerint 70 hektár erdő oxigéntermelésének felel meg.

A félgyártmány-gyártás CO₂-kibocsátása a villamos energián túl a kohófém-előtermék olvasztás-öntés, a meglehetősen technológiákhoz használt tuskóhevítés, valamint a hőkezelésekhez használt fosszilis fűtőanyagok, legtöbbször földgáz miatt történik.

Az újrahasznosítás, valamint az ötvözetgyártás és az öntészet számára is a legfontosabb járható út az emisszió csökkentésére a fosszilis tüzelőanyagok miatt kibocsátott CO₂ csökkentése.

Érdemes néhány gondolatot kifejteni a hazai alumíniumiparral kapcsolatosan is. A múltba merengő alumíniumkohászoktól sokszor hallunk olyan véleményt, miszerint a magyar alumíniumipar is leszálló ágban van, pedig az igazság az, hogy Magyarország még sosem bocsátott ki annyi alumíniumterméket, mint manapság (1985-ben mintegy 325 000 t, 2020-ban pedig 375 000 t volt a gyártott félgyártmány és kovácsolt vagy öntött termék). Mivel nincs sem bányászati, sem kohászati timföldgyártás, sem elektrolízis, így nálunk a fő figyelmet a tüzelőanyagra kell irányítani.

A CO₂-emisszió csökkentésére irányuló koncepciók között szerepelnek a kibocsátott gázok elnyelésére vonatkozó elképzelések, amelyek valamiféle füstgáztisztítási elképzelést fogalmaznak meg. Ezek lényege a szén-dioxid kivonása és lekötése, de nagyobb volumenű ilyen megoldások eddig nem születtek.

A másik irány az alternatív (nem szénbázisú) fűtőanyagok alkalmazása, amelyek között a leginkább alkalmazhatónak látszó anyag a hidrogén.

4. Körforgásos alumíniumipar

A korábban leírtak szerint az iparág emissziója az újrahasznosítás révén jelentősen csökkenthető. Az alumínium újrahasznosíthatóságához az előnyös fizikai és kémiai tulajdonságait azonban a nem a körforgásos gazdaság szemléletmódjával készített műszaki megoldások jelentősen lerontják. A fő gondolat, a körforgásos gazdaságban, hogy egy terméket úgy kell megtervezni, előállítani, használni, és visszagyűjteni, hogy hulladékból is gyártható legyen, és a hulladékká válása után teljes egészében (anyagában) újrahasználható legyen.

Ez nem mindig történt így a múltban, de most is kevés az olyan termék, amely igazán frappánsan megfelelné az elvárásnak. A leggyakoribb hibák:

- A termék anyagát néhány előny érdekében olyan tisztaságú anyagból gyártatják, hogy nem lehet hulladé-

kot használni hozzá (pl. akkor is elox minőségű profilt rendel a vevő, amikor az nem kellene, vagy primer bázisú öntvényt gyártatnak túlzó követelményből).

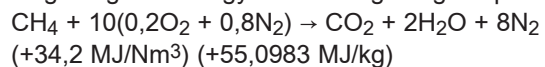
- A termék többféle anyagból áll össze (kompozit), így nem hasznosítható anyagában (lásd fém-papír tejes, üdítő doboz, viszont jó példa a tisztán alumínium italos doboz).
- Nem jól tervezett a termék és gyártásközi hulladékok (melléktermékek) kezelése, a szabályozások az észszerűség ellen hatnak.
- Nem átgondolt a felhasználás utáni tisztítás, vagy kibontás lehetősége (lásd kávékapszula, acélbetétes alkatrészek).

Mindezek ellenére az alumínium az egyik olyan anyag, amelynek a nagyobb része újra a körforgásba kerül.

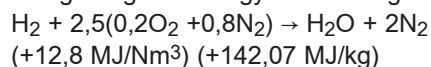
5. A hidrogén mint energiaforrás

A szénhidrogénnel szemben a hidrogén sok előnyös tulajdonsággal bír: nagy mennyiségben előállítható vízből (az égéstápláláshoz szükséges oxigénnel együtt), magas fűtőértékű tüzelőanyag, az égéstermék a föld klímájára nem veszélyes.

A földgáz égésének egyenlete levegős égéstáplálásnál:



A hidrogén égésének egyenlete levegős égéstáplálásnál:



Látható, hogy a hidrogén fűtőértéke térfogategységre kicsit kevesebb, mint harmada, súlyegységre több, mint 2,5-szöröse a metánénak.

A hidrogén alkalmazásánál fontos szempont, hogy ugyanazon égőtjeljesítményekhez a földgázénál kb. 3-szor nagyobb térfogatáramokkal kell számolni.

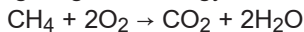
Ehhez párosul még a magasabb láng hőmérséklet és a kb. 7,5-ször nagyobb lángsebesség. Az is lényeges, hogy a magasabb láng hőmérséklet ellenére a láng szintelen, célszerű a láng festése.

A kohász kollégákkal a témában folytatott beszélgetéseknél érezhető a hidrogénnel szemben egyfajta tartózkodás amiatt, hogy az emberek többsége az oxigénnel való elegyét durranógázként ismeri, sokan a Hindenburg-katasztrófára asszociálnak. A fenntartások csökkennek, ha megemlítjük azokat a példákat, ahol már sikeresen alkalmazták a hidrogént tüzelőanyagként. A Space Shuttle űrrepülő hidrogén-oxigén hajtóművel repült, terjed a hidrogén üzemanyagcellás gépkocsi. Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy minden gáznemű fűtőanyag (földgáz és származékai, világítógáz) veszélyes, de megfelelő technikai eszközökkel ez a veszély csökkenthető vagy semlegesíthető.

Megjegyzendő, hogy mindkét esetben – földgáznál és hidrogénnél is – lecsökken a fűtőanyagigény, ha nem levegő, hanem tiszta oxigén táplálja az égést, hiszen ekkor a nitrogén nem von el hőt. A nitrogénre elpazarolt hő füstgáz hőhasznosítóval részben visszanyerhető, ezért a gyakorlatban csak mintegy 20%-kal kell több fűtőanyag a levegős égéstáplálásnál. Az oxigénes tüzelés előnyt jelent abból a szempontból is, hogy kisebb az NO_x gyökök keletkezésé-

nek lehetősége. A füstgáz mennyisége oxigénes égőknél kb. a harmadára csökken.

Oxigénégőkkel az egyenletek:



(+34,2 MJ/Nm³) (+55,0983 MJ/kg)



A hidrogén tüzelés még nem terjedt el a tüzeléstechnikában. Kaphatók már hidrogénégők a kazánfűtésre [8], beszerezhető ajánlatok fémolvasztó kemencékre [9] is, de nem ismerek még olyan helyet, ahol ezzel fűtenek.

A hidrogén tüzelőanyagként való felhasználásnak a földgázzal szemben az eddigiekben a legfőbb oka az volt, hogy nem fordul elő a természetben, csak vegyületeiben. Ebből a szempontból meglehetősen nagy a hasonlóság az alumíniummal. Az alumínium a földkéregben a harmadik leggyakoribb elem, a hidrogén pedig a földfelszínen a vízben az oxigénnel együtt a két leggyakoribb kémiai elem. Mindkettőnek az előállításához óriási villamosenergia-mennyiségre van szüksége. Felmerülhet a kérdés, hogy miért nem használjuk közvetlenül az áramot az alumíniumiparban olvasztásra, hevítésre és hőkezelésre. Valószínű, hogy az árammal – az ellenállásfűtésű vagy indukciós kemencékben – történő hőgenerálás a jövőben elerjed, de ehhez lényegesen nagyobb összegű kohászati beruházásokra van szükség, mint amennyit a meglévő lángkemencék hidrogénes égőkre való átállítása igényel.

A hidrogén előállítására az EU és Magyarország is kimunkálták az ún. hidrogénstratégiájukat [10]. Ezen dokumentumok a karbonmentes Európa egyik fő tényezőjének nevezik meg a hidrogén alapú energiatermelés, hajtó és tüzelőanyag bevezetését. Jelenleg azonban ipari méretű hidrogéntermelés az Unióban és Magyarországon is még a tervezés, az előkészítés szintjén van. A 3. ábra a tervezeteket mutatja:

Az alumíniumipar számára ezért a zöld hidrogén beszerzési lehetősége egyelőre várat magára. Marad a saját

előállítás lehetősége. Vízbontó aggregátokat már lehet kapni konténeres kiserelésekben. Célszerű lenne zöld energiával (nap- vagy szélenergia) előállítani az elektrolyzáláshoz szükséges áramot, ami jelentős beruházási igényel bír, és valószínűleg az energiaipar feladata lenne.

6. A hidrogéntüzelés kísérlete Magyarországon

Magyarországon vagy a közeli országokban az információk szerint eddig nincsen hidrogéntüzelésű alumíniumolvasztó-kemence. A Martin Metals Kft. az oxigénes égők tapasztalatainak bázisán indított el egy projektet, melynek célja az egyik kemencén történő kísérleti fejlesztés oxigénes égővel való olvasztási technológia kimunkálása. A projekt a meglévő kemence jelentősebb beruházás nélküli hidrogén-oxigén tüzelésre való átalakítását célozza meg. A megvalósítás 2023-ra várható.

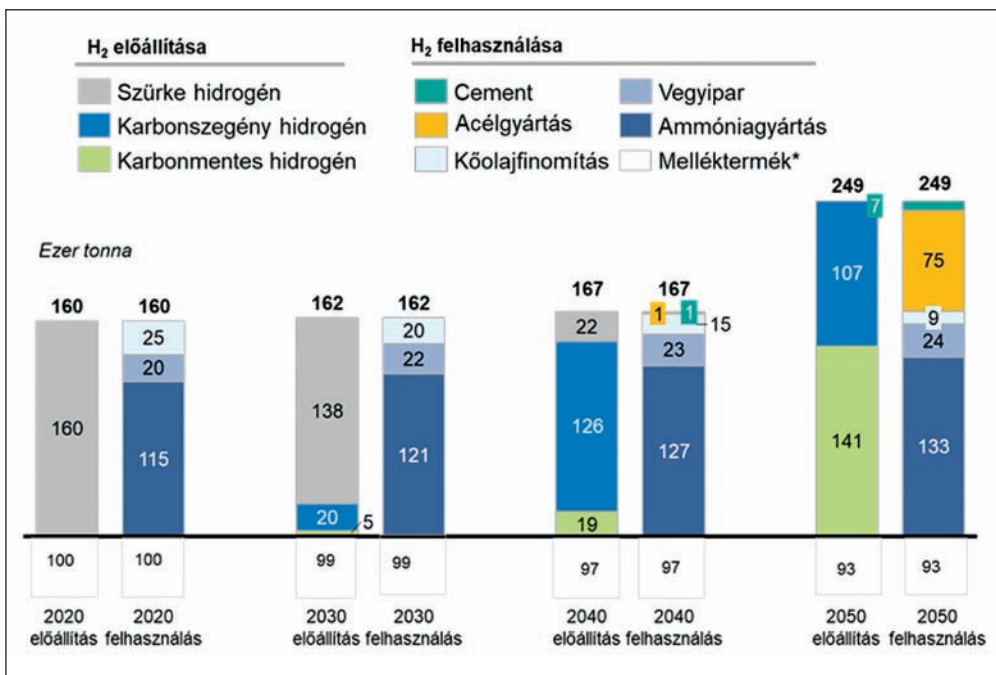
A projekt szakmai kihívásai közé tartoznak a következők:

- a) A hidrogén tüzelőanyag felhasználhatóságát kutató technikai feltételek:
 - megfelelő lángstruktúrával rendelkező hidrogénégő beszerzése, vagy fejlesztése,
 - égéstáplálási rendszer kimunkálása (oxigénes, vagy oxigénes-levegős égéstáplálással),
 - digitális égésvezérlés kimunkálása,
 - füstgázrendszer átalakítása az égéstermékek kezelésére.
- b) A hidrogén tüzelőanyag felhasználását biztosító olvasztási technológia :
 - a kemencetér atmoszférájának megteremtése az olvasztáshoz szükséges paraméterekkel,
 - a hidrogén folyékony alumíniummal való kölcsönhatásainak, szükség esetén a fém gáztalanítási eljárásainak kimunkálása,
 - az égésvezérlés szabályozási technológiájának kimunkálása

- az égéstermék tisztítás (füstgázsűrítés) kialakítását.

c) A kutatás-fejlesztés fontos feladatát jelenti az esetleges környezeti hatások vizsgálata:

- az égéstermékek összetételének vizsgálata az esetleges NO_x képződés elkerülésére,
- annak vizsgálata, hogy milyen hatással van a kemenceterekre és az égéstermékeket kezelő rendszerekre a vízgőz égéstermék,
- a feldolgozásra kerülő alumínium hulladékok por, olaj, műanyag és egyéb szennyeződések is tar-



■ 3. ábra. A hazai ipari hidrogén-előállítás és -felhasználás alakulása

talmaznak, vizsgálandó a hidrogénégő hatása az égéstermékekre és a keletkezett salakokra.

A kohászat, benne az alumíniumkohászat karbonmentessé tétele a közeli évtizedekben nem választás kérdése. Ha az ipar nem áll át, úgy visszafordíthatatlanná válhatnak a folyamatok. Vannak tudósok, akik szerint már most is ilyen a helyzet. A felelős hozzáállás mindenkitől elvárható, de ha nem teszi, a világ kikényszeríti azt.

A változtatás elkerülhetetlen, alkalmazkodnunk kell hozzá. Előnyt is kovácsolhatunk belőle. Rajtunk múlik!

Hivatkozások

- [1] https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- [2] https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/bm_study-lime_en.pdf
- [3] [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659370/EPRS_BRI\(2020\)659370_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659370/EPRS_BRI(2020)659370_EN.pdf)
- [4] <https://www.european-aluminium.eu/media/2052/european-aluminium-environmental-profile-report-2018-executive-summary.pdf>
- [5] <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210511/soha-sem-volt-meg-ilyen-magas-a-szen-dioxid-kvotak-ara-es-ez-meg-csak-a-kezdet-482664>
- [6] https://www.european-aluminium.eu/media/2545/sample_vision-2050-low-carbon-strategy_20190401.pdf
- [7] <https://rusal.ru/en/innovation/technology/inertny-anod/> és <https://www.lightmetalage.com/news/industry-news/smelting/rusal-produces-low-carbon-aluminum-using-inert-anode-technology/>
- [8] <https://www.generalfume-jf.com/low-nox-burner/gas-low-nox-burner/hydrogen-low-nox-burner.html>
- [9] <https://www.saacke.com/fileadmin/saacke/pdf/hydrogen-burners-industrial-decarbonization-white-paper.pdf>
- [10] https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/hydrogen_en#documents, <https://kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-nemzeti-hidrogenstrategiaja>

KULCSÁR TIBOR – TÖRÖK ANDRÁS

A nemesfémkinyerés másodlagos alapanyagokból a Metal Shredder Hungary Zrt.-nél

*A Metal Shredder Zrt. a hazai piac kiemelkedő elektronikai hulladékhasznosítója lett az elmúlt években. Az alkalmazott technológiák moduláris felépítésükkel jól igazodnak a folyamatosan változó másodlagos alapanyagáramokhoz. A nemesfémek kinyerése mellett egyre fontosabbá válik a hordozó fémek és a további átmenetifém-bevonatok hasznosítása is. A társaság hazai és nemzetközi pályázatokon való részvételével folyamatosan bővíti gyártókapacitását. A megvalósuló beruházások keretében létrejön a szerbiai leányvállalata, amely a déli régió elektronikai hulladékgazdálkodási folyamatát kívánja ellátni. A társaság célkitűzései között szerepel az amortizációból származó berendezések, Li-ion tartalmú energiatároló eszközök és nap-
elempanelek újrahasznosítása is, hogy a körkörös gazdaság elveit érvényesítve alapanyagként visszakerülhessenek a gazdaságba.*

1. A múlt és a jelen a Metal Shredder Zrt.-nél

A Metal Shredder Hungary Zrt. több mint egy évtizedes szakmai múlttal rendelkező, 100%-ban magyar tulajdonban lévő vállalkozás, amely az elmúlt időszakban a szektor meghatározó, dinamikus fejlődő szereplőjévé vált az elektronikai hulladékbegyűjtő és újrahasznosító ágazatban. A társaság működésének első öt évében e-hulladék kezelésével és kereskedelmével foglalkozott. 2015-ben stratégiai változás következett be a vállalkozás életében,

hiszen a vezetés felismerte, hogy a másodlagos alapanyagok hasznosításával egyre nagyobb hozzáadott értékű termék hozható létre, ezáltal juttatva versenyelőnyhöz a társaságot. A vállalkozás elsődleges tevékenysége jelenleg a nemesfém-tartalmú elektronikai hulladékok újrafeldolgozása, hasznosítása és kereskedelme, a nemesfém-tartalom hatékony kinyerése és tisztítása lett. Ehhez a tevékenységhez a cég R4 és R12 hasznosítói engedélyekkel rendelkezik.

Az elektronikai hulladékok életciklusa a jelenlegi tech-

Dr. Kulcsár Tibor okleveles kohómérnök, 2017-ben szerezte meg PhD-oklevelét, majd a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézet alkalmazottja lett. Adjunktusként az intézetben folyó kutatásokkal és oktatással foglalkozik. Az elmúlt 10 évben számos ipari kutatásban és fejlesztési projektben vett részt, amely a fémtartalmú másodlagos alapanyagok feldolgozására és hasznosíthatóságára irányult. 2021 januárjától a Metal Shredder Hungary Zrt. kutatás-fejlesztési igazgatója, ahol az elektronikai hulladékok komplex hidro- és pirometallurgiai hasznosításával foglalkozik.

Török András a Metal Shredder Hungary Zrt. alapító vezérigazgatója. Közel 20 éve tevékenykedik vezetői, felsővezetői pozícióban a hazai és nemzetközi piacon. Ismert import/export szakember, kiterjedt partnerségi hálózattal (beleértve Kínát és Indiát) az elektronikai és elektromos hulladékok újrahasznosítása üzletágban.

nológiai újdonságoknak köszönhetően rendkívül lerövidült, akár 1 év elteltével már megjelenhet az újrahasznosítási körfolyamatban.

A társaság elkötelezett, hogy a körforgásos gazdaság elveinek figyelembevételével, az amortizációs- és gyártásközi folyamatokból származó elektromos és elektronikai eszközök, alkatrészek komplex hasznosítását megvalósítsa Magyarországon.

A másodlagos alapanyagként számít elektronikai hulladékok kiépült beszállítói körön keresztül érkeznek, akik jelenleg: a METALEX 2001 Hulladékkereskedelmi Kft., Inter-Metal Recycling Kft., Mü-Gu Recycling Kft., E-Elektra Zrt., Samsung Electronics Magyar Zrt., Büchl Hungária Kft. Fémker Kft., Green-Metal Kft., Met-Com Kft., de kapcsolatok kiépítése folyamatban van a Flextronics, GE Hungary, Prolan, Siemens, Telekom, Telenor, Mercedes Benz Manufacturing Hungary, Audi Hungária Zrt. és a Loacker Hulladékhasznosító Kft. cégekkel is. Technológiánkat az utóbbi években a gyártásközi elektronikai hulladékokból kinyert nemesfémek legkorszerűbb hasznosítására fejlesztettük. Feldolgozásunk az országban egyedülálló, aminek köszönhetően versenyképes árakkal tudunk jelen lenni mind a külföldi, mind a belföldi piacon. A nemesfémek közül elsősorban arany, ezüst, nikkell és palládium kinyerésére koncentrált eddig a cég, hiszen ezek ipari felhasználása és befektetői keresleti oldala a legjelentősebb.

Az elektronikai eszközök fejlődésével jelentősen lerövidült a termékek életciklusa. A fenntartható nyersanyag-gazdálkodás érdekében hatékony hulladékfeldolgozási módszerek fejlesztésére van szükség. A budapesti telephelyünkön a termeléssel egybekötött kutatás-fejlesztési részlegünk folyamatosan dolgozik új és hatékony eljárások fejlesztésén, ezzel megőrizve piacvezető szerepünket.

Teljes hulladékgazdálkodási megoldásokat kínálunk a fenntarthatóság és a körkörös gazdaság irányelvei szerint. Ipari vállalatok, gyártó cégek részére vállaljuk a teljes hulladékgazdálkodás kezelését, mely keretében felmérjük, beazonosítjuk és hasznosítási javaslatot készítünk, majd begyűjtjük és elszállítjuk az anyagokat partnereink telephelyéről.



■ 1. kép. A MSH Zrt. budapesti telephelye



■ 2. kép. A feldolgozási folyamatokra előkészített különböző nemesfém-tartalmú másodlagos alapanyagok

2. Nemesfémek kinyerési technológiáinak bemutatása

2018 őszétől egy olyan egyedülálló eljárás kidolgozásába kezdett a Metal Shredder Hungary Kft., amely növelte a hazai és világszinten is korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló nemesfémek felhasználható mennyiségét. A projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kiírt Mikro- és Kisvállalkozások Innovációs Tevékenységének Támogatása című pályázat keretén belül valósult meg.

A projekt keretében olyan elektrokémiai eljárás kutatás-fejlesztési tevékenysége valósult meg, mellyel hatékonyan elválasztható egyes nemesfém-tartalmú hulladékok alapfém hordozója és a rajta lévő nemesbevonat. Az üzemi méretekben megvalósuló technológiai megoldás fontos előrelépés a környezettudatos újrahasznosítás területén. Az eljárás a hagyományosnak tekinthető technológiák előnyeit egyesíti, ill. számos területen új szempontok alapján (gazdaságosság, környezeti terhelés csökkentése) tovább is fejleszti azokat. A felhasznált vegyszerek regenerációjával, a feldolgozási hatékonyság folyamatos növelésével a keletkező mosóvíz mennyiségét sikerült jelentősen csökkenteni (50%), továbbá a feldolgozáshoz felhasznált villamos energia mennyiségét közel 73%-kal, ami mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból igazolja az

eljárás hatékonyságát. Az alapfémek megtisztítása és a nemesfémek hatékony visszavezetése a körkörös gazdaságba, életciklusuk megújítása révén az összetevők újbóli, közvetlen integrálhatóságát mozdítja elő. A kidolgozott eljárás a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalánál bejelentésre került. A P2000129/17 ügyiratszámú találmány címe: Eljárás nemesfém tartalmú bevonatok és az alapfém visszanyerésére nikkelbevonatos köztesréteget tartalmazó elektronikai alkatrészekből.

Az említett feldolgozási technológia során általában megfelelő előkészítettségi fokkal rendelkező, zömében alkatrészek és gyártásközi selejtek feldolgozása történik. Az elektrokémiai eljárás során egy egyedileg fejlesztett elektrolitoldatot alkalmaznak, ahol a nemesfém szilárd formában az oldatba kerül, azonban a hordozó alapfém nem oldódik, ezáltal az folyamat végén változatlan formában rendelkezésre áll. A jelenlegi alapanyagáramban főleg réz és sárgaréz hordozókon található az arany, ezüst, palládium bevonat, olykor ezen nemesfémek ötvözei. Az oldatba kerülő szilárd nemesfém részecskék szűréssel eltávolíthatók, majd a következő feldolgozási folyamatra átadhatók. A kémiai eljárások eredményeként általában 99,8-99,9%-os tisztaságú nemesfémek állíthatók elő, amelyek olvasztással tömb formában értékesíthetők.

A technológia további fejlesztése érdekében a társaság elindult az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatala útján meghirdetett pályázaton, amelyet a „Piacvezérelt kutatás-fejlesztési és innovációs projektek támogatása” címmel írtak ki. A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból meghirdetett Felhívás célja a vállalkozások versenyképességének javítása piacorientált kutatás-fejlesztési és innovációs projektjeik támogatásával.

A sikeres pályázat folyamánként 2020-ban elkezdhattük a „Nikkeltartalom kinyerése az E+E termékek gyártásából és hulladékkezeléséből származó réztartalmú kábel-, vezeték-, csatlakozó hulladékok korszerű feldolgozása” című projektet. Egy olyan technológia kifejlesztésére vállalkozunk, amely a nagy mennyiségben keletkező E+E hulladék hatékony kezelését és nikkeltartalmának gazdaságos elválasztását célozza meg. A visszanyert nik-

kel a piaci igényekhez igazítva, fém illetve vegyület formában jelenhet meg a folyamat végén. A nikkeltartalom mellett előforduló nemesfém bevonat hasznosítása is megoldott a technológiai folyamatban.

A pályázat keretében megvalósuló eszközberuházások során beszereztük az Indutherm GmbH által forgalmazott MC-100V nagy hőmérsékletű indukciós öntökemencét, amely alkalmas a különböző nemesfémek védőatmoszférá alatt történő olvasztására és öntésére. Továbbá 2021. év végéig letelepítettük a Metalux Zrt. által gyártott elektrokémiai leoldósort, amely a nemesfém bevonat leválasztása mellett alkalmas a nikkel köztes rétegek leválasztására is. A gyártóegység automatizáltsági szintje előkészíti az Ipar 4.0 jövőben való alkalmazásának lehetőségét, így az elektrokémiai folyamatok mellett lehetőséget biztosít az automatikus üzemmódban történő működtetésre.

Az ezüst galvánrétegek eltávolítására több módszert is alkalmazunk. A nagyobb alkatrészek és alakos termékek esetén (áramvezető sínek, ezüstözött híradástechnikai öntvények, ezüstözött rézfonatok) szelektíven az ezüst kinyerésére egy forgó anóddobbal működő elektrokémiai eljárást használunk. Az elektrolitoldat speciális összetételű komplexképző adalékanyagokból áll, amelyek biztosítják a bevonatnak a szelektív elektrokémiai oldódását, majd a katódon a leválást. Az oldat összetételéből és az alkalmazott áramsűrűségekből adódóan a katódon apró kristályok formájában megjelenő ezüst az oldatba kerül, amely a folyamatos oldatkeringtetéssel és szűréssel leválasztható. A leválasztott ezüst szárítást követően egyszerűen olvasztható és tömb formájában értékesíthető, valamint további elektrolitikus fémtisztításra vihető, amely már alkalmas egészségügyi és orvostudományi hasznosításra is.

A cég folyamatos piackutatási tevékenységet végez a nemesfém tartalmú másodnyersanyagok tekintetében. Egy jelentős ezüsttartalmú másodlagos alapanyagforrást tárt fel az országban. Így 2020-ban kidolgoztuk a leselejtezett röntgenfilmek hasznosítási programtervezetét, mellyel országos szinten segíthető az egészségügyi intézmények többletbevételhez és szabad raktárkapacitásokhoz juttatása. Az „Eljárás fémezüst kinyerésére exponált fényképezési lemezekről” című és iparjogvédelem alatt



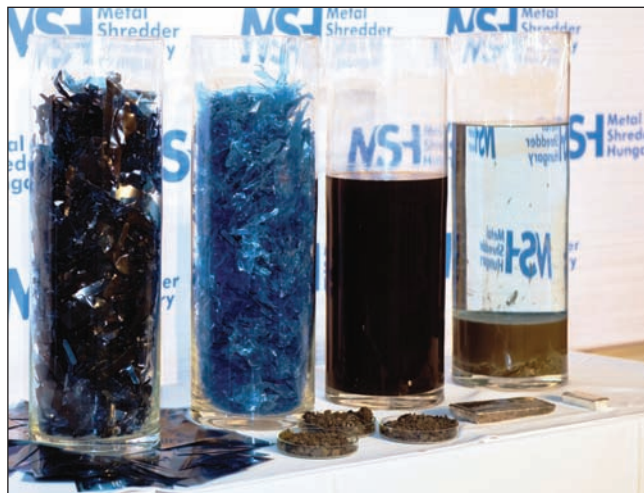
■ 3. kép. Nemesfém bevonat visszanyerésére alkalmas elektrokémiai rendszer



■ 4. kép. A nemesfémek és mintaanyagok olvasztására alkalmas indukciós kemencék



■ 5. kép. Röntgenfilm-feldolgozás során alkalmazott technológia pilot-plan modellje



■ 6. kép. A röntgenfilm-feldolgozás fázisai: aprítás, oldás utáni PET, ezüsttartalmú oldat, kezelt oldat

álló eljárás hasznosítási jogait megvásároltuk. Az ipari szintű feldolgozási rendszer megépítéséhez és üzemeltetéséhez az eljárást továbbfejlesztettük.

A beszállított exponált röntgenfilmeket aprítást követően oldatkémiai eljárással kezelik. A ciklikusan működő eljárás lényege, hogy az oldócellában néhány perc alatt az intenzív oldatmozgás és keverés hatására bekövetkező leoldást követően az ezüst az oldatba kerül, amit egy puffertartályba szivattyúznak vissza. Az oldat kezelése meghatározott időintervallumonként történik, amelynek során egy ülepedést elősegítő adalékanyagot adagolnak. A lebegő részecskék lesüllyednek a puffertartály aljára, iszapot képezve. A tartályban összegyűlt iszaptól szűréssel eltávolítják a tapadó leoldószert, majd mosást követően szárítják. A hatékony olvasztás érdekében egyedi olvasztástechnológiai megoldást alkalmazva a fémrészecskék összeolvaszthatóak és a folyamat végén technikai tisztaságú ezüst önthető tömb formában. A folyamatban képződő tiszta PET alkalmas a további műanyagipari újrahasznosításra.

Az aktívan folyó kutatási témák a különböző, kimerült ipari katalizátoranyagok nemesfémtartalmának hasznosítása, Li-ion tartalmú energiatároló eszközök újrahasznosításának lehetőségei, amortizációs folyamatokból származó fotovoltikus panelek ezüst- és szilíciumtartalmának hasznosítása, egyéb ipari felhasználásból származó színes- és könnyűfém másodlagos alapanyagok hasznosítása, feldolgozására alkalmas technológiák fejlesztése. Az említett témákban Európai Unió pályázatokon is indultunk, ahol a Metal Shredder Hungary Zrt.-t I-TESS (Innovative Technology of Electronic Scrap Separation) projekt keretében eddig négyszer részesítette elismerésben az Európai Unió kutatási és innovációs Horizon 2020 keretprogramja, kiemelve, hogy szakmai színvonala és a megvalósítás is kiemelkedő figyelmet érdemel a környezetvédelmi és gazdasági szempontok alapján egyaránt. Úgy érezzük, a Seal of Excellence bizonyítja, hogy a társaság munkája európai mércével is eredményes, célravezető, a körkörös gazdaságba teljes egészében illeszkedő törekvés.

3. Jelentős mérföldkő a vajdasági beruházás megvalósítása

A Külgazdasági és Külügyminisztérium a HEPA Magyar Exportfejlesztési Ügynökség és a CED Közép-Európai Gazdaságfejlesztési Hálózat közreműködésével a magyar vállalatok külföldi terjeszkedését, regionális, vagy globális multinacionális vállalattá válását támogató programot indított. A Nemzeti Exportvédelmi Program Külpiaci Növekedési Támogatás kedvezményezettjeként a „Technológiai üzemek kialakítása hazánkban és Szerbiában” projekt alapját is a társaságunk által korábban kifejlesztett és szabadalmaztatott, innovatív nemesfémkinyerési technológia biztosította. A Vajdaságban, Óbecsén 2022-től elérhetővé válik nagyüzemi elektronikai hulladékok komplex kezelése és hasznosítása. A nemesfém bevonatok kinyerése mellett a röntgenfilmek feldolgozásával Szerbiában egyedülálló nemesfémfeldolgozási technológia jön létre. A technológia nagyüzemi körülmények közötti működtetése a jelenlegi technikai és műszaki megoldáshoz képest előrelépést jelent mind a feldolgozható alapanyagok, mind pedig a kinyerési technológia energiaigénye miatt. A fejlesztés keretében a társaság jánossomorjai telephelyén is történik beruházás, beszerzésre kerül egy technológiai mosóvíz regenerálására és visszaforgatására alkalmas berendezés. A legújabb feldolgozóüzemünk indulását követően növekedni fog a hazai, a szerbiai és világszinten is a nemesfémek korlátozottan felhasználható mennyisége. A Támogatási Okirat átadására 2021. március 18-án került sor budapesti telephelyünkön, ahol ünnepélyes keretek között *Szijjártó Péter* külgazdasági és külügyminiszter adta át *Török András*-nak, a társaság alapítójának az okiratot.

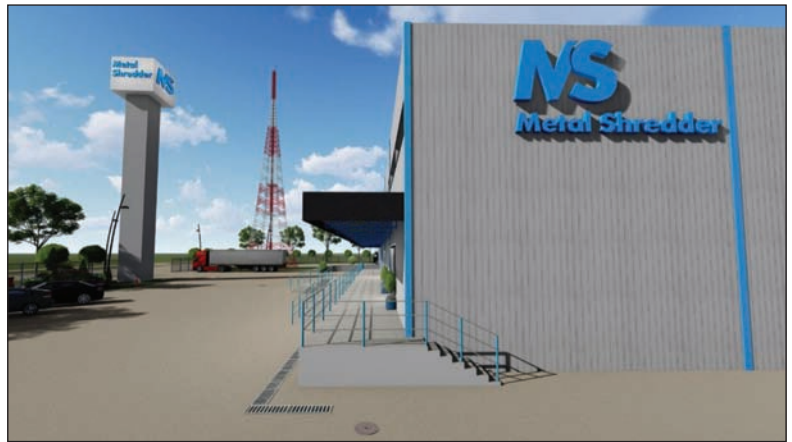
Az Óbecsén létrejövő beruházás keretében barnamezős beruházásként egy gyártócsarnok kerül felújításra. Korszerű olvasztástechnológiai gyáregység valósul meg egy forgó tégellyel rendelkező 80 kW teljesítményű indukciós kemencével. A nemesfémek tisztítására és rézbázisú anódtáblák feldolgozására alkalmas elektrolitikus fémtisztítási technológiát telepítünk kibővített kapacitással. A környező országokból begyűjtött, leselejtezett röntgenfilmek

feldolgozására komplex gyártósor létesül. A nemesfém bevonatok visszanyerésére alkalmas technológiai sorokat is elhelyezik a vadasági üzemben.

A társaság a közeli szakképzőintézményekkel megkezdte az együttműködések kialakítását a szükséges szakembek biztosítása érdekében, akik a magyarországi telephelyen sajátíthatják el a gyakorlati ismereteket a különböző technológiai sorok üzemeltetéséhez.

4. Jövőbeli terveink

2021. október 1-je egy újabb mérföldkő a Társaság életében. Ettől a fordulónaptól kezdve a Metal Shredder Hungary Zártkörűen Működő Részvénytársaság cégformában működik tovább. Lényeges lépés ez ahhoz, hogy olyan stabil háttérrel rendelkező szolgáltatásokat tudjunk bevezetni a hulladékgazdálkodás piacára, amellyel még nem találkozhattak a partnereink. Úgy gondoltuk, hogy a zrt. megfelelő és méltó cégforma a jövőbeli terveinkhez. A budapesti telephelyünk korlátozott bővítési lehetőségei miatt a társaság az észak-magyarországi régióban is tervezi bővíteni kapacitását és technológiai platformját. A régióval szembeni elkötelezettségét kifejezve a Miskolci Egyetem három műszaki karával közösen



■ 7. kép. Az óbecsei telephely gyártócsarnokának látványterve

Stratégiai Partner megállapodást kötöttünk a jövőbeli tervek közös kialakítása érdekében. A megállapodás többek között kiterjed az elektronikai hulladékok feldolgozására összpontosító kutatócsoport létrehozására, nemzetközi pályázatokban való közös részvételre, hallgatói ösztöndíjak és gyakorlati képzőhelyszín kialakítására. Célunk moduláris felépítésű, egyedi technológiák létrehozásával a magyarországi elektronikai hulladékáram komplex hasznosítása, amely a nemesfémek és átmeneti fémek hasznosítása mellett kiterjed a Li-ion tartalmú energiatároló eszközök feldolgozásra is.



■ 8. kép. A Metal Shredder Hungary Zrt. csapata

RENKÓ JÓZSEF BÁLINT – ROMANENKO ALEKSZEJ – SZABÓ PÉTER JÁNOS –
PETRIK PÉTER – BONYÁR ATTILA

Színesen maratott ferrites acél vizsgálata spektroszkópiai ellipszometriával

A színes maratás gyakran használt szövetszerkezet-előhívó eljárás a metallográfiában. Bár régóta alkalmazzák sikerrel, a maratás során lejátszódó kémiai folyamatok precíz feltárása eddig nem történt meg. Cikkünkben azoknak a spektroszkópiai ellipszometriai vizsgálatoknak az eredményeit ismertetjük, amelyeket ferrites acélon a színes maratás során kialakuló réteg tulajdonságainak vizsgálata céljából végeztünk. A vizsgálatok megerősítették a rétegépülés sebessége és a szemcseorientáció között korábban feltételezett kapcsolatot.

1. Bevezetés

A különböző maratási eljárások nagyon kedvelt és gyakran használt eljárások a metallográfiában [1, 2]. Elterjedésüket főként annak köszönhetik, hogy gyors és egyszerű megoldást kínálnak a különböző polírozott minták szemcseszerkezetének előhívására. A marószerek reakcióba lépve a minta felületével megváltoztatja annak domborzatát, láthatóvá téve ezzel az egyes szemcséket, szemcsehatárokat. Bár felhasználási területüket tekintve nem sok különbség mutatkozik az egyes eljárásváltozatok, ill. a különböző marószerek között, hatásmechanizmusuk szerint két fő csoportba sorolhatók.

Az első csoportba a jellemzően savas pH-jú, kémiai marószerek tartoznak. Ezek a minta felületével reakcióba lépve a minta felületének különböző pontjain eltérő sebességgel oldják be a vizsgált minta anyagát az oldatba. Az előhívást, vagyis a mikroszerkezet láthatóvá tételét így az egyes szemcsék, illetve a szemcsék belseje és a szem-

csehatárok maródásának sebességkülönbsége okozza [3, 4]. Az első esetben a szemcsék, kristálytani orientációjuktól függően különböző mélységben maradnak meg, így a beeső fényt eltérő intenzitással verik vissza a megfigyelő irányába (diszlokált reflexió). A második esetben a szemcsehatárokon az atomok rendezetlensége miatt azok könnyebben tudnak kioldódni a fémrácsból, így az onnan kilépő kisebb fényintenzitás miatt a határok vonalszerű szerkezete láthatóvá válik. A folyamat a marószertől függően néhány másodpercet, legfeljebb néhány percet vesz igénybe.

A második csoportba az úgynevezett színes marószerek tartoznak [5]. Elterjedésüket tekintve gyakran használt előhívó eljárások ezek is, ám – összehasonlítva a kémiai marószerekkel – lényegesen kevesebbet használják őket. Ennek oka, hogy a színes maratás során használt sóoldatok kevésbé agresszívek, így egyrészt kevesebb típus áll rendelkezésre, másrészt pedig a megfelelő hatás elérése lényegesen tovább tart. A minimum néhány percg tar-

Renkó József Bálint 2016-ban végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépész Karán mint gépészmérnök, majd 2019-ben szerezte meg mesterdiplomáját okleveles gépészmérnökként. Tanulmányait jelenleg a Műegyetem Pattantyús Ábrahám Géza Műszaki Tudományok Doktori Iskolában folytatja doktorandusként. Kutatási területe a fémes anyagok színes maratással történő vizsgálata.

Romanenko Alekszej 2016-ban végzett az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán mint fizikus biofizika szakirányon, majd 2018-ban szerezte meg diplomáját, mint okleveles anyagkutató. Jelenleg az Eötvös Loránd Tudományegyetem Hevesy György Kémia Doktori Iskolájában tanul doktorandusként, munkáját az Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetében végzi. Kutatásának fő területe a bioellipszometria és mérés technika fejlesztés. Emellett kutatásokat végez fémek és fémes anyagok hőkezelésében és oxidációjában.

Szabó Péter János 1992-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen, majd 1995-ben PhD-fokozatot nagyfelbontású röntgen vonalprofil-analízis témakörből. MTA doktori értekezését, 2013-ban védte meg, ugyanabban az évben

habilitált. Jelenleg a BME Gépészmérnöki Kar Anyagtudomány és Technológia Tanszék egyetemi tanára.

Petrik Péter az Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének tudományos tanácsadója, a Fotonika Laboratórium vezetője. Diplomája (BME, 1994), PhD-értekezése (BME, 2000) és MTA doktorija (2015) egyaránt optikai vizsgálati módszerek fejlesztéséhez és anyagtudományi alkalmazásához kötődik. Vendégkutatóként összesen közel öt évet töltött Németországban, az USA-ban és Hollandiában. Jelenleg vékonyrétegek és szilárd-folyadék határfelületek folyamatkövető vizsgálati módszereinek fejlesztésével foglalkozik.

Bonyár Attila 2009-ben szerzett okleveles villamosmérnök diplomát, 2011-ben okleveles egészségügyi mérnök diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. 2013-ban szerzett PhD-fokozatot fémes nanoszerkezetek AFM-es vizsgálata témakörben. 2021-ben habilitált plazmonikus elvű bioérzékelők fejlesztése témakörben. Szakterülete a nanotechnológia, fémes nanoszerkezetek, nanometrológia (AFM), plazmonika és a bioérzékelők. Jelenleg a BME Elektronikai Technológia Tanszékének egyetemi docense.

tó színes maratás során a használt, jellemzően fémsóoldat reakcióba lép a minta felületével, majd azon egy vékony, átlátszó csapadékréteget képez. A réteg a minta eredeti síkjához képest mindkét irányba növekszik, ahogy egyre több anyagot old be a mintából és a marószorból. A film növekedésével az egyes szemcsék színe az interferencia-kritériumnak megfelelő ciklikus színváltozáson megy keresztül [6].

Habár a különböző maratási eljárások széles körben használtak, a maratás során lejátszódó kémiai folyamatok ismerete nem, vagy csak minimális mértékben szükséges az előhíváshoz, így azok egy jelentős része máig feltérképezetlen. A maratás jelenségének megértésére tett vizsgálatok relatíve új irányt képviselnek az anyagtudományban, többségük az elmúlt évtizedhez köthető. Egy részük a kialakult réteg kémiai összetételét, felépítését célzó vizsgálatokat mutatja be. Ilyen például a kémiai és elektro-kémiai maratás útján létrehozott GaAs-alapú vékonyrétegek szerkezetét, kémiai összetételét feltáró kutatás, amit 2016-ban *Youcef és társai* publikáltak [7]. Mások a színes maratás során kialakult réteg és a szemcseorientáció között feltárt korreláció mélyebb megértésére tettek erőfeszítéseket. Az egyes kristallitok színe és orientációja közötti kapcsolatot először 2010-ben vetette fel *Kardos és Szabó*, akik a maratás után az egyes szemcsék színét és intenzitását vetették össze a visszaszórtelektron-diffrakciós (EBSD) vizsgálattal meghatározott <100> főirány és a minta felszíne által bezárt szöggel [8]. 2012-ben igazolást nyert, hogy a színes maratás közben kialakult csapadék vastagsága szemcsénként eltérő, ráadásul az a minta eredeti síkjához képest mindkét irányba növekszik [9]. *Britz és társai* a folyamat megértését más irányból próbálták megvizsgálni. Egyedi inkubátorrendszerrel építettek, majd a berendezést több lépésben továbbfejlesztve képesek voltak a maratási folyamatot jól szabályozható körülmények közt tartani [10, 11]. Az inkubátornak köszönhetően jól reprodukálható maratásokat tudtak végrehajtani LePera reagenssel kis méretű szénacél mintákon. A reprodukciós probléma kiküszöbölésével azonban a lejátszódó folyamatok továbbra sem lettek feltárva.

Az orientációnként különböző vastagságú rétegről rendelkezésre álló ismeretek kibővítésére 2019-ben megalkottunk egy olyan komplex mérési és kiértékelési módszert, amelyben egy előzetes kalibrációt követően (amely során a szemcsék fölött kialakuló interferáló réteg vastagságát atomi erőmikroszkópiával határozzuk meg) a szemcseorientáció közvetlenül a színes maratásból meghatározhatóvá válik. A kidolgozott modell lehetőséget teremtett, hogy kiszámítsuk az egyes szemcsékhez tartozó átlagos maratási sebességeket, majd azokat a megfelelő orientációkhoz rendeljük. A modellt felhasználva sikerült pusztán színes maratás optikai megfigyelésével meghatározni ugyanazon minta egy véletlenszerűen választott területén az egyes szemcsék felszínének a [100] és [111] főirányokkal bezárt szögeit, 3-5°-os átlagos abszolút hibával, az EBSD mérésekhez, mint referenciához viszonyítva [12].

Munkánk során arra kerestük a választ, hogy a spektroszkópiai ellipszometria alkalmas-e a maratás során

kialakuló réteg vizsgálatára, valamint a korábban kidolgozott módszertan eredményeit meg tudja-e erősíteni a vele történő mérés.

2. Kísérletek

2.1. Felhasznált anyagok és előkészítés

Az eredeti módszertan kidolgozásához vizsgálati alapanyagként gömbgrafitos öntöttvasat (GGÖV) használtunk [12]. A grafitkiválásoknak köszönhetően ugyanaz a terület könnyedén beazonosítható, így a polírozott felület egyes részei visszakereshetők. Marószernek Beraha I. oldatot választottunk, ami 3 g $K_2S_2O_5$, 10 g $Na_2S_2O_2$ 100 ml desztillált vízben történő feloldásával állítható elő. A Beraha I. az alapanyagban található ferrittel lép kölcsönhatásba, a felületből beoldva hozza létre a maratás során kialakuló csapadékot [13].

A spektroszkópiai ellipszométer által pásztázható legkisebb átmérő a használni kívánt beállítások mellett kb. 0,2 mm, ami öntöttvas esetében nem megfelelő, ugyanis a vizsgált öntöttvas szemcsenagysága ennél körülbelül egy nagyságrenddel kisebb. Ahhoz, hogy az egyes szemcsék közvetlen mérése lehetővé váljon, az alapanyag módosítására volt szükség. Annak érdekében, hogy a marószert megváltoztatása nélkül folytathassuk vizsgálatainkat, a kis karbontartalmú, DC01 ferrites acélt választottuk alapanyagul. A módszertan validáláshoz választott ferrites acél emissziós spektroszkópiával mért kémiai összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. DC01 ferrites acél kémiai összetétele [atom%]

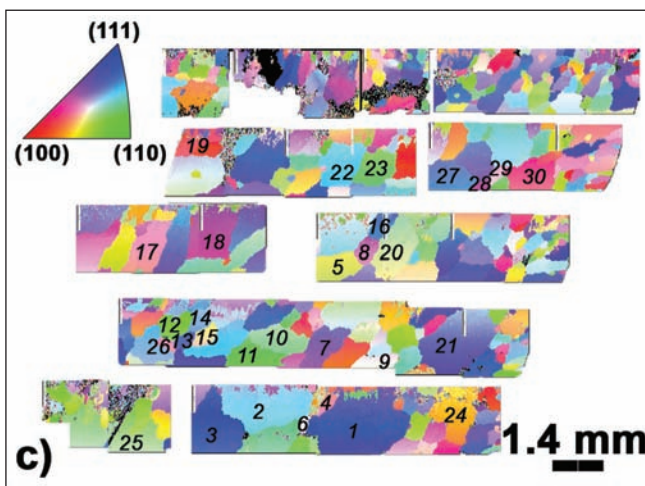
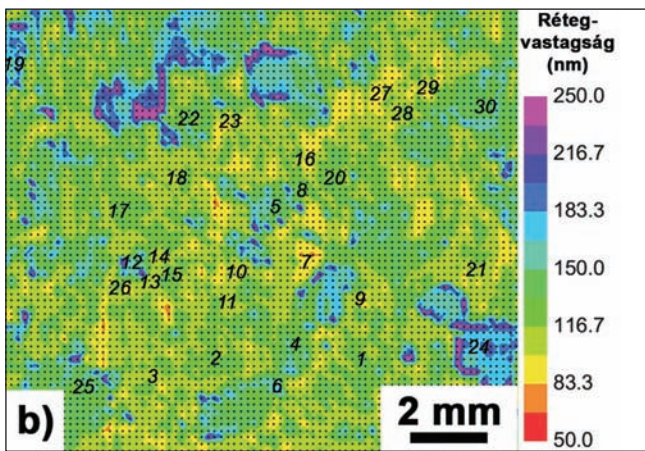
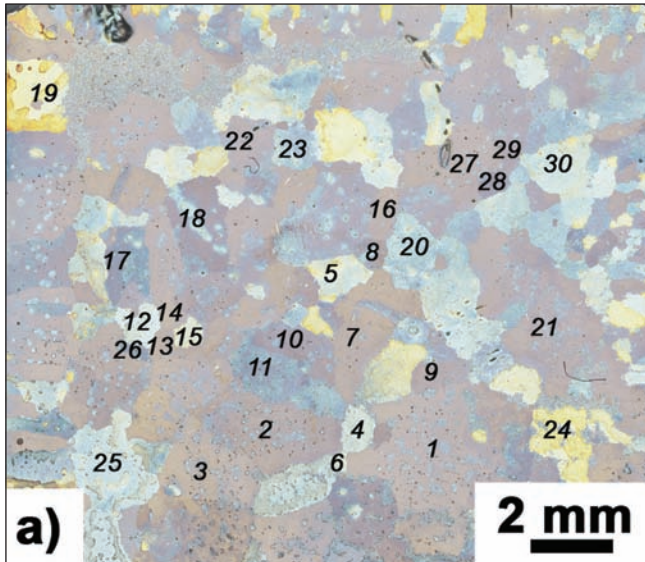
Fe	C	Mn	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb
98,9	0,092	0,616	0,081	0,013	0,034	0,064	0,017	0,118	0,065

A spektroszkópiához szükséges szemcseméret eléréséhez a DC01 anyagú mintát 850 °C-ra hevítettük, majd 0,5 óra hőntartás után a kemencében hagytuk lehűlni, így biztosítva a szemcsedurvuláshoz szükséges lassú hűtést [14]. A lágyítás hatására a mintán szabad szemmel is észlelhető 1-3 mm-es szemcsék képződtek. A további vizsgálatok klimatizált laborokban történtek, a hőmérséklet mindenhol 24 °C volt.

Bár az alapanyag-marószert párosítást megváltoztattuk, mind az előkészítés, mind a maratás közel azonos körülmények között zajlott. Az eredményeknél látható lesz, hogy az alapanyag eltéréseinek ellenére ugyanazt a konklúziót tudjuk majd levonni ferrites acélnál is, mint az öntöttvas esetében.

2.2. Spektroszkópiai ellipszometria

A spektroszkópiai ellipszometria során ismert polarizációjú fényrel világítjuk meg a minta felületét, és a visszaverődés során bekövetkező polarizációváltozást mérjük. Mivel a módszer képes a két polarizációs irány közötti fáziskülönbséget meghatározni, ezért a hagyományos reflektometriánál jóval érzékenyebb, így akár 1 Å felbontás is elérhető. Ezen kívül az optikai sűrűség (törésmuta-



■ 1. ábra. A színesen mart felületen kijelölt szemcsék optikai mikroszkópos felvétele (a), spektroszkópiai ellipszometriával meghatározott rétegvastagság-térképe (b), valamint a visszászórtelektron-diffrakcióval meghatározott inverz pólusábrája (c)

tó) 0,001 Å felbontással meghatározható [15].

A mérés egy pontban akár pár másodperc alatt elvégezhető egy széles spektrális tartományban, ami lehetővé teszi összetett rétegszerkezetek modellezését és paramétereinek meghatározását. A gyors mérés következtében nagyobb felületek térképezésére is lehetőség van belátható, reális időn belül.

A gyantába ágyazott mintákat egy Woollam M-2000 DI forgó kompenzátoros spektroszkópiai ellipszométer munkasztalára helyeztük, amelynek hullámhossztartománya 190 nm és 1690 nm közötti. Mivel a térképezés során a minta elmozdulhat, azt minden egyes térképezés előtt rögzíteni kellett. A mérések minden egyes pontban összesen 2×16 s-ig tartottak, a lépésköz 175 μm volt. A mérésekhez fókuszlót használtunk, így az általunk használt nagy beesési szög miatt (70°) a folt megnyúlt a beesési sík irányában.

Mivel az ellipszometria rendkívül felületérzékeny módszer, az anyagok tömbi törésmutatójának meghatározásakor elsődleges fontosságú a felület megfelelő figyelembevétele. Sajnos esetünkben nem feltételezhetjük, hogy a hordozó törésmutatója azonos, és csak a felületi réteg vastagsága különbözik. A különböző irányokban orientált szemcsék más optikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Olyan optikai modellt alkottunk, amelyben minden mérési pontban az acél alapanyagot úgynevezett Lorentz-oszcillátorokkal írtuk le. A felületi réteg törésmutatójának hullámhossz-függését egy egyszerű Cauchy-diszperzióval jellemeztük [16, 17].

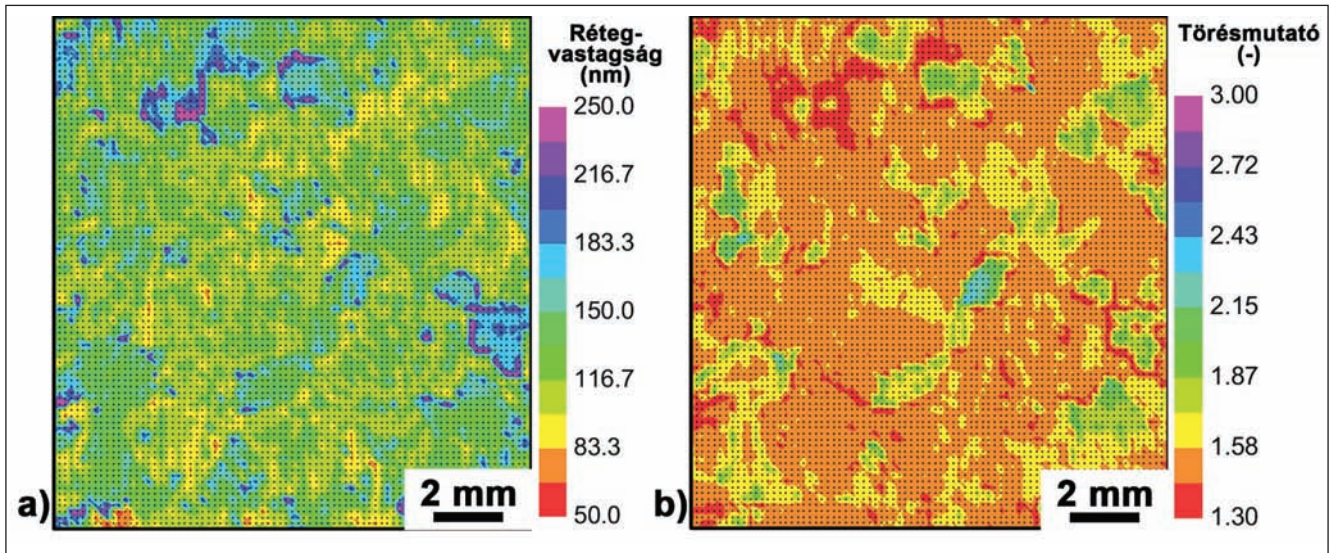
2.3. További berendezések

A színes maratásról készült felvételek egy Olympus BX51 optikai mikroszkóphoz csatlakoztatott DP72 digitális kamerával készültek.

Az EBSD-vizsgálatokat egy Philips XL-30 pásztázó elektronmikroszkóphoz csatlakoztatott TSL-EDAX EBSD-rendszerrel végeztük. Mivel a berendezés legkisebb felbontásával az elérhető képméret megközelítőleg $1500 \times 1500 \mu\text{m}$, így a felület teljes pásztázásához több tucat felvételre volt szükség. A vizsgált felület inverz pólusábrái egymás mellé illetve az 1. ábrán láthatók. A pólusábránál az enyhe torzulás a 70° -os döntött szögben történő döntött képrögzítés és a korrekciós szoftver bizonytalanságaiból adódik.

3. Eredmények és diszkusszió

A vizsgált felületen a maratást követően 30 szemcsét jelöltünk ki, amelyek mindegyike egyértelműen beazonosítható volt az EBSD és ellipszometria felülettérképein is (1. ábra). A három felvétel összehasonlításakor látható, hogy a szemcséken kialakuló, legfeljebb néhány száz nanométeres felületi réteg az egyes kristallitokat jól beazonosíthatóvá teszi. A hasonló színű szemcsék rétegvastagsága és szemcseorientációja közel azonos. Erre példa lehet az 1. és 3. sorszámú szemcsék, vagy éppen a 12. és 23. sorszámú szemcsék összehasonlítása. A vizuális adatok megerősítik a korábbi cikkünkben megfogalmazottakat, miszerint a rétegvastagság és a maratásról készült optikai mikroszkópos felvételek alapján meghatározható az egyes szemcsék maratási sebessége [12]. Az így kapott sebességértékeket összevetve az EBSD-felvételekkel, a maratási sebességek orientációhoz rendelhetők, ennek következtében pedig későbbi vizsgálatok során tisztán az optikai mikroszkópos felvételekből jó közelítéssel meghatározható lesz az egyes szemcsék orientációja.



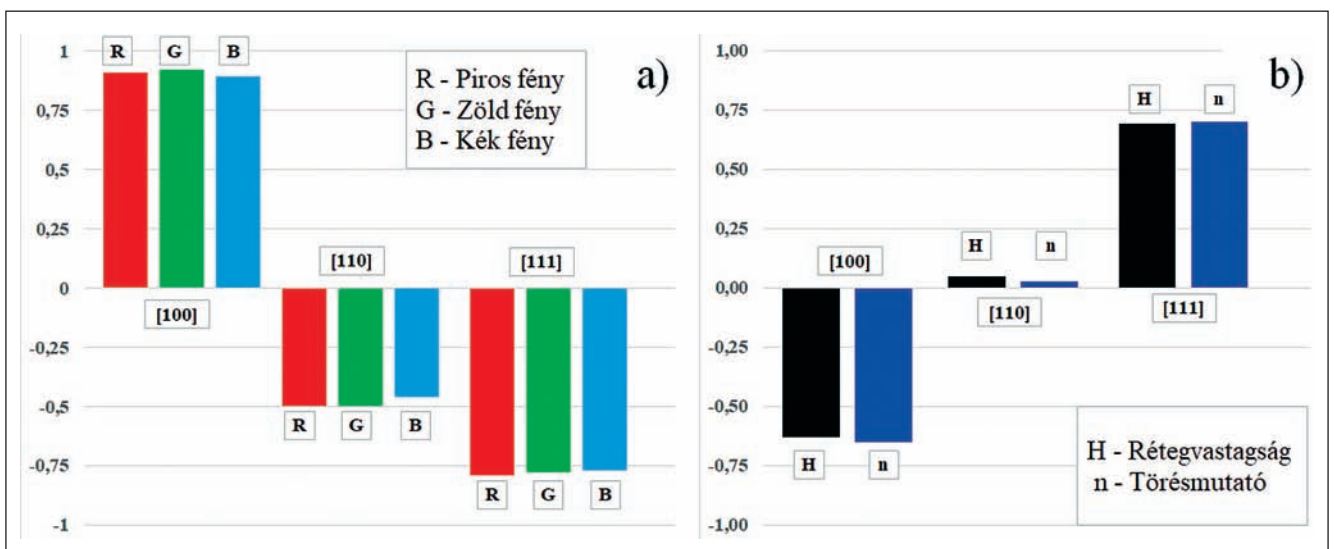
■ 2. ábra. Spektroszkópiai ellipszometriával mért, homogén felületi réteget feltételező modell alapján a vizsgált terület egyes pontjaiban kapott rétegvastagság (a) és törésmutató (b)

Az ellipszometria eredményeire illesztett homogén réteget feltételező modell alapján meghatároztuk a réteg törésmutatóját és vastagságát az egyes mérési pontokban (2. ábra). Mivel az ellipszometriával pásztázható legkisebb terület mérete adott, így az egyes szemcsehatárok csak akkor válnak egyértelműen beazonosíthatóvá, ha a szemcsék ennél lényegesen nagyobbak. A szemcsehatárokon vagy kis méretű kristallitok esetén a szomszédos szemcsék átlagát határoztuk meg.

A 2019-es tanulmányban publikáltak szerint a színes maratás során mért normál színintenzitás az egyes szemcsék esetében lecsengő koszinuszos jellegű volt. A különböző orientációjú szemcsék intenzitásgörbéit összehasonlítva, a különbséget az egyes szélsőértékek eléréséhez szükséges idő adta. Azok a szemcsék, amelyek orientációja az [100] főiránnyal kisebb szöget zárt be, gyorsabban maródtak, vagyis az intenzitásgörbéken hamarabb elérték az egyes szélsőértékeket [12].

A különböző hullámhosszú fénykomponensek (azaz különböző színek, vizsgálatunkban vörös, zöld és kék) esetében az öntöttvas mintán az első minimum eléréséhez szükséges idő és a kristálytani főirányokkal bezárt szög korrelációját a 3a ábra mutatja. Az [100] főirány esetén tapasztalható erős pozitív korreláció arra enged következtetni, hogy minél kisebb a bezárt szög az [100] főirány és a vizsgált szemcse felületi normálisa között, annál kevesebb idő szükséges az első minimum eléréséhez, következésképpen annál gyorsabban maródik az adott kristallit. Az [111] főirány és a maratási idő között fordított a korreláció, valamivel gyengébb, de még mindig számottevő. Az [110] főiránnyal bezárt szög esetén a korreláció mértéke 0,5 alatti, így bizonytalan.

A ferrites acélon végzett ellipszometria vizuális eredményeinek számszerűsítésére a kiválasztott szemcsék esetében megvizsgáltuk a korrelációt a három kristálytani főiránnyal bezárt szög, valamint a rétegvastagság



■ 3. ábra. A korábbi mérések alapján korreláció azonos rétegvastagság eléréséhez szükséges idő és a szemcseorientáció főirányokkal bezárt szöge között, a három fő színtkomponensre összevetve (a), valamint az ellipszometria alapján számolt korreláció a szemcseorientáció főirányokkal bezárt szöge és a törésmutató, illetve a rétegvastagság között (b)

és törésmutató között (*3b ábra*). Az [110]-val bezárt szög szinte semmilyen korrelációt nem mutat, ami össze-
cseng az előző mérés bizonytalanságával. A korreláció az [100] és [111] főiránnyal bezárt szög és a törésmuta-
tó, illetve az azzal szoros kapcsolatban álló rétegvastag-
ság között közel azonos erősségű volt, mint a korábbi
vizsgálatoknál. A fordított jelleg azzal magyarázható,
hogy minél nagyobb az adott főiránnyal bezárt szög,
annál lassabb lesz a maródás, következésképpen pedig
annál kisebb lesz a kialakuló réteg vastagsága. Ez pedig
ismételten megerősíti a korábbi mérések és állítások
eredményét.

4. Összegzés

Spektroszkópiai ellipszometriával sikerült megmérni a szí-
nes maratás során kialakuló réteg törésmutatóját és vas-
tagságát is, új eszközzel bővítve az erre alkalmas beren-
dezések sorát. A mérés eredményei összhangban vannak
a korábbi megállapításokkal. A maratás kristályorientáció-
tól függő marási sebessége leginkább az [100] kristálytani
főiránnyal bezárt szöggel korrelál, vagyis a marási sebes-
ség annál gyorsabb, a kialakuló réteg pedig annál vasta-
gabb, minél kisebb szöget zár be egy szemcse felületi nor-
málisa az [100] iránnyal. Az ellipszometriával történő
mérés emellett a kisebb mértékű, de fordított korrelációt az
[111] iránnyal, valamint a korreláció hiányát az [110] irány-
nyal is megerősítette.

Köszönetnyilvánítás

Az itt bemutatott munka az Innovációs és Technológiai
Minisztérium ÚNKP-2021-3-II-259 kódszámú Új nemzeti
Kiválóság programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési
és Innovációs Alapjából finanszírozott, valamint a
K131515 számú OTKA téma szakmai támogatásával
készült.

Irodalom

- [1] G. Petzow: Metallographic Etching, 2nd Edition: Techniques for Metallography, Ceramography, Plastography, ASM International, 1999, ISBN 1615032207, 9781615032204, 1–240.
- [2] E. Beraha: Ätzmittel zur Sichtbarmachung chemischer und physikalischer Inhomogenitäten in Stahlgefügen, Prakt. Metallogr., vol. 4, no. 8, 1967, 419–420.
- [3] E. Beraha: Ätzmittel zur Identifizierung von Sulfideinschlüssen in Eisen und Stahl und zur Unterscheidung von Phosphid und Zementit in Gußeisen, Prakt. Metallogr., vol. 6, no. 9, 1969, 565–568.
- [4] H.D. Um, N. Kim, K. Lee, et al.: Versatile control of metal-assisted chemical etching for vertical silicon microwire arrays and their photovoltaic applications, Sci Rep 5, 2015, 11277
- [5] E. Beraha: Farbätzung für Gußeisen, Stähle, Werkzeugstähle, Manganstähle und ferritische und martensitische rostfreie Stähle, Prakt. Metallogr., vol. 8, no. 9, 1971, 547–550.
- [6] S. Chen, M.-L. Giorgi, J.-B. Guillet, G. Geneste: Oxidation and diffusion processes at the Mn-doped Fe(100) and Fe(110) surfaces from first-principles, Applied Surface Science 258, 2012, 8613–8618.
- [7] Y. A., Bioud, A. Boucherif, A. Belarouci, et al.: Chemical Composition of Nanoporous Layer Formed by Electrochemical Etching of p-Type GaAs, Nanoscale Res Lett 11, 2016, 446.
- [8] P. J. Szabó, I. Kardos: Correlation between grain orientation and the shade of color etching, Mater. Charact. 61 (08), 2010, 814–817.
- [9] A. Bonyár, P. J. Szabó: Correlation between the Grain Orientation Dependence of Color Etching and Chemical Etching, Microscopy and microanalysis: the official journal of Microscopy Society of America, Microbeam Analysis Society, Microscopical Society of Canada. 18. 2012, 1–4.
- [10] D. Britz: Opening the door to fundamental understanding of structure and color metallography – a correlative microscopy study on steel, Microsc. Microanal., 834, 2014, 1431-9276 1435-8115 20
- [11] D. Britz: Reproducible surface contrasting and orientation correlation of low-carbon steels by time-resolved Beraha color etching, Mater. Perform. Characterization 5 (5), 2016, 553–563.
- [12] A. Bonyár, J. Renkó, D. Kovács, P. J. Szabó: Understanding the mechanism of Beraha-I type color etching: Determination of the orientation dependent etch rate, layer refractive index and a method for quantifying the angle between surface normal and the $\langle 100 \rangle$, $\langle 111 \rangle$ directions for individual grains, Mater. Char., Vol. 156, 2019, 109844
- [13] E. Beraha: New metallographic reagents for stainless steel and heat-resisting alloys, J. Iron Steel Inst., vol. March, 1966, 248–251.
- [14] E. Kiss, J. Gulyás, et. al.: Képlékeny alakítás, Budapest, Tankönyvkiadó, 1987, 95–100.
- [15] T. Lohner, M. Serényi, P. Petrik: Characterization of sputtered aluminum oxide films using spectroscopic ellipsometry, Intern. J. of New Horizons in Phys., 2 (1), 2015, 1–4.
- [16] H. G. Tompkins, J. N. Hilfiker: Spectroscopic ellipsometry: Practical application to thin film characterization, Momentum Press, LLC, New York, 2016, 31–55.
- [17] H. Fujiwara: Spectroscopic Ellipsometry: Principles and Applications, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2007, 81–120.

Kiválási folyamat „in situ” röntgendiffrakciós vizsgálata NbTi ötvözetben

A széles körben használt NbTi szupravezető ötvözeteknél alkalmazott kezelés hatására a β -fázisban α -Ti kiválások jönnek létre. Ezek létrehozása hőkezelések és hidegalakítási folyamatok sorával lehetséges. A szokásos eljárás három állandó idejű és hőmérsékletű hőkezelést, és a hőkezelések közé iktatott alakításokat jelenti.

Kutatásunk során egy új típusú szupravezető mágneses árnyékoló alapanyagának vizsgálatával foglalkoztunk. Hidegen alakított Nb47%Ti ötvözetben és lemezes kompozitanyagban „in situ” röntgendiffrakciós módszerrel vizsgáltuk az α -Ti kiválások megjelenését. Az alakított NbTi ötvözet és a Cu-Nb-NbTi lemezes kompozit esetében „in situ” röntgendiffrakciós módszerrel (XRD) a kiválási folyamat monitorozását elvégeztük. Az „in situ” XRD vizsgálat során készült diffraktogram-sorozatot Rietveld illesztési módszerrel kiértékeltek. A hosszú idejű hőkezelés egyes lépéseiben azonosított fázisok és azok kristálytani paraméterei alapján leírtuk a folyamatot. Mindkét mintában a felhevítést követően a metastabil β -fázis szétesésével párhuzamosan elkezdődik az α -Ti kiválása.

Bevezetés

A 45-50 t% titántartalmú NbTi ötvözetek jelen vannak az MRI berendezésekben, részecskegyorsítókban és egyéb nagy mágneses tereket alkalmazó eszközökben. Jellemzően nagy szilárdsággal, alakíthatósággal rendelkeznek, az említett mágneses mezőbeli alkalmazásukat a nagy kritikus áramsűrűségük teszi lehetővé [1]. A széles körben alkalmazott NbTi szupravezető ötvözetekben termomechanikus kezelés hatására a β -fázisban α -Ti kiválások jönnek létre [2]. A létrejövő alfa-Ti kiválások elsődleges fluxusrögítő-centrumok, mivel az α -Ti nem szupravezető a mágnes 4,2 K működési hőmérsékletén [3]. A kiválások létrehozása hőkezelések és hidegalakítási folyamatok sorával lehetséges. Ez a termomechanikai eljárás három állandó idejű és hőmérsékletű hőkezelést, és a hőkezelések közé iktatott alakításokat jelent. A hőkezelési idő és hőmérséklet megválasztásánál a létrehozni kívánt kiválás morfológiája, mennyisége a meghatározó. A hőkezelési hőmérséklet növelésével nő a kiválások száma és a mérete. Ha adott hőkezelési hőmérsékleten a hőkezelési időt megnöveljük ugyancsak a kiválások mérete fog növekedésnek indulni [4]. A hidegen alakítást először kismértékű előalakítás, majd jelentősebb mértékű alakítás, végül egy befejező végső alakítás követi, amely lehet hengerlés

vagy húzás is a termék geometriájától függően. Az előalakítás a szerkezetekben a hármaspontok létrehozására szolgál, növeli a kiválások létrejöttéhez szükséges nukleációs helyek számát és a szemcsehatárok sűrűségét, csökkenti az átlagos diffúziós távolságot a nukleációs helyeken. A közbenső alakítás az előalakításnál említett folyamatok mellett a kiválás mennyiségének növekedését segíti [5]. A végső alakításkor a kiválások méretének csökkentése a cél, 300-100 nm-ről 4-1 nm vastagságra és 10-4 nm távolságra, ez a lépés nagyon fontos a kritikus áramsűrűség (J_c) optimalizálása szempontjából [3]. Az alfa-Ti kiválás térfogathányadának növekedésével a J_c értéke lineárisan növekszik. A szokásos háromlépéses eljárásban elérhető maximális alfa-Ti mennyiség közelítőleg 25% [5–13]. Az alfa-kiválás létrejötte egy komplex folyamat eredménye, amelyben nagyon fontos a kiinduló alapanyag NbTi ötvözet szemcseszerkezete. Mivel kiválások képződése a szemcsehatáron és a hármaspontokban történik, az alfa-Ti kiválások mennyisége erősen függ a kiinduló NbTi szemcseméretétől, állapotától. Az alfa-Ti kiválás morfológiája az alakítás függvényében is megváltozik, kis természetes nyúlás esetén ($\varepsilon = 1,10$) csaknem ekvixiálisak a kiválások, a természetes nyúlás növekedésével ($\varepsilon = 2,5-5,6$) a kiválások vékony, nyújtott formájúvá válnak [6–7, 15]. A β -fázis termikus stabilitása eléggé

Dr. Nagy Erzsébet szakmai életrajzát 2020/5-6. számunkban közzöltük.

Dr. Kristály Ferenc szakmai életrajzát 2020/5-6. számunkban közzöltük.

Kárpáti Viktor 2020-ban szerzett MSc kohómérnök diplomát hőkezelési és képlékenyalakítási szakirányon a ME Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg doktorandusz hallgató és a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet tanszéki mérnöke. Kutatási területe a képlékenyalakítás, kristályosodás, valamint a roncsolásmentes anyagvizsgálat.

Dr. Koncz-Horváth Dániel 2006-ban szerzett kohómérnök diplomát, majd 2014-ben doktorált a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2004-2006 között a General Electric

Hungary gyakornoka, 2007–2009 között a Robert Bosch Elektronika Kft.-nél doktorandusz és gyakornok. Jelenleg a ME Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének tudományos munkatársa. Szakterülete: pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok.

Karacs Gábor 2001-ben villamosmérnökként, majd 2004-ben okleveles anyagmérnökként végzett a Miskolci Egyetemen. Jelenleg a ME Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében működő MTA-ME ELKH Anyagtudományi Kutatócsoportjának tudományos segédmunkatársa. Szakterülete: transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatok.

Dr. Mertinger Valéria szakmai életrajzát 2020/5-6. számunkban közzöltük.

alacsony, ezért előfordul, hogy az alfa-Ti kiválásán kívül más átalakulási folyamat is végbemegy, például omega fázis képződése [7, 12, 14].

A Miskolci Egyetem és a genfi székhelyű Európai Nukleáris Kutatási Szervezet (CERN) együttműködési megállapodást írt alá 2019-ben, a következő generációs hadronütköztetők (a továbbfejlesztett Large Hadron Collider – LHC) szupravezető alapanyagokból álló alkatrészeinek fejlesztésére és tesztelésére. A Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézete és az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont közös kutatási projektben többréteges lemezes kompozit fejlesztését valósítja meg. A hengerléssel laboratóriumi körülmények között sikeresen létrehozott sokrétegű, lemezes szerkezetű Cu-Nb-NbTi kompozit alkalmazhatóságát a 4K hőmérsékleten megvalósult szupravezető állapot és minél hatékonyabb mágneses árnyékoló képesség jelenti. A lemezes kompozit rétegtrendje és szövetszerkezete szigorú rend szerint épül fel. A funkcionalitás megfelelőségét egyrészt a geometriai arányok a réteges szerkezetben, másrészt az egyes rétegek fémfizikai állapota biztosítja, amelyet a hengerlési és lágyítási, hőkezelési paraméterekkel lehet szabályozni. A NbTi rétegek szupravezető állapotának biztosítása elsősorban utólagos hőkezeléssel történik. A Nb-Ti rétegben hosszú idejű hőkezelést követően α -Ti kiválások jönnek létre, amelyek a mágneses indukcióvonalak mozgását akadályozzák és biztosítják a stabil szupravezető állapotot.

Kutatásunkban hidegen alakított Nb47t%Ti ötvözetben és Cu-Nb-NbTi lemezes kompozitanyagban „in situ” röntgendiffrakciós módszerrel vizsgáltuk az α -Ti kiválások megjelenését. Az alakított NbTi ötvözet esetében az „in situ” módszerrel hőkezelt minta mikroszerkezetét megvizsgáltuk SEM- és TEM- módszerrel, a röntgendiffrakciós vizsgálat során készült diffraktogram-sorozatot Rietveld illesztési módszerrel kiértékeltek. A hőkezelést követően a lemezes kompozitanyag szerkezetét szintén SEM-módszerrel vizsgáltuk, a röntgendiffrakciós vizsgálat során készült diffraktogram-sorozatot Rietveld illesztési módszerrel kiértékeltek.

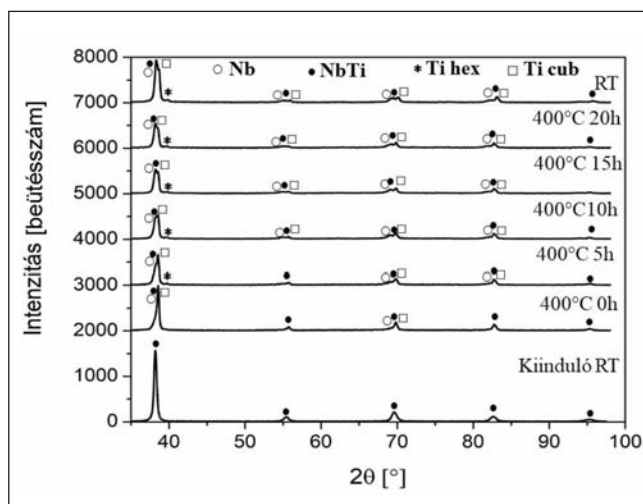
Vizsgálatok

A vizsgálatokhoz nagy tisztaságú 53t%Nb és 47t%Ti összetételű szupravezető ötvözetet használtunk, illetve kísérleti lemezes kompozitot hoztunk létre Cu-Nb-NbTi lemezekből. Az ötvözetek hidegalakítását von Roll kísérleti hengerállványon végeztük el a Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének laboratóriumában. Mindkét anyag esetében a lemezekből kivett mintákon „in situ” röntgendiffrakciós méréseket végeztünk. Az „in situ” röntgendiffrakciós módszer lehetőséget biztosít a hosszú idejű hőkezelés során végbemenő folyamatok monitorozására meghatározott időközönként felvétel készítésén keresztül. A röntgendiffrakciós méréseket a Bruker D8 Discovery XRD berendezéssel Cu $K\alpha$ sugárzással végeztük hevítőkamrában Göbel-tükör alkalmazásával 33-98° (2θ) között, 0,014° (2θ) lépésközzel és 0,40 s gyűjtési idővel a Miskolci Egyetem 3D Laboratóriumában. A fázisazonosítás Bruker EVA 5.0 szoftverrel PDF2

adatbázis használatával történt, a Rietveld-illesztéshez Bruker TOPAS 6.0 szoftvert használtunk. A hőkezelt minták mikroszerkezetét Thermo Scientific Helios G4 PFIB pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk a Miskolci Egyetem 3D laboratóriumában, a kiválások transzmissziós elektronmikroszkópi vizsgálatához a mintából lamellát készítettünk Xe nyalábbal. A lamella vizsgálatát Fei Technai transzmissziós elektronmikroszkóppal végeztük a Miskolci Egyetem ELKH Anyagtudományi Kutatócsoport laboratóriumában.

Eredmények

A kiinduló alakított ($\varepsilon = 3,35$) Nb47t%Ti minta homogén β -fázisból áll [7]. Az alakított mintán az „in situ” vizsgálat 20 órás időtartama alatt a vizsgálati hőmérséklet (400 °C) elérésekor, majd 5 óránként végeztünk diffrakciós mérést. Az esetleges oxidációs folyamatok elkerülése érdekében vákuumban történt a vizsgálat. Az alakított NbTi alapanyagról az „in situ” vizsgálat egyes lépéseiben készült diffraktogramokat az 1. ábra mutatja.



■ 1. ábra. A NbTi alapanyag „in situ” vizsgálata során rögzített diffraktogramok

Mivel a Nb a β -fázist stabilizáló elem, az 53t%Nb tartalom egyértelműen a homogén β -szerkezet stabilitását eredményezi. A hőkezelést követően a mintában a térben középpontos kockarácsú NbTi fázis (tércsoport: Im-3m) mellett megjelenik a térben középpontos kockarácsú Nb (tércsoport: Im-3m), a térben középpontos kockarácsú Ti (tércsoport: Im-3m) módosulat, és a hexagonális α -Ti (tércsoport: P63/mmc) fázis. A hőkezelés során a túltelített β NbTi szilárd oldat termodinamikailag instabillá válik, és spontán módon, csíráképződés nélkül két fázisra (Nb, β -Ti) bomlik szét. Az instabil fázis spontán szétválása stabil fázisokká egy visszafordíthatatlan folyamat.

A kiinduló hideghengerelt állapotot ($\varepsilon = 3,35$) mutatja a vizsgálat kezdetén szobahőmérsékleten készült diffraktogram (1. ábra). A második felvétel a vizsgálati hőmérséklet elérésekor készült. 400 °C-ot elérve elkezdődnek a termodinamikailag indukált folyamatok, amelyek a reflexiókon is megjelennek. A reflexió alakjának változása, a váll kialakulása a (110) reflexión ($2\theta = 38,51^\circ$) a szétválási folyamat

elindulását mutatja. A hexagonális α -Ti reflexió megjelenése a kiválási folyamatok jelenlétét mutatja. A 20 h időtartamig elvégzett 5 óránként készült felvételeken megjelenő α -Ti reflexiók a kiválási folyamat előrehaladását igazolják. A spinodális bomlás következtében kialakult egyensúlyi fázisok szobahőmérsékletre történt visszahűtést követően is megmaradnak a mikroszerkezetben. Az „in situ” hevítés egyes vizsgálati lépcsőjében rögzített diffraktogramok esetében a Rietveld illesztési módszerrel meghatározott fázisok mennyisége az 1. táblázatban látható.

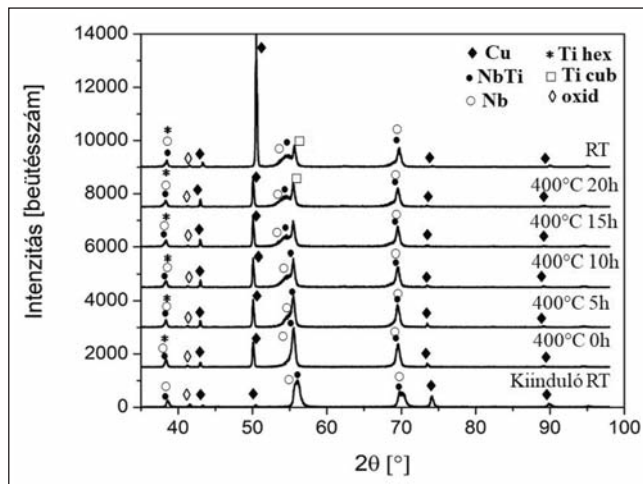
1. táblázat. A NbTi alapanyag egyes hevítési lépcsőkben meghatározott térfogathányada [%]

	NbTi	Ti hex	Ti cub	Nb	TiO	Ti ₄ N ₃
0 h	27,6	4,7	52,6	3,8	7,1	4,2
5 h	20,6	2,1	58,4	10,7	8,2	0,0
10 h	21,9	2,6	55,5	2,5	7,3	10,2
15 h	21,7	6,1	58,4	3,7	8,3	1,8
20 h	18,7	6,4	63,1	1,7	8,8	1,3
RT	17,0	4,2	54,5	16,9	4,9	2,5

A lemezes kompozit minta kiinduló szerkezetét a 2. ábra mutatja. A réteges lemezes kompozit keresztmetszetén a visszaszórt elektron képen a világos sávok a Nb rétegek. A plazmasugárral elvégzett bemetszést követően jól kirajzolódik a NbTi-Nb-Cu-Nb-NbTi rétegtrend. A kompozit minta „in situ” röntgendiffrakciós vizsgálatát a NbTi alapanyagnál alkalmazott paraméterekkel végeztük el. A lemezes kompozit mintáról készült diffrakciós felvételeket a 3. ábra mutatja.

A kiinduló állapotban készült diffrakciós felvételen a kompozitot alkotó három anyag reflexiói egyaránt megjelennek. A lemezes kompozit esetében a röntgensugárzás által gerjesztett térfogat mindhárom anyagból számos réteget foglal magába, míg a NbTi alapanyag esetében csak egy anyagfajtáról érkezik diffrakció (1. ábra).

A lemezes kompozit kiinduló állapotában készült diffrakciós felvételen a kompozitot alkotó Cu, NbTi és Nb alapanyagok reflexiói azonosíthatók. A mintát 400 °C-ra felhevítve megváltozik a diffraktogram jel-

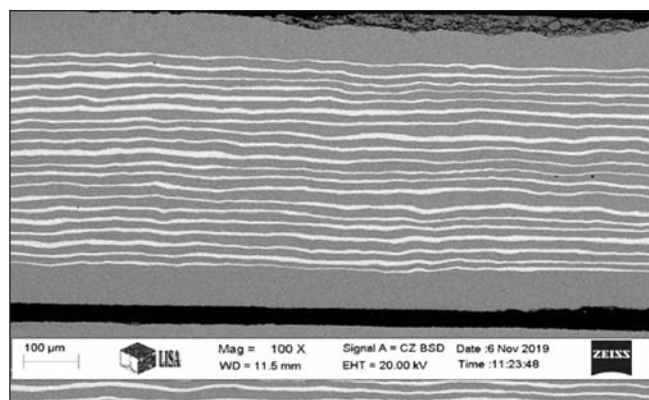


3. ábra. A lemezes kompozit minta „in situ” vizsgálata során rögzített diffraktogramok

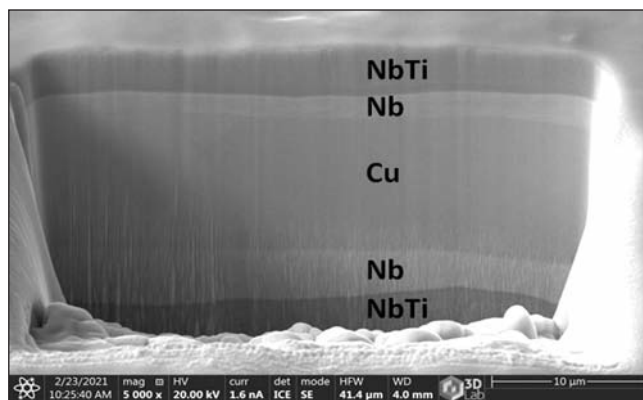
lege, a Cu (200) reflexiója erősödik, a $2\theta = 55^\circ$ -nál jelentkező $\beta(200)$ csúcs alakja megváltozik. Az 5 h hőntartást követően a $\beta(200)$ reflexión kialakuló váll a szétválási folyamat megindulásához köthető. Az α -Ti reflexió megjelenése a kiválási folyamatok jelenlétét mutatja. A lemezes kompozit esetében is a hőkezelési idő előrehaladásával α -Ti reflexiók minden felvételen azonosíthatók. A spinodális bomlás következtében kialakult fázisok ebben az esetben is megmaradnak a szobahőmérsékletre visszahűtést követően. A lemezes kompozit „in situ” hevítése során az egyes lépcsőkben rögzített diffraktogramok esetében a Rietveld illesztési módszerrel meghatározott fázisok mennyisége a 2. táblázatban látható.

2. táblázat. A lemezes kompozit egyes hevítési lépcsőkben meghatározott térfogathányada [%]

	Cu	NbTi	Ti hex	Ti cub	Nb	TiO	Ti ₄ N ₃
RT (kiinduló)	18,3	33	-	-	47,9	0	0,9
0 h	32,3	48,7	1,6	-	4	2,4	11,1
5 h	29,8	46	2,2	-	9,9	5,6	6,4
10 h	36	45,2	4,3	-	6,1	8	0,3
15 h	25,6	25,2	3,2	22,1	7,8	10,9	5,3
20 h	19,4	11,7	3,1	58,3	2,6	4,6	0,4
RT	32,6	5,6	2,3	49,4	3,5	6,1	0,6

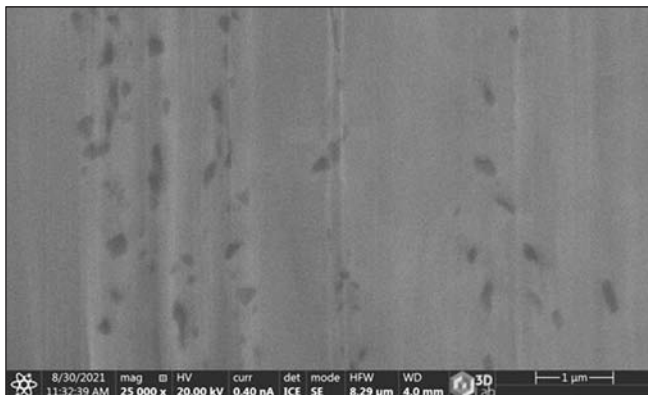


a)

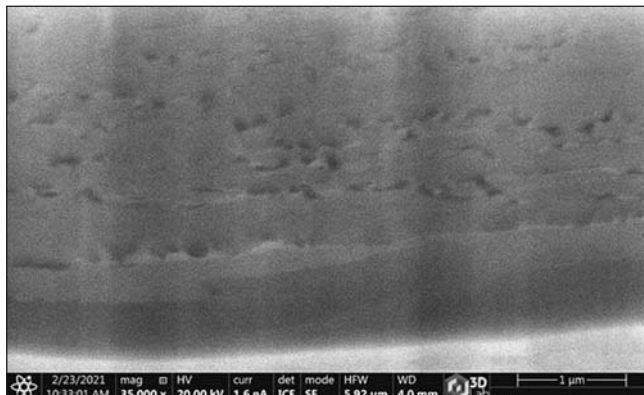


b)

2. ábra. A kísérleti lemezes kompozit anyag szerkezete



hőkezelt NbTi



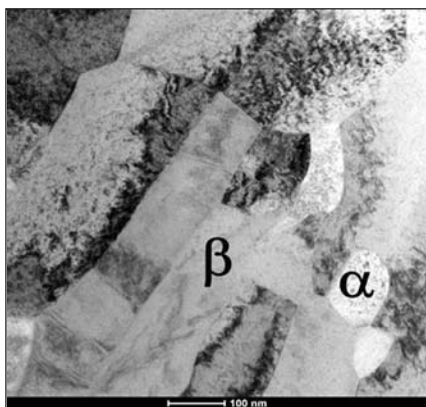
hőkezelt lemezes kompozit

■ 4–5. ábra. A vizsgált hőkezelt minták bemetszett felületén kirajzolódó kiválások

A lemezes kompozit minta lehűlés utáni felvételén a Cu intenzív (111) reflexiója a hevítés közbeni átkristályosodásának eredménye. A NbTi a réteges szerkezetben is szétválak az alapanyagnál megfigyelt módon Nb és kockarácsú Ti fázisra. A szétválás a kompozit esetében nem az (110), hanem a (200) síksorozatok reflexiójánál jelenik meg. A reflexió alak hasonló a NbTi alapanyagnál megfigyelthez, de az erős alakváltozás következtében más lesz a rétegben kialakult orientáció.

A hőkezelt NbTi minta Xe plazmával bemetszett és polírozott felületén a mikro-szerkezetben látható sötét foltok az elemanalízis alapján nagyobb Ti tartalmú területek (Nb nem mérhető ezeken a helyeken), valószínűleg a megjelent α -Ti kiválások (4. ábra). A hőkezelt lemezes kompozit minta bemetszett és polírozott felületén hasonló fekete területek különíthetők el a pásztázó elektronmikroszkópos felvételen (5. ábra).

A hőkezelt NbTi mintában a transzmissziós elektronmikroszkópiai vizsgálatok alapján a szemcsehatárokon, valamint a hármaspontokban megjelenő fázis α -Ti kiválás (6. ábra).



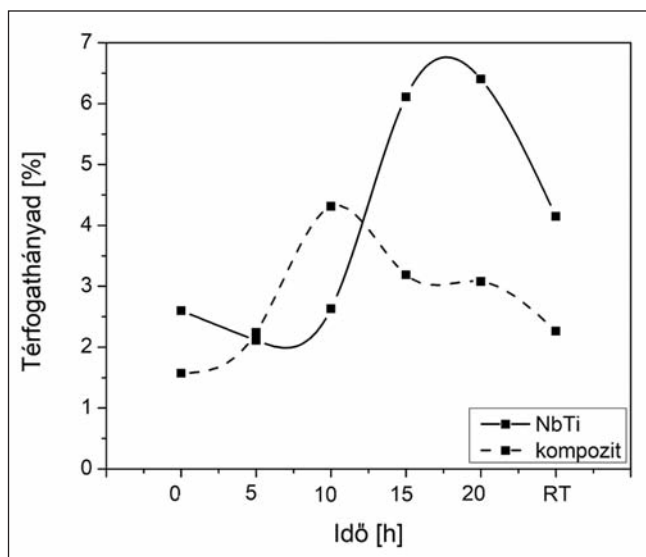
■ 6. ábra. A hőkezelt mintából készült lamella mikroszerkezete

A hevítések során a hőtartási idő függvényében az α -Ti mennyisége kis mértékben növekszik (7. ábra). A szobahőmérsékletre történő visszahűtést követően az α -Ti mennyiségében kisebb visszaesés figyelhető meg, de ez nagyságrendileg nem

számottevő. Az okok feltárásához további vizsgálatok szükségesek. A hőkezelt NbTi mintában a kiválási folyamat eredménye $\sim 4\%$ α -Ti fázis szobahőmérsékleten. A lemezes kompozit hőkezelése során is hasonló tendencia figyelhető meg, de a kiválás mennyisége abszolút értékben elmarad a NbTi vizsgálatánál tapasztaltakkal szem-

ben. Ez a különbség a vizsgálati minták besugárzott térfogatából adódik, míg a NbTi alapanyagnál az egész minta egyfázisú, addig a kompozit minta esetében a rétegek közelítőleg harmadát teszi ki a NbTi.

A kiválási folyamat elindulása mellett a NbTi fázis szétválása is megkezdődik már a hevítés első lépésében. Mivel a Nb és a Ti elemeknek hasonló méretű az atomrádiusza, könnyen helyettesíthetik egymást a kristályrácsban. A NbTi szétesés során azonos rácstípusú térben középpontos kockarácsú fázisok keletkeznek, melyek csak a rácspontokba beépülő atomokban különböznek. A kockarácsú NbTi fázis elméleti rácsparamétere 3,28 nm, amely a hevítés következtében megváltozik. A spinodális bomlás következtében létrejövő fázisok rácsparamétere a Ti alapú fázis esetében kisebb (3,29 nm), míg a Nb alapú fázisnál nagyobb (3,33 nm) lesz a kiinduló NbTi fázis értékéhez képest. A hőtartási idő növekedésével mind a három fázis esetében nő az „a” rácsparaméter értéke. A kockarácsú fázisok esetében a rácsparaméter növekedését az ötvöző elem oldódása, valamint a hevítés miatti hőtágulás okozza. A széteséssel létrejött β -fázisok sosem tiszta fázisok, hanem oldott ötvözőket tartalmaznak (praktikusan a Ti alapú oldott Nb atomokat, míg a Nb alapú



■ 7. ábra. Az α -Ti kiválások mennyiségének változása a hőkezelési idő függvényében

oldott Ti atomokat). A szobahőmérsékleten mért csökkent rácsparaméterek egyértelműen a termikus dilatáció megszűnésének következményei.

Mivel kiválások képződése a szemcsehatáron és a hármaspontokban történik, az α -Ti kiválások mennyisége erősen függ a kiinduló NbTi szemcseméretétől, állapotától. A kiinduló mikroszerkezetben az alakított, elnyújtott szemcsék egy része nagyobb méretű, amelyek között több kisebb méretű hasonló morfológiájú szemcse található. A kiválási folyamatok elsősorban ezekben a kisebb szemcsés régiókban mennek végbe a fajlagosan nagyobb szemcsehatár-felület és nagyobb mennyiségű hármaspont miatt. A határon létrejövő kiválások az alakítás mértékéből, $\varepsilon = 3,35$ értékből adódóan nyújtott formájuk lesznek, a csomópontokban esetenként ekvixiális formájú kiválások is megfigyelhetők.

Összegzés

„In situ” röntgendiffrakciós módszerrel vizsgáltuk az α -Ti kiválási folyamatot Nb47t%Ti alapanyagban és lemezes kompozitban. A mintákban 400 °C-on hosszú idejű hőkezelést követően a kialakult mikroszerkezetet megvizsgáltuk, meghatároztuk az kialakult α -Ti mennyiségét. A hevítés közben végbemenő folyamatok leírása szerepel a cikkben.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A tématerületi kutatás az Innovációs és Tématerületi Kiválósági Program 2020 Társadalmi hasznosság növelő fejlesztések a hazai felszín alatti természeti erőforrások hatékonyabb kiaknázása és hasznosítása terén az Innovációs és Technológia Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott támogatói okirat (Támogatói Okirat ikt. száma: TKP-17-1/PALY-2020) alapján zajló projektje részeként valósult meg.

Irodalom

- [1] *Peter J. Lee, Bruce Strauss*: 11.2 Nb-Ti - from beginnings to perfection, 100 Year of Superconductivity, Edited Horst Rogalla, Petes H. Kes, Aylor and Francis Publication, 2011
- [2] *M. B. Lazareva, A. A. Mazilov, V. A. Ksenofontov, T. I. Mazilova, Ju. A. Gordienko, O. V. Dudka, I. M. Mikhailovskij*: Microstructure of NbTi superconducting alloy, Letters on materials 7 (4), 2017 pp. 345–349.
- [3] *J. F. Li, P. X. Zhang, X. H. Liu, J. S. Li, Y. Feng, S. J. Du, T. C. Wang, W. T. Liu, G. Grunblatt, C. Verwaerde, G. K. Hoang*: The microstructure of NbTi

superconducting composite wire for ITER project, Physica C 468 (2008) 1840–1842.

- [4] *Hiroaki Otsuka, Masaaki Sugiyama, Ikuo Itoh*: The influence of Aging time on alfa Ti Precipitation in NbTi/Nb/Cu Superconducting Multilayer Sheets, J. Japan Inst. Metals, Vol.64. No. 2. (2000), pp. 163–169.
- [5] *L. Cooley, P. Lee, D. C. Larbalestier*: Processing of low Tc conductors: the alloy Nb–Ti, Handbook of Superconducting Materials, Volume I: Superconductivity, Materials and Processes, Edited by D. A. Cardwell, D. S. Ginley, IOP Publishing, Bristol and Philadelphia 2003 pp. 603–637.
- [6] *C. Meingast, P. J. Lee, D. C. Larbalestier*: Quantitative description of a high Jc Nba Ti superconductor during its final optimization strain: I. Microstructure, Tc, HC2 and resistivity, J. Appl Phys 66 (12), 15 December 1989, pp. 5962–5970.
- [7] *Matthias Bönisch, Ajit Panigrahi, Mariana Calin, Thomas Waitz, Michael Zehetbauer, Werner Skrotzki, Jürgen Eckert*: Thermal stability and latent heat of Nb rich martensitic Ti-Nb alloys, Journal of Alloys and Compounds 697 (2017) 300e309
- [8] *Moffat and D. C. Larbalestier*: The Competition between the Alpha and Omega Phases in Aged Ti-Nb Alloys, Metallurgical Transactions Metallurgical Transactions A Volume 19a, July 1988, pp. 1687–1694.
- [9] *Mary I. Buckett, David C. Larbalestier*: Precipitation at low strains in Nb 46.5 Wt% Ti, IEEE transactions on magnetics, Vol. Mag-23, No. 2, March 1987, pp. 1638–1641.
- [10] *Daniel Gajda, Andrzej Morawski, Andrzej Zaleski, Tomasz Cetner, Adam Presz*: Enhancement of critical current density in superconducting wires NbTi, (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 87 NR 6/2011, pp. 209–213.
- [11] *Daniel Gajda*: Analysis Method of High-Field Pinning Centers in NbTi Wires and MgB2 Wires, Journal of Low Temperature Physics (2019) 194 pp. 166–182.
- [12] *Peter J. Lee*: Abridged metallurgy of ductile alloy superconductors, Wiley Encycl. Electr. Electron. Eng., 1999.
- [13] *David C. Larbalestier*: Niobium-titanium superconducting materials, Chapter 3. S. Foner et al. (eds.), Superconductor Materials Science: Metallurgy, Fabrication, and Applications, Plenum Press, New York 1981, pp.133–199.
- [14] *D. R. Trinkle, R. G. Hennig, S. G. Srinivasan, D. M. Hatch, M. D. Jones, H. T. Stokes, R. C. Albers, J. W. Wilkins*: A New Mechanism for the alfa to omega Martensitic Transformation in Pure Titanium, Physical Reviewletters Vol. 91. Nr. 2 (2003) 025701
- [15] *A. W. West, D. C. Larbalestier*: alfa-Ti precipitates in high current density multifilamentary niobium-titanium composites, IEEE transactions on magnetics, Vol. Mag-19, No. 3, May 1983.

OMBKE hírek

Az OMBKE 111. Küldöttgyűlése

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 2021. október 2-án tartotta 111. Küldöttgyűlését.

A meghirdetett napirendi pontok közül az Alapszabály-módosítást nem tárgyalhatta a Küldöttgyűlés, mivel a meghirdetett kezdési időpontban, 10:30-kor határozatképtelen volt.

A jóváhagyott napirendi pontok: Himnusz, Elnöki megnyitó, Köszöntések, A Választmány beszámolója, Közhasznúsági jelentés, Ellenőrző Bizottsági jelentés, Hozzászólások, Indítványok.

SZÜNET

Határozatok, Elnöki zárszó, Bányász-, Kohász- és Erdész Himnusz

A 11:00 órára összehívott megismételt Küldöttgyűlést megtárgyalás után minden napirendi pontot jóváhagyott. A jegyzőkönyv a hitelesítést követően az egyesületi honlapon meg fog jelenni.

Az Egyesület érvényben lévő Alapszabálya adta felhatalmazás alapján *dr. Hatala Pál* elnök rendkívüli küldöttgyűlést hirdetett meg 2021. november 20-ára az Egyesület új székházába, ahol az új Alapszabály-tervezet elfogadása lesz az egyetlen napirendi pont. A rendkívüli küldöttgyűlés már a megjelent küldöttek és tiszteleti tagok létszámától függetlenül határozatképes lesz.

Jó szerencsét!

Kőrösi Tamás főtitkár



MEGHÍVÓ

az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület
2021. november 20-án, szombaton 11:00 órakor kezdődő

112. RENDKÍVÜLI KÜLDÖTTGYŰLÉSÉRE

Helyszín: 1107 Budapest, Hízlaló tér 1.

NAPIREND

Himnusz,

Elnöki megnyitó,

Köszöntések,

Előterjesztés az Alapszabály módosítására,

Hozzászólások, indítványok

SZÜNET

Határozatok

Elnöki zárszó

Bányász-, Kohász- és Erdész Himnusz

Kérem tagtársainkat, hogy a Küldöttgyűlésen az egészségvédelmi és járványügyi szabályokat tartsák be és lehetőség szerint egyenruhában jelenjenek meg.

A Küldöttgyűlés nyilvános, melyen a küldöttek és a tiszteleti tagok szavazati joggal, az Egyesület többi tagja (egyéni és pártoló jogi tagok) tanácskozási joggal vehetnek részt.

A regisztráció kezdete: 10:00.

A 112. Rendkívüli Küldöttgyűlést az Alapszabály 9§ (5) pontja adta felhatalmazás alapján a 111. Küldöttgyűlésen hívtam össze az Alapszabály módosításának érdekében. Ezen pont alapján a meghirdetett időpontban a jelenlévő küldöttek és tiszteleti tagok számától függetlenül a Küldöttgyűlés határozatképes lesz.

Jó szerencsét!

Dr. Hatala Pál elnök

A Miskolci Egyetem hírei

– A Miskolci Egyetem oktatói, kutatói állami és egyetemi kitüntetésekben részesültek:

- o *Prof. dr. Mertinger Valéria*, a MAK Fémtni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének egyetemi tanára a Magyar Érdemrend lovagkeresztje polgári tagozata kitüntetését vehette át a fémtn területén folytatott három évtizedes, kimagasló kutatói-oktatói munkája, valamint a mikroszerkezet-vizsgálat nemzetközileg is elismert szakértőjeként végzett iskolateremtő munkája elismeréseként.
- o *Dr. Bánhidi Olivér*, a MAK Kémiai Intézetének nyugalmazott címzetes egyetemi tanára, az analitikai kémia területén elért tudományos eredményei, valamint a Miskolci Egyetemen folytatott több évtizedes oktatói tevékenysége elismeréseként a Magyar Érdemrend lovagkeresztje polgári tagozata kitüntetését vehette át.
- o *Hutkainé Göndör Zsuzsanna*, a MAK Kémiai Intézetének mérnökstanára részére *prof. dr. Palkovics László* Miniszteri Elismerő Oklevelet adományozott.
- o *Dr. Mende Tamás*, a MAK Fémtni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének egyetemi docense részére *prof. dr. Palkovics László* Miniszteri Elismerő Oklevelet adományozott.
- o A ME rektora Signum Aureum Universitatis kitüntetését adományozott *prof. dr. Török Tamás*, a MAK Metallurgiai Intézetének egyetemi tanára részére, valamint a ME Kiváló Kutatója kitüntetését *prof. dr. Viskolcz Béla Tibor*, a MAK Kémiai Intézetének egyetemi tanára részére.

– A MAK Tanácsa Verő József Emlékérem kitüntetéssel ismerte el *prof. dr. Török Tamás* egyetemi tanár és *Hutkainé Göndör Zsuzsanna* mérnökstanár több évtizedes munkáját.

– 2021. évben Díszdoktori címet adományozott a ME *dr. Santiago Cuesta López* úrnak, aki a MAK számos nemzetközi H2020-as projektjének előkészítésében és megvalósításában vett részt. Dr. Santiago Cuesta López jelenleg a Kasztília és León tartományban (Spanyolország) működő fejlett anyagokkal és nyersanyagokkal foglalkozó nemzetközi kutatóközpont vezérigazgatója (International Research Center in Advanced Materials and Raw Materials of Castilla y Leon-ICAMCyL). A kutatásfinanszírozás területén jelentős nemzetközi kapcsolatrendszerrel rendelkezik. Számos kutatással kapcsolatos EU bizottságban tevékenykedik, többek között az EU NANOFUTURES vezetői bizottságának tagja és a kritikus nyersanyagok munkacsoportjának elnöke. Eddig több mint 40 projektben vett részt, menedzserként vagy igazgatóként, s 15 kutatási projektet irányított nemzetközi környezetben. Nemzetközileg elismert tudományos munkásságát igazolja több mint 60 tudományos és 70 kutatásszervezéssel, ipari alkalmazással foglalkozó cikke, s az arra kapott hivatkozások igen magas száma.

– **Felvételi eredmények** hasonlóak az előző éves adatokhoz, a 2021/22 tanév I. félévére 50 fő magyar hallgató iratkozott be, akik közül 15 fő MSc-képzésen, 35 fő pedig BSc-képzésen folytatja tanulmányait. Az 50 magyar hallgató a következő képzésekre jelentkezett:

- 6 fő BSc nappali anyagmérnök
- 16 fő BSc nappali vegyész
- 12 fő BSc levelező vegyész
- 1 fő BSc levelező anyagmérnök
- 10 fő MSc levelező anyagmérnök
- 5 fő levelező kohómérnök

– A Műszaki Anyagtudományi Kar képzései iránt érdeklődő magyar és külföldi hallgatóknak MSc képzési szinten lehetőségük van kettős diplomát szerezni. A program a Master in **Advanced Materials: Innovative Recycling** (AMIR) nevet viseli. Az ehhez szükséges szerződést a Miskolci Egyetem öt európai egyetemmel írta alá. A képzés során a Miskolci Egyetemen tanulnak a hallgatók két félévig, majd Bordeaux-ban, Lisszabonban, Darmstadtban, Madridban vagy Liège-ben folytatják tanulmányaikat. A Miskolci Egyetem fókuszában, az AMIR képzés keretében a polimerek újrahasznosítása áll. Az AMIR hallgatók, a miskolci egyetemi diploma mellett megkapják az öt partner egyetem egyikének diplomáját is, ahol a képzésük második részét folytatták.

– Mesterképzésre 20 fő külföldi hallgató iratkozott be a 2021/22. tanév I. félévére, akik közül 12 fő az AMIR programban, nyolcan pedig a Stipendium Hungaricum programban vesznek részt.

– A Műszaki Anyagtudományi Kar Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolájában **PhD-díszszertációját** magyar hallgatók közül *Hlavács Adrienn* 2021 júliusában, *Rugóczy Péter* pedig augusztusban védte meg. 2021-ben január és szeptember között 9 fő külföldi, Stipendium Hungaricum ösztöndíjas hallgató szerezte meg PhD-fokozatát.

– A 2021. augusztus 27-én **nyilvános ünnepi Egyetemi Szenátusülés** keretében kapták kézhez díszoklevelüket karunk 70, 65, 60 és 50 éve végzett egykori hallgatói, a járvány miatt most együtt a 2020-ban és a 2021-ben jogosultak.

A díszoklevelet kapottak száma (zárójelben a jelenlévők száma, a többiek postai úton kérték):

A végzés éve	1950	1956	1960	1961	1970	1971
Rubinoklevél	1					
Vasoklevél		4 (2)				
Gyémántoklevél			4 (2)	8 (4)		
Aranyoklevél					48 (11)	51 (33)

A 2020-ban 50 éve végzett kohómérnökök nevében *dr. Imre József*, a 2021-ben 50 éve végzettek nevében *dr. Tolnay Lajos* mondott köszöntőt.

– Volt tanítványai kezdeményezésére, közadakozásból készült el **Káldor Mihály professzor mellszobra**, amelyet a Miskolci Egyetem Fémtni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében avattak fel 2021. augusztus 27-én. A szobrot *Varga Éva* szobrászművész készítette és *Gál Tibor* öntötte. A szoboravatásról szóló beszámoló a 44. oldalon olvasható.

Baumli Péter

Káldor Mihály professzor mellszobrának avatása

A Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében 2021. augusztus 27-én avatták fel *dr. Káldor Mihály* egykori professzornak a volt diákok kezdeményezésére, közadakozásból megvalósított bronzszobrát.

Az ünnepségen *prof. dr. Mertinger Valéria*, az intézet igazgatója méltatta Káldor professzor életútját. *Prof. dr. Kaptay György* a Tudományos Tanács elnökeként, *prof. dr. Szűcs Péter* rektorhelyettes és az adományozók nevében *Németh László* szólt. *Antal Boza Ajra* az adományozók, *Szombatfalvy Rudolf* és *Schudich Anna* pedig az 1971-ben végzett évfolyam nevében helyezte el a megemlékezés virágait.

Prof. dr. Mertinger Valéria a következőképpen idézte fel Káldor Mihály munkásságát:

„Káldor Mihály 1924-ben született Budapesten, azonban már általános iskolába a Sopron melletti Brennbergbányára járt, egyetemi tanulmányai helyszínének pedig családi kötődés miatt is (édesapja Selmezbányán végzett bányamérnök volt) a soproni Kohómérnöki Kart választotta.

Diplomás kohómérnöként *Geleji Sándor* közbenjárásával kapta meg első állását Csepelen, ahol fémtani problémákkal és anyagvizsgálattal foglalkozott. 1949-ben a Csepelen szerzett tapasztalatai birtokában érkezett meg a Miskolci Egyetemre. Ebben az évben kezdődött meg a bányász, kohász és gépész hallgatók képzése, a kis létszámú oktatói kar erőfeszítései mellett. Először a Matematikai Tanszéken és a Mechanikai Tanszéken alkalmazták, ahol ezeknek a területeknek elsajátítása alapját képezte a későbbi munkásságának.

1952-ben a soproni tanszékek végleg átköltöztek Miskolcra, így a kutatói munkába intenzíven bekapcsolódhatott. Kandidátusi disszertációját („Módszer a rúdsajtolás jelenségeinek vizsgálatára”) 1957-ben védte meg. Szakmai tevékenysége teljessé vált a Metallográfiai Tanszékhez való csatlakozásával mint adjunktus, majd 1964-től mint egyetemi tanár. 20 éven át volt a tanszék igazgatója, *Verő József* professzortól folyamatosan átvéve az akadémiai és kutatói munka vezetését.

Érdeklődési körét képezték a következő területek: A hőkezelés kristálytani és termodinamikai alapjai, Ötvözetek termodinamikai alapjai, Fémek és ötvözetek kristályosodása. A „Fémten” és „Vasötvözetek fémtana” c. könyveit *Verő Józseffel* közösen írta, amelyek a kohómérnökök tananyagának minden fontos részét ismertetik. Fizikai metallurgia c. könyve (1990) az első magyar nyelvű könyv, amely részletesen ismerteti a fémtan szempontjából a kristálytan, fizika, mechanika és hőtan területeit, valamint a fémek és ötvözetek egyensúlyi állapotait és a kristályos átalakulásokat.

Oktatóként mindig fontos volt számára az óráira való alapos felkészülés és mindig szánt időt a hallgatókkal való közvetlen eszmecserére. Előadásain nemcsak a szakmai anyagot adta át, hanem elültette a szakma iránti elkötele-



zettséget és odaadást diákjaiban. Nem véletlen, hogy minden ma aktívan tevékenykedő kohómérnök büszke arra, hogy Káldor professzor diákja volt.

Részt vett a hőkezelési szakirány létrehozásában a Kohómérnöki Karon belül, valamint nagy lelkesedéssel készítette elő a mérnök-fizikusok képzésének bevezetését, amely a Kohómérnöki Kar és az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) közös képzéseként 1990-ben indult.

Tudományos érdeklődése és publikációi számos területre kiterjedtek a fémtanon belül. Akadémiai doktorátusát 1974-ben védte meg „Az újrakristályosodás kinetikai vizsgálata és alkalmazása az acélok melegalakításánál” címen. Az újrakristályosodás területén több publikációt készített, amelyek az előzetes hideg- és melegalakítás hatását vizsgálták.

Kutatói munkájának másik nagy területe az acél-, öntöttvas, alumínium- és rézötvözetekben történő átalakulások vizsgálata volt, amelyben számos publikációja látott napvilágot. Több cikke jelent meg neves angol és német nyelvű folyóiratokban (Archiv für das Eisenhüttenwesen, Neue Hütte, Acta Metallurgica). Munkája részeként fontosnak tartotta a tudomány népszerűsítését és a magyar nyelv fejlesztését is.

Korábbi hallgatóinak karrierjét mindig követte, és segítette őket az előrehaladásban. Akadémiai karrierje alatt közel 100 disszertáció elkészülésében segédkezett.

1990-ben vonult nyugdíjba, és Budapestre költözött. A BME Anyagtudomány tanszékén fejezte be utolsó OTKA kutatását. Óraadóként mérnök-fizikusoknak tartott kurzusokat, doktoranduszokat konzultált, cikkek és disszertációk elkészítésében segített.

1996-ban a Miskolci Egyetem díszdoktora lett, a több mint 40 éves akadémiai, kutatási és oktatási szervezési tevékenységének elismeréséül. *Dr. Káldor Mihály* szakmai tevékenysége megalapozta a kohászat oktatását, valamint hozzájárult a fémtudományokon belül a hőkezelés tudományos megbecsüléséhez.

Körülnézek a megemlékezők között és tudom, hogy sokféle kép őrződik a jelenlévők emlékezetében. Az idősebbek a kollégára, a főnökre, Mihályra emlékeznek, akitől nagyon szigorú volt az élet. A középkorosztály a humánus professzorra, *Misi bácsira* emlékszik, akitől én magam is sokat tanultam az élet nagy dolgairól, ahogy kis létszámú fémtanász csoportunknak a szobájában ülve tartotta az órákat. A fiatalabbak egy nevet látnak egy még ma is használatos tankönyv gerincén.

A hallgatói emlékezés és tisztelet állította ezt a szobrot, ami most itt áll az ő nevét viselő előadónknál, és bízom benne, még sok-sok mérnökhallgató fog itt elvonulni előtte. Aki ennek az öntvénynek a csíráképzője volt, *Németh László*, köszönet neki és minden adományozónak. Kérem, hogy együtt leplezzük le és mutassuk meg a jelenlévőknek, milyen élethűen adja át a művész az ő karakterét.”

MV

Múzeumok Éjszakája a Massa Múzeumnál

Öröm volt újra együtt! Egy év kihagyás után, hiszen 2020-ban a pandémia miatt, „csupán” online rendezhette mindenki országszerte a MuzÉj rendezvényeket, valóban igazi öröm volt így, végre újra együtt ünnepelni látogatóinkkal, s megélni közösen ezt a nagy múzeumi rendezvényt. 430 látogató járt 2021. június 26-án a Bükk szívében, a Massa Múzeumnál a Múzeumok Éjszakája rendezvényünkön.

Sok érdekes program várta az érdeklődőket ismét Újmassán. A Miskolci Egyetem két műszaki kara is részt vett idei rendezvényünkön. A Műszaki Földtudományi Kar interaktív programján megtudhattuk, hogy mire használják a drónokat a földtudomány szakemberei, mikroszkópon keresztül pedig eljuthattunk az ásványok gyönyörű világába, s még további izgalmas geofizikai módszerekbe kaphattak bepillantást a látogatók.

A Műszaki Anyagtudományi Kar érdekes bemutatóján, a MAKadémián az érdeklődő közönséget többek között tűztornádó, lávalámpa-készítés és még sok más érdekes feladat, játék várta.

Mesterségem címere programelemünkön a miskolci Fügedi Márta Népművészeti Egyesület mesterei kovács, kosárfonó, mézeskalács-készítő kézműves foglalkozásokkal, mesterségbemutatókkal várták a kíváncsi érdeklődőket. Mindenki megpróbálhatta ügyességét az üllő mellett, a kovácsmester segítségével kis szeget készíthettek a látogatók, de senki sem tért haza üres kézzel, aki a kézműves foglalkozásokon részt vett a Fazola-kohónál.

A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület bükkői helyi csoportjának látványos madárgyűrészi bemutatói igazi közönség kedvenc, a Bükk erdei madarak világa mindenkit rabul ejtett és sok szép érdekességet tudhattunk meg a minket körülvevő madárvilágról. A Miskolci



■ Készül a szeg

Gombász Egyesület gombászati, gombaismereti bemutatóján, gyermekfoglalkoztatóján rácsodálkozhattunk az „erdő kincsére”, a gombák gazdag világára. Múzeum-pedagógiai foglalkozásokon játszva tanulhattak kicsik és nagyok Újmassán, a Massa Múzeumnál. A Vasverő kovácsműhelyében hengerlési bemutató várta a látogatókat, valamint a nagy farkaskalapácsot is láthatta, hallhatta a nagyközönség zengeni, hangjával megtörve a Fazola-kohó tisztásának csendjét.

Reméljük következő rendezvényünkön ellátogatnak hozzánk, találkozunk a Fazola-kohónál!

István Anikó

XII. Ózdi Ipari Örökségvédő Konferencia

2021. szeptember 27-én a gyári dudaszóval és a kohász himnusszal az Olvasó épületében vette kezdetét a – 2020-ban a járványhelyzet következtében elmaradt – XII. Ózdi Ipari Örökségvédő Konferencia. A rendezvény része volt a „Kulturális örökség napja” országos eseményeinek. A megjelent 64 regisztrált résztvevőt Riz Gábor Nyugat-Borsod országgyűlési képviselője, gazdaságfejlesztési miniszteri biztos, majd Farkas Péter Barnabás Ózd város alpolgármestere köszöntötte.

Dr. Grega Oszkár c. egyetemi tanárnak a rendezvényt méltató megnyitó szavai után hat szakmai előadás hangzott el.

Dr. Nagy Péter történész a 2020-ban 175 éves ózdi kohászat gazdag történetéből eddig kevésbé ismert részleteket hozott a résztvevők tudomására. Ilyen volt a RIMA hosszútávú személyzeti politikája a szakember ellátottság és megtartás érdekében, a szakmunkások és mérnökök tekintetében egyaránt. Ezek tárgyiassult megnyilvánulásai például a XIX-XX. századi gyári iskola, ahol az országban elsőként valósult meg a nyolcosztályos oktatás, vagy a gyári kórház, a munkás- és tisztviselői kolóniák, a közfürdő és fedett versenyszoda.

Sztankievics László, a 2020-ban 25 éves Ózdi Acélművek Kft. értékesítési vezetője a társaság legújabb fejlesztéseit ismertette. Kiemelte a múlt évben elkészült drótsori beruházást, az alapanyagterít bővítést és a növelt teljesítményű füstgáztisztító telepítését, a termékek eladhatóságát segítő korszerűsítéseket (pl. nagyobb tekerőcsomag), a termékválaszték bővülését (pl. kisebb szelvény-méretű köracélok). Kitekintést adott a szűkebb és tágabb piaci környezetről, világszerte tendenciákról, a fokozatosan szigorodó minőségi és környezetvédelmi feltételekről.

Dr. Alabán Péter történész a rendszerváltás időszakában lezajlott, főleg a nehézipart érintő üzembeszakadások után kialakult helyzet jelenségeiről és kezeléséről beszélt előadásában. Bemutatta a Nyugat-Európában, illetve Közép-Európában tapasztalt különbségeket, amelyek főleg az országok közötti gazdasági különbségekkel magyarázhatóak.

Dr. Csontos Györgyi egyetemi docens az ipari örökség, mint fogalom meghatározásáról fejtette ki véleményét, mely a tárgyi eszközökön kívül szellemi javakat is jelent, pl. technológiákat, hagyományokat, szokásokat. Ismertet-

te a törzsgyár területén egyetemi hallgatókkal végzett felmérésük eredményeit, amelyben az épületeket építészeti szempontok alapján igen értékes, értékes, illetve értéktelen kategóriákba sorolták.

Szünet után a XLI. Ózdi Honismereti pályázat eredményhirdetésére került sor. Az elismeréseket Farkas Péter Barnabás alpolgármester és *Bukovinszki Zsolt* ÓMÉK intézményvezető adta át a díjazottaknak.

A díjátadó után *dr. Borzsák Veronika* építész előadását on-line formában tartotta, az ipari zárványok Borsodban témakörben. Az elhagyott ipari területek, létesítmények további sorsáról európai példákat mutatott be, akár mint hasznosítási ötleteket, lehetőségeket.

Horváth Károly ny. gépészmérnök Ózd város villamos energia ellátásával kapcsolatos előadásában történeti áttekintést adott a villamosítás kezdetétől napjainkig. Kitért a kohászati folyamatok és a villamosenergia-termelés összefüggéseire, valamint a vasgyár szerepére a település ellátásában, illetve az országos hálózattal való kapcsolatára. Ismertette a főbb gyári villamos berendezéseket, a technikai fejlődés azokra gyakorolt hatásait, eredményeit.



■ A résztvevők az előadásokat hallgatják

A levezető elnök zárszavában kiemelte a konferencia szakmailag tökéletes tematikáját, aminek eredményeként bizonyosságot kaptunk az ipari örökségvédelem és a településrehabilitáció törvényszerű kapcsolatára, hangsúlyozva az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre áldozatos munkáját a konferencia létrehozásában. A rendezvény a bányász himnusz elhangzásával ért véget.

Benyhe László

Újmassai ipari skanzen bányagépeinek festése

A 2017. évi Borbála-napi szakestélyen megígért, az újmassai Massa Múzeum Fazola-kohóval szembeni ipari skanzen területén lévő, Lyukóbányából származó 2003-ban telepített bányagépeink festését jelentő társadalmi munkánk eddig húzódott. Volt közben pénztelenség, pandémia is, de igazából nehéz volt megtalálni azt a hétvégét, amikor megfelelő számú kolléga rendelkezésre áll, és az időjárás is ideális a kinti munkához. Utóbbi a Jóisten, az előbbi az éppen elegendő megjelent munkás-kéz jelentette.

A berendezések felmérését követően összeállítottuk az eszköz- és a színenkénti festékigényt, meglett az anyagi fedezet is.

Szeptember 18-án, szombaton a berendezések környékének takarítását követően került sor a felületek előkészítésére spaklival, drótkéfével, majd a rozsdátlanításra, alapozásra és fedő festésre. A kiváló minőségű,

gyors száradású nitroalapú festékek mindezt lehetővé tették. Vasárnapra már csak a fedő festés egy része, és a második fedő festést igénylő felületek javítása maradt.

A közreműködőket pedig külön meg kell említeni, akár anyagi, akár személyes segítségük révén: Euro Gumi Kft., Zempléncő Kft., *Séber László*, Sajópetri Kavicsbánya, Mályi Téglakft. anyagi hozzájárulásával, *Göröncsér Zsolt* és lakatos kollégái (Göri-Bau Kft.), *Csordás Ottó* (KÓKA Kft. Mexikóvölgyi Mészkőbánya), *Vargadi Sándor* tiszteletbeli borsodi kollégánk, *Suller András* és *Törő György*.

A végeredményről számoljanak be a fotók, melyek talán hűen tükrözik a változást.

Megköszönve valamennyi támogató és közreműködő segítségét örömmel hallottuk a felajánlást, hogy tavasszal az elkorhadt vitlafülke újraácsolására is sor kerülhet.

Törő György



■ Bányamozdony előtte és utána



„Múzeumok Őszi Fesztiválja – Fazola nap” a Massa Múzeumnál

A Fazola-napok 2007-ben kezdődtek az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány, a MMKM Kohászati Gyűjteménye és az OMBKE Diósgyőri helyi szervezeteinek összefogásában. Az országos hírű rendezvény – a 2020-as járványos évet leszámítva – minden év szeptemberében nagy közönségsiker mellett zajlott. Ebben az évben figyelembevéve, hogy még mindig fennáll a járványveszély, és a támogatók emiatt is visszafogottabbak, a szervezők összevonták a Múzeumok Őszi Fesztiválja országos rendezvénysorozat újmassai programjával.

A Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Kohászati Gyűjteménye 2019-től vesz részt a Múzeumok Őszi Fesztiválja országos rendezvénysorozatban, s így az újmassai Massa Múzeum is, ahol 2021. október 9-én szabadtéri rendezvényünket tartottuk. Sajnos le kellett mondanunk a szokásos programjaink egy részéről: elmaradt a tudományos konferencia és a hagyományörző szakestély, azonban nem hagytuk el a tiszteletbeli kohász felavatását és a nagyon népszerű látványcsapolást. Ebben az évben a diósgyőr-vasgyári MEGÉPSZER Kft. tulajdonos ügyvezetője Nagy László okleveles gépészmérnök kapta meg a megtisztelő címet. Az új „kohász” az első Fazola-naptól kezdődően minden évben támogatta a rendezvényt és nagy szerepet vállalt a miskolci Újgyőri főtérre tervezett emlékmű elkészítésében.

A rendezvény közel 600 fős törzsközönsége a hűvös reggel ellenére hűségesen megjelent és a napsütéses napot velünk töltötte. Megtisztelte a rendezvényt Miskolc megyei jogú város polgármestere, Veres Pál, aki köszöntőjében kiemelte az ózdi származását és emiatti kötődését a kohász hagyományokhoz, illetve azt, hogy a Miskolc ipari múltja olyan örökség, amit nem szabad elfelejteni.

A Múzeumok Őszi Fesztiválja idei jelmondata: a „múzeumi harmónia” volt, s ezt a harmóniát közösen teremtettük meg az Észak-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvánnyal a Fazola-kohónál a rendezvényi napon. Gazdag programkínálattal vártuk látogatóinkat a Bükk erdei tisztáson. Vendégünk volt a ME két kara. A Műszaki



■ A rendezvény megnyitója

Anyagtudományi Kar öntészeti bemutatóján mindenki egy rövid időre „öntömester” lehetett, s szakemberek segítségével alumíniumból plaketteket, kedves figurákat önthetett magának. A Műszaki Földtudományi Kar sátránál sok földtani bemutató várta a kicsiket, nagyokat egyaránt. Kovácsmestereink által a Fazola-kohónál a „Kovács Mustra – Kovácsok Zenéje” programelemünkön az üllő és kalapács csilingelő, zengő hangja betöltötte a Fazola-kohó tisztását.

A Miskolci Gombász Egyesület bemutatóján az erdőn élő gombákkal lehetett megismerkedni. A Magyar Természetvédelmi Egyesület Mályi Madármentő Állomás igazi közönségkedvenc volt, az erdei fülesbagoly és a fesztivál kabalaállata, a süni is vonzotta a látogatókat.

A Vasverő hámor is életre kelt: hengerlési bemutató várta a látogatókat, valamint a nagy farkaskalapácsunk sem pihent, hiszen kovácsmesterünk mesterségbemutatóján munkába lendült ismét. Múzeumpedagógiai foglalkozások várták a kicsiket és nagyokat, valamint előre meghirdetett tárlatvezetésekön merülhettek el a látogatók a Fazolák örökségében.

István Anikó – Harcsik Béla



■ Látványcsapolás



■ Feszült figyelem

Szakmatörténeti Nap és OMBKE Emlékpont-felavatás Kecskeméten

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete, a járvány miatt elhalasztott Szakmatörténeti Nap rendezvényét 2021. október 7-én tartotta meg Kecskeméten. A rendezvény során a résztvevők megemlékeztek az OMBKE kecskeméti jelenlétének 56 éves évfordulójáról, mely alkalomból a Ráday Múzeum patinás épületében elhelyezett Ásványgyűjtemény kiállításához és az ugyanitt működő Ötvösművészeti Műhelyhez kapcsolódóan sor került az OMBKE Emlékpont felavatására is.

A meghívást elfogadó 20 résztvevő között jelen volt *dr. Hatala Pál* OMBKE elnök, *Csurgó Lajos* OMBKE alelnök és *dr. Lengyel Károly* Alapszabály Bizottság elnök is.

Dánfy László, a Kecskeméti Helyi Szervezet elnöke köszöntötte a megjelenteket és röviden bemutatta a szakmai civil szervezet helyi tevékenységét a házigazda cég vezetőjének, külön kiemelve *Széll Pál* titkárszervezőmunkáját a program előkészítésben.

A résztvevők a Deltaplást Műanyagfeldolgozó Zrt. központi épületének tárgyalójában meghallgatták *Csengery Zsolt* tulajdonos ügyvezető általános tájékoztatóját az idén 30 éves vállalkozás felépítésének lépéseiről és a mai helyzetéről. Két telephelyük egyikén a PET-palackokat, míg a másikon a zömében az európai autógyáraknak gyártanak műanyag alkatrészeket. A gyártás során a legmodernebb fröccsöntési technológiát alkalmazzák 50-500 tonna szerszámzó erővel rendelkező, adagoló és elvevő robotokkal felszerelt fröccsöntő gépeken. Legnagyobb szerszámukon 96 PET-palack előterméket gyártanak le egy ütemben, 10-14 másodperces időütemben. Alapanyagokat zömében a Távol-Keletről szerzik be, amelyet szárítanak és a kért színre be is állítanak a fröccsöntés előtt. Átlagos alkalmazotti létszámuk 180-190 fő, akik között sok mérnök van a termelésben, a szerszám-karbantartásban és a vevők által kért fejlesztésben résztvevő munkatársaként. A 2020-as gazdasági évet 6,2 Mrd Ft árbevétellel zárták. Az idei évre is 7 Mrd Ft körüli értéket várnak. A beszámoló után *Csengery Zsolt* vezetésével a Juhász utcai gyártórészelet, majd kollégái bekapcsolódásával a Mártírok útjai telephelyen működő, 30 géppel kiszolgált termeléssel ismerkedtek a résztvevők. Itt *Bálint János* üzemvezető és kollégái segítettek a látogatók minél teljesebb körű informálását.

A Szakmatörténeti nap a Ráday Múzeumban folytatódott, ahol *dr. Fogarasi Zsuzsa* igazgató asszony köszöntötte a résztvevőket és ismertette a múzeum kialakításának történetét és a mai tevékenységét, kiemelve a néhai *Fuxreiter Andrásnak* az Ásványgyűjtő Körben és a létrehozott Ásványkiállítás vonalán kifejtett lelkes tevékenységét. Bemutatta *Barna Tamás* okl. erdőmérnököt és *Ötvös Ferenc* ötvösművészt, akik a rendezvényen ismertetni fogják az itt folyó szakmai és restaurációs tevékenységet.

Dr. Hatala Pál az Egyesület vezetése nevében köszön-



■ Az Emlékpont avatása

tötte a megjelenteket és megnyitotta a Szakmatörténeti Nap második részét, melyet *Dánfy László* moderált.

Az 1907-ben alapított Kecskeméti Gazdasági Gépgyár és Vasöntöde, majd a jogutód Kecskeméti Zománc és Kádgyár történetét és az itt folyó öntödei technológiát *Rendetzky János* okl. vegyész mérnök, nyugalmazott főmérnök előadásában ismerték meg a résztvevők. 1928-tól kezdődően Magyarországon csak Kecskeméten gyártottak öntöttvas zománcozott fürdőkádakat. A Magyar Királyság területén 1908-ban Pozsonyban, a Rohwer Ferenc Vasöntőműhelyben kezdődött el az öntöttvas fürdőkád gyártása, majd Csepelen folytatódott, ahonnan 1928-ban Kecskemétre települt át a technológia, köszönhetően a helyi

vasöntöde működését biztosító Kecskeméti Vasiparosok Szövetségének, a finanszírozó Országos Központi Hitel- és Takarékpénztárnak, a városépítő polgármesternek *Kada Eleknek* és a Svájból idetelepült, az alföldi szőlőművelést felfuttató *Wéber Ede* tanító gazdálkodónak.

Dánfy László az előadáshoz kapcsolódó korreferátumában megemlékezett az 1965-ben Kecskeméten megalakult, az OMBKE Öntészeti Szakosztályához tartozó Kádgyári Csoporthoz fűződő, a Fémkohászati Szakosztály keretei között 1975-től a mai napig sikeresen működő Helyi Szervezet közös szakmai együttműködéséről. A 2000-ben a Zománc és Kádgyár megszüntetése miatt feloszlott Kádgyári Csoport tagjai közül többen a Helyi Szervezetben folytatták szakmai tevékenységüket. Név szerint megemlékezett a két szervezeti egység egykori vezetőiről és néhai ismertebb tagjairól.

Az előadások után került sor a Ráday Múzeum Ásványgyűjteményének közelében kialakított OMBKE Emlékpont felavatására. *Dánfy László* avató felszólalásában ismertette az előzményeket. Köszönetet mondott a Ráday Múzeum vezetőjének és munkatársainak a kialakításhoz nyújtott segítségért, valamint a kecskeméti Katona József Múzeum igazgatóhelyettesének *Szabóné Bognár Anikónak*, aki az OMBKE relikviák elhelyezéséhez szükséges kivilágítható, megfelelő méretű vitrinszekrényt rendelkezésünkre bocsátotta és az összeszereléshez szakembereket irányított a helyszínre. Az Emlékpont előtt ismertette a vitrinben elhelyezett tárgyakhoz fűződő történeteket, melyet *Széll Pál* titkárszervező kiemelte a Tiszántúliak Társasága által tervezett és legyártott tárgyakra vonatkozóan.

Az adományozók között kiemelte néhai *Lóránt Miklós* okl. bányamérnök, néhai *Ferencz István* okl. kohómérnök, valamint *Horváth Gábor* mintakészítő szakember tagtársainkat, akik az egyesületi hármasszó a „Szakmaszeretet, Hazaszeretet, Barátság” alapján tartotta velünk a kapcsolatot.

Jó szerencsét!

Dánfy László

Egy marék világ – látogatóban Bahget Iskandernél

A Kecskemét melletti, hetényegyházi otthonában látogatuk meg 2021. június 24-én *Bahget Iskander* nemzetközi hírű fotóművészt, aki 50 évvel ezelőtt a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskola Kara Kohász szakán szerzett alakítástechnológus üzemmérnöki, 1976-ban pedig mérnök-tanári diplomát. Megtudtuk, miként került Szíriából Magyarországra a két ország gazdasági és felsőoktatási együttműködési megállapodásának köszönhetően. Elmesélte, hogyan alakult az élete, amelyben meghatározó szerep jutott a fotózásnak. Az 1978-as országos fotópályázat első díját vehette át Békéscsabán a Kulich Gyula Premfotó Kiállításon „Kohászok” öt részből álló sorozatáért. Látogatásunkkor megmutatta az életműve részét képező dokumentum- és fotótárát. Szóba kerültek az egykori tanárai, valamint tankör- és évfolyamtársai, akik közül többekkel mind a mai napig szoros barátságot ápol.

Bahget Iskander 1943. augusztus 14-én született El-Barazinban, Szíriában. Több mint 50 éve, 1967 óta él Magyarországon, Kecskemét-Hetényegyházán.

Fényképezéssel 1968 óta foglalkozik, többször szerepelt országos csoportos és egyéni kiállításokon. Több mint 250 alkalommal állította ki képeit önálló tárlatokon. Fotózott hazai és külföldi államfőket – például *Göncz Árpádot*, *Mádl Ferencet*, *Mihail Gorbacsovot*, további politikusokat, a magyar kortárs szépirodalom nagyjait (*Illyés Gyulát*, *Csoóri Sándort*, *Esterházy Pétert* és még sorolhatnánk). Szociofotói bejárták a világot.

Számos szaklap és médium méltatta munkásságát itthon és külföldön egyaránt. Az arab nyelvű, közel húsz országban megjelenő Kék Duna című lapban a magyar kultúra, történelem jeles eseményeit és alakjait mutatja be írásaival és fotóival. *Egy marék világ* című, 2012-ben megjelent életműalbuma magyar, arab, angol nyelven olvasható.

Számos rangos elismerés mellett a Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje (2008), a Pro Urbe Díj (Kecskemét, 2012), valamint a Magyar Köztársaság Érdemrend Tisztikeresztje (2012) kitüntetésben részesült.

Szente Tünde

■ KÖSZÖNTÉSEK

100 éve született Szőke László



Szőke László 1921-ben született Sopronban. Egyetemi tanulmányait a Soproni Egyetem Bánya-, Kohó és Erdőmérnöki Karán végezte, ahol teljesítménye eredményeként végzés után, 1943-ban rögtön alkalmazták is, adjunktus lett a Fémtechnológia Tanszéken.

1944 októberében SAS behívót kapott és a székesfehérvári Légvédelmi Tűzérség-

hez került. Németországban esett amerikai fogságba, ahonnan 1946 márciusában tért haza. Bár egyetemi állását visszakapta, néhány hónap után az amerikai hadifogsága miatt B-listázták.

1947 elején a csepeli Weiss Manfréd Acél- és Fémművek központi kémiai laboratóriumában helyezkedett el. 1948 és 52 között a vállalat hőkezelő üzemének helyettes vezetője volt. Bevezette a gyakorlatban addig hazánkban nem alkalmazott véglapedző (Jominy) vizsgálatot a nemesacélok korszerű minősítésére.

1952 és 65 között az Elektroacélmű üzemvezetője, majd a Martin- és Elektroacélmű gyárrészleg vezetője volt. Itt az ötvözött hulladék ötvözötttartalmának optimális viszszerelését biztosító metallurgiai rendszert alakított ki. Ennek keretében az elektrokemencéknél alkalmazott oxigén frissítéssel sikerült korszerű, kis karbontartalmú saválló acélt előállítani saját hulladékból, először az or-

szágban. Ezzel lehetővé vált az országban elfekvő teljes sajtáshulladék-mennyiség feldolgozása.

Irányítása alatt vezették be hazánkban elsőként a folyékony acél vákuumos kezelését, aminek eredményeként jelentősen csökkent a Fe-Ni ötvözetek alakítási selejtje, megszűnt a hidrogén okozta pelyhesség a melegszeres acéloknál, az ötvözött kazánacélok felére csökkent a rossz gyűrűpróbák száma, a golyóscsapágy acél oxidzárványszintje harmadával csökkent, megszűnt a nagy igénybevételű olajbányászati kútelzáró öntvények gázhólyagosága és így tovább. Ennek nyomán a nyugati szakirodalomban is megjelent a Csepeli Acélmű.

Kidolgozták a rendkívül kis karbontartalmú hradástechnikai lágyvas gyártástechnológiáját és optimális alakítását. Az Acélmű-Fémmű kooperációjában készült termékkel sikerült kiszorítani a svédeket a dán piacról.

1965-ben a Vasipari Kutató Intézet igazgatóhelyettese lett. Ő lett felelős a nyugati kapcsolatok kialakításért és fejlesztéséért. Német, osztrák, francia, szlovén kutatóintézetekkel, vállalati fejlesztő intézményekkel alakított ki együttműködést, ami a keleti blokkban akkor forradalmi lépésnek számított.

Eredményesen szervezte a Vasipari Kutató Intézet együttműködését hazai vállalatokkal is: a diósgyőri és csepeli acélművek, a debreceni golyóscsapágygyár, az MVAE közreműködésével sikeres kutatási program született a nagyobb élettartalmú csapágyakhoz szükséges kiváló minőségű acél optimális gyártástechnológiájának kialakítására.

Részt vett a Kutatóintézet 20 és 25 éves jubileumi ünnepségének szervezésében; ennek eredményeként számos külföldi kutatóintézet vezetője, elismert egyetemi professzorok látogatták meg a jubiláló intézményt és folytatnak tárgyalásokat az együttműködés lehetőségeiről.

1975-ben védte meg kandidátusi értekezését „Az acél olvadásának fenomenológiai vizsgálata” címmel. A fontosabb téziseket az NDK-ban is publikálta, visszhangot váltva ki a nyugatnémet szakirodalomban is.

1976-ban került a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülésbe, ahol 1981-ig – nyugdíjazásáig – a krivoj-rogi érc használhatóságával foglalkozott.

Támogatta a nemzetközi Clean Steel konferenciák, valamint a balatoni acél- és nyersvasgyártó és anyagvizsgáló konferenciák szervezését. Előadásokat tartott a Miskolci Egyetem Fémtani és Vaskohászattani Tanszékén, a Hőkezelő Szakmérnöki Szakokon, valamint a Mérnöki Továbbképző Intézetben.

1980-ban Törökországban, 1982-ben Szíriában dolgozott az UNIDO szakértőjeként.

1944-ben Sopronban lépett be az OMBKE-be. 1960 és 1990 között tagja volt a BKL Kohászat szerkesztőbizottságának. 1966-tól 1976-ig az Oktatási Bizottságot vezette. 1965-ban a Vaskohászati Szakosztály vezetőségi tagjává választották. A Környezetvédelmi Bizottság tagjaként dol-

gozott 1981 és 1989 között. Tagja volt a szeniorok tanácsának. Szerepe volt a leobeni Montánegyetem professzorainak a Miskolci Egyetem partnerprofesszoraival való kapcsolat kialakításában.

Közreműködött az EU környezetvédelmi előírásainak hazai átültetésében. A Vaskohászati Tanszékkel együttműködve részt vett az acélgyártással kapcsolatos BAT (Best Available Technics, Legjobb Elérhető Technika) EU ajánlások hazai átültetésében.

1986-tól hat évig volt tagja a IUVSTA (International Union for Vacuum Science, Technique and Application) Vákuummetallurgiai Divíziója Nemzetközi Tanácsadó Testületének.

Tudását, tapasztalatait nem tartotta meg magának. Címzetes egyetemi tanárként közreműködött a kohómérnök képzésben. Több mint 80 cikk, illetve tanulmány és 18 könyv, egyetemi jegyzet szerzője vagy társszerzője volt.

Munkásságát a Műegyetemi Rektori Díjjal, a Munka Érdeméremmel, a Mikoviny, a Centenárium és a Sóltz-emlékéremmel, valamint az OMBKE tiszteleti tagságával ismerték el.

Tevékenységére, eredményeire, szerény egyéniségére szeretettel emlékeznek ma is egykori barátai, munkatársai.

Tardy Pál

100 éve született Sziklavári János



Sziklavári János 1921. augusztus 3-án született Budapesten. A Piarista (Kegyestánítórendi) Gimnáziumban érettségizett 1941 júniusában kitűnő eredménnyel, majd ajánlással felvételt nyert a Pesti Hazai Első Takarékpénztár Egyesületbe, ahol számfejtőként dolgozott.

1942-ben katonai szolgálatra hívták be Hajmáskérre. Itt tűzértszti kiképzést kapott,

később egy tűzeregységhez került felderítőnek, majd az egység parancsnoka lett. A frontszolgálat nagy hatással volt érzelmi világára. Elmondása szerint, itt tanulta meg az igazi fegyelmet, emberséget, egymás megbecsülését és az egymásra utaltságot. 1945 elején lövegpótlásért Diósgyőrbe, az ágyúgyárba küldték, az itt eltöltött három nap teljesen megváltoztatta jövőképét. A diósgyőri gyárban megismerhette a kohászat, a gép- és az ágyúgyártás folyamatát, mely egy életre rabul ejtette.

1946-ban Sopronba költözött 16 éves öccsével, akinek segítette tanulmányait. Nagy álmát, a kohászatot itt kezdi el megismerni, megtanulni a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem bánya-, kohó- és erdőmérnöki karán. Részt vett a diákéletben, ő volt az Ifjúsági Kör utolsó főtíkára. Már egyetemi évei alatt is tudatosan készült Diósgyőrbe, MÁVAG ösztöndíjasként végezte tanulmányait. Minden érdekelte, ami a Diósgyőri Vasgyárral

kapcsolatban volt, készült a gyári munkára. Vaskohómérnöki diplomáját 1950-ben kapta meg.

Szakmai pályafutását 1950. július 28-án kezdte meg a Diósgyőri Vasgyár Martin üzemében. 1950 szeptemberétől a Sopronból Miskolcra áthelyezett egyetemen egy éves időtartamra tanársegédi megbízást kapott. Feladata volt a „Hideghengerlés és húzás” tantárgy jegyzetének megírása, oktatása, vizsgáztatás.

Az egyetemi oktatói időszakában megismert Solymosi Ilonával 1952 tavaszán kötött házasságot. Elmondása szerint olyan családba került, amilyenben nevelkedett. Közös életük nemcsak a családi életben jelentett összetartozást, hanem feleségében az egész életét betöltő tudományos munkájában kitaró, támogató munkatársat talált. Szerettek együtt dolgozni, alkotni, közös célokat megvalósítani.

1951 szeptemberétől visszakerült a diósgyőri kohászatba, 1952. január 31-ig a kohászati építkezés és a kohóközművesek vezetője volt. Mint tetterős fiatal mérnök, újabb és újabb feladatokat kapott: az Elektroacélmű vezetője volt 1952–54 között. 1954-től főtechnológusként feladatköre volt a nyersvas, acél, hengereltáru, kovácsáru, acélöntvény, vasöntvény gyártástechnológiájának összehangolása, a kísérlet-kutatás, a laboratóriumi vizsgálatok, a könyvtár és múzeumi anyagok fejlesztése, ellenőrzése. 1955–1963 között az összevont Acélmű gyáregység vezetője volt. A vezérigazgató javaslatára 1956 tavaszán vezetésével megkezdődött az fémkohászatban már használatos folyamatos öntőmű építése, ami az acélkohászatban

ekkor még világszinten is csak gyerekcipőben járt. Sikerült minden acélminőség-családra kidolgozni az öntési eljárást. 1963-tól a kutatási osztályon fémföldgyártási feladatköre volt az acélok tulajdonságainak javítása; a szennyezőanyagok csökkentése (pl.: P, S, Ni, Cu), exportképesség-növelés minőségjavítással. 1968-tól komoly változások történtek a nemzetgazdasági szemléletben – gazdasági és fejlesztési szabadság, technológiaváltás –, ami lehetőséget adott a gyártási technológia megújítására (oxigénes konverter; folyamatos öntő-kristályosító; folytatólagos finom- és középhengersorok).

A diósgyőri munkássága országszerte ismertséget hozott számára, így 1973-ban meghívták a KGMTI – Kohászati Generáltervező Iroda vezetőjének. Első feladata a Dunai Vasmű és a Diósgyőri Vasgyár acélművek tervezése volt, 1975-ben mindkét beruházás elkezdődött. 1978-tól új feladatokat kapott, kinevezték az OMF – Nyersanyag- és Kohászati Szaktitársaság főosztályvezetőjének ekkor többek között feladata volt hazai és nemzetközi nagy ipari vásárok és konferenciák látogatása; előadások tartása; tudományos és szakmai publikációk hazai és nemzetközi szaklapokban; hazai nagyvállalatokkal való kapcsolattartás; ipari és akadémiai kutatóintézeteknél a fejlesztéssel foglalkozó bizottságok munkájában való aktív részvétel.

1985. december 31-én vonult nyugdíjba, még három évig már nyugdíjasként elnöki tanácsadóként tovább szolgált. Ezt követően külső munkatársként 1999-ig esetenként pályázatok bírálataira kapott megbízásokat.

Kapcsolata a Miskolci Egyetemmel soha nem szakadt meg, egyetemi oktató maradt mind a diósgyőri, mind a budapesti évei alatt is. Ezt elismerték: 1968-ban címzetes egyetemi docensi címet kapott, 1984-től címzetes egyetemi tanár, 2000-től tiszteletbeli doktor (dr. h. c.) lett.

Tudományos munkássága kiemelkedő volt, 1968-ban műszaki tudományok kandidátusa címet, 1985-ben műszaki tudományok doktora oklevelet szerzett. Egyéni és szerzőtársakkal írt publikációinak száma idehaza és külföldön közel 100; harminc tanulmányt készített; könyveinek, illetve közreműködésével készült könyvrészek és kiadványok száma 15. Jelentősebb megvalósított találmányainak száma öt, és hét újítása volt.

Számos kitüntetése közül néhány: Kiváló dolgozó 7 esetben, Kiváló újító arany fokozat (1967), Kiváló munkáért (1987), Kiváló kohász (1978), Munka Érdemrend (1953, 1981), Eötvös Loránd-díj (1988), Akadémiai Díj (1989), OMF Jubileumi díj (1992). Az OMBKE tiszteleti tagja lett 2000-ben, Sólym Vilmós-emlékéremben részesült 1994-ben, 2004-ben és 2014-ben.

Élete alkonyán, 77 évesen Budajenőre költözött, ahol nagyon szeretett élni. Szerencsés ember vagyok – mondogatta – a családi életben, munkámban, sőt egészségemre sem panaszkodom, az öregség terhet meg Isten segítségével viselem.

Hosszú és tartalmas életét a vele egykorú kollégájával és barátjával dr. Szőke Lászlóval ugyanazon napon, 2017. február 12-én fejezte be.

Harcsik Béla

70. születésnapját ünnepelte



Horváth Béla 1951-ben született Devecserben. A középiskolai tanulmányait Veszprémben, a Vegyi- és Színesfémipari Technikumban végezte el. A Nehézipari Műszaki Egyetemen 1974-ben vas- és fémkohómérnöki oklevelet, 1976-ban a Veszprémi Vegyipari Egyetemen rendszertechnikai szakmérnöki oklevelet szerzett.

Az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohónál és jogutódjainál 2004-ig dolgozott különböző beosztásokban. Kezdetben technológus mérnökként és fejlesztési osztályvezetőként az alumíniumkohó fejlesztési, folyamatszabályozási és automatizálási tevékenységének az irányítását végezte. A legjelentősebb tevékenység az elektrolizáló kádák ellenállás szabályozása és a különböző műveletek (elsősorban az automatikus timföldadagolás) programozott alapjelű szabályozásának megvalósítása volt. Az alumíniumkohó jó műszaki mutatóinak eléréséhez több tucat újítással és négy szabadalommal járult hozzá. Az alumíniumkohó utolsó időszakában, 1991-ben sajnos neki jutott

az a feladat is, hogy rekordidő alatt (30 nap), balesetmentesen levezényelje az elektrolizáló kádak leállítását és a kádák szétbontását, valamint az is, hogy rátegye az üres csarnok ajtajára a lakatot.

1992 és 2004 között minőségirányítással és környezetvédelemmel foglalkozott, mint minőségbiztosítási munkatárs majd, mint környezetvédelmi vezető. Az itteni tevékenysége közül a legjelentősebb a MAL ajkai telephelyén az ISO 9002 szerinti minőségirányítási rendszer kiépítésében való közreműködés és az ISO 14001 szerinti környezetközpontú irányítási rendszer kiépítésének irányítása volt.

Horváth Béla utolsó hét munkás évét Ajka Város Polgármesteri Hivatalában töltötte, mint az Építési és Városgazdálkodási Iroda vezetője. Feladatköre széleskörű volt, egyrészt hatósági ügyekkel foglalkozott (építésügy, környezetvédelem, vízgazdálkodás, közterület-felügyelet stb.), másrészt városüzemeltetés, városfejlesztés és beruházások végzését és irányítását végezte. Bebizonyította, hogy egy kohómérnök mindenhol megállja a helyét és maradandó értékeket tud létrehozni.

Az OMBKE-nek 1971 óta tagja. A szakmai munkájáért a timföldgyárban Kiváló Dolgozó és Magyar Ezüst, valamint miniszteri kitüntetésben részesült, Ajka Város Önkormányzatától pedig Közszolgálatért díszoklevél kitüntetését kapott.

Dr. Vörös Árpád 1935–2021



Vörös Árpád gyémántokleveles kohómérnök 1935. június 11-én született Budapesten. Egyetemi tanulmányait a Szovjetunióban kezdte meg 1953-ban, majd a Nehézipari Műszaki Egyetemen folytatta Miskolcon, ahol 1958-ban kohómérnöki oklevelet, 1963-ban kohóipari gazdasági mérnöki oklevelet szerzett. A Moszkvai Acél- és Ötvözetek Egyetemen levelező aspiráns volt, 1970-ben a műszaki tudományok kandidátusa tudományos fokozatot, ez alapján „Dr. techn.”, majd 1997-ben „PhD” fokozatot kapott.

Szakmai pályafutása a Csepel Művek Vas- és Acélöntödéhez kötődik, ahol gyakorló mérnökből 1974-ben, 39 éves korában már műszaki igazgató, 1983-ban pedig a vállalat igazgatója lett. Közben két évig az acélműből és a csőgyárból az irányításával létrehozott Csepel Művek Vasmű igazgatói posztját is betöltötte.

1985–90 között az Ipari Minisztériumban a miniszter kohászatért felelős helyetteseként dolgozott. 1990-től cégeinek irányítása kötötte le energiáját, amelyekben 1995-től, nyugdíjas éveiben is aktívan dolgozott.

Kiterjedt szakmai tevékenységét mintegy 80 hazai és külföldi, részben társszerzőkkel írt publikáció fémjelzi. 19 magyar és idegen nyelvű könyv szerzője, társszerzője, fordítója, szerkesztője, lektora volt. Kiemelendő közülük az Öntvénytisztítás című könyve, melyet németre, oroszra és románra is lefordítottak, mert számos, akkor újdonságnak számító szempontot (pl. egészségvédelem, környezetvédelem) is figyelembe vett az öntészet egyik legelhangyaltabb, legmostohább területének tárgyalásakor. Figyelemre méltó az ötnyelvű öntészeti szótár szerkesztése is, ez 1978-ban, az első hazánkban tartott öntészeti világtudományos kongresszus alkalmából jelent meg.

Példamutató szakmai és vállalatvezetői munkáját, sok egyéb kitüntetés mellett, a Kohászat Kiváló Dolgozója és a Szent Borbála-érem miniszteri kitüntetésekkel, valamint a műszaki területen akkor legmagasabb szintű állami kitüntetésekkel, 1980-ban Eötvös Loránd-díjjal, 1985-ben Állami-díjjal ismerték el.

Hosszú éveken keresztül volt diplomatervek, doktori disszertációk konzulense, bírálója, illetve az egyetemi és a főiskolai Állami Vizsgabizottság tagja.

Támogató munkájáért megkapta a Miskolci Egyetem Signum Aureum Universitas kitüntetését.

Több éven át tagja volt az MTA Tudományos Minősítő Bizottságának, Metallurgiai Bizottságának majd Köztestületének is.

1958-ban lett tagja az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. 1963 és 1981 között két-két cikluson keresztül előbb titkára, majd elnöke volt az Öntödei szakosztálynak, ugyancsak két ciklusban alelnökként segítette az egyesület elnökségének munkáját. Az MTESZ-ben az Országos Elnökség és a Végrehajtó Bizottság tagjaként, majd alelnökként képviselte egyesületünk és a szakma érdekeit. Kiemelkedő tevékenységéért MTESZ-díjat, Péch Antal-, Sóltz Vilmos- és z. Zorókóczy Sámuel-émlékérmeket kapott. Egyesületünknek 2003 óta tiszteleti tagja volt.

A mintegy 40 ország öntészeti szakmai szövetségét tömörítő Öntéstechnikai Egyesületek Nemzetközi Szövetsége elnökségének 1983-ban lett tagja, 1986-ban alelnökké, 1987-ben elnökké választották. Ezt követően éveken keresztül a volt elnökök tanácsát képviselte az elnökségben.

Több évtizedes eredményes és példamutató munkássága jelentősen hozzájárult a magyar öntészet és egy fiatal mérnökgeneráció szakmai fejlődéséhez. A mintegy 80 tagvállalatot tömörítő Magyar Öntészeti Szövetség, amelynek elődje, a Magyar Öntészeti Egyesülés létrehozásánál maga is bábáskodott, 2013-ban Életmű díjjal jutalmazta önfeláldozó, szakmánk fejlődését elősegítő munkáját.

Vörös Árpádnak hatalmas munkabírása volt, nem ismert lehetetlent. Szigorú, következetes, részrehajlást nem ismerő vezetőként elvárta és elismerte a munkát. Maga is élen járt ebben, élvezte a kihívásokat, az új feladatokat, de élen járt a tanulásban is, hihetetlen tudásvágy lakozott benne.

Igazi mentor volt. A fiatal csepeli mérnökök bizalmat kaptak tőle, lehetőséget, hogy bizonyítsanak felelős vezetőként is. Megtanította őket arra, hogy mindig előre nézzenek, mindig a megoldást keressék, legyenek fogékonyak az újra. Folyamatos tanulásra ösztönözte munkatársait, lehetővé tette, hogy lassan korszertű nyugati öntődéket, hogy tudják, hova kell eljutniuk.

Megszerettette velük a szakmát, egész mérnökgenerációt indított útnak, akik az elmúlt évtizedek nehézségei mellett is a szakmában maradtak és megőrizték szakmai összetartozásukat. Sokan köszönhetik példamutatásának, ösztönzésének, támogatásának műszaki doktori vagy kandidátusi címük megszerzését.

Az OMBKE Öntészeti szakosztályában 1972-ben elnökként ő javasolta a Fiatalokat szervező munkabizottság megalakítását, melynek rendezvényei, belföldi és külföldi tanulmányúttjai is erősítették a szakmai kötődést, a fiatalabb szakembergárda összetartozását.

Szívügye volt az Öntödei Múzeum létrehozása is, jellemző, hogy a csepeli vas- és fémöntödék támogatták a legnagyobb összeggel az alapítást. 1978-ban pedig közreműködésével az

OMBKE állíttatta fel Péch Antal és Kerpely Antal mellszobrait, ezzel elindítva a Kohászati panteon kialakítását. Az idén megvásárolt új székház vételárának előteremtéséhez pedig feleségével együtt jelentős támogatást nyújtott.

Dr. Vörös Árpád 86 éves korában hunyt el, súlyos betegségben. Búcsúztatására és temetésére 2021. július 20-án a Farkasréti temetőben került sor. Koporsója mellett egyesületünk egyenruhás tagjai álltak díszőrséget. A gyászoló családon kívül volt munkatársak, barátok, ismerősök a klopacska hangjára kísérték utolsó útjára.

Emlékezete mindnyájunkban, akik ismertük és az élet különböző területein együtt dolgoztunk vele, sokáig élni fog.

Egyesületünk tagjai nevében kívánunk utolsó Jó szerencsét!

LKK-LK

Solymár Jánosné dr. Gábor Márta

1927–2021



Solymár Jánosné dr. Gábor Márta gyémántdiplomás kohómérnök, a Vasipari Kutató Intézet egykori neves kutatója 1927. augusztus 26-án született Mezőszabolcson.

Pécsett érettségizett, majd 1952-ben egy laboránsképző tanfolyam sikeres elvégzése után a VASKUT-ban kezdett dolgozni, a Porkohászati osztály laboratóriumaiban. A kezdetektől részt vett a lágy- és keménymágneses ferritok kutatásában. Rátermettségével, szorgalmával, érdeklődésével felhívta magára a figyelmet és hamarosan továbbtanulásra biztatták. 1953-ban felvételt nyert a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki karára. Munka mellett, levelező tagozaton végzett 1959-ben. Ettől kezdve tudományos munkatársként és témavezetőként vett részt a rohamosan fejlődő porkohászati és villamosipari anyagtechnológiai kutatásokban.

1966-ban egyetemi doktori dolgozatát a BME-n védte meg, és villamosipari anyagtechnológia szaktudományból műszaki doktorrá avatták. Ez meghozta a főmunkatársi kinevezést is. Későbbi sikeres témái között szívesen emlékezett vissza az Ag–AgCdO és Ag–AgNi típusú érintkező pároknak a vizsgálatára, valamint a ritkaföldfém-kobalt mágnesekre irányult vizsgálatokra. Ezekben a kutatásokban részt vett a VASKUT Fémteni Osztályának elektronoptikai laboratóriumaiban dolgozó kutatóvegyész lánya is.

Számos külföldi konferencián tartott előadást, s tanulmányutakon képviselte az intézetet. Idegennyelv-tudásának köszönhetően szakreferensként, szakkönyvek fordítójaként is dolgozott.

1983-as nyugdíjazása után szakértői megbízást vállalt az UNIDO-nál Bécsben.

Nyugdíjasként sokat utazott férjével együtt. Mindkettőjük számára fontos volt a család, és a baráti kapcsolatok ápolása. Egyetlen lányuk családjával együtt hozzájuk költözött és a három unoka büszkeség és felhőtlen öröm volt számukra.

Férje elvesztése 1998-ban nagyon megviselte, de még részese lehetett lánya és felnőtt unokái életének, a dédunokák születésének. Szellemi frissessége mindvégig megmaradt. Kilencven éves korában még felépült egy súlyos betegségből, még átvehette Miskolcon a gyémántdiplomáját, nagy sikerű előadást tarthatott a régi szép időkről az egykori vaskutas kollégáknak az Öntödei Múzeumban.

Életének egy türelemmel viselt, nehéz betegség vetett véget. 2021. január 11-én hunyt el, de a járvány miatt temetésére csak később kerülhetett sor. A Farkasréti temetőben 2021. május 20-án férje mellé őt is örök nyugalomra helyezték.

Nyugodjon békében. Emlékét megőrizzük.

LKK-TP

Prof. Dr. Károly Gyula 1941–2021



Károly Gyula emlékére...

A magyar vaskohász társadalmat, évfolyamtársait, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületet, barátait és ismerőseit egyaránt megrázta a hír, hogy október 4-én, 80 éves korában váratlanul elhunyt dr. Károly Gyula, a Miskolci Egyetem emeritus professzora, az OMBKE tiszteleti tagja.

Károly Gyula 1959–64 között végzte tanulmányait a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán. Bár nem volt kollégista (Miskolcon született és itt érettségizett a jónévű Földes Ferenc Gimnáziumban), legtöbb idejét együtt töltötte tankörtársaival és jó szervező, kapcsolatteremtő képessége következtében rövid idő alatt az évfolyam meghatározó személyisége lett. Kitalálta, bizonyította és széles körben terjesztette, hogy az 1964-ben végzett évfolyam volt a legjobb kohász évfolyam.

Adottságai, tanulmány eredményei és érdeklődése egyaránt a tudományos felsőoktatási pálya felé vonzották. Örömmel fogadta el ezért a Vasipari Kutató Intézet ajánlatát társadalmi ösztöndíjra, így 1964 szeptemberében az Intézet Metallurgiai Osztályán kezdte szakmai pályafutását. Itt ismerte meg feleségét, Katalint, akivel 1966-ban házasságot kötött.

A VASKUT-ban kezdett el foglalkozni az acél minőségének javítására kidolgozott korszerű technológiákkal (üstmetallurgia, átolvasztó eljárások), első publikációi, előadásai ezen a területen születtek. Itt került szorosabb kapcsolatba az OMBKE-vel is: az intézet igazgatóhelyettese, Pilter Pál akkor az egyesület főtitkára volt, aki a fiatal mérnököket tudatosan irányította az egyesületi munka felé.

A szerény kutatói fizetésből egy fiatal házaspár nehezen tudott előbbre lépni (albérletben laktak), így 1968-ban Simon Sándor professzor támogatásával a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karának Vas-

kohászattani Tanszékére került Miskolcra. Az ezt követő évtizedekben kiteljesedett oktatói és tudományos pályája. 1970-ben egyetemi doktori, majd 1973-ban kandidátusi címet szerzett. Emellett hamarosan az oktatás területén is mélyvízbe került, mert Simon professzor tervezhetetlen elfoglaltságai miatt egyre többször neki kellett az előadásait megtartani. A tanszéki kutatásokban egyre több témavezetői feladatot kapott, aminek eredményeként szoros kapcsolatokat tudott kialakítani a vállalatok szakmai vezető szakembereivel, amit számos közös cikk, előadás igazol. Mivel témája továbbra is a minőségi acélgyártás volt, elsősorban a diósgyőri kollégákkal dolgozott együtt, akikkel haláláig jó barátságban volt.

1986-ban akadémiai doktori címet szerzett, 1989-ben megkapta az egyetemi tanár címet, 1995-ben pedig a Vaskohászati, Fémkohászati és Öntészeti tanszékeket irányító Metallurgiai Intézet vezetője lett. Alapító tagja volt a Kerpely Antal Doktori Iskolának, amelynek keretében több, ma közismert szakember szerzett tudományos fokozatot. Szakmai munkáját jellemezte, hogy több mint 300 publikációja és előadása volt, és vállalati részről a Dunaferfő főtanácsosa címet is megkapta.

2002-ben dékánhelyettesként szerepet vállalt a Miskolci Egyetem Kooperációs Kutatási Központ létrehozásában, amely számos ipari megbízással jelentős bevételeket eredményezett.

Ez irányú adottságait kihasználva kezdeményezte a rendszerváltás után röviddel az InnoFerCo acélipari tanácsadó vállalkozás létrehozását. Ez a vállalkozás elismert hazai szakemberek munkáját és tudását kihasználva jelentős hazai és nemzetközi projekteket nyert el és dolgozott ki eredményesen. Nemzetközi tevékenységének részeként a világ számos országában vett részt acélipari konferenciákon, és elismert tagja lett

a nemzetközi vaskohász társadalomnak is.

Szakmai közéleti tevékenységének legfontosabb fóruma az OMBKE volt. Az egyesület által rendezett konferenciákat rendszeresen látogatta, az 1970-ben indult Nemzetközi Clean Steel Konferencia sorozat valamennyi rendezvényén – legtöbbször előadóként – részt vett.

Jelentős szerepet vállalt az OMBKE Egyetemi Osztályának munkájában, két cikluson keresztül elnöke volt az Osztálynak; ezalatt az OMBKE alelnöke is volt. Az Egyesület számos kitüntetéssel jutalmazta munkáját; a különböző emlékérmek (Zorkóczy, Mikoviny, Sóltz, Kerpely) mellett a tiszteleti tagság jelentette a csúcst 2002-ben. A legutóbbi időben az egyesület jelölő bizottságának elnöki tisztségét töltötte be.

Tudományos fokozattal rendelkező oktatóként szükségszerűen részese lett a tudományos közéletnek. Az MTA Metallurgiai Bizottságának két cikluson keresztül elnöke és haláláig tagja volt. A vállalatoknál rendezett ülésekkel igyekezett a tudományt és a gyakorlatot egymáshoz közel hozni. Elnöksége ideje alatt több sikeres akadémiai doktori cím védésre került sor. Tagja volt az MTA Műszaki Tudományos Osztályának, elnöke volt a Magyar Akkreditáló Bizottság Kohászati Szakbizottságának; itt próbálta érvényesíteni a folyamatosan változó felsőoktatási rendszerben a szakma érdekeit. Az utóbbi években aggodalommal figyelte a kohómérnökképzés helyzetének és a szakma elismertségének drámai alakulását.

A 70. születésnapját követően professzor emeritusként folytatta a Miskolci Egyetemhez, egykori Alma materéhez és a fő munkahelyéhez kötődő szakmai tevékenységét, melynek maradandó eleme az a TÁMOP projekt vezetése, amely 15 elektroni-

kus egyetemi tankönyv megírását, összeállítását eredményezte. Ezek között számos acélmetallurgiai tárgyú könyv született, melyeknek szerzője, illetve társszerzője volt.

Felesége szintén kohómérnök, aki Miskolcra kerülve a December 4. Drótműveknél vállalt munkát. Két gyermekük született.

Miskolc-Tapolcán, a hegyoldalban van a házuk; nem messze ettől kis kertet vásároltak, ahol szívesen tevékenykedett és nemcsak kohászként, de kertészként is megállta a helyét.

Károly Gyula a szó legnemesebb értelmében szeretetre méltó közösségi ember volt. A tágabb szakmai közösségben végzett munkája mellett (OMBKE, MTA, Miskolci Egyetem) az 1964-ben végzett kohász évfolyamot ő tartotta egybe. Évfolyam-találkozók sorát szervezte, amelyeket a hagyományos együttlét, beszélgetések, éneklések mellett kirándulásokkal tett emlékezetessé. A kerek évfordulók alkalmából az évfolyam tagjainak életét, eredményeit bemutató kiadványokat szerkesztett, amelyeket azóta is szívesen olvasgatunk. Kiemelkedő tudományos és közéleti eredményei mellett mindig szerény maradt és mindenki mindig számíthatott a segítségére.

Távozása nagy hiányt hagy maga után; emlékét azonban családja mellett évfolyamtársai, egykori hallgatói, munkatársai, barátai, az egész magyar kohász társadalom megőrzi a szívében.

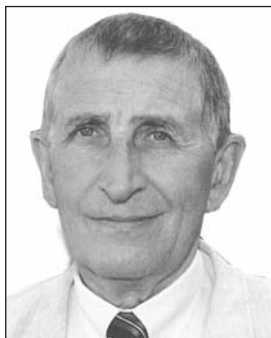
Tardy Pál

Károly Gyula temetése 2021. október 15-én Miskolcon, a Hejőcsabai római katolikus temetőben volt.

Emléke előtt tisztelegve gyászszakestélyt rendeztek október 26-án, a Miskolci Egyetem Metallurgiai Intézetének Simon Sándor termében.

Szj Zoltán

1934–2021



Társunktól, barátunktól, Szj Zoltán aranyokleveles kohómérnöktől búcsúzunk, aki július 22-én, életének 87. évében elhunyt.

1952-ben iratkozott be a selmeci utódegyetem kohómérnöki karára. Harmadévben társaival elégették orosz-könyveiket, ezért két évre kitiltották az egyetemről.

1956 szeptemberében eltöltése csökkentése után folytathatta tanulmányait. Bekapcsolódott a politikai helyzettel elégedetlenek mozgalmába, és a forradalom kitörése után megalakult diákkormány alelnökévé választották. Az egyetemen kívüli forradalmi események résztvevőjeként is számon tartják tetteit. A forradalom egyetemi eseményeiről írt könyvben személyes élményeiről, szerepéről is beszámolt. A forradalom utáni megtorlás során börtönbüntetésre, az egyetemről való kizárásra ítélték.

Büntetése letöltése után Győrben, az akkor önálló Öntöde és Kovácsológyárban fizikai munkásként tudott elhelyezkedni. Később átkerült a Rába Vagon- és Gépgyár laboratóriumába. Az amnesztia lehetővé tette, hogy befejezze egyetemi tanulmányait, 1966-ban kapta meg kohómérnöki diplomáját. 1976-ban gazdasági mérnöki oklevelet szerzett a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen. Úgy a fizikai munkakörben, mint a laboratóriumban tanította a fiatalokat, munkatársait. Megismertette őket napi munkájuk értelmével. Szervezte és élte a munkahelyi közösséget, erősítette az összetartozás érzését.

Előbb a laboratórium helyettes vezetője lett, majd az új öntöde formázóüzemében vezetőnek nevezték ki.

Támogatta az innovációt, az új technológiák bevezetését. Szervezője és többször előadója is volt a hajdan országos rendezvényeknek, a járműipari öntvénygyártási ankétsorozatnak. Munkájáról szakmai lapunkban be is számolt.

Később a kovácsológyárban kapott

vezetői feladatot. A Rábában eltöltött majd negyedszázad után meghívták a Dunaújvárosi Főiskolára, ahol adjunktusként a Metallográfiai és metallurgiai tanszéken oktatott. Korábbi ipari tapasztalatát felhasználva előtérbe került munkájában a gyakorlati oktatás.

Diákjainál olyan sikert aratott gyakorlatorientált módszerével, hogy aranygyűrűvel jutalmazták. Ipari kapcsolatait főiskolai évei során is megtartotta. Szakirodalmi tevékenységét ekkor is folytatta, a szakcikkek mellett szakkönyvek társszerzője is volt.

Még egyetemista korában lépett be az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületbe. Egy ciklusban az Egyesület Öntészeti Szakosztályában titkári funkcióra választották. 1996-ban fő szervezője volt a győri Magyar Öntőnapoknak és a hozzá kapcsolódó egyesületi közgyűlésnek. Az Egyesületnek haláláig tagja volt. Munkáját több kitüntetéssel ismerték el.

Győrbe való visszatérését követően újjászervezte az öntészeti oktatást a Jedlik Ányos Szakközépiskolában. Egyre intenzívebben kapcsolódott be a győri közéletbe, politikába. Az Észak-Dunántúli Ferencz István regionális kohászati szervezet tagjaként tartotta kapcsolatát szakmánkkal.

2016-ban az '56-os forradalom 60 éves évfordulóján Miskolc városa „Miskolcért, a szabadságért” érdeméremmel tüntette ki, melyet személyesen vett át a Miskolci Nemzeti Színházban. Amíg egészsége engedte, minden évben részt vett a Miskolci Egyetemen az 1956-os forradalom évfordulós ünnepein.

Szj Zoltán temetése 2021. augusztus 16-án a győri Templom utcai Szabadhegyi temetőben volt.

Zoli, emlékedet megőrizzük, nyugodj békében! Ravatalodnál mondunk utolsó Jó szerencsét!

Szombatfalvy Rudolf

Dzsaja Lajos

1936–2021

Életének 85. évében elhunyt Dzsaja Lajos okl. technológus kohómérnök, az Alcoa-Köfém nyugdíjasa. Temetése 2021. október 18-án, a székesfehérvári Sóstói református temetőben volt.

- A projekt azonosító száma: 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00280
- A projekt tervezett befejezési dátuma: 2023.09.30.
- A projekt címe: „Felhasználóbarát és energiatakarékos négyoszlopos hidraulikus prés kifejlesztése”
- Kedvezményezett: NEMETech Mérnökiroda Korlátolt Felelősségű Társaság
- A szerződött támogatás összege: 127 192 455 Ft
- A támogatás mértéke (%-ban): 60,928382%

A projekt megvalósítása során célunk egy újszerű, felhasználóbarát és energiatakarékos négyoszlopos hidraulikus prés tervezése és gyártása, amely sokrétű felhasználhatósága miatt több iparágban is alkalmazható lesz.

Az egyik leggyakoribb felhasználási terület a nyomásos alumínium öntődékben az öntés során az öntvényekben megmaradt anyagfelesleg leválasztása. Kovácsüzemekben zömítésre, mélyhúzásra, előre-, hátrafolyatásra, kivágásra használják. Az autóiipar egyik legmeghatározóbb eljárásaként az autók fém karosszéria-elemeit ezzel a módszerrel gyártják. A fejlesztett termék az új kialakításnak köszönhetően (szerszámlapba bemart T-hornok által) még több funkciót képes lesz ellátni: bármilyen stancoló szerszámot, illetve különböző öntvényekbe gumiszilentelek préselésére szolgáló szerszámot is fel lehet szerelni rá.

A fejlesztés magyarországi öntődék és kovácsüzemek igényfelmérései alapján történik majd meg. Ezeknél a cégeknél jelenleg olasz, német, illetve tajvani prések találhatóak, melyeket vállalkozásunk javít és tart karban. Az évek során megismert berendezések több hiányosságát szeretnénk a saját présgépünkkel kiküszöbölni, működésüket optimalizálni és energiafelhasználásukat minimalizálni.

Referenciaképek a NEMETech munkáiból:



FRECH gyártmányú nyomásos öntőgép és komplett cella telepítése



Foromat 40 formázógép teljes körű felújítása, PLC-s vezérléssel, kétkezes indítással





NSH Metal Shredder Hungary

mshungary.com

hulladékgyazdálkodás



Ag Au Pd Ni Cu

e-hulladék és
röntgenfilm
feldolgozás
nemesfémek
visszanyerése

komplex
hulladékkezelés
kémiai összetétel
meghatározás
kutatás-fejlesztés
innováció



info@mshungary.com



Budapest, Jánossomorja
Szerbia - Óbecse



+36 70 328 8585