

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

# Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

152. évfolyam

2019/3. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

## TARTALOM

## Vaskohászat

- 1 Farkas O. – Farkasné Mayr K. – Harcsik B.: A koksztól részben helyettesítő gázok hatása a nagyolvasztók konkrét CO<sub>2</sub>-emissziójára ... .. 1
- 5 Lifeng Zhang: Az acél nemfém zárványai
- 9 Európai acél 2019–2024: az Eurofer kiáltványa

## Öntészet

- 10 Hogyan tovább AUDI motoröntvénygyártás? Interjú dr. Roman Viets mérnökkel
- 13 Buza G. – Maloveczky A. – Filep Á.: Gömbgrafitos öntöttvas lézersugaras felületmódosítása és a réteg belső feszültsége
- 20 Máté M. – Fegyverneki Gy. – Tokár M.: Különböző típusú tisztítósók zárványosságcsökkentő hatásának összehasonlító vizsgálata
- 25 A világ öntvénytermelése 2017-ben

## Fémkohászat

- 26 Kárpáti V. – Mikó T. – Barkóczy P. – Angel D. A. – Gácsi Z.: Nyomóvizsgálatok alkalmazása homogenizálás során bekövetkező folyamatok hatásának kimutatására alumíniumötvözetekben
- 30 Pethő D. – Hlavács A. – Benke M.: A fűlésés és a textúrakomponensek közötti kapcsolat AA3003-as lemezekben

## Anyagtudomány

- 33 Bubonyi T. – Barkóczy P. – Gyöngyösi Sz.: Sejtautomata szimulációval segített kalorimetriás kinetikai kiértékelés
- 36 Filep Á. – Mertinger V.: Maradó feszültség fázisszelektív vizsgálata hegesztett duplex acélban
- 39 Beszámoló metallurgiai szakmai napról

## Felsőoktatás

- 40 Kutatók – Mire számíthatunk és miért? Interjú Kaptay György kohómérnökkel
- 43 A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar hírei
- 43 MultiScience – XXXIII. microCAD Nemzetközi Multidiszciplináris Tudományos Konferencia

## Hírmondó

- 45 Emlékeztető a 2019. április 18-i OMBKE választmányi ülésről
- 46 Mozgalmas évet zárt a Fémszövetség
- 48 50 éves a Magyar Öntőnapok
- 47 A Magyar Öntészeti Szövetség 30. közgyűlése
- 48 Az ipari örökség múltja jelene és jövője Ózdon
- 48 XI. Ózdi ipari örökségvédelmi konferencia
- 49 Emléktábla-avatás Ózdon
- 50 Bányász-kohász: Jó barát
- 51 Kecskeméti szakmai nap
- 52 Mesterségem címere – programsorozat a Kohászati Gyűjteményben
- 52 A Ganz Ábrahám Öntődei Gyűjtemény hírei
- 53 XIII. Fazola Fesztivál meghívó
- 54 Köszöntések
- 55 Nekrológok

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

## FROM THE CONTENT

**Farkas Ottó – Farkasné Mayr Klára – Harcsik Béla: Impact of coke partially substitute gases on specific CO<sub>2</sub> emissions from blast furnaces ... .. 1**

The article discusses the impact of coke-substituting gases, natural gas and coke oven gas on CO<sub>2</sub> emissions from blast furnaces. Using data from literature and works (ISD Dunaferr Zrt.). The authors determine the emissions based on calculations.

**Buza Gábor – Maloveczky Anna – Filep Ádám: Laser beam induced surface modification and the internal stress of treated layer in spheroidal graphite cast iron ... .. 13**

The purpose of the examined laser beam induced surface modification technology is to create a compressive stress in the surface layer of the workpiece. The test material was ferritic-pearlitic spheroidal graphite cast iron. The laser source was a 5 kW CO<sub>2</sub> laser. Metallographic and X-ray diffraction test results.

**Máté Miriam – Fegyverneki György – Tokár Monika: The Comparative Analysis of the Inclusion Reducing Efficiency of Various Cleaning Fluxes ... .. 20**

The presence of inclusions is a major challenge in the casting process, as they cause a continuity failure in the casting, thereby lowering its strength properties and have a negative effect on the moulding capability of the melt and its filling properties.

There is a real industrial problem: in case of manufacture of automotive casting it's important to have as little inclusion as possible, because later they are built into the vehicles. If their quality is inadequate, the life of the vehicle is significantly reduced.

To achieve the right quality, it's important to clean the melt, for which there are already many methods. In the course of our research, we compared the effects of various cleaning fluxes, the inclusion content, the dissolved gas content and the mechanical properties.

**Kárpáti Viktor – Mikó Tamás – Barkóczy Péter – Angel Dávid Ádám – Gácsi Zoltán: Using compressive tests to detect the effects of processes occurring at homogenization in aluminium alloys ... .. 26**

Formability means the plastic deformation ability of the metals: numerically it is characterized by the deformation that accumulated until crack or fracture occurred. The formability is influenced by many factors, for its characterization also many methods are used. In our research the effect of the processes occurring at preheating/homogenization on the hot formability in deformable aluminium alloys were examined. For the experiments a quick, reliable results delivering and capable of handling a large number of sample series type compressive test was applied, with an Instron 5982 type materials testing equipment in the Institute of Physical Metallurgy, Metalforming and Nanotechnology at the University of Miskolc.

The quick heating was carried out by a self-developed inductor, which was controlled by a thermocouple measuring the temperature of the samples. During the experiment, the cold and hot rolling and the physical metallurgy processes occurring at the rolling were physically simulated. In this article the changes in the microstructure and compressive strength caused by different deforming and heat treating technologies is discussed.

**Pethő Dániel – Hlavács Adrienn – Benke Márton: The correlation between the earing and the texture components in AA3003 alloy sheets ... .. 30**

Most of the aluminium sheets are deep-drawn after rolling, which is determined by the crystallographic texture. The crystallographic texture gives the crystallographic orientation of all grains in the material, in other words: it gives the value of anisotropy. The effect of the annealing is measured by hardness, but it does not describe the effectiveness of the heat treatment completely. The main constituent of the AA3003 alloy is the Mn. During the annealing, the manganese precipitates from the solid solution forming compounds. These precipitates have a significant effect on the recrystallization, because they act as nucleation sites. The aim of this study is to define the effect of the annealing parameters (t, T) on the crystallographic texture and on the earing values. This research was publicized in an article written in English, but it was not publicized in any Hungarian open-access article [1].

**Bubonyi Tamás – Barkóczy Péter – Gyöngyösi Szilvia: Calorimetric kinetic evaluation assisted by cellular automaton ... .. 33**

There are several methods to study the kinetics of the recrystallization process. DSC measurement is one of the most effective measurement methods. Cellular automata simulations are frequently used in computational studies. Both methods use kinetic constants. The kinetic constants of the recrystallization of the copper sheets were compared to the results of the simulation. Additionally, a hybrid evaluation method is developed and introduced based on the DSC evaluation and cellular automaton which can compute a more detailed kinetic description of recrystallization.

**Filep Ádám – Mertinger Valéria: Phase selective examination of residual stress in welded duplex steel ... .. 36**

Various technological operations, such as welding, can result in significant residual stresses in the workpiece. The resulting stress state depends on the treatment parameters and the properties of the treated material. If the welded plate consists of several crystallographic phases that have different mechanical properties, then the state formed in the phases may be different, resulting in a more complex picture. During the research the developed stresses in duplex steels consisting of ferrite and austenite phases were examined by X-ray diffraction method.

- **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •
- **E-mail:** bkl.kohaszat@gmail.com •
- **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

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

- **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, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

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

FARKAS OTTÓ – FARKASNÉ MAYR KLÁRA – HARCSIK BÉLA

## A koksztot részben helyettesítő gázok hatása a nagyolvasztók konkrét CO<sub>2</sub>-emissziójára

**A cikk a koksztot helyettesítő gázok, a földgáz és a kokszkemencegázok hatását vizsgálja a nagyolvasztók CO<sub>2</sub>-kibocsátására. A szerzők a kibocsátásokat szakirodalmi és üzemi (ISD Dunaferri Zrt.) adatok felhasználásával számítások alapján határozzák meg.**

### Bevezetés

Az üvegházhatást okozó CO<sub>2</sub>-emisszió világméretben jelentkező növekedésének megszüntetése ma már alapkövetelmény. Nyilvánvaló, hogy a célkitűzés megvalósítására irányuló törekvés alapvetően a karbont nagy mennyiségben felhasználó működési területek felé fordul. Ilyen termelő ipar az alapvetően karbotermikus és karbometallurgikus tevékenységre épülő vas- és acélgártás, s ezen belül is elsősorban a nyersvasgyártás. Ebből következik, hogy a nyersvasgyártás technológiai folyamatainak fejlesztését, fajlagos energiafogyasztásának csökkenését, gazdaságosságának, termelő-képességének növekedését szolgáló törekvések egyik, egyre jelentősebbnek megjelölt, új célkitűzése a fajlagos CO<sub>2</sub>-emisszió csökkentése.

### A nagyolvasztó CO<sub>2</sub>-emissziójának részesedése az integrált vas- és acélműben

Valamely integrált vas- és acélmű metallurgiai fázisaira, ill. 1 tonna nyersacélra vonatkoztatott CO<sub>2</sub>-emissziójának termelőegységenkénti forrásaiban az alábbi összeállítás szerint [1]:

A szerzők szakmai életrajzát 2018/5-6. számunkban közzöltük.

1. táblázat. A számításokban felhasznált alapadatok

Paraméterek	Szakirodalom	ISD Dunaferri Zrt.
kokszt-C, %	88,5	87,0
alap koksztfogy., kg/t nyv.	510	530
földgáz-C, %	88,3	87,5
kokszkemencegáz-C, %	51,7	38,9
η <sub>CO</sub> , %	50	45

koksztgyártás

237 kg CO<sub>2</sub>/t nyersacél,

ércagglomerálás

141 kg CO<sub>2</sub>/t nyersacél,

nyersvasgyártás

1240 kg CO<sub>2</sub>/t nyersacél,

konverteres acélgártás

140 kg CO<sub>2</sub>/t nyersacél

összesen

1760 kg CO<sub>2</sub>/t nyersacél

CO<sub>2</sub> képződik, melyben a nyersvasgyártás 70,45%-os, azaz igen nagy részesedéssel szerepel. Ez abból következik, hogy egy átlagosan 18 GJ/t nyv. energiafogyasztással (a mű teljes energiafogyasztásának ~ 65-70%-a) és ennek megfelelő C-fogyasztással dolgozó nagyolvasztó ön-maga termel 1 t nyersvasra vonatkozóan potenciálisan ~ 1760 kg CO<sub>2</sub>-ot.

Természetes, hogy a nem vasgyártás, hanem acélhulladék bázison (is) működő acélmű – annak részesedése arányában – kisebb CO<sub>2</sub>-emissziót produkál.

A nyersvasgyártás CO<sub>2</sub>-emisszió mértékének csökkentésére – a fajlagos C-szükséglet csökkentése mellett – a koksztigény részleges helyettesítésére szolgáló, nagy H<sub>2</sub>-koncentrációval rendelkező tüzelő, ill. redukáló anyagok, úgymint a gyakorlatban is működő, vagy működtethető földgáz, az olaj és a kokszkemencegáz befűvése lehet alkalmas.

A jelenleg már üzemi kísérletek szintjén működő – N<sub>2</sub>-mentes és a

torokgáz meghatározott mértékű viszszevetésével dolgozó, új technológiai rendszerű nagyolvasztóművek [1] üzembe helyezésével nyílik új lehetőség. A nagyolvasztón kívül számos, főleg olvadékredukációs eljárás van, de ezek ma még csak csekély üzemi működésűek, illetőleg üzemi és laboratóriumi kísérletek stádiumában vannak.

### A vizsgálat tárgyát képező tüzelő, ill. redukáló anyagok és azok fajlagos CO<sub>2</sub>-emissziója

A jelentős mértékben használatos földgázbefűvés során a felhasznált mennyiség maximálisan 100-130 kg/t nyv., ~ 30%-ra dúsított O<sub>2</sub>-tartalmú fűvószerű, 350-420 kg/t nyv.-ra csökkent koksztfogyasztással. Az olajbefűvés, mely 90-140 kg/t nyv. és 28%-ra növelt O<sub>2</sub>-tartalmú fűvószerűt használva 300-360 kg/t nyv. koksztfogyasztást ért el, mára gyakorlatilag megszűnt. Ugyanakkor a kokszkemencegáz felhasználásának lehetősége – elsősorban a nagy (~ 60%) szabad H<sub>2</sub>-tartalom és a várhatóan CO<sub>2</sub>-emissziót csökkentő hatása révén – egyes helyeken (Voest Alpine; ISD Dunaferri Zrt.) az utóbbi időben vizsgálat tárgyát képezte [1, 2].

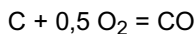
A CO<sub>2</sub>-emisszió mértékének hatásvizsgálata természetesen csak konkrét tüzelőanyagokra terjedhet ki.

A jelen vizsgálatok a szakirodalom

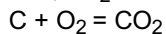
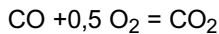
[3] és az ISD Dunafer Zrt. 1. táblázatban szereplő alapadataira épülnek.

A vizsgált tüzelő-, illetve redukálóanyagok fajlagos CO<sub>2</sub>-emisszióját az alábbi összevonás szerint a nagyolvasztóban:

a parciális oxidáció révén:



az indirekt vas-oxid-redukció révén



reakció írja le, melyből

$$CO_2 = \frac{44}{12} = 3,67 \text{ kg/kg C}$$

A vizsgálatokban szereplő tüzelőanyagok (1. táblázat) fajlagos CO<sub>2</sub>-emissziói tehát a következők:

szakirodalmi adatok alapján:

kokszt

$$88,5 \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 = 3,25 \text{ kg/kg ta.}$$

földgáz

$$88,3 \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 = 3,24 \text{ kg/kg ta.}$$

kokszkemencegáz

$$51,7 \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 = 1,90 \text{ kg/kg ta.}$$

ISD Dunafer Zrt. adatai alapján:

kokszt

$$87,0 \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 = 3,19 \text{ kg/kg ta.}$$

földgáz

$$87,5 \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 = 3,21 \text{ kg/kg ta.}$$

kokszkemencegáz

$$38,9 \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 = 1,43 \text{ kg/kg ta.}$$

Látható, hogy a kokszt kiemelten nagy fajlagos CO<sub>2</sub>-mennyiséget termel, ami gyakorlatilag kétszer akkora, mint azonos mennyiségű kokszkemencegáz termése. Mindez egyben utal a kokszkemencegázok jelentősen eltérő kémiai összetételeire.

Az ISD Dunafer Zrt.-nél – koksztgyártás során – képződő kokszkemencegáz feltűnően kis fajlagos CO<sub>2</sub>-

termelése a nagyon kis C-tartalmából fakad, ami egyben indokolja a nagyolvasztói medencegáz fajlagos elméleti égéshőmérsékletének a kokszkemencegáz hatására bekövetkező csökkenését [2]. Kicsi a kokszkemencegáz sűrűsége is (az ISD Dunafer Zrt.-nél és más konkrét adat hiányában általánosítva 0,423 kg/m<sup>3</sup>), különösen a földgázéhoz (0,79 kg/m<sup>3</sup>) képest.

### A nagyolvasztók konkrét potenciális CO<sub>2</sub>-emissziója a vizsgált anyag függvényében

A vizsgált anyagok tényleges CO<sub>2</sub>-emissziós hatásának mértéke nyilvánvalóan a nagyolvasztóba vitt mennyiségeknek és összetételeinek, valamint a vonatkozó metallurgiai folyamatok határfokának függvénye.

Természetesen számításba kell venni, hogy a bevitt tüzelőgázoknak a – helyettesítési tényezőnek megfelelő mértékű – kokszt kiváltása, annak arányában szintén mérsékli a C-bevitelt, így a CO<sub>2</sub>-emisszió-csökkenés nemcsak a pót-tüzelőanyag kis C-tartalmának, hanem a két C-hordozóanyag együttes eredő hatásának a következménye, illetőleg függvénye. Ezért a koksztot helyettesítő képességek számszerű adatainak és a CO kémiai kihasználás-mértékének ismeretére is szükség van.

### A bruttó CO<sub>2</sub>-emisszió mértékének számítása

A szakirodalom [1] a kokszt/földgáz helyettesítési hányadosát 1,1683 kg/kg értékben általánosítja. A kokszt/kokszt-

kemencegáz helyettesítő tényező általánosan elfogadva 1,29 kg/kg [2].

Mindezek alapján a nagyolvasztó fajlagos bruttó potenciális CO<sub>2</sub>-emissziója az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\begin{aligned} \Sigma CO_2 &= (G_k - h \cdot G_{ht}) \cdot C_k \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 + \\ &+ G_{ht} \cdot C_{ht} \cdot 10^{-2} \cdot 3,67 = \\ &= [(G_k - h \cdot G_{ht}) \cdot C_k + G_{ht} \cdot C_{ht}] \cdot 10^{-2} \cdot \\ &\cdot 3,67 \text{ kg/t nyv.} \end{aligned}$$

melyben:

G<sub>k</sub> = a fajlagos koksztfogyasztás, helyettesítő tüzelőanyag nélkül, kg/t nyv.

h = a kokszt/helyettesítő tüzelőanyag helyettesítési hányadosa, kg/kg

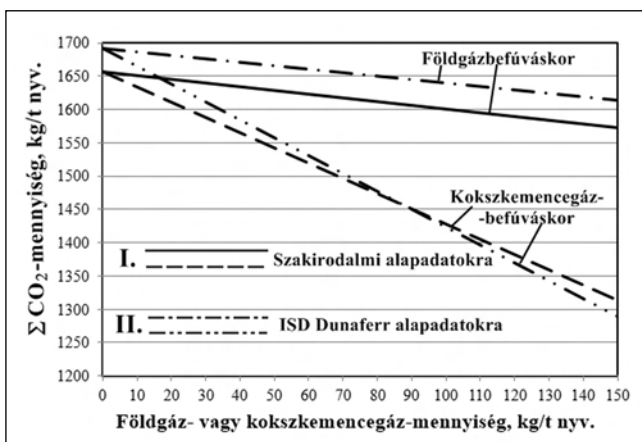
G<sub>ht</sub> = a helyettesítő tüzelőanyag fajlagos mennyisége, kg/t nyv.

C<sub>ht</sub> = a helyettesítő tüzelőanyag C-tartalma, tömeg %

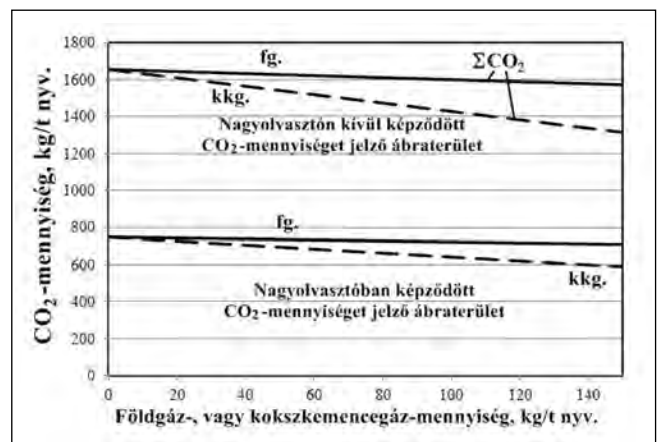
C<sub>k</sub> = a kokszt C-tartalma, tömeg %

A képlet szerint helyettesítő tüzelőanyagok befűvése nélkül például az 1. táblázatban szereplő 88,5 vagy 87% C-t tartalmazó kokszt 510 vagy 530 kg/t nyv. felhasználása esetén 510 · 0,885 · 3,67 = 1656,45, illetve 530 · 0,87 · 3,67 = 1692,23 kg/t nyv. bruttó CO<sub>2</sub>-mennyiség termelésére képes.

A példaként megadott fajlagos koksztfogyasztások részleges helyettesítésére bevezetett földgáz vagy kokszkemencegáz – összehasonlíthatóság szempontjából feltételezett – azonos, ma még nem létező maximális mennyiségeinek (150 kg/t nyv.) hatásait a szakirodalmi (I.) és dunaújvárosi (II.) alapadatok révén a képlet szerint meghatározva az eredmény:



■ 1. ábra. A koksztot részben helyettesítő földgáz vagy kokszkemencegáz és a maradó kokszt együttes hatása a bruttó CO<sub>2</sub>-emisszióra



■ 2. ábra. A CO<sub>2</sub>-emisszió változása a befűjt tüzelőanyag és a maradó kokszt együttesének függvényében szakirodalmi alapadatok bázisán (I.)

földgázbefűvés esetén:

$$I. \Sigma CO_2 = [(510 - 1,1683 \cdot 150) \cdot 88,5 + 150 \cdot 88,3] \cdot 0,0367 = 1573,36 \text{ kg/t nyv.}$$

$$II. \Sigma CO_2 = [(530 - 1,1683 \cdot 150) \cdot 87,0 + 150 \cdot 87,5] \cdot 0,0367 = 1614,38 \text{ kg/t nyv.}$$

kokszkemencegáz-befűvés esetén pedig:

$$I. \Sigma CO_2 = [(510 - 1,29 \cdot 150) \cdot 88,5 + 150 \cdot 51,7] \cdot 0,0367 = 1312,58 \text{ kg/t nyv.}$$

$$II. \Sigma CO_2 = [(530 - 1,29 \cdot 150) \cdot 87,0 + 150 \cdot 38,9] \cdot 0,0367 = 1288,55 \text{ kg/t nyv.}$$

### A bruttó CO<sub>2</sub>-emisszió mértékének értékelése két választott üzemi adatsor alapján

A meghatározott eredmények számottevő különbségeket mutatnak a földgáz (fg.) és a kokszkemencegáz (kkg.) CO<sub>2</sub>-emissziója között, de az adott gázon belüli különbözőségeiből fakadó CO<sub>2</sub>-emisszió-különbségek is észrevehetők. A 0-150 kg/kg gázra utaló eredmények a vonatkozó képletek alapján könnyen számíthatók a közbelső értékekre is.

A kapott és az itt nem számított közbelső eredményeket az 1. ábra foglalja össze. Egyértelműen látszik, hogy az összevont legkisebb CO<sub>2</sub>-emissziót mindkét (I. és II.) alternatívában a kokszkemencegáz produkálja. A szakirodalmi alapadatokra érvényes 1656,45–1312,58=343,87 kg/t nyv. CO<sub>2</sub>-csökkenést 150 kg/t nyv. kokszkemencegáz befűvése eredményezi, egyidejűleg 150 · 1,29 = 193,5 kg/t nyv. kokszkiváltás mellett, ami 343,87 / 150=2,29 kg CO<sub>2</sub>/kg kkg. és 193,5/150=1,29 kg/t nyv. kokszfogyasztás csökkenését jelenti.

Ettől sokkal kisebb a földgáz CO<sub>2</sub>-ot csökkentő hatása, azaz 150 kg/t nyv. befűvésével 1656,45 – 1573,36 = 83,09 kg/t nyv., vagyis 83,09 / 150=0,55 kg CO<sub>2</sub>/kg fg. De ezt a jelentősen kisebb teljesítményt gyakorlatilag 1,17 kg kokszt/kg fg. kokszfogyasztás-csökkenés mellett érte el.

Elvileg hasonló, de jelentősen kisebb C-tartalmú kokszkemencegáz következtében, annak CO<sub>2</sub>-emissziót csökkentő hatása az ISD Dunaferri alapadataira (II.) vonatkoztatott számítások eredményei szerint sokkal nagyobb. Az 1. ábrán ez a következ-

mény vizuálisan érzékelhető. Az (1692,2 – 1288,55)/150 = 2,69 kg CO<sub>2</sub>/kg kokszkemencegáz, 2,69 / 2,29 = 1,17-szer nagyobb CO<sub>2</sub>-emisszió-csökkenést eredményezett, mint a szakirodalomból vett kokszkemencegáz.

A földgázok gyakorlatilag azonos C-tartalma (1. táblázat) és helyettesítési tényezői következtében nem mutatnak észrevehető különbséget a CO<sub>2</sub>-emisszió csökkenésben [(1692,2 – 1614,38) / 150=0,52 kg CO<sub>2</sub>/kg fg.].

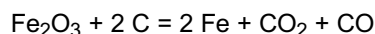
### A bruttó, illetve potenciális CO<sub>2</sub>-emisszió megoszlása a nagyolvasztóban és az azon kívül

A nagyolvasztóba vezetett C-mennyiség részben a nagyolvasztóban, részben pedig – alapvetően a torokgáz-felhasználás révén – más C-, illetve CO-felhasználó technológiai egységekben hasznosul és alakul CO<sub>2</sub>-dá. Ehhez csatlakozik a nyersvas C-tartalmának az oxigénes acélgéztető konverterben CO<sub>2</sub>-dá és CO-dá történő oxidációja, majd a konvertergáz hasznosításában a CO égése CO<sub>2</sub>-dá.

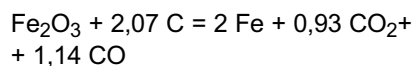
A nagyolvasztóban a karbon CO<sub>2</sub>-dá és CO-dá alakuló hányada a parciális C-oxidáció és a direkt redukció során képződött CO-mennyiség kémiai kihasználásának a függvénye.

### A CO<sub>2</sub>-képződés mértéke a nagyolvasztóban a CO kémiai kihasználása alapján

A gyakorlatban legkedvezőbb CO-kihasználás 50%, ami az alábbi reakcióegyenlettel írható le:



Az ISD Dunaferri Zrt. nagyolvasztóra vonatkozóan, melyben – részben a kedvezőtlenebb adottságok következtében – az indirekt redukciós teljesítménye, azaz  $\eta_{CO} \sim 45\%$ , s így a kapcsolódó reakcióegyenlet a következő:



Ez mutatja, hogy a kisebb  $\eta_{CO}$  (itt 50% helyett 45%) nagyobb fajlagos C-mennyiséget igényel.

A bemutatott reakcióegyenletek jelzik, hogy a nagyolvasztóban az oxidá-

ciós és redukciós folyamatokban részt vevő C-mennyiségnek ~ 45-50%-a a nyersvas C-tartalmának (a bevitt C-mennyiségnek kb. 10%-a, azaz 45 kg/t nyv.) levonása után az ISD Dunaferri nagyolvasztóira (530 kg/t nyv., ill. 461,1 kg C/t nyv.) érvényesen (461,1 – 45) · 0,45 = 187,24 kg C/t nyv. az a C-mennyiség, mely a nagyolvasztóban CO<sub>2</sub>-dá alakul. Ez, a C + O<sub>2</sub> = CO<sub>2</sub> alapreakció értelmében

$$CO_2^{no} = \frac{44}{12} \cdot 187,24 = 686,56 \text{ kg CO}_2/\text{t nyv.}$$

A nagyolvasztóban képződő CO<sub>2</sub>-mennyiség (CO<sub>2</sub><sup>no</sup>) részesedésének a bruttó potenciális CO<sub>2</sub>-emisszióban történő meghatározása, a teljes fajlagos kokszfogyasztás (G<sub>k</sub>, kg/t nyv.), a kokszt C-tartalma (C<sub>k</sub>, %), a CO kémiai kihasználása ( $\eta_{CO}$ , %) a nyersvas C-tartalma (C<sub>nyv</sub>, %) és a fajlagos CO<sub>2</sub>-mennyiség (3,67 kg/kg C) ismeretét igényli. A vonatkozó számításokra a C-mérleg alapján levezetett alábbi egyenlet alkalmas:

$$\frac{CO_2^{no}}{\Sigma CO_2} = \frac{(G_k \cdot C_k \cdot 10^{-2} - C_{nyv} \cdot 10) \eta_{CO}}{G_k \cdot C_k \cdot 10^{-2}}, \%$$

Ennek megfelelően a nagyolvasztóban képződő CO<sub>2</sub>-mennyiség a potenciális teljes CO<sub>2</sub>-emisszióban a szakirodalmi alapadatok alapján:

$$\frac{CO_2^{no}}{\Sigma CO_2} = \frac{(510 \cdot 88,5 \cdot 10^{-2} - 4,5 \cdot 10) 50}{510 \cdot 88,5 \cdot 10^{-2}} = 45,01 \%$$

az ISD Dunaferri alapadatai szerint pedig

$$\frac{CO_2^{no}}{\Sigma CO_2} = \frac{(530 \cdot 87,0 \cdot 10^{-2} - 4,5 \cdot 10) 45}{530 \cdot 87,0 \cdot 10^{-2}} = 40,61 \%$$

### A CO<sub>2</sub>-emisszió megoszlása a választott üzemek alapadataira vonatkoztatva

Példaként a 150 kg/t nyv. földgázhoz vagy kokszkemencegázhoz tartozó az 1. ábrán is megadott  $\Sigma CO_2$ -mennyiségekből a szakirodalmi alapadatokhoz (I.) kapcsolódóan földgázbefűvéskor:

$$CO_2^{no} = 1573,36 \cdot 0,4501 = 708,14 \text{ kg/t nyv.}$$

kokszkemencegáz befűvésakor:

$$CO_2^{no} = 1312,58 \cdot 0,4501 = 590,79 \text{ kg/t nyv.}$$

az alaphelyzetben

$$CO_2 = 1656,4 \cdot 0,4501 = 745,5 \text{ kg/t nyv.}$$

az ISD Dunaferri alapadataiból (II.) következően pedig

földgázbefúvásakor:

$$\text{CO}_2^{\text{földgáz}} = 1614,38 \cdot 0,4061 = 655,6 \text{ kg/t nyv.}$$

kokszkemencegáz befúvásakor:

$$\text{CO}_2^{\text{koks}} = 1288,55 \cdot 0,4061 = 523,3 \text{ kg/t nyv.}$$

míg az alaphelyzetben

$$\text{CO}_2 = 1692,2 \cdot 0,4501 = 687,2 \text{ kg/t nyv.}$$

a nagyolvasztóban keletkező  $\text{CO}_2$ -emisszió mértéke.

A számított eredmények birtokában megrajzolt összefüggéseket a 2. ábra a szakirodalmi alapértékekre (I.), a 3. ábra pedig az ISD Dunafer Zrt. alapadataira (II.) vonatkoztatva szemlélteti.

A két ábra adatai között mutatkozó kis eltérés lényegében a kiinduló állapot ( $k = 510\text{-}530 \text{ kg/t nyv.}$ , és  $C_k = 87\text{-}88,5\%$ ) különbségeiből fakad.

Látható, hogy a két alapadatsorra épülő számítások eredményei, a  $\text{CO}_2$ -emisszió mértékének nagyolvasztón belüli és kívüli megoszlásának részleteiben sem mutatnak (a kokszkemencegázra vonatkozóan némi kivétellel) számottevő eltérést. Ezért megállapítható, hogy a nagyolvasztók rovasására írt potenciális bruttó  $\text{CO}_2$ -emisszió csak 40-45%-a képződik a nagyolvasztókban és 55-60%-a keletkezik a nagyolvasztók kívüli tüzelőrendszerekben.

A nagyolvasztón kívül más, hőt igénylő kemencében a torokgáz elégetéséből keletkező  $\text{CO}_2$  természetesen szintén környezetszennyező, de csak az ott kiváltott tüzelőanyag (pl. földgáz, kokszkemencegáz) égése révén képződhet, esetleg kisebb  $\text{CO}_2$ -mennyiség által kialakuló  $\text{CO}_2$ -mennyiségi növekmény arányában. Ez utóbbi mértéke természetesen az égetőrendszer technikai-technológiai korszerűségétől függ, így a torokgáz nagyolvasztón kívüli égése során képződő  $\text{CO}_2$ -mennyiség teljes mértékben nincs közvetlen összefüggésben a nagyolvasztóval. Ezeket a meglátásokat a nagyolvasztóműveknek fontos szem előtt tartani és képviselni.

### A $\text{CO}_2$ -emissziót csökkentő tüzelő-, illetve redukáló gázok hatásmértéke a fajlagos koks- és a bruttó tüzelőanyag-fogyasztásra

Az 1. ábra létrehozásához szükséges számításokhoz leírt matematikai képlet nyilvánvalóan tartalmazza a fajlagos kocszfogyasztás – a bevezetett földgáz vagy kokszkemencegáz révén – csökkenthető mennyiségének a  $\text{CO}_2$ -emisszió mérséklésére gyakorolt hatásának tételét. Így érdemes kihangsúlyozni, hogy a szóban forgó gázok  $\text{CO}_2$ -emisszióra és kocszfogyasztásra gyakorolt azonos irányú kedvező hatása elválaszthatatlan kapcsolatban vannak egymással. Ebből következően a nagyolvasztóba vezetett gázok függvényében csökkenő fajlagos kocszfogyasztás mértékeit és

azok eltéréseit, célszerű együtt látni a  $\text{CO}_2$ -emisszió alakulásával.

A vonatkozó számítások eredményeit a 4. ábra szemlélteti. Az ábra felső része mutatja, hogy a tömegegységekben kifejezett egységnyi kokszkemencegáz (melynek 1 kg-ja  $1/0,423 = 2,364 \text{ m}^3$ ) nagyobb kocszfogyasztás-csökkenéshez vezet (1,29 kg kocsz/kg kkg.), mint 1 kg földgáz (kg kocsz /kg fg. = 1,1683), mely csak  $1/0,79 = 1,2658 \text{ m}^3$ -nek felel meg. A térfogategységekre vonatkoztatott értékek kisebbek és a földgázt mutatják kedvezőbbnek.

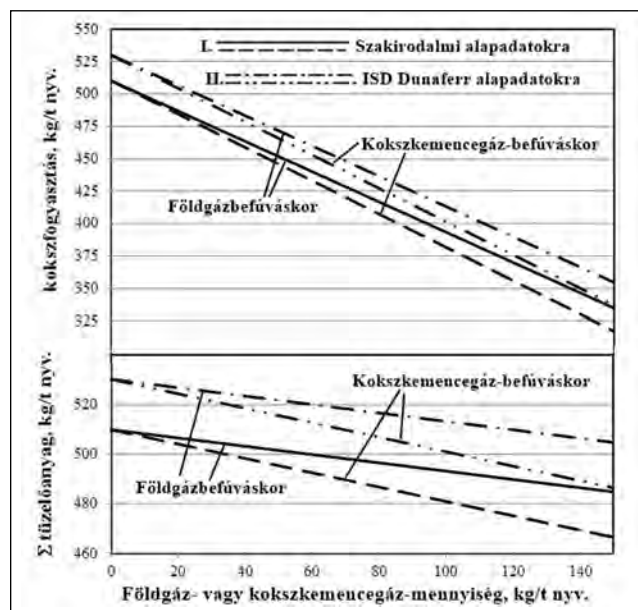
Mindehhez a kokszkemencegáz-befúvás nagyobb  $\text{O}_2$ -dúsítást igényel, mint a földgázbefúvás, a konstans elméleti égéshőmérséklet fenntartása érdekében [2]. Egyéb technikai szükségességeket (pl. kompresszorok működtetése) itt nem is említve.

A kocsz/fg. és a kocsz/kkg. helyettesítési tényezők tömegegységekre vonatkoztatott értékeiből következik, hogy a helyettesítő gázok fajlagos mennyiségeinek növekedésével a nyersvasgyártás  $\Sigma$  fajlagos tüzelő-, ill. redukálóanyag-fogyasztása csökken, s a kokszkemencegáz befúvásakor nagyobb mértékben, mint földgázbefúvásakor. Az ezekre vonatkozó számított eredményeket szemlélteti a 4. ábra alsó része.

A részben eltérő alapadatok, valamint a 4. ábra mindkét részének eredményei arra utalnak, hogy a szakirodalomból vett példaként használt alapadatok valamivel kedvezőbb működési feltételekre utalnak, mint az ISD Dunafer nagyolvasztói. De az is megállapítható, hogy a helyettesítőgázok kocszfogyasztásra vonatkozó hatáserevényei nagyon közel helyezkednek el egymáshoz, így azok átlagosított értékei – meghatározott konkrét következtetések hiányában – elfogadhatóan általánosíthatók.



■ 3. ábra. A  $\text{CO}_2$ -emisszió változása a befűjt tüzelőanyag és a maradék kocsz együttesének függvényében ISD Dunafer alapadatok bázisán (II.)



■ 4. ábra. A kocszot részben helyettesítő földgáz vagy kokszkemencegáz hatása a fajlagos kocsz- és bruttó tüzelőanyag-fogyasztásra

## Végkövetkeztetések

A nagyolvasztó 1 t acélra vonatkoztatott potenciális CO<sub>2</sub>-emissziója (1240 kg) ~70%-a egy integrált vas- és acélművének (1760 kg). A koks 1 kg-ra vonatkoztatott CO<sub>2</sub>-termelése ~ kétszerese a koks kemencegáznak, és gyakorlatilag annyi, mint a földgázé. A nagyolvasztói rendszerben 1 kg koks kemencegáz ~ 2,6 kg CO<sub>2</sub>-dal, 1 kg földgáz pedig ~ 1,07 kg CO<sub>2</sub>-dal csökkenti az emissziót. A bruttó potenciális CO<sub>2</sub>-emisszió gyakorlatilag 40,6-45,0%-a képződik a nagyolvasztóban, 55,0-59,4%-a pedig a nagyolvasztón kívüli működési rendszerek-

ben jön létre. Ez utóbbi csak akkor jelent növekvő CO<sub>2</sub>-emissziót, ha a CO<sub>2</sub>-képződés meghaladja az ott kiváltott tüzelés CO<sub>2</sub>-termelését. A CO<sub>2</sub>-emissziót csökkentő hatás a befűjt gázok eleve kisebb CO<sub>2</sub>-termelése és az általuk kiváltott koksszal csökkenő C-bevitel együttes eredő hatása révén jut érvényre. A földgáz és a koks kemencegáz hatásmértékének összevetése más megítéléshez vezet, ha tömegegységekre vagy térfogategységekre vonatkoztatjuk az eredményeket. A kapott eredmények – a koks kemencegázok eltérő jellemzőitől eltekintve – a gyakorlat számára elfogadhatóan általánosíthatók.

## Irodalom

- [1] Farkas Ottó – Farkasné Mayr Klára: A nyersvasmetallurgia energetikai és ökológiai vonatkozásai. Digitális egyetemi jegyzet, Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés, Budapest, 2018, pp. 1–147.
- [2] Farkas Ottó: A nagyolvasztóba vezetett földgáz koks kemencegázzal tervezett kiváltásának metallurgiai, hőtani jellemzői és feltételrendszere az ISD Duna-ferr Zrt. üzemi adottságaira vonatkozóan. Tanulmány, 2018
- [3] Hans Bodo Lungen, Peter Schmöle: Comparison of blast furnace operation modes in the world. Stahl und Eisen, 2018, 9., pp. 33–39.

LIFENG ZHANG

# Az acél nemfémés zárványai\*

## Bevezetés

Az acél zárványosságának szabályozása a gyártás során az egyik legfontosabb feladat a jó minőség biztosítására. A nemfémés zárványok jelenléte nem az egyetlen probléma az acéloknál, de valamennyi acélnál problémát jelent. A zárványok, mint idegen fázisok elkerülhetetlenül ott vannak az acélban és jelentősen befolyásolják a mechanikai tulajdonságokat, pl. a szilárdságot [1, 2], a képlékenységet [3, 4], a szívósságot, a kifáradást [5, 6].

A rideg, kemény zárványok, mint néhány oxid és nitrid, rendkívül nagy mértékben rontják a kifáradással szembeni ellenállást. Hengerlés során megsértik a mátrixot, ily módon feszültségcsúcsot és üreget eredményeznek. A fáradás során repedések keletkezhetnek az ismétlődő igénybevételek hatására. Ugyanakkor a legtöbb szulfidzárvány képlékeny, ami előnyös a kifáradás szempontjából. A jól alakítható szulfidok viszont hosszán elnyúlnak a hengerlés során, s ez anizotrópiát okoz. A terhelés növekedésével a repedés az elnyúlt zárványok mentén halad. A zárványok fenti

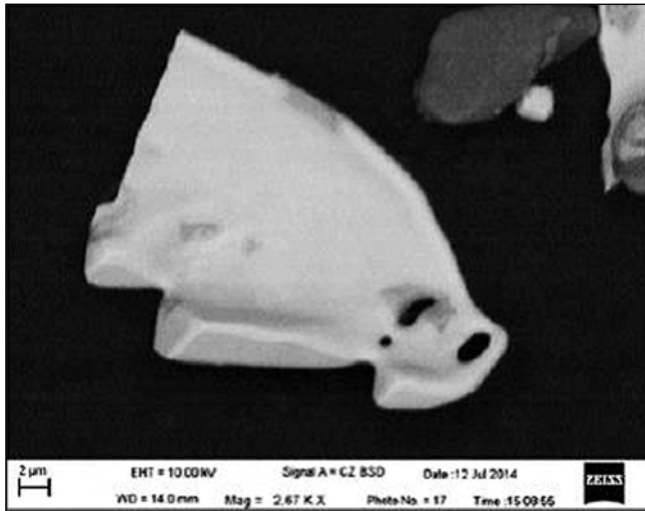
hatása nemcsak a zárványok típusától, hanem a méreteitől, mennyiségüktől és térbeli eloszlásától függ. Ezért az acélgártás során csökkenteni kell az acél zárványtartalmát, és típusukat, mennyiségüket, alakjukat, eloszlásukat úgy kell szabályozni, hogy hatásuk az acél tulajdonságaira a legkisebb legyen. Ugyanakkor nem minden zárvány rontja a tulajdonságokat. A zárványok és kiváltások megfelelő szabályozásával a szövetszerkezet, a szívósság és a szilárdság javítható; ezt eredetileg „oxidmetallurgiának” hívták [7, 8]. A nemfémés zárványokat már több mint száz éve vizsgálják; ugyanakkor még ma is az acélgártók egyik fontos kutatási területe. Ez jól szemlélteti az acél zárványainak komplex jellegét. Egy adott acéltípusra kidolgozott stratégia nem feltétlenül érvényes más acéltípusokra, sőt az acéladagok között is különbség lehet. Mindenesetre még számos probléma vár megoldásra az acél zárvényaival kapcsolatban, amelyeket alaposan tanulmányozni kell. Ebben az előadásban az acél zárvényainak néhány alapvető kérdésével foglalkozunk.

## A zárványok háromdimenziós morfológiájának felderítése

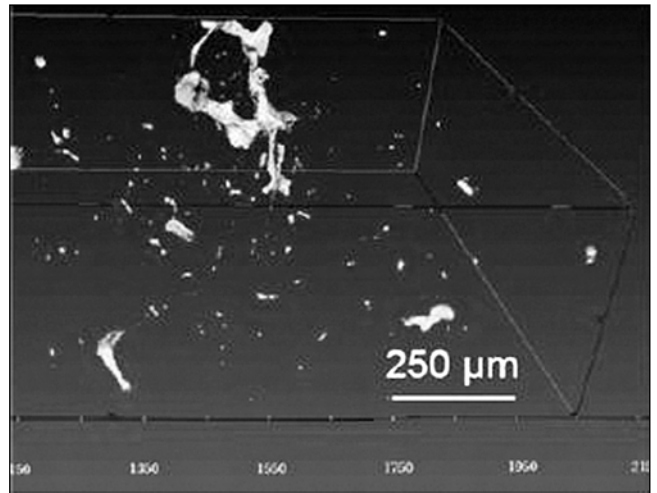
A zárványosság szabályozása szempontjából alapvető a zárványok morfológiájának elemzése, ezért nagyon fontos a zárványok háromdimenziós (3D) morfológiájának a vizsgálata. Ehhez több módszert is alkalmaznak: a savban való oldást, a Slime-módszert és az ultrahangos vizsgálatot [9]. Az alábbiakban két további módszert ismertetünk. Az egyik módszer a zárványok extrakciója elektrolízissel [10]. Ennek a módszernek előnye, hogy a zárványokat nem károsítja. A MnS és egyéb zárványok eredeti morfológiájukkal feltárhatók. Az 1. ábrán lapszerű MnS zárvány látható nehéz vasúti sínacélból extrahálva; ezek rendszerint a kristályhatárok mentén helyezkednek el. Kétdimenziós metszetben fonalszerűnek néznek ki. A valódi 3D morfológia ismerete nélkül félreérthető a valódi alakjuk. A másik módszer a mikrokomputer tomográfia (mikro-CT) alkalmazása. A mikro-CT nem roncsolja a próbatestet és segítségével mind a zárványok 3D morfológiája, mind a térbeli eloszlása vizsgálható. A 2. ábrán nehéz vasúti sín céljára készült bugában lévő zárványok és porozítások 3D morfológiája látható.

Lifeng Zhang, University of Science and Technology Beijing, Kína

\* A dolgozat Lifeng Zhang professzor plenáris előadása a 10. Clean Steel konferencián. (Fordította dr. Tardy Pál)



■ 1. ábra. Nehéz vasúti sín acéljából extrahált MnS zárvány



■ 2. ábra. A nemfémek zárványok és porozitás 3D morfológiája nehéz vasúti sín bugájában mikro-CT vizsgálattal

### A komplex dezoxidáció termodinamikája

Tiszta vasban számos vizsgálatot végeztek egy vagy két elemmel történt dezoxidáció termodinamikájára vonatkozólag. A gyakorlatban azonban az acélokban számos elem van jelen. Távolról sem elegendő az egy-egy elemmel végzett dezoxidáció diagramjaira hivatkozni, amikor komplex dezoxidációról van szó. Jobb megoldás egy-egy acéltípus komplex dezoxidációja során keletkező zárványokat vizsgálni.

A 3. ábrán az oldott Ca és oldott O közti egyensúly látható tiszta vasban [12] és csőacél olvadékban [13]. Tiszta vas esetén a Ca-os dezoxidáció terméke CaO. Az oldott Ca-tartalom növekedésével az oldott O először csökken, majd nő. A csőacél olvadéknál ehhez képest nagy a különbség az egyensúlyban. A dezoxidáció terméke az oldott Ca-tartalommal és S-tartalommal változik. A diagram is különbözik. Ezért kell a komplex dezoxi-

dációt a kérdéses acélban vizsgálni.

### A zárványösszetétel-változás kinetikája sokkomponensű rendszerekben

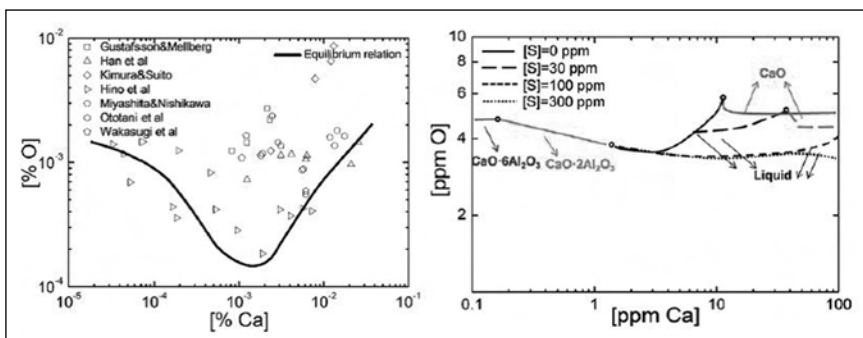
A zárványosságot rendszerint a szekunder metallurgia üstjében végzett finomítással szabályozzák. Az üstmetallurgiai kezelés során lejátszódó reakciókat általában egyensúlyi állapot feltételezésével vizsgálják, ami nem fedi a valóságot, hiszen a kémiai reakciók az üstben aligha érik el az egyensúlyi állapotot. Ráadásul a zárványok nemcsak a dezoxidációs reakció eredményeként alakulhatnak ki, hanem az acél és a salak, a tűzálló falazat, a levegő stb. közötti reakciók is szerepet játszhatnak. Számos kinetikai modellt állítottak fel a tűzálló anyagok, a salak és az acélok közti reakciók vizsgálatára [14, 15]. Az üstmetallurgiai kezelés összetett jellege miatt azonban több tényezőt is figyelembe kell venni. A közelmúltban az acél–salak–ötözők–zárványok–tűzálló falazat–levegő ese-

tére dolgoztak ki kinetikai modellt. A modellben a salak–fém reakciót, a tűzállóanyag erózióját, az ötvözők oldódását, a zárványok csoportosulását és a levegő hatására bekövetkező reoxidációt is figyelembe vették. A 4. ábrán az acél és a zárványok számított összetétele látható az üstkezelés során [16], igazolva, hogy az acél és a zárvány összetételének változása számítható az üstmetallurgiai kezelés során.

### A zárványok eltávolítása gázbuborékok flotációjával

A zárványok eltávolítása a folyékony acélból az acélgégyártás egyik fő feladata. A gázbefúvatást széles körben alkalmazzák az üstmetallurgiában és a folyamatos öntésnél a zárványok eltávolítására. 2000-ben Zhang áttekintette és tanulmányozta a gázbuborékok és a szilárd zárványrészecskék kölcsönhatását folyékony acélban [17]. A zárványeltávolítás a találkozás valószínűségével jellemezhető. A klasszikus találkozási valószínűség azon zárványok aránya, amelyek találkoznak az emelkedő buborékkal és hozzátapadnak, ami a lamináris folyadékáramlás feltételeitől függ. Csak azon zárványok tapadnak a buborék felületéhez, amelyek a buborék tengelyétől ( $d_c$ ) kritikus távolságra vannak, ahogy azt a 5a ábra mutatja.

A kétfázisú gáz–fém olvadékban, pl. az argonnal fúvatott üstben és a folyamatos öntőmű kristályosítójában azonban az áramlás turbulens, ezért meg kell vizsgálni a zárványeltávolítás



■ 3. ábra. Az oldott Ca és O egyensúlya tiszta vasban [12] és csőacél olvadékban (0,064% C, 0,23% Si, 1,6% Mn, 0,04% Al) 1600 °C-on

mechanizmusát és a zárvány-buborék kapcsolódás valószínűségét ilyen körülmények között is. Alapvető folyadékáramlási szimulációval megvizsgálták a zárvány-buborék kölcsönhatásokat, és a kapcsolódás esélyeit az alábbi módosított összefüggéssel írták le:

$$P_{redefine} = \frac{N}{C_p^s \frac{\pi (d_b + d_p)^2}{4}}$$

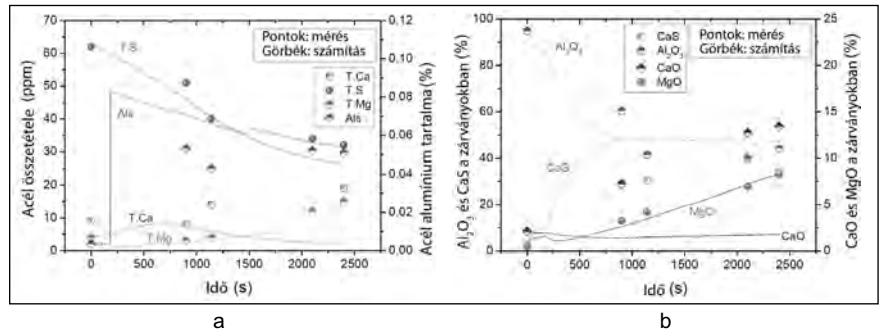
ahol N a buborékhoz tapadt zárványok száma,  $C_p^s$  pedig pedig az egységnyi felületen áthaladó zárványok száma a részecske útjában.

Megjegyzendő, hogy néhány zárvány, amely a mozgó buborék útjába esik, nem lép kölcsönhatásba a buborékkal, ugyanakkor más zárványok a buborék útjától távolabb találkozhatnak, összeütközhetnek és a buborék felületéhez tapadhatnak a turbulencia sztochasztikus hatására, ahogy az 5b ábrán látható.

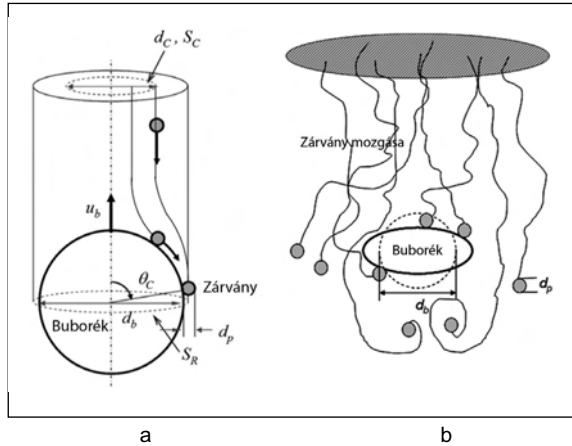
A 6. ábrán a zárványok buborékhoz tapadásának valószínűsége látható különböző turbulens áramlási feltételek mellett [18]. A buborék átmérője 10 mm, alakja gömb. Ahogy várható, a nagyobb zárványoknak nagyobb a találkozási valószínűsége ugyanazon turbulencia mellett. Az is látható, hogy a turbulenciának jelentős hatása van a zárványok buborékhoz való tapadására. Intenzív turbulens áramlás mellett a buboréktól távollevő zárványok ütközhetnek és kölcsönhatásba léphetnek a turbulencia sztochasztikus hatására. Ezért az acéolvadék turbulenciájának növelésével a tapadás valószínűsége nő.

### A zárványok átalakulása az acél felhevítése során

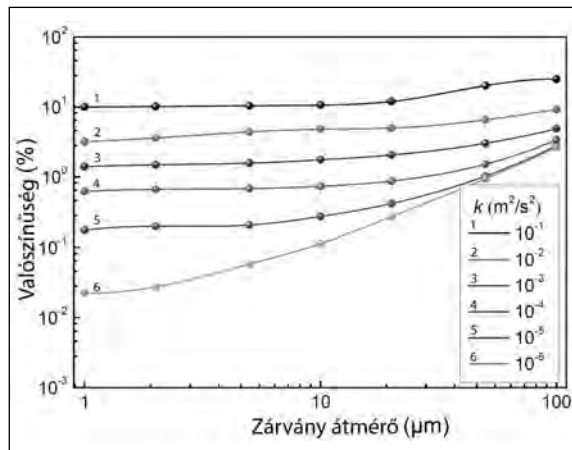
A zárványosság szabályozásának alapja a termodinamika; számos munkát végeztek ezzel kapcsolatban az acélgártás hőmérsékletén. Mivel az egyensúlyi állandók nagysága függ a hőmérséklettől, a zárványok és az



■ 4. ábra. Az acéolvadék (a) és a zárványok (b) összetételének változása az üstmetallurgiai kezelés során



■ 5. ábra. A zárványok buborékhoz való tapadásának valószínűsége sematikus ábrázolásban (a) klasszikus megközelítés, (b) turbulens körülmények között



■ 6. ábra. A zárványok találkozási valószínűsége gömbalakú buborékkal turbulens acéolvadékban (k a turbulencia intenzitása) [18]

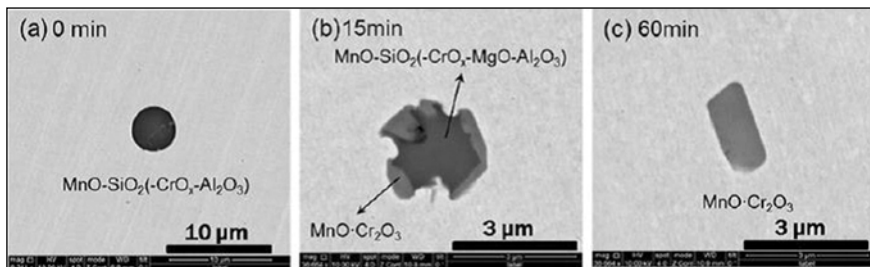
acél közti egyensúly változik a hőmérséklet függvényében, ami megváltoztatja a zárványok összetételét. A meleghengelés előtt az acélt felhevítik. A hevítés során új egyensúly alakul ki az acél és a zárványok között, különösen ötvözött acélok esetén. A 7. ábrán rozsdamentes acél jellemző zárványának morfológiáját és összetételét mutatjuk be különböző hőntartási idők

után. Felhevítés előtt gömböseszerű MnO-SiO<sub>2</sub>-ben dús zárványok voltak. 1100 °C-on 15 perc hevítés után MnO.Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> spinell kezdett nőni az MnO-SiO<sub>2</sub>-ben dús zárványok felületén. A keletkező MnO.Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zárványok szögletesek. 1 órás hevítés után tiszta MnO.Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zárványok keletkeztek spinell szerkezettel. A zárványoknak ezt az átalakulását termodinamikai számításokkal előre lehetett jelezni. 1350 °C felett a zárványok folyékony halmazállapotúak, de ha a hőmérséklet 1300 °C alá csökkent, az egyensúlyi zárvány MnO.Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (spinell) lett.

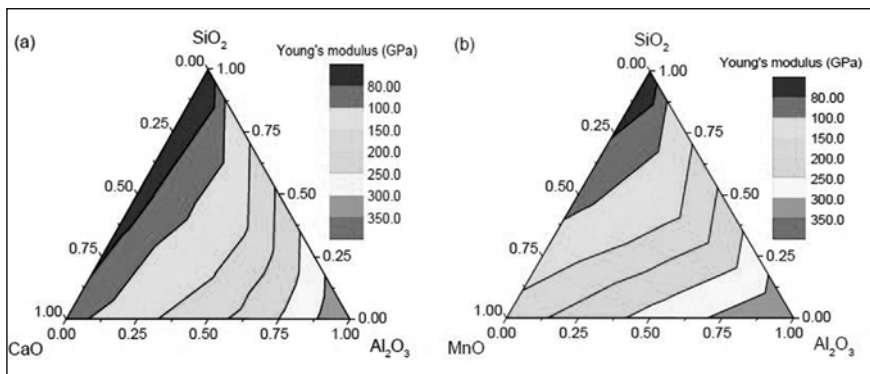
A gyakorlatban célszerű felderíteni a zárványösszetétel változását melegen hengerelt lemezben és rúdacéloknál is a pontosabb zárványszabályozás érdekében.

### A zárványok alakulása hengerek és feldolgozás során

A zárványok hatása az acél tulajdonságaira eltérő alakíthatóságuk miatt különböző lehet. A nem alakítható zárványok drasztikusan rontják a rúdacélok húzhatóságát és törést okozhatnak; ugyancsak káros hatással vannak a rugóacélok fáradási jellemzőire. Hagyományos módon a jó alakíthatóság érdekében a zárványok összetételét úgy kell alakítani, hogy alacsony legyen az olvadáspontjuk. Az ilyen zárványok nagy hőmérsékleten alakíthatók, lágyak, bár még nem olvadnak meg. Az acél hidegalakítását viszont az olvadáspontjuknál sokkal kisebb, jellemző módon szoba-



■ 7. ábra. 304 típusú rozsdamentes acél zárványai hevítés előtt (a), illetve 1100 °C-on 15 perc (b) és 60 perc (c) hevítés után



■ 8. ábra. A Young-modulus eloszlása  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{CaO}$  (a) és  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{MnO}$  (b) rendszerben [22]

hőmérsékleten végzik. Az alakíthatóság és az olvadáspont között emiatt nincs közvetlen összefüggés. Ezért más jellemzők használatát javasolták a zárványok alakíthatóságának jellemzésére, pl. a viszkozitás [20], keménység és a Young-modulusz [21, 22]. A szerző azt állapította meg, hogy a kis Young-modulusszal rendelkező zárványok csökkentik a törések arányát cord-acéloknál hideg húzás során [22]. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{CaO}$  és az  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MnO}$  rendszerekre kiszámították a Young-moduluszokat (8. ábra). Azonban még további vizsgálatokra van szükség ahhoz, hogy a zárványok alakíthatósága és Young-modulusza közötti összefüggést megerősítsék.

## Összefoglalás

Az acél nemfémes zárványainak alapjellemtörőit tárgyaltuk, beleértve a zárványok háromdimenziós morfológiáját, a komplex dezoxidáció termodinamikáját, a zárványok átalakulásának kinetikáját többkomponensű rendszerekben, a zárványeltávolítást buborékflotáció segítségével turbulens körülmények között, a zárványok átalakulását újrahevítés során és a zárványok alakíthatósági jellemzőit különböző hőmérsékleteken. A zárványok szabá-

lyozása az acélban szisztematikus munkát követel. A zárványkeletkezés, növekedés, átalakulás és a zárványok eltávolításának számos részlete további alapos vizsgálatokat igényel.

## Köszönetnyilvánítás

A szerző a kínai kormányzatnak és számos kutatási programokat támogató kínai intézménynek köszönetet mond a támogatásért: National Key R&D Program of China, National Science Foundation Programme, Beijing Science and Technology Programme, Beijing Key Laboratory of Green Recycling, High Quality Steel Consortium, Green Process Metallurgy and Modeling, University of Science and Technology Beijing.

## Irodalom

- [1] P. A. Thornton. The influence of non-metallic inclusions on the mechanical properties of steel: A review. *Journal of materials science*, 1971, 6(4): 347–356.
- [2] SK Dhua, Amitava Ray, SK Sen, MS Prasad, KB Mishra, S Jha. Influence of nonmetallic inclusion characteristics on the mechanical properties of rail steel. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2000, 9(6): 700–709.
- [3] Yu-Nan Wang, Jian Yang, Rui-Zhi

Wang, Xiu-Ling Xin, Long-Yun Xu. Effects of Nonmetallic Inclusions on Hot Ductility of High Manganese TWIP Steels Containing Different Aluminum Contents. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 2016, 47(3): 1697–1712.

- [4] Maurizio Vedani, David Dellasega, Aldo Mannucci. Characterization of Grain-boundary Precipitates after Hot-ductility Tests of Microalloyed Steels. *ISIJ International*, 2009, 49(3): 446–452.
- [5] Yoshiyuki Furuya, T. Abe, S. Matsuoka. Inclusion-controlled Fatigue Properties of 1800 MPa class Spring Steels. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 2004, 35(12): 3737–3744.
- [6] Y. Murakami, H. Usuki. Quantitative evaluation of effects of non-metallic inclusions on fatigue strength of high strength steels. II: Fatigue limit evaluation based on statistics for extreme values of inclusion size. *International Journal of Fatigue*, 1989, 11(5): 299–307.
- [7] Takamura J. Mizoguchi S, Control of Oxides as Inoculants, The Sixth International Iron and Steel Congress, ISIJ, Editor 1990: Nagoya. 598–604.
- [8] Mizoguchi S Takamura J, Roles of Oxides in Steel Performance, The Sixth International Iron and Steel Congress 1990, ISIJ: Nagoya. 591–597.
- [9] Lifeng Zhang, Wen Yang, Xuwei Zhang, Yan Luo, Yang Liu. Systematic Analysis of Nonmetallic Inclusions in Steel. *Iron and Steel*, 2014, 49(2): 1–8+28.
- [10] Xuwei Zhang, Lifeng Zhang, Wen Yang, Ying Zhang, Ying Ren, Yuanchi Dong. Comparison of 2D and 3D morphology of non-metallic inclusions in steel using different methods. *Metallurgical Research Technology*, 2017, 114(1): 113.
- [11] Xuwei Zhang, Lifeng Zhang, Wen Yang, Yuanchi Dong. Characterization of MnS Particles in Heavy Rail Steels Using Different Methods. *Steel Research International*, 2017, 88(1): 1600080.
- [12] Hiroyasu Itoh, Mitsutaka Hino, Shiro Banya. Deoxidation Equilibrium of Calcium in Liquid Iron. *Tetsu-to-Hagane*, 1997, 83(11): 695–700.
- [13] Ying Ren, Lifeng Zhang, Shusen Li. Transient Evolution of Inclusions during Calcium Modification in Linepipe Steels. *ISIJ International*, 2014, 54(12): 2772–2779.
- [14] Akifumi Harada, Nobuhiro Maruoka, Hiroyuki Shibata, Shin-ya Kitamura. A Kinetic Model to Predict the Compositions of Metal, Slag and Inclusions during Ladle Refining: Part 1. Basic Concept and Application. *ISIJ International*, 2013, 53(12): 2110–2117.
- [15] Akifumi Harada, Nobuhiro Maruoka, Hiroyuki Shibata, Shin-ya Kitamura. A Kinetic Model to Predict the Compositions of Metal, Slag and Inclusions

- during Ladle Refining: Part2. Condition to Control the Inclusion Composition. ISIJ International, 2013, 53(12): 2118–2125.
- [16] *Ying Zhang*. Kinetic Study on Composition Variation of Steel, Slag and Inclusions in a Multiphase System of „Steel-Slag-Inclusion-Refractory-Alloy-Air“. Doctoral Thesis, University of Science and Technology Beijing, 2018.
- [17] *Lifeng Zhang, S. Taniguchi*. Fundamentals of inclusion removal from liquid steel by bubble flotation. International Materials Reviews, 2000, 45(2): 59–82.
- [18] *Haojian Duan*. Free energy analysis of agglomeration of inclusions and optimization of argonstirred ladles. Doctoral Interim Report, University of Science and Technology Beijing, 2017.
- [19] *Ying Ren, Lifeng Zhang, P. Chris Pistorius*. Transformation of Oxide Inclusions in Type 304 Stainless Steels during Heat Treatment. Metallurgical and Materials Transactions B, 2017, 48(5): 2281–2292.
- [20] *Bernard Gerard, Riboud Paul, Urbain Georges*. Investigation of the plasticity of oxide inclusions. Revue de Metallurgie-CIT, 1981, 78(5): 421–433.
- [21] *Sei Kimura, Ikuo Hoshikawa, Nobuhiko Ibaraki, Shigeo Hattori, Takashi Choda*. Fracture Behavior of Oxide Inclusions during Rolling and Drawing. Tetsu-to-Hagane, 2002, 88(11): 755–762.
- [22] *Lifeng Zhang, Changbo Guo, Wen Yang, Ying Ren, Haitao Ling*. Deformability of oxide inclusions in tire cord steels. Metallurgical and Materials Transactions B, 2018, 49(2): 803–811.

## Európai acél 2019–2024: az Eurofer kiáltványa

Az EUROFER, az európai acélipari vállalatok szövetsége az Európai Parlamenti választások kapcsán kiáltványt tett közzé az európai acélipar érdekében, hogy ezzel felhívja az új Parlament figyelmét az acélipar helyzetére, szerepére és a stabil működésének biztosításához szükséges teendőkre.

A kiáltvány legfontosabb tézisei a következők:

1. Az EU acélipara kb. 330.000 embernek ad munkát. A beszállítóit, kiszolgálóit figyelembe véve összesen mintegy 2,5 millió ember léte függ sikeres működésétől. Az acélipar éves termelési értéke több mint 127 Mrd euró.
2. Az EU évi acéltermelése 170 M t körül van, amivel a világ második helyén áll. Az acéltermékek igen nagy része export, ill. import révén kerül a felhasználókhöz. Az EU-ba szállított acél mennyisége 2018-ban 12%-kal nőtt és megközelítette a 30 M t-t. Alapvetően értékes, minőségi acéltermékeket exportál a világ minden részébe. Az export mennyisége azonban ~ 10 M t-val kisebb az importnál.

*Szabad, tisztességes és szabályozott acélkereskedelemlre van szükség. Az acélnek kiemelkedő szerepe van az iparban, ezért az európai acéliparnak olyan kereskedelempolitikára van szüksége, amely gyorsan reagál és hatékony a nemzetközi piacon. Támogatjuk a Világkereskedelmi Szervezet (WTO) reformját és erősítését a kereskedelem és a gazdaságok torzulásainak csökkentésében.*

3. A szabad és tisztességes acélkereskedelem biztosítása érdekében az EU politikusaitól a következőket kérjük:
  - a. Az EU-n kívüli országokból érkező import szabályozását hatékonyabbá kell tenni.
  - b. Szorgalmazzák az EU-n kívüli országok torzító hatású gazdaságpolitikájának megszüntetését. Az acélipar globális többletkapacitásainak fenntartását állami támogatásokkal és versenytorzító intézkedésekkel segítik elő, amelyeket meg kell szüntetni.
  - c. Ellenőrizték az EU-ban folyó külföldi befektetéseket legalább olyan szempontból, hogy a hazai beruházókkal azonos követelményeket támasszanak velük szemben. Külföldi állami tulajdonban lévő és támogatott társaságoknak nem szabad engedélyezni beruházásokat az EU-ban.

*Az európai acélipar a világ legtisztább, legfejlettebb acélipara kíván lenni. 1960 óta felére csökkentettük a CO<sub>2</sub>-kibocsátást és az energiafelhasználást, több ezer új, innovatív acéltípust fejlesztettünk ki. Európa jövőjének fontos része vagyunk és mindent megteszünk, hogy az EU teljesíteni tudja a klímavédelemmel kapcsolatos Párizsi Egyezményben vállalt kötelezettségeket. Megfelelő szabályozási környezetben 2050-ig 80%-kal csökkenthetjük a CO<sub>2</sub>-kibocsátást és új piacokat szerezhetünk az acélnek és melléktermékeinek a környezetbarát körkörös gazdaság számára.*

4. Az EU acéliparának termékei korlátlanul újrahasznosítható anyagot biztosítanak a gazdaságnak és a lakosságnak. Támogassák az életciklus-vizsgálatok eredményeinek felhasználását, amelyek segítségével meg lehet ítélni a versenytárs anyagok tényleges hatását a fenntarthatóságban.
5. Vizsgálják felül az egymást átfedő, vagy következtelen EU-szabályokat, amelyek az acélipart és melléktermékeit érintik. Az általános, minden termékre érvényes megközelítés nem mindig eredményes.

*Európa iparának jól képzett munkaerőre van szüksége. Folytatjuk erőfeszítéseinket az általunk foglalkoztatottak szakmai színvonalának növelésére. A nyersanyagok nem jelentik az egyetlen forrást az acélipar számára: kiválóan képzett humántőkére is szükségünk van. Az EU politikusai ezért:*

- támogassák az acélipart az emberi erőforrás továbbképzésében összeurópai szintű akciókkal;
  - alkalmazzanak proaktív, jövő-orientált acélipari képzési stratégiát. A technológiai és a humán erőforrás fejlődése párhuzamosan folyjék. Ennek érdekében kell fejlődni a szervezeteknek, a munkásoknak és a munkahelyeknek. Ehhez az érintett szereplők: a társaságok, az oktatás, a továbbképző intézmények, a szociális partnerek és a politikusok együttműködésére van szükség.
6. Alakítsanak ki közös európai szakmai követelményrendszert az EU ipari és acéltermelő országainak együttműködésével.

## Hogyan tovább AUDI motoröntvénygyártás?

Interjú dr. Roman Viets mérnökkel, készítette Tóth Márta kohómérnök

Dr. Roman Viets az AUDI Hungaria Zrt.-nél dolgozik az öntészeti tervezőcsoport vezetőjeként. A vele készült interjúban a vállalat jelenlegi munkája mellett kitérünk többek közt a múltbeli újításokra, és a jövőbeni célokra is.

**Tóth Márta (TM):** Köszönöm a lehetőséget az interjúra. Kezdeként kérlek, meséj egy kicsit a szakmai életutadról és karrieredről. Hogyan kerültél az AUDI-hoz, azon belül is az öntészeti tervezőrézlegre?

Mindenekelőtt a tanulmányokkal kezdeném. Hannoverben tanultam anyagtudományt. A katonai szolgálat alatt javítottam az autót; és bár ez maga gépészmérnöki tevékenység, kezdett érdekelni, hogy milyen típusú/fajtájú anyagok használhatóak milyen megoldásokhoz (pl. közlekedés vagy szállítás).

Ezek mellett az egyetemen fejlesztünk egy ötvözetet, amelyet Michael Schumacher Forma-1-es autójának kerekeihez használtak. Ez 0,5 kg-mal könnyebb volt, mint a versenytársaké! Le voltam nyugözve attól, hogy mik érhetőek el a tudomány és a technológia területén is, ha az ember a határokat feszegeti. Ez a technológiai megoldás például rendkívül nagy kihívás volt, mert kerékcserénél az autó álló helyzetben van. Ekkor a fékek nem hűlnek le, és extrém magas hőmérsékletre hevítik a kerekeket. A hűtési effekt tehát igen releváns kérdés.

Doktori disszertációmban az öntési folyamatra fókuszáltam. Mivel egy öntésnél több mint 300 paramétert kell kontroll alatt és észben tartani, ez rendkívül nehéz – úgy döntöttem, megpróbálok szisztematikus hibákat tenni az alkatrészekbe. Ez szintén nem egyszerű, mert nagyon sokféle hatással kell számolni.



Dr. Viets a Gussteam irodájában a Gombos Miklós és Ferenc által öntött haranggal

Visszatérve a szakmai életútra; az AUDI-ban 2000-ben kezdtem. Ekkor kapcsolódott össze az AUDI Hungaria Kft. a Costech-vel, és indult a 3 literes motorblokk-projekt. Előtte Windsorban volt a gyártósor, amelyen motorblokkot és hengerfejet gyártottak. Ezután tértem vissza Ingolstadtba, ahol volt egy kísérleti öntőde kifejezetten szerkezeti alkatrészekhez. Lényegében itt kezdtem első AUDI-s évemet 2001-ben. Három évet töltöttem el itt, ahol jórészt nyomásos öntvények voltak. Itt szembesültem azzal, hogy motoralkatrészek öntésénél a legnagyobb előny a megfelelő módon történő öntés; illetőleg ha a lehető legegyszerűbbé tesszük magát az öntési folyamatot. Sokszor a konstruktórhöz kell menni és elmondani neki, hogyan csinálják. Ez az egyik legnehezebb és legtitkosabb része a folyamatnak: olyan egyszerűre tervezni az öntvényt, amennyire csak lehet. De emellett természetesen figyelembe kell vennünk mindazon további tevékenységeket, amelyek még

az öntvényhez tartoznak a gyártás során, amíg a termék a vevőhöz kerül.

Amikor itt a motorgyárban kezdem, akkor még csak a hagyományos belsőégésű motorok voltak olyan hengerfejhűtési rendszerrel, ami minimum 10-15 l/perc vizet jelentett. Ez hasznos hűtési módszer, mert a hengerfej a legforróbb része a motornak. Napjainkban viszont 120 l/perc van, ami már közelít a versenyautók szférájához. Természetesen mivel prémium kategóriás autógyártók vagyunk, vannak olyan alkalmazások, amelyek gátat jelentenek. Egyfelől szélsőséges mértékben akarjuk csökkenteni a fogyasztást, ugyanakkor szeretjük az erőt és a teljesítményt. Másfelől garantáljuk a legalább 300 ezer km-es élettartamot minden egyes motorra; így ezek alapján kell az összes számítást és szimulációt végeznünk.

**TM:** Örülök, hogy megemlíted a szimulációt. Korábban is használtál öntészeti szimulációs programot? Manapság egyre elterjedtebb és egyre nagyobb figyelmet kap ez a technológia.

Nevetnem kell, mert a doktorim 20 évvel ezelőtt volt, és egyike voltam azoknak, akik hosszú ideig nem igazán szerették a szimulációt. Mi a Magma programot használtuk, ami az egyik legelterjedtebb nemcsak Németországban és az EU-ban, de az egész világon. Én azonban nem nagyon szerettem, mert nem igazán tudtunk jó eredményeket adni a formatöltésre vonatkozóan. Még manapság is sokakban ellenérzés van a szimulációval kapcsolatban. Nehéz maradéktalanul megbízni benne a nagy eltérési lehetőség miatt.

Mi szerencsére együtt tudjuk használni a szimulációt a nagy beszállítókkal. A legfontosabb pedig, hogy van egy „közös” dolog, amit meg lehet

vitatni: együttes értelmezése a látotaknak. Nyomásos öntés esetén például jók a tapasztalatok a Magmával, de fontos tisztában lenni a virtualitás korlátaival. Ugyanakkor vitathatatlan többek közt az, hogy egy alkatrész minőségének 40-50%-át határozhatja meg egy jó szimuláció. Mi ezt a nulláról kezdtük, ami rengeteg pénzt és időt jelentett; de hosszú távon a tapasztalatok pótolhatatlanok!

Figyelembe kell venni, hogy az öntészetben is folyamatosak az újítások: nagyon fontos az élettartam, a hibákat a szériagyártásban mihamarabb meg kell oldani stb. Ezek megoldására is nagy segítség lehet a szimuláció használata és a termelés tervezési fázisába való integrálása. Például nem igazán megoldott az előre-töltés és a visszafelé-töltés szimulációja. Idén az AUDI öntészeti részleg munkatársai találtak egy újfajta szimulációt, ami tulajdonképpen nem is igazán szimuláció. Kicsit régimódi, de nagyon hatékony! Ez a „Wheelcast” program a veoCAST-tól. A veoCAST egy müncheni cég, és lényegében csak geometriai dimenziókat használ a munkadarabok kritikus területeinek meghatározásához. Ezt eredetileg a Knorr-Bremse-nek fejlesztették ki. Azért is jó, mert nem kell sokat várni a szimuláció eredményére. Korábban előfordult, hogy akár egy napnak is el kellett telnie ahhoz, hogy kiderüljön, egy alkatrész vajon önthető-e vagy sem, vagy hogy a túlmelegedett szerszám okoz-e vajon zsugorodási porozitást. Termelésben a várakozás kritikus, ezt számításokkal lehet gyorsítani. A veoCAST-tal ez csak perceket vesz igénybe, így rögtön megmondható, ha esetlegesen újra kell tervezni az alkatrészt – az AUDI-nál nekünk pedig pontosan ez a lényeg.

### **TM: Szóval a szimuláció csak egy „plusz”?**

Technikai megoldások szinte mindenre vannak. Néha kiderül, hogy például egy tervezői geometria szerinti alkatrész nem önthető, mert az adott paraméterekkel különböző hibákat találunk az öntést követően. Ha azonban a megrendelő ragaszkodik az alakhoz, találnunk kell rá megoldást. Viszont van, ahol extrém módon szükséges a szimuláció, pl. a hűtés

kérdésében. Összességében elmondható, hogy 50 százaléka az öntészeti technológiai munkának a tervezés maga.

A tervezésbe már a tanulmányok során is belekóstolhatnak a hallgatók, akik ezt a pályát választották. A Miskolci Egyetemen ugyanis tantárgyi kereteken belül foglalkoznak a szimulációval az Öntészeti Tanszéken. A tanszék azért is kapcsolódik immár szervesen az AUDI-hoz, mert nem is olyan régen, 2015-ben jött létre a kezdeményezésem alapján a cég és az egyetem között az a szerződés, melynek keretében az AUDI dolgozóinak öntészeti ismeretek hallgatására van lehetőségük. A tematika magába foglalja többek közt a formázást, öntést, anyagismeretet stb. Ez egy egyedülálló lehetőség azon ipari szakembereknek, akiknek tanulmányaik alatt nem volt lehetőségük elmélyedni eme csodálatos szakma rejtelmeiben, viszont napi munkájuk szervesen kapcsolódik az öntészethez, öntvényekhez.

### **TM: Folytatva a napi munkával: mik a leginkább figyelemreméltó fejlesztések, amióta itt dolgozol?**

Annak idején 12 belsőégésű motortípussal kezdtünk itt a részlegen. Ez a 12 típus az utóbbi évtizedben minden három évben fejlesztve lett. A csoportban vannak öntészmérnökök (12 fő), ők felügyelték a kb. 200 alkatrésztípust a szériagyártásban. Az új alkatrészek száma évente kb. 80; így ez eléggé nagy volument képvisel a fejlesztések számát tekintve, ez egyfajta külön üzletág. Az elmúlt 10 évben maga a piac is rengeteget változott, ami azt jelenti, hogy vannak kínai és mexikói beszállítóink is. Például a turbó feltöltőknél szinte csak kínai gyártóink vannak.

Az elektromos autó szegmensben, amit öt éve kezdtünk, már most szintén nagy piaci változások vannak. A volumen nő, az alkatrészek választéka is nagyobb.

Folyamatosan tapasztaltuk azt is, hogy az elektromos motorok világa merőben különbözik a benzinmotorokétól. Például a közel 0 fordulatszámot figyelembe kell vennünk a motor és az autó közti kapcsolatnál. Emiatt lényegében újra kellett tervezni a motorokat. A Tesla például egészen jó

ötletekkel állt elő, amiket nekünk is érdemes használni: betették a 10-tüskés elemet közvetlenül az elektromos motor burkolatába. Ez magas, majdnem 15 000-es percenkénti fordulatszámot eredményezett. Ezzel szemben a belsőégésű motornak mindössze 8 000-es a fordulatszáma!

Emellett látjuk, hiszen már benne vagyunk a gyártásában, hogy az elektromos motorok hőmérséklete is igen magas (>200 °C a rotor belsejében). Egy elektromos motorban öntött rotor van, ami kb. 600 réteg acélt jelent. Ezeket precíziósan hengerlik, majd összekapcsolják őket. Erre öntjük a kalickát ötvözetlen (99,7%) alumíniumból, ennél fogva teljesen máshogy viselkedik, mint egy öntészeti ötvözet.

Dolgoztunk és foglalkoztunk acélöntvényekkel is, szürketőretű öntöttvassal, alu- és magnéziumöntvényekkel, de a tiszta alumínium teljesen máshogy viselkedik.

Az elektromotorok piaca még nem nagy, és széles körben nem elterjedt. Főleg azoknak a vásárlóknak van, akik állandó fordulatszámú alkalmazásokat használnak. A hatótávolság, hogy mennyi idő alatt, hány km-t tud menni egy töltéssel, attól függ, hogy mekkora a rotor elektronikai vesztesége. Emellett egy másik nagyon fontos problémába is belefutottunk; a rotor porozitása. Be kell valljam, hogy ez nem egy ASM-gép (a Teslánál ASM van – aszinkronmotor), hanem egy Alu-Shortage cage (alumínium anyagú „doboz”, keret, ketrec; mágneseikkel a belsejében).

Ha őszinték akarunk lenni, önthetőségi szempontból sok korlátja van a konstrukciónak és ott van a porozitás kérdése is, amit nagyon nehéz ellenőrzés alatt tartani. Ez nagyjából az összefoglalás arról, hogy az elektromos motorok terén eddig miben mélyedtünk el, milyen tapasztalatokat szereztünk.

Ezek mellett, amire nagyon büszke vagyok, hogy van itt egy korrózióálló ötvözetünk. Ezt az AUDI fejlesztette, és a legszigorúbb előírásoknak kellett megfelelnie. A legtöbb motor vízhűtéssel működik, emiatt nagymértékben ki van téve a korróziónak – kifejezetten a tömítésekénél, és ebben az AUDI nem ismer tréfát, nem ad engedményt. Nem tehetjük ki a vízhűtés

esetleges szivárgása és a nagyfeszültség okozta veszélynek a használókat. Teljes mértékben ki kellett zárunk a korrózió lehetőségét, és büszkék vagyunk rá, hogy ez sikerült.

**TM: Ha már kihívásokról beszélünk, szót kell ejtenünk az egyre szigorodó környezetvédelmi előírásokról. Mik a környezeti kihívások az AUDI-nál? Azt mindannyian tudjuk, hogy az autóipar egy rendkívül szennyező iparág. Mit gondolsz erről?**

Azt hiszem elmondhatjuk, hogy valami nagyon rossz irányba ment a dízelmotorok fejlesztése során. A motorok gyártásának és fejlesztésének sokkal jobban ellenőrzés alatt kell lenniük, sokkal több ember által. Rengeteg állami szabályozásnak kell megfelelnie az egészségügyi kockázatok miatt. Be kell valljam, nem voltunk elég gyorsak a probléma felszámolásában. Nagyon sajnáljuk (és ezt a menedzsment nevében is mondom), hogy azt hittük, tiszta autóink vannak. De ebben a pillanatban úgy vélem, jó úton járunk.

Megpróbáljuk „kitisztítani” a dízelmotorokat (fejlesztések által), hogy egyfajta újratervezést követően visszaállíthassuk azokat a köztudatba. Az emberek nagy része most érthetően bizonytalan a vásárlást illetően. A dízelautók ára rövid idő alatt hatalmasat esett, és ez a bizonytalanság sokat változtatott rajtunk is; nagyon megnyomtuk a benzinmotorokat a dízel helyettesítésére. Talán a legfontosabb ezek közül a V6-on a hengerfej belső változtatása: a forró oldalon a kiáramló gáz összevezetése a hen-

gerfejen belül van, nem kívül a kipufogócsonkban. Ez nevezhető a fejlesztési oldal reagálásának a dízelbotrányra.

A másik nagy téma a hengerfej hűtése, hidegen tartása. Sok nehéz és bonyolult megoldás van tehát a dizájn terén, amiket nem egyszerű keresztülvinni. De ezek jelentik a technológiai előrehaladást. Ilyen például az a motorblokk, ami öntöttvas helyett alumíniumból készült. Ezt speciálisan az AUDI-nak fejlesztették ki, és könnyebb súlya révén a fogyasztást hivatott csökkenteni. A motor tömegét 18 kg-mal csökkentettük, ez hihetetlenül nagy szám. Azonban emiatt drágább is lett. Nemcsak az alapanyag ára magasabb (vas vs. alumínium), hanem a technológiáé is.

Ebben a pillanatban az a legnagyobb nehézségünk, hogy az elektromos autót képzeli el a következő öt évben a benzines autók helyett, kizárólagosan. Ez így viszont eléggé futurisztikus, hiszen a megvalósíthatóság előtt még sok akadály van. Gondolok itt a hatótávolságra, az árra, ami nagy tömegek számára is elérhetővé teszi az autót stb. Kínának pl. elég határozott elképzelése és stratégiája van erre vonatkozóan: városi használatra elektromos autó, viszont nagy távolságokra benzines. Azonban autógyártóként nem mondhatjuk meg az embereknek, hogy mit akarjanak. Ők maguk tárják fel az igényeiket, mi csak meghallgathatjuk őket, hogy mit szeretnének. Ennek áthidalására jó megoldás a hibrid konstrukció; hiszen az embereknek még hozzá kell szokniuk az elektromos autó vezetéséhez is, és ehhez idő kell.

**TM: Mondd el kérlek, hogyan látod az AUDI Hungaria Kft. helyzetét a következő 5-10 évben? Mik lehetnek és lesznek véleményed szerint a leginkább meghatározóak a vállalat életében?**

A portfólió mindenképpen „keverék” lesz: benzines, és kb. 30%-ban elektromos. Ezen kívül egyre nagyobb teret hódít a hibrid technológia, de mindezek mellett dízel is lesz még. Annak ellenére, hogy most a dízelbotránytól zengett a világsajtó, a dízelmotor a legjobb a környezetnek, hiszen ez fogyasztja a legkevesebbet üzemanyagból. Az elektromos autók elterjedéséhez viszont ki kell építeni a töltőhálózatot, ami erőműveket jelent – ezek pedig szennyezők és drágák. Ezeket az akadályokat nem lehet gyorsan leküzdeni, idő kell hozzá.

Hosszabb távon a lítium, magnézium is előtérbe kerül majd, az akkumulátorok miatt. Ugyanez jelezhető előre a kobalttól. Mivel Kínának igen nagy része van ebben, a világcipacnak több figyelmet kell erre fordítania. Az egyik fő kérdés az, hogy mekkora a környezetre gyakorolt terhelése annak az iparágának, ami a környezetbarát autók gyártását tűzte ki célul? Sok tanulmány van arról, hogy egy elektromotor sosem térül meg annyira, mint egy benzines. És ezt is észben kell tartanunk, hiszen a bolygó erőforrásai végesek; kétszer is jól meg kell gondolnunk minden lépést. A régi technológiák nem mindig rosszak, sok vissza fog térni közülük. Emellett úgy gondolom, sok okos ötlet és megoldás lesz a jövőben, amikor a tervezők és az öntészek együtt fognak kitalálni olyan anyagokat, amelyek az emberek szolgálatára lesznek.

**TM: Akkor ezekkel a reményteli sorokkal zárjuk az interjút. Köszönöm szépen a lehetőséget és a rám fordított időt, kívánok további sikereket a szakmai életben és a privát életben egyaránt!**

Itt szeretném megköszönni dr. Pintér Richárdnak is az interjú megszervezését és a szakmai lektorálást.



■ V12-es TDI motor 500 LE 1100 Nm



■ R5 TFSI motor 350 LE

# Gömbgrafitos öntöttvas lézersugaras felületmódosítása és a réteg belső feszültsége

**A lézersugaras felületmódosító technológiákon belül az egyik csoportosítási lehetőség szerint, önálló sokaságot képeznek azok a technológiák, melyek esetén a folyamat eredményeként nem változik meg a cél tárgy kémiai összetétele. Ilyenek a részleges vagy teljes átolvasztás, az edzés, a keményítés, a szublimáltatás, a megeresztés stb.). Az öntöttvasak esetén a lézersugaras felületátolvasztásnak és a felületedzésnek van gyakorlati szerepe, ami azzal a veszéllyel jár, hogy a nagy karbon tartalom miatt a technológia mellékhatásaként felszíni repedések jönnek létre. A cikk tartalma ebből a szempontból tárgyalja a ferrit-perlites gömbgrafitos öntöttvasban, a lézersugár hatására lejátszódó fázis- és szövetszerkezeti változásokat, ill. azok feszültségállapotra gyakorolt hatását.**

## Bevezetés

A lézersugaras felületmódosító technológiák sokféleségében az eligazodáshoz valamilyen rendszerezési elvre van szükség. A rendszerezés történhet a módosított felületi réteg vastagsága alapján, az alkalmazott lézersugár teljesítménye, teljesítménysűrűsége vagy impulzus jellege, esetleg az impulzus hosszúsága, akár az impulzus energiája alapján. Az 1. ábrán a munkadarab felületének halmazállapot és kémiai összetétel változása alapján történő rendszerezés látható.

A jelen cikkben két technológia öntöttvasra gyakorolt hatásának vizsgálati eredményeiről lesz szó, a lézersugaras átolvasztásról és a lézersugaras edzésről. Mind a két esetben az a cél, hogy a lézersugaras kezelés hatására keletkező ausztenit gyors hűlése során martenzites átalakulás játszódjon le, ami fajtérfogat növekedéssel,

**Buza Gábor** szakmai életrajzát 2017/5-6. számunkban közzétük.

**Malovecky Anna** szakmai életrajzát 2018/3. számunkban közzétük.

**Filep Ádám** okleveles anyagmérnök, 2014-ben szerzett diplomát hőkezelő szakirányon a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola doktorjelöltje és a ME Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében dolgozik tudományos segédmunkatársként. Kutatási területe a röntgendiffrakció és a komputertomográfia.

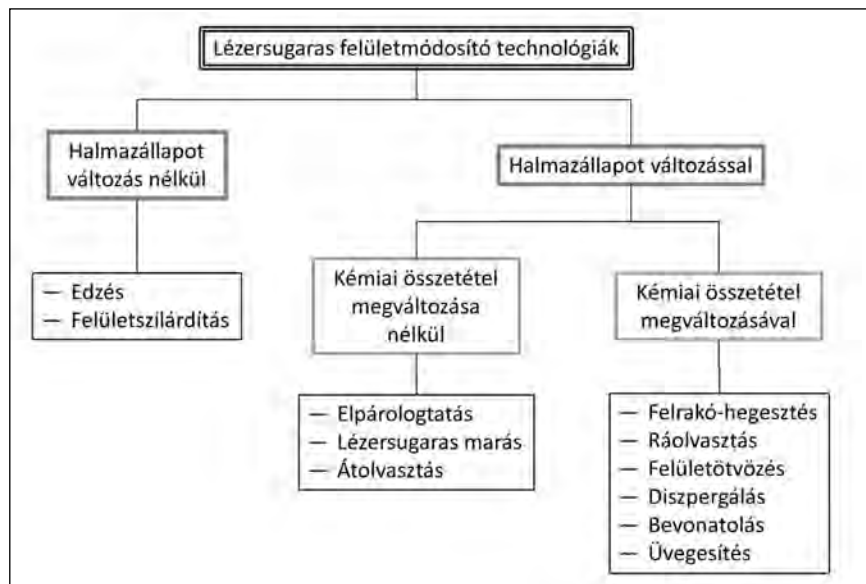
ezen keresztül nyomófeszültség kialakulásával járhat [5]. Ezen az úton ugyanis elkerülhető az edzési repedés. A vasalapú ötvözetek hőkezelési repedésérzékenysége az ötvözöttség mértékének növekedésével általában nő. Ez különösen igaz a karbon tartalomra, ami a hegeszthetőséget, ill. a hegesztés nehézségét – azonos ok

miatt – jelentősen befolyásolja.

Ennek a két lézersugaras felületkezelésnek közös jellegzetessége, hogy a lézersugárral felhevített felszíni réteg hűlése a munkadarab belseje felől indul, így a felszíne hűl le utoljára, vagyis pont fordítva, mint a munkadarabok tömbi kezelése során (kéregöntvény, hagyományos hőkezelés) [1].

## Kísérleti anyag

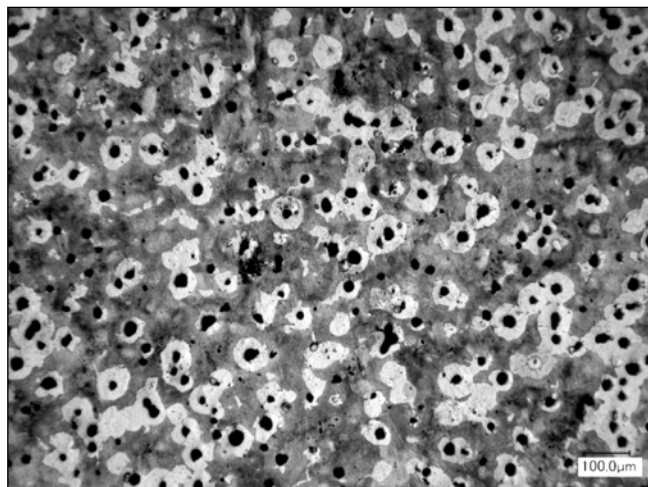
A kísérletek alapanyaga a DIN EN 1563 szabvány szerinti GGG50 (anyagszám: 0.7050), egy gyakran használt ferrit-perlites gömbgrafitos öntöttvas. Szabvány szerinti kémiai összetétele az 1. táblázatban olvasható. A kísérleti anyag egy véletlenszerűen kiválasztott helyéről származó maratott metallográfiai csiszolat fénymikroszkópi képe a 2. ábrán látható.



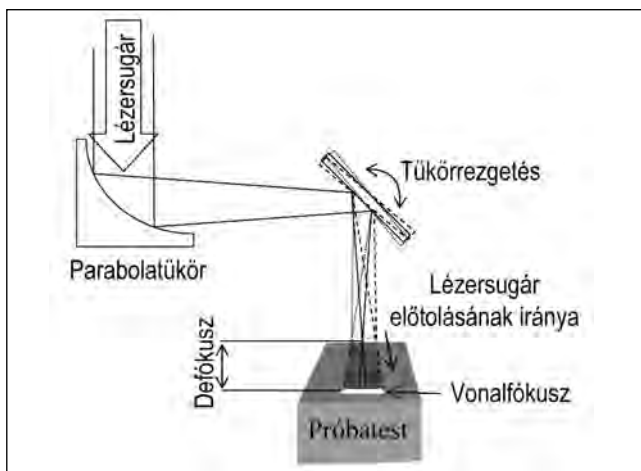
■ 1. ábra. A lézersugaras felületmódosító technológiák egy lehetséges csoportosítása

1. táblázat. A kísérleti anyag szabvány szerinti kémiai összetétele

Kémiai komponensek, %							
C	Si	Mn	P max	S max	Mg	Sn	Cu
3,4–3,8	1,0–2,8	0,05–0,5	0,035	0,015	0,035–0,055	0–0,09	0–0,08



■ 2. ábra. A kísérleti anyag szövetszerkezete



■ 3. ábra. A tükörrezgetés, ill. a virtuális vonalfókusz létrehozásának elvét szemléltető vázlat

### A kísérletek eszközei

A lézersugaras felületátmódosításhoz szükséges lézersugár forrása a BAYATI-ban üzemelő, TRUMPF gyártmányú, max. 5 kW fénytelsítményű, nagyfrekvenciás gerjesztésű TLC 105 típusú CO<sub>2</sub> lézerberendezés volt. A lézersugár eltérítését (vezetését) öttengelyes (három lineáris és két forgó tengely) CNC-vezérlésű szerszámgép végezte. Kétféle megmunkáló fejet (lézerfejet) használtunk. A lézersugaras felületátolvasztáshoz hegesztőfejet, a lézersugaras felületedzéshez egytengelyes scann-fejet (sugárrezgetőt).

A hegesztőfej fókuszáló parabola-tükrének fókusz távolsága 250 mm. A felületátolvasztási kísérletek során a munkadarab felszínéhez képest a sugárnyaláb +5 és +15 mm defókusz helyzetben volt, vagyis a fókuszált nyaláb legkisebb átmérőjű része (a fókusz) a darabon kívül, 5 vagy 15 mm-re volt a felszíntől. Ilyen körülmények esetén, a darab felszínén, a számított megvilágított foltméret 1 mm.

A lézersugaras felületedzés során a fókuszáló tükör fókusz távolsága 300 mm volt. A fókuszáló tükör és a munkadarab közötti rezgő tükör hatására a munkadarab felszínén 20 mm hosszú, úgynevezett virtuális vonalfókusz jött létre. A tükör szinuszos rezgetésének frekvenciája 150 Hz volt. A lézerfejet az álló munkadarabhoz képest a rezgetés irányára merőlegesen mozgattuk, így a felületedzés 20 mm széles sáv mentén valósult meg. A felületedzés megvalósításának elvét a 3. ábra szemlélteti.

### Vizsgáló eszközök

A lézersugárral kezelt darabokat VHX J20-as Keyence digitális fénymikroszkóp segítségével vizsgáltuk. Ez egyaránt alkalmas a darabok felszínének és metszeti csiszolatainak vizsgálatára, mert a speciális objektív segítségével 3D képeket is lehet vele készíteni 20 ×-tól 2000 × nagyítási tartományban. A metallográfiai marószerszám minden esetben 3%-os Nital volt.

A metszeti csiszolatokon mértünk mikrokeménységet. Az egyes szemcsék keménységét az MHT-4 Microhardness Tester segítségével határoztuk meg. A Durimet 500 mikrokeménységmérő nagyobb kiterjedésű lenyomatokat hagyott.

A szövetszerkezet fázisainak kvalitatív és kvantitatív analízise az Euler-bölcsovel felszerelt Bruker D8

Advance röntgendiffraktométer segítségével történt, a belsőfeszültség-vizsgáló eszköz pedig a Stresstech Xstress 3000 G3R típusú röntgendiffraktométer volt [2]. A röntgensugaras vizsgálatokat a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének finomszerkezet vizsgáló laboratóriumában végezték.

### Lézersugaras felületátolvasztás eredményei

A felületátolvasztási kísérletek során a lézersugár által megvilágított folt egyszer (egy sáv) és öt darab egymás melletti, 20 mm hosszúságú vonal mentén haladt a darab felszínén (öt sáv). A vonalak közötti távolság (eltolás mértéke) volt az egyik kísérleti változó. A lézernyaláb foltmérete a darab

2. táblázat. A lézersugaras felületátolvasztási kísérletek változóinak kombinációi

Eltolás mértéke, mm	P, kW								Defókusz, mm
	0,8	1	1,6	2	3	3,2	3,5	4,5	
1					1*				+5
1	10**								+15
1,1		7	8***						
1,3	9**			6					
1,5						5	4		
2								2*, 3	

Magyarázat: \* eltolási sebesség 300 mm/perc; \*\* eltolási sebesség 500 mm/perc; \*\*\* eltolási sebesség 1000 mm/perc; az összes többi esetben az eltolási sebesség 2000 mm/perc volt.

felszínén és az eltolás mértéke együtt eredményezik az átfedés mértékét, ami azt a sáv szélességet jelenti, amin a lézersugár egymást követően kétszer megy át. A kísérletek további változói voltak a lézersugár teljesítménye és haladási sebessége (előtolás) a darab felületén. A kísérleti változók kombinációi a 2. táblázatban vannak összefoglalva.

Szemrevételezés alapján megállapítható volt, hogy a kis lézersugár-teljesítmény, nagy előtolási sebesség és nagy eltolási mérték (vagyis kis átfedés) esetén a megolvadt sávok nem értek össze. A keresztmetszeti csiszolatok mikroszkópi képe alapján pedig a megolvadt réteg bizonyult sekélynek. A munkadarab felületegységére jutó energiamennyiség növekedésével – ami több változó értékével is befolyásolható – a megolvadt réteg mélysége nőtt, az egymás melletti sávok összeértek, ill. nőtt az átfedés mértéke is. Ezekben az esetekben viszont megrepedtek a rétegek. A repedések sűrűsége a fajlagos energiasűrűség növekedésével nő. A repedések irányát tekintve a hossz és a keresztirány egyaránt előfordult.

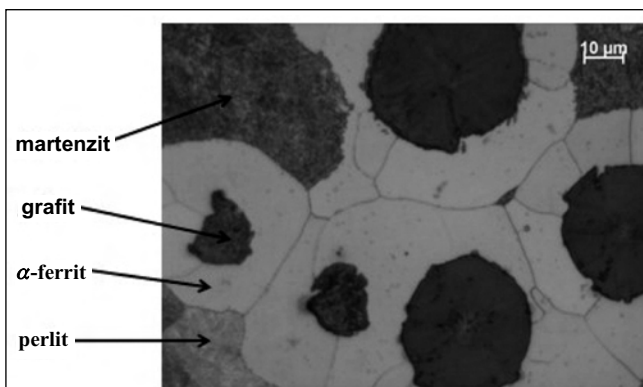
A lézersugár haladási irányára merőleges síkban készült metallográfiai csiszolatok rendezett szövetszerkezeti képet mutatnak. Az, hogy a lézersugaras kezelés hatására a darab felszínétől tetszőleges (adott) távolságra lévő kicsi térfogategység milyen szövetelemből, ill. fázis(ok)ból áll, az a lézersugár jellemzőitől (teljesítmény, foltméret, előtolási sebesség, fókuszhelyzet) függ. Van azonban még egy befolyásoló tényező, a kiválasztott térfogategység lézersugaras kezelés előtti fázis-, ill. szövetszerkezeti kör-

nyezete. Erre a legjobb példa a ferritfázis esete. Ferritfázis van a perlitben belül, annak részeként, valamint önálló, egybefüggő szemcsékként, ami persze képződési körülményei miatt nem tekinthető szövetelemnek (ahogy pl.: a hipoeutektoidos acélok proeutektoidos ferritje fázis és szövetelem is), mert ez a Fe-C stabil fázisdiagram grafitos eutektoidjának a ferritfázisa (a grafitos eutektoid a szövetelem). A grafitos eutektoid másik fázisa, a grafit, a ferrittel határos grafitrögök (gömbök) külső kérgét képezi. Ez másképpen fogalmazva azt jelenti, hogy az ausztenit egyik része grafitos eutektoiddá, másik része perlitte alakult. Egyensúlyi és egyensúlyihoz közeli körülmények között, hűlés során, a grafitos eutektoid keletkezik előbb, nagyobb hőmérsékleten. Ekkor az eutektoidos bomlás folyamatát támogatja a korábban, nagyobb hőmérsékleten keletkezett grafit jelenléte, mert az eutektoidos grafitnak nem kell csíra, hiszen epitaxiálisan „ránőhet” a korábban képződöttre. A grafit körül lesz az eutektoid másik fázisa, a ferrit. Az ausztenit eutektoidos bomlása tehát a korábban keletkezett grafitrögök határán kezdődik el. Az eutektoidos fázisreakció során ettől a határtól egyre távolabb van az elbomlani kénytelen ausztenit. Ez azt eredményezi, hogy a karbonatomoknak egyre nagyobb távolságot kell megtenniük ahhoz, hogy a grafitfázishoz kapcsolódhassanak. A diffúziójuk ráadásul egy kis karbonoldó képességű fázison keresztül kell, hogy megvalósuljon. A gyakorlatban, az idő múlásával, ezt az eutektoidos bomlási folyamatot tehát két körülmény is hátrányosan befolyásolja. A hőmérséklet folyamatos csök-

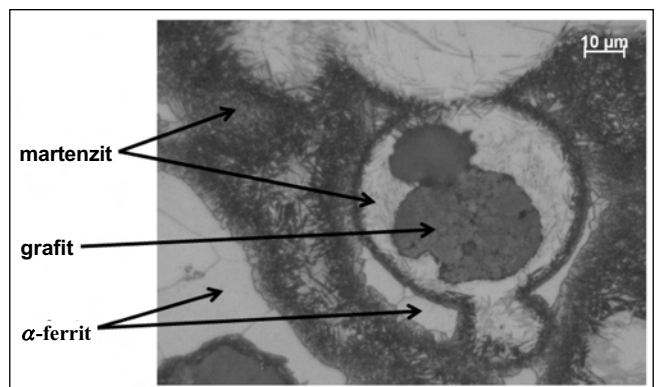
kenésével egyre kevesebb karbonatom képes eljutni a grafit felszínéig a csökkenő diffúziós sebesség és nagyobb diffúziós távolság miatt. A túlhűlés pedig az ausztenit metastabil rendszer szerinti bomlásának, vagyis a perlit képződésének kedvez. Egy idő után már nem tud grafitos eutektoid képződni, helyette perlit keletkezik. Így alakul ki a ferritudvar a grafit körül és a grafittól távolabb az ausztenitből keletkezett perlit szövetelem.

Amikor lézersugárral hevítjük ezt az anyagot, akkor a gyors hevülés következtében – vagyis a diffúzióhoz rendelkezésre álló idő rövidege miatt – a grafitos eutektoid ferritje eltérően fog viselkedni a perlitel és a grafittal határos területen. Először a perlit fog ausztenitesedni, majd szinte azonnal elkezdődik a vele határos ferrit ausztenitesedése is. A perlit ausztenitesedési hőmérséklete ugyanis a hevítési sebességgel nő, ami azt eredményezi, hogy amikor létrejön az ausztenit, máris képes Fe-atomokat magába fogadni (Fe-C fázisdiagram GOS vonala). A ferritudvar perlitel határos területén kis karbon tartalmú ausztenit keletkezik. A ferrit-ausztenit határ folyamatosan közeledik a grafit felé.

A ferrit-grafit határon lényegesen lassabban indul el a fázisváltósi folyamat. Érdeklőse változási sebesség akkor következik be, amikor az átalakulási határhőmérséklet elérésevel a ferrit teljes térfogatában ausztenitesedik. Ettől kezdve a grafit karbonja nagy sebességgel oldódik az ausztenitben. A régen volt ferritudvar területére már két irányból diffundálódik karbon. A régi perlit területe felől és a grafit felől. A két karbonforrás koncentrációja azonban nem azonos. A régi



■ 4. ábra. A felszíntől 1,5 mm-re fölül ausztenitesedett, majd edződött perlitese anyag rész, alul már nem ausztenitesedett perlit



■ 5. ábra. A felszíntől 1 mm-re az α-ferrit is ausztenitesedett, de csak egy részébe tudott karbon diffundálni, ami edződött, amibe nem, az visszaalakult α-ferrit

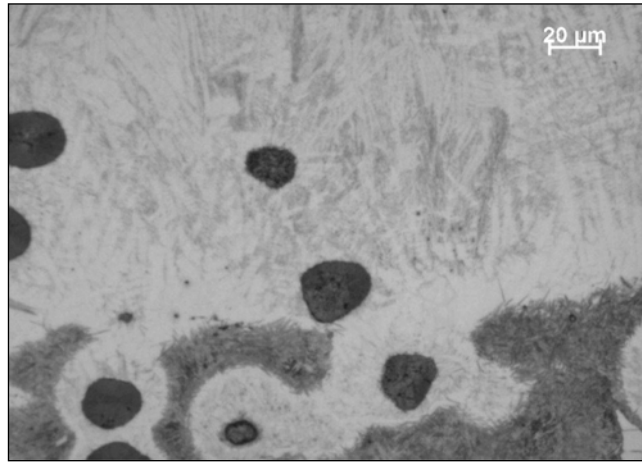
perlit területen eutektoidos, a grafit oldalon pedig 100%.

A további hőmérséklet-növekedés a diffúziós sebesség növekedését eredményezi. A grafit határán fogja az ausztenit először elérni az eutektikus összetételét (Fe-C fázisdiagram E pontja), ami meg is olvad. Az anyag olvadása tehát törvényszerűen a grafit határán kezdődik. Az olvadékban a karbon diffúziós sebessége lényegesen nagyobb, mint az ausztenitben, tehát az ausztenit megolvadása felgyorsul. A szilárd-olvadék határ gyorsan távolodik a grafit felszínétől, végül az olvadék területek összeérnek. Ekkor még nem oldódik fel az összes grafit, ám gravitációs és sűrűségkülönbségi okokból elkezd felfelé úszni. Egyes grafitdarabkák eközben teljesen feloldódnak, mások elérik az olvadék felszínét, ahol részben egészen oxidálódnak. Ebből az állapotból (hőmérsékletről) kezdődik az anyag gyors hűlése.

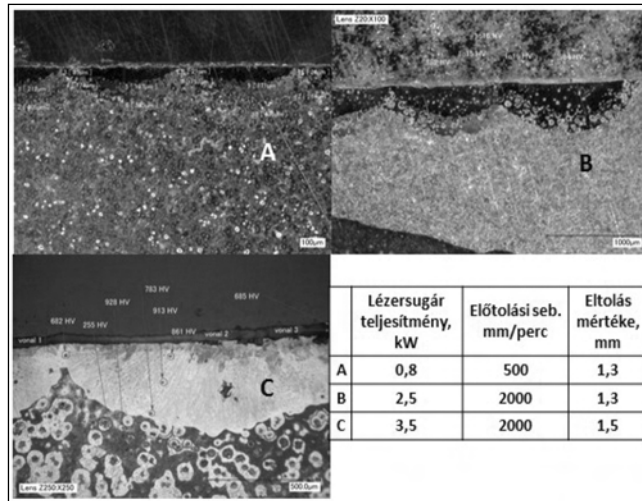
Az előbb vázolt felhevülési folyamatnak minden egyes stációját láthatjuk a szobahőmérsékletre hűlt anyagban, a felülettől mért távolság függvényében.

A felszíntől legtávolabb (4. ábra) találhatunk olyan részeket, melyekben a régi perlit ausztenitesedett, majd gyorsan hűlve martenzitté alakult. A ferritrel és a grafittal nem történt semmi. Itt (a régi perlit területén) tehát lejátszódott az  $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$  rácsszerkezet, ill. fázisátalakulás.

A munkadarab felszínéhez közelebb, a nagyobb hőmérsékletre hevült részen, a volt perlit területén keletkezett ausztenit már terjeszkedik a ferrit rovására, de a grafit mellett még nem kezdődött meg az átalakulás. Az ausztenit gyorsan szobahőmérsékletre hűlve martenzitté alakul. Ahogyan az ausztenitnek, úgy a martenzitnek sem egyenletes a karboneloszlása. A régi perlites terület közepén a karbonkoncentráció még eutektoidos, a ferrit felé közeledve egyre csökkenő.



6. ábra. Elfajult ledeburitos szerkezet



7. ábra. Lézersugárral kezelt anyagréz mikrokeménység értékei

Még közelebb a felszínhez, ahol az anyag átlépte az  $\alpha$ -ferrit  $\rightarrow$  ausztenit allotróp fázisátalakulás hőmérsékletét, az éppen létrejött ausztenitben nagyon gyorsan elkezdődött a grafit karbontartalmának oldódása és diffúziója a volt ferrites (most már ausztenites) terület belseje felé (5. ábra). Az ausztenit karbon tartalma a grafittal határos részén a termodinamikailag lehetséges maximum lesz (Fe-C fázisdiagram E-S vonala), attól kellő távolságra még az eredeti, vagyis a volt  $\alpha$ -ferritével azonos. Amikor erről a hőmérsékletről és állapotból hűl le az ausztenit (a grafiton kívül most csak ausztenit van), akkor csak abból az ausztenites részből lesz martenzit, amelyikben a martenzit képződés feltételeként érvényes karbonkoncentráció jelen van. Szobahőmérsékleten tehát lesz grafit, martenzit és olyan  $\alpha$ -ferrites terület, amely ugyan megjárta az  $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$  rácsszerkezet, ill. fázisát-

alakulás útját, de a hőciklus kezdetén és végén egyaránt  $\alpha$ -ferrit van. Ezen a területen csupán annyi lehet a változás, hogy a ferrit-szemcsék közötti határok máshová kerültek. Megjegyzendő, hogy az így keletkezett ferrit már nem tekinthető a grafitos eutektoid ferritjének, vagyis csak fázisnak, hiszen ez egyedül, önállóan, allotróp átalakulással jött létre az ausztenitből, tehát ez most már szövetelem is.

Az 5. ábrán az is látszik, hogy a martenzit morfológiája és maradási képe a karbon tartalomtól függően különböző lehet. A 3% Nitulos maratás esetén a kisebb karbon tartalmú rész sötétebb, a nagy karbon tartalmú világosabb lesz. Az, hogy ez az anyagréz csak grafitot, martenzitet és  $\alpha$ -ferritet tartalmaz, egyelőre csak feltételezés.

Tovább közeledve a felszínhez, a legnagyobb karbon tartalmú ausztenit – ami törvényszerűen határos a grafittal – megolvad és az olvadék további karbon old magába. A hűlés során az ausztenit ugyanúgy viselkedik, mint az előző esetben. Az olvadék kristályosodása dominánsan a metastabil Fe-C fázisdiagram szerint zajlik, hiába van ott a grafit, ami segíthetné a stabil rendszer szerinti kristályosodást, a gyors hűlés erősen gátolja a diffúziót, a stabil rendszer szerinti kristályosodást. A maratott metallográfiai csiszolaton mégsem látható a ledeburit jellegzetes képe (6. ábra). Az ausztenit karbonoldó képességénél nagyobb karbon tartalmú olvadékból pedig kell, hogy eutektikum is kristályosodjon. Meg is történt, csak a szokásostól eltérő módon. Az eredmény az úgynevezett elfajult eutektikum. Ez azt jelenti, hogy az eutektikum egyik fázisa – az ausztenit – nem csíráképződéssel és növekedéssel, hanem epitaxiális növekedéssel kristályosodott. Ennek morfológiai következményei vannak. A lézersugár hatására megolvadt rész kristályosodása végén tehát primer

ausztenitnek és elfajult eutektikumnak kell lennie. Az olvadékból egyedül és az olvadékból másodmagával kristályosodott ausztenitfázis hűlés során bekövetkező megváltozásának feltételei azonosak azéval, amely nem esett át halmazállapot-változáson.

A lézersugaras kezelések eltérő paramétereinek különböző eredményei lehettek és lettek. Ezek közül mutat be néhányat a 7. ábra. Az egymás melletti sávok mentén a megolvadt, a metszeti képen fél lencse alakú részek mérete különböző és a paramétereiktől függően összeérnek, vagy nem.

A kérdés az, hogy a gyors hűlés során mi történik az ausztenittel. Két dolog történhet: az  $M_S$  hőmérséklet alatt átalakul, vagy túlhűl és maradék ausztenit lesz. A lézersugár hatására hőkezelődött (részben megolvadt) anyag hűlési sebessége a kísérletek esetében nagyon hasonló, legalábbis abban a tekintetben, hogy minden esetben a kritikusknál nagyobb. Ennek az lenne a következménye, hogy az ausztenit teljes mennyisége martenzitté alakul. Az  $M_S$  hőmérséklet azonban erősen függ az ausztenit kémiai összetételétől, amit több empirikus egyenlet is leír (1, 2).

$$M_S = 520 - 360C\% - 33Mn\% - 22Cr\% - 17Ni\% - 11(Mo\% + W\% + Si\%) + 6Co\% + 17Al\% \quad (1)$$

$$M_S = 550 - 350C\% - 40Mn\% - 35V\% - 20Cr\% - 17Ni\% - 10Cu\% - 10Mo\% - 8W\% + 15Co\% + 30Al\% \quad (2)$$

3. táblázat. A lézersugaras felületedzés próbatestei, ill. kísérleti paramétere

Előtolási seb., mm/perc	P, kW			
	2,8	3,4	3,8	4,5
200	18	17		
250			16	15
300				11, 12*, 14**
400				13

Magyarázat: \* defókusz = 130 mm  
\*\* defókusz = 100 mm

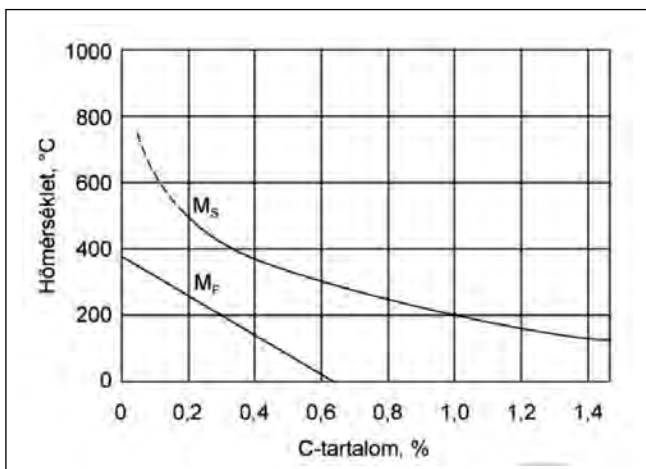
Mint látható, a legerősebb hatása a karbon tartalomnak van (8. ábra). Az előbb vázolt termikus folyamatokban a lézersugár hatására keletkező ausztenit jelentős részének olyan nagy a karbon tartalma, hogy az  $M_F$  hőmérséklete szobahőmérséklet alatt van. Ez azt jelenti, hogy a kezelt anyagban van maradék ausztenit.

A maradék ausztenit jelenlétét röntgendiffrakciós fázisanalízis is igazolta. A mérések eredménye szerint a maradék ausztenittartalom a lézersugaras kezelés paramétereinek függvényében 30 és 75% között változik.

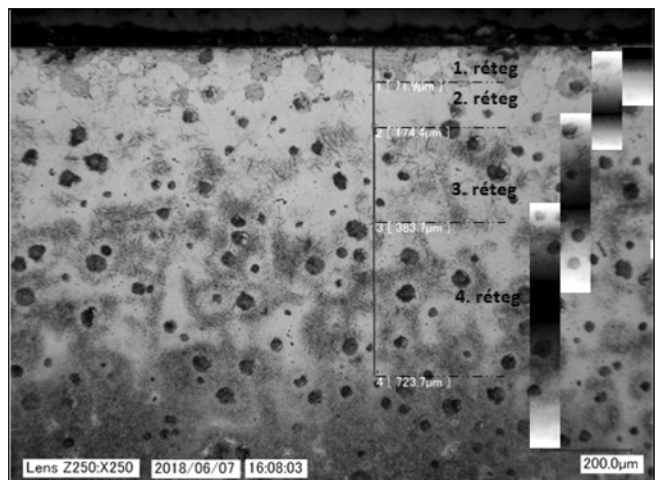
Ennek az az eredménye, hogy az olvadék állapotból kristályosodott anyag a hűlése során a hőtágulási együtthatónak megfelelő mértékben zsugorodik, amit nem kompenzál – legalább is nem kellő mértékben – az ausztenit fázisátalakulásából származó méretnövekedés. Ezért szobahőmérsékleten húzófeszültség lesz a lézersugárral kezelt anyag részben. A húzófeszültség nagysága erősen függ a maradék ausztenit mennyiségétől és hőtágulási együtthatójától. Kísérleti

darabjaink döntő többségében repedéseket lehetett látni a kezelt részekben. Kivételt azok a darabok jelentettek, melyek esetén a lézersugár teljesítménye kicsi, az előtolási sebesség pedig nagy volt, így a megolvasztott sávok térfogata kicsi volt és távol kerültek egymástól.

Ebből az következik, hogy az öntöttvas lézersugaras felületi átolvasztása jelentős húzófeszültséggel jár. Amennyiben a munkadarab felszínén nyomófeszültséget szeretnénk indukálni, nem szabad a felszínt megolvasztani. Pontosabban értelmezve az előző kísérletsorozat eredményeit arra kell törekedni, hogy a lokális lézersugaras kezelés hatására csak olyan ötvözöttségű ausztenit keletkezzen, amelynek az  $M_F$  hőmérséklete szobahőmérséklet fölött van. Az öntöttvas jelentős karbon tartalma ezt megnehezíti, de nem zárja ki. Amennyiben a kísérleti anyag grafit tartalmától eltekintünk, tehát csak a ferritet és a perlitet vesszük számításba, akkor egy hipoeutektoidos acél hőkezeléséről lehet szó. A közel 50-50% ferrit/perlit arány kb. 0,4% karbon tartalmat eredményez, amivel még el lehet kerülni a maradék ausztenit létét. A feladat tehát az, hogy úgy ausztenitesítsük a darab felszínét, hogy a grafit karbonja lehetőleg egyáltalán ne (legfeljebb nagyon kis mennyiségben) oldódjon az ausztenitben. A darab felszínéhez közel a termikus gradiensnek továbbra is kellően nagyoknak kell lennie ahhoz, hogy a darab hűlési szakaszában az ausztenit hűlési sebessége a kritikusknál nagyobb legyen.



8. ábra. A szénacélok martenzites átalakulásának kezdetét ( $M_S$ ) és végét ( $M_F$ ) jelentő vonalak értékei a C-tartalom függvényében [6]



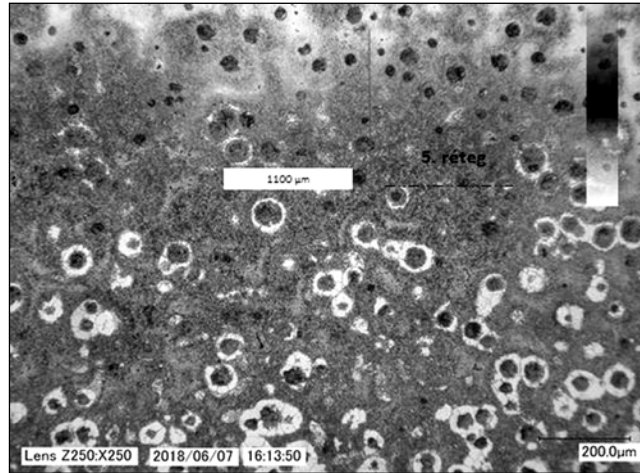
9. ábra. A 17 jelű próbatest lézersugaras felületedzésének rétegei (1.)

## Lézersugaras felületedzés eredményei

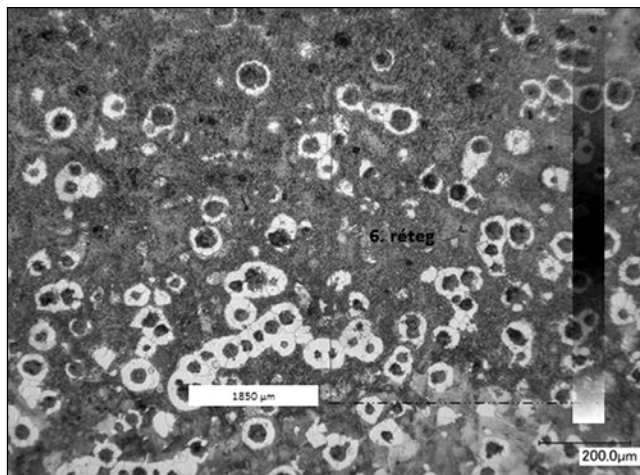
A második kísérletsorozatban tehát arra törekedtünk, hogy a lézersugaras kezelés hatására a darab felszíne ne olvadjon meg (mert akkor nagy lenne a grafit karbon tartalmának beoldódási sebessége), de elegendően nagy anyagmenyiség ausztenitessedjen ahhoz, hogy a hűlés során a fázisátalakulás kellő mértékű megnövekedést és ebből fakadó nyomófeszültséget eredményezzen.

A részleges megolvadás elkerülése érdekében jelentősen csökkenteni kellett a lézersugár teljesítménysűrűségét [4]. Ezt úgy értük el, hogy a lézersugárral megvilágított foltot a haladási irányára merőlegesen (oldalirányban), periodikusan eltérítettük. Az oldalirányú eltérítés frekvenciája 100 Hz volt, ami már kellően nagy ahhoz, hogy megfelelő lézersugár teljesítménysűrűség esetén virtuális vonalfókusz alakuljon ki, amit a munkadarab felületén a lézerfej haladási irányára merőleges állású izzó szakaszként látunk. Az oldalirányú eltérítés mértékét úgy választottuk meg, hogy a darab felszínén 20 mm legyen a virtuális vonalfókusz nagysága, vagyis a lézersugaras kezelés 20 mm széles sáv mentén valósuljon meg. A 4°-os rezgést végző siktűkör előtt 300 mm fókusztávolságú parabolatűkör volt. A defókusz mértéke két esettől eltekintve 83 mm volt (3. táblázat). A lézersugár abszorpciójának javítása érdekében grafit sprayt használtunk.

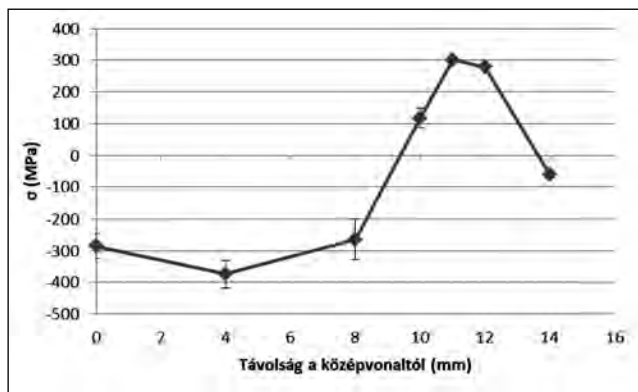
Már a lézersugárral kezelt darabok szemrevételezése alapján erősen gyanítható, hogy teljesült-e a célkitűzés, vagyis a megolvadás nélküli sok ausztenitképződés és a nagy termikus



10. ábra. A 17 jelű próbatest lézersugaras felületedzésének rétegei (2.)



11. ábra. A 17 jelű próbatest lézersugaras felületedzésének rétegei (3.)



12. ábra. A 11-es minta keresztirányú belsőfeszültség-eloszlás görbéje

gradiens léte az anyagban. A megolvadást (akár részlegeset) a felszín csillogása jelzi. A termikus gradiens nagyságára a grafitbevonat színárnyalat-változásának „meredekségéből” lehet következtetni.

A 20 mm széles sávban a hőhatás-

ra bekövetkező fémfizikai változások azonosak a lézersugaras olvasztás fejezet részben leírtakkal, azzal a különbséggel, hogy most nincsenek kétszer hőkezelődött anyagrészek, mint az előző esetben, az egymás melletti sávok átfedései elmaradnak. Az anyagszerkezeti változások eredményei most egymás alatti rétegekben láthatók.

A lézersugaras kezelés paramétereinek függvényében, a darab felszínétől a belseje felé haladva öt vagy hat réteget különböztethetünk meg. Ezeket a 17 jelű minta esetén, ill. a 9., 10. és 11. ábrán mutatjuk be. A feltüntetett távolság értékek természetesen nem egzakt határok, amit az ábrákon lévő, változó világosságú/sötétségű sávok is érzékelhetnek.

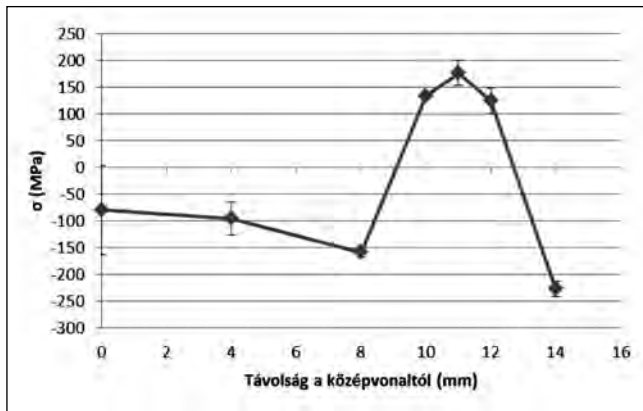
1. réteg: A felszíntől kb. 70 μm-ig tart. Nagy karbon tartalmú martenzit + ledeburit (elfajzott eutektoid) + az alpanyagénál kevesebb grafit alkotja. Ez csak akkor van, ha felszínen részleges megolvadás történt, vagyis a felszín elérte a szolidusz és a likvidusz hőmérséklet közötti értéket. Maradék ausztenit léte valószínű. Helyesen megválasztott paraméterek esetén ez a réteg hiányzik (9. ábra).

2. réteg: A felszíntől kb. 70-170 μm-es tartomány. Nagy karbon tartalmú martenzit + grafitgömbök alkotják. Kevés maradék ausztenit lehetséges (9. ábra).

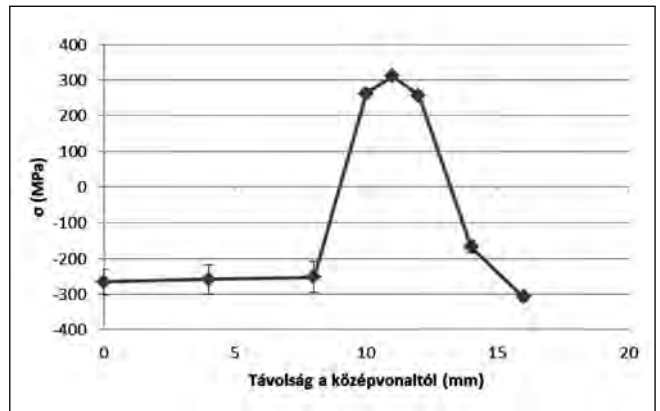
3. réteg: A felszíntől kb. 170-380 μm-es tartomány. Grafit + többségében nagy és kevés kis karbon tartalmú martenzit (9. ábra).

4. réteg: A felszíntől kb. 380-720 μm-es tartomány. Az alpanyagával csaknem azonos mennyiségű grafit + kevés nagy + sok kis karbon tartalmú martenzit (9. ábra).

5. réteg: A felszíntől kb. 720-1100 μm-es tartomány. Grafit + kis karbon-



■ 14. ábra. A 17-es minta keresztirányú belsőfeszültség-eloszlás görbéje



■ 13. ábra. A 13-as minta keresztirányú belsőfeszültség-eloszlás görbéje

tartalmú martenzit alkotja (10. ábra).

6. réteg: A felszíntől kb. 1100-1850  $\mu\text{m}$ -es tartomány. Érintetlen grafit + kis karbontartalmú martenzit + ferrit alkotja. Itt már csak a perlit ausztenitesegett. A grafit körül megmaradt a ferrit (11. ábra).

Az első réteg (részleges megolvadás) csak a 15. és 17. jelű daraboknál volt tapasztalható. A megvalósított kísérletek eredményeinek átlagában maradék ausztenit a felszín alatt legfeljebb 100  $\mu\text{m}$  mélységig fordult elő. A martenzitesre edződött réteg vastagsága ennek legalább a tízszerese volt. Ilyen esetekben már várható, hogy a lézersugárral hőkezelt rétegben a fázisátalakulás következtében nyomófeszültség alakul ki [3]. Ezt röntgendiffrakciós mérőmódszerrel ellenőriztük.

A lézersugárral kb. 20 mm széles sávban kezelt felületen, a sáv középvonalától kifelé haladva, kb. 1 mm átmérőjű foltokban, kristályrácstorzulás mérése alapján számítottuk a kezelt réteg belsőfeszültségének nagyságát. A 12–14. ábrákon a kezelt réteg keresztirányában szemléltetjük a belső feszültség változását, különböző előtölési sebesség és lézersugár-teljesítmény esetekre.

Az ábrákon azt láthatjuk, hogy a kb. 20 mm széles kezelt sávban, kb. 16 mm szélességben nyomófeszültség van a rétegben és a széleken minden esetben van egy-egy vékony, húzófeszültséggel terhelt rész. A 16 mm-en belüli rész nyomófeszültségének nagyságát a lézersugár teljesítménye és előtölési sebessége együttesen befolyásolja. A vizsgálatok alapján úgy látszik, hogy a nagy lézersugár-teljesítménnyel gyorsan (nagy előtölési se-

bességgel) végzett kezelés a nyomófeszültség kialakulásának kedvezőbb, annak ellenére, hogy lassabb előtölés az anyagban mélyebbre ható auszteniteseget eredményez, vagyis nagyobb anyagterefogatban következhet be a kívánt fázisátalakulás. A lassú, hosszú ideig tartó auszteniteseget azonban kedvez a karbon ausztenitben történő oldódásának, ami az  $M_S$  hőmérséklet csökkenéséhez, a maradék ausztenit mennyiségének növekedéséhez, a húzófeszültség kialakulásához vezet. A rácstorzulás irányfüggése alapján meg lehetett különböztetni a sávon belül a hossz- és a keresztirányú feszültség nagyságát. Ezek a mért és számított értékek tendenciájukban azonosak, nagyságuk csak kis mértékben különbözik a fenti ábrákon bemutatott értékektől.

### **Összefoglalás**

A ferrit-perlites gömbgrafitos öntöttvas lézersugaras felületmódosítása során vizsgáltuk a halmazállapot-változással és a halmazállapot-változás nélkül lejátszódó fázisátalakulások és diffúziós folyamatok eredményét, különös tekintettel a kezelt rétegben kialakuló feszültségállapotok irányára és nagyságára. A vizsgálati eredmények szerint, a megolvadással járó kezelési körülmények jelentős nagyságú – gyakran felületi repedésekhez vezetők – húzófeszültséget eredményeznek. Amennyiben sikerül elkerülni az akár részleges felszíni megolvadást, úgy több száz MPa nagyságú nyomófeszültség hozható létre az anyagban, a lézersugaras felületmódosítás technológiájával. A laboratóriumi kísérletek eredményeinek gya-

korlati hasznosíthatósága egy második kísérletsorozat tárgya.

### **Köszönetnyilvánítás**

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

### **Irodalom**

- [1] Buza Gábor – Kálazi Zoltán – Kálmán Erika – Sólyom Jenő: Öntöttvas felületi lézersugaras átolvasztásának néhány fémtani kérdése; BKL 2004 (137) /2.; pp: 39–43.
- [2] Filep Ádám – Dr. Buza Gábor – Dr. Mertinger Valéria: Nagy energiasűrűségű kezelések hatására kialakuló maradék feszültségek, Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Kerpely Antal Anyagtudományok és -technológiák Doktori Iskola 2015. január 28-i ülése
- [3] Diether B. Wallers: Wärmebehandlung von Bauteilen aus Gußeisen mit Lamellen- oder Kugelgraphit, Konstruieren+ Gießen, Nr. 1/1989
- [4] Bitay Enikő: Lézeres felületkezelés és modellezés, ISBN 978-973-8231-66-5, 2007., pp: 46–56.
- [5] Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: Felületkezelés, ISBN 978-973-8231-76-4, 2009., pp: 111–135.
- [6] Hári László: Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat, Digitális Tankönyvtár, 2013. 12.7 ábra

# Különböző típusú tisztítósók zárványosság-csökkentő hatásának összehasonlító vizsgálata\*

*Az öntészetben komoly kihívást jelent a zárványok jelenléte, ugyanis folytonossági hibát okoznak az öntvényben, ezáltal rontva annak szilárdsági tulajdonságait, valamint negatív hatással vannak az olvadék formaképző képességére és a táplálhatósági tulajdonságokra is.*

*Egy valós ipari problémáról van szó: a járműipari öntvények gyártása esetében fontos a minél kisebb zárványtartalom elérése, mert ha az öntvények minősége nem megfelelő, a gépjárművekbe beépítve jelentősen csökkentik azok élettartamát.*

*A megfelelő minőség elérése érdekében fontos az olvadék tisztítása, melyre már számos módszer létezik. Kutatásunk során különböző tisztítósók hatását hasonlítottuk össze a zárványtartalmat, az oldott gáztartalmat és a mechanikai tulajdonságokat figyelembe véve.*

## 1. Az olvadékban jelenlévő zárványok

Zárványok alatt azokat az idegen anyagokat értjük, melyek folytonossági hibát okoznak az öntvényben [1]. Ezek többnyire nemfémek szegmensek, melyek a fémfürdőben önálló fázist alkotnak. Megjelenhetnek szemcse, folyadékcsepp, illetve hártya formában is [2].

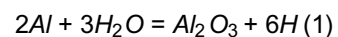
A zárványok összetételét tekintve két típust különböztetünk meg: intermetallikus, valamint nemfémek zárványokat (oxid, karbid, nitrid, borid, spinell) [3, 4]. Míg az előbbi kifejezetten a nyomásos öntvényekre jellemző, gravitációs öntés esetén az utóbbi fordul elő a leggyakrabban. Ezek közül is

az oxidok jelentik a legnagyobb „ellen-séget”, ugyanis feszültséggyűjtő helyként negatívan befolyásolják a szilárdsági tulajdonságokat, különösképpen a nyúlást, az önthetőséget és formaképző képességet [5].

A nemfémek zárványok képződési helyük alapján lehetnek exogének vagy endogének. Az exogén minden esetben külső forrást jelent, ilyen például a kemence falzatának tűzállóanyag szemcséje, formázóanyag-szemcse, vagy a felhasznált betétanyaggal bevitt szennyezők (festékek, olajok, felületi oxidhártya). A másik csoportba pedig a fémekben in situ, ötvözés és olvadékezelés során képződő reakciótermékek tartoznak [2]. A fent említetteken kívül az alumínium-oxid kialakulásának még számos for-

rása létezik: az olvadék hőmérséklete, az olvasztási időtartam, a turbulens formatöltés és áttöltés, a fémfürdő felületének nagysága [3].

További problémákat okoz még az olvadék gázfelvétele, melynek következtében a dendritágak közt dendritközi porozitás alakul ki [6]. A levegő páratartalma az olvadék hidrogéntartalmának emelkedését is eredményezi, mely reakciót az 1. egyenlet írja le [7]:



Az oxid kialakulása mellett felszabaduló hidrogén azonnal oldódik a fémolvadékban. Egyértelműen látszik tehát, hogy az oxidképződés és az olvadék hidrogéntartalma szorosan összefügg [8].

A fentebb említett főbb hibatípusok közül az 1. ábrán egy  $Al_2O_3$  kettős oxidhártya és az oldott gáztartalom okozta dendritközi porozitás látható.

## 2. Az alkalmazott olvadéktisztítási művelet

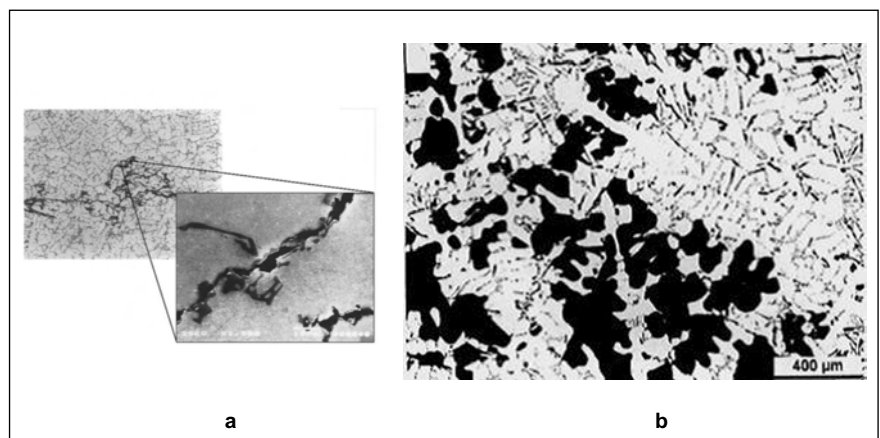
A kísérletek során a sóadagolással egybekötött rotoros gáztalanítást alkalmaztunk a legnagyobb olvadéktisztaság elérésének érdekében.

A rotoros gáztalanítás hatékonysá-

**Máté Miriam** harmadéves BSc anyagmérnök hallgató a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán Járműipari Öntész – Öntész Specializáción. A NEMAK Győr Alumíniumöntöde Kft. duális hallgatója. A MAK TDK II. helyezette (2018), Nándori Gyula Alapítvány Juniur kutatói ösztöndíjas (2018, 2019). 2018-ban a Tanulmányi Emlékérem Bronz fokozatát nyerte el. Kutatási területe: az Al-Si öntészeti ötvözetek esetén tisztítósók zárványosság csökkentő hatásának vizsgálata.

**Fegyverneki György** és **Tokár Monika** szakmai életrajzát 2018/2. számunkban közzöltük.

\* A közlemény a XXXIV. OTDK Műszaki Tudományok Szekcióban Máté Miriam első díjat nyert TDK dolgozatának eredményeit mutatja be.



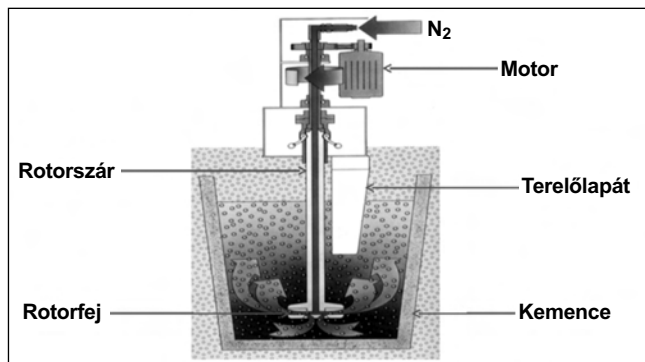
■ 1. ábra. Öntvényekben előforduló hibatípusok: a)  $Al_2O_3$  kettős oxidhártya [9]; b) Oldott gáztartalom okozta dendritközi porozitás [7]

ga abban rejlik, hogy a hidrogénatomok az olvadékon átáramoltatott passzív öblítőgáz-buborékok ( $N_2$ , Ar) belsejébe tudnak diffundálni, majd az olvadékfelszín elérve  $H_2$  gáz formájában távozni a légtérbe. Ezek a gázbuborékok a felületükön megköthetik az olvadékban lévő zárványszemcséket és fennakadhatnak rajtuk a folyékony fémekben lebegő oxidhártyák is. Ezáltal a fémfürdőben lévő zárványok a felületre úsznak, ahonnan a kialakuló salakréteggel együtt eltávolíthatók a salak leszedése során. Mindkét esetben salakréteg alakul ki az olvadék felszínén, amely tartalmazza a már kötött hidrogént és a zárványok zömét [3, 10].

A 2. ábra a rotoros gáztalanító berendezés működési elvét mutatja be. A hatások növelésére szolgál a rotorszár mellé szerelt terelőlapát is, mert meghosszabbítja a buborékok fürdőben való tartózkodásának idejét, azáltal, hogy az olvadék mozgását, forgását csökkenti, illetve megakadályozza a fürdő felületére felúszó zárványok olvadékba való visszakerülését.

Míg az olvadék oldott gáztartalmának csökkentésére a gáztalanító eljárások szolgálnak, az oxidzárványok elleni leghatásosabb védelmet az úgynevezett kezelősók használatával érhetjük el, melyek általában szilárd, szervesetlen vegyületek, sűrűségük pedig kisebb, mint az olvasztott ötvözeté. Az adagolásuk történhet por, granulátum, tableta, illetve tömb formájában.

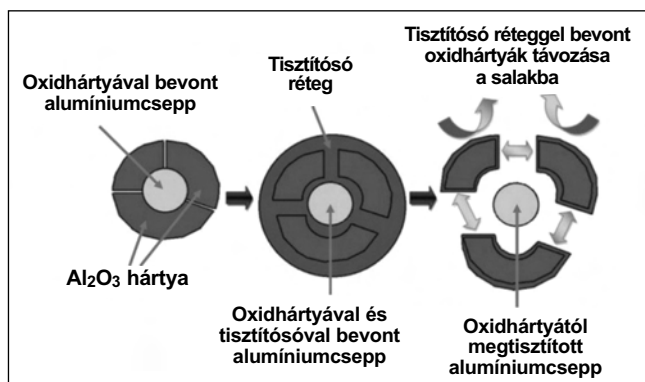
Zárványosságcsökkentő hatásuk függ a kémiai összetételüktől, az alkalmazott mennyiségtől, a kezelés hosszától és az adagolási technikától is.



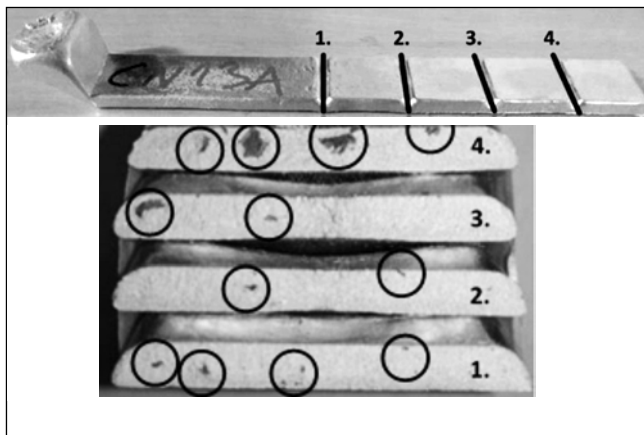
■ 2. ábra. Rotoros gáztalanító berendezés működése [12]



■ 3. ábra. Sóadagolás gáztalanító eljárás közben



■ 4. ábra. Tisztítósó és az oxidhárttyával bevont fémcseppek kölcsönhatása [2]



■ 5. ábra. K-kokillás próbatest (fent), a töretfelületeken látható zárványok (lent)

Számos típust különböztethetünk meg attól függően, hogy milyen funkció ellátására hivatottak (takarósó, salakolósó, raffinálósó, tisztítósó) [2]. Az egyik legelterjedtebb a tisztítósó, melyet a rotoros fémtisztítás folyamán juttatnak az olvadékba (3. ábra). Jelenős szerepe van az úgynevezett vortex (tölcsér) kialakításának, mert a beadagolandó só ennek peremére adagolva juttatjuk az olvadék aljára és oszlatjuk azt el.

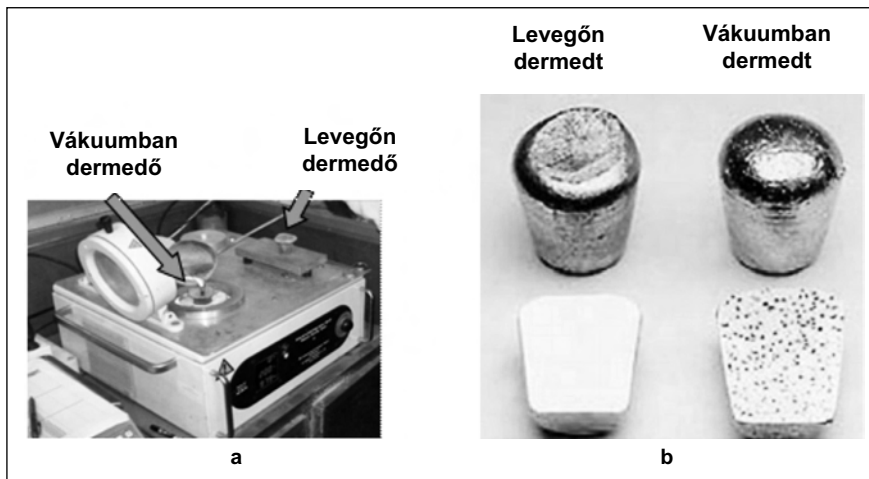
A tisztítósók jellemző tulajdonságai a szilárd, illetve a folyékony állapotú sűrűség, az olvadáspont és forráspont, a viszkozitás, valamint a felületi feszültség. A sókeverékek valódi összetétele ritkán ismert, mert a gyártók csak a feltétlenül szükséges információkat adják ki a felhasználó számára [8]. A gyakorlatban legtöbbször használt sókeverékek jellemző alkotói kloridok, fluoridok, oxidáló vagy oxidoldó vegyületek.

A fluoridtartalmú tisztítósók kis mértékben oldják is az oxidokat, képesek megbontani a hasznos fémet magukba záró oxidburkot. A sóalkotók az így kialakult „csatornán” keresztül bejutnak az oxidréteg és az olvadékcsepp közé, majd elválasztják őket egymástól. A leváló oxidrétegnek és az azt körülvevő sóolvadéknak együttesen a folyékony fémnél kisebb a sűrűsége, ezért fel tudnak emelkedni a felszíni salakrétegbe. A folyamatot a 4. ábra mutatja be.

### 3. Olvadékminősítés

Az olvadékkezelés hatékonyságát úgynevezett olvadékminősítő vizsgálatokkal ellenőrizzük.

A zárványtartalom meghatározása üzemi gyakorlatban K-kokillás próbatesttel történik, mivel egyszerű,



■ 6. ábra. a) Sűrűségindex meghatározására szolgáló berendezés; b) Atmoszférikus nyomáson, valamint a vákuumban megszilárdult próbatestek és metszetük [3]

gyors és költséghatékony megoldást jelent. Az alumíniumot előmelegített, hőszigetelő anyagból készült formába öntik, ahol a szennyezők a lassú dermedés hatására az utoljára megszilárduló szelvényben dúsulnak. A próbatestek a szűkített keresztmetszeteknél (5. ábra) való eltörés után vizuálisan vizsgálhatóvá válnak, a K-érték meghatározása pedig az alábbi képlettel történik.

$$K = \frac{S}{n} \quad (2)$$

ahol  $S$  a zárványok száma,  $n$  pedig a vizsgált töretfelületek száma. Az olvadék zárványtartalma az így kapott viszonyszám és a 1. táblázat szerint minősíthető.

Az olvadékban oldott gáztartalmat indirekt módon, a sűrűségindex mérési módszer segítségével lehet meghatározni. A vizsgálathoz két próbatest öntése szükséges: az egyik normál, atmoszférikus nyomáson, míg a másik 80 mbar vákuumban dermed [11]. Fontos, hogy az öntés itt is előmelegített tégelyekbe, egy öntőkanálból történik. Vákuumban nagyobb a hidrogén-gáz térfogata és mennyisége, ami csökkenti a próbatest sűrűségét. A két próbatest tömegét speciális mérleg segítségével mérjük le, mely az alábbi összefüggés alapján meghatározza a sűrűségindexet:

$$DI = \frac{(\rho_{\text{atm}} - \rho_{80\text{mbar}})}{\rho_{\text{atm}}} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

1. táblázat. Olvadék K-értékek szerinti minősítése [2]

Besorolás	K-érték	Az olvadék minősége
A	< 0,1	nem szennyezett
B	0,1–0,5	viszonylag tiszta
C	0,5–1,0	bizonyos mértékig tiszta
D1	1,0–2,0	szennyezett
D2	2,0–5,0	
D3	5,0–10	
E	> 10	nagyon szennyezett

2. táblázat. Különböző technológiai lépések és a folyamat közben öntött próbatestek

Technológiai lépés	Próbatestek
Szállítóüstből	K-próba, érempróba
Gáztalanítás előtt	K-próba, sűrűségindex, érempróba
Gáztalanítás után	K-próba, sűrűségindex, érempróba, salak
Pihentetési idő után	K-próba, sűrűségindex, érempróba
Öntőkádból	K-próba
Tégely aljából	K-próba, sűrűségindex, érempróba

ahol  $DI$  a sűrűségindex (más néven Dichte-Index),  $\rho_{\text{atm}}$  az atmoszférikus nyomáson dermedt próba sűrűsége, míg  $\rho_{80\text{mbar}}$  a vákuumban megszilárduló próbatest sűrűsége [12, 13].

A 6a) ábra a K-kokillás próbatest töretfelületein látható zárványokat szemlélteti, a 6b) ábra pedig az atmoszférikus nyomáson és a vákuumban megszilárdult próbatesteket.

#### 4. Vizsgálati körülmények

Vizsgálataink célja az volt, hogy nyolc különböző típusú tisztítósó („A” jelű üzemi gyakorlatban használt, valamint „B” és „H” jelölésű kísérleti tisztítósók)

közül melynek a használatával érhető el a legkedvezőbb olvadékminőség. A gáztalanítással egybekötött gépi sóadagolást rotoros gáztalanító berendezés végezte. Mindegyik só alkalmazása esetén öt adag, körülbelül 1 tonna mennyiségű olvadékot elemeztünk, annak érdekében, hogy statisztikailag értékelhető eredményeket kapjunk.

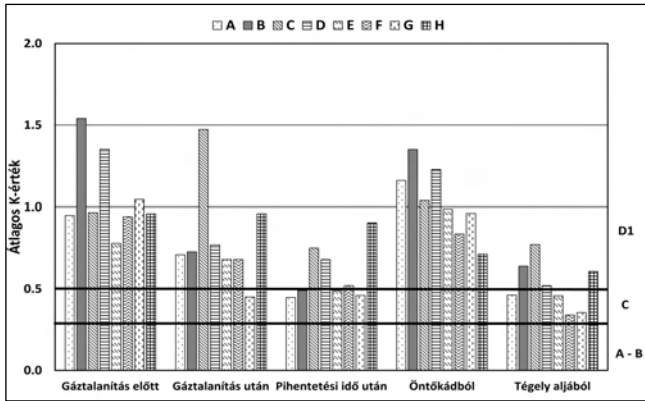
A vizsgálatokat AlSi7Mg0,4Cu0,5 ötvözet esetén végeztük el, melynek 7% szilícium-, 0,4% magnézium-, valamint 0,5% réztartalma volt. Annak érdekében, hogy átfogó képet kapjunk a tisztítósók hatásáról, több technológiai lépés során is vettünk próbatesteket: közvetlenül a szállítóüstből, a hőtartó kemencéből gáztalanítás előtt és után, valamint pihentetési idő után, az öntőkádból, illetve miután a kísérleti öntvények leöntésre kerültek és szinte kiürült a tégely, a tégely aljából. Az olvadék zárványtartalmának meghatározását K-kokillába öntött próbák töretfelületeinek vizsgálatával, míg a fémösszetételt optikai emissziós spektrométer használatával végeztük el. A folyékony fémekben oldott gáztartalmat sűrűségindex méréssel határoztuk meg. A 2. táblázatban a különböző technológiai lépések és a közben leöntött olvadékminősítő vizsgálatokhoz szükséges próbatestek láthatóak.

A gáztalanítás nitrogén gáz átáramoltatásával történt (ugyanazokkal a technológiai paraméterekkel) és 12 percet vett igénybe, ezt követte a 15 perces pihentetési idő. Mielőtt megkezdődött volna a gáztalanítási művelet, az eutektikum módosítása végett stroncium ötvözőrudakat is adagoltunk az olvadékhoz.

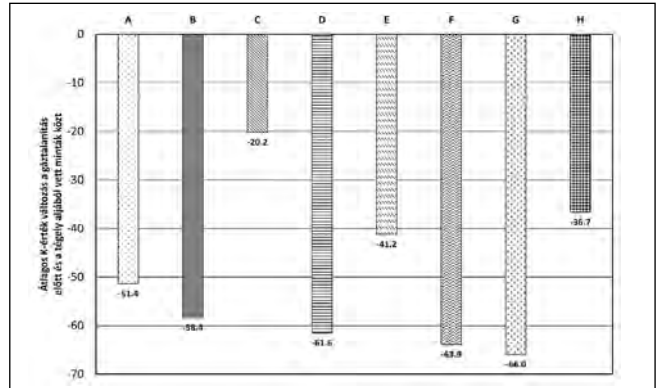
Mivel a kémiai összetétel minden esetben megfelelőnek bizonyult, kísérleti öntvények is leöntésre kerültek, melyekből szakítópálcákat munkáltak ki az „a”, illetve „b” jelöléssel ellátott öntvényrészekből. Összehasonlítottuk az öntvények esetében végzett mechanikai vizsgálatok eredményeit is.

#### 5. Vizsgálati eredmények

A K-próbák kiértékelése után átlagoltuk a kapott értékeket, technológiai lépésenként ábrázoltuk (7. ábra) és a besoroláshoz az 1. minősítő táblázat használtuk. Az esetek többségében gáztalanítás után a zárványtartalom



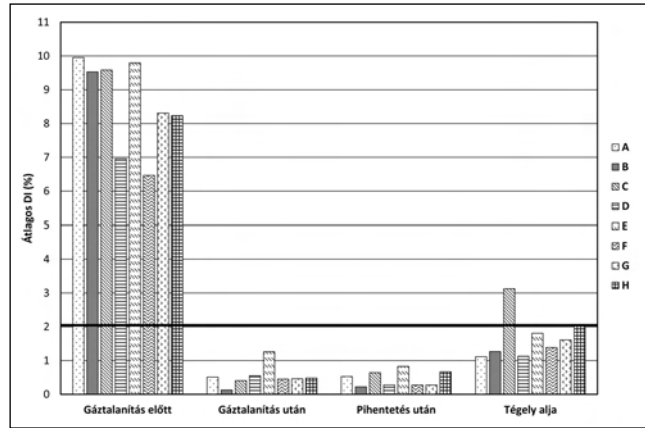
7. ábra. A vizsgált tisztítósókhöz tartozó K-értékek



8. ábra. Átlagos K-érték változás a teljes technológiai folyamatra vonatkoztatva

csökkent, a pihentetési idő pozitív hatásával pedig az „A” és a „G” jelölésű sóknál még a megfelelő A-B minőséget is el lehetett érni. Az öntőkádból vételezett próbatetek zárványtartalma észrevehetően megnőtt, ami azzal magyarázható, hogy az öntőkánálból az öntőkádba való áttöltés során turbulens áramlás jött létre, ennek hatására pedig újabb oxidzárványok alakultak ki. A tégely aljából vett próbatetek közül az „A”, „E”, „F” és „G” tisztítósók estek a megfelelő kategóriába. Ezek az értékek a pihentetési idő utáni esethez hasonlóak voltak, mivel az idő múlása egyfajta pihentetesként hatott.

Érdeemesnek találtuk megvizsgálni, hogy a gáztalanítás előtt, és az utolsó technológiai lépéskor, a tégelyben maradt alumíniumolvadék aljából vett próbatetek átlagos K-értéke milyen mértékben változik. A sóadagolás hatása a teljes gyártási folyamatra vonatkoztatva a 8. ábrán látható.



9. ábra. Átlagos sűrűségindex-értékek

A diagram alapján elmondható, hogy a legnagyobb olvadéktisztító hatása a „G” jelölésű sónak van, szorosán ezt követi az „F”, a „D”, valamint a „B” tisztítósó, az üzemi gyakorlatban használt „A” jelölésű só pedig az ötödik helyen szerepel.

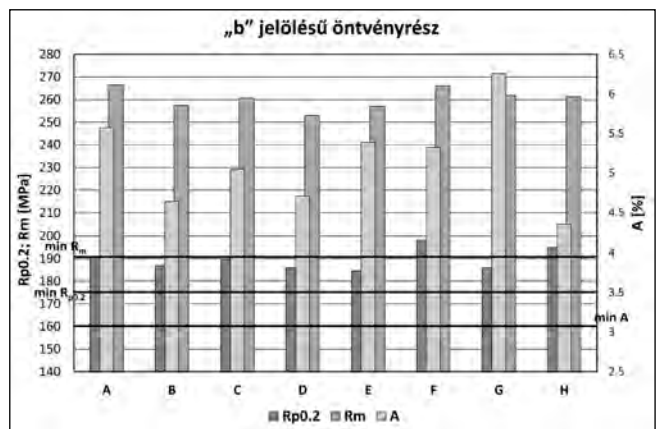
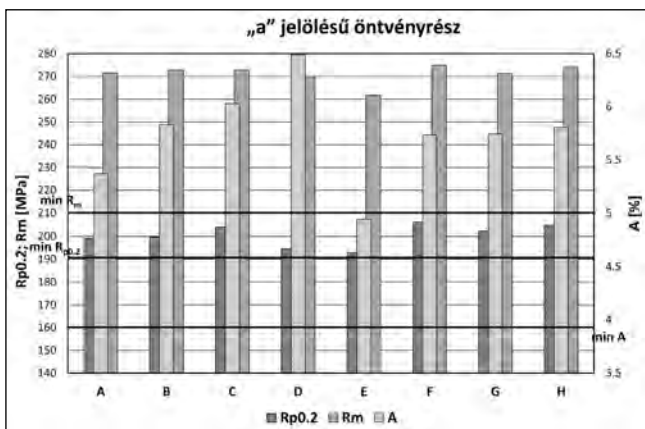
A K-próbák kiértékeléséhez hasonlóan jártunk el a sűrűségindex esetében is: a kapott értékeket átlagoltuk (kísérletenként öt adagra vonatkoztatva), majd ezeket annak függvényében ábráztuk, hogy mely technológiai

lépés során készültek el a próbatetek. Az egyes kezelősókra vonatkozó eredményeket a 9. ábrán látható diagram foglalja össze, melyen feltüntettük az üzemi előírást, miszerint a sűrűségindex ne haladja meg a 2%-ot.

A diagramon jól látszik, hogy a gáztalanító eljárás mindegyike sikeres volt a különböző só típusoknál, de mire a hűtőtégely kiürült, számos esetben a megengedett határérték fölé emelkedett a folyékony fém

oldott gáztartalma. Ez azzal magyarázható, hogy az öntések során, a hűtőtégely kemence fedelének ismétlődő nyitáskor-záráskor az olvadék felveheti a levegő hidrogéntartalmát.

A kész öntvényekből 5 mm átmérőjű szakítópálcákat munkáltak ki mind az „a”, valamint a „b” jelölésű részről. A szakítóvizsgálattal mindegyik esetben meghatároztuk a szakítószilárdság ( $R_m$ ), az egyezményes folyáshatár ( $R_{p0,2}$ ), és a nyúlás (A) átlagos értékét. Az összesítő diagramok a 10. ábrán



10. ábra. Mechanikai tulajdonságok átlagértékei és az azokra vonatkozó előírások

3. táblázat. Az „A”, az „F” és a „G” jelű tisztítósó összehasonlítása

Tisztítósók		„A”	„F”	„G”
Átlagos K-érték	Gáztalanítás előtt	0.95	0.94	1.04
	Gáztalanítás után	0.71	0.68	0.45
	Pihentetési idő után	0.45	0.52	0.46
	Öntökádból	1.16	0.84	0.96
	Tégely aljából	0.46	0.34	0.36
Átlagos K-érték változás a teljes technológiai folyamatra vonatkoztatva [%]		-- 51,4	-- 63,93	-- 66
Szakítószilárdság az előírt értékhez képest [%]	„a” jelölésű öntvényrész	29.31	30.9	29.21
	„b” jelölésű öntvényrész	40.27	40.05	37.8
Egyezményes folyáshatár az előírt értékhez képest [%]	„a” jelölésű öntvényrész	4.85	8.39	6.5
	„b” jelölésű öntvényrész	8.87	13.3	6.26
Nyúlás az előírt értékhez képest [%]	„a” jelölésű öntvényrész	34.26	43.38	43.62
	„b” jelölésű öntvényrész	85.83	77.6	108.58

láthatók (az „a” részről kimunkált próbatestek esetében kísérletenként két szakítópálca átlagát ábrázoltuk, a „b” részről négy szakítópálca átlagát).

A kapott értékek alapján az „F” jelöléssel ellátott tisztítósó hatása a legkedvezőbb, de az „A” és „G” jelölésű sókeverékek is megfelelőnek bizonyultak. Minősítésnél szükséges figyelembe venni az üzemi előírásokat, melyek mindegyik esetben teljesültek.

## 6. Összefoglalás

Kutatómunkánk során nyolc különböző („A” – „H”) tisztítósóval végeztünk olvadáktisztítást ugyanazon ötvözetben (AlSi7Mg0,4Cu0,5), melyek közül az „A” jelölésű az üzemi gyakorlatban alkalmazott sókeverék, míg az összes többi a kísérleti tisztítósó volt. Ezek mindegyikével 5-5 adagot készítettünk, hogy statisztikailag értékelhető adatokat kapjunk.

Az egyes sókeverékek olvadákmínőségre, valamint szilárdsági tulajdonságokra gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az elvégzett mérések alapján a következőket állapítottuk meg:

A K-próbák kiértékelése során nyert adatok alapján kialakult sorrend:

„B” > „G” > „A” > „D” > „F” > „E” > „C” > „H”

A sűrűségindex átlagos értékeiből

arra lehet következtetni, hogy az „F” jelölésű sókeverék esetén csökkent a legjelentősebb mértékben az olvadék oldott gáztartalma. Hasonlóan jó eredményeket kaptunk az „A”, „B”, „D” és „G” tisztítósók alkalmazásakor.

A legkedvezőbb szilárdsági tulajdonságokat az „F” tisztítósó alkalmazásával lehetett elérni. Emellett az „A” és „G” jelölésű sókeverékek is megfelelőnek bi-

zonyultak.

Összességében – ahogy a 3. táblázat is mutatja – az „F” kezelősóval történő olvadáktisztítás az üzemi gyakorlatban használt „A” jelű helyett hatásosabb lenne. A „G” jelű tisztítósó használatával ugyan az „F” -nél nagyobb zárványtartalom-csökkenés érhető el, de a szilárdsági tulajdonságokra gyakorolt hatását tekintve nem a legkedvezőbb eredményeket hozta. Mindezek alapján az „F” jelölésű kísérleti tisztítósót javasoltuk nagyobb adagszámú kísérletsorozatra.

## 7. Köszönetnyilvánítás

Az ismertetett kutatómunka az EFOP-3.6.1-15-2016-00011 jelű „Fiatlódó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## 8. Irodalom

[1] Vörös Á.: Öntészet – Műszaki értelmező szótár 45–46. Budapest. Akadémiai Kiadó. p. 301., 296., (1978)

- [2] Gyarmati G.: AlSi7Mg0,4Cu 0,5 ötvözet olvadék metallurgiai minőségében bekövetkező változások vizsgálata eltérő kezelősók alkalmazása esetén, Szakdolgozat, (2017)
- [3] Tokár M.: Könnyűfém ötvözetek metallurgiája, Előadás anyag
- [4] R. Gallo: I have Inclusions! Determining the Best Cost Saving Approach, Modern Casting, Vol. 107. No. 8., pp. 31–35., (2017)
- [5] Bührig-Polaczek, A., Michaeli, W., Spur, G.: Handbuch Urformen. Edition: Handbuch der Fertigungstechnik, München, Hanser, p. 36., (2014)
- [6] Pohl, M.: Der kleine Unhold: Wasserstoff in Metallen, Prakt. Met. Sonderband 41, p. 13–20., (2009)
- [7] Bangyikhan, K.: Effects of oxide film, Fe-rich phase, porosity and their interactions on tensile properties of cast Al-Si-Mg alloys, PhD Thesis, (2005)
- [8] Dr. Jónás P.: Könnyűfém öntészeti ismeretek. Miskolc. Nemzeti Tankönyvkiadó, pp. 33–34., 105–107., 116., 185., 209., 211., 217., (2011)
- [9] Park, J. M.: Behaviours of Bifilms in A356 Alloy during Solidification: Developing Observation Techniques with 3D Micro X-ray Tomography. Engineering, (2009)
- [10] J. Campbell: Complete Casting Handbook. 2nd Edition – Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design. Boston. Butterworth-Heinemann, pp. 3–90., 236–269., 450., 535–542., (2015)
- [11] Gädke, A. F. W., Eigenfeld, K., Klos, R., Koch, H., Knoche, D., Lang, H.: Die thermische Analyse als Kontrollverfahren zur Bestimmung der Kornfeinung von Al-Gusslegierungen, Giesserei Die Zeitschrift für Technik Innovation und Management, 01/2006.
- [12] Szombattalvy A.: Járműipari öntészeti AlSi-ötvözetek tulajdonságainak vizsgálata, PhD-értekezés, (2012)
- [13] Haberl, K., Geier, G., Schumacher, P.: Die Eignung des Unterdruckdichtestests zur Bestimmung der Schmelzereinheit von Al-Legierungen, 10Giesserei-Rundschau, Vol. 55. pp. 100–104., (2008)

A világ öntvénytermelése 2017-ben, t

Ország	Lemezgrafitos vasöntvény	Gömbgrafitos vasöntvény	Temperöntvény	Acélöntvény	Rézbázisú öntvény	Alumínium-öntvény	Magnézium-öntvény	Cinköntvény	Egyéb nemvasfém öntvény	Összes
Ausztria	42.900	102.900	A	10.800	-	148.287	-	-	-	304.887
Belgium	26.900	8.400	A	7.300	-	799	-	-	-	43.399
Belorusszia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	258.900
Bosznia-Hercegovina*	17.500	9.100	-	1.350	-	10.500	-	-	-	38.450
Brazília	1.261.107	517.222	-	186.616	20.811	223.359	5.458	1.154	-	2.215.727
Bulgária	30.300	9.200	A	10.400	292	5.540	-	42	-	55.774
Csehország	176.000	55.000	A	64.000	20.000	101.000	-	1.000	-	417.000
Dánia	27.500	56.100	A	-	1.292	3.014	-	-	100	88.006
Dél-Afrika	140.000	157.000	-	93.500	14.000	38.000	-	500	-	443.000
Egyiptom	175.000	-	-	10.000	8.000	7.000	-	-	-	200.000
Finnország	19.500	36.300	A	6.200	3.247	2.548	-	101	-	67.896
Franciaország	574.100	696.300	A	60.400	17.877	346.899	-	24.719	2.501	1.722.796
Horvátország*	31.100	11.800	-	50	221	25.174	-	25	15	68.385
India	8.442.300	1.227.200	50.000	1.030.200	-	1.305.400	-	-	-	12.055.100
Japán	2.281.000	1.403.612	42.000	161.900	75.401	1.489.700 <sup>D</sup>	-	-	-	5.453.613
Kanada	330.841**	-	-	90.091**	14.237**	211.374 <sup>B</sup>	-	-	-	646.543
Kína	21.150.000	13.750.000	600.000	5.500.000	800.000	7.300.000 <sup>C</sup>	-	-	250.000	49.400.000
Del-Korea	1.019.800	686.500	2.000	159.800	25.700	629.400	-	-	13.000	2.536.200
Lengyelország	480.000	160.000	A	50.000	6.100	330.000	-	7.500	2.900	1.036.500
Magyarország	24.600	54.500	A	3.100	1.799	124.229	327	1.717	-	210.272
Mexikó	892.188	526.897	-	373.965	217.200	817.911	-	81.300	-	2.909.461
Nagy-Britannia	138.000	196.000	A	44.700	8.500	136.200	2.640	7.350	1.000	533.390
Németország	2.421.400	1.587.700	A	175.800	79.192	1.137.096	18.190	62.188	4	5.453.613
Norvégia	8.300	21.100	A	-	-	8.883	-	-	-	38.283
Olaszország	755.800	425.100	A	54.100	71.007	856.381	8.001	72.007	700	2.243.096
Oroszország	2.637.500 <sup>E</sup>	-	-	862.500	-	725.000 <sup>F</sup>	-	-	-	4.225.000
Pakisztán	163.000	24.730	-	45.550	15.540	17.600 <sup>B</sup>	-	-	-	266.420
Portugália	41.500	97.200	A	5.900	16.800	35.000	-	-	-	112.750
198.850 Románia	20.000	3.500	-	7.000	4.500	70.000	7.000	2.250	500	112.750
Spanyolország	365.700	698.100	A	64.900	15.096	141.810	-	8.941	250	1.295.397
Svájc	36.500	22.800	A	1.100	2.021	13.373	-	1.209	850	77.003
Svédország	159.400	55.600	A	21.750	8.312	46.138	1.138	9.274	-	301.612
Szerbia	26.300	3.100	-	18.150	3.100	10.120	1	30	-	60.801
Szlovénia	75.100	38.600	A	30.200	842	51.209	-	-	-	195.951
Tajvan	605.081	208.293	-	66.193	30.826	368.286	-	-	-	1.278.679
Törökország	720.000	825.000	A	170.000	25.000	380.000	-	35.000	-	2.155.000
Ukrajna**	400.000	120.000	30.000	580.000	60.000	280.000	15.000	25.000	50.000	1.560.000
USA	3.327.027	2.633.294	40.034	1.264.026	209.369	1.679.072	138.890	325.062	51.292	9.668.066
<b>Összesen</b>	<b>49.043.244</b>	<b>26.428.148</b>	<b>764.034</b>	<b>11.281.541</b>	<b>1.776.282</b>	<b>19.076.382</b>	<b>196.645</b>	<b>668.869</b>	<b>371.612</b>	<b>109.863.577</b>

\* 2016-os adatok, \*\* 2015-ös adatok, A – létezik temperöntvénygyártás, a gyártott mennyiség a vasöntvényeknél van figyelembe véve, B – alumíniumipari szövetségek adatai alapján, C – magnéziumöntvényekkel együtt, D – magában foglalja az összes nyomásos öntvényt, E – összes vasöntvény, F – összes nemvasfém öntvény

A Modern Casting, 108. évf., 2018. december 24-én megjelent híradása nyomán készítette: dr. Lengyel Károly

KÁRPÁTI VIKTOR – MIKÓ TAMÁS – BARKÓCZY PÉTER – ANGEL DÁVID ÁDÁM – GÁCSI ZOLTÁN

## Nyomóvizsgálatok alkalmazása homogenizálás során bekövetkező folyamatok hatásának kimutatására alumíniumötvözetekben

*Alakíthatóság alatt a fémek alakváltozási képességét értjük: számszerűen a repedés, illetve a törés bekövetkeztéig felhalmozódott alakváltozás jellemzi. Az alakíthatóságot számos tényező befolyásolhatja, jellemzésére szintén sokféle módszer használatos. Munkánkban alakítható alumíniumötvözetek előmelegítése/homogenizálása során végbemenő folyamatok hatását vizsgáltuk a melegalakíthatóságra. A kísérletek során gyorsan végrehajtható, nagy mintaszámú próbasorozatot kezelni tudó, megbízható eredményeket adó nyomóvizsgálatot alkalmaztunk a Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében lévő Instron 5982 típusú anyagvizsgáló berendezéssel. A gyors hevítést saját fejlesztésű induktorral oldottuk meg, melynek szabályozását a darab hőmérsékletét mérő termoelemmel végeztük. A kísérlet során a hideg- és meleghengert, az ott végbemenő fémteni folyamatokat fizikailag szimuláltuk. A cikk a különböző képlékenyalakítási és hőkezelési technológiák okozta szövetszerkezeti és nyomószilárdsági következményeket ismerteti.*

### Bevezetés

Az Arconic-Köfém Kft.-vel közös kutatási projektet indított a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara a Dunaújvárosi és a Széchenyi István Egyetemekkel, mely projekt egyik kulcskérdése az ötvözetek alakíthatósága, leginkább hengerelhetősége. Az alakíthatóság vizsgálatára számos módszer létezik, mint például a kísérleti hengerlés (Von Roll hengerállvány), vagy termikus szimulációban végzett alakítás (Gleeble), mely szintén rendelkezésünkre áll, viszont ezek a módszerek nagyméretű, vagy speciális mintát igényelnek, előállításuk nagy mintaszámú kísérlet esetében körülményes és hosszadalmas. Célunk egy kísérletsorozat megterve-

zése és végrehajtása volt, amely segítségével a próbák alakíthatóságát az esetleges nagy mintaszám esetében is rövid idő alatt, megbízhatóan meg tudjuk állapítani.

A hideg- és melegalakítás közötti alapvető eltérés, hogy az újrakristályosodás végbemegy-e az alakítás hőmérsékletén vagy nem. Az újrakristályosodás egy csíráképződéssel és csíranövekedéssel járó fémteni folyamat, melynek hajtóereje az alakítás

szórában a fémekben megnövekedett tárolt energia. Hidegalakítás során ez a folyamat nem játszódik le, így az anyagban fokozatosan nő az egydimenziós, vonalszerű rácshibák száma, ami az anyag keményedését, alakváltozási képességének kimerülését fogja okozni. A szemcseszerkezet megváltozik, a szemcsék nyújtottabbak, kristálytanilag orientáltak (textúrák) lesznek, minek következtében anizotróp viselkedést fognak

1. táblázat. A minták összetétele, %

Ötvözet	Al	Si	Mn	Fe	Mg	Zn	Pb	Cu	Cr	Ti	Cd
3003	97,99	0,23	1,1	0,53	0,016	0,023	0,001	0,057	0,004	0,022	0,0005
5005	98,48	0,14	0,054	0,47	0,77	0,008	0,001	0,012	0,014	0,012	-
5052	96,89	0,12	0,08	0,26	2,41	0,01	0,002	0,044	0,16	0,012	-

**Kárpáti Viktor** 2017-ben szerzett BSc anyagmérnök diplomát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg MSc-hallgató és a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet tanszéki mérnöke. Kutatási területe képlékenyalakítás, kristályosodás, roncsolásmentes anyagvizsgálat.  
**Mikó Tamás** 2016-ban doktorált a Miskolci

Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Tudományos munkatárs a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben. Kutatási területe: képlékenyalakítás, roncsolásos anyagvizsgálat, porkohászat.

**Barkóczy Péter** 2000-ben szerzett diplomát, majd 2004-ben doktorált a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Ka-

rán. Jelenleg az intézmény docense és a FUX Zrt. fejlesztési igazgatója.

**Angel Dávid Ádám** a Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének PhD-hallgatója. Kutatási területe: porkohászat, titán mátrixú kompozitok.

**Gácsi Zoltán** szakmai életrajzát 2015/3. számunkban közzeltük.

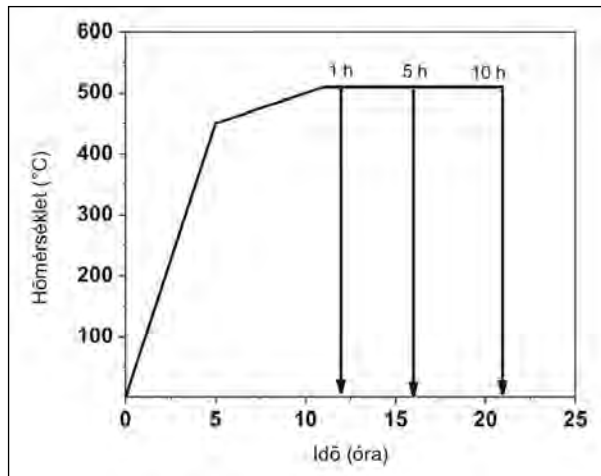
mutatni. Melegalakítás során az újrakristályosodás folyamata az alakítás hőmérsékletén végbemegy [1–3]. Az újrakristályosodás folyamata maga is összetett, a megújulásra, az új csírák képződésére, növekedésére, majd a szemcsedurvulási szakaszra osztható. Alumíniumötvözetek ezen folyamatok végbemenetele szerint nagyon szélsőségesen viselkedhetnek. Bizonyos ötvözetcsaládok esetén a hidegalakítással tárolt energia csak a megújulási szakaszra elegendő és a keménység csökkenése

ugyan megtörténik, de a szemcsék orientációjának a változása nem, ami a végtermék felhasználása szempontjából nagyon fontos. Az újrakristályosodás végbemenetelében szintén nagy szerepet játszanak a kiválások, melyek a termékek melegalakítását megelőző hevítés, homogenizáló hőkezelés során jelentősen változhatnak [4–5].

### Vizsgált anyagminőségek és kísérleti hőkezelések

A kutatómunkánk során alakítható 5xxx típusú ötvözetcsoporthoz két ötvözetet, illetve a 3xxx csoport egy ötvözetét vizsgáltunk, összetételüket az 1. táblázat szemlélteti. A 3xxx ötvözet fő ötvözője a Mn, ami 1% körüli érték. Attól függően, hogy oldatban van, vagy különböző kiválások formájában, jelentős hatást gyakorol az alakíthatóságra. Az 5xxx típus szintén az alakítható, nem nemesíthető alumíniumötvözetek közé tartozik. Ennek a csoportnak a fő ötvözője a Mg, ami jellemzően 0,7-2,4% között változik.

Kutatómunkánk során az 1. ábra szerinti homogenizáló hőkezelési programot alkalmaztuk. A homogenizálás csúcshőmérséklete 510 °C, a homogenizálási időtartam 1, 5 és 10 óra volt mindhárom ötvözet esetében. A különböző idejű homogenizálások olyan eseteket modelleznek, amikor a valódi termelésben ugyanazon adag különböző okok miatt (tuskó eleje/közepé/vége, a hőkezelés nem tervszerű kivitelezése) eltérő időtartamokig tartózkodik a kemencében.



■ 1. ábra. A homogenizálási program

### Alakíthatósági tesztek és szövetszövetvizsgálat

Az alakíthatósági tesztek hideg- és melegzömítésekkel végeztük el. A hidegzömítést 23 °C-on, a melegzömítést 400 °C-on 1/s-os alakítási sebességgel és 60%-os alakítási mértékkel végeztük [6–7]. A melegen zömítendő darabok hevítését és hűntartását egyedileg tervezett induktor segítségével biztosítottuk, a hőmérsékletet a hengeres próbatest (Ø 10 × 15 mm) palástjának közepébe fűrt lyukba erősített hőelem segítségével mértük. Az erő mérésére 100 kN-os erőmérő cellát, az alakváltozás mérésére video extenzométert használtunk. A zömítővizsgálatok előtt és után mértük a darabok geometriai méreteit. A zömítővizsgálat után a hidegen alakított darabokat hőkezeltük, előmelegített kemencében 500 °C-on, 1 órán keresztül. A hőkezelés után a

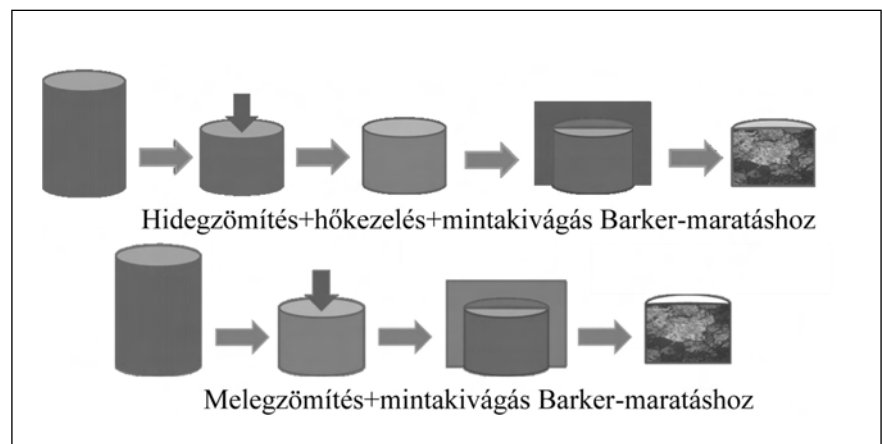
darabokat vízben hűtöttük le, hogy az aktuális szerkezetet megőrizzük.

A zömítés során mért adatokból valódi feszültség és valódi alakváltozás diagramokat határoztunk meg. Az alakított, a hidegzömített, majd lágyított, illetve a melegzömített próbatesteket a nyomás tengelyének síkjában (hosszcsiszolati sík) kettévágtuk (2. ábra). Ezen a metszeten színes maratási technikát alkalmaztunk a szemcseszerkezet láthatóvá tételére (Barker-maratás), amelynek segítségével a

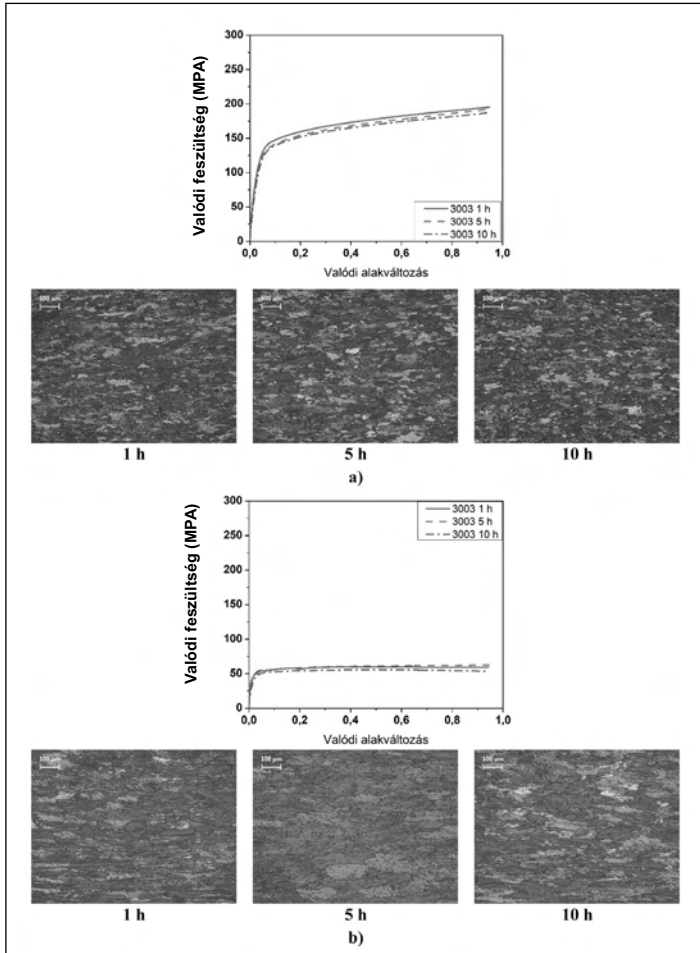
különböző orientációjú szemcsék különböző színnel jeleníthetők meg polarizált fényben. A Barker-maratásos szemcseszerkezet-vizsgálatot a Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet Optikai mikroszkóp laboratóriumában, polarizált fényű Zeiss Axiovert 100 típusú mikroszkópon végeztük el. A szemcsék morfológiája alapján az újrakristályosodás tényére lehet következtetni.

### Eredmények

A 3–5. ábrák mutatják az eredményeket mindhárom ötvözetre: a valódi feszültséggörbéket hideg- és melegalakítás után, a szövetszerkezet melegalakítás után, valamint a hidegalakítás és azt követő hőkezelés során kialakuló szövetszerkezet. A 6. ábra a maximális valódi feszültségadatokat foglalja össze.



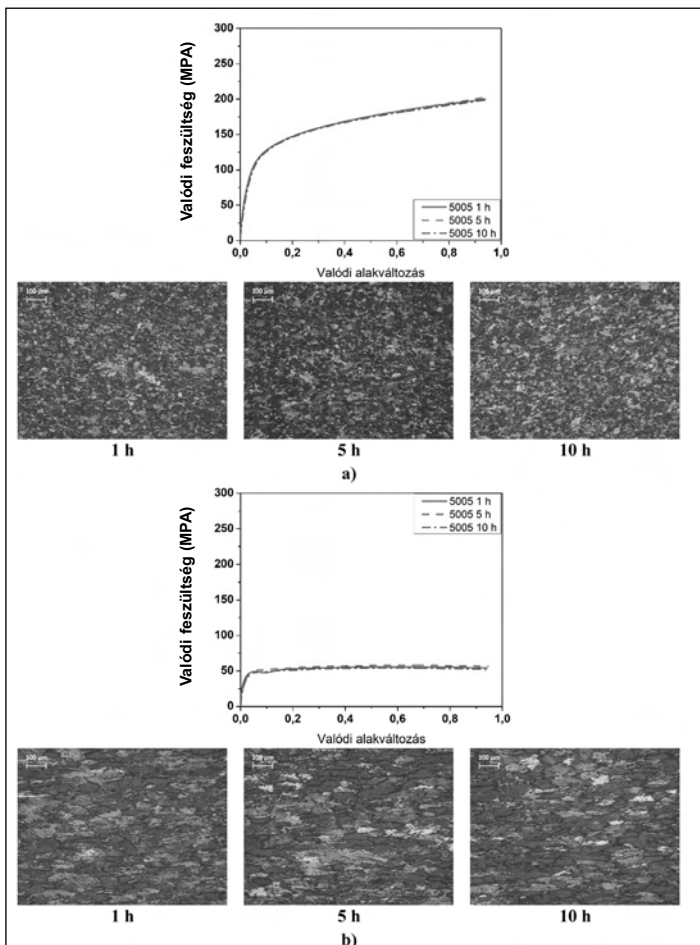
■ 2. ábra. A mintakészítés lépései



### 3003-as ötvözet

A 3. és a 6. ábra diagramjain látható, hogy az eltérő homogenizálási időtartamok nem okoznak különbséget a feszültséggörbék lefutásában sem hideg-, sem melegalakításkor. Nincs érdemi különbség a szilárdsági adatokban sem. Ennek megfelelően a homogenizálási idő növelése a szemcseszerkezetben sem okoz különbséget. A melegalakítás után döntően megmaradt az alakított, elnyújtott szemcseszerkezet, kevés ekviaxiális szemcsével, ami a dinamikus újrakristályosodás csak nagyon kis mértékű végbemene-telére utal. (Vagyis ez azt jelenti, hogy amit melegalakításnak hívunk, fémtani szempontból nem volt melegalakítás.) A hidegalakítást követő lágyítás után részben újrakristályosodott szemcseszerkezetet látunk, vagyis a nagyszögű szemcsehatármozgással járó klasszikus újrakristályosodás nem játszódott le.

■ **3. ábra.** A 3003-as ötvözet a) valódi feszültséggörbéi hidegalakítás után és szemcseszerkezete hidegalakítás és lágyítás után; b) valódi feszültséggörbéi és szemcse-szerkezete melegalakítás után



### 5005-ös ötvözet

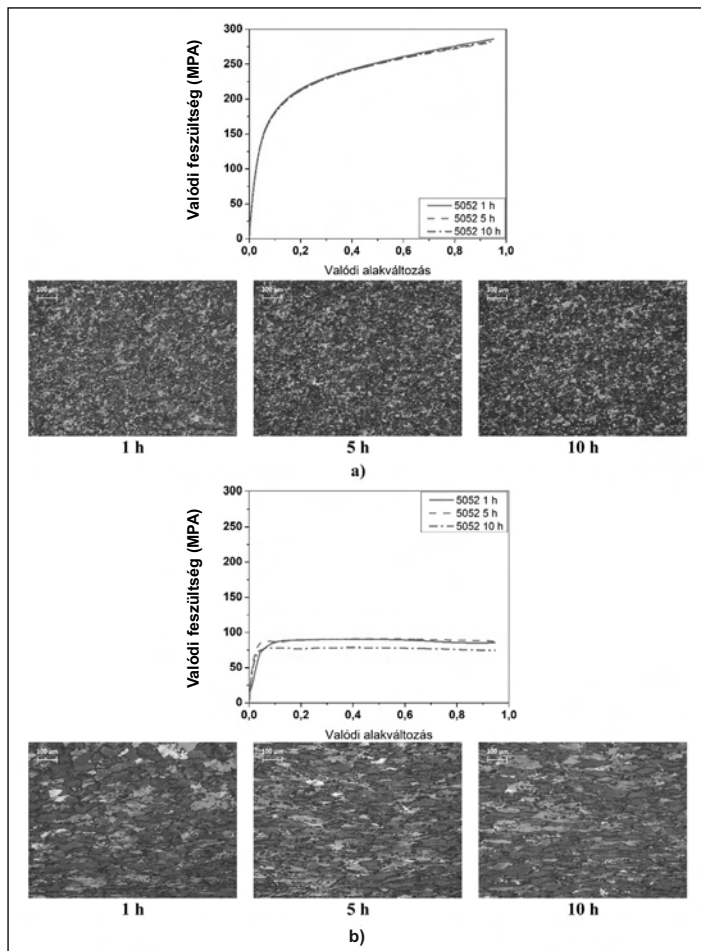
A 4. és a 6. ábra alapján megállapítható, hogy az 5005-ös ötvözet esetében sincs hatása a homogenizálási idő növelésének a feszültséggörbék lefutására sem hideg-, sem melegalakítás során. A szövetszép alapján melegalakításkor a dinamikus újrakristályoso-dás itt sem ment teljesen végbe. A hidegalakítást követően kilágyított minták szemcseszerkezete viszont döntően ekviaxiális, finom szemcsékből áll, vagyis a nagyszögű szemcsehatármozgással járó klasszikus újrakristályosodás lejátszódott az 5005-ös ötvözet lágyítása közben.

■ **4. ábra.** Az 5005-ös ötvözet a) valódi feszültséggörbéi hidegalakítás után és szemcseszerkezete hidegalakítás és lágyítás után; b) valódi feszültséggörbéi és szemcse-szerkezete melegalakítás után

### 5052-es ötvözet

Az 5. és 6. ábra alapján az 5052-es ötvözetnél a 10 órás homogenizálás kisebb szilárdságot eredményezett melegalakítás közben, míg hidegalakításkor nem tapasztaltunk eltérést. A szemcseszerkezet melegalakítás esetében itt is csak részleges újrakristályosodást mutat, hidegalakítást követő lágyítás után viszont egyenletes, finomszemcsés szerkezet alakult ki, ami ezúttal is azt jelenti, hogy a nagyszögű szemcsehatármozgással járó klasszikus újrakristályosodás lejátszódott az 5052-es ötvözet lágyítása közben.

■ 5. ábra. Az 5052-es ötvözet a) valódi feszültségörvéi hidegalakítás után és szemcseszerkezete hidegalakítás és lágyítás után; b) valódi feszültségörvéi és szemcseszerkezete melegalakítás után



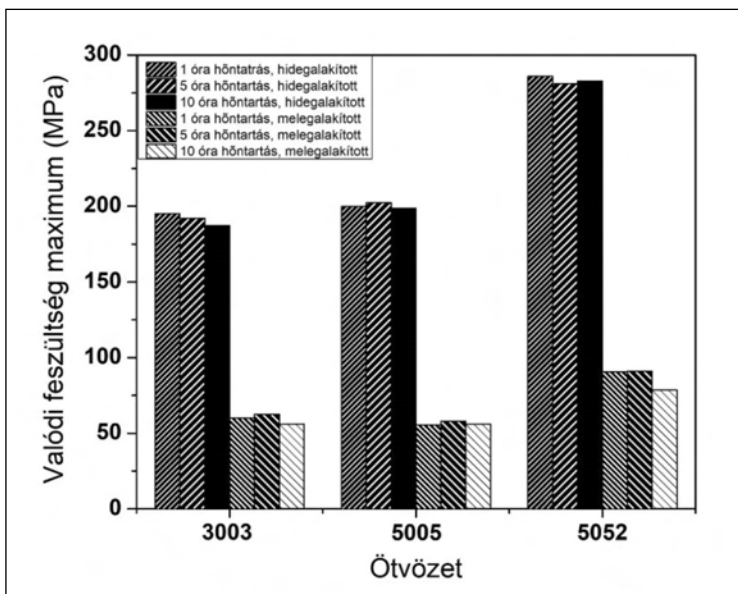
### Megállapítások

A 6. ábra mutatja a három ötvözet valódi feszültség maximumának értékét a homogenizálási idő függvényében hideg- és melegzömítés esetében. Látható, hogy a hidegzömítés során mért feszültségmaximumok gyakorlatilag nem függenek a homogenizálás időtartamától. A 3003-as ötvözet rendelkezik a legkisebb feszültségmaximummal (Mn-tartalom 1,1 m/m%). Az 5005-ös ötvözet szilárdsági értéke magasabb, ami annak köszönhető, hogy bár Mn-tartalma kisebb (0,054 m/m%), de a Mg a szilárdságnövelő hatását ki tudja fejteni (0,77 m/m%). A legnagyobb feszültségérték 5052-es ötvözet esetében volt mérhető, ami az ötvözet nagyobb Mg-tartalmának (2,41 m/m%) köszönhető.

A melegzömítés során mért maximális feszültségértékekről általánosságban elmondható, hogy a homogenizálási idő növelésének nincs érdemi hatása. A legnagyobb ötvözet tartalmú 5052-es a legnagyobb szilárdságú ebben az esetben is.

A szövetvizsgálatok alapján elmondható, hogy a melegalakítás közben csak részlegesen megy végbe az újrakristályosodás, mindhárom ötvözet esetében a homogenizálási időtől függetlenül.

A hidegalakítást követő lágyítás eredményében mutatható ki a legnagyobb eltérés. Az ötvözet tartalom növelése az újrakristályosodási folyamatnak egyértelműen kedvez. A legnagyobb ötvözet esetén volt a legfinomabb a szemnagyság és a legnagyobb mértékű az újrakristályosodott hányad. Ez a hatás a magasabb ötvözet tartalom miatt megjelenő kiválások miatt jön létre, ugyanis a csíráképző helyek kialakításában játszanak nagy szerepet [8].



■ 6. ábra. Valódi feszültség maximumok a homogenizálási idő függvényében

## Összefoglalás

Kutatásunk célja különböző alumínium-ötvözetek alakíthatóságának vizsgálata volt. A szakirodalommal összehangban fontosabb megállapításaink a következők.

1) A legnagyobb valódi feszültség maximuma a nagy (2,41 m/m%) Mg-tartalmú ötvözetnek van, a legkisebb pedig a leggyengébben ötvözött 3003-asnak.

2) Azonos típusú hőkezelés esetén az alakítási ellenállás értékeit döntően az ötvözet összetétele határozza meg, a homogenizálás időtartamának nincs jelentős hatása [9].

3) A vizsgált ötvözetek esetében a homogenizálási idő változása nem okoz érdemi eltérést a szemcseszerkezetben. Az 1, 5 vagy 10 óra homogenizálási idő indifferens az ötvözet mechanikai tulajdonságai szempontjából.

4) A hidegalakítást követő lágyítás után az 5005-ös és 5052-es ötvözetek

teljes térfogatban újrakristályosodtak. Ennek oka a csíráképződést és a növekedést elősegítő nagyobb Mg-tartalmuk [10].

## Köszönetnyilvánítás

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

## Irodalom

- [1] Dr. Gácsi Z., dr. Mertinger V.: Fém-tan, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000. Digitális változat: <https://www.tankonyvtar.hu/>
- [2] Mikó T.: Alumínium-magnézium ötvözetek folyási viselkedése zö-

mítés során, PhD-értekezés, Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, 2016.

- [3] Altan T., Ngai G., Shen G.: Cold and Hot Forging Fundamentals and Applications, ASM International, Materials Park Ohio, 2005.
- [4] Dr. Gillemot L.: Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
- [5] Szmirnov-Aljajev G. Sz.: Szoprotivlenije materialov plaszticeszkomu deformirovaniju, Masgiz, 1961.
- [6] Aluko O., Adeyemi M. B.: JMEPEG 7 474–478, 1998.
- [7] Williams J. G., Gamonpilas C.: Int J Solids Struct 45 4448–4459, 2008.
- [8] Dr. Zorkóczy B.: Metallográfia és anyagvizsgálat, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.
- [9] Girisha H. N., Sharma K. V.: Int J Sci & Eng Res 32 1–4, 2012.
- [10] Yildirim M., Ozyurek D.: Mat Design 51 767–774, 2013.

PETHŐ DÁNIEL – HLAVÁCS ADRIENN – BENKE MÁRTON

# A fülesedés és a textúrakomponensek közötti kapcsolat AA3003-as lemezekben\*

*Az alumíniumlemezek legnagyobb felhasználási módja a mélyhúzás. A mélyhúzhatóságot a kristálytani textúra határozza meg. A kristálytani textúra az anyagban található szemcsék kristálytani orientációját adja meg, más szóval az anizotrópia értékét. A lágyító hőkezelés hatását az anyagra a keménység alapján értékelik, azonban ez nem írja le teljes körűen a hőkezelés eredményességét. Az AA3003-as alumínium-ötvözet fő ötvözője a Mn. A lágyító hőkezelés hatására a Mn kiválik a szilárd oldatból és vegyületet képez. A kiválásoknak a lágyítás során lejátszódó újrakristályosodásra jelentős hatásuk van, mivel csíráképző pontokként működnek. A kutatás célja meghatározni a lágyítási hőkezelés idejének és hőmérsékletének hatását a kristálytani textúrára, valamint a fülesedés értékére. Erről a kutatásról angol nyelvű cikkben már beszámoltunk [1], azonban magyar nyelven nyilvánosan megjelent formában még nem.*

**Pethő Dániel** MSc-kohómérnök, PhD-hallgató a Miskolci Egyetemen, kutatási területe a pormetallurgia.

**Hlavács Adrienn** MSc-kohómérnök, PhD-hallgató a Miskolci Egyetemen, kutatási területe a hengerlés.

**Benke Márton** szakmai életrajzát 2018/3. számunkban közzöltük

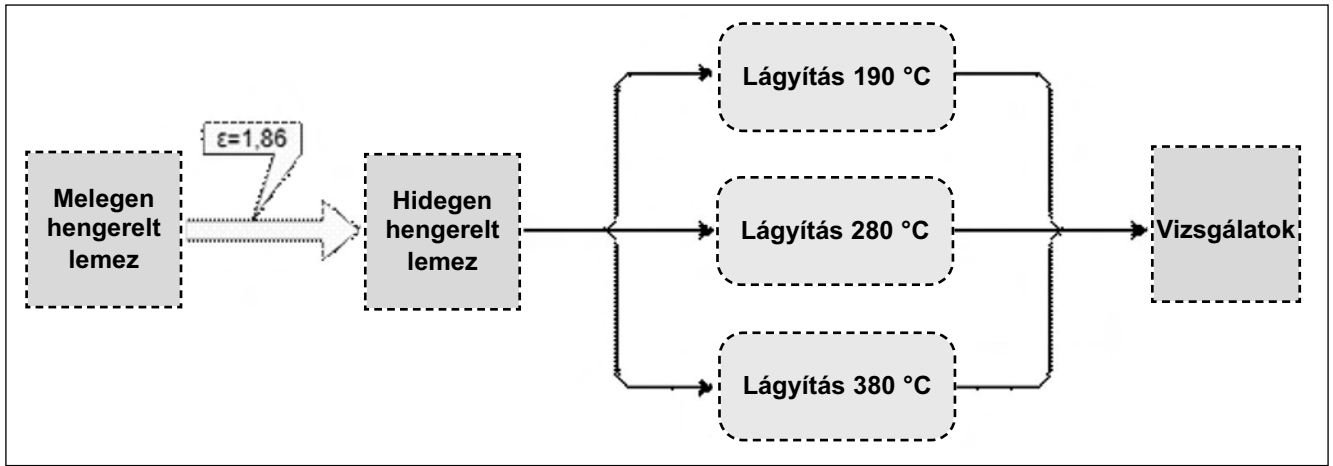
\* A cikk a 2019. évi OTDK pályázaton 3. helyezést ért el.

## 1. Vizsgálatok

A kísérletek során 7 mm-es melegen hengerelt lemezt hengereltünk le hidegen 1 mm-es vastagságig. Ezt követően lágyító hőkezelést alkalmaztunk a lemezek három hőmérsékleten öt időtartamig (1. ábra). A hőkezeléseket légterű kemencében hajtottuk végre. A lemezek behelyezésekor a kemence a hőkezelés hőmérsékletére volt

felfűtve, majd a lágyítás után a minták levegőn hűltek.

Bruker D8 Advance diffraktométerrel végeztük el a textúravizsgálatokat, a mérési paraméterek: 40 mA, 40 kV,  $\text{CoK}\alpha$ , mintaméret  $30 \times 30$  mm. A mérések folyamán az {111}, {200}, {220} síksorozatok Bragg-szögének kimérése után rögzítettük a pólusábrákat. A Tex Eval programmal történt a mért adatok elemzése. A pólusábrák



■ 1. ábra. A vizsgálatok menete

szoftveres újrászámítása után az ODF (orientációs eloszlás függvény) számítása vált lehetségessé konstans  $\varphi_2$  értékekkel 5°-ként. A textúrakomponensek meghatározására a  $\varphi_1$ ,  $\Phi$  és  $\varphi_2$  szögeket használtuk 15°-on belüli szórást feltételezve. A fülesedési vizsgálatokat az ARCONIC-Köfém Kft. kivitelezte, mintánként 1-1 méréssel.

## 2. Eredmények

A 2–4. ábrán láthatóak a textúrakomponensek térfogatszázalékai az adott hőmérsékleten, különböző ideig tartó lágyító hőkezelések függvényében. A hengerlési textúrakomponensek: C, S, B; az újrakristályosodási textúrakomponensek: G, Cube. A diagramokon ábrázoltuk a fülesedési mértéket is. Mivel minden esetben a hengerlésre jellemző, 45°-os fülesedés volt mérhető, így a mérőszámok negatív értékű-

ek. Az ábrákon a 0 órás lágyítási idő a hideghengerelt alapállapotot jelöli.

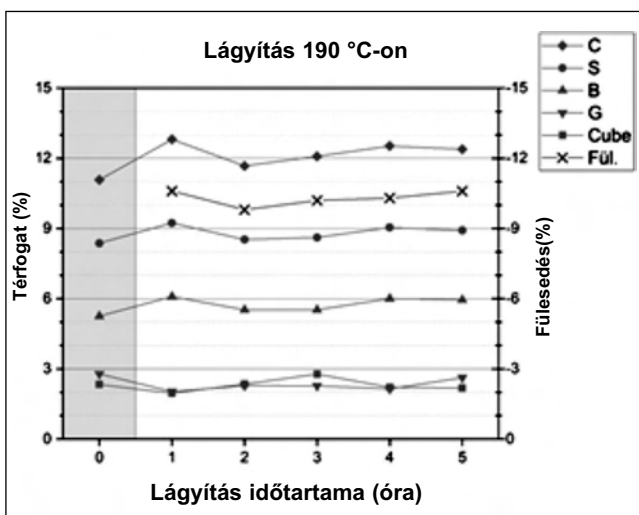
A 2. ábra mutatja a 190 °C-on lágyított mintákat. A hengerlésre jellemző textúrakomponensek jelennek meg a legnagyobb arányban. A lágyítási idő függvényében sem a textúra, sem a fülesedés nem mutat jelentős változást. A 3. ábra mutatja a 280 °C-on lágyított minták eredményeit. Egy óra lágyítás után a hengerelt mintára jellemző textúra erősebb, mint hideghengerelt állapotban. Továbbá látható, hogy a lágyítási időnek jelentős hatása van a textúrára és a fülesedési mérőszámra, 2 órás hőkezelés után a hengerlési textúrakomponensek értékei csökkennek, a lágyítási textúrakomponensek értékei növekednek. Ezzel összhangban a fülesedési mérőszám is csökken a lágyítási idő növelésével. A 4 és 5 óráig hőkezelt minták esetében a 3 óráig hőke-

zelhez viszonyítva nem történt jelentős változás.

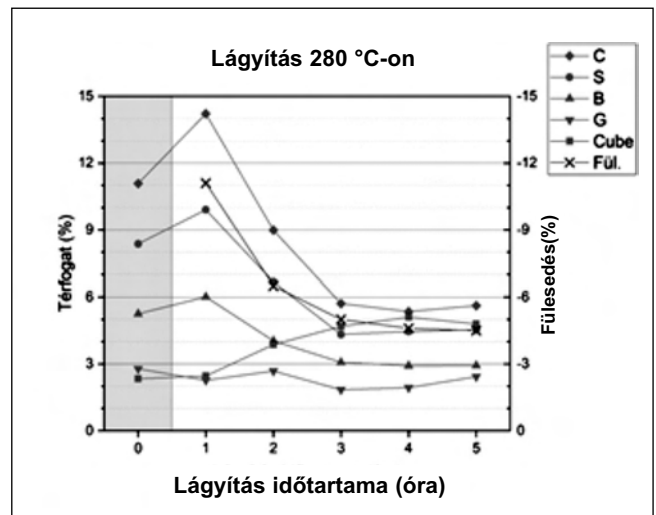
A 4. ábra mutatja a 380 °C-on hőkezelt lemezek textúrakomponenseit és fülesedési értékeit. Ezen a hőmérsékleten mindegyik lágyítási idő az újrakristályosodási textúrakomponensek növekedését eredményezte az alapállapothoz képest, a Cube minden esetben a legnagyobb térfogatszázalék értékű textúrakomponens. A lágyítási idő nem okozott jelentős változást a textúrában és a fülesedési mérőszámában sem. A 380 °C-on lágyított mintákon mértük a kutatás során a legalacsonyabb értéket (~3%).

## 3. Következtetések

Az AA3003-as ötvözet lágyítása során ebben a kutatásban 190 °C-on csak a megújulás játszódtott le. Ez alátámasztható azzal, hogy 5 órás lágyítást



■ 2. ábra. A hidegen hengerelt, majd 190 °C-on lágyított minták textúrakomponensei és a fülesedési mérőszámai

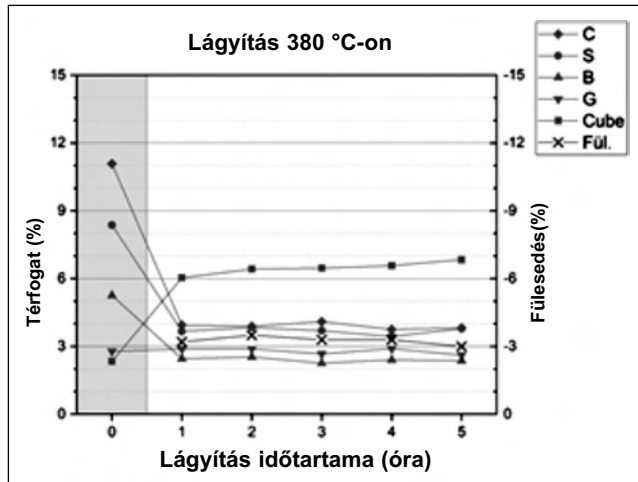


■ 3. ábra. A hidegen hengerelt, majd 280 °C-on lágyított minták textúrakomponensei és a fülesedési mérőszámai

követően a hengerlésre jellemző textúrakomponenseknek volt a legnagyobb értéke és az újrakristályosodási textúrakomponensek alacsony szinten maradtak. A megújulás folyamán a diszlokáció rendeződése játszódik le és kialakulnak a szubszemcsehatárok. Ez egy közel diszlokáció mentes térfogatot eredményez a szubszemcsén belül, ami egységesebb irányultságot okoz. Emiatt növekszik meg a hengerlésre jellemző textúrakomponensek aránya a hőkezelést követően. A füleledési értékek jó egyezést mutatnak a textúrakomponensekével.

280 °C-on a hengerlési textúra a hőkezelés hatására átalakult egy közel izotróp textúrává. A folyamat jól leírható a textúrakomponensek térfogatarányának változásával: 2 óra lágyítás után a hengerlési textúrakomponensek csökkentek, az újrakristályosodási-komponensek növekedtek; 5 óra hőkezelést követően sem lett nagyobb az újrakristályosodási textúrakomponensek értéke, mint a hengerlési textúrakomponenseké. Ebből megállapítható, hogy PSN-újrakristályosodás (Particle Stimulated Nucleation) játszódott le. A textúrakomponensek értéke 3 és 5 óra között nem változott jelentősen, ennél fogva a folyamat elérte a maximumát 3 óra után. A füleledési értékek folyamatosan csökkentek 3 óráig, majd azt követően stagnáltak.

A 380 °C-on lágyított lemezek minden időintervallumnál újrakristályosodtak. Az újrakristályosodási textúrakomponenseknek van a legnagyobb térfogati aránya. Ez arra utal, hogy itt a klasszikus nagyszögű szemcsehatármozgással járó újrakristályosodás játszódott le. Az újrakristályosodási textúrakomponensek értékei nem voltak jelentősen nagyobbak, mint az alakítási textúrakomponenseké, ez arra utal, hogy itt a PSN-jellegű újra-



■ 4. ábra. A hidegen hengerelt, majd 380 °C-on lágyított minták textúrakomponensei és a füleledési mérőszámai

kristályosodás is szerepet játszott. Már 1 óra lágyítás után lejátszódott az újrakristályosodás, a hosszabb idejű hőkezelések alatt jelentős változás nem történt ezen a hőmérsékleten. A 280 °C-on 5 óráig lágyított lemezt összehasonlítva a 380 °C-on 1 óráig lágyított lemezzel látható, hogy az újrakristályosodási textúrakomponensek értékei nagyobbak és a hengerlési textúrakomponensek alacsonyabbak a 380 °C-on hőkezelt minta esetében. Ez azt jelenti, hogy egy nagyobb hőmérsékleten végzett hőkezelés hatását nem lehet kompenzálni kisebb hőmérsékletű, hosszabb ideig tartó lágyító hőkezeléssel. A füleledési értékek a 380 °C-on hőkezelt minták esetében voltak a legkisebbek, ami jó egyezést mutat azzal, hogy a hengerlési textúrakomponensek ezen lemezekben voltak a legalacsonyabbak.

#### 4. Összefoglalás

A kutatásban a 3003-as alumíniumötvözetben jellemeztük a kristálytani textúra és a füleledés változását a lágyító hőkezelés idejétől és hőmérsékletétől függően. A hőkezelések paraméterei lefedik az iparban alkalmazott lágyítások hőmérséklet és időtartományát. A megállapítások a következők:

- A 190 °C-on lágyított mintákban a vizsgált időintervallum alatt csak megújulás játszódik le, ez a texturáltság és a füleledés növekedését okozza.

- 280 °C-on 1 órás lágyítást követően megújulás játszódik le, azonban a hőkezelés idejének növelésével kiválás menti újrakristályosodás zajlik (PSN), ami a textúra mentes, homogéneen alakítható lemezeket eredményez.

A 380 °C-on lágyított mintáknál már 1 órás hő-

kezelés alatt a klasszikus nagyszögű szemcsehatármozgással járó újrakristályosodás játszódik le, a PSN-mechanizmus már kevésbé. A textúra és a füleledés a hőkezelési idő függvényében nem változik jelentősen. Ezen a hőmérsékleten lágyított lemezek újrakristályosodott textúrával és gyengén inhomogén alakíthatósággal rendelkeznek. A 380 °C-on lágyított lemezek rendelkeznek a legkedvezőbb tulajdonságokkal a mélyhúzóhatóság szempontjából, mivel itt a legkisebb a füleledés.

#### Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a GINOP-2.2.1-15-2016-00018 jelű projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával valósult meg. A kutatómunka a NKFI 119566K projekt támogatásával valósult meg.

#### Irodalom

[1] D. Petho, A. Hlavacs, P. Barkoczy, M. Benke: The variation of earing and texture components during annealing treatments of a 3003-type aluminium alloy, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.

BUBONYI TAMÁS – BARKÓCZY PÉTER – GYÖNGYÖSI SZILVIA

## Sejtautomata szimulációval segített kalorimetriás kinetikai kiértékelés\*

*Több módszer is létezik az újrakristályosodás kinetikájának tanulmányozására. Ezek közül az egyik talán leg-hatékonyabb módszer a differenciális pásztázó kalorimetria. Egy másik módszer a folyamat tanulmányozására a sejtautomata szimuláció. Mindkettő kinetikai konstansokat használ a folyamatok leírása során. Jelen tanulmány célja, hogy kapcsolatot találjon az egyes módszerek kinetikai konstansai között. A DSC-méréseken alapul, és a sejtautomata szimuláció segítségével egy részletesebb kinetikai leírást ad az újrakristályosodás folyamatáról.*

### 1. Bevezetés

Az újrakristályosodás szimulációja során a kinetikai analízis a legfontosabb lépés [1]. Több különböző módszer is létezik, hogy az újrakristályosodott hánnyadot mémi lehessen [2]. Az optikai mikroszkópos vizsgálat részletes képet adhat az újrakristályosodásról, azonban azoknál a fémeknél, ahol a megújulás is jelentős szerepet játszik a lágyítás során, nem kapunk elégséges információt a folyamatokról. Bizonyos metallográfiai vizsgálatok segítségével és a csíráképződés, valamint csíranövekedési kinetika ismeretének függvényében az újrakristályosodás vizsgálhatóvá válik [3]. Mechanikai anyagvizsgálat, vagy villamos ellenállásmérés szintén megadhatja az átalakult hánnyadot, ezen felül pedig a megújulás hatásai is kimutathatóvá válnak [4]. Bizonyos esetekben a kalorimetria, jellemzően differenciális pásztázó kalorimetria (Differential Scanning Calorimetry, DSC) a módszer, amely segítségével az átalakult hánnyadot meg lehet határozni az idő és a hőmérséklet függvényében

[5]. A DSC mára a szakirodalomban egy elfogadott módszer az újrakristályosodás vizsgálatára. Az egyetlen hátránya, hogy a szövetszerkezetről és a megújulásról nem ad semmilyen információt. A legtöbb esetben a kinetikai állandók, amelyek a DSC-mérésből meghatározhatók, alkalmasak arra, hogy a fémek tulajdonságainak változását szimulálhassuk a segítségükkel.

A sejtautomata közel az egyik legidősebb nem konvencionális számítógépi módszer a fázisátalakulási folyamatok szimulálására [6]. A módszert sikeresen alkalmazzák az újrakristályosodás szimulációjára is [7, 8]. Kedvelt szimulációs technika az újrakristályosodásra, ugyanis könnyen leírható vele a csíráképződés és növekedés sztochasztikus jellege [9]. Az egyetlen jelentős probléma a módszerrel, hogy a kész szimulációt skálázni kell, ugyanis az automata saját mértékegységeket használ, azonban a valósággal összeegyeztethető mértékegységekre van szükségünk a folyamat végén. Megoldás lehet, ha az automata dimenzióit csökkentjük, amíg el nem

érjük az egydimenziós (1D) automatát [10]. Az előnye ennek a technikának, hogy a kinetikai konstansok száma így a legkevesebb, de a szimuláció így is minden szükséges tényezőt kiszámol az újrakristályosodáshoz [11]. A kapott eredmény természetesen nem lesz olyan árnyalt, mint a két- [12] vagy háromdimenziós automaták esetén [13, 14], de a szimuláció rendkívül gyors, kis erőforrásigény mellett.

Az 1D-automaták is szintén a csíráképződés, valamint a növekedés kinetikai konstansait használják. Ezen értékeknek köszönhetően az automata skálázása egy egyszerű optimalizálási feladattá válik [15]. Az egyedi mértékegységek miatt ezen mértékegységek megértése kiemelt fontosságú. Egyrészt ezek az értékek lehetnek a szimuláció saját paraméterei, ami csak az adott szimuláción belül érvényes. Másrészt a skálázás valamilyen fizikai jelentést rendel ezekhez az egyedi értékekhez. Ennél fogva a felhasznált kinetikai konstansok segítségével meg lehet teremteni a kapcsolatot a szimulált és a DSC-mérés eredményei között. A tanulmány célja, hogy ezt a kapcsolatot megvizsgálja és feltárja.

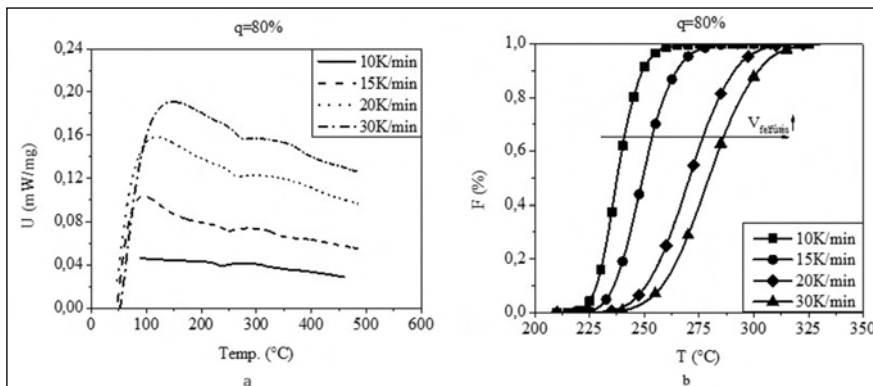
A mérésekhez nagytisztaságú rezet használtunk (OFHC-Cu), hogy a megújulás zavaró effektusait kiszűrjük. Ezek után megtörtént a DSC-mérés, valamint a szimuláció, végül pedig a kinetikai konstansok összehasonlítása.

*Bubonyi Tamás szakmai életrajzát 2018/3. számunkban közzöltük.*

*Barkóczy Péter 2004-ben szerzett PhD-oklevelet. Jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán a Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben dolgozik. Főbb kutatási területei: sejtautomata szimuláció, számítógépi képelemzés.*

*Gyöngyösi Szilvia 2016-ban szerzett PhD-oklevelet. Jelenleg a Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizikai Tanszékén dolgozik. Főbb kutatási területei: sejtautomata szimuláció, vékonyrétegek pára- és gázáteresztésének kinetikai vizsgálata.*

\* a cikk az 2019. évi OTDK pályázaton 2. helyezést ért el.



■ 1. ábra. DSC-görbék (a) és az átalakult hányad (b) az idő és a különböző fűtési sebességek függvényében

## 2. Anyagok és módszerek

Egy 10 mm vastag folyamatosan öntött nagy tisztaságú réztuskó volt a kiinduló anyag, melyet 400 °C-on 1 órán át hőkezeltünk, ezt követően szoba-hőmérsékleten a Von Roll kísérleti hengerállvány segítségével több lépésben 2 mm vastagságig hengereltünk. A kimunkált mintadarabokat egy Netsch DSC 204 berendezés segítségével 10, 15, 20 és 30 K/perc sebességgel hevítettük. Ezek után saját szoftverrel elemeztük a kapott görbéket, és a csúcsok alatti terület alapján meghatároztuk az újrakristályosodott térfogathányadot [15]. A görbéket kiértékeljük a Kissinger- [16] és a Takhor-módszer [17] szerint is. A Takhor-féle módszer megadja az aktivációs energiákat, és az újrakristályosodás sebességi együtthatóját is. Az Ozawa-módszer segítségével az Avrami-kitevőt határoztuk meg. A használt egydimenziós automata működését már korábbi cikkünkben publikáltuk [10], valamint a használt skálázási módszert is [15]. A skálázásnál az átalakulás sebességéből meghatározott időegységet használtuk az automatánál az idő mérésére. Jelen tanulmányban a szemcseméretet nem vettük figyelembe. A skálázásnak köszönhetően a szimulációból meghatározhatjuk a csíráképződés és növekedés aktivációs energiáit.

## 3. Eredmények

Az 1. ábrán láthatók a DSC-mérés eredményei, valamint az újrakristályosodott térfogathányadok az idő függvényében a vizsgált hidegen hengerelt OFHC-réz esetén. A görbéken egyértelműen látszik, hogy az újrakis-

tályosodás 200 °C felett kezdődik, és 300 °C alatt be is fejeződik, a fűtési sebességtől függetlenül. Ahogy a fűtési sebesség növekedik, a kezdeti és végpont, valamint az átalakulás csúcshőmérséklete is nagyobb hőmérséklet felé tolódik el. A csúcsok közelében megállapítható egy lineáris alapvonal, amely segítségével már meghatározható a csúcs, amely a folyamat látens hőjével arányos. A csúcsot integrálva meghatározható az átalakult térfogathányad.

Több termokinetikai módszer létezik a DSC-görbék kiértékelésére. Mind a Kissinger-, mind a Takhor-módszerek az átalakulás csúcshőmérsékletének eltolódásán alapulnak ( $T_{\text{csúcs}}$ ). A két módszer alapegyenletei:

$$\ln\left(\frac{v}{T_{\text{csúcs}}^2}\right) = -\frac{Q_{\text{újrakrist.}}}{R} \frac{1}{T_{\text{csúcs}}} + \ln\left(\frac{B_0 \text{újrakrist.} R}{Q_{\text{újrakrist.}}}\right) \quad (1)$$

$$\ln\left(\frac{v}{T_{\text{csúcs}} - T_{\text{kezd.}}}\right) = -\frac{Q_{\text{újrakrist.}}}{R} \frac{1}{T_{\text{csúcs}}} + \ln(B_0 \text{újrakrist.}) \quad (2)$$

A fenti egyenletekben az  $R$  az egyetemes gázállandó,  $T_{\text{kezd.}}$  a kezdeti hőmérséklet.

A 2. ábra az (1) és (2) egyenletek bal oldalát ábrázolja a hőmérséklet reciprokának a függvényében. A pontokra illeszthető egy egyenes, amelynek meredeksége a  $-Q_{\text{újrakrist.}}/T_{\text{csúcs}}$ . A sebességet a vonalak tengelymetszékeiből lehet kiszámolni.

Az analízis eredményeként 58 589 J/mol, valamint 58 523 J/mol újrakristályosodási aktiválási energiát sikerült meghatározni a Kissinger- és Takhor-

elméletek szerint. Bár az energiák közötti eltérés kicsinek tűnik, ez a kis eltérés annál nagyobb eltérést tud okozni a sebesség kiszámításánál. Ezek 3183,9 1/s, valamint 486,6 1/s eredményt adnak Kissinger és Takhor szerint. Megvizsgálva a JMAK- (Johnson–Mehl–Avrami–Kolmogorov-) egyenletet, látható, hogy mindkét paraméter ugyanazt a folyamatot írja le.

Mindkét esetben hiányzik azonban az Avrami-kitevő, sem a Kissinger-, sem a Takhor-módszer nem adja meg az értékét, bár Kissinger ad egy közelítést az Avrami-kitevő meghatározására. Szerinte a csúcsok félértékszlessége arányos a kitevő értékével, a kiszámítás módját pedig a (3) egyenlet mutatja be. Az Avrami-kitevő kiszámításához szükséges ismerni az aktivációs energia értékét. A kitevő kiszámításához a Kissinger által meghatározott aktiválási energiákat használtuk. Mindegyik csúcsra elvégeztük a számolást, a kapott eredményeket átlagoltuk, és megállapítottuk, hogy az Avrami-kitevő értéke az analízis alapján 3,26.

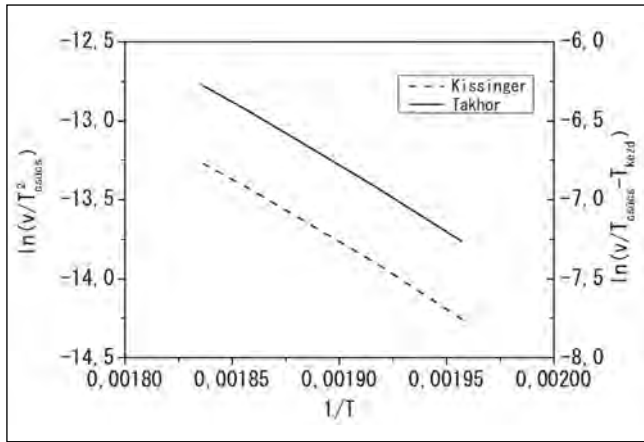
$$n = \frac{2.5T_{\text{csúcs}}^2}{\Delta T_{1/2} \frac{Q_{\text{újrakrist.}}}{R}} \quad (3)$$

A görbék részletes kinetikai analízise után [18] a sejtautomata szimulációt skáláztuk [15] az átalakult hányadok görbéi segítségével. A skálázás során a görbék között eltérést tapasztaltunk, emiatt a csíráképződés és csíranövekedés aktivációs energiáit egy simplex eljárás segítségével módosítottuk. A skálázás eredményeit a 3. ábra mutatja be.

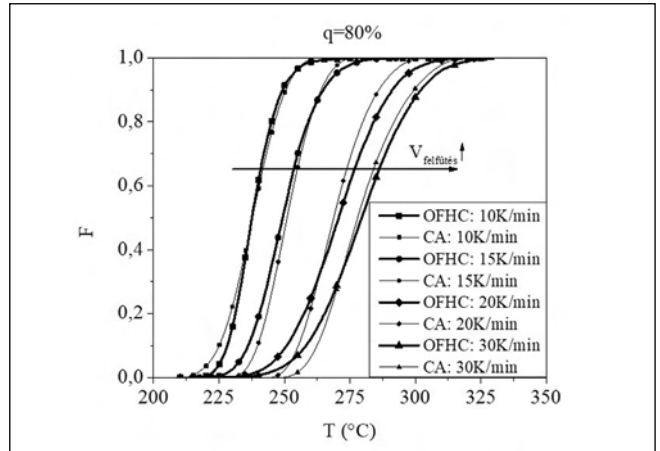
A szimulációval meghatározott aktivációs energiák a csíráképződés esetén ( $Q_n$ ) 36 627,3 J/mol, míg csíranövekedés esetén ( $Q_g$ ) 9 890,5 J/mol. A kapcsolatot közöttük a jól ismert 4. egyenlet teremti meg.

$$Q_{\text{újrakrist.}} = Q_n + (n-1) Q_g \quad (4)$$

Felhasználva a skálázás eredményeit, és a fentebbi módszerekkel meghatározott Avrami-kitevőt, a számolt aktiválási energia 58 980 J/mol, amely magasabb a Kissinger- vagy Takhor-módszerekkel kapott aktiválási energiánál. A kapott eredmény azonban alkalmas arra, hogy akár mérések és metallográfiai vizsgálatok nélkül is szimulálhassuk a vizsgált anyagunkat.



■ 2. ábra. A kinetikai állandók meghatározása 80%-os alakított-ság esetén az (1) és (2) egyenletek alapján. A bal oldali függőleges tengely a Kissinger-módszerhez tartozó értékeket, a jobb oldali a Takhor-módszerrel kapott értékeket ábrázolja



■ 3. ábra. Újrakristályosodott térfogathányadok az idő függvényében. A sötétebb vonalak a DSC-mérés, a világosabbak a sejtautomata szimuláció eredményei

## 4. Összefoglalás

Hidegen hengerelt OFHC-réz újrakristályosodását vizsgáltuk DSC-analízis segítségével. A DSC-görbékét Kissinger és Takhor szerint kiértékeljük, és meghatároztuk az újrakristályosodási aktiválási energiát, valamint az Avrami-kitevő értékét a DSC-csúcsok félértékszélességének segítségével. Kiegészítésként egy újrakristályosodást szimuláló 1D-sejtautomatát skáláztunk a DSC-görbék segítségével. A skálázás során a csiraképződés és csiránövekedés aktivációs energiáit változtattuk, hogy megtaláljuk a legjobb illeszkedést a mért és a szimulált átalakult térfogathányad-görbék között. Az Avrami-kitevőnek köszönhetően a mért és szimulált újrakristályosodási aktivációs energiák összehasonlíthatók. Kiegészítve a DSC-méréseket, egy még részletesebb kinetikai leírást kapunk a folyamatokról, anélkül, hogy ehhez a szövetszerkezetet ismer-nénk. Természetesen a szemcsemé-retről a bemutatott módszer nem ad információt, így ha arra is szükség van, akkor továbbra is meg kell vizsgálni a szövetszerkezetet.

## 5. Köszönetnyilvánítás

A kutatás az NKFI119566K azonosító-jú program keretében valósult meg.

A cikkben ismertetett kutatómunka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt

részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Irodalom

- [1] Dierk Raabe, (1998) Computational materials science: the simulation of materials microstructures and properties, Wiley-VCH
- [2] Cotterill, P., Mould, P. R., (1982). Recrystallization and Grain Growth in Metals, Surrey University Press, London.
- [3] H. Chen, Y. Yao, J. A. Warner, J. Qu, F. Yun, Z. Ye, S. P. Ringere, R. Zheng, (2017) Grain size quantification by optical microscopy, electron backscatter diffraction, and magnetic force microscopy, *Micron*, p. 41–47.
- [4] Mittmeijer, E. J., Van Gent, A., Van Der Schaaf, P. J., (1986). *Metallurgical Transactions*. Vol. 17A, p. 1441–1445.
- [5] Mandal D., Baker I., Determination of the stored energy and recrystallization temperature as a function of depth after rolling of polycrystalline copper. *Scripta Metallurgica et Materiala*. 33: 645–650.
- [6] Chopard, B., Droz, M. (1998). Cellular automata modeling of physical systems. University of Geneva.
- [7] Midownik, M. A., (2002). *Journal of Light Metals*, Vol. 2, p. 125–135.
- [8] P. Barkóczy, A. Roósz, J. Geiger, (2005), Simulation of Dynamic and Metadynamic Recrystallization by Cellular Automaton, EUROMAT 2005, European Congress on Advanced Materials and Processes
- [9] T. Bubonyi, P. Barkóczy, (2018) Kristálytani változások szimulációja egydimenziós sejtautomata segítségével, *BKL Kohászat* 151. évf, 3. szám
- [10] Sz. Gyöngyösi, P. Barkóczy, (2013) Simulation of grain coarsening using

one-dimensional cellular automaton *Materials Science Forum* 752 pp. 217–222.

- [11] T. Bubonyi, P. Barkóczy, (2018) Simulation of crystallographic changes during recrystallization by one-dimensional cellular automaton, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 426
- [12] C. Zheng, D. Raabe, D. Li, (2012), Prediction of post-dynamic austenite-to-ferrite transformation and reverse transformation in a low-carbon steel by cellular automaton modeling, *Acta Materialia* Vol. 60, Issue 12
- [13] B. Radhakrishnan, G. B. Sarma, T. Zacharia, (1998), Modeling the kinetics and microstructural evolution during static recrystallization–Monte Carlo simulation of recrystallization
- [14] T. Bubonyi, Zs. Bánóczy, P. Barkóczy, G. Buza, (2019) Local Annealing of Cold Rolled Aluminum Sheets by LASER Treatment, *International Journal of Engineering and Management Sciences*
- [15] P. Barkóczy, Sz. Gyöngyösi, (2013) Scaling cellular automaton simulations of short-range diffusion processes, *Materials Science Forum* Vol. 729, pp. 150–155.
- [16] F. Liu, X. N. Liu, Q. Wang, (2008), Examination of Kissinger's equation for solid-state transformation *Journal of Alloys and Compounds* Vol. 473, p. 152–156.
- [17] R. L. Takhor, *Advances in nucleation and crystallization of glasses*, *Am. Ceram. Soc., Columbus*, 1972, p. 166.
- [18] M. Benke, F. Tranta, P. Barkóczy, V. Mertinger, L. Daróczy, (2008) Effects of heat flux features on the differential scanning calorimetry curve of a thermoelastic martensitic transformation, *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing* 481, pp. 522–525.

# Maradó feszültség fázisszelektív vizsgálata hegesztett duplex acélban

**Különböző technológiai műveletek, mint például hegesztés során a munkadarabban jelentős maradó feszültség léphet fel. A létrejött feszültségállapot függ a kezelés paramétereitől, illetve a kezelt anyag tulajdonságaitól. Amennyiben a hegesztett lemez több kristálytani fázisból áll, amelyeknek eltérőek a mechanikai tulajdonságai, úgy eltérő lehet fázisonként a kialakult állapot, amely még komplexebb képet alkot. A kutatómunka során ferrit- és ausztenitfázisból álló duplex acélban vizsgáltuk röntgendiffrakciós módszerrel a kialakult feszültségeket.**

## Bevezetés

Maradó feszültségről akkor beszélünk, amikor a feszültséget létrehozó hatás megszűnése után is értelmezhető feszültségállapot egy darab belsőjében. Nagy energiasűrűségű kezeléseket követően (pl. hegesztés, forrasztás) kialakuló maradó feszültségállapot különösen változatos és ezért az alkatrész élettartamának szempontjából veszélyes lehet. Ilyen kezelése után a maradó feszültség felépülése egyrészt a nagy hőmérsékletgradiensnek, illetve az abból adódó dilatációknak, másrészt a szintén méretváltozással járó fázisátalakulásnak köszönhető [1]. A maradó feszültség tenzormennyiség, ami azt jelenti, hogy iránya és előjele értelmezhető. A belső, maradó feszültségek kiterjedésüket tekintve hagyományosan három csoportba sorolhatók [2]:

I. rendű feszültségeknek nevezzük azokat a belső feszültségeket, amelyek kiterjedésüket tekintve a darab befoglaló méreteivel azonos nagyságrendben vannak, összehasonlíthatóak vele. Ezeket másképpen makroszkópos feszültségeknek nevezzük. Ezeknek a feszültségeknek kialakulásában szerepet játszhat a darab képlékeny hidegalakítása, forgácsoló megmunkálás, hegesztés, nagyobb kiterjedésű darabok esetén, ha a lehűlést nem

*Filep Ádám szakmai életrajzát a 13. oldalon közzétettük.*

*Mertinger Valéria szakmai életrajzát 2017/2. számunkban közzétettük.*

1. táblázat. A vizsgált acél összetétele, m/m%

C	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Si	Fe
0,028	4,9	21,4	1,6	0,24	0,21	0,3	0,77	maradék

tudjuk precízen szabályozott keretek között végbevenni, bármiféle nagy hőmérsékletű technológia, mint például

keny alakváltozás mechanizmusának kristálytani irányoktól való függéséből következnek.

III. rendű vagy szubmikroszkópos feszültségeknek nevezzük azokat a feszültségeket, melyek kiterjedésüket tekintve néhány atomátmérő távolságon belül hatnak, s melyeknek oka rendre valamely kristályrácscon belüli rendellenesség: vakancia, interstíciós vagy szubsztitúciós atom, illetve minden egydimenziós rácshiba, azaz diszlokáció. Könnyű belátni, hogy adott (fém) kristályrácsba beépülő, idegen, az adott kristályrácsot alkotó atomoknál nagyobb átmérőjű atomok környezetében nyomófeszültség fog uralkodni, míg az ötvözet alapféménél kisebb méretű atomok körül húzott térfogatrész alakul ki. Éldiszlokációk esetén az extra sík két oldala nyomott, míg az extra síkkal szembeni térrész húzófeszültséggel terhelt.

Természetesen az egyes technológiai műveletek első, második és harmadrendű feszültségeket egyaránt előidézhetnek. Jelen kutatómunkánkban arra szeretnénk rámutatni, hogy a maradó feszültség változatos jellegét még egy, eddig kevésbé vizsgált tényező is befolyásolhatja, nevezetesen az, hogyha nem egyfázisú, hanem többfázisú rendszerben jön létre a maradó feszültségállapot, és a különböző fázisok mechanikai szempontból is eltérő tulajdonságúak. Maradó feszültség jelenlétekor az adott fázis kristályos rácsa rugalmasan deformálódik. Ha ez a lokális deformáció meghaladja a folyáshatárt, akkor megtörténik az alkatrész torzulása, makroszkópikus deformációja, vetemedése. Ennek az állapotnak a leírása azért problémás, mert folyáshatárt jellemzően makroszkópikus rendszerben szokás értelmezni. Az eddigiekből logikusan következik,

a hegesztés, öntés, hőkezelés, meleg képlékenyalakítást követő hűlés. A hőnek kiterjedt testekben való terjedésére vonatkozó törvényszerűségek szerint, a darab keresztmetszetében a hőelvonás irányából a darab közepe felé haladva egyre kisebb lehűlési sebességek okozta eltérő mértékű hődilatáció ún. hőfeszültséget idéz elő.

II. rendű vagy mikroszkópos feszültségeknek nevezzük azokat a feszültségeket, melyek kiterjedésüket tekintve a szemcsék átlagos méretével vannak azonos nagyságrendben. Ezeknek a feszültségeknek értéke, előjele, azaz iránya a szemcsehatárt átlépve megváltozhat. A jelenség oka az adott irányú alakító erőre különböző módon reagáló egymással határos eltérő kristálytani orientációjú vagy fázisú szemcsék eltérő mértékű alakváltozási hajlandósága. Az alakító erő hatására a környezetüknél kisebb mértékben képlékenyen alakváltozó szemcsék határain az alakítás irányában húzófeszültséget ébresztenek, az alakváltozásaik mértékének különbségével arányosan. Ezzel ellentétes hatással van a környezetére, de elviekben ugyanezzel a jelenséggel magyarázható, hogy az adott feszültséggel terhelt heterogén anyagi térfogatrészben az adott feszültségre nagyobb mértékben képlékenyen alakváltozó szemcse határain az alakítás irányába nyomófeszültséggel terheli a szomszédos szemcséket. Ez a másodrendű feszültség az adott térfogatrészben anizotróp módon ébreszt feszültségeket, mely a képlé-

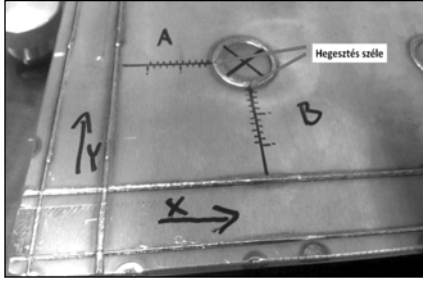
hogy nagyobb folyáshatárú ötvözet nagyobb maradó feszültség tartására képes [3, 4].

Jelen kutatómunkákban azt vizsgáltuk, hogy hegesztés hatására duplex acélban milyen feszültség-állapotok alakulnak ki az eddigi megfontolások alapján.

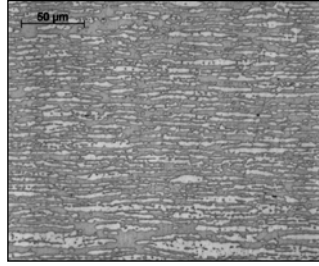
### Alapanyag és vizsgálati módszer

A vizsgálatok az 1. táblázat szerinti összetételű, az Andritz Kft. által, duplex lemezből gyártott hőcserélőből kivágott mintán történtek. A nagyméretű hőcserélőhöz két darab, kb. 1,5 mm vastag lemezt hegesztenek össze. Ezt elvégzik körben a szélén, illetve belül bizonyos távolságokra 20 mm átmérőjű kör alakú varratokkal rögzítik a lemezeket.

Ezután nagy nyomással fűjják fel, hogy ellássa funkcióját (1. ábra). A lemezből mintát vettünk szövetszerkezet, fázisazonosítás, rugalmassági modulus és Poisson-tényező meghatározására. A minta előkészítésénél sósavas kupriklorid-oldatot használtunk, amelynek összetétele: 5 g  $\text{CuCl}_2$ , 100 ml sósav (37%), 100 ml alkohol (96%). A szövet vizsgálatára Zeiss Axio Imager M1m típusú fénymikroszkó-



■ 1. ábra. A hőcserélő a hegesztési varratokkal, a vizsgálati helyek és irányok



■ 2. ábra. A duplex lemez szövetszerkezete (fénymikroszkópos felvétel)

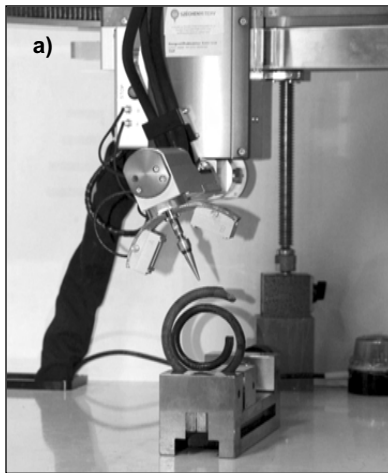
pot használtunk. A fáziselemzést egy  $\text{Co}$  röntgensóvel és Euler-bölcsovel felszerelt Bruker D8 Advance típusú röntgendiffraktométerrel végeztük el. A fénymikroszkópi csiszolaton jól látható, hogy a lemez soros kétfázisú szövetből áll (2. ábra). A röntgendiffrakciós vizsgálat ferrit- és ausztenit-fázisok egyértelmű jelenlétét igazolta. A fázisok reflexióinak arányaiból számítva a két fázis térfogatszázalékos megoszlása: a ferrit hányada  $65 \pm 21\%$ , az ausztenit  $35 \pm 16\%$ . Ez összhang-

ban van az irodalom alapján ismert értékekkel. Maradó feszültség vizsgálata központ nélküli röntgendiffraktométerrel

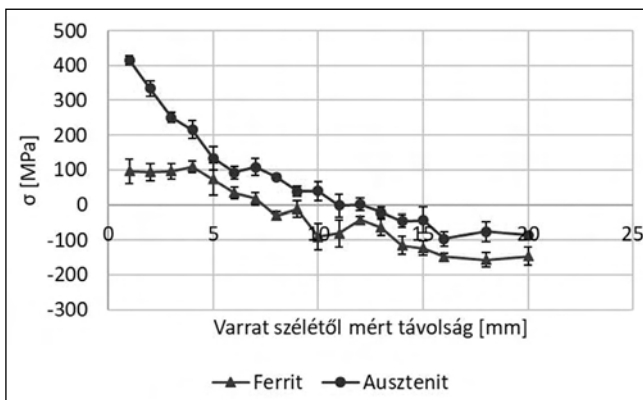
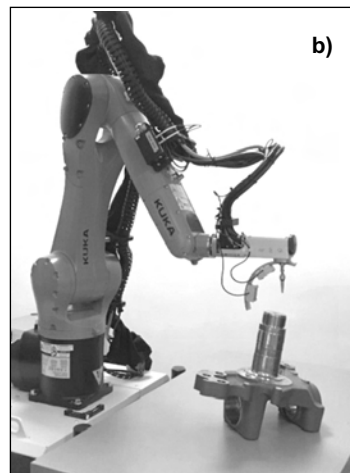
Mivel a kristályos anyagban a rugalmas maradó rácsfeszültség hatására a távolsága megváltozik, ennek mérésével visszaszámolható a feszültség. Tehát maradó feszültség mérésekor az adott  $d_{hkl}$  rácssíktávolság-változás okozta Bragg-szög eltolódást mérjük. Ennek alapján az adott irányú feszültség az ún.  $\sin^2\psi$  módszerrel meghatározható:

$$\sigma = \frac{d_\psi - d_0}{d_0} \cdot \frac{E}{(1 + \nu) \sin^2 \psi} \quad (1)$$

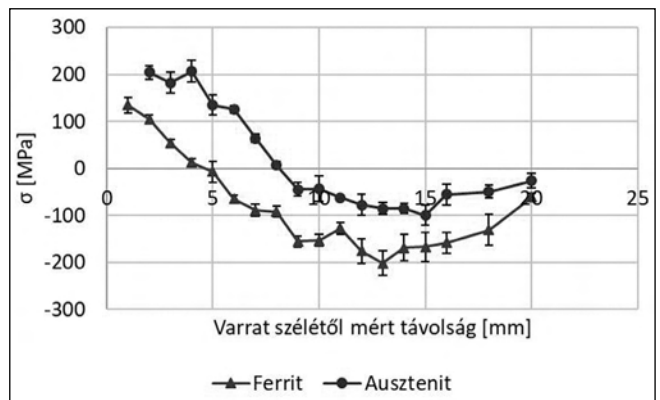
ahol:  $d$  az adott Miller-indexű síksorozat távolsága (normál =  $d_0$ ), illetve az az  $\psi$  szöveget bezáró irányban ( $d_\psi$ ),  $E$  a rugalmassági modulus,  $\nu$  pedig a Poisson-tényező. Ez azt jelenti, hogy a rácssíktávolságot legalább két irányból kell mérni. Az általunk alkalmazott berendezés egy középpont nélküli (centerless) elrendezésű, célzottan maradó feszültség és maradék ausztenit meghatározására fejlesztett röntgendiffraktométer. A berendezés a centerless kiképzésnek kö-



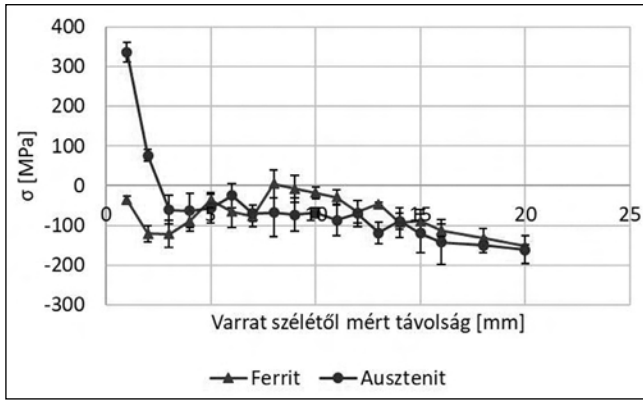
■ 3. ábra. Központ nélküli röntgendiffraktométerek a Fémteni Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben a) Stresstech G3R b) Stresstech XStress Robot



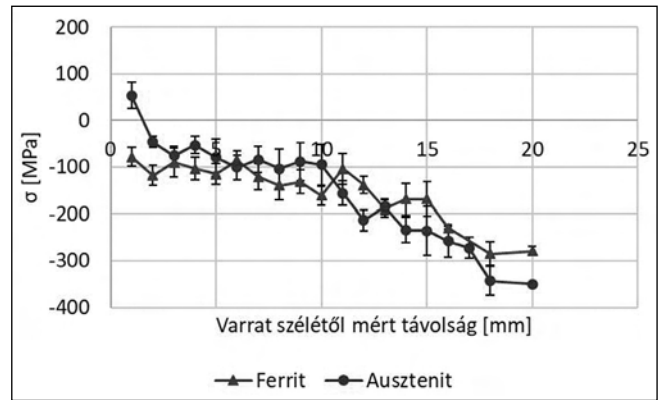
■ 4. ábra. A vizsgált lemez feszültségeloszlása „A” mentén X irányban



■ 5. ábra. A vizsgált lemez feszültségeloszlása „B” mentén Y irányban



■ 6. ábra. A vizsgált lemez feszültségeloszlása „A” mentén Y irányban



■ 7. ábra. A vizsgált lemez feszültségeloszlása „B” mentén X irányban

szönhetően alkalmas in situ maradó feszültség meghatározására, nincs szükség mintavételre, mint a hagyományos, többfunkciós Euler-bölcsővel ellátott diffraktométerek esetében. A hagyományos elrendezésű diffraktométerek sugárforrásának és detektorának egyazon közös tengely körül és egy síkban kell egymáshoz

képezt is meghatározott sebességgel szögelfordulást végezniük, miközben a vizsgálandó mintát ebbe a közép-pontba helyezve kell szabályozottan dönteni, elfordítani. Minden ilyen szögelfordulást nagy pontossággal kell végezni. Belátható, hogy a finomechanikával mozgatható minta mérete limitált. Az általunk használt berendezés a detektor és a sugárforrás egymáshoz képesti szabályozott elmozdulásnak követelményét vonal-detektor alkalmazásával oldja fel. A rögzített szögtartomány intenzitás eloszlásának regisztrációja a vonal-detektor mentén történik. A vizsgált minta mozgása helyett a goniométert (azaz a röntgenszó és a detektorok együttesét) dönti a vizsgált pont felett a mérés számára szükséges pozícióba. A fent említett konfiguráció megvalósítására különböző mozgási szabadságot biztosító megoldások vannak. Intézetünk kétféle konfigurációval is rendelkezik. A lehető legnagyobb szabadságot egy KUKA robotkarra szerelt diffraktométer biztosítja. A kétféle konfigurációt mutatja be a 3. ábra. A maradó feszültség fázisszelektív meghatározásához két különböző röntgenszóvet használtunk. Erre azért volt szükség, hogy a mérhető reflexiók a megfelelő szögtartományba essenek.  $2\theta > 120^\circ$  szög-

2. táblázat. Különböző forrásokból származó rugalmas konstans értékek

		Adott fázisra		Tömbi anyagra
		Mért adat (saját)	Irodalmi adat	
E [GPa]	ferrit	257	211	200
	ausztenit	201	196	
ν [-]	ferrit	0.3	0.3	0.3
	ausztenit	0.25	0.28	

tartomány szükséges, hogy a maradó-feszültség-mérés eredménye kellő pontosságú eredményt adjon [2], a  $180^\circ > 2\theta$  pedig geometriai korlát. A Bragg-egyenlet alapján a következő összefüggés áll fenn a röntgensugár hullámhossza és a reflexió szöghelyzete között:

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta \quad (2)$$

ahol:  $n$  pozitív egész szám,  $\lambda$  a röntgensugár hullámhossza,  $d$  a rácstávolság,  $\theta$  a reflexió szöghelyzete.

Ez alapján egyetlen röntgenszó használatával nem biztosítható, hogy mindkét fázis esetén legyen a megfelelő szögtartományba eső reflexió. Bár Cr cső használatával az ausztenit (211) reflexió helyzete  $128,8^\circ$ , azonban ez a tartomány szélére esik, a számításunk kevésbé lenne pontos. Ezért a vizsgálatok során Cr, illetve Mn röntgenszóval mértünk. A kiértékeléshez Cr cső esetén a ferrit {211} reflexióját, míg Mn cső esetén az ausztenit {311} reflexióját használtuk. A diffraktométerekkel egy adott fázis egy bizonyos síksorozatának távolságában ( $d$  értékében) bekövetkező változást mérjük, viszont felmerül a kérdés, hogy milyen rugalmas konstansokkal ( $E, \nu$ ) végezzük a számítást.

Ennek a kérdésnek a megválaszolására a Stresstech által rugalmassági modulus in situ meghatározására alkalmas berendezését használtuk, ami négy pontos hajlító igénybevétel megvalósítására képes. A berendezés szabályozható elmozdulás és a hajlító erő nagysága szerint. Az ábrán fekete nyilak jelölik a megtámasztás helyét, fehérek a hajlító erő támadási vonalait.

Elvégeztük az egyes fázisokra vonatkozó rugalmas konstansok meghatározását az EN-15305 szabvány szerint. Eszerint öt lépésben kell terhelni a mérendő mintát a folyáshatárának 70%-ától 5%-áig. A 2. táblázatban vannak feltüntetve a különböző forrásokból származó rugalmassági konstansok értékei. Látható, hogy rugalmassági modulusokban a ferritnél mutatkozik nem túl jelentős eltérés a mért és az irodalmi adat között. A Poisson-tényező értékében a ferritnél nincs, az ausztenitnél pedig csak kismértékű az eltérés.

### Mérési eredmények

A két fázisra meghatározott maradó feszültség eredményeket, az 1. ábra szerinti mérési helyek alapján két irányban mérve mutatja a (4–7. ábra).

Ezek közül az első két ábrán látható a varratra merőlegesen fellépő feszültségeloszlás. Az ausztenit eredményei a ferrithez képest a húzófeszültség felé tolódnak kb. 100 MPa értékkel. A varrat közelében 200, ill. 400 MPa húzófeszültség mérhető, ez fokozatosan épül le, a varrattól 15 mm-re már 100 MPa nyomófeszültség ébred. Ferrit esetében a varratnál 100 MPa húzófeszültségből indulunk és

150 MPa nyomófeszültségig változik az érték. B-Y esetében 15 mm után a görbe enyhe emelkedése figyelhető meg. Az erre merőleges irányban a két fázis feszültségértékének különbsége nem erőteljes. A varrattól 5-10 mm-ig 0–100 MPa nyomófeszültség mérhető, ettől távolodva a nyomófeszültség valamelyest nő. A-Y esetében csak enyhén, – 150 MPa-ig, B-X esetén – 300-tól – 350 MPa-ig. A varrat közvetlen közelében minden esetben a görbék emelkedése figyelhető meg, azonban csak az ausztenit esetén lép át húzófeszültségbe. A két fázis különbsége (ebben az irányban mérve) egyedül itt figyelhető meg: B-X esetén 50 MPa-ig, A-Y esetén 350 MPa-ig emelkednek a görbék.

### Összefoglalás

Ausztenit-ferrit fázisokból álló hegesztett duplex acélon végeztünk maradó-

feszültség-mérést röntgendiffrakciós módszerrel. A kiértékeléshez szükséges rugalmas konstansokat egy speciálisan erre kialakított berendezéssel is meghatároztuk. A varrat közelében mért feszültségadatokat tekintve a két fázisban eltérés mutatkozott. Az ausztenitfázis értékei jellemzően a húzófeszültség felé tolódnak kb. 100 MPa-lal, ez a varrat közelében még jelentősebb, akár 350 MPa is lehet. A ferritben a maradó feszültség nyomó irányba tolódik, a két fázis maradó feszültségének különbsége főleg a varrattal párhuzamos irányban minimálissá válik.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal NKFIH K119566 projekt és az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3-III kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

### Irodalom

- [1] Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel, ASM International 2008, USA pp: 347–358
- [2] Dr. Bárczy Pál, Dr. Fuchs Erik: Metallográfia I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1981
- [3] Rim Dakhlaoui, Chedly Brahma, Andrzej Baczmanski: Mechanical properties of phases in austeno-ferritic duplex stainless steel—Surface stresses studied by X-ray diffraction, Materials Science and Engineering A 444 (2007) 6–17.
- [4] R. Dakhlaoui, A. Baczmanski, C. Braham, S. Wronski, K. Wierzbanski, E.C. Oliver: Effect of residual stresses on individual phase mechanical properties of austeno-ferritic duplex stainless steel, Acta Materialia 54 (2006) 5027–5039

## Beszámoló metallurgiai szakmai napról

Az MTA Veszprémi Területi Bizottságának (VEAB) Metallurgiai Munkabizottsága közösen az MTA Miskolci Területi két Munkabizottságával – a Metallurgiai Munkabizottsággal és a Felülettechnológiai és Korrozóvédelmi Munkabizottsággal – szakmai napot tartott a veszprémi Akadémiai Bizottság székházában Veszprémben, 2019. május 15-én. A szakmai nap témája a hazai tulajdonban lévő metallurgiai cégek helyzete és fejlesztési célkitűzései az észak-dunántúli régióban.

Horváth János, a VEAB Metallurgiai Munkabizottság elnöke megnyitójában azt hangsúlyozta, hogy a területi munkabizottságok legfontosabb feladata, hogy teremtsenek együttműködési lehetőséget az ipar és a kutatás között. A jelen szakmai napnak is az volt a célkitűzése, hogy a jelenlevők megismerjék a régióban működő legjelentősebb hazai tulajdonú cégek első számú vezetői előadása alapján az aktuális műszaki fejlesztési feladatokat.

Három színvonalas előadást hallgathattak meg a résztvevők.

Győri Imre, a Magyarmet Kft. ügyvezető igazgatója elmondta, hogy cége 100%-ig magyar tulajdonban van, és hazai piacvezető a precíziós öntészeti termékek gyártásában. Termékeiknek 80%-a exportra kerül. Közel 300 alkalmazott dolgozik a cég két telephelyén. A céltermék előállítására anyagvizsgálattal, modellezéssel kezdődik, majd a megfelelő technológia és a berendezés megválasztására kerül sor. Tervezik a metallográfiai vizsgálatok további fejlesztését, valamint a cég informatikai és a papíralapú ügyvitelének teljes átalakítását. Kiemelte a műszaki fejlesztés fontosságát, és a gyorsaságot a vevők igényeinek kielégítésében.

Penk Márton, a Martin Metals ügyvezető igazgatója előadásában elmondta, hogy cégük alumíniumipari alapanyagok gyártásával és a színesfémek kereskedelmével foglalkozik. Az értékesítés három raktárházukban történik. Részletesen ismertette az egyes termékek gyártási technológiáját, az öntészeti alumínium, valamint a képlékeny alakítású alumíniumötvözetek előállítását. Is-

mertette az alumíniumhulladékok feldolgozására alkalmazott technológiájukat, kiemelve, hogy fejlesztésük az olvasztókemencék kapacitásnövelésére irányul.

Németh Tamás, az INOTAL vezérigazgatója előadása első részében hagyományos termékeik fejlesztési célkitűzéseit mutatta be. A második részben a internetes demonstráció felhasználásával egy igen érdekes alakítási technológiáról számolt be. Ez jelenleg még kísérleti fázisban van, de közel állnak az ipari alkalmazáshoz.

Az előadások után szakmai megbeszélésre került sor.

Horváth János beszámolt a VEAB 46. közgyűléséről. Az MTA közgyűlése a régióhoz tartozóan három akadémiai levelező tagot választott meg: Gelencsér Andrást, a Pannon Egyetem rektorát, Padisák Juditot, a Pannon Egyetem Környezettudományi Intézet igazgatóját és Veisz Ottót, a Martonvásári Mezőgazdasági Kutatóközpont igazgatóját. Gratulálunk!

Horváth János

## Kutatók – Mire számíthatunk és miért?

Interjú Kaptay György kohómérnökkel, az MTA levelező tagjával, a kutatói életpálya tudatos tervezhetőségéről, lehetséges kimeneteleiről. Készítette dr. Tóth László

### 1. Megfogalmaztál egy kiváló, adatokkal alátámasztott életmodellt. Kiknek, melyik generációnak?\*

A cikkünket elsősorban a fiatalabb generációnak szántuk, bár tanulságos lehet az idősebb generációnak is. A fiatalok eldönthetik, hogy követik-e az általunk kidolgozott receptet. Az idősebbek abba nyerhetnek bepillantást, hogy milyen irányban változik a világ. A fiatalok közül elsősorban a vidéki fiatal oktatók/kutatók a célközönség. Az elmúlt évben azt tapasztaltam ugyanis, hogy a BME-ről rendre 40 év alatt, míg a Miskolci Egyetemről rendre 50 év felett jutnak el a kollégák az MTA védésig (ha eljutnak egyáltalán). Ez számomra azt jelenti, hogy a cikkben leírtak a BME-s kollégák számára ma már unalmas közhelynek számítanak, míg a vidéki kollégák számára még sajnos ma is bírnak újdonságtartalommal.

### 2. Vajon azon körülmények, amelyek most, e pillanatban fennállnak és gondolataidat iniciálták, érvényesek lesznek akkor is, amikor a te recepted szerint beérik 30-50 év múlva?

A jövőbe egyikünk sem lát, én sem. Mégis úgy gondolom, hogy erre van esély. A tudománymetria az 1970-es években az USA-ban indult, és először ott váltak ezek a mérőszámok a kutatói/oktatói karriernek kritériumává. Azóta ez elterjedt az egész világon. Nemcsak a fejlett nyugati világban, hanem Dél-Amerikában, Ázsiában és a környező kelet-európai országokban is. Bennünket, magyar műszaki

értelmiséget ez a folyamat kb. 20 éve ért utol. A vidéki műszaki felsőoktatás egyelőre próbál úgy tenni, mintha ez a világtrend nem létezne, de a VALÓSÁG idővel őket is utoléri. A fent említett különbség a BME-s és nem-BME-s MTA védési életkorok között például oda fog vezetni, hogy a tudomány és a tudománypolitika csúcsait még a mainál is erőteljesebben a BME-s kollégák fogják uralni. Ez persze nem feltétlenül baj. Mindenesetre, ha vidéken van ambíció arra, hogy ebbe ők is beleszóljanak, akkor nincs más út, csak az, amit a cikkben leírtunk. Ehhez persze hozzátartozik, hogy magán a tudománymetrián belül is vannak időfüggő hangsúly-eltolódások, pl. a kumulatív impaktfaktort fokozatosan szorítja ki a h-index, és magát az impaktfaktort a Scopus/Scimago Q1 – Q4 indexei, ez utóbbiak azonban az Elsevier körüli események miatt kerültek veszélybe. Egy dolog azonban biztosan állítható h-tól és Q-tól függetlenül: ahhoz, hogy valaki hazánkban (vagy akárhol másfelül, talán Észak-Koreát leszámítva) a tudomány csúcsára érjen, minél többet kell publikálnia a világ vezető folyóirataiban az éppen aktuális világnyelven, ami ma az angol.

### 3. Egy-egy generáció adott korban, környezetben, többnyire elfogadott elvek szerint szocializálódik, kialakul bennük egy életcél, amit szeretne megvalósítani, pl. az MTA tagja szeretne lenni. Ehhez azt kell tudatosan csinálni, amit leírtál? Biztos vagy te ebben? Lesz-e egyáltalán Magyar Tudományos Akadémia? Ugyanez a tudományos elismerési mechanizmus fog működni?

Hogy lesz-e MTA, ez ma főleg politikai kérdés. Én azt gondolom, hogy lesz, még ha redukált funkciókkal is. Az elmúlt években az Akadémia egyben volt tudós társaság, a tudományt művelők társasága (a kutatóintézeteken keresztül) és kutatást finanszírozó társaság (pl. az OTKA-n keresztül). A mai politikai akaratot elnézve úgy tűnik, hogy a jövőben az MTA „csak” tudós társaság marad, de szelektált társaság, ahová tartozni feltehetőleg a jövőben is presztízsz marad, és így egyik célja (álma) lesz a magyar kutatóknak. Ha azonban az MTA szelektált tudósok társasága marad, akkor szüksége lesz egy szelekciós elvre (isten ments, hogy a politika ide is betegye a lábát). Ez ellen a tudomány csak úgy védekezhet, ha kidolgozza a saját belső értékelési/szelekciós rendszerét. Ha ez nem objektíven mérhető számokon fog alapulni, hanem csak szavakon, pl. megnevezzük „hazánk nyilvánvalóan legrangosabb tudósát”, ahol az objektív mérést a „nyilvánvalóan legrangosabb” jelző helyettesíti, akkor a szelekció összemosódik a politikai korrupcióval. Ezért az MTA tagsága csak úgy tartható meg vegytiszta állapotában, ha elfogadja a nemzetközi tudományértékelési elveket és a miénknél objektívebb, minőségileg szelektáló tudományos adatbázisok elsőbbségét, mint pl. a Scopus, vagy a Web of Science (de nem a Google Scholar, vagy az MTMT). Visszatérve kérdésedre azt persze garantálni nem tudom, hogy a magyar politika meg fogja őrizni az MTA-t, és egyáltalán a magyar kutatókat. Azt azon-

ban tudom garantálni, hogyha egy fiatal magyar kutató az általunk leírt receptet követi, akkor ha véletlenül menekülnie kell, a nemzetközileg is látszó eredményei lesz az „útlevél” a világ összes kutatóintézetébe és egyetemére, ahová viszont látható és bizonyított eredmények hiányában nem fogják felvenni, ha nem követi ezt a receptet. Pont a múlt héten jártam Padovában (a világ egyik legrégebbi egyetemén), ahol az olasz kollégák „viccből” megnézték a Scopusban a h-indexemet. Két kattintás után mondtak valamit olaszul (talán azt, hogy „huszonnégy”), aztán ezek után egy pillanatra csend lett, majd felajánlották, hogy kössön a Miskolci Egyetem együttműködési szerződést (hallgatói és oktatói csere) a Padovai Egyetemmel. Ebbe persze gondolkodás nélkül beleegyeztem, bár az aláíró nyilván nem én vagyok. Innen az következik, hogy az olasz oktatói/kutatói világ is valószínűleg ugyanattól a „betegségtől” szenved, amit a cikkünkben leírtunk.

**4. A „recepted követő modell”, azaz csináld így és akkor ez és ez a kimenet! Ez egy determinisztikus szemlélet, amelyben nincs helye a „szemlélő, alkalmazkodó, megújuló, kreatív” elmének, holott ezen elmék (majdnem) minden társadalomban a legkívánatosabbak, a társadalom motorjai. A „csináld így” elmék inkább a diktatórikus közösségek „szürke eminenciásai”.**

A mi cikkünk csak arról szól, hogy miután a kívánatosan kreatív magyar elme elért egy tudományos eredményt, azzal mit kezdjen. Tárolhatja pl. az asztalfiókjában, vagy megjelenítheti magyar nyelven egy messziről sajnos nem látszó szaklapban, de megjelenítheti a világ legjobb szaklapjában is. Szerintünk az utóbbi a célravezető mindenféle szempontból. Ha valaki egy diktatórikus rendszer szürke eminenciása, az véleményem szerint nem a mi cikkünk hatására válik azzá, és sajnos az ő szürke, de mégoly nagy serénységgel elért eredményeit nem fogják a világ legjobb szakmai lapjai publikálni. Tehát igen, hazánkban kreatív, önálló gondolkodásra és véleményalkotásra alkalmas egyéniségekre van szükség-

ge. Ez nem azt jelenti, hogy egyes politikusainknak is rájuk lenne szükség, de véleményünk szerint a magyar társadalomnak rájuk van szükség.

**5. A „recepted évi 5+1 cikk” koncepciót elfogadva a magyar szakmai közéletet rombolnánk le (romboltuk le), mert tudsz-e napjainkban felmutatni egy Verő József, Geleji Sándor, Gillemot László, Zorkóczy Béla, Sályi István, Zambó János, ... generációt, akik képviselték egy-egy szakmai terület tudásanyagát és szakkönyvkészletét (nemzetközi mércével mérve, hiszen magyar nyelvű könyveiket fordították idegen nyelvekre). Hazánkban pedig ilyen zászlóvivőkre lenne szükség, nem sok „kiskakasra”!**

Minden tiszteletem az említett zászlóvivőké, ők becsülettel és szakmai sikerekben leéltek egy életet a saját korukban. Ez a kor azonban megváltozott, amiről nem mi tehetünk, a történelem „megtörtént” velünk. A mi feladatunk az, hogy a saját korunk zászlóvivőivé váljunk. Félek tőle, hogy a mi könyveinket már senki sem fogja magyarról angolra fordítani. Amikor nagy elődeink magyar nyelvű könyveivel ez megtörtént, a világ tisztában volt azzal, hogy itt értékek születnek, de politikai okokból azok az értékek nem születhettek meg angol nyelven, ezért érdekük volt, hogy energiát fordítsanak a lefordításukra. Itt ma is értékek születnek és a világ ezt ma is tudja. De a világ azt is tudja, hogy ma már ezen értékek nagy része itthon is angol nyelven íródik, ezért ma már felesleges nekik azzal foglalkozniuk, hogy magyarról fordítsanak. Ez olyannyira így van, hogy a napokban megjelent OTKA kiírás szerint a magyar pályázóknak a magyar állam felé benyújtandó pályázataikat angol nyelven kötelező beadniuk, kivétel néhány hungarikum, aminek magyar nyelvű beadására előzetesen engedélyt kell kérni. Visszatérve a zászlóvivőkre: hidd el, az új zászlóvivők itt járkálnak közöttünk, de a kiemelkedő és velünk egykorú (sőt, pofátlanul fiatalabb!!!) egyéniségekre a plebs inkább irigységgel, mint csodálattal néz, ami emberi magyar természetünk természetes kö-

vetkezménye. A mai zászlóvivőknek tehát először meg kell halniuk, hogy az utókor majd zászlóvivőknek lássa őket (ezért persze nem érdemes meghalni). Ez nem jelenti azt, hogy minden „kiskakas” egyben zászlóvivő is, de az szinte biztos, hogy abban, aki még kiskakassá sem képes válni, kis valószínűséggel rejtőzik ZÁSZLÓVIVŐ.

**6. Abban igazat adok neked, hogy „recepteddel” magyarázhatók egyesek, az életük delén elért eredményei, pozíciói, de azt viszont nem tudjuk, hogy ők milyen feltételek, elvek szerint szocializálódtak. Az, hogy mindez bekövetkezhetett „a rendszer működési hibája”, mert már régen ki kellett volna, hogy vessen azokat, akik nem nemzetközi szinten validált tudással állnak katedrán. Erre a feladatra csak hazánk „vezető szakmai értelmisége” hivatott. A „szakmai” jelző hazánkban elismert, nemzetközi szinten ismert szakembert takar. Az „értelmiségi” lét pedig nem csupán a 2-3 idegen nyelv társalgásszintű tudását, hanem számos más létformát is magába foglal. Te hogy látod mindezt?**

Igen, ez így van. A magyar társadalom ezer gonddal küzd, de alapproblémája még mindig ugyanaz, amit Ady megfogalmazott: reménytelenül csapong Kelet és Nyugat között. 30 éve újra elindultunk a vad keletről Nyugat felé, de ma úgy tűnik, hogy visszafordultunk és újra „kelet” felé, az autokráciák felé nyitunk kívül is, belül is. Az autokrácia pedig nem egyeztethető össze a független értelmiségi léttel, avagy csak ideig-óráig. Ezért amit ma rendszerhibának nevezel, az a „hiba definíciójától” függ. A társadalomtudományoknak azonban sajnos nincsenek természettudományos alapjai, így az is megítélés és politikai kurzus függvénye, hogy mi a hibás és mi a helyes viselkedés. Ezért az a recept, amit a cikkünkben leírtunk, nem feltétlenül örök érvényű. Sajnos nem zárható ki, hogy jövő magyar egyetemi tanárainak és akadémikusainak kiválasztásakor nem a nemzetközi mércével mért tudományos kiválóság, hanem a nemzeti

mércével mért „valami más” lesz a kritériuma. Mi a cikket abban a meggyőződésben írtuk, hogy a mi „nyugati” értékrendünk szerint ez a siker kritériuma. Én remélem, hogy hazánkban ez a kritérium marad meg, de garancia erre nincs. Garancia arra van, hogy ha ne adj’isten innen menekülni kell, akkor a fejlett országok kutatóintézetei azokat fogják befogadni, akik a receptünk szerint élik kutatói életüket. Boldognak persze nem csak kutatóként lehet lenni...

### **7. Az aktuális „alkalmazkodási modell” egy új eleme a „sokszerzős publikáció” készítése, miközben a tudományos fokozatok, ösztöndíjak „egyéni teljesítményhez kötöttek”. Látsz-e elfogadott konverziós mechanizmust a két dolog között?**

A többszerzős publikációknak van létjogosultsága, amennyiben egy új minőségi tudományos eredmény (különösen, ha kísérleti méréseken alapul) egyre több szaktudást és emiatt egyre több szerzőt igényel. Az én cikkeim fele ilyen, a másik fele pedig egyszerűs elméleti cikk. A probléma azzal van, hogy sajnos egyre inkább terjednek az etikátlan módon sokszerzős cikkek, aminek hajtóereje az, hogy ezekre statisztikailag több hivatkozás érkezik és ráadásul általában minden szerző úgy számolja el ezeket, mintha azok kizárólagosan a saját személyes eredményei lennének. Az MTA Műszaki Osztályán és a BME Gépész Kari Doktori Iskolájában már figyelembe veszik a társszerzők számát (osztják velük az eredményt), de ez főleg a cikkek számára érvényes. Azonban a hivatkozások számában ezt a paramétert még nem veszik figyelembe annak dacára, hogy a h-index főleg ebből következik. Ennek ellenére én örök optimista-ként a konvergencia kezdetének

tekintem azt, hogy legalább a primer eredményt (a cikkek számát) már osztják a szerzők számával (megjegyzem, hogy az MTA-nak több olyan osztálya van, ahol még ezt sem teszik meg). Én azt gondolom azonban, hogy ezen tovább kell lépni és a hivatkozások számát is osztani kell a hivatkozott cikk szerzőinek a számával ahhoz, hogy az egyéni eredményt korrekten meg lehessen becsülni.

### **8. Végül, záró gondolatként. Szabad-e megfogalmazni EGYSÉGES kritériumot a tudományos teljesítmény eléréséhez? Szerintem nem (!), mert ugyanolyan helyes, szép, okos lehet egy barna, szőke vagy fekete hajú hölgy még ráadásul különböző öltözetekben. Ugyanígy a tudományos teljesítmények összehasonlítása sem egyszerű, de talán nem is célszerű, hiszen az eltérő tudományterületek „élettere” érvényesülési környezete, feltételei eltérők. Te ezt hogy látod?**

Ami a barnákat, a szőkéket és a feketeiket illeti, tőlem jöhetnek a vörösök is, bár a kékre festett hajúak nekem már nem annyira jönnek be. De ne értsük félre egymást: én nem a tudományos teljesítményt akarom egységesíteni, hanem azt állítom, hogy a műszaki tudományokban egységesen minden publikálnak az az érdeke, hogy ha publikál, akkor azt a világ legjobb szakmai lapjában tegye. És persze dönthet úgy, hogy nem publikál, vagy nem ott publikál. E kettő végeredménye között sajnos nehéz különbséget tenni. Ezért én azt gondolom, hogy ha valakit e mezőnyből pozitívan el kell ismerni, akkor azt ismerjük el, aki minél többet és a világ minél jobb folyóirataiban publikál. És ezt nem tekintem az egyén individuum elleni támadásnak, az egyén egységesítésének.

### **9. Tapasztalataid, érzésed, meglátásod szerint az ALAP- vagy ALKALMAZOTT kutatást folytatóknál nagyobb az általad preferált „publikációs hajlam”?**

Természetesen az alapkutatók publikálnak többet. Ennek egyszerű oka van: az alkalmazott kutató jellemzően eladja a tudását a megrendelőnek, utóbbi pedig joggal gondolja, hogy neki az új tudásra kizárólagos joga van, és ezért letilt bármilyen publikációt. Sajnos én is túl sokszor (többször értelmetlenül) lettem letiltva a megrendelők által a Bay Zoltánnál töltött 13 évem alatt. Van olyan megrendelő, aki ezt olyan mértékben viszi túlzásba, hogy még szabadalmaztatni sem enged, még úgy se, ha felajánljuk neki a szabadalom többségi tulajdonjogát. Ez már extrém viselkedés, a feltételeket az alkalmazott kutatási szerződések előkészítésénél kell tisztázni (persze általában „van az a pénz”, különösen a főnökség szerint...). A legsikeresebb alkalmazott kutatók azonban nem azok, akik csak azt az alaptudást próbálják eladni, amit az iskolában tanultak (mivel ekkor túl sok a versenytárs és így túl alacsony az ár), hanem azok, akik képesek fokozatosan megújítani saját alaptudásukat is. Ők pedig ezt az alaptudást publikálhatják is a világ legjobb lapjaiban anélkül, hogy a megrendelő azt észrevenné, sőt azelőtt, hogy a megrendelő feltűnne a színen. Az MTA Műszaki Osztálya (szerintem helyesen) alapvetően az általunk leírt nemzetközi szintű publikációs – hivatkozási eredmények szerint szelektál, de pozitívan veszi figyelembe a műszaki alkotásokat és a szabadalmakat is. Kizárólag az utóbbiakat azonban nem értékeli. Végül is ez érthető, hiszen ez nem a Magyar Műszaki Alkotók Társasága, de még csak nem is a Magyar Feltalálók Társasága, hanem a Magyar Tudományos Akadémia.

### **A szerkesztőség megjegyzése az interjúhoz:**

*Az eredeti cikkben a szerzők a mai viszonyok és ismeretek alapján tesznek megállapításokat, és rajzolnak fel egy lehetséges kívánatos jövőképet. Hogy a közeljövőben, 5-10-20 év múlva mi lesz a kutatói pályán az elvárt követelmény, azt nehéz megjósolni.*

# A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar hírei

• 2019. április 24-én a Műszaki Anyagtudományi Kar partnervállalataival közösen Anyagmérnöki és Vegyészmérnöki Duális Workshopon látta vendégül a duális képzés iránt érdeklődő anyagmérnöki és vegyészmérnöki jelentkezőket. A rendezvényen a Karral együttműködő 60 partner közül 17 cég jelent meg kiállítóként. A Workshopon közel 100 fő vett részt, elfoglalva a Kar Dékáni Hivatalának folyosóját. Az érdeklődőket *dr. Palotás Árpád Bence* dékán köszöntötte, majd *dr. Mende Tamás* dékánhelyettes ismertette a duális képzés részleteit. A különböző specializációk szakmai hátterét, vállalati partnereinek listáját a specializációk vezetői, képviselői mutatták be. Az előadások mellett hosszabb idő állt rendelkezésre a cégek standjainak felkeresésére, majd tematikus, interaktív laborbemutatókon is részt vehettek a továbbtanulni vágyó fiatalok. A rendezvény hidegtálás fogadással és kötetlen vállalati eszmecserével zárult.

• 2019. április 30-án ismét középiskolás lányokat fogadott a Miskolci Egyetem. A 7. alkalommal megrendezett Lányok Napja országos rendezvénysorozat idei állomásán a lányok a Miskolci Egyetem három műszaki karára tehettek – előzetesen regisztráltak – látogatásokat. Színes bemutatók, érdekes előadások szerepeltek ez évben is a programban. A rendezvény főszervezője, *Roneczné Ambur-Tóth Judit*, a Nők a Tudományban Egyesület (NATE) észak-magyarországi regionális vezetője, karunk Dékáni Hivatalának arculati szakértője volt.



• Úrtechnológiai Szakmai Napot tartottak 2019. április 12-én a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. A rendezvényt az OMBKE LEAN szakcsoportja, valamint az OMBKE Egyetemi Osztálya szervezte. A rendezvényen többek között *dr. Roósz András*, valamint *dr. Bárczy Pál* tartott előadást az érdeklődőknek,

akik között középiskolás diákok, hallgatók és oktatók, valamint vállalati szakemberek voltak jelen.

• A 2018/2019. tanév II. félévében a Műszaki Anyagtudományi Karon 54 fő szerzett oklevelet. 2019. június 27-én a Miskolci Egyetem Nyilvános Ünnepi Egyetemi Szenátusi Ülésén 51 ifjú mérnök (7 fő BSc-szinten, 43 fő MSc-szinten, 1 fő a régi egyetemi szintű képzésben) vette át oklevelét a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánjától, *dr. Palotás Árpád Bence* professzortól. A Diplomaosztó Ünnepségek keretében *Nagy Gábor* és *Orosz-Szirmai Georgina* PhD-oklevelet vett át.

*Mende Tamás*

## MultiScience – XXXIII. microCAD Nemzetközi Multidiszciplináris Tudományos Konferencia a Miskolci Egyetemen

A Miskolci Egyetem (ME) ez évben 2019. május 23–24. között 33. alkalommal rendezte meg a hagyományos nemzetközi multidiszciplináris konferenciáját MultiScience – XXXIII. microCAD elnevezéssel. A sorozat már több mint három évtizede ad évente lehetőséget a kutatások irányának és eredményeinek a bemutatására. A nyolcvanas években még az önmagában is jelentős újdonságtartalmat hordozó

számítógépes technika és a számítógépes alkalmazásokon alapuló kutatások bemutatására indította az Egyetem ezt az idők próbáját eddig kiálló konferenciasorozatot. Ezt tükrözte a közel harminc évig kizárólagosan használt „MicroCAD” elnevezés is. Időközben azonban a rendező intézmény műszaki, majd a nem műszaki kutatási területein dolgozó oktatókutatói is egyre szélesebbre nyitották

a felölelt tudományterületek spektrumát. Időközben az Egyetem minden kara és minden kiválósági központja egyaránt részt vállalt a saját szakterületeiket képviselő szekciók önkéntes és lelkes lebonyolításában. Így ez a konferencia, ahogy az Egyetem is, igazán multidiszciplinárisra vált. A nemes hagyomány mellett ezt is kifejezi a már hatodik éve használt összetett elnevezés. A nemzetközi tudomá-

nyos konferencia történetét, fejlődését és a – már jó ideje más neven nevezett, valamint más jellegű tartalmat is jelentő – „bányász”, illetve „kohász” szekciók fontosabb adatait a 30-éves jubileum kapcsán megjelent cikk foglalja össze (Harcsik–Simonné–Kékesi: „A Multi-Science – microCAD Konferencia fejlődése, mint a Miskolci Egyetemen folyó bányász-kohász kutatások tükré”, BKL-Kohászat, 149, 2, 2016, 38–42).

A Nemzetközi Tudományos Konferencia 2019. május 23-án plenáris programmal kezdődött, melyen dr. Monostori László, a MTA-SZTAKI igazgatója, valamint dr. Stanislav Kmet, a Kassai Műszaki Egyetem rektora tartott széles érdeklődésre számítható előadást. Ezt követően, a konferencia az alábbi táblázatban – magyarra lefordított megnevezésű – szimpóziумokban folytatta a programját:

kek DOI számmal rendelkeznek és a konferencia honlapján a <https://multi-science.uni-miskolc.hu/publication> címen lesznek elérhetőek rövid időn belül. A fenti táblázatban szereplő C és D szimpóziумok több szekcióra bontva zajlottak a nagyobb létszámok és az összetettebb területek miatt.

Az idei konferencián a külföldről érkezett résztvevők Horvátországot, Nagy-Britanniát, Lengyelországot, Szlovákiát, Németországot és Romániát képviselték. Ugyanakkor, a Miskolci Egyetemet képviselő előadók között közel 30 fő itt teljes egyetemi (doktori, illetve mester) képzésen tartózkodó távol-keleti, indiai, közel-keleti, pakisztáni és egyéb egzotikus országot is képviselő hallgató is szerepelt, akik fényesen bizonyították a kutatási témájuk iránti elkötelezettségüket és szorgalmukat.

A táblázatban közölt számok értel-

Mindazonáltal, jó lenne, ha a magyar földtudományi-bányászati és az anyagtudományi-kohászati szakemberek kihasználnák ennek a Miskolci Egyetemen évente megrendezett széleskörű nemzetközi találkozóznak az információszerzési és kapcsolatépítési lehetőségeit. Sőt, ilyen olcsón és helyben elérhető lehetőség a saját eredmények nemzetközi szintű tudományos publikálására – igaz, hogy csak angol nyelven – nem áll máshol rendelkezésre.

A konferencia alapvető célja azonban továbbra is a Miskolci Egyetem akkreditált tudományterületein tevékenykedő hazai és külföldi kutatóknak, szakembereknek és köztük nagy számban a PhD-hallgatóknak is elérhető lehetőséget biztosítani kutatási eredményeik bemutatására, az eredmények megvitatására, új szakmai és emberi kapcsolatok kiépítésére. Emel-

lett külön cél a Miskolci Egyetemen teljesült nagy volumenű központi finanszírozású kutatási projektek kapcsán létrejött és további projektekkal is támogatott módon tovább működő tudományos műhelyekben elért kutatási eredmények ismertetése, széleskörű bemutatása és terjesztése.

Szimpóziумok a MultiScience - XXXIII. microCAD nemzetközi tudományos konferencián		Külföldi előadó	Nem ME magyar előadó	ME előadó	Összes előadó	Megtartott előadás	Összes jelenlévő
<b>A</b>	Természeti erőforrás-gazdálkodás, földtudomány	3	0	8	11	10	14
<b>B</b>	Alkalmazott anyagtudomány és nanotechnológia	0	3	10	13	9	12
<b>C</b>	Természettudomány, informatika és automatizálás	1	15	4	20	18	24
<b>D</b>	Gépészet, energia- és vegyipar	2	0	25	27	26	38
<b>E</b>	Jogtudomány	1	1	21	23	23	26
<b>G</b>	Bölcsészlet, társadalomtudomány	2	0	8	10	8	11
<b>I</b>	Eötvös (Anyagtud.) Szimpóziум	7	0	22	29	27	50
Összesen		16	19	98	133	121	175

Az Eötvös-emlékév tiszteletére a Miskolci Egyetem Fémtani, Alakítás-technológiai és Nanotechnológiai Intézete dr. Roósz András akadémikus vezetésével és a Miskolci Akadémiai Bizottság (MAB) közreműködésével a belvárosban a MAB székházban tartotta az „Eötvös Szimpóziумot”, amelyen a Műszaki Anyagtudományi Kar magyar és külföldi hallgatói közel egyenlő arányban vettek részt előadóként, így is növelve a szimpóziум nemzetközi jellegét. Természetesen az egész konferencia munkanyelve az angol volt, ami nemcsak az előadásoknak, hanem az írásban megjelent és a szóban előadott változatainál is szigorú elvárás volt. A leadott szakcik-

mezéséhez hozzá kell tenni, hogy az A és a B jelű „bányász” és „kohász” érdekeltségű szimpóziумok csupán kb. 10 megtartott előadása, valamint az ezeknél, a levezető elnök és a titkár személyét leszámítva, esetleg csak 1-2 fővel több résztvevő által mutatott helyzetkép talán nem ennyire szomorú. Ugyanis éppen ez a két szakterület – közöttük elsősorban az anyagtudomány – rendezte meg külön is az „Eötvös Szimpóziумot” a Miskolci Egyetem Campusán kívüli különleges helyszínen. Így ez a két szakterület is legalább annyi résztvevőt tudott vonzani, mint az igen összetett D jelű, alapvetően gépész-informatikai, vagy az E jelű jogi szimpóziум.

A találkozó kulturális és kísérő rendezvényei közé tartozik a gálaest és díszvacsora, ahol a résztvevők találkozhatnak az Egyetem és a karok vezetésével, valamint a szekciók elnökeivel és titkáiraival. Ugyanitt nyílik lehetőség a szakmai együttműködést segítő személyes kapcsolatok építésére kötetlenebb formában is. Az eseményt a Miskolci Egyetem kohász ihletésű és – stílusosan – „Happy Metal” néven ismert zenekarának tematikus műsora is rendszeresen színesíti a tudományról, a kutatásról, a konferenciáról, valamint az egyetemi élet minden oldaláról szóló szövegekkel átírt közkedvelt melódiákkal.

**Kékesi Tamás**

## Emlékeztető a 2019. április 18-i OMBKE választmányi ülésről (kivonat)\*

Az ülést *dr. Hatala Pál* OMBKE elnök vezette le. Jelen volt a 16 választmányi tag közül 12 fő, így az ülés határozatképes volt.

Az első napirendi pontban az elnök a megnyitó után az előző választmányi ülést követő eseményekről, intézkedésekről számolt be, amelyek közül a jelentősebbek a következők voltak:

- „Hogyan tovább OMBKE?” rendezvény volt a Miskolci Egyetemen, ezután OMBKE bál Lillafüreden,
- a Miskolc városával megkötött együttműködési szerződés alapján Ózd városával is hasonlókat tervezünk,
- a Selmeci Diák hagyományokkal kapcsolatban ad hoc bizottság jött létre,
- a Fémkohászati Szakosztály 21. alkalommal rendezte meg ünnepi vezetőségi ülését, megemlékezve nemzeti ünnepünkről,
- megalakult az Ifjúsági Bizottság, melynek vezetője *dr. Szombatfalvy Anna*,
- a 125 éves „Jó Szerencsét!” köszöntés ünnepségen a vezetőség koszorúzott.

A második napirendi pont az OMBKE 2018. évi tevékenységéről és gazdálkodásáról, végül a közhasznúságról szóló beszámoló, valamint a 2019. évi terv volt. *Dr. Szabados Gábor* ismertette, hogy az OMBKE 2018-at továbbra is csekély pozitív eredménnyel zárta.

2019-re vonatkozóan felhívta a figyelmet a közhasznúság feltételére: szervezeti és gazdálkodási feltételekre és társadalmi támogatottságra.

*Boza István* könyvvizsgáló ismertette, hogy 2017-hez képest kb. 50%-ban

növekedtek a bevételek és a kiadások, amik a Clean Steel konferenciával kapcsolatosak. Az Egyesület normál tevékenységének bevétele általában 60-70 millió forint. Közölte, hogy a beszámoló egyes sorait megfelelő analitikával, valós bizonylatokkal alátámasztotta – ezek alapján javasolja a beszámoló elfogadását.

*Dr. Debreczeni Ákos*, az ellenőrző bizottság elnöke a lapok finanszírozásával kapcsolatosan „magánvéleményt” fejtett ki, és közölte, hogy a bizottság hivatalos álláspontját a közgyűlésen fogja ismertetni. Megállapította, hogy a 2019. évi terv azonos algoritmusokat tartalmaz, mint az előző évi. A tagdíjmelés ellenére 2018-hoz képest csökkenő bevételeket tapasztalnak.

Szabados Gábor válaszában kifejtette, hogy az új ügyvezetésnek rendelkezésére álló három hónap nem volt elegendő új algoritmusok kialakítására. A lapokkal kapcsolatban pedig javasolja, hogy a választmány a Kiadói Bizottságot kérje fel arra, hogy a tagság érdemi véleményének bevonásával tegyen javaslatot a megjelentéssel kapcsolatban.

*Ósz Árpád* kifejtette, hogy nem tudja támogatni a 2019. évi költségtervezetet, mert csökkenteni kell a közös költségeket. Szabados Gábor hozzászólásában ismertette azt a speciális gondot, hogy az OMBKE költségeinek csökkentésére valamikor alapítványok jöttek létre, de ezek most már versenyeznek a központi bevételekkel, mert több vállalkozás csak az alapítványokat támogatja. Ehhez kapcsolódva Hatala Pál megjegyezte, hogy az alapítványi támogatásokat a helyi OMBKE szervezetekkel közös célokra fordítják. A támogatást tehát az alapítványok kapják, pedig a helyi szervezetekért, azok tevékenységéért az OMBKE felelős, mert ő a jogi személy.

A Választmány a 2019. évi gazdálkodási tervet 1 ellenszavazattal és 2 tartózkodással fogadta el.

A következőkben pontban az egyesületi kitérítések kerültek napirendre, *Kőrösi Tamás* előterjesztésében. Egyértelmű többség fogadta el *Liptay Péter* tiszteleti tagságra való jelölését. A főtitkárhelyettesi posztra való jelölésről *dr. Károly Gyula*, a Jelölő Bizottság elnöke számolt be. Ismertette, hogy a bizottság 1 ellenszavazattal *dr. Szombatfalvy Anna* jelölését terjeszti elő. A vitában elhangzott, hogy nem zárható ki a kettős jelölés, amiről majd küldöttgyűlésen kell döntenie. A Jelölő Bizottság jelentését a választmány 4 tartózkodás mellett elfogadta.

Az 5. napirendi pont a Selmeci Diák hagyományok körül támadt viták tisztázása volt, evvel kapcsolatban egy elnöki ad hoc bizottság javaslatot készített, amelyet az érintetteknek megküldött. Végezetül az a döntés született, hogy elfogadják az ad hoc bizottság eddigi munkáját, és kéri, hogy folytassa azt, amíg egy egységes döntés meghozatala lehetővé válik. Az előterjesztést 1 ellenszavazattal, tartózkodás nélkül a választmány elfogadta.

A következő napirendi pontban *dr. Lengyel Károly*, az Alapszabály Bizottság munkájáról számolt be. Az előzetesen elkészített SZMSZ-tervezetet egy jogász véleménye alapján kiegészítette, ugyanakkor javaslatot tett, hogy a Választmány egyetértésével egy új alapszabály és SZMSZ a 2020. évi Küldöttgyűlés elé kerüljön előterjesztésre. A bizottság javaslatát a Választmány ellenszavazat nélkül elfogadta.

A következőkben Szabados Gábor ügyvezető igazgató a titkárság tevékenységéről számolt be és vagyoni politikai intézkedésre tett javaslatot. Ismertette, hogy a korábbi feladatok

\*A jegyzőkönyv, illetve az emlékeztető a választmányi ülésen készített hangfelvétellel leírata alapján készült, ami az egyesület honlapján ([www.ombkenet.hu](http://www.ombkenet.hu)) teljes terjedelmében megtekinthető.

közül az OMBKE könyvtárának rendezését elvégezték, az iratkezelés hiányosságainak felszámolása folyamatban van. Megindult egy új weblap készítése, és tervezik a gazdasági tevékenység kiszervezését is az egyesületből. Az Egyesület tulajdonában lévő antik bútor felértékelését el kell végezni, és ez alapján megfelelő

vevőt kell keresni. A Múzeum körüli ingatlan értéke jelenleg 80-100 millió forint, szemben a 7 millió forintos könyv szerinti értékkel. Az egyesület vezetőségének szándéka szerint egy új, méltó és alkalmas, jól megközelíthető egyesületi központot lenne szükséges találni. A javaslatot a Választmány egyhangúlag elfogadta.

Végezetül Kőrösi Tamás előterjesztésében a 109. Küldöttgyűlésre való felkészülés került napirendre.

Ezt követően az egyebekkel zárolt a választmányi ülés.

*Dr. Szabados Gábor által készített  
jegyzőkönyve alapján  
összeállította BT*

## Mozgalmas évet zárt a Fémszövetség

Kompetenciáin túllépve, ezúttal a vas-kohászat-vasöntészet felé fordulva indult a Fémszövetség 2018. éves szakmai programsorozata. Már az évindító közgyűlés is vasas – mondhatni – homokos környezetben indult. Az UPC Csepeli Vasöntőjében kezdtük az évet *dr. Sohajda József* tulajdonos-ügyvezető közreműködésével. *Érseki László* gyárigazgató céget bemutató ismertetését követően teljes körű üzemlátogatáson vettünk részt, az alapanyag-ellátástól az öntvények végső kikészítéséig. A vendéglátó lehetőséget adott arra is, hogy tanács-termében tarthassuk meg éves mérlegbeszámoló közgyűlésünket.

A késő tavaszi programunk az OKÜ Ózdi Acélművek meglátogatása volt, meglepően nagy érdeklődés mellett. Kiváló szakmai vezetéssel jártuk végig a technológia sorokat. Beszámolót hallhattunk a legújabb fejlesztésekről. A nagy érdeklődésre tekintettel a látogatás időben olyannyira elhúzódott, hogy sajnálatunkra elmaradt a Gyártörténeti Gyűjtemény tervezett megtekintése. A program az „Aicher birodalomhoz” tartozó Hotel Ózd egyik különtermében, közös ebéd keretében tartott taggyűléssel folytatódott. A programban két jelentős előadás is elhangzott. Előbb *Jeff Kimball* alelnök „A fémkereskedelem szabályozása Európában – azonosságok és eltéré-

sek” címmel tartott vetített képes előadást, majd *dr. Vitézy Márton* „A fémhulladék-kezelés helye az új kormánystruktúrában” címmel számolt be az eddig realizálódott, illetve várható változásokról. A megváltozott hulladék-gazdálkodási feladatok minisztériumok közti felosztásáról összefoglaló táblázatot kaptak kézhez a jelenlévők. A záró eszmecsere a fémtörvényi módosítások szükségessége és annak kezdeményezése köré csoportosult.

A második félévi programokban a vas-acél témakörét felváltotta az alumínium. Az őszi program a „Zagyva menti alumíniumkohászat” téma köré csoportosult Apcon, a Qualital telepén. Tagvállalatunk, az ALU-BLOCK Kft. adott lehetőséget az aktualitások taggyűlés keretében történő megtárgyalására (termékdíjas hulladékok, E-hulladékok a vegyes fémhulladékokban, NAV ellenőrzési tapasztalatok, EU-n kívüli import engedélyezési eljárások, munkaerőgondok, növekvő autóiipari gyártásközi hulladékok – kontra vegyes hulladékok piaci gondjai). A taggyűlést követően a házigazdák, élükön *Sőregi Csaba* és *Hertelendi Ákos* vezetésével megtekintettük az ALU-BLOCK másodlagos ötvözetgyártó üzemét, a SALKER salakfeldolgozó sorait, majd a Qualiform Kokillaöntöde kísérleti öntödét és korszerű öntvénymegmunkáló üzemét. (Az öntvé-

nyek szériaöntését romániai üzemükben végzik.) A Qualital telepét elhagyva *Vingendorf Gyula* kohómérnök mutatta be a CSABACast alig fél éve üzembe helyezett, zöldmezős telepítésű, legkorszerűbb technológiával üzemelő nagynyomású formaöntödét. A szakmai nap *Sőregi Csaba* meghívására szakmai és baráti beszélgetésekkel folytatódott a közeli Éden Csárdában.

A következő program az alumínium italosdobozok kérdéskörét tűzte napirendre. A csepeli Inter-Metal Recycling Kft. telepén „KÖNNYŰ és mégis NEHÉZ” címmel tartottunk Szakmai napot, melyen három előadás hangzott el. (*Duma László* előadása a 2019/2 számunk 24–27. oldalán olvasható.) A program jelentős külső, főként hatósági érdeklődést váltott ki. Az előadásokat és az azt követő vitát üzemlátogatás zárta, ahol megtekintettük a cég mindkét alumíniumdoboz feldolgozó sorát, melynek termékei teljes egészében exportpiacokra jutnak.

Az utolsó taggyűlésünket, a hagyományos decemberi évzárót a római-parti aHely nevű étteremben tartottuk. Itt az éves beszámoló mellett a fő attrakció a „dicsekvések és panaszok” napirendje volt, ahol minden tag megnyilatkozása adta meg az est további vítaalapját. Mindez hasznos és tanulságos volt.

**Hajnal J.**

## 50 éves a Magyar Öntőnapok rendezvény!

A Magyar Öntészeti Szövetség és az OMBKE Öntészeti Szakosztálya

meghívja az érdeklődő szakembereket a

**25. Magyar Öntőnapok Konferencia és Kiállítás rendezvényre.**

Program és regisztráció hamarosan: [www.foundry.hu](http://www.foundry.hu), illetve [foundry@foundry.hu](mailto:foundry@foundry.hu)

A rendezvény ideje: **2019. október 11–13.**

A rendezvény helye: **Hotel Abacus\*\*\*\* [www.abacus.hu](http://www.abacus.hu) 2053 Herceghalom, Pest megye**

# A Magyar Öntészeti Szövetség 30. közgyűlése

A 2019. május 22-én tartott közgyűlésen Kovács Sándor elnök köszöntője után dr. Hatala Pál előadását hallgatták meg a jelenlévők a 25. Magyar Öntőnapok Kiállítás és Konferencia rendezvény (2019. október 11–13. – [www.foundry.hu](http://www.foundry.hu)) áttekintéséről, a jubileummal kapcsolatos elképzelésekről.

A közgyűlés egyhangú szavazással fogadta el a korábban megküldött és most felolvasott közgyűlési napirendet. Dr. Hatala Pál kiegészítéseivel együtt a közgyűlés elfogadta a Magyar Öntészeti Szövetség elnökségének beszámolóját a 2018-ban végzett munkáról, a MÖSZ Ellenőrző Bizottság 2018. évi gazdálkodásra vonatkozó jelentését, a 2018. évi költségvetés teljesítését, a 2018. évi egyszerűsített mérlegbeszámolót és az eredménykimutatást, valamint a MÖSZ 2019. évi költségvetési- és munkatervét.

Dr. Takács Nándor, a MÖSZ-díj kuratórium elnöke ismertette a 2019. évi MÖSZ-díjak odaítélésének eredményét. A díjakat Kovács Sándor elnök adta át. A MÖSZ-díjat a CSEFÉM Kft. kapta, a Kiváló Fiatal Öntész MÖSZ-díjat Gyarmati Gábor ME-MAK MSc-hallgató, míg az idei MÖSZ Életmű-díjat dr. Hatala Pál vehette át.

A Kiváló Fiatal Öntész MÖSZ-díj kitüntetettje pályamunkájáról előadást tart a 25. Magyar Öntőnapok Konferencia és Kiállítás rendezvényen.

Kovács elnök úr gratulált a díjazottnak, majd tájékoztatta a közgyűlés résztvevőit az európai öntészeti termelés helyzetéről. Az elnökségi beszámoló a hazai öntészet 2018. évi termelési eredményeit is érintette. A rövid összefoglaló a MÖSZ adatszolgáltatása alapján készült.

Az Európai Öntészeti Szövetség (CAEF) decemberi jelentése szerint Európában – a tagországok jelentéseinek összesítése alapján – a vas- és acélöntészet mennyiségei továbbra is elmaradnak az előző évi termelési adatok mögött, esetleg stagnálnak. Szinte valamennyi európai ország az



■ Balról jobbra: ifj. Takács Nándor (CSEFÉM Kft.), dr. Hatala Pál, Gyarmati Gábor

acélöntészeti gyártás kisebb-nagyobb mértékű (3-7%) elmaradását jelezte 2018-ban 2017-hez képest. Ez a csökkenő tendencia már évek óta tart. Az európai vasöntészet gyakorlatilag stagnál, esetenként 1-2%-os növekedést/csökkenést mutat, míg a színesfémöntészet évről évre némileg csökken. A járműipari öntvénygyártás (alapvetően az alumínium nyomásos öntvények gyártásának növekedése miatt) európai összesítésben mintegy 7-11%-os növekedést mutat 2017-hez képest. A skandináv országok öntészete az európai átlaghoz képest jelentősen visszaesett, bár Svédországban új öntészeti beruházásról adtak hírt. Változatlanul érvényes, hogy Európában egyre nagyobb gondot jelent, hogy nincs kellő létszámú és minőségű szakember.

A hazai öntészet általános helyzetének megítélését többször is tárgyalt a 2018-ban a MÖSZ elnöksége. Elmondható, hogy a járműipari fémöntészetben a viszonylagos visszaesés (a korábbi évek növekedési rátája egyharmaddal, illetve ötven százalékkal csökkent) ellenére a hazai összes öntvénytermelés változatlanul néhány százalékos növekedést mutat 2018-ban is, az előző évihez képest. Ez a helyzet azt jelenti, hogy a hazai háttér- ipar szereplői (alap- és segédanyag beszállítók, szerszámkészítők stb.) is változatlanul jó leterheltséggel teljesítenek. A vasöntészetben 2018 elejének rendelésállománya – a korábbi évek kezdetén szinte már megszo-

heltséghez képest – viszont 2018-ban is növekvő tendenciákat mutatott, mely az év során hasonló szinten, mint megnövekedett rendelésállomány megmaradt. A többi fém öntészete 2018-ban stagnált, illetve kis mértékben csökkent. A magyar öntvénygyártás 2018-ban meghaladta a 228.460 tonnát.

A 2019. év gazdálkodási és termelési kilátásait az elnökség megfelelőnek, esetenként kedvezőnek értékelte.

Az országban megindított duális középfokú és felsőfokú öntészeti szakképzés-programok egyértelműen sikeresnek mondhatók, bár sajnálatos tapasztalattá vált az a szerződésekből szereplő kormányzati szándék, mely szerint nem lehet kikötni a tanulónak még a duális képzés időtartamával azonos időtartamú, kötelező munkaviszonyt sem. Ennek megfelelően a duális képzést elvégzett fiatal szakemberek számos esetben nem kezdték meg a munkavégzést a képzés során őket támogató társaságnál. Ez a helyzet változtatást igényel. Általánosan elmondható az is, hogy a hazai – és nem csak szakképzett – munkaerő-ellátottság egyre rosszabb helyzetbe kerül, már a meglévő létszám megtartása is igen komoly nehézségeket, korábban nem jelentkező többletköltségeket ró az öntödékre.

A közgyűlés végén dr. Varga László, az ME-MAK Öntészeti Intézet igazgatója rövid tájékoztatást adott a várhatóan júniusban megjelenő új pályázati lehetőségről: A piacvezérelt kutatásfejlesztési és innovációs projektek támogatása – 2019-1.1.1. – Piaci KFI. Az előadó ismertette, hogy akár többszáz millió forint összegű támogatáshoz is juthatnak a pályázó vállalatok. Intézetigazgató úr felajánlotta, hogy az ME Öntészeti Intézet oktatói és dolgozói a szaktudásukat, tapasztalataikat – felkérés esetén – készek a pályázathoz tartozó projektek megvalósításában rendelkezésre bocsátani.

HP

# Az ipari örökség múltja jelene és jövője Ózdon

Ezzel a címmel tartott előadást *dr. Németh Györgyi*, a TICCIH/ICOMOS ipari örökség szakbizottságának elnöke az Ózdi Muzeális Gyűjtemény és Gyártörténeti Emlékparkban január 25-én. *Ömböli Norbert*, a helyi vaskohászati szakosztály elnöke így nyilatkozott örökségeink megóvásának fontosságáról: „Az OMBKE helyi szervezetének céljai között kiemelkedően fontos szerepet kap az Ózd- és környéki örökségvédelem, az Ipari Örökségvédők Baráti Körének támogatása, munkájukban való aktív részvétel, továbbá a Selmeci hagyományok ápolása. Éppen ezért a közeljövőben a helyi szervezeten belül egy új szakmacsoport, munkacsoport megalakulását kezdeményezzük, ami kizárólagosan az örökségvédelemmel hivatott foglalkozni, a régióba tartozó múzeumokkal karöltve”. A rendezvény eme



elvek alapján jött létre, amely várhatóan minden hónapban megismétlődik egy-egy nemzetközileg elismert szak tekintély bevonásával, a „Múltidéző” előadássorozat keretein belül.

Dr. Németh Györgyi szakmai előadásában kifejtette, hogy nemzetközi szintereken egyre jobban előtérbe kerül az épített örökségünk védelme, ami kitér a gyáripár épített és szellemi örökségeire is. Prezentációjában számos nemzetközi jó példát vázolt fel, hogy a helyi, főként alulról jövő kezde-

ményezések hogyan óvták meg iparnegyedeiket, és tették turisztikailag vonzóvá városaikat. Hangsúlyozta az újabb generációk bevonásának fontosságát is az Ózd Városi Televízióknak tett interjújában.

A résztvevőknek az előadást követően lehetőségük nyílt vitát folytatni *dr. Csontos Györgyi*, Ybl Miklós díjas építész mérnök, a Szent István Egyetem tanárának moderálásával. A fórumon számos ötlet fogalmazódott meg a gyárnegyedek és kolóniák megőrzését, rekonstruálását, gazdasági és turisztikai újraháznosítását illetően. Szó esett a szakmai továbbképzés fontosságáról, a meglévő kohász turistaútvonalak támogatásáról, az önkormányzatok, vállalatok, múzeumok és szakmai társaságok szorosabb együttműködéséről is.

**Kelemen Kristóf**

## XI. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia

Az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre ebben az évben is megrendezte a már hagyományos örökségvédelmi konferenciát. Az eseményre május 24-én az Olvasó műemlék épületének Adorján Lajos termében került sor. A gazdag program része volt a Baráti Kör által kezdeményezett, az ózdi kohászatot méltató emléktábla koszorúzással egybekötött avatása az egykori gyár területén lévő, „Digitális erőmű” felújított épületének nyugati homlokzatán (I. *Máté László* cikke, 49. oldal).

A városi szervezésű „Hétvölgy fesztivál” nyitó rendezvényének számító konferencia a kohász himnusszal vette kezdetét. *Dr. Grega Oszkár* levezető elnök üdvözlő szavai után *Janiczak Dávid*, Ózd város polgármestere köszöntötte a rekord létszámú, 114 regisztrált résztvevőt. Igen öröndetes módon a rendezvényre a helyieken és környékbelieken kívül az ország több részéről, így Dunaújvárosból, Budapestről, Miskolcraól, Salgótarjánból, Borsodnádásdról, sőt Szlovákiából (Rozsnyó) is érkeztek vendégek.

A szakmai előadások sorát *dr. Taszner Zoltán*, az ÓAM Kft. műszaki igazgatója nyitotta meg, aki a társaság jelenlegi helyzetéről és folyamatban lévő technológiai fejlesztéseiről (modernebb drótsor telepítése, illetve füstgáz tisztítás) adott tájékoztatást. Hangsúlyozta a társaság fejlesztésében és működésében a többségi tulajdonos *Max Aicher* elkötelezettségét, mellette pedig az állami szerepvállalás jelentőségét.

*Kelemen Kristóf* történész az ózdi és borsodnádásdi gyárak működésében, illetve létesítésében kiemelkedő szerepet betöltő *Volny József* pályafutásáról és életéről tartott színvonalas megemlékező előadást. A kétszáz évvel ezelőtt született kohómérnök az ózdi gyár műszaki-technológiai fejlesztésében, illetve a borsodnádásdi lemezgyár létrehozásában alkotott maradandót.

*Dr. Németh Györgyi* egyetemi docens a bányászati és kohászati ipari örökség turisztikai vonzerejére felhívó előadásában bemutatta milyen lehetőségeket rejt magában az ipari táj, a

megmaradt berendezéseivel együtt. Számos külföldi példa mellett a hazai, főleg észak-magyarországi lehetőségekre – a még meglévő, bányászathoz, illetve kohászathoz köthető létesítmények turisztikai célú hasznosítására – hívta fel a figyelmet.

A Felvidék, Ózd és térsége bányászata és kohászata kiható ipartörténeti szerepéről *Koleszár Gabriella*, a Rozsnyó Bányászati Múzeum kutatója tájékoztatta a résztvevőket. Részletesen bemutatta a RIMA érdekltségébe tartozó felvidéki vasérc- és szénbányákat és vasolvasztókat, valamint a felvidéki szakemberek szerepét az ózdi vasgyár működésében, a szakmai kultúra kialakításában.

A következőkben *dr. Móger Róbert*, a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés ügyvezetője a hazai acélipar helyzetéről, jelentőségéről beszélt, kiemelve annak a magyar gazdaságban betöltött szerepét. A legszélesebb körben alkalmazott szerkezeti anyagként jellemezhető acélgyártásával és felhasználásával kapcsolatos ismertetés után kitért Euró-



■ Dr. Grega Oszkár levezető elnök megnyitja



■ A himnusz éneklése közben

pa és a világ acéliparának jellemzőire, bemutatva a fejlesztési irányokat és tendenciákat. Hangsúlyozta a minőségi acélok gyártásának jelentőségét, mely a hazai gyártók egyik legfontosabb feladata.

Végezetül *Filipcsin Károly*, az ózdi nagyolvasztómű nyugalmazott gyár-

részlegvezetője régi vaskohászati szakkifejezéseket, zsargonokat tartalmazó, közönségsikert arató előadása zárta a színvonalas prezentációk sorát, felidézve egy régi, nagy hagyományokkal rendelkező szakma, a résztvevők számára még ismert műszaki nyelvezetét.

A konferencia hivatalos programja a bányászhimnusszal ért véget.

Ezt követően a résztvevők még hosszú ideig kötetlenül beszélgetést folytattak egymással, emlékezve a szakmai kapcsolataikból származó közös élményeikre.

**Benyhe László**

## Emléktábla-avatás Ózdon

Az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre 2019. május 24-én tartotta a XI. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferenciát. A program a közel 150 évig működő, a magyar iparban jelentős szerepet játszó Ózdi Vasgyárnak méltó emléket állító emléktábla felavatásával kezdődött. Az emléktábla a felújított Digitális Erőmű falán kapott helyet. Itt *Ríz Gábor* országgyűlési képviselő és *dr. Csobod László*, a volt ÓKÜ műszaki igazgatója mondott beszédet, majd koszorút helyeztek el. Koszorúzott Ózd város vezetése, az ÓAM Kft., a Rombauer Alapítvány, valamint az emléktáblát állíttató Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre is.

Dr. Csobod László megemlékezésében elmondta, hogy másfél évszázad történetét egy rövid avatóbeszédben összesűríteni szinte lehetetlen. A gyár történetének sokszínűségét jól példázza, hogy az első 125 év történetét 550 oldalas, 1673 hivatkozást tartalmazó könyv formájában adták ki 1980-ban.

A gyár története 1847-ben, 100 munkással induló vasfinomító gyárral kezdődött. A vége egy 43 000 lakosú iparváros lett, 14 000 vas-

gyári dolgozóval, évi 1,4 tonna acélgyártó kapacitással és 1,2 tonna hengerelt készárugyártással.

A gömői vasművesség több évszázados múltra tekint vissza. A gömői kisüzemeket már korábban összefogó Murányi Unió és a Rimai Koalíció egyesítve tökéjét 1845. május 15-én Rimaszombaton megalapította a Gömői Vasművelő Egyesületet. Az alakuló közgyűlés új vashengerlő gyár építését határozta el Ózdon. A kezdeményező *Rombauer Tivadar* az előkészítő munkában és a gyár építésében elévülhetetlen érdemeket szerzett. 1852-ben a versenyképesség és töke-erő növelésére a Murányi Unió, a Rimai Koalíció és a Gömői Vasművelő Egyesület fúziójából létrejött a Rima-

murányvölgyi Vasművelő Egyesület. Ez lehetőséget adott az ózdi gyár technikai fejlesztéséhez. 1881-ben Gömői Vasművelő Egyesület és a Salgótarjáni Vasfinomító Társaság egyesült és ezzel megalakult a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. A részvénytársaság sikerességét jól jellemzi, hogy 1900-ban alaptőke szerint az ország harmadik legnagyobb vállalata volt.

A részvénytársaságot 1949-ben államosították, Ózdi Kohászati Üzemek (ÓKÜ) néven. A gyár 1989-ben a privatizáció révén kettévált ÓKÜ-re és ÓART-ra. A kedvezőtlen gazdasági, gazdaságpolitikai folyamatok fizetőkép telenséghez, majd felszámoláshoz, a működés végleges megszűnéséhez vezettek.

A gyáralapítástól eltelt másfél évszázadnak nem csak termelési, szervezeti, gazdasági, technológiai története van. A termelés növekedésének szükséges következménye a dolgozói létszám bővülése. A foglalkoztatottak száma 1847-ben 100, 1900-ban 1932, 1940-ben 5080, 1949-ben 9523, 1953-ban 13449, 1963-ban 13912 fő volt.



A gyár indulásakor külföldi szakmunkások idetelepítésére volt szükség, majd elindult a spontán betelepülés, kezdetben Borsod, Gömör és Szepes vármegyéből, a későbbiekben az Alföldről.

A Rima letelepülőknek munkáskolóniákat épített, így jött létre a Régi kolónia, a Rendetlen kolónia, Hétes, Kiserdőalja, Újtelep, Kisamerika, Nagyamerika, Velence-telep, Hosszú-sor, később a Tánacsics-telep. A családi ház építéséhez vállalati kölcsönt adtak. Újabb lakótelepek épültek, mint az Istenmező, a Kerekhegy, Tábla, Ráctag és a Szenna. A munkaerő-szükséglet növekedésével tipikus

jelenség volt az „ingázás”, vagyis a bejárás. A vonzaskörzet egyre tágult, az 1970-es években a bejáró és ingázó dolgozók száma 4000 körül volt.

1912-re a gyár 15 tantermes általános iskolát épített, ahol 1926-tól az országban elsőként indult 8 osztályos képzés. A művelődésre és a szabadidő eltöltésére 1924-re készült el az Olvasóegylet székháza 1100 férőhelyes színházteremmel, táncteremmel, könyvtárral. Itt kapott helyet a színjátszóköri, a dalárda, a fúvószenekar. A tisztviselőkarnak Kaszinó épült. Vállalati üdülőket, sőt külön gyermeküdülőt tartott fenn a gyár.

A 150 év sokrétű és sokfelé ágazó

történetének kibontására az örökségvédelmi konferenciák teremtenek jó alkalmat. A vasgyár másfél évszázados működésének, az ipari kultúrát meghonosító, sokrétű szociális és városteremtő tevékenységének vázlatos felvillantása érzékelteti a létrehozott tárgyi és szellemi értékeket. Az emlékezet megőrzésében segítenek a fennmaradt kolóniák, a város központjában álló szobrok, az Olvasó, a Kaszinó, a Múzeum a gyártörténeti gyűjteménnyel, valamint a felújított Erőmű és Fúvógépház is. Ehhez szeretnénk most csatlakozni a gyár emléket idéző emléktáblával.

**Máté László**

## Bányász–kohász: Jó barát

### Várpalotán a „Jó szerencsét!” köszöntés elfogadásának 125. évfordulóján

A „Jó szerencsét” Művelődési Központban április 5-én ünnepelték a bányász és kohász köszöntés kettős jubileumát. Selmechányán 125 éve döntöttek elfogadásáról, Várpalotán negyed százada emlékeznek vissza a szakmai együvé tartozás jelképévé vált üdvözlési formára. A dunaújvárosi küldöttség tagjai voltak: *Kvárík Sándor*, *Kopasz László*, *Vass Tamás* és *Szente Tünde*. A Dunaújvárosi Egyetem képviseletében *dr. Horváth Miklós*, a Műszaki Intézet igazgatója koszorúzott.

#### Szakmai előadás a szénhidrogén-potenciálunkról

A Faller Jenő Szakképző Iskola és Kollégium diákjai emlékműsorát követően a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat elnöke, *dr. Fancsik Tamás* tartott előadást a hazai szénhidrogén-vagyonról, szénhidrogén-potenciálról és szénhidrogén-kutatásokról. A kőolaj és a földgáz fő felhasználási területei: az energetika, a szerves vegyipar, a gyógyszeripar, a mezőgazdaság, az élelmiszeripar. Elégethető üzemanyagként a megújuló energiaforrásokkal szemben a szénhidrogének szerepe csökken, vegyipari jelentősége viszont hosszabb távon is megmarad. Az energiaigény a globális

energiafogyasztással együtt világszerte növekszik. Bőséges, különböző (fosszilis, megújuló) energiaforrás áll rendelkezésre, a lényeg a hatékonyság, a megvalósíthatóság és a finanszírozhatóság. Kérdés, hogy milyen hatékonyan tudjuk igénybe venni az energiaforrásokat alacsony szennyezőkibocsátással. A világon folyamatosan nő az elektromosság felhasználása, a primerenergia-növekmény 70%-a erre fordítódik a következő 25 évben. Az OECD országokban az energiaigény növekedését ellensúlyozza az energiahatékonyság. A jövőre vonatkozó előrejelzések jelentős bizonytalansággal terheltek. A világpiaci kőolajárak a gazdasági és politikai események, a kereslet és kínálat változásainak következtében szélsőséges mértékben változhatnak. A felfedezett hazai szénhidrogén-vagyon jelentős szerepet játszik az ország energiagazdálkodásában. A Magyarországot elérő export/import szállítózóvezetékek jelentős szerepet töltenek be hazánk energiaellátásában.

A Bányászati és Földtani Szolgálat elnöke beszélt a hazai szénhidrogén-potenciálról, a szénhidrogén-kutatásokról, a geológiai és geofizikai kutatási módszerekről, a szénhidrogén termelés és a kitermelhető vagyon időbeli alakulásáról, a szénhidrogén-

vagyon növelésének lehetőségeiről, annak 100 évre visszatekintő megkutatottságáról. Előadása végén ismertette a nem hagyományos szénhidrogén-kutatás területeit. A Délkelet-Alföld területén a Kiskunhalasi-, a Makói- és a Derecskei-árokban a kutatások során jelentős mennyiségű, nem hagyományos módon kitermelhető földgázvagyon vált ismertté. A felfedezett vagyon összesített mennyisége jelentős, a kitermelt mennyiség egyelőre csekély, további technológiai fejlesztések, új módszerek alkalmazása szükséges. A hazai palaolaj/palagáz-potenciál termelésbe állítását segítik az új, itthon is megjelenő termelési technológiai fejlesztések.

#### Emléktábla koszorúzás

*Rabi Ferenc*, a Bánya-, Energia- és Ipari Dolgozók Szakszervezete elnöke ünnepi beszédét követően, koszorúikat helyezték el a közélet meghatározó szereplői, a különböző városi, megyei és országos intézmények és szakmai civil szervezetek képviselői *Bona Kovács Károly* bronz reliefjénél. Az állófogadás pohárköszöntőjét az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöke, *dr. Hatala Pál* tartotta.

## Miniinterjú a szervezőkkel

Dr. Horn János gyémántokleveles olajmérnök moderálta az általa 25 évvel útjára indított emlékezéssorozatot: „A Jó szerencsét! köszöntést 1894. április 7-én fogadták el Selmecbányán. A 100 éves centenáriumon javasoltam és vállaltam, hogy egy szakmai előadás keretében minden esztendőben megrendezzük megünneplését. A mai különleges jelentőséggel bírt, míg korábban 10-12 szervezet koszorúzott, most 21 szervezet helyezte el az emlékezés koszorúját az emlékfalnál. 1994-ben egy minikorsót csináltattam, most pedig egy jelvénnel távoznak az ünnepség résztvevői. Összesen 125 példány készült, azonban 140-en voltunk ma itt, így nem is jutott mindenkinek.”

A pohárköszöntő elmondására dr. Hatala Pált, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület

elnökét kérték fel: „Tisztelet a bányászoknak: 125 év hatalmas idő! A kohász és bányász szakma ma is együtt van, ezért javasoltam a későbbi megemlékezéseken a bányászhimnusz után a kohászhimnusz eléneklését. Az egyesület megújulásáért nagyon sok mindent teszünk és reméljük, hogy egy év múlva kézzelfogható eredményeink lesznek. Az egyesület fenntarthatóságáért és társadalmi elfogadtatásáért sorra járjuk a bányászat és kohászat hazai városait, hogy azok vezetőivel együttműködési megállapodást kössünk.”

A Várpalotai Bányász hagyományok Ápolásáért Egyesület elnökét, dr. Buzási István okleveles bányamérnök



■ Dr. Buzási István és Kiss Csaba

köt a házigazdák képviselőjében szolgáltattuk meg: „A jelenlegi ünnepség a Jó szerencsét! köszöntés 125. évfordulójához kapcsolódik. Ez azért is öröm számunkra, mert egy 120 éves múlttal rendelkező

bányászvárosban élünk és külön megtiszteltetés, hogy az országos ünnepség itt zajlik. Az egyesület a város vezetőinek és lakóinak támogatását élvez, erre bizonyosság a Várpalotai Napok bányászati napja. Petrovics László helytörténész barátunkat pedig azért emelem ki, mert azon fáradozik, hogy a helytörténeti kiadványaival nyomot hagyjunk magunk után.”

**Szente Tünde**

## Kecskeméti szakmai nap

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete és a Bács-Kiskun megyei Mérnöki Kamara a 2019. évi szakmai programjának megfelelően folytatta a kecskeméti szakmai nap sorozatát, melyen ezúttal 45 szakember vett részt.

A szakmai nap 2019. június 4-én a Samvardhana Motherson Peguform (SMP) Automotive Exterior Kft. kecskeméti gyárában volt, ahol Györe József kohómérnök és kollégái fogadták a látogatókat. Györe úr elmondta, hogy ezt megelőzően a Mercedes-Benz kecskeméti gyárában dolgozott, ahová mint egyik fontos beszállító, az SMP gyártja az első és hátsó karosszériaelemeket (lökhardt-szerelvényeket). A Mercedesen kívül az Audinak és a Volkswagennek is szállítanak. Az Audi részére műszerfal is készül, amelyet nem Kecskeméten, hanem Pozsonyban szerelnek össze az itt gyártott elemekből. A Mercedes részére komplett, 50 alkatrészből összeszerelt, festett első és hátsó elemet gyártanak. Napi kapacitásuk 1000-1100 elem, melyből a megrendelő kívánságára három órán belül leszállítják a kért mennyiséget. A gyár 2 és fél éve termel. Tervezésekor és a fel-



építéskor 20 évre előre gondolkodtak. A nemrég átadott tükreivel SMG gyárunk is már beszállít hozzájuk.

Az indiai tulajdonosok által vezetett gyár műszaki-technikai-fejlesztési vezetésében német szakemberek dolgoznak, de egyre több adaptációs és munkaszervezési feladatot kapnak a helyi mérnökök.

Fröccsöntő üzemükben 21 nagymértékben robotizált gép található, melyek közül kettő 650 t, tizenkilenc 4000 t záróerejű szerszámmal van felszerelve. A szerszámokat Németországban gyártják, de itt a teljes karbantartásra fel vannak készülve. Fes-

tőműhelyükben vízbázisú festékekkel dolgoznak.

Parti Gábor kolléga a helyi ISO 9001-es minőségbiztosítási rendszert ismertette. A LEAN-rendszer még csak alapfokon működik, de stratégiai cél ennek fokozatos bevezetése. Cél a selejtcsökkenés és a költségcsökkentés. A prezentációk és szakmai konzultáció után a résztvevők Jenei Balázs és Pistár Zoltán üzemvezetők kalauzolásával üzemlátogatáson vettek részt.

A szakmai nap a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft. gyárában záródott.

**Dánfy László**

# Mesterségem címere – programsorozat a Kohászati Gyűjteményben

A felsőháromi Kohászati Gyűjtemény negyedik alkalommal rendezte meg a *Mesterségem címere* programot a Bükk ölelte gyönyörű környezetben. A szabadtéri rendezvényre ismét szép számmal látogattak el családok, fiatalok, idősebbek egyaránt, miként helybeliek, s az ország különböző pontjairól érkezők is. Több régi mesterségben próbálhatták ki ügyességüket a látogatók a havonként megrendezett délutáni programon. A *Mesterségem címere* program fontos és alapvető célja a hagyományok ápolása, a mára már szinte elfeledett, vagy kihalófélben lévő ősi szakmák, hagyományos technikák, eljárások bemutatása a nagyközönségnek, gyermekeknek és felnőtteknek egyaránt. A látogatók a kovácmesterség mellett mindig más és más régi foglalkozásba kapnak bepillantást. Egyben generációkon átívelő nagy találkozások, beszélgetések ezek a szakmai programok, amikor egy-egy látogató felidézi saját múltját, s kiderül, hogy a pince és a padlás még mai napig milyen régi eszközök, szerszámok rejt, aminek használója már kevés akad. A kézműves tevékenységek gyakorlata jó módja nemcsak az ember kézügyességének fejlesztésére, hanem ennél jóval több, mert az együtt végzett munka egyben



közösségteremtő erővel is hat.

Gazdag tárháza van hagyományos népi kézműves mesterségeinknek, így idáig kovács, fazekas, kosárfonó, gyertyamártó, kötélverő, tojásíró, mézeskalács-készítő, bőrműves és csuhéfonó mesterségekbe pillanthatunk bele az érdeklődők. A programon résztvevők kedvük szerint, a gyakorlatban is megtapasztalva a mesterségek fortélyait, egy-egy kedves tárggyal, tudással és élménnyel gazdagodva térhetnek haza. A jó hangulatú *Mesterségem címere* családi program kedves színfoltja lett a múzeum programkínálatának.

A programsorozat a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Kohászati Gyűjteményének szervezé-

sében jött létre, a miskolci Fügedi Márta Népművészeti Egyesület közreműködésével. Márciusban volt az első rendezvény, s kezdettől nagy érdeklődésre tart számot. A sikeres kezdést követően áprilisban, májusban és júniusban is megrendezték a programot. A szakmai bemutatók, foglalkozások színvonalas rendezvényei a Fügedi Márta Népművészeti Egyesület mestereinek tudása és a Kohászati Gyűjtemény dolgozóinak közös munkája által valósulnak meg.

A *Mesterségem címere* programra a következő hónapokban is szeretettel várnak minden kedves érdeklődőt a Kohászati Gyűjtemény munkatársai.

**István Anikó**

## A Ganz Ábrahám Öntödei Gyűjtemény hírei

Május 15-én a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum új időszak kiállítása nyílt meg az Öntödei Gyűjtemény középső kiállítóterében Korbuly – egy mérnökcsalád három generációja címmel. A kiállítás kurátora *Négyesi Pál* és *Bede-Fazekas Janka*.

A tárlat a Korbuly család mérnökeinek állít emléket, akik közül többen a csepeli Weiss Manfréd-gyár meghatározó egyéniségei voltak, vezető beosztást töltöttek be az első világháborútól kezdve. *Korbuly János* 1945-46-ban is vezető maradt Csepelen, segítségével indult újra a termelés. *Korbuly Károly* a Kandó villanymoz-

donyok gyártását irányította, Korbuly János a híres Dutra traktor konstruktőre volt, munkájáért Kossuth-díjat kapott.

Május 18-án a Vasipari Kutató Intézet egykori munkatársai az Öntödei Gyűjteményben tartották meg 9. találkozójukat. Több mint negyven kolléga hallgatta meg a Különleges Anyagok Osztályának és utódegységeinek történetét felelevenítő *Solymárné dr. Gábor Márta* és *dr. Szalai Zoltán* előadását, majd az eddigi találkozók képeinek vetítésével folytatódó rendezvény beszélgetéssel, tárlatnézéssel zárult.

Május 22-én a MÁV História bizott-

ságának tagjai látogattak el a gyűjteménybe. Az MMKM nevében a Ganz Ábrahám Öntödei Gyűjtemény segédmuzeológusa, *Molnár Álmos* köszöntötte a megjelenteket, majd *Gábor János*, a Ganz Holding üzemtörténeti gyűjteményének vezetője tartott előadást a Ganz-törzsgyár fejlődéséről, a gyárbirodalom jelentőségéről, hangsúlyozva a keveset emlegetett *Eichleiter Antalnak* az üzem fejlődésében betöltött fontos szerepét. Alkalmom nyílt a szabad hozzászólásokra, majd ezt követően *dr. Lengyelné Kiss Katalin* információkban gazdag tárlatvezetést tartott az állandó kiállításban. A látoga-

tók elsődleges érdeklődési körének, a vasúttörténeti témának megfelelően, a kéregöntésű vasúti kerékgyártás technológiai mozzanatait tárta elő a folyamatot szemléltető formaszekrényeken, öntőminták során keresztül, majd beszélt *Ganz Ábrahám* életéről és munkásságáról. Emellett az állandó kiállítás tárlóinak anyagát is bemutatta.

Összefüggésben a tanév végének

közeledtével és az érettségi szünettel, az Öntődei Gyűjteményt számos iskolai csoport keresi fel tárlatvezetéssel egybekötött múzeumlátogatás céljából más városoktól kezdve a szomszédos Medve utcában lévő intézményekig. A fiatalok hírért viszik a gyűjteménynek, és a tárlatvezetések felviláglantják a előttük a technikatörténet, ipartörténet világát, mely érdekes

színpontot jelenthet számukra a kötelező történelmi tananyagban belül. A hónap folyamán önkéntes kohómérnök segítők két alsótagozatos osztálynak is tartottak előadást a fémek világáról, majd a gyerekek kupolótúrán és gipszöntési interaktív foglalkozáson ismerkedtek az öntészet titkaival.

**Molnár Álmos**

## MEGHÍVÓ

Az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány  
a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kara,  
a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara,  
az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület és miskolci helyi szervezetei,  
a MTA Miskolci Területi Bizottsága,  
a BAZ Megyei Mérnöki Kamara,  
az MMKM Kohászati Gyűjtemény,  
az ÉSZAKERDŐ Zrt.

**2019. szeptember 13–14-én rendezi meg a XIII. Fazola Fesztivált.**

### Szeptember 13-án (pénteken)

**Délelőtt „70 éve Miskolcon a bányászati és kohászati mérnökképzés”** címmel szakmai konferencia keretében megemlékezésre kerül sor a Selmeci M. K. Bányászati és Kohászati Főiskola 100 évvel ezelőtti, Selmecről Sopronba történő áttelepítéséről, valamint a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem 1949-ben történt megalapítását követően a bányamérnökképzés és a kohómérnökképzés Sopronból Miskolcra történő átköltöztetéséről kiépüléséről. A szakmai konferencia keretében a Soproni Egyetem, a ME Műszaki Földtudományi Kar és a ME Műszaki Anyagtudományi Kar vezetői, professzorai tartanak a múltról, a jelenről és a jövőről előadásokat a Miskolci Akadémiai Bizottság székházában. (Részvételi lehetőség külön meghívó és előzetes regisztráció alapján.)

**Délután** a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar dékáni tanácsstermében az 1967-ben készült első miskolci valéta szakestély-kupa emlékére nyílik kiállítás.

**Este** a selmeci hagyományokat őrző szakestély az újgyőri Bartók Béla Vasas Művelődési Házban. (Részvételi lehetőség külön meghívóval.)

**2019. szeptember 14-én (szombaton)** Újmassán folytatódik a rendezvény, ahová zenés erdei kisvonat viszi a résztvevőket. A Fazola műemlékkohó térségében az egész napos szabadtéri szakmai és kulturális rendezvények, benne a műemlékkohó virtuális csapolása és tiszteletbeli kohásszá fogadás, vidám, tartalmas hétvégét biztosítanak.

Tisztelettel és szeretettel várjuk minden kedves bányász, kohász barátunkat, a szakmáinkkal szimpatizáló érdeklődőt.

**a Fazola Fesztivál rendezői**

### 70. születésnapját ünnepelte

**Dr. Grega Oszkár** kohómérnöki munkáját a Borsodi Ércelőkészítő Műben kezdte, ezután 16 évet az NME Vaskohászattani Tanszékén töltött, majd 13 évig a Dunafer Rt. műszaki fejlesztési és a DAM Steel Rt. termelési és műszaki igazgatója volt. 2003-ban visszatért az egyetemre, a Vaskohászattani Tanszék vezetőjének, innen ment nyugdíjba 2009-ben.

Pályafutása során 10 évig az aacheni egyetem külső tudományos munkatársa, 2008-tól négy évig az osztrák acélipar középtávú stratégiáját kidolgozó munkacsoport tagja. Hosszabb-rövidebb ideig a brazil, német, japán és koreai acélipart tanulmányozta.



1987-ben műszaki doktori, 1997-ben PhD-fokozatot és Németországban akkreditált gazdasági felsőfokú, 2014-ben Lean szakmérnöki végzettséget szerzett a Debreceni Egyetemen. Számos szakcikk és előadás szerzője. Jelenleg igazságügyi szakértő, címzetes egyetemi tanárként oktat az Alma Mater Vas- és Acélmetallurgiai Intézeti Kihelyezett Tanszékén, és a tulajdonában lévő akkreditált analitikai laboratórium ügyvezetője.

Számos hallgató diplomatervét konzultálta, és két doktorandusza szerzett PhD-fokozatot. Hallgatóitól „Kiváló oktató” elismerést kapott, és két végzős évfolyamtól aranygyűrűt, tiszteletbeli évfolyamtársként.

Az egyesületben hosszabb időn át az Egyetemi Osztály és a Vaskohászati Szakosztály titkára volt, jelenleg az újralakult ózdi helyi szervezetben tevékenykedik.

**Dr. Dévényi Lászlóné Volszky Katalin** az NME-n okleveles metallurgus kohómérnöki diplomát 1974-ben, a BME-n környezet-levegőtisztaság védelmi szakmérnöki diplomát 1980-ban szerzett.

A Csepel Művek Fémművek Minőségellenőrzési Osztályán négy évig folyamatellenőrző mérnökként elsősor-

ban gyártásközi technológiai hibaforrások feltárásával, anyagvizsgálatokkal, melegalakító szerszámok fejlesztésével foglalkozott.

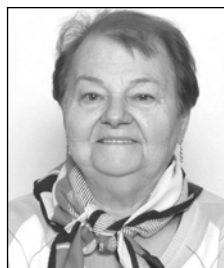
Ezután tervezőmérnök volt a KOGÉPTERV Borsodi Generáltervező Osztályán, résztvett az LKM Kombinált Acélmű környezetvédelmi berendezéseinek (füstgáztisztítók) tervezésében, külföldi gyártók és tervezők munkájának koordinálásában. Energetikai felügyelőként, majd tanácsosként, főtanácsosként az Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyeleten öt észak-dunántúli megye minden ipari és mezőgazdasági vállalkozásának energiahordozó engedélyezési eljárását végezte. Az ÁEEF átszervezése (1993) után munkaköre az egész országra kiterjedően a felhasználók (vállalatok, háztartások) földgáz és PB gáz felügyelete volt. Az Ipari Minisztérium ill. az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium részére előterjesztéseket készített az ország energiafelhasználásának szerkezetéről. Munkaköréhez tartozott a környezetvédelmi besorolásnak megfelelő energiahordozó engedélyezés ellenőrzése, valamint energiavesztéssel feltáró szakértői tanulmányok készítése. IKM energetikai szakértői engedélye alapján egyéni környezetvédelmi szakértéseket is végzett.

1994-től nyugdíjba vonulásáig a Magyar Energia Hivatal vezető főtanácsosa, szakmai tanácsadója volt. Feladata volt az országban működő gázszolgáltató társaságok üzletszabályzatának koordinálása, azok államtitkári elbírálásra és jóváhagyásra való előterjesztése. Résztvett államigazgatási határozatok készítésében, állásfoglalások, jogszabályok előkészítésben.

Kétéves megbízásokkal a MÁTRAGÁZ Építő, Vagyonkezelő és Szolgáltató Kft. és az ÉGÁZ Zrt. – DÉGÁZ Zrt. Felügyelő Bizottságának tagja.

Egyesületünknek diákkora óta tagja, résztvett a Magyar Környezetvédelmi Egyesület munkájában is.

Társadalmi elismerésként Sóltz Vilmos egyesületi és Széchenyi István



miniszteri emlékérmét kapott.

### 80. születésnapját ünnepelte

**Dr. Bacskai Antal** Hajdúnánáson született 1939. február 21-én gazda családban. Osztályidegenként a Debreceni Református Kollégium Gimnáziumában érettségizett. Ezt négy év fizikai munka követte az építőiparban.

1961-ben kezdte meg tanulmányait a Nehézipari Műszaki Egyetemen, ahol 1966-ban jeles minősítéssel védte meg hegesztési tárgyú diplomamunkáját a Gépészmérnöki Kar gépgyártástechnológus szakán. I. éves korától a Vasipari Kutató Intézet társadalmi ösztöndíjasa volt. Ott töltötte pályafutása első 26 kutatói évét az Anyagvizsgáló Osztályon. Fő szakterülete az ipari szerkezetek állapotértékelése, kárelemzése, maradék élettartamának becslése lett. Főmunkatársként részt vett az Acélatlasz kidolgozásában, a gyorsacél- és a feszültségkorróziós célprogramokban s nagyon széles szakterületen teljesített ipari megbízásokat, főleg az olajipar és a vegyipar területén.



1971-ben hegesztő szakmérnök lett a Budapesti Műszaki Egyetemen, 1977-ben hőkezelés szakterületen „summa cum laude” doktorált az NME-n. A VASKUT-ban nagy szerepe volt a Korróziós Labor működtetésében. 1985–92 között az Anyagvizsgáló Osztály tudományos osztályvezetőjeként dolgozott. Az Intézet felszámolása előtt a Műszaki Biztonsági Főfelügyelethez (MBF) távozott, ahol tudományos tanácsadóként jól hasznosíthatta a nyomástartó edények, kazánok és tároló létesítmények szakterületén szerzett tudását. 1966-ban „kiszervezték” az MBF Labor Főosztályát. Ekkor a Corrocont Kft.-nél helyezkedett el roncsolásmentes diagnosztikai szakterületen. Főmérnöki, majd igazgatói beosztásban sok országban dolgozott, egyedi vizsgálati technológiát alkalmazva.

2001-től „szabadúszó nyugdíjas-ként” előző munkahelyének, az MBF-

nek, az Építésügyi Minőségellenőrző Intézetnek és sok más cégnek készített szakvéleményt.

1972 óta ipari szakértő, elsősorban kohászati-gépipari anyagvizsgálati szakterületen. UNIDO-szakértő volt Etiópiában (1985) és Guyanában

(1989). 1968–2018 között főállása mellett két évig műszaki főiskolán, nyolc évig közgazdasági egyetemen, öt évig korróziós szakmérnöki szakon és 23 évig szaktanfolyamokon tanított. Évtizedeken át referálta az Országos Műszaki Könyvtár szakte-

rületeihez tartozó szakfolyóiratokat. Cikkeinek, előadásainak száma jóval meghaladja a százat. Az utóbbi év a szakmai visszavonulás, a nyugalom, a négy gyermek és családjaik, valamint a négy unoka életében való győnyörködés jegyében telt el.

## ■ NEKROLÓGOK

### Farkas Lajos

1930–2019



*Farkas Lajos 1930. augusztus 17-én született Békéscsabán. A helyi evangélikus gimnáziumban érettségizett.*

*Egyetemi tanulmányait az utolsó soproni kohász évfolyam tagjaként végezte. Az '56-os forradalom idején már a Tatabányai Alumíniumkohó műszaki-fejlesztési osztályát vezette. A munkástanácsban vállalt tisztsége miatt meghurcolták, és csak 1958 végén – fizikai munkásként – tudott elhelyezkedni a Kohászati Kemence-építő Vállalatnál. 1980-ig Dunaújvárosban, majd nyugdíjazásáig a vállalat budapesti központjában töltött be felelős beosztásokat. Volt művezető, főépítésvezető és a nagyvállalat termelési főmérnökhelyettese is. Számos vaskohászati nagyberuházás lebonyolításában vett részt. A kohászati kemencék tárgykörben oktató tevékenységet is folytatott. Munkáját több vállalati és Kiváló Kohász miniszteri kitüntetéssel ismerték el.*

*Egyesületünk aktív tagjaként a KGYV helyi szervezetének titkára és a Vaskohászati Szakosztály vezetőségi tagja volt Az OMBKE z. Zorkóczi Samu-emlékéremmel tüntette ki.*

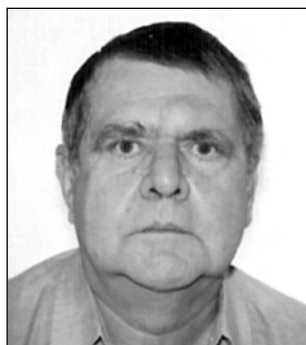
*Tanárnő feleségével 50 évet éltek együtt, leányuk, unokájuk és dédunokájuk sok örömet szerzett nekik. Idősen is tevékenyen élt, szervezte az évfolyam-találkozókat, rendszeresen részt vett a szakestélyeinken. Közvetlen, nyitott egyéniségű, kedvelt kollégánk volt.*

*Márciusban, hirtelen érte a halál. Búcsúztatásán részt vettek az OMBKE képviselői is, szólt a harangjáték, elhangzott a kohászhimnusz. Hamvait az erzsébetvárosi Rózsák téri templom urnatemetőjében – a 2008-ban elhunyt felesége hamvai mellé – helyezték el. Nyugodjék békében!*

**Takács István**

### Hantó Kálmán

1944–2019



*Hantó Kálmán 1944-ben született. A budapesti József Attila Gimnáziumban érettségizett, majd egy évnyi kitérő után 1963-ban iratkozott be a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karára. Nappali tanulmányait megszakítva 1968-ban a Csepeli Acélműben kezdett dolgozni, ahol először fizikai munkásként, majd a vállalat Kísérlet-Kutatási csoportjában kutatóként dolgozott. Itt része volt az acélüstben való argonozás bevezetésében, ill. az öntőüstök tűzálló anyagainak fejlesztésében. Később a gyártóeszköz gazdálkodó csoportot vezette. Munkája során újítások, szabadalmak kidolgozásában vett részt.*

*Időközben levelező tagozaton folytatta kohómérnöki tanulmányait, és 1973-ban kohómérnöki oklevelet kapott.*

*1974–2013-ig a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülésnél dolgozott. 1979-ig a Beruházási Főosztályon a Dunai Vasmű létesítményfelelőse volt, több nagyberuházás előkészítésében, lebonyolításában vett részt. Közben elvégezte a Közgazdaságtudományi Egyetemen a mérnök-közgazdász tagozat ipari szakát, diplomáját 1979-ben védte meg. 1979-től az MVAE Műszaki-Gazdasági titkárságán dolgozott szaktanácsadóként. 1981-ben a Egyesülés tagjai megválasztották az*

igazgatótanács titkárává. 1991-től nyugdíjazásáig az Egyesülés koordinációs igazgatóhelyettese volt. Ebben a minőségében közvetlen kapcsolatba került a magyar vaskohászati vállalatok vezetőivel, szervezte a részvételükkel lebonyolított igazgatótanácsi üléseket.

Az alkalmazotti státus nem elégítette ki, így 1991-ben megalakította a FERRCO Kft.-t, amelynek ügyvezető igazgatója volt. A vállalkozás az Egyesülés irodaházának kezelőjeként gondoskodott a ház kihasználásáról: kiadta az egyesülés által nem használt helyiségeket. Ezzel nagyban hozzájárult az intézmény pénzügyi stabilitásához. Cégével több vállalat felszámolásában vett részt. Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület munkájában 1975–86 között a Kohászati Lapok szerkesztő

bizottságának tagjaként, 1976–81 között a Vaskohászati Szakosztály vezetőségének tagjaként volt aktív szerepe. A szakmatörténeti munka is érdekelte: a Somogyfajszon feltárt őskohó gondozását végző Dunaferr Somogyország Archeometallurgiai Alapítvány támogatója, a kuratórium tagja volt.

Munkahelyén, a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülésben ismerte meg feleségét, Stefán Máriát, aki az egyesülés gazdasági igazgató helyetteseként a közelmúltban ment nyugdíjba. Egy jogász végzettségű lánya és négy lányunokája van, idősödvén egyre nagyobb örömet szerzett neki a velük való együttlét.

Kedves Kálmán! Isten veled, nyugodjál békében!

**Dr. Tardy Pál**

## **Dr. Szombatfalvy Árpád** 1921–2019



Született Désen, Erdélyben, érettségizett a Kolozsvári Református Kollégiumban, gépészmérnök lett Budapesten (1947). Indexében több tárgynál szerepel Bay Zoltán aláírása. A fővárosban élt eredményekben gazdag életet.

Pályafutása: Magyar Acélárugyár, Gépipari Technológiai Intézet (1954) és a Vasipari Kutató Intézet. Itt az Anyagvizsgáló Osztályt, majd a Hőkezelő Osztályt vezette (1967–1983). Neves szakember volt.

Másodállásban oktatott az Iparművészeti Főiskolán (1955–1965) és 10 éven át a Műegyetem Gépelemek Tanszékén.

Évtizedeken át volt országos hírű műszaki szakértő. Több mint 1200 szabvány alapos ismerete, alkotói, korszerűsítői közreműködése is része volt napi munkájának. Rendszeresen szerepelt és előadott belföldi és külföldi szakmai konferenciákon. Német, francia, román és olasz nyelvtudását hasznosította a VASKUT széleskörű nemzetközi kapcsolataiban is. Az intézet nehéz anyagi helyzetében sikerült beszereznie korszerű anyagvizsgáló

berendezéseket (INSTRON, QUANTIMET). Műszaki folyóiratokban már az 1950-es évektől közölt cikkeket. Első könyvének címe „Hőkezelés”. Ezt még nyolc másik követte. A GTE-ben elnöke volt az Anyagvizsgáló Szakbizottságnak és vezetőségi tagja a Hőkezelő Szakbizottságnak.

Szakmai sokoldalúsága mellett a szigorú rendszeret, a példamutató alaposág, a türelem és a jóindulat tekintélyt növelő tulajdonságai voltak. Munkatársai nem emlékeznek egyetlen indulatos vezetői intézkedésére sem. Akik vele gyakorolták a mérnöki, kutatói munkát, olyan útravalót kaptak, amellyel jól boldogultak bel- és külföldön is.

Temetése 2019. április 2-án volt Farkasréten, a Református Egyház szertartásával. Búcsúztatták a cserkészek, a vaskutas munkatársak és a GTE Hőkezelő Szakbizottsága.

Az igaznak emléke áldott (Péld. 10,7.). Nyugodjék békében. Emlékét kegyelettel őrizzük.

**Dr. Bacskai Antal és Tóth Tamás**

## EMT XXI. Nemzetközi Bányász Kohász és Földtani Konferencia 2019. május 9–12. Nagybánya



A rendezvényről szóló beszámolót 2019/4. számunkban közöljük.

## Képek az OMBKE 109. Küldöttgyűléséről Ózd, 2019. május 25.



A rendezvényről szóló beszámolót 2019/4. számunkban közöljük.