

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

# Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

146. évfolyam

2013/1. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

## TARTALOM

### Vaskohászat

- 1 Májlinger K. – Szabó P. J.: Auszteni-  
tes acél keményforrasztáskor fellépő  
szemcsehatárminti repedése
- 6 Tardy P.: Az acélhulladék keletkezése  
és felhasználása: változó arányok
- 11 Topitzer Jánosra emlékeztek és a szer-  
számáccélgártás fejlődését tekintették át

### Öntészet

- 13 Diaconu, V.-L. – Sjögren, T. – Skog-  
lund, P. – Diószegi A.: A molibdén  
hatása az öntöttvasak termomecha-  
nikus hőfárasztási tulajdonságaira
- 18 Korszerű mintakészítés – szakmai nap  
az M+M Kft.-nél
- 19 MÖSZ-hírek

### Fémkohászat

- 22 Tranta F.: Öntött AlMnMg (3004) alu-  
miniumötvözet vizsgálata a villamos  
ellenállás és a termoerő együttes mé-  
résével
- 27 Kovács S. – Mertinger V.: Huzalhú-  
zási paraméterek komplex optimalizá-  
ló eljárásainak összehasonlítása
- 31 Beszámoló a XIII. Fémkohászati  
Szakmai Napról

### Anyagtudomány

- 33 Kundrák J. – Gyáni K. – Pálmai Z.:  
A felszíni réteg vizsgálata keményes-  
tergált belső hengeres felületeken
- 39 Barkóczy P. – Gyöngyösi Sz. – Geiger  
J.: Fázisátalakulások során végbeme-  
nő csíráképződés dinamikájának szim-  
ulációja sejtautomata módszerrel

### Felsőoktatás

- 43 Az MTA Metallurgiai Bizottsága a kohó-  
mérnök-képzés helyzetéről tanácskoztott
- 44 Tanulmányút a brnoi FOND-EX Nem-  
zetközi Kiállítás és Vásáron
- 46 Egyetemi hírek

### Hírmondó

- 47 NÉVJEGY – Szabályár Péter
- 50 Acélipari témák a Tudomány Hetén a  
Borovszky-év jegyében
- 51 Szent Hubertus- és Szent Borbála-em-  
lékest Solton
- 53 Nekrológok

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

## FROM THE CONTENT

**Májlinger, K. – Szabó, P. J.: Intercrystalline Cracking of Austenitic Steel during Brazing ... .. 1**  
During brazing of austenitic stainless steel with copper based brazing material a common failure occurs, namely that the brazing material solutes along grain boundaries, which look like cracks. This unfortunate effect occurred when both AISI 304 and AISI 310 steel was brazed. To avoid this unwanted effect – since the cracks propagate mainly on high angle grain boundaries – our goal was to enhance the fraction of special coincident site lattice type grain boundaries with thermo-mechanical treatment. Experiments were performed for 1, 48 and 72 hour heat treatments at 650 °C after different levels of cold rolling. The brazing was made with Boehler SG-CuSi3 brazing material. The grain boundaries were investigated on electro-lytically polished samples in an electron microscope with electron backscattered diffraction technique. Due to the thermomechanical treatment the fraction of CSL grain boundaries were increased and significant decrease in the crack size was found in depth and width, respectively. In our present work the effect of different treatment parameters was investigated.

**Tardy, P.: Demand and arising of ferrous scrap: changing balance ... .. 6**  
Security of scrap supply depends on the equilibrium of its demand and arising. To analyse this relation a model has been worked out and used for the calculation of the evolution of the two amounts globally and for some selected regions till 2017. Arising could hardly cover demand before the outbreak of the global financial and economic crisis in 2008, but after that market strains were eased. If steelmaking practice will not change, arising will grow faster than demand and even China may be self-sufficient.

**Diaconu, V.-L. – Sjögren, T. – Skoglund, P. – Diószegi, A.: The molybdenum effect onto the thermomechanical fatigue properties of cast iron ... .. 13**  
The goal of the experiments is to investigate the thermomechanical fatigue properties of compacted and gray cast irons alloyed with molybdenum and their comparison. For this purpose were casted four types of compacted graphite irons having different molybdenum content and one gray cast iron which properties are closed to the GJL 300 type. The measurements were performed on specimens machined from these types of cast iron. At the same times investigations were done on specimens machined from cylinders of different diameter in order to detect the relationship between different cooling rates and solidification. In all cases the results showed the correlation between molybdenum content and the thermomechanical properties of compacted graphite iron.

**Tranta, F.: Investigation of solidified AlMnMg alloy (3004 type) using simulta-**

**neous measurement of electric resistance and thermoforce ... .. 22**  
The concentration of manganese and magnesium in solid solution was determined after the homogenization heat treatment using simultaneous measurement of electric resistance and thermoforce by applying the functions of Nordheim–Gorter and the Matthiesen-rules in case of semi continuous casting AlMnMg alloy. The concentration of magnesium slightly changed during the heat treatment, whereas the manganese precipitates from the supersaturated solidified structure below 600 °C, and above 600 °C it solved.

**Kovács, S. – Mertinger, V.: Comparison of complex optimizing processes of parameters of wire drawing ... .. 27**  
In this paper, the algorithmic realization of complex optimization objective functions of parameters of multi-step wire cold drawing technology is described. As a result of the two-types of optimization, identical optimum cone-angles can be obtained in each pass and on the other hand optimum cone angles having optional size in each pass can be obtained. The calculation time of objective functions as one of the most important factors of non-linear optimization was investigated. The optimum technological parameters obtained by using the two types of objective functions were compared and it was defined why it is worth using the complex optimization having a shorter calculation time.

**Kundrák, J. – Gyáni, K. – Pálmai, Z.: Investigation of the surface layer on hard turned inner cylindrical surfaces... .. 33**  
In hard turning having been applied wider and wider, occasionally a so called white layer appears on the machined surface, which is mostly harmful. The formation of the white layer appearing on the inner cylindrical surface of gear wheels made of case hardened steel 20MnCr5 has been studied in different versions of cutting technology. Depending on them, the thickness of the white layer was found different. Based on picture analysing and x-ray diffraction examinations it is stated that this white layer mainly consists of martensite besides which 5...25% residual austenite can be found.

**Barkóczy, P. – Gyöngyösi, Sz. – Geiger, J.: Simulation of the dynamics of nucleation in phase transformation by cellular automata ... .. 39**  
The dendritic growth is efficiently studied by a diffusion limited aggregation cellular automaton. The main problems of these automata are that cannot show a correct way the process of long range diffusion, and cannot produce the dynamics of nucleation. In this article an automaton is introduced which able to simulate the mentioned processes in correct way. For this a random walk based automaton is used with an extended neighborhood. This neighborhood orders the particles to nuclei.

- **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •
- **Levél cím:** 1371 Budapest, Pf. 433, e-mail: bkl.kohaszat@gmail.com •
- **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

• **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelne Kiss Katalin, Schudich Anna, Szende György, dr. Takács István, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

- **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Nagy Lajos •
- **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670 •**

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

**Internet cím:** www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

MÁJLINGER KORNÉL – SZABÓ PÉTER JÁNOS

## Auszténites acél keményforrasztáskor fellépő szemcsehatármenti repedése

Auszténites acélok rézalapú forrasztanyaggal történő keményforrasztásánál fellépő hibajelenség, hogy a forrasztanyag szemcsehatárok mentén az alapanyagba oldódik, ezzel repedést képez a szemcsehatárokon. Ez a jelenség mind az AISI 304-es, mind az AISI 310-es auszténites hengerelt acéloknál fennáll, bár az AISI 310-es acélnál jelentősen kisebb mértékben. E nemkívánatos jelenség kiküszöbölésére – mivel a folyamat főként nagyszögű szemcsehatárok mentén megy végbe – célul tűztük ki a speciális ún. CSL-szemcsehatárok (Coincident Site Lattice) számának növelését termomechanikus kezeléssel. 1, 48 és 72 órás hőkezeléseket végeztünk 950 °C-on különböző mértékű hidegalakítás után, majd a mintákon elvégeztük a keményforrasztást Boehler SG-CuSi3 forrasztanyaggal. A szemcsehatárokat elektropolírozott mintákon elektronmikroszkópban visszashórtelektron-diffrakciós módszerrel vizsgáltuk. A kezelések hatására megnőtt a speciális szemcsehatárok aránya, és mindkét alapanyagnál jelentős csökkenés volt tapasztalható a repedések méreteiben mind hosszirányban, mind szélességben. Cikkünkben a különböző paraméterekkel elvégzett kezelések hatását elemezzük.

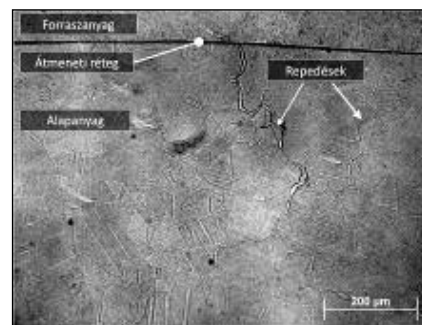
### Bevezetés

Korrózióálló acélokat széles körben használnak az ipar számos területén. Ezek egy nagy csoportját, az auszténites acélokat az autóipar [1] is szívesen alkalmazza. Sok esetben ezeket az auszténites alkatrészeket légmentesen kell egymáshoz kötni, erre jó megoldás a hegesztés és a keményforrasztás. A keményforrasztás hatékony megoldás kisebb mechanikai terhelések esetén, például személyautók kipufogójának gyártásakor. Ilyen alkalmazásokra széles körben használják az AISI 304-es acélt jó mechanikai

tulajdonságai és széles hőmérséklettartományban kiváló korrózióállósága miatt. Auszténites acélok keményforrasztására általában réz alapú forrasztanyagokat használnak. AISI 304-es acél Boehler SG-CuSi3 forrasztanyaggal történő keményforrasztásakor hosszú szemcsehatármenti repedések jelennek meg az acélban, melyek tele vannak forrasztanyaggal (1. ábra). Ez a jelenség hasonló az auszténites acélok szemcsehatármenti korróziójához. A szemcsehatármenti korrózió megelőzhető, illetve javítható az ún. speciális szemcsehatárok arányának növelésével [2–4].

**Májlínger Kornél** okleveles gépészmérnök, nemzetközi hegesztőmérnök, a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékének egyetemi adjunktusa. 2011-ben PhD-fokozatot szerzett öntöttvas motorblokkok futófelületének lézersugaras kezelése témakörből. Kutatási területe a fémmátrixú kompozitok előállítása és mikroszerkezeti tulajdonságaik vizsgálata.

**Szabó Péter János** okleveles villamosmérnök, a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékének egyetemi docense. 1995-ben PhD-fokozatot szerzett a nagyfelbontású röntgen vonalprofil-analízis témaköréből. Fő kutatási területe az anyagok elektronmikroszkópos vizsgálata, ezen belül a szemcsehatárok szerepének tisztázása egyes fémfizikai folyamatokban.



1. ábra. Fénymikroszkópos felvétel egy MIG-forrasztott minta keresztmetszetéről (304-es acél szállítási állapotban forrasztva)

A szemcsehatárokat tulajdonságaik szerint különböző szempontok szerint csoportosíthatjuk. A random, vagy általános szemcsehatárokat fajlagos tulajdonságaik (pl. átlagos energiájuk) szerint jellemezhetjük. Másrészt léteznek az ún. speciális szemcsehatárok, melyek fajlagos tulajdonságai jelentősen eltérnek a random szemcsehatároktól. A különbségeket ezeknek a szemcsehatároknak a geometriája okozza.

Azokat a szemcsehatárokat, melyek atomjainak meghatározott aránya a szemcsehatár síkjában egybeesik a szemcsehatár által elválasztott szemcsék rácsainak rácsponthelyeivel, a CSL-moddal (Coincident Site Lattice, egybeeső rács helyek) írhatjuk le [5]. Ezeket a szemcsehatárokat az ún.  $\Sigma$  értékkel jellemezhetjük. A  $\Sigma$  érték adja meg, hogy hány atom esik egybe a határon, például a  $\Sigma 3$  határnál minden harmadik. Adott  $\Sigma$  értékkel gyakran több miszororientációval is el lehet érni. Például a  $\Sigma 33$  elérhető az egyik szemcse képzeletbeli 20,05 fokos elforgatásával a  $[110]$  körül, vagy 33,56 fokos elforgatással a  $[311]$  és 58,99 fokos elforgatással a  $[110]$  tengely körül is. Ez a három leírás ugyanazt a  $\Sigma 33$ -as CSL-t eredményezi, így együttesen jelentkeznek az

eloszlás(mérés)ben. A  $\Sigma^3$  és  $\Sigma^3^n$  típusú CSL-határok gyakorisága jóval nagyobb a többi CSL-határnál, és fontos szerepet játszanak az anyagtulajdonságok beállításánál [5]. Ezeknek a határoknak a felületi energiája nagyságrendekkel kisebb, mint a véletlenszerű határoké, így fajlagos mennyiségük növelésével jobb korróziós és törési tulajdonságok érhetők el [2, 5–7]. A CSL-szemcsehatárok arányának növelésére jó néhány termomechanikai kezelés ismert [2, 4, 5, 8–10].

## Felhasznált anyagok

A forrasztási kísérleteket 1 mm Bohler SG-CuSi3 (2.1461) MIG huzallal (kémiai összetételét lásd az 1. táblázatban) végeztük AISI 304 és AISI 310 ausztenites acél minták felületén (kémiai összetételüket lásd a 2. és 3. táblázatban). A termomechanikus kezelések előtti keresztmetszet  $10 \times 10$  mm volt a 304-es, és  $9,5 \times 24$  mm volt a 310-es acél esetében.

A MIG forrasztási eljárás paraméterek a következők voltak: váltóáram 56 A áramerősség, 17 V feszültség, 4,4 m/perc huzal előtolás. A védőgáz 30% He – 70% Ar keverék volt 10 l/perc felhasználással.

1. táblázat. A Bohler SG-CuSi3 huzal kémiai összetétele (m%)

Si	Mn	Fe	Sn	Cu
2,9	1	≤0,3	≤0,2	többi

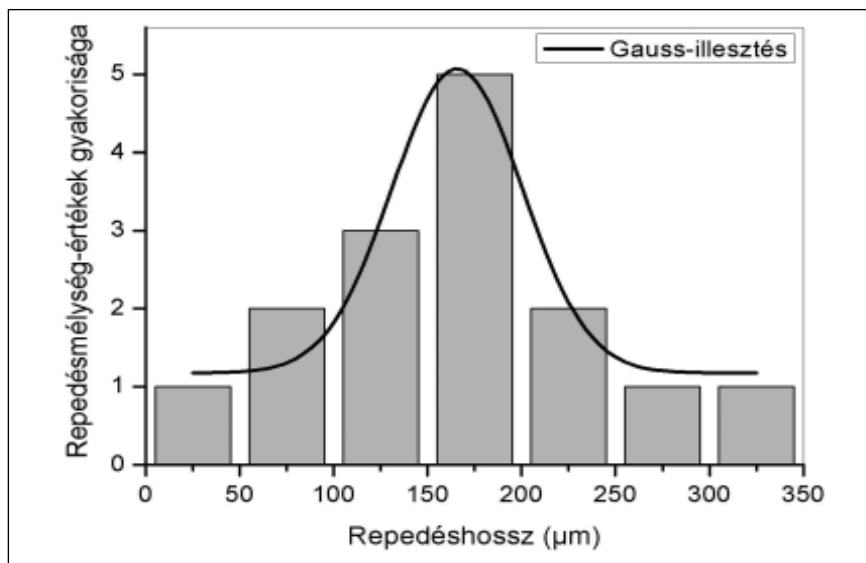
2. táblázat. Az AISI 304-es acél kémiai összetétele (m%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al	Cu	W	Ti	Co	Pb	Fe
≤0,08	≤1	≤2	≤0,045	≤0,03	18-20	≤0,15	8-11	≤0,1	≤0,1	≤0,3	≤0,1	≤0,05	≤0,1	≤0,15	bal.

3. táblázat. Az AISI 310-es acél kémiai összetétele (m%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al	Cu	W	Ti	Co	Pb	Fe
≤0,25	≤1,5	≤2	≤0,045	≤0,03	24-26	≤0,15	19-22	≤0,1	≤0,1	≤0,3	≤0,1	≤0,05	≤0,1	≤0,15	bal.

Először a szállítási állapotú anyagot vizsgáltuk, azután a speciális CSL-szemcsehatárok arányának növelésére termomechanikus kezeléseket végeztünk. Az ausztenites acélok különböző képlékeny alakváltozási mértékig ( $\varphi$ ) hidegen hengereltük, majd 950 °C-os kemencében különböző ideig hőkezeltük. A különböző alakváltozás mértékek és a hőntartási idők a 4. táblázatban láthatók.



2. ábra. A 304-5-1h mintán mért repedéshossz-értékek hisztogramja és az illesztett Gauss-görbe

## Vizsgálati módszerek

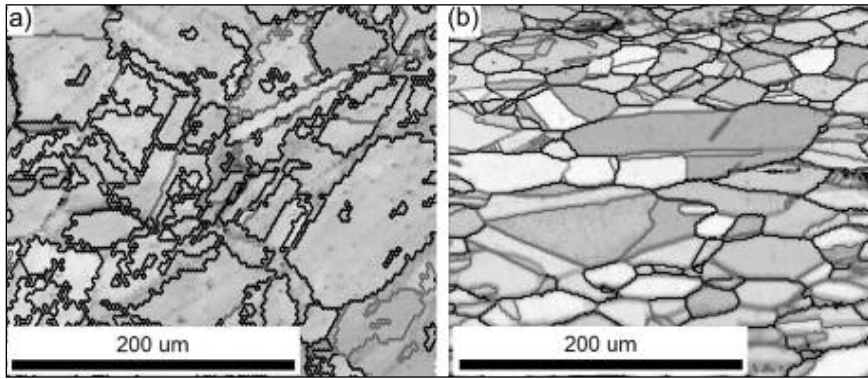
A termomechanikus kezelések repedésterjedésre való hatásának számszerűsítéséhez meghatároztuk a repedések tipikus méretét a következő, általunk kidolgozott módszerrel. A metallográfiailag előkészített minták keresztcsiszolatáról mikroszkópi felvételeket készítettünk a forrasztásra merőlegesen a teljes forrasztott keresztmetszetben. Képelemző szoft-

verrel az összes felvételen megmértük a repedések mélységét (normálirányban a forrasztott felülettel) és a repedések szélességét (párhuzamosan a forrasztott felülettel). Ezután gyakorisági vizsgálatot végeztünk a repedéshosszok értékein, és hisztogramban ábrázoltuk őket (2. ábra). Ezek után megfelelő görbét illesztettünk a diagramra (a Gauss-görbét találtuk legjobban illeszkedőnek, például 2. ábra) és ezzel az illesztéssel határoztuk meg a jellemző repedés-méretet.

A szemcsehatár-struktúrák vizsgálatára az AISI 304-es mintákon visszaszórtelektron diffrakciós vizsgálatot (electron backscattered diff-

4. táblázat. A termomechanikus kezelés paraméterei

Minta jele (AISI 304)	Minta jele (AISI 310)	Képlékeny alakváltozás $\varphi$ (%)	Hőkezeltési időtartam (h)
304-száll-áll.	310-száll-áll.	-	-
304-25-1h	310-25-1h	25	1
304-25-48h	310-25-48h	25	48
304-25-72h	310-25-72h	25	72
304-50-1h	310-50-1h	50	1
304-50-48h	310-50-48h	50	48
304-50-72h	310-50-72h	50	72



■ **3. ábra.** 304-es acél képminőség térképe (image quality map; IQ) szemcsehatárokkal. Kiindulási állapotban (a) és 25%-os hengerlés, 48 órás hőkezelés után (b). A random nagyszögű szemcsehatárok feketék, a CSL határok szürke színűek

raction; EBSD) végeztünk Philips XL 30 elektronmikroszkópban (scanning electron microscope; SEM), TSL Tex SEM EBSD-detektorrendszerrel. A pártázott terület a forrasztott felület szélétől körülbelül  $300 \times 290 \mu\text{m}$  volt,  $1,7 \mu\text{m}$ -es felbontással. Az EBSD-méréseket hagyományosan előkészített [11] keresztcsiszolati mintákon végeztük. A visszaszórtelektron-diffrakciós módszerről a [12] hivatkozásban olvashatunk részletesebben. A 3. ábrán példaként bemutatjuk a 304-es acél kiindulási állapotának és termomechanikus kezelés (25%-os hengerlés, 48 órás hőkezelés) utáni állapotának képminőség-térképeit, belerajzolva a random- és a CSL-határokat. A képminőség-térkép egyes pixeleinek szűrkeségi fokait az határozza meg, hogy az adott pontban milyen minőségű volt az elektrondiffrakció [13]. Ha jó volt, akkor ahhoz a ponthoz viszonylag ép kristályrács tartozik, és a pixel világos árnyalatú. Ha a diffrakció diffúz, elkent, akkor a

mérési pontban a kristályszerkezet hibás (pl. szemcsehatároknál), és a pixel sötétebb lesz. Megfigyelhető az is, hogy a termomechanikus kezelés hatására kismértékű szemcsefinomodás jött létre: az átlagos  $18 \mu\text{m}$ -ról  $13 \mu\text{m}$ -re csökkent a szemcseátmérő, illetve megnőtt a CSL-szemcsehatárok aránya.

### Eredmények

A termomechanikusan kezelt, forrasztás utáni mintákon meghatározott jel-

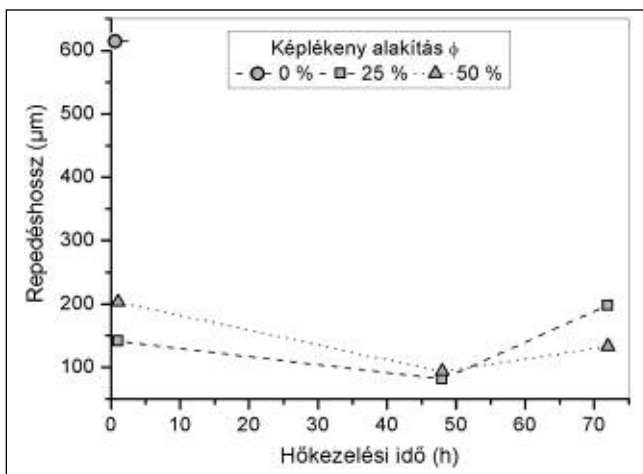
lemző repedésméretek az 5. táblázat tartalmazza.

Az AISI 304-es acél esetében tisztán látható, hogy a termomechanikus kezelések hatására a jellemző repedésméretek jelentősen lecsökkentek. A repedésmélység minden esetben a szállítási állapotú (kezeletlen) mintához képest legalább egyharmadára csökkent (4. ábra). A legjobb eredményt a 48 órás hőkezelések adták, a kezeletlen minta repedésmélysége ( $613 \mu\text{m}$ ) egyhatodára csökkent ( $100 \mu\text{m}$ ). 72 órányi hőkezelés után a repedésmélységek enyhén növekedtek, de a kezeletlen mintához képest jelentősen kisebbek voltak. A repedészélesség-értékek is csökkentek a termomechanikus kezelésekkal, de kisebb mértékben, mint a repedésmélységek.

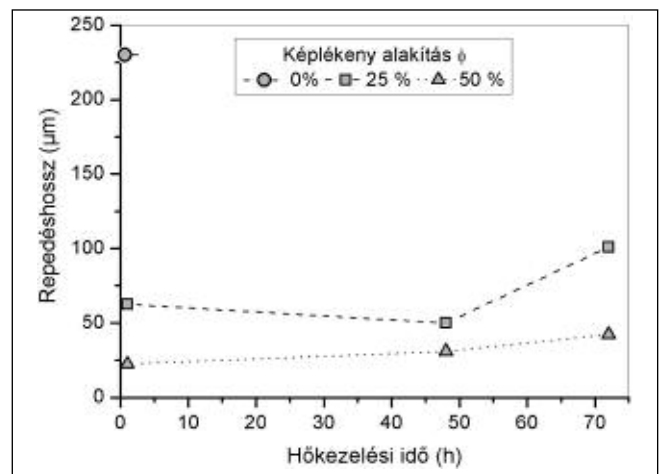
Az AISI 310-es acél esetében is megfigyelhető, hogy a termomechanikus kezelések hatására a jellemző repedésméretek jelentősen lecsökkentek. A repedésmélységek minden esetben a kezeletlen mintához képest legalább a felére csökkentek (5. ábra). A legjobb eredményt az 1 órás kezelés adta az 50%-os képlékeny deformáci-

■ **5. táblázat.** Jellemző repedésméretek forrasztás után az AISI 304-es és AISI 310-es acélnál

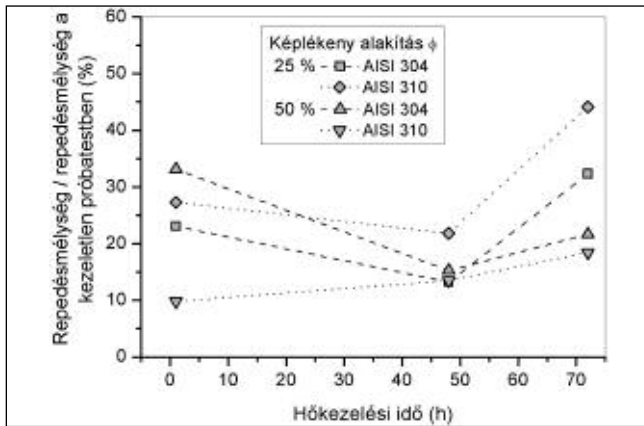
Minta jele	Repedésméret ( $\mu\text{m}$ )		Minta jele	Repedésméret ( $\mu\text{m}$ )	
	Mélység	Szélesség		Mélység	Szélesség
304-száll-áll.	613	247	310-száll-áll.	229	61
304-25-1h	141	76	310-25-1h	63	31
304-25-48h	81	54	310-25-48h	50	8
304-25-72h	198	175	310-25-72h	101	40
304-50-1h	203	166	310-50-1h	23	6
304-50-48h	93	64	310-50-48h	31	23
304-50-72h	133	51	310-50-72h	42	9



■ **4. ábra.** A képlékeny alakítás és hőkezelés hatása a repedésmélységre az AISI 304-es acél esetében



■ **5. ábra.** A képlékeny alakítás és hőkezelés hatása a repedésmélységre az AISI 310-es acél esetében



■ 6. ábra. A repedésmélység / a kezeletlen minta repedésmélysége a képlékeny alakítás és a hőkezelési időtartam függvényében AISI 304-es és AISI 310-es acélok esetében

óval, ahol kezeletlen minta repedéshossza (229  $\mu\text{m}$ ) a tizedére csökkent (23  $\mu\text{m}$ ). A 72 órás kezelés után a repedésmélység kissé megnőtt. A repedésszélességek is lecsökkentek a termomechanikus kezelések hatására, de kisebb mértékben, mint a repedésmélységek.

A 4. és 5. ábrából is látható, hogy a 310-es acél jóval kevésbé érzékeny a szemcsehatármenti korrózióra, mindkét irányban jóval kisebbek voltak benne a repedések, mint a 304-es acélban. Ez megfelel annak a ténynek, hogy a 304-es acél korrózióállóbb, mint a 310-es [14].

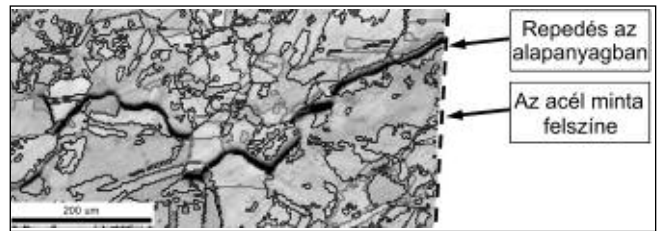
A hőkezelés hatásának jobb megfigyelésére a 6. ábrán a normált repedésmélységet (repedésmélység / a kezeletlen minta repedésmélysége) ábrázoltuk az alakítás és hőkezelési idő függvényében mindkét acél esetében. Az összes kezelés csökkentette a repedésméretet mindkét ausztenites acélnál. A legjobb eredményt a 310-es acél 1 órás hőkezelése adta 50%-os képlékeny deformáció után. A többi esetben a 48 órás hőkezelés okozta a legnagyobb repedésméret-csökkenést, a

mélység 50% alatt volt.

A SEM-EBSD mérési eredmények az AISI 304-es acél esetében azt mutatták, hogy a szemcsehatármenti repedések főként a random nagyszögű szemcsehatárok mentén terjednek (például I. 7. ábra). A 6. táblázatban az EBSD-vel mért szemcsehatárok hosszarányai láthatók a különböző minták esetében. Jól látszik, hogy a termomechanikus kezelés hatására jelentősen megnőtt a CSL-szemcsehatárok aránya az összes szemcsehatárhoz képest, így a CSL/random nagyszögű, valamint az iker ( $\Sigma 3$  CSL) szemcsehatárok aránya is.

A speciális szemcsehatárok arányának növekedésével jelentősen csökkent a forrasztást követően az átlagos jellemző repedésméret. A 8. ábrán jól látható, hogy a CSL-szemcsehatár megállítja a repedés terjedését.

A 9. ábrán a repedésméreteket ábrázoltuk a CSL/random szemcsehatárok arányának függvényében. Egyértelmű csökkenés látható a repedések méretében a CSL/random szemcsehatárok arányának növekedésével.



■ 7. ábra. Képpminőség térkép (image quality map; IQ) szemcsehatárokkal. A random nagyszögű szemcsehatárok feketék, a CSL határok szürke színűek (304-száll.-áll.)

72 órás kezelésnél már kissé nőttek a repedések. Az összes mintánál a normált repedés-

## Összegzés

A nagyobb Cr- és Ni-tartalom következtében az AISI 310-es acélban kevesebb problémát okozott a szemcsehatármenti repedés, mint az AISI 304-es acélnál.

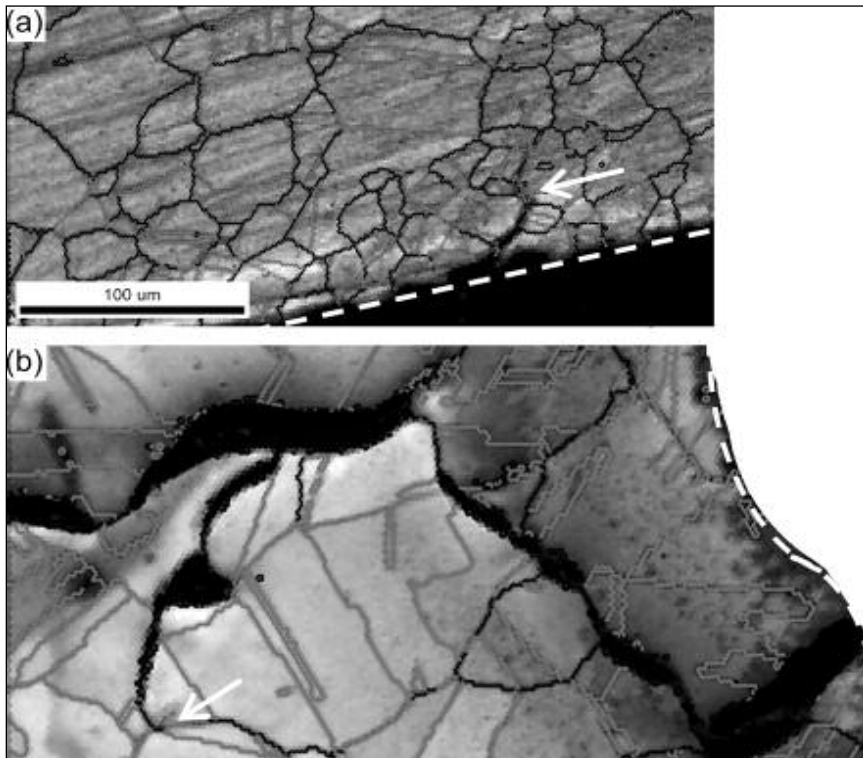
Az AISI 304-es acél esetében a termomechanikus kezelések hatására megnőtt a CSL-szemcsehatárok aránya a random nagyszögű szemcsehatárokéhoz képest. A termomechanikus kezelések után a forrasztott mintákban jelentősen lecsökkent a repedések jellemző kiterjedése, a felülettel párhuzamosan és arra merőlegesen is, mivel a CSL-szemcsehatárok kis felületi energiájuknak köszönhetően gátolták és megállították a szemcsehatármenti repedésterjedést.

## Köszönetnyilvánítás

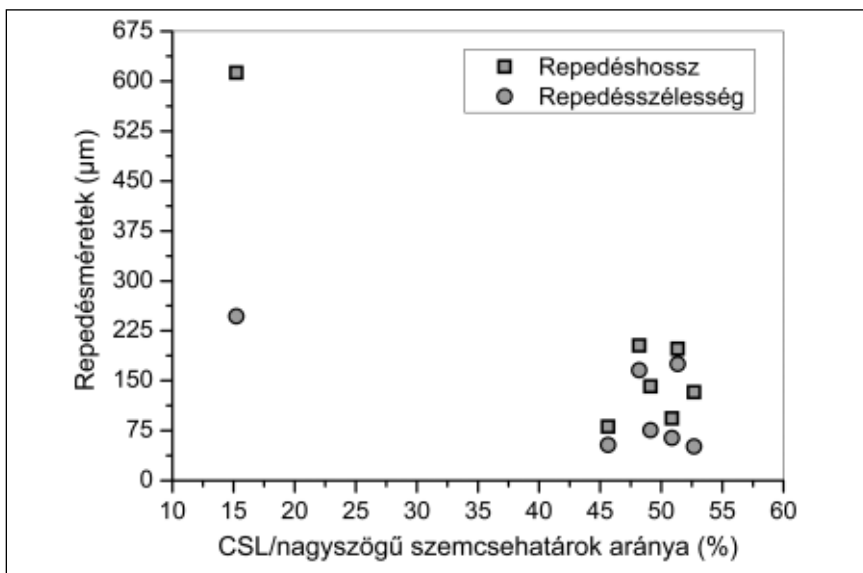
A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatta. A kutatási eredmények és a cikk a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

6. táblázat. Különböző szemcsehatár-típusok hosszarányai EBSD-vel mérve

Minta jele	Szemcsehatárok hosszarányai				
	Random nagyszögű	CSL	Iker	CSL/iker	CSL/random nagyszögű
304-száll.-áll.	0,808	0,123	0,024	5,125	0,152228
304-25-1h	0,957	0,470	0,157	2,993631	0,491118
304-25-48h	0,999	0,456	0,138	3,304348	0,456456
304-25-72h	0,970	0,498	0,223	2,233184	0,513402
304-50-1h	0,913	0,440	0,290	1,517241	0,481928
304-50-48h	0,926	0,471	0,263	1,790875	0,508639
304-50-72h	0,879	0,463	0,357	1,296919	0,526735



■ 8. ábra. Termomechanikusan kezelt minták (a) 304-50-72h és (b) 304-25-72 képmínőség térképei (image quality map; IQ) szemcsehatárokkal. A random nagyszögű szemcsehatárok feketék, a CSL határok szürke színűek. A próbatestek szélét szaggatott fehér vonallal, a repedések végét fehér nyíllal jelöltük. A nagyítás mindkét esetben azonos



■ 9. ábra. A jellemző repedésmélység (normálirányban a forrasztott felületre) és repedésszélesség (párhuzamosan a forrasztott felülettel) értékek a CSL/random nagyszögű szemcsehatárok függvényében (AISI 304-es minták)

## Irodalom

- [1] J. R. Davis: *Stainless Steels: An ASM Specialty Hand-book* ASM; New York, 1994.
- [2] C. Hu, S. Xia, H. Li, T. Liu, B. Zhou, W. Chen, N. Wang: Improving the intergranular corrosion resistance of 304 stainless

- steel by grain boundary network control. *Corr. Sci.* 53(5) (2011) 1880–1886.
- [3] Y. Zhou, K. T. Aust, U. Erb, G. Palumbo: Effects of grain boundary structure on carbide precipitation in 304L stainless steel. *Scripta Mater.* 45(1) (2001) 49–54.
- [4] M. Kumar, A. J. Schwartz, W. E.

- King: Microstructural evolution during grain boundary engineering of low to medium stacking fault energy fcc materials. *Acta Mater.* 50(10) (2002) 2599–2612.
- [5] L. Tan, K. Sridharan, T. R. Allen, R. K. Nanstad, D. A. McClintock: Microstructure tailoring for property improvements by grain boundary engineering. *J. Nucl. Mater.* 374(1–2) (2008) 270–280.
- [6] M. Shimada, H. Kokawa, Z. J. Wang, Y. S. Sato, I. Karibe: Optimization of grain boundary character distribution for intergranular corrosion resistant 304 stainless steel by twin-induced grain boundary engineering. *Acta Mater.* 50(9) (2002) 2331–2341.
- [7] S. Tsurekawa, S. Nakamichi, T. Watanabe: Correlation of grain boundary connectivity with grain boundary character distribution in austenitic stainless steel. *Acta Mater.* 54(13) (2006) 3617–3626.
- [8] M. Kurban, U. Erb, K. T. Aust: A grain boundary characterization study of boron segregation and carbide precipitation in alloy 304 austenitic stainless steel. *Scripta Mater.* 54(6) (2006) 1053–1058.
- [9] W. Myrjam: Grain boundary engineering by application of mechanical stresses. *Scripta Mater.* 54(6) (2006) 987–992.
- [10] A. J. Schwartz, W. E. King, M. Kumar: Influence of processing method on the network of grain boundaries. *Scripta Mater.* 54(6) (2006) 963–968.
- [11] G. Vander Voort, S. Dillon, E. Manilova: Metallographic Preparation for Electron Backscattered Diffraction. *Microsc. Microanal.* 12 (2006) 1610–1611.
- [12] Szabó P. J.: Lokális szemcseorientáció-meghatározás pásztázó elektronmikroszkópban, *BKL Kohászat*, 137. évf. 2004/5. szám, 39–44. old.
- [13] A. J. Schwartz, M. Kumar, B. L. Adams: *Electron Backscatter Diffraction in Materials Science*, Kluwer Academic / Plenum Publishers, 2000, ISBN 0-306-46487-X.
- [14] W. F. Smith: *Structure and Properties of Alloys*, McGraw-Hill, 1993, ISBN 0-07-112829-8.

# Acélhulladékok keletkezése és felhasználása: változó arányok

*Az acélipar hulladékellátásának biztonsága az acélhulladék-igény és -keletkezés egyensúlyától függ. Ennek számítására a szerző modellt dolgozott ki, melynek segítségével 2017-ig kiterjedően globálisan és néhány régióra meghatározta a két mennyiség alakulását. A 2008-ban kialakult válság előtt a hulladékkeletkezés alig tudta fedezni az igényt, azt követően megszűnt ez a feszültség. Amennyiben nem változik az acélgyártás gyakorlata, az elkövetkező években a hulladékkeletkezés meg fogja haladni a felhasználást, és Kína is önellátóvá válhat.*

## 1. Bevezetés

Az acélgyártás két fő nyersanyaga a vasérc és az acélhulladék. A vasérc egyike a legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló nyersanyagainknak, és még hosszú ideig kielégítheti az igényeket. Az acélhulladék ezzel szemben az acélipar korábbi tevékenységének eredménye, ami elérhetőségét korlátok közé szorítja.

Az acélhulladék betétanyagként való alkalmazása elsősorban az acélgyártás energiaigénye szempontjából előnyös: a vasat elemi formában tartalmazza, hiszen a vasoxidokból történő, nagy energiafelhasználással és CO<sub>2</sub>-kibocsátással járó redukció már korábban megtörtént. Az elektroacélgyártás lényegében az acélhulladék megolvasztásán és az olvadék megfelelő kezelésén, ötvözésén, finomításán alapul. Az 1980-as és '90-es években – amikor nem a mennyiségi növekedés, hanem az élesedő piaci verseny volt jellemző az acéliparra – jelentősen növekedett részaránya az acéltermelésben, és további növekedéssel számoltak [1].

Az új évezred elején az acélipar új lendületet vett, és növekedési üteme meghaladta az 1950-es és '60-as éveket (elsősorban Kínának köszönhetően). A vasércszállítók a bányászati kapacitások növelésével követni tudták a hirtelen növekvő igényeket, az acélhulladék-ellátásban azonban helyenként zavarok léptek fel. Ez tette

indokolttá, hogy elemezzük az acélhulladék-keletkezés és -igény közötti mennyiségi összefüggéseket. Erre a célra elméletileg megalapozott modellt dolgoztam ki, és az elmúlt 10 évben több előadásban, publikációban tettem közzé az eredményeket, ill. az Acélipari Világszövetség (WSA) illetékes bizottsága számára készítettem számos dokumentumot. A válság előtti időszakban végzett számításaim szerint az acélhulladék-piac feszültségei tartósak maradnak [2–6]. Ezeket az elemzéseket azonban az élet (a 2008-ban kialakult válság) felülírta, indokolttá vált felülvizsgálatuk, ill. aktualizálásuk. Céлом volt az is, hogy a modellt pontosítsam, és helyességét más forrásokból származó adatokkal igazoljam. Az új eredményeket a Stahl 2012 konferenciáján ismerttettem 2012 novemberében; rövidesen a Stahl und Eisenben fogják közzé tenni. Ez a dolgozat a cikk magyar nyelvű változata.

## 2. Az acélhulladék-igény és -keletkezés számításánál alkalmazott modell

### 2.1. Acélhulladék-felhasználás

A világ különböző régióiban acélhulladékokkal, reciklálással foglalkozó számos intézmény közöl adatokat régiójuk, ill. a világ acélhulladék felhasználásáról [7]. Legtöbbjük az acélipari vállalatok adatainak statisztikai

feldolgozása alapján készül; ezek megbízhatósága régióként nagyon változatos. Az eredmények ennek megfelelően meglehetősen széles határok között változnak. Elemzésemnél igyekeztem megkerülni az említett problémát, ezért elméletileg megalapozottabb modellt alakítottam ki. Ennek lényege a vasesyensúly az acéliparban:

$$Fe_{\text{betét}} = Fe_{\text{nyersacél}} + \text{veszteségek}$$

Továbbá

$$Fe_{\text{nyersvas}} = 94\%$$

$$Fe_{\text{DRI}} = 90\%$$

$$Fe_{\text{nyersacél}} = 99,5\%$$

$$Fe_{\text{saját és feldolgozó hulladék}} = 95\%$$

$$Fe_{\text{régi hulladék}} = 90\%$$

$$\text{Vaskihozatal} = 90\%$$

Mint látható, a modell független az acélgyártás módjától és nem tartalmazza az elektroacélgyártás részarányát.

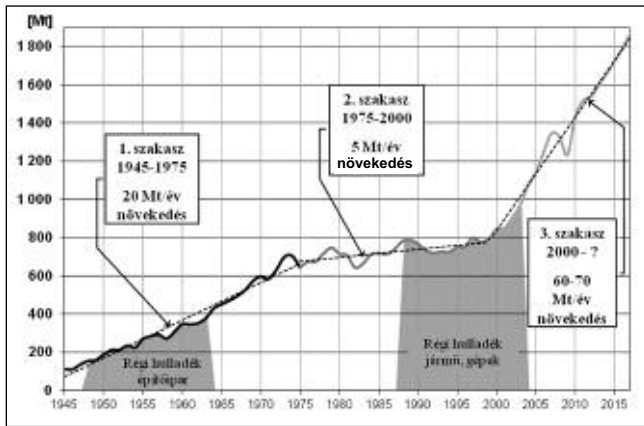
A modellben szereplő együtthatók nagyrészt irodalmi, statisztikai adatokon alapulnak, és valószínű, hogy régióként vannak közöttük különbségek. Szükségesnek tartottam ezért a modell helyességének ellenőrzését, amihez kiválasztottam az általam legautentikusabbnak gondolt adatbázist: a Bureau of International Recycling Ferrous Division (BIR) évente megjelenő kiadványait [8].

A fent leírt együtthatókkal végzett számítások eredményei a hagyományos acéltermelő régiók esetében meglepően jó egyezést mutattak a BIR adataival. Elsősorban Kína esetében nagyobb volt az eltérés, de az együtthatók kisebb változtatásával itt is elfogadható egyezést sikerült elérni.

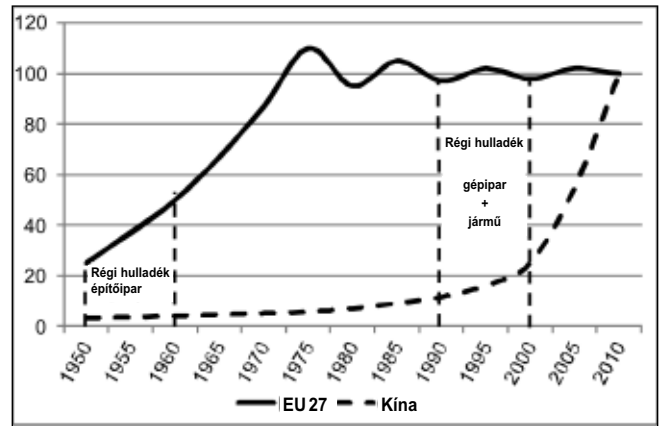
A modell kidolgozásának fő célja természetesen nem az volt, hogy alátámasszuk a BIR adatait, hanem az, hogy segítségével a jövőre vonatkozó számításokat lehessen végezni. A dolgozat ennek megfelelően a múltbeli (2002–2011) adatok hitelesítése mellett előrejelzéseket is tartalmaz 2017-ig.

### 2.2. Az acélhulladékok keletkezése

Az acélhulladékok keletkezésének



■ 1. ábra. A globális nyersacéltermelés növekedési trendjei, és a régi hulladékforrások változása



■ 2. ábra. Az acélfelhasználás alakulása Kínában és az EU-ban, és a régi hulladékforrások keletkezési ideje (semantikusan), 2010 = 100%

mennyiségéről sokkal kevesebb adat érhető el, mint a felhasználásról, az adatok megbízhatósága pedig még bizonytalanabb. A helyzetet bonyolítja, hogy az acélhulladékoknak három kategóriája van, amelyek keletkezése időben és helyben is nagyon különböző.

A saját (belső) hulladék az acélműveknél keletkezik az acélgyártás és -feldolgozás különböző fázisaiban, és maga az acélmű használja fel, röviddel a keletkezése után. A számítás alapja ebben az esetben is a vasmérleg:

$$Fe_{\text{nyersacél}} =$$

$$Fe_{\text{késztermék}} + Fe_{\text{saját hulladék}} + \text{veszteségek}$$

A saját hulladék mennyiségét leggyakrabban a nyersacéltermelés 10%-ára teszik. Megjegyzendő azonban, hogy a lapostermékekénél ennél nagyobb, a hosszútermékekénél ennél kisebb adatok szerepelnek. Mennyisége a továbbfeldolgozás (hideghengerlés, bevontolás stb.) mértékének is függvénye.

Az új (feldolgozó) hulladék a felhasználónál keletkezik, amikor az acéltermékből saját céljainak megfelelő méretű és alakú alkatrészeket gyártanak. Erre a termék beérkezése után rövid időn belül sor kerül; a feldolgozó rövid idő alatt értékesíti a keletkezett hulladékot (gyakran a beszállító acélmű tart rá igényt). Joggal feltételezhető, hogy hasznosítására még a keletkezése évében sor kerül. Mennyisége erősen függ a termék jellegétől: lapostermékek esetében a felhasználás átlagosan 20%-a, hosszútermékek esetében 6%-a az átlagos mennyiség.

A régi (amortizációs) hulladék mennyiségének becslése a legnehezebb. Kiindulópontként a késztermékekbe beépített acél mennyiségét kell

meghatározni, ami az acéltermék-felhasználás és a keletkezett új hulladék mennyiségének a különbsége. A további becslésnél a következő tényezőket kell figyelembe venni:

- indirekt acélkereskedelem,
- az acélt tartalmazó termékek élettartama,
- a termék használata során és a használaton kívül helyezés után a hulladékfeldolgozás köréből kikerült acél mennyisége (különböző veszteségek, begyűjtésre alkalmatlan helyekre kerülés, acélalkatrészek hasznosítása bontás után stb.),
- a hulladékgyűjtés és -feldolgozás hatékonysága.

Az indirekt acélkereskedelem (acéltartalmú termékek exportja és importja) eredményeként a régi hulladék nem a terméket gyártó országban, hanem a terméket használó országban keletkezik. Az indirekt acélkereskedelem nagyságáról korábban az IISI, most pedig a WSA közölt adatokat; ezeket a becsléseknél hasznosítottuk [9].

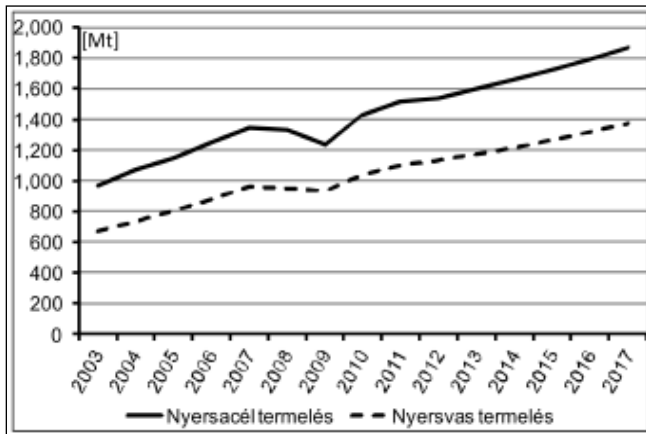
Az acélt tartalmazó berendezések, szerkezetek átlagos élettartamára vonatkozóan különböző adatok szerepelnek a szakirodalomban. A becslések egyszerűsítése érdekében csak a legnagyobb felhasználó területekkel számoltunk: az építőipar esetében 55 évet, a jármű- és gépipar esetében 15 évet feltételeztünk. Bonyolította a becslést, hogy ezen ágazatok részaránya az acélfelhasználásban régióként és az idő függvényében is változik.

Az élettartam adatok alapján jól szemléltethető az acélhulladék-keletkezés és -felhasználás közti egyensúly alapproblémája (1. ábra). A glo-

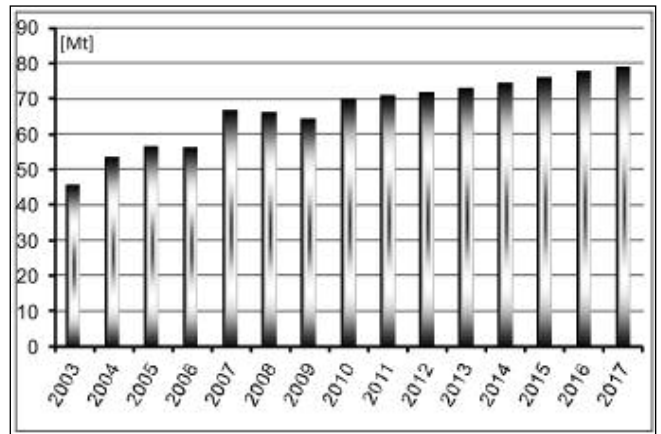
bális acéltermelés alakulását és a régi hulladékok forrását jelentő termékek gyártási időszakára jellemző adatokat egybevetve jól látszik, hogy a régi hulladékforrások termelésének növekedése az ezredforduló után sokkal kisebb ütemű lett a termelés (a hulladéki igény) jelenlegi növekedésénél. Az is látszik, hogy a 2010-es évek közepétől a különbség fokozatosan csökkenni fog (a 15 éves élettartamú termékek amortizációjának dinamikus növekedése következtében).

A fejlett és a feltörekvő országok acélfelhasználása igen eltérő módon alakult az elmúlt fél évszázadban; ennek szükségszerű következményeként a régi hulladék keletkezésében is nagyok a különbségek. A különbség oka a 2. ábrán jól látható, amely semantikusan ábrázolásban mutatja az EU27 és Kína acélfelhasználásának alakulását az 1950-es évektől napjainkig; a függőleges tengely nem a tényleges acélfelhasználást, hanem a 2010-es felhasználáshoz viszonyított százalékos értéket tartalmazza. A különbség – mint látható – drámai. Az EU27 országok acélfelhasználása az 1970-es évek közepe óta csak ingadozott, de érdemben nem nőtt; Kína acélfelhasználása viszont csak az utolsó 10-15 évben kezdett rendkívül nagy ütemben nőni. Az ábra jól szemlélteti, hogy Kínában (és a többi új, ill. kialakulóban lévő acélhatalomnál) a keletkező régi hulladék mennyisége rendkívül kicsiny a jelenlegi igényekhez képest. Ez magyarázza, hogy a fejlett országok zöme nettó hulladék exportőr, a fejlődő országok pedig nettó importőrök hulladékból.

A begyűjtésre alkalmatlan acélhulladék mennyisége régióként válto-



■ 3. ábra. A világ nyersvas- és nyersacél termelése



■ 4. ábra. Globális direkt redukált vas- (DRI-) termelés

zik. A termékek használata során és a hulladék begyűjtését/feldolgozását megelőző időszak veszteségei (korrózió, kopás) legfeljebb néhány százalékot tesznek ki. Főleg a ritkán lakott országokban és régiókban fordul elő, hogy az amortizált berendezések igen nagy távolságokra vannak szétszórva, ezért begyűjtésük nem lehet gazdaságos. A föld alatti építmények, gátak acélrészeinek feltárása hasonló akadályokba ütközik. Más okokból, de szintén kikerülnek az elsődleges reciklálásból az amortizált berendezések bontása során kiemelt használható acél alkatrészek, amelyeket alkatrészként értékesítenek. A felsorolt okok miatt nem használható acélhulladék mennyisége nem nagyobb 10%-nál.

A begyűjtésre és feldolgozásra gazdaságossági okok miatt alkalmatlan hulladékok mennyisége természetesen az acélhulladék piaci árától is függ: ha az árak fedezik a nagyobb begyűjtési és feldolgozási költségeket, ezeket is hasznosítják. A hulladékgyűjtők és -feldolgozók mindig

annyi acélhulladékot dolgoznak fel, amennyit az acélpipar az adott árviszonyok mellett átvesz. Természetes, hogy ez mindig a legnagyobb haszonnal értékesíthető (olcsón begyűjthető és feldolgozható, jó minőségű) acélhulladék. A technikailag még elérhető, de az adott időszakban nem begyűjtött/hasznosított hulladékból képződik az ún. hulladék tartalék, ami szűkösebb időkben még felhasználható. Ennek minősége gyengébb az átlagnál.

Az acélhulladék gyűjtésének hatásfokáról elsősorban a fejlett országok esetében vannak információk [7, 10, 11]. Ezek szerint az építményeknél átlagosan 80%-ra tehető a hatásfok (betonacél esetében 70%, acélszerkezeteknél 95%). A járműipar és a gépipar amortizált berendezéseinél 90% körüli az átlag. A fejlődő országokban – ahol a hulladékbegyűjtés és -feldolgozás szervezettsége alacsony színvonalú – ennél kisebb hatékonysággal kell számolni.

A konkrét számításoknál először meg kell határozni az egyes ágazatok

veszteségeket, és a begyűjtés hatásfokát felhasználva számítható a keletkezett hasznosítható régi hulladék. Az együtthatók bizonytalansága miatt az eredményt sokkal inkább becsült, mint egzakt számított adatként kell kezelni.

### 3. A számítások eredményei

A vázolt modell alkalmazásával több változatban is számítások készültek globális szinten, ill. néhány kiemelt régióra. A modell alkalmasságát – ahol arra lehetőség volt – független adatbázisokkal való összehasonlítással ellenőriztem:

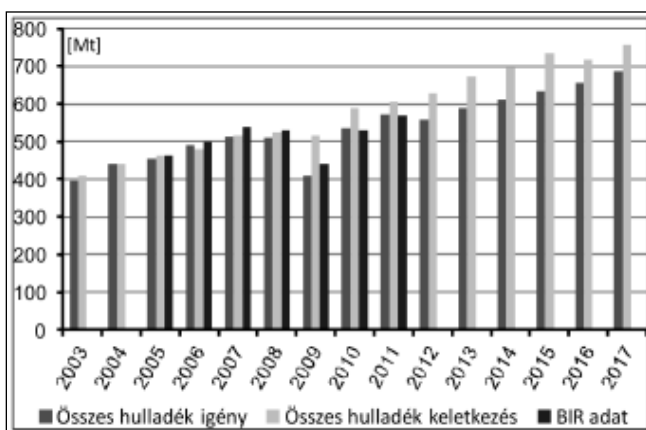
- a hulladékigény (felhasználás) esetében – mint említettem – a BIR adataival [8],
- a hulladék-keletkezésre vonatkozó számításaim eredményeit a WSA hulladékkereskedelemre vonatkozó statisztikája alapján lehetett ellenőrizni [12].

Feltételeztem, hogy a nettó hulladékimportőr országok annyi hulladékot importálnak, amennyi a náluk keletkező hulladék mellett hiányzik a felhasználásukhoz. Eszerint a keletkező hulladék mennyisége a felhasználás és az import különbségéből adódik.

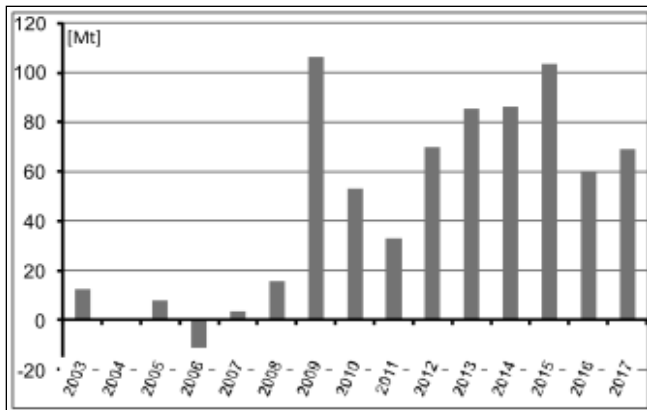
A jövőbeli adatok számításánál a WSA 2012 tavaszán készített előrejelzéseit (acélgyártás, nyersvasgyártás, DRI-gyártás) használtam fel. Ezeket az adatokat azóta korrigálták (lefelé), ami a várható hulladékigényt csökkenti, de megállapításaink érvényességét nem befolyásolja.

#### 3.1. Globális mennyiségek

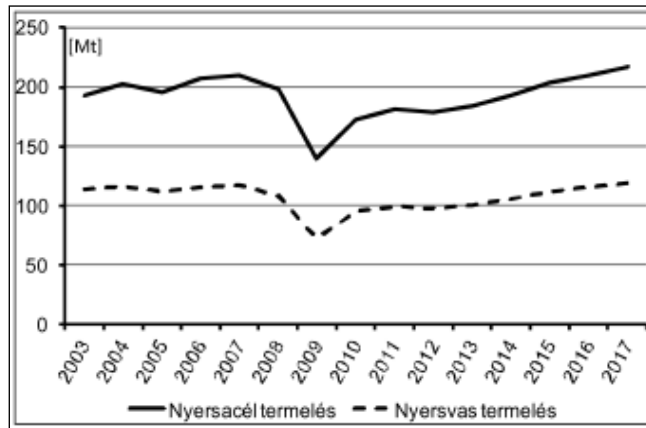
A számításokhoz felhasznált globális



■ 5. ábra. A számított és a BIR által közölt hulladékigény, valamint a keletkezett hulladék számított mennyisége globális szinten



■ 6. ábra. A keletkezett hulladék és a felhasznált mennyiség különbsége (globális)



■ 7. ábra. Nyersacél- és nyersvastermelés az EU27-ben

acél-, nyersvas- és DRI-termelési adatokat a 3. és 4. ábra tartalmazza. Az 5. ábrán a teljes hulladékigény és keletkezés alakulása látható. A számított felhasználási adatok mellett a BIR adatait is feltüntettem. A különbségek elég kicsinyek ahhoz, hogy alátámasszák a modell helyességét. Az ábra jól mutatja, hogy a válság következményeként megtört a hulladékigény növekedésének trendvonala, és 2010-től ugyan folytatódik a növekedés, de a korábbi trendvonal szintje alatt.

A 6. ábra a számított hulladékkeletkezés és -igény különbségét szemlélteti. Látható, hogy a kettő a válság előtt igen közel volt egymáshoz (ezért fordult elő, hogy néhány helyen hulladékhiány miatt időlegesen leállítottak elektroacélműveket). 2009 óta a keletkezett hulladék mennyisége biztonságosan fedezi a szükségletet, és jelentősen nő a hulladéktartalék mennyisége.

### 3.2. EU27

A 7. ábrán az EU27 acél- és nyersvas-termelése, a 8. ábrán pedig a hulladékkeletkezés és -igény alakulása látható 2003 és 2017 között. A válság elhúzódó hatása mindkét esetben jól érzékelhető. Ennek következménye, hogy az EU nettó hulladékexportja a válság előtti alacsony (2-4 Mt) szintről 10 Mt körüli szintre nőtt, és várhatóan tovább fog nőni.

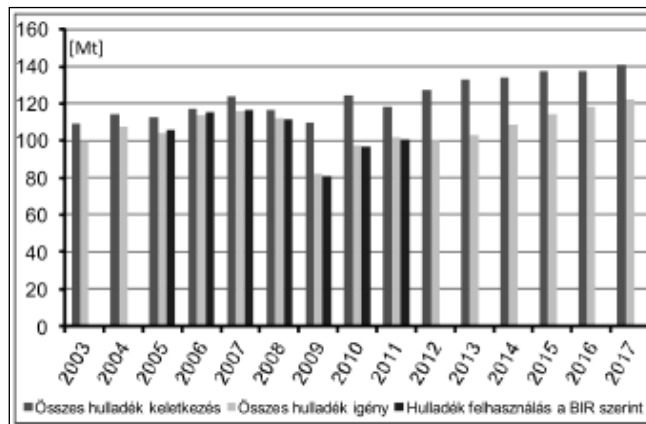
### 3.3. EU-n kívüli Európa

Ez a régió azért érdekes, mert az elektroacélgártás nagy részaránya miatt a legnagyobb hulladékimportőr

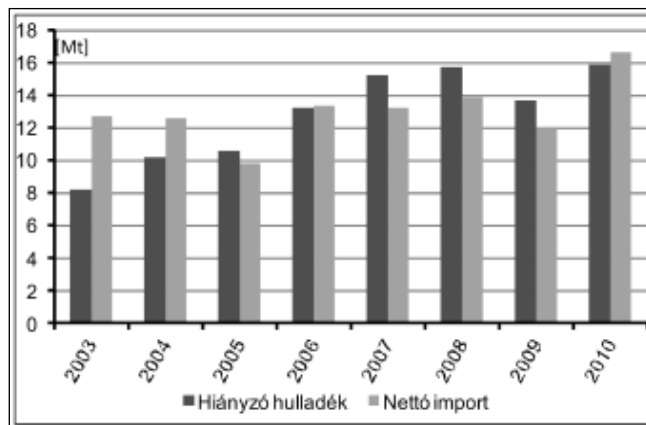
(a WSA ide sorolja Törökországot, Svájcot, Norvégiát és a nem EU-tag balkáni országokat). Az igény itt lényegesen meghaladja a régióban keletkező hulladék mennyiségét. Elsősorban itt volt lehetőség arra, hogy a hulladék keletkezésére vonatkozó számításokat is hitelesítsük. A 9. ábra szerint a régió nettó hulladékimportja [13] és a számított hulladékhiány közel esett egymáshoz, ami alátámasztotta a modell alkalmazását.

### 3.4. Kína

Kína esetében több nehézségbe és ellentmondásba ütköztünk a számítások során. Az ország nyersacél- és nyersvas-termelése nagyon közel halad egymáshoz (10. ábra). A nyersvas/nyersacél termelés hányadosa globális szinten 0,74–0,78 között, az EU27 esetében 0,52–0,59 között változott a vizsgált időszakban, Kínában ez a hányados 0,93–0,98 között volt. Ezt részben az integrált acélgártás rendkívül nagy részaránya, másrészt az in-



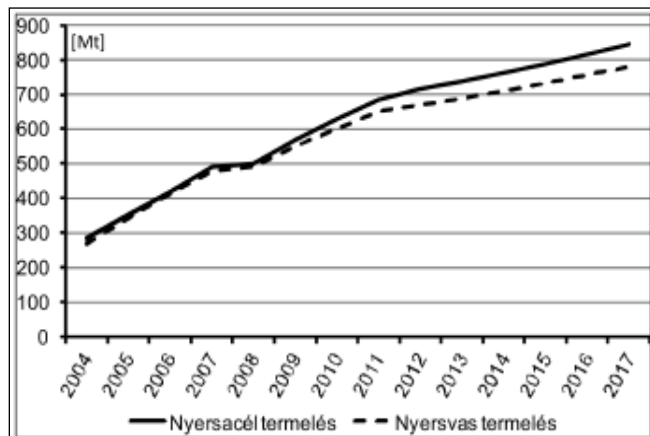
■ 8. ábra. A keletkezett hulladék mennyisége és a számított, ill. a BIR által közölt hulladékigény az EU27 acéliparában



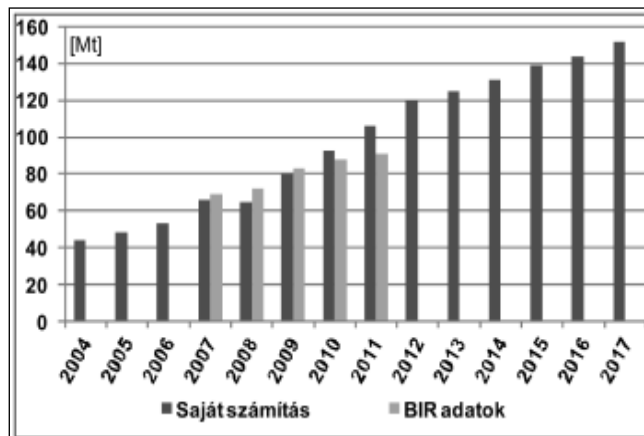
■ 9. ábra. A számítás szerint hiányzó hulladék mennyisége és a nettó import nagysága „Egyéb Európa” régióban

dokolja, hogy Kínában az elektroacélgártáshoz is jelentős mennyiségű nyersvasat használnak fel: a fajlagos-hulladék-felhasználás nemzetközi átlaga 1000 kg/t felett van, Kínában viszont 650 kg/t<sub>nyersacél</sub> körüli ennél a technológiánál. Ezt a gyakorlatot azzal indokolják, hogy nem áll elegendő mennyiségű hulladék rendelkezésre.

Az ország acélhulladék-igényének alakulását a 11. ábra szemlélteti. A



■ 10. ábra. A nyersacél- és nyersvastermelés Kínában



■ 11. ábra. A számított és a BIR által közölt hulladékigény alakulása Kínában

BIR adatai és a becslési eredményeink közötti eltérés itt sem nagy, de a növekedés üteme nálunk nagyobb, mint a BIR-nál, és 2011-ben már a különbség is nagyobb volt. A nagy nyersvasarány következtében az acélgégyártás fajlagoshulladék-igénye sokkal kisebb a nemzetközi átlagnál; ezért érdekes az az információ, hogy Kína nettó hulladék importőr.

A Kínában keletkező acélhulladék számítására tett próbálkozások nem vezettek megnyugtató eredményre. A nemzetközileg elfogadott és a többi régióknál eredményesen alkalmazott fajlagos adatokat használva a saját és a felhasználói hulladék összege önmagában meghaladná az ország hulladékigényét. Érdeklődésemre kaptam néhány adatot a hulladékhasznosítás ottani gyakorlatáról. Az alábbi táblázat sok mindenre magyarázatot ad.

A fejlett országok és Kína hulladékkiparának hatékonysága

	EU27	Kína
Új (feldolgozó) hulladék mennyisége az acélfelhasználás százalékában	10-15%	2-4%
A régi acélhulladékok begyűjtésének hatásfoka		
– építőipar	75-85%	30-40%
– járműipar, gépipar	85-95%	60%

Különösen meglepő a feldolgozó hulladék rendkívül kismértékű hasznosítása. Valószínű, hogy a fejlődő országok többségénél hasonló a helyzet.

Bár a hulladék keletkezésére vonatkozóan nem kaptunk összehasonlításra alkalmas számítási adatokat, a 2. ábrát figyelembe véve nagyon valószínű, hogy a 2010-es évek második

felében Kína fokozatosan önellátóvá válik, különösen, ha hatékonyabbá tesz hulladékkiparukat. Amennyiben megmarad a nyersvas/acéltermelés jelenlegi magas részaránya, az ország 2020-tól nettó hulladék exportőrre válhat. Még valószínűbb, hogy a belföldön elérhető hulladék mennyiségének növekedésével csökkenni fog a nyersvas/nyersacél termelési arány, amire a klímavédelmi intézkedések is ösztönözni fogják a vállalatokat, mert így módon csökkenthető a fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátás. Már megjelentek olyan hírek, miszerint a következő öt éves tervben 227 kg/t nyersacélra növelik az acélpipar fajlagos hulladékfelhasználását, amihez lényegesen több acélhulladékra lesz szükség, mint ami a 11. ábrán látható; ennek érdekében erőteljesen fejleszteni kezdik hulladékkiparukat [8, 13].

#### 4. Következtetések

1. Az acélpipar hulladékigényének és az acélhulladék keletkezésének becslésére kialakított modell az alkal-

mazott együttthatók finom hangolásával a mértékadó szakmai anyagokban közzétett adatokkal összhangban lévő eredményekre vezet. Ez elsősorban azért jelentős, mert így

– az előrejelzések megbízhatósága megnyugtatónak ítéhető,

– egyszerűen ellenőrizhető, hogy a számításoknál felhasznált adatok (nyersvas, DRI és acélgégyártás ará-

nyai, a hulladékhasznosítás hatékonysága, az indirekt acélkereskedelem stb.) változása hogy hat a hulladékellátásra.

2. A keletkező hulladék mennyisége és az acélpipar igénye között a 2008-ban indult válság előtti években viszonylag kicsiny volt a különbség, ami feszültségeket okozott a hulladékpiacon.

3. 2008 után a válság hatására enyhültek a piaci feszültségek, és a fejlett országokban jelentősen csökkent a belső hulladékigény, ill. növekedett az exportképesség.

4. Kína hulladék importképességében a számítások szerint jelentős szerepe van a hulladékkipar (begyűjtés, feldolgozás, forgalmazás) kis hatékonyságának.

5. A régi hulladék keletkezése a 2010-es évek második felében globálisan is, Kínában pedig különösen jelentősen nőhet: ekkor kezdődhet a 2000 óta dinamikusan növekvő acélfelhasználás termékeinek (járművek, gépi berendezések) tömeges amortizációja. Kína emiatt néhány év múlva önellátó lehet hulladékból.

6. Fentiek szerint – amennyiben az acélgégyártás gyakorlata nem változik – az elkövetkező évtizedben nem alakul ki újabb feszültség az acélpipar hulladékellátásában. A klímavédelmi rendszabályok szigorodása azonban arra készítheti az acélműveket, hogy növeljék a hulladék felhasználását az acélgégyártásnál, ami növeli a keresletet.

#### Irodalom

[1] EAF Technology: State of the Art

- & Future Trends, International Iron and Steel Institute, Brussels, 2000
- [2] Tardy, P., Károly, G.: Equilibrium shares of oxygen/electric steel-making considering charge supply. BHM Berg- u. Hüttenmann. Monatshefte 2003 pp. 261–266
- [3] Tardy, P., Károly, G.: Az oxigénes acélgégyártás és az elektroacélgégyártás lehetséges arányainak alakulása a betétellátás függvényében. BKL Kohászat 136 pp. 121–127. (2003).
- [4] Tardy, P., Károly, G.: The future of recent steel making technologies considering the availability of charge materials. Stahl u. Eisen 124 pp. 45–54. (2004).
- [5] Tardy, P., Károly, G.: Steel technologies and the growth rate of steel consumption. La Metallurgia Italiana 97 pp. 76–82. (2005).
- [6] Tardy, P.: A feszültségek eredete és következményei az acélhulladék-ellátásban. BKL Kohászat 141 (3) pp. 1–7. (2008).
- [7] Fontosabb források: Bureau of International Recycling, Ferrous Division, Steel Recycling Institute Pittsburg USA, Institute of Scrap Recycling Industries, USA, European Ferrous Recovery and Recycling Federation, China Association of Metal Scrap Utilization, etc.
- [8] World Steel Recycling in Figures 2004–2008, 2005–2009, 2006–2010, 2007–2011. Steel Scrap – a Raw Material for Steelmaking. Bureau of International Recycling, Ferrous Division.
- [9] Indirect trade of steel. World Steel Association, 2012.
- [10] 2008–2011 Steel Recycling Rates. Steel Recycling Institute Pittsburgh USA.
- [11] Recycling Rates of Metals – A Status Report. United Nations Environment Programme International Resource Panel, 2011.
- [12] Steel Statistical Yearbooks of the International Iron and Steel Institute & World Steel Association.
- [13] China's steel scrap recycling volume to double in the future. Steel Orbis, 14 December 2012.

## Topitzer Jánosra emlékeztek és a szerszámacélgégyártás fejlődését tekintették át

Az OMBKE Diósgyőri Vaskohász és Öntész Helyi Szervezetei Topitzer János születésének 150. évfordulója alkalmából 2012. július 2-án emlékülést rendeztek a Kohászati Múzeumban. A múzeum hengerlés termében dr. Nyitrai Dániel, a helyi szervezet elnöke köszöntötte a közel ötven résztvevőt. A megemlékező előadást Sélei István, a Kohászati Múzeum nyugalmazott igazgatója tartotta.

Topitzer János 1862. augusztus 31-én született Hámor községben. Ősei valószínűsíthetően a stájerországi Eisenerzből származtak, iskoláit Hámorban és Miskolcon végezte, majd 1879. október 6-án belépett a diósgyőri vasgyár szolgálatába. 1885. január 18-án kötött házasságot Bartók Mária Borbálával Hámorban. Házasságukból öt gyermek született, akik közül Ernő maradt hű a családi hagyományokhoz, életpályáját a Diósgyőri M. Kir. Vas- és Acélgégyárhoz köthette. Topitzer János a diósgyőri kohászat alig tíz éve beindított új gyárának akkor lett a munkatársa, a kezdeti tapasztalatok alapján intenzív technológiai és gyártmányfejlesztés indult el.

1879-ben a Siemens–Martin, 1882-ben a Bessemer acélgégyártás kezdődött el. 1882-ben vasúti sínek henger-

lésére alkalmas hengermű, 1897-ben az acéllövedékek alapanyagának gyártására tégelykemence, 1910-ben pedig egyfázisú, fenékelektrodás elektrokemence létesült.

A fejlesztések új gyártmányok előállítását tették lehetővé. Egyebek mellett:

– 1882-ben sinszeg-, csavar- és szeggyártó műhely létesült.

– 1896-ban indult a „góliát” sín gyártása, s az ugyanekkor rendezett ezredéves országos kiállításon a hídsaru, a nagy átmérőjű hajócsavar, az Al-Duna szabályozásánál használt acélvéső termékeivel a diósgyőri kohászat nemzetközi hírnévre tett szert.

– Az 1900-ban rendezett párizsi világiállításon az Eskü téri Duna-híd nagyméretű lánczemei, a pulai haditengerészeti részére szállított hadihajó előtönk, a gépöntvények nagy szakmai elismerést váltottak ki.

Ebben az aktív környezetben dolgozott Topitzer János, és haladt a szakmai ranglétrán lépésről lépésre. 1910-től főművezetővé nevezték ki. A tégelyacélmű főművezetőjeként kísérleteket folytatott a szerszámacélgégyártás önköltségének csökkentése, a lövedékgégyártás növelése érdekében. Ebben segítőtársa volt Friedmann

Arnold, a vegyészet főnöke. 1915 végén siker koronázta a szerszámacélok fejlesztésében végzett munkáját. Az általa feltalált Cr-Mo-W-Co ötvöztésű öntött gyorsacélt 1916-ban „Megiston” védjeggyel szabadalmaztatta. Az acél szabadalmi védelme 14 európai országra és az Amerikai Egyesült Államokra terjedt ki.

Felhasználási ajánlásuk szerint az öntött állapotú, nem kovácsolható diósgyőri „Megiston 6” gyorsesztergaacél alkalmas eszterga- és gyalukések, öntött marók, illetve fúrók stb. készítésére. Kezelési utasításában előírták, hogy tilos tűzbe tenni, kovácsolni vagy edzeni. Mivel már edzett, csak csiszolni szabad bőséges vízűtés mellett. Felhívták a figyelmet arra, hogy a Megiston acélrudacska nagyon kemény, könnyen törik, a nagyméretű kések kivételével késtartók használata szükséges.

A feltalált gyorsacélt az esztergályosok hamar megkedvelték, és nyugdíjas korukban is őrizték a magukkal vitt darabokat.

Topitzer János 1928. február 28-án, 66 éves korában hunyt el. Sírja a Miskolc-vasgyári temetőben található. Szakmai munkásságával felejthetetlen részévé vált annak a műszaki gárdának, akik több évtizedre megala-

pozták a diósgyőri kohászat jól csen-  
gő hírnevét.

Dr. Nyitray Dániel a megemlékezés  
kiegészítéseként történelmi áttekintést  
adott a szerszámacélok XIX. századi  
fejlődéséről. Kiemelte, hogy a felhasz-  
nálási területtől függően a kívánt tulaj-  
donságokat az acél eltérő kémiai  
összetételével biztosították, amiben  
az elektroacélgyártás bevezetése igen  
nagy segítséget jelentett.

A két világháború között kialakultak  
a korszerű szerszámacélok ma is  
használatos legfontosabb csoportjai  
számtalan acéltípussal. Az elektroacé-  
lakos, vákuumindukciós, vákuumívfé-

nyes, elektronsugaras, plazmaíves  
eljárásokkal jelentősen javítani lehe-  
tett a szerszámok élettartamát,  
mechanikai tulajdonságait.

A vasalapú szerszámok mellett a *H.  
Moissan* által felfedezett WC haszno-  
sításával a keményfémek, majd a ke-  
rámiák, a bevonatolt szerszámok már  
jelentősen túlszárnyalták a szerszám-  
acélok forgácsolási teljesítményét.

Diósgyőrben 1910 után a szer-  
számacélok előállítása az elektroacél-  
gyártás bevezetésével felgyorsult.  
Jelentős termékfejlesztő volt *Weigl  
Erő*, az elektroacélmű metallurgus  
mérnöke, aki a második világháború

időszakában az ötvözőanyag-hiány  
(Ni, Co, W) áthidalására számtalan  
takarékos szerszámacéltípust is kifej-  
lesztett.

A szerszámacélok minőségjavító  
és gazdaságos előállítása terén nagy  
jelentőségű kísérleteket folytatott *dr.  
Sziklavári János*. A munkatársaival  
közösén 1956-ban, világviszonylatban  
is az elsők között megtervezett és  
megépített folyamatos öntőgépen jó  
minőségű gyorsacélokat is öntöttek.  
Nem rajtuk múltott, hogy ezt az acélön-  
tési technikát mintegy negyedszázad  
késéssel vezették be Diósgyőrben.

☞ *Sélei, Dr. Nyitray*

## ■ EGYESÜLETI HÍREK

# A Vaskohászati Szakosztály budapesti helyi szervezetének 2012. év végi programja

A budapesti helyi szervezet 2012.  
október 26-án szakmai programmal  
egybekötött kirándulást szervezett. A  
programnak megfelelően elsőként  
Órbottyánba, *Gombos Miklós* arany-  
koszorús harangöntőmester műhelyé-  
be látogattunk el. Részletes és érde-  
kes előadást hallgattunk meg a ha-  
rangöntés történetéről, majd megte-  
kintettük az üzemet, ahol megismer-  
kedtünk a harangkészítés lépéseivel  
(1. kép). Harangöntésre csak később  
került sor, amit sajnos nem tudtunk  
megvárni.

Ezután elindultunk Vácra, ahol a  
helyi idegenvezetést *Sáfar László* tag-  
társunk vállalta, mivel ő jó ismerője a  
városnak. Ő rendkívüli szakavatott-  
sággal és lelkesedéssel ismertette  
meg minket a város történetével és

nevezetességeivel. Megismer-  
kedtünk a szépen felújított vá-  
rosközponttal, a székesegy-  
házzal, és megnéztük a Váci  
Értéktár öntöttvasművészeti  
kiállítását.

Tovább indultunk Kismaros-  
ra a megrendelt ebéd elfo-  
gyasztására. Azután Zebe-  
gényben megtekintettük a *Sző-  
nyi István* festőművész alkotá-  
sait bemutató múzeumot. Pro-  
gramunk utolsó pontjaként a  
verőcei Móló Vendéglőben a Duna  
partján beszélgettünk, borozgattunk  
hagymás zsíros kenyér mellett. A bu-  
szon is folytatódott a jó hangulat, így  
éneklés közben érkezünk meg Buda-  
pestre.

2012. december 13-án immár 14.  
alkalommal tartottuk meg ha-  
gyományos Luca-napi szake-  
stélyünket, amelyen részt vett  
*dr. Nagy Lajos*, az OMBKE  
elnöke, *dr. Gagyi Pálffy András*,  
az egyesület ügyvezető igaz-  
gatója is (2. kép). Tagtársai-  
nkon kívül szép számmal más  
szakosztályok tagjai és meghí-  
vott vendégek is képviselték  
magukat. A szakestélyre  
imponáló helyszínen, az  
MVAE nagytermében került  
sor. Ezúton mondunk köszö-



■ 2. kép. A szakestély résztvevői dr. Nagy Lajost hallgatják

netet *dr. Marczis Gáborné*nak, az  
MVAE ügyvezető igazgatójának, hogy  
rendelkezésünkre bocsátotta a szak-  
estély megrendezéséhez az egyesü-  
let nagytermét.

A komoly poharat *dr. Kiss László*  
tagtársunk az 1956-os emlékeit fel-  
idézve, a vidám poharat pedig *Tóth  
Aurél*, a diósgyőri csoport képviselője  
mondta el. Meghívott vendégünk,  
*Gombos Miklós* harangöntőmester –  
*Szlezák László* unokája és *Gombos  
Lajos* fia, akik mindketten egykori  
budapesti aranykoszorús harangöntő-  
mesterek voltak – vetített képekkel is  
illusztrálva ismertette a harangöntés  
tudományát.

Sok értékes hozzászólás, anekdota,  
közben krampampuli és sör fogyasztá-  
sa tette vidámmá a szakestélyt.

☞ *Csirikusz J.*



■ 1. kép. Gombos Miklós harangöntődjében

DIACONU, VASILE-LUCIAN – SJÖGREN, TORSTEN – SKOGLUND, PETER – DIÓSZEGI ATTILA

## A molibdén hatása az öntöttvasak termomechanikus hőfárasztási tulajdonságaira

*A vizsgálat célja a molibdénnel ötvözött átmeneti- és lemezgrafitos öntöttvasak hőfárasztási tulajdonságainak meghatározása és összehasonlítása volt. A kísérleti program szerint négy különböző molibdéntartalmú átmeneti- vagy vermikulárgrafitos és egy GJL 300 minőségű lemezgrafitos öntöttvasból öntött hengerből kimunkált próbatesten végeztük a méréseket. A próbatesteket különböző átmérőjű öntött hengerekből munkáltuk ki azzal a céllal, hogy kimutatható legyen az eltérő dermedési és lehülési viszonyok hatása is. A vizsgálatok eredményei minden esetben összefüggést mutattak a molibdéntartalom és az átmenetigrafitos öntöttvas termomechanikus hőfárasztási tulajdonságai között.*

### 1. Bevezetés

A gépjárműmotoroknak a korábban gyártottakhoz képest nagyobb hőmérsékleten és nagyobb nyomáson kell működniük ahhoz, hogy megfeleljenek az új teljesítménykövetelményeknek és a szigorúbb kipufogógáz-kibocsátási előírásoknak. Ennek érdekében a motorgyártók egyre több, korábban lemezgrafitos öntöttvasból gyártott alkatrészt átmenetigrafitos öntöttvasból készítenek (pl. motorblokk), hogy a hőigénybevételnek kitett öntvények termikus kifárasztási ellenállása nagyobb legyen. Ez különösen igaz a dizelmotor-hengerfejek esetén, ame-

lyek a leginkább hajlamosak a hőfárasztási károokra és kúszási jelenségekre az égéstérhez közeli helyzetük miatt.

A termomechanikus hőfárasztás (TMF) lényege az, hogy a szakítóvizsgálatoknál alkalmazotthoz hasonló, menetes befogófejjel rendelkező, de belső átmenő furattal kialakított próbatesteket előmelegítés után egy merev keretrendszerben rögzítik, majd szabályozott körülmények között, a próbatest eltöréséig, ciklikusan felhevítik és lehűtik. A hevítést a próbatest palástjára rögzített hőelemmel, a hűtést a furaton keresztül áramoltatott vízzel végzik. Felhevítés közben nyo-

mófeszültség, lehűtés közben húzófeszültség jön létre, s a fárasztást a hőmérséklet változása közben akadályozott méretváltozás hozza létre.

A termomechanikus fárasztás több mechanizmust foglal magába, a „tisztta” fáradásos igénybevétel mellett a nagy hőmérsékleten kialakuló kúszás és oxidáció közvetlenül hozzájárul a tönkremenetelhez [1].

A termomechanikus fárasztás terhelése általában kétféle, „in phase” (IP) vagy „out of phase” (OP) típusú. „In phase” típusú terhelés esetén a maximális hőmérséklet és nyúlás ugyanabban az időpontban fordul elő. Az „out of phase” típusú terhelésnél nagy hőmérsékleten nyomófeszültség, kis hőmérsékleten húzófeszültség lép fel a próbatestben. Az „in phase” típusú terhelés nagyobb valószínűséggel okoz kúszási kárt a nagy hőmérsékleten fellépő húzófeszültségek következtében. Az „out of phase” típusú terhelés esetén jobban észrevehető az oxidációs kár, mert nagy hőmérsékleten egy oxidhártya alakulhat ki, majd a törés a ciklus kis hőmérsékletű, húzófeszültségnek kitett fázisában jön létre, ahol az oxidhártya törékenyebb [2].

Amikor külső feszültséggel terhelünk egy munkadarabot, az úgy viselkedik, hogy ezzel a feszültséggel egyenlő és ellentétes irányú belső feszültség alakul ki benne. Ha ez a terhelés folyamatos, akkor a belső feszültség az idő függvényében csökkenni fog.

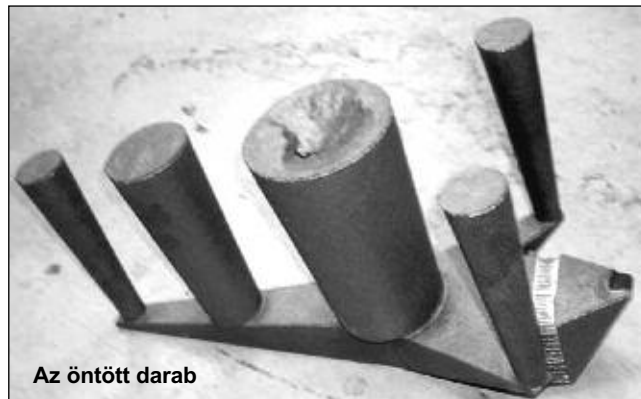
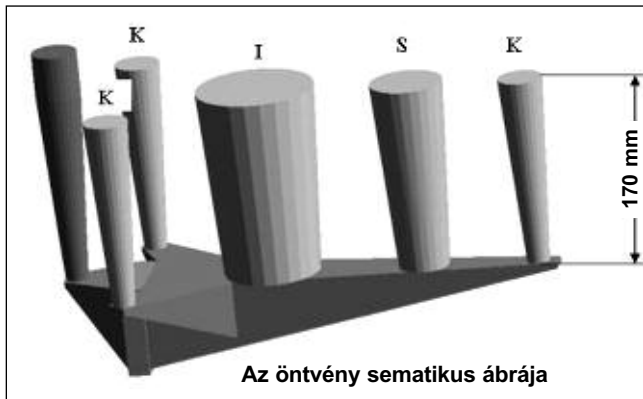
Ezt a jelenséget feszültségrelaxációnak nevezzük. A feszültségrelaxáció kialakulása egy anyagban vagy munkadarabban azzal magyarázható, hogy a rugalmas alakváltozás

**Diaconu, Vasile-Lucian** okl. kohómérnök. 2004-ben végzett a Miskolci Egyetem Anyag- és Kohómérnöki Karán. 2007 óta doktorandusz a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolában. 2012 decemberében sikeresen megvédte doktori dolgozatát.

**Sjögren, Torsten** PhD, az SP Technical Research Institute of Sweden (Borås, Svédország) munkatársa és a Jönköpingsi Egyetemen a Gépészeti, öntéstechnológiai és öntészeti anyagok tanszék vasöntészeti témájú kutatómunkával foglalkozó csoportjának tagja.

**Skoglund, Peter** PhD mérnök, a SCANIA CV AB Materials Technology, UTMT, Södertälje, Svédország munkatársa.

**Dr. habil. Diószegi Attila** PhD a Jönköpingsi Egyetem Gépészeti, öntéstechnológiai és öntészeti anyagok tanszékének kutatóprofesszora, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára. Kutatási területének középpontjában az öntöttvas áll. További információ: <http://hj.se/jth/en/research/staff/materials-and-manufacturing/attila-dioszegi.html>



■ 1. ábra. A próbatetek kimunkálásához öntött próbadarabok

képlékeny alakváltozássá alakul át. A feszültség csökkenésének mértéke az ötvözőelemek mennyiségének és minőségének, a hőmérsékletnek és az időnek a függvénye [3].

A feszültség csökkenését a próbatest adott terhelése mellett hosszú ideig tartó és állandó nagy hőmérsékleten mérik [4, 5, 6].

## 2. Kísérleti körülmények

A vizsgálatokat négy különböző molibdéntartalmú átmenetigrafitos és egy lemezgrafitos öntöttvas adagból kimunkált próbatesteken végeztük. Az átmenetigrafitos öntöttvas molibdéntartalma 0,0 és 1,01% között változott. Az egyes adagok összetétele az 1. táblázatban látható. Az átmenetigrafitos öntöttvas adagok jelölése

V, a lemezgrafitos adag jelölése L.

A vizsgálatokhoz az 1. ábrán látható öntvényt furángyantás homokból készített formába öntöttük. A 2. ábrán látható próbatestet a különböző átmérőjű hengerekből munkáltuk ki. A K jelű próbatestnél  $\varnothing 20$  mm, az S jelűnél  $\varnothing 55$  mm, az I jelűnél  $\varnothing 85$  mm volt a legkisebb méret.

A hőfárasztó vizsgálatához használt próbatest hossza 120 mm. Az öntött darabok hossza 170 mm volt, hogy az esetlegesen fellépő zsugorodási vagy más típusú hibák a próbatest kimunkálására használt öntvényrészben kívülre essenek.

A 2. táblázatban a vizsgált anyagok szobahőmérsékleten mért mechanikai tulajdonságainak átlagértéke és szórása látható.

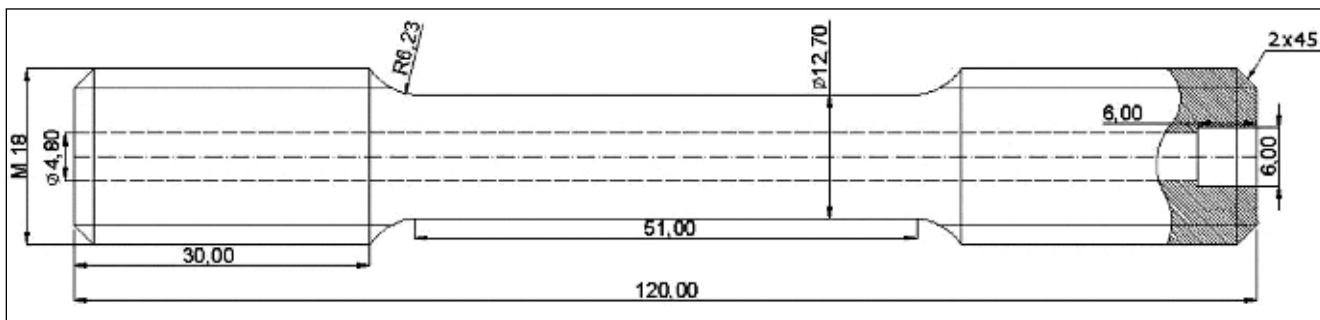
A mérési eredmények azt mutatják,

hogy 0,23% molibdén adagolásával növekszik minden vizsgált mechanikai tulajdonság, majd a további molibdénadagolás hatására csökken.

Az eutektikus összetételű olvadékban 0,23% fölötti molibdéntartalom esetén egyre nagyobb a primer dendritok aránya kristályosodás közben.

A primer dendrites szerkezet a grafit mennyiségét és eloszlását is befolyásolja. A grafit mennyisége (aránya) csökken, térbeli eloszlása dendritközi jellegűvé válik, ezáltal a szakítópróbatest törési felülete a nagyobb grafit-tartalmú részeken jön létre, ami a szilárdsági tulajdonságok csökkenését okozza.

Az átmenetigrafitos öntöttvas szövetszerkezetének jellemzése a Swerea SWECAST közreműködésével készült. A vizsgált terület 28,74



■ 2. ábra. A vizsgálatokhoz használt próbatest rajza

1. táblázat. A vizsgált adagok összetétele

Jelölés	Kémiai összetétel, %											
	C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr max.	Mo	Ni max.	Cu	Sn	Mg cca.	CE
1V	3,58	2,30	0,56	0,006	0,008	0,05	0,00	0,03	0,57	0,156	0,011	4,35
2V	3,55	2,21	0,59	0,012	0,009	0,04	0,23	0,03	0,59	0,146	0,011	4,29
3V	3,50	2,18	0,56	0,016	0,012	0,05	0,46	0,03	0,58	0,140	0,011	4,23
4V	3,70	2,20	0,58	0,032	0,009	0,04	1,01	0,03	0,60	0,146	0,011	4,44
1L	3,10	1,75	0,80	0,05	0,08		0,00		0,70			3,70

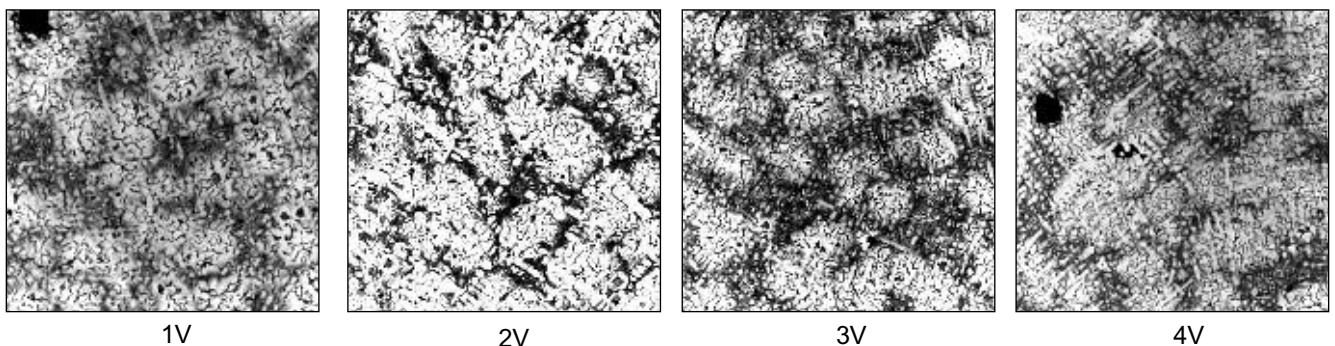
CE (karbonegyenérték) = C% + (Si% + P%)/3

2. táblázat. Az átmenetigrafitos öntöttvas mechanikai tulajdonságai szobahőmérsékleten

Jelölés	Öntvény- méret, (mm)	Szakító- szilárdság, (MPa)	0,2%-os határ, (MPa)	Nyúlás, (%)	Rugalmassági együttható, (GPa)	Brinell keménység, BHN
1V	Ø20	506 ± 8	404 ± 8	1,58	148 ± 4	231
	Ø55	463 ± 2	366 ± 1	1,63	144 ± 7	
	Ø85	423 ± 14	361 ± 4	1,08	152 ± 5	
2V	Ø20	557 ± 8	436 ± 1	1,83	154 ± 1	238
	Ø55	493 ± 56	392 ± 2	1,66	154 ± 4	
	Ø85	497 ± 8	395 ± 2	1,61	157 ± 1	
3V	Ø20	472 ± 9	427 ± 4	0,76	150 ± 0,3	243
	Ø55	463 ± 14	378 ± 1	1,35	151 ± 0,7	
	Ø85	460 ± 2	379 ± 2	1,30	155 ± 0,9	
4V	Ø20	310 ± 20	n/a	0,31	n/a	253
	Ø55	460 ± 32	391 ± 2	1,07	159 ± 13	
	Ø85	397 ± 67	381 ± 4	0,75	150 ± 1	

3. táblázat. Az átmenetigrafitos öntöttvas mikrostruktúrájával kapcsolatos adatok

Jelölés	Öntvény- méret, (mm)	Gömbösödési arány, (%)	Átmenetigrafit arány, (%)	A grafitrészek száma, (1/mm <sup>2</sup> )	A grafitrészek átlagos területe, (µm <sup>2</sup> )	A grafitrészek körszerűsége	A grafit átlagos hossza, (µm)	A perlit lemeztávolsága, (nm)	A porozitás maximális hossza, (µm)
1V	Ø20	9	85,2	150	768	0,35	52	226	300
	Ø55	7		239	473	0,35	45	283	62
	Ø85	12		232	456	0,41	41	327	205
2V	Ø20	6	84,5	339	322	0,33	36	198	277
	Ø55	13		214	497	0,40	42	289	277
	Ø85	15		380	936	0,40	56	267	416
3V	Ø20	4	83,8	274	281	0,32	35	172	233
	Ø55	7		367	387	0,34	39	251	556
	Ø85	9		393	768	0,35	52	276	324
4V	Ø20	5	77,8	269	323	0,33	36	140	1389
	Ø55	7		177	416	0,35	40	257	1778
	Ø85	8		204	613	0,36	48	279	627



3. ábra. Az Ø20 mm-es próbatestekről készült mikroszkópos felvételek (színes maratás, N = 200x)

mm<sup>2</sup> volt, ami meghaladja a szabványban [7] előírt vizsgálandó terület értékét (4 mm<sup>2</sup>). A 3. táblázatban szerepelnek az átmenetigrafitos öntöttvas mikrostruktúráját minősítő, képelemzés-sel meghatározott adatok. A 3. ábrán a próbatestek szövetéről színes maratás után készített felvételek láthatók.

A perlit lemeztávolságának meghatározása pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) segítségével három-öt helyen történt. A 3. táblázatban a mért legkisebb távolság szerepel, mivel ez felel meg leginkább a lemeztávolság merőleges irányú mérésének.

A molibdénrel ötvözés finomítja a perlitet, és ezzel az eutektikus cella méretét is. A molibdén egy intenzív karbidstabilizáló elem, a dendritágak peremén, a dendritközi térben dúsul, ami azt jelenti, hogy az olvadékban dúsul az ausztenit/olvadék határán. A vizsgált nagyobb molibdéntartalmú adagok esetén az eutektikus cellák között karbidfázisok találhatóak.

### 2.1. Hőfárasztó vizsgálatok

A vizsgálatokat más kutatóhelyek [8] által bemutatott rendszerhez hasonló műszer segítségével végeztük.

A termikus ciklus kezdetén a próbatestet felhevítettük 108 °C-ra. Ezen a hőmérsékleten történt a darab befogása. A beállítások után 80 másodperc alatt tovább hevítettük 600 °C-ra, ezen a hőmérsékleten tartottuk 150 másodpercig, majd 180 másodperc alatt hűtöttük le. A próbatest ismételt felhevítése azonnal folytatódott. A darab mindenféle axiális mozgása korlátozva volt, ezáltal a vizsgálat tengelyirányú feszültségciklusokból állt. A folyamat első tíz ciklusának hőmérséklet-és feszültségviszonyát a 4. ábrán mutatjuk be (az ábrán látható különbö-

4. táblázat. Hőfárasztási ciklusok száma a vizsgált anyagok esetén

Jelölés	Ø 20 mm			Ø 55 mm			Ø 85 mm
	Egyedi	Átlag	Szórás	Egyedi	Átlag	Szórás	Egyedi
1V	131 271 527	310	201	364 422	393	41	221
2V	992 892 1025	970	69	-			986
3V	676 1154 1544	1125	435	1086			-
4V	1806 898 2064	1589	612	-			-
1L	195 232 224	217	19	-			-

zöld színárnyalatú görbék három anyagminőségből származó próbatetek értékei). A vizsgálatokat a darab töréséig folytattuk.

A töréshez tartozó ciklusszám adatait a 4. táblázat és az 5. ábra mutatja.

Megvizsgáltuk a molibdéntartalom, a vizsgált anyagok mikrostruktúrája (a perlit lemeztávolsága), valamint az átmenetigrafit aránya és a hőfárasztási ciklusok száma közötti összefüggéseket.

Az átmenetigrafit arányát (R, %) az alábbi képlet alapján lehet számolni:

$$R = \frac{S_{AG}}{S_{OG}} \times 100$$

ahol  $S_{AG}$  az átmenetigrafit,  $S_{OG}$  az összes grafit területe egy adott metallográfiai mezőben.

Az átmenetigrafit arányát egy képlemező szoftver segítségével határoztuk meg. A szoftver használja az Otsu-

féle szegmentálást és az egyszeri bináris nyitást [9].

A szegmentálás célja megtalálni azokat a küszöböt, amelyek az értékészletet intenzitás osztályokra bontják. Ennek eredménye az objektumok címkézése alapján az intenzitás osztályba sorolás.

A bináris nyitás és zárás az apróbb objektumok, a zaj eltüntetésére szolgál, és attól függően alkalmazandó, hogy a háttérből kívánunk-e szűri szükségtelenül detektált elemeket, avagy az objektumokban maradtak apró detektálatlan képpontok [9].

A 6. ábra a hőfárasztási ciklusok számának változását mutatja a molibdéntartalom, az átmenetigrafit-arány és a perlit lemeztávolság változásának hatására. A 6. ábrán bemutatott eredmények alátámasztják (bizonyítják) Wu Shengqing [10] állítását, amely szerint minél alacsonyabb az átmenetigrafit-arány, annál hosszabb a

hőfárasztásnak kitett próbatest élettartama.

## 2.2. Feszültségrelaxációs vizsgálatok

Megvizsgáltuk a termikus feszültség leépülésének időbeli változását, relaxációját is. A feszültségrelaxációs vizsgálatok során használt rendszer meggyezik a hőfárasztási vizsgálatok során használtak egyikével. A vizsgált darabokat a beömlőrendszerrel legtovábbra lévő, 20 mm átmérőjű próbatetekből munkálták ki.

A feszültségrelaxációs vizsgálatokat 350 és 600 °C-on végeztük. Lépései a következők voltak:

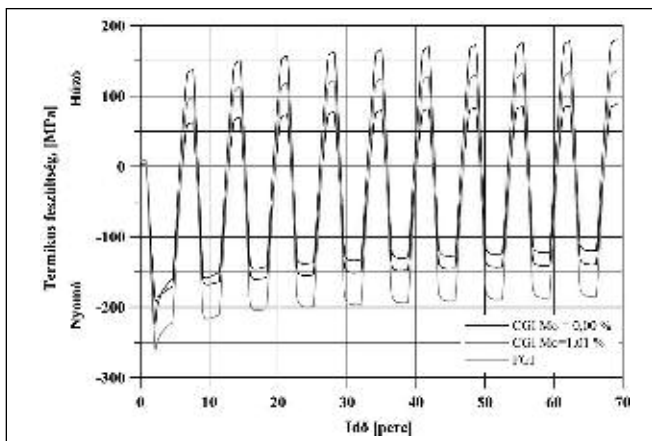
1. a próbatest felhevítése 108 °C-ra;
2. a próbatest mérőkeretbe rögzítése 108 °C-on;
3. a próbatest felhevítése 350, illetve 600 °C-ra;
4. hosszú ideig hőntartás a beállított hőmérsékleten.

A 7. ábrán látható a 350 és a 600 °C-on végzett feszültségrelaxációs mérések eredményeinek összehasonlítása három vizsgált anyagminőségből öntött próbatetek esetében.

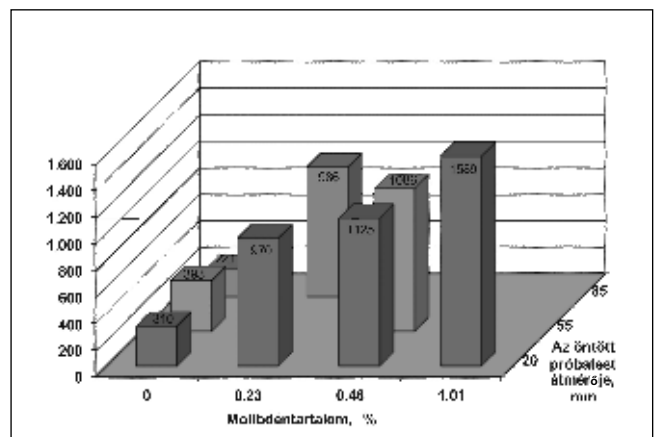
## 3. Következtetések

Az elvégzett vizsgálatok megmutatták a molibdéntartalom és a hőfárasztási ciklusok száma közti kapcsolatot. A molibdéntartalom növelésével nő az átmenetigrafitos öntöttvas melegszi-lárdtsága. Az átmenetigrafitos öntöttvas termomechanikus fárasztási ellenállása nagyobb, mint a lemezgrafitos öntöttvasé.

A hőfárasztási ciklusok száma függ



4. ábra. A termikus feszültség változása az idő függvényében az első tíz ciklus alatt



5. ábra. Hőfárasztási ciklusok átlagértéke a molibdéntartalom függvényében különböző átmérőjű öntött próbatest esetén

a perlitlemezek vastagságától is, amely egyébként a molibdén hatására finomodik. Minél finomabb a fémes mátrix, annál nagyobb a vizsgált öntöttvas termomechanikus hőfárasztási ellenállása.

Az átmenetigrafitos öntöttvas tulajdonságai, így a hőfárasztási ciklusok száma is, függ az átmenetigrafit arányától.

A molibdéntartalom jelentősen befolyásolja az átmenetigrafitos öntöttvasok feszültségrelaxációját. Minél több a molibdén, annál nagyobb a melegszilárdság. Jobb kúszási ellenállás esetén kisebb húzófeszültségek alakulnak ki a termomechanikus hőfárasztási vizsgálatok alatt, ezáltal a próbatestek hőfárasztási ellenállása, a töréshez tartozó ciklusok száma nő.

#### 4. Köszönetnyilvánítás

A méréseket egy, az IEC – CIC (Institute Excellence Centre – Casting Innovation Centre), a Jönköpinger Egyetem, a Swerea SWECAST és a svéd öntőipar által finanszírozott projekt keretében végeztük. Külön köszönet illeti a Volvo Powertrain AB-t, ahol a projektben vizsgált anyagok próbadarabjait öntöttük, és a Scania CV AB-t, ahol a vizsgálatokat végeztük.

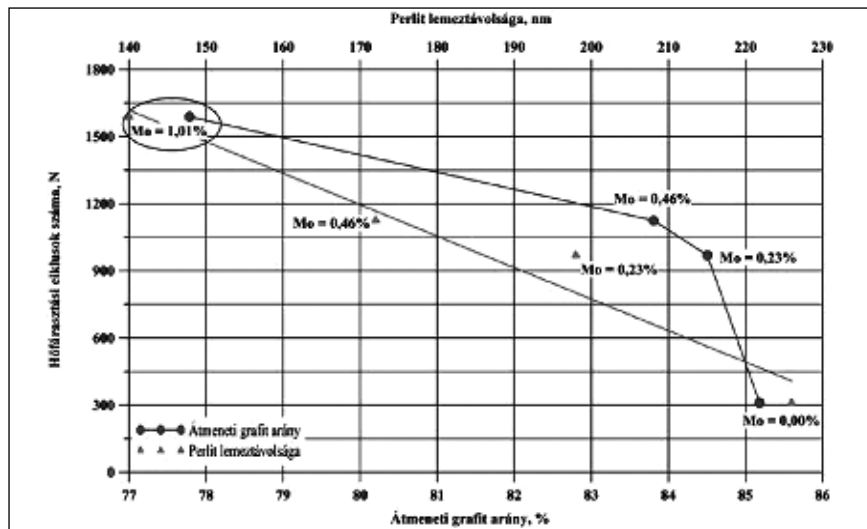
A közlemény a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

#### Irodalom

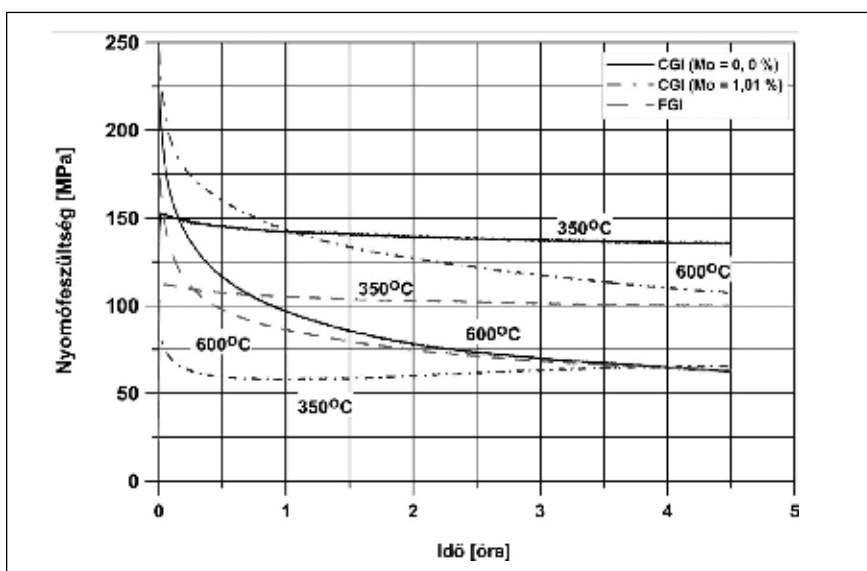
[1] *Sehitoglu, H.*: Thermal and Thermo-mechanical Fatigue of Structural Alloys. ASM Handbook, vol. 19 – Fatigue and Fracture, 527–557. old., ASM International, 1996

[2] *Socie, D. A., –Socie, B.*: Thermo-mechanical Fatigue Made Easy. Fatigue 2007, [http://www.cdm.unicas.it/files/Download/TMF\\_Made\\_Easy.pdf](http://www.cdm.unicas.it/files/Download/TMF_Made_Easy.pdf).

[3] *Tyler, D. E.*: Wrought Copper and Copper Alloy Products. ASM Handbook, vol. 2 – Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special – Purpose Materials, 241–264. old.



6. ábra. Összefüggés a hőfárasztási ciklusok száma és az átmenetigrafit-arány, illetve a perlit lemeztávolsága között különböző molibdéntartalmú öntöttvasok esetén



7. ábra. Különböző hőmérsékleten végzett feszültségrelaxációs vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása

[4] [http://www.instron.co.uk/a/applications/test\\_types/creep\\_stress\\_relax.aspx](http://www.instron.co.uk/a/applications/test_types/creep_stress_relax.aspx)

[5] *Gundlach, R. B.*: Thermal Fatigue Resistance of Alloyed Gray Iron for Diesel Engine Components. AFS Transactions vol. 87 (1979), 551–560 old.

[6] *Gundlach, R. B.*: The Effects of Alloying Elements on the Elevated Temperature Properties of Gray Irons. AFS Transactions, Vol. 91, 1983, 389–422 old.

[7] ISO 16112:2006.

[8] *Diaconu, V. L., – Sjögren T., – Skoglund P., – Diószegi A.*: Influence of molybdenum alloying on thermomechanical fatigue life of compacted graphite irons. International Journal of Cast Metal Research, DOI10.1179/1743133612Y.0000000021.

[9] *Gácsi Z. – Sárközi G. – Réti T. – Kovács J. – Csepeli Zs. – Merlinger V.*: Sztereológia és képelemzés. Egyetemi Tankönyv, 2001.

[10] *Shengqing, W.*: Effect of Compacted / Vermicular Graphite Amount on the Elevated Temperature Properties of Cast Iron. Transaction of the Japan Foundrymen's Society 13 (1994), 30–36. old.

# Korszerű mintakészítés – szakmai nap az M+M Kft.-nél

Az M+M Kft.-t 1990-ben magyar magánszemélyek alapították. A cég alapvetően öntőminta-készítéssel, másrészt a hűsipar részére hasznos kisgépek, termékek gyártásával foglalkozik. Öntőmintákat készítünk fából, fémből és műanyagból, tervezünk és gyártunk kokillákat, öntődei szerszámokat, vállalunk öntvénygyártást, alkatrészek komplett elkészítését, sokszor partnereinkkel kooperációban. Jelentős exportunk van a saját tervezésű és kivitelezésű, öntött alkatrészeket is tartalmazó sonkaprések, sütőformák, sütőlapok értékesítéséből.

A Magyarországot is elérő nehéz évek okozta visszaesés kivédésére fiatal, öntudatos munkahelyi közösségünk az „előre menekülést” választotta. 2010-ben kockázatos beruházásba kezdünk, beüzemeltünk egy vadonatúj, műanyag, hungarocell és alumínium alapanyagok 3D-s megmunkálására alkalmas, 2000x1000x600 mm munkaterű, háromtengelyes CNC portálmarógépet. Munkatársaink tanfolyami képzésben részesültek, de fogékonyságuk és ambíciójuk, s nem utolsósorban több éves mintakészítő és öntészeti szakmai tapasztalatuk alapján önképzéssel is hamar kellő gyakorlatot és tapasztalatot szereztek a gép üzemeltetésében és programozásában. A programozás terén a korszerűséget tartottuk szem előtt, a 3D-s modellek tervezése a legújabb fejlesztésű Solid Edge-programmal történik, melynek folyamatos fejlődését, változását szoftverkövetéssel oldjuk meg. A megrendeléseket e-mail-en, számítógépes 3D-s modellen tudjuk fogadni.

A CNC-géppel való tervezés és gyártás technológiájában elegendő tapasztalatot szerezve elérkezettnek láttuk az időt, hogy bemutassuk az öntészeti szakmának is a cégünk által alkalmazott, Magyarországon újnak és fejlettnak számító mintakészítést. Ezért rendeztük meg a címben említett szakmai összejövetelt. Itt konzultációval egybekötött, elméleti és gyakorlati előadásokat tartottunk. A nagy érdeklődésre való tekintettel a rendezvény két napon át tartott, 2012. május 15-én és 16-án.

Az új módszerrel akár a műszaki rajz alapján, de esetleg törött, kopott alkatrész felhasználásával is elvégezzük az öntőminta vagy a szerszám teljes 3D-s megtervezését, ha kell, módosítani tudjuk az igényeknek megfelelően, s vállaljuk a teljes beömlőrendszer szerkesztését, természetesen a zsugor és a későbbi megmunkálás figyelembevételével. Nagy előny, hogy így az akár a szakmához nem értő megrendelő előtt is megelevenedik az adott darab öntőmintája. A mintagarnitúra kialakítása, a magok egymásba illesztése, maghézagok és egyéb öntéstechnológiai lépések a képernyőn szemléltethetők. A hibák előre kiszűrhetők, módosíthatók. Mivel részletes, térben is kiválóan megjeleníthető képi anyag áll rendelkezésünkre, az öntőtechnikussal való egyeztetés alapján az öntődékben rövidebb lesz az átfutási idő, csökken a selejt, költségtakarékosabb lesz a gyártás. Mindezen előnyöket bemutattuk a tervezéstől a gyártáson át a kész öntőminta, már öntődét járt öntőminta

készletével, illetve a kész, szinte sorjamentes vasöntvényvel együtt, valamint különböző típusú és öntött anyagú darabokat és egyéb szerszámgyártási lehetőséget is. A marópálya tervezését és ellenőrzését Edgcam-programmal végezzük. A jelenlévőknek ezt a gyakorlatban és filmen is megjelentettük. A prezentációt követően a feltett kérdésekre egy-egy példán keresztül illusztrálva adtunk választ. Az öntészeti szakmában itthon még újdonságnak számító CNC gyártástechnológia lenyűgözte a jelenlévőket.

A szakmai nap zárásaként kollégáinkat megvendégeltük – a hazai és külföldi hűsiparnak általunk már húsz éve gyártott univerzális sonkapréssel készült – csülöksonkával, melynek igen nagy sikere volt.

Szakmai bemutatónk eredményes és hasznos volt. Az azóta eltelt időben több új öntődei megrendelést kaptunk, aminek jó teljesítéséhez az újra fogékony fiatal szakembereink és korszerű műhelyünk a garancia. Szándékunkban áll a későbbiekben is hasonló szakmai nap szervezése, hogy az öntő szakemberek széles körével megismertessük a fejlett világban is alkalmazott korszerű és hatékony mintakészítési gyártástechnológiát.

**Poteczin Imre**  
tulajdonos, ügyvezető



■ Az új CNC-géppel ismerkednek a megjelentek



■ A 3D-s modelltervezés bemutatása

## MÖSZ elnökségi ülés és elnökségi szakmai nap

Az elnökség 2012. december 7-én tartotta elnökségi ülését Sarlópusztán (Bács-Kiskun megye), levezető elnök *dr. Sohajda József* (SJ), a MÖSZ elnöke volt. Az ülésen a szavazatképes elnökség az alábbi napirendeket tárgyalta meg.

### 1. Tájékoztató a „2. öntészeti technológia- és gyártmányfejlesztés napjainkban a hazai öntödékben” szakmai napról és a CAEF (Európai Öntészeti Szövetség) ügyvezetői bizottság ülésén elhangzottakról (HP)

A második alkalommal megrendezett, a MÖSZ, a Magyarmet Cégcsoport (Bicske) és az ME Szimulációs Labor közreműködésével megtartott, az öntészeti technológia- és gyártmányfejlesztés napjainkban a hazai öntödékben: öntvénytervezés, öntőszerszám-tervezés, öntészeti szimuláció témákat felölelő szakmai napot 27 fő részvételével 2012. október 11-én tartották Bicskén. Házigazda Győri Imre ügyvezető igazgató volt, aki tájékoztatást adott a cégcsoport elmúlt két évben elvégzett fejlesztéseiről, termelési tevékenységéről, terveiről. A szakmai napon az alábbi előadások hangzottak el:

*Pintér János – Bandi Imre* (Nemak Győr Kft.): Öntési szimuláció a költségcsökkentés szolgálatában;

*Budavári Imre – dr. Dúl Jenő* (ME Öntészeti Tanszék): Az öntészeti szimuláció alkalmazása a technológiatervezésben;

*Portörő Balázs – dr. Rick Tamás* (Fémalk Zrt.): Szimulációs technikák jelentősége az öntvényfejlesztésben és a technológia előtervezésében;

*Dudás Béla – Halász Péter* (Magyarmet cégcsoport): Alsó argongáz-bevezetéses eljárás alkalmazása a Magyarmet indukciós kemencéjében.

A résztvevők a Magyarmet Bt. termelő részlegeit gyárlátogatáson tekintették meg, majd a cég ebéden látta vendégül a résztvevőket. A MÖSZ-elnökség Győri Imrének köszönetet mondott azért, hogy a rendezvénynek ismét helyet biztosított, gratulált a tár-

saság elmúlt két év során végzett látványos és eredményes fejlesztési tevékenységéhez.

A CAEF 2012. november 23-i brüsszeli ügyvezetői bizottsági ülésén elhangzottakról HP adott összefoglaló tájékoztatást: A CAEF ügyvezetője, *Max Schumacher* értékelte Európa és a világ globális, gazdasággal és az öntészeti szakterülettel összefüggő kérdéseit. A világ gazdálkodásában az elmúlt félévben néhány nagy ország tudott növekedést felmutatni (Kína: 8–9%; India: 6–7%; Brazília: 3–4%, Oroszország: 3–4%; Európai Unió 27 tagországa: 0,3–0,4%), míg a GDP az EU-országokon belül minden országban 2% alatt maradt, Németországban mindössze +0,9%, míg az országok többségénél negatív volt, így Anglia: –0,4%; Olaszország: –0,7%; Magyarország: –1,2%; Spanyolország: –1,3%, Szlovénia: –1,4%, Portugália: –3% (a legalacsonyabb), a görögországi értéket már nem is számolták ki. A versenyképesség számolt mutatója a nagyobb európai országokra vonatkozóan szintén nagy negatív számokkal fejezhető csak ki: Olaszország: –15%; Spanyolország: –20%; Franciaország: –20%; Görögország: –30%, Portugália: –35%. Az acélipari felhasználásra az EU és a világ a 2013-as évre 2,4–3,2%-os növekedést jósol mindössze. Az építőiparra az EU-ban 2013-ra változatlanul stagnálást vár, míg 2014-re is éppen csak egy enyhe emelkedés remélhető. Az általános ipari teljesítmények alakulásával kapcsolatos várakozások 2013-ra a fentiekhez hasonlóan negatívak, az EU összberuházási tevékenységére például –2,9%; míg a gépjármű-értékesítéssel kapcsolatos mutatók többnyire – az USA, India és Kína kivételével – szintén negatívak. A jövő évre a stagnálás, de még inkább a bizonytalanság jósolható.

### 2. A „Magyar Öntészetért” emlékérem alapítása

*Dr. Bakó Károly* exelnök javaslatát az elnökség értékelte, és Magyar Önté-

szetért *Dr. Nándori Gyula* MÖSZ-emlékérem elnevezéssel az alapítást egyhangúlag jóváhagyta az alábbiak szerint:

A MÖSZ alapításának 20. évfordulója tiszteletére és *dr. Nándori Gyula* emlékének méltó megőrzése érdekében a szövetség 2013. évi közgyűlése alapítja az emlékérmeket.

Az érem adományozásával a szövetség a jövőben legfőképpen

- a magyar öntőipar területén végzett kiemelkedő szakmai-társadalmi munkát,
- a szakmai oktatással,
- a nemzetközi kapcsolatok fejlesztésével,
- a környezet védelmével kapcsolatos tevékenységet ismeri el.

A MÖSZ által adományozható emlékérem adományozási szabályai:

1. Az emlékérmeket az elnökség elnökségi ülés keretében, többségi szavazással ítéli oda.
2. Az emlékérem odaítélésének szempontja bármi lehet, ami kapcsolatba hozható *dr. Nándori Gyula* tevékenységével, életútjával, illetve méltó az ő szellemi és szakmai örökségéhez.
3. Az érem átadása évente egyszer, a szövetség rendes évi közgyűlésén történik.
4. Az érem természetes személynek adományozható.
5. A kitüntetett személy más szövetségi kitüntetésben a tárgyévben nem részesülhet.
6. Javaslatot az érem adományozására írásban jogi és természetes személy egyaránt tehet.
7. Az egy közgyűlésen adható érme száma: egy.
8. Az emlékérmeket a közgyűlésen a MÖSZ elnöke adja át, először a 2013. májusi közgyűlésen.

### 3. Tájékoztató a 2013. évi MÖSZ elnökségi ülések tervezett időpontjairól (SJ)

Az elnöki előterjesztést az elnökség megvitatta, majd egyhangúlag elfogadta.

#### 4. Tájékoztató a 22. Magyar Öntőnapok (MÖN) előkészítéséről (HP)

A MÖSZ és az OMBKE Öntészeti Szakosztálya közös rendezésében a 22. MÖN rendezvényt 2013. október 18–20. között Herceghalmon tartják. A konferencia első napjának délelőttjén Budapesten, Bicskén, Székesfehérváron, Oroszlányban vehetnek részt az érdeklődők gyárlátogatáson. Az előterjesztést az elnökség egyhangúlag elfogadta.

#### 5. Általános gazdálkodási és öntészeti helyzetkép elemzése (SJ)

A MÖSZ elnöke kiemelte az ügyvezető főtitkár 2012. november 29-én megküldött, Európa és a világ öntészetével kapcsolatos magyar és angol nyelvű, összegző tájékoztató anyag megállapításait. Az elnökség tagjai cégeik ezévi és jövő évben várható termelési és gazdálkodási helyzetéről összefoglaló tájékoztatást adtak a hazai öntészet helyzetének átfogó értékeléséhez, a következő évek várható helyzetének bemutatásához a másnapi, 2012. december 8-i szakmai nap során, melynek összefoglalása a következő:

A beszámolók alapján egyértelműen megfogalmazható, hogy a hazai öntődék első féléves, enyhén növekvő teljesítményét a 3. és 4. negyedév érezhető rendelésállomány-csökkenése érdemben rontja, de az éves teljesítmények – általában – szerény pozitív eredménnyel zárulnak: a vasalapú öntvények termelésénél 2011-hez képest várhatóan 2-3%, míg a fémöntvények vonatkozásában mintegy 5-6% növekedés várható 2012-ben. Természetesen vannak kiugróan eltérő eredmények is – a nagyobb növekedési érték, illetve a negatív tartományba átcsúszó teljesítmény is előfordul. Több kisvállalkozás tulajdonosai a kialakult helyzetük miatt feladni kényszerülnek az adott öntöde működtetését. Magyarországon – de általában véve Európában is – a 2013. év termelési és gazdálkodási előrejelzésének megítélésében egybehangzó volt a jelenlévők véleménye: a jó esetben stagnáló helyzet mellé inkább „a köd, a bizonytalan és lecsökkent mértékű rendelésállomány” alapján „a nem megítélhető, megalapozottan nem tervezhető” jelzők határozzák meg a várakozások alapjait.

Természetesen a hazai öntészet nagymértékű (80%-nál nagyobb) exportirányultsága szoros összefüggésben van/lesz az exportáló öntődék felhasználói piaci helyzetének alakulásával (Német- és Franciaország, skandináv országok, más EU-tagországok). Az alapvetően exportot lebonyolító hazai öntődék a viszonylag stabil és az euróhoz képest alacsony forintárfolyamon számítva – a korábbi időszakhoz képest – most árfolyamvesztéséget kénytelenek tudomásul venni. A beszámolóhoz adatokat szolgáltató háttérpári (alap- és segédanyag-, eszkozellátó) cégek képviselői elmondták, hogy a „stagnálás” ellenére az ő árbevételük növekedett, az öntészeti teljesítmény éves növekedési mértékének csaknem kétszeresére várható.

2012. december 8-án, a szakmai nap délelőttjén az elnökség látogatást tett a Knorr-Bremse Járműgyártó Kft. kecskeméti gyárában. A kft.-be két hazai öntöde is beszállító, a Prec-Cast Kft. (Sátoraljaújhely) és a P(ozsár) K(álmán) Öntöde Kft. (Hatvan). Az elnökségi tagok a szakmai nap második részében cégük ez évi termelési és gazdálkodási helyzetéről és a jövő év kilátásairól tartottak tájékoztatást.

#### 6. Egyebek

##### 6.1. Beszámoló a Foundry-Solid Egyetemi Innovációs Közhasznú Nonprofit Kft. ME Tulajdonosi Tanácsadó Testületi (TTT) ülésének a kft.-t érintő határozatáról (SJ)

2012. november 8-án a közös tulajdonú kft. fő tulajdonosa, az ME képviselője – a kisebbségi tulajdonos, MÖSZ egyetértésével – az alábbi határozatot hozta:

A Foundry-Solid Kft. 2011. (tört év) és 2012. évi beszámolóját és jövő évi üzleti tervét egyhangúlag elfogadták.

A kft. ügyvezetője, dr. Dül Jenő 2012. december 1-jétől részfoglalkozású, díjazása pedig az egyetemi tanári alapilletmény fele.

A kft. alvállalkozóként részt vehet a kar által végzett K+F munkákban.

A felnőttképzési tanfolyami kérdést a TTT elnapolta, javasolva, hogy a Műszaki Anyagtudományi Kar terjeszse a témát az ME vezető testületei elé megtárgyalás céljából. Dr. Széll Gábor, a TTT ülés vezetője tájékoztatta a jelenlévőket, hogy jelenleg a Magyar

Nemzeti Vagyonkezelő Zrt. feladata a kormány döntésének végrehajtása, azaz egy-egy fő „állami” FB-tag kijelölése minden egyetemi vállalkozáshoz. Ennek megfelelően a Foundry-Solid Kft. felügyelő bizottságának létszámát a 3 fő helyett 5 főben kell meghatározni: az „állami” FB-tag mellé az 5. FB-tagot az ME delegálja. Az elnökség az elhangzottakat tudomásul vette, egyhangú szavazással jóváhagyta.

##### 6.2. Az Év Üzletembere és az Év Vállalkozója kitüntetések (SJ)

Az elnökség a MÖSZ-tagok nevében is gratulációját fejezte ki dr. Sándor Józsefnek (Fémalk Zrt.) a „2012. év üzletembere” kitüntetés elnyerésével kapcsolatban. Az elnökség, a MÖSZ-tagok nevében is szintén gratulációját fejezte ki Győri Imre (Magyarmet Cégcsoport) részére a „2012. év vállalkozója” (Kereskedelmi és Ipar-kamara) díj odaítélése alkalmából.

##### 6.3. Húszéves a Magyar Öntészeti Szövetség (HP)

1992. december 16-án az első közgyűlés 26 résztvevője megalapította a Magyar Öntészeti Szövetséget. Az alapítók közül az alapításkori névvel és társasági formában mindösszesen még 7 társaság működik ma is. 2007. december 7-én a tagok száma 91, míg 2012. december 7-én 82 volt. Az öntődék száma Magyarországon 2002-ben 165, míg 2012-ben mintegy 140 volt. Az első elnök Szalai János volt (3 év), a második dr. Sándor József (9 év), a harmadik dr. Bakó Károly (2,5 év) volt, a 4. dr. Sohajda József, aki ötödik éve ma is az elnök. Ügyvezető főtitkár volt: dr. Havasi László (1992–2003), dr. Hatala Pál 2003-tól napjainkban is. Az elnökség az előterjesztő javaslatát egyhangúlag elfogadta: a 25 éves évfordulót 2017 októberében, a 24. Magyar Öntőnapok keretében ünnepelje meg az öntészeti szakma, ez az öntőnap az évforduló jegyében legyen megszervezve.

##### 6.4. OMBKE bál, 2013. február 16., Lillafüred – Palotaszálló (SJ)

A tájékoztatást az elnökség egyhangúlag elfogadta.

 Hatala Pál

# Nemzetközi precíziós öntészeti napok – házigazda volt a Magyarmet

A „Digitális technológia a minőségbiztosításban” volt a témája az EICF – Európai Precíziós Öntők Szövetsége (ügyvezető: *David Ford*) őszi szakmai napjának, melyet 2012. szeptember 24–26. között Magyarországon, Herceghalmon tartottak. A szakmai napok rendezésében együttműködő partner volt a Magyar Öntészeti Szövetség és a legnagyobb hazai precíziós öntődei csoport, a Magyarmet Cégcsoport (a cégvezetés és a csoport bicskei és szegedi öntődei), valamint a CAEF – Európai Öntészeti Szövetség Precíziós Öntészet Bizottsága (bizottságvezető: *John Parker*).

A kifejezetten szűk szakterület erős voltát bizonyította, hogy 14 országból 83 külföldi (valamennyien európai országokból érkeztek) és 11 hazai érdeklődő szakember vett részt a szakmai előadásokon.

A résztvevők hagyományosan a szakmai napot megelőző estén érkeztek, és fogadás jellegű közös vacsorán vettek részt. Másnap a Magyarmet Cégcsoport nevében *dr. Győri-Buczkó Nándor*, a Szegedi Finomöntőde Kft.

ügyvezető igazgatója tartott ismertető előadást a cégcsoportról. Ezután, a szakmai nappal párhuzamosan, egymást követően tartotta éves közgyűlését a CAEF és az EICF szervezet is, hiszen számos résztvevő mindkét szervezetnek is tagja.

A szakmai nap előadásai, melyek mind esettanulmányok feldolgozásával készültek, az alábbi témakörökben hangzottak el.

– Digitális irányítású termelés a viaszminták gyártásánál (angol előadó)

– Digitális irányítású termelés a kerámiahéj-képzés során (német előadó)

– Érintésmentes hőmérsékletmérés (francia előadó)

– Számítógép-vezérelt radiográfia a precíziós öntészetben (angol előadó)

– Komputertomográfia a precíziós öntészetben (svéd előadó)

– Érintésmentes „irányított fény” méretellenőrzés (német előadó)

– Az öntési folyamat szimulációja a Rolls-Royce cégnél (angol előadó)

– Az öntészeti szimulációról (holland előadó)

– Számítógéppel támogatott öntészeti folyamatfejlesztés az ACCESS Technológiai Központban (német előadó)

– Ötvözetek lézeres szinterézése – a precíziós öntés versenytársa (angol előadó)

– Gyártáskiegszítő lehetőségek a mintákhoz és a szerszámokhoz (angol előadó)

Az előadások után *Győri Imre* cégtulajdonos, a Magyarmet Bt. ügyvezető igazgatója jóvoltából a szakmai nap résztvevői autóbusszal budapesti városnézésen vehettek részt, majd a Citadella étteremben cigányzenés vacsorán látta őket vendégül.

A szokatlanul nagy érdeklődés mellett megtartott, magas színvonalú szakmai összejövetel zárásaként a résztvevők a Magyarmet Cégcsoport bicskei precíziós öntődjét látogatták meg.

 **Hatala Pál**

## EGYESÜLETI HÍR

# Bányászati, kohászati és földtani konferencia Erdélyben

**Az OMBKE és az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT)**

**2013. április 4–7. között Besztercén rendezi meg a XV. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferenciát.**

### A konferencia tervezett programja:

Utazás április 4-én az OMBKE autóbusszával a Budapest – Debrecen – Beszterce útvonalon a konferencia helyszínére, Besztercére. Egyéni utazásra is van lehetőség.

Április 5-én az OMBKE szervezésében a bányászati-kohászati szekció egész napos szakmai kirándulást indít a Beszterce, Sófalva, Árokalja, Somkerék, Bethlen, Désakna, Szamosújvár útvonalon. Ugyanezen a napon a jelentkezők az EMT szervezésében földtani kiránduláson vehetnek részt Beszterce, Nagydemeter, Csépán, Párva, Szamosmakód, Bethlen, Somkerék, Árokalja, Szeretfalva, Bilak, Sófalva útvonalon.

Április 6-án délelőtt lesz a konferencia megnyitója, majd a plenáris előadások, délután pedig a szekcióelőadások. A kíséreknek egyéni városnézést szerveznek Besztercén és környékén (Kelemen havasok – Borgói hágó). Hazaindulás utazás április 7-én, a reggeli órákban.

A konferenciáról a [www.emt.ro](http://www.emt.ro) honlapon részletes információ lesz. Az OMBKE titkárságán Csányi Judit a 201-7337-es telefonon vagy az [ombke@ombkenet.hu](mailto:ombke@ombkenet.hu) címen ad tájékoztatást.

TRANTA FERENC

## Öntött AlMnMg (3004) alumíniumötvözet vizsgálata a villamos ellenállás és a termoerő együttes mérésével

*A Matthiessen-szabályt és a Nordheim–Gorter-összefüggést alkalmazva a villamos ellenállás és a termoerő együttes mérése alapján a félfolyamatosan öntött AlMnMg ötvözet homogenizáló izzítása során meghatároztuk a szilárd oldatban oldva maradó mangán és magnézium mennyiségét. Megállapítottuk, hogy a magnézium mennyisége alig változik a hőkezelés során, míg a mangán a túltelített öntött szerkezetből 600 °C alatti hőmérsékleti tartományban kiválik, 600 °C fölött pedig oldódik.*

### 1. Bevezetés

Az alakítható alumíniumötvözeteket zömében félfolyamatos öntéssel állítják elő [1, 2, 11]. A félfolyamatos öntéskor a viszonylag gyors dermedéskor a kristályosodó fázisok nem az egyensúlyi viszonyoknak megfelelően képződnek. Az öntött szerkezet nem alkalmas a melegalakítási művelet elvégzésére, ezért az öntött tuskókat homogenizáló izzításnak vetik alá. Ezzel részben a kivált ún. második fázisokat hozzák megfelelő alakra, miközben az összetételük is megváltozik, és közben az alapmátrix, az alumínium szilárd oldat összetétele is megváltozik. Egyes ötvöző elemek – ez különösen a mangánra vonatkozik – kristályosodáskor jelentős mértékben az alumínium szilárd oldatban túltelített módon oldva maradnak. Így a homogenizáló izzításnak nevezett hőkezeléskor tulajdonképpen a mangántartalmú vegyületek kiválnak, miközben az alumínium szilárd oldatának a mangántartalma csökken. Tehát „heterogenizálás” következik be [2, 7, 11].

Az izzításkor végbemenő folyamatokat sokféle módszerrel lehet és szokták nyomon követni. Legfontosabb a mikroszkópos szövetvizsgálat, fény- illetve elektronmikroszkópos berendezésekkel. Ilyenkor az izzítás során elsősorban a második fázisok eloszlásának és morfológiájának megváltozására vonatkozóan nyernek fontos információkat [2, 4, 7]. Az alumínium szilárd oldat összetételében bekövetkező változások nyomon követésére a mikroszondás mérések lehetnek alkalmasak. Mivel azonban sokszor kis mennyiségek meghatározását kell elvégezni, és a mért (gerjesztett) térfogat esetleg második fázist is érinthet, a meghatározás hibás eredményekhez is vezethet. A röntgendiffrakciós rácsparaméter meghatározása is nyújthat hasznos adatokat a szilárd oldat összetételének megváltozására.

Jó lehetőségnek mutatkozik a fajlagos villamos ellenállás megváltozásának mérése, mivel viszonylag egyszerűen és pontosan végezhető el [5]. A fajlagos villamos ellenállás változása

az összes oldott elem együttes hatásától függ, nem lehet közvetlenül megállapítani az egyes elemek szerepét a hőkezelések során. A 3004-es ötvözetek a mangán és magnézium mellett mindig tartalmaznak szennyezőként vasat, szilíciumot és egyéb elemeket is. A [2] irodalomban feltételezték, hogy a vas a szilíciummal együtt zömében már kristályosodáskor kiválik, az oldott magnézium pedig izzításkor sem változik, így a homogenizáló izzításkor az ellenállás változása alapvetően a mangán viselkedésétől függ.

Előnyös lehet, ha az ellenállás mérése mellett a termoerő mérését is elvégezzük, mivel a két mérés többlet információt nyújt. Ilyen vizsgálatra is találtunk irodalmat [3], de a két hatást nem vizsgálták összekapcsolva.

Mindkét tulajdonság vizsgálatához dolgoztunk ki mérési eljárást, és ezt alkalmazzuk a 3004-es típusú alumínium ötvözetek izzítása során bekövetkező változások nyomon követésére.

### 2. A villamos ellenállás- és termoerőmérés alkalmazásának alapja a szilárd oldat összetételének mérésére

Régóta ismert, hogy a szilárd oldatok villamos ellenállás-változásának leírására jól használható a Matthiessen-szabály, mely szerint

$$\rho_{\text{ötv}} = \rho_0 + \Delta\rho \quad \text{és} \quad \Delta\rho = a_i \cdot x_i \quad (1)$$

ahol:

$\rho_0$  a tiszta fém hőmérséklettől függő fajlagos ellenállása,

$\Delta\rho$  az ún. maradék ellenállás, mely az oldott atom természetétől és

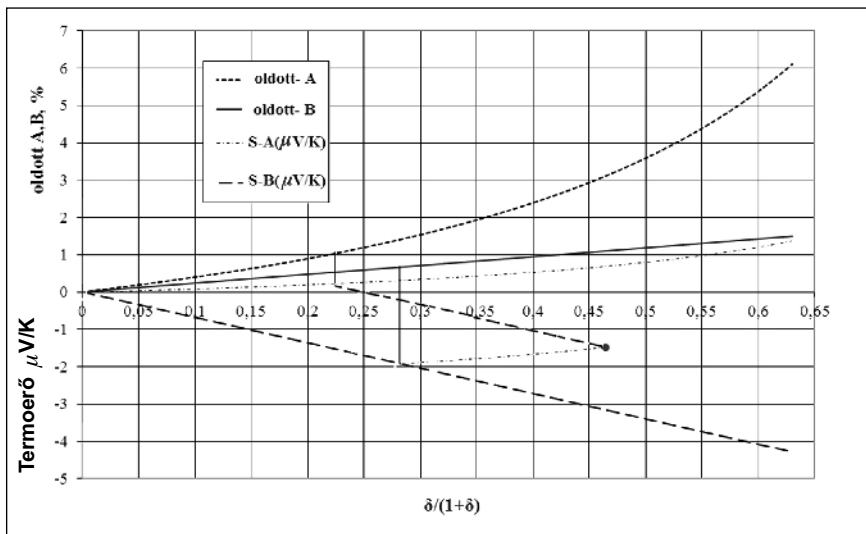
*Tranta Ferenc vas- és fémkohász szakos kohómérnök, a műszaki tudományok kandidátusa. 1959 óta dolgozik az ME Anyagtudományi Intézetében, ill. jogelődjében, ahol tanársegéd-től tanszékvezetőig, majd a kar dékánjáig különböző feladatokat látott el. Jelenleg részfoglalkozásban az Intézethez tartozó MTA kutatócsoportban tudományos főmunkatárs. Oktatási területe elsősorban a vasötvözetek fémtana, hőkezelése, kutatási területe a különböző fémtani vizsgálatok alkalmazása.*

mennyiségétől függ, de nem változik a hőmérséklettel,  
 $a_i$  az ötvözőelem hatását jellemző érték ( $\mu\Omega\text{cm}/\%$ ),  
 $x_i$  az ötvöző elem mennyisége (%).

Az összefüggés jól leírja a viszonyokat, ha az oldott ötvöző mennyisége viszonylag nem nagy. Jól alkalmazható az összefüggés akkor is, ha egyszerre több, nem nagy mennyiségben oldott ötvöző elem fordul elő ( $\Delta\rho = \sum_i a_i \cdot x_i$ ). A maradék ellenállás értéke oldott ötvöző esetén kb. egy nagyságrenddel nagyobb annál, mint ha ugyanazon mennyiségű ötvözőelem önálló fázisként lenne jelen. Ennek következtében kiváláskor az ellenállás csökkenésével, oldódáskor annak növekedésével kell számolni. Ez a megállapítás akkor helytálló, ha a kiválások viszonylag nagyobb méretűek [12, 13]. Amennyiben GP-zónák képződése zajlik, úgy a próba ellenállása akár növekedhet is. A homogénizáló izzítás körülményei között (~ 350 °C fölött) azonban a kiválásokban bekövetkező változások elkerülnek a zónaképződést. Így sem a fajlagos villamos ellenállás, sem a továbbiakban ismertető termoelemtérénél sem kell ezzel a jelenséggel számolni.

Az 1. táblázatban foglaltuk össze az alumínium ötvözetekre vonatkozóan az egyes ötvözőelemeknek a hatását kifejező értékeket, ha oldva vannak. Természetesen az irodalomban többféle adat is található [2, 8, 10, 12]. Ezek közül a leginkább elfogadott értékeket tüntettük fel. A táblázatban egyúttal feltüntettük az oldott ötvözőknek a termoelemtér változására kifejtett hatását is.

A továbbiakban az oldódási-kiválási folyamatok közben bekövetkező ellenállások változásának számításánál az egyszerűség kedvéért csak a szilárd oldatban levő ötvöző mennyiségét vettük figyelembe. Ez természetesen néhány százalékos hibát eredményezhet. Mivel a vizsgálatainknál öntött mintákban (nem homogén!) bekövetkező változásokat tanulmányozzuk, ez az elhanyagolás elfogadható.



1. ábra. A két oldott elem esetén a termoelemtér és az oldott mennyiségek változása  $\delta/(1+\delta)$  függvényében

Termofeszültségen a fémeknek azt a tulajdonságát értjük, hogy ha két különböző villamosan vezető anyagot az egyik végükön összeillesztve valamilyen  $T_1$  hőmérsékletre melegítünk, és a másik végüket  $T_2$  hőmérsékleten tartjuk, ott a hőmérsékletkülönbségtől függő feszültséget észlelünk. Termoelemtér a hőmérsékletkülönbségre vonatkozó termofeszültséget értjük. A termofeszültség mérését leginkább a hőmérsékletmérésre szolgáló termoelemtérnél hasznosítjuk. Fontos jellemzője a termoelemtérnek, hogy additív tulajdonsággal rendelkezik, vagyis a két vezető abszolút termoelemtér összegeződik. A mérés szempontjából másik fontos jellemzője, hogy nem függ a vezetők méretétől. Mivel a fajlagos villamos ellenállás és a termoelemtér is az anyagok elektromos tulajdonsága, így a kettő között a szilárd oldatos ötvözetekben szoros összefüggés létezik, melyet az ún. Nordheim–Gorter-szabály fejez ki [12]:

Egy ötvözőelem esetén:

$$e_{\text{ötv}} = (1/\rho_{\text{ötv}}) \cdot (\rho_0 \cdot e_0 + a_i \cdot x_i \cdot e_i) \quad (2)$$

ahol:  
 $e_{\text{ötv}}$  az ötvözet termoelemtérje, ( $\mu\text{V}/\text{K}$ ),  
 $e_0$  az alapfém termoelemtérje, ( $\mu\text{V}/\text{K}$ ),  
 $e_i$  az ötvözőelem hatását kifejező tényező, ( $\mu\text{V}/\text{K}$ ).

Az egyenletet átrendezve és alkalmazva a Matthiessen-szabályt, kapjuk az ötvözetnek és a tiszta alapfém termoelemtérjének különbségét:

$$\Delta e = e_{\text{ötv}} - e_0 = (e_i - e_0) \cdot (a_i \cdot x_i) / \rho_{\text{ötv}}, \text{ vagy } \Delta e = (e_i - e_0) \cdot \Delta\rho / \rho_{\text{ötv}} \quad (3)$$

Ha a  $\Delta\rho/\rho_{\text{ötv}}$  függvényében ábrázoljuk a  $\Delta e$  értékeit, úgy egyenest kapunk, melynek az iránytangensét az adott ötvözet (alapfém és ötvöző) Nordheim–Gorter-értékének nevezzük.

Amennyiben egy ötvözetrendszerben (az alapfém ugyanaz!) többféle oldott elem fordul elő, úgy az összefüggés módosul:

$$\Delta e = (\sum_i (e_i - e_0) \cdot (\sum_j a_j \cdot x_j)) / \rho_{\text{ötv}} \quad (4)$$

Belátható, hogy két oldott elemet tartalmazó konkrét mérés ( $\Delta\rho/\rho_{\text{ötv}}$  és  $\Delta e_{\text{ötv}}$ ) esetén, ismerve a két elem Nordheim–Gorter-egyenesét, az egyes elemek oldott mennyiségeit könnyen meghatározhatjuk (1. ábra). Az ábra alsó részén a  $\Delta\rho/\rho_{\text{ötv}}$  függvényében tüntettük fel a termoelemtér változását ( $\Delta e_{\text{ötv}}$ ), míg a felső részen az oldott ötvöző tömeg %-os mennyiségét.

Fontos kiemelni, hogy a két adat meghatározásához ugyanannak a

1. táblázat. Az ötvözőelemek hatása az alumínium fajlagos villamos ellenállására és termoelemtérjére

	Fe	Mg	Si	Mn	Zr	Ti	Sc	Cu	Ni	V	Cr	Zn	Ag	Li
$a_i, \mu\Omega\text{cm}/\%$	2,56	0,54	1,02	2,94	2	2,8	1,78	0,34	0,9	4,3	4,2	0,17	0,49	3,1
$e_i, \mu\text{V}/\text{K}$	-8	2,4	-0,74	-6,8				2,1						

mintának a kétféle azonos jellegű mérése szükséges. A kiértékelésnél az ötvözet mérési adatát átvetíjük az ötvözők Nordheim–Gorter-egyeneseire (az adatot vektorosan felbontjuk a két elem hatására), majd az így nyert  $\Delta\rho/\rho$  értékeket a diagram felső részén szereplő megfelelő görbékre vetítjük, melyek az adott elem oldott mennyiségét mutatják.

Természetesen ha kettőnél több elem van az ötvözetben, úgy közvetlenül nem határozhatók meg az egyes elemek oldott mennyiségei, de mint a 3004-es típusú öntött alumíniumötvözetek konkrét vizsgálatainál látni fogjuk, bizonyos feltételezésekkel ilyenkor is hasznos eredményekre juthatunk.

### 3. Kísérleti anyag

Az üzemi körülmények között félfolyamatosan öntött 3004-es típusú ötvözet tuskójából hosszirányban munkáltuk ki a további hőkezelések számára is a 120x4x1 mm-es mintákat.

Az ötvözet összetételét a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A vizsgált ötvözet kémiai összetétele

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
%	0,13	0,6	0,2	1,06	1	0,005	0,029	0,017

A kimunkált minták egyik részét 300 és 630 °C közötti hőmérsékleteken 2 órás izzítás után vízben lehűtöttük, majd így végeztük el mindkét fajta mérést. A minták másik csoportját pedig 530 °C-on különböző idejű izzításoknak vetettük alá a mérések előtt.

#### 4.a. A villamos ellenállás mérése

Öntött minták esetén a próbák pontos geometriai adatait (A a keresztmetszet, L a minta hossza) nem tudjuk rögzíteni, pedig ezek szükségesek a minta ellenállásának méréséből (R) a fajlagos villamos ellenállásának ( $\rho=R \cdot A/L$ ) meghatározásához. Ezért azt a módszert választottuk, hogy a Thomson-kettőshidas ellenállásmérést ugyanazon befogással végeztük el 0 °C-on (olvadó jégben) és -196 °C-on (folyékony nitrogénben), természetesen mindkét esetben kétféle áramiránnyal.

Az így nyert hányadost:  $r_x = R_{-196}/R_0 = \rho_{-196}/\rho_0$  használtuk a hőkezeléskor

bekövetkező változások számításánál. Ugyanilyen  $r_e$  hányadost határoztunk meg 99,99%-os tisztaságú alumínium etalon esetében is.

A Matthiessen-szabály felhasználásával a következő összefüggések nyerhetők:

$$\rho_T^E = \rho_T^0 + \Delta\rho_E \quad (5)$$

és

$$\rho_T^X = \rho_T^0 + \Delta\rho_X \quad (6)$$

ezzel olyan értéket kapunk, mely az etalonhoz viszonyított változásokat fejezi ki [13].

$$\delta = \frac{\Delta\rho_X - \Delta\rho_E}{\rho_{T2}^0 + \Delta\rho_E} \quad (7)$$

Átalakítva az összefüggést, a  $\delta$  az ellenállások hányadosával fejezhető ki:

$$\delta = \frac{r_X - r_E}{1 - r_X} \quad (8)$$

illetve;

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_{T2}^0 + \Delta\rho} = \frac{\delta}{1 + \delta} \quad (9)$$

Tehát a mintának és az etalonnak két hőmérsékleten mért értékéből

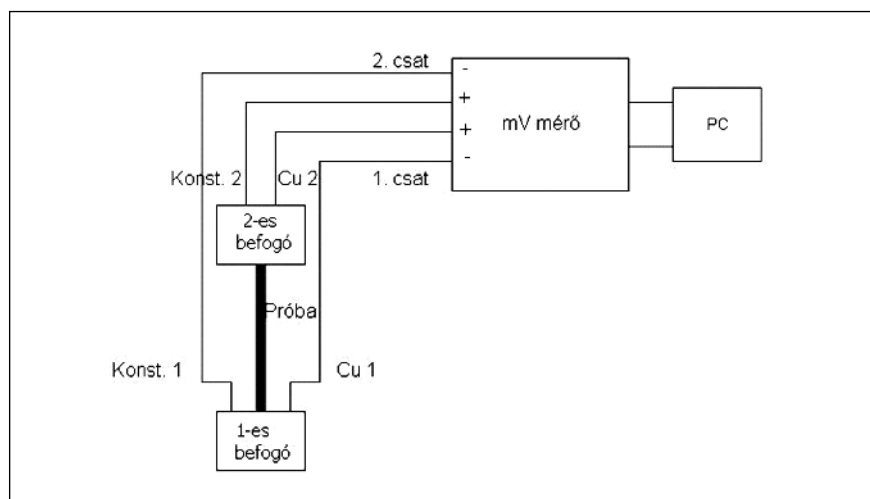
nyerhetünk így egy jellemző értéket, mely a maradék fajlagos villamos ellenálláshoz hasonló, de nincsen szükségünk a geometriai paraméterek pontos meghatározására. Az utolsó összefüggés pedig azért fontos, mert ezt alkalmazhatjuk a korábban bemutatott Nordheim–Gorter-diagram vízszintes tengelyén.

#### 4.b. A termoerő mérése

A termoerő méréséhez a 2. ábrán látható összeállítást készítettük. A mintát két kis alumínium-tömbbe (1 és 2) rögzítettük, együtt a réz és konstantán vezetékkel. A réz vezetékeket a Keithley Instr. 2182A típusú nanovoltmérő 1-es csatlakozójához, míg a konstantán vezetékeket a 2-es csatlakozójához rögzítettük, az ábrán jelölt polaritásnak megfelelően. A nanovoltmérőt összekapcsoltuk egy PC-vel, így a két csatornán mért adatokat az idő függvényében rögzíthettük. A mérés során a 2-es csatlakozót szobahőmérsékleten tartottuk, míg az 1-es csatlakozót olvadó jégben hűtöttük, majd 35 °C-os termosztátba helyeztük át. Így melegítés és hűtés közben is elvégezhetjük a mérést. A 3. ábrán bemutatunk a hevítés során nyert ilyen mérést.

A 2-es csatornán mért termoerőfeszültséget ( $U_{xkonst} = e_{xkonst} \cdot \Delta T(t)$ ) ábrázolva az 1-es csatornán mért ( $U_{cux} = e_{cux} \cdot \Delta T(t)$ ) értékek függvényében egyenest kapunk (4. ábra), melynek iránytangense:

$$m = e_{xkonst}/e_{cux} \quad (10)$$



2. ábra. A termoerő mérésére összeállított berendezés sematikus rajza

felhasználva a termoerők additivitását:

$$m \cdot e_{\text{cu}x} = e_{x\text{konst}} = e_x - e_{\text{konst}} + e_{\text{cu}} - e_{\text{cu}} = -e_{\text{cu}} + e_x + e_{\text{cu}} - e_{\text{konst}}, \text{ ezzel} \quad (11)$$

$$(m+1) \cdot (e_{\text{cu}} - e_{\text{ex}}) = e_{\text{cu}x\text{konst}} \text{ és} \\ e_x = e_{\text{cu}} - e_{\text{cu}x\text{konst}} \cdot (1/(m+1)) \quad (12)$$

Ismerve, hogy:

$$e_{\text{cu}} = 1,7 \mu\text{V/K}$$

$$e_{\text{konst}} = -38,8 \mu\text{V/K}$$

meghatározhatjuk a minta és az általunk használt etalon termoerejének különbségét is ( $e_x - e_{\text{et}}$ ). A méréseket a pontosság növelése érdekében kétszer megismételtük, és az eredmények átlagát használtuk a további kiértékeléshez.

### 5. Mérési eredmények, következtetések

A mérések eredményeit a 3. táblázatban foglaltuk össze.

A mérési eredményeket ábrázoltuk az 5. ábra alsó részén delta/(1+delta)- $e_x$  diagramban a mangánra és magnéziumra vonatkozó irodalmi adatokkal együtt. Látható, hogy az összes mérési pont az  $e_{\text{Mn}} - e_{\text{Mg}}$  vonalak közé esik, és elhelyezkedésük majdnem párhuzamos a mangán vonalával, ami arra utal, hogy hőkezeléskor elsősorban az oldott mangántartalomban következik be változás. Az egyes mérési pontokat az 1. ábrán bemutatott módon átszámolhatjuk az oldott mangán és oldott magnézium mennyiségére (az ábra felső része).

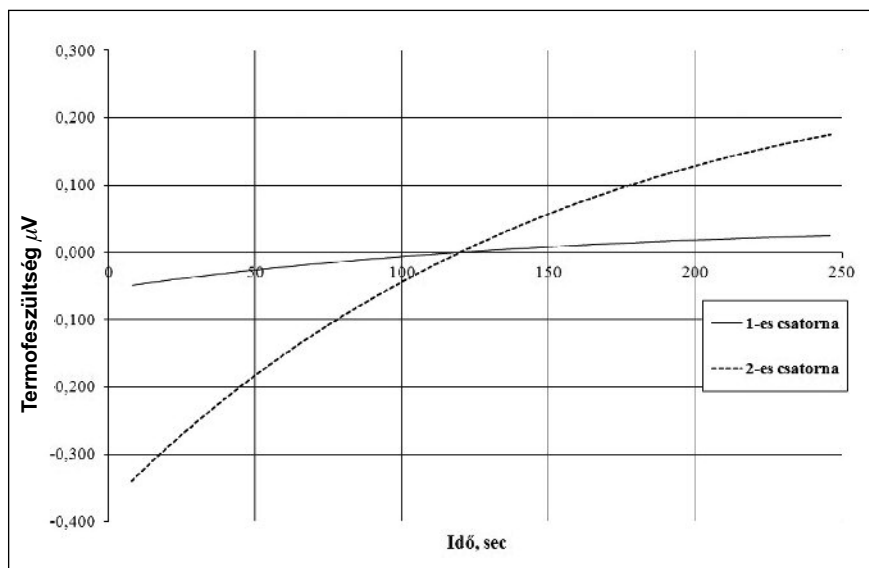
Az ötvözet többi elemének a hatását figyelmen kívül hagyhatjuk, mivel a vas legfeljebb néhány század % mennyiségben maradhat oldatban, a 0,13% Si, és a 0,2% Cu a  $\delta/(1+\delta)$  értékét együttesen is legfeljebb 0,05-dal változtatja meg és az  $e_x$  is legfeljebb 0,2-del változik, így a mért értékekből kis hibával számolhatjuk az oldott mangán és magnézium mennyiségét.

A mérési adatokból kiszámolt oldott mangán és oldott magnézium mennyiségeket a következő diagramokban mutatjuk be.

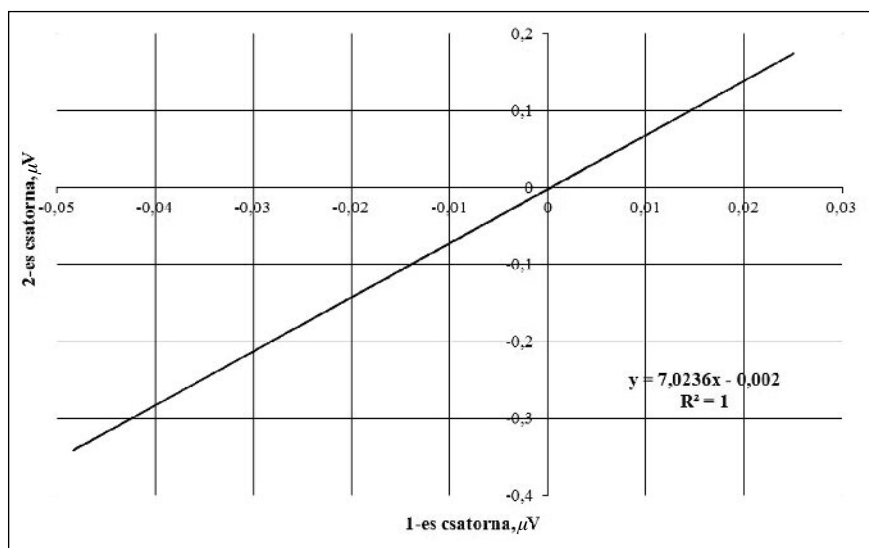
A számításnál felhasznált adatok:

A tiszta alumínium esetén [2, 8]:

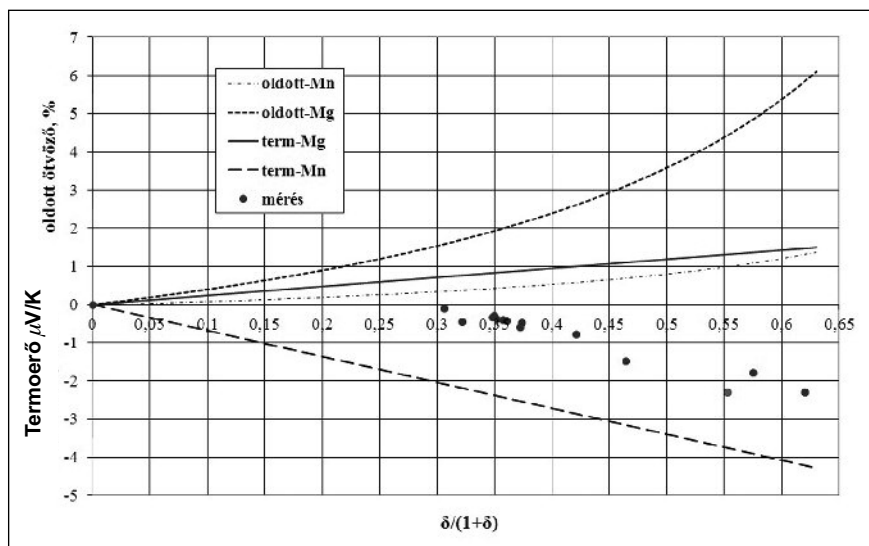
$$\rho_0 = 2,3 \mu\Omega\text{cm} \text{ és } \rho_{-196} = 0,24 \mu\Omega\text{cm}.$$



3. ábra. A mért termofeszültségek – idő diagramjai



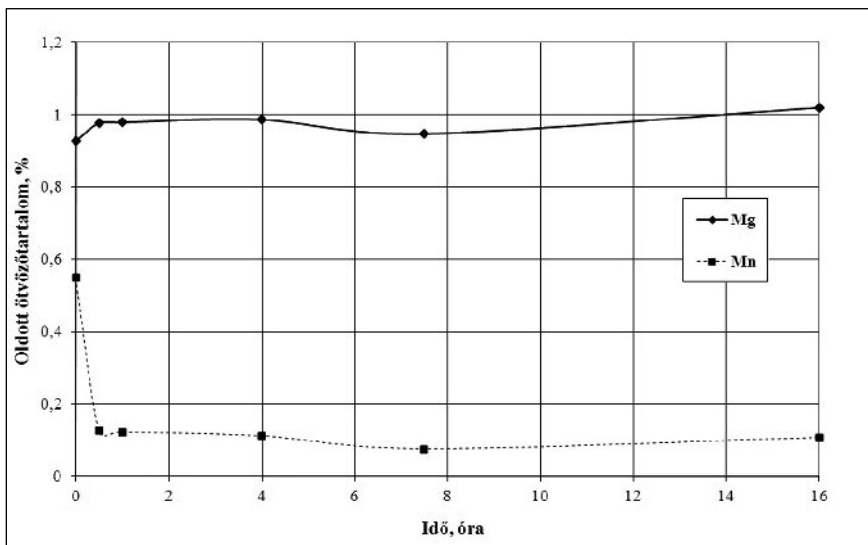
4. ábra. A 2-es csatornán mért feszültség az 1-es csatornán mért feszültség függvényében



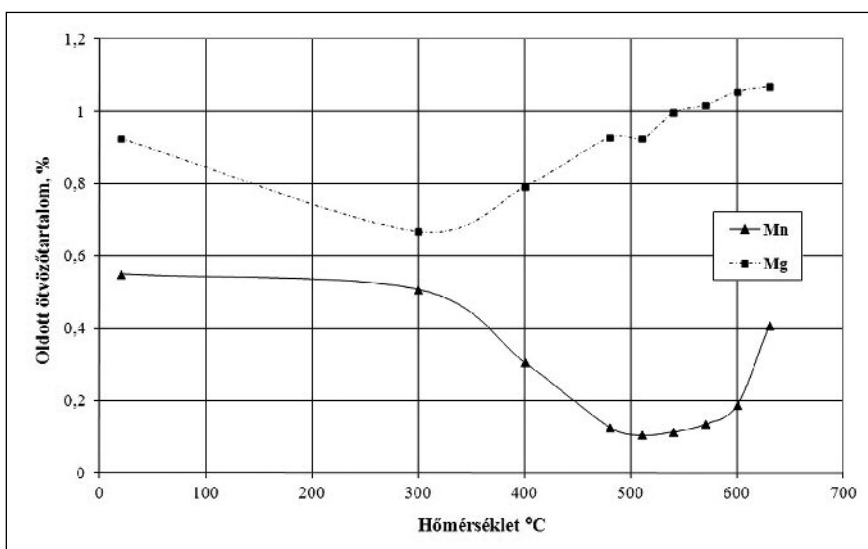
5. ábra. A mérési eredmények és az ötvözők termoereje, valamint az oldott ötvözőtartalom a  $\delta/(1+\delta)$  függvényében

**3. táblázat.** A villamos ellenállás és termoerő mérési eredményei

próba	( $r = R_{196}/R_0$ )	delta	m	$e_x - e_{et}$
Tiszta Al (etalon)	0,1174	0,0000	11,2250	0,000
Kiinduló (öntött)	0,6574	1,5753	6,2566	-2,29265
0,5 óra	0,4268	0,5399	9,86	-0,16
1 óra	0,4244	0,5334	9,93	-0,395
4 óra	0,4161	0,5117	10,15	-0,319
7,5 óra	0,3781	0,4193	10,90	-0,090
16 óra	0,4172	0,5144	10,29	-0,276
Kiinduló (öntött)	0,6574	1,5753	6,2566	-2,29265
300 °C	0,6003	1,2075	6,87975	-2,26043
400 °C	0,5227	0,8487	8,830238	-1,44307
480 °C	0,4202	0,5233	10,02513	-0,30693
510 °C	0,3928	0,4648	9,99245	-0,16945
540 °C	0,4199	0,5217	9,894488	-0,30652
570 °C	0,4407	0,5782	9,358213	-0,45121
600 °C	0,4869	0,7198	7,965638	-0,7387
630 °C	0,6195	1,3199	6,601913	-1,74206



**6. ábra.** Az oldott ötvöztartalom változása 530 °C-on történő izzítás hatására



**7. ábra.** Az oldott ötvöztartalom változása 2 órás izzítás hatására

Ezzel a saját etalonunk meghatározott maradék ellenállása,  $\Delta\rho = 0,0339 \mu\Omega\text{cm}$ .

A 6. ábra az 530 °C-on történt hőkezelés idejének függvényében mutatja a változásokat, a 7. ábra pedig a különböző hőmérsékleteken 2 órán át tartott mintákra vonatkozik.

Látható, hogy az oldott magnézium mennyisége ~300 °C-on ~0,2%-kal csökken, ami valószínűleg az  $\text{Mg}_2\text{Si}$  kiválásával lehet kapcsolatban, majd a növekedése az  $\text{Mg}_2\text{Si}$  oldódása miatt következhet be. Az oldott mangán 400 és 600 °C között csökken, majd újra növekszik.

Az 530 °C-on végzett izzítás során az oldott mangán már 0,5 óra alatt jelentősen csökken, míg a magnézium mennyisége gyakorlatilag változatlan marad. Az értékelésekből nyert adatok természetesen tartalmaznak némi bizonytalanságot (a magnézium mennyisége az elemzési értéknel nagyobbra is adódott). Ettől eltekintve a várakozásoknak megfelelően a gyakorlati hőkezelések számára a mérések fontos információkkal szolgálnak. Természetesen az így nyert adatokat a továbbiakban célszerű további vizsgálatokkal (mikroszkópi mérésekkel) ellenőrizni.

**6. Összefoglalás**

Kidolgoztunk egy vizsgálati eljárást, melynek segítségével a 3004-es típusú öntött alumínium ötvözetben hőkezelés során bekövetkező változásokat nyomon lehet követni. Az öntött tuskóból kimunkált minták villamos ellenállását Thomson-híd segítségével mértük 0 °C-on (olvadó jégben) és -196 °C-on (folyékony nitrogénben), majd ugyanazon minták termoerőjét meghatároztuk saját összeállítású eszközzel. Alkalmazva a Matthiessen-szabályt és a Nordheim-Gorter-összefüggést, jó közelítéssel meg tudtuk határozni a hőkezelések során az alumínium szilárd oldatban bekövetkező változásait. Megállapítottuk, hogy a „homogenizáló” hőkezelés során az oldott magnézium mennyisége alig változik, míg a mangán az alsóbb hőmérsékleti tartományban a túltelített öntött szerkezetből kiválik, majd 600 °C fölött oldódik. A mérési eredmények jó támpontot adnak a gyakorlati homogenizálási hőkezelések számára.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Irodalom

- [1] M. K. Schneider PhD Dissertation. RWTH Aachen, 2006  
[2] D. Altenpohl: Aluminium und

Aluminiumlegierungen. Springer-Verlag, 1965.

- [3] Y. J. Li, A. Johansen, S. Benun, C. J. Simensen, A. L. Dons, L. Arnberg: Aluminium. 80 (2004) 578.  
[4] Y. J. Li, L. Arnberg: Acta. Mat. 51 (2003) 3415–3428.  
[5] J. Royset, N. Ryun: Mat. Sci. and Eng. A 396. (2005) 409–422.  
[6] J. L. Agreda: Mat. Res. 8 (2005) No.1.  
[7] J. M. Pelletier, G. Vigier, P. Guyot: Acta met. 29. (1981) 1335–1342.  
[8] V. Massardier, T. Epicier, P.

Merle: Acta Mater. 48 (2000) 2911–2924.

- [9] A. Dons, Y. Li, Ch. Simensen, A. Johansen, A. Hakonsen, L. Arnberg, St. Benun: Aluminium. 80(2004). 583.  
[10] Z. J. Lok, L. Löchte, S. Zwaag: Aluminium.80, (2004) 647.  
[11] F. E. Mondolfo: Aluminium Alloys. Structure and Properties. Butterworths, 1976.  
[12] Z. J. Lok, A. J. E. Flemming, R. Hamerton, S. Zwaag: Materials Science Forum 396-402. (2002) 457–462.

KOVÁCS SÁNDOR – MERTINGER VALÉRIA

# Huzalhúzási paraméterek komplex optimalizáló eljárásainak összehasonlítása

**Ebben a munkában a hideg sorozat huzalhúzási technológia paramétereit komplex optimalizáló célfüggvények algoritmikus megvalósítását mutatjuk be. A kéttípusú optimalizálás során egyrészt minden fokozatban azonos optimális kúpszögek, másrészt fokozatonként tetszőleges nagyságú optimális kúpszögek adódnak. A célfüggvények számítási idejét vizsgáltuk, mely a nemlineáris optimalizálás egy fontos tényezője. Elvégeztük a két célfüggvénnyel kapott optimális technológiai paraméterek összevetését, és megállapítottuk, mikor érdemes a kisebb számítási idejű komplex optimalizálást használni.**

## Bevezetés

Az ipari technológiatervezés fő szempontjai három fő csoportba oszthatók. Az első a termék minőségét a vevői kívánalmaknak megfelelően állítja be, és a fellépő károsodásokat, hibákat kiküszöböli, minimalizálja. A második csoportba a fajlagos költségeket minimalizáló célfüggvények tartoznak, melyek között igen fontos helyet foglalnak el az adott művelethez tartozó fajlagos energiafelhasználást minimalizáló függvények. A harmadik szintén

nagyon fontos célfüggvényosztály a termelékenységet maximalizálja, így alkalmazásakor a lehető legnagyobb óraterjesítmény valósulhat meg.

Ezen szempontok figyelembevételével vizsgáltuk a huzal sorozathúzás esetére a technológiatervezési eljárást. A sorozathúzás technológiai paraméterei leírhatóak analitikus módszerekkel és véges elemes módszerekkel (FEM). Az [1] cikkben az addig irodalomban megjelent mérési adatok és explicit analitikus formulákkal leírható modellek alapján választottunk ki

egy komplex modellt. Ez a komplex modell a legjobb közelítést adja a mért adatoknak, valamint tartalmazza a technológiatervezés legfontosabb paramétereit, mint a huzalhúzóerő, a huzalban ébredő maximális húzófeszültség és a huzal hőmérséklete. A [2] cikkben bemutattuk, hogy a huzalhúzás esetén az analitikus módszerekkel hasonló pontosságot érhetünk el, mint a FEM-mel.

A technológiatervezéskor egy optimalizálást hajtunk végre úgy, hogy az adott tervezői szempontokhoz tartozó mennyiségek maximalizálva, illetve minimalizálva legyenek. Az egyes paramétereket leíró függvények típusa alapján a sorozathúzásra vonatkozóan nemlineáris optimalizálást kell használni.

A feladatok elméleti megoldása mellett napjainkban a megoldó algoritmusok és a szoftverek előnyös tulajdonságainak a megléte is nagyon lényeges szempont (pl. minél kisebb számítási időigény és memóriakapacitás, a mérethatárok növelése, könnyen kezelhető és változtatható programok). Ez a magyarázata annak, hogy a nemlineáris optimalizálás esetén a feladatok és a megoldó algoritmusok matematikai vizsgálatán túl, meghatározóan fontos a megoldó algoritmusok számítógépes imp-

**Kovács Sándor** 2003-ban sztochasztika szakirányon matematikusként végzett a BME Természettudományi Karán, majd 2008-ban szerzett anyagmérnöki diplomát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar hőkezelő és képlékenyalakító szakirányán, energiagazdálkodás ágazaton. 2008–2011 között nappali tagozatos PhD-hallgató a Kerpely Antal

**Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolában. 2011-től tudományos segédmunkatárs és doktorjelölt a Műszaki Anyagtudományi Karon. Doktori témája a kör keresztmetszetű fémhuzalok húzási technológiájának számítógéppel támogatott tervezése és komplex optimalizálása. Dr. Mertinger Valéria** szakmai életrajzát 2012/3. számunkban közzöltük.

lementálása és az experimentálás.

Az optimalizálás gyors számíthatóságának érdekében olyan technológiai paramétereket leíró modellt kell választani, mely pontos és kis számítási igénnyel bír. Az [1] cikkben ismertetett komplex modell megfelel ennek az elvárásnak, hiszen a legjobb pontosság mellett az a tény is mellette szól, hogy az analitikus modellek számítási igénye nagyságrendekkel kisebb, mint a FEM-é.

A [2] cikkben egy olyan komplex optimalizáló célfüggvényt definiáltak, mely a lehető legtöbb tervezői szempontot figyelembe véve számolja ki a fokozatok számát, a szerszámok geometriáját és az alakváltozási mérték nagyságát, amit egy köztes hőkezelésig (lágyításig) el kell végezni.

A komplex optimalizáció abban különbözik az optimalizációtól, hogy az optimumok értelmezési tartománya nem egyenletek által meghatározott, hanem egy másik optimalizáló célfüggvény által. Ebből a komplexitásból kifolyólag az optimalizáló eljárás pontosságán kívül a számítási igénye is fontos tényezővé válik.

A [2] cikk komplex optimalizáló célfüggvényét azzal a feltétellel határozták meg, hogy a fokozatonkénti optimális kúpszögeknek azonosnak kell lenniük. Ebben a munkában kiterjesztjük ezt a komplex optimalizáló célfüggvényt úgy, hogy megengedjük, hogy fokozatonként tetszőleges kúpszöveget vehessen fel az eljárás. Nyilvánvalóan ezzel a kiterjesztett célfüggvénnyel kapott összes teljesítményigény illetve a fokozatok száma kisebb vagy egyenlő az azonos kúpszögű komplex célfüggvény eredményével. A két célfüggvény eredményei közötti különbség, valamint a számítási igényben való eltérés megismeréséhez további vizsgálatok szükségesek, melyeket ebben a munkában végeztünk el.

### **Komplex optimalizáló célfüggvények számítástechnikai megvalósítása**

A számítási igény, illetve a komplex optimumok közötti különbségek meghatározásához szükséges a két komplex optimalizáló célfüggvényhez tartozó számítási eljárás algoritmizálása és szoftveres megvalósítása. A komplex

optimalizáló eljárások közül elsőként a fokozatonként azonos kúpszöveget kereső célfüggvény algoritmusát írtuk fel, mellyel szoftvert fejlesztettünk.

Az algoritmus bekéri a megfelelő anyagminőséget, majd megadjuk a bemenő durvahuzal kezdő átmérőjét, majd a termék készátmérőjét. Az algoritmus megkapja a húzóberendezés alapvető paramétereit, melyek közül a legfontosabb az, hogy fellép-e ellenhúzóerő az egyes fokozatokban.

Az algoritmus első lépésben a hőkezelés(ek) optimális helyét határozza meg a technológiai sorban. Ezután bekéri a húzási sorozatok végsebességeit, melyet az alakváltozások és a berendezés korlátai alapján választhat meg a felhasználó.

Ezt követően az algoritmus a kúpszögek előre meghatározott intervallumból választ egy értéket. Az algoritmus a következő lépésben a kihasználtsági tényezőkkel optimalizál. Ekkor a rögzített kúpszöggel kiszámolja az első fokozathoz tartozó fogyás (alakváltozás) nagyságát úgy, hogy legalább az egyik kihasználtsági tényező a biztonsági zónába essen, míg a másik a felső korlát alatti legyen. Az eljárás a kezdő keresztmetszetet csökkenti lépésenként egy rögzített differenciával addig, amíg a kihasználtsági tényezők nem teljesítik az optimalizáló feltételeket.

Ezután a következő fokozatra is kiszámolja az algoritmus a fogyás (alakváltozás) nagyságát ugyanezzel az eljárással, és folytatja a további fokozatok esetén is egészen addig, amíg az összefogyás meg nem egyezik azzal az értékkel, amit az algoritmus hőkezelést elhelyező első része kiszámolt az adott húzási sorozatra. Ha van lágyítás és azt követően további húzási sorozatok, akkor azokra is ismételt elvégzi a fenti eljárást az algoritmus.

Adott szögre elvégzett kihasználtsági tényező optimalizálás után, a kiszámolt paraméterekkel meghatározható a felvett teljesítmény, húzási sorozatonként. Az első kúpszög-választás esetén a húzási sorozatok teljesítményei, a kúpszög és az optimalizált fogyási (alakváltozási) értékek elmentésre kerülnek.

Ezt követően a kúpszög-tartományból egy újabb szöveget választunk és végrehajtjuk vele a fenti eljárást, majd

a szögekhez tartozó teljesítményértékeket összeveti megfelelő, de már elmentett teljesítményértékekkel. Ha az új érték kisebb, mint az elmentett, akkor ezt a teljesítményt menti el a továbbiakra az algoritmus, illetve a hozzá tartozó kúpszög, és optimalizált fogyási értékekre cseréli a memorizált adatokat.

A folyamat végére érve megkapjuk a komplex optimalizált paramétereket, amelyek az elmentett húzási sorozatokhoz tartozó kúpszögek, fokozatonkénti fogyások és teljesítményértékek.

Az algoritmus végül kiszámolja a huzalhőmérsékleteket minden egyes fokozatban, és jelzi, ha túllépi a kenésnek megfelelő felső korlátot.

Ezt az algoritmust egyetlen szoftverben valósítottuk meg, mely három anyagminőségből álló csoportot kezel, és nedves kenést feltételez.

A fokozatonként különböző kúpszögeket is megengedő komplex optimalizáló célfüggvényt megvalósító algoritmus nagyobb bonyolultságú, és ebből fakadóan a számítási igénye is nagyobb. Ha minden esetet végigszámolva keresné az optimumot, akkor a napjainkban elérhető számítási kapacitásával évekig tartana egy optimalizálás. A folyamat lerövidítésének érdekében algoritmuselméleti eszközökhöz folyamodtunk segítségért. A felhasznált algoritmus a Bellman–Ford [3,4] volt, mely egy élsúlyozott, irányított vagy irányítás nélküli, negatív összköltségű irányított kört nem tartalmazó véges gráfon határozza meg minden gráf-csúcsra, egy rögzített kezdőcsúctól vezető legrövidebb utat és annak hosszát.

Első lépésben egy „térkép” készítés zajlik, azaz minden rögzített alakváltozáshoz megkeresi az algoritmus, hogy az azt követő fokozatban mik az optimális szög-fogyás párok, és a hozzájuk tartozó teljesítményigény-növekmények.

Ezek után az algoritmus a térképen lévő kis útszakaszokból (szög-fogyás párokból) megkeresi a legrövidebb utat a kezdő- és a végpont között. A csillagászati nagyságrenddel kifejezhető számossággal rendelkező úthalmazból a Bellman–Ford ötletes algoritmus keresi meg a legrövidebbet (legkisebb teljesítményigényűt), mely keresésnek a számítási ideje nem nagyobb nagyságrendileg a térképké-

szítés gépigényénél. Ezzel a változó szögű komplex optimum számítása összességében 2-3 nagyságrenddel lett csak nagyobb az azonos szögű változathoz képest, így ez az algoritmus már a jelenlegi számítógépes kapacitással is számíthatóvá teszi a célfüggvényt.

### Komplex optimalizáló célfüggvények összehasonlítása

A két optimumot lehető legtöbb paraméterérték esetén vetettük össze, annak eldöntése érdekében, hogy a kis számú idejű azonos szöget kereső eljárás mekkora hibával dolgozik a változó szögű komplex optimalizáláshoz képest. A változó szögű algoritmus tíz hetes futtatásából kapott eredményeit vetettük össze az azonos szögű eljárással.

A komplex optimalizálásokat a már említett három anyagminőség esetén végeztük el: **Al99,5; CuE; C10**. Az egyes optimalizálásokat különböző kezdő húzatlátmérővel indítottuk el: a legnagyobb 20 mm volt, míg a további futtatások esetén 0,6 mm-enként csökkentettük ezt az értéket, egészen 0,2 mm-ig. Egy sorozathúzási folyamat teljes alakváltozása megegyezett az adott anyag hozzávetőleges alakíthatóságának nagyságával. Ekkor hőkezelés ugyan nincs a húzási technológiában, viszont mégis jó összehasonlítást kaphatunk a két komplex optimalizáló célfüggvényről. A kezdő húzatlátmérő változtatásán kívül a húzási sebességet is változtattuk. A húzási végsebesség 1, 4 és 7 m/s volt. Összesen – a sebességek, kezdő húzatlátmérők és anyagminőségek függvényében – 102 technológiai beállítás esetén számoltuk végig a két komplex optimumot. Ezek a paraméterek a húzalgyártásban alkalmazott technológiai értékhalmoz nagy részét lefedik, ezáltal tetszőleges húzási sorozatra jó közelítéssel megadják a komplex optimumok viselkedését.

Az 1. ábrán láthatók a komplex optimumok fokozatokhoz tartozó félkúpszögei. Láthatjuk az ábrán, hogy a változó szögű komplex optimalizálás eredményeképpen minden esetben olyan húzási sorozatot kapunk, amely egy vagy két fokozattal kevesebbet tartalmaz. A húzási sebességtől és a húzatlátmérőtől függetlenül a változó

szögű esetben a fokozatok számának előrehaladtával, így a huzalkeresztmetszet csökkentésével együtt egy csökkenő trendet figyelhetünk meg a félkúpszögekben, bár a változás egyáltalán nem mondható monotonnak.

A szerszámok számának és geometriájának összehasonlítása mellett a legfontosabb a teljes alakításhoz szükséges, sorozathúzó berendezés meghajtása által felvett teljesítmény nagyságának az összevetése.

A két célfüggvény között eltérés számszerűsítésére az [1] cikkben bevezetett (1) abszolút hibánormát használtuk fel, amely inputként azonos indexű helyre az azonos technológiai beállításhoz tartozó komplex optimalizálásokkal kapott teljesítményfelvételeket helyettesíti be.

$$\|x, y\|_1 = \sum_{i=1}^N \frac{|x_i - y_i|}{N * y_i} \quad (1)$$

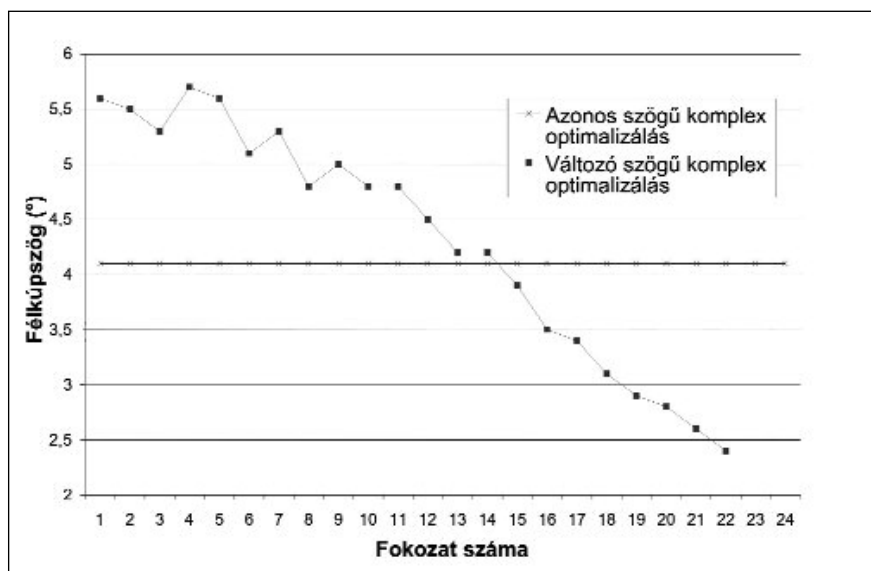
ahol  $x_j$  egy adott kezdő húzatlátmérőhöz, húzási végsebességhez és húzal-anyagminőséghez tartozó azonos szögű optimalizációval kapott teljesítményszükséglet nagysága,

míg  $y_j$  ugyanezen átmérő, sebesség és anyag paraméterek mellett különböző szögű optimalizációval kapott teljesítményszükségletet jelenti. Az  $x$  és  $y$  vektorok az  $x_j$  és  $y_j$  adatokból, mint koordinátaértékekből lettek megkonstruálva. Az  $N$  az átmérő-, sebesség- és anyagparaméterek változtatásával kapott beállítások számát

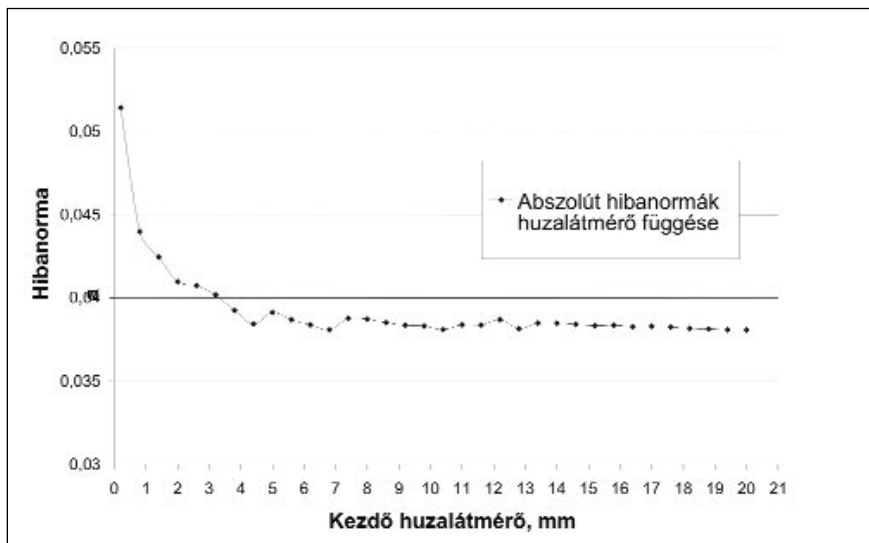
(melyek mindegyikéhez tartozik egy optimalizált teljesítményszükséglet), és az  $x$  és  $y$  vektorok dimenzióját jelöli.

Az  $N=102$  beállításra (mintára) kapott hibánorma  $\|x, y\|_1=0,0396$ . Ez az érték elenyésző, így kijelenthetjük, hogy keresztmetszettől, húzási sebességtől, anyagminőségtől függetlenül az azonos szögű komplex optimalizálás nem okoz jelentős eltérést a teljesítményfelvétel tekintetében a változó szögű komplex optimalizáláshoz képest.

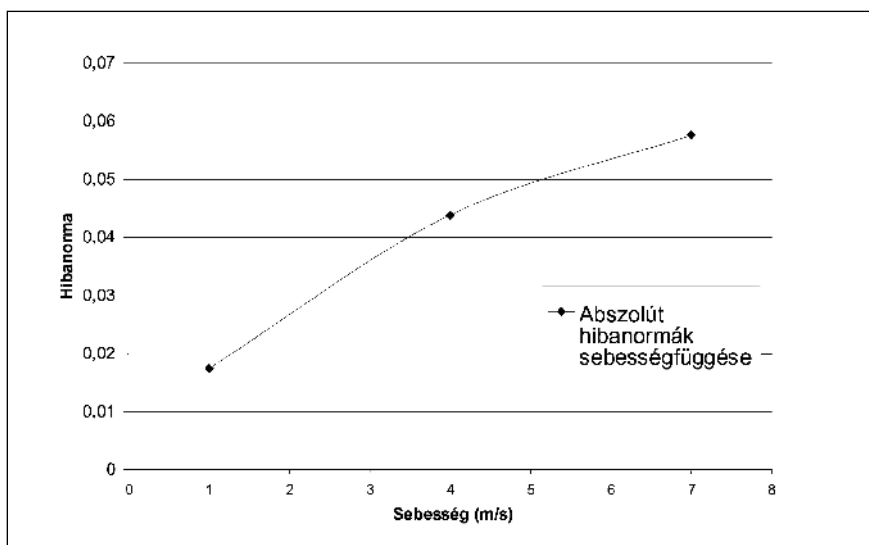
A hibánormák viselkedését a 2., 3. és 4. ábrán részletesebben is megvizsgáltuk a kezdő húzatlátmérő, a húzási végsebesség és az anyagminőség függvényében. Az 2. ábra azt mutatja, hogy 3...4 mm kezdőátmérő felett a teljesítményfelvétel hibánormája konstans jelleggel 0,04 alatt van. Kisebb kezdő húzatlátmérők esetén a hibánorma növekedni kezd. A növekedés meredeksége 1 mm alatt válik jelentőssé, bár még itt a hibánorma értéke 0,045 alatt van. Mint azt a modellalkotással foglalkozó munkákban is láttuk, hajszálhúzás esetén egyes komplex optimalizáló célfüggvénybe installált zárt analitikus összefüggések már nem helytállóak, így 0,5 mm alatti optimalizálás a disszertációban leírt rendszerrel nem javasolt. Viszont az elfogadott tartományban egy kicsiny és konstans eltérést találunk a komplex optimalizációk között, ami indokoltá teszi a rövidebb számí-



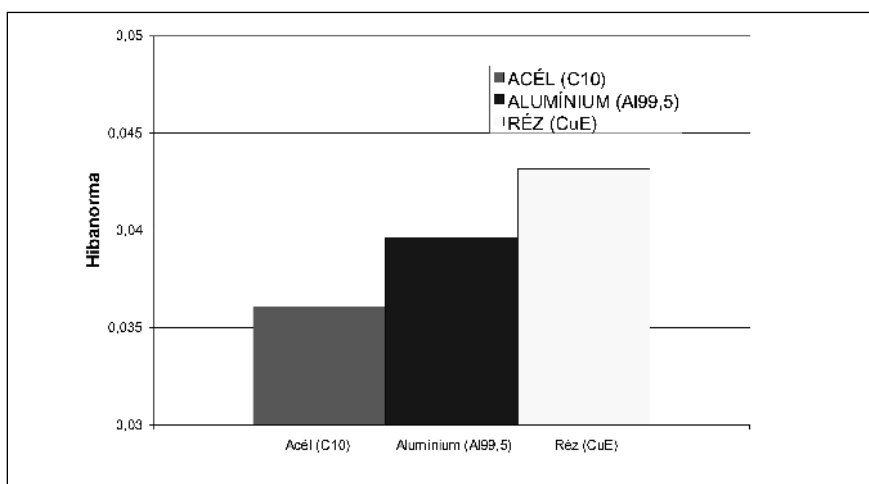
■ 1. ábra. A kúpszögek alakulása a komplex optimalizáló célfüggvények függvényében 20 mm kezdő-, 2,58 mm kész-húzatlátmérő, 7 m/s húzási végsebesség, és Al99,5 anyagminőség esetében



■ 2. ábra. A komplex optimumokhoz tartozó teljesítményfelvételek közötti eltérés abszolút hibanormákkal kifejezve a kezdő huzalátmérő függvényében, az alakíthatóság határáig végezve a húzást minden anyagminőség esetében



■ 3. ábra. A komplex optimumokhoz tartozó teljesítményfelvételek közötti eltérés abszolút hibanormákkal kifejezve a húzási végsebesség függvényében, az alakíthatóság határáig végezve a húzást minden anyagminőség esetében



■ 4. ábra. A komplex optimumokhoz tartozó teljesítményfelvételek közötti eltérés abszolút hibanormákkal kifejezve az anyagminőség függvényében, az alakíthatóság határáig végezve a húzást minden anyagminőség esetében

tási idejű azonos szögű algoritmus használatát technológiatervezés esetén.

A komplex optimumok eltérését a sebesség függvényében vizsgálva (3. ábra) azt látjuk, hogy a hibanorma a húzási végsebességgel együtt növekszik, bár nincs egyenes arányosság köztük, az összefüggés egyenél kisebb kitevőjű hatványfüggvénnyel közelíthető. A függvény viselkedéséből előre jelezhető, hogy 20 m/s esetén sem lépi túl a hibanorma a 0,08...0,1-es sávot.

A három anyagminőség függvényében vizsgálva az eltérést, azt láthatjuk, hogy az anyag keményedési kitevője hatással van a hibanorma értékére. Minél nagyobb keményedéssel reagál az anyag az alakváltozásra, annál nagyobb az eltérés a komplex optimumok teljesítményfelvételei között. Az anyagminőség hatása viszont nem jelentős, a 4. ábrán láthatjuk, hogy a hibanormák legnagyobb különbsége is 0,01 körüli, és a réz esetében is a hibanorma jóval 0,045 alatt van.

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy az eltérés az azonos szögű és a változó szögű komplex optimalizáció eredményei között elenyésző mértékben érzékeny a kezdő átmérőre és az anyagminőségre. Viszont a húzási sebességnek már jelentősebb hatása van a komplex optimumokhoz tartozó hibanormákra. Durva- közép-, és finomhúzógépek esetén 10 m/s végsebességig az azonos szögű komplex optimalizáló célfüggvény eredményét minimális hibával elfogadhatjuk a termékminőség, mennyiség és költség-hatékonyság szempontjából legjobb húzástechnológiai sornak. A hibanorma trendje alapján a nagyobb húzási végsebesség esetén a hatékonyság növelésének érdekében már a változó szögű komplex optimalizáló célfüggvény ajánlható.

## Összefoglalás

Korábbi munkánkban ismertettünk egy sorozat huzalhúzási technológiára vonatkozó azonos szögű komplex optimalizáló célfüggvényt, mely szintén egy ott bemutatott technológiai paramétereket leíró komplex modellen van értelmezve. Ezáltal egy olyan eljárást kaptunk, mellyel a húzási technológiatervezés gyorsan végrehajtható,

számítások segítségével. Ez lehetővé teszi, hogy mérések nélkül olcsóbban és gyorsabban meghatározható legyen az üzem számára előnyös optimális technológia.

A bemutatott célfüggvényt kiterjesztettük úgy, hogy az egyes fokozatokban egymástól függetlenek legyenek a kúpszög értékek.

A komplex optimalizáló eljárások algoritmizálásával megállapítottuk a két célfüggvény számítási ideje közötti különbséget. Azt találtuk, hogy az eltérés a számítási idők között legalább két nagyságrendű, azaz 100-szoros (például néhány perccel szemben egy teljes napos futási idő áll).

A komplex optimalizáló eljárásokat szoftveresen is megvalósítottuk. A szoftveres futtatások eredményeit összevetve megállapítottuk a komplex optimumok közötti eltéréseket, a meghajtás teljesítményigénye és az összes fokozatszám összehasonlításával. Azt kaptuk, hogy az eltérés

abszolút hibanormája 0,04 alatt van, tehát általánosságban jó egyezést mutat a két komplex optimalizálás.

Részletesebb vizsgálatok után arra a következtetésre jutottunk, hogy finom-, közép-, durvahuzalok esetén (átmérő: 0,5...20 mm), 10 m/s végsebesség alatt anyagminőségtől függetlenül a jelentősen rövidebb számítási igénnyel bíró azonos szögű optimalizáló eljárás alkalmas egy ipari technológia tervezés leghatékonyabb megvalósítására. Ezekről eltérő sebesség, illetve átmérő esetén a sorozathúzási technológia tervezéséhez – ha az ipari technológia hatékonyságának további növelése a cél – a változó szögű komplex optimalizálás ajánlott.

#### Köszönetnyilvánítás

A tanulmány/kutatómunka a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-00008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország

Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

#### Irodalomjegyzék

- [1] S. Kovács, V. Mertinger, M. Voith: Development of complex analytical model for optimizing software of wire drawing technology. Materials Science Forum. 729 (2013) 156–161.
- [2] S. Kovács, V. Mertinger: Development of a complex optimizing model of wire drawing technology. Materials Science Forum. Közlésre elfogadva.
- [3] Richard Bellman: On a routing problem. Quarterly of Applied Mathematics. 16 (1958) 87–90.
- [4] L. R., D. R. Flows in Networks. Princeton University Press, Princeton, 1962.

## Beszámoló a XIII. Fémkohászati Szakmai Napról

Immáron hagyomány, hogy a Fémkohászati Szakosztály a Miskolci Egyetemen minden év novemberében megrendezi a Fémkohász Szakmai Napot, lehetőséget adva ezzel az ifjúságnak és oktatóiknak, hogy az iparból – a fémkohászat minden területéről – jelen lévő szakemberekkel találkozhassanak, ismerkedjenek, eszmét cseréljenek. A szakmai együttműködésen túl pedig a bányász-kohász hagyományok együttes ápolására is kiválóan adott a lehetőség. Korábban a szakosztályvezetés szervező munkáját csak a Fémkohászati Tanszék segítette. Ma már az Egyetemi Osztály vezetősége is sajátjának tekinti a rendezvényt. A munkamegosztásban a szakosztály feladata a konferencia tematikájának megtervezése, ennek ismeretében az előadók felkérése, és nem utolsósorban szponzorok segítségével az anyagi háttér biztosítása a Fémkohászati Tanszék által kezelt Born Ignác Alapítványon keresztül. Az egyetemiek feladata az ünnepi koncert szervezése, továbbá a támogatók közül az infrastruktúráról, a szakestélyi kupáról, a belevalóról és egyéb

kulináris élményekről való gondoskodás. Illetve feltétlen megemlítenéd – és immáron ez is hagyomány – hogy a konferencia programjához minden évben legyen egy előadás doktorandusztól vagy végzős egyetemi hallgatótól.

2012-ben november 16-án tartottuk a rendezvényt, a szokásos helyén, a volt műhelycsarnokban kialakított XXXIV. sz. előadóteremben. A konferenciát a házigazda, dr. Török Tamás professzor nyitotta meg. Üdvözlő szavait követően a konferencia „örökös” levezető elnöke, Balázs Tamás – programon kívül – elsősorban az egyetemi ifjúság tájékoztatására áttekintette az elmúlt év jelentősebb OMBKE rendezvényeit (1. kép). A konferencián hat előadás hangzott el, közben a szünetben – ugyancsak



■ 1. kép. A házigazda és a levezető elnök

programon kívül – dr. Harcsik Béla lehetőséget kapott az egyetem most felújított kísérleti indukciós olvasztókemencéjének bemutatására rövid előadás keretében, majd a szomszédos laborban is.

A program szerint sorrendben az alábbi előadások hangzottak el:

1. Dr. Lukács Sándor (ABM Kupral Kft.): Réz és rézötvözetű fél-

kész termékek az ABM Kupral Kft.-nél  
2. *Dr. Fegyverneki György* (Nemak Győr Kft.): Korszerű öntészeti technológiák a járműipar szolgálatában, avagy járműipari kihívások a XXI. században

3. *Takács Katalin* (Metalloglobus Fémöntő Kft.): Perspektívák a hazai forrasztástechnológiában (az előadást a szerző betegsége miatt *dr. Barkóczy Péter* tartotta meg)

4. *Németh Tamás* (Inotal Zrt.): Inota és az alumínium 1952–2012 – „a múlt már 60 év, jelenleg a jövőért dolgozunk”

5. *Paulusz Ferenc* (Denso Gyártó Magyarország Kft.): „Minőség és Biztonság” – a Denso Gyártó Magyarország Kft. bemutatkozása

6. *Szabó Gábor* (Miskolci Egyetem): Jellegzetes kötési hibák bemutatása meleghengerezéssel plattírozott alumíniumlemezek előállításakor.

A témájában is változatos előadások a mintegy 80 fős hallgatóság körében élénk érdeklődést váltottak ki (2. kép). Mind a Nemak, mind az Inotal izgalmas fejlesztési beszámolója mellett ki kell emelni a Denso bemutatkozását. Az eddig „rejtőzködő” cégnél a szakosztályvezetésnek sikerült végre olyan kapcsolatot találni, hogy színre lépjenek. Talán rájött a Denso vezetése, hogy az egyetem a legautentikusabb hely az adott mértékű információkibocsátás hasznosulásának. Elkötelezettségünk ellenére az idei évben először maradt ki a programból a másodlagos fémfeldolgozás témaköre, de a következő szakmai napra már ezt is biztosítottuk. A sikeres konferencia a levezető elnök szakmai összefoglalójával zárult.

Ezt követően a konferenciával szomszédos kis aulában az egyetem Bartók Béla Zeneművészeti Intézeté-



■ 2. kép. Az előadások hallgatósága

nek növendékeiből alakult fúvósötös könnyítette meg az átállást a tudomány világából a baráti és hagyományápoló programok felé. Rövid félórán belül aligha lehet szélesebb repertoárt produkálni, mint ezt a fiatalok tették a klasszikusoktól indulva, a jazzen át eljutva a legnépszerűbb musicaldallamokig.

E sikeres koncerttel egyben megkezdődött az „Egyetemiek és az ipariak baráti találkozója” címen meghirdetett fogadás. Pohárköszöntőt az Egyetemi Osztály elnöke, *dr. Havasi István* mondott. (Ez volt fémkohász szakmai napon az első bányász pohárköszöntő.) Őszinte odaadással beszélt a rendezvény szakmai programjáról, kiemelve, hogy a hétköznapiak igen fontos ismereteit adja át, az iparszerkezet átalakulásáról, új cégekről és technológiákról, mindarról, amit nem az egyetemi padosorok között lehet megtudni. Kiemelte, hogy még nem vett részt hasonló rendezvényen, de ezt egyesületi vonatkozásban is példaértékűnek tartja.

A pezsgős koccintást vacsora követte. Majd a baráti beszélgetések közti kupakiosztás után az időközben 100 főre növekedett létszámmal indult a szakestély. A főbb tisztségviselőket, élükön *Csurgó Lajossal*, ezúttal is a székesfehérvári helyi szervezet adta, a szünetet követően átadva az egyetemi fiatalságnak. Hisz ez volt a célunk, és ezután is ez marad!

Végül hadd álljon itt azoknak a cégeknek a sora, akik anyagi támogatásukkal segítettek a program magabiztos bonyolítását. Az előadó cégek közül köszönet az ABM Kupralnak, a Nemaknak, az Inotalnak és a Metalloglobus Fémöntő Kft.-nek. Nagy örömeinkre szolgált a Magyar Öntészeti Szövetség és a társ szakosztály, az öntészek együttes támogatása. Legvégül, de nem utolsósorban az „örökös támogatóink” névsora: Copper Met Kft., Globmetal Kft., HWH Metals Kft., Metalex 2001 Kft. és a Schmelzmetall Kft.

*Hajnal J.*

## Felhívás a személyi jövedelemadó egy százalékának felajánlására

Az OMBKE választmánya köszöni mindazok támogatását, akik az elmúlt évben személyi jövedelemadójuk 1%-a kedvezményezettjének egyesületünket jelölték meg. Kérjük, hogy ez évben is ajánlják fel adójuk 1%-át az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület javára.

A kedvezményezett adószáma: **19815912-2-41**

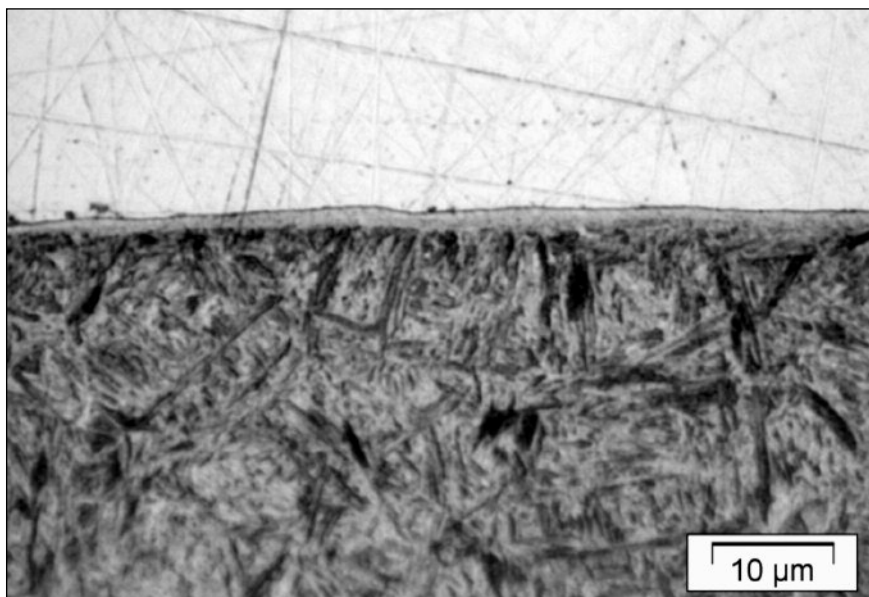
Támogatásukat előre is köszönjük!

**Az OMBKE választmánya**

KUNDRÁK JÁNOS – GYÁNI KÁROLY – PÁLMAI ZOLTÁN

## A felszíni réteg vizsgálata keménysztergált belső hengeres felületeken

Az egyre szélesebb körben alkalmazott keménysztergálásnál esetenként a megmunkált felületen ún. fehér réteg alakul ki, amely többnyire káros. 20MnCr5 jelű (MSZ 1.7147) betétben edzett fogaskerekek belső hengeres felületén a fehér réteg kialakulását különböző forgácsolástechnológiai változatoknál tanulmányoztuk. Az ezektől függően különböző vastagságúnak talált fehér réteg képelemzős és röntgendiffrakciós vizsgálatai alapján megállapítottuk, hogy ez a fehér réteg főleg martenzit, amely mellett 5...25% maradék ausztenit található.



■ 1. ábra. Fehér réteg az edzett munkadarab keménysztergált felületén (No. 108).

### 1. Bevezetés

Az alkatrészgyártásban a legutóbbi egy-két évtized egyik fontos fejlődési tendenciája az edzett acélok megmunkálásának, az ún. keményforgácsolásnak a mind szélesebb körű térhódítása. A korábban köszörlött alkatrészek felületén már régen kimutattak egy speciális kemény réteget, amely a metallográfiai vizsgálatoknál szokásos maratásnak ellenállt, a képeken fehér maradt. Innen szár-

mazik a neve is: fehér réteg, betűszóval WEA (White Etching Area) [1, 2], amely esztergált kemény felületeken is megfigyelhető (1. ábra).

A fehér réteg létrejötte sajátos folyamat eredménye. Ez abban áll, hogy egy adott időpontban nem a munkadarab teljes tömege, hanem annak csak egy igen kicsiny, kb. gombostűfejnyi része hevül fel ausztenites állapotra, majd gyorsan

visszahül az eredeti hőmérsékletre. A folyamat rendkívül gyors, a melegedés sebessége  $10^6$  °C/s, a hűlés sebessége  $10^4$ - $10^5$  °C/s nagyságrendű, amely martenzites átalakuláshoz vezethet [3]. Ez a rövid idejű és akadályozott folyamat aztán a  $v_c$  forgácsolósebesség nagyságrendjével ( $v_c = 100...200$  m/min) mozgó hősökként a teljes munkadarab felületét bejárja.

**Kundrák János** okleveles gépészmérnök, egyetemi tanár, a műszaki tudomány doktora. 1973-ban végzett az NME Gépészmérnöki Karán a gépgyártástechnológiai szakon. 1973-tól az NME Gépgyártástechnológiai Tanszékén tudományos ösztöndíjas gyakornok, 1975-től tanársegéd. 1980-tól egyetemi adjunktus. Egyetemi docenssé 1980-ban, egyetemi tanárrá 1999-ben nevezték ki. 2007-től a Gépgyártástechnológiai Tanszék vezetője. A Gépészmérnöki és Informatikai Kar Habilitációs Bizottságának és Doktori Tanácsának tagja. A Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskola alapító (törzs) tagja. Publikációs tevékenységének adatai megtalálhatóak a MTMT adattárban. **Gyáni Károly** 1952-ben szerzett gépészmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen. Pályafutását a Budapesti Szerszámgépgyárban kezdte, majd a miskolci Nehézipari

Műszaki Egyetemre került. Itt a Gépgyártástechnológiai Tanszéken dolgozott 1992-ben bekövetkezett nyugdíjazásáig. Egyetemi doktori oklevelet 1975-ben szerzett, ugyanezen évben docensi kinevezést kapott. Egyetemi oktató munkája mellett tudományos tevékenységét számos szakcikk, szakkönyv, tudományos előadás, hazai és külföldi konferenciákon való rendszeres részvétel fémjelzi. Tudományos kutatómunkáját 1992 után folytatta. Figyelemreméltó eredményeket ért el az abrazív megmunkálások kutatása és az edzett anyagok forgácsolása terén. Munkatársaival társszerzésben folyamatosan jelennek meg cikkei külföldi és hazai folyóiratokban.

**Dr. Pálmai Zoltán** okl. gépészmérnök, okl. hegesztő szakmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa és egyetemi doktor. Részletes szakmai életrajzát 2010/5. számunkban közzöltük.

A drasztikus termomechanikai folyamat hatására kialakuló fehér réteg inkább káros, mint hasznos, ezért intenzív kutatás folyik a fehér réteg keletkezési feltételeinek, sajátosságainak megismerésére [4, 5, 6]. Egy másik beszámolómban bemutattuk azokat a vizsgálatainkat [7], amelyek szerint – a szakirodalommal egyezően [4] – a fehér réteg kialakulására akkor kell számítani, ha a forgácsolószerszám ún. életterhelése (W/mm) meghaladja a 150 W/mm értéket. Azt tapasztaltuk, hogy edzett acél keményforgácsolása esetén ez az életterhelés szoros kapcsolatban áll a megmunkálás technológiai paramétereivel, és a

$$P'_{\alpha} \cong 1,06 \frac{v^{1,3} f^{0,31} a_p^{0,59}}{l_c}, \quad (1)$$

empirikus képlettel számítható, ahol  $v$  (m/min) a forgácsolósebesség,  $f$  (mm/ford) az előtolás,  $a_p$  (mm) a fogásmélység és  $l_c$  (mm) a forgácsoló él hosszúsága. Ebben a kutatási jelentésben arról a munkánkról számolunk be, amelynek célja a fehér réteg képződési mechanizmusának fizikai metallurgiai tanulmányozása volt.

## 2. Kísérleti feltételek

Edzett,  $d_w = 48$  mm furatátmérőjű fogaskerek belső hengeres felületét forgácsoltuk az 1. táblázatban összefoglalt technológiai adatokkal.

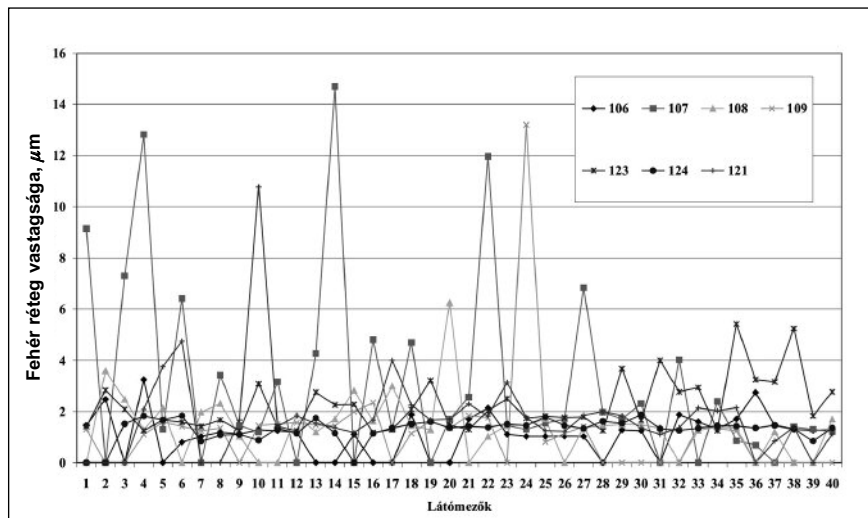
A szerszám gép EEN 400 eszterga ( $P = 11$  kW), a szerszám PCBN CNGA 120408 7020 bevonatos volt  $\gamma_n = -6^\circ$ ,  $\alpha_n = 6^\circ$ ,  $\kappa_r = 95^\circ$ ,  $\varepsilon_r = 80^\circ$ ,  $r_\varepsilon = 0,8$  mm; fazetta:  $0,1 \times (-20^\circ)$  élgeometriával.

A kísérleti fogaskerek anyaga

1. táblázat. A keményesztergálás forgácsolási adatai a szerkezetvizsgálatokhoz ( $v_c = 120$  m/min)

Próbadarab jele	Előtolás $f$ mm/ford	Fogásmélység $a_p$ mm	Életterhelés* $P'_{\alpha}$ W/mm
106	0,05	0,2	0,2
107	0,10	0,2	0,2
108	0,15	0,2	0,2
109	0,20	0,2	0,2
121	0,10	0,1	0,1
123	0,10	0,3	0,3
124	0,10	0,4	0,4

\*Forgácsolási erőmérésekből meghatározva



2. ábra. A fehér réteg vastagságának ingadozása a hét próbadarabon

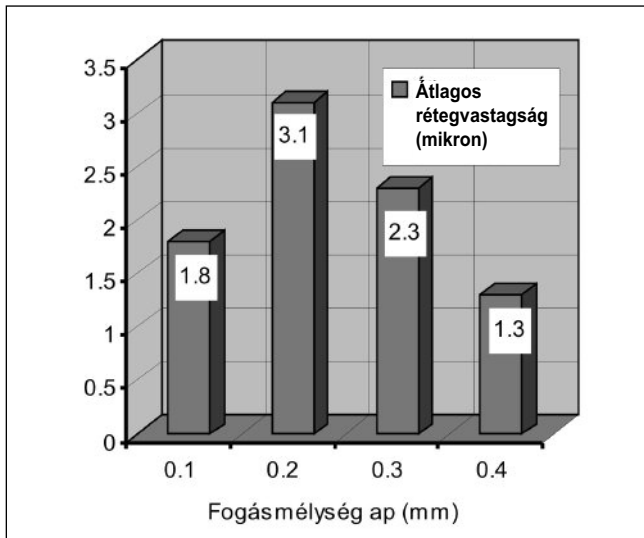
DIN szabvány szerinti 20MnCr5 (MSZ 1.7147) betétben edzhető ötvözött acél, fő ötvözői: 0,2% C, 1,2% Mn és 1,2% Cr. A 900...950 °C-on végzett cementáláskor a felszíni réteg előírás szerint 0,6 mm mélyen karbonban 0,5...0,6%-ra dúsul fel, de elérheti a 0,9...1,0%-ot is. Edzés és megeresztés után a keménység 59...63 HRC. Egy másik munkánkban részletesen beszámoltunk a kísérletek részleteiről is [8].

## 3. A fehér réteg képelemzős vizsgálata

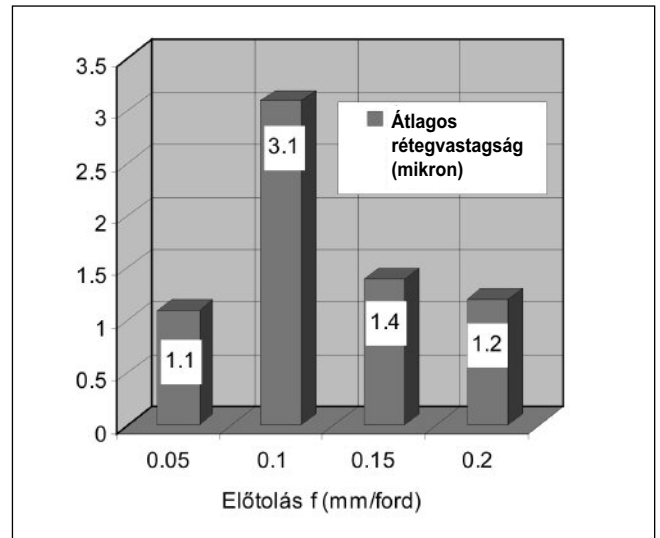
A fehér réteg vastagságának meghatározását az 1. táblázatban szereplő próbadarabokkal a Quantimet 500 Image Workstation típusú berendezéssel és a Leica képelemző szoftverrel végeztük. Valamennyi darab hosszát 40 látómezőre osztottuk, és mindegyikben megmértük a réteg vastagságát. Találtunk olyan látómezőt is, ahol nem volt réteg. A 2. ábrán, amely a különböző jelölésű próbadarabokon elvégzett mérések eredményeit mutatja, látható, hogy egyes helyeken nincs réteg, más helyeken pedig elég vastag. Valamennyi darabon változó, és egy kivétellel (123 sz.) úgynevezett megszakitásos típusú a fehér réteg. Ennek többféle oka lehet: a ráhagyás nem egyenletes, miáltal a megmunkálásnál az  $a_p$  fogásmélység változó; amint a forgácsolóerő változhat, amely az anyag inhomogenitásra vagy rezgésekre vezethető vissza, a szerszám gép főorsója üt; stick-slip van a szánvezetékeken stb. A továbbiakban meghatároztuk a fehér réteg 40 mérésből számított átlagos vastagságát, amely szemléletesebb áttekintést nyújt (3. és 4. ábra). A fehér réteg 2. ábrán látható egyenetlenségének az a következménye, hogy a rétegvastagság mért értékeinek nagy a szórása (5. és 6. ábra).

Ezek az ábrák megfigyelhető, hogy a forgácsolás technológiája lényegesen befolyásolja a rétegvastagságot és annak relatív szórását. A fogásmélység függvényében a fehér réteg vastagsága maximumot mutat (3. ábra). A kisebb fogásmélységeknél a rétegvastagság növekszik, de ekkor a relatív szórás igen magas, megközelíti a 120%-ot is (5. ábra). Ezzel szemben nagyobb (0,4 mm) fogásmélységnél a rétegvastagság csökkenő tendenciát mutat, kevésbé ingadozik, és a relatív szórása 30%-ra csökken.

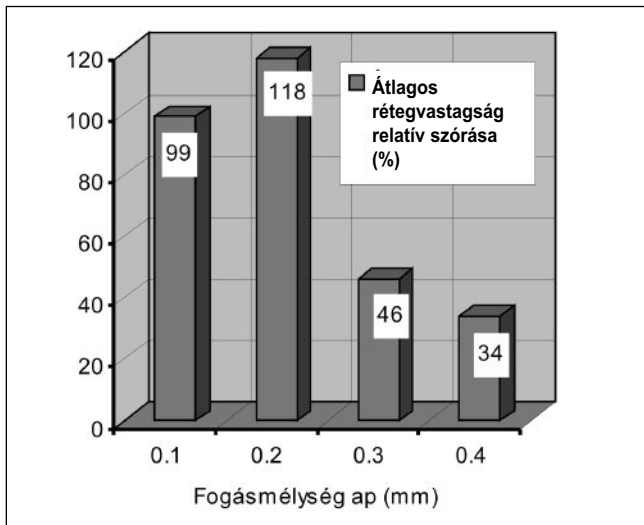
Az előtolás mértékének növekedé-



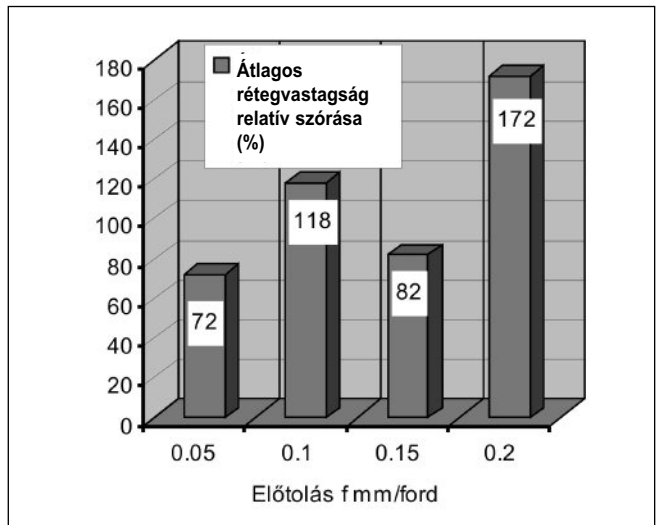
3. ábra. A fehér réteg átlagos vastagsága 40 mérésből ( $f = 0,1$  mm/ford.)



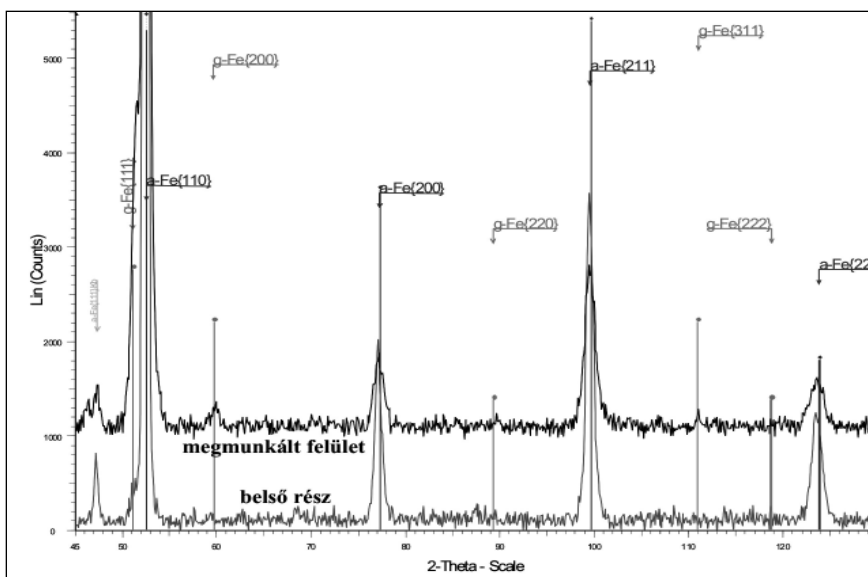
4. ábra. A fehér réteg átlagos vastagsága 40 mérésből ( $a_p = 0,2$  mm)



5. ábra. A fehér réteg vastagságának relatív szórása ( $f = 0,1$  mm/ford.)



6. ábra. A fehér réteg vastagságának relatív szórása ( $a_p = 0,2$  mm)

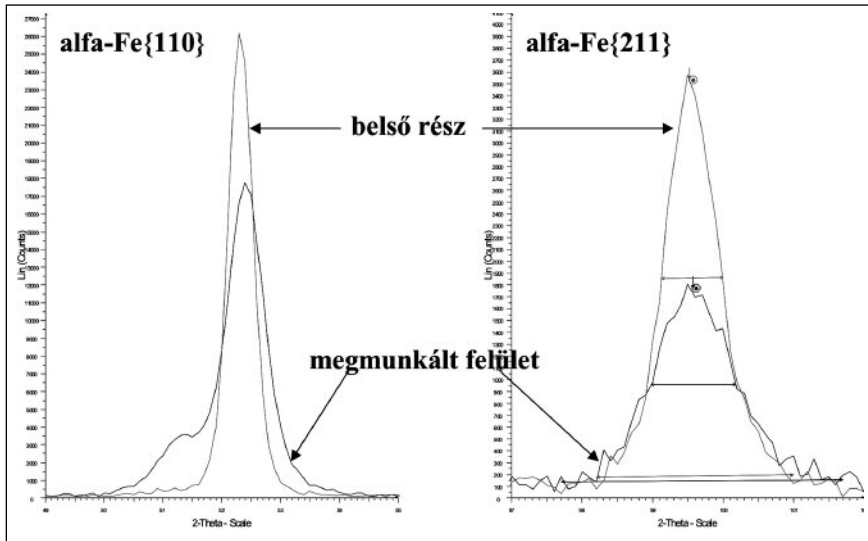


7. ábra. A 107 jelű próbadarabon felvett diffraktogramok

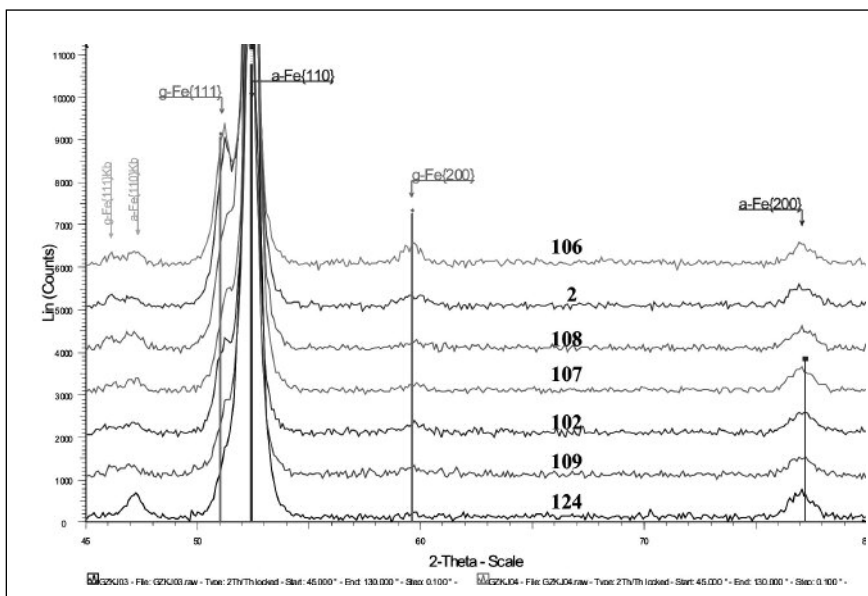
sével a rétegvastagság változása hasonló jellegű: míg a kisebb előtolásnál növekvő, addig a nagyobb előtolásnál csökkenő tendencia tapasztalható. Mindezek mellett az előtolás mértékének növelése a rétegvastagság relatív szórásának jelentős emelkedésével jár: a kezdeti 72%-ról közel 180%-ra emelkedett. Összegzőként tapasztalataink úgy foglalhatók össze, hogy a rétegvastagság relatív szórását a fogásmélység növelése csökkenti, míg a nagyobb előtolás inkább növeli.

#### 4. A fehér réteg röntgendiffrakciós vizsgálata

A vizsgálatokat D8 ADVANCE (BRUKER AXS) röntgendiffrakciós beren-



8. ábra. A 107 jelű próbadarabon mért {110} és {211} reflexiók



9. ábra. Diffraktogramok növekvő maradék ausztenit szerint

dezéssel végeztük. A mérések paraméterei a következők voltak: alkalmazott sugár  $\text{CoK}\alpha$ ,  $\lambda = 0,179024$  nm. Tekintettel arra, hogy kevés csúcs volt várható, és ezek elkülönítése nem okozhatott gondot, a nagyobb intenzitás érdekében nem alkalmaztunk monokromatizálást. A gyorsító feszültség: 40 kV, elektronáram 40 mA, rések: primer oldal:  $\varnothing$  1 nm-es Monocap, szekunder oldal: 1 mm-es antiscatterring 0,2 mm-es detektor blende, mért szögintervallum:  $2\theta = 45 \dots 130^\circ$ ; lépésköz:  $\Delta(2\theta) = 0,1^\circ$ ; gyújtási idő: 60 s.

A vizsgálatok célja a fehér réteg szövetszerkezetének, ezen belül a maradék ausztenit mennyiségének megállapítása, és a ferrit (martenzit) reflexiók szélesedésének mérése

révén a martenzit torzulásának meghatározása volt.

A méréseket összehasonlítóképpen a felületen, illetve a felülettől távolabb, az alapanyag belsejében is elvégeztük. A megmunkált réteg vizsgálatát az 1. táblázatban összefoglalt mind a hét mintadarabon elvégeztük, a kiinduló, a felületen nem megmunkált anyagra jellemző paramétereket a 107 jelű minta keresztirányú csiszolatán, a felülettől kb. 8 mm távolságra végzett méréssel állapítottuk meg.

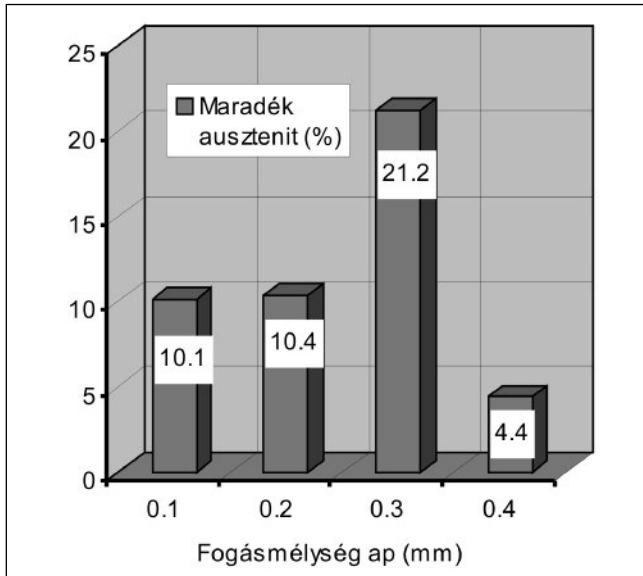
Példaként a 107 jelű mintán felvett diffraktogramokat a 7. ábrán mutatjuk be, amelyen bejelöltük az  $\alpha$  (ferrit) és a  $\gamma$  (ausztenit) fázis kristálytani síkjainak megfelelő diffrakciós csúcsok szöghelyzeit.

A diffrakciós mérésekből a következők olvashatók le:

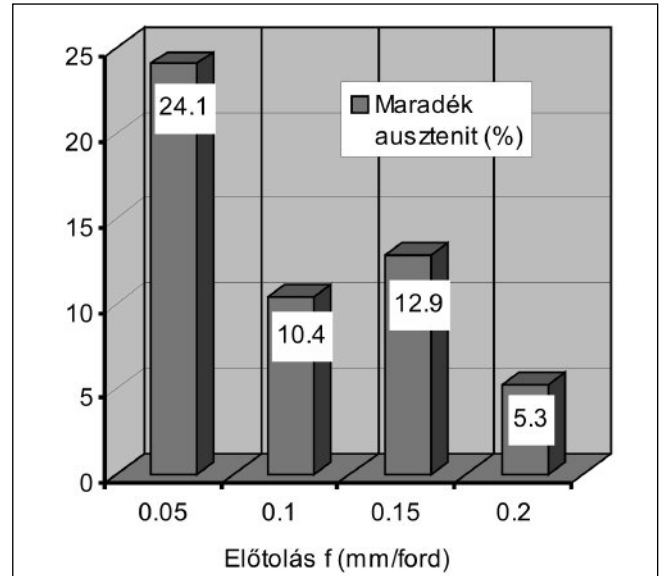
- A megmunkált felület tartalmaz ausztenit fázist is, amelynek mennyisége az  $\alpha\text{-Fe}\{200\}$  és  $\gamma\text{-Fe}\{200\}$  csúcsok intenzitásának meghatározása után számítási eljárással megadható. Ezt a számítást elvégeztük, amely szerint az ausztenit térfogata a 107. sz. mintán 10,4%.
- A megmunkált felület ferrit fázisának csúcsai rendre kisebb maximumokkal és nagyobb szélességgel rendelkeznek, mint a belső anyagrézben mértek. Ez az eredeti diffraktogramokon is látszik, de a jobb szemléltetés céljából a két nagyobb intenzitású reflexiót [ $\{110\}$  és  $\{211\}$ ] mindkét hely görbéjével a 8. ábrán egymás mellett ábrázoltuk. Megállapítható, hogy az  $\alpha\text{-Fe}\{110\}$  csúcs erősen átlapolódik a  $\gamma\text{-Fe}\{111\}$  csúccsal, ezért a szélesség számszerű megállapítása értelmetlen, de az  $\alpha\text{-Fe}\{211\}$  csúcs különálló, és módot ad a félérték szélesség (a 8. ábrán jelölve), valamint az úgynevezett integrál szélesség meghatározására. Ez utóbbi pontosabban fejezi ki a csúcsreflexió torzultságát.

A 107 jelű mintán elvégzett mérések, és az eredmény kiértékelése, a módszer kipróbálása után a további minták megmunkált felületén is megtörténtek a mérések. A darabok belsejét nem mértük újra, feltételeztük, hogy minden darab magja homogén. A felvett diffraktogramokat a 9. ábra mutatja. A jobb szemléletesség miatt csak az erősebb ausztenit reflexiók ( $\{111\}$  és  $\{200\}$ ) kisebb szögintervalluma van feltüntetve. Az ábrán a görbék alulról a növekvő maradék ausztenittartalom szerint helyezkednek el.

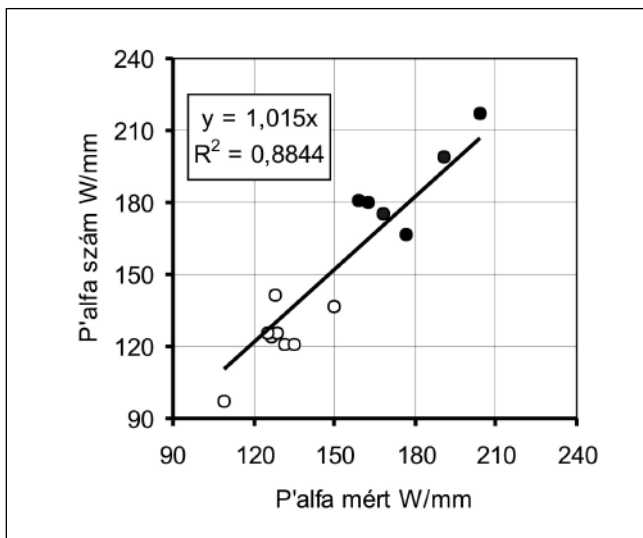
A röntgendiffrakciós vizsgálatok kimutatták, hogy a betétedezett 20MnCr5 acélon képződött fehér réteg martenzit, amely 5...25% maradék ausztenit tartalmaz, és ez összhangban van a szakirodalomban közölt megállapításokkal [5, 9]. A röntgendiffrakciós vizsgálatokkal párhuzamosan tanulmányoztuk azt is, hogy a forgácsolási paraméterek hogyan befolyásolják a fehér réteg és környezetének szerkezetét, a maradék ausztenit mennyiségét. Az eredményeket a 10. és 11. ábra foglalja össze.



■ 10. ábra. Maradék ausztenit mennyisége a fogásmélység függvényében ( $f = 0,1$  mm/ford.)



■ 11. ábra. Maradék ausztenit mennyisége az előtolás függvényében ( $a_p = 0,2$  mm)



■ 12. ábra. A P'alfa értékek illeszkedése (a telt köröknél van fehér réteg)

## 5. Diszkusszió

A felületi réteg fázisa minden bizonnyal martenzit. Ezt támasztja alá a csúcsok nagyobb torzultsága (szélessége), és a mellette lévő ausztenit fázis jelentős mennyisége. A torzultság a nagy rácshibasűrűség következménye. A torzultság és a maradék ausztenit egyidejű jelenlétét csak az indokolhatja, hogy a felület az ausztenitessé alakulás hőmérsékletéig hevült, majd az ezt körülvevő anyagterefogat hűtő hatására oly gyorsan hűlt, hogy martenzitesen alakult át, és a martenzit mellett ausztenit maradt.

A diffrakciós mérések értékeléséhez meg kell jegyezni, a vékony réte-

gek ilyen módon történő vizsgálata azzal jár, hogy a kapott információ nemcsak a rétegből, hanem az alatta levő rétegből is származik, olyan átlagként, amely a röntgensugár behatolás mélysége által szabályozott. Így a mért maradék ausztenit különböző mennyisége a martenzites réteg mérése helyén lévő fehér réteg vastagságának következménye, és az alatta levő réteg tulajdonságától (edzett kéreg) lehet, és természetesen a legkülső réteg állapotától, azaz valószínűsített tartalmától is függ.

A maradék ausztenit mennyiségének növekedését több tényező okozhatja:

- a fehér réteg vastagságának a növekedése és ezzel a vizsgált térfogatban a fehér réteg térfogatának, és/vagy
- a hevítéskor keletkező ausztenit összetételének a változása, ami adott rétegvastagságnál is módosíthatja a maradék ausztenit-mennyiséget.

Ezek azonban feltételezések, a je-

lenség háttérre vonatkozólag egyelőre nincs egyértelmű fémtani magyarázat.

Eredményeink megítélésénél rá kell mutatni arra, hogy az összetétel tekintetében három vélemény létezik:

- A fehér réteg nem megeresztett (untempered) martenzitből (plusz maradék ausztenitből) áll. A martenzit a megmunkálás alatt ausztenitné vált szövetszerkezetű gyors lehűlés miatt keletkezett. Közepes és nagy karbon tartalom esetében fordul elő [5, 9, 10].
- A fehér réteg főleg (akár 73%-ban is) ausztenitből áll. Eutektoidos vagy hipereutektoidos összetételű fordul elő [4, 11, 12].
- A fehér réteg finomszemcsés (nanométer nagyságrendű) ferriszemcsékből áll. Főleg nagy karbon tartalmú acéloknál tapasztalható [2].

A fentiekkel kapcsolatos célvizsgálatok eredménye az lett, hogy a fehér réteg szövetszerkezete jelentősen függ az acél összetételétől. *Brinksmeier* [13] szerint a hipereutektoidos acéloknál a fehér réteg igen finomszemcsés martenzit ( $\alpha$ -Fe csúcsok), míg a hipereutektoidos acéloknál döntően ausztenit ( $\gamma$ -Fe csúcsok). Később megerősítette ezt *Klocke* is [1]. Esetünkben a 20MnCr5 cementálás utáni C-tartalma minden bizonnyal a hipoeutektoidos tartományba esik, és közel lehet 0,8%-os eutektoidos összetételhez. Ezért jelenik meg a fehér rétegben a martenzit mellett a maradék ausz-

tenit is. A röntgendiffrakciós vizsgálatok eredménye a szakirodalmi közlésekkel összhangban van. Nyitott kérdés azonban, hogy az általunk tapasztalt maradékausztenit-csökkenés miért következik be a fogásmélység vagy az előtolás növekedésével.

A 3–6. ill. 10–11. ábrák összevetésével megállapítható, hogy a maradék ausztenitnek nincs semmilyen kapcsolata sem az átlagos rétegvastagsággal, sem a rétegvastagság relatív szórásával (a Pearson-szám  $R^2 \approx 0$ , ill.  $R^2 = 0,16$ ). Az 1. táblázat adatai és a 10, 11. ábra összevetése alapján pedig az állapítható meg, hogy a szerszám mechanikai életterhelése és a maradék ausztenit mennyisége között sincs érdemleges összefüggés ( $R^2 = 0,41$ ).

Annak ellenére, hogy az életterhelés a fehér réteg keletkezése szempontjából egy lényeges műszaki paraméter, hiszen minden olyan esetben, amikor meghaladja a 150 W/mm értéket, a fehér réteg kialakul (12. ábra) [7]. Mégis, ez a paraméter a keletkező réteg vastagságáról, ill. annak relatív szórásáról semmit nem mond, kapcsolat közöttük egyáltalán nem mutatható ki ( $R^2 \approx 0$ , ill.  $R^2 = 0,35$ ). Ez természetesen lehet annak a következménye is, hogy csak kevés próba vizsgálati eredményével rendelkezünk, és ez alkalmatlan statisztikailag megalapozott megállapítás megtevélére. A nyitott kérdések tisztázására további vizsgálatokat tervezünk.

## 5. Összefoglalás

Különböző forgácsolási technológiával előállított mintadarabokon képződött fehér réteg vastagságát mikroszkópi képelemzős módszerrel, szövetszerkezetét röntgendiffrakciós eljárással vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az martenzitből és maradék ausztenitből áll. A maradékausztenit-tartalom adott  $v_c$  forgácsolósebesség esetében a fogásmélységtől és az előtolástól is függ. A maradék ausztenit a betétedzett 20MnCr5 acél esetében 5...25% között van. A röntgendiffrakciós vizsgálatok eredménye a szakirodalmi közlésekkel összhangban van.

Az itt bemutatott munka jelentőségét abban látjuk, hogy gyarapítottuk

az egyre nagyobb jelentőségre szertevő keménysztergálásnál a fehér rétegre vonatkozó ismereteket, amelyeket a téma fontossága miatt tovább kell bővíteni.

## Köszönetnyilvánítás

A képelemzős és a röntgendiffrakciós vizsgálatokért köszönettel tartozunk a Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítástani és Nanotechnológiai Intézet munkatársainak.

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Irodalom

- [1] Barbacki, A., Kawalec, M., Hamrol, A.: Turning and grinding as a source of microstructural changes in the surface layer of hardened steel. *Journal of Materials Processing Technology* Vol. 133/1-2, 2003, pp. 21–25
- [2] Klocke, F., Brinksmeier, E., Weinert, K.: Capability Profile of Hard Cutting and Grinding Process. *Annals of the CIRP* (2005), Vol. 54/1. pp. 22–45.
- [3] Y. Kevin Chou, Cris J. Evans: White layers and thermal modelling of hard turned surfaces. *Int. Journal of Machine Tools and Manufacture* Vol. 39/12, 1999, pp. 1863–1881.
- [4] Brandt, D.: Randzonenbeeinflussung beim Hartdrehen. Dr. Ing. Dissertation, Institute for Production Engineering and Machine Tools, Universität Hannover, 1995.
- [5] Akcan, S., Shah, S., Moylan, S.P., Chabra, P. N., Chandrasekar, S., Farris, T. N.: Characteristics of white layers formed in steels by machining. *ASME Med. Vol. 10. Manufacturing Science and Engineering*, Nashville TN, 1999, pp. 789–795.
- [6] G. Poulachon, A. Albert, M. Schluraff, I. S. Jawahir: An ex-

perimental investigation of work material microstructure effects on white layer formation in PCBN hard turning, *Int. Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, Vol. 45/2, pp. 211–218.

- [7] Kundrák J., Pálmai Z., Gyáni K.: Fehér réteg technológiai feltételei keménysztergálásnál. *GÉP. LXIII.* (2012) No. 1. pp. 15–18.
- [8] Kundrák, J., Gács, Z., Gyáni, K., Bana, V. and Tomolya, K.: X-ray diffraction investigation of white layer development in hardturned surfaces. *The International Journal of Advances Manufacturing Technology*, 2011. DOI: 10.1007/s00170-011-3811-7.
- [9] Jeffrey, D. T., Shreyes, N. M., Roberta, A. P., Thomas, R. W.: Effect of Cutting-Edge Geometry and Workpiece Hardness on Surface Residual Stresses in Finish Hard Turning of AISI 52100 Steel. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* Vol. 122/4 2000, pp. 642–649.
- [10] Rech, J., Moison, A.: Surface Integrity in Finish Hard Turning of Case Hardened Steels Application to Gear Cone Brakes. *Proc. Of the Int. Conf. On Manufacturing Engineering (ICME) 3-4 Oct, 2002.* Haikidiki, Greece. pp.195–203.
- [11] Tönshoff, H., Wobker, H., Brandt, D.: Eigenspannungen und Randzonenausbildungen beim Hartdrehen. *HTM Härtereitechnische Mitteilungen*, Band 50 (1995) Heft 3, pp. 176–181
- [12] Y. B. Guo, A. W. Warren, F. Hashimoto: The basic relationships between residual stress, white layer, and fatigue life of hard turned and ground surfaces in rolling contact, *CIRP Journal of manufacturing Science and Technology*, 2010, Vol. 2/2, pp. 129–134.
- [13] Brinksmeier, E., Brockhoff, T.: White Layers in Machining Steels. 2. *Int. Conf. On High Speed Machining*, PTW TV, Darmstadt, 1999, pp. 7–13.

# Fázisátalakulások során végbemenő csíráképződés dinamikájának szimulációja sejtautomata módszerrel

**A diffusion limitid aggregation (DLA) sejtautomatával hatékonyan tanulmányozható a dendrites növekedés dinamikája. Az automata problémája, hogy a hosszútávú diffúziót mint jelenséget nem adja vissza kellően, és a növekedés csíráinak a kiválasztása sem adja vissza a csíráképződés dinamikáját. Cikkünkben egy olyan automatát mutatunk be, amelyik megfelelően leírja az említett jelenségeket. Ehhez egy random walk alapú automatát egészítettünk ki olyan szomszédsági relációkkal, amik képesek a részecskéket csírává rendezni.**

## Bevezetés

A sejtautomata módszer anyagtudományi alkalmazásaiban a vizsgált térrészt egymással teljesen azonos térelemekre osztjuk. A térelemeket nevezzük sejteknek, a sejtek által felépített teret univerzumnak. A sejtek viselkedését az állapotuk határozza meg. Az állapotokat diszkrét, előre definiált halmazból választjuk ki. Az automata működése során szabályok alkalmazásával változtatja az univerzumot. A szabályok a sejt új állapotát az eredeti állapotból és az előre definiált szomszéai állapotából határozzák meg. Számos szomszédság alkalmazható [1]. A szabályok alkalmazása meghatározza az automata működését. Ha sejtről sejtre szisztematikusan alkalmazza az automata a szabályokat, akkor szinkron működésű automatáról beszélünk. Amikor az összes sejtre alkalmazta az automata a szabályokat, akkor egy számítási lépés eltelik, ami az időmérés alapja a sejtautomata működésében.

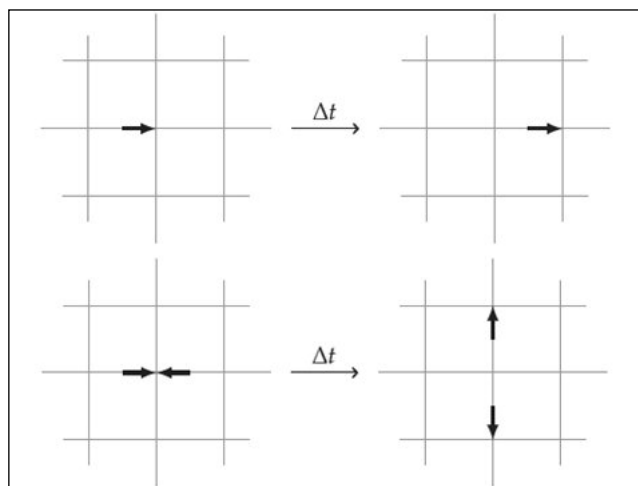
A sejtautomata a fázisátalakulások szimulációjának hatékony eszköze [2]. Legelterjedtebben szemcse- és

fázishatár-mozgás szimulációjára alkalmazzák lokális szabályrendszerre és diszkrét állapotai okán [3]. Emellett már a sejtautomata szimulációkban történő alkalmazása első időszakától hosszútávú diffúziós folyamatok szimulációjában is alkalmazzák [4].

A hosszútávú diffúzió jelensége nehezen megfogalmazható a sejtautomata eljárásban, mivel a mozgás csak úgy valósítható meg, hogy az univerzumban lévő sejtek állapota változik a mozgásnak megfelelően. Ez a lokális működés miatt nehezen megvalósítható. Erre ad egy lehetőséget a Margolus-szomszédság alkalmazásán alapuló HPP-automata [2]. Ebben az automatában azonos tömegű anyagi részecskék mozognak a rács által meghatározott irányban. Két szabály működik, a translációs szabály és az ütközési szabály (1. ábra). Margolus

és Toffoli ad erre egy hatékony megoldást [1], ami nem teljesen a fémes rácsban bekövetkező diffúziót írja le, inkább a gázokban vagy folyadékokban megfigyelhető atomi dinamika fedezhető fel benne. Áramlások nem számíthatók vele, mert nem mutatja a Navier–Stokes-egyenlet tulajdonságait, arra az FHP-automaták alkalmasak [2]. A 2. ábrán a HPP-automata működésére mutatunk példát, ahol zavarokat keltünk az áramlásban a részecskék sűrűségének lokális megnövelésével.

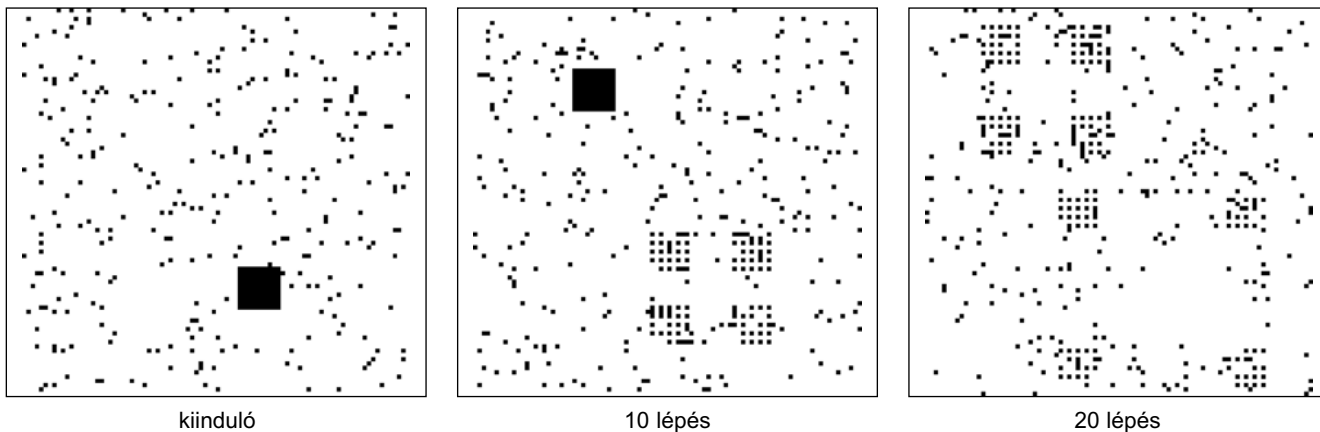
Az anyagtudományban új, de hatékonyan alkalmazható megoldás a *diffusion limited aggregation* (DLA) modell. Ebben a modellben egy konvergenciapontot helyezünk el az univerzumban, amihez ha hozzáér egy mozgó részecske, a mozgása megáll. A 3. ábrán látható, hogy a konvergenciapontból növekedés indul meg, amely dendrites jellegű mutat, akár csak a fém leválása elektrolízis közben [2], vagy a közetben növekvő dendrit. Ezek a jelenségek ezzel a nagyon egyszerű modellel vizsgálhatók.



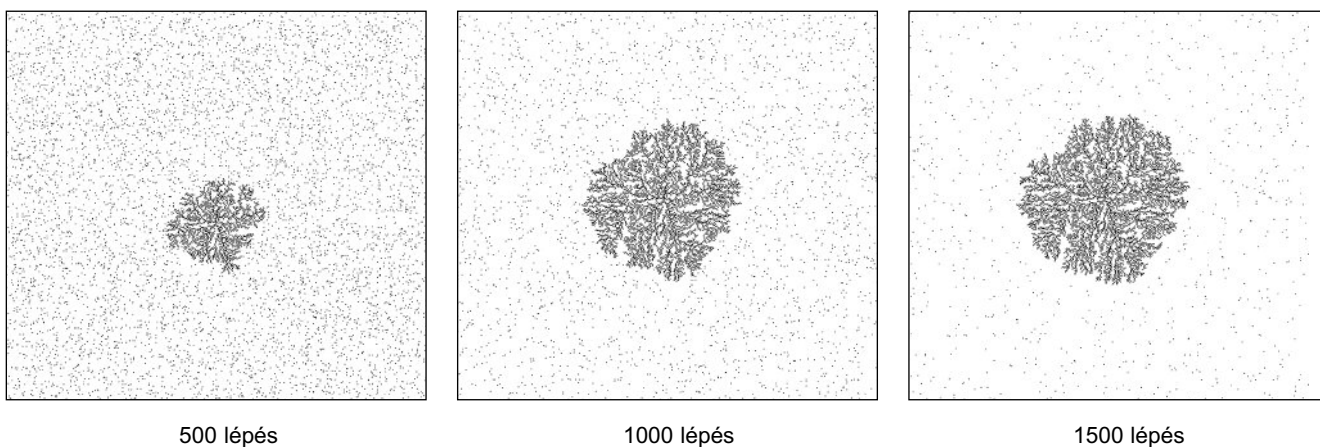
**1. ábra.** A translációs és az ütközési szabály a HPP-modellben. Azonos tömegű részecskék mozognak a nyilakkal jelzett irányokban  $1 \text{ sejt}/\Delta t$  sebességgel. Ütközéskor tökéletesen rugalmas ütközést feltételezünk, ahol a részecskék sebessége nem változik

**Dr. Barkóczy Péter** és **Gyöngyösi Szilvia** életrajzát a 2012/2. számunkban közzöltük.

**Dr. Geiger János** matematika – ábrázoló geometria szakos tanár, az MTA–ME Anyagtudományi Kutatócsoportban dolgozik tudományos főmunkatársként, valamint az ME Ábrázoló Geometriai Tanszékén nyugdíjasként. PhD-fokozatát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán szerezte. Fő kutatási területe a fázisátalakulások számítógépi szimulációja.



■ **2. ábra.** A HPP-automata működése. A részecskemozgások jobb szemléltetése miatt minden számítási lépésben, véletlenszerű helyeken, részecske-sűrűségeket hoztunk létre az univerzumban. Mint látható, a sűrűsödések lökéshullámokat okoznak a részecskék mozgásában



■ **3. ábra.** A DLA-automata működése. Az univerzum közepére egy konvergenciapontot helyeztünk el. Ebből a középpontból kiindulva növekszik a dendrites jellegű alakzat

A HPP-automatából többféle módon igyekeztek megoldani a *random walk* dinamikát, így alkalmassá téve a sejtautomatát a fémes rácsban végbemenő diffúzió szimulációjára [2]. Kiegészítve ezt a DLA-módszerben bemutatottakkal, kristályosodási, kiválási folyamatok vizsgálatára is alkalmassá válik a sejtautomata [5]. Ezekben az automatákban azonban különböző módszerekkel próbálnak kialakítani konvergenciapontokat. A leggyakoribb megoldások a csíráképződés termikus aktiválását figyelembe vevő, Monte Carlo-eljáráson alapuló módszerek.

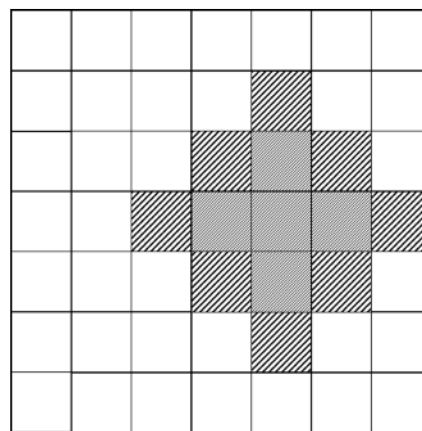
A sejtautomata anyagtudományi alkalmazásait tanulmányozva kidolgoztuk azt a diffúzió szimulációján alapuló automatát, amelyben a konvergenciapontok maguktól alakulnak ki, a csíráképződés folyamatával kapcsolatos ismereteink szerint.

Csíráképződéskor a csírá alkotó atomoknak a csíra helyére kell diffun-

dálniuk. Az ott lévő atomok a folyamat hajtóereje által hajtva, dinamikus folyamatban építik fel az embriót. Ha a csíráképződéskor felszabaduló energia elegendő a kialakuló fázishatár energiájának fedezéséhez, akkor az atomok együtt maradnak, és az embriót inentől csírának nevezzük. Ellenkező esetben az atomok által épített embrió szétesik. A felépített automata ezt a dinamikát követve alakítja ki a konvergenciapontokat az univerzumban.

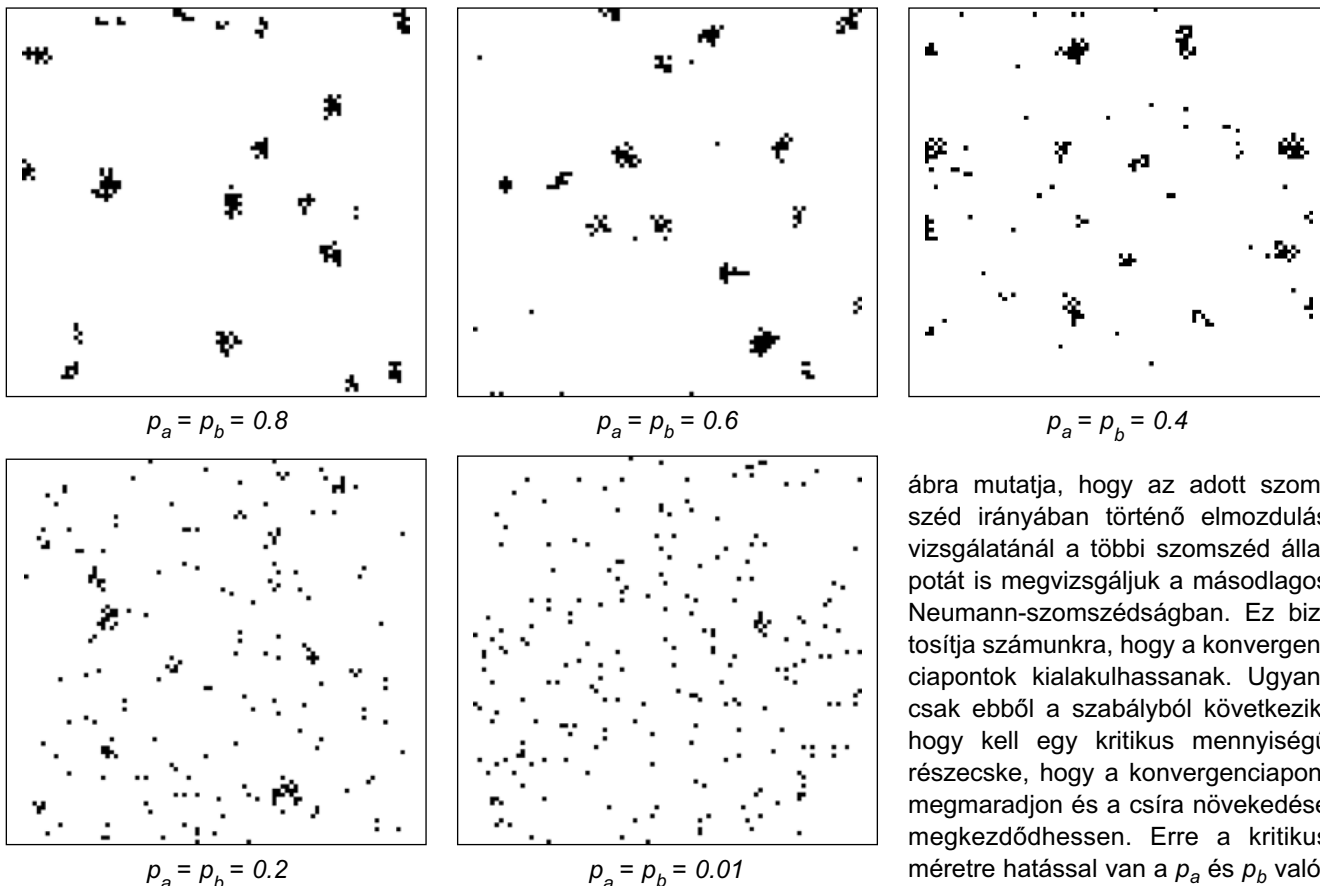
#### A szimuláció felépítése

A diffúzió szimulációjának alapját adó *random walk* dinamikát építettünk fel, ami a HPP-automatától eltérő és aszinkron működésű. Ilyen üzemmódban a sejteket, amelyekre a szabályokat alkalmazzuk, véletlenszerűen választjuk ki. Ebben az esetben is akkor ér véget egy számítási lépés, amikor az automata a szabályokat az



■ **4. ábra.** Az alkalmazott szomszédsági relációk. A középső sejt az aktuálisan vizsgált. Amikor a keleti szomszéd irányában vizsgáljuk az elmozdulás valószínűségét, akkor a sűrű vonalazású Neumann-féle elsődleges szomszédságban és a vastag vonalazású másodlagos szomszédságban vizsgáljuk a részecskék számát

univerzumban lévő sejtek számával azonos számú sejtre alkalmazza. A szabályok esetén a mozgásszabály



■ 5. ábra. Különböző  $p_a$  és  $p_b$  értékekkel végzett számítások során kapott univerzumok 1000 számítási lépés után

ábra mutatja, hogy az adott szomszéd irányában történő elmozdulás vizsgálatánál a többi szomszéd állapotát is megvizsgáljuk a másodlagos Neumann-szomszédságban. Ez biztosítja számunkra, hogy a konvergenciapontok kialakulhassanak. Ugyancsak ebből a szabályból következik, hogy kell egy kritikus mennyiségű részecske, hogy a konvergenciapont megmaradjon és a csíra növekedése megkezdődhessen. Erre a kritikus méretre hatással van a  $p_a$  és  $p_b$  valószínűség értéke.

**Eredmények**

Az 5. ábra képsorán különböző  $p_a$  és  $p_b$  értékekkel végzett számítások eredményeként kapott univerzumokat mutatunk be. Látható, hogy minél kisebb a  $p_a$  értéke, annál határozottabbak a részecskecsoportosulások, és annál több csoport található az univerzumban. Ha megszámláljuk a konvergenciapontokat (6. ábra), akkor azt az eredményt kapjuk, hogy  $p_a = p_b = 0,6$  érték alatt 400 és 420 között mozog a középpontok száma, de jelentősen nem változik. Ezen érték fölött erősen csökken a konvergenciapontok száma a  $p_a$  értékének növekedésével.

A megjelenő csoportosulások területét mérve, a  $p_a$  értékének növekedésével folyamatosan csökken (7. ábra). A legnagyobb mértékű változást  $p_a$  0,3–0,7 értéke között kapjuk. Ebben a tartományban azonban negyedére csökken a csoportosulások átlagos területe. Ha összevetjük azzal, hogy a csoportosulások száma 0,6  $p_a$  értékig nem változik, a csoportosulások kritikus méretét  $p_a$  értéke határozza meg az említett tartományban.

biztosítására a Neumann János-féle négy szomszédságot alkalmazzuk. Ez biztosítja, hogy a rácsban lévő fő irányokban mozogjanak a részecskék. A HPP-dinamikával szemben nem determinisztikus a részecskék mozgási iránya. Egyetlen részecske az univerzumban ugyanolyan valószínűséggel mozoghat bármelyik irányban a megadott négy közül. Ezzel kapjuk vissza a *random walk* dinamikát.

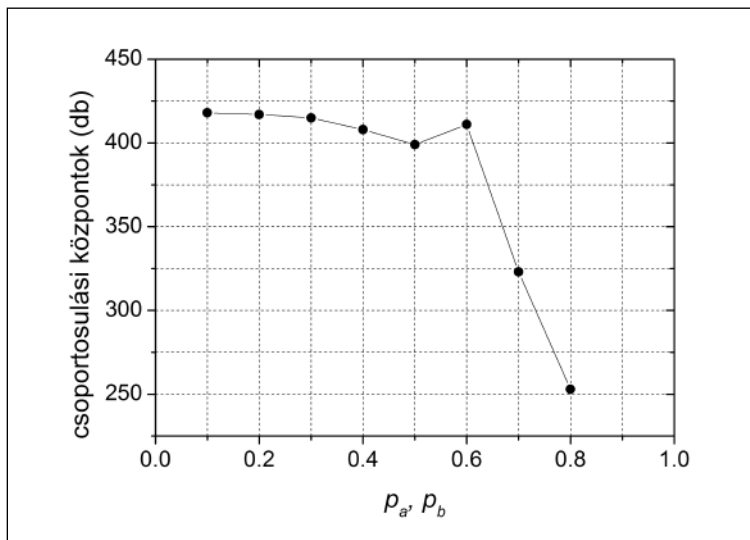
A 4. ábra az alkalmazott szomszédsági relációkat mutatja: a középső sejt a vizsgált sejt, a vonalazás a keleti szomszéd sejt vizsgált környezetét mutatja. A vékony vonalazás az elsődleges Neumann János-féle szomszédokat, a vastag vonalazás a másodlagos Neumann János-féle szomszédokat jelöli.

Több részecskét tartalmazó univerzumban gondoskodnunk kell a részecskék kölcsönhatásának figyelembevételéről, mint a HPP-dinamika ütközési szabálya esetén. Az általunk felépített automatában az adott részecskék fő irányokban történő elmozdulásának valószínűsége az

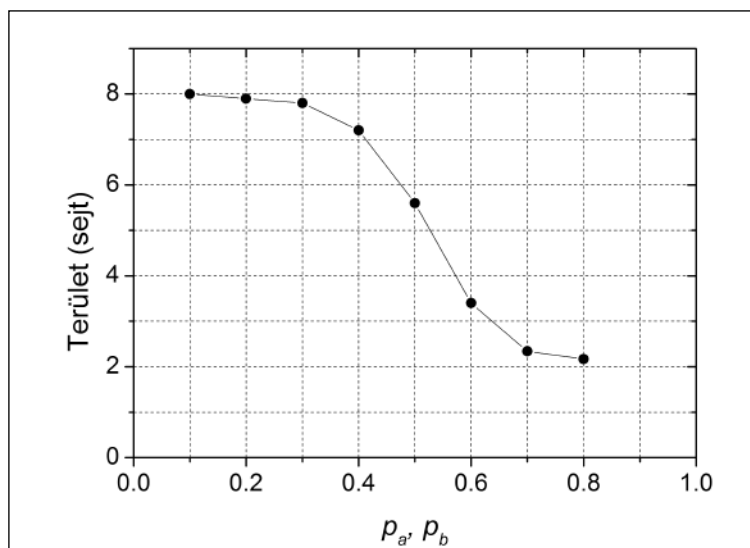
adott részecskék közelében levő más részecskék számától függ. Ennek vizsgálatára mind a 4 szomszéd Neumann János-féle 12 szomszédságában keressük a részecskéket a 4. ábra szerint. A szomszéd sejt eredeti 4 szomszédságában  $p_a$ , a másodlagos 8 szomszéd esetén  $p_b$  értékkel növeli meg az adott szomszéd irányában történő elmozdulás valószínűségét ( $P_{elmozdulás}$ ), a következő képlet szerint, ahol  $n$  a 4 szomszédságban lévő részecskék száma,  $m$  pedig a 8 másodlagos szomszédságban lévő részecskék száma. Minden szomszéd esetén generálunk egy véletlen  $q$  számot 0 és 1 között, majd az alkalmazott összefüggéssel meghatározzuk az elmozdulások valószínűségét, és a legnagyobb valószínűséget nyerő irányban indul meg a részecske.

$$P_{elmozdulás} = q \cdot p_a^n \cdot p_b^m$$

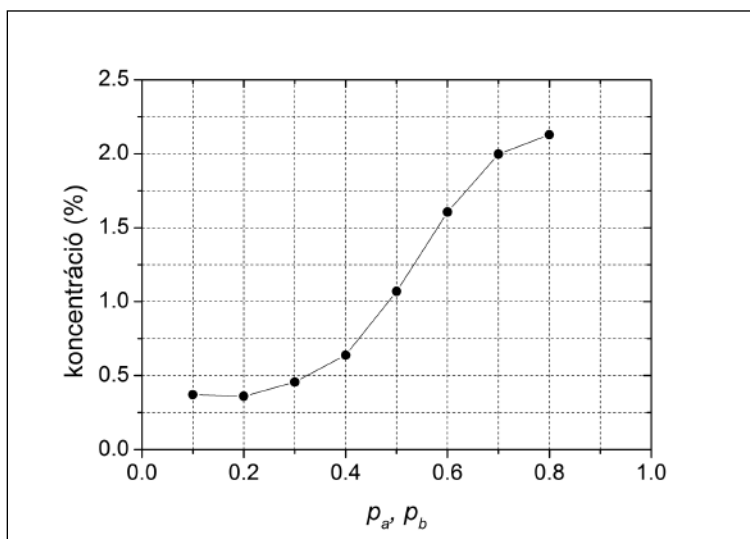
Minél több részecske található egy adott szomszéd 12 környezetében, annál nagyobb az esélye az abban az irányban történő elmozdulásnak. A 4.



■ 6. ábra. A konvergenciapontok száma a  $p_a$  és  $p_b$  értékének függvényében.



■ 7. ábra. A csoportosulások területe a  $p_a$  és  $p_b$  értékének függvényében



■ 8. ábra. A szilárd oldat koncentrációja a  $p_a$  és  $p_b$  értékének függvényében

Ha az univerzumot szilárd oldatnak tekintjük, akkor a részecskék számát tekintve 2,5 térfogatszázalékos koncentráció számítható. Ha a csoportosulásokat kiválásoknak nevezük, akkor folyamatos kiválás játszódik le az univerzumban. A kiválások mellett a szilárd oldat koncentrációját számítva, a 8. ábrát kapjuk. Láthatjuk, hogy a kiválások méretének csökkenésével növekszik a szilárd oldat koncentrációja. Ez azt mutatja, hogy a  $p_a$  csökkenésével az agglomerációs képesség csökken az univerzumban.

## Összegzés

A sejtautomata módszer gyakran alkalmazott matematikai eljárás a hosszútávú diffúziós folyamatok tanulmányozására. Köszönhető ez a HPP-automata és a *random walk* automaták egyszerűségének. A legtöbb fázisátalakulást modellező automatában a csíráképződést szimuláló konvergenciapont meghatározása véletlen valószínűségi folyamat, de nem adja vissza a csíráképződés dinamikáját. A bemutatott automatában egy *random walk* dinamikát hoztunk létre, amelyben kiterjesztett szomszédságot alkalmaztunk az elmozdulások valószínűségének meghatározására. Ezzel sikerült visszkapnunk a vizsgált univerzumban a csíráképződési folyamatok dinamikáját. Ha párhuzamot vonunk az univerzumban működő folyamat és a folyamatos kiválás között, akkor értelmezhető a szilárd oldat koncentrációja. Ezen keresztül megállapítottuk, hogy a kritikus csíraméret, egy adott koncentrációnál az alkalmazott valószínűségi változók értékétől függ.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 támogatta.

## Irodalom

- [1] Schiff, Joel L.: Cellular Automata, Wiley & Sons, New Jersey, 2008.
- [2] Chopard, B. – Droz, M.: Cellular Automata Modelling of Physical Systems, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- [3] Janessen, K. G. F. – Raabe, D. – Kozeschnik, E. – Miodownik, M. A. – Nestler, B.: Computational Materials Engineering, Elsevier, Amsterdam, 2007.
- [4] Chen, H. – Chen, Y. – Zhang, J.: Cellular automaton modeling on the corrosion/oxidation mechanism of steel in liquid metal environment, Progress in Nuclear Energy, vol. 50, pp. 587–593., 2008.
- [5] Dupraz, C. – Pattisina, R. – Verrecchia, E. P.: Translation of energy into morphology: Simulation of stromatolite morphospace using a stochastic model, Sedimentary Geology vol. 185, pp. 18–203, 2006.

## Az MTA Metallurgiai Bizottsága a kohómérnök képzés helyzetéről tanácskozott

A Magyar Tudományos Akadémia Metallurgiai Tudományos Bizottságának tagjai hosszabb ideje aggodalommal követik nyomon a kohómérnök képzés helyzetének alakulását. 2012 közepén döntöttek el, hogy ősszel a bizottság ülést szentel a témának, amelyen a Miskolci Egyetem illetékes vezetőinek tájékoztatása után a szakterületek egy-egy képviselője fejt ki véleményét; az előterjesztéseket vita követi. Az ülésre a Bizottság tagjai mellett vállalati szakemberek is meghívást kapnak.

A Bizottság elhatározását erősítette, hogy a nyár folyamán *dr. Nagy Lajos*, az OMBKE elnöke körlevéllel fordult a szakosztályok illetékes vezetőihez, amelyben felhívta a figyelmet a bányá- és kohómérnök képzés súlyos helyzetére, és kérte, hogy a szakosztályok foglalkozzanak a témával és alakítsák ki álláspontjukat.

Az ülésre 2012. október 2-án a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán került sor. Az ülést *dr. Török Tamás* vezette, aki kétszeresen érintett a témában: elnöke a Metallurgiai Bizottságnak és vezetője a Metallurgiai és Öntészeti Intézetnek. Megnyitójában kiemelte az iparág és a metallurgiai oktatás egymásroutaltságát, valamint azt, hogy a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi (volt Kohómérnöki) Kara régóta jól működő munkakapcsolatban van a magyarországi legnagyobb kohászati vállalkozásokkal.

Az Egyetem részéről *dr. Gácsi Zoltán*, a kar dékánja és *dr. Kékesi Tamás* professzor adott tájékoztatást a kohómérnök képzés oktatási rendszerének és anyagi feltételeinek változásairól, kilátásairól. Elmondták, hogy a kar vonzerejének növelése céljából először jelentősen növelték a szakirányok számát, hogy nagyobb legyen a választék a hallgatók számára. Mivel ez nem váltotta be a hozzá

fűzött reményeket, egyszerűbbé és logikusabbá tették a rendszert: fém és nem-fém szakiránypárokat alakítottak ki. Az ülés szempontjából fontos fém szakiránypár a *Fémelőállítási és Öntészeti*, illetve a *Hőkezelési és Képlékenyalakítási* területre tagozódik. Az új rendszer szerinti oktatás 2012 szeptemberében indult.

A kar dékánja beszámolt a működés anyagi feltételeinek alakulásáról, amit a hazai felsőoktatással kapcsolatos törvényi előírások változása, továbbá az állami finanszírozás többszöri és esetenként jelentős csökkentése jellemez. Egyetemi szinten jól áll a kar a K+F bevételek területén, kis létszáma miatt viszont igen alacsony a költségterítéses bevétel. A 2012-re elhatározott mintegy 30%-os állami elvonás sürgős intézkedésekre kényszerítette az egyetem és a kar vezetőit, ami egyebek között a személyi kiadások jelentős csökkentésével járt. Ez a Műszaki Anyagtudományi Karon is létszámcsökkentést tett szükségessé, amit úgy próbálnak mérsékelni, hogy az oktatók egy része részben, vagy teljesen projektbevételekből kapja a fizetését. A kormányzati tervek további megszorításokat tartalmaznak; a kart súlyosan érinti az innovációs járulék és a szakképzési hozzájárulás megszüntetése. Ebben a helyzetben kulcskérdés a saját bevételek növelése, ami az ipari kapcsolatok erősítését teszi szükségessé. Ennek érdekében együtt kívánnak működni az érintett vállalatokkal, vállalkozásokkal: a tananyag modernizálására, a gyakorlati képzés arányának növelésére vonatkozó stratégiát közösen kívánják kialakítani.

Az egyes szakterületek nevében *dr. Tardy Pál* (vaskohászat), *dr. Bakó Károly* (öntészet) és *dr. Králics György* (képlékenyalakítás) szólt fel. Elmondták, hogy a vállalati szfé-

rát a következő három alapkérdés foglalkoztatja: kiket képeznek (jelentkezők száma és színvonala), kik képeznek (oktatói állomány) és mit oktatnak. A termelési volumenre alapozott benchmarking becslés szerint a hazai kohászatnak és öntészetnek évente 20-25 hagyományos értelemben vett kohómérnök belépésére lenne szüksége; ennek kb. a fele öntödei vállalatoknál dolgozhatna. Ma ennél lényegesen kevesebb ilyen képzettségű hallgató hagyja el az egyetemet, ami alapvetően annak a következménye, hogy a fiatalok körében nem népszerű a kohászati szakma. A hiányt például rokon szakterületeken végzett mérnökök posztgraduális továbbképzésével lehetne pótolni. Szakmáink népszerűsítése azonban az egyetem és az ipari szféra közös feladata.

Az oktatói állomány létszáma és korösszetétele súlyos aggodalomra ad okot, amit az egyetem pénzügyi helyzetéről kapott tájékoztatás csak fokozott. Kritikus helyzet alakult ki a vaskohászat és az öntészet területén: az oktatók jelentős része elérte vagy túllépte a nyugdíjkorhatárt, tehetséges, fiatal oktatók felvételére pedig rendkívül korlátozottak a lehetőségek. A Nemzetközi Acélipari Szövetség (World Steel Federation) által készített Steeluniversity internetes oktatási program átvétele (amire a kar pályázati támogatást nyert el) remélhetőleg enyhíti az oktatói létszámmal kapcsolatos gondokat.

A „mit oktassunk” kérdést – mint az ülés elején elhangzott tájékoztatóból láttuk – a kar is napirenden tartja. Az iparági igények közül a fel-szólalók kiemelték a korszerű számítógépes modellalkotás, szimuláció és folyamatirányítás legfontosabb elemeinek elsajátítását, az anyag- és energiatakarékos technológiákat, a környezettudatos termelés-technoló-

giákat és termelésvezetést, valamint az ismeret- és technológiatranszferet élenjáró külföldi vállalatoktól, ami a hallgatók nyelvismeretének javítása nélkül nem képzelhető el.

Ezt követően *dr. Taszner Zoltán* adott tájékoztatást a németországi ThyssenKrupp Europe acélipari vállalatnál kialakult kohómérnöki pályamodellről. Az előadó a Miskolci Egyetemen 2006-ban szerezte meg a PhD-fokozatot, ezt követően helyezkedett el a nagynevű német vállalatnál. Elmondta, hogy a bolognai rendszer bevezetése a német felsőoktatásban is nehézségekbe ütközött, és az acélipari vállalatok az alapszakon végzeteket (BSc-fokozat) ma sem

tekintik teljes értékű kohómérnöknek. Igaz viszont, hogy minden hallgatónak megvan a lehetősége arra, hogy a BSc-szint elérése után mester (MSc-) fokozatot szerezzen.

A kialakult gyakorlat szerint a vállalat már idejekorán, a tanulmányok során kiválasztja a később alkalmazni kívánt hallgatót, és tanulmányai során több lehetőséget biztosít a vállalatnál üzemi gyakorlat megszerzésére; az ott végzett munkát díjazza is. A végzett hallgatót ily módon többekévé saját nevelésű mérnöknek tekintik, akinek adottságait, rátermettségét a diploma megszerzésének időpontjában már jól ismerik. Álláspontjuk szerint a speciális ismeretek

a munka során megszerezhetőek, ezért fontos a korszerű alapismeretek elsajátítása az egyetemen.

A felkért előadásokat hozzászólások követték, amelyek lényegében megerősítették az elhangzottakat.

A hozzászólásokra *dr. Gácsai Zoltán* dékán válaszolt; hasznosnak tartotta az elhangzott javaslatokat, és jelezte, hogy a kar stratégiájának továbbfejlesztésénél figyelembe fogják venni azokat.

Az ülést *dr. Török Tamás*, a Metallurgiai Bizottság elnöke zárta le, megköszönve az aktív részvételt.

**Tardy Pál – Török Tamás**

## Tanulmányút a brnoi FOND-EX Nemzetközi Kiállítás és Vásáron

### Bevezető

2012-ben is megrendezték az MSV Nemzetközi Gépipari Vásárt a Brno Kiállítási Központban, és ennek részeként a FOND-EX Nemzetközi Öntészeti Kiállítás és Vásárt, melyet a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának öntész szakirányos hallgatói örömmel látogattak meg. A szakmai úton 26 hallgató, kísérőként két doktorandusz hallgató és *dr. Molnár Dániel* egyetemi adjunktus vett részt.

A korábbi évekhez hasonlóan az utazás színvonalas hazai és külföldi szakmai programok keretében zajlott szeptember 10–13. között. Külföldi programunk során lehetőségünk nyílt a FOND-EX Öntészeti Szakkiállítás mellett a brnoi Műszaki Egyetem Öntészeti Tanszék és a Műszaki Múzeum megtekintésére, továbbá öt hazai öntöde meglátogatására és megismerésére.

### Hazai programjaink

A négynapos szakmai út első állomása Budapesten, Csepelen kezdődött a Fémalk Zrt. nyomásos öntödejében, ahol vízszintes, hidegkamrás

nyomásos öntészeti technológiával találkozhattunk. Bemutakozásként minden öntödében hallhattunk egy rövid cégismertetőt, amelyet a gyár megtekintése követett.

A Fémalk Zrt. az egyik legnagyobb magyar magántulajdonban lévő nyomásos alumíniumöntöde. A nyomásos alumíniumöntészet mellett a vállalat számos további feladat- és munkafázis elvégzésére is vállalkozik (termék- és szerszámtervezés, modellezés, szerszámgyártás, az öntvények megmunkálása, felületkezelése és szerelése). A vállalatnak jelenleg 21 öntőgépe van. Az öntőgépek egy részénél az öntés teljesen automatikusan történik, így a gépkezelő párhuzamosan más tevékenységet is végezhet, ilyen például a stancolás.

A csepeli ipari parkban utazásunk következő állomása a Csepel Metall Vasöntöde Kft. volt. A vállalat magyar tulajdonban van, mely a komplex, nagy magigényű lemez- és gömbgrafitos vasöntvények gyártására szakosodott. Az öntöde gyártási kapacitása igen széleskörű, a kisméretű öntvényektől a több tonnás öntvényekig terjed. A vállalat nagy mintalapállománnyal rendelkezik, melynek egyedisége lehetővé teszi e

széleskörű gyártási struktúra biztosítását. A kis sorozatszámú, egyedi öntvények gyártására szakosodott öntöde napjainkban is megállja a helyét a tömeggyártásra specializált öntödek mellett.

Utolsó állomásunk az oroszországi Wescast Hungary Autóipari Kft. volt, amely gömbgrafitos öntöttvas kipufogócsonk gyártására szakosodott öntöde. Az öntöde kanadai tulajdonban van. Az oroszországi öntöde és forgácsolóüzem létesítése az anyacég tevékenységének fejlesztését és a termékeinek európai piacokon való elterjesztését szolgálja. A Wescast Kft. pozíciója egyre erősödik Európában, ahol a mára teljes körű szolgáltatást nyújtó üzleti egységet a benzin- és dízelüzemű motorok számára készített innovatív kipufogócsonkmegoldásaira alapozva építettek fel. Folyamatos fejlesztést végeznek az ötvözetek és az anyagok jellemzői tekintetében, hogy termékeik képesek legyenek magasabb hőmérsékletű kipufogógázzal üzemelni. Az öntöde különlegessége, hogy öntésük automatizált, melyet négy 12 t-s, középfrekvenciás indukciós olvasztókemence szolgál ki.

Utazásunk negyedik napján, a

hazafelé vezető úton, Győrben további két öntőde megtekintésére volt lehetőségünk, mely öntődék a Busch Hungária Kft. és a Nemak Győr Kft. voltak.

A Busch Hungária Kft. a németországi BPW csoport gömbgrafitos termékek gyártására szakosodott öntődéje. A formázástechnológia a beruházásnak köszönhetően Künkel Wagner formázósor alkalmazását tette lehetővé. A Puma öntőgép segítségével automatikus öntés könnyíti a dolgozók munkáját. Fő termékeik a kerékagya, féknyereg, keréktartó, hídház.

A Nemak Győr Kft. a mexikói központ tulajdonában áll, amely világszerte piacvezető az alumínium motoralkatrészek gyártása terén. Könnyűfémöntéssel, alumínium hengerfejek kokillaöntésével foglalkozik a világ vezető autógyárai számára. Fő terméke az alumínium hengerfejöntvény, amelyből évente 2,5 millió darabot gyárt. A vállalat folyamatosan bővül és fejlődik, küszöbön áll újabb termékek, környezetbarát gyártási technológiák bevezetése. A kft. korszerű rotacast öntőberendezései a világszínvonal felső kategóriájába tartoznak, és az általuk gyártott termékek minősége is ezt tükrözi.

### Külföldi programjaink

A négynapos szakmai út fő állomása a csehországi Brno volt, ahol két napot tölthetett a csoport. Az első napon a FOND-EX Nemzetközi Öntészeti Kiállítás és Vásár rendezvénysorozatán vehettünk részt, amely lehetőséget nyújt a különböző vállalatoknak piacuk bővítésére. A kiállításnak a csehországi Brno adott helyet 2012. szeptember 10. és 14. között. A látogatók az MSV Nemzetközi Gépipari Vásár hat szakterületét tekinthették meg, ezek egyike volt az öntészeti kiállítás és vásár.

A kiállítás a közép-európai térség vezető ipari szakvásarává erősödött, ahol minden adott a piaci és műszaki kínálat alapos, az internetes lehetőségeket messze meghaladó mélységű megismerésére. A brnoi vásár számára a vezető szerep komoly kötelezettségekkel is jár, hiszen cseh-német vállalként és a „Messe Düs-



■ A tanulmányút résztvevői a Műszaki Múzeumban

seldorf családtagjaként” a szervezők évről évre a már megszokott, magas európai színvonalat biztosítják.

Csoportunk elsődleges célja volt a Nemzetközi Öntészeti Kiállítás és Vásár megtekintése. Előadást hallhattunk az ESI Casting Simulation Suite egyik kollégájától, aki bemutatta a szimulációs programjuk legújabb verzióját, fejlesztési irányvonalukat. A nap további részében mindenki egyénileg fedezhette fel a vásár kínálta lehetőségeket. Napunk lezárásaként a belvárosban megismerkedtünk a cseh konyha ízvilágával, a Pivnice étteremben pedig megkóstoltuk a hely első osztályú sörkülönlegességét, a szűretlen búzasört.

Második Brnoban töltött napunk programja a Műszaki Egyetem és a Műszaki Múzeum meglátogatása volt. Az egyetemen dr. Jaromir Roucka, az Öntészeti Tanszék vezetője fogadott minket, aki tájékoztatást adott oktatási rendszerükről, öntészeti oktatásukról. Sajnos a tanszéki laboratóriumok megtekintésére nem volt lehetőség, hiszen a szemeszter szeptember 12-én náluk még nem kezdődött el.

A Műszaki Múzeum azonban mindenki tetszését elnyerte (1. kép). Négy emeleten a kiállítás széles palettáját tekinthettük meg. A múlt jelentősebb technikai megoldásait vehettük szemügyre, így mindenki megtalálhatta a

számára leginkább izgalmakat rejtő részt. Az épület legfelső szintjén technikai játszótér található, ahol a játékokat mindenki rendkívül szórakoztatónak és egyben izgalmasnak, érdekesnek találta.

A nap lezárásaként természetesen nem maradhatott el a városnézés sem, mivel Brno művelődési és művészeti központ is egyben. Megcsodáltuk a belváros épületeinek gyönyörűen kialakított homlokzatait, felsetáltunk a Špilberk várhoz, láthattuk a Szent Péter és Pál-katedrális, az Újvárosházát és a Starobno sörfőzdét.

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni a Magyar Öntészeti Szövetségnek és szakmai partnerének, a BD-EXPO Kft.-nek, hogy támogatásával hozzájárult a Miskolci Egyetem öntész szakirányos hallgatói, valamint kísérőik részvételéhez a FOND-EX Nemzetközi Szakkiallítás, Brnoban. Továbbá szeretnénk megköszönni az Öntészeti Tanszék valamennyi dolgozójának, dr. Dúl Jenő tanár úrnak, hogy szervezői munkájukkal, támogatásukkal hozzájárultak a szakmai út sikeréhez.

☞ Sélei Anett

## A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának hírei

- A „Tudnak valamit!” tudományos ismeretterjesztő sorozat keretében *dr. Gyulai József* akadémikus tartott nagy érdeklődésre számot tartó előadást „Mit csinálnék, ha most kezdeném a pályám?” címmel 2012. november 14-én a Miskolci Egyetemen a Műszaki Anyagtudományi Kar szervezésében.
- A Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolában a következő nyilvános doktori (PhD) védések zajlottak le az elmúlt időszakban:
  - 2012. XI. 30. *Géber Róbert*: „Mészköliszt és dolomit töltőanyagok hatása aszfalthabarcok reológiai tulajdonságaira” (témavezető: *dr. Gömze A. László*)
  - 2012. XII. 19. *Diaconu Vasile-Lucian*: „A molibdénötvöztetés hatása az öntöttvasak termomechanikus hőfárasztási tulajdonságaira” (témavezető: *dr. Dúl Jenő*)
  - 2012. XII. 19. *Szombatfalvy Anna*: „Járműipari öntészeti AISi-ötvözetek tulajdonságainak vizsgálata” (témavezető: *dr. Dúl Jenő*)
  - 2012. XII. 20. *Szabó Richárd*: „Öntéstechnikai és hőtechnikai paraméterek hatása az alumínium nyomásos öntvény szilárdsági tulajdonságaira” (témavezető: *dr. Dúl Jenő*)
  - 2013. I. 14. *Kovács Sándor*: „Kör keresztmetszetű fémhuzalok húzási technológiájának számítógéppel támogatott tervezése és komplex optimalizálása” (témavezető: *dr. Mertinger Valéria*, társtémavezető: *prof. dr. Voith Márton, dr. Zupkó István*)
- *Dr. Mertinger Valéria* egyetemi docens, a Műszaki Anyagtudományi Kar Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetének intézetigazgató-helyettese 2012. november 22-én tartotta habilitációs előadását. A tudományos (szakmai) kollokvium témája: „Termomechanikus kezelések hatása a Cu-Al-Ni alapú alakmemória ötvözetben”. Az előadás első felét angolul, második felét magyarul hallgathatták meg az érdeklődők. A tantárgyi előadás témája: „Diffrakciós módszerek: Röntgendiffrakciós vizsgálatok elméleti alapjai”. A Kari Habilitációs Tanács egyhangúan javasolta *dr. Mertinger Valéria* részére a „Dr. habil” cím odaítélését.
- 2012. november 29-én rendezték meg a Műszaki Anyagtudományi Kar Tudományos Diákköri (TDK) konferenciáját. A BSc- és MSc-képzésben résztvevő hallgatók öt szekcióban (Anyagtudomány I., Anyagtudomány II., Anyagtechnológia I., Anyagtechnológia II., Energetika és környezetvédelem) mutathatták be dolgozataikat. A 39 elhangzott előadásból öt dolgozat I. díjban részesült (*Bobál Gábor* (MSc), *Cseh Dávid* (MSc), *Korózs József* (BSc), *Nagy Csaba* (MSc), *Györffy Bálint* (BSc)), hét dolgozat II. díjat, tíz dolgozat pedig III. díjat érdemelt. A NEMAK Győr Kft. által felajánlott „NEMAK díj”-at *Kulcsár Tibor* (MSc) és *Bejczy Balázs* (BSc) kapta. A sikeresen szereplő fiatal kutatók a Kari Tanács 2012. december 14-i ünnepi ülésén vehették át oklevelüket.
- A Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola szervezésében *dr. Stefan Kaierle*, a „Laser Zentrum Hannover” Anyagtudományok és Technológiák részlegének vezetője 2012. december 11-én a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet Káldor Mihály Előadótermében „A Review on Process Monitoring and Quality Control in Laser Materials Processing” címmel tartott előadást a Műszaki Anyagtudományi Kar oktatóinak, hallgatóinak.
- 2012. december 18–19. között, illetve 2013. január 15-én zajlottak a Műszaki Anyagtudományi Kar záróvizsgái, hét bizottság előtt összesen 78 hallgató védte meg szakdolgozatát vagy diplomamunkáját. Fiatal kollégáink felkészültségét jellemzi, hogy a záróvizsgán támasztott követelményeket minden hallgató sikeresen teljesítette. BSc-képzés keretében hőkezelési, képlékenyalakítási, nanotechnológiai, vegyipari technológiai, hőenergia-gazdálkodási, szilikát-technológiai, polimer-technológiai, fémelőállítási és öntészeti szakirányon zárták tanulmányaikat, a mesterképzés (MSc) szintjén pedig fémek hőkezelése, hőenergia-gazdálkodási, polimermérnöki, öntészeti, képlékenyalakító, fémelőállítási és hulladékfeldolgozási, valamint anyagvizsgálati kiegészítő szakirányon adhattak számot tudásukról.

✍ *Dr. Mende Tamás*

## A BME Gépészmérnöki Kara előkelő helyen a World University Ranking listán

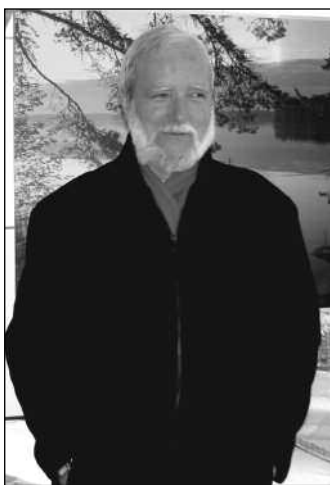
A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kara felkerült a legfrissebb nemzetközi egyetemi rangsorba. Az NTU World University Ranking kártyát értékelő listáján a 198. helyre került, megelőzve számos nagyhírű

egyetemet (pl. Bécsi Műszaki Egyetem). A Műegyetem Gépészmérnöki Kara Magyarországon a gépészmérnöki képzések esetében már évek óta minden hazai szakmai rangsorban az első helyen áll, a munkáltatók véleménye alapján a szakterület leg-

nagyobb presztízsű és legjobb diplomáit itt adják ki. A Gépészmérnöki Karon hosszú évtizedek óta tartó színvonalas oktató- és kutatómunka így nemcsak Magyarországon, hanem nemzetközi szinten is elismerést nyert.

✍ *DL*

## NÉVJEGY



*Valamikor a kilencvenes évek közepe táján volt az Öntödei Múzeumban a pályaelhagyó kohómérnökök találkozója. A sikeres rendezvényen fele-fele arányban jelentek meg az aktívak és a más vizekre evezők. Közöttük volt aki már az indulásnál váltott más irányba, de sokakat akaratuk ellenére az élet sodra billentett ki helyzetükből, és a kényszerűség hozott új utakat. Riportalanyomat, Szablyár Pétert 20 év sikeres kohász tervezői múlt után rég hiába keressük a tábla mögött, sem a kemencék, sem az öntőállások mellett nem találjuk, egész mással foglalkozik. Saját tájházát építi, gyarapítja. Vezető szerepig vitte a hazai barlangkutatók szervezetében és a tájházak világában. Sorra jelennek meg a könyvei a barlangok világról, Budapestről, föld alól és a tornyok magasából. Nem kohászódik már, de lépten-nyomon találkozunk Vele – nemcsak a megénekelte budapesti lépcsőkön – az Öntödei Múzeumban, a kohász-öntő rendezvényeken, és hát ma is a Fémszövetség ügyeit koordinálja, mint ügyvezető titkár. A sokoldalú és izgalmas pálya, no meg a 45 éve indult barátságunk készítetett arra, hogy megszólaltassuk lapunkban is.*

**Közel 40 éve vettük át a diplománkat. Bár sok kohómérnök intett búcsút a pályának, a Te életutad mégis egész más. A rendszerváltással járó iparszerkezet-átalakulás kisiklatott, de gyorsan megtaláltad önmagad, új pályákat találtál. Sikereidről hallhatunk, olvashatunk. Ennek ellenére a kohászat felé sem vesztetted el kapcsolataid, sőt „civil társadalmi” szinten kohász feladatokat is felvállalva, példás segítőként, számon tart a szakma. Szóval, Te vagy aki el is mentél, de itt is maradtál. Mesélj!**

– Engem a „kisiklás” nem ért váratlanul, a nyolcvanas évek második felében már éreztem, hogy az alumíniumiparnak addigi formájában, szervezetében hamarosan vége. Engem inkább a közel egy évtizedes agónia, az egyéni érdekeket szolgáló taktikázás, a felesleges – nagy pénzeket felémésztő – költözködések és az egyre méltatlanabb „vég” szomorított el. Hogy a Te felvetésed stílusában egy képzavarral érzékeltessem mindezt, engem a mozdonyvezetők és az állomásfőnökök – arra az iparágra addig nem jellemző – stílustalansága keserített el, különösen az Intézet (Aluterv) vonatkozásában. A könyvtárak

megsemmisülése, az intézeti tervtár pusztulása, az addig rezervátumi védelemmel élvező iparág „vadnyugattá” válása. Amennyire méltóság-teljesen tudták ezt a bányászok megélni az országban, annyira méltatlanul folyt ez az alumíniumiparban.

**Térjünk vissza a kezdetekhez. Ez a „Névjegy” sorozat pont a Te írásoddal indult. Riportalanyod, Czímer István esetében a felmenők és a környezet által kódolva volt, hogy kohász lesz. Mi meg a koleszszobában arról beszélgettünk, hogy a kohásztól távol született pedagógus gyerekeként, hogy kerültünk ide? Főleg Te, aki neves irodalmárokkal tűzdelt családból jöttél. Aztán mégis lelkes kohászok lettünk mindketten. A selmeci, soproni hagyományok átélése, ... munkahelyünk, az akkori alumíniumipar szárnyalása ... mi tette ezt velünk? Te hogy látod?**

– Esetemben erre nagyon egyszerű a válasz, bár eddig senki nem kérdezte. Fiatal koromban két dolog érdekelt nagyon: a barlangok és az írás. Arra hamar rájöttem, hogy egyikből sem lehet megélni. Arra is rájöttem – talán időben – hogy az ember élete kötelező és szabadon

választott „gyakorlatokból” áll, mint a műkorcsolyában. Azt sem tagadom, hogy a szabadon választott terület jobban motivált, mindig tudtam, hogy mit akarok csinálni, és azt bulldog módra csináltam is. Az egyetem vége felé nézegettem az álláshirdetéseket, és mivel a diplomatervem – amivel nem arattam nagy sikert a bírálóimnál – a MOM nyomásos öntődéjében készült, egy ALUTERV-es hirdetésre jelentkeztem, ahol egy nagyon megnyerő „üriember” fogadott: Kolosy Ernő, akit az sem zavart, hogy az államvizsgán kirúgtak. És abban a közösségben jól éreztem magam, hamar sikerült „pozicionálni” magam, és rá kellett jönnöm, hogy az „írásstudás” itt is igen jól kamatoztatható, annak ellenére, vagy pont azért, mert a mérnökök általában nem szeretnek írni!

**Tizenöt évig dolgoztunk egy irodán. Nagy szerencsénk volt, hogy kik közé kerültünk az ALUTERV-be. Kolosy Ernő, Czeke Arisztid maga volt egy újabb egyetem. Megemlíteném még Bartsch Ottót, a végtelen nyugalmú, a fiataloknak mindig bizalmat szavazó irodavezetőnket, de a keménykezű Bokor András, mint műszaki igazgató is**

**mindig figyelt ránk. Te még 30 sem voltál, amikor megkaptad az akkor legnagyobb számító, ajkai alumíniumöntöde tervezésének irányítását mint létesítményi főmérnök. Szakmaiság, bizalom, külföldi utak... „megannyi jó”. Hogy tudtad ezt mértékkel elfogadni, és elkötelezetten teljesíteni?**

– Némi szerencsém is volt, hiszen az iroda „nagy öregjei” ezzel a szakterülettel nem nagyon foglalkoztak. Néhány – nem túl látványos, de szakmailag rendkívül tanulságos – munka során sikerült elsajátítanom a létesítménytervezés csínját-bínját, olyan egyéniségekkel együtt dolgozva, mint Páger Laci bácsi, Szarka János, Lantai László. És megint döntő szerepet kapott az „íraskészség”. A létesítményi főmérnök titulust sajátos misztérium övezte a tervező cégeknél. Kevesen akarták felismerni és főleg elismerni, hogy az adott létesítmény megvalósításának ő a karmestere. Nagyon kell ismernie a kötőt (ezt részben neki kell megírni), a zenészeket, időben kell tudni „beinteni”, és neki kell eladni az egész produktumot a megrendelőnek. Ezt még tovább bonyolította, ha külső cégek is részt vettek a tervezésben, arról nem is beszélve, ha a technológiai berendezéseket külföldi cégek szállították. Tekintettel arra, hogy az ALUTERV fővállalkozó cég is volt, ezért a kor viszonyai között elég élenjáró stílust képviselt az akkori beruházói piacon. Ezeket a stílusjegyeket sikerült magamévá tenni, következetesen alkalmazni, és ezzel viszonylag rövid idő alatt elfogadtatni magam az iparági beruházó partnerekkel.

**Szerencsés gyártervezőnek tudhatod magad, hisz Ajka mellett a fehérvári KÖFÉM-ben is nyomot hagytál magad után. Aztán évekig az új inotai 100 ezer tonnás alumíniumkohó tervezése volt a középpont. Mindhiába. Jött viszont egy izgalmas szakasz az életedben, mikor máig varázslatos okok folytán nem a „Rézcsoport”, hanem mi, alusok terveztük a csepeli rézfinomító üzemét. A felelősség terhe rajtad volt, hisz akkor már Te voltál a Kohászati Iroda vezetője.**

– A barlangkutatásból átörökölve mindig kedveltem a kalandokat.

Ilyennek tekintetem a csepeli rézfinomító beruházását. A nyomasztó felelősség mellett a hidegvéremet attól tudtam megőrizni, hogy a beruházó partnerek is nagyon akarták, hogy sikerüljön a projekt, de végig éreztem, hogy a sikeres műszaki fejlesztést a prototípus berendezések törvényszerű gyermekbetegségei és a türelem hiánya veszélyezteti. Sajnálom, hogy mára nyomtalanul eltűnt ez az üzem, de meggyőződésem, hogy a szaktervező és technológus kollégák rengeteget tanultak belőle.

**Aztán elmaradtak a tervezési munkák. Jöttek az „energiarac” tanulmányok, meg elindultak a másodnyersanyagokkal kapcsolatos felmérések, végül lassan kimúlt az ALUTERV. Hogy élted meg mindezt, mikor onnét terveztük a nyugdíjat?**

– A profilváltást törvényszerűnek, idővel szükségszerűnek is éreztem. Néhány időben hozott döntés elmaradt, és az akkori intézeti vezetésből hiányzott az a meghatározó egyéniség (koponya), aki hajlandó lett volna feláldozni hosszabb távú egyéni érdekeit annak érdekében, hogy az intézeti valós szürkeállomány-koncentrátumot megőrizze. A csonkolásos létszámleépítés emberileg nehezen volt elviselhető, a végjáték méltatlan volt egy ilyen múltú intézményhez.

**Nos, búcsúzzunk a szakmától. Már a tervezőmérnökség alatt is aktív voltál több területen. Geológus technikum tanoncként elköteleztél magad a hegyek és barlangok világa felé. Jósvafőre tulajdonképpen visszatértél. Ez volt a melegágy?**

– Nem győzöm hangsúlyozni, hogy az „átkos” legsikeresebb képzési formája a technikum volt, óriási hiba volt megszüntetni. Én a Szabó József Geológiai Technikumban végeztem, szerény körülmények között működő, de kitűnő iskola volt. Mint megszállott barlangász, a nyári gyakorlatokat a Műgyetem (akkori ÉKME) jósvafői kutatóállomásán töltöttem, ahol a rendszeres mérési ismeretektől a feltáró kutatáson át a barlangi idegenvezetésig mindennel foglalkozhattam. 1965-ben ott írtam első szakmai pub-

likációm a Karszt- és Barlangkutatási Tájékoztatóba a kutatócsoportunk által abban az évben feltárt, és általunk iskolánk névadójáról elnevezett Szabó József-barlangról. De akkor ismertem meg ezt a kis falut is, Jósvafőt, ahol akkor még hatszázan laktak (ma alig háromszázan?!). Nyaranta jártuk a hegyeket, persze ami akkor elérhető volt számunkra, a Tátrát, az erdélyi havasokat. Ezek a néha embert próbáló akciók számomra mindig egy adott feladatra történő maximális felkészülés (fizikailag, szellemileg, megfelelő felszereléssel) éles gyakorlatai voltak és ennek nagyon sokat köszönhettem!

**Aztán a barlangászat egy több hónapos nemzetközi kutatóexpedícióban csúcsondott ki. Később a „Karszt és barlang” folyóirat szerkesztőbizottságában dolgoztál, sőt ha jól emlékszem, évekig a szövetség főtitkára is voltál. Beavatnád az olvasókat az emlékek rejtelmibe?**

– Én a barlangkutatásban az elmúlt 50 évben végigjártam a számléírtát (1963-ban léptem be a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulatba). Iskolai szakköri titkártól a Társulat főtitkári posztjáig a Pilis hegység kisebb-nagyobb barlangjainak feltáró kutatásától a líbiai Nefusa hegységbeli Bir al Ghanam-i gipszkarszt patakos barlangjainak feltárásáig. Ez volt az a „szabadon választott gyakorlat”, amiről korábban már említést tettem, ez volt életem egyik fő értelme.

**Lapszerkesztés után maradjunk az írásnál. Tudom, ez nálatok családi hagyomány. Már fiatalon álmélkodtam a gyönyörűen bekötött egypéldányos útinaplóidon. Aztán jöttek a kohász, barlangász cikkek. Törzsszerzője lettél az „Élet és Tudomány”-nak, és van amit még nem is tudok.**

– Az írás számomra életforma. Írnom kell... Szokták ezt grafomániának is nevezni, lehet, hogy az. Én figyelem a világot, a környezetemet, és amit arra érdemesnek tartok, azt leírom. Kamaszkorom óta egy kicsit gátlásos vagyok, talán ezt is kompenzáltam az írással, hiszen ebben a műfajban láthatatlan marad az em-

ber, nem kell megszólalnia! Hatodik koromban nyertem egy földrajz-pályázaton, amit az akkor felszabadult afrikai országokról írtam. Akkor éreztem meg először a könyvtári „kutatás” és az írás ízét, és ez sosem vált rossz szájjá! A külföldi útjaimra mindig alaposan felkészültem, és utána leírtam az élményeimet. Mindezt kiterjesztettem a kötelező munkahelyi „Útjelentés”-ekre is. Legnagyobb sikeremet egy olaszországi útjelentéssel értem el, amikor leírtam az ottani cégnél lezajlott sztrájk részleteit. Az írás egy gondolat-koncentráció, amelynek az olvasó számára ki kell nyílni!

**Aztán jöttek a könyvek, az írásbeliség teljes kiteljesedése. Ma már közírónak tudhatunk. Hol tartasz? Min dolgozol? Mikor lapozhatjuk az új kötetedet?**

– Életem utolsó negyedébe belépvé úgy döntöttem, hogy összefoglalom tapasztalataimat, ezt hagyom örökül gyermekeimnek, unokáimnak, ha már mást nem sikerül. A „Föld alatti Magyarország” című könyvemben nem csak a barlangokkal kapcsolatos élményeimet összegeztem, hiszen az alagutaktól kezdve a pincéken, kazamatákon át a bányákig minden érdekelt. A társszerkesztőként összegzett „Tájház vezetési ismeretek” című kiadvány ezen kisgyűjteményekkel kapcsolatos teendőket, tapasztalatokat összegzi. 2012-ben jelent meg a szentendrei skanzen kiadásában a Ház és Ember évkönyvsorozat azon kötete, amelyben jósvafői helytörténeti-ipartörténeti kutatásaimat összegeztem. Ha összejön, akkor az ez évi könyvhéten jelenik meg „Eltűnő budai hegyek” című könyvem, amiben azoknak a helytörténeti kutatásoknak az eredményeit igyekeztem összefoglalni, amelyeket kedvenc „hegységemben” gyűjtöttem az elmúlt évtizedekben. De a legbüszkébb arra az évről két alkalommal megjelenő periodikára vagyok (Jósvafői Helytörténeti Füzetek), amelynek most karácsonykor a 37. füzetét vehették kezükbe az érdeklődők. Mindig örömmel fedezem fel ezeket a nagy hazai könyvtárak katalógusaiban, és ha sikerül, akkor hamarosan az interneten is olvasható lesz valamennyi!

**Visszatérve a munkához, arra még emlékszem, mikor a Fém szövetség ügyvezető titkára lettél, de kevesebbet tudunk a tájház szövetségi munkádról. Ha jól tudom, az országos szervezet ügyvezető elnöke is voltál. Kérlek, mesélj mindkettőről.**

– A Fém szövetség titkári feladatainak ellátása egy kapocs számomra az alólam kilőtt szakmámmal. Én az egész hulladékgyűjtési és másodnyersanyag kérdést környezetvédelmi kérdésnek tekintem. Ezért éreztem valamiféle küldetésfelét néhány éve, hogy általános- és középiskolák tucatjaiban tartsak előadást gyermekeknek erről a problémáról, Algyőtől Sopronig. Éreztem, hogy van értelme, és sokkal többet kellene tenni a felvilágosítás, meggyőzés területén.

A múlt emlékeinek megőrzése mindig mániám volt. Ebben valószínűleg genetikailag is kódolva vagyok: dédapám, Berkeszi István a temesvári múzeum egyik alapítója, nagyapám, Banner Benedek az alföldi régészeti és múzeumügy egyik meghatározó alakja volt. 1994-ben, a 24. órában vásároltam meg a jósvafői Szakállportát, ahol még abban az évben berendeztem a tájházat, amit azóta is fejleszték, bővítek. 2000-ben rendeztünk egy megyei tájháztalálkozót, és ott azt javasoltuk, hogy hozzunk létre egy országos egyesületet. Ez 2002-ben valósult meg, nyolc évig voltam az ügyvezető elnöke ennek a civil szervezetnek, rengeteg munkát fektettem bele, mégis 2010-ben úgy döntöttem, hogy az általam képviselt stílusban ez a munka nem folytatható tovább, máshogy meg nem vállalható részemről. Büszke vagyok rá, hogy 2008-ban az „ÉV MÚZEUMA” kitüntető címet nyertük el a jósvafői tájházzal a kisgyűjtemények kategóriájában. Most azon munkálkodom, hogy ez a gyűjtemény önkormányzati kezelésbe kerüljön, nyugdíjból már nem lehet fenntartani egy ilyen kis intézményt sem.

**Munkálkodásod hál' istennek nem maradt nyomtalan, már ami az elismeréseket is illeti. Tudtommal Kós Károly-díjad van, a környezetvédők is díjaztak. És mi még?**

**Kérlek „dicsekedj” egy kicsit!**

– Legbüszkébb a Kós Károly-díjra vagyok és a jósvafői díszpolgári címre. Most szerénytelennek fognak tartani, de a 40 éves tagságért járó megtisztelő OMBKE-érmem kívül az egyesületben nem sikerült eddig „felfedeztetni” magamat! Az is igaz, nem szeretek „szerepelni”, inkább csak „írni”. Számomra – amióta kikerültem egy nagyobb munkahelyi közösségből – legjobban az „elismerés” hiányzik, annak is a kézzelfogható megnyilvánulásai, a kézfogás és a taps. Nehogy félreértse valaki, de az elmúlt évtizedekben ezt csak a jósvafői amatőr színjátszókör tagjaként élhettem meg, néhány epizódszerepet eljátszva a Kocsonya Mihály házasságában vagy a Kaviár és lencsében. A darab végén a rivalda előtt állni, kézen fogva „színész-társaimmal”, néhány száz néző vastapsa által körülvéve, ez igen felemelő élmény! A színjátszókör azóta megszűnt, de az énekkarunk (kamara) működik, egyre többet lépünk át vele a spiritualizálódott országhatárt.

**Végezetül beszéljünk a kétlakiaságról. Mint „echte” budai polgárgyerek, jó pár évtizede teljesen otthon vagy Jósvafőn, mint a falu díszpolgára és leállíthatatlan motorja. Jósvafő mindenkinek csodálatos, aki arra jár. Mondd el, mit jelent Neked?**

– Ez a kétlakiaság sajátos életforma. Az én itteni – jósvafői – életem mindig egy budapesti lét homorú tükréből vetítődik vissza, amikor is egy jósvafői origóhoz viszonyítok mindent. Egyik nélkül sem működik a másik. Én Pesten járok színházba, hangversenyekre, könyvtárba, uszodába, ott élnek a gyermekeim és az unokáim, de itt törnek a tiszta vízű források a felszínre, itt párolognak misztikusan a patakok a téli reggeleken, itt köszöntenek ismerősként a barlangok cseppkőképződményei és a falusi emberek, az évek óta etetett madaraim.

**Köszönöm a beszélgetést, és kívánok további sikereket valamennyi utadon...**

**✍ Hajnal János**

# Acélipari témák a Tudomány Hetén a Borovszky-év jegyében

Az OMBKE dunaújvárosi szervezete a Borovszky-év jegyében a korszerű hideghengerlési technológiákat választotta témájának a 2012. november 16-án rendezett negyedik konferenciáján, amelyet a főiskola Tudomány Hete rendezvénysorozatába illesztett. A konferencia résztvevőit és a meghívottakat Bocz András, az OMBKE helyi elnöke köszöntötte. Programismertetésében kitért a Borovszky-pályázatra, amelyre a helyi főiskoláról sajnos nem érkezett dolgozat.

Időszerű témát választott Kopasz László, a hideghengermű gyárvezetője. A hideghengerművek a világon mindenütt a hengerlési sebesség növelése mellett – az eddigieknél alacsonyabb költségekkel – magasabb feldolgozottságú termékek előállítására törekednek.

Több oldalról közelítette meg a konferencia három előadója az új technológiákat, közöttük a hengerlési emulziók alkalmazásának tapasztalatait.

Oroszországból érkezett Alexander Dolmatov, a műszaki tudományok doktora, az oroszországi Novolipecki Acélmű főtechnológusa, aki harminc éve foglalkozik hideghengerléssel. Előadásában többéves kutatómunka eredményeit mutatta be az emulzióstabilitásról, valamint a szalagsori olajfelhasználásról.

Bemutatta laborkísérleteit, különféle, jó minőségű emulziók használatával. Beszámolt egy tízhetes időszakról, amelyben közel hétszáz különböző anyagot vizsgált meg. Kutatómunkája célja volt, hogy növekedjen a hengerlési sebesség, elérje az 1200 m/percet, miközben csökkenthető az emulziófogyás és összességében a termék önköltsége. Kutatásainak és fejlesztőmunkájának utóbbi hétéves történéseit és eredményeit ismertette a hengerállványok fejlesztése, a számítástechnika alkalmazása, az emulziós anyagok megválasztása, a hengerlési sebesség növekedése tükrében.

Folytatásként Varga Ottó, az ISD Dunaferri Zrt. projektigazgatója

(1. kép) foglalta össze Földi József technológiai osztályvezetővel és Konrád Krimpelstaetterrel, a Siemens VAI hengerlési szakemberével közösen végzett fejlesztő munkájukat a javított hengerréskenésről, amely az energiafogyasztás csökkentését és egyben a termékválaszték növelését célozta meg. Bevezetésként ismertette a 2006-ban beszerzett Siemens-hengerállvány adottságait. Összehasonlította a régi, percenként 600–700 méteres hengerlési sebességre képes berendezés lehetőségeit az új, 1200 m/perc sebességű hengerállvány lehetőségeivel. Elemezte a vékonyabb és szélesebb, különböző minőségű anyagoknál használt emulzió speciális módon való használatát, valamint a kenési hatékonyságot. A fejlesztés célja a kisebb súrlódási veszteség, a kisebb hengerlési erő alkalmazhatósága, a kisebb nyomatékigény és a kevesebb energiafelhasználás volt. A direkt applikációjú emulzió alkalmazásával a vékonyszalagok gyártásánál csökkentették az energiafelhasználást, csökkent a hengerkopás is. A bemutatott eljárással a gyártmányfejlesztés a méretszortiment bővülése mellett a mikroötvözött anyagok és a növelt széntartalmú anyagok hengerlése irányába tart.

Egy fiatal kutató, Mucsi András, a BME doktoranduszhallgatója, az Óbudai Egyetem munkatársa, a hidegen hengerelt acéllemezek lágyításának optimalizálásáról tartott előadásával kapcsolódott a konferencia témaköréhez. Az ISD Dunaferri Zrt. az Óbudai Egyetemmel kötött kutatási szerződés keretében a DC04 és DC05 hidegen hengerelt acélszala-



■ 1. kép. Varga Ottó

gok gyártási biztonságának növelésére, valamint a minőség javítására javaslatokat dolgozott ki. Kisméretű próbatetek alkalmazásával optimalizálási tervet készítettek.

A konferencia záróeseményeként adták át az idei Borovszky-pályázat díjait. Anyagtudományokkal foglalkozó egyetemi, illetve doktoranduszhallgatók számára kínált az OMBKE dunaújvárosi szervezete szakmai kibontakozási lehetőséget a Borovszky-pályázattal. Ebben az évben a beérkezett dolgozatok közül Mucsi András, a BME doktoranduszhallgatója, valamint Schön Márk, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara mesterképzésen résztvevő diákja munkáját díjazták (2. kép).

✍ Józsa Róbert



■ 2. kép. Schön Márk (balra) és Mucsi András (jobbra)

# Védőszentjük előtt tisztelegtek az újvárosi kohászok

December elsején rendezte meg az OMBKE dunaújvárosi helyi szervezete a hagyományos Szent Borbála-szakestélyét, amelynek a volt DLA-szabadidőpark, ma oktatási központ adott helyét. A szakestélyt a vállalati menedzsment képviselőjében megtisztelte jelenlétével *William Ernst*, az ISD szakértője. Vendégeink között köszönthettük az OMBKE budapesti és székesfehérvári szervezetének több tagját, a soproni és a miskolci egyetem egy-egy képviselőjét, valamint a Dunaújvárosi Főiskola tanárait és diákjait. A résztvevők között sok nyugdíjas tagtársunkat is üdvözölhettük.

A szakestély elnöke, *Lontai Attila* megemlékezett az Academia Montanistica megalapításának 250. évfordulójáról. A bányász-, erdész- és kohászhimnuszok eléneklése után a szakestély résztvevői néma tisztelegéssel emlékeztek meg az elmúlt évben elhunyt tagtársaikról.

A szakestély komoly poharaként *Tóth Lászlónak* a jelenlegi dunaújvárosi helyzetet részletesen elemző hozzászólását hallhattuk. Ezt követően *Bocz András* helyi elnök névvel ellátott kupával köszöntö meg a Borovszky-emlékév sikeres lebonyolításában kiemelkedő munkát

végző tagtársak – *Cseh Ferenc, Gyerák Tamás, Lontai Attila, Hajnal Attila, Hevesiné Kővári Éva, Danicska Sándor, Józsa Róbert, Grénusné Jóna Éva, dr. Kiss Endre és Dani Bálint* – fáradozásait. A szünet után a keresztelendő balek vezette elő bemutatkozó filmjét, amelyet a somogyfajsi őskohászati táborban készített. A magas praeses engedélyezte a pogány megkeresztelését, így *Thiele Ádám* gépészmérnök, a BME doktorandusza a Bucavasyűvő nevet kapta a kereszttségben (2. kép).

(--)



■ 1. kép. Az elkésők „büntetése”: kóla (balról jobbra: William Ernst, Hevesi Imre, Dani Bálint)



■ 2. kép. Balekkeresztelés (balra Fehér András, jobbra Thiele Ádám)

## Szent Hubertus- és Szent Borbála-emlékest Solton

2012. december elsején a solti Park Motel éttermében gyülekeztek a résztvevők a 15. Szent Hubertus- és Szent Borbála-emlékest megtartására. A már hagyományos jubileumi megemlékezésen az OEE kecskeméti csoportja és az OMBKE Fémkohászati Szakosztály kecskeméti helyi szervezete tagjai mellett a meghívásnak eleget tevő vendégek vettek részt. A vendégek között ismét köszönthettük az OMBKE tiszteleti elnökét, *dr. Tolnay Lajost*, az OMBKE Fémkohászati Szakosztály mb. elnökét, *Csurgó Lajost*, az OMBKE Székesfehérvári Területi Szervezet elnökét és számos tagtársát, az OEE

kecskeméti csoportjából *Sulyok Ferencet*, a Kefag Zrt. vezérigazgatóját és munkatársait, közöttük *Ugró Sándort*, a társaság műszaki vezérigazgató-helyettesét is. Ismét megtisztelték jelenlétükkel a rendezvényt a Szent Borbála Akadémiai Kör Egyesület tagjai, élükön elnökükkel, *Benke Tamás* bányamérnökkel. Az erdészek csapatát a Sefag Zrt. és a Nefag Zrt. munkatársai erősítették. Az OMBKE Öntészeti, Bányászati és Vaskohászati Szakosztályait is emblematikus vendégek reprezentálták, köztük a 70. születésnapját ünneplő *Belányi József* mélykúti öntőtechnikust és *Kiss Csaba András* bánya-

mérnököt, aki szintén törzstagja az ünnepi gyülekezetnek.

A baráti beszélgetésekkel kezdődő rendezvény házigazdája ez évben is a helyi Erdészné Kft. ügyvezetőnöje, *Szűcsné Fias Mónika* erdésztechnikus és hites társa, *Szűcs Imre* erdőmérnök voltak. A helyi vendégváró italféleségek kóstolását követően a Kefag Zrt. által felajánlott vadsüldő húsból főzött pörköltvacsora után került sor az emlékestre, egy erre a célra meghirdetett szakestély keretén belül. Az összegyűlt, több mint 50 isteni fényben tündöklő dicső firma egyhangú döntése alapján az elnöki válszalagot Ugró Sándor, a Pinokkió

erdőmérnök vehette át, aki Major Domusnak Szűcs Imre, a. Lenin erdőmérnököt, Kontrapunktoknak Mihalecz József, a. Golyó bányamérnököt és Lakatos Csaba, a. Tequila kohómérnököt, Cantus Praesesnek Csurgó Lajos, a. Ifjúmadár kohómérnököt, Konzekvenciának Kindla Norbert, a. Jose erdőmérnököt jelölt ki.

A szakmai himnuszok intonálását követően a Komoly Pohárban Dánfy László, a. Bubu vegyész mérnök a védőszentek életútjának áttekintése után, azoknak a ma emberére kiható aktuális üzenetét elemezte, majd egy Szent Hubertus-fohász és a Szent

Borbála-himnusz felolvasásával kérte a védőszentek oltalmát az egybegyűltekre és minden érintett szakmagyakorlóra. A Vidám Pohár kiürítője ezúttal is Kiss Csaba, a. Balhész Charley volt, aki a jelenlévők néhány tagjának anekdotaszerűen megfogalmazott rövid és kacagtató történetével oldotta az ünnepélyes hangulatot. A kontrapunktok bekapcsolásával az elnök szabad folyást adott a felszólalásoknak és a selmeci nóták gyakori zengésének. A felszólalók között Bognár Gábor, a. Pagát erdőmérnök verselését, Sáfár László, a. Rozmár kohómérnök felcserélt telefonos anekdotáját és a kontra-

punktok szellemes gondolatfuttatásait, valamint a Miskolci Gépezekért Alapítvány képviselője, Gubicz László, a. Papsi gépészmérnök köszöntőjét emelhetjük ki a teljesség igénye nélkül, akit, elnöki viszonzásként, a gépészhimnusz intonálásával köszöntöttek a résztvevők. A záró dalok és a magyar és székely himnusz felhangzása után a nótázás immáron szabadon választható repertoárját Vesztergám Miklós tárogató- és citerajátékának kíséretében hajnali háromig visszhangozták a teremfalak.

**Dánfy László**

## Dalos emlékezés Salgótarjában

Kedves ünnepségre került sor 2012. július 26-án a Bányamúzeumban. A Bányász–Kohász Dalkör az egyik elődjére, a százhusz évvel ezelőtt megalakult „Acélgyári dalárdára” emlékezett. A másik kórus, amelynek a maiak nyomában járnak, a bányászok 1924-ben alapított énekkara volt.

Az 1892-ben létrejött acélgyári dalárda – minden visszaemlékezés, korabeli feljegyzés szerint – az Olvasóegylet üdvöskéje volt. „A százéves a Kohász Művelődési Központ” című, 1978-ban megjelent kötetben is olvashatók Wabrosch Béla szavai – aki az olvasóegylet elnökeként a húszas évek közepén tekintett vissza az eltelt évtizedekre –: „Az Olvasó-

egylet a dalárdának a szülőanyja is, viszont a dalárda az Olvasóegylet édes gyermeke, istápolója, támogatója, egymásért élnek-halnak, osztózik dicsőségében és bánatában, becézi, simogatja még akkor is, ha az elkényeztetett gyermek rakoncátlankodik.”

A dalárdát, amely a Petőfi színjáték és a fúvós zenészek mellett több mint hét évtizeden át az egyik műkedvelő csoportja volt az intézménynek, a közönség nagyon szerette, és a sikerek sem maradtak el a dalosversenyek, dalos találkozók, fesztiválok során. Az utolsó fellépésekre a hetvenes évek végén került sor, aztán végleg megszűnt mind az Acélgyári énekkar, mind a szintén sokáig működött

gyományát. A dalkör vezetőjének Diósi Jánost választotta a csoport. A Bányász–Kohász Dalkör gyűjti, őrzi és népszerűsíti a két – Salgótarján ipari múltját reprezentáló – szakterületen a selmecbányai képzés óta fennmaradt tradíciókat, az elődök tiszteletét parancsoló diákköröskéget is.

A rendezvény koszorúzással kezdődött (1. kép). Először a Kohász Művelődési Központ épületén lévő emléktáblánál – ahol kilencven évvel ezelőtt várossá nyilvánították Salgótarjánt – helyezték el a megemlékezés virágait, majd a bányamúzeumnál koszorúzták meg idősb illetve ifjabb Chorin Ferencz emlékfalát. Természetesen mindkét helyen felhangzott a kohász- és bányászhimnusz.

A megemlékezés második részében ünnepi szakestélyre került sor. Józsa Sándor köszöntőjében üdvözölte a megjelenteket, és a bányamúzeumot működtető Salgótarján Köz- művelődési Nonprofit Kft. szakmai igazgatóhelyettesét, Székely Miklóst. Köszöntötte a résztvevőket, az ünneplő kórust, azt kívánva, hogy sok sikert éljenek még meg az elkövetkező évtizedekben.

A szakestély tisztségviselői jól végezték munkájukat, és minden biztosítva volt, hogy jó hangulatban folyjon és fejeződjön be ez a kedves megemlékezés.

**Vajda István**



■ Koszorúzás a várossá alakulás emléktáblájánál

# Új igazgató a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés élén

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés (MVAE) 2012. december 13-án tartotta évről-évre taggyűlését. Az ülésen Lukács Péter PhD, az MVAE elnöke áttekintette a hazai és nemzetközi acélpiaconkénti helyzetet és az acélipar általános helyzetének alakulását az elmúlt évben. Dr. Marczis Gáborné igazgató az Egyesülés munkájáról és pénzügyi helyzetéről adott tájékoztatást.

Ezt követően Lukács Péter elnök emlékeztette a jelenlévőket, hogy dr. Marczis Gáborné a szeptemberi tag-

gyűlésen kérte év végi nyugdíjazását. Az utódlás ügyében folytatott vizsgálódások és tárgyalások eredményeként javasolta, hogy a taggyűlés Szabados Ottó okl. kohómérnököt válassza meg igazgatónak, amit a taggyűlés egyhangú szavazással elfogadott.

Szabados Ottó 1962-ben született; 1984-ben alakítástechnikai üzemmérnöki oklevelet szerzett a Dunaújvárosi Főiskolán, majd 2002-ben a Miskolci Egyetemen okleveles kohómérnöki diplomát kapott.

1984–92 között a Dunaferri Üzemfenntartási Főmérnökségén dolgozott, majd két évet Németországban töltött, a Greschbach GmbH-nál. 1994 óta különböző beosztásokban a Dunaferri innovációs, K+F feladatok ellátó szervezeténél dolgozott. Közben 2001–2003 között a Dunaferri METAB-Ker Kft. ügyvezetője volt. Az elmúlt években igazgatóként az ISD Dunaferri Zrt. Innovációs Igazgatóságának munkáját irányította.

## NEKROLÓGOK

### Molnár Nándor

1929–2011



Aranydiplomás fémkohómérnök kollégánk 1929. február 17-én született Ajkán. A Veszprémi Piarista Gimnáziumban érettségizett. 1949–1953 között a MASZOBAL Rt. ösztöndíjasaként a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán tanult. Diplomáját jeles minősítéssel védte meg. Már első éves hallgatóként tagja lett egyesületünknek.

Az Ajkai Alumíniumkohónál üzemmérnöként kezdett dolgozni, később üzemvezető, 1962-től pedig a műszaki osztály vezetője lett.

Elsőként tervezte meg az országban a 45 kA-es blokkos kádszerkezetet Ajkán. Tevékenyen részt vett a kohó intenzifikálásának kísérleti és megvalósítási munkáiban, valamint a nehéz fizikai munkák gépesítésében. Irányította az alumínium kokillaöntési kísérleteket.

A járműöntvénygyártás problémáinak megoldása érdekében felvette a kapcsolatot a Qualital Kft. apci gyárával, ahol szintén ezen munkálkodtak. Az együttműködés sikerhez vezetett. Az irányítása alatt öntöde lett a mai Le Beiler Formaöntöde Rt. csirája.

1971-ben a Tatabányai Alumíniumkohó műszaki igazgatójává nevezték ki. Itt a kohó és az öntöde termelésbővítésének munkái mellett megtervezte és üzembe helyezte a 100 kA-es elekt-

ronikusan vezérelt blokkos elektrolizáló kemencét. Hulladékoltvasztó kemencék letelepítésével növelte a tuskóöntöde kapacitását. Irányításával telepítették a durvahuzal hengsorsort is.

Munkája elismeréseként többször részesült vállalati, miniszter kitüntetésben, és megkapta a Kiváló Újító ezüst fokozatot is.

Egyetemi hallgatók konzulenseként sokat foglalkozott a kohómérnök-utánpótlással. Tehetséges, szorgalmas, segítőkész és jó humorú kollégánk volt.

1988 januárjában infarktus érte, szerencsére együtt örülhettünk szív-műtete páratlan sikerének. Két évtizeden át élte békés nyugdíjas éveit, majd súlyos betegség következtében 2011. május 15-én meghalt. Utolsó útjára elkísérték: a vele 56 évig együtt élt felesége, gyermekei, unokái, rokonai, és kollégái. Hamvait Ajkán, a Hársfa úti temetőben szülei sírjába helyezték.

Egyesületünk egyik legrégebbi tagjától utolsó Jó szerencsét köszöntéssel búcsúzik volt évfolyamtársad:

**Fogarasi Béla**

A szerkesztőség régi adósságát törlesztette Molnár Nándor nekrológiájának megjelentetésével. Sajnos, a gyász hír csak későn jutott tudomásunkra, ezért búcsúztatóját csak most tudjuk közölni.

## Theobald János (1921–2012)



Theobald János aranyokleveles kohómérnök, a Csepel Művek Vas- és Acélöntödéjének nyugdíjas mérnöke 2012. november 17-én, 91. életévét alig betöltve, rövid, de súlyos betegséget követően váratlanul elhunyt.

1921. október 22-én Pakson született, nagyon nehéz körülmények között élő, többgyermekes családba. Tanulni szeretett volna, de dolgoznia kellett. Így az elemi iskola elvégzése után, 15 éves korában Budapesten, egy kis újpesti öntödében öntőinas, öntőtanuló lett. Háromévi tanulás és a kijelölt vizsgák letétele után öntősegédnek nyilvánították. 1941-ben belépett a Láng Gépgyárba, ahol először öntősegédként, majd öntőként dolgozott. Munka mellett tanult tovább, és 1951-ben technikus oklevelet szerzett, ezt követően technológus lett. 1951-ben rövid ideig a Kohó- és Gépipari Minisztériumban dolgozott, ugyanebben az évben felvették a Nehézipari Műszaki Egyetemre, ahol 1956-ban okleveles kohómérnökként végzett. 1956. május 1-jén került a Csepel Művek Vas- és Acélöntödéjébe, ahol nyugdíjazásáig, 1979-ig dolgozott különböző beosztásokban, végigjárva a fiatal szakemberek útját. A 2. sz. vasöntödében üzemmérnökként, majd a 3. sz. vasöntöde üzemvezetőjeként dolgozott. A hatvanas évek elején az 1. sz. vasöntöde üzemvezetője, majd az 1. sz. gyáregység vezetője lett. Ezután a Kísérleti és Kutatási Osztályt vezette 13 éven keresztül, nyugdíjba vonulásáig.

Munkáját szakértelemmel, lelkiismeretesen végezte, a munkásokkal könnyen szót értett. Számos vállalati elismerésben, kitüntetésben részesült. 1979-ben megkapta a Munka Érdemrend Arany Fokozatát.

Időközben több betegség érte, melyek legyengítették és sérülékennyé tették egészségét, ezért egészségi állapotára való tekintettel, saját kérésére, 1979-ben korengedménnyel nyugdíjba ment.

Még egyetemistaként tagja lett az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. Elsősorban a csepeli helyi szervezetben dolgozott, de országos rendezvények szervezé-

séből is kivette a részét. Az egyesület Öntészeti Szakosztályától több elismerésben részesült, legutóbb 2011-ben, 60 éves egyesületi tagságának elismeréseként Sóltz Vilmos-emlékérmet kapott.

1957-ben megnősült, felesége Schieder Mária volt. Házasságukból két gyermek született: Borbála és János. Példás családfő volt, és irigylésre méltó, szép életet éltek. Szeretett felesége azonban 14 évvel ezelőtt elhunyt. Ez beárnyékolta nyugdíjas életét, amelyet azonban erős akarattal, gyermekei segítségével, a tágabb család és a barátok, volt munkatársak támogatásával sikerült úgy rendezni, hogy mindig talált magának tartalmas, értelmes elfoglaltságot, megoldandó feladatot. Egészségi állapotától függően sokat tevékenykedett a kertben, lefoglalták a különféle ház körüli munkák.

Mindemellett figyelemmel kísérte egykori munkahelye, a Csepeli Vas- és Acélöntöde sorsát, rendszeresen megjelent különböző találkozóján, jubileumi ünnepein, de az Öntészeti Szakosztály fontosabb rendezvényein is részt vett. Utoljára 2012 szeptemberében, a szakosztály megalakulásának 60. évfordulója alkalmából rendezett ünnepségen az Öntödei Múzeumban találkozhattunk vele. Vidáman szervegetett egy közeli baráti találkozót. Szerette a társaságot, nagyon szeretett, és átéléssel tudott énekelni. Páratlan memóriája volt, hibátlanul emlékezett több száz népdal, nóta szövegére és dallamára. Nagy örömmel és kedvvel járt a szigetszentmiklósi nyugdíjasok klubjába, ahol a dalkört vezette. Szép hosszú, tartalmas élete volt.

Temetése 2012. december 10-én Budapesten, a Fiumei úti sírkertben volt. Fájdalommal vettek tőle végső búcsút és kísérték utolsó útjára családtagjai, volt egyetemi évfolyamtársai, kollégái, a sok ismerős, jó barát, és kívántak neki örök nyugalommal, valamint utolsó

Jó szerencsét!

✍️ (VÁ)

**Dr. Sziklavári  
Károly**  
(1930–2012)



A hajdan volt Fémkohászattani Tanszék nagy generációjának utolsó tagja is elment. 2012. november 19-én elhunyt dr. Sziklavári Károly okl. vaskohómérnök, ny. egyetemi docens.

Tisztelettel emlékezünk a szigorú, de korrekt oktatóra, aki közel 40 éven keresztül dolgozott a Fémkohászattani Tanszéken. Emlékezünk a hajdan volt nagyhírű Fémkohászattani Tanszék kiemelkedő tekintélyű oktatójára, aki szigorú következetességgel várta el önmagával szemben is a tanszék alapvetését, nevezetesen, minden segítséget meg kell adni a hallgatónak – mind szakmai, mind pedagógiai-módszertani szempontból – azért, hogy a tudása számon kérhető legyen. Emlékezünk a kutatóra, aki megszerzett kutatási eredményeit nagy lelkesedéssel alkalmazta oktató munkájában, sőt szívesen megosztotta azokat oktató kollégáival. Emlékezünk a kollégára, a vezetőre és barátára, aki mindig kész volt segíteni kollégáinak, beosztottjainak személyes problémáikban is.

Sziklavári Károly 1930. július 25-én született Lajosmizsén. Budapesten és Sopronban járt középiskolába, majd a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán, 1954-ben kitüntetéses vaskohómérnöki oklevelet szerzett.

Diplomáját megszerezve a diósgyőri Lenin Kohászati Művek Acélművében kemencesori acélgyártó volt, majd a technológiai osztályon gyártás- és öntéstechnológiával, selejt-elemzéssel foglalkozott. Hároméves acélműi munkálkodás után a Vasöntődében a metallurgiai részleg vezetésével bízták meg, ahol elsősorban a különleges, nagyszilárdságú szürkevas öntvények, továbbá kéreg-, kompaund-, kalander- és szürkevas hengeranyagok gyártástechnológiájának kidolgozásával foglalkozott.

1959-ben dr. Horváth Zoltán professzornak, a Kohómérnöki Kar dékánjának meghívására áthelyezését kérte a Nehézipari Műszaki Egyetem Fémkohászattani Tanszékére. Adjunktusi, majd docensi beosztásban oktatott. Aktívan részt vett a tanszék

igen széles skálájú kutatómunkájában. Szakmai tevékenysége elsősorban a metallurgiai rendszerek egyensúlyának vizsgálatához kötődött, ezen belül is elsősorban a hidro-, elektro- és klórméteallurgiához. Célirányos rendszerprogramok elkészítésével jelentős mértékben hozzájárult a számítástechnika tanszéki alkalmazásához az oktatásban és kutatásban egyaránt. Doktori disszertációját 1970-ben védte meg.

A Kohómérnöki Kar szervezeti munkájában is jelentős szerepet vállalt. 1959–87-ig a Fémkohászattani Tanszék tanszékvezető-helyettese, a Kohómérnöki Kari Tanácsnak (háromévi megszakítással) 1966–1984-ig, a Dékáni Tanácsnak (ugyancsak háromévi megszakítással) 1970–1984-ig tagja, 1978–84 között a kar dékán-helyettese volt. 1991-től 1996-ig nyugdíjas óraadóként oktatott.

Tevékenységének elismerését a Munka Érdemrend bronz fokozata, továbbá egy-egy elnöki tanácsi, minisztertanácsi, ill. oktatási miniszteri kitüntetés, „Kiváló nevelő” egyetemi oklevél, aranyoklevél jelzi. Az OMBKE két alkalommal Soltz Vilmos- emlékéremmel tüntette ki. A Kohómérnöki Kar két végzős évfolyama is tiszteletbeli évfolyamtársnak választotta, és kohászgyűrűvel ajándékozta meg.

Szakirodalmi munkássága is jelentős. Két egyetemi tankönyv (az egyik nívódíjban részesült), nyolc egyetemi, egy főiskolai jegyzet, nyolc oktatási segédlet, 31 szakcikk, 16 szakmai előadás, 45 kutatási jelentés szerzője, ill. társszerzője.

A Miskolci Egyetem elismert oktatóját, szakterületének kiváló ismerőjét saját halottjának tekinti és emlékét kegyelettel megőrzi.

Isten nyugosztalja!

**Dr. Lengyel Attila**

Dr. Sziklavári Károly temetése 2012. november 24-én a Mindszenti temető melletti evangélikus temetőben, római katolikus szertartás szerint történt.

## Szántai Lajos 1938–2012



Szántai Lajos 1938. február 12-én született a Borsod megyei Hernádnémetiben. A jóeszű, értelmes fiú továbbtanult, a miskolci Kohó- és Öntőipari Technikumban 1956-ban szerzett technikus oklevelet. Ez idő alatt kezdett el atletizálni, amiben szép eredményeket ért el. A sportban találta meg a kiegyensúlyozott, egészséges életvitelt.

A katonaság után a Soroksári Vasöntödében kezdett el dolgozni, előbb technológusként, aztán művezetőként, majd a formázóüzem vezetőjeként. Fejlesztette gyakorlati és szakmai tudását, és a szakma elismert művelőjévé vált. A történelem és a művészetek iránti vonzalma összekapcsolódott benne az öntészeti szakma általa oly nagyra becsült ágával, a szobor- és harangöntéssel.

Nyugdíjba vonulása után a szakmatörténeti és a műemléki, városvédő tevékenység adott célt tevékeny napjainak.

Az OMBKE Öntészeti Szakosztályának 1987 óta volt tagja, igen aktívan tevékenykedett a szakosztály Öntészettörténeti és Múzeumi Szakcsoportjában. Több cikluson keresztül volt a szakcsoport titkára, majd 2000-től örökös tiszteletbeli elnöke lett. Egyesületi munkáját 1996-ban OMBKE-émlékplakett kitüntetéssel jutalmazták.

Bekapcsolódott az Öntödei Múzeum szakma- és harangtörténeti kutatásaiba, a múzeumi rendezvényeken élvezettel vállalta a fiatalok tanítását az öntész szakma szeretetére.

Tisztelt, megbecsült tagja volt az Öntödei Múzeum közösségének. Ahogyan a beszélgetések során jó párszor elmondta, életének ezek voltak a legszebb napjai.

A város- és faluvédő mozgalomban fáradhatatlan ügybuzgalommal dolgozott a köztéri szobrok és emléktáblák felállításán. Többek közt lelkes munkája eredményeként valósult meg a II. kerületben található Gábor Áron-emlékmű rendbetétele, a Ganz Villamosági Gyár egykori öntödéjének 1910-es indulását megörökítő emléktábla újraöntetése és felhelyezése a Millenáris fogadóépületének falára.

A szakma és a magyar szabadságharc iránti tisztelete, érdeklődése tették őt Gábor Áron életének és a szabadságharc sikereiben oly nagy szerepet játszó ágyúöntés technológiájának elismert szakértőjévé.

Hazánk épített örökségének megővésében végzett kimagasló munkájáért 2010-ben Podmaniczky-díjjal tüntették ki.

Fáradhatatlanul járta a templomokat, s az egyházközségek támogatását megnyerve elérte, hogy több mint száz templomban állítottak emléket a toronyban függő harangok öntőmestereinek tiszteletére.

Szántai Lajos 2012. november 28-án, türelemmel viselt, súlyos betegségben, életének 74. évében elhunyt. December 12-én a Szent Gellért-plébániatemplom Szentsír-szórókápolnájában, a református egyház szertartása szerint búcsúzott tőle családja és nagyszámú tisztelője. A régi kollégák, egyesületi tagok, barátok nevében az öntészeti szakosztály elnöke vett tőle búcsút.

Kedves Lajos Barátunk! Emlékedet megőrizzük szívünkben, a bányász-kohász köszöntéssel kívánunk Neked utolsó

Jó szerencsét!

 **Katkó Károly**

## Vata László 1932–2012



A gyáralapítók egyik tagja, a Vasmű Állami Díjjal kitüntetett acélgyártó, metallurgus szakembere vaskohómérnöki oklevelének megszerzésétől, 1954-től 1993-ban történt nyugdíjazásáig szolgálta a Dunai Vasművet.

A martinacélműben felfelé ívelő szakmai pályáján 1963-tól 1974-ig volt az acélmű gyáregység vezetője, majd 1981-ig a kohászati technológia vezetője. Részt vett az acélmű valamennyi fejlesztésében, új technológiai eljárások bevezetésében, új termelőberendezések beüzemelésében. A személyéhez köthető sok jelentős eredmény közül is kiemelkedik a kemencék szerkezetének, az öntőüstök tűzálló eleminek célszerű módosítása, új acélfajták gyártási és folyamatos öntőgépeken alkalmazható öntési technológiájának kifejlesztése. 1982–1988 között a kutatási osztályt vezette, ahol kiemelten foglalkoztak az acéltermékek minőségének javításával. 1989-től 1993-ig ő volt a vállalat főmetallurgusa.

A dunaújvárosi főiskolán óraadóként 1992-ben címzetes főiskolai docens lett.

Munkáját számos Kiváló Dolgozó címmel és a Kohászat Kiváló Dolgozója kitüntetéssel (1974) ismerték el, 1980-ban pedig – öt társával megosztva – megkapta az Állami Díjat is.

Munkatársaival több újítást és szabadalmat dolgozott ki. Kiváló Újító Oklevelek után 1984-ben Kiváló Feltaláló elismerést is kapott.

Munkáját mindig az alaposág jellemezte. Realitásérzéke, lényeglátása, a munkakapcsolatban egyszerű és világos kommunikációja kiváltotta a munkások és a kollégák tiszteletét is.

Nyugdíjazása után feleségével leányuk közelébe, Veszprémbe költözött. Egy éven át súlyos beteg volt, de szerencsére halála napjáig értelmes életet élt. December 1-jén, otthonában érte a halál.

Az ISD Dunafer Zrt. saját halottjaként – hamvasztása után – december 12-én, a dunaújvárosi temetőben kohász tiszteletadással vettünk tőle végső búcsút és mondtunk utolsó Jó szerencsét.

 Dr. T. I.

## 15. EURÓPAI BÁNYÁSZ-KOHÁSZ TALÁLKOZÓ Kassa, 2013. június 6–9.



### PROGRAM

#### 2013. június 6. csütörtök

15:00–20:00 Érkezés és a résztvevők regisztrálása a Műszaki Egyetemen

#### 2013. június 7. péntek

8:00–10:00 Érkezés, regisztrálás  
10:00–16:00 „Európa bányászata tegnap és ma” nemzetközi konferencia  
16:00–18:00 Egyéni városnézés Kassán; Bányász fúvószenekarok térzenéje a Főutcán  
19:00–22:00 Az Európai Bányász-Kohász Találkozó ünnepélyes megnyitása Bányász est az Infinity Arénában (Prijazdiarni 1.)  
22.00 Tűzijáték

#### 2013. június 8. szombat

9:00–10:00 Ünnepi mise a Szent Erzsébet-templomban  
13:00–17:00 Szervezett kirándulások:  
– Mecenzéfi (Medzev) kohómúzeum, Jászói barlang,  
– Eperjesi sóbánya,  
– Tokaj borvidék Szlovákiában,  
– Látogatás a kassai US Steel Works vasműben  
– Magas Tátra,  
– Utazás az Alpinku üdülőközpontba kisvasúttal.  
18:00–20:00 Ünnepi felvonulás a Főutcán  
20:00 A találkozó ünnepélyes bezárása

A találkozó résztvevői részére szabad belépés az Európa Kulturális Fővárosa programjaiba.

A találkozóról részletes információ (program, szálláslehetőségek, jelentkezés, részvételi díj stb.) található az OMBKE honlapján: [www.ombkenet.hu](http://www.ombkenet.hu)

# Szemelvények kohászatunk múltjából

## Mecenzéf (németül Metzenseifen, szlovákul Medzev)

A 12–13. sz. fordulóján alapított, Keresztelő Szent János tiszteletére szentelt jászói premonstrei prépostság Magyarország egyik legjelentősebb hiteleshelye volt, királyi adományokból nagy birtokkal rendelkezett. A tatárjáráskor alapítólevele megsemmisült, ezért IV. Béla 1255-ben összeíratta birtokait, és kiváltságokat adott neki. Ezek között szerepel, hogy a prépostság „szabadon kereshet ércet, és azt hasznosíthatja”. E privilégium alapján telepítettek le az Anjoukirályok idejében német bányászokat és



A Pöhm-féle vashámor Mecenzéfen a 19–20. század fordulóján

kovácsokat – ún. mántákat –, s alapították meg Jászó mellett Mecenzéfet (első említése 1359-ben). A község a 15. században Alsó- és Felsőmecenzéf néven szétvált. A hámorokat a Bódva és az ebbe ömlő számos patak (Privering, Goldseifen, Dombach, Súgó stb.) vízenergiája működtette.

A forrásokban legkorábban előforduló mecenzéfi hámoros, Helias Teknagol – nevének tanúsága szerint szögkészítő – 1376-ban három olvasztókemencét és három hámort működtetett. A jobbágyok szerződést kötöttek a prépostsággal, a hámorhelyért évi cenzust fizettek. A Rákóczi-szabadságharc alatt Mecenzéfen ágyúgolyókat öntöttek, puskacsöveket és kopjásokat kovácsoltak. 1782-ben négy bucakemencés hámor 1100 bécsi mázsa vasat termelt. Volt 49 kovácsműhely is, ezek csak feldolgozták az acélt.

II. József 1786-ban feloszlatta a jászói prépostságot, de I. Ferenc 1802-ben visszahelyezte azt régi jogaiba és kiváltságaiba. Két év múlva a Jászó nyugati határában, Pocskajon lévő bucakemencés hámorokat megszüntették, és helyükre egy nagyolvasztót építettek. 1832-ben ötezer mázsa vasat termeltek, ezt részben helyben, részben a közeli Bukócon frissítették acéllá. Később hengermű is létesült.

Mecenzéfen a 19. sz. első felében száznál több hámor (túlnyomórészt kovácsműhely) dolgozott. Alsómecenzéfen főleg mezőgazdasági eszközöket készítettek, Felsőmecenzéfen pedig elsősorban szögeket. Az utóbbiakat általában kézzel kovácsolták, az előbbieket viszont farkaskalapáccsal, amelyet mintegy 2 m átmérőjű, felülcsapott vízikerek működtetett, a pöröly percenkénti ütésszáma 200 körül volt. A negyvennyolcas szabadságharc alatt Mecenzéf volt a szuronygyártás központja.

A hámorosok kezdetben céhbe tömörültek, amely megszabta, hogy a tagok mennyit termelhetnek. A kisebb hámorok tulajdonosai a gyártott szögeket, ásókat, kapákat, lapátokat a hátukra pakolva, gyalog vitték a vásárra, sokszor egészen Debrecenig. Később társaságok alakultak a nyersanyagok beszerzésére és az áru értékesítésére, a hámoros csak az áru elkészítésével foglalkozott. A nyereség fele a hámorosnak, másik fele a forgalmazónak járt. Egy kovácstűzhelyes kalapácsot egy kovácsmester és egy segéd (rendszerint 13-16 éves fiú) szolgált ki, évente kb. 200 mázsa terméket tudtak előállítani.

Alsómecenzéf nyugati határában 1868-ban Nehrer rozsnói kereskedő felépített egy nagyolvasztót, ez évente húszezer mázsa nyersvasat termelt, amely a diósgyőri vasműbe került. Néhány év múlva a Ganz és Társa Rt. vette bérbe a nagyolvasztót, működése az 1886-os gazdasági recesszió idején szűnt meg.

A jászói kohó 1870-ben leállt. 1890-ben Erpf Thuiszko és társai bérbe vették, a termelt nyersvasat Ózdra szállították; a század végén üzemen kívül helyezték.

A mecenzéfi hámorok működése viszont átnyúlt a 20. századba, bár a stájerországi áruk konkurenciája miatt a termelés hanyatlásnak indult. A Tischler és a Böschler család egy-egy régi hámora ipari műemlék. Mezőgazdasági szerszámokat készítő modern kovácsüzem ma is dolgozik Mecenzéfen.

 K. L.

### Források:

Heckenast G.: A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában. Bp., 1991

Kerpely A.: Das Eisenhüttenwesen in Ungarn, sein Zustand und seine Zukunft. Schemnitz, 1872

Edvi Illés A.: Felsőmagyarország kisvasipara. Technológiai Lapok, 1891