

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

152. évfolyam

2019/1. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Bevezető

1 Beszélgetés dr. Hatala Pállal, Egyesületünk elnökével

Vaskohászat

4 **A. Franceschini – F. Ruby-Meyer – F. Midroit – B. Diawara – S. Hans – T. Poulain – C. Trempont – E. Henault:** Gyengébb ötvözött acélok zárványvizsgálati technikáinak áttekintése

7 **Mucsi András – Valkai Máté:** Hőkezelési és alakváltozási paraméterek összefüggései 42CrMo4 acélminőségénél

Öntészet

11 **Bubenkó Marianna – Gyarmati Gábor – Fegyverneki György – Tokár Monika – Dúl Jenő:** A szemcsefinomítás hatékonyságának minősítése termikus analízissel

16 **Walczér Csaba – Bárdos András:** Nyomásos rotoröntvény formatöltési idejének optimalizálása

Fémkohászat

20 **Bereczki Péter – Fehér Jánosné – Bezi Zoltán – Kóti Dániel:** EN AW-8006-os alumíniumötvözet meleg hengerelt szemcse szerkezetének optimalizálása végeselemes és fizikai szimuláció alkalmazásával

27 **Jurecska Tamás:** Optikai-, konfokális mikroszkópia és infravörös spektroszkópia alkalmazása alumíniumtermékek felületi vizsgálatára

Anyagtudomány

33 **Réger Mihály:** Hengerelt lapostermékek középvonali dúsulása

36 **Benke Márton – Hlavács Adrienn – Piller Imre – Mertinger Valéria:** Lemezek fülese-dése és a {h00} polusábrák közötti kapcsolat

Felsőoktatás

40 **Farkas Ottó:** A Vaskohászati Tanszék az Alma Mater Selmecbányáról Sopronba történő átmekintése idején

44 „Selmec, Téged soha nem feledtünk!”

45 A Miskolci Egyetem hírei

Hírmondó

47 Szent Borbála-napi központi ünnepség

48 Emlékeztető OMBKE választmányi üléséről

49 10. Nemzetközi Clean Steel Konferencia XXIV. Szent Borbála Napi Kohász Szakestély

50 Budapesti vaskohászok kirándulása

51 XIV. Ózdi Hagományápoló Szakestély

52 Tisztelgés professzoraink és firmáink előtt Amikor még fűjt a gyár – 150 éves a Diósgyőri Vasgyár

54 Alumíniumban utazunk

55 Pöschl-Selmeczi Vilmos élete és munkássága

56 Köszöntések

58 Nekrológok

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

FROM THE CONTENT

A. Franceschini – F. Ruby-Meyer – F. Midroit – B. Diawara – S. Hans – T. Poulain – C. Trempont – E. Henault: Overview of Cleanliness Assessment Techniques for Low Alloyed Steel Grade 4
Steel properties are influenced by the amount, size and distribution of non-metallic inclusions. Because of the small size and amount of inclusions the investigation of these parameters is difficult and complicated. The 2 and 3 dimensional size distribution of inclusions in air-melted and in remelted steel were investigated using microscopic (LOM, SEM) and ultrasound measurement. Results were confirmed by fatigue tests.

Mucsi A. – Valkai M.: Relation between the heat treatment and deformation parameters of 42CrMo4 steel grade 7
The steel grade investigated in this study is frequently used for engineering parts subjected to fatigue or wear. Beside its good quenchability it can be advantageously used for nitriding, moreover this steel grade is not too sensitive to temper brittleness. According to the technical literature, the behavior of the material during plastic deformation parameters could be different even in case of the same mechanical parameters. In this paper, the deformation behavior of differently heat treated specimens is outlined.

Bubenkó M. – Gyarmati G. – Fegyverneki Gy. – Tokár M. – Dúl J.: The Evaluation of the Efficiency of Grain Refinement by Thermal Analysis 11
In this research thermal analyses of melts of different alloys used for gravity die cast cylinder heads were carried out. Our experiments which were completed in factory conditions had the aim to examine the effect of adding small amount of AlTi5B1 supplementary grain refining pre-alloy on primary crystallisation. Different evaluating methods of thermal analysis were tested and compared. Results proved that dosing small amount of grain refining alloy was found favourable in the foundry production practice.

Walczér Cs. – Bárdos A.: Optimizing the filling time of the die-cast rotor casting 16
Today, the demand for electric-powered vehicles has increased significantly. For this reason, more and more cast-rotors are required. The casting time of the rotor casting must first be determined. The calculation methods for conventional castings is not applicable to determine the casting time of die-cast rotors. In this article, we will show how to calculate the casting time of a rotor, which is confirmed by the results of experimental casting.

Bereczki P. – Fehér J. – Bézi Z. – Kóti D.: Grain structure optimization of hot rolled EN AW-8006 aluminium alloy using finite element and physical simulation 20
Regarding to the hot rolling of unalloyed and low-alloyed aluminium alloys, one of the main issue is to avoid the heterogeneity of the grain structure. In this publication, some results of an experimental and modelling activity were demonstrated which is aimed to improve the grain structure homogeneity in the hot rolled slab from EN AW-8006 alloy. These slabs show layered microstructure already in the early stage of the hot rolling process. According to our hypothesis, this phenomenon can be moderated or eliminated using larger reductions and decreasing the rolling

speed. The finite element analysis and the physical modelling of the thermomechanical loading for the original and the modified hot rolling schedules showed that the early-stage formation of layered microstructure can be moderated. Based on these principles, the industrial trials using the modified hot rolling schedule results in a strip with almost homogeny, partially recrystallized microstructure.

Jurecska T.: Application of Optical-, Confocal-microscopy and Infrared Spectroscopy for Surface Examination of Aluminium Products 27
With the development of technology, the customer expectations have also increased. To guarantee the aluminum products surface quality requirements, improvement of them, and for finding the reason of faults, are being continuously developed more precise measuring equipment. In this publication some industrial surface faults are presented faults from the industrial environment and their examination from several sides: the optical microscopy for high-magnification surface and sectional images, the confocal microscopy for surface scanning for three dimensional representations, and Infrared Spectroscopy which is used directly at the surface to investigate the organic contaminants. In addition the combination possibility of these methods will be demonstrated.

Réger M.: Centerline inhomogeneity of flat products 33
One of the most unpredictable defects of cast slabs is the centerline segregation. The centerline segregation in slabs develops in a complex way; it is connected partly to the macrosegregation and partly to the shrinkage of solidifying melt. As a result of these processes, the centerline segregated part of the slab will have a different chemical composition compared to the average composition and/or it will contain shrinkage holes, discontinuities and inclusions. After the solidification process during hot rolling the complex shaped interdendritic holes will be closed as a function of applied strains. The difference in chemical composition will remain even after the slab has spent several hours at over 1000 oC in the soaking furnace before hot rolling. Hot rolled products (heavy plates, strips) with centerline segregation will contain, depending on the solidification and technological parameters, a middle part with a chemical composition dissimilar to the average (i.e. in case of St52 grade the segregated area can be characterized by a carbon content of 0.3-0.5 wt% and manganese content of 1.7-1.9 wt%). According to industrial experiences, the segregation level (including the carbon content) can hardly be decreased by heat treatment.

Benke M. – Hlavács A. – Piller I. – Mertinger V.: The correlation between sheet earing and {h00} pole figures 36
In the present manuscript, a novel method is introduced which is suitable to predict the mechanical anisotropy, namely the relative ear height of sheet semi-products. The method – unlike other, more complex methods – does not rely on texture components or the ODF, but on pole figures of the {h00} reflections and does not require additional mechanical tests. The method was applied on rolled then annealed Al sheets with 0,3 mm thickness. Comparing the predicted ear heights to measured ear heights a good correlation was found.

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

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

• **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

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

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

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

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

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

Beszélgetés dr. Hatala Pállal, Egyesületünk elnökével



L. K.: Elnök úr! Életutadat ismerve számodra nem ismeretlen az Egyesület, az egyesületi élet. Korábban főtitkárhelyettesként, szakosztályi elnökként, alelnökként is tevékenykedtél, olyan akciók fűződnek a nevedhez, mint az egyesületi rendezvényterem bútorzatának elkészíttetése, a csengős kupa ötlete, a kohász valéalelnökök első találkozájának megszervezése vagy a szótárbizottság vezetése. Milyen gondolatok vezérelnek, amikor egy nehéz helyzetben lévő egyesület elnökeként végzed szakmai-társadalmi munkádat?

H. P.: Mint ahogyan sok évtizeden keresztül egyesületi tagként a vezetőktől elvártam, most az Egyesület elnökeként magamtól követelem meg, küldetésemnek, feladatomnak tekintem, hogy az OMBKE őrizze meg hagyományaira épülő szakmai és szervezeti tekintélyét, legyen képes a haladó idő kihívásainak eleget tenni, értékeit növelő módon megújulni. Legyen korrekt és erős partnere azoknak a társszervezetnek, elsősorban szakmai szövetségeknek, amelyek más súlypontokkal talán, s más szegmensekben, de ugyancsak szakmáinkért, a szakmáinkban dolgozó társainkért tevékenykednek. Szeretném elérni, hogy ezzel együtt Egyesületünk tartsa meg értékteremtő sokszínűségét, s legyen tagjainak egységében mégis olyan erős közösség, amelyben mindenki jól érzi magát, ahol mindenki szakmai, emberi otthonra talál.

A 2018-as küldöttközgyűlés résztvevői dr. Hatala Pál okl. kohómérnök személyében új elnököt választottak. Elnökünkkel lapunk megbízásából dr. Lengyel Károly készített interjút.

Az OMBKE ereje eddig is abban volt és ma is abban van, hogy országos szervezatként a központi rendezvényeken túl helyi és regionális szervezeteiben évente mintegy 160-180 alkalommal rendszeresen szervez szakmai és a szakmákhoz köthető szabadidős programokat. Ez a valódi összetartás, az együvé tartozás! Ennek folytatására, erősítésére kérem ez úton is – szintektől függetlenül – szervezeti egységeink vezetőit, tagjait. Tegyenek meg mindent azért, hogy a jövőben is minél több regionális programunk legyen, bevonva, együttműködésre kérve, készítetve az önkormányzatokat, a munkáltatókat, más civil szervezeteket, mindazokat, akit képesek bármilyen módon támogatni, segíteni bennünket.

L. K.: Az OMBKE hazánk egyik legrégebbi szakmai egyesülete. Mit gondolsz erről az örökségről, annak továbbviteléről?

H. P.: Egyesületünk alapvető küldetésének tartom, hogy erőnköz, lehetőségeinkhez mérten megőrizzük Selmectől származó örökségünket, vigyázzunk hagyományaink fenntartására, ápolására, szakmáink becsületére, büszkén viseljük egyenruháinkat, gondozzuk dalainkat, mint napjaink bányász–kohász örökösei. Jó döntések meghozatalával, az utánunk jövő generációknak továbbvihető állapotban adjuk át egyesületi örökségünket, hogy ők is tovább gondolhassák azt, és majdan átadhassák a mindenkori őket követő utódaiknak – mindazt megtevéve, amit hosszabb-rövidebb ideig ránk/rájuk bízott az élet. E mellett fontosnak tartom azt is, hogy a társadalom más tagjai felé kitartó kiállással legyünk elfogadottságunk megtartása, visszaszerzése érdekében. Minden megnyilvánulá-

sunkban jeleznünk kell környezetünknek, hogy e régi és felbecsülhetetlen hagyományokkal rendelkező szakmai közösség tagjai civil kurázssal, másokkal egyenrangúként és együttműködve dolgoznak, akarnak dolgozni. És hogy ez a kitartás követendő példa lehessen más hazai szakmai közösségek számára is!

2014-ben az UNESCO Szellemi Kulturális Örökség Nemzeti Jegyzékére kerültek a Selmeci diákhagyományok. Mi is ennek az örökségnek a jegyében működtetjük az Egyesületet, büszkén vállaljuk és viseljük ezt az örökséget. Felhívom azért minden tagunk figyelmét arra, hogy a Selmeci örökség bármely szintű részeseinek lenni kitüntetés, ami tartást, méltóságot ad, amihez nekünk egész elköteleződésünkkel oda kell állnunk. Ez soha nem szűnő, nem enyhíthető kötelezettség. Fontos tudnunk, hogy ez igen szerteágazó kérdéskör, igen sok mindent jelent. Nem kezdek felsorolásba, úgy sem lenne az teljes körű. De hogy ne legyen ez itt példa nélküli, egy, lehet, hogy kicsinek tűnő, de nagyon fontos témakört azért megemlítek: az egyenruháink hagyományainknak nem megfelelő, sokszor nem méltó viselését. Kicsinek tűnő, de nagyon fontos témakör, azért beszéljünk róla: az egyenruháink megfelelő, méltó viselése. Sajnos kevésbé ismert, hogy van az OMBKE-nek egyenruha viselési szabályzata. Ma már nem ritka, hogy tagjaink az egyenruhát nem fehér inggel, ahol kellene, ott sem nyakkendővel, hanem anélkül, vagy nem a szakmáink nyakkendőjével (Fradi-nyakkendő, western-öltözékhez való nyakkendő-helyettesítő, fémjelvényen átfűzött zsinag, mintás nyakkendő és még sorolhatnám), farmernadrággal (nemcsak fekete, de kék, sőt mogyoró-szí-

nű), sportcipővel stb. viselik. Ez nem méltó, sőt elfogadhatatlan. Komoly egyesület komoly tagjai ezt nem tehetik meg. És akkor arról nem is szóltam, hogy sok kollégánk van, aki nem egyesületi tagként feszít az egyenruháinkban...

Kérem egyesületünk tagjait, mindenkor legyenek ily módon is méltóak a Selmeczi örökséghez, erősítsék annak példamutató erejét!

L. K.: Egy önkéntes szövetség ereje a tagság létszámában is rejlik. Az utóbbi időben sokan aggódnak a figyelmük az Egyesület létszámának csökkenését, főként az utánpótlásbiztosítás olykor reménytelennek tűnő próbálkozásait. Látsz-e lehetőséget legalább a taglétszám stabilizálására?

H. P.: Napjaink, még inkább jövőnk egyik fontos kérdése az Egyesület taglétszáma. Becslések szerint ma legalább ezer olyan tagtársunk él szerte az országban, aki az elvesztett ipari háttér miatt most nem tagja egyesületünknek, bár az lehetne, szándéka szerint talán szívesen lenne is. Meg kell keresnünk őket! És ezt alapvetően a helyi szervezetek tagjainak kell megtenniük, ők tudják kik ők, rájuk jobban odafigyelnek az egykori társak. Jó példa erre a 2018 szeptemberében – több mint tíz év kihagyás után – a Vaskohászati Szakosztályhoz tartozó Ózdi Helyi Szervezet újbóli megalakulása 35 taggal.

Új szakcsoport vagy szakcsoportok megalakításával is foglalkozunk pl. a kő-, kavics- és ércbányászat területén. Ezen túl fel kell mérnünk, hogy a legközelebbi jövőben mely földrajzi területeken alakíthatunk több szakmai területet átfogó regionális szervezeteket „egységben az erő” jelleggel. Ettől azt várjuk, hogy egy-egy működő helyi szervezethez más szakmák támogató, de most még kallódó szakemberei is csatlakozni fognak. Regionális szervezetek alakításának nincs alapszabályi akadálya.

Hosszú távú kezelési tervet készítünk az előregedő – és ezzel együtt értelemszerűen fogyó – taglétszám szinten tartására, reménybeli növelésére. Érdemesnek tartjuk meghirdetni a „Hozz még egy kollégát!” programot is, ennek, mint kiemelt egyesületi

programnak, a főtítkárhelyettes lesz az irányítója.

Azt is fel kell mérnünk, hogy a különböző, elsősorban az egyetemista korból származó baráti társaságok működését mi módon tudnánk becsatornázni az egyesületi életbe.

L. K.: Idáig a közeljövő, vagy az egy kicsit távolabbi jövő dolgairól beszélgettünk. Mi a helyzet az Egyesület jelenlegi mindennapi feladataival?

H. P.: Fél éve választottatok meg elnöknek, ez arra volt elég, hogy tájékozódjak Egyesületünk hogyléte felől. Az Egyesület, köszöni, jól van, de számos érdemi változtatást gyorsan meg kellett és meg kell tennünk. Immár új, a választmány által megválasztott ügyvezető igazgatónk van, dr. Szabados Gábor bányamérnök. Az ő megválasztása azt is jelenti, hogy új főtítkárhelyettest is kell választanunk.

A főtítkárhelyettesi feladatok elvégzésére megbízást adott az elnökség (napvi munkavégzésünk során az elnök, a főtítkár, a főtítkárhelyettes és az ügyvezető igazgató alkotta csoportot hívjuk így) dr. Szombattalvy Anna kohómérnöknek, remélve, hogy munkája alapján majd a Választmány is egyetért az ő kiválasztásával és májusban a küldöttközgyűlés is jóváhagyja e tisztségben személyét.

Megkezdtek a titkárság főállású alkalmazottainak és a megbízásos munkát végző személyeknek az adottságait és az új feladatok elvégzésének igényeit összevetni a mostani helyzettel és adottságokkal, igényekkel. Ez alapján körültekintő és tényekkel alátámasztott információk alapján alakítjuk ki az új ügyvezető szervezet és a személyi háttér.

Küldöttközgyűlési határozat és törvényi kötelezettség alapján az Alapszabály Bizottság is megkezdte munkáját, az új alapszabályt jóváhagyási javaslatlal a májusban esedékes küldöttközgyűlés elé terjesztjük.

Kiemelt feladatunk az egyesület gazdálkodási eredményességének érdemi javítása, a kiadások felülvizsgálata és ésszerű csökkentése, a bevételek növelése. Reményeink szerint éves szinten minimum 8-10 millió forintnyi eredmény reálisan elérhető; részben a megtakarításokból szeretnénk finan-

szírozhatóvá tenni az Egyesületből korábban kiszervezett feladatok újra az Egyesületen belüli végzését.

Kerestünk és már találtunk pályázati lehetőséget az Európai Unió „Hátárok Átnyúló Program – Környezetvédelem és Szakmakultúra Megőrzés” című programlehetőségei között a szomszédos országok együttműködését megvalósító határ menti értékmegőrző tevékenységben való részvételre. A munkát megkezdtek, de az elnökség több szálon más pályázati lehetőség igénybevitelét is elindította.

Folyik a pártoló tagok listájának a frissítése, új pártoló tagok egyesületi működésbe vonásának munkája. Csak dolgozni kell rajta, látszik, hogy itt is vannak lehetőségeink.

Aktuálissá vált egy átfogó tagdíjrevízió is. Merjük remélni, hogy az Egyesület működtetésének költségeiből a tagság nagyobb, az elmúlt évek jövedelemnövekedésével és áremelkedéseivel összhangban lévő mértékű szezont vállal. E kérdéskör része az is, hogy ha minél több embert csábít tevékenységre szakmáink éltetése, hagyományaink elfogadása, működésünk támogatása, annál biztosabb gazdálkodást biztosít az egyesületi tagság az Egyesület működtetéséhez.

Egyes esetekben gondot okoz az Egyesület jogi személyiséghez tapadó jogának – téves megközelítések alapján végzett – úgymond nem mindig jogszerű használata. Van nem hivatalos pecsét, készültek vele szerződések, van „kivitt”, pontosabban az Egyesületen kívülre vitt és vélhetően máshol hasznot hozó program; előfordult az egyesületi fejléces papírok nagy szabadság melletti és ellenőrizetlen használata stb. Ezeket fel kell tárnai, rendezni kell, hiszen ez is az Egyesület megítélésének egyik meghatározó eleme.

A könyvelési, pénzügyi, bérelszámolási feladatkörök – a működés garantált fenntartása mellett – megbízásos alapon intézése alapvető érdekünk: e tárgykörben összességében minimum 2-3 millió forint éves megtakarítás érhető el, kockázat és érdemi erőfeszítések nélkül. A megtakarítások lehetőséget teremthetnek a megváltozó munkavégzési felkészültségek és a többletfeladatok finanszírozására.

Megkezdtek az egyesület informati-

kai rendszerének modernizálását, melynek része egy korszerű, naprakész számítógépes tagnyilvántartás és tagdíjfizetési nyilvántartási rendszer. Az új informatikai rendszer lehetővé teszi majd, hogy az előbb említett egyesületi rendezvények pénzügyileg átláthatóak, naprakészen nyomon követhetők legyenek.

Elkezdődött az OMBKE új honlapjának a készítése is, de ugyanígy tervet dolgozott ki az elnökség a rendszer szintű, tisztán digitális informatikai rendszer és egyesületen belüli kapcsolattartás jövőbeni kialakítására is.

Az elnökség általánossá szeretné tenni a hagyományos bányászati és kohászati múlttal rendelkező városokban vándorgyűlések, jelentős, a szakmáink társadalmi elfogadottságát növelő célzatú szakmai rendezvények, megemlékezések szervezését. Ezek keretében, de ezeken túlmenően akár országos, sőt Kárpát-medencei kiterjesztésű nagyrendezvények szervezését is tervezzük. Támogatást kérünk ehhez a helyi önkormányzatoktól, más, országos és regionális szervezetektől, országos főméltóságoktól.

A tagság véleményének megismerése érdekében folytatjuk a „Hogyan tovább Egyesület?” programot. Ezen a mindig más helyszínen szervezett nyitott rendezvényeken vitathatjuk meg helyzetünket, jövőnk meghatározónak ítélt kérdéseit, figyelembe vehetünk a jövőbeni munkánkhoz elhangzó további javaslatokat.

Fontos annak megértése és elfogadása, hogy az Egyesület léte, munkájának eredménye nem az Október 6. utcai központban, hanem a szakosztályokban, a helyi és regionális szervezetekben dől el! De az is fontos, hogy nem lehet az Egyesületet egyéni értelmezések alapján működtetni, szervezni, irányítani, csak társadalmi munkavégzésre alapítva. Az Egyesület jogi személy, s mint ilyen, jogokat és kötelezettségeket hordoz, nevesített, személyre szóló jogi felelőssége van. Központra tehát szükség van, szükség lesz – de ennek vannak és lesznek költségei.

Kérem az Egyesület valamennyi tagját, hogy nyújtson ehhez támogatóan kezét, adjon segítséget, legyen megértése, amennyi csak lehet. Akkor minden bizonnyal sikerülni fog megfelelni a le nem írható, ki nem mondható várakozásainknak, méltó módon élhet tovább az Egyesület, akárhogyan alakuljon a világunk, akármekkora is legyen a jövőbeni változások mértéke!

L. K.: Nem volt szívem megszakítani ezt a szinte egy szuszra elmondott munkaprogramot vagy tervezett tevékenységi listát, amelyből az látszik, hogy egy modern, tagjai érdekeit szolgáló és kedvére való Egyesületet terveztek, de nemcsak terveztek, tesztek is érte! Sok segítő társat kívánok ebben a munkában és Jó szerencsét!

Köszönöm a beszélgetést.

Az interjú kiegészítéseként...

Beszélgetésünkkor a szobában dolgozott dr. Szombatfalvy Anna is, aki az elnökség felkérésének éppen eleget téve fejezte be annak a gondolatnak a megfogalmazását, hogy miért érdemes az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület tagjának lenni. Megtetszett nekem is, nem hagyhatom ki, hogy idézzem:

„Az igazi összetartozás valószínűleg az élet egyik legnagyobb értéke. Öröm tartozni egy közösséghez, szervezethez, melynek tagjait összeköti a szakmájuk iránti elköteleződés, a hazaszeretet és az érték alapú barátság. Egy közösség erősebb, mint sok ember külön-külön. Könnyebb együtt tenni a növekedésért, a közös célokért, az újítások eléréséért, az érdekvédelemért. Az OMBKE keretein belül könnyebb az információszerezés és az üzleti kapcsolatok kialakítása is. És nem utolsó sorban, de jobb együtt kirándulni, eltölteni szabadidőnk egy-egy részét, eldalolni kedvenc selmeci nótáinkat és olykor-olykor nosztalgizálni az elmúlt, de örökké szép időkről.

...mi célra vagyunk a világon? – kérdezi Tamási Áron Ábele, s nyer választ: Azért vagyunk a világon, hogy valahol otthon legyünk benne. Szép és nemes szakmáink elkötelezettjeinek az OMBKE az a hely, ahol otthonra lelhetnek.”

Lejegyezte: LK



MEGHÍVÓ

az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület
2019. május 25-én, szombaton 11 órakor kezdődő

109. KÜLDÖTTGYŰLÉSÉRE

Helyszín: 3600 Ózd, Gyár u. 4. Technika Háza (egykori Tiszti Kaszinó)

A. FRANCESCHINI⁽¹⁾ – F. RUBY-MEYER⁽²⁾ – F. MIDROIT⁽²⁾ – B. DIAWARA⁽³⁾ – S. HANS⁽³⁾ – T. POULAIN⁽³⁾ – C. TREMPONT⁽³⁾ – E. HENAUULT⁽³⁾

Gyengén ötvözött acélok zárványvizsgálati technikáinak áttekintése

Az acélok tulajdonságait a zárványok mennyisége, mérete és eloszlása egyaránt befolyásolja; ezeknek a paramétereknek a megbízható meghatározása azonban a zárványok kis mennyisége és mérete miatt nehéz feladat. A szerzők hagyományosan gyártott és átolvasztott acéلبól készült próbatesteken vizuális (fénymikroszkópos és scanning elektronmikroszkópos) módszerekkel, ultrahangos vizsgálatokkal, ill. az eredményeket felhasználó modell segítségével vizsgálták a zárványok két- és háromdimenziós méreteloszlását. Az eredményeket fárasztóvizsgálatokkal támasztották alá.

Bevezetés

Az acélipari vállalatok és kutatóintézetek folyamatosan fejlesztik a repülőipar és az autóipar számára a nagy tisztaságú acélokat. A kis zárványtartalom eredményeképpen ezekkel az acélokkal jelentős súlycsökkentés, ill. a mechanikai jellemzők, elsősorban az élettartam javulása érhető el. A hagyományos módszerek azonban a lehetőségeik határára értek az acélok tisztaságának meghatározását illetően. A 10 MHz-es ultrahangvizsgálattal például (amelyet a bugák, vagy öntecsek vizsgálatánál alkalmaznak), csak a több száz mikron méretű zárványok észlelhetők. A mikrozárványok metallográfiai csiszolatokon fény- vagy scanning elektronmikroszkóppal jól jellemezhetők, de a kis észlelési valószínűség miatt ezek sem alkalmasak az adagok biztos besorolására.

A nehézségek ismeretében ezeket

az anyagokat legtöbbször fárasztóvizsgálatoknak vetik alá, ezáltal a belőlük készülő alkatrészek tényleges teljesítményéről nyernek információkat. Az ilyen vizsgálatok hosszadalmasak (5-10 millió ciklus) és költségesek, ezért alternatív módszereket dolgoztak ki a gyengén ötvözött acélok zárványosságának jellemzésére.

A tisztaság meghatározására kombinált vizsgálatokat végeztünk, nagy látóterű fénymikroszkópos képelemzést és nagyfrekvenciájú (80 MHz) ultrahangos vizsgálatokat alkalmazva. A metiS szoftver alkalmazásával virtuális próbatesteket képeztünk, ezeken modelleztük a zárványok legvalószínűbb méreteloszlását, a legnagyobb zárványméret előfordulásának valószínűségét pedig szélsőérték-analízis (Extreme Value Analysis) alkalmazásával vizsgáltuk. Végül fárasztóvizsgálatokat végeztünk a törést előidéző zárványok azonosítása céljából. Az eredményeket összehasonlítottuk a zárványvizsgálatok eredményeivel hagyományos és átolvasztással gyártott acélokbanál.

Anyagok és módszerek

A vizsgált anyag olyan gyengén ötvözött acél (1. táblázat), amelynél fontos követelmény a nagy tisztaság. Számos vizsgálati módszer értékelésére került sor két különböző technológiával előállított anyagon: hagyományos gyártás azt követő átolvasztással, illetve anélkül; ezekben nagyon eltérő zárványpopulációk alakultak ki. Az acél tisztaságát hőkezelt, 1300 MPa szilárdságú rúdacélokon vizsgáltuk.

Az egyik leggyakoribb módszer az acélok zárványosságának meghatározására a fénymikroszkópos vizsgálat képelemző rendszerrel kiegészítve. Az eljárás azon alapul, hogy a zárvány és a fémes mátrix eltérő kontraszttal jelenik meg. Fő előnye, hogy gyors automatikus méréseket lehet vele végezni még nagyobb területen is. Lehetővé teszi a zárványok típus szerinti besorolását (szulfid, oxid vagy nitrid) a szürkeség, méretek és alak alapján. Ennek a vizsgálatnak a során 5000 négyzetmilliméter területet értékeltünk a zárványsűrűség meghatározására; a detektálás alsó határa 3 µm volt.

A zárványok jellemzését téremisziós scanning elektronmikroszkóppal végeztük (FEG-SEM), amelyet energiadiszperzív spektroszkópiával (EDS) és képelemzővel kombináltunk. Az azonosítás a nemfémes zárványok és a fémes mátrix közötti kontrasztkül-

⁽¹⁾RT M2P, ⁽²⁾Ascometal, ⁽³⁾Aubert, ⁽⁴⁾Datamet
A 10. Nemzetközi Clean Steel Konferencián (Budapest, 2018. szeptember 18–20.) elhangzott előadás fordítása.

Fordította dr. Tardy Pál

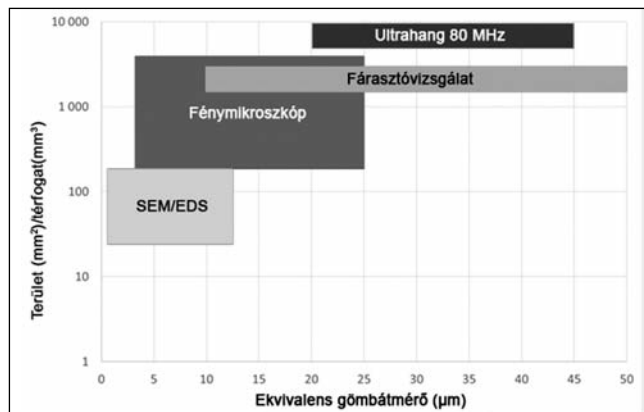
1. táblázat. A vizsgált anyag kémiai összetétele, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Al	S (ppm)
0,4	0,3	0,5	0,2	3,0	0,85	0,3	0,01	< 10

lőnségeken alapul. Ezzel az eljárással az oxidok és a nitrdek is megkülönböztethetők. Az EDS segítségével a zárványok összetétele is vizsgálható. A mérési feltételek a következők voltak: 50 mm² területen a detektálás határa 0,5 μm, 200 mm² területen a detektálás határa 3 μm volt.

Az ultrahangos vizsgálat olyan roncsolásmentes eljárás, amely az ultrahanghullámok terjedésén alapul a vizsgált anyagban. Az ultrahangadót számítógéppel kapcsolják össze. A visszaverődő hanghullámok hátréteget jeleznek, ami lehet a próba alsó fele, vagy az anyagon belüli hiba, pl. zárvány. A számítógép képernyőjén a jel amplitúdója a visszaverődés intenzitását és annak

érkezési idejét, azaz a felülettől mért távolságot jelzi. Ehhez a vizsgálatához 80 MHz frekvenciát alkalmaztunk, így a 20 μm-nél nagyobb zárványokat lehetett detektálni. A vizsgált próbaanyagok a következők voltak: a) 700 °C-on 34 órás megeresztes, hogy így csökkentjük a mikrostrukturából adódó jeleket; b) R_a < 0,2 μm finomságú polírozás, hogy a felületi egyenetlenségekből eredő reflexiókat elkerüljük. A vizsgált anyagmennyiség kb. 10 cm³ volt próbatestenként.



1. ábra. A zárványvizsgáló eljárások lehetőségének szemléltetése a zárvány méret, ill. a vizsgált terület/térfogat függvényében

2. táblázat. Egy zárvány detektálásához szükséges minimális terület (mm²)

Zárványátmérő, μm	Hagyományos acélgyártás	Hagyományos gyártás + átolvasztás
3	5	50
5	50	250
10	250	2000
15	1000	5000
20	2500	15 000

A meghibásodást okozó zárványokat fárasztóvizsgálatokkal azonosítottuk. Keresztirányú fárasztópróbateteket készítettünk a hengerelt rúdtermékből. Figyelembe véve a rúdanyag átmérőjét, a próbatetek kritikus része pontosan a termék közepére esett. A kalibrált méret 5,6 × 16 mm volt, ami 0,4 cm³-nek felel meg. A fárasztóvizsgálatokat hidraulikus gépen végezték, a terhelési arány R (a minimális és maximális feszültség aránya) 0,1, a frekvencia 50 Hz volt. A vizsgálatokat 5 × 10⁶ ciklus után leállították. Lehető

ség volt vizsgálatokra a kifáradási határ közelében, ill. nagyobb feszültségek mellett is. Minden próbatest törési felületén fraktográfiai vizsgálatokat végeztünk hagyományos scanning elektronmikroszkóppal és energiadisziperzív (EDS) elemzővel. A törés kiindulási helyén vizsgáltuk a zárványok méretét és összetételét. A törés közelében lévő zárványokat szintén vizsgáltuk.

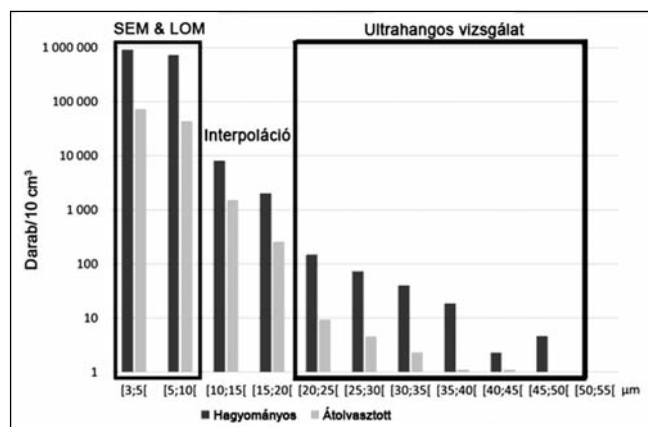
A zárványok méretét mikroszkóppal és ultrahangos módszerrel (80 MHz) vizsgáltuk, a teljes méret szerinti eloszlást pedig a Datamet metiS szoftverrel számítottuk ki [1]. Háromdimenziós (3D) eloszlást modelleztünk 2D-s vizsgálatok alapján 3–10 μm méretű zárványokra, ill. az ultrahangos vizsgálatok esetén a 20 μm-nél nagyobb zárványokra. A két mérettartományra interpolációt végeztünk, így módon a 3–50 μm közötti zárványok méreteloszlását határoztuk meg.

A kapott 3D méreteloszlást virtuális mintaként használtuk különböző 2D vizsgálatokhoz, hogy így módon virtuális szélsőérték-elemzést végezhesünk (1. ábra).

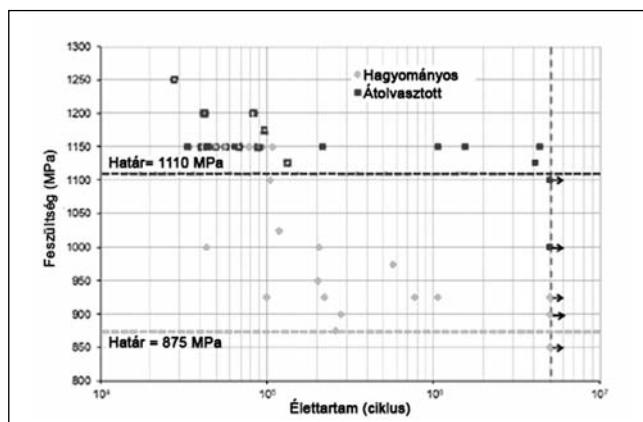
Eredmények és értékelés

Zárványűrűség-eloszlás

A 2. ábra a zárványvizsgáló módszereket mutatja be, a detektált zárványok



2. ábra. A 3–30 μm méretű zárványok modellezéssel meghatározott 3D sűrűségeloszlás a két kísérleti anyagban (db/10 cm³)



3. ábra. Élettartamadatok a hagyományosan gyártott és az átolvasztott próbaanyagokra (az üres négyzetek az ábrán a repedésképződés adatait mutatják)

mérettartományával a vizsgált terület/térfogat függvényében. A teljes zárványeloszlás meghatározásánál a módszerek kiegészítik egymást.

A 3. ábra a 3–50 µm méretű zárványok modellezett 3D sűrűségeloszlását mutatja a vizsgált acélgyártó eljárásokra.

A zárványsűrűség a zárványok méretétől és az acélgyártási technológia eredményeként kialakult tisztaság függvényében több nagyságrenddel változik. Ezért a felületi és térfogati elemzéseket megfelelő módon kellett alkalmazni. A 2. és 3. táblázatban az egy-egy zárvány észleléséhez szükséges minimális térfogat, ill. felület nagyságát mutatjuk be a két gyártási módra.

Amint a táblázatokban látható, a tisztaság megítéléséhez max. 15 µm méretig hagyományos gyártás esetén legalább 1000 mm², átolvasztott acél esetében legalább 5000 mm² vizsgálatára van szükség. Emiatt nagyméretű zárványok előfordulásának vizsgálata esetén nő az igény a vizsgált terület növelésére (nagy látóterű módszer). Hasonlóképpen ultrahangos vizsgálatnál hagyományos gyártású acélokban a tisztaság megítéléséhez a 20-50 µm méretű zárványok alapján legalább 500 mm³ vizsgálatára van szükség; ez azonban az átolvasztott acélokban nem ad megbízható eredményt a 30 µm-nél nagyobb zárványokra.

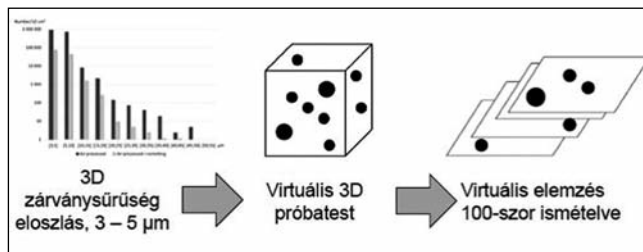
A zárványok összetétele és az oxigéntartalom

A zárványok összetételét SEM/EDS elemzéssel, az oxigéntartalmat pedig a hagyományos égetéses módszerrel, O/N elemzővel határoztuk meg (4. táblázat).

Mindkét gyártástechnológia esetén az oxidok teszik ki a zárványok legnagyobb részét. Az átolvasztott acélban az oxidok lényegében spinell típusú zárványok (Al₂O₃-MgO), míg a hagyományos gyártásnál nagy magnéziumtartalmú

3. táblázat. Egy zárvány detektálásához szükséges minimális térfogat (mm³)

Zárványátmérő, µm	Hagyományos acélgyártás	Hagyományos gyártás + átolvasztás
3	0,005	0,05
5	0,05	0,5
10	1	10
15	10	100
20	50	500
30	500	10 000



4. ábra. A szélsőérték statisztikai elemzésénél alkalmazott módszer

(MgO > 30%) zárványok is előfordulnak.

Szulfidok és nitridek lényegében csak a hagyományosan gyártott acélban fordultak elő, mennyiségük 2-5-ször kisebb volt az oxidoknál. A szulfidok a hagyományosan gyártott anyagokban MnS és CaS keverékei voltak, míg az átolvasztott acélban kizárólag CaS-ok. Kismennyiségű TiN mindkét anyagban előfordult.

A zárványok összetétele és a számított zárványsűrűség alapján kiszámítható a 0,5–50 µm méretű oxidzárványokhoz kötött oxigéntartalom. Ez a hagyományosan gyártott acél esetében az összes oxigéntartalom kb. 50-70%-át teszi ki; az átolvasztott acél esetében ez a részarány sokkal kisebb (< 20%). Valószínű, hogy az átolvasztott acélnál az oxigén nagyobb része vagy oldott állapotban van, vagy nagyon kis méretű (< 0,5 µm) zárványokhoz kötődik. Ezzel magyarázható, hogy a 0,5 µm-nél nagyobb zárványok alapján számított oxigéntartalom

4. táblázat. A zárványok összetétele és a teljes oxigéntartalom

	Hagyományos gyártás	Átolvasztás
Zárványösszetétel (SMS-EDS mérések alapján)	Al ₂ O ₃ – MgO Al ₂ O ₃ > 30% MgO Izolált CaS-MnS	Al ₂ O ₃ – MgO Kevés CaS
Összes O-tartalom	6 ppm	4 ppm
O-tartalom az oxidok SEM mérésekkel meghatározott méreteloszlásából becsülve	4 ppm	0,5 ppm

sokkal kisebb az égetéses technikával elemzetté.

Fárasztóvizsgálatok

A fárasztóvizsgálatokat alapvetően két céllal végzik el:

- a vizsgált anyag mechanikai tulajdonságainak meghatározása;
- az anyag zárványosságának a megítélése.

A kétfajta technológiával gyártott acélok kifáradási határa jelentősen eltért, ami a különböző tisztasági foknak a következménye (4. ábra). Nagy terheléseknél azonban (~ 1150 MPa) a két eljárás eredményei közeledni látszanak, és egy görbe felé konvergálnak.

Az eredmények egyértelműen mutatják a zárványosság hatását az igénybevétel függvényében. Ez a repedésképződés és -terjedés viszonylagos jelentőségét szemlélteti az alkalmazott feszültségeknek megfelelően:

- kis feszültségeknél a repedéskeletkezés az élettartam fontos része és a hiba jellegének (belső, vagy felületi hiba, kicsiny vagy nagy zárvány) jelentős szerepe van a mért élettartamban;
- nagy feszültségeknél a repedésképződés gyors és az élettartamot elsősorban a repedésterjedés határozza meg, amely független a keletkezés helyétől.

A két próbaanyag elsősorban a meghibásodást okozó hibák méretében különbözik:

- 5–15 µm méretű, elkülönült zárványok és 100 µm-nél nagyobb zárványsorok a hagyományosan gyártott acélnál;
- az átolvasztott acélnál 10–20 µm méretű, elkülönült zárványok.

A törési felületen talált zárványok kémiai összetétele hasonló a két eljárásnál: elsősorban Al-oxid és Mg-oxid zárványok.

Az oxidzárványsűrűség (elsősorban a 10 µm-nél nagyobbaké) jelentős csökkenése az átolvasztott

anyagánál (3. ábra) összhangban van a nagyobb (+25%) élettartammal.

Szélsőérték-statisztika

Szélsőérték-elemzés segítségével megbecsültük a zárványok valószínű maximális méretét. Ehhez igen sok csiszolatra lenne szükség, ami időigényes. Ennek elkerülése céljából virtuális 3D próbatesteket képeztünk a különböző módszerekkel meghatározott zárványsűrűségekre alapozva. Az ASTM E2283 alapján a metiS szoftver segítségével 24 darab, 150 mm² méretű virtuális területet vizsgáltunk meg; a vizsgálatokat 100-szor ismételtük. 100 000 mm² területen a hagyományosan gyártott acélnál $35 \pm 4 \mu\text{m}$, az átolvasztott acélnál pedig $21 \pm 4 \mu\text{m}$ volt az extrapolált legnagyobb zárvány méret. Ezek a becült értékek hasonlítanak a 80 MHz ultrahangos módszerrel meghatározott maximális értékekhez ($50 \mu\text{m}$ a hagyományosan gyártott, és $35 \mu\text{m}$ az átolvasztott acélra) és a fázisvizsgálatokkal meghatározott jellemző adatokhoz (max. $20 \mu\text{m}$ elkülönült zárványok esetében).

Következtetések

Két gyártási technológiával – hagyományosan gyártott, ill. átolvasztott – acélon végeztünk zárványossági vizsgálatokat különböző módszerekkel. Mindegyik módszernek megvolt a zárvány méret-tartománya és a tisztaság mértékétől függően az a terület/térfogat, amelyet vizsgálni kell a megbízható eredmény érdekében. Modellezés segítségével rekonstruáltuk a háromdimenziós zárvány méret-eloszlást. A modellezés segítségével meg lehetett becsülni az egyes módszerek rugalmasságát. Virtuális szélsőérték-analízissel lehetőség volt az anyagban előforduló legnagyobb zárvány méret meghatározására. A kifaradási határ javulása (25%) az átolvasztás hatására összhangban volt a tisztaság javulásával. A fázisvizsgálatok további információkat nyújtott az alkalmazott módszerekről, különös tekintettel a kisméretű zárvány csoportok hatására a kifaradásra. Megállapítottuk, hogy valamilyen módszer alkalmas volt az adagok tisztaságának a vizsgálatára. A hagyományos módszerekkel különbséget

lehetett tenni a kétfajta gyártási technológia között, de a termék minősítésére leginkább a fázisvizsgálatok alkalmasak.

Köszönetnyilvánítás

Ez a kutatás része az ELABORATION projektnek, amelyet az Institut de Recherche Technologique Matériaux et Procédés (Anyagtechnológiák és eljárások Kutató Intézete, IRT NP) koordinál az Agence Nationale de la Recherche (Nemzeti Kutatási Ügynökség, ANR) támogat. A szerzők köszönetüket fejezik ki az ipari partnereknek (Ascometal, Aubert&Duval, Safran) a próbaanyagokért és a metallográfiai vizsgálatokért, továbbá a Datanet egyesületnek a metiS szoftver használatához nyújtott segítségükért.

Irodalom

- [1] Hénault, E. (2010). Comparison of Inclusion Assessment Rating Standards in Terms of Results and Reliability by Numerical Simulation. Journal of ASTM International, 7(3), 1–11.

MUCSI ANDRÁS – VALKAI MÁTÉ

Hőkezelési és alakváltozási paraméterek összefüggései 42CrMo4 acélminőségénél

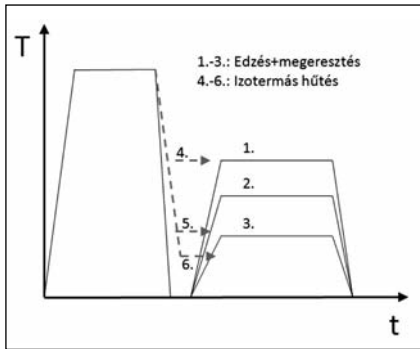
A vizsgált 42CrMo4 acélminőséget előszeretettel és gyakran alkalmazzák különféle fáradásnak, kopásnak kitett gépelemek alapanyagként. Azon túl, hogy a tárgyalt alapanyag edzhető, átédzhető valamint nitridálható is, további kedvező tulajdonságai vannak, például megeresztési ridegedésre nem hajlamos. A szakirodalom szerint azonos kémiai összetétel és egyes mechanikai jellemzők mellett is különbözhetnek az alakváltozási jellemzők [1]. A következő néhány fejezetben bemutatjuk azt, hogy a különböző módszerrel hasonló keménységre hőkezelt minták milyen mechanikai tulajdonságokat mutatnak.

Dr. Mucsi András szakmai életrajzát 2018/1. számunkban közzéltük.

Valkai Máté az Óbudai Egyetemen végzős gépészmérnök, CAD-CAM szakirányos hallgató. Jelenleg egy precíziós megmunkálással foglalkozó cégnél dolgozik. Kutatási témája az acélok hőkezelési állapotának és mechanikai tulajdonságainak kapcsolata.

Kísérleti módszerek

A kísérleti anyagul szolgáló 40 mm átmérőjű rúdból 35 mm külső átmérőjű, 15 mm belső átmérőjű, 150 mm hosszú csövek készültek. A csőalak elősegítette a keresztmetszet homogénre való hőkezelését. Összesen hat próbatestet munkáltunk ki, melyekből 3-3 darabon két típusú hőkezelést végeztünk el. Az egyik hőkezelési mód az ausztenítés utáni edzés és megeresztés, míg a másik az ausztenítés utáni különböző hőmérsékletű izotermás hűtés volt (1. ábra). A hőkezelések eredmé-



■ 1. ábra. A hőkezelések elvi idő-hőmérséklet diagramjai

1. táblázat. A kétféle módszerrel hőkezelt próbatetek paraméterei

Hőkezelés jellege	Munkadarab jelzése	Megeresztés/izotermás hűtés hőmérséklete [°C]	Keménység [HRC]
Auszténítés 860 °C-on 25 percig + edzés olajban + megeresztés	1.	600	31–34
	2.	500	35–39
	3.	380	44–46
Auszténítés 860 °C-on 25 percig + izotermás sófürdős edzés	4.	600	24–26
	5.	380–400	32–34
	6.	200	40–46

(5. darab) és kevert bénit-martenzites (6. darab) szövetszerkezetet mutattak.

A próbatest egyik felén, a hossztengety mentén forgácsolási kísérleteket végeztünk [2], míg másik feléből az alakíthatósági tesztek próbatestjeit munkáltunk ki. A csőfalból hengeres szakító hengeres szakító próbatesteket, illetve hengeres zömítő próbatesteket készítettünk. A próbatetek vázlatát a 2. ábrán látható.

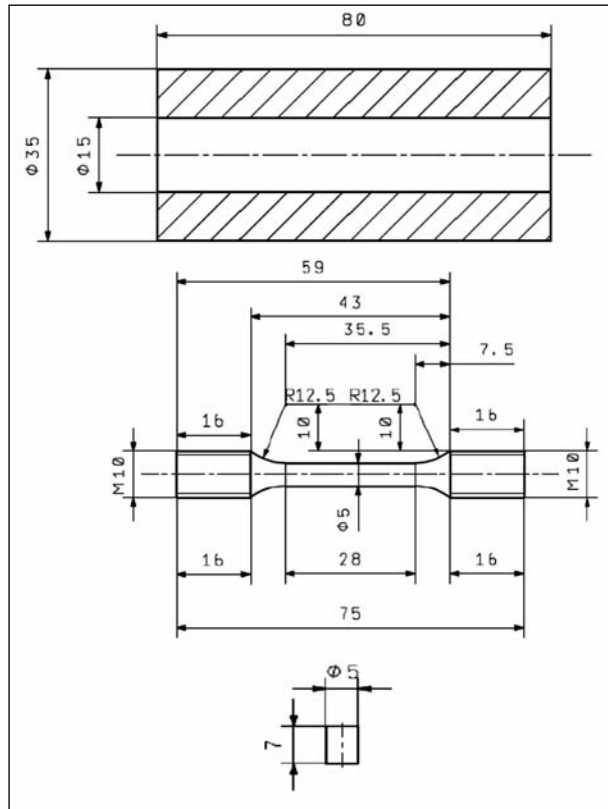
Eredmények

Az eredetileg 150 mm hosszú próbatetek hossza mentén az első 75 mm-en forgácsolási kísérleteket végeztek. A kísérletek eredményeként kiderült, hogy a szövetszerkezet a keménység–forgácsolóerő, keménység–fajlagos

forgácsolóerő összefüggést lényegesen nem befolyásolja [2]. Annál inkább érdekes, hogy a kétféle módszerrel hőkezelt próbatetek alakváltozás során különbözőképpen viselkednek. A 3. ábrán az 1. és 5., nagyon hasonló keménységre hőkezelt próbatest szakítódiagramja látható. Minden hőkezelt előgyártmányból két próbatest kimunkálása és vizsgálata történt meg.

A diagramon jól látható, hogy a közel egyenlő keménységű 1. és 5. próbatest szakítószilárdsága nagyon közeli értéket ad. Ugyanakkor a rugalmas-képlékeny átmenet az edzett+megeresztett daraboknál folyási jelleggel, míg az auszténített és izotermásan hűtött próbatesteknél folytonos jelleggel történik. A szakadási nyúlásban is jelentkeznek a különbségek. Az izotermásan hőkezelt daraboknál ugyanazon szakítószilárdság és keménység mellett érzékelhetően kisebb szakadási nyúlást mértünk.

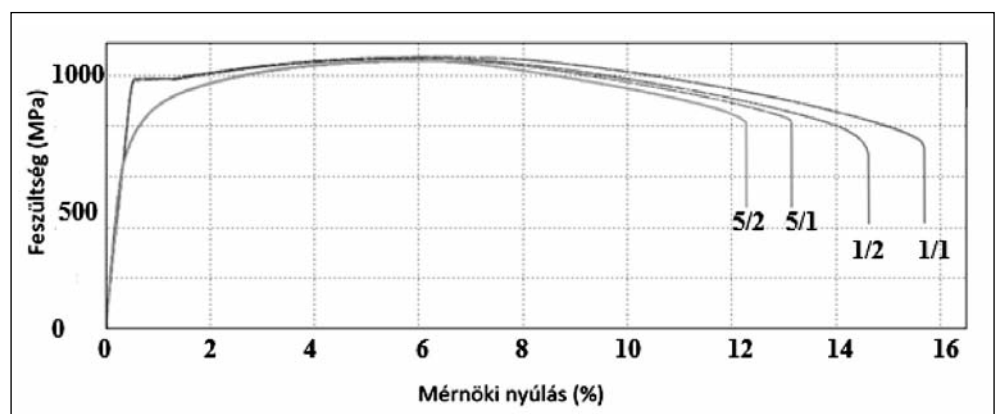
Érdekes diagramot kapunk, ha a keménység függvényében ábrázoljuk az egyes szakítóvizsgálatból megállapítható mérőszámokat a többi próbatestet is figyelembe véve (4. ábra). Látható, hogy az edzett+megeresztett darabok szakítószilárdsága kissé



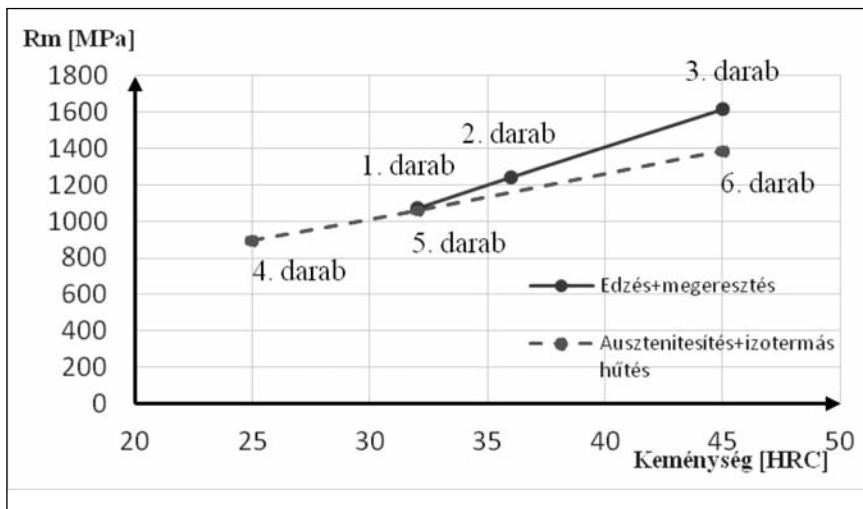
■ 2. ábra. A próbatetek előgyártmánya, illetve a szakító- és zömítő próbatetek geometriai méretei [3]

nyei az 1. táblázatban láthatók.

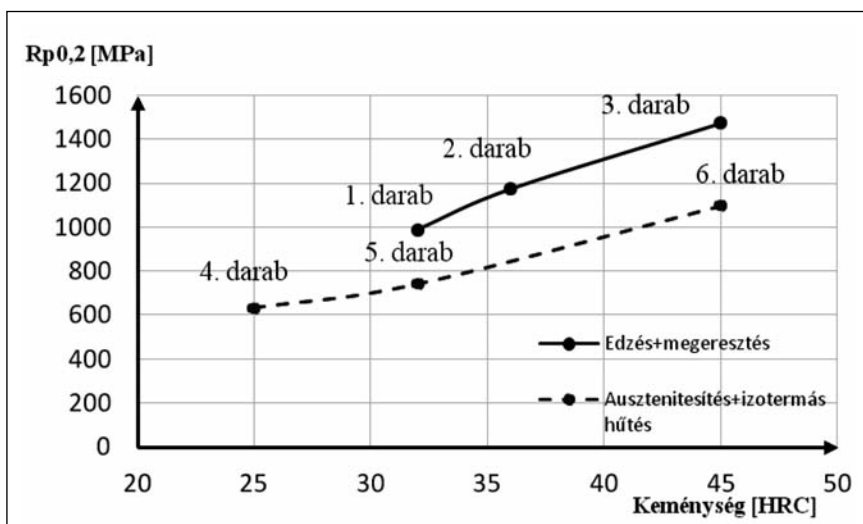
A cső alakú próbatetek csőfal menti keménységeloszlása kb. 10 HV intervallumban egyenletes volt [2]. A hőkezelés hatására az 1.–3. darabok szövetszerkezete különböző mértékben megeresztett martenzit (illetve a szferoidizáció különböző fázisaiként képződött szferoidites szövet). A 4.–6. darabok az izotermás hűtés hatására ferrit-perlites (4. darab), bénites



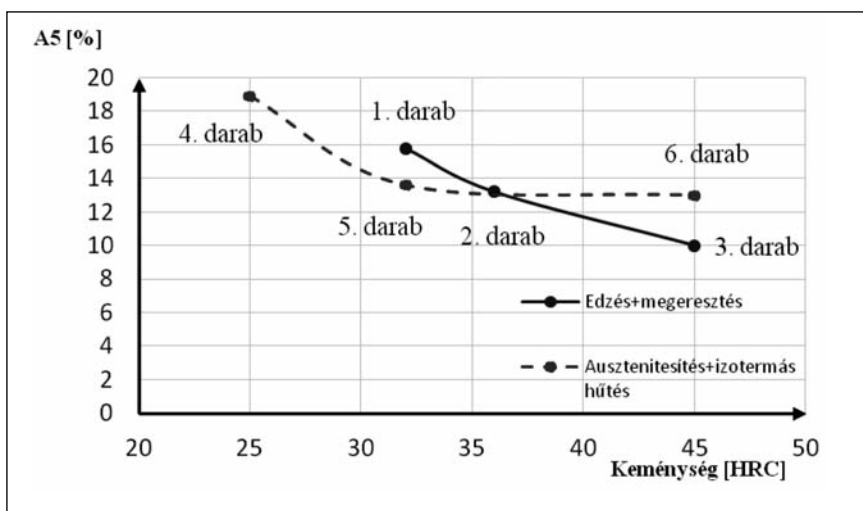
■ 3. ábra. A mérési hibán belül azonos keménységre hőkezelt 1. és 5. próbatest szakítódiagramjai [3]



■ 4. ábra. A keménység és a szakítószilárdság kapcsolata a különböző módon hőkezelt próbatesteknél [3]



■ 5. ábra. A folyáshatár és a keménység kapcsolata az edzett+megeresztett valamint az izotermásan hűtött daraboknál [3]



■ 6. ábra. A szakadási nyúlás változása a keménység és a hőkezelési mód függvényében [3]

intenzívebben nő a keménység függvényében, mint az izotermásan hűtöttéké.

A folyáshatár a már említett folyási jelenség különbsége miatt ugyanazon keménységnél az edzett+megeresztett daraboknál lényegesen nagyobb, mint az izotermásan hűtöttéknél (5. ábra). A folyáshatár különbözősége magában hordozza azt is, hogy valószínűleg a kifáradási határ és a törés folyamatot jellemző paraméterek (törési szívósság, J-integrál) is különbözőek.

A 6. ábrán az látszik, hogy a keménység növelésével az edzett+megeresztett darabok szakadási nyúlása intenzívebben csökken, mint az izotermásan hűtöttéké. A mérési eredményekre illesztett függvények alapján a metszéspont kb. 36 HRC-nél jelentkezik. Ezen keménység felett a megeresztett darabokban jelen lévő martenzittú „maradékok” nagyobb bemetszési hatással bírnak, mint az izotermásan hűtött bénit-martenzit (+maradék ausztenit) szövetű darabok.

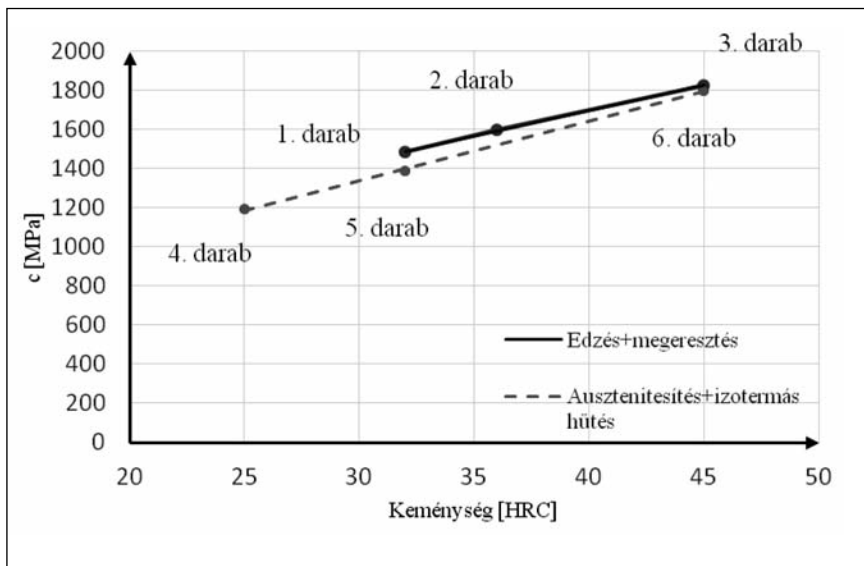
Megvizsgáltuk a zömítés közben tanúsított viselkedést is. A zömítések elvégzésekor a próbatesteket teflon-szalagon „megúsztatva” alakítottuk a súrlódás csökkentésének érdekében. A zömítő diagramok felvétele után a Hollomon-féle kétparaméteres folyásgörbe egyenletet illesztettük fel [4]:

$$k_f = c \cdot \phi^n \quad (1)$$

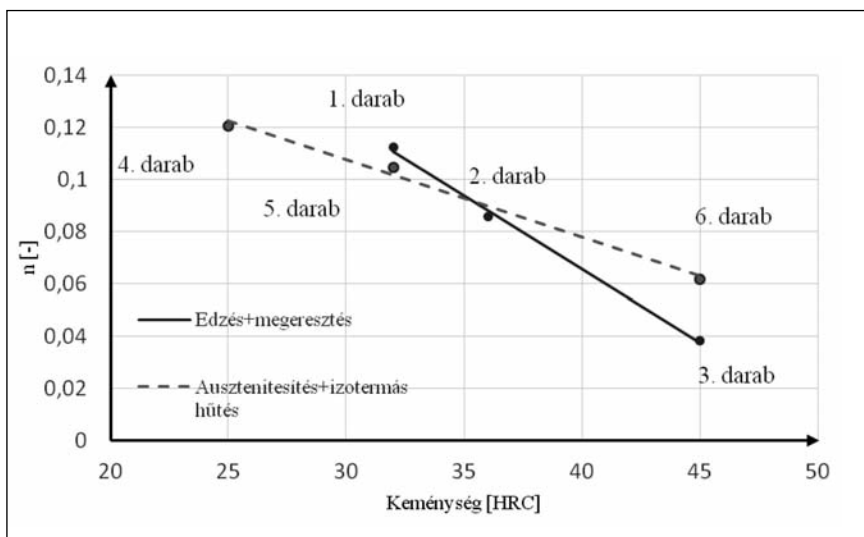
ahol k_f az alakítási szilárdság, c a keményedési együttható, ϕ a logaritmus alakváltozás, n a keményedési kitevő. Az illesztés során meghatározott c és n paraméterek hőkezelési mód és keménység függvényében a 7. ábrán látható diagramot adják.

A diagramon látható, hogy a zömítővizsgálat alapján meghatározott keményedési együttható és a hőkezelés módja között szignifikáns összefüggés nincs, a c értékét a hőkezelt darabok keménysége határozza meg. Annál inkább látszik a különbség az n kitevők alakulásában (8. ábra).

A keménység függvényében mindkét hőkezelési módnál csökken az n kitevő értéke, mely érthető, hiszen az n kitevő a keményedés intenzitásával és az alakváltozó-képességgel van



■ 7. ábra. A keményedési együttható változása a keménység függvényében a kétféle hőkezelésen átesett zömítő-próbatesteknél [3].



■ 8. ábra. A keményedési kitevő változása a keménység függvényében a kétféle hőkezelésen átesett zömítő-próbatesteknél [3]

összefüggésben. Megfigyelhető, hogy az edzett+megeresztett darabok folyásgörbéjének n kitevője intenzívebben csökken a keménység növelésével. A két illesztett függvény metszéspontja ugyancsak 36 HRC körül van, hasonlóan a keménység–szakadási nyúlás diagramhoz. Érdekes tehát,

hogy a szakítóvizsgálatból megállapított szakadási nyúlással egyazon keménységnél metszik a kétféle hőkezeléssel hőkezelt próbatestek görbéi egymást, mint a zömítővizsgálatból megállapított n kitevő görbéi. Ez az egybeesés valószínűleg az alakváltozási jellemzők kap-

csolata, valamint az alakváltozási mechanizmusok keménységgel való változásának tudható be.

Összefoglalás

A cikkben bemutattuk a 42CrMo4 acélminőség mechanikai és alakváltozási paramétereinek a hőkezelés módjával való összefüggéseit. A két hőkezelési mód az ausztenítés utáni edzés és megeresztés, illetve az ausztenítés utáni izotermás hűtés volt. Korábbi vizsgálatok kapcsán kiderült, hogy a különböző hőkezelésen átesett munkadarabok forgácsolási paramétere (pl. forgácsolóerők) a keménység, és nem a hőkezelési mód függvényei.

Ugyanakkor a jelen cikkben bemutatott alakváltozási paraméterek jelentősen függenek attól, hogy az adott keménységgel (vagy szakítószilárdsággal) jellemezhető darab milyen termikus előéletű.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Dunafer Labor Nonprofit Kft.-nek a szakítóvizsgálatok elvégzéséért, valamint az Óbudai Egyetem munkatársainak a próbatestek előkészítéséért.

Irodalom

- [1] George E. Dieter: Mechanical Metallurgy, McGraw Hill Book-Company, New York, 1961.
- [2] Antal Zsófia: Szövetszerkezet hatása a forgácsolhatósági jellemzőkre, Óbudai Egyetem, Szakdolgozat, Budapest, 2018.
- [3] Valkai Máté: A szövetszerkezeti és mechanikai tulajdonságok összefüggései 42CrMo4 acél különböző hőkezelési állapotaira vonatkozóan, TDK dolgozat, Óbudai Egyetem, 2018.
- [4] Dr. Horváth László: Képlékenyalakítás alapfogalmai Oktatási segédlet BMF, 2003.

BUBENKÓ MARIANNA – GYARMATI GÁBOR – FEGYVERNEKI GYÖRGY –
TOKÁR MONIKA – DÚL JENŐ

A szemcsefinomítás hatékonyságának minősítése termikus analízissel

Különböző öntészeti ötvözetekből gravitációs kokillaöntéssel előállított hengerfejek olvadékainak termikus elemzését végeztük el. Az üzemi vizsgálatokkal a kismennyiségű AlTi5B1 szemcsefinomító előötvözet kiegészítő adagolásának a primer kristályosodásra gyakorolt hatását teszteltük, valamint a termikus elemzés különböző kiértékelési módszereit alkalmaztuk és hasonlítottuk össze. A vizsgálati eredmények igazolják a kismennyiségű szemcsefinomító segédötvözet öntődei alkalmazásának a kedvező hatását.

Bevezetés

Az öntődei üzemi gyakorlatban a szemcsefinomító titán mennyiségét írják elő, melyet spektrométeres elemzéssel ellenőriznek. A szükséges titánmennyiséget az ötvözetből beszállítója állítja be, melyhez kiegészítő adagolást általában nem alkalmaznak, mivel a titán leégése az olvasztásnál csekély. A titán szemcsefinomító hatása az olvadékban lévő szilárd vegyületeinek a számától függően változik. A titánvegyületek az olvadékban a hosszú idejű hőn tartás és többszöri átolvasztás közben durvulnak, az

apróbbak beoldódnak, ezáltal a csírák száma változik és ezzel a szemcsefinomítás hatásossága is. Ezt a változást a titántartalom spektrométeres elemzése alapján nem lehet megítélni.

Vizsgálataink során különböző öntészeti ötvözetekből gravitációs kokillaöntéssel előállított hengerfejek alapanyagának termikus elemzését végeztük el és az AlTi5B1 szemcsefinomító előötvözet kiegészítő adagolásának a hatását vizsgáltuk.

Az üzemi kísérleteknél csak olyan ötvözetet vizsgáltunk, melyek titántartalma az előírások szerinti határértékeknek megfelelt, tehát kiegészítő

titánadagolás igénye nem merült föl. Az olvasztásnál felhasznált betétanyag változtatására sem volt lehetőségünk, pl. csak visszatérő hulladékból és selejtöntvényekből történő olvasztás, melynél a csíráállapot megváltozása feltételezhető. Az üzemi vizsgálatokkal a kis mennyiségű szemcsefinomító adaléknak a primer kristályosodásra gyakorolt hatását teszteltük és a termikus elemzés különböző kiértékelési módszereit alkalmaztuk és hasonlítottuk össze.

A termikus analízis alkalmazása a szemcsefinomítás minősítésére

Termikus analízis (TA) során általában egy hűlésben lévő anyag hőmérsékletének időbeli változását rögzítjük és elemezzük. Legegyszerűbb formája a fémöntészetben, amikor egy öntőformában, vagy tégelyben megdermedő olvadék lehűlési görbét veszünk fel. Az értékelési folyamat azon alapszik, hogy minden a kristályosodás során végbemenő folyamat befolyásolja a lehűlési görbe alakját. Öntészeti alumíniumötvözetek esetén termikus analízissel meghatározható a szemcsefinomítás hatékonysága, az eutektikum módosíthatósága. A lehűlési görbe alakját meghatározza a dermedés során felszabaduló látens hő és a környezetnek leadott hő mennyisége; meghatározó továbbá az öntési hőmérséklet és az öntött olvadék mennyisége [1, 2].

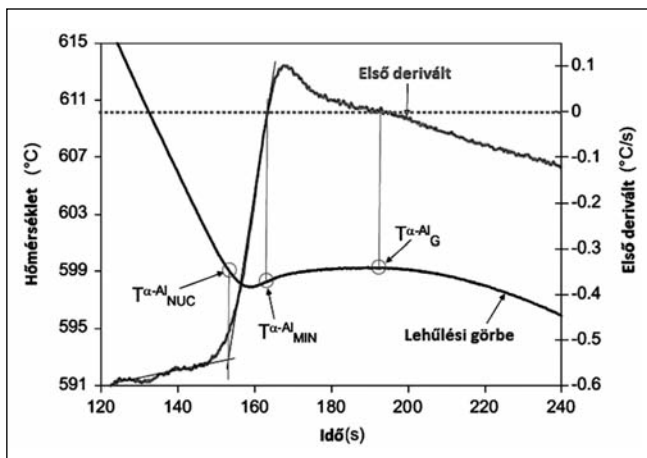
A termikus analízis az egyetlen olyan ismert olvadékminősítő módszer, amely segítségével hatékonyan minősíthető az adott ötvözet nukleációs potenciálja, azaz az alkalmazott kémiai szemcsefinomítás hatékonysága

A BKL Kohászat 2018/3. számának 14–19. oldalán megjelent „Az öntészeti Al–Si ötvözetek kémiai szemcsefinomítása” című közlemény 2. része

Bubenkó Marianna 2016 decemberében a BSc-tanulmányait Járműipari Öntészet – öntészet szakirányon, 2018 júniusában pedig MSc-tanulmányait kohómérnöki szakon fejezte be a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola első éves doktorandusz hallgatója. Kutatási területe: Al–Si öntészeti ötvözetek primer kristályosodásának, a szemcsefinomító előötvözetek hatásának vizsgálata.

Gyarmati Gábor, dr. Fegyverneki György és *Tokár Monika* szakmai életrajzát a BKL Kohászat 2018/3. számában közzéltük.

Dr. Dúl Jenő a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen 1971-ben szerzett kohómérnöki oklevelet, 1987 óta a műszaki tudomány kandidátusa. Az Öntészeti Tanszéken 1981-ig kutató, utána oktató beosztásban dolgozott 2012-ig. 2006–2009 között a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék vezetője. 2012-től címzetes egyetemi tanár. 2011–2017 között a Foundry-Solid Egyetemi Innovációs Közhasznú Nonprofit Kft. ügyvezetője. Kutatási területe: az öntészeti tulajdonságok vizsgálata, ritkaföldfémek hatása, öntészeti szimuláció, nyomásos öntés technológiája.



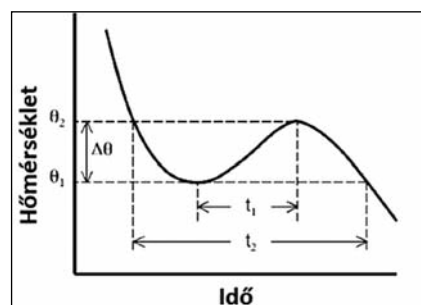
■ 1. ábra. A primér α -Al kristályosodását jellemző hőmérsékletek meghatározása [4]

ga. Fontos kiemelni, hogy a termikus analízis által meghatározott paraméterek szigorúan véve csak a vizsgálatra jellemző lehülési sebesség esetén helytállóak. Egy adott ötvény esetén a lehülési viszonyok jelentősen eltérhetnek egy-egy ötvényrész esetén, emiatt a létrejövő szemcsék méretei lokálisan különbözhetnek attól, mint amit a termikus analízis eredményei alapján várnánk. Az azonban elmondható, hogy minél nagyobb nukleációs potenciálra utalnak a termikus analízis eredményei, annál valószínűbb, hogy az adott ötvény minden részében sikeres a szemcsefinomítás [3].

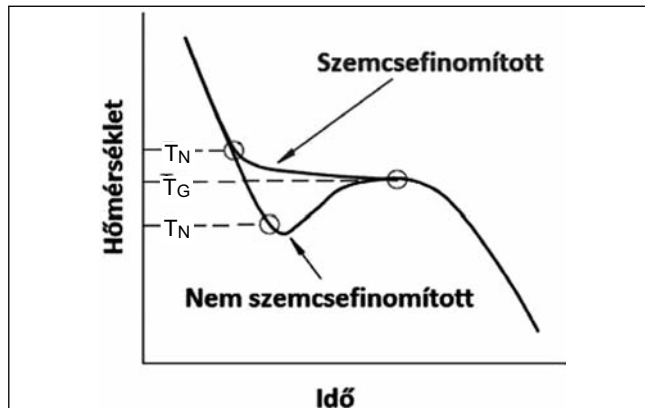
A kémiai szemcsefinomítás hatékonysága a termikus analízis során felvett lehülési görbe likvidusz hőmérsékletéhez közeli tartományában vizsgálható. A lehülési görbe és annak idő szerinti első deriváltja alapján meghatározható a primér α -Al kristályosodására jellemző karakterisztikus hőmérséklet, és az azokhoz tartozó időértékek (1. ábra). $T_{\alpha-Al}^{NUC}$ a nukleációs hőmérséklet, amelyen a primér α -Al szemcsék nukleációja megkezdődik. $T_{\alpha-Al}^{MIN}$ hőmérsékleten a primér kristályosodás során felszabaduló látens hő és a minta által leadott hő egyensúlyba kerül, ezáltal az ebben a pontban mérhető lehülési sebesség (azaz az első derivált) értéke 0 °C/s . $T_{\alpha-Al}^G$ a kristályosodás során felszabaduló látens hő okozta visszamelegedés maximumához tartozó hőmérséklet (szakirodalomban gyakran nevezik növekedési hőmérsékletnek), amelyet követően az első derivált értéke ismét negatív lesz [4].

A $T_{\alpha-Al}^{NUC}$ nukleációs hőmérséklet értéke jelentősen függ a kémiai szemcsefinomítás hatékonyságától. Minél több potenciális heterogén csíráképző fázist juttatunk az olvadékba, a nukleáció folyamata annál könnyebben megy végbe, ezáltal a hatékony kémiai szemcsefinomítás eredményeként a nukleáció magasabb hőmérsékleten kezdődhet meg, ezáltal a nukleációs hőmérséklet értéke is nő [5]. Ezt szemlélteti a 2. ábra, amelyen egy szemcsefinomított és egy finomítatlan ötvözet lehülési görbéit láthatjuk.

Az öntödei gyakorlatban gyakran minősítik a kémiai szemcsefinomítás hatékonyságát a $T_{\alpha-Al}^{MIN}$ és a $T_{\alpha-Al}^G$ hőmérsékletek különbségével, azaz a primér kristályosodáshoz tartozó látszólagos túlhűlés mértékével. Elviekben egy tökéletes heterogén csíráképző helyen a nukleáció aktivációs energiája zérus. Ezáltal az α -Al kristályosodáshoz tartozó túlhűlés indirekt módon, de arányos a szemcsefinomító adalékok hatékonyságával, mivel jellemzi a heterogén csíráképződési folyamat aktivációs energiáját. Azt azonban fontos megjegyezni, hogy a



■ 3. ábra. A szemcsefinomítás minősítésére használt paraméterek [3]



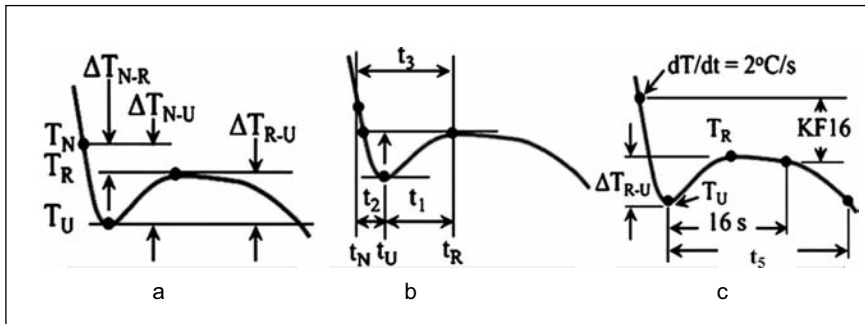
■ 2. ábra. Szemcsefinomítás hatása a nukleációs hőmérsékletre. [5] T_N a dendrit-csírák képződésének (nukleációs) hőmérséklete; T_G a dendrites kristályosodás kezdeti (túlhűlés követő maximumához tartozó) hőmérséklete

kis túlhűlés szükséges, de nem elégséges feltétele a megfelelő finomságú szemcseszerkezet kialakulásának, ugyanis a szemcseméret jelentősen függ a kristálynövekedési folyamattól, illetve a rendelkezésre álló időtől, amely alatt a növekedés végbemeget [6].

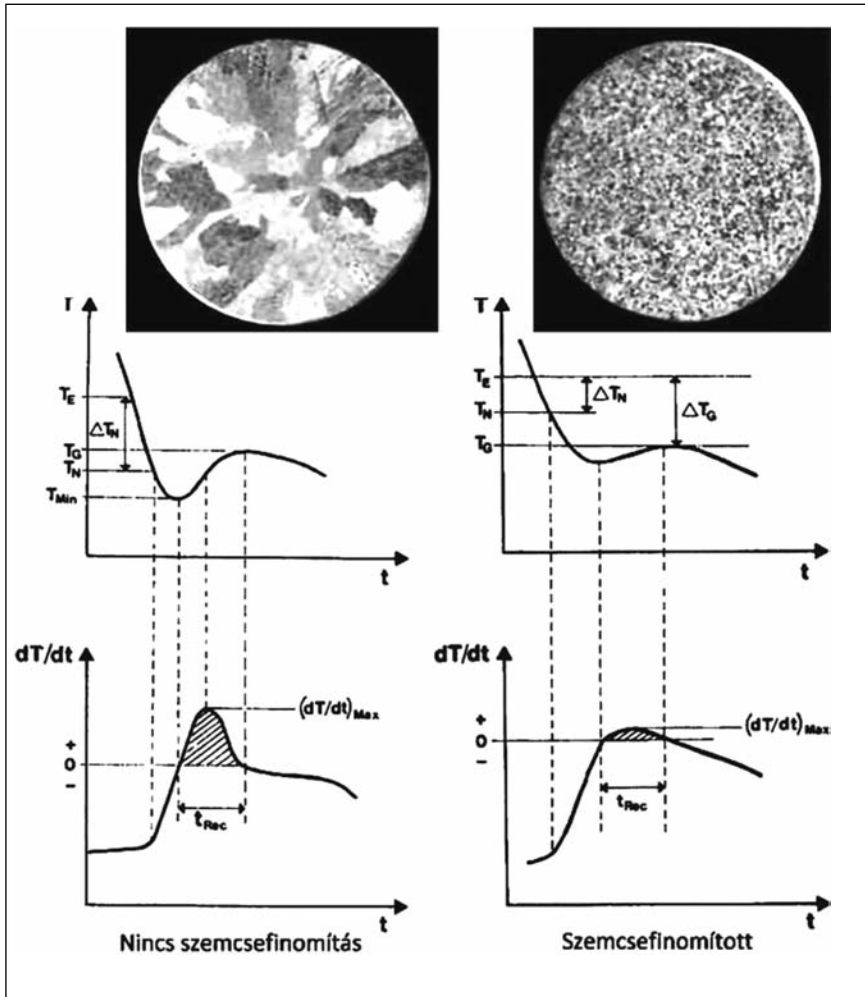
Jelenleg nincs általánosan elfogadott kiértékelési módszer a szemcsefinomítás hatékonyságának termikus analízissel történő minősítésére. A szakirodalomban számos eltérő vélemény van arról, hogy mely paraméter jellemzi a legjobban a kémiai szemcsefinomítás hatékonyságát. *Charbonnier* [7] szerint két fontos paraméter ismerete szükséges a minősítéshez (3. ábra), az egyik a látszólagos túlhűlés, amely a primér kristályosodáshoz tartozó minimum és maximum hőmérsékletek különbsége (ΔT). A másik paraméter a túlhűlés és visszamelegedés között eltelt idő (t_1), amit a minimum és maximum hőmérsékletek közötti idővel definiálnak. *Bekaert* és *Wettinck* [8] szerint a legfontosabb minősítő jellemző a 3. ábrán bemutatott t_4 értéke, amely növekedésével az átlagos szemcseméret is növekszik. *AlSi7Mg* ötvözetek esetén a következőképpen minősíthető a szemcsefinomítási hatékonysága:

- finom szemcseszerkezet várható, ha $t_4 < 12,5\text{ s}$,
- közepes méretű szemcsék várhatók, ha $12,5\text{ s} < t_4 < 18,8\text{ s}$,
- durva szemcsék várhatók, ha $t_4 > 18,8\text{ s}$.

A termikus analízissel meghatározható, szemcsefinomításra jellemző minősítő paramétereket a 4. ábra fog-



■ 4. ábra. A szemcsefinomításhoz tartozó termikus analízissel meghatározható hőmérséklet a), idő b) és egyéb paraméterek c) [9]



■ 5. ábra. Szemcsefinomítás hatékonyságának minősítése az első derivált segítségével [11]

lalja össze. A 4a) ábrán csak hőmérsékleti, míg a 4b) ábrán csak idő paraméterek láthatók. A 4c) ábra olyan minősítő jellemzőket mutat be, amelyeket elterjedten alkalmaznak ipari szinten valamilyen automatizált gyorsminősítő eljárás részeként. A *KF16* a 2 °C/s lehülési sebesség elérésekor mért és a túlhűlés minimum hőmérsékletének időpontjától számított 16. másodperchez tartozó hőmérséklet-

értékek különbsége. $t_{f, Th-AI}$ a túlhűlés minimum hőmérsékletéhez tartozó időponttól addig a pillanatig eltelt idő, amikor a hőmérséklet a visszamelegedést követően ismét eléri a túlhűlés minimum pontjához tartozó hőmérséklet-értéket [9].

A szemcsefinomítás hatékonyságának javulásával ΔT_{N-R} és *KF16* értéke növekszik, míg ΔT_{R-U} , t_1 , t_3 és $t_{f, Th-AI}$ paraméterek csökkennek. Újabb kuta-

tások szerint az időparaméterek, illetve az azokhoz is kapcsolódó *KF16* jobban jellemzik a szemcsefinomítás hatékonyságát, mint a hőmérséklettel kapcsolatos jellemzők, mivel értékeik jobban függenek a primer kristályosodás energiaviszonyaitól [9].

R. Döpp és munkatársai közleményében [10] a *KF16* értéket a likviduszátmenetet megelőző lehülés szakaszában a 2 °C/s lehülési sebességhez tartozó pont hőmérséklete és ezt követő 16 s-hoz tartozó hőmérsékletek különbségeként adja meg.

Szintén hatékony minősítést lehet véghezvinni a *Bäckerud* [11] által bemutatott módszer segítségével, amelyet az 5. ábra szemléltet.

A minősítéshez szükség van a lehülési görbék idő szerinti első deriváltjaira, amelyeknek a túlhűlést követő visszamelegedési szakaszban egy maximum értéke van. A szemcsefinomítás hatékonyságát a derivált görbe visszamelegedési szakasza alatti terület adja. Elviekben annál hatékonyabb a szemcsefinomítás, minél kisebb a görbe pozitív szakasza alatti terület. Az 5. ábrán jól látható, hogy viszonylag egyforma visszamelegedési idő (t_{Rec}) mellett is jelentősen eltérhet a szemcseméret, tehát a módszer pontosabb eredményt ad, mint a visszamelegedési idő általi minősítés. Fontos kiemelni, hogy a fentebb ismertetett *KF16*-hoz hasonlóan ez a módszer is egyszerre hőmérséklet- és időparaméter alapú, tehát több mérési eredmény alapján állapítja meg a szemcsefinomítás hatékonyságát. Az időparaméterek alapján történő minősítés esetén különösen fontos a vizsgált minták tömegének azonossága. Ezért a *Bäckerud* által ismertetett módszer és a *KF16* szerint kapott eredmények pontosabbnak tekinthetők, mint a fentebb ismertetett csak idő-, vagy csak hőmérsékleti paramétereken alapuló minősítési módszerek.

A szemcsefinomítás és a szilárd-sági tulajdonságok kapcsolata

A szemcsefinomítás jelentősen javítja az öntvények szilárdsági tulajdonságait, ami annak köszönhető egyrészt, hogy a szövetszerkezet finomodásának eredményeként a másodlagos fázisok (intermetallikus vegyületek és

porozitás) egyenletesebben oszlanak el az anyag szerkezetében [5], másrészt a növekvő szemcse-számmal a szemcsehatárok fajlagos mennyisége is megnő a fémes mátrixban, ami nehezíti a diszlokációk mozgását [12]. Az utóbbi hatás kifejezhető a Hall-Petch-összefüggéssel [13]. A kristályosodás során és azt követően fellépő mechanikai terhelések az ötvényben lévő szemcsehatárokon oszlanak el. Minél kisebb az átlagos szemcseméret, fajlagosan annál nagyobb a szemcsehatárok alkotta felület, amelyen a terhelések eloszlanak, ezáltal a szemcsefinomítás gyakorlatilag csökkenti a feszültségkoncentráció értékeit az ötvényen belül. Mindezek eredményeként finomabb szemcseméret esetén az ötvény jobban ellenáll a mechanikai terheléseknek, azaz kisebb lesz a melegrepedés-érzékenység és nagyobb lesz a szakítószilárdság értéke [14].

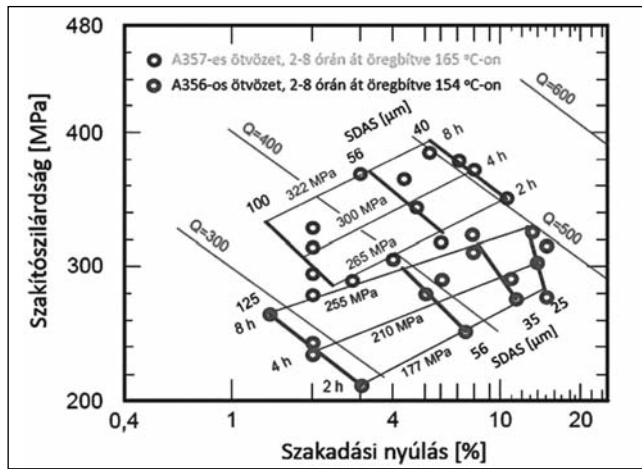
A finomabb szemcsék nemcsak nagyobb szakítószilárdságot, hanem nagyobb szakadási nyúlást is eredményeznek.

A szakítószilárdság és szakadási nyúlás értékek segítségével meghatározható az ún. minőségindex, amely kvantitatívvá és összehasonlíthatóvá teszi az egyes ötvények minőségét a szilárdsági tulajdonságaik alapján. A minőségindex számítása [15]:

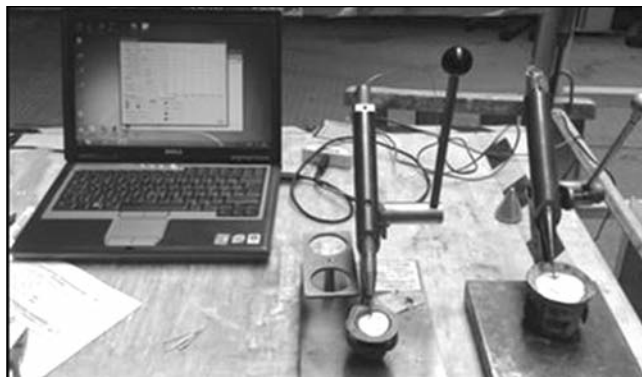
$$Q = R_m + 150 \cdot \lg A_5 \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

ahol Q a minőség-index [MPa],
 R_m a szakítószilárdság [MPa],
 A_5 a szakadási nyúlás [%].

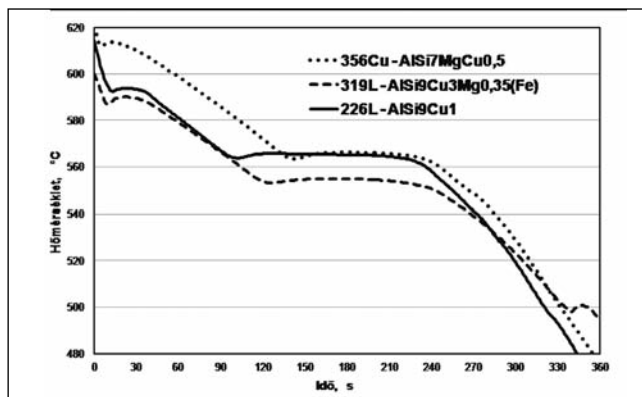
A 6. ábra két különböző ötvözet (A356 – AlSi7Mg; A357 – AlSi7Mg0,6) minőségindex értékeit hasonlítja össze eltérő szemcseméret és különböző hőkezelési paraméterek esetén.



■ 6. ábra. A356-T6 és A357-T6 ötvözetek szakítószilárdságának és szakadási nyúlásának összehasonlítása különböző szemcseméretű és hőkezelési paraméterek esetén [14]



■ 7. ábra. A termikus elemző rendszer és az NI adatgyűjtő



■ 8. ábra. A vizsgált ötvözetek üzemi olvadáskoruk lehülési görbéi

A 6. ábrán az azonos minőségindexhez tartozó eredmények egy adott egyenes mentén változnak. Jól látható, hogy a szemcseméret (SDAS) csökkenésével a mért eredmények nagyobb minőségindex-értéket adnak, míg a hőkezelési paraméterek megváltoztatásával csak ugyanazon a minőségindex-vonalon belül változhatnak a szilárdsági jellemzők. Ezáltal

belátható, hogy a minőségi ötvények gyártásához elengedhetetlen a szemcseméret szabályozása, a szövetszerkezet minél hatásosabb finomítása.

A szemcsefinomítás hatásának meghatározása lehülési görbék segítségével

A termikus elemzéssel az olvadék megszilárdulása közben felvett lehülési görbe kiértékelése alapján következtetünk az olvadékminőségre (szemcsefinomítás mértéke, módosítottág). A termikus elemző készülék egy hőelemből áll, amire csatlakoztatva van egy jel-feldolgozó és esetünkben egy National Instruments (NI) adatgyűjtő berendezés (7. ábra). Az adatgyűjtő matematikai módszerek segítségével a hőmérséklet-idő függvényében lehülési görbéket rögzít a megszilárduló anyagban lezajló folyamatokról. Termikus elemzéssel az olvadék megszilárdulása közben felvett lehülési görbe kiértékelése alapján következtetünk az olvadékminőségre.

Kísérleti körülmények

A vizsgálatok alapanyaga AlSi7MgCu0,5 (356Cu), AlSi9Cu1 (226L) és AlSi9Cu3Mg0,35(Fe) (319L) üzemi ötvözetolvadékok voltak (az L alacsony vastartalmú minőséget jelöl), melyek kémiai összetételét az 1. táblázat tartalmazza. A gázfűtésű Strikokemencében történő olvasztást követően a kihordó üstbe csapolás közben adagolták az előírt mennyiségű AISr10 segédötvözetet a fémfürdőhöz annak érdekében, hogy a Sr-koncentráció 200 ppm körüli legyen (1. táblázat 1-es ötvözet). Az olvadékot ezt követően 800 kg kapacitású tégelyes hőntartó kemencébe átöntötték, ahol a 750 g/tonna kísérleti mennyiségű

1. táblázat. A vizsgált ötvözetek kémiai összetétele (tömeg%)

Elem, %	356Cu	356Cu+Ti	226L	226L+Ti	319L	319L+Ti
Si	6,93	7,10	9,80	9,74	8,29	8,33
Fe	0,091	0,097	0,110	0,110	0,454	0,428
Cu	0,468	0,491	0,967	0,958	3,291	3,153
Mg	0,388	0,393	0,424	0,418	0,376	0,354
Ti	0,1194	0,1229	0,1109	0,1131	0,0891	0,0933
Sr	0,0235	0,0251	0,0239	0,0238	0,0193	0,0185

AlTi5B1 előtvözetet adtak a folyékony fémhez.

Öntés előtt az olvadékot 730 ± 5 °C-on 1 órán át pihentették. Az ötvözet hidrogéntartalmát sűrűségindex módszerrel ellenőrizték és elvégeztük a termikus elemzést a titán adagolása előtti és utáni olvadék esetén. A vizsgálatokat ötvözetként három adagnál végeztük el.

Kísérleti eredmények

A vizsgált üzemi ötvözetek kristályosodásának teljes időtartamához tartozó lehülési görbéket a 8. ábra szemlélteti.

A vizsgált ötvözetek lehülési görbéin a kémiai összetételből eredő eltérések figyelhetők meg. A mindhárom ötvözet primer kristályosodási szakaszában túlhűlés és visszamelegedés alakult ki.

Kis mennyiségű szemcsefinomító segédötvözet adagolásának hatását a lehülési görbékre a 9–11. ábrákon mutatjuk be.

A lehülési görbék és azok első derivált (lehülési sebesség) görbéi mindhárom ötvözet esetén jelentős eltérést mutatnak a kis mennyiségű szemcsefinomító AlTi5B1 segédötvözet adagolásának hatására. A jellegzetes eltérések a kiegészítő Ti-adagolás esetén:

- a primer kristályosodás kezdeti hőmérsékletek, a likvidusz – maximum (T_{LR}) és – minimum (T_{LU}) hőmérséklet-értékek nagyobbak,

- a primer kristályosodás kezdeti szakaszában a visszamelegedéshez tartozó hőmérséklet-különbség ($\Delta T = T_{LR} - T_{LU}$) kisebb,
- a szemcsefinomítottság minősítő száma ($KF16$) nagyobb,
- a primer kristályosodás kezdeti tartományában tartózkodás ideje (t_4 és t_5) rövidebb,

- a primer kristályosodás kezdeti tartományában az első derivált görbe pozitív (0 fölötti) értékekhez tartozó területe kisebb.

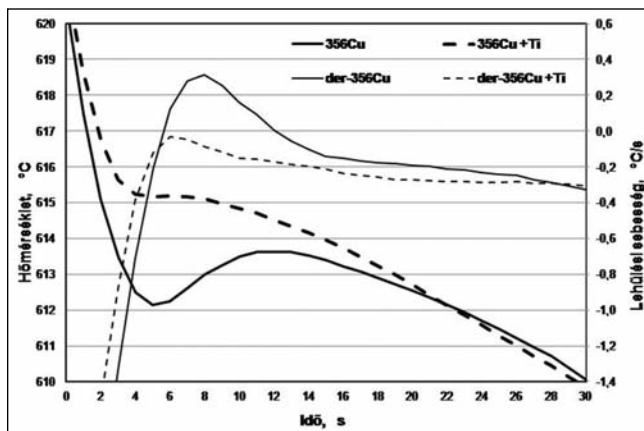
Meghatároztuk a vizsgált ötvözetek primer kristályosodását minősítő mutatókat a lehülési görbék kiértékelése alapján (4. ábra, [9]). Az üzemi és a gáztalanító kezeléskor alkalmazott kis mennyiségű szemcsefinomító AlTi5B1 segédötvözet hozzáadásával előállított kísérleti adagok minősítő adatait a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Az öntészeti alumínium-ötvözetek szemcsefinomítását jellemző hőmérséklet- és időadatokat meghatározása lehetővé teszi a többparaméteres minősítő módszerek kialakítását, melynek segítségével a módosított és a primer kristályosodási folyamat megbízhatóan megítélhető.

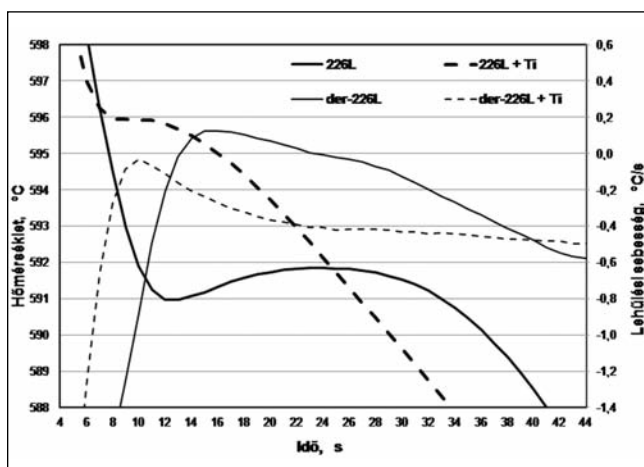
Összefoglalás

Különböző üzemi öntészeti ötvözetek termikus elemzését végeztük el és az AlTi5B1 segédötvözet kiegészítő adagolásának hatását vizsgáltuk.

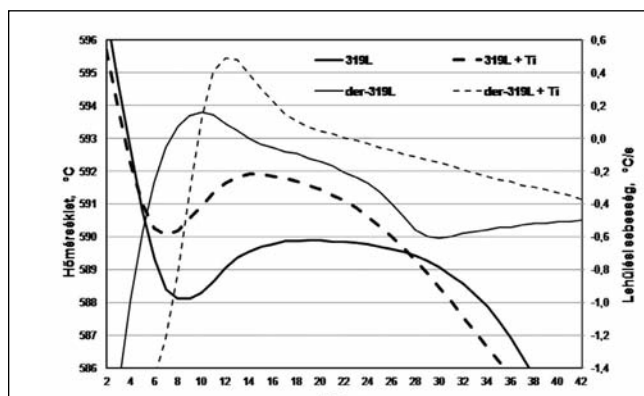
Az üzemi gyakorlatban a termikus elemzést erre kifejlesztett célkészülékekkel végzik. Az olvadék primer kristályosodásának minősítése a készülékhez tartozó program szerint meghatározott paraméterek alapján történik. Elvégeztük a primer kristályosodás termikus elemzéséhez tartozó, szakirodalomban található jellemzők kiértékelését és



9. ábra. Az AlSi7MgCu (356Cu) ötvözet olvadékához adagolt szemcsefinomító segédötvözet hatása a lehülési görbe primer kristályosodási szakaszára



10. ábra. Az AlSi9Cu1 (226L) ötvözet olvadékához adagolt szemcsefinomító segédötvözet hatása a lehülési görbe primer kristályosodási szakaszára



11. ábra. Az AlSi9Cu3Mg0,35(Fe) (319L) ötvözet olvadékához adagolt szemcsefinomító segédötvözet hatása a lehülési görbe primer kristályosodási szakaszára

2. táblázat. A vizsgált ötvözetek termikus elemzéséhez tartozó mért és számított adatok

Minősítő	AlSi7Mg	AlSi7Mg+Ti	AlSi9Cu1	AlSi9Cu1+Ti	AlSi9Cu3	AlSi9Cu3+Ti
T_{LU} °C	612,3	615,6	590,1	595,9	586,9	587,9
$\Delta T_{LR-T_{LU}}$ °C	1,31	0,00	0,88	0,00	3,15	2,65
KF16 [9] °C	3,50	9,47	4,06	6,87	6,66	11,21
KF16 [10] °C	2,74	7,58	3,94	5,23	6,79	11,38
t_1 [3] s	7,0	0,0	12,0	0,0	14,0	7,0
t_4 [9] s	18,5	0,0	24,0	0,0	34,0	21,7
t_5 [9] s	16,0	0,0	21,5	0,0	31,2	18,9

összehasonlítását. A vizsgálatok igazolják, hogy a szemcsefinomítottság minősítése több paraméter együttes figyelembe vételével ad megbízható eredményt.

Az üzemi gyakorlatban a felhasznált betétanyag változtatása, a nagy visszatérő hulladékarány, vagy selejtöntvényekből történő olvasztás, a hosszú idejű hőn tartás az olvadék primer kristályosodásánál a csíraállapot megváltozását idézi elő a Ti-tartalmú csíráképző vegyületszemcsék durvulása miatt. Ezek hatása a primer kristályosodásra csak termikus elemzéssel mutatható ki.

A vizsgálati eredmények igazolják a 0,75 kg/tonna mennyiségű szemcsefinomító AlTi5B1 segédötvtözet alkalmazásának kedvező hatását olyan olvadékok esetében is, melyek az üzemi előírások szerinti titántartalomra vonatkozó követelményeknek megfelelnek.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 számú, a „Fiatalodó és megújuló Egyetem – Innovációs

területi központ a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” című projekt részeként valósult meg

Irodalom

[1] D. M. Stefanescu: Thermal Analysis-Theory and Applications in Metalcasting. In: International Journal of Metalcasting, Vol. 9. No. 1., 2015. pp. 7–22.

[2] M. Djurdjevic, I. Vicario, G. Huber: Review of Thermal Analysis Applications in Aluminium Casting Plants. In: Revista de Metallurgia, Vol. 50. No. 1., 2014. pp. 1–12.

[3] J. A. Spittle: Grain refinement in shape casting of aluminium alloys. International Journal of Cast Metals Research, Vol. 19., No. 4., 2006. pp. 210–222.

[4] F. C. Robles-Hernandez, J. M. H. Ramirez, R. Mackay: Al-Si Alloys – Automotive, Aeronautical, and Aerospace Applications. Springer International Publishing AG, 2017. pp. 17–33, 209–213.. ISBN 978-3-319-58380-8

[5] G. K. Sigworth, T. A. Kuhn: Grain refinement of aluminum casting alloys. International Journal of Metalcasting, Vol. 1. Issue 1, 2007. pp. 31–40. doi: 10.1007/BF03355416

[6] B. S. Murty, S. A. Kori, M. Chakra-

borty: Grain refinement of aluminium and its alloys by heterogeneous nucleation and alloying. International Materials Reviews, Vol. 47(1), 2002. pp. 3–29. doi:10.1179/095066001225001049

[7] J. Charbonnier: Microprocessor assisted thermal analysis testing of aluminum alloy structures. AFS Transactions, Vol. 92., 1984. p. 907

[8] F. Bekaert, E. Wettinck: Study of the grain refinement of A 356 and its control by thermal analysis. Aluminium, Vol. 72., No. 6., 1996. pp. 442–447.

[9] W. Khalifa: Thermal Analysis of Grain Refining in A319 Alloys. In: Light Metals 2017, Edited by A. P. Ratvik, TMS, 2017. pp. 1027–1034.

[10] W. Menk, M. O. Speidel, R. Döpp: Die thermische Analyse in der Praxis der Aluminiumgießerei. Giesserei, Bd. 79, Heft 4 (1992), 125–134.

[11] L. Bäckerud, G. C. Chai, J. Tamminen: Solidification Characteristics of Aluminum Alloys. AFS/Skanaluminium, Stockholm, 1990. p. 256.

[12] R. Guan, D. Tie: A Review on Grain Refinement of Aluminum Alloys: Progresses, Challenges and Prospects. Acta Metallurgica Sinica (English Letters), Online First Article, 2017. doi:10.1007/s40195-017-0565-8

[13] E. Ghassemali, M. Riestra, T. Bogdanoff, B. S. Kumar, S. Seifeddine: Hall–Petch equation in a hypoeutectic Al-Si cast alloy: Grain size vs. secondary dendrite arm spacing. Procedia Engineering, Vol. 207, 2017. pp. 19–24. doi:10.1016/j.proeng.2017.10.731

[14] J. Fred Major: Aluminum and Aluminum Alloy Castings. In: ASM Handbook, Volume 15: Casting, ASM International, 2008. pp. 1059–1084.

[15] G. K. Sigworth: Understanding Quality in Aluminum Castings. AFS Transactions, Vol. 119. 2011. pp. 211–227.

WALCZER CSABA – BÁRDOS ANDRÁS

Nyomásos rotoröntvény formatöltési idejének optimalizálása

Napjainkban jelentősen megnőtt az igény az elektromos meghajtású gépjárművek iránt. Ezért egyre több nyomásos öntéssel előállított rotoröntvényre van szükség. A rotoröntvények öntéséhez először az öntvény öntési idejét kell meghatározni. A rotoröntvények öntési idejének meghatározásához a hagyományos öntvények esetében alkalmazott számítási metódus nem alkalmazható. A cikkünkben bemutatjuk milyen módon számolható ki egy adott rotoröntvény öntési ideje, amit kísérleti öntések eredményeivel is igazolunk.

A légszennyezés egyik fő forrása a közlekedés, ami a városokban élők életminőségére jelentősen kihat. Az egészségre káros anyagok döntő többsége a belsőégésű motorok égéstermékéből származik, melynek csökkentése illetve

tisztítása a jelenleg ismert technológiákkal gazdaságosan már nem oldható meg. Az emissziómentes, környezetsemleges közlekedés kialakítása a cél, amihez jó lehetőséget kínálnak az elektromos meghajtású gépjárművek. Ezekben a hajtáslánc fő egysége a villamos motor, amelyek közül az indukciós motor forgórészének kalickáját nyomásos öntéssel gyártják. Ez a technológia kielégíti a járműipar támasztotta minőségi és gazdaságossági igényeket. Az indukciós motorok felhasználási területe szerteágazó, mint például ipari motorok, szivattyúk stb. és az alkalmazott gyártási technológia, hasonlóan a járműiparhoz, itt is nyomásos öntés. Ezek forgórészeire jellemző a kisebb számú (< 40), de a szélesebb (> 2 mm) horonykialakítás. Ezzel szemben az elektromos autók forgórészeiben nagyobb (> 56) és keskenyebb (< 2 mm) horonyokat találunk, ami merőben megváltoztatja a kalicka önthetőségét, ezáltal a gyárthatóságát.

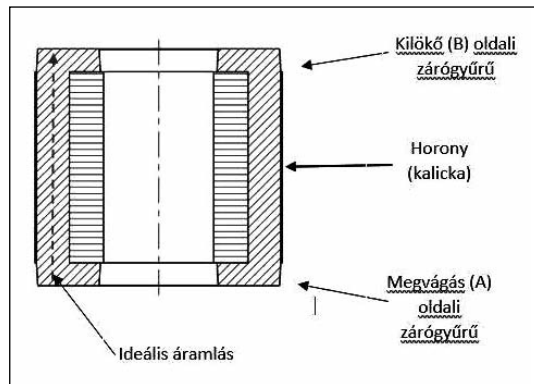
Az ipari motorok kezdeti forrasztásos gyártástechnológiáját [1] folyamatosan az öntés váltotta fel, amit a múlt század '30-as éveitől kezdve kezdtek fejleszteni és szabadalmaztatni. Ezek az ötletek nem kínáltak megoldást az autóiparban használatos rotorok gyártásánál tapasztalható kihívásokra.

A nyomásos öntéssel gyártott rotoröntvények, azaz kalickák alapanyagának kiválasztásakor a következő mértékadó tulajdonságokat veszik figyelembe:

- elektromos vezetőképesség,
- önthetőség,
- szakítószilárdság,
- folyáshatár.

Mint minden öntvény esetében, a forgórészek nyomásos öntésénél is az első feladat az öntési idő meghatározása, ahol a következő tényezőket kell figyelembe vennünk:

- 1) a forma hőelvonó képességét, ami függ a kiindulási hőmérséklettől, a



■ 1. ábra. A forgórész részei és a fém áramlása öntés során

hővezetési tényezőtől, a fajhőtől és a sűrűségtől;

- 2) a szírfém vagy ötvözet termikus tulajdonságait (öntési hőmérséklet, szolidushőmérséklet, látenshő, fajhő, sűrűség stb.);

- 3) az öntvény redukált falvastagságát.

A redukált falvastagság meghatározása egyszerű geometriák esetében könnyen megoldható feladat. Az öntvény térfogatát – amely az elvonandó hőt tárolja – elosztjuk az öntvény felületével amin keresztül a hőleadás történik.

A rotoröntvények esetében ez a számítási módszer már nem alkalmazható, hiszen az öntvény, azaz a kalicka különböző geometriájú részekből épül fel: zárógyűrű, hornyok (1. ábra).

A dermedési folyamat megértéséhez először a fém forgórészen belüli áramlását kell megismerni.

Az 1. ábrán látható, hogy ideális fémáram esetében először a mégvágás (A) oldali, vastagfalú zárógyűrű töltődik fel, majd a vékonyfalú hornyok és végül a kilőkő (B) oldali ismét vastagfalú zárógyűrű. Az ilyen, visszátóltségmentes ideális áramlással csökkenthető az öntvényen belüli levegő-bezáródás kilakulásának valószínűsége. Az öntési idő szempontjából a három különböző geometriájú öntvényrészt kell megvizsgálunk.

A redukált falvastagság, más néven a modul meghatározásához a következő részek vizsgálandók:

- zárógyűrű (A), (B) oldalak,
- horony (kalicka).

A következőkben egy adott rotoröntvényen keresztül a mutatjuk be a tényleges számítási módszert.

Zárógyűrű:

Mivel a két zárógyűrű geometriája ebben a példában megegyezik egymással, ezért a modult csak egyszer kell kiszámítani.

Zárógyűrű felülete: 346 mm².

Az adott rész a 2. ábrán látható.

Zárógyűrű kerülete: 75,2 mm

Modul:

$$M_{\text{zárógyűrű}} = \frac{A_{\text{zárógyűrű}}}{K_{\text{zárógyűrű}}} = \frac{346 \text{ mm}^2}{75,2 \text{ mm}} = 4,6 \text{ mm}$$

ahol [1.1]

$A_{\text{zárógyűrű}}$ – a zárógyűrű metszetének felülete (mm²),

$K_{\text{zárógyűrű}}$ – a zárógyűrű metszetének kerülete (mm),

$M_{\text{zárógyűrű}}$ – a zárógyűrű modulja (mm)

Horony:

Horony felülete: 72,198 mm². Az adott rész a 3. ábrán látható.

Horony kerülete: 49,8 mm

$$M_{\text{kalicka}} = \frac{A_{\text{kalicka}}}{L_{\text{kalicka}}} = \frac{72,2 \text{ mm}^2}{22,2} = 1,44 \text{ mm}$$

ahol [1.2]

A_{kalicka} – a kalicka metszetének felülete (mm²),

K_{kalicka} – a kalicka metszetének kerülete (mm),

M_{kalicka} – a kalicka modulja (mm).

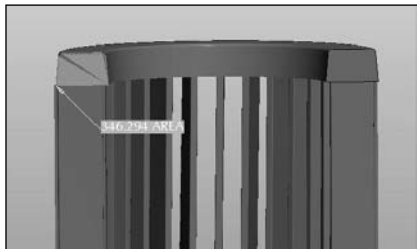
A számításokból látható, a horonynál lévő redukált falvastagság jóval kisebb, mint a zárógyűrű esetében, ezért öntés illetve dermedés szempontjából ez a rész lesz a mértékadó [2].

Mivel a felület/kerület hányados a rotoröntvények esetében kisebb modult eredményez, mint a horony falvastagságának fele, ezért ez a számítási eljárás ennél a termékcsoporthal nem alkalmazható (4. ábra).

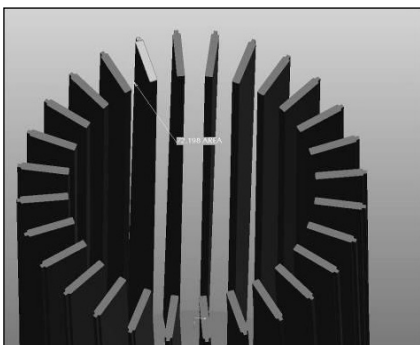
Az imént ismertetett hiba kiküszöbölésének céljából vezessünk be egy új redukált falvastagsági számítást, melynek lényege, hogy a horony felületét osztjuk a horony teljes hosszával [3].

Walczér Csaba 2002-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetemen okleveles gépészmérnökként, majd 2010-ben a Miskolci Egyetemen MSc-kohómérnökként. A Kerpely Antal Doktori Iskola PhD-hallgatója. Jelenleg a Breuckmann Hungary Kft. műszaki igazgatója.

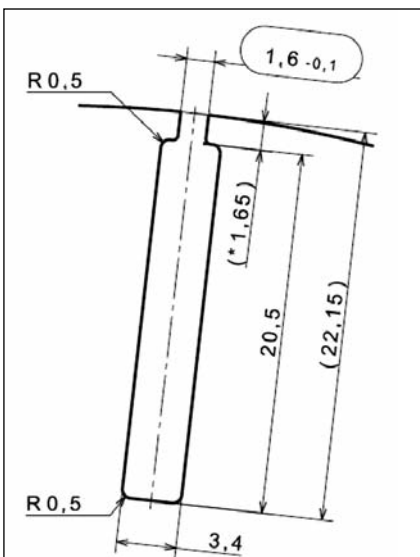
Dr. Bárdos András 2002-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetemen okleveles gépészmérnökként, majd ugyanitt 2006-ban PhD-fokozatot szerzett. A Stuttgarteri DHBW és a Miskolci Egyetem docense. A Dr. Bardos Consulting tulajdonosa.



■ 2. ábra. A zárógyűrű felülete [2]



■ 3. ábra. A kalicka egy hornyának felülete [2]



■ 4. ábra. A horony méretei [2]

$$R_{slot} = \frac{A_{kalicka}}{K_{kalicka}} = \frac{72,2}{49,8} = 3,3 \text{ mm}$$

ahol

R_{slot} – a kalicka redukált falvastagsága (mm),

$A_{kalicka}$ – a kalicka metszetének felülete (mm²),

$L_{kalicka}$ – a kalicka hossza (mm).

A választott redukált falvastagság tehát: $R_{slot} = 3 \text{ mm}$

A fenti számítás alkalmazható bármely más horonygeometria esetében is (5. ábra).

Az öntési idő számításánál a hőel-

vonást a lemezcsonagra vonatkozóan kell meghatározni. Ugyanis ha a formatöltés, azaz a lemezcsonag hornyainak töltése közben az olvadék részben vagy egészben megszilárdul, a megvágással szembeni zárógyűrű kitöltése ezzel a megvágási elrendezéssel nem biztosítható.

A dermedési idő meghatározása [2] alapján:

$$t_{solid} = \left(\frac{\sqrt{\pi} \cdot \rho_{copper} T \cdot (L_s + c_{copper} \cdot \Delta T)}{2 \cdot b_{stack} \cdot (T_{const.stack} - T_{stack})} \right) \cdot R_{slot}^2$$

ahol

$\rho_{copper} T$ – az olvadt réz sűrűsége adott hőmérsékleten (g/mm³)

L_s – látenshő (J/kg)

c_{copper} – az olvadt réz fajhője (J/kg*K)

ΔT – az öntési és a megszilárdulási hőmérséklet-különbség (°C)

b_{stack} – a lemezcsonag (vasmag) hőelvonó képessége (kg/s^{5/2}*K)

$T_{const.stack}$ – a lemezcsonag nútja olvadt fémmel érintkező felületének konstans hőmérséklete (°C)

T_{stack} – a lemezcsonag kiindulási hőmérséklete (°C)

A fenti összefüggés szerint a lemezcsonag kiindulási hőmérséklete jelentősen befolyásolja az öntési időt (6. ábra). A Bennett–Pokorny-diagram és minden olyan számítási eljárás, ahol a betétanyag, tehát a lemezcsonag hőmérséklete nincs figyelembe véve, nem alkalmazható a rotoröntvények pontos öntési idejének kiszámításához. A fenti példában ismertetett rotor horonygeometria esetében a 100 °C-os lemezcsonag kiindulási hőmérséklete a dermedési időt közeli-

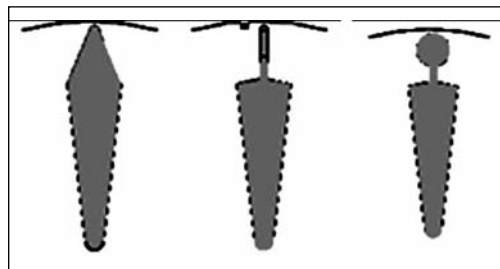
tőleg 30 ms-mal megnöveli. Mivel a kilökö oldali zárógyűrű táplálása és töltése a hornyokon keresztül történik, ami mellesleg a vasmagban, azaz a lemezcsonagban található, és ez az a rész, amely az öntési idő szempontjából meghatározó, ezért a lemezcsonag hőmérsékletének figyelembe vétele, különösen szűk horonygeometriák esetében elengedhetetlen.

A lemezcsonag előmelegítésével tömörebb kalicka önthető. A nagyobb öntési idő hatására a hornyokban a fém áramlási sebessége csökkenthető, ami jobb kitöltést eredményez, hiszen csökken az esetleges levegőbezárodás kialakulásának esélye, továbbá a töltés közben a hornyok felületén megszilárduló fém mennyisége is kisebb lesz. Összegezve, a lassabb fémáramlás elősegíti az egyenletes horonykitöltést (7. ábra).

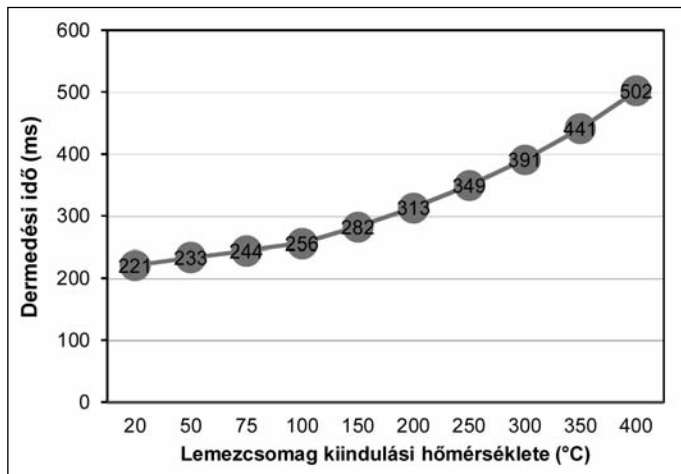
A lemezcsonag kiindulási hőmérséklete nem növelhető korlátlanul. A mérsékelt előmelegített vasmag esetében a zsugorodási üregek a zárógyűrű közepén alakulnak ki, és elkerülik a nútok és a zárógyűrű érintkezési zónáját, ami a villamos vezetőképesség, azaz az állandó villamos vezető keresztmetszet miatt fontos. A 400 °C hőmérsékletre előmelegített vasmag alkalmazása esetében zárógyűrű és a nút érintkezési zónájában zsugorodási üregek keletkeznek, hiszen ez a terület az előmelegítés miatt nagyobb hőmérsékletű, így itt a megszilárdulás lassabb, ami csökkenti a két rész közötti érintkezési vezető keresztmetszetet. Ez a keresztmetszet-csökkenés működés során túlmelegedhet és a mechanikai terhelhetőséget is rontja [6] (8. ábra).

A korábbi számítások és feltevések igazolása kísérleti úton történt, ahol a lemezcsonag kiindulási hőmérséklete 20 °C volt. A következő lépésben az öntési idő meghatározása volt szükséges. A hidegfolyás elkerülése érdekében az öntési idő a dermedési idő egytizede, azaz $t_{casting} = 22 \text{ ms}$.

12 különböző beállítással közel 100 öntvényt gyártottunk le. A paraméterek megválasztásánál az öntési időt 15 és 75 ms között változtattuk. A termékek minősítése a rotorban lévő réz súlya alapján történt úgy, hogy a minimális súlyha-



■ 5. ábra. Különböző horonygeometriák [4]



■ 6. ábra. A lemezcsomag kiindulási hőmérsékletének hatása a dermedési időre

tár 6955 g volt, aminek meghatározásában a termék 3D-s modellje nyújtott alapot. Az alkalmazott öntési idő ellenőrzése, az öntőgépen rögzített öntési paraméterek (dugattyúsebesség, dugattyúelmozdulás) alapján történt. Az alkalmazott öntési időt az öntőkamra keresztmetszete és az alkalmazott öntődugattyú második fázisbeli sebessége alapján számítottuk ki:

$$t_{\text{önt}} = \frac{V_{\text{rotor}}}{A_{\text{kamra}} \cdot v_2}$$

V_{rotor} – a rotor térfogata (m³)

A_{kamra} – a kamra keresztmetszete (m²)

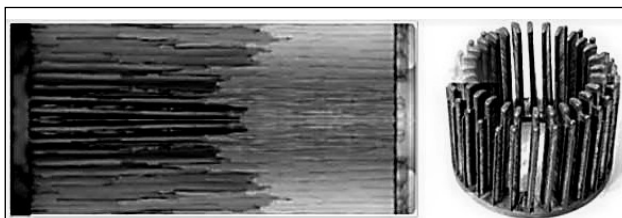
v_2 – öntődugattyú sebessége a

22 ms öntési időhöz tartozó öntési paraméterekkel voltak gyárthatók.

A fentiekben ismertetett számítások bebizonyították, hogy rotoröntvények esetében az öntési idő meghatározásakor figyelembe kell venni a lemezcsomag kiindulási hőmérsékletét. A lemezcsomag előmelegítése jótékony hatással lehet a keskeny (< 2 mm) hornyokkal rendelkező rotorok öntésénél, de a túlzott előmelegítés károsan befolyásolja az öntött rotorok elektromos és mechanikai tulajdonságait.

Irodalom

[1] Electromagnetic and Other Electrical Applications of Aluminum:



■ 7. ábra. Egyenletes nütkitöltés szimulációja. Sötét terület: folyékony fém, világos terület: nem kitöltött hornyok (bal oldali kép); egyenletes horonykitöltés rézrotor esetében (jobb oldali kép) [5]

második fázisban (m/s)

A 9. ábra alapján látható, hogy a legnagyobb súlyú rotorok a 20-

Cast Aluminum Rotors and Switchgear

<http://www.aluminum.org/sites/default/files/Chapter%2016%20Cast%20Aluminum%20Rotors%20and%20Switchgear.pdf>

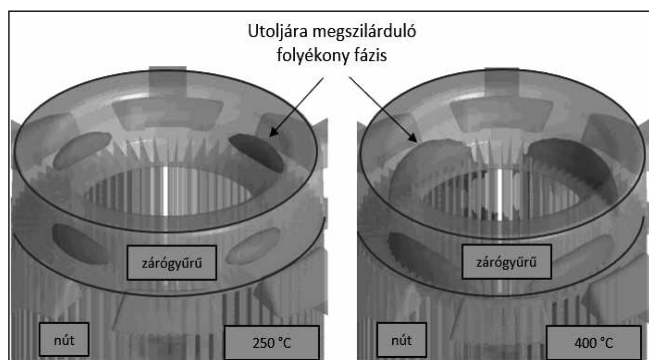
[2] Walczar Csaba – PhD 2. Kutatószemináriumi beszámoló, Miskolci Egyetem, 2015.

[3] Sung-Mo Lee, Won-Jae Lee, Byung-Youn Moon: Optimum Design of Slot Shape for Preventing the Misrun of an aluminium Motor Rotor in Die Casting, 68th World Foundry Congress 2008, pp 81–85.

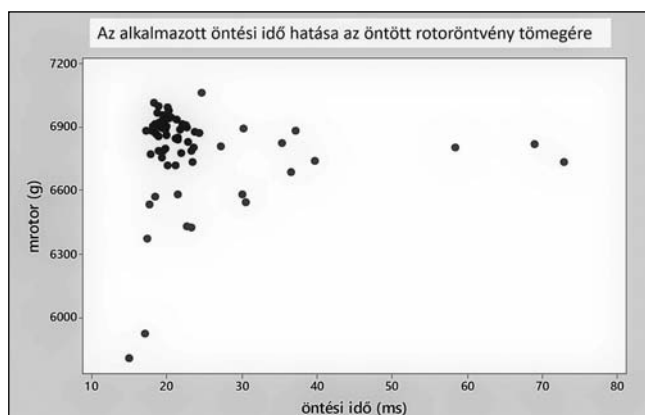
[4] <https://www.copper.org>

[5] A. Bardos, Cs. Walczar, Z. Kéri, I. Selmeczi: Copper rotor technology for High Efficiency motors. Vehicle and automotive Engineering 2, Proceedings of the 2nd VAE2018, Miskolc, ISSN 2195-4364

[6] Bárdos András, Walczar Csaba: Rézrotor nagy hatásfokú villamos motorokhoz, BKL Kohászat 2018/2



■ 8. ábra. A vasmag előmelegítésének hatása a zárógyűrűben kialakuló megszilárdulási képre. Modellezett lemezcsomag hőmérsékletek: 250 °C (bal) és 400 °C (jobb). Szimulációs eredmény [6]



■ 9. ábra. Az öntési idő hatása az öntvényben lévő réz tömegére

BERECZKI PÉTER¹ – FEHÉR JÁNOSNÉ¹ – BÉZI ZOLTÁN² – KÓTI DÁNIEL³

EN AW-8006-os alumíniumötvözet melegen hengerelt szemcseszerkezetének optimalizálása vége-selemes és fizikai szimuláció alkalmazásával

Ebben a publikációban egy olyan modellezési és kísérleti munka eredményeiről számolunk be, amelyben az ötvözetlen és kis mértékben ötvözött alumíniumötvözetek meleg-hengerlésének egyik kihívását, a szemcseszerkezet homogenitásának javítását tűztük ki célul. Az EN AW-8006-os ötvözetből készült hengerlési tuskók már a meleg-hengerlés korai szakaszában mutatják a vastagság mentén réteges mikroszerkezet kialakulásának jeleit, amelyet a szűrasonkénti fogyások növelésével és a hengerlési sebességek csökkentésével terveztünk elkerülni. A vége-selemes számítások és a különböző szűrastervek termomechanikus történetének Gleeble-szimulátorral végzett fizikai modellezése kimutatta, hogy a hengerlés korai szakaszában jelentkező rétegeség mértéke csökkenthető. Az ennek megfelelően módosított szűrastervvél végrehajtott ipari hengerlési kísérlet eredményeképpen, a keresztmetszet mentén nagyrészt egyenletes, részben újrakristályosodott szemcseszerkezetű melegen hengerelt szalagot kaptunk.

Bevezetés

Az alumínium feldolgozóiparban készített félgártmányok közel 50%-át a hengerelt termékek teszik ki. Az EN AW-8006-os ötvözetből (továbbiakban: 8006-os ötvözet) készült hengerelt termékek kisebb szilárdságú, ellenben jól alakítható és hegeszthető szerkezeti anyagok, amelyekből főleg csövek, hőcserélő berendezések elemei, élelmiszeripari- és fóliatermékek készülnek. Kémiai összetételét és mechanikai tulajdonságait tekintve, a 8006-os ötvözet csak kismértékben tér el az ötvözetlen minőségektől. Mindössze a vas (1,2-2,0%) és a mangán (0,3-1,0%) koncentrációja haladja meg az ötvözetlen minőségekre jel-

lemző értékeket. Az 1xxx ötvözetcsalád tagjai és a 8006-os ötvözet sok tekintetben, így szemcseszerkezetben és textúrában, valamint az ezekkel kapcsolatos problémák területén is igen hasonlóak.

A hengerelt termékeknél a melegalakítási műveletek azok, amelyek a mikroszerkezet és a textúra beállítása révén alapvetően befolyásolják az utánuk következő feldolgozási műveleteket, valamint a gyártott lemez vagy szalag anizotrópiáját és mechanikai tulajdonságait. Az alakíthatóságot kedvezőtlenül befolyásolja a heterogén szemcseszerkezet, melynek elsődleges forrása a melegen hengerelt szalag egyenlőtlen mikroszerkezete [1]. Különösen az ötvözetlen minőségeknél gyakori probléma, hogy meleg-hengerlés közben szövetszerkezeti texturáltság alakulhat ki a szalag vastagsága mentén, amely a hely függvényében inhomogén mechanikai tulaj-

donságokat mutat. Az ilyen jellegű mikroszerkezetet deformált, megújult és újrakristályosodott kristallitokat tartalmazó sávok építik fel, amelyek közül utóbbiak durvulásra is hajlamosak. Végeredményét tekintve, réteges, úgynevezett „szendvicses” szerkezet alakul ki, amely a kristályregenerációs folyamatok helytől való függésére vezethető vissza [2, 3].

A nagy rétegződési hibaenergiájú alumíniumanyagok meleg-hengerlése során a keresztmetszet mentén nagymértékű alakváltozás és alakváltozási sebességgradiens figyelhető meg, amelyek, kiegészülve az emulziós hűtés-kenés okozta hőmérséklet-gradienssel, a kristályregenerációs folyamatok és a textúra vastagság menti inhomogenitását eredményezik [4, 5]. Ebből a szempontból – sajnos – nagyon hasonlóan viselkedik a 8006-os ötvözet és az ötvözetlen minőségek. Ugyanis a 8006-os ötvözetben – hasonlóan az ötvözetlen minőségekhez – szintén kevés olyan intermetallikus fázis, illetve diszperzoid van, amelyek az újrakristályosodás potenciális nukleációs helyei lehetnének. Jellemzően egyenlőtlen eloszlásuk pedig tovább erősíti a kristályregenerációs folyamatok helytől függő különbözőségeit.

Alapvető fontosságú tehát, hogy a melegalakítás paramétereit (alakváltozási mértékek, alakváltozási sebességek, alakítási hőmérsékletek és a szűrások közötti időtartamok) úgy választjuk meg, hogy mérsékeljük a szalag vastagsága mentén kialakuló deformációs, termikus és az ezekből követ-

¹ Arconic-Köfém Kft.

² Miskolci Egyetem, Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

³ Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet

kező mikroszerkezeti eltéréseket.

Abban több kutató [6, 7] egyetért, hogy a szúrásokénti fogyás, azaz a lépésenkénti képlékeny alakváltozás mértékének növelése – különösen a meleghengerlés kezdeti szakaszában – hozzájárulhat a homogénebb tulajdonságú ötvöztelen alumínium féltermékek gyártásához. A szúrásokénti alakváltozás növelésének természetesen a befogási korlátok, és a főorsó hajtómotorjának teljesítménye, illetve maximális nyomatóka szab határt.

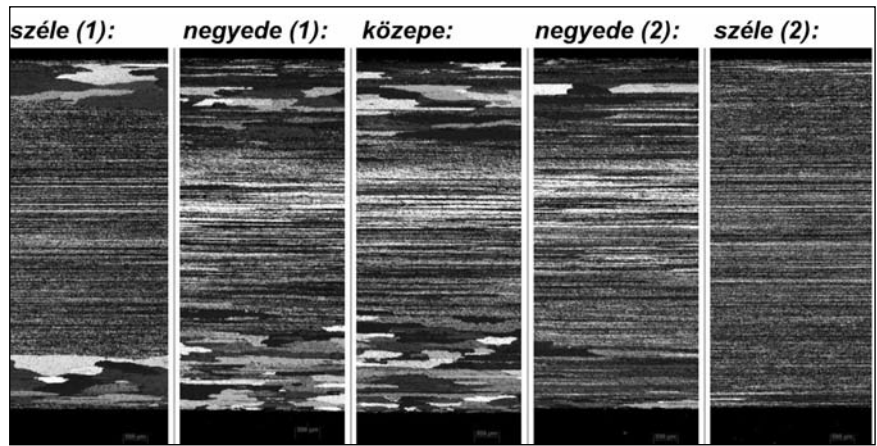
A kristályregenerációs folyamatok komplexitása tehát szükségessé teszi, hogy adott anyagon és adott henger-műi technikai adottságokhoz illeszkedően saját kísérleteket végezzünk annak érdekében, hogy csökkenteni tudjuk az említett szemcseszerkezeti inhomogenitások mértékét.

Az előzőekben felvezetett témához kapcsolódóan egy olyan kutatómunka eredményeit mutatjuk be, amelyben az Arconic-Köfém Kft. meleghenger-művében gyártott 8006-os ötvöztű, melegen hengerelt tekercsek mikroszerkezeti inhomogenitásaival, illetve azok csökkentése érdekében végzett laboratóriumi és ipari kísérletekkel foglalkoztunk.

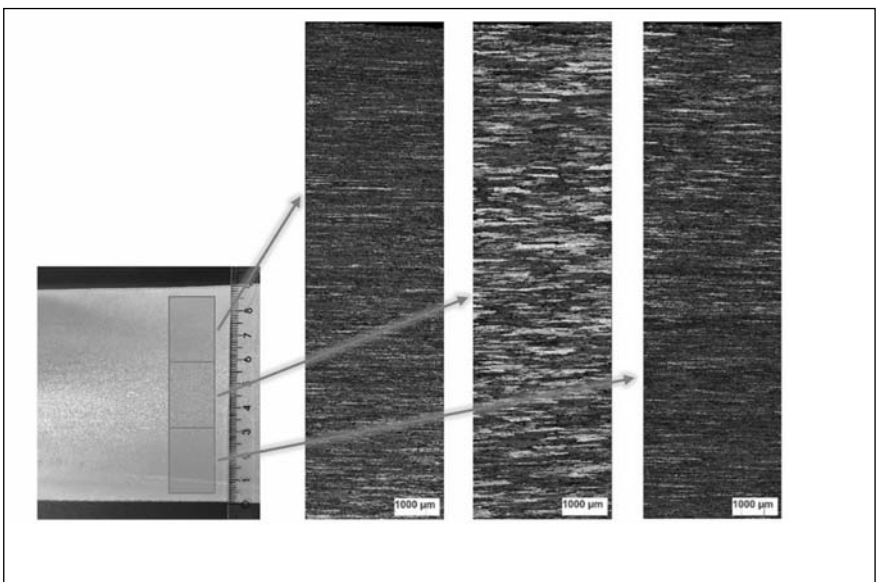
A kísérleti anyag és az eredeti meleghengerlési technológia

Az Arconic-Köfém Kft. henger-művében egy reverzáló kvartó meleghengerállvány üzemel, amelyen lehetőség van a tekercs kétoldali csévélésére. A hengerlési tuskók előmelegítését, illetve homogenizálását két Gautschi gyártmányú tolokemence végzi. A vizsgált ötvöztnek megfelelő összetételű (1. táblázat), körülbelül 500 mm vastagságú hengerlési tuskó a meleghengerlést megelőzően egy nagy hőmérsékletű, körülbelül 600 °C-os homogenizáláson esik át. Ezt követően a kemencében visszahűtve a hengerlés hozzávetőlegesen 500 °C-os kezdő hőmérsékletére, az eredeti szúrásterv szerinti 21 lépésben történik a meleghengerlés, amelynek eredményeképpen 7 mm végvastagságú szalagtekercset kapunk.

Az előbbieken felvázolt technológiai lépéseket követően mintát vettünk a tekercsből. A mikroszerkezetet hengerlési irányban kivett keresztmetszeti csiszolatokon vizsgáltuk a tekercs



■ 1. ábra. Az eredeti szúrásterv szerint melegen hengerelt tuskó 7 mm vastagságú mintájának hengerlési irányba eső, vastagság menti szövetszerkezete a teljes szélesség mentén (eredeti nagyítás: 25 ×)



■ 2. ábra. Az eredeti szúrásterv szerint melegen hengerelt tuskó 95 mm vastagságú mintájának hengerlési irányba eső, vastagság menti makro- és mikroszerkezete (eredeti nagyítás: 25 ×)

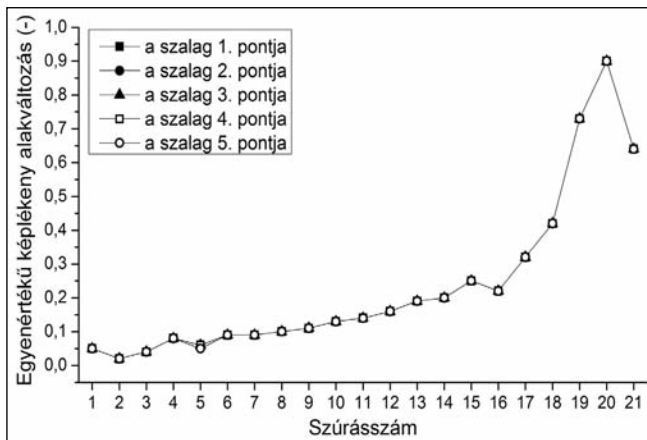
1. táblázat. Az EN AW-6082-es alumíniumötvözt szabványos (MSZ EN 573-3) kémiai összetétele

Kémiai összetétel (m/m%)							
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Egyéb egyenként	Egyéb összesen
max. 0,4	1,2 2,0	max. 0,30 0,30	0,30 1,0	max. 0,10 0,10	max. 0,10 0,10	0,05	0,15

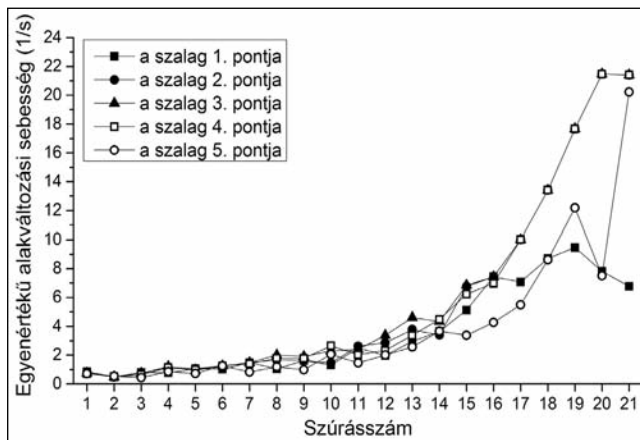
szélessége mentén öt helyen, a két szélén, a két negyedén és a közepén. Ezeket, illetve valamennyi, a későbbiekben bemutatott mintát is egy Struers LectroPol-5 típusú elektropolírozó berendezésen, Barker-marószert alkalmazásával készítettük elő a mikroszkópi vizsgálatokhoz. A szemcseszerkezetet egy Zeiss Axio Observer 7 típusú optikai mikroszkóp-

pal, polarizált megvilágítás alatt vizsgáltuk meg. Az 1. ábrán láthatjuk a teljes vastagság mikroszerkezetét bemutatató mozaikfelvételeket.

Az 1. ábrán jól kivehető a bevezetőben bemutatott réteges szemcseszerkezet. A szalag felületétől befelé terjedő 1,5-2 mm-es zónában erősen eldurvult mikroszerkezetet láthatunk, amely összefüggésbe hozható a



■ 3. ábra. Egy 8006-os melegen hengerelt szalag egyes pontjainak egyenértékű alakváltozása az egyes szűrásokban



■ 4. ábra. Egy 8006-os melegen hengerelt szalag egyes pontjainak egyenértékű alakváltozási sebessége az egyes szűrásokban

nagymértékű lokális képlékeny alakváltozással, alakváltozási sebességgel és az intenzív hűtéssel. Ugyanis a felülethez közeli rétegekben a vastagság közepét jellemző deformációs viszonyoknál feltehetően lényegesen nagyobb Zener–Hollomon-paraméter melletti alakváltozás megy végbe, így a felhalmozódó többletenergia hatására megnő a statikus újrakristályosodás hajtóereje, amelyet követően jelentős szemcsedurvulás mehet végbe. A vastagság közepe felé haladva viszont egyre inkább csökken a lokális alakváltozás mértéke és sebessége, valamint nő az alakítás hőmérséklete. Az ilyen – kis Zener–Hollomon-paraméterrel jellemezhető – melegalakítás inkább a megújulásnak kedvez.

Tovább vizsgálva a réteges szemcseszerkezet megjelenésének okait, melegengerlés közben is mintát vettünk a szalagból. A bugaolló képességeit figyelembe véve, először 100 mm-es vastagság alatt, a 16. szűrést követően, 95 mm-en tudtunk mintát venni. A 2. ábrán láthatjuk a 95 mm vastagságú minta hengerlési irányú makro- és mikroszerkezetét.

A teljes vastagságot átfogó mikroszkópi felvételen jól látható, hogy már 95 mm-es vastagságnál jelen van a réteges szemcseszerkezet. Az előzőekben megfogalmazott feltevéseknek megfelelően, a vastagság felső és alsó harmadában erősen alakított szemcseszerkezetet találtunk, amelyben még nem indult be az újrakristályosodás. Ezzel szemben a vastagság középső harmadában kevésbé alakított, megújult struktúrát mutató szemcséket láthatunk.

Az eredeti és a módosított szűrőrásterv termomechanikus paramétereinek meghatározása

A szendvicses mikroszerkezet tehát már a 95 mm-es vastagság elérése előtt kialakul, azonban a melegengerlés ezen szakaszát mintavétellel nem tudjuk vizsgálni. Ebből kifolyólag a réteges szerkezet kialakulásának mechanizmusát, illetve elkerülésének lehetőségeit csak kísérleti úton, például a melegengerlés termomechanikus terheléstörténetének fizikai szimulációjával lehet megvizsgálni. Az alumíniumlemezek reverzáló melegengerlésének termomechanikus terheléstörténetét azonban nem lehet pusztán az alkalmazott szűrőrástervből meghatározni. Ennek legfőbb oka, hogy a lemez egyes pontjai a lemez mozgatósi irányának oda-vissza változtatása miatt eltérő időtartamot töltenek a görgősonon két adott szűrés között, azaz a statikus újrakristályosodáshoz rendelkezésre álló közidő különböző a szalag hossza mentén, illetve adott pont esetében szűrőrásonként is eltérő.

A fentiek figyelembevételével, a 8006-os ötvözet melegengerlésének termomechanikus modellezéséhez szükséges paraméterek meghatározásához egy olyan adatfeldolgozó és kiértékelő programot készítettünk, amely a melegengerlés során gyűjtött adatokból (idők, hengerlési erők, sebességek stb.), a lemez tetszőleges pontjára, a teljes hengerlési folyamat minden lépésére meghatározza az átlagos egyenértékű alakváltozási mértékeket és sebességeket, illetve

az egymást követő szűrások között eltelt közidőket. A számítások során a H–M–H-elmélet (Hube–Mises–Hencly-féle elmélet) szerint meghatározott síkalakváltozással és a közepes lemezvastagsággal számolt átlagos alakváltozási sebességgel dolgoztunk. Egy eredeti szűrőrásterv szerint melegen hengerelt 8006-os tuskó adatfájljának feldolgozásából kapott adatokra mutatnak példát a 3–5. ábrák. A számításnál négy egyenlő hosszúságú részre osztottuk a tuskót, így a program öt ponton számította ki az említett mennyiségeket.

Az adatokat elemezve megállapítható, hogy a hengerlési folyamat előrehaladásával az alakváltozási sebességekben jelentős különbségek tapasztalhatók a szalag hossza mentén. A szűrások utáni közidők tekintetében elmondható, hogy egy adott pont esetében ezen időtartam fűrészfogszerűen váltakozik. A számítást több, az eredeti szűrőrásterv szerint hengerelt, a jelenlegi vizsgálat tárgyát képező 8006-os tuskóval elvégeztük, majd a szalag elejére, közepére és végére kiszámítottuk a kapott értékek átlagát. Ezeket tekintettük a folyamatra jellemző azon termomechanikus paramétereknek, amelyekkel végre fogjuk hajtani az eredeti szűrőrásterv termomechanikus szimulációját.

A melegengerlés termomechanikus történetének fizikai modellezéséhez szükség van a lemez modellezni kívánt szakaszainak hőmérsékleti profiljára is. A tuskó hőmérsékletét kivétel előtt, a tolokemence utolsó zónájában, míg a tekerics hőmérsékletét a melegengerlést követően, a tekerics

konvejsorsorra való kirakása után regisztrálják. A meleghengelési adatok feldolgozásánál elemzett tuskók e két hőmérsékleti értékét szintén átlagoltuk, majd ezeket az átlagértékeket használtuk a továbbiakban. A szalag meleghengelés alatti hőmérséklet-vezetésének becsléséhez az Arconic vállalat tulajdonában lévő CAD-FRP folyamatmodellező programcsomag erre vonatkozó modulját használtuk. A program a szalag aktuális méreteinek, tömegének és kezdőhőmérsékletének, illetve az ötvözet fizikai, valamint hőfizikai jellemzőinek megadását követően kiszámítja a szűrés közben való hűlést az idő függvényében. A számítást lépésenként végeztük el úgy, hogy az adott szűrés utáni, a hengerlési adatok feldolgozásából kapott közidő alatti lehűlés befejező hőmérsékletét tekintettük a következő szűrés utáni lehűlési szakasz kezdőhőmérsékletének. A számítások eredményét szemlélteti a 6. ábra, amelyen a szalag középső pontjának hőmérséklet-vezetését láthatjuk.

Miután a szalag elejére, közepére és végére is meghatároztuk az eredeti szűrősterv termomechanikus jellemzőit, áttérünk a szűrősterv módosításának koncepciójára. Amint már említettük, a réteges szerkezet már a végvágás előtt kialakul, ezért a jelenség elkerüléséhez a szűrősterv 95 mm-es szalagvastagságig tartó, első szakaszának módosítását céloztuk meg. A szűrősterv módosításnak két vezérelve volt. Egyrészt megnöveltük a szűrősonkenti alakváltozási mértéket, így az eredetileg 16 szűrőt 12-re csökkenttük. Másrészt, az eredeti szűrősterv adataiból meghatározott átlagos

egyenértékű alakváltozási sebességeket 30%-kal csökkentettük. A sebességcsökkentés miatt csökken a Zener-Hollomon-paraméter értéke, amelynek hatása különösen a felülethez közeli anyagterefogatban érvényesül, ahol nagy a lokális alakváltozási sebesség. Ezekben a zónákban várhatóan csökken a statikus újrakristályosodás hajtóereje, és a megújulás lehet a domináns folyamat. Célunk, hogy a végvágásig a vastagság mentén egyenletes szemcseszerkezetet hozzunk létre, elkerülve a lokális újrakristályosodást. A meleghengelés maradék, nagy fogyásokat megvalósító öt szűrőszámban ezáltal feltehetően megteremtődik a feltétele annak, hogy a teljes vastagság mentén beinduljon az újrakristályosodás.

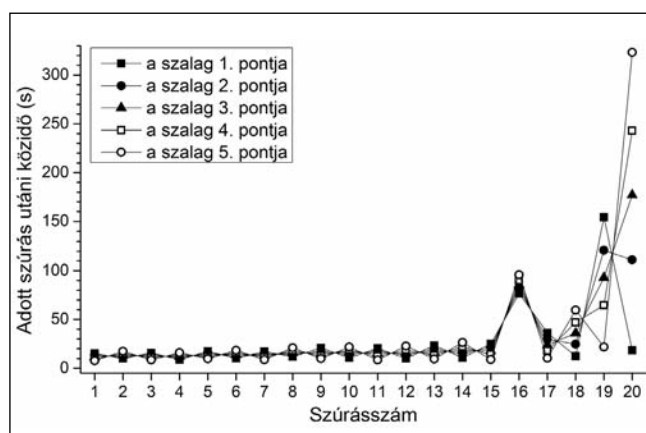
A szalag elejére, közepére és végére kiszámítva a módosított szűrőstervhez tartozó szűrőszámban megvalósítandó alakváltozási mértékeket és sebességeket, meghatároztuk a szalag kinetikáját, valamint a módosított szűrőstervhez tartozó névleges közidőket. Végül a folyamatmodellező szoftver használatával előállítottuk a módosított szűrőstervhez tartozó névleges hőmérséklet-vezetési profilokat.

Az eredeti és a módosított szűrősterv meleghengelésének végeselemes modellezése

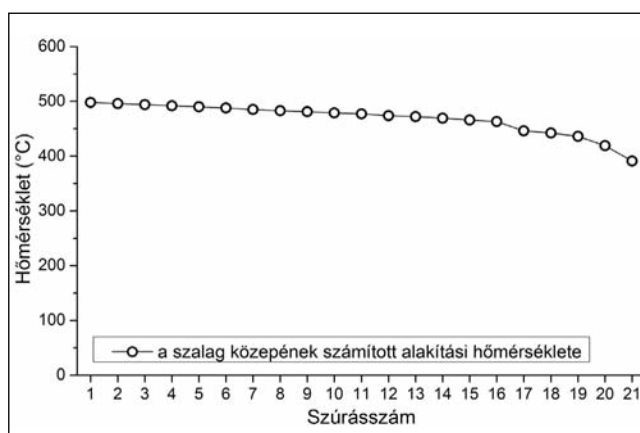
Nemlineáris folyamatok leírására, mint a meleghengelés, a végeselem-módszer igen hatékonyan alkalmazható. A 8006-os ötvözet eredeti és módosított szűrősterv szerinti meleghengelési folyamatának szimulációját az MSC.Marc.2017 nemlineáris végese-

elemes szoftverben készítettük el, mivel annak rugalmassága lehetővé teszi, hogy ezt a komplex folyamatot a megfelelő egyszerűsítések mellett le tudjuk kezelni. Sajnos a hengerlési folyamat teljes és részletes vizsgálatára nincs lehetőség, mivel ez annyi számítástechnikai erőforrást igényelne, ami jelenlegi eszközeinkkel nem oldható meg. A jelenlegi modellek összeállításakor ezért olyan – az alábbiakban felsorolt – egyszerűsítésekkel élünk, amelyek lehetővé teszik a modellezést, de nem befolyásolják az eredmények helyességét.

- 1) A hengerlési folyamat a szalag vízszintes középvonalára szimmetrikus, ezért csak a szalag felének elemzését végeztük el. Szükség esetén lehetőség van a teljes vastagság vizsgálatára, ezzel figyelembe vehetők a hengerlési folyamat során a lemez alsó és felső felületén jelentkező eltérő peremfeltételek.
- 2) A hűtőanyag és a környezet hűtő hatását a síkmez felületére megadott állandó hőátadási tényező, valamint hőszugárzás adja.
- 3) A hengereket merev, nem alakváltozó testnek tekintettük, ugyanakkor a tényleges folyamat során a hengerek rugalmasan belapulnak, valamint meghajlanak a terhelés alatt. Jelen vizsgálatunkban a lemez vastagság menti alakváltozás, alakváltozási sebesség és a hőmérséklet mezejének elemzését céloztuk meg a két szűrősterv összehasonlításához, ezért a munkahengerek deformációjától eltekinthettünk.
- 4) A kezdeti 5 m hosszúságú tuskó a hengerlés végére több mint 300 m



■ 5. ábra. Egy 8006-os melegen hengerelt szalag egyes pontjainak közideje az adott szűrés után

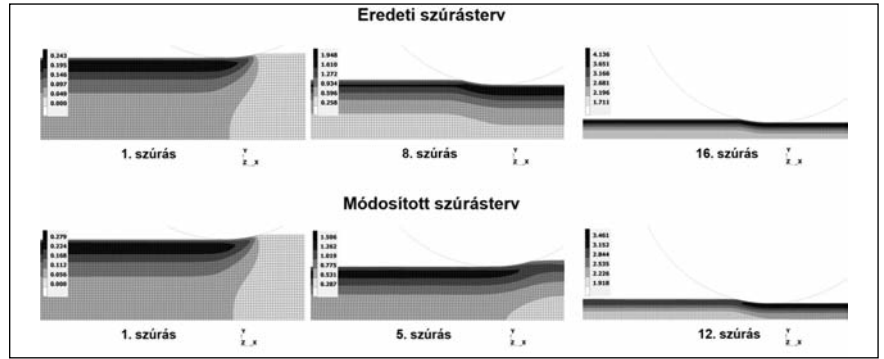


■ 6. ábra. A 8006-os melegen hengerelt szalagok középső pontjának számított hőmérséklet-vezetése

hosszú szalaggá alakul. Nem végeztük el a teljes anyagmennyiség szimulációját, mivel nem áll rendelkezésre az ehhez szükséges számítási kapacitás. A modellezés során egy 1000 mm hosszú szakaszt vizsgáltunk, amely a szalag közepén helyezkedik el. Minden hengerlési szűrás után virtuálisan visszavágtuk a darabot erre a méretre.

- 5) A számítások bemenő technológiai adatait az eredeti és a módosított szűrástervre előzőekben meghatározott, a szalag hosszának közepére vonatkozó termomechanikus paraméterek szolgáltatották. A szalag szűrások közötti hűlését a meleghengerlési adatfájlok elemzéséből kapott átlagos közidőknek megfelelő hűtési szakaszok beiktatásával vettük figyelembe.
- 6) A lemez mozgatását a valóságban görgősor biztosítja. Ezt a feladatot a modellben két merev tolólap látja el, amelyek betolják a lemezt a hengerrésbe.

A szimulációban rugalmas-képlékeny anyagmodellt használtunk, amely az alakítás sebességét és a hőmérséklet-változását is figyelembe vette. A kísérleti anyag pontos kémiai összetételét beadva a JmatPro szoftverbe, meghatároztuk a vizsgált ötvözet alakítási szilárdság görbéit, úgy, hogy azok lefedjék a meleghengerlési folyamat alakváltozás, alakváltozási sebesség és hőmérséklet-tartományát. A szoftver által szolgáltatott alakítási szilárdság görbék közül néhányat validáltunk a Gleeble szimulátoron – adott hőmérsékleten, alakváltozási mértékkel és sebességgel – végrehajtott zömítővizsgálatok segítségével. A számított és a mért görbék jó egyezést mutattak. A 7. ábrán mutatjuk be a végeeselemes számítások eredményeit a két szűrásterv összehasonlításának vonatkozásában.



7. ábra. Az egyenértékű alakváltozás eloszlása a melegen hengerelt szalagban az eredeti és a módosított szűrásterv esetén

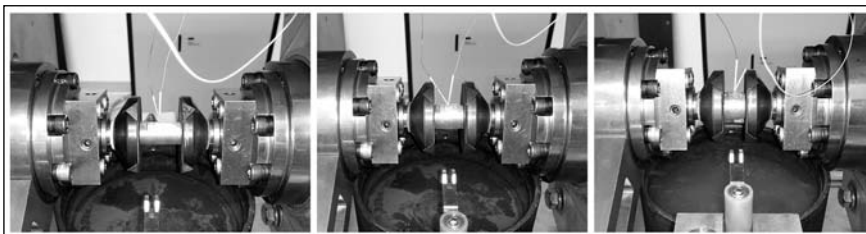
Mindkét szűrástervnél az első, egy-egy közbenső ($\bar{\varphi} \approx 0,5 - 320$ mm-es vastagság: a 8. illetve az 5. szűrás) és a végvágás előtti utolsó ($\bar{\varphi} \approx 2,0 - 95$ mm-es vastagság: a 16. illetve a 12. szűrás) hengerlési lépés alakváltozás-eloszlását ábrázoltuk. Jól megfigyelhető, hogy az eredeti szűrásterv esetén az alakváltozás-eloszlás igen nagy inhomogenitást mutat a szalag vastagsága mentén ($\varphi = 4,12-1,93$), míg a módosítás után ez a különbség mérséklődik ($\varphi = 3,36-2,22$), köszönhetően a kezdetben alkalmazott, nagyobb mértékű fogyást megvalósító hengerlési lépéseknek.

A meleghengerlés termomechanikus történetének fizikai szimulációja

A fizikai szimulációkat $\varnothing 16 \times 28$ mm-es, hengeres próbatesteken hajtottuk végre. A próbatesteket egy olyan 8006-os tuskóból munkáltuk ki, amely átesett a tolokemencében történő homogenizáláson, majd a hengerlési hőmérsékletre történő visszahűtést követően szétnyitott hengerek között járattva, emulzió fürdő alatt hűtöttük a homogenizált mikroszerkezet meleghengerlés előtti állapotának megőrzése érdekében. A meleghengerlés termomechanikus szimulációját a hen-

geres próbatestek növelt hőmérsékletű, többlépéses zömítésével hajtottuk végre. Az alakítási kísérleteket egy Gleeble 3800 típusú termomechanikus szimulátorral, saját tervezésű, megnövelt méretű alakító szerszámokkal végeztük. A 8. ábra a szimuláció három közbenső állapotán keresztül szemlélteti a módosított mérési összeállítást.

Az alakításokat követően, a szerszámok szétállításával vízbe ejtettük a próbatestet az utolsó alakítás utáni állapot szemcseszerkezetének befagyasztása céljából. Az alakított darabokat átmérőjük mentén vágtuk ketté, majd a keresztmetszetükről mikroszkópi csiszolatokat készítettünk. A 9. és a 10. ábrákon látható 9-9 darab felvétel az eredeti, illetve a módosított szűrásterv szerint, a szalag elejére, közepére és végére vonatkozó paraméterekkel futtatott szimulációk próbatestjeinek mikroszerkezetét mutatja be hármass csoportokban. Az egymás alatt lévő felvételek a próbatest vastagsága mentén, a szélén, közepén és a másik szélén készültek. A felvételeket minden esetben ugyanazon a helyen készítettük, mégpedig a próbatestek külső palástfelületétől mért $(0,2 \times d)$ távolságban, ahol „d” a próbatest átmérője. Ugyanis az MSC.Simufact.forming v15 végeeselemes szoftverrel egy, a fenti szimulációkkal megegyező képlékeny alakváltozási mértéket megvalósító, de egylépéses kontrollszámítást is végeztünk. Az eredmények azt mutatták, hogy a próbatesten belüli lokális és a szimuláció során megvalósított globális képlékeny alakváltozás a fent megnevezett térfogatban közelítőleg megegyezik, ezért ott érdemes vizsgálni a szemcseszerkezetet.



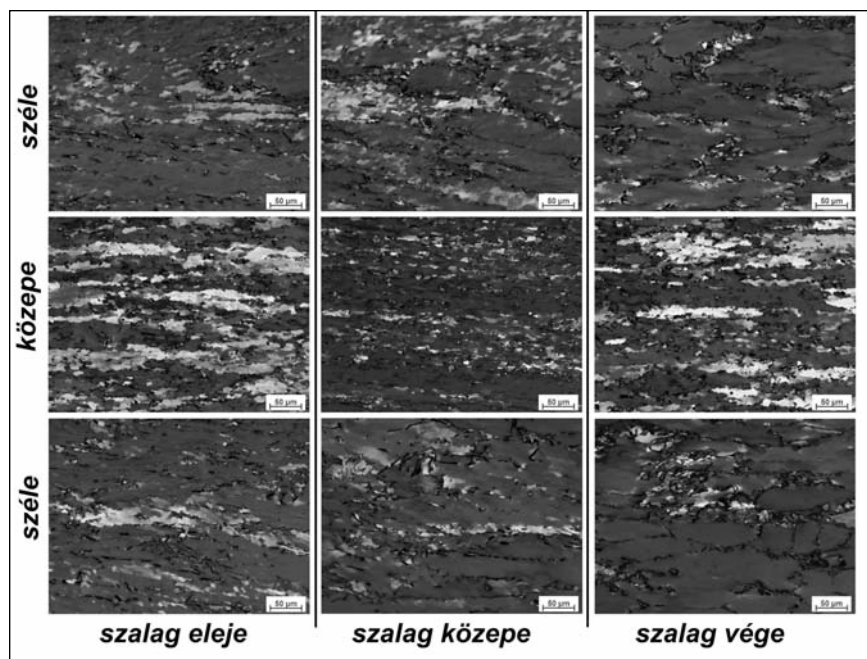
8. ábra. A 8006-os szalagok meleghengerlésének termomechanikus történetét szimuláló többlépéses, növelt hőmérsékletű zömítő vizsgálat

Áttekintve a tekercs hossza mentén jellemző eltérő termomechanikus állapotokat szimuláló minták szövetekeit, látható, hogy a módosított szűrősterv minden irányban egységesebb, azaz homogénebb mikroszerkezetet jelez előre, mint az eredeti szűrősterv szimulációs eredményei. A módosított szűrőstervnél mindenütt közel egyenletes eloszlással jelennek meg az újrakristályosodás útján keletkezett szemcsék, ezért a módosított szűrőstervet kipróbálásra érdemesnek ítéltük.

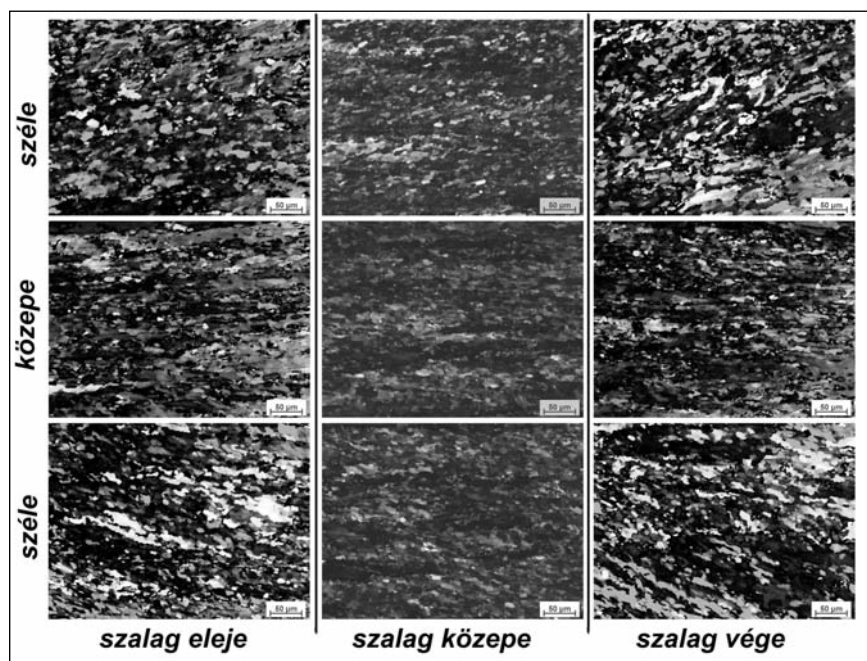
A módosított szűrősterv hatásnak tesztelése a meleghegnyelés körülményei között

Továbbá a kísérletekkel, megterveztek a 8006-os ötvözet módosított szűrőstervvel történő meleghegnyelését. Az új szűrősterv 500 mm-től 95 mm-ig terjedő részének véglegesítéséhez a módosított szimulációk paramétereit használtuk fel. Ezeket a számított értékeket technológiai és állvány üzemviteli megfontolások alapján némileg módosítottuk. A 95 mm-es vastagság utáni utolsó 5 szűrőt (13–17. szűrők) az eredeti szűrőstervnek megfelelően, változatlanul hagytuk. Az előző mintavételénél bemutatott módon, az új szűrőstervvel hengerelt tuskó meleghegnyelése közben szintén mintát vágunk a végvágást követően, 95 mm-es vastagságon. A 11. ábrán láthatjuk a 95 mm vastagságú minta hengerlési irányú mikroszerkezetét.

A szalag vastagsága mentén végig megújult és alakított kristallitokat látunk, tehát a szimulációval ellentétben, a meleghegnyelés eddigi szakaszában még nem indult be az újrakristályosodás. Mindemellett a megújulás mértéke kismértékben eltérő: a szalag szélső, munkahengerekhez közeli rétegeiben előrehaladottabb, mint a középső tartományban. Összességében, a módosított szűrősterv alkalmazása a várt eredményt hozva, gyakorlatilag megszüntette a meleghegnyelés kezdeti szakaszában kialakuló réteges mikroszerkezetet. Folytatva az új szűrősterv szemcseszerkezetre gyakorolt hatásának vizsgálatát, a tekercs lehűlése után, az 1. ábránál már bemutatott mintavételeket és előkészítési lépéseket követően, megvizs-



■ 9. ábra. Az eredeti szűrősterv szalag elejére, közepére és végére vonatkozó termomechanikus történetének fizikai szimulációján átesett próbatestek optikai mikroszkópos felvételei (eredeti nagyítás: 200 ×)

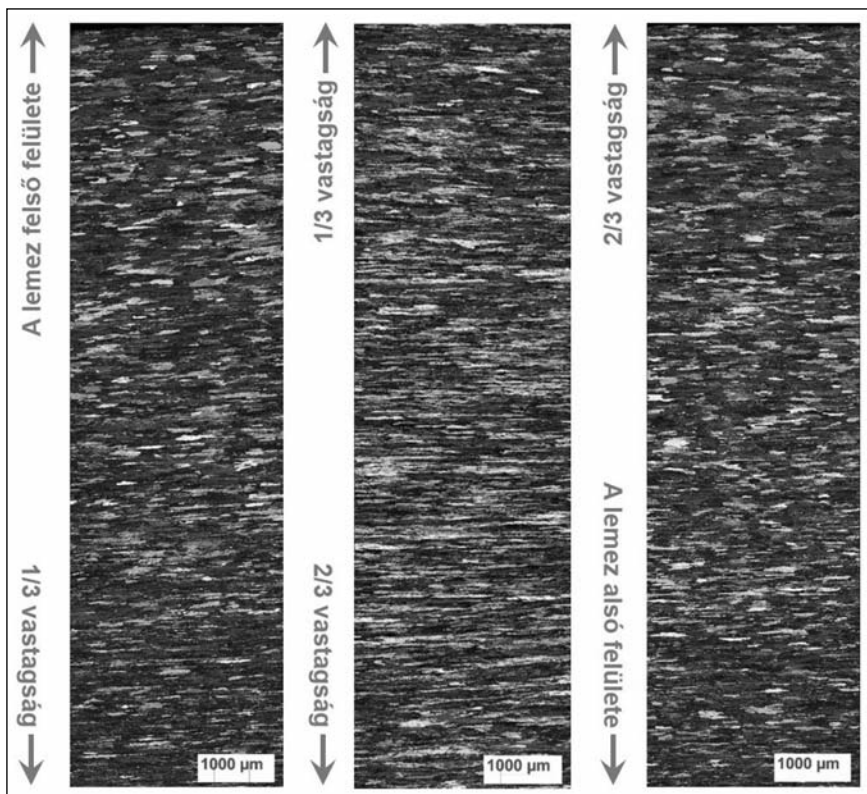


■ 10. ábra. A módosított szűrősterv szalag elejére, közepére és végére vonatkozó termomechanikus történetének fizikai szimulációján átesett próbatestek optikai mikroszkópos felvételei (eredeti nagyítás: 200 ×)

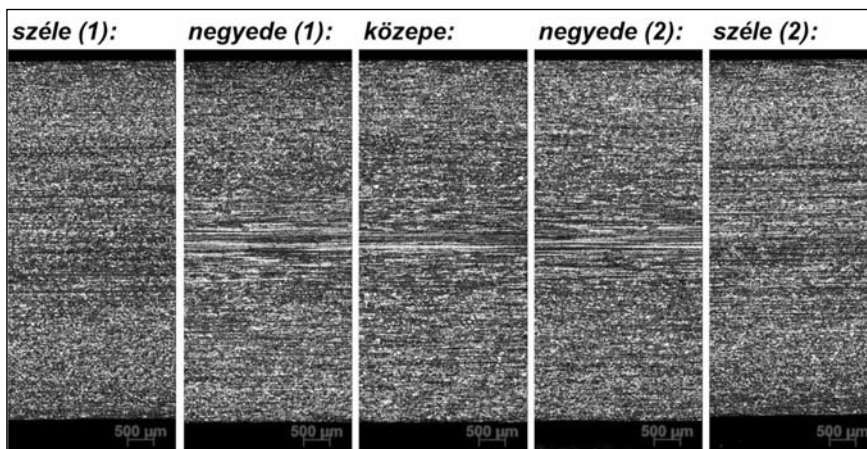
gáltuk a 7 mm-es végvastagságú szalag mikroszerkezetét is.

Látható, hogy eredeti feltevésünk beigazolódott. A meleghegnyelés végvágást követő szakaszában eredetileg is meglévő nagyobb mértékű képlékeny alakváltozások hatására – egy középső 0,8-1,1 mm-es sávot eltekintve – csaknem a teljes keresztmetszetben beindul az újrakristályosodás

(12. ábra). A két hengerlési kísérlet közötti egyértelmű különbséget a 95 mm-es szalagvastagságig történő alakítás termomechanikus paramétereinek tudatos módosítása jelentette, amellyel elegendően nagy tárolt energia állt rendelkezésre a megközelítőleg homogén eloszlású újrakristályosodás beindításához.



■ 11. ábra. Az új szűrősterv szerint melegen hengerelt tuskó 95 mm vastagságú mintájának hengerlési irányba eső, vastagság menti szemcseszerkezete (eredeti nagyítás: 25 ×)



■ 12. ábra. Az új szűrősterv szerint melegen hengerelt tuskó 7 mm vastagságú mintájának hengerlési irányba eső, vastagság menti szövetszerkezete a teljes szélesség mentén (eredeti nagyítás: 25 ×)

Összefoglalás, következtetések

A bemutatott hengerlési kísérletet követően további tuskókat hengereltünk a módosított szűrősterv szerint. Bebizonyosodott, hogy a szemcseszerkezet homogenitásának javítása mellett, az új szűrősterv nem növeli a hengerlési ciklusidőt, illetve az állvány

szempontjából sem jelent nagyobb mértékű terhelést, tehát változatlan termelékenység és amortizáció mellett lehet javítani a minőséget. Az elvégzett ipari és laboratóriumi kísérletek eredményei jól szemléltetik, hogy az ipari gyártóberendezések adatainak célirányos feldolgozásán alapuló végelemes és fizikai modellezés eredményesen segíti a termékminőség fej-

lesztését amellyel, hogy a termomechanikus szimulációk alkalmazásával elkerülhetőek a költséges és a gépállapot szempontjából akár veszélyes üzemi kísérletek.

Köszönetnyilvánítás

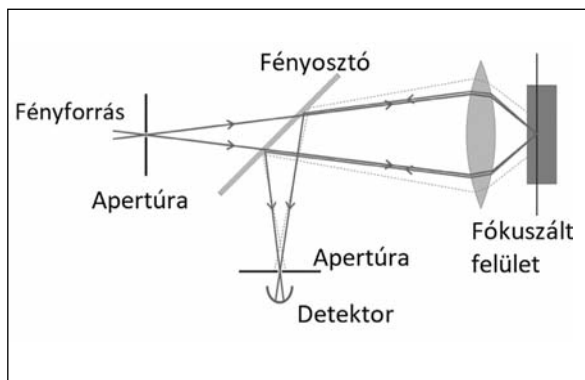
A kutatás a GINOP-2.2.1-15- 2016-00018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósult meg.

Irodalom

- [1] Alvi M. H., Cheong S. W. et al., Cube texture in hot-rolled aluminum alloy 1050 (AA1050) – nucleation and growth behavior, *Acta Materialia* 56 (2008) pp. 3098–3108.
- [2] Samajdar I., Ratchev P. et al., Hot working of AA1050 – relating the microstructural and textural developments, *Acta Materialia* 49 (2001) pp. 1759–1769.
- [3] Lee S. H., Sakai T., Microstructure and texture development of pure aluminum and aluminum alloy processed by high speed hot rolling, *Metals and Materials* 14 (2008) No.2, pp. 263–268.
- [4] Kang C. G., Kang H. G. et al., Formation of shear texture components during hot rolling of AA1050, *Journal of Materials Processing Technology* 187–188 (2007) pp. 542–545.
- [5] Gourdet S., Montheillet F., An experimental study of the recrystallization mechanism during hot deformation of aluminium, *Materials Science and Engineering A* 283 (2000) pp. 274–288.
- [6] Chen S. P., Van der Zwaag S., Modelling recrystallization kinetics in AA1050 following simulated breakdown rolling, *Metallurgical and Materials Transactions A* Vol.37 (2006) pp. 2859–2869.
- [7] Huang Y., Humphreys F. J., Transient dynamic recrystallization in an aluminium alloy subjected to large reductions in strain rate, *Acta Materialia* 45, No. 11 (1997) pp. 4491–4503.

Optikai-, konfokális mikroszkópia és infravörös spektroszkópia alkalmazása alumíniumtermékek felületi vizsgálatára

A technológia fejlődésével a vevői elvárások is növekedtek. Az alumíniumtermékek felületi minőségének javítására és a hibaokok keresésére is folyamatosan fejlődő mérőberendezések állnak rendelkezésre. Jelen publikációban bemutatjuk az üzemi környezetben fellépő hibajelenségeket és ezek vizsgálatát több oldalról megközelítve: az optikai mikroszkópiát nagy nagyítású felületi és metszeti képek készítésére, a konfokális mikroszkópiát a minta felületének letapogatására és háromdimenziós ábrázolására, az infravörös spektroszkópiát pedig közvetlenül a felületről történő szerves eredetű szennyeződések elemzésre. Bemutatjuk a mérési módszerek kombinálásából származó eredményeket is.



■ 1. ábra. Konfokális pásztázó mikroszkóp vázolata

Bevezetés

Hengerelt alumíniumtermékek minősítése a vevők szempontjai szerint a belső (szakítószilárdság, nyúlás, szemcseszerkezet stb.) és a külső (érdesség, felületi egyenetlenségek, karcmentesség, felületi olajfoltok, korrózió stb.) tulajdonságok alapján történik. Gyártás során öntött tuskóból több alakítási lépésen át jutunk el a végső állapotba, kezdve a meleg és hideg hengerléssel, egészen az egyengetésen, szélezésen és hőkezelésen át a darabolásig, hasításig és vágásig. Egy ilyen komplex folyamat során a termék különböző felületi érdességű és kiképzésű szerszámokkal, vegyi anyagokkal, hűtő-kenő olajokkal találkozik, amik nagymértékben befolyásolják a felületi megjelenést.

A készülékek rövid bemutatása

Az optikai mikroszkóp egy megvilágított felületről nagyított képet állít elő objektív lencsék és nagyítólencsék

segítségével [1]. Különböző nagyítású objektívek revolver elrendezésben cserélhetők a minta mozgatása nélkül, így ugyanarról a területről egyre nagyobb nagyítású képet tudunk készíteni. A mintát egy tárgyasztalra helyezük, mely forgatható, és egy pozicionáló orsó segítségével mozgatható, így a vizsgálandó terület könnyen az objektív látómezejébe kerül. Fénytörő lencséknek köszönhetően az adott területet az okuláron és a kamera által készített képen egyszerre is láthatjuk.

Az általunk használt mikroszkóp Zeiss gyártmányú Axio Observer típusú készülék, mely maximálisan 1500 x-es nagyításra képes, ezt a tartományt metallográfiai csiszolatok vizsgálatára, az alumínium szemcseszerkezetének és fázisainak megfigyelésére használjuk.

A konfokális pásztázó mikroszkóp egy olyan speciális fénymikroszkóp, amiben a tárgy képe az ún. konfokális (közös fókuszú) leképezés (1. ábra) révén a tárgy mozgatásával pontról pontra készül. A tárgyat megvilágító

LED-fényforrás fénye egy lyukdiafragmán át lép be a mikroszkópba, és az objektíven keresztül, fókuszálva érkezik a tárgynak egy, a kiválasztott síkban lévő pontjára.

Erről a pontról visszaszóródott fényt az objektív egy részben áteresztő tükör közvetítésével egy másik lyukdiafragmára gyűjti. A kiválasztott tárgysíknak (valójában a tárgy egy vékony szeletének) a képe pásztázás közben pontról pontra alakul ki, több egymással párhuzamos réteg megmérése után, a tárolt adatokból rétegek is előhívhatók. Ilyen módon háromdimenziós betekintést nyerhetünk [2, 3]. Az általunk használt Nanofocus Mobile konfokális mikroszkópnak 10 x, 20 x, 50 x, 100 x nagyítású objektívje és mágneses talpzata van, össztömege nem haladja meg a 7 kilogrammot, aminek köszönhetően hordozható, így az alakító hengerek felületére mágnesesen rögzítve vizsgálhatjuk annak felületét. A megmunkáló felületről, illetve az általuk az alakítás során készített alumíniumlemezről 10 különböző felületi érdességparamétert tudunk meghatározni, szoftveres korrekcióval korlátozottan, akár görbült felületről is (alakító henger).

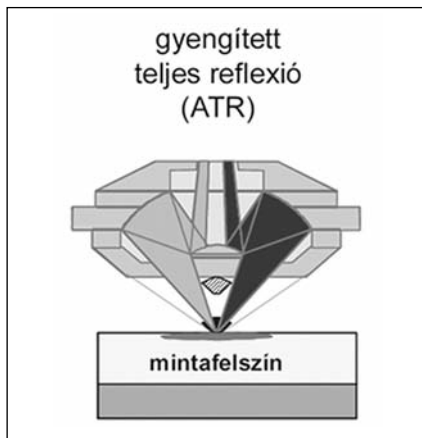
Az FTIR- (Fourier-transzformációs infravörös) spektroszkópia olyan analitikai mérési módszer, melynek segít

Jurecska Tamás a Veszprémi Egyetemen vegyészként végzett 2015-ben. Kutatási területe már tanulmányai során is a fotofizika és a fotokémia volt. Jelenleg az Arconic-Kőfém Vegyi Vizsgálatok Laboratóriumában a felületi minőség ellenőrzéséért és javításáért felelős fejlesztő mérőkként dolgozik, amibe beletartozik a belső selejt, illetve a reklamációs okok kivizsgálása a cikkben részletezett készülékek segítségével.

ségével anyagok abszorpciós infravörös spektrumát tudjuk meghatározni. Az FTIR-spektrométer széles spektrális tartományban gyűjt egyidejűleg adatokat. Az FTIR-kifejezés arra utal, hogy a nyers adatoknak tényleges spektrummá alakításához a Fourier-transzformációt alkalmazzunk [4, 5]. Az általunk használt Bruker Lumos készülék rendelkezik egy beépített optikai mikroszkóppal (hátránya, hogy kis felbontású) és egy vezérelhető tárgyasztallal, így mikroszkópos felvételen megjelölt területektől tudjuk felvenni a felületen lévő anyagok infravörös spektrumát. A spektrumok felvételéhez számítógépesen vezérelt ATR (Attenuated total reflectance / gyengített teljes reflexió) feltétet használunk, amelyben egy 5 µm átmérőjű germánium tűhegy (2. ábra), a felülethez érve szilárd érintkezést ad a mintával.

Az infravörös spektrum csúcshelyei kémiai funkciós csoportokra jellemzők (alkohol, észter, karbonsav stb.), az egymáshoz viszonyított arányuk ujjlenyomatként az anyagi összetételre, míg a csúcsmagasságok a csoportok mennyiségére adnak információt. Szerves anyagok infravörös spektrumát elemző szoftver segítségével össze tudjuk hasonlítani egy spektrumkönyvtárral, így azonosítható a felületen található szennyeződés. Az ismert anyagok spektrumaiból saját könyvtárat is készíthetünk, így pontosítva a keresést.

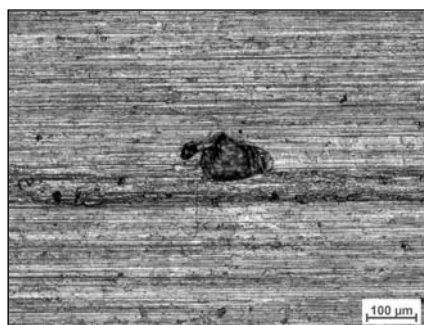
A készülékhez tartozó külső egységgel folyadékok infravörös spektrumait tudjuk mérni, mivel a spektrumok csúcsmagasságai mennyiségi információt hordoznak, megfelelő kalibráci-



■ 2. ábra. ATR-feltét mérési pozícióban



■ 3. ábra. Felületi karc



■ 4. ábra. Optikai mikroszkópos felvétel: a felületre felpapadt anyagdarabok



■ 5. ábra. Metszet optikai mikroszkópos felvétele

óval hűtő-kenő anyagok adaléktartalmát tudjuk meghatározni.

Ipari minták hibaokainak feltárása

1. Karc: Hengerlés során az alakítószerszámokra felpapadt vagy a felületre előzetesen rákerült idegen anyag megkarcolhatja a felületet (3. ábra).

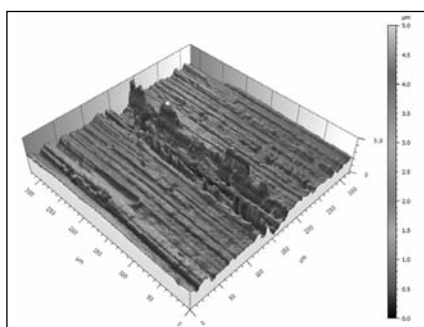
Szemrevételezés után optikai mikroszkóppal felvételek készültek, majd meghatároztuk a karc szélességét és láthatóvá váltak a karc mentén megpaptt anyagcöccök (4. ábra).

A hibahelyen a felületre merőlegesen kivágott és beágyazott metszetet vizsgálva képet kapunk a hibajelenségről, meghatározhatjuk mélységét, illetve, hogy került-e idegen anyag az alumíniummátrixba (5. ábra). Hátránya, hogy egy csiszolaton csak egy adott metszetet látunk.

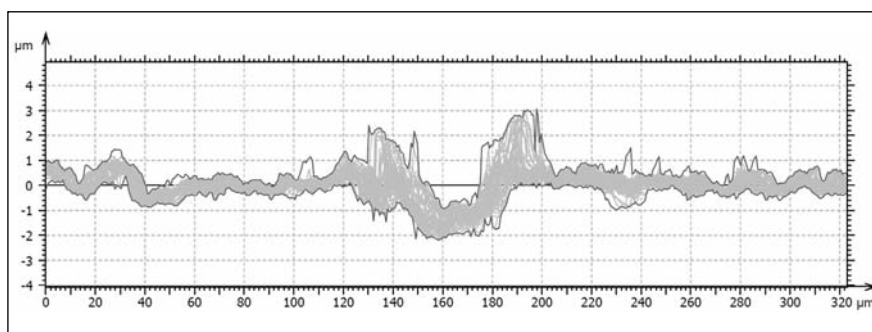
A konfokális mikroszkóp érintésmentes letapogatásának köszönhetően a minta eredeti állapota vizsgálható, a rétegről rétegre történő mérés eredményeként háromdimenziós betekintést nyerünk a mintafelszínről (6. ábra).

A mért adatokat konvertáltuk, a felületre merőleges szeletelést végeztünk, és egy képen ábrázoltuk az összes szeletet. A mélységparaméterek, a karcból kigyúrt anyag magassága, a karc szélessége leolvashatóvá válik (7. ábra).

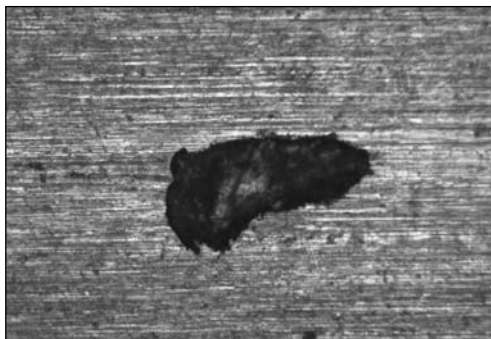
FTIR-spektroszkóppal a hibát követve látható, hogy a karc nem periodikusan fordul elő, néha megszűnik, anyagcöccökkel végződve (8. ábra), ATR-feltéttel közvetlenül az idegen anyagot



■ 6. ábra. Konfokális mérések háromdimenziós ábrázolása



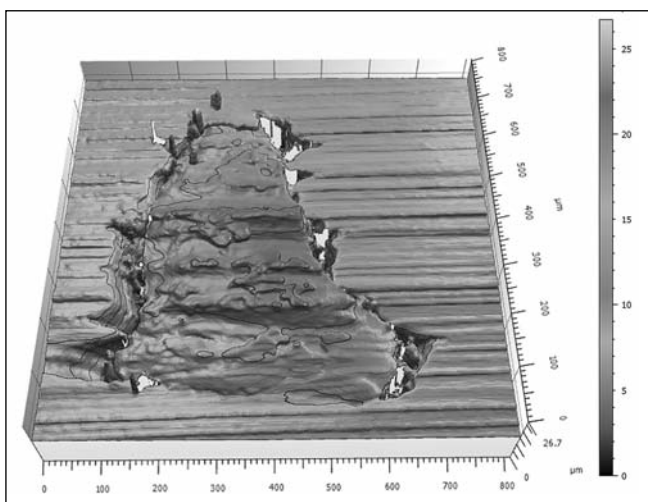
■ 7. ábra. Topográfiai szeletek egy képen ábrázolva



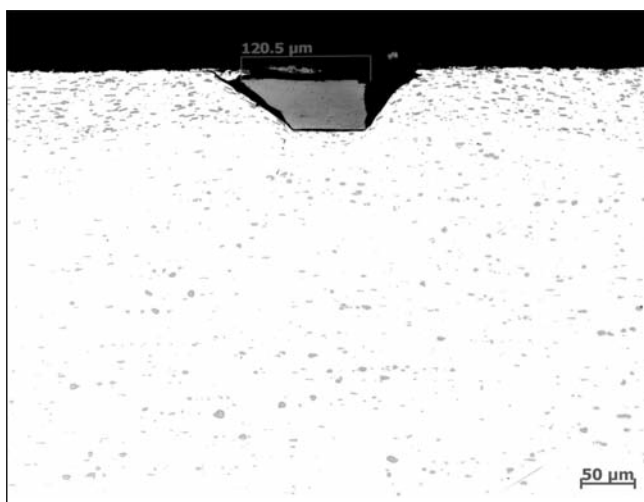
■ 8. ábra. Karc végén elhelyezkedő anyaggóc



■ 9. ábra. Karc végén elhelyezkedő anyaggóc



■ 10. ábra. Behengerelt idegen anyag háromdimenziós ábrázolása



■ 11. ábra. A felületbe behengerelt idegen anyag metszeti képe

mértük meg. A spektrumokból egyértelműen kiderült, hogy szerves eredetű a szennyeződés, a könyvtári spektrum összehasonlítás eredménye szerint polietilén, ami egy előregedett, szétmorzsolódott átvezető görgőről származott.

2. Idegen anyag: apró sötét „pöttyök” láthatók elszórtan a felületen (9. ábra).

Konfokális mikroszkóppal látható, hogy az idegen anyag kitüremkedik az alpmátrix síkjából, felülete eltér a hengerelt felülettől (10. ábra), ebből

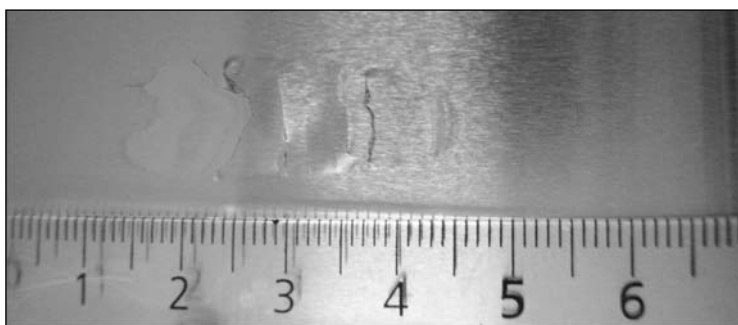
következtethető, hogy nem az alumíniumfelület repedt fel. Az idegen anyag mellett a felületi mélyedés a felületen folytatódó a hengerlési nyom. Az idegen anyag méreteit a már említett módon meghatároztuk.

Az FTIR-spektroszkóp mutatja, hogy az idegen anyagnak nincs infravörös spektruma (infra-inaktív), ebből feltételezhető, hogy nem szerves eredetű.

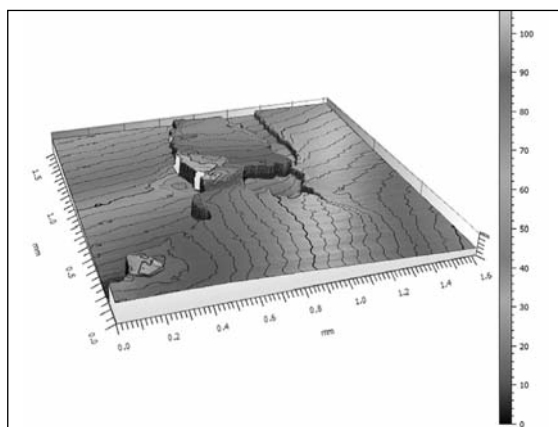
Az optikai mikroszkópos vizsgálathoz a minta egy darabját kivágás után beágyasztuk, a csiszolást és polírozást úgy végeztük, hogy az idegen

anyagot elmetszettük. A felvételen látható az anyagi eltérés az alumíniummátrixtól: egy acéldarabka (11. ábra). A SEM összetétel-elemzése ezt bizonyította is, vas (97%), szén és mangán van jelen.

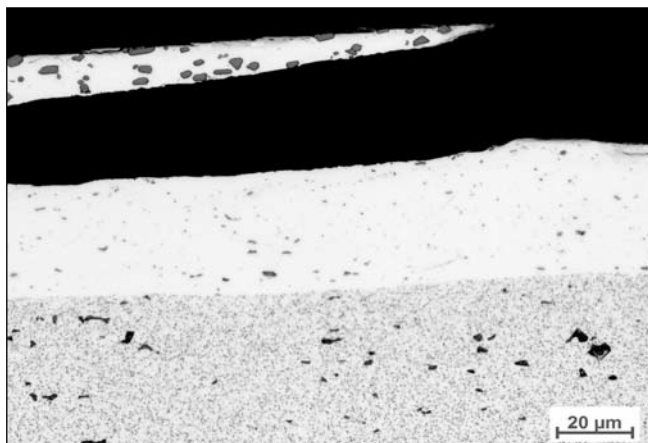
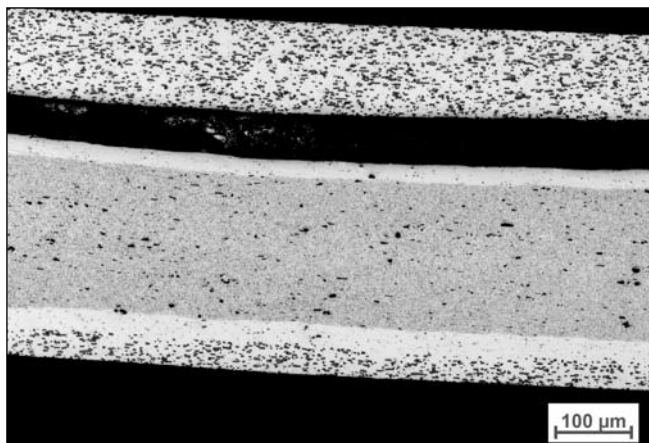
3. Felszakadás: Plattírozott, több rétegű termékekből különböző ötvözetű és vastagságú lemezeket hengerelünk össze, ami nem egyszerű feladat, mivel a további alakítás



■ 12. ábra. Felszakadt felület



■ 13. ábra. Felszakadt felület



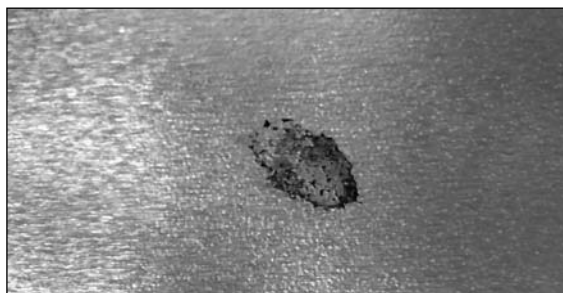
■ 14. ábra. Csiszolat az elvált plattírozott rétegekről

során a rétegek nem megfelelő összetapadása problémát okozhat (12. ábra).

A konfokális mikroszkóp mutatja, hogy a felület több helyen szabálytalanul felszakadt (13. ábra).

Optikai mikroszkóppal a felületre merőleges csiszolatot vizsgálva az ötvözetek közötti különbség előhívható, így meghatározható, hogy mely rétegek nem tapadtak össze.

4. Olajfolt: Különböző alakítások során eltérő hűtő-kenő anyagokat alkalmazunk. Gyártási hiba esetén, vagy nem megfelelő zsírtalanítás és hőkezelés során a kenőanyag ráéghet a felületre (15. ábra).



■ 15. ábra. A felületre ráégett kenőolaj

Konfokális mikroszkóppal vizsgálva már az 1-5 µm vastagságú ráégett rétegek is könnyen észlelhetők, így FTIR-rel nagyobb intenzitású spektrumokat kaphatunk.

FTIR beépített mikroszkóppal mozaikfelvételt készítettünk a hibáról, a kiválasztott terület megjelölt pontjain felvettük az infravörös spektrumokat (16. ábra).

Kiválasztott spektrumot könyvtári keresésnek vetettük alá, ilyenkor a program matematikai úton értelmezi a spektrumot és megadja a lehetséges találatokat. A spektrumok áttekintésével látható, mely referenciaanyag kémiai természetére hasonlít a minta.

A mért és a referenciaspektrum nagyon hasonló, de a referenciaspektrumot a kenőanyag eredeti folyadékállapotában vettük fel. Laboratóriumi hőkezelés során kis méretben szimuláltuk a hőmérsékletviszonyokat egy mintalemezre cseppentett olajjal, az innen felvett spektrum megegyezett a kiindulási minta spektrumaival.

Így bizonyítottá vált, hogy nagy hőmérsékleten az olaj bizonyos komponensei elillannak vagy elbomlanak, illetve egy részük visszamarad. Tehát mérés során a visszamaradt bomlástermékeket detektáltuk.

Összefoglalás

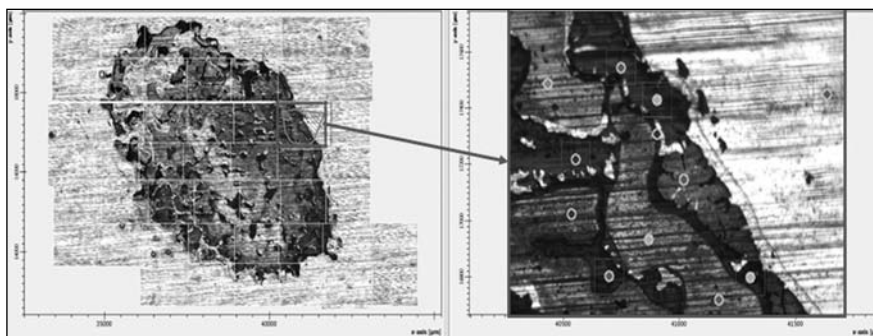
Bemutattuk a vizsgálatok során a hibaokkeresést különböző felületanalitikai módszerekkel, a készülékek gyakorlati alkalmazását, illetve előnyeiket, hátrányait. Példaképpen bemutattunk olyan mintákat, melyek esetén a készülékek kombinálása többletinformációt ad.

Köszönetnyilvánítás

A Zeiss Axio Observer optikai mikroszkóp és a Bruker Lumos Fourier transzformációs infravörös készülék beruházás a GINOP-2.2.1-15-2016-00018 állami támogatású pályázat keretében valósult meg.

Irodalom

- [1] Dr. Bárány Nándor. Optikai műszerek, Műszaki könyvkiadó
- [2] Pawley J. B. (editor). Handbook of Biological Confocal Microscopy, 3rd, Berlin: Springer (2006).
- [3] Memoir on Inventing the Confocal Scanning Microscope, Scanning 10 (1988),
- [4] Fourier Transform Infrared Spectrometry, 2nd, Wiley-Blackwell (2007)
- [5] Kamarás Katalin: Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia; MTA SZFKI



■ 16. ábra. A felületre ráégett olaj és a mérési pontok

RÉGER MIHÁLY

Hengerelt lapostermékek középvonali dúsulása

Az öntött és hengerelt termékek egyik legkevésbé előre jelezhető hibája a folyamatos öntés során kialakuló ún. középvonali dúsulás. Ez a hibajelenség komplex módon jön létre, kialakulása részben a makrodúsulás jelenségével, részben a megszilárduló olvadék fajtérfogat-csökkenésével kapcsolatos. Ezen folyamatok eredményeképpen az öntött lemezbuga középvonalaiban az átlagostól eltérő összetétel alakul ki, illetve ebben a tartományban a folytonossági hiányok, fogyási üregek és zárványok sűrűsége is megnövekedhet. Az öntést követő megalakítási folyamatban az összetett geometriájú fogyási üregrendszer az alakváltozás függvényében záródhat. Az összetételi különbség annak ellenére is megmarad, hogy melehengerlés előtt a lemezbuga több órát tölt 1000 °C felett a tolókemencében. Ennek eredményeként melegen hengerelt termék (durvalemez, hengerelt szalag) a kristályosodási és technológiai paraméterek függvényében az átlagostól eltérő összetételű lesz a középvonali zónában, pl. egy St52 minőség esetében a karbon tartalom a 0,3-0,5 tömegszázalékot, a mangántartalom az 1,7-1,9 tömegszázalékot is elérheti. Az ipari tapasztalatok azt igazolják, hogy a középvonali dúsulás szintje hőkezeléssel alig csökkenthető.

Bevezetés

A lemezbuga középvonalaiban kialakuló inhomogenitás károsan befolyásolja a hengerelt féltermék és késztermék felhasználói tulajdonságait, mivel az öntési hibák – módosult formában – a hengerelt termékben is megtalálhatók. Bár a melehengerlés során a középvonali dúsulás (centerline segregation, CLS) vékonyodik, szétszakadozik, de a durvalemez vagy hengerelt szalag belsejében a nyomai megmaradnak. Normalizálással vagy homogenizáló hőkezeléssel a középvonali dúsulás mértéke és kiterjedése alig befolyásolható. A diffúziós számítások azt valószínűsítik, hogy a homogenizáció sikerességében, illetve sikertelenségében a karbon – az auszteniiben oldott ötvözőelemek által befolyásolt – termodinamikai aktivitása is szerepet játszhat. A karbon és az ötvözők közötti kereszt-hatás a helyi összetételi viszonyoknak megfelelő karbonaktivitási függvény meghatározásával lehetséges [1, 2].

Kis karbon tartalmú ötvözetlen szerkezeti acélok folyamatos öntése során a dúsulásra leginkább a karbon, a mangán, a szilícium, a foszfor és a kén hajlamos. Bár a dúsulási index a kén és a foszfor esetében igen nagy lehet, összességében ezen elemek mennyisége – még a dúsult zónában is – nagyon kevés ahhoz, hogy érdemben a karbon aktivitását befolyásolni tudná. Emellett a kén zömében szulfidzárványokat képez, vagyis kémiai kötött állapotban van, így inaktívnak tekinthető. Az auszteniiben az oldott mangán és a szilícium mennyisége viszont elérheti azt a szintet a dúsult zónában, amelynél a karbon termodinamikai aktivitásának érdemi módosulására lehet számítani. A szilícium hatása általában gyengébb, mivel egyrészt mind az alapanyagban, mind a dúsult tartományban a mennyisége a mangánnál kisebb, másrészt a szilícium a karbon aktivitását a mangánnál csekélyebb mértékben befolyásolja.

A mangán kettős szerepet játszik a középvonali dúsulás stabilizálásában. A diffúziós sebessége az auszteniiben nagyságrendekkel kisebb a karbonénál, így a mangántartalom kiegyenlítődére kicsi az esély, vagyis a homogenizálás során a mangán eloszlás gyakorlatilag változatlan. Ugyanakkor a jelenlévő elemek közül leginkább a mangán csökkenti a karbon aktivitását. Ennek eredményeként egyensúlyi állapotú auszteniiben az inhomogén mangántartalom inhomogén karbon tartalom-eloszlást eredményezhet oly módon, hogy ahol lokálisan az átlagosnál nagyobb a mangántartalom, ott lokálisan a karbon tartalom is meghaladja az átlagértéket. Mindemellett az auszteniit átalakulási folyamatában a mangán a keményebb és kisebb alakíthatóságú szövetelemek (perlit, bénit, martenzit) képződését segíti elő, melyek a késztermék felhasználhatóságát és további feldolgozhatóságát (hegesztés, vágás, alakítás) rontják.

A középvonali dúsulás eredete és jellemzői

A kristályosodás során kialakuló középvonali dúsulás részben a makrodúsulással, részben a dermedést kísérő fajtérfogat-változással kapcsolatos jelenség, amely összetételi eltérések, anyagfolytonossági hiányok (pórusok, fogyási üregek), és zárványok kialakulását eredményezi a kristályosodó szelvény utoljára megdermedő középvonali tartományában [3–6]. A lemezbugák folyamatos öntésének viszonyai között leginkább a kristályosodási és átalakulási folyamatok, valamint az olvadéka ramlás és olvadékutánpótlás lehetősége az, ami befolyásolja a középvonali dúsulás jellegét, mértékét. A kristályosodás utolsó fázisában a dendritágak között feldúsult olvadék van jelen, így minden hatás, amely az olvadék kényszer-

Réger Mihály szakmai életrajzát 2016/5–6. számunkban közzöltük.

mozgását eredményezi (hűtési viszonyok, támgörgő beállítás, kihajlás a támgörgők között), óhatatlanul középvonali makrodúsuláshoz vezet. A két-fázisú mushy (olvadék, szilárd) tartományban az olvadék-utánpótlás lehetősége a szilárd fázis arányának növekedésével csökken, mivel a dendritek közötti bonyolult üregrendszer átteresztő képessége (permeabilitása) is csökken. Az olvadék-utánpótlás lehetőségének korlátozódása törvényszerűen a fogyási üregek (porozitás) kialakulását eredményezi, ezek szintén a középvonali dúsulás velejárói.

A középvonali dúsulás makrodúsulással kapcsolatos része az egyes elemekre dúsulási indexének meghatározásával jellemezhető ($C_{dúsult}/C_{névleges}$). A porozitás mértéke metallográfiai, ultrahangos vagy sűrűségméréses módszerrel határozható meg, de mindegyik eljárás igen körülményes, és drága. Mivel a porozitás és a makrodúsulás nehezen szétválasztható folyamatok, így az ipari gyakorlatban a kettőt együtt minősítő eljárások terjedtek el (pl. Baumann-eljárás, képelemzési módszerek).

Annak ellenére, hogy a hagyományos technológiákban az alakváltozás mértéke igen nagy a melegalakítás során, a féltermékben vagy késztermékben a középvonali dúsulás és annak részjelenségei valamilyen módosult formában megtalálhatók [1]. Az öröklődés eredményeképpen a durvalemez vagy melegen hengerelt szalag középvonalában az összetétel és a

szerkezet eltér az átlagostól. A hengerelt termékben a dúsult rész vastagsága a lemezbugában kialakult középvonali dúsult zóna méretétől és az alakváltozás mértékétől függ.

Meleghengerlés (és az esetleges normalizálás) után a középvonali dúsulások hengerelt termék a középvonalában soros elrendeződésű perlitet, bénitit és martenzit is tartalmazhat (1. ábra). Az ötvözőkre és szennyezőkre számított dúsulási index általában 1,2 és 10 közötti értékeket vehet fel.

A dúsult zóna igen gyakran, a 2. ábrán is látható módon, nagyobb mennyiségben zárványokat és folytonossági hiányokat is tartalmaz. A repedésszerű folytonossági hiányok a fogyási üregek elhengerléséből származnak, mivel a bonyolult geometriájú fogyási üregrendszer felületei nem feltétlenül hegednek össze a melegalakítás folyamán.

A kísérleti tapasztalatok szerint a középvonali dúsulással létrejött összetéti inhomogenitás ipari körülmények között végrehajtott normalizálással vagy homogenizációs hőkezeléssel lényegesen nem javítható [7, 8], ami a foszfor, szilícium és mangán esetében a kicsi diffúziós sebességgel, a kén vonatkozásában pedig a szulfidzárványok képződésével magyarázható. Az auszteniitben igen gyors diffúziójú karbon esetében viszont ezek a megfigyelések arra utalnak, hogy a karbon diffúziós homogenizálódását valamilyen hatások gátolják az újra auszteniítés folyamatában.

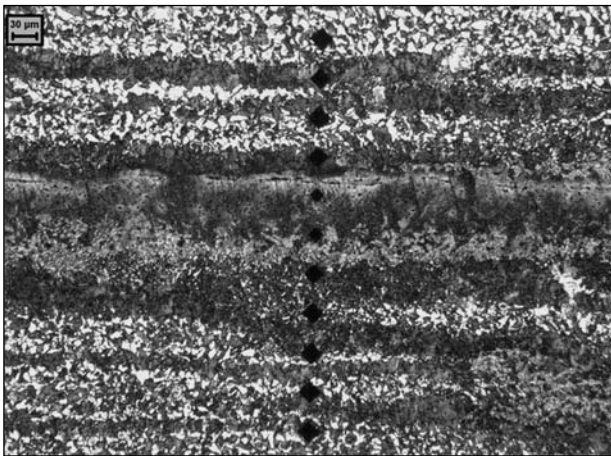
A középvonali dúsulás stabilitása sok tekintetben hasonlóságot mutat a melegen hengerelt termékek jól ismert soros szövetével, hiszen a soros ferrit-perlites szerkezet kialakulásának hátterében szintén a mangán nem egyenletes eloszlása áll. A kristályosodás során az egy dendrittartományon belül kialakult mikrodúsulás összetéti inhomogenitást okoz a hengerelt termékben, mely az átalakulási folyamatban kialakuló karboneloszlást alapvetően befolyásolja.

A középvonali dúsulás esetében a normalizálás után is megmaradó karbon dúsulás részben szintén magyarázható a mangánnak az auszteniit átalakulására kifejtett hatásával. Ugyanakkor a diffúziós folyamatot a dúsult elemek közötti keresztthatás befolyásolhatja, másrészt a középvonalban elhelyezkedő elnyúlt zárványok és repedésszerű folytonossági hiányok is akadályozhatják a karbon tartalom kiegyenlítődéését, mivel ezek éppen a diffúzió irányára merőlegesen állnak.

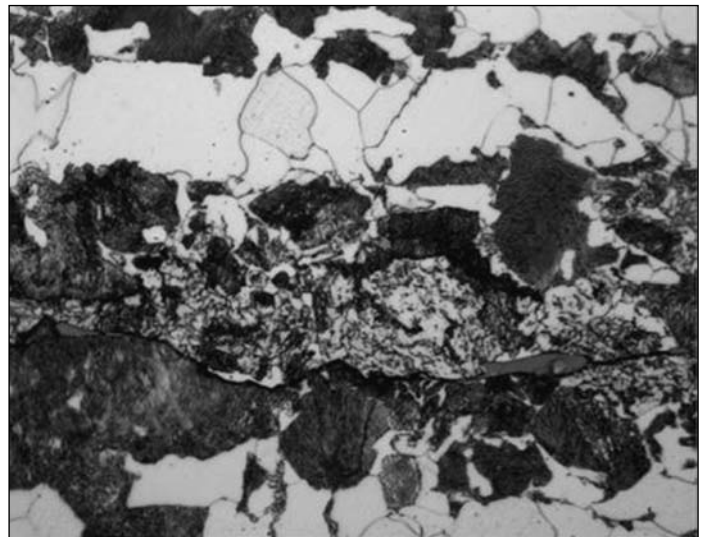
A következő fejezetben a nem egyenletes mangáneloszlás diffúziós folyamatokra gyakorolt hatását vizsgáljuk meg.

A karbonaktivitás értékének becslése

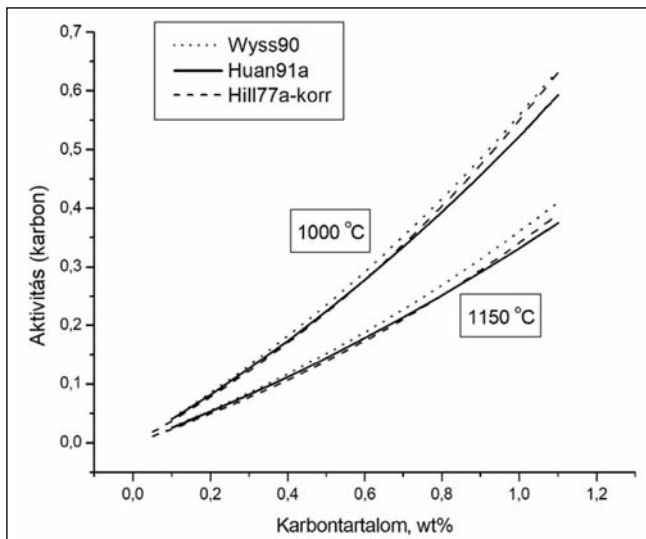
Az auszteniitben a mangáneloszlás a karbon lokális termodinamikai aktivitását befolyásolja, a diffúzió pedig a lokális aktivitások különbségének függvényében történik. A Fe-C-X rendszerben az aktivitás elsősorban karbon tartalomtól, a



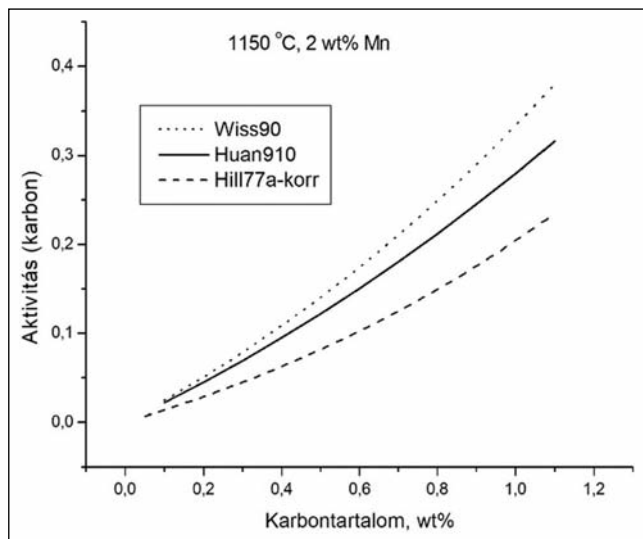
■ 1. ábra. Szövetszerkezet egy 50 mm vastagságú durvalemez középvonali dúsulások részén. A középső, bénites martenzites sáv 520 HV_{0,1} keménységű, melynek felső részén zárványokat is tartalmazó repedésszerű folytonossági hiányok láthatók. Az alapszövet soros jellegű ferrit-perlites. Eredeti nagyítás 100 ×, maratás Nital



■ 2. ábra. Repedés jellegű folytonossági hiány zárványokkal, amely a kristályosodás közben képződött fogyási üregek elhengerlésével alakult ki. Eredeti nagyítás 1000 ×, maratás Nital



■ 3. ábra. A karbon termodinamikai aktivitásának alakulása Fe-C binér rendszer auszteniájában a karbontartalom és a hőmérséklet függvényében



■ 4. ábra. A karbon termodinamikai aktivitásának alakulása Fe-C-2 wt% Mn ternér rendszer 1150 °C hőmérsékletű auszteniájában a karbontartalom függvényében

hőmérséklettől, valamint az ötvözők minőségétől és mennyiségétől függ.

A szakirodalomban publikált modellek [9–11] lényegében azonos eredményt szolgáltatnak a tiszta Fe-C binér rendszerben a karbonaktivitás értékére vonatkozóan (3. ábra). Más a helyzet viszont, ha az auszteniában pl. nagyobb mennyiségű mangán jelenlétét is feltételezzük. A 4. ábra a három vizsgált modell alkalmazásával az Fe-C-2 wt% Mn összetételre adódó számítási eredményeket mutatja be egy 1150 °C-os ausztenítés során. Mindhárom modell az aktivitás csökkenését jelzi. Az ötvözőtartalom – jelen esetben mangántartalom – karbonaktivásra gyakorolt hatása tekintetében a modellek tehát kvalitatív értelemben azonos, kvantitatív szempontból viszont némileg eltérő eredményeket szolgáltatnak. A témakörben végzett korábbi vizsgálatok [7, 8] tapasztalatai alapján a következő fejezetben ismertetett esetek elemzéséhez a középértéket adó Huang-modell érvényességét tételezzük fel azzal a megjegyzéssel, hogy a számítási eredmények értékelése során a karbonaktivitás számítási modelljéből adódó bizonytalanságok hatását is figyelembe kell venni.

A diffúziót a karbon termodinamikai aktivitásának különbsége szabályozza, ha nincs különbség, akkor nincs karbondiffúzió sem. Tiszta Fe-C rendszer szerkezetileg homogén auszteniájában elegendően hosszú idejű hőntartás egyenletes karbonaktivitás-

eloszlást, ennek eredményeképpen pedig egyenletes karboneloszlást hoz létre. Ha a karbonaktivitás egyenletességét valamely hatás megzavarja (pl. igen lassan diffundáló ötvözők inhomogén eloszlása), akkor a hosszú hőntartás alatt a karbonaktivitás kiegyenlítődhöz, de ez nem feltétlenül jelenti a karbontartalom kiegyenlítődhözését is. Homogén karbontartalom-eloszlás mellett csak homogén karbonaktivitás-eloszlás alakulhat ki.

Esettanulmányok

A következőkben két, melegen hengerelt lemezben azonosított középvonali dúsulásos hiba viselkedését vizsgáljuk meg – a fenti, csak becslésekre lehetőséget adó matematikai modell segítségével – az újra ausztenítés során. A karbon- és mangándúsulás mértéke és kiterjedése igen eltérő a két esetben, mely egyben a középvonali dúsulás termékekben vagy féltermékekben való megjelenésének sokszínűségét is jelzi. Az időfüggő és az állandósult állapotra vonatkozó számítások alapján megbecsülhető, hogy a mangán (és szilícium) nem egyenletes eloszlása milyen hatással lehet a karbon diffúziójára és eloszlására a valós makrodúsulási esetekben. A mangán és a szilícium nagyságrendekkel kisebb diffúziósebességű, mint a karbon, így az állandósult állapotú számítások esetében is e két ötvöző eredeti inhomogén eloszlásának megmaradását feltételeztük.

1. példa: Durvalemez erős és széles középvonali dúsulással

A lemez gyártási technológiájának és a középvonali dúsulásának legfontosabb paramétereit az 1. táblázat foglalja össze. A középvonali dúsulás jellegzetes megjelenését mutatja be az 1. ábra, melyen a dúsulásos rész változatos mikroszerkezete látható. Az átlagos középvonali dúsulási index karbonra 2,3, a mangánra és a szilíciumra 1,4 körüli érték. A középvonali rész számos folytonossági hiányt és néhány zárványsort is tartalmaz.

Az újra ausztenítés során minél magasabb a mangánkoncentráció egy adott térfogatrészben, annál kisebb lokálisan a karbon aktivitása. Huang modelljével számolva az 5. ábrán látható karboneloszlás alakul ki 900 °C-on a 30 perc elteltével. Az ábra vízszintes tengelyének zérus pontja a lemez és egyben a középvonali dúsulás közepe. A szürkével jelölt görbe az eredeti karbontartalom-eloszlás, melyen a 0,15 mm-nél látható lépcső jelzi a dúsult és nem dúsult részek határát. Ez a határ egyben a mangán- és szilíciumtartalom változását is jelzi az 1. táblázatban megadott értékeknek megfelelően. Ha eltekintünk az ötvözők karbonaktivitást befolyásoló hatásától, akkor a szaggatott vonallal jelzett görbe szerint alakul a karboneloszlás az ausztenítés végén. Ha a mangán nem egyenletes eloszlását is figyelembe vesszük, akkor a karboneloszlás folytonos görbéje megszakad, és a mangántartalom ugrás-

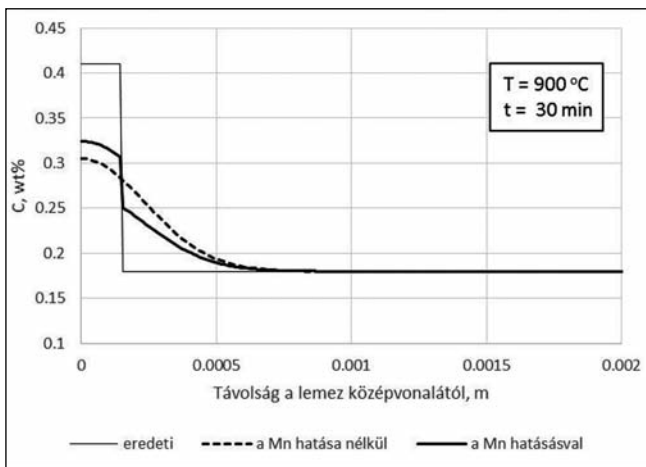
1. táblázat. A melegen hengerelt durvalemez és a középvonali dúsulás jellegzetességei

Gyártástechnológia	Hagyományos folyamatos öntés, meleghengerlés
Állapot	hengerelt
Minőség	S355
Lemezbuga vastagsága, mm	240
Lemezvastagság, mm	50
Átlagos összetétel, wt%	C 0,18, Mn 1,60, Si 0,29
Középvonali dúsult zóna vastagsága, mm	0,3
Középvonali dúsult zóna átlagos összetétele, wt%	C 0,41, Mn 2,15, Si 0,4

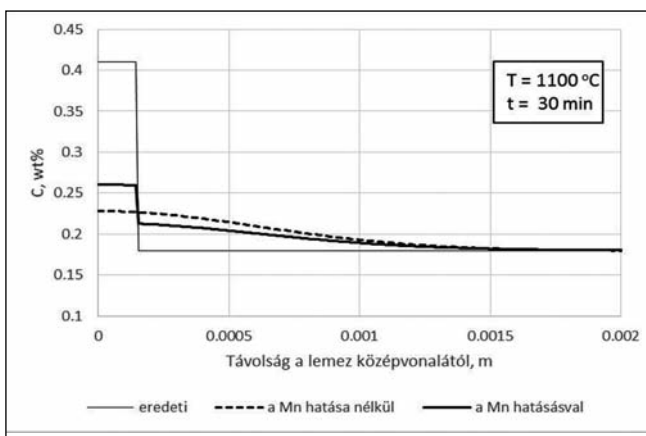
szertű változásának helyén a karbon-eloszlás függvényben egy lépcső alakul ki (vastag vonallal jelezve), miközben a karbonaktivitás-eloszlás természetesen folytonos. Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a számítások során a mangán és a szilícium diffúziójától eltekintettünk. Hasonló felépítésű a 6. ábra, mely egy 1100 °C-on 30 percig végzett ausztenítés végére kialakuló viszonyokat szemlélteti.

A dúsult elemeknek a karbon ausztenítésben való hosszútávú diffúziójára kifejtett hatását az állandósult állapot-

ra érvényes (végtelen hosszú idő alatt kialakuló) karboneloszlás alapján is vizsgálhatjuk. A homogén szerkezetű ausztenítésben a karboneloszlás ebben az esetben is követi a dúsult elemek eloszlási profilját. A számítás eredménye a 7. ábrán látható. Ha csak a mangán hatását vesszük figyelembe, akkor a dúsult részben mintegy 0,05%-kal magasabb a karbontartalom (szaggatott vonal), ha a szilíciumnak a mangánnal ellentétes hatását is tekintetbe vesszük (vastag vonal), akkor a különbség 0,04% körüli.



5. ábra. Várható karbontartalom-eloszlás vastagság irányban a durvalemez középvonala környezetében fél óras, 900 °C-os ausztenítés után



6. ábra. Várható karboneloszlás fél óras 1100 °C-os ausztenítés végén

2. példa: Melegen hengerelt szalag erős középvonali dúsulással és soros szerkezettel

A következőkben tárgyalt középvonali dúsulási eset egy RFCS (Research Fund for Coal and Steel) kutatási program eredményeit bemutató tanulmányból [12] származik.

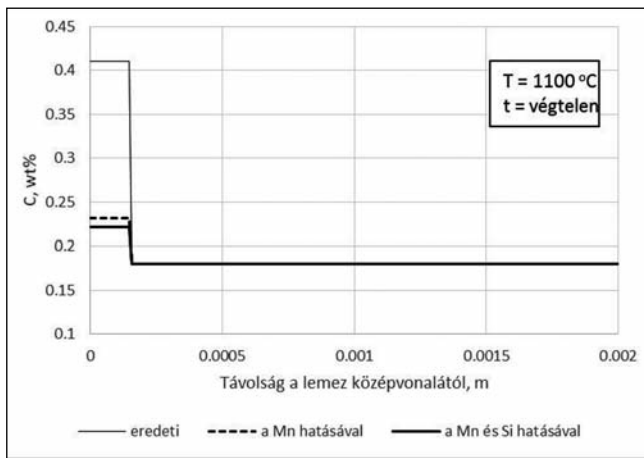
A kutatás nem a középvonali dúsulás, hanem a soros jelleg csökkentési lehetőségeinek feltárására irányult, de a vizsgálatok egy része a dúsult középvonali zóna részletes elemzésére is kiterjedt.

Ebben a példában a középvonali dúsult zóna vastagsága egy nagyságrenddel kisebb, mint az előző esetben, ugyanakkor a dúsulás mértéke lényegesen nagyobb (2. táblázat). A becsült dúsulási index a karbonra 3,3, a mangánra 1,5-2 közötti. A valóságban a mangántartalom-eloszlás a dúsult zónában sem a hengerlési, sem a vastagság irányában nem egyenletes, ez a 8. ábra mangáneloszlás térképén jól megfigyelhető.

A mangán karbonaktivitást és diffúziót befolyásoló hatásának becslése céljából elvégzett számítások közül az egy perces 900 °C-os ausztenítésre vonatkozó eredményt mutatjuk be a 9. ábrán. A középvonali dúsult részben 2,8%-os átlagos mangántartalmat tételeztünk fel összhangban a 2. táblázat adataival.

A dúsult zóna kis mérete miatt már ez az rövid ausztenítés idő is a dúsult karbontartalom drasztikus csökkenését idézi elő, de a dúsult zóna határán ebben az esetben is mintegy 0,1%-os karbontartalom-különbség alakul ki a mangántartalom változásának eredményeképpen. Egy hosszabb idejű, pl. fél órás ausztenítés elegendő az állandósult állapot megközelítéséhez (10. ábra), ekkor a dúsult zóna határán a karbon lépcső 0,08 % körüli.

A 11. ábra a 900 °C-on végtelen hosszú ausztenítés idő alatt kialakuló



7. ábra. Várható vastagságirányú karboneloszlás a durvalemez középvonalaiban 900 °C-on történő hőkezelés után

2. táblázat. A melegen hengerelt szalag és a középvonali dúsulás jellegzetességei

Gyártástechnológia	Hagyományos folyamatos öntés, meleghengerlés
Állapot	meleghengerelt
Minőség	DP800
Lemezbuga vastagság, mm	250
Szalagvastagság, mm	3,2
Névleges összetétel, wt%	C 0,15, Mn 1,9
Középvonali dúsult zóna vastagsága, mm	0,03
Középvonali dúsult zóna átlagos összetétele, wt%	C 0,5, Mn 2,4-4

kult viszonyokat szemlélteti. Ebben az esetben is feltételeztük, hogy a mangántartalom időben nem változik, vagyis a mangán diffúziós sebessége nulla. Változóként vettük viszont figyelembe a dúsult zóna mangántartalmát, mely a 8. ábra szerint is erősen ingadozik a dúsult tartományban. A növekvő középvonali mangántartalom (2,8%,

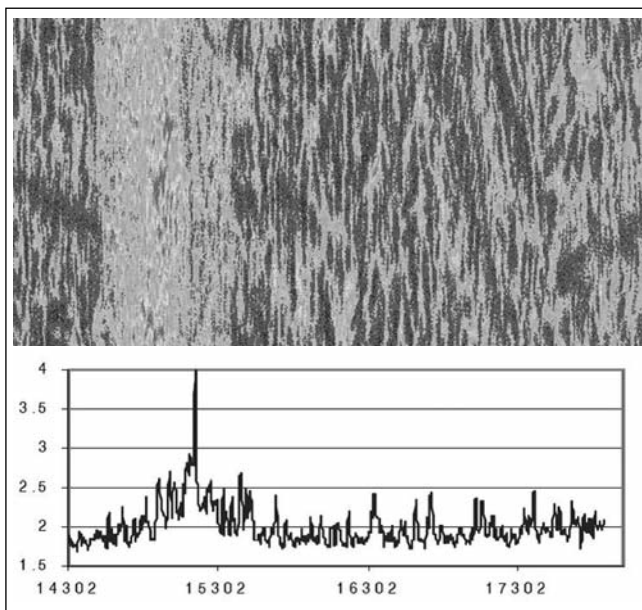
3,2% és 3,6%) feltételezésével egyre nő a karbon tartalomban kialakuló várható különbség is, így a szerkezetileg homogén ausztenitben akár 0,25%-os karbon tartalom-eltérés is kialakulhat ebben a kvázi egyensúlyi állapotban a nem egyenletes mangántartalom-eloszlás következtében.

A bemutatott számítások – a karbonaktivitás számítási modelljének megbízhatóságát is figye-

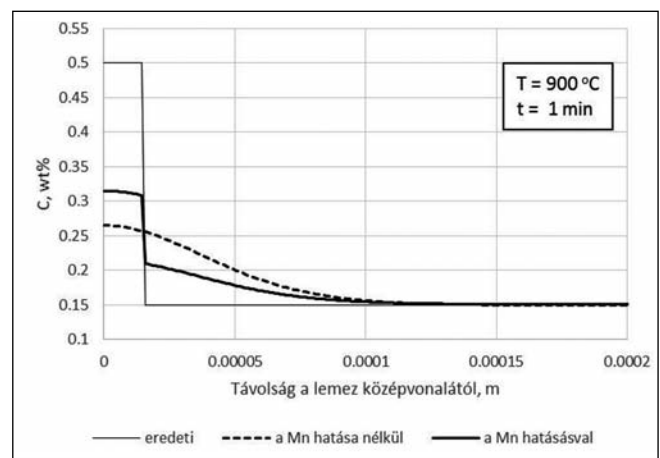
lembe véve – azt valószínűsítik, hogy a lemeztermékek középvonalaiban gyakorta megtalálható középvonali karbondúsulás stabilitásában a mangántartalom nem egyenletes eloszlása is meghatározó szerepet játszik, hiszen a szokványos homogenizálási műveletekben általában nincs elegendő idő a mangántartalom kiegyenlítésére. A mangán nem egyenletes eloszlása a termodinamikai karbonaktivitás lokális megváltoztatásával segíti elő a középvonali karbondúsulás megmaradását az újra auszteniítés során is.

Összefoglalás

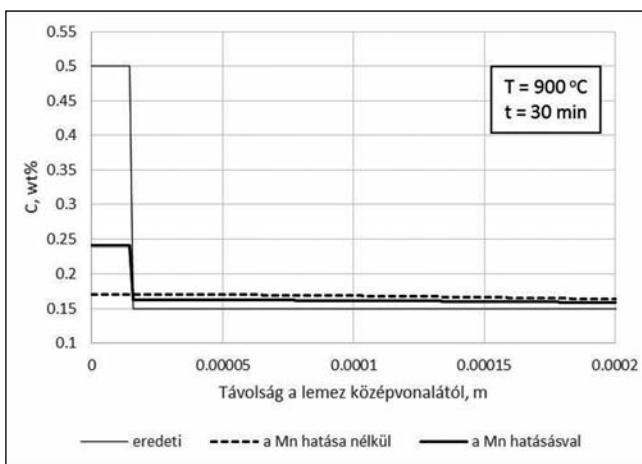
A folyamatosan öntött és melegen hengerelt lapostermékek jellegzetes hibája a középvonali dúsulás, mely lemezbuga kristályosodása során alakul ki. A középvonali dúsulás megszüntetésének egyetlen hatékony



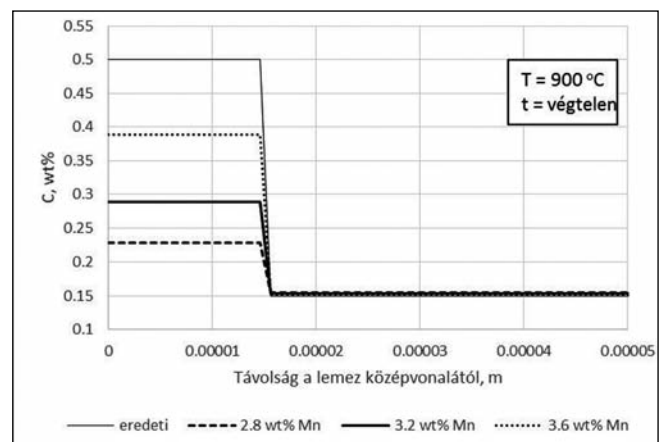
8. ábra. Mangáneloszlási térkép (wt%) a DP800-as 3,2 mm vastagságú szalag középvonali részében vastagságirányban [12]



9. ábra. Vastagságirányú karboneloszlás a hengerelt szalag középvonalaibanak közelében egy perces 900 °C-on végzett auszteniítés követően



10. ábra. Várható karboneloszlás 900 °C-os fél órás auszteniítés után



11. ábra. Számított karbon tartalom-eloszlás a szerkezetileg homogén ausztenitben, különböző mértékű mangántartalom-dúsulás feltételezésével

módja a folyamatos öntés során a kristályosodás feltételrendszerének optimalizálása. A meleghengerlési műveletben a középvonali dúsulás mértéke és kiterjedése általában csökken. A tapasztalatok szerint a szokásos hőkezelési műveletek hatékonyan nem szüntetik meg ezt a hibatípust.

A hengerelt termékekben a középvonali dúsulás megmaradásában az ötvöző és szennyező elemek játszanak fontos szerepet. A feldúsult kén zömében zárványokat alkot, a foszfor, szilícium és a mangán diffúziósebessége pedig nagyon kicsi, így ezek az elemek a hőkezelések során is a középvonalban maradnak. Bár a karbon diffúziósebessége az ausztenitben relatíve igen nagy, a karbondúsulás a homogenizáló hőkezelések után is kimutatható, és az ennek következtében kialakuló keményebb szövetelemek okozzák a felhasználási vagy továbbfeldolgozási problémákat. Ebből a szempontból – a számítások alapján – a mangánnak kiemelkedő szerepe lehet, mivel a hőkezeléssel

nehezen módosítható mangáneloszlás az ausztenitben kialakuló karboneloszlást is befolyásolja. A mangán emellett a nem egyensúlyi szövetelemek kialakulását is elősegíti a lehűlés során. Végezetül meg kell említeni, hogy a középvonali dúsult zónában előforduló hengerlési irányú elnyúlt zárványsorok, valamint a repedésszerű folytonossági hiányok szintén akadályozzák a vastagságirányú diffúziós folyamatokat. Az említett mechanizmusok együttesen játszanak szerepet a középvonali dúsulás stabilitásának alakulásában, és együttesen adnak magyarázatot a középvonali dúsulással kapcsolatos gyakorlati megfigyelésekre és tapasztalatokra.

Hivatkozások

- [1] Krauss, G.: Steels: Heat Treatment and Processing, ASM Int. Metals Park Ohio, USA, 1990
- [2] Král, L. et al.: Diffusion of Carbon and Manganese in Fe-C-Mn, Defect and Diffusion Forum, Vol. 263 (2007), pp 153–158

- [3] Tsuchida, Y. et al.: Transactions ISIJ, 24(1984), 899.
- [4] Jacobi, H.: Steel Research, 74(2003), 667.
- [5] Presslinger, H. et al.: ISIJ Int., 46(2006), 1845.
- [6] Lesoult, G.: Mat. Sci. Eng. A, 413-414(2005), 19.
- [7] Reger, M. et al.: Defect Diffus Forum, 297–301(2010), 148.
- [8] Reger, M. et al.: Mater Sci Forum, 659(2010), 441.
- [9] Hillert, M. et al.: Metal. Trans. A, 1977, vol.8A, pp. 5–13.
- [10] Huang, W.: Metal. Trans. A, 1991, vol.22A, pp. 1911–1920.
- [11] Wyss, U.: Grundlagen der Gas-aufkohlung und Schutzgasglühung nach einem neuen Eintropfverfahren, HTM 17, 1962, 3, pp. 160–171.
- [12] Jung, T. et al.: Suppression of banded structure and refinement of the microstructure of high-strength cold-rolled steels by optimisation of the hot-rolling cooling path, Final report, EU Technical Steel Research, 2007

BENKE MÁRTON – HLAVÁCS ADRIENN – PILLER IMRE – MERTINGER VALÉRIA

Lemezek fülesedése és a $\{h00\}$ pólusábrák közötti kapcsolat

Jelen cikkünkben egy olyan új módszert mutatunk be, amely alkalmas lemezszerű termékek mechanikai anizotrópiájának, ezen belül is a relatív fülmagasságnak a becslésére. Az eljárás – a többi, jóval bonyolultabb módszertől eltérően – nem a nevezetes textúra-komponenseket és nem az ODF-et, hanem a $\{h00\}$ Miller-indexű pólusábrákat használja, továbbá nem igényel mechanikai vizsgálatokat. A módszert 0,3 mm vastagságú hengerelt, majd lágyított állapotú alumíniumlemezekon alkalmaztuk. A becsült fülmagasságot mért fülmagasságokkal összehasonlítva jó korrelációt kaptunk.

Dr. Benke Márton 2004-ben szerzett okleveles anyagmérnök diplomát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2010-ben PhD-oklevelet szerzett. Jelenleg a Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben dolgozik egyetemi docensként. Főbb kutatási területei: röntgendiffrakciós vizsgálatok fejlesztése, oldódással szemben növelt ellenállású nedvesítő szelektív forrasztószerszám anyag fejlesztése; alakemlékező ötvözetek, TWIP acélok, rugalmas maradó feszültség monitorozása, kristálytani anizotrópia vizsgálati módszerek alkalmazása, fejlesztése.

Hlavács Adrienn 2014-ben szerzett okleveles kohómérnök diplomát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2014-ben a PhD-képzést kezdte el. Jelenleg a Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben dolgozik tudományos segédmunkatársként. Főbb kutatási területei: röntgendiffrakciós kristálytani anizotrópia vizsgálatok végzése alumínium félkész termékeken, TWIP acélok.

Piller Imre 2013-ban szerzett mérnökinformatikus MSc-diplomát a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karán. Jelenleg a Miskolci Egyetem Matematikai Intézetében az Alkalmazott Matematikai Intézet Tanszéken dolgozik mint egyetemi tanársegéd. Főbb kutatási területei: szemantikus rendszerek, ontológiák, számítási intelligencia, tudásábrázolás, optimalizálás.

Dr. Mertinger Valéria szakmai életrajzát 2017/2. számunkban közzöltük.

Bevezetés

A hengerlés az egyik legelterjedtebb képlékenyalakítási művelet. A hengerlési technológia során a lemezek többlépcsős hengerléseken (meleg/hideg), illetve a hideghengerléseket követő lágyító hőkezeléseken mennek keresztül. Ezután a lemezek további feldolgozáson esnek át. Az egyik ilyen művelet a mélyhúzás, amely során síklemezből alakítják ki a késztermék vég-sőhöz közeli formáját. A technológia során lejátszódó képlékenyalakítási és újrakristályosodási folyamatoknak köszönhetően az ilyen lemezek általában kristálytanilag anizotrópok, ami

leglátványosabban abban nyilvánul meg, hogy mélyhúzásuk után a peremen eltérő magasságú helyek alakulnak ki. A jelenséget füledésnek nevezik (ahol a „fűl” a perem maximális magasságú helyeit jelenti), és már az 1940-es években felmerült az igény arra, hogy a kristálytani textúra és tapasztalt füledés közötti kapcsolatot létrehozzák. Az ezt követő évtizedekben számos próbálkozás született arra, hogy a kristálytani textúra és füledés közti kapcsolat megfelelően legyen írva. A kezdetekben *Fukui* és *Kudo* [1], majd később *Grewen* [2] is publikálta, hogy lehetséges a fűlmagasság becslése a lemezek füledése és a Lankford-szám (Δr) közötti kapcsolat alapján. *Tucker* egykristályos anyagokra dolgozott ki elméletet [3], amely egyszerű csúszásra és a Schmid-törvényre épült. Módszerét *Kanetake* és társai [4] továbbfejlesztették polikristályos tömbi anyagokra. Az ő modelljükben húzó radiális-, nyomó tangenciális- és zérus normálfeszültséget mélyhúzás során, illetve a polikristályos anyagot egykristályok olyan halmazaként modellezték, ahol a kristályok egymásra nincsenek hatással. A keményedés meghatározásához empirikus értékeket használtak, eredményképpen megfelelően tudták becsülni a fűlek létrejöttének helyeit, valamint azok magasságát. *Da Costa Viana* és társai [5] olyan eljárást dolgoztak ki, amely a textúramérésekből szintetizált ODF-ből indul ki, és folyási görbék kombinációján alapult. Ez a modell is tartalmazott feltételezést: nevezetesen azt, hogy a lemezekben a radiális alakváltozás fordítottan arányos a folyási feszültséggel. A modell alkalmas volt a fűlek helyeinek becslésére, azonban az nem nyert megerősítést, hogy a fűlmagasságok is megfe-

lelően becsülhetők-e. A *Pochinnetto* és társai [6] által kidolgozott metodika feszültségegyensúlyi számításokon alapult, és amellyel meghatározott becsült füledés nagyon jól korrelált a mért füledéssel. Ezt fejlesztette tovább *Rodrigues* és *Bate* [7], azonban módszerük csak abban az esetben volt alkalmazható, amikor négy fűl alakult ki a csészén. További hátrány, hogy feltételezésük szerint a mélyhúzás során a tangenciális irányú feszültségkomponens nyomó, a normálfeszültség nulla, a radiális komponens is nulla, ami azonban csak a csésze külső peremére igaz. *Van Houtte* ezt az eljárást fejlesztette tovább [8]. A felsorolt módszerek közül mindegyik alkalmas arra, hogy – bizonyos feltételek mellett – előre jelezze a füledés jellegét és mértékét. Ezen eljárások közül sok igényel mechanikai vizsgálatokat, valamint az ODF-elemzésén alapul. Napjainkban a füledés becslésére a végeelemes (VE) módszer az egyik legelterjedtebb. Az ilyen számításokban az alkalmazott anyagtörvényeket felhasználói szubrutinokkal implementálják. Mivel ezek a törvények a kulcsfontosságúak, ezek vannak a végeelemes alapú módszerek fejlesztésének középpontjában [9–11].

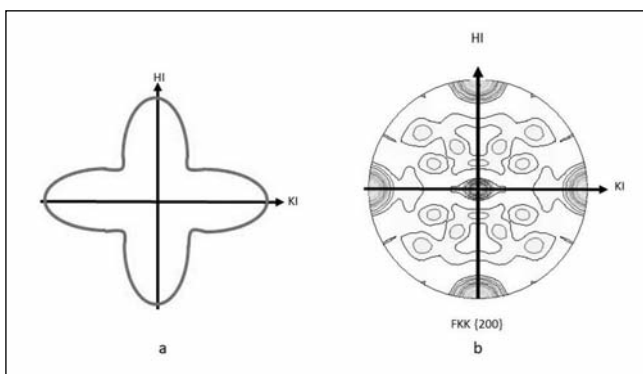
Jelen kutatásunk célja egy olyan egyszerű módszer bemutatása, amely alkalmas arra, hogy a relatív fűlmagasságot megbecsülje a csupán $\{h00\}$ Miller-indexű pólusábrák ismeretében. A módszer alapja azon empirikus megfigyelés, mely szerint a $\{h00\}$ pólusábrák intenzitáscsúcsai és a tapasztalt füledési irányok egybeesnek. Az *1a ábra* a lemezszerű félkésztermékeken a nagyszögű szemcsehatármozgással járó, klasszikus újrakristályosodási folyamat lejátszódása után tapasztalt jellemző füledési irányokat

mutatja, az *1b ábra* pedig az újrászámított $\{200\}$ pólusábrát a hengerlési irány (HI)–keresztirány (KI) koordináta-rendszerben. Látható, hogy a $\{200\}$ reflexió intenzitáscsúcsai – a pólusábra közepén lévő kivételével – pontosan egybeesnek a tapasztalt füledési irányokkal. Az ábrán bemutatott $\{200\}$ pólusábra hengerelt, majd újrakristályosított rézlemezzel készült.

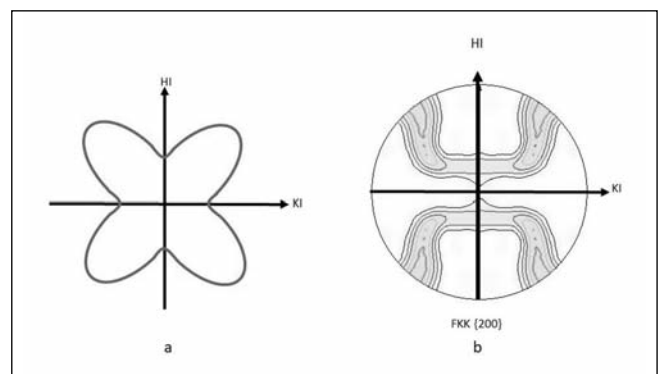
A *2a ábra* a hideghengerlés után tapasztalt jellemző füledési irányokat mutatja, a *2b ábra* pedig az újrászámított $\{200\}$ pólusábrát a HI–KI koordináta-rendszerben. Látható, hogy a $\{200\}$ reflexió intenzitáscsúcsai közel esnek a mért füledési irányokkal, a HI-hoz képest $45^\circ + (n \cdot 90^\circ)$ irányokkal. A pólusábra hidegen hengerelt alumíniumlemezzel készült. Ezt az egybeesést több szerző is felismerte [8, 14–20].

Elvégzett vizsgálatok

Vizsgálatainkat 0,3 mm vastagságú, hidegen hengerelt, majd 300°C -on különböző időtartamig (15 perc, illetve 2 óra) lágyított 3003 típusú alumíniumlemezeket végeztük. A relatív fűlmagasságot becsülő módszer lépéseit a *3. ábra* foglalja össze. Az eljárás valamely $\{h00\}$ pólusábra mérésével kezdődik. Jelen cikkünkben a vizsgált alumíniumlemezek $\{200\}$ pólusábráit határoztuk meg (*3a ábra*) Euler-bölcsővel felszerelt Bruker D8 Advance típusú röntgendiffraktométerrel ($\text{CoK}\alpha$ sugárforrás, 40 kV csőfeszültség, 40 mA fűtőáram). Mivel a mért pólusábra geometriai okokból csak a $\chi=75^\circ$ döntési tartományig mérhető, a pólusábrát újrászámítás során kiegészítettük a teljes $\chi=90^\circ$ tartományra. A mért pólusábrák újrászámítását a diffraktométer saját, TexEval nevű szoftverével vé-



1. ábra. a) Újrakristályosodás utáni füledés; b) $\{200\}$ pólusábra

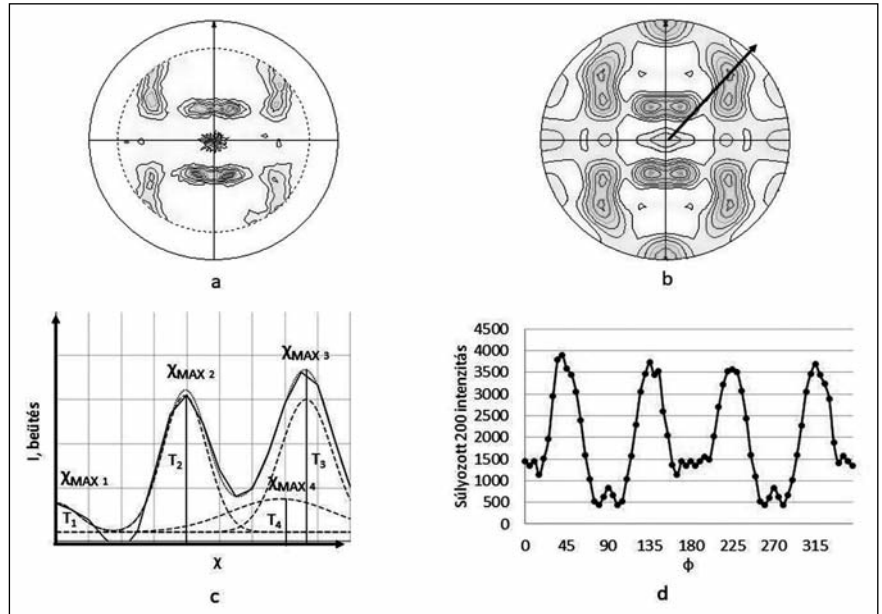


2. ábra. a) Hideghengerlés utáni füledés; b) $\{200\}$ pólusábra

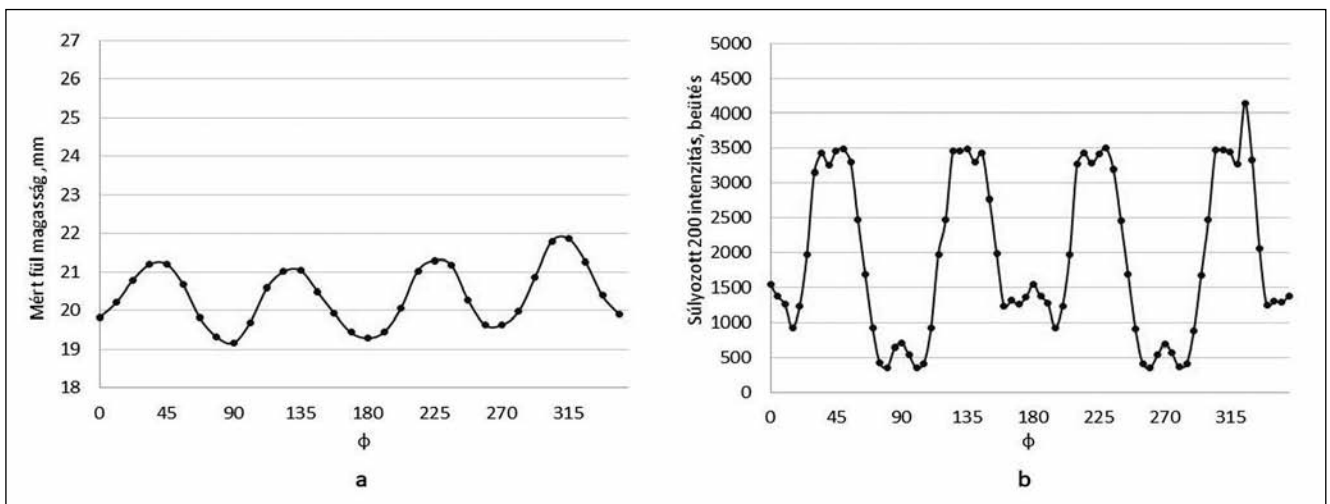
geztük, harmonikus módszerrel. A 3b ábra egy újrászámított pólusábrát mutat, melyen megjelöltünk egy, a HI-hoz képesti tetszőleges φ elfordulást. A 3c ábra a tetszőleges φ elforduláshoz tartozó χ -metszetet mutatja, melyen az újrászámított intenzitás látható a χ (döntési szög) függvényében. Az eljárás feltételezi, hogy az újrászámított intenzitásfüggvény közelíthető Gauss-függvények súlyozott összegével [20]. A közelítő görbe (I) az (1) egyenlet szerinti alakban írható fel, ahol g_i a normálosztás sűrűségfüggvénye, T_i pedig a súlytényező:

$$I(\chi) = \sum_{i=1}^4 T_i \cdot g_i(\chi) \quad (1)$$

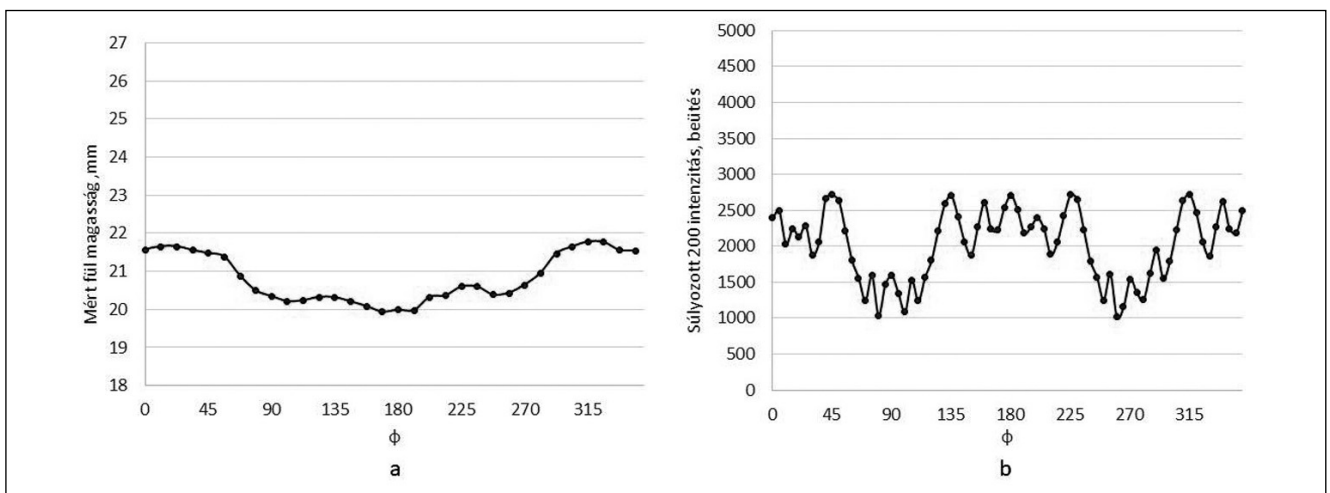
A következő lépésben a χ -metszeten négy Gauss-függvénnyel közelítettük az újrászámított intenzitásfüggvényt oly módon, hogy a négy Gauss-függvény összege és az újrászámított intenzitásfüggvény különbsége mini-



3. ábra. A fülesedést becsülő módszer lépései. a) mért {200} pólusábra; b) újrászámított {200} pólusábra és egy tetszőleges χ -metszet; c) egy tetszőleges χ -metszet mért intenzitásértékei és illesztése négy parabolafüggvénnyel, a parabolák területei és maximumokhoz tartozó χ értékek; d) az összegzett intenzitások a ϕ függvényében



4. ábra. a) mért fülesedés értékek hideghengerlés, majd 300 °C-on történő 15 perc lágyítás után; b) összegzett {200} intenzitás-eloszlás hideghengerlés, majd 300 °C-on történő 15 perc lágyítás után



5. ábra. a) mért fülesedés értékek hideghengerlés, majd 300 °C-on történő 2 óra lágyítás után; b) összegzett {200} intenzitás-eloszlás hideghengerlés, majd 300 °C-on történő 2 óra lágyítás után

mális legyen. A függvényillesztés részleteit jelen cikkünkben nem ismertetjük. Ezután mind a négy Gauss-függvény esetében meghatároztuk a görbe alatti területet, ami megegyezik a súlytényezővel, (T_i , $i=1..4$) – mivel a sűrűségfüggvény alatti terület értéke 1 a teljes intervallumra nézve – és megszoroztuk a függvény maximumához tartozó $\chi_{MAX i}$ értékkel. A négy, $\chi_{MAX i}$ értékkel súlyozott területet összegeztük az adott φ elfordulásnál (2). A leírt számítást elvégeztük minden φ elfordulásértékre, végül az eredményeket ábráztuk a φ függvényében (3d ábra). A fülmagasságok mérését mikrométerrel végeztük.

$$\begin{aligned} \text{Súlyozott 200 intenzitás}^\varphi &= \\ &= \sum_{i=1}^4 T_i \cdot \chi_{MAX i} \end{aligned} \quad (2)$$

Eredmények

A 4a ábra hidegen hengerelt, majd 300 °C-on 15 percig lágyított alumíniumlemez mért fülmagasság értékeit mutatja a φ függvényében. Látható, hogy a maximális fülmagasságok (fülek) a 45°+(n*90°) irányokban jelentkeznek. A 4b ábra ugyanezen lemez összegzett {200} intenzitáseloszlását mutatja a φ függvényében. Az intenzitásmaximumok helyei szintén a 45°+(n*90°) irányokra esnek.

Az 5a ábra hidegen hengerelt, majd 300 °C-on 2 óráig lágyított alumíniumlemez mért fülmagasság értékeit mutatja a φ függvényében. Látható, hogy a kétórás lágyítás hatására a maximális fülmagasságok (fülek) helyei, illetve azok magasságai egyaránt megváltoztak. A maximális fülmagasságok a 0°, 135°, 225°, 315° értékeknél vannak, a mért fülmagasságok azonban jóval alacsonyabbak, mint az előző esetben. A lemezen nem látható a hengerlésre jellemző domináns fülcsedési jelleg, ehelyett a hengerlési és újrakristályosodási jelleg keveréke figyelhető meg. Az 5b ábra ugyanezen lemez összegzett {200} intenzitáseloszlását mutatja a φ függvényében. Az intenzitásmaximumok helyei szintén kevert jelleget mutatnak: a maximumok egyaránt jelentkeznek a hengerlésre jellemző helyeken (45°, 135°, 225°, 315°), valamint az újrakristályosodási helyeken (0°, 180°).

Következtetések

A hideghengerlésre jellemző fülcsedést mutató lemezen a bemutatott módszerrel meghatározott 200 intenzitáseloszlás-diagram maximum értékei és a mért fülmagasságok maximum értékei (fülek) azonos helyekre estek. A kevert (hidegen hengerelt+újrakristályosodott) fülcsedést mutató lemez esetében a 200 intenzitáseloszlás-diagram is kevert jelleget mutatott. A kevert jelleg az általunk kidolgozott módszerrel meghatározott intenzitás-diagramon még szembetűnőbb, mint a mért fülcsedési diagramon. Ezeket túl, a meghatározott intenzitásértékek tükrözik a mért fülmagasságok értékeit. Ezek alapján megállapítható, hogy jó korreláció áll fenn a bemutatott módszerrel meghatározott 200 intenzitáseloszlás és a mért fülmagasság diagramok között. Következésképpen elmondható, hogy az ismertetett módszer alkalmas a relatív fülmagasságok becslésére egyszerű módon, mechanikai vizsgálatok végzése nélkül.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült. A vizsgált lemezek termomechanikus kezelése és textúravizsgálatainak elvégzése az NKFI 119566K projekt keretében valósult meg.

Irodalom

[1] S. Fukui, H. Kudo: The earing in deep-drawing and directionality in tension-test of sheet metal, Rep. Inst. Sci. Tech. Univ. Tokyo 4, (1950) 33.
 [2] J. Grewen: Quantitative Analysis of Textures, Proc. Int. Seminar, Cracow, (1971) 195.
 [3] G. E. G. Tucker: Texture and earing in deep drawing of aluminium, Acta Metall. 9., (1961) 275.
 [4] N. Kanetake, Y. Tozawa, T. Otani: Calculations from texture of earing in deep drawing for fcc metal sheets, Int. J. Mech. Sci. 25., (1983) 337–345.
 [5] C. S. Da Costa Viana, G. J. Davies, J. S. Kallend: The prediction of earing behaviour and formability limits from texture data, Proc. 5th ICOTOM Vol. 2, Springer, Berlin, 1978, p. 447.

[6] A. Pochinnetto, M. Pernot, R. Penelle: Deformation of Polycrystals, Riso National Laboratory, Denmark, 1981, 205.
 [7] P. M. B. Rodrigues, P. S. Bate: Texture in Non-Ferrous Metals and Alloys, AIME, Warrendale, PA, 1985, 173.
 [8] P. Van Houtte: Analysis of the earing behaviour of aluminium 3004 alloys by means of a simple model based on yield loci calculated from orientation distribution functions, Mat. Sci. Eng. 95., (1987) 115–124.
 [9] H. Aretz, J. Aegerter, O. Engler: Analysis of Earing in Deep Drawn Cups, Proc. NUMIFORM 2010 AIP 1252/1., (2010) 417–424.
 [10] O. Engler, S. Kalz: Simulation of earing profiles from texture data by means of a visco-plastic self-consistent polycrystal plasticity approach, Mat. Sci. Eng. A 373., (2004) 350–362.
 [11] O. Engler, J. Hirsch: Polycrystal-plasticity simulation of six and eight ears in deep-drawn aluminium cups, Mat. Sci. Eng. A 452–453., (2007) 640–651.
 [12] U. F. Kocks, C. N. Tomé, H.-R. Wenk: Texture and Anisotropy, Cambridge University Press, Cambridge, 1998
 [13] O. Engler, V. Randle: Introduction to Texture Analysis, Second Edition, CRC, Boca raton, 2010
 [14] W. M. Baldwin, T. S. Howald, A. W. Ross: Relative triaxial deformation rates, Met. Tech. Tech. Pub. 1808, (1945). 86.
 [15] W. T. Roberts: Texture Control in Sheet Metal Ind. 43, (1966). 237.
 [16] H. Hug: Aluminium und Aluminiumlegierungen, Springer, Berlin, 1965, 412.
 [17] J. C. Blade, P. L. Morris: Texture and the Properties of Materials, Proc. ICOTOM 4, Metals Society, Cambridge, (1975) 171.
 [18] T. Sheppard, M. A. Zaidi: Influence of hot-working parameters on earing behaviour of Al–2Mg sheet, Met. Tech., 9, (1982) 368.
 [19] Po-We Kao: Texture and earing behaviour of cold-rolled aluminium alloy 3004, Mater. Sci. Eng., 74 (1985) 147.
 [20] Q. Ma, W. Mao, H. Feng, Y. Yu: Rapid texture measurement of cold-rolled aluminum sheet by X-ray diffraction, Script. Mat. 54., (2006) 1901–1905.

FARKAS OTTÓ

A Vaskohászati Tanszék az Alma Mater Selmecbányáról Sopronba történő átmenekítése idején

Az I. világháború (1914. július 28. – 1918. november 11.) a M. Kir. Bányászati és Erdészeti Főiskola és vele a Vaskohászati Tanszék fejlődési lehetőségeit megszüntette, sőt, az elért érdemes eredményeit is nagymértékben csorbította. A jelentősen lecsökkent anyagi támogatás mellett hallgatóink és fiatal oktatóink számottevő hányadát katonai szolgálatra behívták. 1600 fős hallgatói létszám 100 főre, a fiatal oktatóiké pedig 1/4-ére csökkent.

Farbaky István volt professzor egyik jubileumi megfogalmazásában [5]

„...a mai komoly, sőt komor időben, mikor a nemzet virága, a jövő reménye a lövészárkokban vérzik és pusztul, amikor mi is a legszükségesebbek nélkül szűkölködünk..., a vigasság nem volna harmóniában a közállapotokkal”

A világháború befejezésének, illetve az azt követő trianoni békeszerződés létrehozásának időszakában kialakult anarchikus politikai és társadalmi helyzet, a jövő bizonytalanságát és félelmét keltette a főiskola és azon belül a Vaskohászati Tanszék gondolatvilágában, elhatározásaiban és magatartásában is. Így az Alma Mater 100 évvel ezelőtti szükségszerű átmenekítése, s a kényszerű megváltás Selmecbányától a főiskolának és a tanszéknek, a méltánytalanság és a reménytelenség érzelmi világa által meghatározott cselekvési hangulat keretében zajlott le, amint azt a jelen dolgozat érzékelteti.

1. Történelmi háttér és indíték

A főiskola áttelepítési kényszere Selmecbányáról szoros oksági összefüggésben volt a háborút lezáró trianoni békeszerződés azon döntésével, mely szerint Magyarország területének 2/3-át (ezzel magyar lakosságának 1/3-át) leválasztják. Az ország északi részé-

ből elvett területen fekszik Selmecbánya is. S bár a békeszerződés aláírására csak 1920. június 4-én, életbe lépésére pedig csak 1921. július 26-án került sor, a Párizsban 1919 első napjaiban megkezdődött békefeltétel-kidolgozások híreinek birtokában, s a már 1918. október 30-án létrejött Szlovák Nemzeti Tanács prágai határozata, majd az ideiglenes Szlovák Kormány utasítása alapján, önkéntes katonai alakulatok 1919. január 2-től megkezdtek a szlováklakta területek, így Selmecbánya megszállását is. A főiskolától igénybe vett helyiségeket a csehszlovák helyi parancsnokság foglalta el. A még Selmecbányán maradt hallgatói csoport szétszéledt az országban. A behívottak közül mintegy félszázan a harcok, s legalább ugyanannyian a hadifogolyrabság áldozatai lettek.

A kialakulóban lévő új, csonka országhatár riasztó jövője, a főiskola elvesztésének félelme, a minél nagyobb mértékű átmentés és reménye, valamint a megszállások megalázó, reménytelenséget gerjesztő, politikai és társadalmi hatása, a főiskola és vele a Vaskohászati Tanszék mielőbbi áttelepülésének kényszerét ébresztette a megcsonkításra ítélt Magyarországon.

2. Az átmenekítést meghatározó állami intézkedések

A kormány (*Károlyi Mihály* miniszterelnök 1918. október 31. – 1919. január 11.; elnök 1919. január 12. – március 20. és *Berinkei Dénes* miniszterelnök 1919. január 12. – 1919. március 20.) illetékesei (különösen *Laehne* államtitkár) a Gödöllőre, illetve Sopronba település lehetőségeit vizsgálta. Elsősorban a fogadási ambíció és az elhelyezési lehetőségek alapján 1919. február 28-án létrejött döntés révén született meg a Magyar Tanácsköztársá-

ság (1919. március 21. – augusztus 1.) földművelésügyi miniszterének, a főiskola akkori rektorához (*Réz Géza*) 1919. márciusában írt alábbi levele [1]: „A cseh-szlovák köztársaság szlovák miniszterének a főiskola rektori hivatalához intézett felhívására értesítem rektor urat, hogy a pénzügyi miniszter úrral egyetértőleg, a főiskolát ideiglenesen Sopronba helyeztem át.” „...Felhívom rektor urat, hogy az átköltözéssel kapcsolatos előkészületeket haladéktalanul tegye meg és a ... lehető legrövidebb idő alatt foganatosítsa.”

A menekülő főiskolának (a helyzethez mérten) reális főhatósági kényszerutasítás keretében kellett elhagynia a cseh megszállás alá került Selmecbányát és a „...teljes hallgatóságával, személyzetével és felszerelésével...” Sopronba lehetett, illetve kellett áttelepülnie.

A főiskola oktató- és hallgatótestületének érzelmi világában, az intézmény selmecbányai kényszerű és azonnali megszüntetésének igazságtalan parancsa nyilvánvaló elkeseredést és fájdalmakat ébresztett, bár ez egyrészt a főiskola átmenekítését szolgálta, másrészt pedig a székhelyváltoztatásról folyó évtizedes vita gondolatköréhez csatolható volt. Nemcsak a selmecbányai szép földrajzi és emberbaráti környezet, hanem az akkor már a szellemi és tárgyi feltételekkel, az időszak elvárásainak megfelelően (a kohómérnök-képzéshez különösen) jól felszerelt és szervezett, nemzetközileg is elismert professzorok oktató és kutató munkájával működő főiskola elvesztése okozott elkeseredést.

3. A selmecbányai főiskolai és a vaskohómérnök-képzés jellemző értékei

Nyilvánvaló, hogy a vaskohómérnök-

képzés intézményi rendszerében a Vaskohászattani Tanszék alkotja a szakmai képzés bázisát, így a tanszék szellemi, tárgyi, morális és infrastrukturális jellemzői jelentős mértékben meghatározzák az oktatás és kutatás színvonalát, eredményeit, s egyben a tanszék elismertségét és értékét is. Ez utóbbi tényezők nagyságával természetesen egyenes arányban nő a tanszék áttelepítésével és kapcsolódó megcsonkulásával képződő veszteség és eszmei fájdalom is. A Vaskohászati Tanszék kényszerű áttelepítésének kötelezettsége, a továbbiakban leírt érdemek és eredmények alapján gerjesztett nagy és indokolt elkeseredést.

3.1. Korszerűsített oktatástartalmi és tárgyi feltételek

Az 1904. évet követően életbe léptetett tanszervezet és tanszabályzat négy évre növelte az oktatási időt, méltó rangjára emelte a tudományt, erősebb alaptárgyi és gyakorlati képzést vezetett be, új tanszékeket hozott létre (számuk 16-ról 20-ra emelkedett).

Új, impozáns épületekkel és laboratóriumokkal (bányászati és kohászati palota, 1900; kémiai épület, tanári laboratóriummal és nagy előadóteremmel, minőségi elemzőrészleggel, 1912; vaskohászati kísérleti laboratórium, 1914) is gazdagodott a főiskola, jelentősen javítva az oktatási körülményeket és színvonalat.

Az oktatástartalmi működési szabályzat előírta, hogy [1]: „Le kell rakni azt az alapot, amely a későbbi gyakorlati ismereteknek biztos látással való megszerzésére és tudatos fejlesztésére képesít. A tudományos nevelésnek többet kell felölelnie, mint amennyit a későbbi speciális tevékenység megkíván, és nagyon erősnek kell lennie a gyakorlat részére való előkészítésnek.”

Ennek szellemében, a korábbi tantervhez képest a matematika-természettudományi képzés összóraszama közel megduplázódva, a teljes képzési óraszám 40%-ára növekedett, mellyel 10-30%-kal megelőzte az akkori európai technikai főiskolák és a budapesti műegyetem mérnökképzését.

A Vaskohómérnöki Szakosztály 1904-ben életbe lépett 4 éves tantervének IV. évében szerepeltek kellő

1. táblázat. Vaskohászati tantárgyak a IV. félévben

	Téli félév	Nyári félév
	heti órái	
Vaskohászat és öntészet	7+0	5+0
Vaskohótelepek tervezése	2+6	2+6
Vaskohászati géptan	3+4	4+4
Általános géptan III.	3+3	–
Vaskémlészet	1+6	–
Kalorimetrikus gyakorlat	–	0+6
Kereskedelmi és váltójog	–	3+0
Bánya- és vízjog	–	3+0
	16+19	17+16

bőséggel a vaskohászati tantárgyak az 1. táblázatban láthatók.

Az 1904-től Bányászati és Erdészeti Főiskola néven működő intézmény a 1913/14-es tanévben 20 korszerű kialakítású tanszéke összesen 580 hallgatót oktatott, s a végzetek – 1904 óta – mérnöki oklevelet kaptak. Tandíjfizetés nem volt, sőt, a felsőbb évesek kb. 1/5-e anyagi támogatást kapott.

3.2. A vaskohómérnök-képzés megnövelt és megerősített szellemi bázisa

A folyamatos korszerűsítést és színvonal-növekedést szolgáló oktatási célkitűzések érvényre juttatásához, a szellemi bázist képviselő tanszékek fejlesztésére és kitűnő oktatói ellátottságra volt szükség.

A Vaskohászattani Tanszék áttelepítését megelőző évek közvetett és közvetlen időszakának tanszékvezetői tevékenysége is kiemelt jelentőségű volt a tanszéki oktatási és kutatási, kultúra – alapvetően *Kerpely Antal* által 1872–1884 között elért – európai színvonalának fenntartásában, fejlesztésében és elismertetésében, valamint a tanszéki tevékenység eszmei értékének, rangjának növekedésében.

Minderre felkészült vezetője volt a Vaskohászati Tanszéknek 1901–1921 között két évtizeden át, a vaskohászati oktatás és kutatás egyik kiemelkedő személyisége, *Barlai Béla* (helyettes tanár, adjunktus, rh. tanár, 1906-tól r. tanár, egy ciklusban rektor) professzor, akinek munkáját *Balázs István* (1904-től tanársegéd, 1908–1921 között adjunktus, 1921–1923 között tanszékvezető helyettes tanár) segítette, közben négyéves katonai szolgálattal.

A tananyag elméleti alapjának természettudományi kiterjesztése

Barlai Béla számos kincstári vaskohászati üzemben (Resica, Korompa, Kudzsir), egykori külföldi tanulmányútján, majd tudományos kutatásai (vegyész doktorátus, 1902 Kolozsvár) során szerzett gazdag ismeretanyag és tapasztalat birtokában az alábbi, kiemelt idézetekben fogalmazta meg a tudomány jelentőségét, kapcsolatát a gyakorlattal és az oktató kötelességét [2]:

„...az elméleti alapnak lehetőleg erősnek és szélesnek kell lennie, mert ... a későbbi gyakorlati ismereteknek biztos látással való megszerzésére és tudatos fejlesztésére csak alapos, széleskörű tudományos képzettség képesíthet...”

„...a szakoktatásnak csak akkor lehet gyakorlati iránya, sőt mondhatni gyakorlati értéke, ha az imént említett tulajdonságokat már az iskolában beleneveljük a hallgatóba azáltal, hogy egyszerűbb esetek önálló kísérleti megoldására képesítjük...”

„...a tanárnak tehát, hogy helyét teljesen betöltse, egyszersmind kutatónak is kell lennie, mégpedig nemcsak szigorúan tudományos és elméleti, hanem fejlődő vas- és fémiparunk szükségleteinek megfelelően gyakorlati problémákkal is kell foglalkoznia.”

Barlai professzor előtt nyilvánvaló volt, hogy az elemzőkémia, bár hathatós segítőtársa a metallurgiának, önmagában már nem képes a vasiparban felmerülő összes jelenség tudományos megismeréséhez vezetni. Ezért – hazánkban elsőként – beépítette a fizikai kémia és a metallográfia vonatkozó ismeretanyagát a vaskohászat oktatásába és kutató munkájába, valamint új laboratóriumi rendszert hozott létre.

Az idézett hitvallásainak szellemében folyt a korszerű vaskohászatképzés, ezeknek jegyében írta meg a fizikai kémiát és a metallográfiát behatóan használó A vaskohászat kézikönyve I. (1909) és II. (1912) című könyveit és az általa létrehozott korszerű, vaskohászati laboratórium részletes leírását tartalmazó Vaskohászati kísérleti laboratórium (1915) című kiadványt. Hazai és nemzetközi szakirodalmi tevékenysége is gazdag és elismert volt.

A felfokozott laboratóriumi gyakorlati képzés és létrehozott feltételrendszere

A Kerpely Antal tanszékvezetői időszakában (1868–1881) működő, illetve továbbfejlesztett vaskohászati laboratóriumnak (kémiai elemzések lehetőségei, kupolókemence, Bessemer-konverter, fúróberendezések, mikroszkópiai vizsgálati lehetőségek), az őt követő Sóltz Vilmos tanszékvezető irányítása alatt (1881–1901) – alapvetően a magánépületi elhelyezéssel és anyagi korlátok miatt – sem a szinten tartására, sem a korszerűsítésére nem volt lehetőség. Lényegében csak a kémiai elemzések lehetőségei maradtak még elfogadható szinten, de a korábbi berendezések többnyire tönkrementek. Új, korszerű és a szakmai, tudományos vizsgálatokra kiterjedten alkalmas laboratóriumra volt tehát szükség a színvonalas oktatáshoz, kutatáshoz.

A Barlai Béla professzor által tervezett és a Bányászati és Kohászati palota udvarán, 562 m²-es beépített területen 1914-re létrehozott Vaskohászati Kísérleti Laboratórium rendszerében villamos központ, anyagvizsgáló gépek, metallográfiai készülékek, tüzelőanyagok vizsgálatára szolgáló berendezések, vegyműhely, kemencék, öntőde, kovácsműhely és sötétkamra voltak a földszinti helyiségekben elhelyezve, míg a nagyobb elektromos kemencék a tűzbiztos pincerészben kaptak helyet. Rendelkezésre álltak természetesen az összes mérő és ellenőrző műszerek az oktatók és a hallgatók számára egyaránt. A Vaskohászati Kísérleti Laboratórium Európa akkor legmodernebb ilyen létesítményei közé tartozott. A Bányászati és Kohászati Lapok rendszeres tájékoztatást adtak a főiskola színvonalas

oktatási és kutatási tevékenységéről, az új laboratóriumokról, kísérleti berendezésekről és eredményekről. Barlai professzor pedig folyamatosan beszámolt az új sikerekről a hazai és nemzetközi szakirodalomban. Barlai Béla professzor és a Vaskohásztani Tanszék jelentős hazai és nemzetközi elismerésben részesült.

A főiskola átgondolt, jól tervezett és szervezett vaskohászati oktatási rendszerén, korszerű, tartalmi színvonalán belül Barlai Béla professzornak, tanszéki elődeinek (Kerpely Antal, Sóltz Vilmos) és munkatársainak elvülhetetlen érdemei vannak az akkori, európai rangú, színvonalas vaskohászati oktatás továbbfejlesztésében, tartalmi gazdagításában, az elméleti megalapozottság kiterjesztésében, s mindezek alapján a nemzetközi elismertség növekedésében. Az oktatói és hallgatói testület ezt örömmel és büszkeséggel élte meg, de jövőjét féltette. A főiskola selmecebányai székhelyének kényszerű elhagyásával együtt járó veszteség nagyságát mindez természetesen fokozta.

3.3. A főiskola székhelyének változtatására irányuló javaslatok és ellenjavaslatok

A helyzetkép minél realisabb és hitelesebb áttekinthetősége szükségessé teszi a főiskola székhelyének megváltoztatására utaló, a trianoni döntés előtti, így attól függetlenül kialakult javaslatokat és ellenjavaslatokat.

A világháború sodrásának kényszerű átélésében és a hazánkra háruló következmények valószínűsíthetőségének bizonytalanságában, a főiskola tanári karának gondolatvilágában gyakrabban felmerült az 1904-ben született azon vélemény, mely szerint Selmecebánya – a rokon tudományokat (beleértve a közgazdaságot is) művelő intézetektől és a fém-, szén- és vaskereskedelmi szakköröktől való elszigeteltsége, továbbá a fémbányászat hanyatlása, a város vízhiánya, elszegényedése és földrajzi izolálódása következtében –, egyre kevésbé lehet eléggé széles alapú keret, különösen a háború utáni új kor követelményeit kielégítő mérnökképzéshez. A vonatkozó javaslatok kiemelkedő képviselője Barlai Béla professzor volt, aki 1917 júliusában a következőket mondta [3]:

„...a világháború ezernyi ágyútorka napról napra hangosabban hirdeti, hogy a magyar bánya- és kohóművek képzésének szabályozása mind közgazdasági életünk, mind nemzeti védelmünk szempontjából halaszthatatlan kötelesség...” „Szakjainkra nézve a legszerencsésebb megoldásnak azt mondhatnánk, ha a bányászati főiskola bekapcsolatnék a budapesti kir. József-műegyetembe, még pedig olyképp, hogy a kapcsolat az egyetemeink fakultásai között fennálló teljes egyenjogúsággal létesítenék, és szakképzésünk s tudományos munkálkodásunk követelményei kellő kielégítést nyernének.”

1918 júliusában előző évi meglátásait megerősítve hangsúlyozta [4]:

„Selmecebányán is haladtunk (...amit előző nemzedékek serény munkája már kiépített és a nemzeti javak kincses kamrájába gyűjtött...), de lépéseink sokkalta nagyobbak lehetnek, ha a szűkös keret ólomsúlyként nem nehezedik lábainkra.”

A szakmai, tudományos fejlődés érdekeit bázisnak tekintő jövőképet építeni szándékozó javaslatok évtizeden át, különböző intenzitású viták sorában álltak főiskolai és egyesületi közgyűléseken, valamint a BKL-ok hasábjain azokkal az álláspontokkal szemben, melyek Selmecebányát – *Mihalovits János* megfogalmazásában [1] –, ahol létrejött „...a szakágazatok művelőinek egységes, etikai egybeolvadása”, „...a szakközönségnek őszinte szeretete”, „...a testvéries összetartozandóságnak törhetetlen kapcsolata”, „...ahol ez a lelki atmoszféra Selmecebánya levegője volt”, „...ahol szakjaink lelke e kultúrgócpontról táplálkozott és kollektív szíve ott dobogott” a főiskola székhelyeként tekintik.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 1918. augusztus 22-i közgyűlése ellenvéleményét kifejezve nem támogatta a főiskola tanári karának a főiskola székhelyének megváltoztatására irányuló javaslatát.

Az öt hónap múlva bekövetkezett áttelepülés Sopronba nem az itt vázolt fejlesztési törekvések vagy érzelmi tényezők jegyében, hanem a trianoni békeszerződés kegyetlen kötelezettségeinek következtében zajlott le és a főiskola, illetőleg a Vaskohászati Tanszék kényszerű, veszteséges, de szükséges átmenekítése volt.

4. Az átmenekített főiskola és a Vaskohászati Tanszék Sopronba települ

A soproni Károly-laktanya már 1919 márciusának első napjaiban rendelkezésre állt a főiskola – ideiglenes elhelyezésű – befogadására. Az áttelepítés tehát megindult *Károlyi Mihály* köztársasági elnöksége (1919. március 20-ig) és *Berinkei Dénes* miniszterelnöksége (1919. március 20-ig) alatt, és befejeződött a Magyar Tanácsköztársaság (1919. március 21. – augusztus 1.; a forradalmi kormánytanács elnöke *Garbai Sándor*, illetve *Kun Béla*) működésének időszakában. A tanszék áttelepítését Balázs István adjunktus szervezte, jószándékú segítség nélkül, fosztogatók közreműködésével.

4.1. Barlai Béla tanszékvezető professzor elhunyt

A főiskolát és a Vaskohászati Tanszékét a költözéskor kiemelkedő fájdalom veszteség is sújtotta. Barlai Béla professzor 1918-ban már végzetes betegségben szenvedett, „...szavai már nem gyújtanak, de az érett, az elmúlásra készülő bölcs férfi jövőbe vetett hite, az örök alkotó ember természetes bizakodása árad belőle” [5].

Legyengült állapotban elindult a tanszékének új székhelyére, de Budapestre érve betegsége kórházba szőlította. Hosszan tartó betegség után, 1921. november 20-án, 51 éves korában, tanárságának 20. évében a kórházban vesztette el eredményekben gazdag életét. Így az örökké alkotó ember már csak a jövőbe vetett hitét és reményét tudhatta Sopronba küldeni.

A tanszék vezetésére Balázs István adjunktus, tanszékvezető-helyettesként kapott megbízást, aki azt négyéves, világháborús katonai szolgálata végén vállalta.

4.2. Az oktatás kezdeti nehézségei Sopronban

A képzés tárgyi feltételeinek hiánya

A főiskola és a Vaskohászati Tanszék Sopronba településének első évét a fennmaradásért folytatott küzdelem jellemezte. Kétségbeejtő állapotban

lévő huszárlaktanya fogadta a főiskolát. A fosztogatás és a költöztetés velejárójaként jelentősen megcsappant tanszéki oktatási, kutatási berendezések, felszerelések, műszerek használatba vételére a körülmények alkalmatlanok voltak. A megfelelő szakirodalom sem állt rendelkezésre. A hallgatók elhelyezésére és ellátására is csak nagyon korlátozott lehetőség nyílt.

A szállíthatóság problémáiból és a költöztetés nehézségeiből, valamint a kaotikus helyzetből fakadó, számottevő hiányokon túl óriási veszteség érte a Vaskohászati Tanszékét és vele a kohómérnök-képzést azzal, hogy a Selmezbányáról Sopronba történő, kényszerű áttelepítéssel a Vaskohászati Kísérleti Laboratórium – egyetlen anyagvizsgáló gép kivételével – teljesen odaveszett. A Sopronban 1919 tavaszán kezdődő vaskohász-oktatás laboratóriumhiányának mértékét és a hiánypótlás nehézségeit tárja elénk *Tettamanti Jenő* professzor nyilatkozata, melyben még az 1925/26-os tanévben is azt mondta, hogy [7] „a Vaskohászati Kísérleti Laboratórium oly mértékű felszereléséhez, hogy az oktatói és kutatói munka az 1919-ben Selmezbányán otthagytához hasonló keretben folyjon, több évi visszatérő beruházási hitelre volna szükség.”

Az 1919/20-as tanév hivatalosan március 5. – szeptember 20. között tartott, de az előadások megkezdésére csak április 28-án nyílt lehetőség az oktatási folyamat legelemibb követelményeitől akkor még megfosztott Sopronban, rendkívül nehéz körülmények között. Balázs István adjunktus minden segítség nélkül látta el az oktatási feladatokat, sőt, az oktatás alapfeltételeit is igyekezett létrehozni.

A főiskola, a végleges helyének szánt honvédfőreál iskola impozáns épületét 1923-ban kapta meg. Ez természetesen a Vaskohászati Tanszéknek is újabb, de már sokkal reményteljesebb átköltözését vonta maga után az ideiglenes helyet adó Károly-laktanyából.

A hallgatói létszám és az új székhely kezdeti stabilitásának hiánya

Az 1920-as trianoni szerződés révén Magyarország bányászata, kohászata tizedére csökkent, melyen belül ércbá-

nyászatunk 98,3%-át, kőszénbányászataunk 30%-át, nyersvastermelő kapacitásunknak (600 kt/év) pedig 2/3-át veszítettük el. Az egyetlen megmaradt rudabányai vasércbánya a korábbi vasérctermelésnek alig negyvenedét biztosította. Megmaradt nagyolvasztóink vasérchiánnyal küszködtek. Nyersvastermelő helyeink és termelésünk 2/3-a maradt az elcsatolt országrészekben.

Az ezzel összefüggő válság nem tette vonzóvá a kohómérnöki pályát sem, s a visszaérkező 300 fős, évről évre csökkenő hallgatói létszám háborúból, hadifogságból visszatérő hányadának többsége szálanalmasan sivár helyzetben volt. A szükséges hallgatói létszám kialakítása egy évtized munkáját igényelte. Ebben Balázs István adjunktus, majd 1923-tól *Cotel Ernő* professzor tanszékvezető és *Kiss Ignác* tanársegéd munkája volt meghatározó, csakúgy, mint a vaskohászati képzés színvonalának fokozatos fejlesztésében is.

Jelentősen csökkentette a főiskola soproni székhelyének kezdeti stabilitását az, hogy a velencei egyezmény Sopront és környékét Ausztriának ítélte, amit 1921. augusztus 21-én kellett volna átadni. Erre örömeinkre nem került sor, mert a főiskolai hallgatói alakulatok, a hozzájuk csatlakozott felkelőkkel együtt 1921. szeptember 8-án az ágfalvi csatában döntő győzelmet arattak az osztrák csendőrség fölött, s az ennek hatására 1921. december 14–16-ra kiírt soproni népszavazás eredményeként Sopron magyar maradt.

5. Különböző politikai rendszerek szűk időtartamban jelenlevő halmozásának fejlesztést fékező hatása

Az 1919-es év első hónapjaiban Sopronban újra indult magyar kohómérnök-képzés folyamatának kezdeti eredményességére, az I. világháború következményeihez részben kapcsolható politikai, illetve történelmi események is – főleg közvetve – hatást gyakoroltak. A világháború befejezésével (1918. november 11.) egyidőben (1918. november 3.) szűnt meg ugyanis az Osztrák–Magyar Monarchiának nevezett duális államszövetség, és jött létre a rövid életű (133 napos) Magyar Tanácsköztársaság

(1919. március 21.– augusztus 1.). Nyilvánvaló, hogy a beilleszkedés az új, ismeretlen politikai rendszerbe és környezetbe a tanácstalanság, bizalmatlanság és reménytelenség érzelmvilágát hozta létre. Néhány hónapot követően pedig már a *Horthy Miklós* (1920. március 1. – 1944. október 16.) kormányzó által vezérelt politikai és társadalmi rendszer működési magatartását kellett gyakorolni.

Az említett politikai vélemények környezetének különböző tartalmú halmaza foglalta magában tehát a Bányászati és Erdészeti Főiskola 184 éves, és benne a Vaskohászati Tanszék 46 éves selmecebányai működése után Sopronba történt kényszerű átmenekítését, mely egyben a magyar kohómérműképzés eddigi történetének legsúlyosabb válságát jelentette.

6. A kényszerű átmenekítéssel gerjesztett érzelmek összefoglaló zárszavai

Alma Materünk és benne a Vaskohászati Tanszék 100 évvel ezelőtt történt eseményeinek visszaidézésével született meglátások és gondolatok sora, illő és méltó módon a folyamatok következményeiben (is) részes professzor

megnyilatkozásával zárható le meggyőzően és hitelt érdemlően.

Mihalovits János, a Sopronban már konszolidált főiskola akkori rektora, az 1923/24-es tanévnyitó beszédében ugyanis a következő szavakkal fejezte ki az átmenekítés jellemzését szolgáló érzelmi gondolatait [1]:

A székhelyváltoztatás olyan volt, „...mint mikor ősei kúriájától búcsúzik az önhibáján kívül birtokavesztett földesúr. Elhagyni kénytelen a fekete rögöt, melyet vérbeli nemzedékek átörökített vonzalma erkölcsi kincscsé avatott; a táj lakóit, akikhez családját, a történelmi kapcsok és emlékek a kegyeletnek és megbecsülésnek hervadhatatlan fonadékaival fűzték; a kis vidéki társadalmi kört, amellyel a kölcsönösen megértett és átértett hagyománynak tiszteletében és ápolásában lelkileg együtt élt.”

A Selmecebányát méltán megillető, elmélyült ragaszkodás részbeni feláldozása, valamint a főiskola iránt érzett, kiérdemelt nagyrabecsülés és szeretet együttes hatása is kellett ahhoz, hogy Alma Materünk, s azon belül Vaskohászati Tanszékünk Magyarországa, azaz miénk maradjon. Így az átmenekítés hazafias és nemes cselekedetté magasztosult.

Irodalom

- [1] Vivat Academia. Az OMBKE és az OEE Emlékkönyve, 1985.: Törekvések a főiskola áthelyezésére és szétválasztására. pp. 168–172.
- [2] *Farkas Ottó*: A selmecebányai vaskohászati képzés jellemzői és meghatározó professzorai. BKL Kohászat 2017., 6. pp. 53–56.
- [3] *Barlai Béla, Kövesi Antal*: A főiskolai tanács memoranduma a bányászati és kohómérműki szakosztály áthelyezéséről. Bányászati és Kohászati Lapok. 1917. júl., pp. 7–13.
- [4] *Barlai Béla*: Nyílt levél az OMK Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület tagjaihoz a főiskola áthelyezése ügyében. Bányászati és Kohászati Lapok. 1918. júl., pp. 245–247.
- [5] Emlékkönyv, Miskolc 1992.: A világháború sodrásában, negyedszázados jubileum, pp. 52–54.
- [6] Selmecebányai Főiskola 1735–1985. NME Miskolc 1985.
- [7] *Zsámboki László*: Selmecebányáról indultunk. ME Miskolc, 1999.
- [8] A selmecebányai akadémia oktatóinak lexikona 1735–1918. NME Miskolc, 1983.
- [9] *Farkas Ottó*: A Vaskohászati Tanszék története. BKL Kohászat, 1959. dec., pp.43–50.

„Selmec, Téged soha nem feledtünk!”

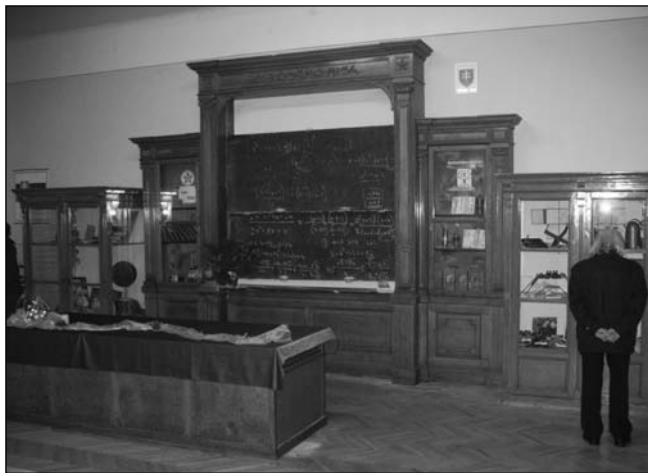
A Soproni Egyetem és a Miskolci Egyetem közös megemlékezése Selmecebányán

Az Alma Mater 100 évvel ezelőtt indult el Selmecebányáról új „hazát” keresve. Ebből az alkalomból az utódintézmények megemlékezési programsorozatát szerveztek. Ennek egyik elemeként a Soproni és a Miskolci Egyetem nosztalgiaevanót indított Selmecebányára, amelyre a szervezők meginvitáltak minden akadémiai örökös, balekot, Firmát, Veteránt, és Ultra Supra Veteranissimust. A programon részt vettek a Soproni Egyetem, a Miskolci Egyetem és az Óbudai Egyetem Bánki Karának okta-



■ A selmecebányai pályaudvaron

tói, hallgatói. Megemlékezni hívtak mindenkit a dicső selmeci időkről, tisztelni az ősi Alma Mater előtt, köszönetet mondani a városnak és azoknak az embereknek, akik jelenleg, más történelmi környezetben is tisztelik és vigyázzák a Selmeczi Akadémia örökségét. Selmecebányán megtekintettünk olyan akadémiai épületeket, amelyek eddig részben vagy teljesen elzártak voltak. Méltó szakestélyen vehettünk részt, és nem utolsósorban lehetőségünk volt a balek-firma generációinknak egy közös,



■ Az Akadémia egyik előadótermében



■ Gyülekezés a Fritz-ház előtt

selmeci tradíciók szellemében eltöltött találkozóra.

A Nyugati pályaudvaron már benn állt, várt bennünket a Nostalgiaevonat, mely külső megjelenésében is a régi, „békebeli” időket idézte elénk. A Teátrum, a Büfé, a Puskás Öcsi kocsija, a híres piros NOHAB mozdony, mind-mind az elmúlt korszak gyöngyszeme. Izgatottan gyülekeztek a peronon a bányász–kohász–erdész ruhás hagyományörző diákok és volt diákok, akik a megemlékező rendezvénysorozatra jöttek. Itt találkoztunk az OMBKE részéről *Kőrösi Tamás* főtitkárral, *dr. Szabados Gábor* főtitkár-helyettesével, *Kopasz Lászlóval*, *Boross Péterrel* és feleségével és *Mayerhoffer Ferenc*cel, akikkel együtt töltöttük el a két napot. A névsorolvasás után végre felszállhattunk, és belülről is megcsodálhattuk a

vasonokat. Az utazás jó hangulatban telt, a szerelvényen akadémiatörténeti, hagyománytörténeti előadásokat hallgattunk, selmeci diáknótákat énekelünk. Megérkezvén Selmecbányára a transzfer, az ebéd, a szállás elfoglalása dinamikus lezajlott, mely ismét a szervezők jó munkáját dicsérte.

Késő délután gyülekeztünk az Akadémiánál a Bányászati Palota előcsarnokában, ahol *Mgr. Nadežda Babiaková* főpolgármester asszony személyes hangvételű köszöntőjét követően, *prof. dr. Náhlik András*, a Soproni Egyetem rektora ünnepi beszédét, majd a Miskolci Egyetem képviselőjében *prof. dr. Szűcs Péter* dékán megemlékezését hallhattuk. Megilletődötten sétáltunk végig az egykori Alma Mater folyosóin, s kukkantottunk be a tantermekbe és nem

utolsósorban lehetőségünk volt a balek-firma generációinknak egy közös, Selmeci tradíciók szellemében eltöltött találkozóra.

Este a soproni, illetve a miskolci diákok által rendezett szakestélyeken vettünk részt, ahol a „komoly poharak” keretén belül hallhattuk a 100 évvel ezelőtti történelmi, költözési események mozzanatait.

Másnap délelőtt a jó hangulatú városnézésen megtekintettük a nevezetességeket, és az akadémiai vonatkozású épületeket, a Fritz-házat, a Joergest-ház aknáját. Az ebédet követően visszaindultunk a különvonattal Budapestre.

Nagyon örültünk, hogy egy ilyen különleges eseményen, egy ilyen jól szervezett kiránduláson vehettünk részt!

Nagyné Halász Erzsébet

A Miskolci Egyetem hírei

• 2018. november 21-én rendezte meg a Műszaki Anyagtudományi Kar a Tudományos Diákköri Konferenciát, melynek keretében négy szekcióban 29 előadás hangzott el. A szakmai zsűri négy dolgozatot I. díjjal, négy dolgozatot II. díjjal, nyolc dolgozatot III. díjjal, négy dolgozatot különdíjjal jutalmaztak.

Az I. díjas TDK dolgozatok szerzői:
– *Bubonyi Tamás* (konzulens: *Dr. Barkóczy Péter*)
– *Prekob Ádám* (konzulens: *Dr. Vanyorek László*)

– *Gyarmati Gábor* (konzulens: *Mende-Tokár Monika*, *Dr. Mende Tamás*, *Kovács Zoltán*)

– *Jakab Zsófia* (konzulens: *Dr. Dobó Zsolt*)

• A régió vegyiparának összefogása első lépéseként 2017 őszén rendezték meg az 1. Vegyipari Pályorientációs Napot általános és középiskolás diákok számára. A nagy sikerre való tekintettel a rendezvényt 2018-ban megismételték. November 14-én a Miskolci Egyetem díszaulájában várta az érdeklődőket a Miskolci

Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara és Gépészmérnöki és Informatikai Kara, valamint a Borsodchem Zrt., a Kis Cégcsoport és a MOL Petrolkémia Zrt. képviselői. A rendezvényen több mint 500 általános és középiskolás diák vett részt, valamint a régió vegyiparához kapcsolódó műszaki szakgimnáziumok kiállítóként is jelen voltak.

• 2018. december 6–7-én Nyílt Napok keretében várta a Miskolci Egyetem a képzéseire érdeklődő fiatalokat. Közel 2000 diákkal és szá-



■ 1. kép. A végzett hallgatók egy csoportja



■ 2. kép. Vincze Fanni Virág és Vasiszta Viktor a NEMAK Elismerő Duális Oklevéllel, a cég vezetőinek társaságában

mos partnervállalattal telt meg ismét a díszaula, ahol számos érdekes és interaktív kísérleten vehettek részt a megjelentek.

• 2018. december 18–19-én öt záróvizsga bizottság előtt 39 hallgató tett sikeres záróvizsgát, 27-en BSc-, 12-en MSc-képzésben fejezték be tanulmányaikat. Fontos kiemelni, hogy idén először végeztek hallgatók duális képzésben a Műszaki Anyagtudományi Karon, kilenc járműipari öntész specializációjú BSc-anyagmérnök hallgató teljesítette sikeresen mind a vállalati, mind az egyetemi követelményeket. A hallgatók duális képzése a következő öt cégnél folyt: Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft. (3 fő), Sicta Kft. (2 fő), Prec-Cast Öntödei Kft. (2 fő), Csepel Metall Vasöntöde Kft. (1 fő), FémAlk Zrt. (1 fő). Köszönjük partnereink kiemelkedő munkáját!

• A 2018/2019. tanév I. félévében a Műszaki Anyagtudományi Karon 33 fő szerzett oklevelet (1. kép). 2019. február 7-én a Miskolci Egyetem Nyilvános Ünnepi Egyetemi Szenátusi Ülésén 21 fő BSc-szintű, 12 fő MSc-szintű oklevelét vehette át a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánjától, dr. Palotás Árpád Bence professzortól. A diplomaosztó ünnepség keretében Cseh Dávid és Nagy Csaba PhD-oklevelet vett át. Vasiszta Viktor BSc-s végzett anyagmérnök a hallgatói önkormányzat becsület diplomáját vehette át. A Kar történetében először végző duális hallgatók tiszteletére a Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft. hagyományteremtő céllal NEMAK Elismerő Duális Oklevelet hozott létre, melyet a cégnél dolgozó és alapfokon végzett hallgatók vehettek át a diplomaosztó ünnepségen

(Vincze Fanni Virág és Vasiszta Viktor, 2. kép), Nagy Miklós Nándor pedig később, egy külön rendezvényen a Kar Geleji Sándor tanácstermében.

• 2019. február 6-án a Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft. ügyvezetője a Miskolci Egyetem Selmec-termében adta át Gyarmati Gábor MSc-kohómérnök hallgatónak 2018. évi kiváló szakmai, tudományos diákköri tevékenysége elismeréseként az immár hagyományosnak mondható Nemak Díjat. (Témavezetők: Mende-Tokár Monika tanársegéd, Öntészeti Intézet, dr. Mende Tamás, docens, Fém-tani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet.). A kitüntetéshez gratulálunk, és további sikereket kívánunk!

Mende Tamás

FELHÍVÁS

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara felhívást intéz az Alma Mater egykori hallgatóihoz, akik 1949-ben, 1954-ben, 1959-ben, illetve 1969-ben (70, 65, 60, 50 éve) vették át diplomájukat a Kohómérnöki Karon Miskolcon, vagy a Sopronban.

Várjuk jelentkezésüket, hogy részükre, jogosultságuk alapján, a rubin-, a vas-, a gyémánt-, vagy aranyoklevél kiállítása érdekében szükséges intézkedéseket meg tudjuk kezdeni.

Jelentkezési határidő: 2019. április 15.

A jelentkezéshez szükséges dokumentumok:

- kérelem nyomtatvány hiánytalanul kitöltve
- rövid szakmai önéletrajz (maximum egy A/4 oldal egyes szám harmadik személyben fogalmazva)
- egy darab igazolványkép.

A teljes lista és a kérelem nyomtatvány elérhető a kari honlapon: www.mak.uni-miskolc.hu

Kérjük, hogy a dokumentumokat lehetőleg elektronikus formában, az írott szöveget formázatlan word dokumentumként, a fényképet önálló fájlként szíveskedjenek megküldeni.

Dr. Palotás Árpád Bence
dékán

Elérhetőségek:

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

Szent Borbála-napi központi ünnepség

A 2018. évi Szent Borbála-napi országos központi ünnepséget december 4-én a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Stefánia úti épületének dísztermében rendezték meg. A fő szervező az Innovációs és Technológiai Minisztérium, a Magyar Bányászati Szövetség, a Bánya- Energia és Ipari Dolgozók Szakszervezete, valamint az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület volt.

Az elnökségi asztalnál helyet foglalt *dr. Fancsik Tamás* a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat elnöke, *Kádár Andrea Beatrix* helyettes államtitkár (ITM), *prof. dr. Palkovics László* innovációs és technológiai miniszter, *dr. Zoltay Ákos* az MBSZ főtitkára, az ünnepség levezetője, *dr. Fónagy János* nemzeti vagyonért felelős miniszterhelyettes, *dr. Hatala Pál* az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöke, *Rabi Ferenc* a Bánya- Energia és Ipari Dolgozók Szakszervezete elnöke (a képen balról jobbra).

Prof. dr. Palkovics László innovációs és technológiai miniszter ünnepi beszéde után *dr. Hatala Pál* OMBKE elnök mondott köszöntőt.

Ezután *Szt. Martin* előadóművész műsora következett, majd elismerések átadására került sor.

Az ünnepség hivatalos része a bányász- és kohászhimnusz eléneklésével zárult.

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

Szent Borbála-érem kitüntetésben részesült lelkiismeretes kohászattal kapcsolatos tevékenységéért:

Berecz Tamás mérnök-tanár, mérnök-informatikus, gépészmérnök, ko-

hómérnök. Munkáját szakmai sikerek kísérik. A Csepel Metall Vasöntöde Kft.-ben különböző beosztásokat töltött be, 2018 eleje óta a cég műszaki igazgatója.

Az OMBKE Öntészeti Szakosztály csepeli helyi szervezetének elnöke, korábban titkára, sokat tett és tesz az egyesületi élet fenntartása, fellendítése érdekében. A helyi szervezet tagjainak bevonásával színvonalas programokat szervez, meghatározó tagja mind a helyi szervezetnek, mind az egyesületnek. Munkahelyének támogatásával a kollégáit, és más környékbeli cégek OMBKE tagjait is bevonja az egyesületi életbe, így a nagy hagyománnyal rendelkező csepeli helyi szervezet sikeresen működik elnöksége alatt is.

Horváth Csaba okleveles kohómérnök. 1988-ban a Székesfehérvári Könyvűfémműben technológusként kezdte meg pályafutását, amelyet később gyártás-, illetve gyártmányfejlesztő mérnökként folytatott. Ezt követően termelésvezetői pozícióban dolgozott, jelenleg vezető metallurgusként továbbra is az Arconic-Köfém Kft. alkalmazottja. Folyamatosan részt vesz a munkatársak szakmai képzésében is.

Jelenleg az OMBKE Fémkohászati Szakosztály székesfehérvári helyi szervezetének tagja, ahol sokáig titkár is volt. 2001-ben OMBKE EM plakettet, 2007-ben Debreczeni Márton-emlékérem kitüntetését kapott.

Nagyné Halász Erzsébet okleveles kohómérnök. 1984-től a Magyar Szénhidrogénipari Kutató-Fejlesztő Intézetnél dolgozott fejlesztőmérnökként. 2000-től a Budapesti Műszaki Főiskola, későbbi nevén az Óbudai

Egyetem oktatója lett, ahol az anyag-tudomány, az anyagtechnológia, a mechanika és a géprajzi ismeretek tantárgyakat oktatja. Részt vett az egyetem műszaki gépész mérnökasszisztens, majd a műszaki felsőoktatási szakképzés kidolgozásában. Kidolgozta a gépipari anyagismeret és anyagtechnológia ismeretanyagát és annak e-learning formáját. 2008–2016-ig a gépipari mérnökasszisztens képzést és annak vizsgáit szervezte. 2004-től az ipari K+F együttműködésekben belül a károsodott gépelemek, hegesztési varratok vizsgálatával és ezen káresetek kiküszöbölési lehetőségeivel foglalkozik. Jelenleg egy műanyag-üvegyöngy kompozitanyag vizsgálatán dolgozik.

Az OMBKE újbóli tagja 2003-tól, a Vaskohászati Szakosztály budapesti helyi szervezetének titkári feladatait 2014-től látja el.

Orova István 2001 óta irányítja az ISD Dunaferri Zrt. vállalatcsoporthoz tartozó ISD Kokszoló Kft.-t ügyvezető igazgatóként. Az általa irányított társaság évente mintegy 1,4 millió tonna szénből 1 millió tonna kokszot állít elő. Kiemelt érdemei vannak a III. kokszolóblokk 2003-ban illetve 2006-ban két lépcsőben történt átépítésében, valamint az I. kokszolóblokk élettartamának megnövelésére végrehajtott beruházásban. Említést érdemel az ISD Kokszoló Kft. technológiai vízkezelő telepén végrehajtott fejlesztés. Megkapta a vállalatcsoport legmagasabb elismerését, a Borovszky-díjat.

Tagja az OMBKE-nek. Az elmúlt évtizedekben folyamatosan segítette a Vaskohászati Szakosztály dunaujvárosi helyi szervezetének tevékenységét, különös figyelemmel a Kokszolóműben dolgozó kollégákra.

Az ünnepség képei a hátsó borítón láthatók.

EMLÉKEZTETŐ

az OMBKE választmányi üléséről (kivonat)

Az ülés időpontja: 2018. december 12., 11:00 óra

Helyszíne: Budapest, V. Október 6. u. 7. fsz. nagyterem

A jelenléti ív szerint 24 fő választmányi tag volt jelen, az állandó meghívottakon és a tiszteleti tagokon kívül.

Az ülést *dr. Hatala Pál* elnök vezette le, aki tájékoztatta a Választmányt az előző ülés óta tett intézkedésekről: az OMBKE új képviseletének törvényszéki bejegyzéséről, az Alapszabály Bizottságnak, az alapszabály-módosítás előkészítésével kapcsolatos, folyamatban lévő munkájáról.

Az elnök kérte, hogy a Kálóz község temetőjében tartott megemlékezésen a jövőben több bányász tagtárs vegyen részt. Beszámolt az Egyesület sikeres egerszalóki konferenciájáról, a dunaújvárosi és dorogi szakesteken, valamint a központi Borbála-napon és a Borbála-misén való részvételről. Tájékoztatta a választmányt, hogy a meghívás ellenére december 4-én nem tudott részt venni a Sopronban szervezett „100 éves” emlékülésen, az időben egybeeső Borbála-napi rendezvények miatt. A Selmezbányára induló nosztalgiavonaton és a „Selmec-Sopron 100” rendezvényeken a főtktár és a főtktárhelyettes képviselte az Egyesületet. Elmondta, hogy *dr. Patay Pál* régész, egyesületünk legidősebb tagja 104. születésnapján a Nemzeti Múzeumban részt vett – több tagtárral együtt – az Egyesület képviselésében.

A következő napirendi pontban *dr. Gagyi Pálffy András* ügyvezető igazgató az OMBKE pénzügyi helyzetéről előzetesen kiosztott anyagokat szóban egészítette ki. Jelezte, hogy év végén az egyesület várhatóan nem lesz veszteséges, de a január kritikus lehet.

Hozzászólásában *Podányi Tibor* jelezte, hogy a tagság 1/3-a fizet teljes-, 1/3 fél tagdíjat, 1/3 pedig évi 2000 Ft-ot. Előterjesztési javaslatot tett egységes, minden tagra kiterjedő 1000 Ft összegű tagdíjmelésre. Erre vonatkozóan a következő választmányi ülésig elvégzendő vizsgálatról született döntés.

Ezután *Kőrösi Tamás* főtktár a ismertette az OMBKE 2019. I. negyedévi és éves rendezvényeit pontos dátumokkal, ahol még nincs, ott várja a pontosításokat. Ez fel fog kerülni az egyesület weboldalán lévő rendezvényjegyzékbe.

Hozzászólások:

- *Lengyel Károly*: 2019-ben 50 éves lesz az Öntödei Múzeum. Erre terveznek központi rendezvényt októberben, és az Egyesületen belül az Öntészeti Szakosztály is készül.
- *Törő György*: a cseh bányavárosok találkozájára Borsodból busz indul, kéri a hirdetését.
- *Zelei Gábor*: az Akadémia január 14-én Eötvös-programot tart; 2019-ben jubileumi Eötvös-év lesz.
- *Katko Károly*: két évente van Magyar Öntőnapok, így a soron következő 2019. október 11–13-a között, Herceghalmon rendezik meg.
- *Ósz Árpád*: február 5–6-án a Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati Szakosztálynak „Érett mezők újraélesztése” című programja lesz.

Ezután a főtktár a 4. napirendi pontban ismertette az EU által támogatott, határon átnyúló együttműködési programokra való pályázás lehetőségeit és kapcsolattartóit. Javasolta, hogy következő választmányi ülésen hozzanak létre egy munkabizottságot.

A következő napirendi pontban *dr. Szabados Gábor*, az új ügyvezető ismertette az ügyvezető igazgatói munkakör átadás-átvétel helyzetét, és röviden vázolta a munkakör gyakorlásával összefüggő, jövőbeli terveit (életrajza a cikk után olvasható).

Az utolsó napirendi pontban („egyebek”) szó volt a lapok kiadásáról, az Egyesület 125 éves történetét bemutató anyag esetleges kiadásáról.

Az oroszlanlyi helyi szervezet által kezdeményezett „Selmec-Sopron 100” programsorozat keretében az oroszlanlyi kollégák mintegy 80 rászoruló segítették ajándécsomaggal.

Végezetül az elnök felkérte *dr.*

Tolnay Lajost a leköszönő ügyvezető igazgató, *dr. Gagyi Pálffy András* búcsúztatására, majd ajándékot adott át neki. Ezt követően többen is méltatták *dr. Gagyi Pálffy András* szakmai- és egyesületi tevékenységét.

Következő lapszámunkban terve-zünk ismertetést közölni életútjáról.

Dr. Szabados Gábor jegyzőkönyve alapján összeállította BT

Dr. Szabados Gábor Tamás Pécssett, 1955. július 10-én született.



A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán, bányászati szakon 1982-ben kapott bányamérnöki oklevelet. 2000-

ben az Eötvös Loránd Tudományegyetemen jogi szakokleveles mérnök végzettséget, majd 2011-ben az ME Műszaki Földtudományi Kar Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskolában PhD-oklevelet szerzett.

1982–1993 között a Nógrádi Szénbányák Vállalat különböző mélyművelésű üzemeiben dolgozott, körletvezetőtől a műszaki-kereskedelmi igazgatóig többféle munkakört töltött be. Ezután 2015-ig a Magyar Bányászati (és Földtani) Hivatalnál és bányakapitányságainál bányafelügyeleti főmérnök, főosztályvezető, bányakapitány, elnökhelyettes, végül elnök volt. 2015-től egyéni vállalkozó, bányászati és földtani szakértő, szaktervező, tanácsadó volt.

Az OMBKE-nek 1983 óta tagja. 2018. december 16-án kapott kinevezést az OMBKE ügyvezető igazgatói munkakörének ellátására.

Munkája elismeréseként kapott kitüntetései: a Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje, „Kiváló bányász” miniszteri kitüntetés, „Magyar bányászatért” emlékérem, Szent Borbála-emlékérem miniszteri kitüntetés.

10. Nemzetközi Clean Steel Konferencia (Cleansteel 10)

Másfél évi előkészítő munka után 2018. szeptember 18–20-án a budapesti Flamenco Szállóban került sor a 10. Nemzetközi Clean Steel (Tiszta Acél) konferenciára.

A konferencia előkészítésében és a program kialakításában fontos szerepe volt a Nemzetközi Bizottságnak, amelynek munkájában neves kínai, német, amerikai, svéd és magyar szakemberek vettek részt. A szervezőmunkát a nagy nemzetközi acélipari szervezetek mellett 17 ország nemzeti acélipari egyesületei támogatták. A konferencia hivatalos nyelve a korábbiakkal összhangban angol volt.

A közös munka eredményeképpen 28 országból 195 szakember jelentkezett és vett részt a konferencián. A legnagyobb delegáció Franciaországból érkezett (23 fő), de 10-nél több szakember volt jelen Ausztriából, Kínából, Németországból, Koreából, Svédországból és az USA-ból is.

A beérkezett előadások értékelése alapján a Nemzetközi Bizottság 10 szekcióba sorolta be az előadásokat.

A konferenciát dr. Tardy Pál, a Nemzetközi Bizottság elnöke nyitotta meg, majd dr. Móger Róbert, az MVAE igazgatója a magyar acélipari vállalatok nevében üdvözölte a résztvevőket.

A megnyitó plenáris ülésen hat előadás hangzott el. Közülük kettő a konferencia témájához kapcsolódó, átfogó jellegű előadás volt. A program szerinti első előadó B. Birnbaum, a Szén és Acél Kutatási Alap vezető munkatársa lett volna, de részvételét az utolsó pillanatban lemondta, előadása és prezentációja azonban így is elérhető. Az *európai acélipar reneszánsza* című előadás tájékoztatást ad az európai acéliparban folyamatban levő kutatási irányokról. A második előadást a Német Vaskohászati Egyesület (VDEh) szakmai vezetői tartották; ebben az európai és a német acélipar helyzetéről és törekvéseiről számoltak be.

ről és törekvéseiről számoltak be.

A plenáris szekció többi előadása már közvetlenül a konferencia témájáról szólt: a zárványok keletkezése (Lifeng Zhang, a Pekingi Egyetem professzora), a salakok alkalmazása az üstmetallurgiában (Joo Hyun Park, a koreai Hanyang University professzora), a zárványok vizsgálata korszerű acélokban (S. R. Story és munkatársai, US Steel Corporation, USA), végül a zárványkialakulás újszerű modelljét bemutató előadás (J. Campbell, a Birminghami Egyetem professzora).

A zárványok keletkezésével és módosításával foglalkozó szekció előadásai a zárványképződés termodinamikai alapjairól, a zárványok gyártás közbeni átalakulásáról, ill. tudatos módosításáról szóltak (olasz, amerikai, osztrák, kínai, koreai, szlovéniai és finn szakemberek előadásában).

A *Ca a tiszta acél gyártásában* c. szekció volt az egyik legnépszerűbb szekció (7 előadás). A bevezető előadás (ArcelorMittal Global R&D, USA) a Ca szerepének áttekintése után kísérleti adatokkal támasztotta alá az elmondottakat. Több előadás foglalkozott a Ca-kezelés gyakorlatával és hatásaival, szemléltetve a zárványmódosító hatást és következményeit (amerikai, francia, kanadai, svéd, mexikói és kínai előadók).

A *Folyamatos öntéssel* foglalkozó szekcióban a dermedés során kialakuló dúsulásokkal és csökkentésük módszereivel, a kialakuló termékszerkezetet és tisztaságot befolyásoló lehetőségekkel foglalkoztak az indiai, francia, finn és osztrák előadók.

Ugyancsak sok (francia, svéd, mexikói, amerikai, orosz) előadó foglalkozott a zárványok és az acél tisztaságának vizsgálatával. A korszerű zárványvizsgáló módszerek áttekintése és értékelése után az új analitikai eljárások, az elektronoptikai vizsgáló módszerek, a számítógépes képelemző módszerek alkalmazását szemlélítették az előadók.

Az üstmetallurgiai szekció keretében képet kaptunk a korszerű acélkezelési módszerekről, a kezelés hatékonyságáról különböző acéltípusoknál (svéd, egyiptomi, Japán, koreai szerzők). Kiemelendő az Európai Szén- és Acélkutató Alap keretében kb. 20 éven keresztül végzett ilyen irányú kutatások eredményeit áttekintő előadás.

A folyékony acélban lejátszódó folyamatok elemzésével kapcsolatos eredményeket ismertették a *szimulációval és modellszámításokkal* foglalkozó szekció előadásai (kínai, japán, indiai, holland előadók). A korszerű tiszta acél gyártásánál ma már fontos eszközök az ilyen eljárások.

A *reoxidáció* elleni védelem egyik legfontosabb eleme a tiszta acélok gyártásának. Az erre alkalmazott módszerekkel és eredményességükkel foglalkoztak a brazil, francia, indiai és koreai előadók.

A speciális *salakok és folyósítószer* alkalmazása ugyancsak világszerte alkalmazott módja a tisztaság növelésének. Az előadók (koreai, svéd, mexikói, francia) ezek hatásmechanizmusával, alkalmazásuk eredményeivel foglalkoztak.

A korábbiakhoz ké-



■ A konferencia plenáris nyitó szekciójának résztvevői a Flamenco szálloda előadótermében

pest kevés (3) előadás hangzott el az *acéltisztaságnak a tulajdonságokra gyakorolt hatásáról*. Finn magyar és kínai előadók ismertették ezzel kapcsolatos eredményeiket.

A plenáris záró szekcióban Tardy Pál, a Szervezőbizottság vezetője adott áttekintést az eddig megrendezett tíz Clean Steel Konferenciáról (a szerző valamennyinek a szervezésében részt vett). Az előadást a BKL Kohászat 2018/5–6. számában közzé tettük. Bejelentette, hogy a Nemzetközi Bizottság javaslatára a következő Clean Steel konferenciát 2022-re tervezzük, ugyancsak Budapesten.

A szervezőmunka három bázison folyt. Az MVAE bázisán készítették el

és tartották folyamatosan karban a konferencia weblapját (www.cleansteel10.com), továbbá feldolgozták a beérkezett előadásokat, ezek felhasználásával elkészítették a konferenciakiadványokat, a résztvevők jelentkezésével kapcsolatos teendőket. Fontos újdonság volt, hogy a részvételre jelentkezők a weblapon keresztül közvetlenül átutalhatták az OMBKE számlájára a részvételi díjat.

Az OMBKE titkárságának legfontosabb feladata a konferencia pénzügyeinek intézése volt (részvételi díjak beérkezésének nyilvántartása, a viszszaigazolások elkészítése és küldése, az alvállalkozók megbízása és számláik átutalása), továbbá a levelezés

lebonyolítása is rajtuk keresztül ment.

A nemzetközi kapcsolatok szervezése, ügyeinek intézése, a szervezőmunka irányítása a Szervező Bizottság vezetőjének feladata volt. Rá hárult a jelentkezők vízumkérelmét támogató levelek (ahol erre szükség volt, a legtöbb Európán kívüli ország esetében) megírása is.

A konferenciavacsorára az Európa hajón került sor. A szép, tiszta időben a résztvevők a hajóról megcsodálhatták a kivilágított hidakat és a várost; a látvány mindenkit lenyűgözött.

Összességében a konferencia szakmai és az előzetes adatok szerint pénzügyi szempontból is sikeres volt.

Tardy Pál

XXIV. Szent Borbála Napi Kohász Szakestély

Örömnep: a közösség él és alkot
Vidám hangulatban, ugyanakkor megfelelő komolysággal ápolták hagyományait az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület vas- és fémkohászai. A dunaújvárosi házigazdák a Lemezalakító oktatási központjába invitálták december havának első napjára, az immár sorban a huszonnegyedik Borbála-napi szakestélyekre az arra érdemeseket. Az asztalok mellett éppen elég fiatal arcot láthatott a figyelmesen körülnéző, ami elsősre rácsófol arra a tényre, hogy a patinás múlttal bíró szakmai szervezet legújabb kori történetében a tagság összetétele demográfiailag aggasztó.

A részvételt 126 fő jelezte előre, ez igen könnyen megjegyezhető szám, minő véletlen, az egyesület éppen 126 évvel ezelőtt jött létre. A selmeci hagyományok továbbvivői a felmenőktől örökölt tudásra alapozva, a

helyi specialitásokat beépítve, követék pontról pontra, az ilyenkor kívánatos forgatókönyvet.

Az est elnöke, *Lontai Attila* köszöntötte a vendégeket, így az OMBKE elnökét, *dr. Hatala Pált*, Budapestről a Vaskohászati Szakosztály, Székesfehérvárról a Fémkohászati Szakosztály képviselőit, az Öntészeti Szakosztály tagjait, az újjáalakult Ózdi Szervezet elnökét, a Dunaújvárosi, az Óbudai és a Miskolci Egyetem tanárait.

A „Komoly pohár”

Az egyesület idén megválasztott új elnökét, *dr. Hatala Pált* kérték fel a szakestély „Komoly poharának” elmondására: – A szakestély örömnep, jelzi, hogy a szakmai közösség él és alkot. Ma is dolgozik még vagy ezer volt egyesületi tag hazánkban, akik kikerültek a rendszerváltáskor az iparágainkból. Ózdon néhány hete lelkes

tagjaink, a megváltozott körülmények ellenére, újjáalakították a helyi szervezetet. A szakmaiság, az összetartozás, a hazaszeretet a jelszava az egyesületnek, de egyesek ezt sajáton és sokszor szabadon értelmezik. Segítenünk kell mindannyiunknak megtalálni a selmeci hagyományok továbbélésének méltó módját.

A „Vidám pohár”

Tóth Lászlóra esett a megtisztelő felkérés, hogy tartsa meg „Vidám pohár” köszöntőjét. Mondandóját a jövőkép kialakításában az ellenségkép megalakítására építette, sorra véve a vidámságra okot adó, különböző eshetőségeket, végül, komolyra fordítva a szót, meggyőzte hallgatóságát: – Legyen a közös ellenségkép a közöny: a szakma iránt, a társaink iránt, az egyesületi élet és mindenféle tevékenység iránt.



Emlékezés Mikoviny Sámuelre

A nagy tiszteletnek örvendő *Farkas Lajos* (92) a selmebányai Bányatisztképző Iskola megszervezőjének, *Mikoviny Sámuel* (1700–1750) személyének és munkásságának állított emléket vetített képes előadásával.

Az „Okos gyár” víziója

A gazdaság szereplői szerint, jelenleg a világon a negyedik ipari forradalom zajlik, amelyet kibernetikai rendszerek, a mesterséges intelligencia elterjedése jellemez. Az Európai Unió iparfejlesztési stratégiáját, az Ipar 4.0-át Európa nagy lehetőségének tekinti ipara leépülésének megállításában. A „Gondolkodó” gépek helyettesítik az

embert, az esetek többségében segítenek a döntésekben. Így tesznek az önzetű autók, a virtuális titkárnők és az „Okos gyárak” – érvelt *Felföldiné Kovács Ágnes* hozzászólásában. – Ki tudja, mit hoz még a jövő, vagy akár az Ipar 4.0? Nekünk sem lehet más a hosszú távú stratégiai célunk, mint az „Okos Dunaferri” létrehozása...

Pogányból balekká fogadás

Nem lepődtem meg, amikor *Cseh Feri* megkeresett azzal, hogy elvállalnám-e a balekjelöltséggel, balekvizsgáló járó procedúrát. A felkészüléshez kaptam egy hatvan oldalas anyagot – árulta el a frissen megkeresztelt *László Ferenc* balek. – A kohászat és az

alkatrészgyártás kapcsolatáról készültem. A szakmai hagyományok ápolását, múltunk értékeinek megőrzését mindig is fontosnak tartottam, tevélegesen támogattam, erre bizonyosságul szolgálnak az Öntöde, a Mechanika, a Lakatosüzem történeti kiadványai, kiállítások és az alkatrészgyártással kapcsolatos film, valamint a folyamatosan bővülő kupagyűjteményünk.

A Krampampuli behozatala, tanúsítási eljárása után a szakestély végére illő nóták csendültek fel. Az Elnök az est hivatalos részét egy kiegészítéssel zárta: – Innentől szabad folyást engedek minden földi jónak!

Szente Tünde

Budapesti vaskohászok kirándulása

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály budapesti helyi szervezete 2000 óta minden év őszén szakmai kirándulást szervez a tagtársak és hozzátartozóik, valamint a társszervezetek képviselői részére. Ebben az évben október 26-án Esztergomba látogattunk.

Elsőként az esztergomi Várat és a Bazilikát tekintettük meg. Szép napos időt fogtunk ki és a várfalon kellemes sétánk során a Duna alacsony vízszintjének köszönhetően láthattuk a feltáruló homokpadokat. A sportosabb tagtársaink felmentek a Bazilika tornyába, hogy onnan gyönyörködjenek a környék szépségeiben, mások a nemrég felújított vártermetek látogattak meg.

Az ebédünket a Duna másik partján, Párkányban a BAT étteremben fogyasztottuk el. A finom leves után hát igazán „emberes” és jóízű adagokat kaptunk a knédli vaddisznó pörköltből, amit természetesen egy-egy korsó Staropramen sörrel öblítettünk le. Ebéd után a Duna-parti sétányon készítettük el az idei kirándulási csoportképet a festői Esztergomi várral és Bazilikával a háttérben.

Kirándulásunk szakmai programjá-



nak keretében a Suzuki esztergomi gyárát látogattuk meg. A mintegy két és fél óra terjedelmű program során az előzetes filmes bemutatás után két csoportra osztva tekintettük meg a gyártási folyamatot az első lépésektől a legördülő autóig. Jól elfáradva ültünk vissza az autóbuszba és elindultunk Tökre a Kovács pincészetbe.

A stílusosan kialakított pincében Kovács Ferenc tulajdonos borászati ismeretekkel egybekötött borkóstolót tartott, így volt alkalmunk tanulmá-

nyozni, és főleg megízlelni az általa készített borfajtákat. Többünknek nagy élmény volt a különleges zöld veltelini, melyből jó páran otthonra és a hazafelé útra is vásároltak. A koccintgatásokkal és énekléssel egybekötött társalgás a kirándulásaink nélkülözhetetlen eleme, mely szinte mindig megalapozza a visszafelé buszozás vidám, nótázásokkal teli hangulatát is.

Nagyné Halász Erzsébet

XIV. Ózdi Hagományápoló Szakestély

2018. november 12-én immár 14. alkalommal rendezték meg az Ózdi Hagományápoló szakestélyt a Tiszti Kaszinó dísztermében. A jeles esemény már elidegeníthetetlen részét képezi a város kulturális örökségének, ahol számos közéleti személy, vállalkozó, szervezeti- és intézményvezető vesz részt minden évben. A rendezvényen rendhagyó módon a bányász és kohász szakma képviselői vannak túlsúlyban, ahol évről évre egyre több fiatal mérnök jelenik meg soraikban. A szakest Praesese *dr. Grega Oszkár*, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára volt, aki így nyilatkozott az Ózd Városi Televíziónak: „Mi azért próbáljuk ezeket a szokásokat fen-



tartani és tovább éltetni, hogy különböző generációk kötődését megőrizzük. Itt körülbelül a 85-90 éves korosztálytól visszafelé, az egyetemista korosztályig együtt vannak a kollégák.”

A rendezvényen az OMBKE újalakult ózdi helyi szervezetének szinte valamennyi tagja képviseltette

magát, számos tisztségviselővel egyetemben. *Dr. Hatala Pál* elnök elismerően nyilatkozott városunk kohászati örökségéről: „Ózdnak különös érdemei vannak. Egyrészt nagyon régóta van itt kohászati tevékenység...”. Az ózdi tagtársak, kollégák harminc évvel ezelőtt ezt az egyenruhát alkották meg, és azóta ez az egységes egyenruhája az ipari szakembereknek. Már nemcsak a kohászoknak, hanem bányászoknak, gépészeknek és más szakmák képviselőinek is.

A szakestély a jelenlévők visszajelzése alapján jól sikerült, várhatóan megisméltik a következő esztendőben is.

Kelemen Kristóf

Tisztelgés professzoraink és firmáink előtt

Az OMBKE Öntészeti Szakosztályának Ferencz István Észak-Dunántúli Kohászati Regionális Szervezete 2018 őszén második alkalommal szervezte meg tisztelgő körútját professzorai és firmái előtt. Kis csapatunk november 17-én, szombaton reggel indult a Nyugat-Dunántúlt bejárva, Győr–Sopron–Sárvár–Székesfehérvár városát érintve, zárásként egy remekbe szabott székesfehérvári programmal.

A 2017-ben szervezett első alkalmon felbuzdulva 2018-ban ismét megemlékeztünk és tiszteletünket tettük elődeink sírja előtt. Győrben *dr. Zsák Viktor* professzor, Sopronban *dr. Nándori Gyula* professzor, Sárváron *Pivarcsi László*, volt helyi szervezeti elnökünk, Székesfehérváron *dr. Bakó Károly* professzor sírjánál hajtottunk fejet. A megemlékezéseknél méltattuk életútjukat, tanításaikat, énekeltük nótáinkat, elhelyeztük a megemlékezés koszorúit és meggyújtottuk mécseseinket örök emlékek előtt.

A terv szerint a szombat reggeli győri mécsesgyújtást követően a soproni Balfi úti temető volt a következő

célállomásunk. A napsütéses délelőttön tiszteletadásunk következő állomása Sárvár, stílszerűen a Soproni úti temető volt. A városban megpihelve egy jóízű ebéd után derűs hangulatban vágtunk neki az utolsó és egyben leghosszabb szakasznak, a cél a székesfehérvári Csutora temető volt. Itt már kicsit fáradtan, viszont töretlen kedvvel fejeztük be „Firma túránk”. Az ügyes szervezésnek köszönhetően a hosszú nap zárásaként megszálltunk a városban, és rendhagyó módon egy

borkóstolóval koronáztuk meg az egész napos körutat.

A napot átszötte professzoraink útmutatása, tanítása, amelyeket követve méltósággal, ugyanakkor vidám hangulatban sikerült emlékeket megőriznünk és sok-sok kellemes percet felidézni, melyeket ránk hagytak. Bízunk benne, hogy 2019-ben ismét lesz lehetőségünk hasonló keretek közt továbbvinni emlékeket.

Legyen fényes sikere a kohásznak!

Farkas György



■ Zsák Viktor professzor sírjánál Győrben

Amikor még fűjt a gyár – 150 éves a Diósgyőri Vasgyár



■ A megnyitón dr. Harcsik Béla, jobbra Pfliegler Péter alpolgármester, dr. Tórh Arnold múzeumigazgató, Drótos László ny. vezérigazgató



■ A látogatók egy csoportja, a bal oldalon Sipos István az EKMITA elnöke, jobb oldalon Kripkó László a EKMITA kuratóriumának tagja

2018. szeptember 21-én a Miskolc-Diósgyőri kétnapos XII. Fazola Fesztivál programsorozat részeként nyílt meg az Amikor még fűjt a gyár című időszakos ipartörténeti kiállítás. A kiállítás megnyitója a Miskolci Akadémiai Bizottság székházában, megrendezett 150 éves a Diósgyőri Vasgyár c. konferenciát követte a Herman Ottó Múzeum Papszer 1. alatti kiállítási épületében. A kiállítást az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány (EKMITA), a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Kohászati Gyűjteménye (Kohászati Múzeum) és a Herman Ottó Múzeum (HOM) közösen szervezte a diósgyőri kohászok segítségével, az OMBKE Vaskohászati Szakosztály helyi szervezetének közreműködésével. A kiállítás apropója a *Fazola Henrik* által 1770-ben alapított Diósgyőr-Hámori Vasmű átköltöztetésével létrehozott Diósgyőri Vasgyár 150 évvel ezelőtti alapítása volt. A kiállítás tárgyainak túlnyomó része az EKMITA állományából került ki, amit a Kohászati Múzeum és a HOM műtárgyai egészítettek ki.

A kiállítás szervezőinek nem titkolt célja volt, hogy felidézze a város közönsége számára az immár 10 éve megállt diósgyőri acélgyártás fontos nemes pillanatait, megmutassa, mire voltak képesek a diósgyőri kohászok. Fontos küldetés, hogy Miskolc elmúlt 150 évére és a jelenlegi életére is

kiemelkedő hatással lévő gyár emléket ne hagyjuk ködbe vészni, hogy senki ne feledje, mit köszönhet a város és hazánk a valamikori diósgyőri kohászok sok tízezres csapatának.

A szervezők a kiállítás december 21-ig terjedő három hónapos időtartama alatt az előzetesen regisztrált érdeklődők számára szakmai tárlatvezetést biztosítottak, továbbá számos kiegészítő programmal tartották a város lakosainak tudatában a kiállítást.

- Október 25-én a kiállítás előterében Buheraék társbérletben, a Sajómenti vasemberek, avagy a nehézipar hatása a városképre, társadalomra Miskolcon és Rozsnyón címmel nyílt meg időszakos kiállítás az Észak-Keleti Átjáró Egyesület és a HOM közös rendezésében.

- Október 29-én A Fazola család szerepe Miskolc iparának létrejöttében címen tartott előadást a kiállítás melletti Szemere szalonban *Harcsik Béla*, a MMKM Kohászati Múzeum muzeológusa.

- November 3-án gyári szafarit szerveztek, ami a kiállítás szakmai tárlatvezetés melletti megtekintését követően egy busznyai érdeklődő számára nyitott lehetőséget a valamikori Diósgyőri Gépgyár (DIGÉP) telephelyének helyszíni megtekintésére. Olyan területekre jutottak el a résztvevők, amelyek 1990 előtt még a többi dolgozó előtt is elzárta voltak. A helyszíni

tárlatvezetést *Kripkó László* nyugalmazott okl. gépészmérnök tartotta, aki 1981–2000 között a DIGÉP milánói kereskedelmi képviseletét vezette.

- November 6-án a HOM papszeri épületébe szervezett fórumon A diósgyőri kohászok története 1770–1990–2008 című előadást követően a közönségnek lehetősége nyílt feltenni a két gyár múltjával kapcsolatos kérdéseit a valamikori Kohászati és Gépgyár nyugalmazott vezetőinek (*Drótos László, Boros Árpád, Sipos István, dr. Nyitrai Dániel, Kripkó László*).

- 2018. november 28-án zajlott a MTA Miskolci Akadémiai Bizottság székházában az Észak-Keleti Átjáró Kulturális és Tudományos Egyesület, a Herman Ottó Múzeum, az ICOMOS és az MTA MAB Történelemtudományi és Néprajzi Szakbizottsága által szervezett Lakás, Környezet, Munkahely – XX. századi iparvárosok arculata, társadalma és termelése című tudományos konferencia. A konferencián megismerhették a résztvevők, hogy milyen hatással voltak a vállalati dolgozók és családjuk mindennapjaira a gyárak, bányák által épített és működtetett lakások, iskolák, jóléti intézmények.

A kiállítást 471-en tekintették meg, a különböző kapcsolódó rendezvényeken még további mintegy 300 érdeklődő kereste fel.

Harcsik Béla

Alumíniumban utazunk

Különleges technikatörténeti emlékeket állít a figyelem középpontjába a Ganz Ábrahám Öntödei Gyűjtemény 2018. november 16-án megnyílt időszaki kiállítása: az Alumíniumban utazunk – A „magyar ezüst” a közlekedésben című időszaki kiállítás a közlekedéstörténet és műszaki muzeológia metszéspontján álló témakört összegez. Egy tipikusan modern alapanyag, az alumínium felhasználása szempontjából tárja a látogatók elé a magyar közlekedéseszköz-gyártás eredményeit az egyes járműtípusokon keresztül, s egyszersmind emléket állít e nagy karriert befutó, előnyös tulajdonságokkal rendelkező könnyűfém hazai gyártásának is, hiszen a megjelenített járművek, alkatrészek jelentős része készült Magyarországon (például Csepelen, Székesfehérváron) előállított alapanyagból.

A tárlat időrendben, a legkorábbi fejlesztéseket tárgyaló bevezetővel indul, a repülés korai momentumaitól kezdve a 20. század eleji robbanómotorokon át összegzi a kezdeteket. Kiemelkedő részletességű és értékű az egykor a Dunáról induló személyszállító járatok típusát megőrző Junkers F 13 makett, ami kitekintést ad külföldi fejlesztésekre. Más, elsősorban szovjet gyártmányok is szerepelnek. A hangsúlyosan repüléssel foglalkozó szekció a hőskorszakba, az 1950-es évekbe is elkalauzol minket. A repülés szerkezeti alapanyagot terhelő procedúrája számára kiválóan megfelelő ötvözet a duralumínium, ami alkatrészek formájában jelenik meg, illetve emblemikus hazai fejlesztésű vitorlázógépekről kaphatunk információkat: *id. Rubik Ernő*, a sikeres tervezőmérnök alkotásai az R-26S „Góbbé” és az E-31 „Esztergom” vitorlázógépek történetét kísérhetjük figyelemmel.

Ezt követően a híres Csepel motorkerékpárok alkatrészein keresztül kaphatunk további példát a könnyűfémötvözetből készült hengerfejek, blokkok, egyéb alkatrészek által elérhető teljesítménynövekedésre. A városi közlekedés eszközeiről (autóbusz, villamos) is megjelennek epizódok, sőt, a teljes egészében alumíniumból

épült Ganz gyári UZ villamos története mellett unikális kísérlet, alumínium közúti híd is helyet kap a tárlatban. A vasútról szólva előremutató próbálkozás, a „Rába-Balaton” motorvonat története vezeti a látogatót a jelenkor fejlesztései irányába: egy részegység a jelenkori gépjárműgyártás öntött alkatrészeire hívja fel a figyelmet, illetve a Stadler cég járművein keresztül kapunk ízelítőt az alumínium vasútban betöltött szerepéről, amire tekintélyes méretű ütközőelem is utal.

A kiegészítők világát is megjelenik: a vitrinekben látható rendszámablák, vasúti féksúlyablák, villamoskocsikból származó információs táblácskák, bukósisak mellett fiókokban felfedezésre várnak elrejtett félkész alumínium öntvénytermékek, egyéb alkatrészek. A tárlat a hajózás témakörével zárul, a nagyszerű vízibuszokon és más fejlesztések történetén, makettek, fényképeken keresztül válik még inkább érthetővé az alumíniumötvözetekben rejlt lehetőségek tárháza: ez a könnyűfém súlyánál fogva jelentős teljesítménynövekedést tesz lehetővé hosszútávú üzemeltetés során, kedvezőbbben viselkedik tengeri levegő, sós víz, állandó hullámozás hatására, jól formálható, közúti szállítást is lehetővé tesz.

A kiállítás megnyitóján már megmutatkozott a téma iránt érdeklődők nagy száma, reméljük, hogy a tárlat

mások számára is figyelemfelkeltő lesz. A közlekedéstörténetben jártas látogatók, a technikatörténet iránt érdeklődők, de a technika világához szorosan nem kötődők is egy jól befogadható, átlátható, a hazai járműgyártás történetének egy kevésbé ismert oldaláról szóló kiállítást tekinthetnek meg.

Székesfehérváron az Alumíniumipari Múzeum látogatói, oktatási intézményei széles körben már ismerik az alumínium megismertetésére szolgáló múzeumpedagógiai programunkat, mely különlegességét egyedi mivolta adja.

A kiállítás témája – utazás és alumínium – kiváló lehetőséget teremtett, hogy a budapesti közönséggel is megismertethessük a múzeumpedagógiai foglalkozásainkat.

A november-decemberben meghirdetett két alkalommal több csoport is ellátogatott a Ganz Ábrahám Öntödei Gyűjteménybe, hogy megismerhesék az Alu Go technikát, amelynek során ollóval és speciálisan erre a célra átalakított fogóeszközökkel készülnek az alkotások, lapjára vágott alu italos fémdobozokból.

A kiállítás 2019. február 16-án bezárult, március második felétől június végéig a székesfehérvári Alumíniumipari Múzeumban tekinthető meg.

Molnár Álmos – Révész Emese



■ A kiállítás egy részlete a Ganz Ábrahám Öntödei Gyűjteményben

50 éves a Magyar Öntőnapok rendezvény!

A Magyar Öntészeti Szövetség és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület
Öntészeti Szakosztálya

meghívja az érdeklődő szakembereket a
25. Magyar Öntőnapok Konferencia és Kiállítás
rendezvényre.

Program és regisztráció hamarosan: www.foundry.hu, illetve foundry@foundry.hu

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

A rendezvény helye: **Hotel Abacus****** www.abacus.hu
2053 Herceghalom, Pest megye

50 years – Hungarian Foundry Days event

The Association of Hungarian Foundries and the
Hungarian Mining and Metallurgical Society' Foundry Section

invite you to the events of the

25th Hungarian Foundry Days Conference and Exhibition
held in the

Hotel Abacus**, Herceghalom, Pest County**
(in the neighbourhood of Budapest)

Date: **11–13 October, 2019**

Address: **3 Gesztenyés, Herceghalom 2053** www.abacus.hu

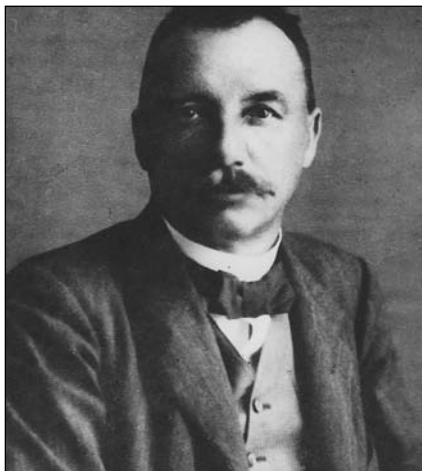
Program and registration soon: www.foundry.hu and foundry@foundry.hu

Pöschl-Selmecezi Vilmos* élete és munkássága

A vaskohász társadalom előtt nem ismeretlen a Pöschl név, a család több nemzedéken át számos jelentős mérnököt adott hazánknak.

Pöschl Vilmos 1866-ban született Selmecebányán, 1919-ben Diósgyőrben halt meg, Budapesten, a Farkasréti temetőben temették el.

Édesapja, *Pöschl Ede* főbányatanácsos, aki a Selmecei Akadémia professzora, 1872-től az ábrázolómérnöki tanszék vezetője volt. 1887-ben a kimagasló oktatói tevékenységéért nemesi oklevelet kapott Selmecezi előnév használata mellett. A Pöschl-címerben egyértelműen felismerhető Selmecebánya város címerképének utánérzete, amely nyilvánvalóan összefügg a selmecezi előnévvel. A



bányászszerszámok hiányoznak ugyan a címerből, de ezt a sisakdísz pótolja. Édesanyja *Burg Lujza*, testvérei közül ismert *Pöschl Ilona*, a Pattantyús fiúk édesanyja (1864–1949), és *Pöschl Imre* villamosmérnök (1871–1960).

Pöschl-Selmecezi Vilmos gyermekkorát Selmecebányán töltötte, ott járt elemi iskolájba és gimnáziumba, és

ott tette le sikeresen az érettségi vizsgáját is. A Selmecebányai Akadémián hallgatta a vaskohászati tudományokról szóló előadásokat, oklevelét 1889-ben vette kézhez. 1891-ben kötött házasságot *Kachelmann Margittal*, akinek apja *Kachelmann Károly*, vihnyei gépgyáros volt. Házasságából három lány és két fiú született, még ma is vannak élő utódaik.

1887-ben került a Diósgyőri Vasgyárba, ahol a kétéves szakmai gyakorlatát kezdte meg. Első főnökei *Kazetti Gusztáv* és *Schröder Gyula* mérnökök voltak, első végleges állása 1891-ben kezdődött.

Később a diósgyőri vasgyárat a Budapesti Magyar Királyi Államvasutak Gépgyára igazgatósága alá helyezték. Az igazgatóság két gépgyárat irányított: a Magyar Királyi Államvasutak Gépgyárat Budapesten és a Magyar Királyi Vas- és Acélgyárat Diósgyőrben. Később újabb változás következett be, 1898-ban a Kereske-

* Pöschl-Selmecezi Vilmos halálának 100. évfordulója alkalmából az Öntészet-történelmi és Múzeumi Szakcsoport ülésén elhangzott előadás rövidített változata.

delmi Minisztérium az Állami Vas-
műveket a Pénzügyminisztérium ha-
táskörébe utalta. Az új rendelet a volt
Kincstári Vasműveket az Államvas-
utak gépgyárával és a diósgyőri Vas-
és Acélgyárral egyesítette, s így az
egyesített Kincstári Vasművek az
ország egyik legnagyobb ipari egye-
sülésévé vált.

Az 1867-es kiegyezés után meg-
alakult *gróf Andrássy Gyula* kormá-
nyának, de azt követő kormányoknak
is világos volt, hogy az ipar fejlődése,
a külkereskedelem kiépítése, a bel-
és külföldre szállítások követelménye
az, hogy a vasútvonalak az egész
országot behálózzák. Ebből a célból
újra elővették *gróf Széchenyi István*
tervét, ami szerint Budapestről kiin-
dulva a hat legszükségesebb útvona-
lat kell kiépíteni, s ehhez mindenkép-
pen szükséges volt a vaskohászatot
korszerűsíteni. Ebben az időben már
a gyártási technológiák korszerű irá-
nya kirajzolódott. Többek között a kor-
szerű nagyolvasztórendszerek, a
folyékony acélgyártás iránya, a
hengerdék kiépítése és automatizálá-
sa. Ehhez az is szükséges volt, hogy
a kohászati vállalatok egységes irá-
nyítás alá tartozzanak. A kormány
részéről nagy támogatást kapott a
vasipar az egymást követő miniszte-
rektől, így *gróf Lónyay Menyhértől*,
Bitó Istvántól, *Szlávy Józseftől* és *gróf*
Weinkheim Bélától. De a miniszterek
között is ki kell térni *Szapári Gyula*,
Kerkápoli Károly, *Baross Gábor* sze-
mélyére, de a sort még folytatni lehet-
ne.

Pöschl-Selmeczi Vilmos élete
jelentős részét Resicabányán töltötte
le, mivel Resicabánya Diósgyőrhöz

tartozott. 1898. május 31-től a szab-
ványosított Osztrák–Magyar Állam-
vasúttársaság “STEG” szolgálatába
került. 1907. december 13-ig Resica-
bányán tevékenykedett, ezután Buda-
pestre helyezték át és 1908 végén fő-
felügyelői minőségben nyugdíjazták.

Rövid pihenő után már ismét Diós-
győrben dolgozott, mint rapidíjas
mérnök. Ezt követően 1914-ben a
Bessemer- és Martin-kohó főnöke
lett, mint főfelügyelő. Mellette *Koéb*
József főmérnök, *Lungauer Géza*
mérnök, *Ivanyik István*, ifj. *Litschauer*
Lajos, *Gobbi Jenő*, *Vécsei Béla*
segédmérnökök voltak.

Diósgyőrön 1895 óta nem volt
nyersvasgyártás, idegen üzemekben
gyártott nyersvasat használtak fel. A
rendszeretlen alapanyag-szállítás
miatt a gyárnak folyamatos problémát
jelentett a határidőre elvállalt termé-
kek szállítása, a vállalt határidő sok-
szor csúszott. Ezért felvetődött új
kohók építése, de akkor ehhez még
nem állt rendelkezésre elegendő
tőke. A sorozatos javaslatok hatására
a Pénzügyminisztérium 1909-ben
hozzájárult a nagyolvasztó megterve-
zéséhez. Mivel külső cégek igen drá-
ga árajánlatokat tettek, Pöschl-
Selmeczi Vilmos még azon év
augusztusában gazdasági számítást
mellékelve a megépítendő nagyol-
vasztó tervét benyújtotta. Terve egy
100 köbméteres nagyolvasztóról
szólt, amelynek bővítése 130 köbmé-
teresre könnyen lehető lett volna. A
magánipar képviselői megtámadták a
tervet azzal, hogy az állam a magán-
ipari érdekeket elnyomja, és így akar-
ták megakadályozni annak felépíté-
sét. Rövidesen kitört az első világhá-

ború, a nagyolvasztó megépítése
elmaradt, így a kivitelezés csak 1926-
ban valósult meg.

1918. január 1-jétől, mint főfel-
ügyelő működött az akkori Állami
Vasgyárak diósgyőri vas- és acélgyá-
ri telepén, majd 1919. február végén
igazgatóhelyettesé, és a vas- és
acélgyár műszaki igazgatójává
nevezték ki. Érdemeit szaktársai
azzal jutalmazták, hogy a bányamér-
nöki államvizsga bizottságába dele-
gálták ipari vizsgáztatónak. Sajnos
korán, 1919. március 12-én ebben az
állásban íróasztala mellett érte el a
halál.

A Budapest Közlöny 1918. október
10-én megjelent 231-es száma tartal-
mazta azok névsorát, akik a háború
tartama alatt a hadiipar terén kiváló
érdemeket szereztek, munkája elis-
meréséül Pöschl-Selmeczi Vilmos
másodosztályú hadi érdemkereszt
kitüntetésben részesült, s ez tette
lehetővé, hogy a hősök parcellájában
temessék el. Sírjánál a búcsúbeszé-
dét apja jó barátja, tanártársa, *id.*
Litschauer Lajos tartotta.

Az OMBKE megalakulásakor,
1892. június 27-én a Pöschl család
jelentősen kivette részét a szervezés-
ben. A felvett jegyzőkönyv szerint az
alakuló közgyűlés tagjai között talál-
juk az apát, a 27-es sorszám alatt
Pöschl Edét Körmöcbánya küldöttje-
ként, a rendes tagok névsorában
Pöschl-Selmeczi Vilmos gyári mérnö-
köt Diósgyőrből a 335-ös sorszám
alatt, és Vilmos apósát, Kachelmann
Károlyt a személyalapítók között a 16
sorszám alatt.

Karancz Ernő

■ KÖSZÖNTÉSEK

Tisztelt Olvasók, tisztelt Tagtársak!

2012-ben úgy döntöttünk, hogy minden év elején a 70 év feletti kerek születésnapot ünneplő tagtársainkat nevük fel-
sorolásával köszöntjük lapunkban.

A 70. évet ebben az évben betöltő tagtársainknak, akiket születésnapjukon először köszönhetünk ezen a módon, fel-
kérő levelet küldtünk, hogy nekik a korábbi gyakorlat szerint rövid életútjuk és fényképük közlésével is gratulálhassunk.
Természetesen továbbra is lehetőséget adunk arra, hogy a szakosztályok vezetősége és a lapba író szerzők a neve-
zetes születésnapot ünneplő tagtársainkról interjú formájában megemlékezhesenek.

Balázs Tamás felelős szerkesztő

**2019-ben jubiláló tagtársainknak szeretettel gratulálunk, további jó egészséget
és még sok békés, boldog évet kívánunk!**

Legidősebb, 104 éves tagunk

Patay Pál dr. Öntészeti Szakosztály

95. születésnapját ünnepli

Harrach Walter Fémkohászati Szakosztály

90. születésnapját ünnepli

Kovács László Öntészeti Szakosztály
Szalay Géza Vaskohászati Szakosztály
Tóth Ferencné Fémkohászati Szakosztály
Fogarasi Béla Öntészeti Szakosztály
Paksy László dr. Vaskohászati Szakosztály

85. születésnapját ünnepli

Tokár István Öntészeti Szakosztály
Szij Zoltán Öntészeti Szakosztály
Laár Tiborné dr. Endrődi Mária Fémkohászati Szakosztály
Hédai Lajos Fémkohászati Szakosztály
Szepesi József dr. Egyetemi Osztály
Márkus László Vaskohászati Szakosztály
Gönczi Pál Vaskohászati Szakosztály
Haller János Vaskohászati Szakosztály
Klug Ottó dr. Fémkohászati Szakosztály

80. születésnapját ünnepli

Solymos Ernő Vaskohászati Szakosztály
Göbölös Károly Öntészeti Szakosztály
Bacsikai Antal dr. Vaskohászati Szakosztály
Ujházi Gyula Fémkohászati Szakosztály
Szegedi József dr. Fémkohászati Szakosztály
Koltayné Tátrai Ildikó Vaskohászati Szakosztály
Gáborné Barakonyi Ágnes Vaskohászati Szakosztály
Mészáros József Fémkohászati Szakosztály
Héjjas Mátyás Fémkohászati Szakosztály
Szentgyörgyi Géza Fémkohászati Szakosztály
Hetényi László Fémkohászati Szakosztály
Mezei László Fémkohászati Szakosztály
Bucsi László Vaskohászati Szakosztály
Jónás Pál Öntészeti Szakosztály
Kisdéri Antal Fémkohászati Szakosztály
Imre Gyula Öntészeti Szakosztály

75. születésnapját ünnepli

Tóth Levente dr. Egyetemi Osztály
Csobod László dr. Vaskohászati Szakosztály
Bánhegyesi Attila János Vaskohászati Szakosztály
Fehér András dr. Vaskohászati Szakosztály
Hantó Kálmán Vaskohászati Szakosztály

Zombori István
Liptay Péter
Kállai Gábor
Németh Ferenc
Gorondi István
Dobó Ottó Ferenc
Faragó Péter
Lakner József dr.
Szentesi István
Kékesi Árpád
Verő Balázs dr.
Molnár Attiláné
Solymár András
Csehil György
Eigner Viktor
Mikes József
Donner Julianna
Szabó József dr.
Benyhe László
Woperáné dr. Serédi Ágnes

70. születésnapját ünnepli

Bolyky Gábor Pál Vaskohászati Szakosztály
Duró László Öntészeti Szakosztály
Tóth László Vaskohászati Szakosztály
Hajnal János Fémkohászati Szakosztály
Kedves Lajos Vaskohászati Szakosztály
Rajos Tibor Fémkohászati Szakosztály
Lomniczy Dezső Fémkohászati Szakosztály
Dévényi László dr. Vaskohászati Szakosztály
Kiss Imréné Fémkohászati Szakosztály
Tihanyi László dr. Egyetemi Osztály
Grega Oszkár dr. Vaskohászati Szakosztály
Dévényi Lászlóné Vaskohászati Szakosztály
Vasas István Öntészeti Szakosztály
Kónya László Nándor Vaskohászati Szakosztály
Balázs Tamás Fémkohászati Szakosztály
Káplán György Öntészeti Szakosztály
Kopasz Csaba Vaskohászati Szakosztály
Szélig Árpád Vaskohászati Szakosztály
Németh Endre Vaskohászati Szakosztály
Kovács Károlyné dr. Egyetemi Osztály
Poteczin Imre Öntészeti Szakosztály
Réti Vilmos Vaskohászati Szakosztály
Prépost Jenő Fémkohászati Szakosztály
Kirchknopf András Vaskohászati Szakosztály
Turóczki Ernőné Fémkohászati Szakosztály
Handa Ferenc Vaskohászati Szakosztály

104 éves dr. Patay Pál, Egyesületünk legidősebb tagja

2018. december 10-én bensőséges hangulatú találkozón, számos meghívott vendég jelenlétében köszöntötték a Magyar Nemzeti Múzeum vezetői 104. születésnapján dr. Patay Pál régészt, a múzeum szeretett és tisztelt doyenjét, aki egyben Egyesületünk legidősebb tagja is.

A születésnap különlegességét az adta, hogy az ünnepi alkalomra jelent meg Kormos Gyula, Patay Pál, Poór Péter új kötete Komárom-Esztergom megye

harangjai címmel a Magyar Nemzeti Múzeum kiadásában.

Az ünnepeltet Varga Benedek főigazgató köszöntötte, a kötetet Aczél Eszter méltatta. Ezt követően a szerzők elevenítették fel emlékeiket a könyv írását megelőző anyaggyűjtés és feldolgozás érdekesebb momentumairól, bonyodalmairól és olykor nehézségeiről.

A közel 300 oldalas kiadvány minden fejezete tanul-



Patay Pál a „104” gyertyával díszített ünnepi tortával

mányozásra érdemes még a témával nem foglalkozó kívülállóknak is. Az Állomány című fejezet pl. tartalmazza

a megye valamennyi templomában, kápolnájában, haranglábján és múzeumaiban fellelhető harang anyagát, fontosabb méreteit, feliratát és egyéb elérhető adatát (a harangkorona jellemzői, mely öntődében ki és mikor öntötte, az adott templomban már nem fellelhető, de valamilyen dokumentum alapján ismert harangoknak milyen sorsa volt stb.).

Rendkívül tanulságos és sok adatot tartalmaz a Történeti áttekintés című fejezet, de sok értékes információt rejtnek az acélharangok megjelenésével, a harangok ikonográfiájával, felirataival foglalkozó fejezetek csakúgy, mint a harangokkal kapcsolatos hiedelmeket tárgyaló vagy éppen a harangok pusztulását taglaló részek. A leírtakat mindenütt irodalmi hivatkozások és adatforrásokra való utalások hitelesítik. A kötet erénye az a mintegy 120 fénykép, amelyet több ezer felvételtől válogattak ki a szerzők, s amelyeket a legjellemzőbbnek, legérdekeltebbnek tartottak a leírtak illusztrálására. **LK**

70. születésnapját ünnepelte

Lengyelné Kiss Katalin 1948. december 27-én született Sajókazincon. A miskolci Herman Ottó Gimnáziumban érettségizett, 1972-ben szerzett diplomát az NME kohómérnöki karának metallurgus szakán, öntő ágazaton.

1987 végéig a Vasipari Kutató- és Fejlesztő Vállalat öntészeti osztályán, a nemvasfémek öntészeti csoportjában dolgozott tudományos kutatóként.



Munkatársával, Lengyel Károllyal, 1975-ben kötöttek házasságot, akivel napjainkig egyetértésben, egymást segítve élnek családi és egyesületi életüket. Gyermekük Orsolya (1977) és Márta (1979), velük egy-egy évig gyerekek voltak.

A vaskutas évek alatt kutatási témái közé tartozott többek között: a sziluminok mechanikai tulajdonságai, a nyomásos öntészeti cinkötvözetek hazai felhasználhatósága, a föld alatti acél csővezetékek korrózióvédelmére használt, nagy tisztaságú cinkanódok és a nagy szilíciumtartamú vasötvözetből öntött anódok fejlesztése, minősítése. Munkáiról a szaklapokban és konferenciákon rendszeresen beszámolt. Az ifjúsági klub vezetője, a szakszervezetben a nyugdíjasokkal foglalkozó bizottság tagja volt. Munkáját több Kiváló Dolgozó kitüntetéssel,

Társadalmi Munkáért Oklevéllel ismerték el.

1988–95 között a Proinform, majd a vállalat megszűnése után az OMBKE égisze alatt működő Műszaki információs iroda munkatársa lett. 1996-tól az Országos Műszaki Múzeum Öntödei Múzeumának vezetőjévé nevezték ki. Ezt a posztot 2012. január 6-ig töltötte be, 2006-tól nyugdíjasként továbbdolgozva.

Irányításával szakmailag elkötelezett munkatársakkal együtt sikerült a múzeumot újra az ország kulturális vérkeringésébe bekapcsolni, a szakmai közép- és felsőoktatási intézmények, a civil körök érdeklődését kiállítások, konferenciák, múzeumpedagógiai foglalkozások rendezésével, szervezésével felkelteni. 62 sikeres pályázati anyag készült, 59 kiállítást rendeztek, ebből 11-et külföldön és 12-t vidéken is bemutattak. A Magyar Múzeumi Egyesület elismerő oklevéllel (1999), ill. különdíjjal (2001) ismerték el munkájukat.

Közben a pályázati forrásokból sikerült az egykori Ganz-törzsgyári vasöntödét részben felújítani. Műemlék jellegű kerítés, felvonó épült, s a kupolák pincszintű bemutatása is megvalósult. A műtárgyállományt több mint 1000 tétellel gyarapították, a könyvtárat katalogizálták, a kiállítási területet egy 19. századi csigalépcső megmentésével és galéria beépítésével növelték. Az archívumi anyagot, közte a múzeumalapító Kiszely Gyula hagyatékát, számítógépes nyilvántartásba vették, s kutatható lett a dr. Patay Pál által gyűjtött magyar harangadatokból

készült számítógépes adatbázis. 1997 és 2010 között nyolc, külföldi előadásokkal is színesített harangtörténeti ankétot, s hozzá kapcsolódó szakmai tanulmányutakat szerveztek. Az Öntödei Múzeumi Füzetek néven 20 megjelent kiadványt ő szerkesztette, többnek szerzője volt. Számos öntészettörténeti cikket írt, kiállítási ismertetőt, múzeumpedagógiai füzetet, könyvrészletet és jubileumi emlékkönyveket szerkesztett. 2005–2010 között az 1969-es állandó kiállítás egy-egy részének évenkénti megújítását irányította. Végleges nyugdíjba vonulása után 2014-ben egy nívós öntöttvas gyűjtemény kiállításának kurátora volt Sárospatakon.

Az egyesületben a Fiszemubi alapítói (1975) közé tartozott, a szakosztály-vezetőségnek máig tagja, az OMBKE nagyrendezvényeinek (Knap-pentag, budapesti öntészeti világkongresszusok) szervezésében is részt vett. 1990–2019 között a BKL Kohászati Öntészet rovatának gondozója, egyik vezetője volt, rész vett a szakosztály jubileumi kiadványainak összeállításában. A Történeti Bizottság tagja, több találkozót szervezett a Vaskut volt dolgozóinak. Az Öntészettörténeti szakcsoportban egyesületi kollégák részére technikatörténeti tanulmányutakat vezetett.

Egyesületi munkáját több ízben emlékéremmel, díjakkal (z. Zorkóczy-, Mikoviny-, Öntészeti Szakosztályért-, valamint Szent Borbála-érem) ismerték el. 2002-ben a Város- és Faluvédők Szövetsége Podmaniczky-díjjal tüntette ki.

Prof. dr. Voith Márton
1934–2018



A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Tanácsa, a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet mély megrendüléssel és fájdalommal tudatja, hogy prof. dr. Voith Márton aranyokleveles kohómérnök, a műszaki tudomány doktora, a Miskolci Egyetem emeritusz professzora, a Kohómérnöki Kar volt dékánja, a Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszék volt vezetője, az MTA akadémiai díj kitüntetettje 2018. október 4-én, életének 85. évében elhunyt. A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara saját halottjának tekintti. Halálával a hazai képlékenyalakítási tudomány és szakterület nemzetközileg is elismert személyisége távozott el körünkből. Tanítványai, tisztelői, kollégái 2018. november 17-én gyászszakestély keretében búcsúztak tőle. A szakestélyen *prof. dr. Palotás Árpád Bence*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja, Voith professzor volt diákja, a következő gondolatokkal búcsúzott tőle:

„Voith Márton Komádiban született 1934. január 6-án. Középiskolai tanulmányait a miskolci Földes Ferenc Gimnáziumban végezte, ahol 1952-ben érettségizett. 1957-ben a Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett kohómérnöki, majd 1963-ban a Budapesti Műszaki Egyetemen villamosmérnöki diplomát.

Életútját „Visszatekintés” címmel maga foglalta össze a Horn János szerkesztésében megjelent életrajzsorozat részeként 2014-ben, ezért arra szorítkozom, amit ő maga lényegesnek tartott megemlíteni.

Édesapja korai halála miatt már érettségi előtt dolgoznia kellett a Lenin Kohászati Művek Nagykovácsműhelyében. Munka mellett, esti tagozatos hallgatóként kezdte meg tanulmányait a Kohómérnöki Karon. A második év végén átlépését kezdeményezte a nappali tagozatra. Rengeteget tanult, mert az „ösztöndíjból élt”. A Kohógéptani tanszékre Geleji Sándor professzor hívására

érkezett, ahol a gyakornoki pozíciótól a professor emeritusiig végigjárta a teljes oktatói ranglétrát. 72 éves korában, 2006-ban vonult nyugdíjba, de a képlékenyalakítók doktori védésein még a közelmúltban is rendre megjelent, sőt esetenként bizottsági tagságot is vállalt.

12 éven át vezette a Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszékét, háromszor választották a kar dékánjának, vezette a kar Doktori Tanácsát, és aktív szerepet vállalt a Kerpely Antal doktori iskola létrehozásában. Dékánként többször is megújította a képzést. Kezdeményezte a Kar nevének megváltoztatását és profilbővítését. Ő vezette be a még ma is kuriózumnak számító „kihelyezett” tanszék fogalmát, és alapította meg elsőként a Minőségügyi kihelyezett tanszékét a Metalcontrol Kft. vezetőjével, Kovács Károllyal. Voith professzor nevéhez fűződik az ELTE-vel közös mérnök-fizikus képzés létrehozása is.

1967-ben egyetemi doktori fokozatot, 1977-ben a műszaki tudomány kandidátusa, majd 1984-ben a műszaki tudomány doktora fokozatot szerezte meg. Komoly publikációs tevékenységet végzett, 18 egyetemi illetve főiskolai jegyzet szerzője, társszerzője volt. Szakmai-tudományos szerepvállalása kiemelkedő volt: tisztséget vállalt a Magyar Tudományos Akadémia különböző bizottságaiban, az Országos Tudományos Kutatási Alapnál, a Magyar Akkreditációs Bizottságban, vagy pl. a Bolyai ösztöndíjat odaítélő bizottságban is.

Voith Márton professzor ikonikus oktatók tanítványa volt. Példaképei olyan neves professzorok voltak, mint Verő József, Geleji Sándor, Diószeghy Dániel, Uray Vilmos, vagy Pattantyús Imre. Munkatársukként maga is ikonná vált. Vizsgáztatásnál Marci bácsi nem arra volt kíváncsi, hogy a hallgatók mit nem tudnak, hanem addig kérdezett, míg rá nem vezette őket a helyes válaszra: embersége legendás volt. Mindezt a hallgatók úgy ismerték el, hogy min-

denkinél többször, választották tiszteletbeli évfolyamtársuknak, ő pedig mind az öt alkalommal büszkén viselte kabátján, zakóján a valétszalagot.

Személyes érintettségem nem tudom megkerülni. Elsőként már nála TDK-ztam, majd ő volt nemcsak a diplomatervem konzulense, de doktori témám témavezetője és első munkahelyi főnököm is. 1991-ben tanársegédként abban a tanszékvezetői irodában kezdtem oktatói pályafutásom a még soproni bútorok árnyékában levő kicsi számítógépasztalnál, amelyikbe ma dékánként lépek

be reggelente. Kollégái, tanítványai szerették, rosszat soha nem hallottam róla. Kritikát is csak egy félt: mindig, mindenkinek segíteni akart, minden problémát meg akart oldani, és ezzel volt, aki visszaélt. Csendes, nagy tudású, szakmáját szerető, nagy teherbírású és sokat dolgozó mérnök volt. Igazi oktató, akinek a hallgatók nevelése nem feladat volt, hanem őszintén hitt benne, hogy így segít a legtöbbet. EMBER volt, csupa nagy betűvel.

Nyugodjék békében!"

Palotás Árpád Bence

Czakó Lajos 1933–2018



Rövid betegség után elhunyt Czakó Lajos gyémántokleveles kohómérnök. 1933. április 9-én született Ózdon. A Földes Ferenc gimnáziumban érettségizett Miskolcon, majd 1957-ben szerzett vas- és fémkohómérnöki diplomát a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen.

Első munkahelye a Képzőművészeti Alap fővárosi szoboröntődéje volt, mint üzemvezető-helyettes. Feladata a szoboröntés és cizellálás technológiai leírása és annak a szakmai nomenklatúrában való elismertése volt.

1960-tól az LKM elektroacélművében acélgyártó munkakörben dolgozott. 1962-ben pályázat útján a mechanikai laboratórium és próbamegmunkáló üzem vezetője lett. 1967-ben hőkezelő szakmérnöki oklevelet szerzett a miskolci egyetemen, melynek igen jó hasznát vette további laboratóriumi és oktatási tevékenysége során. Az egyetem kihelyezett Minőségbiztosítási Tanszékén több éven át gyakorlatvezető-

ként működött. Hazai szaklapokban több publikációja jelent meg.

1987–89 között az LKM kísérletkutatási osztályának volt főelőadója. A gyári átszervezések után a Metalcontrol Kft. mechanikai laboratóriumának vezetője lett.

Pályája során több kítüntetésben és miniszteri elismerésben részesült. A bórral mikroötvözött ZF-acélok laboratóriumi vizsgálatainak honosításáért vállalati alkotói és nívódíjakkal jutalmazták.

Jelentős szerepet vállalt az évfolyam találkozóinak szervezésében, és szerkesztette az 1957-ben végzett öregkohászok honlapját. 1964-től tagja volt az OMBKE-nek, megkapta a 40 éves tagságért járó Sóltz Vilmos-emlékérmét.

Felesége, két lánya és öt fiúunokája gyászolja.

Évfolyamtársai ezúton mondanak neki utolsó Jó szerencsét.

Mezei József

GIFA



METEC



THERM
PROCESS



NEWCAST



The Bright World of Metals

25-29 JUNE
2019

DÜSSELDORF/GERMANY

Ni
worldwide

A fémkohászat világpiaça

A fémek csillogó világa:

A nemzetközi szakvásárok négyes csoportja a világ vezető szakmai seregszemléje az öntészeti technológia, a fémek előállítása és feldolgozása, valamint a hőkezelési technológia területén.

Halmazódó szinergiák

Négy kirakat, egyetlen cél: a „Fémek csillogó világa” témáihoz kapcsolódó technológiai fórumok kínálnak további lehetőségeket a széles körű szakmai ismeretekhez.

Önt is Várjuk Düsseldorfba!

tbwom.com



eco Metals
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONS

BD-EXPO Kft.
Hűvösvölgyi út 4. H-1021 Budapest
Tel. +36(1)346 02 73 _ office@bdexpo.hu _ www.bdexpo.hu
Utazási és szállásinformációk: Tours For You Kft.
Tel. +36(1)250-8132 _ info@toursforyou.hu



Messe
Düsseldorf

Képek a 2018. évi Szent Borbála-napi központi ünnepségről

