

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

# Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

153. évfolyam

2020/2-3. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

## TARTALOM

## Vaskohászat

- 1 **Tisza Miklós:** Autóipari acélszámok fejlesztési irányzatai – 1. rész

## Öntészet

- 10 **Boris Nogowizin:** Nyomásos öntvények elosztócsatorna-rendszere

## Fémkohászat

- 22 **Kőszegi Szilvia – Szépvölgyi János – Beczki Péter:** Új, piacképes hengerelt alumíniumtermékek technológiájának fejlesztése az Arconic-Köfém Mill Products Hungary Kft. és kiemelkedő hazai felsőoktatási K+F intézmények együttműködésében

- 27 **Kazup Ágota – Kárpáti Viktor – Hegedüs Balázs – Gergely Gréta – Gácsai Zoltán:** Öntési paraméterek hatása a kristályosodó szövetszerkezetre félfolyamatosan öntött AISi ötvözet esetén

- 32 Két céggé vált szét a székesfehérvári Arconic-Köfém

## Anyagtudomány

- 33 **Biró Martin – Nagy Erzsébet – Mertinger Valéria:** Hidegalakító szerszámacél hőkezelési technológiájának optimalizálása

- 38 **Fehér András:** A magyar Szent Korona fém-tani tulajdonságainak értékelése

## Felsőoktatás

- 42 A Miskolci Egyetem hírei  
43 150 éves a Fémkohászati Tanszék

## Híromdó

- 45 Dr. Hatala Pál elnök levele a tagsághoz  
46 Az OMBKE Szabályzata az elektronikus hírközlő eszközök használatáról, illetve az ülés tartása nélküli döntéshozatalról

- 48 Az OMBKE vezetésének értesítője a Választmány tagjaihoz

- 49 Prohászka János emlékezete születésének 100. évfordulóján

- 50 Beszámoló a Közép-Európai Vaskultúra Útja Egyesület Magyar Tagozatának 2019. évi tevékenységéről

- 53 Borbély Lajos – a fejlesztő

- 55 25 éves lett a Fémcsövetség

- 56 A Ferencz István Észak-Dunántúli Kohászati Regionális Szervezet évszázad/évnvtő rendezvénye

- 57 A „Megemlékezés napja” Ózdon

- 57 Ózdon újra szól a gyári duda

- 58 126 éves a „Jó szerencsét!” köszöntés

- 58 Nekrológok

- B3 Túl a 90-en. Kovács László vasdiplomás kohómérnök, tiszteleti tagunk köszöntése

- B4 Képek a Szent Koronáról (Melléklet Fehér András cikkéhez)

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

## FROM THE CONTENT

## Tisza Miklós: Development trends in automotive steel materials – Part 1 ... .. 1

In the recent decades, the automotive industry has faced ever-increasing demands. It can be observed in terms of both consumer expectations and legal requirements. On the consumer side, there is a demand for cars that are as economical with lower fuel consumption, but providing greater comfort and safety. From a legal point of view, more rigorous environmental regulations concerning the reduction of harmful emissions should be mentioned. Meeting these often-contradictory requirements is a growing challenge for car manufacturers and raw material suppliers, which has resulted in tremendous progress over the last 40-50 years, both in the automotive industry and in the production and development of raw materials. The first part of this series of papers summarizes the main requirements in the automotive industry, as the main driving forces for material developments. Further-more, the main types and properties of traditional high-strength steels, as well as the so-called first-generation Advanced High-Strength Steels will be introduced.

## Boris Nogowizin: Runner systems for pressure die castings ... .. 10

High-quality parts made from high-pressure die casting are largely controlled by the design and the position of the gating system. In detail, the gating system determines the fluid flow of molten mass through the cavity avoiding casting defects like entrapped air and cold spots. The first part of the present study reveals design guidelines for gating systems, especially gate runners. In the second part, a modified differential equation is used to design fan and tangential gate runners providing optimized fluid flow and improved mould filling. The presented approach eliminates a disadvantage of conventional design rules.

## Kőszegi Szilvia – Szépvölgyi János – Beczki Péter: Technology development of new, marketable rolled products in cooperation of Arconic-Köfém Mill Products Hungary Kft. and the prominent national R&amp;D institutes of higher education ... .. 22

The Arconic-Köfém Mill Products Hungary Kft. established a consortium with the University of Miskolc, the University of Dunaújváros and the Széchenyi István University of Győr in 2016 with the aim of implementing a joint research in the GINOP tender supported by the European Union and the Hungarian Government within the Széchenyi 2020 program. The research and development activities covered the requirements of automotive, mechanical and other customer markets. The focus of the R&D works

was to develop new products, to modify the aluminium rolling processes and to introduce new generation aluminium solutions. The future target is a cooperation between the aluminium industry and the universities based on their innovation knowledge and material expertise and to ensure the undergraduated students to improve their practical skills learning the modern industrial technologies and test methods.

## Kazup Ágota – Kárpáti Viktor – Hegedüs Balázs – Gergely Gréta – Gácsai Zoltán: The effect of semi-continuous casting parameters to the solidifying microstructure in case of AISi alloy ... .. 27

Using Induterm CC3000 semi-continuous casting equipment several Al alloys were casted in a laboratory. AISi12 was produced, while casting parameters, like secondary water-cooling and casting speed were changed. The accordingly solidified micro-structures were analysed using quantitative method with the help of an image analysing software.

## Biró Martin – Nagy Erzsébet – Mertinger Valéria: Optimization of heat treatment technology of cold work tool steel ... .. 33

The main requirements for the tools are hardness, abrasion resistance, good strength and adequate toughness. Depending on the application, the following groups of cold forming tool steels can be distinguished: less alloyed, with low chromium content; high in chromium; manganese alloy; chrome, tungsten alloy. The highly alloyed, 12% chromium containing cold work tool steel is used for cutting, punching tools, scissors and circular knives with very good abrasion resistance, slight changes in size due to heat treatment, high compression strength and good toughness.

Cold work tool steel specimens were heat treated according to various tempering parameters. In this series of experiments, the effect of varying the tempering temperature and time on the hardness of the steel was investigated in multi-stage heat treatments. Hardness measurements were performed on the heat-treated samples and the microstructure of the samples was examined by microscopic methods.

## Fehér András: The metallographical assessment of the Holy Crown of Hungary ... .. 38

The study describes the presumed gold alloys of the Holy Crown of Hungary, their strength characteristics, and damages occurred during transport. It puts special emphasis on the corrosion progression of soft soldering and the resulting most important parameters to be adhered to for conservation.

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

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

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

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

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

TISZA MIKLÓS

## Autóipari acélanyagok fejlesztési irányzatai – 1. rész

*Az elmúlt évtizedekben az autóipar egyre növekvő követelményekkel néz szembe. A növekvő követelmények mind a fogyasztói elvárások, mind pedig a jogi előírások terén megfigyelhetők. Fogyasztói oldalról a minél gazdaságosabb, minél kisebb fogyasztású, de egyúttal minél nagyobb kényelmet és biztonságot nyújtó autók iránti igény fogalmazódik meg. Ezekhez az elvárásokhoz jogi oldalról az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások, a minél kisebb károsanyag-kibocsátási követelmények társulnak. E részben egymásnak is ellentmondó követelmények kielégítése egyre nagyobb kihívást jelent az autógyártókkal és az alapanyagot előállítókkal szemben is. A követelmények minél sokoldalúbb kielégítése hatalmas fejlődést eredményezett az elmúlt 40-50 évben mind az autógyártás, mind pedig az alapanyagok előállítása és fejlesztése terén. Ebben a többrészes cikkben ezt a fejlesztési időszakot tekintjük át, bemutatva a főbb fejlesztési trendeket és az eredményeket is. Az első rész az autóiparral szemben támasztott főbb követelményeket összegezve bemutatja az anyagfejlesztések fő hajtóerőit, valamint a hagyományos nagyszilárdságú acélokat és az ún. első generációs korszerű nagyszilárdságú acélokat. A következő rész a második generációs korszerű nagyszilárdságú acélok főbb típusaival és gyártási eljárásaikkal foglalkozik, valamint bemutatja a napjainkban is folyó acélfejlesztéseket a harmadik generációs korszerű nagyszilárdságú acélok néhány eredményén keresztül.*

### 1. Bevezetés

Az egyre fokozódó globális verseny miatt az autóiparban a gyártási költségek csökkentése kiemelt célkitűzés. A gyártási költségek csökkentése több okból is szorosan kapcsolódik a járművek tömegének csökkentéséhez. A tömegcsökkentés a járműgyártásban nemzetközi téren is a kutatási tevékenységek homlokterében áll. Ez számos tényezővel magyarázható, amelyek közül itt csak néhányat kiemelve: a szigorú károsanyag-kibocsátási előírások, valamint az egyre fokozódó környezetvédelmi korlátozások, a minél gazdaságosabban üzemeltethető autókra vonatkozó fogyasztói igények teljesítésében a járművek tömegcsökkentése meghatározó szerepet játszik. Egy autó teljes tömegét illetően az autó karosszériája döntő szerepet játszik. A karosszériaelemek – az ún. Body-in-White – gyártásában a lemezalakítás az egyik legfontosabb gyártási eljárás. Ez is indokolja, hogy a lemezalakításban is az új, innovatív, kis költségű gyártási folyamatok kidolgozása az egyik fő cél. A könnyű, kis tömegű gépjárműalkatrészek gyártásának két fő iránya a nagyszilárdságú acélok, illetve a könnyűfémek – hangsúlyozottan a különféle nagyszilárdságú alumíniumötvözetek – alkalmazása [1].

Ebben a cikkben elsősorban a nagyszilárdságú acél alapanyagok fejlesztésével és e fejlesztések eredményei-

vel foglalkozunk. Ezt a hosszú, több évtizedes fejlesztési tevékenységet leginkább a korszerű nagyszilárdságú acélok fejlesztésével jellemezhetjük, amely a nemzetközi szakirodalomban az AHSS – Advanced High Strength Steels – fogalommal jelenik meg, így a továbbiakban gyakran mi is az AHSS általánosan elfogadott rövid jelölést és megnevezést alkalmazzuk. Az ezen a területen végzett fejlesztések jól definiálhatóan három nagy területre tagolhatók, nevezetesen első, második és harmadik generációs korszerű nagyszilárdságú acélok. E három nagy szilárdságú tartományra kifejlesztett acélok nagy száma és alkalmazásuk eredményei olyan szerteágazóak, amelyek jelentősen meghaladják egy cikk terjedelmi kereteit, ezért két egymást követő cikkben ismertetjük ezeket a fejlesztési eredményeket.

### 2. Az autóiparral szemben támasztott főbb követelmények: a fejlesztések fő hajtóerői

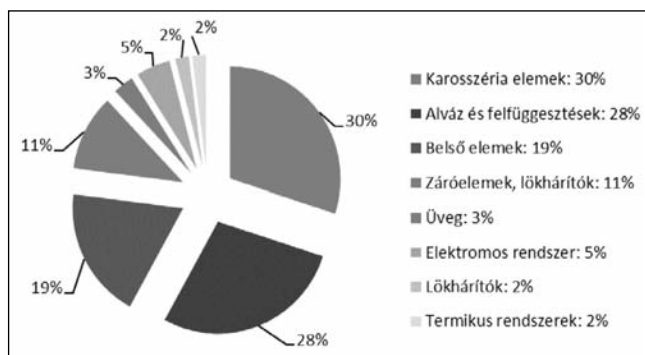
Figyelembe véve az autóiparral szemben az utóbbi évtizedekben támasztott főbb követelményeket, egyértelműen meghatározhatjuk az anyagfejlesztés fő hajtóerőit is. Közismert, hogy az autóiparban rendkívül erős verseny van, továbbá a követelmények gyakran egymással is ellentmondásban vannak: például a fogyasztók szem-

**Prof. dr. Tisza Miklós** a Miskolci Egyetem emeritus professzora. Gépészmérnöki oklevelet a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett 1972-ben. Egyetemi doktori címet 1977-ben, a műszaki tudomány kandidátusa tudományos fokozatot 1980-ban szerzett, 1994-ben a műszaki tudomány doktora lett. 23 éven át vezette a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karának Mechanikai Technológiai Tanszékét. Számos hazai és nemzetközi tudományos szervezetben töltött be vezető szerepet. Fő kutatási területei az anyag-tudomány, a képlékenyalakítás, a számítógépes mérnöki módszerek és a numerikus modellezés.

pontjából a legfontosabb elvárások a gazdaságosabb, biztonságosabb és nagyobb kényelmet adó autók, és emellett a minél jobb teljesítmény. Ezeket a fogyasztói igényeket a jogi előírások tovább növelik; például az egyre szigorodó környezetvédelmi korlátozások a károsanyag-kibocsátás csökkentésére vonatkozóan további nem megkerülhető követelményt jelentenek. Ezzel együtt a minél magasabb szintű biztonsági követelmények – hasonlóan a fogyasztói elvárásokhoz – jogi-törvényi oldalról is megjelennek az ugyancsak folyamatosan szigorodó töréstechnikák előírásaival. Ezeknek a követelményeknek egy része összhangban van a fogyasztói igényekkel, mások további követelményeket támasztanak az autógyártás területén. A gépjárműgyártásban zajló globális verseny miatt azonban az autógyártásnak meg kell találnia a megfelelő válaszokat ezekre a kihívásokra. Nyilvánvaló, hogy ezeknek a követelményeknek a teljesítése nem lehetséges hagyományos anyagokkal és hagyományos gyártási módszerekkel. Ez az egyik fő oka annak, hogy az autógyártás fejlesztési igényei az anyagfejlesztés fő mozgatórugói is egyben.

Ezeknek a sokrétű követelményeknek a teljesítésében a tömegcsökkentés fontos szerepet játszik: a járművek össztömegének csökkentése kisebb fogyasztáshoz vezet, és így kevesebb károsanyag-kibocsátást eredményez, gazdaságosabb járművekkel és fokozott környezetvédelemmel együtt. A tömegcsökkentés lehetőségeit elemezve érdemes áttekinteni, hogy a járművek különböző szerkezeti elemei, alkatrészei milyen arányban járulnak hozzá az autó tömegéhez, hiszen ez megmutatja a tömegcsökkentés lehetőségeinek főbb területeit is. Az elemzésekből látható, hogy a teljes tömeg mintegy 45%-át a karosszériaelemek, az alváz és a különböző felfüggesztési elemek alkotják (1. ábra), azaz a tömegcsökkentés fő lehetőségeit elsősorban ezeken a területeken kell keresnünk. Ezeket az alkatrészeket túlnyomórészt lemezalakítással állítják elő, így mint kulcstechnológiának kritikus szerepe van az autók tömegcsökkentésében.

A tömegcsökkentést előtérbe helyező tervezési alapelvek alkalmazása a lemezalakításban kisebb lemezvastagságot igényel; ugyanakkor mind a fogyasztói elvárások, mind a törvényi előírások fokozott biztonságot követelnek. Ezen ellentmondásos követelmények megoldásához nagyobb szilárdságú anyagokra van szükségünk. Ez további ellentmondásokhoz vezet: a szilárdság növelése az alakíthatóság csökkenését eredményezi. Közismert,



■ 1. ábra. Különböző szerkezeti elemek aránya az autó össztömegében

hogy például a szakítószilárdság és a teljes nyúlás között hiperbolikus összefüggés van, azaz a kisebb szilárdság jobb alakíthatóságot, míg a nagyobb szilárdság kisebb alakíthatóságot eredményez. Ezért rendkívül fontos, hogy megfelelő kompromisszumot találjunk a szilárdság és az alakíthatóság között. Ez nagy kihívás az anyagfejlesztés terén, amelyet a következő pontokban elemzünk.

### 3. Anyagfejlesztési tendenciák az autógyártás lemezalakításban

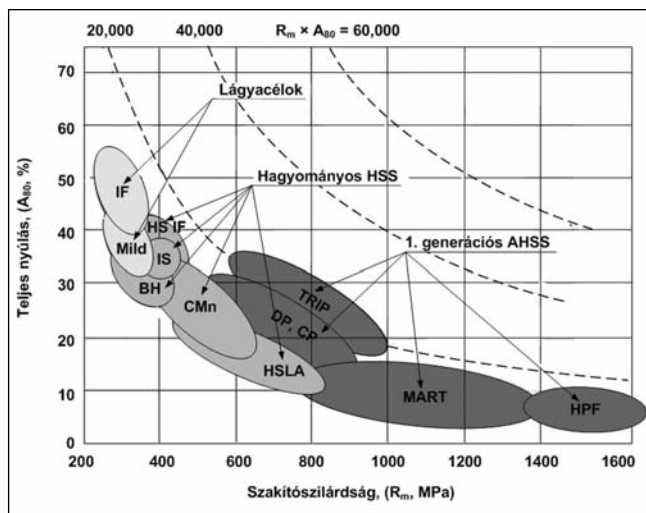
Az utóbbi években az üzemanyag-fogyasztás csökkentésének igénye, a növekvő kényelmi és jogi követelményekkel együtt innovatív új anyagok intenzív fejlesztéséhez vezetett az autógyártás lemezalakítás terén is. A fokozott szilárdság és merevség, valamint a tömegcsökkentés a különféle nagyszilárdságú acélok fejlesztését és széles körű alkalmazását eredményezte. Manapság számos mikro- és foszforötvözött acélt használnak, amelyek szilárdságát gyakran a festést követő ráégetés során bekövetkező további kikeményítéssel is növelik (Bake Hardening – BH steels). Emellett az interstíciómentes (Interstitial-Free – IF) – valójában interstíciómentesen oldott C és N atomokban szegény (30-50 ppm) – acélok, a kettősfázisú (Dual-Phase – DP) és a fázisátalakulással indukált képlékenységen alapuló (Transformation Induced Plasticity – TRIP) acélok, valamint az ultrakis- és a szuper ultrakis karbon tartalmú acélok egyre növekvő felhasználása is megfigyelhető. Figyelembe véve ezeket a fejlesztési eredményeket, kijelenthetjük, hogy a különféle mikroötvözött acélok kidolgozása óta (a múlt század hetvenes éveinek közepétől) folyamatos és jelentős nyomás hat az anyagfejlesztésre, ami gyakorlatilag ötvenként újabb és újabb, továbbfejlesztett acélananyagok megjelenését eredményezte.

#### 3.1. Az acélfejlesztések osztályozása

Az acélfejlesztések általában is – de különösen az autógyártás anyagfejlesztések – többféleképpen osztályozhatók. Az osztályozás egyik szokásos módját a szilárdság alapú anyagcsoport megnevezés jelenti. E szerint megkülönböztetjük a kis szilárdságú acélokat, úgymint a lágy acélok, valamint az interstíciómentes acélok. A következő csoportot az ún. hagyományos nagyszilárdságú acélok jelentik. Ide soroljuk a karbon-mangán (C-Mn) acélokat, a nagyszilárdságú, gyengén ötvözött (High Strength Low Alloyed – HSLA) acélokat. A harmadik főcsoportot az ún. korszerű nagyszilárdságú acélok (Advanced High Strength Steels – azaz az AHSS acélok) képezik. Ez utóbbi csoportba tartoznak a kettősfázisú (DP) acélok, a fázisátalakulással indukált képlékenységet hasznosító (TRIP) acélok, az ikerképződéssel indukált képlékenységgel jellemezhető (TWIP) acélok, a komplex fázisú (CP) acélok és a martenzites (MS) acélok. Az utóbbi években további AHSS osztályokat fejlesztettek ki, például: az X-AHSS (extra nagyszilárdságú acélok) és az U-AHSS (ultra nagyszilárdságú acélok), valamint különféle típusú, úgynevezett harmadik generációs AHSS acélok, pl. az ugyancsak a TRIP mechanizmust hasznosító bai-

nit-ferrites (TBF) acélok, a Quenching & Partitioning (Q&P) vagy a különféle típusú nano-acélok: mindegyiknél az elsődleges cél a még nagyobb szilárdsági paraméterek mellett fokozott alakíthatóság biztosítása.

Egy további osztályozás történhet az autóipar szempontjából kiemelten fontos mechanikai tulajdonságok szerint. Egy általánosan elfogadott osztályozás a szilárdsági és alakíthatósági paraméterek, mint a szakítószilárdság ( $R_m$ ) és a teljes nyúlás ( $A_{80}$ ) szorzataként csoportosítja az acélokat. A 2. ábra a szilárdsági és alakváltozási jellemzők kapcsolatát mutatja be a fent említett osztályozási módszer alkalmazásával, grafikus ábrázolással. Látható, hogy a szakítószilárdság és a teljes nyúlás szorzata ( $R_m \times A_{80}$ ) hiperbolikus függvényt követ. Az ábrán is bejelölt  $C$ -állandó ( $C = R_m \times A_{80}$ ) további lehetőséget kínál a korszerű acélok fejlesztési generációk szerinti osztályozására.



■ 2. ábra. A szakítószilárdság ( $R_m$ ) és a fajlagos nyúlás ( $A_{80}$ ) kapcsolata az acélfejlesztések generációk szerinti osztályozásában

A 2. ábrán – a mutató vonalakkal is beazonosított, lágyacélok anyagcsoport magába foglalja a hagyományos lágyacélokat (IF és klasszikus lágyacélok), amelyeket évtizedeken át széles körben alkalmaztak az autóiparban a karosszériaelemek (BiW) gyártásában. A hagyományos nagyszilárdságú – a Hagományos HSS mutatóvonalakkal jelölt – csoportba tartoznak a festés utáni ráégetés során kikeményedő (BH – Bake Hardening), az izotropikus (IS), a nagyszilárdságú interstíció-mentes (HS IF), a karbon-mangán (CMn) és a nagyszilárdságú, gyengén ötvözött (HSLA) acélok. A hagyományos nagyszilárdságú acélok kidolgozását követően az acéliparban intenzív fejlesztés indult az autóiparral szoros együttműködésben, hogy különféle típusú, korszerű nagyszilárdságú acélokat (AHSS) fejlesszenek ki az autóipar tömegcsökkentési igényeinek kielégítésére.

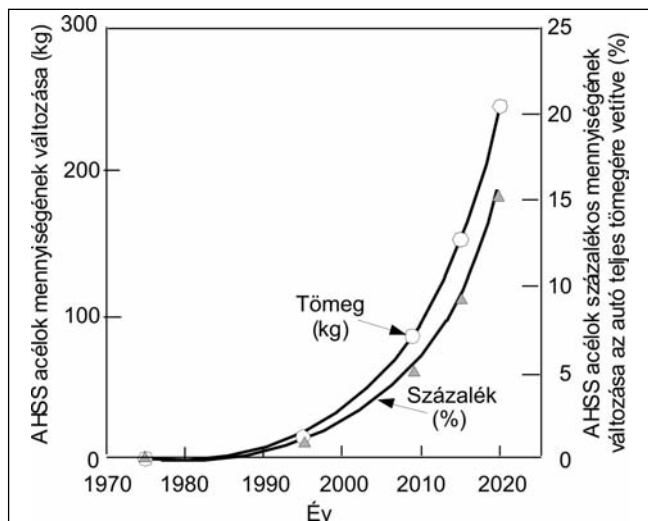
A korszerű nagyszilárdságú acélok első generációjának kidolgozása e fejlesztési folyamat első lépésének tekinthető (ld. a 2. ábrán az 1. generációs AHSS-mutatóvonalakkal jelölt acélokat). Ebbe a csoportba tartoznak a különféle DP-acélok, a komplex fázisú (CP) acélok, a TRIP-acélok bizonyos típusai és a martenzites acélok (MART). Ezen acélok esetében az előzőekben definiált  $C$ -

állandó értéke 10 000 és 25 000 között található. Az első generációs AHSS (gyakran hagyományos AHSS néven is hivatkozott) acélok kellően nagy szilárdsággal, de korlátozott alakíthatósággal rendelkeznek. Érdekes azonban megemlíteni, hogy ezeknél a korszerű nagyszilárdságú acéloknál a szilárdsági paraméterek növekedése sokkal jelentősebb, mint az alakíthatósági paraméterek csökkenése. Ez különösen érvényes a kétfázisú (DP), a komplex fázisú (CP), a martenzites komplex fázisú acélok (MART/CP) és a TRIP-acélok esetében. Ez az oka annak, hogy ezt az anyagcsoportot már napjainkban is széles körben alkalmazzák az autóiparban a karosszériagyártásban.

A  $C = 40\,000$ – $60\,000$  (MPa %) tartományban található acélcsoport tekinthető a korszerű nagyszilárdságú acélok második generációjának. Ez a csoport magába foglalja a nagy Mn-tartalmú, alakítási ikerképződéssel jellemezhető (TWIP) acélokat, a tömegcsökkentés indukálta képlékenység (Lightweight Induced-Plasticity, L-IP) megnevezéssel ismertté vált acélokat és néhány ugyancsak jelentős mangán tartalmú austenites, rozsdamentes acélt (AUST SS). Ezek az acélminőségek a szilárdság és az alakíthatóság kiváló kombinációját biztosítják, azonban többnyire költséges ötvözőkkel és gyártási eljárásokkal, amelyek a széleskörű ipari alkalmazás egyik akadályaként említhetők. A 2. generációs korszerű nagyszilárdságú acélok részletes elemzésével e cikk folytatását képező 2. részben foglalkozunk.

A korszerű nagyszilárdságú acélok (AHSS) következő fejlesztési szakasza vezetett az ún. 3. generációs nagyszilárdságú acélok kifejlesztéséhez, amely még napjainkban is a fejlesztés és az első ipari megvalósítás szakaszában van, azonban az acélgyártók már számos figyelemre méltó eredményt értek el ezen a területen. Az alapvető gondolat e fejlesztések mögött az 1. és 2. generációs nagyszilárdságú acélok közötti tartományba eső tulajdonságok biztosítása. Ezt a tartományt a szakítószilárdság – alakíthatóság kapcsolatát mutató 2. ábra alapján a  $C = 25\,000$ – $40\,000$  (MPa %) értékek között jelölhetjük ki. E csoport kidolgozásánál – a már említett alapgondolat mellett – kiemelt fontosságú, hogy a tervezett kiváló mechanikai tulajdonságokat kevesebb ötvözővel, és így olcsóbban valósítsák meg, különösen a 2. generációs acélokhoz viszonyítva. Ezzel a fejlesztési koncepcióval a GPa tartományba eső nagyszilárdságú acélok állíthatók elő, egyidejűleg figyelemre méltó alakíthatósággal. E csoport részletes ismertetését is a cikk folytatását jelentő 2. rész tartalmazza.

A korszerű nagyszilárdságú acélok autóiipari alkalmazásában várható változásokat az észak-amerikai járműiparban Matlock tanulmányozta [3]. Ennek az elemzésnek a következtetéseit foglalja össze a 3. ábra, de hasonló tendencia valószínűsíthető más földrajzi régiók, így pl. az európai gépjárműgyártók és a távol-keleti országok (Kína, Japán és Korea) esetében is. A 3. ábrán az autóiparban alkalmazott AHSS-acélok mennyisége (kg-ban) és a járművek teljes tömegéhez viszonyított százalékos értékük változása látható. Mindkét változás exponenciális növekedést mutat az évek függvényében, az abszolút értékeknel valamelyest nagyobb növekedéssel a százalékos értékekhez viszonyítva. A százalékos értékekben mutak-



■ 3. ábra. Az autóiparban alkalmazott AHSS-acélok abszolút tömegének és a járművek össztömegére vetített százalékos arányának prognosztizált változása

zó, csekély mértékben kisebb növekedés azzal indokolható, hogy a nagyobb szilárdságú acélok alkalmazásával csökken a járművek tömege, így a vonatkoztatási alapként szolgáló érték is.

### 3.2. Nagyszilárdságú acélok fejlesztésére irányuló projektek áttekintése

Az elmúlt 30–40 évben számos kutatási projektben tanulmányozták világszerte az új, nagyszilárdságú acélok fejlesztési lehetőségeit. E projektek többségét autóipari vállalatok kezdeményezték, és a legtöbb esetben különféle konzorciumokat hoztak létre a költséges kutatások megvalósítására és finanszírozására. Ezeknek a projekteknek a fő célja a 2. pontban elemzett követelmények minél magasabb szintű teljesítése volt.

E projektek között az ULSAB (Ultra-Light Steel Automotive Body, azaz ultrakönnyű acél gépjármű-karosszéria) teljesítette a könnyű autószerkezetekre vonatkozó legtöbb követelményt, és szerkezetileg megbízhatónak, biztonságosnak, végrehajthatónak és megfizethetőnek bizonyult. Bár ez egy 18 országot képviselő 35 vállalat részvételével megvalósuló, rendkívül költséges projekt volt, megbirkózhatott azzal a kihívással, hogy az acélkarosszéria elemeinek tömegét további költségnövekedés nélkül csökkentse, miközben sikerült fenntartani vagy akár növelni is az általános teljesítményt [6].

További projektek követték az ULSAB koncepciót, köztük az ULSAC (Ultra-Light Steel Auto Closures, azaz ultrakönnyű acél autózáróelemek [5]) vagy az ULSAB-AVC (Ultra-Light Steel Auto Body – Advanced Vehicle Concept, azaz ultrakönnyű acél autókarosszéria – fejlett jármű koncepció [6]), és az FSV (Future Steel Vehicle, azaz a jövő acéljárműve [7]). Mindezek a projektek tovább bővítették a korszerű nagyszilárdságú acélok választékát, elérve a GPa szilárdsági tartományt úgy, hogy emellett még az alakíthatóságot is növelték.

Az előzőekben összefoglaltuk a főbb acélfejlesztési tendenciákat és azok osztályozását, amely magában foglalja a különféle hagyományos acélokat is, amelyek kiemel-

kedő szerepet játszottak az autógyártás történetében a múlt században. A következő fejezetekben elsősorban a korszerű nagyszilárdságú acélok fő típusaival, tulajdonságaikkal és előállítási módszereikkel foglalkozunk.

## 4. Az első generációs korszerű nagyszilárdságú acélok főbb típusai és jellemzői

A cikk első részében, amint azt az előzőekben is már jeleztük, a korszerű nagyszilárdságú acélok első generációs típusait ismertetjük.

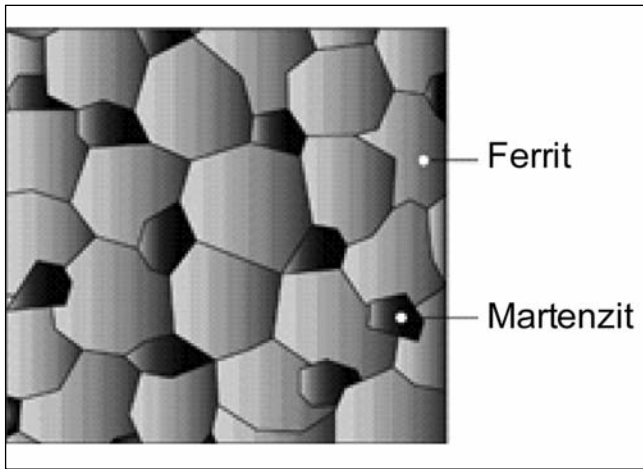
A korszerű nagyszilárdságú acélok (AHSS) komplex, gondosan megválasztott kémiai összetételű és többfázisú mikroszerkezettel rendelkező acélok, amelyek pontosan szabályozott hevítési és hűtési folyamatok eredményeként állíthatók elő. Különböző szilárdságnövelő mechanizmusokat alkalmaznak a jelentősen megnövelt szilárdság, jobb alakíthatóság, fokozott szívóssági és kifaradási tulajdonságok elérése érdekében, hogy amennyire csak lehetséges, megfeleljenek az autók szerkezeti elemeire előírt, összetett követelményeknek.

Az első generációs AHSS-anyagok csoportjába tartoznak a kettős fázisú (DP), a komplex fázisú (CP), a ferritbainites (FB), a martenzites (MS), a fázisátalakulás révén növelt képlékenységgel (TRIP) acélok, valamint a melegen alakított és a szerszámban edzett (HF vagy PHS) acélok. Ezek az 1. generációs nagyszilárdságú acélok kiváló tulajdonságokkal rendelkeznek, hogy megfeleljenek az autókkal szemben támasztott funkcionális és teljesítmény követelményeknek. Például a DP- és a TRIP-acélok kiválóan alkalmasak a járművek ütközési zónáiban található szerkezeti elemek készítésére, nagy energiaelnyelő képességük miatt. Az utastér szerkezeti elemeire az olyan rendkívül nagy szilárdságú acélok, mint például a martenzites és a bórral mikroötvözött, melegen sajtolt acélok (PHS) alkalmazása teszi lehetővé a fokozott biztonsági követelmények teljesítését. A következőkben az első generációs AHSS-acélok főbb típusait elemezzük.

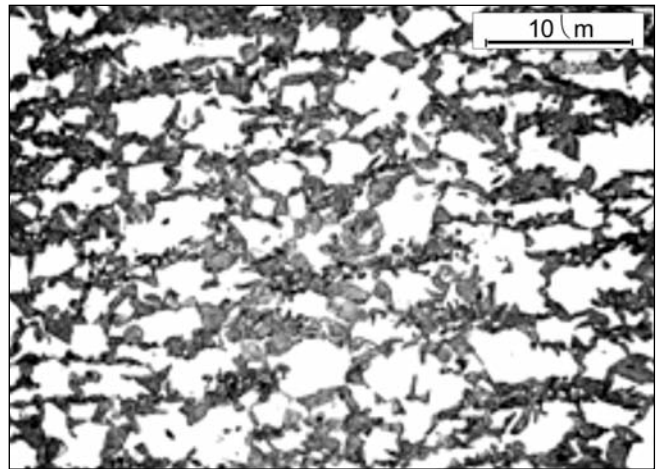
### 4.1. Kettősfázisú DP (Dual-Phase) acélok

Az előzőekben ismertetett történeti elemzésből látható, hogy a kétfázisú (DP) acélok dominálnak az autóiparban az elmúlt 30-35 évben; ezért ezzel a csoporttal kezdjük a korszerű nagyszilárdságú acélok áttekintését.

A kétfázisú (DP) acélok kifejlesztése már a korszerű nagyszilárdságú acélok fejlesztésének kezdetén megkezdődött, új korszakot nyitva ezzel a 20. századi acélfejlesztésben. A kereskedelemben kapható és széles körben alkalmazott AHSS-acélok az 1970-es évek végén és az 1980-as évek elején a kétfázisú acélokkal kapcsolatos korai kutatások alapján fejlődtek ki. A DP-acélok az egyik legszélesebb körben alkalmazott korszerű nagyszilárdságú ötvözetek napjaink autóiparában. Ez főleg annak köszönhető, hogy kedvező szilárdságuk és alakíthatósági paramétereik a hagyományos nagyszilárdságú – például a HSLA – acélokkal összehasonlítva lényegesen kedvezőbb kombinációt eredményeznek. A DP-acélok nagy fajlagos szilárdsággal, jó kezdeti alakváltozási keményedéssel és kiváló alakváltozási képességgel rendelkeznek a



Kettős fázisú, DP-acél sematikus mikroszerkezete ferritmátrixba ágyazott martenzitszigetekkel



Kettős fázisú, DP-acél optikai mikroszkópi képe ferritmátrixba ágyazott martenzitszigetekkel

■ 4. ábra. Kettős fázisú, DP-acél sematikus mikroszerkezete és optikai mikroszkópi képe (képlékenyalakítás előtti állapotban)

hagyományos acélminőségekhez képest. Ezek a tulajdonságok teszik különösen alkalmassá járművek karosszériaelemeinek, különféle záróelemeinek, üzemanyag-tartályainak alakítással való gyártására.

A kettős fázisú (DP) acélok ferritmátrixba ágyazott, főleg kemény martenzit, vagy bizonyos esetekben bainitszigeteket tartalmaznak második fázisként, amint az a 4. ábrán látható. Nagyon jellemző, hogy a folyamatos, összefüggő ferritzemcsék kiváló alakíthatóságot biztosítanak. Az alakítás során az alakváltozás a martenzites szigeteket körülvevő kis szilárdságú ferritfázisra koncentrálnak; a kiváló alakíthatóság mellett ez a mikroszerkezeti sajátosság az alapja a DP-acéloknál tapasztalt jelentős alakváltozási keményedésnek.

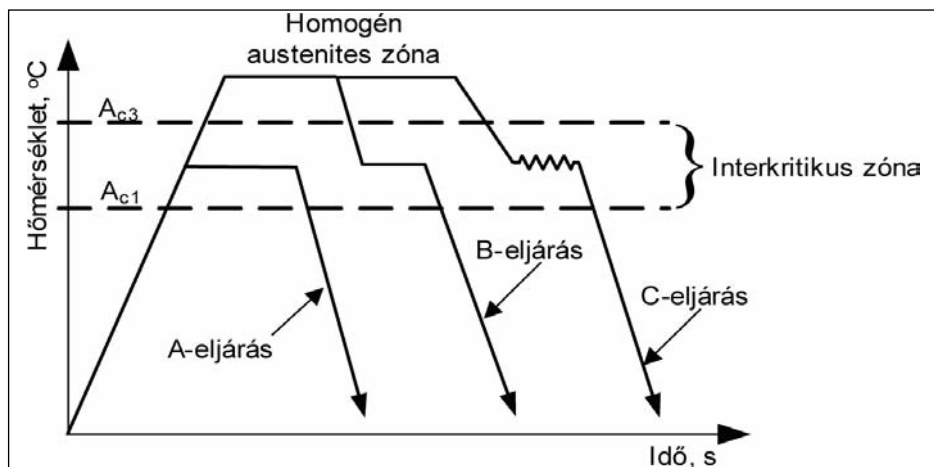
#### 4.1.1. A DP-acélok gyártási folyamata

Különböző, általánosan alkalmazott gyártási eljárások ismeretesek DP-acélok előállítására. Az egyik eljárás az ún. interkritikus ( $A_1$  és  $A_3$  közötti) hőmérsékletre szobahőmérsékletre végzett gyors hűtést jelent (5. ábra, A-eljárás). A kapott mikroszerkezet ferritet és martenzitet tartalmaz. A magasabb interkritikus hőmérsékleten végzett hűntartás nagyobb mennyiségű martenzitet eredményez,

nagyobb szakítószilárdsággal és kisebb nyúlással. Számos cikkben [8] közöltek adatokat arról, hogy a martenzit-arány növekedése a DP-acélokban elősegíti a repedés megindulását, és így kedvezőtlenebb alakíthatóságot eredményez. Ezért a martenzitarányt a 10–40% tartományban célszerű tartani.

A DP-acélok előállításának egy másik módszere (5. ábra, B-eljárás) a homogén austenites zónából lassú hűtést alkalmaz a kívánt ferritmennyiségnek megfelelő interkritikus átalakulási hőmérsékletre, majd ezt követő gyors hűtést szobahőmérsékletre, hogy a fennmaradó austenitet martenzitké alakítsuk. Ezzel a módszerrel kisebb szilárdsági és nagyobb alakíthatósági jellemzőket kapunk, mint az első módszerrel (A-eljárás).

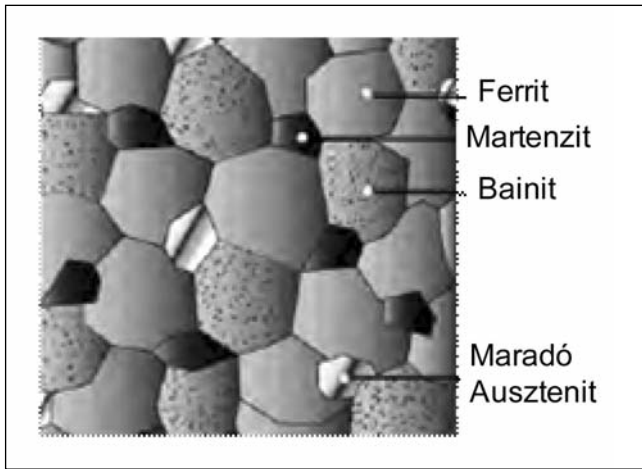
A DP-acélok előállításának harmadik módszere szerint (5. ábra, C-eljárás) ugyancsak lassú hűtést alkalmazunk a homogén austenites mezőből a kívánt ferritmennyiségnek megfelelő interkritikus átalakulási hőmérsékletre, majd ezen a hőmérsékleten melegalakítást végzünk. Ezt követi az austenit martenzites átalakulását eredményező nagyon gyors hűtés (amelyet a szakirodalom ultra-gyors hűtésnek (Ultra Fast Cooling) nevez: a C-útvonal szerinti eljárást új generációs termomechanikus gyártásnak nevezik. A C-eljárással elért tulajdonságok mind az A-, mind



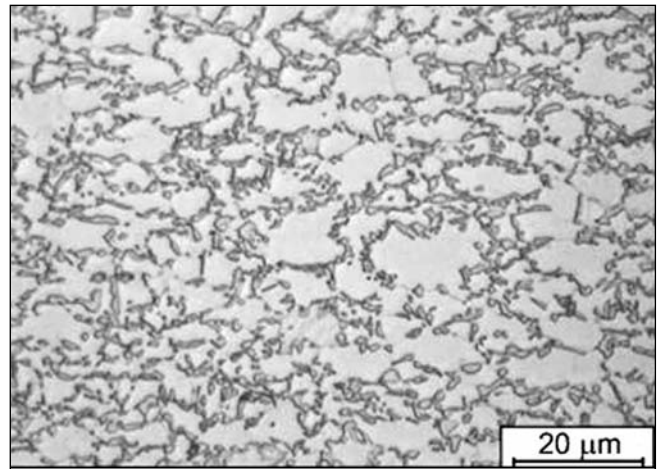
■ 5. ábra. DP-acélok különböző gyártási lehetőségeinek sematikus hőmérséklet-ido diagramja

pedig a B-eljárással kapott tulajdonságokhoz képest kedvezőbbek, amely a melegalakítás során bekövetkező szemcsefinomodásnak köszönhető.

Számos szerző beszámolt arról, hogy az ultrafinom bainit, a ferrit-bainit/martenzit mikroszerkezetű DP-acélok kiváló keményítéssel még nagyobb szilárdságot érhetnek el az alakváltozási jellemzők csökkenése nélkül, ami ezt az acélt kiválóan alkalmassá teszi a később tárgyalásra kerülő, harmadik generációs nagyszilárdságú AHSS-minőségek előállítására.



TRIP-acél sematikus mikroszerkezete



TRIP 690 acél optikai mikroszkópi képe

■ 6. ábra. TRIP-acélok sematikus mikroszerkezete és optikai mikroszkópos felvétele (képlékenyalakítás előtti állapotban)

#### 4.2. Fázisátalakással indukált képlékenységet hasznosító TRIP-acélok

A korszerű nagyszilárdságú acélok egy különleges típusa a fázisátalakással indukált képlékenységet hasznosító, a szakirodalomban TRIP-acélok rövidítéssel meghonosított acélcsoport. Ezek az acélok is kiválóan alkalmasak a tömegcsökkentést előtérbe helyező karosszériaelemek/szerkezetek gyártásában, egyúttal további előnyöket eredményeznek a biztonság növelésében is. A TRIP-acél már megtalálható az 1. generációs nagyszilárdságú AHSS-acélokban is, amint azt a 2. ábra is szemlélteti. A TRIP-acélok egyik fő jellemzője, hogy a mikroszerkezetben jelen lévő maradó austenit alakváltozás, vagy feszültség hatására bekövetkező átalakulása jelentős szilárdságnövekedést eredményez, miközben a gyártási eljárástól függően viszonylag jelentős alakíthatósággal is rendelkezik [9].

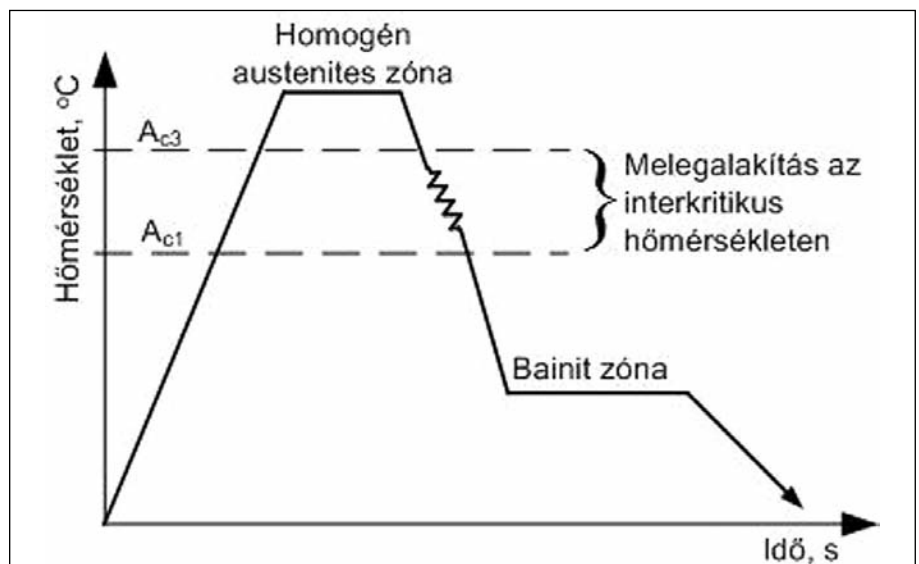
A TRIP-acél mikroszerkezete ferritmátrixba beágyazódó martenzit, bainit és maradó austenit szövetelemeket tartalmaz. TRIP-acél sematikus mikroszerkezete látható a 6. ábra a) részletén, míg a 6. ábra b) részletén TRIP 690 minőségű TRIP-acél optikai mikroszkópi képe látható.

A maradó austenit legalább öt térfogat-százaléknyi mennyiségén túlmenően martenzit és bainit kemény fázisok vannak a mikroszerkezetben. A TRIP-acélok jellemzően izotermikus hőntartást igényelnek az interkritikus hőmérsékleten, ami a gyors lehűtést követően a szövetszerkezetben bainitet eredményez.

A TRIP-acélok viszonylag kis ötvözőtartalom jellemzi. Például a TRIP 790 acélban ( $R_m \cdot 790$  MPa) az ötvözőelemek teljes mennyisége körülbelül 3,5 tömegszázalék. A megfelelő ötvözőelemek kiválasztása és a kívánt tulajdonságok eléréséhez szükséges mennyiség

kritikus az ötvözet tervezett mechanikai tulajdonságait illetően. A TRIP-acélok általában nagyobb karbon tartalommal rendelkeznek, mint a DP-acélok. A karbon tartalmat azonban – elsősorban hegeszthetőségi okokból – általában a  $C=0,20-0,25\%$  tartományban kell tartani. A nagyobb karbon tartalom ahhoz szükséges, hogy a maradó austenitfázist a környezeti hőmérsékletig stabilizálják. A TRIP-acélokban austenit stabilizátorok is vannak jelen, főleg C, Mn és/vagy Ni. A nagyobb szilícium- és/vagy alumíniumtartalom felgyorsítja a ferrit/bainit képződését. Ezek az elemek elősegítik a szükséges karbon tartalom megtartását a maradó austenitben. A karbid kiválásának megakadályozása a bainit átalakulás során kulcsfontosságú a TRIP-acélok gyártása során. A TRIP-acélok jellemzően többfázisú mikroszerkezetek: ferrit (50–55%), bainit (30–35%), maradó austenit (7–15%) és martenzit (1–5%) szövetelemek találhatók bennük, típustól függően az előzőekben feltüntetett százalékos tartományoknak megfelelő mennyiségben.

A TRIP-acélok kiváló alakíthatósága és nagy szilárdsága a maradó austenit alakváltozás hatására bekövetkező martenzitté alakulásával magyarázható. A fázisoknak ezt



■ 7. ábra. TRIP-acélok jellegzetes gyártási folyamata

az alakváltozás hatására bekövetkező átalakulását nevezzük TRIP-hatásnak, amely kiváló szilárdság- és alakváltozás-kombinációt eredményez, valamint a dinamikus hatásokkal szemben jó ellenállóképességet. Ezek a tulajdonságok is alátámasztják, hogy a TRIP-acélok a harmadik generációs nagyszilárdságú AHSS acélfejlesztésben is fontos szerepet játszanak. Az alakváltozás során a kemény másodlagos fázisok kiválása a lágy ferritben nagy alakváltozási keményedési képességet eredményez, amint azt a DP-acélokban is megfigyelhettük. A TRIP-acélokban azonban a maradó austenit fokozatosan átalakul martenzitté, és ezáltal is növeli az alakváltozási keményedési képességet nagyobb alakváltozási értékeknél.

#### 4.2.1. A TRIP-acélok gyártási módjai

A TRIP-acélokat az acél austenitizónába történő hevítését és a megfelelő ideig való hőntartását követően, az interkritikus hőmérsékletre hűtéssel, majd ezen a hőmérsékleten melegen alakítva és a bainitizónába történő gyors hűtéssel és a bainites tartományban való hőntartással állítják elő, amint az a 7. ábrán látható.

Az interkritikus hőmérsékleti tartományban végzett alakítás növeli az austenit ( $\gamma$ ) ferritté ( $\alpha$ ) alakulását. Ily módon a visszamaradó austenit karbontartalma növekszik, ami a  $\gamma$ -fázis stabilitását is növeli. Továbbá, ez az alakváltozás növeli a bainitcsírák képződési sebességét, de csökkenti annak növekedési sebességét, ami finom bainitlemezeket eredményez. Ez ugyancsak a  $\gamma$ -fázis karbonban való dúsulásához és egyúttal a  $\gamma$ -fázis további stabilizálásához vezet. Számos közleményből ismert, hogy a maradó austenit nagyobb karbontartalma növeli az austenit stabilitását (azaz a több karbon jelenléte a  $\gamma$ -fázisban fokozza a  $\gamma$  nagyobb stabilitását a TRIP-hatás eredményeként), ennek következtében az austenit martenzitté alakulása is hosszabb időt vesz igénybe, amely egyértelműen növeli az acél alakíthatóságát. A végső mikroszerkezetben az austenit-martenzit átalakulás növeli a szilárdságot, ezáltal még kedvezőbb szilárdság-alakíthatóság kombináció érhető el. A TRIP-acélok ezen előállítási módja természetesen időigényesebb, hosszadalmasabb. Ennek oka, hogy speciális berendezésekre van szükség az anyag nagy hőmérsékleten való alakításához, és a bainitizónában való hőntartáshoz is. Ez korlátozza a TRIP-acélok ipari körülmények közötti felhasználását. Egyes szerzők ugyanakkor arra is rámutattak, hogy az interkritikus hőmérséklet-tartományban végzett hengerlés javítja a TRIP-acél tulajdonságait, növelve az átalakuló austenitben a ferritkiválás miatt a karbontartalmat és a diszlokációsűrűséget, valamint csökkentve a szemcseméretet, szemcsés típusú morfológiát eredményezve.

#### 4.3. Komplex fázisú (CP) acélok

A komplex fázisú (CP) acélok a korszerű nagyszilárdságú acélok azon csoportjához tartoznak, amelyek igen jelentős szakítószilárdsággal ( $R_m \geq 800$  MPa) rendelkeznek. A CP-acélok kémiai összetétele és mikroszerkezete hasonlít a TRIP-acélokéhoz, de emellett tartalmaz bizonyos mennyiségű Nb, Ti és/vagy V ötvözőket, a precipitációs keménye-

dési mechanizmus hasznosításához. A CP-acélok mikroszerkezete általában nem tartalmaz maradó austenitet, de több bennük a martenzit és a bainit szövetelem.

Mechanikai tulajdonságaikat a jó képlékeny viselkedés és nagy egyenletes nyúlás jellemzi. A bainit mátrixú CP-acélok rendkívül jól alakíthatók, mivel a bainit és a martenzit keménysége közötti különbség viszonylag kicsi. A bainitmátrixú CP-acélokban a sokszögű ferrit helyébe a bainit-ferrit lép. A bainit-ferrit szilárdságát a diszlokációk nagy sűrűsége, ( $\rho > 10^{12}$  1/cm<sup>2</sup>), valamint a finom diszperz martenzites második fázis és a karbonitrid vagy karbid együtt biztosítja.

A CP-acélok bainit-ferrites mikroszerkezete jobb alakváltozási keményedést és kedvezőbb alakváltozó képességet mutat, mint a teljesen bainites mikroszerkezetű. A CP-acélok mikroszerkezete a TRIP-acélok mikroszerkezetéhez nagyon hasonló, de a CP-acélok kis mennyiségben Nb, Ti és/vagy V ötvözőket is tartalmaznak, amelyek jelentős szilárdságfokozó hatással rendelkeznek.

#### 4.4. Martenzites (MS) acélok

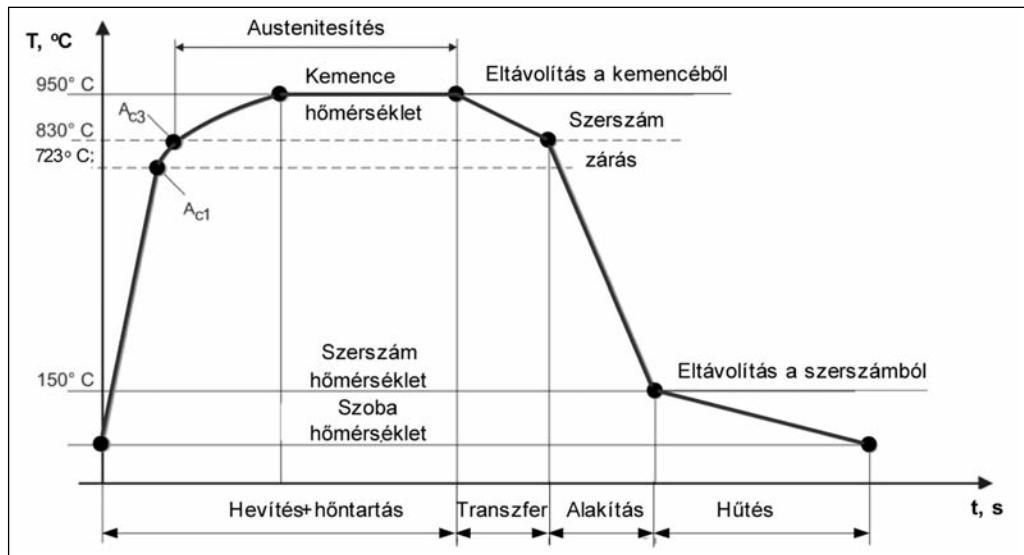
A martenzites acélok (MS) túlnyomórészt martenzites mikroszerkezettel rendelkeznek, kis mennyiségű ferrittel és bainittel együtt. Ezeknek az acéloknak legnagyobb a szilárdsága, de a legkisebb az alakíthatósága. Az  $R_m = 900-1800$  MPa szilárdságú martenzites acélokat olyan alkatrészek anyagaként alkalmazzák, ahol az alakváltozás korlátozott.

MS-acélok előállításakor az austenit a meleghegerlést vagy az izzítást követően, szinte teljes egészében martenzitté alakul át a gyors hűtési szakaszban. Az MS-acélok előállítása a kémiai összetétel és az előállításuk során alkalmazott technológia jól bevált szabályokra épülő megvalósításán alapszik. Az MS-acélokat gyakran vetik alá utólagos hőkezelésnek, annak érdekében, hogy a rendkívül nagy szilárdság mellett is megfelelő alakíthatósággal rendelkezzenek.

Karbon hozzáadása az MS-acélokhöz javítja az edzhetőséget és növeli a martenzit szilárdságát. Mangán, szilícium, króm, molibdén, bór, vanádium és nikkel ötvözőket gyakran alkalmaznak különböző összetétel-kombinációkban az edzhetőség és ezáltal a szilárdság további növelésére. Az MS-acélokat austenitfázisból állítják elő gyors hűtéssel oly módon, hogy az austenit nagy részét martenzitté alakítják. A martenzites acélok mikroszerkezete elsősorban léces martenzitből áll, amely az austenit fázisátalakulása során jön létre a meleghegerlést vagy lágyítást követő gyors hűtéssel. A martenzites acélok nehezen alakíthatók, ezért az alakításuk meleghegerléssel vagy melegsajtolással (Press Hardening) végezhető. A lemezek melegsajtolása (Press Hardening of Steels – PHS) külön önálló csoportként kezelhető a korszerű nagyszilárdságú acélok között, ezt a következő pontban tárgyaljuk.

#### 4.5. Lemezek alakítása melegsajtolással és edzéssel (Press Hardening Steels – PHS)

A korszerű nagyszilárdságú acélok között a megalakítással és az alakítószerszámban végzett edzéssel megvalósított technológia alkalmazása a korszerű nagyszi-



■ 8. ábra. A melegalakítás+edzés szerszámban (Press Hardening of Steels) hőmérséklet-idő diagramja [11]

lárdságú acélok (Press Hardening Steel – PHS) egészen különleges, egyedülálló csoportját képezi: ezek többnyire különféle bórötvözésű mangánacélok, és széles körben alkalmazhatók nagy szilárdságú szerkezeti elemek gyártására (pl. személyautók A- és B-oszlopainak gyártásában). Több típusuk ismert, közülük a 22MnB5 ötvözetet tekintik a PHS-acélok alaptípusának. Itt röviden az ezek feldolgozására általánosan alkalmazott melegalakítás+edzés eljárásokat ismertetjük.

#### 4.5.1. A melegalakítás+edzés eljárás rövid ismertetése

A melegalakítás+edzés eljárás (Press Hardening of Steels) egy összetett alakítási és edzési művelet. Ez magában foglalja az austenitesítést, azaz az alapanyag felhevítését a homogén austenites zónába, ahol addig tartják, amíg a munkadarab teljes keresztmetszetében homogén austenites mikroszerkezet képződik. A kívánt alakítást ebben az állapotban hajtják végre; ezután az alkatrészt a szerszámban a kritikus hűtési sebességgel gyorsan lehűtik, ezáltal martenzites fázisátalakulás megy végbe. Az eljárás hőmérséklet-idő ciklusa látható a 8. ábrán.

A hevítés, hőntartás, alakítás és gyors hűtés megfelelő kombinációjával kiváló szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező, összetett alkatrészek állíthatók elő. Az eljárásnak különböző technológiai változatai léteznek, köztük az úgynevezett közvetlen és közvetett melegalakítás. Közvetlen vagy egylépéses eljárás során az alakítandó terítkeket közvetlenül austenitesítik, majd az alakítószerszámba továbbítva melegen elvégzik az alakítást (gondosan ügyelve arra, hogy az alakítás a martenzites átalakulás megindulása előtt befejeződjön). Ezt követően az alakított munkadarabot a szerszámmal együtt gyorsan lehűtik, az alapanyag összetételének megfelelő kritikus hűtési sebességgel. Az alakítást tehát a még kiválóan alakítható austenites állapotban végzik, míg a szerszámmal együtt gyorsan hűtött munkadarab nagyszilárdságú edzett állapotba kerül. Közvetett vagy kétlépéses eljárásnál a kiinduló nyersdarabot először hidegen előalakítják, majd melegalakítással elvégzik a komplex alkatrész előállítását,

vagy a melegalakításal csak egy kalibrálási folyamat zajlik. Az austenitesítés és az azt követő hűtés a folyamat alapvető része, amely biztosítja a szükséges nagy szilárdsági jellemzőket.

E két alapvető eljárás mellett további eljárásváltozatok is vannak: a végső mikroszerkezet és az alkatrész mechanikai tulajdonságai nagyon hatékonyan kézben tarthatók, szabályozhatók a hőntartási hőmér-

séklettől és a szabályozott hűtési folyamattól függően. A hőntartási hőmérséklettől függően két további eljárásváltozat származtatható: a teljes austenitesítés tekinthető az alapvető változatnak, azaz amikor a hőntartási hőmérsékletet a homogén  $\gamma$ -zónában választják meg. A hőntartási hőmérséklettől függően egy további eljárásváltozat képezhető, ha a hőntartási hőmérsékletet az ( $\alpha+\gamma$ ) kritikus tartományban (azaz az  $A_1$  és az  $A_3$  hőmérséklet között) választják. Ez azt jelenti, hogy nincs teljes austenitesítés; a kezdő mikroszerkezet ezen a hőntartási hőmérsékleten ferritet és austenitet tartalmaz, mégpedig a tényleges hőntartási hőmérsékletnek az  $A_1$  és  $A_3$  kritikus hőmérsékletek közötti helyzetétől függő mennyiségben. Ebben az esetben csak az austenittartalom alakulhat martenzitté, és a végső mikroszerkezet az alakítás és a gyors hűtés után bizonyos mennyiségű ferritet is tartalmaz. Nyilvánvalóan ez a változat kisebb szilárdságot eredményez a teljes austenitesítéshez viszonyítva, ugyanakkor kedvezőbb alakíthatóságot és jobb szívóssági jellemzőket is biztosít.

További eljárásváltozatok származtathatók a hűtési sebesség alakítás utáni változtatásával is. Ha a hűtési sebesség kisebb a felső kritikus értéknél, akkor a végső mikroszerkezet a martenzit mellett bainitet is tartalmaz. Ez a bainit mennyiségétől függően kisebb szilárdságot eredményez, de a megnövekedett szívóssággal együtt előnyös lehet a bainit jobb energiaelnyelési tulajdonságai miatt olyan alkatrészeknél, amelyeknél az ütközésállóság, a törés elleni biztonság kiemelt szerepet játszik, növelve az alkatrész törésállóságát.

Fontos, hogy az alakítás az  $M_s$  (a martenzites átalakulás kezdeti hőmérséklete) fölött befejeződjön: ezek az anyagminőségek ebben a szakaszban még megfelelő alakíthatósággal rendelkeznek. Az alakítás után az alakított alkatrészt a szerszámmal együtt lehűtik: ennek a hűtésnek biztosítani kell a kritikus hűtési sebességet, hogy az elvárt mennyiségben martenzites mikroszerkezetet kapjunk. Ezzel a folyamattal csökkenthető az alakítás utáni vissz rugózás, és kiváló szilárdsági tulajdonsággal rendelkező alkatrészek alakíthatók komplex geometriákká.

A tipikus melegen sajtolt acélok (PHS) szakítószilárd-



BORIS NOGOWIZIN

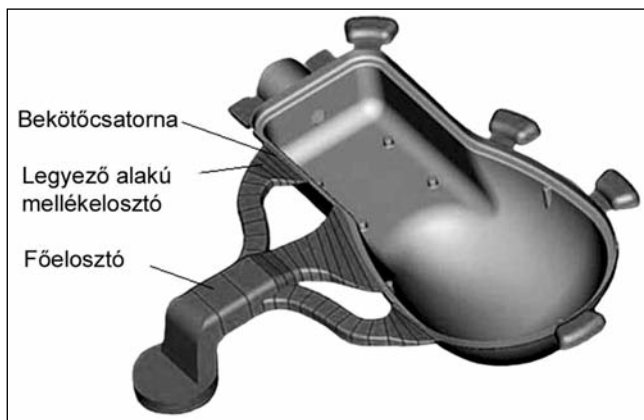
## Nyomásos öntvények elosztócsatorna-rendszere\*

*A jó minőségű nyomásos öntvények gyártásának fontos előfeltétele a formaüregben kialakuló optimális áramlási viszony, melyet az olvadékelosztó rendszeren keresztül, a bekötőcsatornák felé történő szabályozott áramlásával érhetünk el. Az elvégzett vizsgálatok alapján meghatároztuk az elosztórendszer áramlás-technikai alapösszefüggéseit, összefoglaltuk a bonyolult geometriájú formaüregekhez a legyező és a tangenciális alakú elosztók méretezésének új módszereit és gyakorlati alkalmazását. A cikk első részében bemutatjuk a megvágás és az elosztócsatornák kialakításának általános szabályait, majd a második részben a legyező alakú elosztó méretezésének alapjait. A tangenciális elosztóban áramló olvadéokra a formaüregbe kilépő olvadékrész hatásának vizsgálatához differenciálegyenletet dolgoztunk ki, mely hiánypótló az ilyen csatornában áramló olvadékokra vonatkozó elméleti ismeretek területén.*

### 1. rész. Tervezési irányelvek

Az elosztócsatorna-rendszer egyetlen elosztóból és bekötőből vagy több elosztóból és bekötőkből állhat, és biztosítja a formaüregben a sűrűdásmentes fémáramlást, a hiánytalan formatöltést, és azt követően az utántömörítést. Az elosztócsatorna-rendszeren keresztül a lehető legrövidebb úton, minimális turbulenciával áramlik az olvadék az öntőkamrából vagy a főelosztóból a bekötőkhöz, a lehető legkevesebb levegőbezárádással és hőveszteségekkel. Ennek közvetlen hatása van a formatöltésre és az azt követő utántömörítésre. A bekötőcsatornák vezetik az olvadékot a formaüregbe, ahol a belépő fémfront iránya befolyásolja a további formakitöltési folyamatot. Vékony megvágások esetén fennáll az olvadék megszilárdulásának a veszélye, mielőtt a formaüregben kialakulna a nagy fémmreható nyomás és az utántömörítés. A megfelelően megtervezett bekötőcsatornáknak viszont alkalmasnak kell lenniük arra, hogy az utánnomás fázisa alatt az öntőkamrából az elosztórendszeren keresztül olvadékot juttasson a szerzőműregbe, hogy az öntvény porozítása a nagy fémmreható nyomás miatt csökkenjen. Az öntőkamrából az olvadék a bekötőkhöz az elosztócsatorna-rendszeren keresztül jut el, mely általában elágazó kialakítású, egy főelosztóból és több bekötőcsatornához vezető mellékelosztóból áll. Az elosztó tehát nem más, mint az olvadék általános elvezető rendszere az osztósíkban, az öntőkamrától a formaüregig.

Példaként egy vízszintes hidegkamrás öntőgépen gyártott öntvény elosztórendszere a főelosztóval, három legyező alakú mellékelosztóval és bekötőkkel (1. ábra). A legyező alakú mellékelosztót a bekötővel áramlástechnikai szempontból egységes egészként kell kezelni.



■ 1. ábra. Elosztórendszer kialakítási példa, főelosztó és legyező alakú mellékelosztók egy nyomásos öntvényhez (R. Singh és J. Madan. AIMTDR, 2014)

Az elosztórendszer kialakítása nagyon bonyolult lehet, mely bekötőcsatornákból, legyező vagy tangenciális alakú bekötőkhöz vezető csatornákból, mellékelosztókból, főelosztó és pogácsa részekből állhat. Az elosztók az öntőkamra és a megvágások között különböző alakú összekötő-csatornákból állnak a bekötőkkel egybeépítve.

A bekötők széles és vékony rések, amelyek összekötik az elosztókat a formaüreggel, és a formakitöltés és utántömörítés teljes folyamatát befolyásolják. Mivel az elosztó bonyolult hidraulikus csatornák rendszere az osztósíkban, amelyben az olvadék nagy sebességgel áramlik, ezért az elosztórendszert, amennyire csak lehetséges, az áramlástan elmélettel összhangban kell kialakítani. Az egyes elosztók keresztmetszetének folyamatosan csökkennie kell az öntőkamra vagy a főelosztó kiömlőnyílásától a bekötőig úgy, hogy a megvágás elérése előtt nagyobbak kell lenniük, mint a megvágás keresztmetszete. Másrészt, az elosztóban az áramlási sebesség lehetőleg legyen nagy és a keresztmetszete kicsi, hogy csökkenjen az ötvözet hővesztesége és az irányváltása. Ugyanakkor törekedni kell az elosztórendszerben a nagy áramlási

**Dr.-Ing. Boris Nogowizin, Berlin**

\*Megjelent a *Giesserei-Praxis Druckguss* rovatban az 1. rész a 2018. 7–8. szám 39–43. oldalán, a 2. rész a 2018. 12. szám 38–45. oldalán. A közléséhez a *Giesserei-Praxis* szerkesztőségének engedélyét köszönjük. Fordította: **Dr. Dúl Jenő**.

sebesség mellett az örvényképződés, a frontleválások és kavitáció elkerülésére.

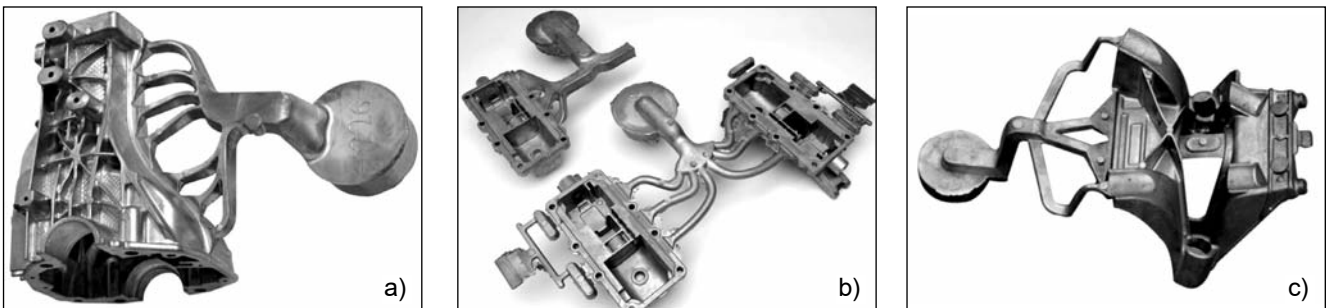
Ha az elosztórendszerben kedvezőtlen keresztmetszet-növekedések vagy hirtelen irányváltozások miatt nagy áramlási sebességváltozások fordulnak elő, akkor az áramló olvadék levegőt szívhat be ezeken a helyeken az osztósíkon keresztül. Ha az olvadékáramban nyomáscsökkenések fordulnak elő, akkor az elosztórendszerben az áramlás instabillá válhat, és nő a kavitáció kockázata. A bekötők helyzete, valamint a teljes elosztócsatorna-rendszer mérete és kialakítása a kiváló felületi minőségű és előírt mechanikai tulajdonságú nyomásos öntvények gyártásának a legfontosabb befolyásoló tényezői. A nyomásos öntvények sokrétű kialakítási lehetőségei azonban nem teszik lehetővé a megvágások és az elosztók helyének és tulajdonságainak a statikus elemzést követő egyszerű eldöntését. A tapasztalatok és bizonyos szabályok azonban ellentmondásosak lehetnek a bonyolult nyomásos öntvénygeometriák esetében. A tervezőnek kell eldönteni a gyakorlati tapasztalata és a szimulációs számítások eredményei alapján az öntvény peremén a bekötők elhelyezését ahhoz, hogy biztos legyen a megvágások tervezett elrendezésével és a teljes elosztórendszerrel a formaüreg kiváló feltöltése, kilevegőzése és tömörítése.

### Gyakorlati példák az elosztócsatorna-rendszer kialakítására

Az elosztók elrendezési lehetőségei és a megvágások helyzetének a nyomásos öntvény geometriájához igazítása látható a 2–5. ábrákon. Az elosztó kialakítását általában már eldönti a megvágások helyzetének meghatározása. A legtöbb nyomásos öntvénynél több bekötős elosztórendszereket választanak, hogy a formatöltés közben rövid legyen az olvadék kifolyási útja a formaüregben. Az elosztócsatorna-rendszereket általában legyező és tangenciális alakú elosztókból, vagy ezek kombinációból alakítják ki.

### Általános irányelvek az elosztócsatorna-rendszer kialakításához

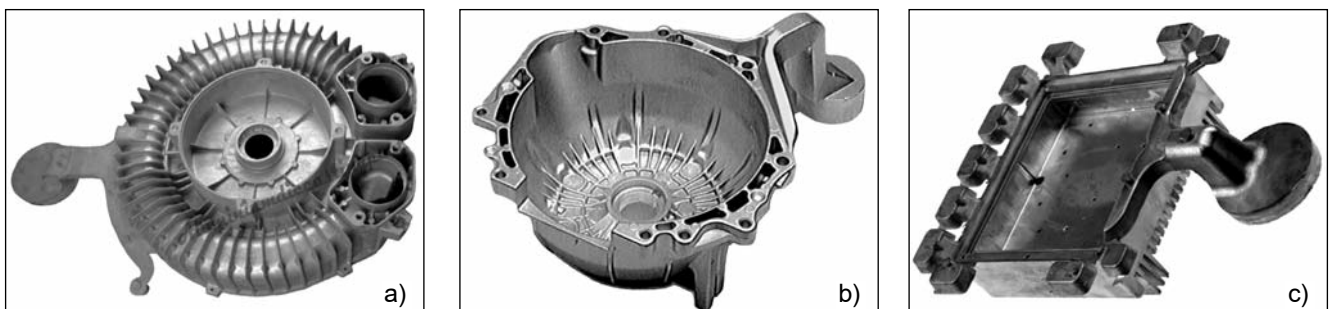
Az elosztócsatorna-rendszer általában több elosztóra elágazó szerkezetű, melyen eljut az olvadék az öntőkamrából a bekötőkhöz. Az elosztórendszer egyes elemeinek a tervezése nem külön történik. Ha például az elosztórendszer egyik elemét megváltoztatjuk, akkor az összes többi elosztóelemet is meg kell változtatni. Az elosztócsatorna-rendszerek kifejlesztése során a gyakorlatban a legfontosabb tervezési irányelveket kiterjedt tapasztalatok és a megfelelő szakemberek ismeretei alkotják, amelyeket tervezési szabályokként általánosan alkalmaznak és tartanak be. A továbbiakban röviden az elosztórendszerek optimális kialakításához tartozó ismereteket foglaljuk össze.



■ 2. ábra. Elosztórendszerek kialakítása több legyező alakú elosztóval nyomásos öntvényekhez a) hátsóhid ház, b) kapcsolófedél, c) vékony falú ház



■ 3. ábra. Az optimális formatöltést elősegítő legyező alakú elosztórendszerek kialakítása



■ 4. ábra. Tangenciális alakú elosztórendszerek

### Több bekötőcsatorna (megvágás) kialakítása

Az elosztócsatorna-rendszerekhez általában több bekötőcsatorna tartozik. Több bekötőnél fennállhat a veszélye annak, hogy a formaüregben a turbulens áramlási viszonyok miatt az öntvény felületi minősége és szövetszerkezete nem lesz megfelelő, mivel ez egyedi áramlási frontok találkozásánál felületi csíkok, kifolyási vonalak és megnövekedett gázporozitás alakulhat ki. Ügyelni kell azonban arra, hogy az olvadék a bekötőkől a formaüregbe csak egy irányba haladjon, hogy a forma kitöltésekor a különböző fémfrontok találkozásánál az örvényképződést megelőzzük.

- A nyomásos öntvényben a több megvágás alkalmazásánál kialakuló gázporozitás csökkentésére általában vákuumtechnikát alkalmaznak. A több bekötőcsatornás elosztórendszer kialakításának és a vákuumrendszernek számos előnye is van. A formaüreg felosztása a kritikus területeken, a különböző falvastagságú vagy kifolyási hosszúságú és eltérő geometriájú részein oda vezet, hogy például ezekben a szegmensekben más öntvényrészekhez hasonlóan az olvadéknak rövid kifolyási úthossza érhető el. Mivel az öntvények általában nagyon bonyolultak, a formakitöltés folyamata a sugár- és a torló-töltési áramlás kombinációjaként valósul meg. Az ilyen formakitöltésnél az olvadék szabad sugárban áramlik, és nagyon rövid utat követően az első akadály teljesen széttöri.

Annak eléréséhez, hogy a beáramló fémsugár ne ütközzön azonnal a formaüreg falába, a megvágás vastagsága és az öntvény falvastagsága közötti arány 1:2 és 1:3 között legyen. A megvágás vastagsága  $d_A$  alumíniumötvözetek esetén általában 0,8 és 2 mm között van, és az öntvény átlagos falvastagsága  $s_W$  függvényében a  $d_A = 0,6 + 0,2 \cdot s_W$  összefüggésből határozható meg. Általános szabály, hogy a megvágást az öntvény legnagyobb falvastagságú részéhez kell elhelyezni. A megvágás vastagsága befolyásolja a formaüregben az olvadék utántömörítési idejét. Az utántömés ideje megegyezik a megvágás megszilárdulási idejével, mely a  $t_{Ez} = 17 d_A^2$  [ms] összefüggés szerint számolható. Az utántömés ideje 17 ms és 68 ms között hatá-

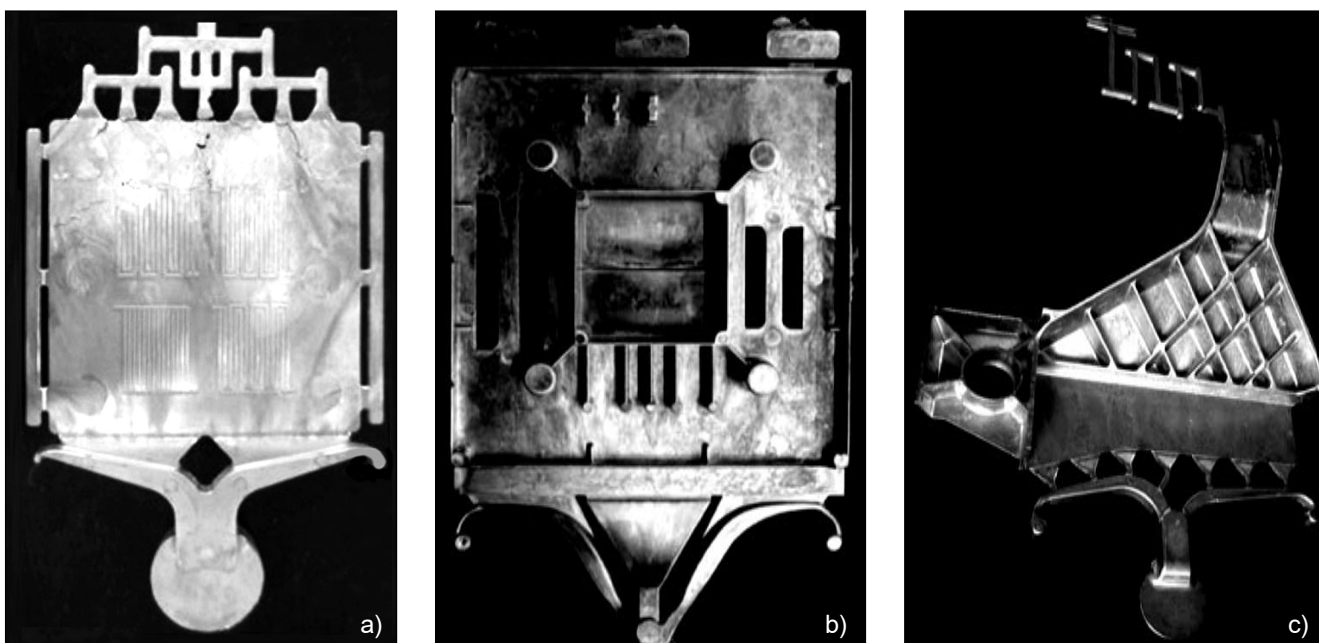
rozható meg, ha a megvágás vastagsága 1 mm és 2 mm között van.

- A megvágás keresztmetszetének kiszámításához a bekötőben az áramlási sebességet a gyakorlati tapasztalatok alapján 30-50 m/s tartományban választjuk, hogy elkerüljük az olvadéknak a magokra és a szerszámbetétekre gyakorolt káros hatását.

Ahhoz azonban, hogy elkerüljük a bekötőtől viszonylag távol lévő kis falvastagságú öntvényrészek idő előtti megszilárdulását, meg kell növelni a bekötőbéli áramlási sebességet. Ha kis falvastagságú, kiváló felületi minőség követelmény szerinti nyomásos öntvényt gyártunk, akkor az áramlási sebesség nagyobb értékei szintén elkerülhetetlenek. Az áramlási sebességnek a bekötőben alumíniumötvözetek esetén nagyobbak kell lenni, mint 18 m/s, magnéziumötvözeteknél pedig mint 27 m/s. Kompromisszumként az áramlási sebesség 35 és 40 m/s között választható. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a nyomásos öntvények minősége nemcsak a legnagyobb utántöméstől függ, hanem azt az elosztórendszer megfelelő kialakítása, a megvágások elrendezése, az olvadék bekötőbéli optimális áramlási sebessége, az elegendő formakilevegőzés és az előírt olvadék és szerszámhőmérséklet is befolyásolja.

- Egy megfelelően kialakított bekötőnél legyen az olvadéknak a kifolyási úthossza a formaüregben a lehető leg-rövidebb, és a formaüregbe belépő olvadékfront örvényképződést ne idézzon elő. A levegőnek és a gázoknak el kell távoznia a kilevegőzőcsatornákon keresztül. Az olvadék kifolyási úthossza a formaüregben  $L_{FI}$  a nyomásos öntvény átlagos falvastagságától  $d_W$  és az áramlási sebességtől, valamint más befolyásoló tényezőktől függ, és  $L_{FI} = 100 \cdot d_W$  [mm] értéknél kisebb lehet.

A nagy kifolyási úthossznál az olvadék áramlási sebességét a formaüregben nagy értéken kell tartani. Például egy 5 mm-es átlagos falvastagságú alumíniumötvözetből gyártott nyomásos öntvénynél, amelyet 40 ms öntési idő alatt és 40 m/s bekötőbéli áramlási sebességgel öntöttek, 500 mm kifolyási úthossz érhető el.



■ 5. ábra. Tangenciális elosztók a) tangenciális, b) legyező és tangenciális, c) tangenciális több legyező alakú elosztóval kombinált

- A formatöltéssel összefüggő felületi hibák elkerülése érdekében egy előírt áramlási sebesség szükséges a formaüregben. Mivel a formatöltés közben az olvadékat a formaüregben lévő különböző magok és más akadályok több olvadáksugárrá osztják, az így kialakuló olvadékfrontok találkozásánál tökéletesen össze kell folyniuk. Az olvadáksugár frontjainak ezért egyrészt megfelelő hőmérsékletűnek kell lenniük, amelynél az olvadékfrontokban még mindig van elegendő folyadékfázis, másrészt megfelelő áramlási sebességgel rendelkeznek. Ha az olvadékfrontok egy kritikus áramlási sebességet vagy alacsony hőmérsékletet érnek, akkor hidegfolyási helyekre és más felületi hibákra kell számítani. Nyomásos öntészeti ötvözetek esetében az olvadék sebessége a formaüregben általában legalább 3 és 5 m/s között van.

- A gyakorlatban széleskörűen elterjedt a legyező és tangenciális alakú elosztó kialakítása, amelyben a szűkülő keresztmetszet koncepcióját alkalmazzák. Az elosztó típusát a nyomásos öntvény geometriai kialakításától függően választjuk meg. A legyező alakú elosztó általában akkor ajánlott, ha a nyomásos öntvénynek vagy az öntvényrésznek a hossza és szélessége nagyjából megegyezik. A hosszúság és szélesség 1,5-nél nagyobb aránya esetén tangenciális elosztót alkalmaznak a megvágás teljes hosszában az olvadék egyenletes áramlásának biztosítására.

A tangenciális elosztó azonban bonyolult kialakítású az arányosan csökkenő keresztmetszet és különösen a delta-alakja miatt, viszont rugalmas, és megfelel a különféle műszaki követelményeknek, mint például hosszú és vékony megvágás esetén, vagy ha az olvadék a formaüregben kis áramlási úthosszal rendelkezik. A legyező és a tangenciális elosztók kombinációját szintén használják a bonyolult alakú nyomásos öntvényekhez az optimális olvadékáramlás elérése érdekében a formaüreg különböző területein. A gyakran használt legyező és tangenciális elosztók szabványosíthatók és számítógépes modellekkel különböző elosztó elemekből változó geometriai méretekkel létrehozhatók. Ez jelentősen leegyszerűsíti az elosztó optimalizálását, az elosztócsatorna elemekből történő felépítését, és a kapcsolódó paraméterekkel és méretekkel történő számításnak az iteratív folyamatát.

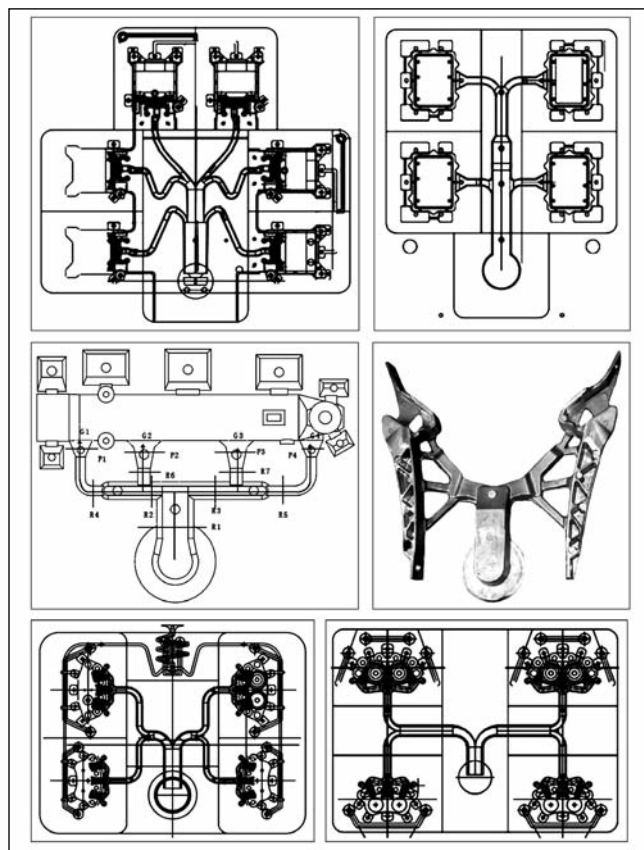
### Elosztócsatornák méretezése

- Az elosztók méretezése a nyomásos öntvény és a megvágások méretétől függ. Az elosztó és a megvágás keresztmetszetének az aránya általában 1,5 és 3, a trapéz alakú keresztmetszet közepén a szélesség aránya vastagsághoz 1 és 3 között változik. A hőveszteségek minimalizálása szempontjából négyzetes vagy téglalap alakú profilt kell alkalmazni áramlási keresztmetszetnek, hogy a hozzá tartozó olvadékgigény kicsi, viszont az áramlási sebesség a hőveszteségek csökkentése miatt kellően nagy legyen. Kompromisszumként ajánlott, hogy az elosztó keresztmetszetének a közepes szélessége a vastagságának kétszerese legyen. Az elosztó vastagsága kb. 5–6 mm lehet kicsi, 6–12 mm közepes és 15–20 mm nagy nyomásos öntvények esetén. Túl kicsire méretezett elosztónál fennáll a nagy öntési nyomás és hőveszteség veszélye. Az elosztóban az olvadék részlegesen megszilárdulhat, mielőtt az olvadék

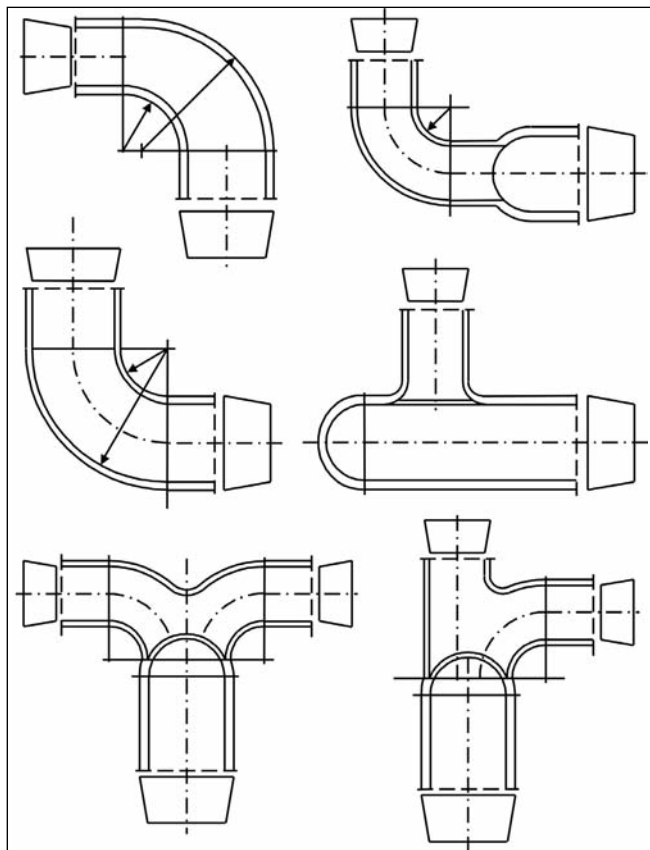
eléri a bekötőt, így az utánnomás már nem lehet teljes mértékben hatásos. Az elosztó keresztmetszetének megválasztásához adott egy megengedett áramlási sebesség, amely általában nem haladja meg a 15 és 20 m/s közötti tartományt. Az elosztóban az olvadék viszonylag alacsony áramlási sebessége csökkenti a kavitációs hajlamot is.

Az elosztórendszer mérete befolyásolja azonban a nyomásos öntvény dermedés közbeni hőmérséklet-eloszlását és a kilökést követő lehülését. A szobahőmérsékletre történő lehülés közben a nyomásos öntvény az elosztócsatorna-rendszer irányába zsugorodik, mivel az elosztó keresztmetszete vastagabb, és ezért melegebb, mint az öntvény fala. Ez deformációkat és visszamaradó feszültséget okoz az öntvényben. A lehülés közben kialakuló zsugorodás csökkentéséhez az elosztó keresztmetszetét viszonylag kicsire kell méretezni, hogy csökkenjen a húzóerő és annak hatása az öntvény tulajdonságaira.

- Az elosztórendszerben áramló olvadék többször elágazik, hogy a megfelelő számú bekötőt táplálni tudja, ezért a főelosztó és a szögletes mellékelosztók méretét a szükséges térfogatáram és az olvadék útját figyelembe véve kell méretezni. Az elosztók keresztmetszete folyamatosan csökkenő kell legyen, hogy az erős turbulens áramlás és örvénylés csökkenjen az elosztókanyarokban és az elágazásokban. A 6. ábra a csökkenő keresztmetszetű elágazó elosztórendszereket mutatja, ahogy az olvadékáramot a bekötőkhöz vezeti. A főelosztó szükséges keresztmetszete általában állandó. A főelosztó keresztmetszetének 1,2–1,3-szor nagyobbak kell lennie az elágazó mellékelosztók összkéretmetszetéhez képest.



■ 6. ábra. Szűkülő keresztmetszetű elosztórendszer-elágazások az olvadék megfelelő bekötőcsatornákhöz történő elosztásához

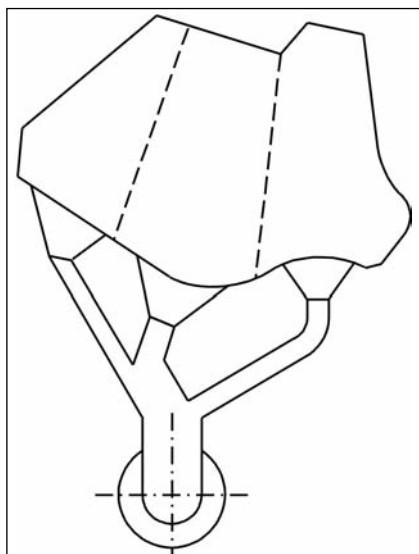


■ 7. ábra. Az elosztó-irányváltások és szűkítések vázlata

• A 7. ábra az elosztórendszer elemeit, néhány elosztókörnyök és elágazás vázlatát mutatja. Az elosztókörnyököket és ágakat különböző sugarakkal, valamint eltérő bemeneti és kimeneti keresztmetszetekkel készítik. Az átmenetek jelentős csökkentése érdekében a lehető legnagyobb kanyarodási rádiust, és csökkenő keresztmetszettel az olvadék-áram gyorsulását kell biztosítani.

### Az öntvény részekre osztása

A formaüreg részekre osztásánál a kritikus területeket választjuk ki. Példaként a 8. ábra mutatja a formaüreg három szegmensre osztását. Az optimális eredmény akkor érhető el, ha a szegmensek száma 2 és 4 között van. Az



■ 8. ábra. A formaüreg részekre osztása

elkülönített szegmensek a nyomásos öntvény olyan területei, amelyek különböznek egymástól, és ezért eltérő formatöltést igényelnek.

Az egyes szegmensekhez, amelyekhez egy adott geometria, falvastagság, olvadék kifolyási úthossz és minőségi követelmény tartozik, a bekötőt és az elosztórendszert pontosan

hozzá kell igazítani. A bekötőt például a szegmensben az olvadék rövid áramlási útjára, vagy a kiváló felületi minőségre tekintettel kell más öntvényrészsel összehasonlítva megválasztani.

A megvágás keresztmetszetének méretezéséhez az egyes szegmenseket külön kell kezelni. Ez lehetővé teszi a szegmenshez tartozó bekötőcsatorna  $A_{Ai}$  keresztmetszeteknek a számítását:

$$A_{Ai} = \frac{t_{Gzi}}{v_{Ai}} \cdot V_{Si} \quad (1)$$

ahol

$V_{Si}$  a szegmens térfogata,

$t_{Gzi}$  a szegmens öntési ideje,

$v_{Ai}$  az olvadék áramlási sebessége a szegmenshez tartozó megvágásban.

A többfészes szerszáműregek elosztójára érvényes, hogy ideális esetben mindegyik egyedi elosztóhoz tartozó szegmens formaüregének ugyanannyi az öntési ideje, mint a többi elosztóhoz tartozó szegmenské. Ha a meghatározott öntési idők és az áramlási sebességek minden szegmensre azonosak, akkor a szegmenshez tartozó megvágás keresztmetszetének és a teljes csokorhoz tartozó megvágások  $A_A$  összkétszámításának hányadosa megegyezik a szegmenshez tartozó formaüreg térfogatának az összes öntött formaüreg  $V_G$  térfogathoz viszonyított arányával:

$$\frac{A_{Ai}}{A_A} = \frac{V_{Si}}{V_G} \quad (2)$$

Az azonos öntési idő és áramlási sebesség a bekötőben az öntvény minden szegmenséhez elve egyszerű lehetőség a szegmensekhez tartozó megvágás keresztmetszetének megválasztására. Ha több bekötővel kialakított elosztórendszert fejlesztenek, akkor az olvadék átfolyási ideje az elosztókban a belépésétől a bekötőig, az összes szegmensnél azonos kell legyen. Ennek, mint egy további előfeltételnek teljesülnie kell. Ezáltal az olvadék egyidőben érheti el a megvágásokat annak érdekében, hogy egyidőben kezdődjön a formaüreg feltöltése. Az elosztókban az olvadék átfolyási ideje  $t_{Fii}$  az elosztóba belépésétől a bekötőig a következő összefüggéssel számolható:

$$t_{Fii} = \frac{S_{GLi} \cdot l_{GLi}}{A_{Ai} \cdot v_{Ai}} \quad (3)$$

ahol

$l_{GLi}$  az elosztó hossza és

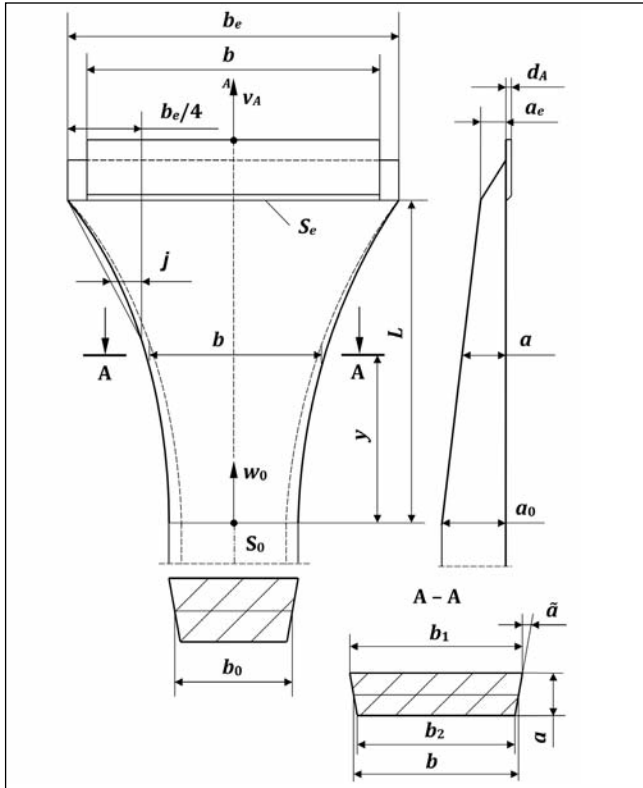
$S_{GLi}$  az elosztó keresztmetszete.

A bemutatott irányelvek kiegészítik az elosztórendszerek tervezésének szabályait, annak ellenére, hogy az elosztórendszerek tervezése terén már széles körű tapasztalatok és releváns szaktudás áll rendelkezésre, a döntéshozatal megkönnyítése érdekében a méretezési folyamat szükséges. Ezek alapján adódik egy számítási módszer, amellyel az elosztórendszerekhez a gyakran használt legyező és tangenciális elosztók kialakíthatók. A módszert a bonyolult és változatos geometriájú áramlási rendszerekre a hidraulika matematikai alapösszefüggései alapján alakították ki. A módszer az elosztók megfelelő geometriai tervezéséhez, továbbá a nyomásos öntőszerszám gyártásához hasznos és szükséges információkat ad.

## 2. rész. Legyező és tangenciális alakú elosztó tervezése

### Legyező alakú elosztó

Az elágazó csatornákkal ellátott legyező alakú elosztókat széles körben használják a nyomásos öntvények gyártásához. A 9. ábra a legyező alakú elosztó keresztmetszetének alpméreteit mutatja.



■ 9. ábra. A legyező alakú elosztó geometriai kialakítása

A legyező alakú elosztó keresztmetszetének geometriája trapéz alakú, mindkét oldalán 10°–15° tartományú ferdeséggel rendelkezik. A legyező alakú elosztó trapéz  $S$  keresztmetszetét a vastagság  $a$  és a közepes szélesség  $b$  szorzataként kell kiszámítani. A legyező alakú elosztó téglalap keresztmetszete a vastagsággal  $a$  és a középső szélességgel  $b$  bármilyen ferdeséggel nagyon könnyen kialakítható. A  $b_1$  és  $b_2$  szélesség az  $a$  vastagságból és a  $b$  közepes szélességből számítható:

$$b_1 = b + a \cdot \tan \gamma \quad b_2 = b - a \cdot \tan \gamma \quad (4)$$

A 9. ábrán bemutatott legyező alakú elosztó vastagsága fokozatosan csökken, és szélessége növekszik. Az elosztó keresztmetszete ezáltal a belépési helytől egyenletesen csökken vagy állandó, a megvágás keresztmetszetéig, hogy a legyező alakú elosztó keresztmetszetében kissé növekvő, vagy állandó áramlási sebességet biztosítson. Az áramlás sebessége a legyező alakú elosztóban mindig kisebb, mint a bekötőben levő áramlási sebesség. Az  $L$  hosszúságú és a megvágás irányába egyenletesen növekvő áramlási sebességű olvadékhhoz tartozó, legyező alakú elosztó  $S$  keresztmetszetét az  $y$  koordináta lineáris függvényében a következőképpen lehet meghatározni:

$$S = a \cdot b = S_0 - (S_0 - S_e) \cdot \frac{y}{L} \quad (5)$$

$$S_0 = a_0 \cdot b_0 \quad S_e = a_e \cdot b_e$$

ahol:

$S_0$  a bemeneti keresztmetszet,

$S_e$  a végső keresztmetszet,

$a_0$  a vastagsága és  $b_0$  közepes szélessége a bemeneti keresztmetszetnek,

$a_e$  a vastagsága és  $b_e$  közepes szélessége a végső keresztmetszetnek,

$L$  a legyező alakú elosztó hossza,

$a$  a legyező alakú elosztó vastagsága és  $b$  közepes szélessége, ha az  $a$  vastagságú keresztmetszet lineárisan csökken  $a_0$ -ról  $a_e$ -re, és a közepes  $b$  szélességben növekszik  $b_0$ -ról  $b_e$ -re.

A fentiekből az  $y$  koordináta függvényében a következő egyenletekkel adódik:

$$a = a_0 - (a_0 - a_e) \cdot \frac{y}{L} \quad b = \frac{S}{a} \quad (6)$$

A  $\varphi$  áramlási szög alatt az olvadéknak a bekötőből a formaüregbe vezető áramlási iránya és a bekötőre merőleges közötti szöget értjük (9. ábra). Ez nagymértékben befolyásolja a legyező alakú elosztó méreteit, mivel nagy irányváltásnál a  $b_A$  megvágás szélességének egy részén nem biztosított az olvadék megvágásbeli áramlási sebessége.

Az áramlási szög 10° és 45° között van, és a gyakorlatban 10° és 35° között választható. A végső keresztmetszet szélességének negyedét  $b_e/4$  (9. ábra) választva az áramlási szög a következő összefüggéssel számítható:

$$\tan \varphi = \frac{b_e}{4 \cdot L} \cdot \left( 1 + \frac{a_0}{a_e} - \frac{2 \cdot S_0}{S_e} \right) \quad (7)$$

Ha az olvadék  $w_0$  áramlási sebességét a bemeneti keresztmetszethez adjuk meg, akkor a legyező alakú elosztóban és a megvágásban az áramlási sebesség a kontinuitási egyenlet segítségével következő összefüggések szerint számítható:

$$w = \frac{S_0}{S} \cdot w_0 \quad v_A = \frac{S_0}{A_A} \cdot w_0 \quad (8)$$

ahol

$v_A$  az áramlási sebesség a megvágásban.

$A_A$  a megvágás keresztmetszete.

A bemutatott számítási módszer egyszerűen használható a legyező alakú elosztó geometriájának alkalmazásorientált számítógépes tervezésére és a méreteinek két vagy három dimenziós ábrázolására. Ez megkönnyítheti a geometriailag változatos elosztócsatorna-rendszer kialakítását. Mivel az elosztórendszer több legyező alakú elosztóból kialakítható, és az elosztórendszer felépítése iteratív folyamat, az optimális eredmény elérése érdekében a legyező alakú elosztó geometriájának részletes bemutatására szolgáló számítógépes program nagyon hasznos. A legyező alakú elosztó megtervezéséhez alkalmas program számításainak helyességét a következő kiinduló adatok megadásával könnyen ellenőrizhetjük:

- Megvágás vastagsága  $d_A = 1,2$  mm
- Megvágás szélessége  $b_A = 95$  mm
- A végső keresztmetszet vastagsága  $a_e = 3$  mm
- A végső keresztmetszet közepes szélessége  $b_e = 100$  mm
- A legyező alakú elosztó hossza  $L = 100$  mm
- Ferdesége  $\gamma = 10^\circ$

A végső keresztmetszet területe a vastagsága és közepes szélessége alapján:

$$S_e = a_e \cdot b_e = 3 \cdot 100 = 300 \text{ mm}^2$$

Az  $S_0$  bemeneti keresztmetszetének azonosnak vagy nagyobbak kell lennie, mint a legyező alakú elosztó végének  $S_e$  keresztmetszete. A számításhoz a bemeneti keresztmetszetnek  $S_0 = 336 \text{ mm}^2$  adható meg, ami a végső keresztmetszeténél csak kicsit nagyobb, annak érdekében, hogy az olvadék áramlási sebességét növeljük a legyező alakú elosztóban, így a bemeneti keresztmetszettől a végső keresztmetszetéig kissé növekszik. Például, ha a bemeneti keresztmetszet vastagsága  $a_0 = 12 \text{ mm}$  és közepes szélessége  $b_0 = 28 \text{ mm}$ , akkor az áramlás beesési szögét a (7) egyenlettel a következőképpen számítjuk:

$$\tan \varphi = \frac{100}{4 \cdot 100} \cdot \left( 1 + \frac{12}{3} - \frac{2 \cdot 336}{300} \right) = 0,69$$

$$\varphi = 34^\circ$$

Mivel  $34^\circ$  kisebb, mint a gyakorlatban megengedett maximális  $35^\circ$  áramlási szög, a legyező alakú elosztó további számítása elvégezhető.

Ha az áramlási szög ezzel szemben túl nagy lenne ( $> 35^\circ$ ), akkor új kezdeti adatokat kellene megadnunk annak érdekében, hogy megfelelő áramlási szöget kapjunk. A legyező alakú elosztó  $S$  keresztmetszetét, a vastagságát és  $b$  szélességét az (5) és (6) egyenlettel számíthatjuk, az  $y$  koordináta függvényében:

$$S = 336 - 0,36 \cdot y \quad a = 12 - 0,09 \cdot y \quad b = \frac{S}{a}$$

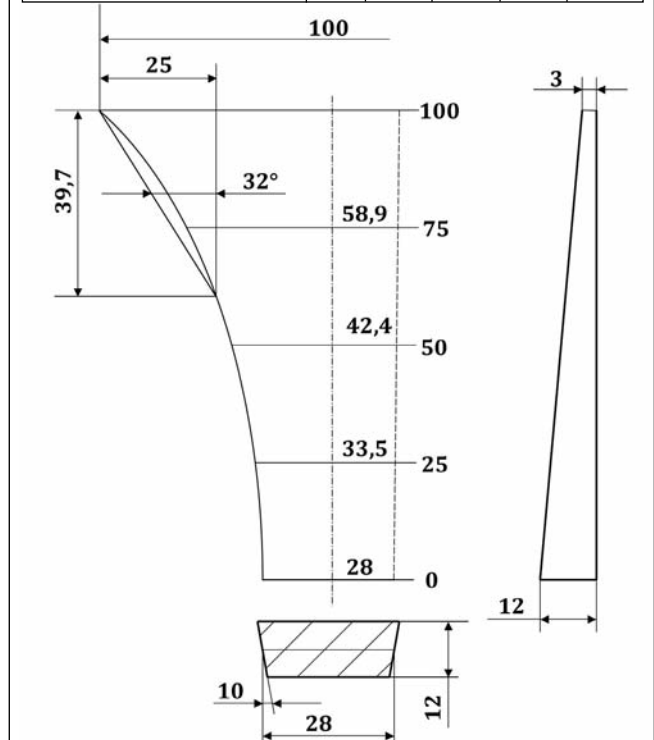
A legyező alakú elosztónak a számított méreteit és az öntési profil vázlatát táblázatos formában a 10. ábra tartalmazza.

Mindenütt a trapéz keresztmetszetű rész mindkét oldalán  $10^\circ$  oldalferdeséget alkalmazunk. A legyező alakú elosztó  $a$  vastagsága és  $S$  keresztmetszete lineárisan csökken a bemeneti és a végső keresztmetszete között. A legyező alakú elosztó közepes szélessége  $b$  a keresztmetszet lineáris csökkentésével kiszélesedik egy geometriailag bonyolult összefüggés szerint. A legyező alakú elosztó és a megvágás áramlási sebességének kiszámításához  $15 \text{ m/s}$  áramlási sebességet választunk a bemeneti keresztmetszethez. Ezzel a megvágásnál  $44,2 \text{ m/s}$  áramlási sebességet érünk el.

### Tangenciális elosztó

Tangenciális elosztókkal kiváló minőségű, vékony falvastagságú nyomásos öntvények gyárthatók. Ezeknél a vékony megvágásokkal kialakított elosztóknál a főelosztóban az olvadék a formaüregre merőlegesen áramlik, és annak a közelében egy vagy két irányba elágazó és szűkülő tangenciális elosztóban a formaüreg mentén, azzal párhuzamosan halad tovább. Az olvadékáramlás a főelosztóból  $90^\circ$ -kal elkanyarodik, mielőtt a kétirányú tangenciális elosztókba bejut. Ezt követően az áramlási irány körülbelül  $90^\circ$ -kal ismét megváltozik, amikor az olvadék a megvágáson keresztül bejut a formaüregbe. Tangenciális elosztó esetén az olvadék megvágástól a formaüreg másik faláig tartó áramlási útja a kedvező formatöltési viszonyok érdekében kellően rövid lehet.

Koordináta $y$ [mm]	0	25	50	75	100
Vastagság $a$ [mm]	12	9,8	7,5	5,3	3,0
Közepes szélesség $b$ [mm]	28	33,5	42,4	58,9	100
Szélesség $b_1$ [mm]	30,1	35,3	43,7	59,8	100,5
Szélesség $b_2$ [mm]	25,9	31,8	41,1	57,9	99,5
Keresztmetszet $S$ [mm <sup>2</sup> ]	336	327	318	309	300
Áramlási sebesség a legyező alakú elosztóban $w$ [m/s]	15	15,4	15,9	16,3	16,8

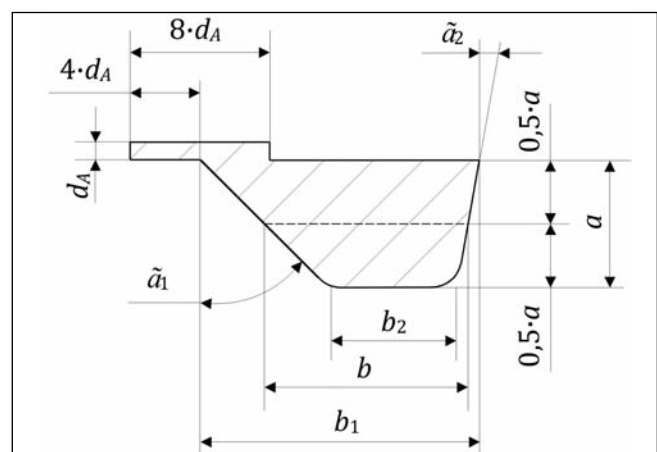


■ 10. ábra. A legyező alakú elosztó geometriai kialakítása

A tangenciális elosztó általában trapéz keresztmetszetű, melynek méretei az  $a$  vastagsága és a  $b$  közepes szélessége, valamint a  $\gamma_1$  és  $\gamma_2$  különböző ferdeségei (11. ábra).

A tangenciális elosztó  $S$  keresztmetszete, valamint a  $b_1$  és  $b_2$  szélességek az  $a$  vastagság és a  $b$  közepes szélesség adataiból a következő képletekkel számítható:

$$S = a \cdot b \quad b_1 = b + \frac{a}{2} \cdot (\tan \gamma_1 + \tan \gamma_2) \\ b_2 = b - \frac{a}{2} \cdot (\tan \gamma_1 + \tan \gamma_2) \quad (9)$$



■ 11. ábra. A tangenciális alakú elosztó és a bekötőcsatorna metszetének méretviszonyai

A trapéz keresztmetszetű tangenciális elosztóhoz a közepek szélesség és vastagság  $b/a$  aránya 1 és 2 között, a  $\gamma_1$  ferdeség  $30^\circ$ - $60^\circ$  között választható, a  $\gamma_2$  ferdeség  $10^\circ$  értéke ajánlott.

Mivel az öntvényt és a beömlőrendszert együtt távolítják el a formaüregből, a megvágásnak vastagabbnak kell lennie annak érdekében, hogy a kidobásakor elegendő szilárdságot biztosítson. Mivel az alumíniumöntvényetek hajlamosak a szerszám felületéhez tapadni, a megvágás vastagabb lehet, mint amit cinköntvényeteknél megszoktunk.

Ezért alumíniumöntvényetek esetén legyen a megvágás minimális  $d_A$  vastagsága  $0,75$ – $0,8$  mm-nél nagyobb. Ajánlott továbbá, hogy az alumínium nyomásos öntvényeknél az olvadék áramlási sebessége a tangenciális elosztóban  $20$  m/s és a megvágásban  $50$  m/s értéket ne haladja meg.

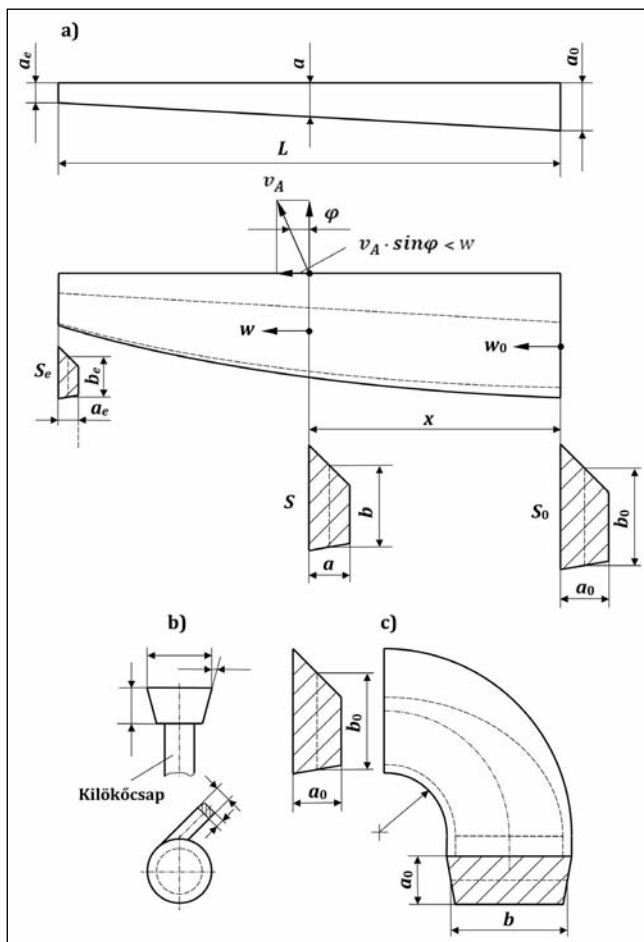
A tangenciális elosztó keresztmetszetét a bemeneti nyílástól a végéig egyenletesen csökkentjük az olvadék áramlási sebességének folyamatos növekedése érdekében. Ha az olvadék áramlása a tangenciális elosztóban felgyorsul, akkor a nyomáseloszlás kedvezőbb, nagy áramlási sebesség kisebb méretű tangenciális elosztókkal alakítható ki. A tangenciális elosztó hosszában a növekvő nagy áramlási sebesség kedvező nyomásviszonyokat biztosít, hogy áramlási egyenetlenség ne alakuljon ki, és a hőmérsékletcsökkenés a lehető legkisebb legyen. Olyan elosztórendszer esetén, amelyben az olvadék viszonylag nagy sebességgel áramlik, a hidraulika tervezési elveit helyesen kell alkalmazni, és a tangenciális elosztó áramlási keresztmetszetét, valamint a megvágás keresztmetszetét az öntőgép fémzállítási teljesítményéhez kell igazítani.

A 12. ábra a tangenciális elosztó alapvető alkotóelemeit, a csillapító és a könyök kialakítását szemlélteti. A tangenciális elosztó biztosítja az olvadék megfelelő áramlási viszonyait az elosztókönyök kimeneti keresztmetszetétől a megvágásig. A vége felé egyenletesen szűkül, a hossza megegyezik a nyomásos öntvény méretével, és lehetővé teszi a nagyon vékony és hosszú megvágás alkalmazását. Mivel a tangenciális elosztóág végén nagyon nagy áramlási sebesség alakul ki, ami a formaüreg falának károsodásához vezethet, ezért az olvadék kinetikus energiájának csökkentésére csillapító túlfolyót alkalmaznak. A tangenciális elosztó végén egy kis trapézcsatoma vezet át a tárcsa alakú csillapítóba. A kidobócsapot a csillapító átmérőjéhez kell igazítani.

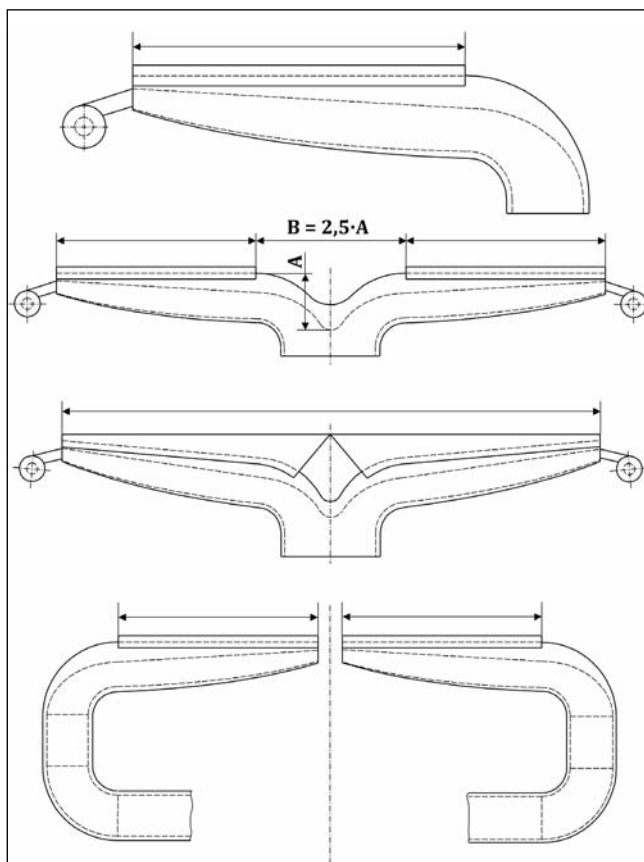
A tangenciális elosztó nagy áramlási sebességeinél a könyököket jól kell megtervezni, hogy elkerülhető legyen az áramlási egyenetlenség, az ebből adódó levegőbezáródások és kavitációs problémák. Az elosztóban lévő könyököket ezért folyamatosan csökkenő keresztmetszettel és kellően nagy sugárral alakítják ki, hogy felgyorsuljon az olvadék áramlása, és kedvező nyomásviszonyok alakuljanak ki.

Ezekkel az alkotóelemekkel a tangenciális elosztó csatornák különböző változatai állíthatók össze. A 13. ábra a tangenciális elosztók néhány példáját mutatja.

A párosan elrendezett tangenciális elosztók felhasználhatók a hosszú megvágás táplálására. Az áramlás két tangenciális elosztóra történő osztása rövid kifolyási utat hoz létre a formaüregben, így az ötvözethez tartozó és az elosztóra vonatkozó követelmény kisebb. A tangenciális elosztók közötti delta alakú terület legyező alakú táplálásként használható. A formaüreg méretétől függően a gyakorlatban



12. ábra. A tangenciális alakú elosztó alapelemei: a) tangenciális elosztó, b) lökésálló túlfolyó, c) elosztó-irányváltás



13. ábra. Példák a tangenciális alakú elosztó kialakítására

különbéle deltakialakításokat használnak, amelyek azonban az Y alakú kétoldalas tangenciális elosztó kialakítását és gyártását nagyon megnehezítik. A két tangenciális elosztó középső részén történő táplálás általában problémát okoz. A 14. ábra példaként mutatja a deltaterület vázlatát.

A geometriailag összetett elosztócsatornák kialakításánál felmerülnek bizonyos nehézségek. Különös figyelmet kell fordítani a csökkenő keresztmetszetű tangenciális elosztóban az olvadék két irányban elágazó tömegáramlásának, valamint az olvadék formaüregbe történő beáramlásának a problémájára.

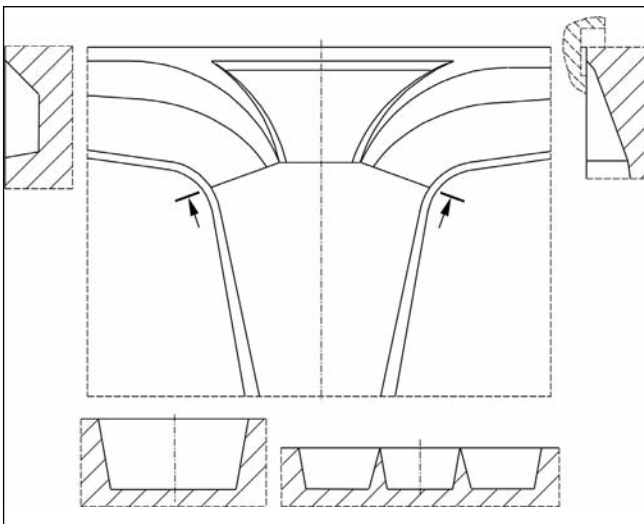
Állandósult viszonyoknál a tangenciális elosztóhoz tartozó megvágásból az öntőforma üregét  $\varphi$  áramlási szögű, ferde irányú olvadéksugárral töltjük meg (12a ábra). A  $\varphi$  áramlási szög a bekötőből a formaüregbe áramló olvadék iránya és a bekötőre merőleges közötti szöget jelenti. A formaüreg feltöltése függ a bekötőben az olvadék irányától és a  $v_A$  áramlási sebességétől, valamint az olvadék tangenciális elosztóbeli  $w$  áramlási sebességétől.

A tangenciális elosztóban  $w$  áramlási sebesség kicsi értékénél a  $\varphi$  áramlási szög majdnem nulla. Ez azt jelenti, hogy az olvadék áramlása a megvágásból a formaüregbe a tangenciális elosztóhoz képest körülbelül  $90^\circ$ -kal elfordul. Az áramlási szög növekszik, ha a tangenciális elosztóban az áramlási sebesség nagyobb.

Az áramlási szög a maximális értéket akkor éri el, ha az áramlási sebesség megvágásra eső komponense egyenlő az olvadék tangenciális elosztóban kialakuló áramlási sebességével. Az áramlási sebesség megvágásra eső komponense ( $v_A \cdot \sin \varphi$ ) a valóságban ugyanakkor mindig kisebb, mint az olvadék  $w$  áramlási sebessége a tangenciális elosztóban, ennek az aránya ( $\varepsilon$ ) a következőképpen számítható:

$$0 \leq \varepsilon = \frac{v_A \cdot \sin \varphi}{w} < 1 \quad (10)$$

Ha a megvágás  $v_A$  áramlási sebessége és a tangenciális elosztó  $w$  áramlási sebessége közötti  $v_A/w$  arány 2 és 4 között van, akkor a (10) összefüggésből az áramlási szög  $0^\circ$  és  $30^\circ$  között adódik. Mivel a tangenciális elosztóban nagy áramlási sebességnél az áramlási szög nem lehet nulla, és az  $\varepsilon$  arány mindig kisebb 1-nél, az áramlási szög kiszámítá-



■ 14. ábra. A tangenciális alakú elosztó középső részének (deltaterület) kialakítása a szerszámotétben

sához az  $\varepsilon$  arányt 0,5 és 0,7 közötti tartományból választjuk. Ha a megvágásban az áramlási sebesség 50 m/s, a tangenciális elosztóban 20 m/s és az  $\varepsilon = 0,5-0,7$  közötti, akkor az áramlási szög  $\varphi = 12-16^\circ$  között számolható.

A 12a ábrán láthatók a szűkülő tangenciális elosztó alapvető méretei, melynek a keresztmetszetét a bemenettől a végéig egyenletesen csökkentjük annak érdekében, hogy a tangenciális elosztó egészében fokozatosan növekvő vagy állandó áramlási sebességet érjünk el. Ha a vastagságot lineárisan csökkentjük  $a_0$ -ról  $a_e$ -re, és növeljük a  $b$  közepes szélességet, akkor a következő összefüggéseket lehet alkalmazni a tangenciális elosztó trapéz alakú keresztmetszetének vastagságára és közepes szélességére, az  $x$  koordináta függvényében:

$$a = a_0 - (a_0 - a_e) \cdot \frac{x}{L} \quad b = \frac{S}{a} \quad (11)$$

ahol

$a_0$  a bemeneti keresztmetszet vastagsága,

$a_e$  a végső keresztmetszet vastagsága,

$L$  a tangenciális elosztó hossza és  $S$  a keresztmetszete.

A formaüreg feltöltésének folyamata az olvadéknak a megvágáshoz tartozó áramlási irányától és sebességétől, valamint különösen az egyenes térfogatáramától függ.

A tangenciális elosztó választott geometriájának tehát biztosítania kell a formaüregbe áramló olvadék viszonylag állandó sebességét a megvágás mentén lévő összes ponton, ami alapvető követelmény a tangenciális elosztó kialakításánál. A megvágásban állandó  $v_A$  áramlási sebesség eléréséhez a tangenciális elosztó  $S_0$  bemeneti keresztmetszetét és  $S_e$  végső keresztmetszetét, valamint a  $w$  áramlási sebességet az  $x$  koordináta függvényében a következő képletek adják:

$$S_0 = L \cdot d_A \cdot \frac{v_A \cdot \cos \varphi}{w_0} \quad S_e \approx 0,1 \cdot S_0 \quad (12)$$

$$w = w_0 \cdot \frac{S_0}{S} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right) \quad (13)$$

Ebben  $d_A$  a megvágás vastagsága és  $w_0$  a tangenciális elosztó bemeneti keresztmetszetéhez tartozó áramlási sebesség.

A tangenciális elosztó méretének meghatározásához annak  $S$  keresztmetszetét az  $x$  koordináta függvényében kell meghatározni. A gyakorlatban a tangenciális elosztók tervezésénél a keresztmetszet szűkítésének különféle változatait használják. Négy változatot mutatunk be példaként.

1) A keresztmetszet szűkítésének első változataként a tangenciális elosztó  $S$  keresztmetszete az  $x$  koordináta függvényében lineárisan csökken:

$$S = S_0 - (S_0 - S_e) \cdot \frac{x}{L} \quad (14)$$

2) A tangenciális elosztó tervezésénél a közepes szélességet általában kétszer olyan nagyra választják, mint a vastagságát,  $b = 2 \cdot a$ . A tangenciális elosztó  $S$  keresztmetszetét tehát a következő összefüggés adja:

$$S = 2 \cdot \left(a_0 - \frac{a_0 - a_e}{L} \cdot x\right)^2 \quad (15)$$

3) A keresztmetszet szűkítésének következő változatát a gyakorlatban gyakran alkalmazzák. Itt a tangenciális elosztónak nemcsak az  $a$  vastagságát, hanem  $b$  szélességét is lineárisan csökkentik  $b_0$ -ról  $b_e$ -re az  $x$  koordináta függvényében. A tangenciális elosztó keresztmetszetének meghatározása:

$$S = \left( a_0 - \frac{a_0 - a_e}{L} \cdot x \right) \cdot \left( b_0 - \frac{b_0 - b_e}{L} \cdot x \right) \quad (16)$$

ahol

$b_0$  a bemeneti keresztmetszet közepes szélessége és  $b_e$  a végső keresztmetszetének közepes szélessége

4) Ha az olvadékaáramlás differenciálegyenletét az elosztó keresztmetszetében változó térfogatárammal használjuk a megvágásból kiáramló olvadék tömege szerint, akkor a tangenciális elosztó keresztmetszetére a következő összefüggést kapjuk:

$$S = S_e \cdot \frac{x}{L} + S_0 \cdot \left( 1 - \frac{x}{L} \right)^{2-\varepsilon} \quad (17)$$

A tangenciális elosztó nagyságát a választott  $S$  keresztmetszet alapján a (14)–(17) egyenletek szerint, az  $a$  vastagságát és  $b$  szélességét az  $x$  koordináta függvényében a (11) egyenlettel határozhatjuk meg.

A következő két példát annak szemléltetésére mutatjuk be, hogy a különböző módszerek alkalmazása hogyan befolyásolja a tangenciális elosztó geometriáját. A tangenciális elosztók számításához mindkét esetben az alábbi kiindulási adatok tartoznak:

- Megvágás vastagsága  $d_A = 1,2$  mm,
- Megvágás hossza  $L = 100$  mm,
- Áramlási sebesség a tangenciális elosztó bemeneti keresztmetszetben  $w_0 = 15$  m/s,
- Áramlási sebesség a megvágásban  $v_A = 40$  m/s
- $\varepsilon$  aránya = 0,5
- Ferdeség:  $\gamma_1 = 45^\circ$  és  $\gamma_2 = 10^\circ$

A fenti kiindulási adatok megadásával az áramlási szögget, a bemeneti keresztmetszetet és a tangenciális elosztó bemeneti és végső keresztmetszetét számíthatjuk ki a (10) és (12) egyenletekből:

$$\varepsilon = \frac{v_A \cdot \sin \varphi}{w_0} = \frac{40 \cdot \sin \varphi}{15} = 0,5 \quad \text{és} \quad \varphi = 11^\circ$$

$$S_0 = 100 \cdot 1,2 \cdot \frac{40 \cdot \cos 11^\circ}{15} = 314 \text{ mm}^2 \text{ és } S_e = 30 \text{ mm}^2$$

A tangenciális elosztó  $S$  keresztmetszetének kiszámításához az  $x$  koordináta lineáris függvényét választjuk a (14) egyenlet szerint:

$$S = 314 - 2,84 \cdot x$$

A tangenciális elosztó bemeneti és végső keresztmetszetekhez tartozó választott vastagsága  $a_0 = 12$  mm és  $a_e = 4$  mm, valamint a  $S$  keresztmetszete alapján a vastagságát és a közepes szélességét a (11) egyenletekből kapjuk:

$$a = 12 - 0,08 \cdot x \quad b = \frac{S}{a}$$

A tangenciális elosztóban az olvadék áramlási sebességét a (13) egyenletből kapjuk:

$$w = 15 \cdot \frac{314}{S} \cdot (1 - 0,01 \cdot x)$$

Az  $x$  koordináta lineáris függvényében kiszámítottuk a (14) egyenlet szerint szűkülő tangenciális elosztó méreteit, és azt táblázatban, valamint a 15. ábrán látható vázlatra rajzon mutatjuk be. A tangenciális elosztó szűkülő keresztmetszetének geometriai méretei hasonló módon meghatározhatók más módszer szerinti változatokra is. A (17) egyenlet szerinti összefüggés a tangenciális elosztó szűkülő keresztmetszetének számítására:

$$S = 0,3 \cdot x + 314 \cdot (1 - 0,01 \cdot x)^{1,5}$$

Ilyen módon meg lehet határozni a tangenciális elosztó méretét, ahogy az előző példában láthattuk.

A szűkülő keresztmetszet kiszámított méretét táblázatban és a vázlatra rajzon a 16. ábra mutatja. Ezzel a geometriával a megvágásban az áramlási sebesség állandó marad, és a tangenciális elosztóban az olvadék áramlási sebessége a 15. ábrán láthatóhoz képest növekszik.

Ha az olvadék áramlása a tangenciális elosztóban felgyorsul, akkor kedvezőbb nyomásváltozás, kisebb elosztó méretek és az olvadék lehető legkisebb hőmérséklet-csökkenése érhető el. A tangenciális elosztóban a megvágásból kilépő olvadék áramlásának a leírásához nagyon sok elméleti ismeret hiányzik.

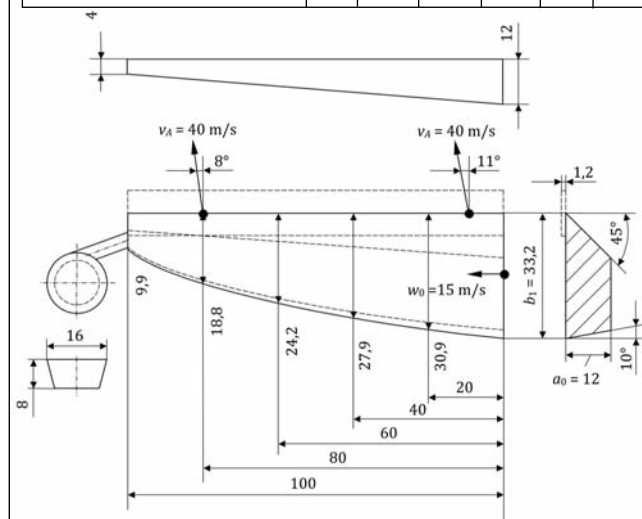
### A tangenciális elosztóban az olvadék áramlásának elméleti alapjai

A tangenciális elosztóban a megvágásból kilépő olvadék áramlásának leírásához a változó térfogatáramhoz tartozó differenciálegyenletet kell használni:

$$\frac{dp}{\rho} + w \cdot dw + w^2 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \frac{dQ}{Q} = 0 \quad (18)$$

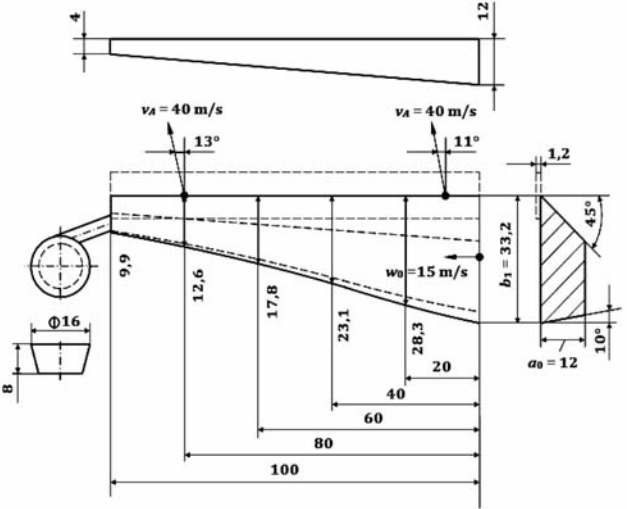
$$\text{melyhez} \quad 0 \leq \varepsilon = \frac{v_A \cdot \sin \varphi}{w} < 1$$

Koordináta $x$ [mm]	0	20	40	60	80	100
Vastagság $a$ [mm]	12	10,4	8,8	7,2	5,6	4
Közepes szélesség $b$ [mm]	26,2	24,7	22,8	19,9	15,5	7,5
Szélesség $b_1$ [mm]	33,2	30,9	27,9	24,2	18,8	9,9
Szélesség $b_2$ [mm]	19,1	18,6	17,6	15,7	12,2	5,1
Keresztmetszet $S$ [mm <sup>2</sup> ]	314	257,2	200,4	143,6	86,8	30
Áramlási sebesség a legyező alakú elosztóban $w$ [m/s]	15	14,7	14,1	13,1	10,9	0



■ 15. ábra. A tangenciális elosztó vázlata és mérettáblázata

Koordináta $x$ [mm]	0	20	40	60	80	100
Vastagság $a$ [mm]	12	10,4	8,8	7,2	5,6	4
Közepes szélesség $b$ [mm]	26,2	22,2	17,9	13,5	9,3	7,5
Szélesség $b_1$ [mm]	33,2	28,3	23,1	17,8	12,6	9,9
Szélesség $b_2$ [mm]	19,1	16,1	12,8	9,3	6,0	5,1
Keresztmetszet $S$ [mm <sup>2</sup> ]	314	230,7	157,9	97,4	52,1	30
Áramlási sebesség a legyező alakú elosztóban $w$ [m/s]	15	16,3	17,9	19,3	18,1	0



■ 16. ábra. Az egyenletesen szűkülő keresztmetszetű tangenciális elosztó vázlata és méretábrázolása

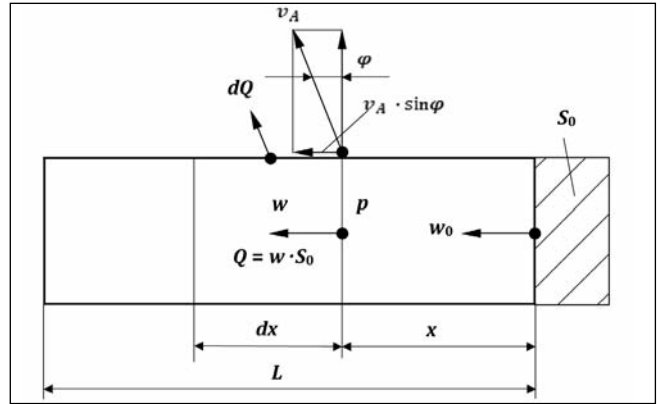
Itt  $\rho$  az olvadék sűrűsége,  $p$  az olvadék nyomása a tangenciális elosztóban,  $w$  az olvadék áramlási sebessége a tangenciális elosztóban,  $v_A$  az olvadék áramlási sebessége a megvágásban,  $Q$  az olvadék térfogatárama a tangenciális elosztóban,  $\varphi$  az olvadék áramlási szöge,  $dQ$  a megvágásból kilépő olvadék térfogatárama.

A (18) egyenletből következik, hogy az olvadék áramlási sebességének a megvágásra eső komponense ( $v_A \cdot \sin \varphi$ ) mindig kisebb kell legyen, mint a tangenciális elosztóban a  $w$  áramlási sebesség. Ha ez a komponens megegyezik a tangenciális elosztóban a  $w$  áramlási sebességgel és az arány  $\varepsilon = 1$ , akkor a (18) egyenletből a legfontosabb harmadik tag, a tangenciális elosztóban a megvágásból kilépő olvadék áramlási energiájának csökkenése eltűnik. Ez a feltételezés azt jelenti, hogy a megvágásból már kilépett olvadék nem befolyásolja az olvadék áramlását a tangenciális elosztóban.

Ez természetesen nem igaz, mivel a tangenciális elosztóban az olvadék leválása a fősugártól az áramlási energiájának megváltozásához vezet.

Ennek alapján az olvadék áramlási sebesség megvágásra eső komponense csak a tangenciális elosztó  $w$  áramlási sebességének egy részét képezi. Ez a szempont megmutatja az egyik alapvető különbséget a szerző számítási módszere és más számítási módszerek között, amelyek az áramlási szög kiszámításához feltételezik, hogy a megvágás mentén az olvadék áramlási sebesség komponense egyenlő a tangenciális elosztó áramlási sebességével.

A (18) differenciálegyenlet azonban bonyolult, és csak numerikus módszerrel oldható meg a csökkenő keresztmetszetű tangenciális elosztókhoz. Abban az esetben, ha a tangenciális elosztó keresztmetszete állandó, a (18) differenciálegyenlet integrálható. Ennek megoldását az  $S_0$



■ 17. ábra. A tangenciális elosztó azonos keresztmetszettel

állandó keresztmetszetű tangenciális elosztóra vonatkoztatva a 17. ábra mutatja.

A megvágáson áthaladó  $dQ$  térfogatáramot a  $d_A$  megvágás vastagsága és a  $dx$  megvágás hossza alapján a következő egyenletekkel kell kiszámítani:

$$dQ = -\mu \cdot d_A \cdot dx \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p}{\rho}} \quad (19)$$

vagy

$$dQ = -v_A \cdot d_A \cdot dx \cdot \cos \varphi \quad (20)$$

ahol  $\mu$  a megvágás kiáramlási száma.

Ez lehetővé teszi a tangenciális elosztóban az olvadék kialakuló nyomásának a (19) egyenletből történő meghatározását:

$$p = \frac{\rho}{2 \cdot (\mu \cdot d_A \cdot \cos \varphi)^2} \cdot \left( \frac{dQ}{dx} \right)^2 \quad (21)$$

A nyomáskülönbség  $dp$  értékét a következőképpen kell meghatározni:

$$dp = \frac{\rho}{(\mu \cdot d_A \cdot \cos \varphi)^2} \cdot \frac{dQ}{dx} \cdot \frac{d^2 Q}{dx^2} \cdot dx \quad (22)$$

A tangenciális elosztóban az olvadék  $Q$  térfogatárama alapján számítható a tangenciális elosztóban az olvadék  $w$  áramlási sebessége és az áramlási sebesség különbsége  $dw$  a tangenciális elosztó állandó  $S_0$  keresztmetszete esetén:

$$Q = w \cdot S_0 \quad w = \frac{Q}{S_0} \quad dw = \frac{1}{S_0} \cdot \frac{dQ}{dx} \cdot dx \quad (23)$$

Ha a (22) és (23) egyenletet beillesztjük a (18) egyenletbe, akkor a tangenciális elosztóban az olvadék térfogatáramának  $Q$  másodrendű differenciálegyenletét kapjuk:

$$\frac{d^2 Q}{dx^2} + (2 - \varepsilon) \cdot \left( \frac{\mu \cdot d_A \cdot \cos \varphi}{S_0} \right)^2 \cdot Q = 0 \quad (24)$$

A (24) differenciálegyenletnek az integrálásához a peremfeltételek:

$$Q = w_0 \cdot S_0 \quad x = 0 \text{ értékhez}$$

$$\text{és } Q = 0 \quad x = L \text{ értékhez}$$

Néhány átalakítás után a tangenciális elosztóban az olvadék áramlási sebessége kifejezhető az  $x$  koordináta függvényében:

$$w = w_0 \cdot \frac{\sin \left[ k \cdot \left( 1 - \frac{x}{L} \right) \right]}{\sin k} \quad (25)$$

Ahol  $k$  jelentése:

$$k = \frac{\mu \cdot d_A \cdot L \cdot \cos \varphi}{S_0} \cdot \sqrt{2 - \varepsilon}$$

Az olvadék áramlási sebességét a bekötőben a (25) egyenlet differenciálásával és a (20) egyenlet átalakításával kapjuk:

$$v_A = \mu \cdot w_0 \cdot \sqrt{2 - \varepsilon} \cdot \frac{\cos \left[ k \cdot \left( 1 - \frac{x}{L} \right) \right]}{\sin k} \quad (26)$$

A (25) és (26) egyenlet lehetővé teszi az olvadék áramlási sebességének meghatározását állandó keresztmetszetű tangenciális elosztóban és a megvágásban az elosztó mérete alapján. Példaként számítsuk ki az állandó keresztmetszetű tangenciális elosztó adatait a következő kiinduló adatokkal:

- Megvágás vastagsága  $d_A = 1,2$  mm,
- Megvágás hossza  $L = 100$  mm,
- Tangenciális elosztó keresztmetszete  $S_0 = 314$  mm<sup>2</sup>,
- Áramlási sebesség a bemeneti keresztmetszetben  $w_0 = 15$  m/s,
- Az olvadék áramlási szöge  $\varphi = 11^\circ$ ,
- $\varepsilon$  arány = 0,5,
- A kiáramlási szám száma  $\mu = 0,6$ .

Ezekkel a kezdeti adatokkal a  $k$  együttható:

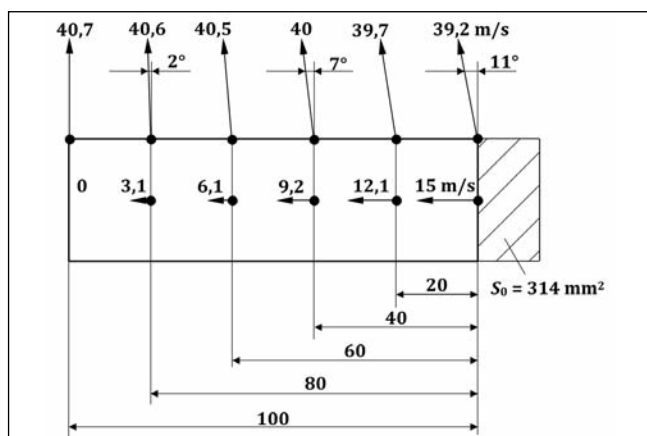
$$k = \frac{0,6 \cdot 1,2 \cdot 100 \cdot \cos 11^\circ}{314} \cdot \sqrt{2 - 0,5} = 0,276$$

Ez alapján az áramlási sebesség a tangenciális elosztóban és a bekötőben meghatározható a (25) és (26) egyenletből az  $x$  koordináta függvényeként:

$$w = 55,5 \cdot \sin \left[ 0,276 \cdot \left( 1 - \frac{x}{100} \right) \right] \quad \text{és}$$

$$v_A = 40,7 \cdot \cos \left[ 0,276 \cdot \left( 1 - \frac{x}{100} \right) \right]$$

Az állandó, 314 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű tangenciális elosztóban kialakuló áramlási sebesség számítási eredményeit a 18. ábra mutatja. Ebből látható, hogy az olvadék áramlási sebessége a megvágásban gyakorlatilag állandó, miközben a tangenciális elosztóban az áramlási sebesség jelentősen csökken a bemeneti helytől az elosztó végéig. A tangenciális elosztóban az olvadék állandó vagy egyenletesen gyorsuló sebességének elérése érdekében csökkenteni kell a tangenciális elosztó keresztmetszetét.



■ 18. ábra. Az állandó keresztmetszetű tangenciális elosztóban számított áramlási sebességek

A csökkenő keresztmetszetű tangenciális elosztónál az olvadék áramlási sebességének a (18) differenciálegyenlet szerinti egyszerű kiszámításához feltételezzük, hogy a megvágás  $v_A$  áramlási sebessége és a tangenciális elosztóban a  $p$  nyomás állandó. A (18) differenciálegyenlet tehát a következőképpen fejezhető ki:

$$\frac{dw}{w} + (1 - \varepsilon) \cdot \frac{dQ}{Q} = 0 \quad (27)$$

Ha a (27) differenciálegyenletet tovább integráljuk, akkor a tangenciális elosztó  $S$  keresztmetszetére a következő összefüggést kapjuk:

$$S = S_0 \cdot \left( \frac{Q}{Q_0} \right)^{2-\varepsilon} \quad (28)$$

A megvágás állandó áramlási sebességénél az olvadék  $Q$  térfogatáramát a tangenciális elosztó bármely keresztmetszetében a következő egyenlet adja:

$$Q = Q_0 \cdot \left( 1 - \frac{x}{L} \right) \quad (29)$$

Ha a (29) egyenlet szerinti térfogatáramot beillesztjük a (28) egyenletbe, akkor a tangenciális elosztó keresztmetszetét az  $x$  koordináta függvényében kapjuk:

$$S = S_0 \cdot \left( 1 - \frac{x}{L} \right)^{2-\varepsilon} \quad (30)$$

Mivel a tangenciális elosztó tervezésénél a végső  $S_e$  keresztmetszet kicsi, a tangenciális elosztó keresztmetszete a következő egyenlettel határozható meg:

$$S = S_e \cdot \frac{x}{L} + S_0 \cdot \left( 1 - \frac{x}{L} \right)^{2-\varepsilon} \quad (31)$$

A szűkülő tangenciális elosztó (31) egyenlet szerinti kiszámított keresztmetszetének eredményeit a 16. ábra mutatja.

## Összefoglalás

A jó minőségű öntvénygyártás fontos előfeltétele az olvadéknak a megvágások irányába történő szabályozott áramlása az elosztócsatorna-rendszeren keresztül, annak érdekében, hogy a formaüregben optimális áramlási viszonyok alakuljanak ki. A megvágások elrendezése és azok táplálása, valamint az elosztócsatorna-rendszer kialakítása központi jelentőségű a nyomásos öntési technológiában. A bemutatott vizsgálatok alapján meghatároztuk az elosztó-rendszerek áramlástanai alapjait, mely leírja a hatékony elosztórendszer kialakításához szükséges, bonyolult geometriájú legyező és tangenciális alakú elosztók tervezésének és gyakorlati alkalmazásnak új módszereit.

Az alkalmazott módszerek nagyon könnyen programozhatók, és lehetővé teszik a legyező alakú és a tangenciális elosztók keresztmetszeteinek, az olvadék áramlási sebességének és az áramlási szögeinek a kialakítását a megvágás méretétől és a megvágásban kialakuló áramlási sebességétől függően. Az olvadék tangenciális elosztóban történő áramlásának a leírásánál alkalmaztuk a csatornában a leváló tömegű olvadéokra vonatkozó áramlás differenciálegyenletét. Ez egy fontos lépés a tangenciális elosztóban az olvadék áramlására vonatkozó elméleti alapok meglévő hiányának kiküszöbölése érdekében. Példaként meghatároztuk egy legyező alakú és a két tangenciális elosztó méreteit is.

KŐSZEGI SZILVIA – SZÉPVÖLGYI JÁNOS – BEREZKI PÉTER

## Új, piacképes hengerelt alumíniumtermékek technológiájának fejlesztése az Arconic-Köfém Mill Products Hungary Kft. és kiemelkedő hazai felsőoktatási K+F intézmények együttműködésében

Az Arconic-Köfém Mill Products Hungary Kft. konzorciumot hozott létre a Miskolci Egyetemmel, a Dunaújvárosi Egyetemmel és a győri Széchenyi István Egyetemmel 2016-ban azzal a céllal, hogy a Széchenyi 2020 program keretében Európai Unió és Magyarország Kormánya által támogatott GINOP pályázatban valósítsa meg közös kutatás-fejlesztési feladatokat. A vállalt témák lefedték az autópár, gépipar és más felhasználói piacok számára történő fejlesztéseket korszerű termék-előállítás, módosított alumínium hengerelési technológiák és új generációs alumíniummegoldások területén. A konzorcium további célja között az is szerepelt, hogy egyesítse a tagok különféle anyagokra vonatkozó innovációs szakértelmét, az alkalmazott tudomány és a műszaki fejlesztés terén szerzett jártasságát, valamint lehetővé tegye az egyetemi képzésben részt vevő hallgatók számára a korszerű ipari technológiák és vizsgálati módszerek gyakorlatban való megismerését. A közös kutatás 2020 márciusában zárult. A feladatok négy fő témacsoportot öleltek át, melyek legfontosabb eredményét foglaljuk össze a cikkben.

### Alumínium öntészeti technológiák fejlesztése

Ebben a témában a Miskolci Egyetem kutatói vezetésével a hallgatók is aktív résztvevői voltak a gyakorlati megvalósításnak. A kitűzött célok között szerepelt az alumínium alapanyagok olvasztásával fellépő fizikai-kémiai folyamatok elemzése, és a lejátszódó oxidációs és halmazállapotváltozási jelenségek modellezése. Ezt követően történt meg a fémvesztéssel járó salakképződési folyamatok jellemzése és a reakciók lejátszódási feltételeinek az olvasztás körülményei függvényében való meghatározása. Az elméleti és szimulációs eredmények alapján elvégzett öntési kísérletek során létrejövő optimális technológiai paraméterek és az öntőszerszám-design módosításával válik a kutatás a gyakorlatban is hasznosíthatóvá.

Ki kell hangsúlyozni az elért eredmények újdonságtartalmát. Az olvasztási és olvadákezelési folyamatok komplex értékelése, a kémiai átalakulások fizikai-kémiai jellemzői és az anyagok többszempontú vizsgálata, valamint a hatékonyság fizikai modellen végzett kísérletei és az eredmények üzemi validálása új komplex tudásanyagot eredményezett. A kísérlet tárgya egy olyan víz alapú modell

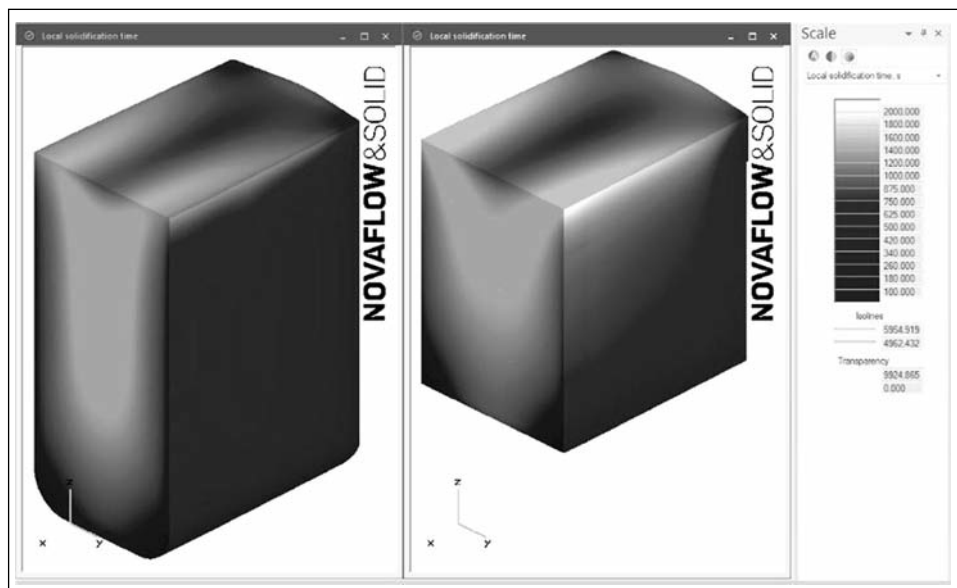
volt, amiben a folyékony fémfázis helyett vizes közeggel vizsgáltuk az olvadáktisztítás folyamatát és az azt befolyásoló paramétereket.

A nyers salakok melegfeldolgozási technológiájában alkalmazott adaléksóanyagok hatásmechanizmusának, valamint a termomechanikus kezelés főbb üzemi paramétereinek összetett értékelése alapján újszerű technológiai meg-



1. ábra. Színezett üveghabok (balról jobbra: referencia, sárga, kék üveghab)

**Kőszegi Szilvia** okl. vegyészmérnök, tanulmányait a BME Vegyészmérnöki Karán végezte. 2010-ben szerzett PhD-fokozatot anyagtudományi szakterületen. Jelenleg az Arconic-Köfém Mill Products Hungary Kft.-nél kutatás-fejlesztési memókként vesz részt K+F feladatok és konzorciumi pályázatok koordinálásában. Emellett a Dunaújvárosi Egyetem docenseként anyagmérnök hallgatókat oktat. **Szépvölgyi János** szakmai életrajzát 2012/2. számunkban közzöltük. **Berezki Péter** szakmai életrajzát 2014/5-6. számunkban közzöltük.



■ 2. ábra. Helyi dermedési idő 3D metszeten Novaflow és Solid modellel

oldások születtek. A maradványsalakok vizes közegű „sótanítására”, valamint a só kinyerésére egyszerűen megvalósítható és hatékony eljárást dolgoztunk ki. Ezzel lehetővé vált a kezelt sómentes maradvány oxidos alapanyagának kerámia- és acélgyártási célú közvetlen hasznosítása is.

A kutatómunka során egy 100%-ban hulladékanyagokból (üveg+salak) készült anyagot, egy új típusú üveghabot is kifejlesztettünk, melyben a salak kettős funkciót lát el, alapanyag és habosító adalék is egyben. Az alapanyagok arányának változtatásával nem csupán a termék tulajdonságai, hanem akár a színe is változtatható (1. ábra).

A kezelt, tisztított salak újrahasznosításával csökkent a veszélyes hulladék mennyisége, és a kutatás egyben hozzájárult a fenntartható fejlődés irányába mutató technológiák, anyagok használatához.

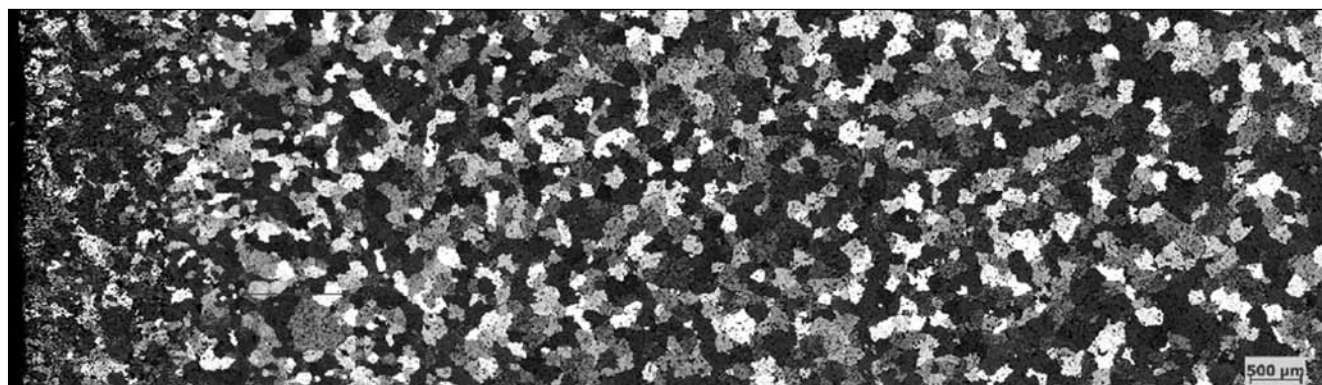
A félfolyamatos öntési technológia modellezése és fejlesztése során meghatároztuk az üzemi öntött ötvözetre jellemző anyagtulajdonságokat, eltérő lehűlési sebességek esetén. A hőmérséklet változása az öntött geometria, a kokilla és a vaktuskó esetén tetszőleges helyen és időben meghatározható. A primer és szekunder hűtés paramétereinek függvényében (hőmérséklet, nyomás, térfogatáram) számítható a kialakuló hőmérséklettér és a kristályosodás sebessége (2. ábra). Ennek a modellnek a kidolgozásában döntő szerepe volt a Miskolci Egyetemen működő Öntészeti Intézetnek.

ságainak, illetve mérőszámainak felmérését és értékelését követően a piaci viszonyok és elvárások figyelembevételével meghatároztuk az ipárgspecifikus felhasználói követelményeit és igényeit. Az elérendő terméktulajdonságok és határállapotok szempontjából optimális fémtani folyamatokat leíró paraméterekkel meghatározott hengerlési és hőkezelési technológia hozzájárult a minőségileg jobb termékek gyártástechnológiájának kidolgozásához.

A téma megvalósult eredményei között kiemelendők a következők: teljeskörűen felmértük az Arconic gyártási palettájában szereplő ötvözetek öntött állapotú mikroszerkezetét, és meghatároztuk azokat az optimális homogenizálási paramétereket, amelyek adott ötvözetnél szükségesek a legmegfelelőbb mikroszerkezet eléréséhez.

Az AlMgSi ötvözetcsaládba tartozó alapanyagoknál továbbfejlesztett tuskóösszetétel és öntési paraméterek javítják a repedésérzékenységet, és elérik a kívánt homogén, finomszemcsés állapotot (3. ábra). Az eredmények alapján új gyártástechnológiát vezetett be az Arconic.

A többrétegű, multilayer tube termékeknél az alapanyag kémiai összetételének módosításával és új megleghengerlési gyártástechnológia bevezetésével javult az alacsony ötvöztartalmú hidegen hengerelt szalagtermékek mikroszerkezetének homogenitása, csökkent a szemcsestruktúra rétegesége, ezáltal a mechanikai tulajdonságok is egyenletesebbek lettek. A hengerelt felület struktúrájának,



■ 3. ábra. Öntött tuskószelet szélzónája szemcsefinomító adagolásával (EN AA6182 ötvözet)

## Alumíniumötvözetek, segédanyagok, termékek, folyamatok fejlesztése

A téma legfontosabb feladata az alumíniumötvözetek tervezése, az ötvözet műszaki határállapotainak és képességeinek feltárása, a határállapotokhoz illeszkedő termék- és alkalmazáspecifikus gyártástechnológiák kidolgozása volt. A komplexitásból kifolyólag ebben a feladatban minden résztvevő aktívan közreműködött.

A fejlesztésre kijelölt termékek jelenlegi mechanikai, alakíthatósági, korrózióállósági és hegeszthetőségi tulajdon-



■ 4. ábra. Autóipari tartály véglemez, valamint fellépő foglalat (stepbox) prototípusok

érdességének és minőségének fejlesztésével javult a termékek hegeszthetősége és adhéziós tulajdonságai.

A hidegen hengerelt szalag felületén lévő kopadék és a hengerfelület kialakítása, valamint a hengerlési redukció közötti kapcsolat vizsgálata során kimutatható volt, hogy az érdesített henger felülete a kenési tulajdonság javításán keresztül, míg a hengerlési technológia a redukció növekedésével jelentősen csökkenti a hengerelt felületre jutó kopadék mennyiségét, ezáltal nagymértékben javítható a hengerelt termékek felületminősége.

A közepes magnéziumtartalmú alapanyagoknál az ötvözesi koncepció és a gyártástechnológia módosításával elérhető lett a vevők által kívánt, a szabványos előírásokat meghaladó nyúlásérték úgy, hogy egyben az anizotróp tulajdonságok is javultak. A továbbfejlesztett alapanyagból autóipari tartálylemez, valamint stepbox prototípusok kerültek gyártásra (4. ábra).

A folyamatban kiemelt figyelmet kapott a környezetkímélő csomagolóanyagok fejlesztése, melynek során új, alternatív anyagok gyártása, tesztelése, vevői bemintázása is megvalósult. A csomagolási folyamatok szabályozásával (visszajáratás, újrahasznosítás), a tevékenységek és felhasznált csomagolóanyagok lehetséges optimalizálási kritériumainak kidolgozásával a vevői igények minél magasabb színvonalú kielégítése és a környezetterhelés csökkentése volt a cél.

A kutatások eredményeként létrejött egy olyan alternatív megoldás a lemeztermékek csomagolására, amely azonos védelmi szint mellett csökkenti a fa alapú csomagolóanyagok felhasználását (5. ábra).



■ 5. ábra. Alternatív, visszajártható raklap

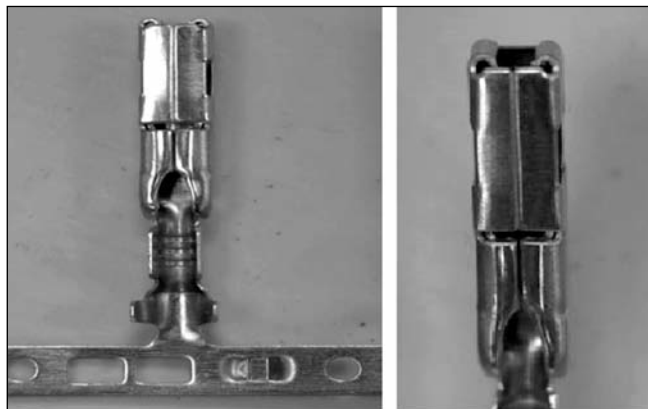
A közepes magnéziumtartalmú 5052-es ötvözetből gyártott inhalátorflakonoknál olyan anyagra van szükség, amely az alakított részekben nem szakad. Az ebből az ötvözetből gyártott terméknel módosították a gyártási folyamatot és optimalizálták a lágyítási programot. A hőkezelési program változtatásával energia és gyártási kapacitás is megtakaríthatóvá vált.

A nagy magnéziumtartalmú 5182-es ötvözet homogenizálási paramétereinek, gyártástechnológiájának fejlesztésével egy speciális kialakítású, stancolt kábelvég-csatlakozó terméknel (6. ábra) kiváló alakíthatósági tulajdonságú terméket gyártott az Arconic. A nagy magnéziumtartalmú ötvözetek alakíthatóságának javulását nagyobb mennyiségű kohófém alkalmazásával érték el. A tisztaság növelése erőteljesen csökkentette a nem egyensúlyi intermetallikus fázisok számát, ezáltal javította a képlékenységi tulajdonságokat.

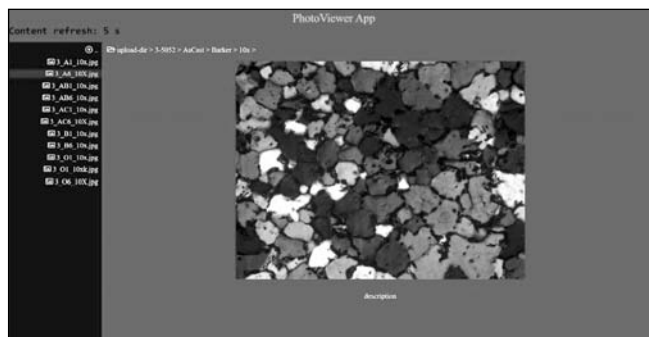
#### Alumíniumtermékek hőkezelési technológiájának tervezése

A hengerelt termékek vevőkhöz való kiszállítási állapota általában egy lágy, hőkezelt gyártmány, ezért nem lenne teljes a kutatás anélkül, hogy ne vizsgálnánk meg mélyrehatóbban a hőkezelés anyagszerkezetre, vagy akár a felületi oxidációs folyamatokra gyakorolt hatását. Laboratóriumi kísérleteket végeztünk, melyek a különböző tuskó-előmelegítési/homogenizálási technikák ötvözetspecifikus kifejlesztésére fókuszáltak, mely eredményeképpen az ötvözetcsaládok homogenizálásának optimalizálása történt meg fémtani és energiafelhasználási szempontból. A képességek fejlesztésével modern szerkezetvizsgálati módszereket is bevezettünk a termelésben. A szövetszerkezet, az energiafelhasználás és a felületi minőség szempontjainak együttes kezelése, optimalizálása volt az egyik cél.

A hengerelt félkésztermékek hőkezelés után kialakuló felületi tulajdonságai és a hengerlési technológia (pl. a kenőanyag típusa, mennyisége, állapota) közötti összefüggés vizsgálatával, további feldolgozásának szimulációjával, végállapotának jellemzésével, a szövetszerkezet (pl. textúra) hatásainak összesítésével a termékek tulajdonságai folyamatosan javultak. Az üzemi kísérletek segítségével technológiai folyamatok tesztelése, üzemi kemencék fejlesztése, paramétereinek optimalizálása, a különböző tuskó-előmelegítési programok alkalmazhatósági vizsgálata történt meg.



■ 6. ábra. Stancolt kábelvég-csatlakozó



■ 7. ábra. A mikroszerkezeti katalógus szoftver felhasználói felülete

A kísérleti hőkezelések mintáiról készített optikai mikroszkópi és elektronmikroszkópi felvételek alapján elkészült egy mikroszerkezeti katalógus (7. ábra). Ezen katalógus célja, hogy mint referencia adatbázis tartalmazza az üzemi folyamatok során bekövetkező változások hatásait, és a termelésből vett mintákkal összevethető legyen. Ezzel az egyes eltérések feltárhatók, és az adatbázisban rögzített fémtani folyamatoktól való eltérések mértéke alapján megjósolható a hiba mértéke és annak hatása a végtermék tulajdonságaira. Az adatbázis lehetőséget ad az előmelegítés korrekciójára is. A felvételek és műszeres analitikai eredményeken túl a hiba oka és elkerülésének módja is rögzítésre kerülhet.

Összefoglalva megállapítható, hogy új módszertant dolgoztunk ki, amivel nagyméretű üzemi kemencék programjaihoz hangolható a laboratóriumi kemence, a kemencék ellenőrző bemérési adatai alapján. A módszertanhoz kapcsolódóan egy találmány is megszületett, amelynek tárgya egy vezeték nélküli kemencesonda eszközegegyüttes (8. ábra), amely két külön egységből áll. Egy adóegységből, amely tartalmazza a hőmérséklet nyomon követésére szolgáló elektronikát hőszigetelő rétegbe zárva, és egy vevőegységből, amely a továbbított adatokat tudja fogadni. A hőmérséklet mérésére és az adatok vezeték nélküli rádiófrekvenciás továbbítására az adóegység 50 órás időtartamig képes 700 °C-os kemence-hőmérséklet mellett szabad térben 500 m hatótávolságra.

A nagy magnéziumtartalmú alumíniumötvözetek lágyító hőkezeléskor hajlamosak a felületbarnulásra a magnéziumnak a felület felé történő diffúziója és oxidációja következtében. A létrejött spinell szerkezet és a felületen maradó

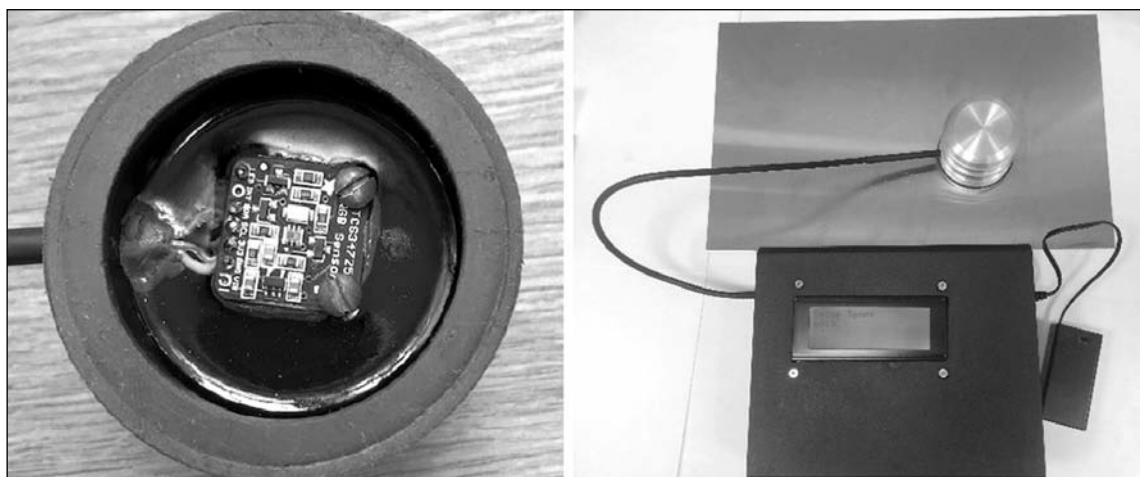
technológiai emulziók hőkezeléskor történő reakciója következtében a barnulás erőteljes is lehet, amely esztétikai és további felületek z e l é s i szempontokból nem kívánatos a vevők számára. A felületi bar-



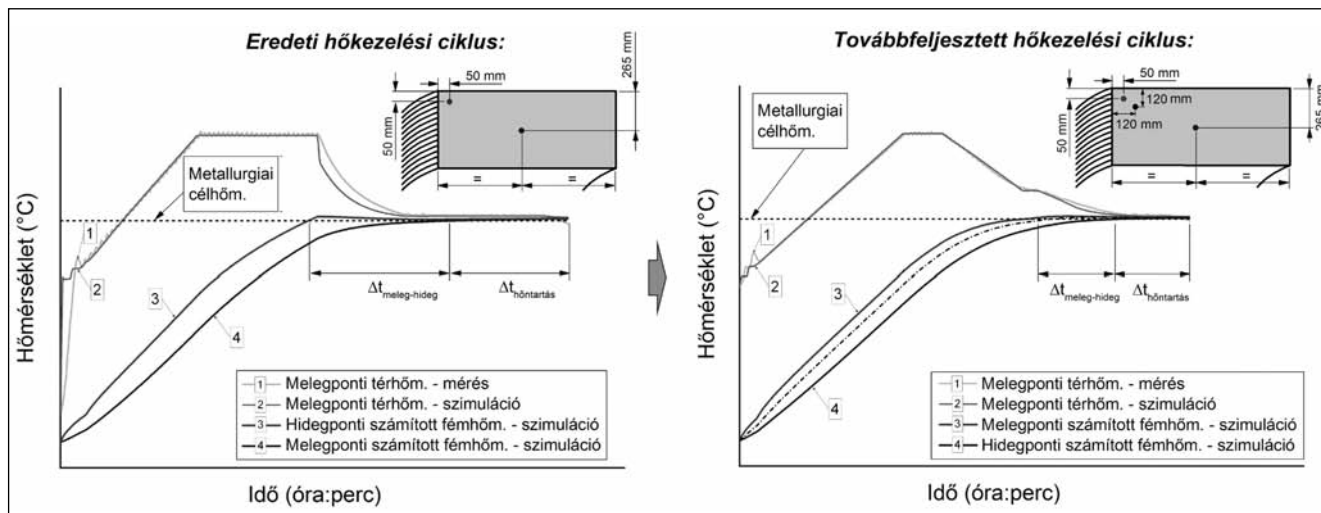
■ 8. ábra. Hőmérsékletmérő és regisztráló műszer, amely az előmelegítő kemencében a betéttel utazva gyűjti és tárolja a fémhőmérsékleti adatokat

nulás mértékének vizsgálatára és a barnaság „számszerűsítésére” kifejlesztettünk, elkészítettünk és teszteltünk egy színhőmérséklet-mérésen alapuló, hordozható mérőberendezést (9. ábra). A berendezés és mérési elve, mind a tesztelési eredmények, mind a használat alátámasztja a berendezés és a vizsgálati eljárás újdonság tartalmát és alkalmazhatóságát.

Az alumíniumtermékek hőkezelésével foglalkozó kutatási terület egy másik jelentős eredményét a késztermékek, azaz a tekercsek hőkezelésének területén értük el. A részleges lágyításokkal (megegersztés) gyártott H2x állapotoknál nagyon fontos követelmény a mechanikai tulajdonságok homogenitása, amely egy – akár 10 tonnás és 1500 mm szélességű – tekercsnél nehezen érhető el. Ehhez a jelenlegi hőkezelési programok vezérlésének és paraméterezésének számítógépes szimulációval és üzemi bemérésekkel támogatott módosítását hajtottuk végre. A modellezés fő célja a tekercs hideg- és a melegponton mért hőtartási időkülönbségének minimalizálása volt. A 10. ábra jobb oldalán látható, teljesen új vezérlési sémának köszönhetően azonban nemcsak a mikroszerkezeti és me-



■ 9. ábra. A színhőmérséklet szenzor és a mérőberendezés



■ 10. ábra. A tekercsek hőkezelési szimulációjának eredményei

chanikai tulajdonságok homogenitása javult, hanem rövidült a hőkezelési ciklusok ideje, ami számottevő energiamegtakarítást eredményezett. Bizonyos termékeknél a technológiai lépések számának csökkentése, így további költségmegtakarítás is elérhetővé vált.

### Hengerlési technológiák képlékenyalakítási szimulációval támogatott fejlesztése

A hengerlési technológiák továbbfejlesztésének témakörében célul tűztük ki az egy- és többrétegű termékek képlékenyalakításának modellezését, a modell segítségével a terméktulajdonságok javítását, majd az új technológiák optimalizálását.

A képlékenyalakításkor fellépő belső anyagszerkezeti változások és ezek terméktulajdonságokra gyakorolt hatásának mélyebb megértése volt az egyik fő célkitűzésünk. Ahhoz, hogy meghatározzuk a vizsgált ötvözetekre érvényes anyagtörvényeket és a hengerlés közben végbemenő szerkezetváltozásokat, fizikai szimulációval támogatott végeselemes modellezést végeztünk az ipari folyamat körülményeire jellemző termomechanikai paramétertartományban. A hengerlési folyamat másik fontos jellemzője a sűrűdés. Törvényszerűségeinek meghatározása az üzemi kenőanyagok felhasználásával, kísérleti hengerállványon, különböző paraméterek hatáselemzésével történt. Az elméleti számítások, a kísérletek és modellezések alapján kidolgoztuk a többrétegben melegen

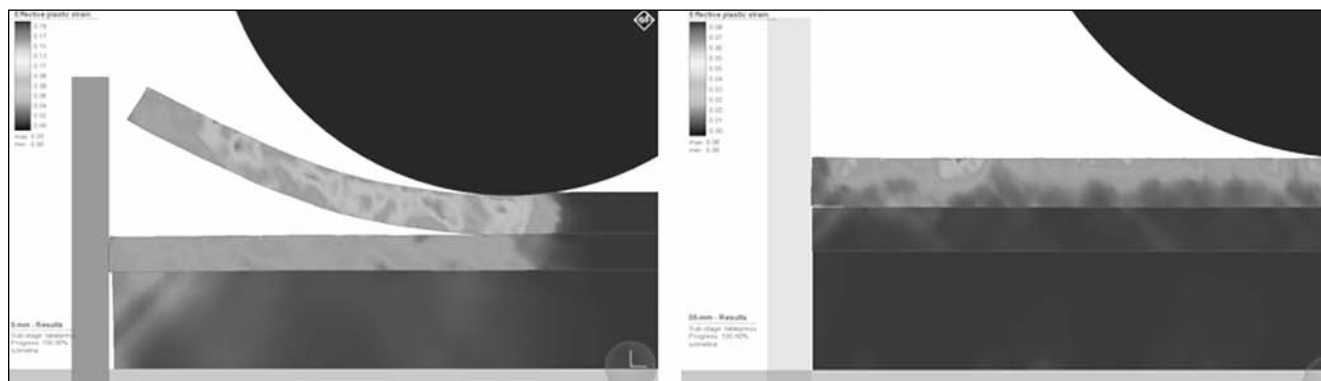
hengerelt fémek anyagszerkezetének vizsgálatainak technikáját is (11. ábra).

Kifejlesztettünk egy eljárást, amellyel az egyrétegű, alacsonyán ötvözött termékek melegen hengerelt szemeszerkezete és a deformáció közbeni kristályregenerációs folyamatok előre jelezhető termomechanikus szimulációval. A kísérletek és a kidolgozott anyagtörvények segítségével módosított szűrastervek jelentősen csökkentették a melegen hengerelt szerkezet vastagság és szélesség menti inhomogenitását (12. ábra). Ez egyúttal javította a végtermék mechanikai tulajdonságait is.

A témakörön belül továbbá egy korábban kidolgozott és szabadalmazásra benyújtott eljárást is adaptáltunk a többrétegű plattírozott alapanyagok kísérleti gyártásához, melyhez a Miskolci Egyetem egy berendezést is épített. Az így kifejlesztett eljárás merőben új, eddig a többrétegű lemezek előállításánál nem alkalmazott technológiát jelent. A kísérletek alapján, az eljárás ipari bevezetésével a gyártási selejt és a felhasznált energia is lényegesen csökkenthető, továbbá az alumíniumipari termékek (többrétegű lemezek) minősége javítható.

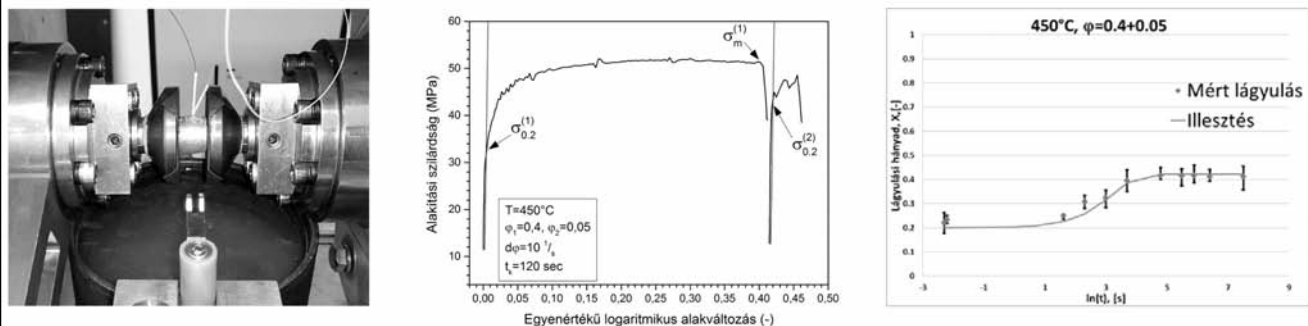
### Összefoglalás, következtetések

A projekt elsődleges célja maximálisan teljesült, olyan termékek jöttek létre, amelyekből különösen jól alakítható hengerelt lemez prototípusok születtek autóipari, gyógyszeripari, elektronikaiipari vevőknek. A környezettudatos

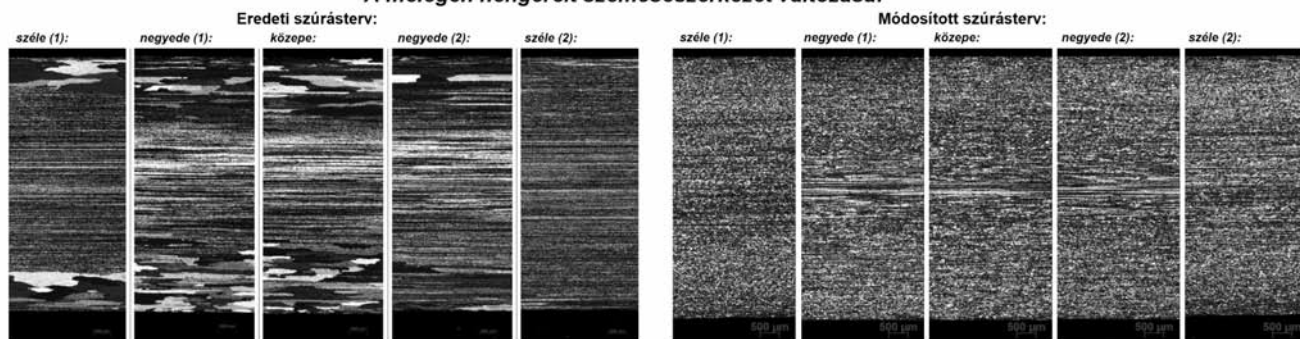


■ 11. ábra. A többrétegű termékek melegen hengerlésének végeselemes modellje

### A meleghengерlés fémтani folyamatainak fizikai szimulációja:



### A melegen hengerelt szemcseszerkezet változása:



■ 12. ábra. A meleghengерlés fémтani folyamatainak fizikai szimulációja, és az ennek eredményei alapján módosított szűrőrásterv hatása a szemcseszerkezetre

ság, a fenntartható fejlődés és az intelligens technológiák területén sikerült olyan visszaforgatási módszert kidolgozni, amellyel az alumíniumgyártás melléktermékeiből hasznos, hosszú élettartamú építőipari terméket lehet előállítani, amely magyar szabadalomként is bejegyezhető lesz a jövőben.

A projekt eredményei túlmutattak az Arconic-Kőfém Mill Products Hungary Kft. határain, hiszen a projekt támogatásával egy olyan tudásbázis és kutatás-fejlesztési infrastruktúra jött létre, amely hosszú távon is meghatározhatja az iparág magyarországi fejlődését.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Széchenyi 2020 program GINOP-2.2.1-15-2016-00018 számú projektje keretében, több mint 1,6 milliárd forint összköltséggel, mintegy egymilliárd forint európai uniós támogatással valósult meg. A projekt résztvevői köszönetüket fejezik ki a CEIS, Central European Investment Service munkatársainak az adminisztrációs és dokumentációs folyamatokban nyújtott segítségével.

KAZUP ÁGOTA – KÁRPÁTI VIKTOR – HEGEDÜS BALÁZS – GERGELY GRÉTA – GÁCSI ZOLTÁN

## Öntési paraméterek hatása a kristályosodó szövetszerkezetre félfolyamatosan öntött AISi ötvözet esetén

*Az Indutherm CC3000 félfolyamatos kísérleti öntőművel különböző alumíniumötvözeteket kristályosítottunk laboratóriumi körülmények között. AISi12 ötvözet öntésénél változtattuk a szekunder hűtés mértékét és az öntési sebességet. Az így létrejött szövetszerkezetet képelemző szoftver segítségével kvantitatív módon jellemeztük.*

Kazup Ágota, Kárpáti Viktor, Hegedüs Balázs, Gácsi Zoltán szakmai életrajzát 2019/5-6. számunkban közzöltük. Gergely Gréta a Miskolci Egyetemen 2005-ben anyagmérnöki, 2007-ben minőségbiztosítási mérnöki oklevelet, 2008-ban PhD-fokozatot szerzett. 2014-től adjunktus az ME Fémтani, Képlékenyalakítási és Nanotechnikai Intézetében.

## 1. Bevezetés

Félfolyamatos öntéstechnológiával az alakítandó ötvözeteken kívül a keményforrasztás alapanyagaként szolgáló terméket is állítanak elő. Az öntési paraméterek változásai nagymértékben kihatnak a kristályosodó szövetszerkezet tulajdonságaira. Végző soron a rendszerben végbemenő hőátadási folyamatok irányítják a kristályosodási folyamatokat, így fontos szerepet tölt be minden ehhez kapcsolódó öntési paraméter és anyagi tulajdonság [1].

Munkánk során félfolyamatos öntéstechnológiával öntött, az iparban a keményforrasztás alapanyagaként alkalmazott AlSi12 ötvözet szövetszerkezetét vizsgáltuk [2]. A szövetszerkezetben lévő eutektikus szilícium finom és gömbszerű megjelenése a mechanikai tulajdonságok szempontjából kedvezőbb, mint a durva, lemezes-tűs forma. Nem egyensúlyi kristályosodás esetén az ötvözet alumínium szilárd oldatot és az eutektikum mellett rideg, poliéderez primer szilíciumot is tartalmazhat. A gyakorlati felhasználás szempontjából leginkább a homogén, gömbös eutektikus szilíciumot tartalmazó, primer szilícium nélküli szövetszerkezet a megfelelő. Amennyiben a primer szilícium mégis megjelenik, törekedni kell arra, hogy minél finomabb legyen, mert ekkor a forrasztanyag könnyebben hengrelhető és forrasztásra is alkalmasabb.

## 2. Kísérleti tevékenység

### 2.1. Öntési kísérletek

Az általunk használt Indutherm CC3000 félfolyamatos kísérleti öntőmű működési elvéről és magáról a félfolyama-

1. táblázat. Kísérleti paraméterek [3]

# Kísérleti mátrix	$T_o$ , olvadék [°C]	$T_k$ , kristályosító [°C]	$v_o$ , húzási [mm/s]	Öntés közbeni szünet [s]	Szekunder vízűtés	$v_o$ , öntési [mm/s]
#1	750	450	0,1	0,1	Nincs	0,091
#2	770	450	0,1	0,1	Van	0,091
#3	770	450	0,3	3	Nincs	0,075
#4	740	450	4	0	Van	4
#5	770	450	4	9,9	Van	0,37

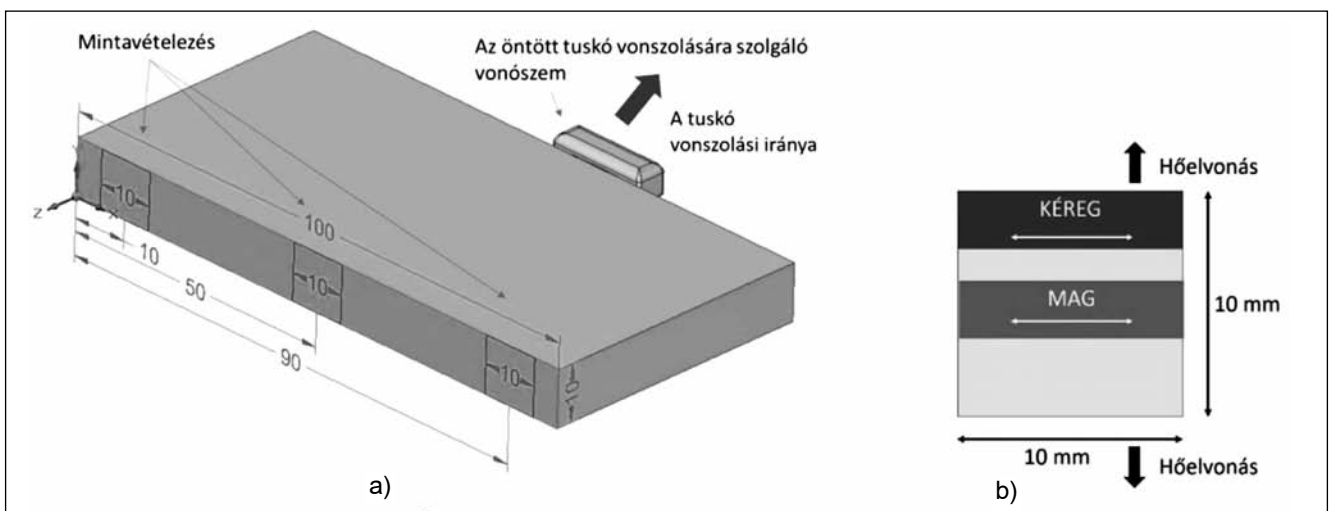
tos öntéstechnológiájáról egy korábban megjelent szakcikkünkben számoltunk be [3].

Kísérleteink során az öntési paramétereknek a szövetszerkezetre kifejtett hatását vizsgáltuk. Ilyen paraméter volt a húzási sebesség ( $v_{húzási}$  [mm/s]), az öntés közbeni szünet ([s]) funkció és a szekunder vízűtés. Az összesen öt öntési kísérlet során mindig csak egy-egy paramétert változtattunk (1. táblázat). Az összehasonlítás a változó paraméter szerint történt: az #1 és #2 számú kísérletek esetén a szekunder hűtés alkalmazásának hatását (van/nincs), az #1 és #3 számú kísérletek esetén az öntési sebesség változásának hatását szekunder hűtés nélkül, valamint a #4 és #5 számú kísérletek esetén a szünet funkció hatását szekunder hűtés mellett tanulmányoztuk [3]. A paramétereket az AlSi12 ötvözet önthetőségének figyelembevételével választottuk meg. Az ötvözet összetétele: 12,7% Si, 0,2% Fe, 0,1% >Mn, Mg, Cu. Az öntött tuskóból a próbatestek kimunkálása az 1. ábra szerint történt.

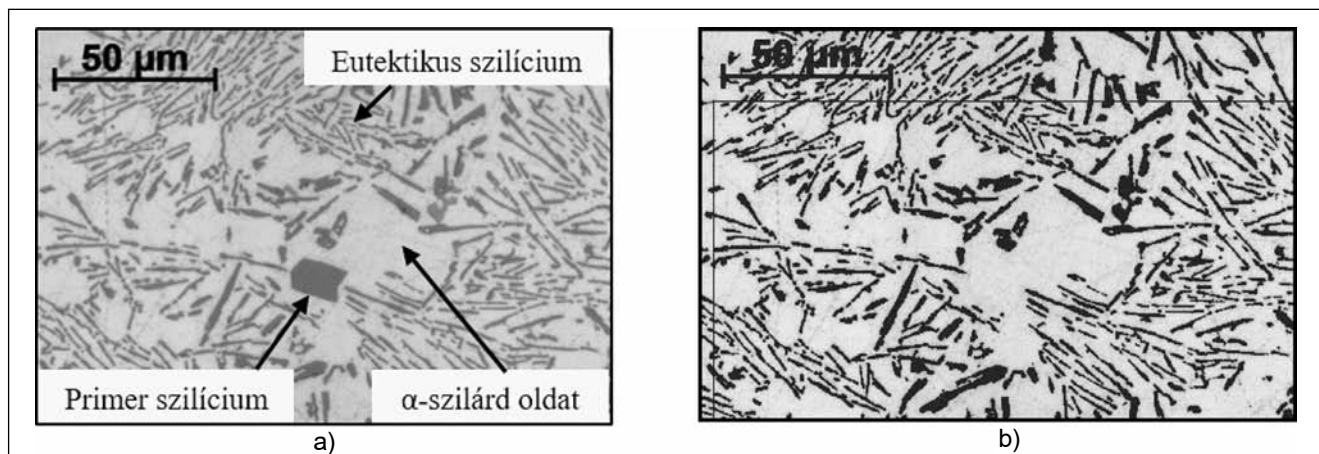
### 2.2. A szövetszerkezet vizsgálata

Az öntési paraméterek módosítása miatt bekövetkező szövetszerkezeti változásokat jellemezhetjük a szövetben megjelenő fázisok alakjával és méretével. A szilícium képlemező szoftverrel mért területéből és kerületéből számolt alak tényezővel megadhatjuk a kör alaktól való eltérés fokát. A körszerűség, illetve a terület alapján az AlSi ötvözetekben megjelenő eutektikus szilícium finomsága meghatározható [4]. Az általunk vizsgált szövetszerkezetben lévő eutektikumot eszerint jellemeztük.

Hidrogén-fluoridos maratással előkészített mintákról optikai mikroszkóppal a szövetszerkezetet kellően reprezentáló képeket (2a ábra) készítettünk. A felvételeken látható fázisokat a Leica QWin képlemező szoftverrel választottuk el egymástól. A felvételek kalibrálása után a mérni kívánt sötét árnyalatú szilíciumfázisokat (eutektikus és primer szilícium) geometriájuknak megfelelően pontosan detektáltuk, így létrehoztuk azt a bináris képet, ami a mérés alapja volt [5].



1. ábra. a) A 10 × 10 mm-es minták kimunkálásának helyei a 10 × 100 mm-es keresztmetszetű öntött tuskók széleitől 10, 50 és 90 mm-re; b) A mag és a kéreg helyzete a mintában [3]



■ **2. ábra.** a) Az AlSi ötvözet optikai mikroszkóppal készített szövetszerkezete (sötét: szilíciumfázis, világos:  $\alpha$ -szilárd oldat); b) Binárisan átalakított felvétel: primer szilícium nélküli kijelölés a méréshez

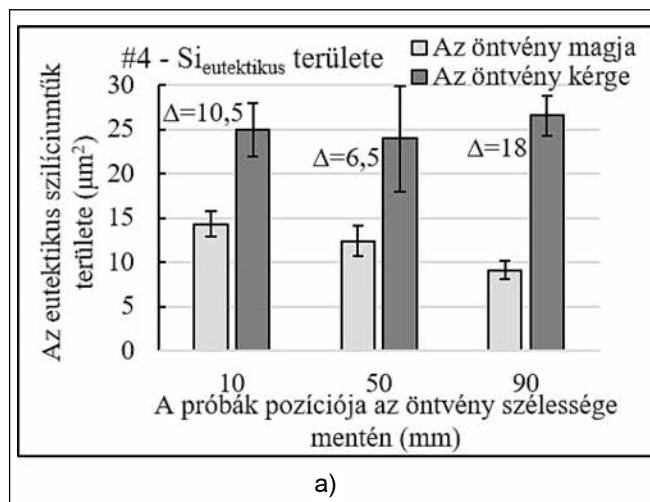
Az eutektikus szilíciumtűk jellemzőinek meghatározása során a primer szilíciumszemcséket alakjuk alapján a képből kivontuk (2b ábra). Ezután megmértük az eutektikus szilíciumtűk területét és kerületét. Az adatokból kiszámoltuk a kör alaktól való eltérés mértékét is az (1) egyenlet szerint, ahol  $K$  – a szilíciumtű kerülete [ $\mu\text{m}$ ];  $A$  – a szilíciumtű területe [ $\mu\text{m}^2$ ];  $R$  – körszerűség [-]  $\geq 1$  [4].

$$R = \frac{K^2}{4 \pi A} \quad (1)$$

Teljesen kör alak esetében  $R = 1$ . Minél inkább eltér a kör alaktól az objektum, annál nagyobb az  $R$  értéke.

A primer szilíciumszemcsék méreteinek meghatározására az előállított bináris képet át kellett alakítani. Az összes (primer és eutektikus) szilícium detektálása után három ciklusú nyitással – ami három egymást követő eróziót és dilatációt jelent – a képből kivontuk az eutektikus szilíciumtűket. Az erózió a kijelölt objektumok határának három pixellel való csökkentését, a dilatáció pedig a határok három pixellel való növelését jelentette. Ebben az esetben is megmértük a szemcsék területét, kerületét, valamint a szemcsék kör alaktól való eltérését.

### 3. Eredmények

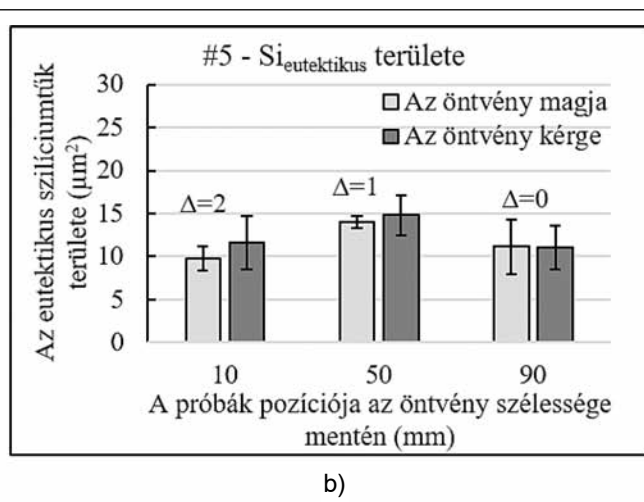


### 3.1. Az eutektikus szilícium minősítése

A kísérletek után azt tapasztaltuk, hogy a szekunder hűtés alkalmazásával a szilíciumtűk területe minimálisan változott 6–20  $\mu\text{m}^2$ -ről 10–17  $\mu\text{m}^2$ -re, méreteloszlása pedig inhomogén maradt. A kör alaktól való eltérés 3,5–5-ről 4-re változott. Kisebb öntési sebesség esetén ( $v_{\text{öntési}} = 0,075$  mm/s) a tűk területe lecsökkent és azonossá vált a teljes keresztmetszetben. Elsősorban a kéregben történt jelentősebb változás: 20  $\mu\text{m}^2$ -ről 10–13  $\mu\text{m}^2$ -re csökkent a terület nagysága, ugyanis itt a kristályosodási sebesség jelentősebben növekedett. A körtől való eltérés mértéke abszolút egyforma a keresztmetszetben, értéke 4–5-ről 3-ra csökken. Azonos húzási sebességnél szakaszos vonsszalással ( $v_{\text{öntési}} = 0,37$  mm/s) a kéregben jelentősen csökkent a szilíciumtűk mérete 24–26  $\mu\text{m}^2$ -ről 12–15  $\mu\text{m}^2$ -re (3. ábra). Az alakítványező értéke 3,5–4,5-ről 3,5–4-re módosult.

A kísérleti öntvények szövetében lévő eutektikus szilícium alakját a [4] irodalom alapján minősítettük és megállapítottuk, hogy az tűs morfológiájú. Az értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

Azonos húzási sebesség esetén a szakaszos vonsszalás hatására a kristályosodási sebesség csökken a mag és a kéreg között, a kéregben intenzívebbé válik a



■ **3. ábra.** Az eutektikus szilíciumtűk területe a szövetszerkezetben szekunder hűtéssel, 4 mm/s húzási sebességgel, valamint a) 0 s szünettel ( $v_{\text{öntési}} = 4$  mm/s); b) 9,9 s szünettel ( $v_{\text{öntési}} = 0,37$  mm/s) történő öntés esetén

2. táblázat. Az eutektikus szilícium alakjának jellemzése

# Kísérlet jele	Terület [ $\mu\text{m}^2$ ]	Kör alaktól való eltérés mértéke [-]	Alak
#1	8-20	3,5-5	tűs/lemezes
#2	10-17	4	tűs
#3	10-13	3	tűs
#4	9-26	4-4,5	tűs/lemezes
#5	10-15	3,5-4	tűs

kristályosodás, ezért csökken az eutektikus szilíciumtűk mérete.

### 3.2. A primer szilícium minősítése

Szekunder hűtés alkalmazásával a primer szilíciumszemcsék területe jelentősen lecsökkent 150–1050  $\mu\text{m}^2$ -ről 250–500  $\mu\text{m}^2$ -re és egységessé vált. Körszerűségüket tekintve szekunder hűtéssel inkább körszerűbbek lettek a szilíciumszemcsék. Kisebb öntési sebességgel ( $v_{\text{öntési}} = 0,075 \text{ mm/s}$ ) a kéregben a szemcsék területe 150–1050  $\mu\text{m}^2$ -ről 200–350  $\mu\text{m}^2$ -re csökkent (4. ábra), mely megegyezik a magrészében lévő szilíciumszemcsék területével. A körszerűség mértéke 1-1,5. A kísérletek közül ez az

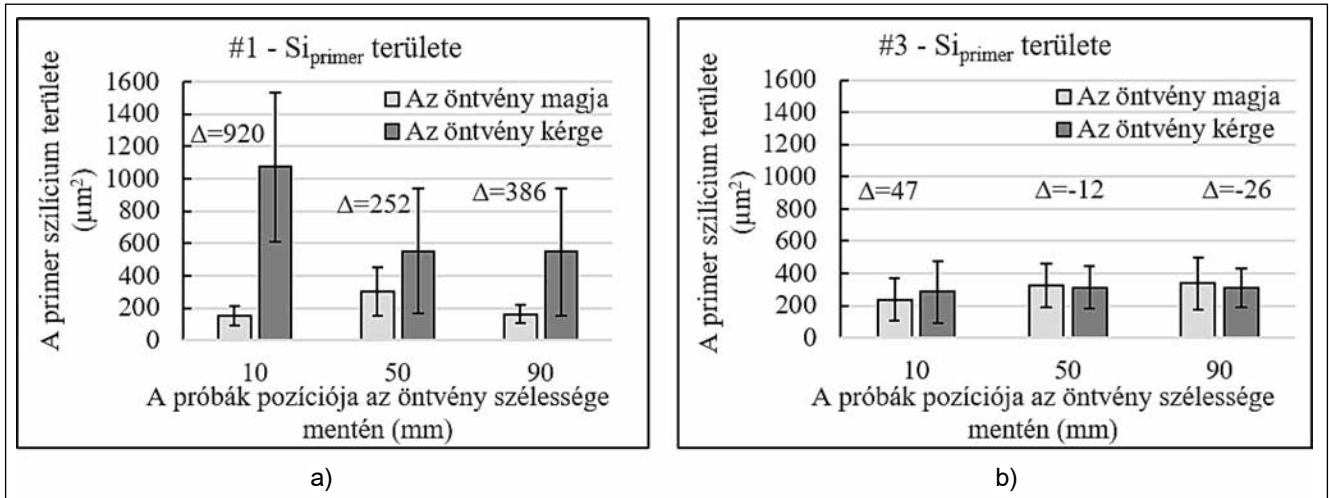
öntvény tartalmazza a legkörszerűbb primer szilíciumszemcséket. Szakaszos vonszolást alkalmazva ( $v_{\text{öntési}} = 0,37 \text{ mm/s}$ ) a primer szilíciumszemcsék mérete 150–700  $\mu\text{m}^2$ -ről 250–500  $\mu\text{m}^2$ -re csökkent. A nagyobb szemcsék megnyisége lecsökkent, valamint körszerűbbé váltak: 1–1,5 körszerűség értéket határoztunk meg.

A kisebb öntési sebesség hatással van a primer szilíciumtűk méretére, a kéregben nő a kristályosodás sebessége, ezáltal kisebb a méretük.

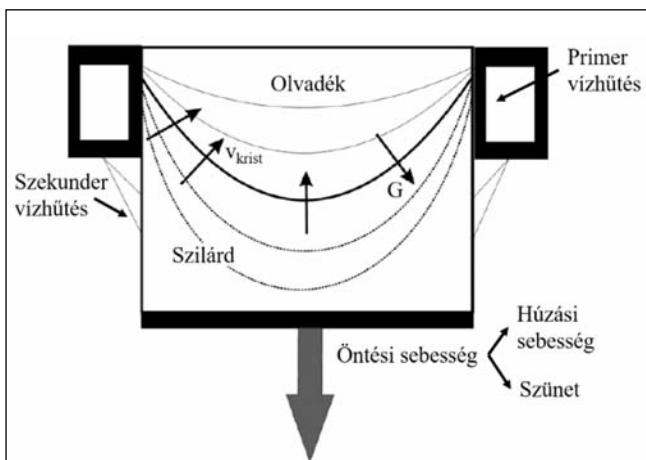
### 4. A kristályosodási sebesség hatása az öntött szerkezetre

Félfolyamatos öntéskor az öntési sebesség ( $v_{\text{öntési}} [\text{mm/s}]$ ) az öntött tuskó lefelé haladó mozgási sebessége, amely a vonszoló hengerek által biztosított húzási sebesség ( $v_{\text{húzási}} [\text{mm/s}]$ ) és a húzás közben alkalmazott szünet [s] együttes értékeiből adódik. Az olvadék kristályosodási sebessége ( $v_{\text{krist}} [\text{mm/s}]$ ) pedig a szilárd fázis frontjának előrehaladási sebessége (5. ábra).

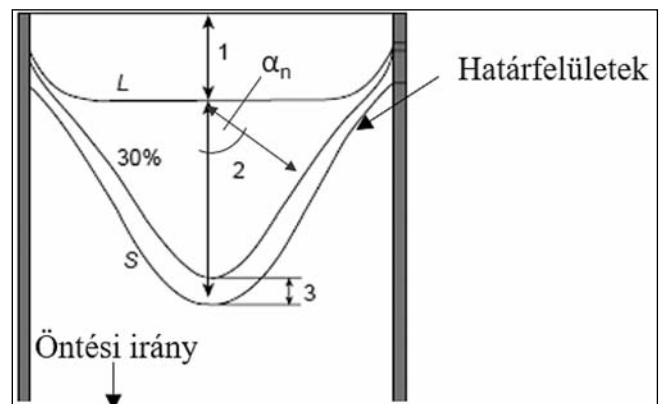
Az öntési sebesség közvetlenül hat az olvadék-szilárd front kristályosodási sebességére a front geometriájától függően a (2) egyenlet szerint [6],



4. ábra. A primer szilíciumszemcsék területe a szövetszerkezetben szekunder hűtés nélkül a) 0,1 mm/s húzási sebességgel, 0,1 s szünettel ( $v_{\text{öntési}} = 0,091 \text{ mm/s}$ ); b) 0,3 mm/s húzási sebességgel, 3 s szünettel ( $v_{\text{öntési}} = 0,075 \text{ mm/s}$ ) történő öntés esetén



5. ábra. Az öntött tuskó kristályosodását érintő tényezők, ahol  $v_{\text{krist}}$ : a kristályosodás sebessége [mm/s] és  $G$ : a hőmérséklet-gradiens [ $^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ ]. R. Nadella és társai [1] publikációja nyomán



6. ábra. Az öntés közben kialakuló fázishatárok, zónák geometriája (L = likvidusz; S = szolidusz, és 30% szilárd fázist tartalmazó határfelület; (1 + 2 + 3) = olvadékot tartalmazó zónák) és az  $\alpha_n$  szög az öntött tuskó tengelye és a kristályosodási front normális iránya között [1, 6]

$$V_s = V_{\text{cast}} \cos \alpha_n \quad (2)$$

ahol:  $v_s$ : a kristályosodási front sebessége [mm/s];  $V_{\text{cast}}$ : az öntési sebesség [mm/s];  $\alpha_n$ : a tuskó tengelye és a kristályosodási front normálisa közötti szög (6. ábra). Nagy öntési sebességnél és/vagy ha nem alkalmaznak szekunder hűtést, az olvadék-szilárd határfelület mélyebb, kúposabb geometriájú lesz (6. ábra: 2.+3. számú fázisok mélysége megnő). Ekkor a (2) egyenlet értelmében az  $\alpha$ -szögtől függően a tuskó szélén, a kéregben lassabb a kristályosodás (pl.  $\alpha = 50-60^\circ$ ), míg a közepén a magrészben gyorsabb ( $\alpha \equiv 0^\circ$ ). Minél mélyebb a határfelület, annál inkább eltér a kristályosodási sebesség a mag és a kéregrész között [6].

A kristályosodási sebesség megváltozása hatással van a szövetet alkotó fázisok méretére és morfológiájára is. Minél nagyobb a kristályosodási sebessége, az eutektikus szilíciumtűk mérete kisebb lesz, lemezes-réteges morfológiája pedig annál inkább szálás szerkezetű lesz. A primer szilíciumszemcsék a kristályosodási sebességének növelésével kisebb méretűek és körszerűbbek lesznek diszperzebb eloszlással [7].

Az eredményeink ezekkel a folyamatokkal magyarázhatóak. Amikor alkalmaztunk szekunder hűtést, illetve amikor kisebb volt az öntési sebesség, a kristályosítóban lévő olvadék mélysége csökkent, ezért a tuskó szélén a szövetszerkezet nagyobb kristályosodási sebességgel kristályosodott, ami megközelítette a mag kristályosodási viszonyait.

## 5. Összefoglalás

Kutatásunk célja a szövetszerkezeti változások vizsgálata volt két fontos öntési paraméter: az öntési sebesség, valamint a szekunder hűtés hatásának szempontjából. Az AlSi12 ötvözet szövetszerkezetének változását elemezve külön-külön vizsgáltuk a szövetben lévő szilíciumfázisok méreteit, valamint alakjukat.

A kutatás során tett fő megállapítások a következők:

- Bináris képatalakító módszerrel a szilícium primer és eutektikus formáját egymástól elválaszthatóvá tettük.
- Bebizonyítottuk, hogy a szekunder hűtésnek erőteljes és pozitív hatása van a kristályosodásra. A primer és az eutektikus szilícium mérete csökkent, a primer szilícium szemcséi pedig körszerűbbé is váltak.
- Alátámasztottuk, hogy 0,075 mm/s-os, viszonylag kicsi öntési sebesség esetén az eutektikus szilícium és a primer szilícium méretei szintén csökkentek, melynek pozitív a hatása. A magban és a kéregben mérhető szövetszerkezeti jellemzők között sokkal kisebb lett a különbség.  $\Delta A_{\text{eutSi}} = 5-12,5 \mu\text{m}^2$ -ről (0,091 mm/s)  $\Delta A_{\text{eutSi}} = 0,5-1,5 \mu\text{m}^2$ -re (0,075 mm/s) csökkent.

- Az elvégzett kísérletek alapján elmondható, hogy az öntési folyamat közben a húzási sebesség mellett néhány másodperc megállás (szünet) kedvezően hat a kristályosodó szerkezetre, ugyanis a mag és a kéreg között a kristályosodási sebességkülönbségét csökkenti [6]. Az eutektikum finomabbá válik ( $A_{\text{eutSi}} = 25 \mu\text{m}^2$ -ről  $A_{\text{eutSi}} = 15 \mu\text{m}^2$ -re csökken), a primer szilícium mérete csökken.
- Megállapítottuk, hogy 0,075 mm/s öntési sebességgel öntött tuskó magja és kérge között a legkisebb a szövetszerkezeti különbség.
- A kísérletek során a kristályosodási sebesség változása jelentősen nem módosította az eutektikus szilícium morfológiáját, az minden esetben tús maradt.

## Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka az Információs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült, valamint az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## Irodalom

- R. Nadella, D. G. Eskin, Q. Du, L. Katgerman: Macro-segregation in direct-chill casting of aluminium alloys, *Progress in Materials Science* 53 (2008) p. 423–460.
- Markovits Tamás: Alumíniumötvözetek CO<sub>2</sub> lézeres forrasztása, PhD-értekezés, Budapest, 2004 p. 5–26.
- Agota Kazup, Viktor Karpati, Balazs Hegedus, Zoltan Gacsi: Semi-continuous casting and microstructure investigation of the AlSi alloy, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* (Várható megjelenés: 2020)
- Gergely Gréta: A stroncium és az olvadékaramlás hatása a Si morfológiájára, Al7Si0,3Mg ötvözet esetén, PhD-értekezés, Miskolc, 2008, p. 36–42.
- Dr. Gacsi Zoltán, Dr. Barkóczy Péter: Számítógépi képelemzés, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2009, p.3–5, p. 19–42, <https://dtk.tankonyvtar.hu/handle/123456789/7381>
- Dmitry G. Eskin: *Physical Metallurgy of Direct Chill Casting of Aluminium Alloys*, CRC Press, Taylor & Francis Group (2008) p. 79–122.
- K. W. Al-Helal, I. C. Stone and Z. Fan: Effect of Solidification Rate on Macro-segregation and Morphologies of Silicon Phases in Solidification of Al-15Si Alloy, *Solidification Processing* (2017) p. 517–520.

# Két céggé vált szét a székesfehérvári Arconic-Köfém

1941. június 25-én a Magyar Bauxitbánya Rt. és a német tulajdonú Dürener Metallwerke megállapodást írt alá arra vonatkozóan, hogy közösen egy könnyűféművet létesít Székesfehérváron. Ezzel a megállapodással teremtődött meg a mai Köfém alapja. Az eltelt közel 80 év alatt az akkor alapított vállalat folyamatos változásnak volt kitéve, de mindig képes volt a megváltozott körülményekhez igazodni, ezáltal folyamatosan fejlődni.

## A Könnyűfémű privatizációja, 1993

Az amerikai Alcoa 1993-ban vásárolt többségi tulajdont a Székesfehérvári Könnyűféműben, amelynek 1996-tól 100%-os tulajdonosa lett.

Az 1993-as privatizáció után pár év alatt szocialista nagyvállalattól piaci körülmények között is helytálló amerikai tulajdonú vállalattá vált, új technológiákat honosított meg, folyamatosan tanult és alkalmazkodott a változó elvárásokhoz. Az Alcoa csoport részeként a „tradicionális” Köfém gyáregységek mellé új gyáregységek kerültek. Volt olyan időszak, amikor Magyarországon a vállalatcsoport kilenc üzletága végzett termelő vagy szolgáltató tevékenységet.

## Alcoa-Sapa vegyesvállalat alakult

2007-től az Alcoában elkezdődött egy globális portfólió-tisztítás, ami Magyarországot se kerülhette el. Az Alcoa Globális Prémű Üzletága a svéd Sapa tulajdonába került egy csereszereződés keretében, ellentételezéseként a Sapa anyaholdingjának tulajdonában lévő Elkem csoport átadta két norvégiai kohóban lévő rész tulajdonát az Alcoának.

2005-ben az Alcoa jelentős gyártmányfejlesztési beruházást indított székesfehérvári leányvállalatánál. A beruházás keretében egy új gyáregység, az Alcoa Hajtómű Howmet üzletág egysége települt a Köfémbe. A fejlesztés közel 200 új munkahelyet hozott létre. Az üzem szuperötvözetekből gyártott ipari gázturbinák és repülőgép-hajtóművek részét képező precíziós öntvények megmunkálását és anyagvizsgálatát végezte.

Az Alcoa-Köfém Kft. meghatározó szerepét erősítette meg az a stratégiai partnerségi megállapodás is, amelyet 2012-ben írt alá a cég és a magyar kormány.

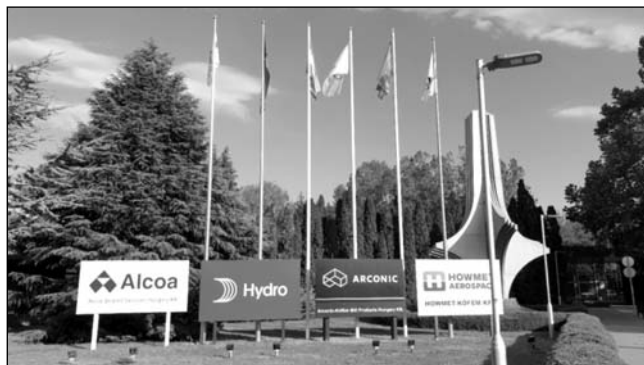
2017-ben a norvég Hydro lett a Sapa 100%-os tulajdonosa, az addig felerészben tulajdonos norvég Norsk Hydro megvásárolta a szintén norvég Orkla 50%-os tulajdonrészét a Sapában, így a cég 100%-os tulajdonosa lett. Ezzel természetesen a fehérvári Sapa üzem is a Hydro tulajdonába került. Világszerte az addigi 13 ezer Hydro alkalmazotthoz 22 ezer Sapa alkalmazott csatlakozott. Mind az alumíniumgyártó Hydro, mind a járműalkatrész-gyártó Sapa különálló céggént is piacvezető szerepet töltött be.

## Az Alcoa átszervezése, az Arconic létrejötte, 2015

Az Alcoa 2015 szeptemberében jelentette be, hogy két különálló – Alcoa és Arconic – piacvezető vállalattá kíván szétválni.

Az Alcoa néven tovább működő vállalat a kohászati területen; míg az újonnan létrejövő Arconic (amelynek a Köfém is része lett) az innováció, a vevő felé magas értéket képviselő termékek területén tevékenykedik.

Ez a terv 2016 második felében valósult meg. Alcoa néven az az öt üzletág működik tovább, amelyek az alapfeldolgozást végző upstream szegmenst alkotják: bauxit, timföld, nyers alumínium, öntödei termékek és energia.



■ A gyár bejárata az átszervezés után

Az innováció és technológia által vezérelt Arconic-hoz a Globális Hengerelt Termékek (Global Rolled Products, GRP), a Mémöki Termékek és Megoldások (Engineered Products and Solutions, EPS), valamint a Szállítmányozási és Építőipari Megoldások (Transportation and Construction Solutions, TCS) üzletág tartozott. A Köfém termelő egységei az Arconic-hoz kerültek, a vállalat neve pedig Arconic-Köfém Kft.-re változott.

A szolgáltatói tevékenység továbbra is fennmaradt. Jelenleg két elkülönült szolgáltató központ működik Székesfehérváron. Egyik szervezet Arconic név alatt az Arconic üzleti tevékenységeit támogatja, míg a Köfém-ből kivált Alcoa Szolgáltató Központ az Alcoa európai és bizonyos észak-amerikai pénzügyi és adminisztratív területek központosított kiszolgálását végzi, továbbra is a Köfém területén.

## Az Arconic átszervezése két önálló céggé, 2020

2019 februárjában bejelentették, hogy 2020-tól az üzletágak két önálló vállalatként működnek tovább. A Globális Hengerelt Termékek üzletág (GRP), a Prémű üzletág (Extrusion) és az Építőipari és Épületszerkezet Rendszerek üzletág (BCS) alkotta vállalat megtartotta az Arconic nevet, az emblémát és a márkát. Ez a cég a globális piacvezető szerepére alapozva hengerelt lemeztermékeket, sajtolt alkatrészeket, valamint építészeti szerkezeteket gyárt olyan vállalatoknak, melyek a repülőgép, védelmi ipar, valamint egyéb ipari és építészeti szerkezetek felhasználó iparágakban működnek. Minde mellett tervezi a piaci részesedését a gyorsan növekvő autóiipari piacon, ahol továbbra is az alumínium széleskörű felhasználásával könnyítik az előállított termékek tömegét.

A Műszaki és Kovácsolt termékeket (Engineered Products and Forgings) előállító gyártómű neve Howmet Aerospace lett. A motoralkatrészeket, rögzítő rendszereket, műszaki szerkezeteket és kovácsolt alumínium keréktárcsákat gyártó Howmet Aerospace felkészült az üzemanyag-hatékony, csendes repülőgépmotorok, a tisztább energiatermelés és a fenntartható szállítás irányában történő iparági átalakulásra. Továbbra is innovatív termékekkel szolgálja ki ügyfeleit, beleértve a sajtolat alumínium keréktárcsákat, amelyeket továbbra is a jól ismert *Alcoa® Wheels* márkanev alatt forgalmaz.

Az Arconic 2020 április 1-jei szétválásával külön vállalatként létrejött Howmet-Köfém Kft. és az Arconic-Köfém Mill Products Hungary Kft. önállóan folytatja tovább tevékenységét a székesfehérvári telephelyen, együttműködésben a préműi tevékenységet folytató Hydroval és a Székesfehérváron szolgáltató tevékenységet folytató Alcoával (kép).

Csurgó Lajos

## Cikkek szerzők szerinti csoportosítása

### Vaskohászat

- A. Franceschini – F. Ruby-Meyer – F. Midroit – B. Diawara – S. Hans – T. Poulain – C. Trempont – E. Henault:** Gyengén ötvözött acélok zárványvizsgálati technikáinak áttekintése.....1/4
- Dobránszky János – Verő Balázs:** Felejtjük már el végre szegény saválló acélokat.....2/1
- Farkas Ottó – Farkasné Mayr Klára – Harcsik Béla:** A koksztól részben helyettesítő gázok hatása a nagyolvasztók konkrét CO<sub>2</sub>-emissziójára.....3/1
- Grega Oszkár:** Az ózdi acélglyártás „újkori” története ..5-6/1
- Harcsik Béla – Kékesi Tamás:** Az alumíniumolvasztási salak sótalanított melegfeldolgozási maradványának acélipari felhasználása .....2/3
- Lifeng Zhang:** Az acél nemfémes zárványai .....3/5
- Mucsi András – Valkai Máté:** Hőkezelési és alakváltozási paraméterek összefüggései 42CrMo4 acélminőségénél ..1/7
- Mucsi András:** Revésedési jelenségek különböző szemzögekéből az ISD Dunafer Zrt.-nél.....5-6/5

### Öntészet

- Bubenkó Marianna – Gyarmati Gábor – Fegyverneki György – Tokár Monika – Dúl Jenő:** A szemcsefinomítás hatékonyságának minősítése termikus analízissel ....1/11
- Buza Gábor – Maloveczky Anna – Filep Ádám:** Gömbgrafitos öntöttvas lézersugaras felületmódosítása és a réteg belső feszültsége .....3/13
- Máté Miriam – Fegyverneki György – Tokár Monika:** Különböző típusú tisztítósók zárványosságcsökkentő hatásának összehasonlító vizsgálata .....3/20
- Szalva Péter – Orbulov Imre Norbert:** A vákuumos kilevegőzés hatása a nyomásos alumíniumöntvények mechanikai tulajdonságaira .....5-6/9
- Walczar Csaba – Bárdos András:** Nyomásos rotoröntvény formatöltési idejének optimalizálása.....1/16

### Fémkohászat

- Bereczki Péter – Fehér Jánosné – Bézi Zoltán – Kóti Dániel:** EN AW-8006-os alumíniumötvözet melegen hengerelt szemcseszerkezetének optimalizálása végelelemes és fizikai szimuláció alkalmazásával.....1/20
- Duma László:** A magyar alumínium italdoboz gyűjtési és hasznosítási rendszere: tények, kihívások és a fejlesztés lehetőségei .....2/24
- Friedrich Zoltán:** Az első folyamatos forgó kisajtoló gép az Inotai Zrt.-nél.....5-6/19
- Jurecska Tamás:** Optikai-, konfokális mikroszkópia és infravörös spektroszkópia alkalmazása alumíniumtermékek felületi vizsgálatára .....1/27
- Kárpáti Viktor – Kazup Ágota – Hegedűs Balázs – Ferenczi Tibor – Gácsai Zoltán:** Alumíniumötvözetek félfolyamatos öntése kísérleti kristályosító berendezéssel .....5-6/22
- Kárpáti Viktor – Mikó Tamás – Barkóczy Péter – Angel Dávid Ádám – Gácsai Zoltán:** Nyomóvizsgálatok alkal-

- mazása homogenizálás során bekövetkező folyamatok hatásának kimutatására alumíniumötvözetekben.....3/26
- Lukács Sándor:** Ecobrass – Forgácsolható sárgarezek ólommentes alternatívája .....2/21
- Pethő Dániel – Hlavács Adrienn – Benke Márton:** A fülesedés és a textúrakomponensek közötti kapcsolat AA3003-as lemezekben .....3/30
- Szalai Szabolcs – Czinege Imre – Csizmazia Ferencné:** Intermetallikus fázisok hatása az alumíniumlemezek alakíthatóságára .....2/27

### Anyagtudomány

- Benke Márton – Hlavács Adrienn – Piller Imre – Mertinger Valéria:** Lemezek fülesedése és a {h00} polusírák közötti kapcsolat.....1/36
- Bubonyi Tamás – Barkóczy Péter – Gyöngyösi Szilvia:** Sejtautomata szimulációval segített kalorimetriás kinetikai kiértékelés.....3/33
- Filep Ádám – Mertinger Valéria:** Maradó feszültség fázisszelektív vizsgálata hegesztett duplex acélban.....3/36
- Keresztes Zoltán – Szabó Péter János:** DMLS technológiával gyártott 316L orvostechikai acél mágneses tulajdonságainak vizsgálata .....5-6/30
- Réger Mihály:** Hengerelt lapostermékek középvonali dúsulása .....1/33
- Sályi Zsolt – Benke Márton:** Bevonat nélküli és TiB<sub>2</sub> bevonattal ellátott C45, valamint W302 acélok viselkedése nyugvó SAC forraszolvadékban.....2/37
- Sepsi Máté – Benke Márton – Hlavács Adrienn – Mertinger Valéria:** Új, roncsolásmentes kristálytani anizotrópia vizsgálati módszer.....5-6/26
- Trampus Péter – Dobránszky János – Kerner Zsolt – Knisz Judit – Oszvald Ferenc – Palotás Béla – Péter László – Réger Mihály – Verő Balázs:** Ausztenites acél csővezeték korróziós károsodása .....2/32

### Felsőoktatás

- Farkas Ottó:** A Vaskohászati Tanszék az Alma Mater Selmezbányáról Sopronba történő átmekénítése idején .....1/40

### Hírmondó

- Dr. Bódi Dezső:** Emlékeim az úrkúti mangánérc bányászatának és kohászatának múltjából .....4/50
- Dr. Farkas Ottó – Dr. Farkasné Dr. Mayr Klára:** A Nehézipari Műszaki Egyetem megalakulása, és a kohómérnök-képzés áttelepülése Sopronból Miskolcra.....4/34
- Dr. Fricz-Molnár Péter:** Adalékok az egykori selmezbányai Bányászati és Erdészeti Főiskola rektorátusi épületének (ún. Fritz-ház) történetéhez.....4/25
- Id. Ósz Árpád:** Egy elfeledett bányász, kohász egyesület ..4/40
- Réthy Károly:** Az Iloba-völgyi ércbányászat .....4/47
- †Ruzsinszky István:** A valamikori soproni firma visszaemlékezése .....4/45
- Tokár István:** A Kőbányai Vas- és Acélöntöde vázlatos története .....4/53

# Közlemények

## Vaskohászat

Európai acél 2019–2024: az Eurofer kiáltványa .....3/9

## Öntészet

25. Magyar Öntő Napok – 60 év az öntészet szolgálatában .....5-6/17  
50 éves a Ganz Ábrahám Öntödei Gyűjtemény, a volt Öntödei Múzeum .....5-6/15  
A világ öntvénytermelése 2017-ben .....3/25  
Duális járműipari öntészeti és öntészeti specializációjú BSc anyagmérnök hallgatók szakdolgozatainak összefoglalói .....2/12  
Először végeztek duális képzésben járműipari öntész BSc anyagmérnök hallgatók (Interjú Toth Daviddal, a NEMAK Győr Kft. ügyvezető igazgatójával) .....2/9  
Hogyan tovább AUDI motoröntvénygyártás? (Interjú dr. Roman Viets mérnökkel, készítette Tóth Márta kohómérnök) .....3/10  
Meghívó .....2/20

## Fémkohászat

Alumíniumban utazunk – Székesfehérváron .....2/31

## Anyagtudomány

Beszámoló metallurgiai szakmai napról .....3/39  
Új dimenzió az anyagvizsgálatban, szolgáltatásban, kutatásban .....5-6/35

## Felsőoktatás

„Selmec, Téged soha nem feledtünk!” .....1/44  
A Miskolci Egyetem hírei .....1/45  
A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar hírei .....2/40  
A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar hírei .....3/43  
Az ME Műszaki Anyagtudományi Kar rövid hírei 2019. augusztus–október .....5-6/37  
Európai nyomásos öntészeti operátor- és technikusképzési tananyag fejlesztése .....5-6/39  
Felhívás .....1/46  
Jubileumi év az Óbudai Egyetemen .....2/41  
Kutatók – Mire számíthatunk és miért? (Interjú Kaptay György kohómérnökkel, az MTA levelező tagjával) .....3/40  
MultiScience – XXXIII. microCAD Nemzetközi Multidiszciplináris Tudományos Konferencia .....3/43

## Egyesületi hírmondó

„Hogyan tovább OMBKE” vitadélután a Miskolci Egyetemen (képek) .....2/B4  
„Könnyű és mégis nehéz” Alumínium italosdoboz-hulladék szakmai nap a Fémszövetségnél .....2/47  
10. Nemzetközi Clean Steel Konferencia .....1/49  
104 éves dr. Patay Pál, Egyesületünk legidősebb tagja .....1/57

35 éves a kohász díszegyenruha .....2/53  
5. Archaeometallurgia Európában konferencia .....5-6/40  
A Ganz Ábrahám Öntödei gyűjtemény hírei .....3/52  
A Magyar Öntészeti Szövetség 30. közgyűlése .....3/47  
A Miskolci Egyetem csoportja a GIFA-n .....5-6/43  
Alumíniumban utazunk .....1/54  
Amikor még fűjt a gyár – 150 éves a Diósgyőri Vasgyár .....1/53  
Az első kupától a tekintélyes gyűjteményig .....5-6/47  
Az ipari örökség múltja, jelene és jövője Ózdon .....3/48  
Az OMBKE 109. küldöttgyűlése .....4/3  
Az OMBKE kohászati szakosztályainak 2018. évi tevékenysége .....2/49  
Az Öntödei Múzeum 50 éve nyitotta meg kapuit .....2/56  
Bányász–Kohász: Jó barát .....3/50  
Beszámoló a 2019-es selmecbányai Szalamanderről .....5-6/44, 5-6/B4  
Beszámoló a Közép-európai Vaskultúra Útja Egyesület Magyar Tagozatának 2018. évi tevékenységéről .....2/45  
Beszámoló a XIII. Fazola Fesztiválról .....5-6/45, 5-6/B3  
Beszámoló a XXVI. Pivarcsi László szigetközi szakmai napokról .....5-6/44  
Budapesti vaskohászok kirándulása .....1/51  
Dr. Gagy Pálffy András méltatása .....2/45  
Egyesületi hírek .....4/56  
Együttműködési szerződés Miskolc város önkormányzata és az OMBKE között .....2/57  
Elektronmikroszkópos szakmai nap a veszprémi Pannon Egyetemen .....2/48  
Ember a szobor mögött – Cserenyey Kaltenbach István szobrászművész, atlétikai mesteredző életmű-kiállítása .....2/55  
Emlékeztető a 2019. április 18-i OMBKE választmányi ülésről .....3/45  
Emlékeztető a 2019. szeptember 25-i OMBKE választmányi ülésről .....5-6/49  
Emlékeztető az OMBKE választmányi üléséről .....1/48  
Emléktábla-avatás Ózdon .....3/49  
EMT XXI. Nemzetközi Bányász Kohász és Földtani Konferencia 2019. május 9–12. Nagybánya .....3/B3  
Felhívások, közlemények .....5-6/B3  
Hasznos eszmecsere tudományos háttérrel .....5-6/42  
Hazai hírek .....4/2, 4/24, 4/49, 4/63  
Ildra díjat kapott az Öntőgépszerviz Kft. ....5-6/43  
II. Ceglédi Szakmai Nap .....5-6/48  
Interjú a 85 éves Boros Árpáddal, a diósgyőri kohászat nyugalmazott gazdasági igazgatójával .....2/42  
Kecskeméti szakmai nap .....3/51  
Képek a 2018. évi Szent Borbála-napi központi ünnepségről .....1/B4  
Képek az OMBKE 109. Küldöttgyűléséről, Ózd, 2019. május 25 .....3/B4  
Kohómérnök a szépirodalomban .....5-6/49  
Kopjafaavatás a selmeci hagyományok és Molnár László emlékére .....5-6/53  
Köszöntések .....1/56  
Dr. Bacskai Antal .....3/54  
Balázs Tamás .....5-6/51  
Bolyky Gábor Pál .....2/57  
Dr. Dévényi László .....2/58



Dr. Dévényi Lászlóné Volszky Katalin .....	3/54	Gyürüsi Ferenc (1946–2019) .....	5-6/56
Dr. Grega Oszkár.....	3/54	Hantó Kálmán (1944–2019) .....	3/55
Hajnal János .....	2/57	Komár László (1921–2019) .....	2/59
Dr. Kovács Károlyné dr. Németh Lívia .....	5-6/52	Mándoki Andor (1920–2019) .....	2/60
Lengyelne Kiss Katalin .....	1/58	Dr. Szombatfalvy Árpád (1921–2019) .....	3/56
Lomniczy Dezső .....	2/58	Prof. dr. Voith Márton (1934–2018) .....	1/59
Poteczin Imre .....	5-6/52	Zachár László (1928–2019) .....	5-6/55
Szélig Árpád .....	5-6/52	Okosgyár és kooperatív robotok: küszöbön álló jövő .....	5-6/41
Vasas István .....	5-6/51	Pöschl-Selmecezi Vilmos élete és munkássága.....	1/55
Külföldi hírek .....	4/33, 4/55, 4/64	Sajtótájékoztató a GMTN 2019 szakvásárról és látogatás a Bühler cégnél .....	2/54
Magyar részvétel a 2019-es GIFA kiállításon .....	5-6/42	Személyi hírek .....	4/13, 4/24
Meghívók, hirdetések .....	1/55, 1/B3, 2/B3, 3/46, 3/53, 4/B3, 4/B4	Szent Borbála-napi központi ünnepség .....	1/47
Mesterségem címere – programsorozat a Kohászati Gyűjteményben .....	3/52	Tartalom és tárgymutató – 2018 .....	2/I–IV
Mozgalmas évet zárt a Fémszövetség .....	3/46	Tisztelgés professzoraink és firmáink előtt .....	1/52
Nekrológ .....		Tovább íródott a kohász valétakupa története.....	5-6/46
Prof. dr. Bartha László (1931–2019) .....	5-6/54	Wahlner Aladár sírhelyének megváltása .....	5-6/50
Czakó Lajos (1933–2018) .....	1/60	XI. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia .....	3/48
Énekes Lajos (1940–2019) .....	5-6/55	XIV. Ózdi Hagyományápoló Szakestély .....	1/52
Farkas Lajos (1930–2019).....	3/55	XXIV. Szent Borbála Napi Kohász Szakestély .....	1/50

## Betűrendes névmutató

### Vaskohászat

Diawara, B. ....	1/4
Dobránszky János.....	2/1
Farkas Ottó .....	3/1
Farkasné Mayr Klára.....	3/1
Franceschini, A.....	1/4
Grega Oszkár.....	5-6/1
Hans, S. ....	1/4
Harcsik Béla .....	2/3, 3/1
Henault, E. ....	1/4
Kékesi Tamás .....	2/3
Lifeng Zhang .....	3/5
Midroit, F.....	1/4
Mucsi András .....	1/7, 5-6/5
Poulain, T. ....	1/4
Ruby-Meyer, F. ....	1/4
Trempont, C. ....	1/4
Valkai Máté .....	1/7
Verő Balázs.....	2/1

### Öntészet

Bárdos András.....	1/16
Bubenkó Marianna .....	1/11
Buza Gábor .....	3/13
Dúl Jenő .....	1/11
Fegyverneki György .....	1/11, 3/20
Filep Ádám .....	3/13
Gyarmati Gábor.....	1/11
Maloveczky Anna .....	3/13
Máté Miriam .....	3/20
Orbulov Imre Norbert.....	5-6/9
Szalva Péter.....	5-6/9
Tokár Monika .....	1/11, 3/20
Walczer Csaba .....	1/16

### Fémkohászat

Angel Dávid Ádám .....	3/26
Barkóczy Péter .....	3/26
Benke Márton .....	3/30
Bereczki Péter.....	1/20
Bézi Zoltán .....	1/20
Czinege Imre.....	2/27
Csizmazia Ferencné .....	2/27
Duma László .....	2/24
Fehér Jánosné .....	1/20
Ferenczi Tibor .....	5-6/22
Friedrich Zoltán .....	5-6/19
Gácsai Zoltán .....	3/26, 5-6/22
Hegedűs Balázs.....	5-6/22
Hlavács Adrienn .....	3/30
Jurecska Tamás .....	1/27
Kárpáti Viktor.....	3/26, 5-6/22
Kazup Ágota .....	5-6/22
Kóti Dániel.....	1/20
Lukács Sándor .....	2/21
Mikó Tamás.....	3/26
Pethő Dániel .....	3/30
Szalai Szabolcs.....	2/27

### Anyagtudomány

Barkóczy Péter .....	3/33
Benke Márton.....	1/36, 2/37, 5-6/26
Bubonyi Tamás .....	3/33
Dobránszky János.....	2/32
Filep Ádám .....	3/36
Gyöngyösi Szilvia .....	3/33
Hlavács Adrienn .....	1/36, 5-6/26
Keresztes Zoltán .....	5-6/30
Kerner Zsolt.....	2/32



Knisz Judit.....	2/32
Mertinger Valéria .....	1/36, 3/36, 5-6/26
Oszvald Ferenc.....	2/32
Palotás Béla .....	2/32
Péter László .....	2/32
Piller Imre .....	1/36
Réger Mihály .....	1/33, 2/32
Sályi Zsolt .....	2/37
Sepsi Máté.....	5-6/26
Szabó Péter János .....	5-6/30
Trampus Péter .....	2/32
Verő Balázs .....	2/32

## Felsőoktatás

Farkas Ottó .....	1/40
-------------------	------

## Hírmondó

Dr. Bódi Dezső .....	4/50
Dr. Farkas Ottó .....	4/34
Dr. Farkasné Dr. Mayr Klára .....	4/34
Dr. Fricz-Molnár Péter.....	4/25
Id. Ósz Árpád .....	4/40
Réthy Károly .....	4/47
†Ruzsinszky István .....	4/45
Tokár István.....	4/53

# Tárgymutató 2019

## A, Á

acél	
–, ausztenites .....	2/32
–, duplex .....	3/36
– hengerlése.....	1/31, 3/5, 5-6/5
– hőkezelése .....	1/7
– korróziója .....	2/32
– mechanikai tulajdonságai.....	1/7
– zárványossága .....	1/4
acélglyártás .....	3/5, 5-6/1
– alapanyagai .....	2/3
acélötvözetek.....	2/1
–, orvostechnikai .....	5-6/30
alumíniumolvadék kezelése .....	2/12, 3/20
alumíniumöntvény .....	2/12
–, nyomásos .....	5-6/9
alumíniumötvözet	
– alakíthatósága .....	2/27
– fázisai .....	2/27
– hőkezelése .....	3/26
– kristályosodása .....	5-6/22
– meleghegerlése .....	1/20
– sajtolása .....	5-6/19
– szemcsefinomítása.....	1/11, 5-6/19
– zárványai .....	3/20
anizotrópia .....	5-6/26
anyagvizsgálat..	1/4, 3/26, 3/33, 5-6/35
–, optikai .....	1/27
<b>B</b>	
betonacél .....	5-6/1
<b>D</b>	
diffúzió .....	2/37
dúsulás	
–, középvonali .....	1/31
<b>E, É</b>	
energiagazdálkodás .....	3/1

## F

felsőoktatás .....	1/40, 1/44, 2/9, 2/12, 2/40, 2/41, 3/40, 4/25, 4/34, 5-6/37, 5-6/39
felületszennyezés .....	1/27
felületvizsgálat.....	1/27
formatöltés .....	1/16
formaüreg .....	5-6/9
forraszanyag .....	2/37

## H

homokformázás .....	2/12
hulladékgazdálkodás .....	2/24

## K

képlékenyalakítás .....	1/36, 3/30
környezetvédelem .....	2/24
kristályosodás	
–, acél .....	1/31

## L

lemez mélyhúzósa.....	1/36
lézersugaras technológiák.....	3/13, 5-6/30

## M

Magyarország(on)	
– acélipara .....	5-6/1
maradó feszültség ..	3/13, 3/36, 5-6/26
meleghegerlés .....	1/20

## N

nagyolvasztó .....	3/1
--------------------	-----

## NY

nyersvasgyártás .....	3/1
-----------------------	-----

## O, Ó

olvadékkezelés .....	2/12
OMBKE küldöttgyűlés .....	4/3

## Ö, Ő

öntés	
–, félfolyamatos .....	5-6/22
öntészeti .....	2/9, 2/12
öntöttvas	
–, gömbgrafitos.....	2/12, 3/13
öntvény	
–, nyomásos .....	1/16, 2/12, 5-6/9
– porozitása.....	2/12
–, sárgaréz .....	2/21
öntvénygyártás .....	3/10
öntvénytervezés .....	1/16
ötvözetek	
–, ólommentes.....	2/21
–, öntészeti .....	2/12

## P

pólusábra.....	1/36, 5-6/26
----------------	--------------

## R

revésedés.....	5-6/5
----------------	-------

## S

salakok hasznosítása .....	2/3
sejtautomata .....	3/33

## SZ

szimuláció .....	3/33
–, fizikai .....	1/20

## T

textúra .....	3/30
termikus analízis .....	1/11

## Ü, Ú

üstmetallurgia .....	2/3
----------------------	-----

## Z

zárványok .....	1/4, 3/5, 3/20
-----------------	----------------

BIRÓ MARTIN – NAGY ERZSÉBET – MERTINGER VALÉRIA

## Hidegalakító szerszámacél hőkezelési technológiájának optimalizálása

*A szerszámokkal szemben támasztott legfőbb követelmények a keménység, kopásállóság, jó szilárdság és megfelelő szívósság. A felhasználástól függően a hidegalakító szerszámacélok alábbi csoportjait különböztetjük meg: kevésbé ötvözött, kis krómtartalmú, nagy krómtartalmú, mangán ötvözésű, króm, wolfram ötvözésű. Az erősen ötvözött, 12%-os krómtartalmú, hidegalakító szerszámacélból vágó, kivágó szerszámok, valamint ollók és körkések készülnek, amelyek nagyon jó abrazív kopásállósággal, csekély hőkezelési méretváltozással, nagy nyomószilárdsággal és jó szívóssággal rendelkeznek.*

*A hidegalakító szerszámacél próbatesteket különböző megeresztési paraméterek szerint hőkezeltük. A kísérletsorozatban a megeresztési hőmérséklet és időtartam változtatásának az acél keménységére kifejtett hatását vizsgáltuk többlépcsős hőkezelések esetében. A hőkezelt darabokon keménységméréseket végeztünk, majd a minták szövetszerkezetét mikroszkópos módszerekkel vizsgáltuk.*

### Bevezetés

A szerszámacélokot más anyagok megmunkálására, alakítására alkalmazzák. A szerszám anyagával szemben alapvető követelmény, hogy a szerszám üzemi hőmérsékletén a keménysége lényegesen nagyobb legyen, mint a vele megmunkált, illetve alakított anyagé. Ezenkívül a nagy szilárdság, a kopásállóság, a szívósság, a hosszú élettartam és a korrózióállóság mellett a jó alakíthatóság is megkövetelt tulajdonság [1–2]. Felhasználás szerint hidegen és melegen megmunkálható szerszámacélokot különböztetünk meg, míg összetétel szerint az acélokat a következő csoportokba sorolhatjuk: ötvöztelen szerszámacélok, ötvözött szerszámacélok és gyorsacélok [1, 3]. A gyártás során a szerszámacélokot általában több lépésben hőkezelik. A szerszámacélok esetében ez a technológiai lépésben elvégzett nemesítést jelent, ezáltal a kialakuló szerkezet és tulajdonsága széles tartományban változtatható [4].

A nemesítés első lépésében, ausztenitesítés során adott hőmérsékleten meghatározott ideig hőkezeljük a darabot. A hidegalakító szerszámacélokknál jellemzően az ausztenitesztési hőmérséklet növelésével 970 °C és 1080 °C-os intervallumban az anyag keménysége növekszik, az ausztenitesztési idő növekedésével ellenben a szívósság növekszik, míg a keménység értéke csökken. Azonban, ha túl

nagy hőmérsékleten ausztenitesztünk, a primer karbidkiválások elbomlanak. A nagy karbidrögök jelenléte alapvetően meghatározza a termék kopásállóságát, ezenkívül hőkezelés közben befolyásolja az ausztenitesztés növekedését, ezáltal gátolva a szemcsedurvulást, ami később repedéshez vagy torzuláshoz vezethet. Ha elbomlanak a karbidok, később az edzés során jellemzően cementit formájában válnak ki, illetve növekszik a maradék ausztenit mennyisége [5–9]. Edzés során az ausztenitesztési hőmérsékletről a munkadarabot úgy hűtik le, hogy a kialakuló szövet martenzites legyen. A hidegalakító szerszámacélok esetében levegőn, vákuumban vagy sófürdőben történik az edzés. A túl gyors hűtés könnyen karbidkiválásokat okoz a szemcsehatáron, amelyek további hibákhoz vezethetnek. A végső keménységet elsősorban a martenzites átalakulás adja [6–7, 10–11]. A nemesítés utolsó szakaszában a megeresztés célja a martenzites állapottal járó ridegség csökkentése, a keménység értékének pontos beállítása. Ötvöztelen és gyengén ötvözött acélok esetében a keménység a megeresztési hőmérséklet és az idő függvényében monoton csökken. Ötvözött acélok esetében azonban gyakran a nagyobb hőmérséklet-tartományban enyhe csökkenést követően 550 °C körül a keménységértékek meghatározott maximumot mutatnak. A keménységnövekedést a hőkezelés közben kiváló ötvözőfém karbidok okozzák, ez

*Bíró Martin a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán 2019-ben szerezte meg BSc-diplomáját anyagmérnök szakon, hőkezelő és képlékenyalakító szakirányon. 2020-ban elkezdte MSc-tanulmányait duális képzésben hőkezelő és képlékenyalakító szakirányon.*

*Dr. Nagy Erzsébet 2000-ben szerzett anyagmérnök diplomát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2007-ben PhD-oklevelet szerzett. Jelenleg az MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoportban dolgozik tudományos főmunkatársként. Főbb kutatási területei: alakváltozás indukálta martenzites átalakulások TRIP- és TWIP-acélokban, röntgendiffrakciós fázisazonosítás.*

*Dr. Mertinger Valéria 1990-ben a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán fémalakító szakon, fémtani ágazaton, 1994-ben pedig a Kossuth Lajos Tudományegyetemen mérnök-fizikus szakon szerzett oklevelet. PhD-fokozatát 1998-ban szerezte a Miskolci Egyetemen. 2018-ban DSc-fokozatot szerzett Anyagtudományok és technológiák tudományágban. A Műszaki Anyagtudományi Kar egyetemi tanára, a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet igazgatója, a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola tisztagja. Főbb kutatási területei: kristályosodás, martenzites átalakulások alakemlékező ötvözetekben és TWIP-acélokban, maradó feszültség meghatározása röntgendiffrakciós módszerrel, textúravizsgálatok, alumíniumötvözetek fémtani folyamatainak vizsgálata.*

az ún. szekunder keményedés. A hidegalakító szerszám- acéloknál már egy kisebb hőmérsékletű megeresztés is jelentős szilárdságnövekedést eredményezhet, azonban nagy hőmérsékletű megeresztés esetén a keménység és a szilárdsági értékek is jelentősen javulnak, a megfelelő keménység, a szívósság, kopásállóság és alaktartósság kombinációját érhetjük el [1, 4, 6].

A kutatás során tányér alakú kések alapanyagául szolgáló, hidegalakító szerszámacél hőkezelésének optimalizálására kísérleteket végeztünk. A kutatás elsősorban a megeresztési folyamatokra fókuszált. A félkész termék előírás szerinti megeresztése 530 °C – 490 °C – 490 °C hőmérsékletű hőkezelési szakaszban történik. A kísérleti megeresztések során először a megeresztési hőmérséklet hatását vizsgáltuk, ha a technológia második lépcsőjében, illetve ha a második és a harmadik lépcsőben egyaránt nagyobb, 530 °C-os hőmérsékletet alkalmazunk. Ezt követően a megeresztési időtartam hatásával foglalkoztunk: hogyan viselkedik az acél, ha az első hőkezelési lépcső hőntartási idejét megnöveljük. Végül a folyamat felgyorsításának lehetőségét vizsgáltuk meg két megeresztési lépcső összevonásával.

## Vizsgálatok

A króm ötvözesű hidegalakító szerszámacéloknak több alcsoportja létezik, a kutatás során az AISI szabványrendszerben D2 alcsoportba tartozó, EN 1.2601-es acélt vizsgáltuk, amelynek összetételét az 1. táblázat mutatja [5].

**1. táblázat.** A vizsgált acél szabvány szerinti összetétele (t%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co
1,60	0,35	0,30	11,50	0,60	-	0,30	0,50	-

A D2-es típusú acél ledeburitos szerkezetű, csekély hőkezelési méretváltozású hidegalakító szerszámacél. Lágyított állapotban jól megmunkálható, levegőn történő edzésre alkalmas, edzési keménységen alkalmazható. Jó abrazív kopásállóság, nagy nyomószilárdság, jó szívósság, jó éltartósság jellemzi. Olló- és körkések készítéséhez kb. 4 mm vastagságig használható, jellemzően papír- és műanyagipari alkalmazásoknál [5, 12–13]. A hidegalakító szer-

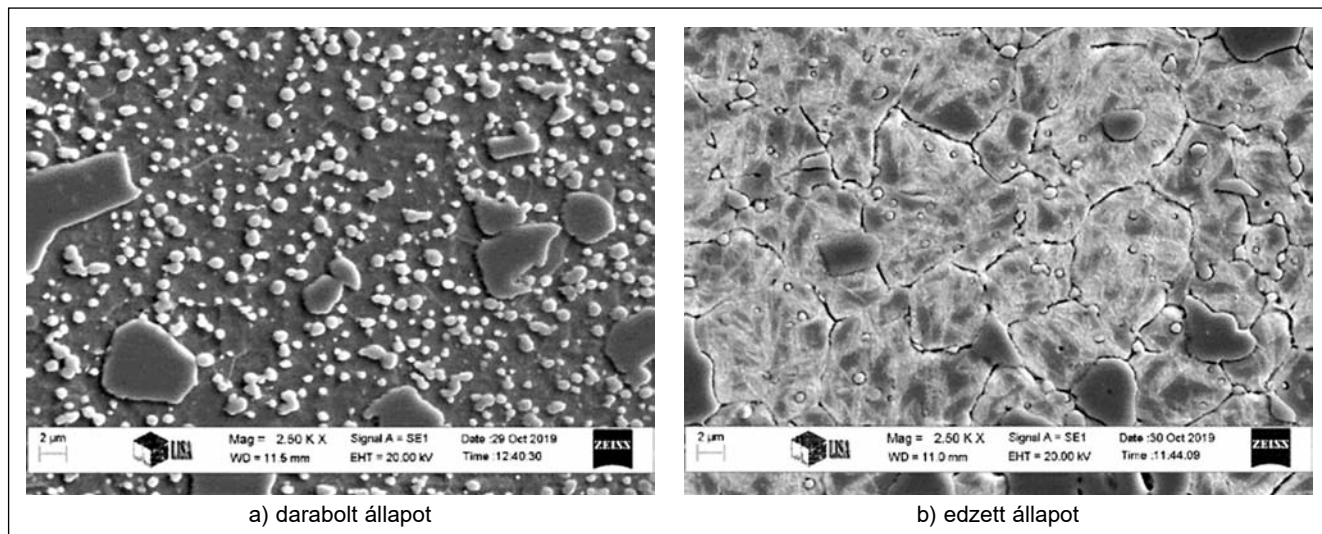


■ 1. ábra. A 101,5/69/1,35 mm-es próbatest

számacélból történő félkész termék előállításának technológiai lépései:

1. Lágyított rúdacél darabolása, kivágása.
2. A gyűrűforma teljes kilagyítása 750 °C-on.
3. A félkész termék előnyomása 840 °C-on.
4. A félkész termék teljes kilagyítása 750 °C-on.
5. A félkész termék edzése vákuumban 1040 °C-ról, majd feszültségcsökkentő izzítása 170 °C-on.
6. A félkész termék háromszoros megeresztése.
7. Befejező műveletek, polírozás, élezés.

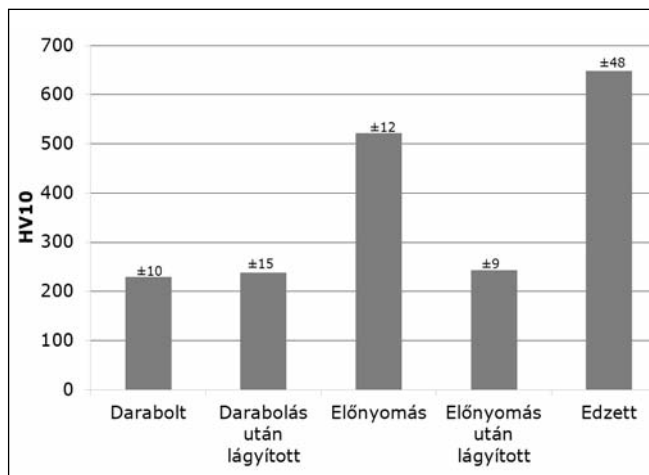
A próbatestek (1. ábra) hőkezelése bugára szerelve történt az esetleges deformáció és sérülések elkerülése céljából. A bugák kosárba pakolva kerültek a kemencébe. Az edzést vákuumkemencében végeztük, a további hőkezelés nitrogén védőgáz, süllyesztett aknás kemencében történt. A hőkezeléseket három párhuzamos mintán végeztük el. Minden egyes hőkezelt próbatestből két párhuzamos mintát vettünk ki. A gyantába beágyazott hőkezelt mintákon 100 N-os terhelő erővel Vickers-keménységmérést végeztünk Tukon 2100B keménységmérő berendezésen. A keménységmérést követően, minden hőkezelési lépésből vett minta mikroszerkezetét megvizsgáltuk. A csiszolt, polírozott és 5%-os Nitallal maratott csiszolatok szövetszerkezetéről Zeiss Imager M1m mikroszkóppal és Zeiss Evo MA10 pásztázó elektronmikroszkóppal készültek felvételek.



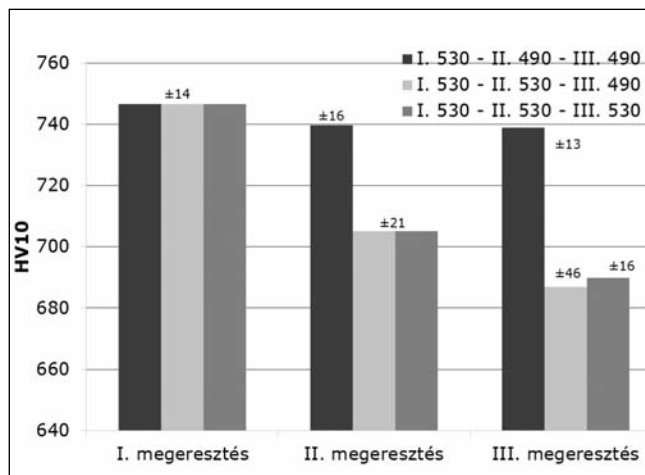
a) darabolt állapot

b) edzett állapot

■ 2. ábra. A vizsgált acél mikroszerkezete kiinduló és edzett állapotban



■ 3. ábra. A keménységértékek alakulása a kiinduló állapottól az edzett állapotig az egyes technológiai lépéseket követően



■ 5. ábra. A nagyobb kezdő hőmérsékletű megeresztési sorozat keménységértékei az egyes hőkezelési lépésekben

## Eredmények

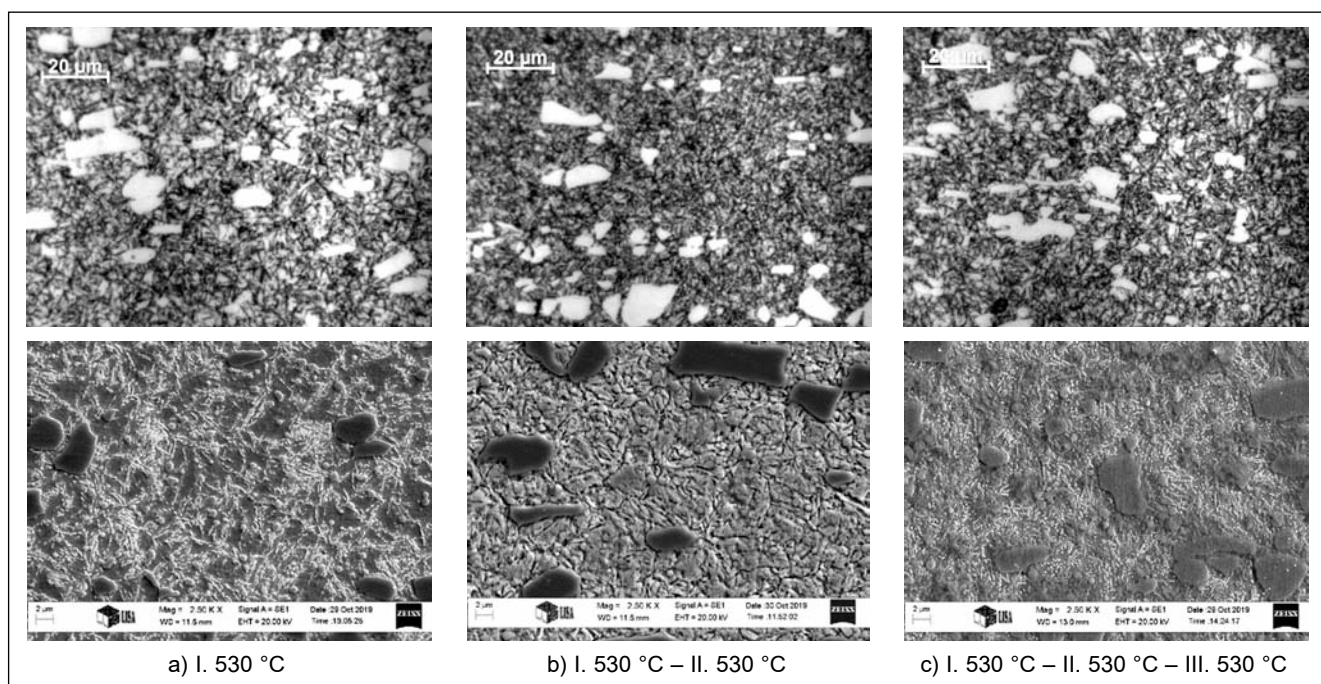
A vizsgálati acél kiinduló mikroszerkezetében az alapmátrixba ágyazódott nagyméretű primer karbidok, valamint a köztük levő apró szekunder karbidrögök láthatók. A szövetszerkezetben megfigyelhető feltöredezett primer karbid a melegen alakított alapanyagra jellemző morfológiát mutat. A minták szövetszerkezete az edzésig jelentősen nem változik. Az edzett szerkezetben a primer karbidon kívül kisebb mennyiségben szekunder karbid azonosítható a tús martenzites mátrixban (2. ábra).

A 3. ábra a melegen alakított rúdból kivágott mintákon darabolástól edzésig elvégzett műveletek hatásait mutatja. Jól látható az előnyomás, valamint az edzés okozta keménységváltozás. Minden állapotban három tányérből 2-2 mintát vettünk, amelyeken a keresztmetszet mentén öt ponton mértünk keménységet. Az átlagolt eredmények mellett feltüntettük a szórás mértékét.

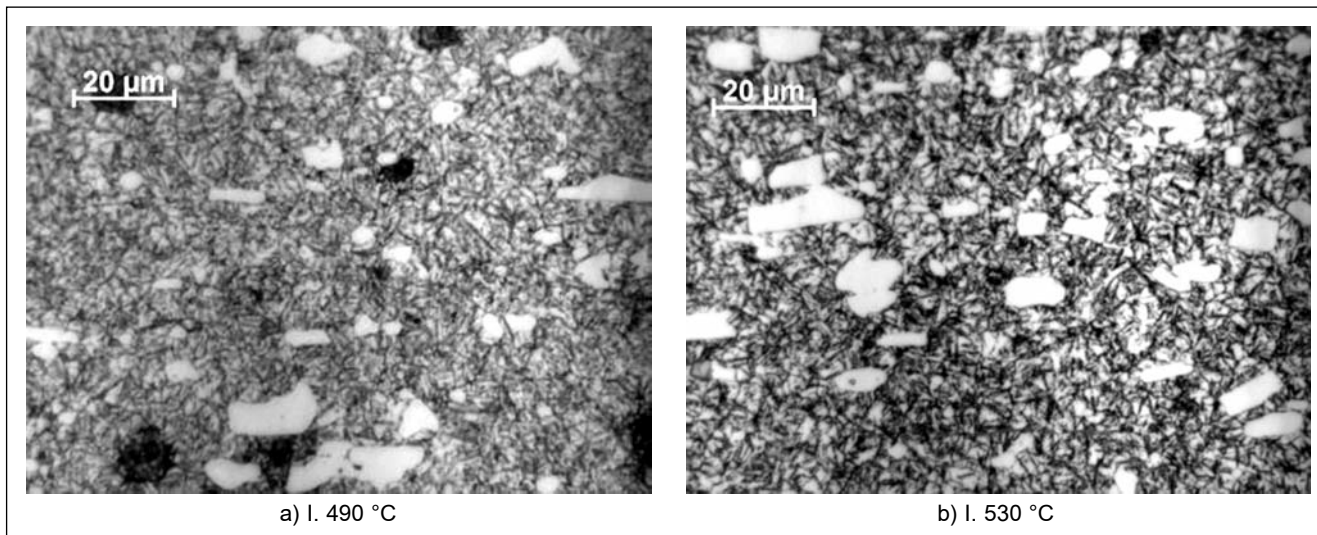
## A megeresztési hőmérséklet hatásának vizsgálata

Először a nagyobb megeresztési hőmérséklet második és harmadik hőkezelési lépcsőben történő alkalmazhatóságának vizsgálatára került sor. A mikroszerkezetben megfigyelt változások alapján az első hőkezelés hatására a diszperz ötvöző (szekunder) karbidok kiválnak, valamint megkezdődik a martenzit megeresztődése. A második lépcsőben a martenzit megeresztődése és a maradék ausztenit átalakulása történik. A harmadik lépés során folytatódik a maradék ausztenit átalakulása és a karbidok durvulása (4. ábra).

A második lépésben alkalmazott nagyobb megeresztési hőmérséklet a keménységértékekben számottevő csökkenést eredményez, a kisebbhez viszonyítva (5. ábra). A harmadik lépésben az alkalmazott hőmérséklettől függetlenül már nem történik jelentős változás a keménységértékekben.

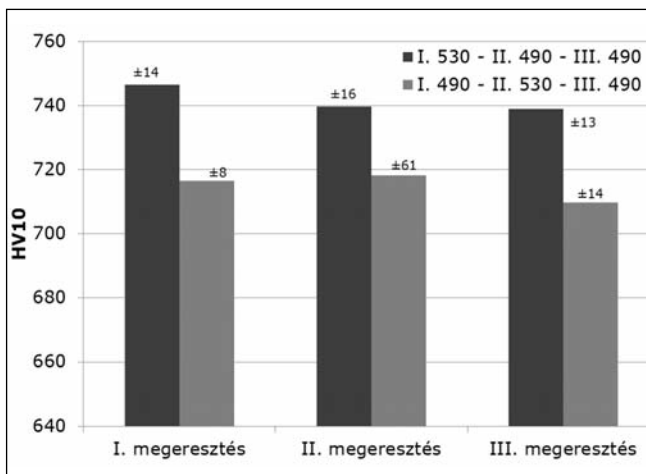


■ 4. ábra. A nagyobb kezdő hőmérsékletű megeresztési sorozat egyes lépéseiben kialakult mikroszerkezet



■ **6. ábra.** A kisebb kezdő hőmérsékletű megeresztési lépésben kialakult mikroszerkezetek

Amennyiben az edzés után egy kisebb megeresztési hőmérsékletű hőkezelést végzünk, a szövetszerkezetben finomabb tűs szerkezet figyelhető meg a nagyobb hőmérsékletűhöz képest (6. ábra).



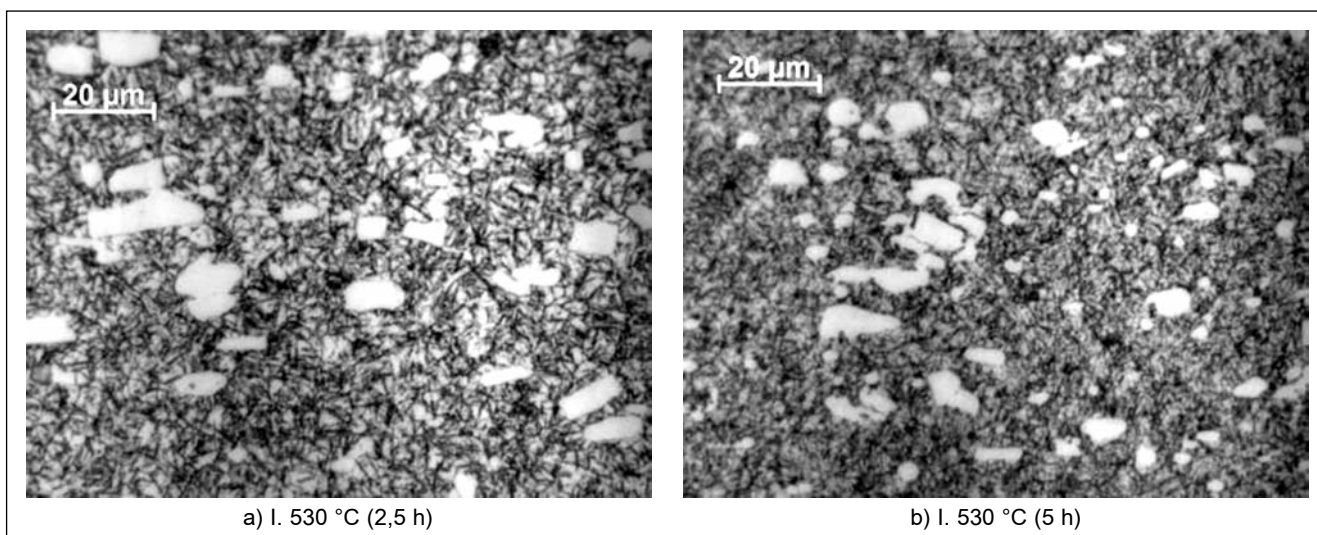
■ **7. ábra.** A kisebb kezdő hőmérsékletű megeresztési lépésben kialakult keménységértékek

Az első lépésben alkalmazott kisebb megeresztési hőmérséklet következtében a szekunder keménység hatása kevésbé érvényesül, ami egy kisebb kiinduló keménységet eredményez. Az első lépésben elért keménységértékhez képest a második lépésben nagyobb hőmérsékleten elvégzett hőkezelés elhanyagolható mértékű változást okoz (7. ábra).

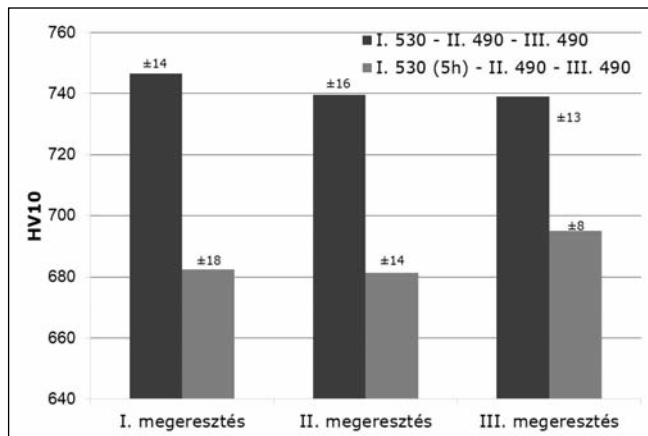
#### A megeresztési idő változtatásának hatása

A nagyobb hőmérsékletű első megeresztési lépés esetében a hőkezelési időtartam hatását is megvizsgáltuk. Az első megeresztési lépésben különböző ideig hőkezelt minták szövetszerkezetében látható eltérés oka a martenzit megeresztődése (8. ábra).

A hőkezelés első lépésében közel kétszeresére növelt hűntartási idő okozta mikroszerkezeti változásnak megfelelően a keménységértékekben tapasztalható nagymértékű csökkenés (9. ábra). A nagyobb hőmérsékletű első hőkezelési lépés utáni kisebb lépések alkalmazása ugyan okoz jelentéktelen keménységnövekedést, azonban ezen eredmények az eredeti, technológiában alkalmazott megeresztési folyamat értékeitől elmaradnak.



■ **8. ábra.** Az első lépésben alkalmazott hosszabb hűntartás során kialakult szerkezet



■ 9. ábra. Megeresztési idő változtatásával elért keménységértékek

A hőkezelés lépéseinek optimalizálásakor minden esetben körültekintően kell eljárni. A vizsgált hidegalakító szerszámacél termékkel szemben támasztott követelmény a hőkezelés során az 58–61 HRC közötti tartományba eső keménységérték elérése. Azonban, mivel a szerszám még további megmunkáláson esik át, amelyek során felkeményedhet, ezért a hőkezelési paraméterek beállítását úgy kell elvégezni, hogy a végső keménység ne az értéktartomány felső határára essen.

Az eredmények alapján a megeresztés első lépésének egyértelműen egy nagyobb hőmérsékletű hőkezelésnek kell lennie, mivel a kisebb kezdő megeresztési hőmérséklet okozta keménységcsökkenés további hőkezelésekkel nem módosítható, növelhető. Fontos megjegyezni, hogy a jól megválasztott megeresztési hőmérséklet és a megfelelő ausztenitációs hőmérséklet alkalmazásával együtt érhető el a kívánt szilárdsági mutatók. Azonban, ha a keménységértékekre meghatározott tartomány felső határát nem kívánjuk elérni, a második lépcső esetében is célszerű nagyobb hőkezelési hőmérsékletet választani, ezzel biztosítva a rendszerben valamennyi tartalékot a további műveletekhez. Az első és második megeresztési lépcső kiváltása egyetlen hosszabb idejű hőkezelés alkalmazásával egyértelműen a szilárdsági értékek romlásához vezet.

## Összefoglalás

Az elvégzett kísérleti hőkezelések és vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az 1040 °C-on végzett ausztenitációt követően az első megeresztési lépésben nagyobb megeresztési hőmérséklet alkalmazása szükséges. A második lépésben is célszerű nagyobb hőkezelési hőmérsékletet választani, hogy a keménységértékre előírt tartomány felső határát ne érjük el, a további megmunkáló műveletek okozta keménységnövekedés a tartományon belülre essen. A megeresztési időtartam növelése egyértelműen keménységcsökkenést okoz az anyagban, ezért a megeresztési lépcsők összevonása nem javasolt.

Az optimalizálást követően a hőkezelési technológiára az alábbi javaslatot tesszük: 1040°C-os ausztenitációt, majd edzést követően háromszoros megeresztés javasolt 530 °C – 530 °C – 490 °C-os hőkezelési lépésekben. Az egyes megeresztések javasolt időtartama 3 óra.

## Köszönetnyilvánítás

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

## Irodalom

- [1] Dr. Gács Zoltán, dr. Mertinger Valéria: Fémtan. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000.
- [2] Révfy Dezső: Anyagismeret. Oktatási segédlet kézirat, Miskolc, 2006.
- [3] Dr. Dogossy Gábor: Szerszámacélok. Mérnöki anyagok NGB\_AJ001\_1
- [4] Chandler H.: Heat Treater's Guide Practices and Procedures for Irons and Steels. ASM Handbook 1995.
- [5] Böhler database. <https://www.boehler.hu/hu/products/k105/> (2019. okt. 26.)
- [6] Saha, S. K., Lalta, P. Virendra, K.: Experimental investigations on heat treatment of cold work tool steels part 1, air hardening grade (D2). International Journal of Engineering Research and Applications; Mar-Apr 2012; Vol. 2, Issue 2, pp.510–519
- [7] Attaullah, A. A.: Heat Treatment and Toughness Behavior of Tool Steels (D2 and H13) for Cutting Blades; Department. Metallurgy and Materials Science University of Toronto; M.A.Sc, 1999.
- [8] L. Tóth, E. R. Fábrián: The Effects of Quenching and Tempering Treatment on the Hardness and Microstructures of a Cold Work Steel, International Journal of Engineering and Management Sciences Vol. 4. (2019). No. 1
- [9] D. Viale, J. Béguinot, F. Chenou, G. Baron: Optimizing microstructure for high toughness cold work tool steels, Usinor Industeel, Proceeding of 6th International Tooling Conference (Karlstad University, 10–13 September 2002) Vol.2.
- [10] D. A. Lesyk, S. Martinez, B. N. Mordiyuk, V. V. Dzhemelinskiy, A. Lamikiz, G. I. Prokopenko, Yu. V. Milman, K. E. Grinkevych: Microstructure related enhancement in wear resistance of tool steel AISI D2 by applying laser heat treatment followed by ultrasonic impact treatment, Surface & Coatings Technology 328 (2017) 344–354.
- [11] Salunkhe, S., Fabijanic, D., Nayak, J. Hodgson, P.: Effect of Single and Double Austenitization treatments on the Microstructure and Hardness of AISI D2 Tool Steel, Materials Today: Proceedings 2 (2015) 1901–1906.
- [12] Harcsik Béla, Józsa Róbert, Kiss László: A primer acélgégyártás technológiai tervezésének, technológiai fejlesztésének gyakorlati szempontjai. Digitális tananyag, Miskolci Egyetem, 2013.
- [13] T. Večko Pirtovšek, G. Kugler, M. Terčelj: The behaviour of the carbides of ledeburitic AISI D2 tool steel during multiple hot deformation cycles, Materials Characterization 83 (2013) 97–108.

# A magyar Szent Korona fémtani tulajdonságainak értékelése

**A tanulmány bemutatja a magyar Szent Korona feltételezhető aranyötvözeteit, azok szilárdsági tulajdonságait és a koronának a szállítások során ért károsodásait. Külön kiemeli a lágyforrasztás korróziós folyamatait és az ebből adódó állagmegóvás legfontosabb betartandó paramétereit.**

## Bevezetés

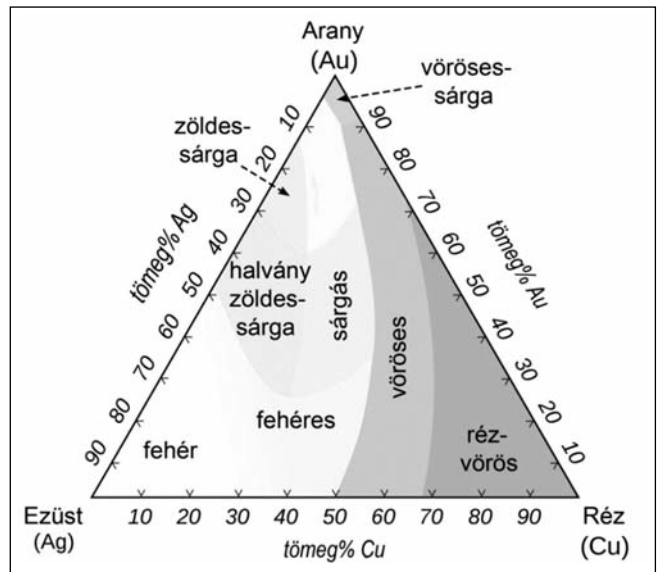
A Szent Korona és a szervesen hozzátartozó jelvényegyüttes 1978-as visszakérülése után a Magyarországon uralkodó materialista világfelfogás elvárásai arra inspirálták a magyar tudományos élet kiválóságait, hogy a koronát tudományosan vizsgálják, és a vizsgálatok eredményei azt bizonyítsák, hogy a Szent Korona Szent István regnálása után készült. Mintha több származási helyről összegyűjtött, véletlenül összerakott jelvényegyüttesről lenne szó, és nem a magyar nép által megőrzött szakrális hagyomány igazságáról. Nem tartották kellő tiszteletben, és ez meglátszott a jelvényegyüttesrel szemben tanúsított viselkedésükön is.

Az ún. mérnökcsoport keretén belül 1981-ben készítettem egy kis tanulmányt a „Magyar Szent Korona fémtani tulajdonságainak értékelése” címen a Nemzeti Múzeum számára, abból a célból, hogy az akkori vizuális vizsgálat mészaki állapotára és a sérülések feltételezhető okaira rávilágítsak.

A korona fémes részeinek kémiai és szilárdsági értékeiről beszélni igen merész dolog, mert napjainkig – nagyon helyesen – nem történtek kétes értékű vizsgálatok, amelyeket a hozzáértők sem javasoltak, illetve a feltételezett eredmények használhatóságát igen erősen vitatták. Roncsolásos anyagvizsgálat nem jöhetett szóba, s a valamilyen ionizáló sugárzást felhasználó roncsolásmentes vizsgálatokat is el kellett vetni, mert a szerves anyagokban (gyöngyök), illetve a drágakövekben visszafordíthatatlan folyamatokat indított volna el (pl. elszíneződések). Ellenben az állagmegóváshoz szükséges ismereteket így is jól lehet közelíteni. Az akkor leírtak tulajdonképpen ma is aktuálisak, de 40 év távlatából némi kiegészítésre szorulnak.

## A korona feltételezhető fémtani, mechanikai tulajdonságai

Nem járunk messze az igazságtól, ha feltételezzük, hogy a korona anyagainak alapalkotója az arany (Au). Az aranyművesség a történelmi idők előtti korokba nyúlik vissza. Feltételezhető, hogy színaranyat (99,99%) sohasem tudtak előállítani. Számolni kellett azzal, hogy az arany mellett mindig találhatóak állandó kísérőelemek, ötvöző- és



■ 1. ábra. Az Au-Ag-Cu ötvözetekkel elérhető színek

szennyezőelemek. Most csak az arany számításba jöhet legfontosabb ötvözőelemeit vesszük figyelembe.

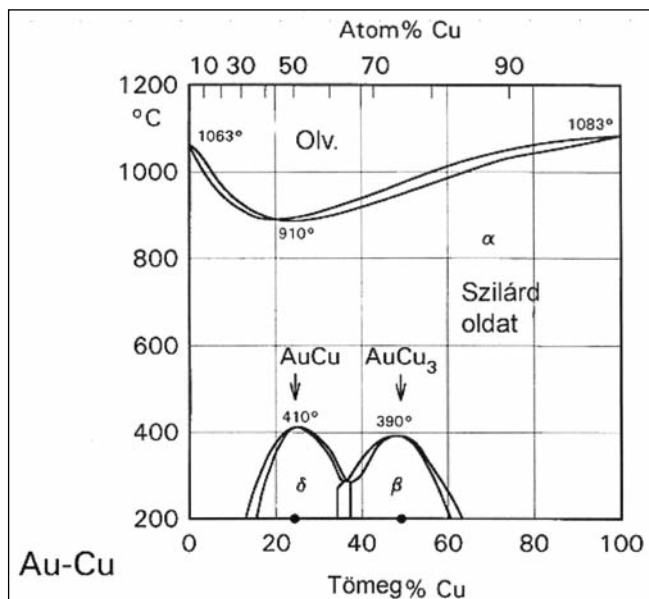
Az arany mellett figyelembe kell venni a korona esetében az ezüstöt (Ag) és a rezet (Cu) is. Az arany e két legfontosabb ötvözőelemét elsősorban szilárdságnövelési célból használják. Ha a készítő egyéb célból – pl. esztétikai, szimbolikai – színváltoztatást is el akar érni, akkor az 1. ábrán szereplő ternér állapotábrán – fekete-fehérben – láthatjuk azokat a területeket, amelyek némi tájékoztatást nyújtanak az arany egyes ötvözetsoportjainak természetes megvilágításban, szemmel látható színeiről.

Feltételezzük, hogy a korona készítéshez viszonylag kevés ötvözőelemet használtak fel. Ezt egyrészt arra alapozzuk, hogy a nagy egybefüggő lemezfelületek kialakításához nagymértékű alakítást kellett végezni, és erősen keményedő ötvözet nem volt kívánatos, valamint a szakrális szempontokra, melyek a legtisztább arany használatát részesítették előnyben. *Ludvig Rezső* aranyműves – aki a koronavizsgáló aranyművesekkel együtt vizsgálta a Szent Koronát – gyakorlati tapasztalatból adódó véleménye szerint a gyűrű (az abroncs) anyaga több ötvözőt tartalmaz, mint a boltozatot képező pántok. Zöldes színű, ami azt

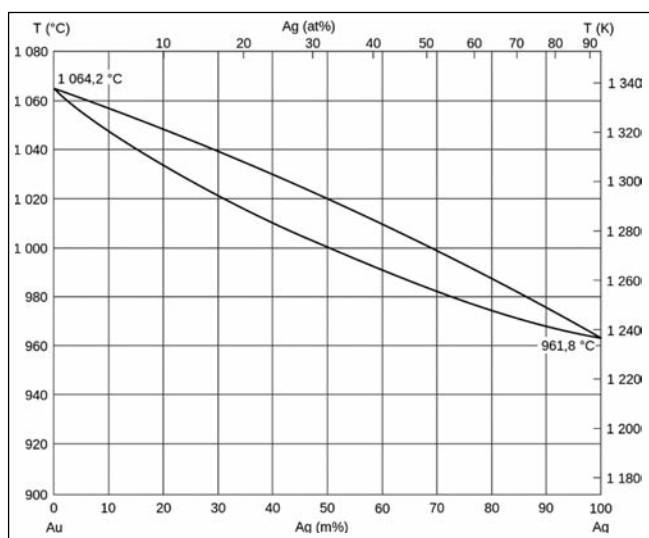
**Dr. Fehér András** 1967-ben végzett az NME Kohómérnöki Karának alakítástechnológiai szakán. Ezután a Dunaújvárosi Főiskola Alakítástechnológiai Tanszékén dolgozott 1993-ig, ahol az anyagszerkezet, hőkezelés, anyagvizsgálat tárgyakat oktatta. 2008-as nyugdíjba menetelég a Dunafer Qualitest Kft. vizsgálatfejlesztő osztályvezetője volt. Jelenleg a felnőttoktatásban vesz részt, roncsolásmentes anyagvizsgálatokat oktat, valamint szakértői munkákat végez.

A hátsó borítón további képek láthatók a Szent Koronáról. Szelényi Károly 1978-ban készült felvételei. A teljes koronaképen a kereszt a helyes irányba dől. Ezt alátámasztja az 1608-ban készült koronaszállító ládán található ábrázolás is.

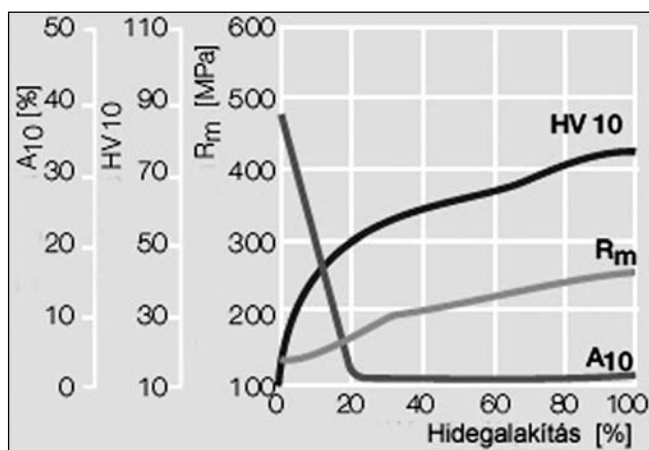
jelent, hogy 10-20%-ban ezüsttel és rézzel ötvözték. Ezt indokolhatják az előbb elmondottak, hisz a gyűrű 1,2 mm vastag, fő teherhordó, alaktartó eleme a koronának. A boltozat lemezei 0,4 mm vastag, tisztább aranyból készültek,



■ 2. ábra. Az Au-Cu ötvözet fázisdiagramja [2]



■ 3. ábra. Az Au-Ag ötvözet fázisdiagramja [2]



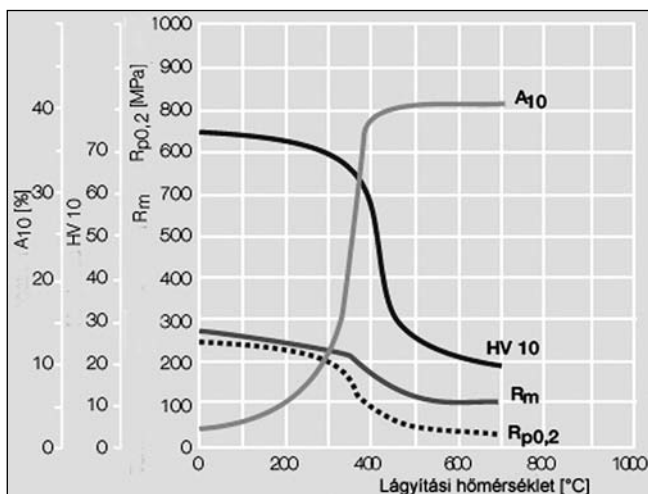
■ 4. ábra. Az AuAg20Cu10 ötvözet keményedése hidegalakítás során [5]

melynek könnyebben alakíthatónak kellett lennie ahhoz, hogy a kívánt lemezvastagságot elérjék [1]. Az 1. ábra ternér fázisdiagramjából kiemelve a két legfontosabb kétalkotós fázisdiagramot, látható, hogy szilárd állapotban az alkotók az arannyal szemben minden arányban oldják egymást, és ezért az arany kismértékben ötvözött (10-20%) ötvözeteiben csak szilárd oldatokat találunk. Más szóval bármilyen elkészített ötvözet homogén, a hőmérséklettől és a gyártástechnológiától függetlenül (2-3. ábra).

Ezek a szilárd oldatok kiváló, nagymértékű hidegalakíthatóságot biztosítanak. A feltételezett összetételű aranyötvözet szilárdsági jellemzőinek változását mutatja be a hideg képlékenyalakítás függvényében a 4. ábra, a lágyulás előrehaladtát a hőmérséklet függvényében az 5. ábra.

A feltételezett technológia szerint a lemezek és a gyöngydrótok gyártása során mindkét folyamat többször is lejátszódott, míg elérték a kívánt vastagságokat. A 0,4 mm-es pántok kialakulása után következett azoknak a tartóelemeknek a felforrasztása, amelyek egyrészt díszítőelemeket tartanak, másrészt a gyöngyök, ékkövek és az apostolok zománcképeinek a megfogását biztosítják. Ezeket keményforrasztással rögzítették, ami azt jelentette, hogy a pántok fő tartólemeze (0,4 mm) és az egyéb tartozékok teljesen kilágyultak a kb. 700-800 °C-os hőmérsékleten. Ebben az állapotban a pántok szakítószilárdsága – irodalmi adatok alapján – 450 MPa értéket ér el [5]. Szerencse, hogy a pántok egy boltozatot alkotnak, ahol nyugalmi állapotban nyomófeszültséggel kell számolni, amely a lovagló király esetében ismétlődő lüktető terhelésbe megy át. Ugyanezt a lüktető igénybevételt kell feltételezni a koronáladában történő szállításkor is.

A szakrális megfontolásokon túl figyelembe kell venni a kívánt szilárdsági értékeket is. A gyűrűnek eléggé egyértelmű az igénybevétele, mert csak a körköröséget, illetve gyenge ellipszis alakját kell megtartani a négy helyen egyenletesen ránehezülő boltozattal szemben. Erre érzékeny, mert a keresztmetszeti tényezője kicsi. A gyűrű és a pántok esetében is nagy a bizonytalanság, mert nem egyenszilárdságú tartóelemekről van szó, és ezeknek a lemezeknek a merevségét, hajlíthatóságukat, hajlítási szilárdságukat a rájuk forrasztott gyöngydrótok, a köveket és gyöngyöket befoglaló elemek és a képeket keretező le-

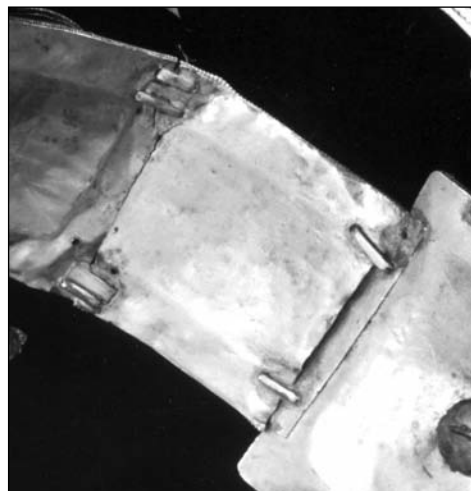


■ 5. ábra. Az AuAg20Cu10 ötvözet hidegalakítás utáni újrakristályosodása (lágyulása) [5]

mezcsíkok nagymértékben befolyásolják, megmerevítik. A merevséghez még hozzájárultak a zománcképek a vastag hordozó aranylemezzel (0,9 mm) és az azokon lévő, tovább merevítő zománcreteggel. Ezek szerkezeti felépítésének tulajdonítható, hogy a pántokon jól látható repedéskezdemények és törések ott alakultak ki, ahol zománcképek (apostolképek) nem fedték a pántokat. Tehát a zománcképek közti területekre (apostolképek közti sávokra) koncentrált minden ismétlődő rugalmas és maradó alakváltozás. Ezeken a helyeken alakultak ki az első repedéskezdemények, amelyek továbbhaladtával teljesen átrepedtek a pántok, és ezeket a károsodásokat már töréseknek kell neveznünk (6. ábra). A fekete-fehér tónusú képen is jól látható, hogy a János kép alatt és felett a pánt 0,4 mm-es lemeze teljes keresztmetszetben áttört. Hasonló törés mindegyik pánton található. A ma látható töréseket figyelembe véve megállapítható, hogy a boltozat ma már nem tudná megtartani eredeti alakját, összeroskadna. Ezért volt szükséges *Ferenc József* koronázása (1867) előtt a pántokat a törésvonalak elején és végén megerősíteni úgy, ahogy abban a korban elvárható volt egy budapesti aranyműves mestertől. A repedések kezdetét és végét áthidalta egy erősebb aranydróttal, és lágyforrasztással rögzítette azt a 0,4 mm-es pántok lemezeihez. Egy ilyen helyet mutat a 6. ábra.

A Szent Koronát a történelmi leírások szerint legalább három ízben érthették olyan behatások, amelyek nagymértékű maradó alakváltozást eredményezhettek. Az első 1301-ben, mikor a koronát Prágából állítólag lóháton csobolyóban hazaszállították és a csobolyóval együtt el is veszítették. A második 1440-ben, amikor *Kottanner János*-né szekéren, a csecsemő király alatt, a bölcsőjében lopta ki a koronát Magyarországról. A harmadik alkalom pedig 1849-ben történt, mikor *Szemere Bertalan* miniszterelnök Orsovánál a Duna árterében elásatta a Szent Koronát. Ez utóbbi alkalom okozhatott olyan mértékű sérüléseket, töréseket, amelyek 1867-ben indokolták a boltozat forrasztóónnal való megerősítését a koronázás előtt.

A Szent Korona szállítása nem történhetett mindig rázkódásmentesen. Például komoly ismétlődő fásztó igénybevételt is jelenthetett a lóháton történő szállítás a döcögős



■ 6. ábra. János apostol képe alatt és fölött áttört pánt a megerősítő aranydróttal és forrasztással. (Szelényi Károly felvétele 1978.)

szekéren való szállításokkal együtt. Az aranyötvözetek esetében, ha igen jó kifáradási határt becsülünk meg, ehhez e g y m i l l i ó igénybevételi szám tartozik, ami fémekek és ötvöze te i k e s e t é b e n túlzóan kedvező érték. Ha feltételezzük, hogy

szállítás közben az úton 2 méterenként egy-egy lökészerű igénybevétel érte (csak) a koronát, akkor könnyen kiszámolható, hogy 2000 km-es út megtétele után az egymilliósi igénybevételi számot elérjük. Tehát a repedések megjelenése törvényszerű. A Szent Korona ennél jóval többet utazott minden rázkódásvédelem nélkül.

Az ún. mérnökcsoporthoz a múzeumi mérések során 1980-ban a teodolitos mérésakor tapasztaltuk, hogyha egy villamos elment a múzeum előtt, akkor a terem alsó födémje annyira beremegett, hogy a méréssel várni kellett, míg a rezgések lecsillapodtak. Ezek az ismétlődő rezgő-fásztó igénybevételek egész nap hatottak a korona boltozatára, annak pántjaira. A kezdő és terjedő repedésekre a károsodások halmozódási elvének megfelelően hatottak ezek az ismétlődő igénybevételek.

Szakmai körökben ismert, hogy a színesfémeknek és azok szilárd oldatait tartalmazó ötvözeteknek nincs kifejezett kifáradási határjuk. Tehát minden kicsi igénybevétel hozzájárul a szerkezet károsodásához, nem úgy, mint az acélok esetében, ahol van egy határterhelés, mely alatt nem növekszik a károsodás mértéke. A korona aranyötvözetének sűrűsége 15-16 kg/dm<sup>3</sup>, és az ebből készült igen nehéz boltozatot egy 0,4 mm-es héjazatnak kell tartani. Ha még figyelembe vesszük a gyenge rugalmassági modulus értékét is, mely 78 GPa, akkor belátható, hogy minden rázkódás, ismétlődő igénybevétel komoly erőhatásokat és deformációkat eredményez a pántok által alkotott boltozatok feszültségűjtő helyein.

#### A koronán található lágyforrasztások metallográfiai vonatkozásai

A lágyforrasztás anyagok az Sn-Pb ötvözetek családjába tartoznak, és a pántok fő alkotójával, az arannyal már a forrasztás hőmérsékletén tovább ötvöződnek. A forrasztás hőhatásövezetében, diffúziós zónájában egy könnyen olvadó, az eutektikumhoz közelítő ötvözetsor alakul ki az arannyal, amely nagyon megnehezítheti a jövőben a Szent Korona restaurátorainak munkáját. Ezenkívül pedig számolni kell a korróziós folyamatokkal is a forrasztás környékén. A teodolit látómezőjében jó nagyítás mellett, a forrasztások környékén egy szürkésfehér lepedék látszott, mely a korróziós folyamatok termékének volt tekinthető. Az Országházba való szállításig a korona a belvárosi légtérrel érintkezett, mely tudvalevőleg igen szennyezett, és ezeket a folyamatokat csak tovább gyorsította. Voltak ennél rosszabb tapasztalataink is. A múzeumba bemenetkor megcsapta az orrunkat a hipószag, melyet a takarítók használtak. Az is lehangozó volt, hogy abban a térben, melyben a koronázási ékszerek és a palást is volt, a függönyök mögött megláttuk a riasztóberendezés éppen töltésre állított savas akkumulátorait, kicsavart záródugóval. Ezeket szóvá tettük.

A koronán elvégzett forrasztások állagára elsősorban az ónnak az aranyban és az aranyban az ónban történő (folyamatos) diffúziója van hatással. Az említett diffúziós irányokba a diffúzió sebességére jellemző ún. diffúziós állandók értékei szobahőmérsékleten az [1] irodalom szerint igen kicsiny értékek, ami azt jelenti, hogy 20-25 °C-on a jövőben nem kell számolni ilyen irányú állagromlással. Egészen más a helyzet a forrasztás környezetének korróziós károsodásával.

## A koronán található korróziós jelenségek okairól

Az oldatba (elektrolitba) merülő fémekből, illetve ötvözeteiből a pozitív töltésű ionok mennek oldatba, és egyidejűleg az oldatba menő fém vegyértékével azonos számú elektron marad vissza, ezzel negatív töltést adva a fémnek. Az így létrejövő elektrokémiai potenciálkülönbségről (feszültségről) legegyszerűbben normálpotenciál-táblázatból tájékozódhatunk. A korona szempontjából legfontosabb elemek normálpotenciáljait hidrogénre vonatkoztatva az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. Fémek normálpotenciál-értékei mV-ban

Cink (Zn++)	- 762
Ón (Sn++)	- 140
Ólom (Pb++)	- 126
Hidrogén (H+)	0,00
Réz (Cu++)	+357
Ezüst (Ag+)	+800
Arany (Au+++)	+1420
Arany (Au+)	+1680

alkotók közötti maximális potenciálkülönbség adja meg. A korona anyagára vonatkoztatva a forrasztások környezetében 1560–1820 mV potenciálkülönbség adódik, mely elektrokémiai folyamatoknál tekintélyes érték.

Ahhoz azonban, hogy két fém között elektrokémiai folyamat menjen végbe, a potenciálkülönbségen kívül még elektrolit is szükséges van. Az elektrolit esetünkben a légkörből származó szennyezett víz, amely például a hőmérséklet csökkenésekor vízpáraként csapódik le a korona fémes felületén. A felületen a víz megkötődése a hőmérséklet csökkenése nélkül is létrejöhet, hiszen a fémfelületek megkötnek (adszorbeálnak) a velük érintkező anyagokból. Az elektrolit a korona gondatlan kezelése közben is felkerülhet a fémes és nem fémes (például üveg = zománc, szerves anyag = gyöngy) részeire, például a csupasz kézzel való fogdosáskor, amikor is a kéz bőrfelületéről elpárolgó sós izzadsággal vagy a közlőről kilétezt páradús levegővel érintkezik a korona fémes anyaga (7. ábra).

Arra, hogy az elektrolit jelen volt a Szent Korona múzeumi tartózkodási idején, és az egyes fém alkotók – elsősorban az ólom, az ón, majd a réz – oldatba mentek és különféle vegyületeket hoztak létre, az a bizonyíték, hogy a forrasztás helyén és környezetében az anyagok korróziós termékei szemmel láthatóak voltak. Ebben a folyamatban a legkevésbé nemes alkotók vesznek részt és mennek oldatba, amely addig folytatódhat, míg a maradék nemesebb szilárd oldat fázisátárán az aranyötvözet el nem éri a rezisztencia határt, mely után az oldódási, illetve korróziós folyamatoknak törvényszerűen le kell állni. Az aranyötvözet oldaláról ez a koncentráció 50%-os aranyatomszámmal következik be [3]. Ez a folyamat éppen a jövőbeli restaurátoroknak kedvezhet is, mert az 1867. évben elvégzett forrasztás káros következményeinek eltávolítására adhat lehetőséget. Gondolhatunk itt egy tamponos maratásra, mely során gyorsan, helyileg, hidegen leoldható a forrasztással felvitt felesleges anyag, és majd az adott kornak

Mivel a korona fémes váza arany, ezüst és réz elemekből készült, továbbá a javításhoz a közelebbi múltban forrasztó ötvözetet, pontosabban ón-ólom ötvözetet használtak fel, az ötvözetekre vonatkozó normálpotenciál számítási szabályát kell figyelembe venni. Eszerint az elektrokémiai normálpotenciált az



■ 7. ábra. Koronaátvételi vizsgálat: Fort Knox, Kentucky 1977. (Kovács Éva felvétele)

megfelelő és az állagmegóvásnak is eleget tevő technológiával meg lehet erősíteni a korona boltozatát.

## Összefoglalás

Összefoglalásképpen elmondhatjuk, hogy a koronázási jelvények közül a Szent Korona szenvedte el a legtöbb igénybevételt, és a jelvényegyüttesből a paláستtal együtt igényli a legtöbb gondoskodást. Időközben a Szent Korona, az országalma, a jogar és a kard átkerült az Országházba és egy biztonságos üvegtárlóban helyezték el, melynek a légtérét a legutolsó információ szerint nitrogéngázzal töltötték fel. Arról nincs adat, hogy a szerves gyöngyök miatt a páratartalmat és a hőmérsékletet milyen értékre állították be. Ha a hőmérsékletet 10 °C alá állították be, akkor a korróziós folyamatok sebessége elhanyagolható és hosszú ideig nem kell annak káros hatásával foglalkozni. Már csak a különböző kutatásokra kiadott engedélyeket kell kordában tartani, mert a különböző kézzel való megfogásokból adódó saját súlyterhelés is jelentősen károsítja a korona fizikai állapotát (fajsúlya: 15-16 kg/dm<sup>3</sup>). Iránymutató lehet az a gondoskodás, amiben a korona legutolsó visszaszállítását részesítették az amerikaiak. A Szent Koronát belülről, teljes egészében, egy gyurmához hasonló anyaggal kítámasztották.

A Szent Korona felvázolt fizikai állapotát sajnos sok feltetelezésre kellett alapozni. Meg kell állapítani, hogy a mai napig sem készült a koronáról és a többi koronázási jelvényről sem egy elfogadható műszaki dokumentáció, mely be tudná mutatni hitelesen, teljes részletességgel, méret- és színhelyesen a legbecsesebb szent ereklyéinket, melyek azon túl, hogy a magyarság utóbbi több mint ezeréves múltjának legszentebb kulturális tárgyi bizonyítékai, az egész világ kulturkincsének is tekinthetők. Ebből következően kötelességünk a koronázási relikviák állagának megőrzése.

## Irodalom

- [1] Gmelins Handbuch „Gold” Der anorganischen Chemie. 1954.
- [2] Metals Handbook Vol.8. Metallography, structures and phase
- [3] Verő József – Káldor Mihály: Fémtan 1977.
- [4] C. HAFNER GMBH +CO. KG Gold und Silberscheideanstalt
- [5] Electrical Contacts WIKI DODUCO Pforzheim 2012.



## A Miskolci Egyetem hírei



### Koronavírus

A vírushelyzet az egyetemi életet is erősen érintette. 2020. március 12-én és 13-án rendkívüli rektori szünet volt, ami alatt a kollégistákat hazaköltöztették. Ezt követte egyhetes tavaszi szünet, majd március 23-tól egész a félév végéig az oktatás távoktatás formában zajlott. Március 27-én új tanulmányi időbeosztás lépett érvénybe. Eszerint a jelenleg is tartó vizsgaidőszakot július 31-ig meghosszabbította az egyetem. A távoktatás az interneten, különböző videókonferencia, társalgó, üzenetküldő és speciális oktató szoftverek (Google Teams, Skype, Microsoft Team, GotoMeeting, Jitsi stb.) segítségével történik. A kép egyelőre még vegyes, mert a hirtelen váltás nem tette lehetővé az egységesítést az egyetemen, vagy akár a karon belül. Ugyanakkor, ha az oktatók ügyesek, akár előnyt is kovácsolhatnak a kényszerből, hisz a gyakorlatban ki tudják próbálni a különböző megoldásokat és tapasztalati úton választhatják ki az optimálisat. Május 4-én a rektor úgy döntött, hogy az intézmény hallgatói továbbra sem látogathatják a Miskolci Egyetemet. A szorgalmi időszak lezárása és a vizsgaidőszak teljesítése tehát az eddig kidolgozott és érvényesített távoktatási rend szerint fog történni. Az általa jóváhagyott kari intézkedési tervek, amelyek a kari specifikumoknak megfelelően a távoktatási rendet szabályozzák, a továbbiakban is érvényesek maradnak.

### Zárávizsgák a Műszaki Anyagtudományi Karon

Az idén az átlagosnál több diploma kiállítása várható, ugyanis a veszélyhelyzetben teendő egyes, a felsőoktatási intézményeket és a hallgatókat érintő intézkedésekről szóló 101/2020. (IV.10.) Kormányrendelet 6.§ alapján „*aki 2020. augusztus 31-ig sikeres záróvizsgát tett, mentesül az oklevél kiadásának előfeltételül előírt nyelvvizsga letételének kötelezettsége alól*”. Ez a szabály vonatkozik az idén záróvizsgázókra és a korábban sikeresen levizsgázottakra egyaránt. A pontos szabályozás megtalálható az egyetem honlapján.

A karon a záróvizsgák 2020. június 22–30. között, többé-kevésbé a szokott módon, tehát NEM távoktatási módszerrel fognak zajlani, azaz mind a bizottság, mind a hallgatók személyes jelenléte kötelező, de egyes tárgykérdések (akik nem hivatalos tagjai a bizottságnak), videókonferencia jelleggel is bekapcsolódhatnak. Minthogy hallgatók számára az egyetemre történő belépés egyedi engedélyhez kötött, az előzetes egyeztetés és az időpontok pontos betartása különösen fontos. A záróvizsgák helyszíne egységesen a II. előadó, ahol biztosítható a megfelelő távolság mind a bizottsági tagok, mind a hallgatók között.

### Rektorválasztás

A Miskolci Egyetem jelenlegi rektorának 2021 februárjában lejár a megbízatása. Az Innovációs és Technológiai Minisztérium által megjelentetett pályázatra két pályázat érkezett. A két rektori pályázatot benyújtó jelölt, *Prof. Dr. Horváth Zita*, a Történettudományi Intézet egyetemi tanára, jelenleg az ITM felsőoktatásért felelős helyettes államtitkára és *Prof. Dr. Piskóti István*, a Marketing és Turizmus Intézet egyetemi tanára.

A koronavírus-járvány miatt a jelöltek az ilyenkor szokásos grémiumok előtt (szakszervezet, Professzorok Tanácsa, ösztöndíjazói értekezlet), de nem személyes jelenléttel, hanem videókonferencia segítségével mutatták be pályázatuk lényegét. Az Egyetem Szenátusa május 28-án hallgatja meg jelölteket, majd a Szenátus elbírálja a rektori pályázatot és megválasztja a rektorjelöltet.

### Modellváltás

A sajtóban is megjelent hírek szerint a Parlament május közepén elfogadta a Nemzeti Felsőoktatási Törvény módosítását, ami szerint hat egyetem (az Állatorvostudományi Egyetem, a Miskolci Egyetem, a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem, a Neumann János Egyetem, a Soproni Egyetem és a Széchenyi István Egyetem) 2020. augusztus 1-től magánegyetemként fog működni. Az ITM, mint jelenlegi fenntartó célja az átalakítással az volt, hogy új finanszírozási formában az intézmények rugalmasabban működhessenek, gyorsabban reagálhassak térségük gazdasági igényeire, így a fiatalok versenyképesebb képzésben és a munkaerőpiacon is értékesebb oktatásban részesülhessenek. Kiemelt cél, hogy az egyetemek központi szerepet töltsenek be a kutatás-fejlesztésben és innovációban, intézményközi, vállalati és nemzetközi kapcsolataik tovább erősödjenek.

A finanszírozási modell megváltozása érdekében a Parlament ugyancsak elfogadta az Universitas Miskolcensis Alapítványról, az Universitas Miskolcensis Alapítvány és a Miskolci Egyetem részére történő vagyonjuttatásról szóló törvényjavaslatot. *Bódis József*, felsőoktatásért felelős államtitkár elmondta, hogy mai magyar felsőoktatás elérte fejlődésének azon határát, amellyel markáns továbbfejlődés a mostani működési rendben hatékonyan már nem garantálható, ezért az állami szerepvállalás újragondolása a felsőoktatásban megkerülhetetlenül vált. A törvényjavaslatban felvázolt szerkezeti szintű átalakítások célja a felsőoktatási intézmények működési környezetének rugalmasabbá tétele, ami azt is jelenti, hogy nagyobb önállóság mellett több felelősséget és szélesebb körű lehetőségek mellett komolyabb teljesítményt várhatunk el tőlük. A modellváltással az intézmények szakterü-

leti sajátosságaihoz és versenypozíciójukhoz tudják igazítani szervezeti kereteiket és humán erőforrás-gazdálkodásukat, ugyanakkor az állam sem vonul ki teljes mértékben az átalakuló intézmények életéből, hanem a felsőoktatási szolgáltatások megrendelőivé, tehát fenntartóként partnerre válik, és hosszú távú keretszerződések, valamint rövidebb, de többéves finanszírozási szerződések keretében vállal garanciát az együttműködésre.

A Miskolci Egyetem jelenlegi hallgatóinak jogviszonyát sem érintik a változások. Minden hallgató abban a finanszírozási formában és abban az oktatási programban fejezheti be tanulmányait, amelyben elkezdte, a nemzeti felsőoktatásról szóló törvény pedig továbbra is garantálja az érintett intézményekben a széles körű hallgatói önkormányzatiság fennmaradását. A modellváltással az egyetemi képzések nem válnak mindenki számára fizetőssé,

az oktatás a legtehetségesebbeknek a jövőben is ingyenesen hozzáférhető lesz, mert az intézményeket ugyanúgy látogatják majd állami ösztöndíjasok és önköltségen tanuló hallgatók, ahogyan eddig is.

Intézményi célkitűzésként a parlamenti előterjesztésben a következő hangzott el: A Miskolci Egyetem a borsodi térség társadalmi-gazdasági környezetét fejlesztő tudományos, innovációs, művészeti és képzési ökoszisztéma hatékonyabb és eredményesebb működtetését tekinti céljának, ezen túl az acéliparban a közép- és hosszú távon jelentkező felsőfokú végzettségű munkaerő iránti szükségletet és az iparágához kapcsolódó kutatásokat tudja kiszolgálni.

*Prof. Dr. Palotás Árpád Bence dékán,  
Műszaki Anyagtudományi Kar*



## 150 éves a Fémkohászati Tanszék

**Az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának és a BKL Kohászat szerkesztőségének felkérésére készült összeállítás rövid történeti visszatekintés mellett a jövőre nézve is felemlít néhány korszerű és perspektivikus fémtechnológia jellegű témakört a Fémkohászattani Tanszék 150 évvel ezelőtti megalakulásának jubileuma kapcsán.**

A Fémkohászattani Tanszék eredete a Selmeci Akadémián 1763-ban alapított Kohászat-Ásványtan-Kémia Tanszékig nyúlik vissza, ahol a kohászati folyamatokat még flogisztionista szellemben tárgyalták. Erre példa *Scopoli* „Anfangsgrunde Metallurgia” c. szakkönyve. Azonban az első kutatási témák között, *Jacquin* vezetésével, már szerepeltek a szénlepárlás és a mészégetés folyamatai, és ezekhez kapcsolódóan született meg a flogisztionelmélet kísérleti cáfolata. A XVIII. század végére a tanszék nemzetközi figyelmet felkeltő eredményeket ért el a nehezen redukálható anyagok kezelésében, valamint a *Born Ignác* által az ezüstércet hatékonyabb feldolgozására kidolgozott technológiával. Az Akadémián végzett, majd az 1780-as években a tanszék vezető *Ruprecht Antal* a Born-féle metallurgiai módszert, valamint a nemzetközi mintának

számító tanszéki laboratóriumokat világkonferencia szervezésével és referenciaüzem létesítésével tette híressé. Az erdélyi aranyércet kohósítási vizsgálatai kapcsán derült fény az ásványtani összetétel fémkihozatalt meghatározó szerepére. E kutatások során fedezte fel *Müller Ferenc* a tellurt, mint új kémiai elemet.

A szakismeretek szaporodásával és mélyülésével, a Kohászat-Ásványtan-Kémia Tanszék szervezetéből 1840-ben az ásványtan, majd 1866-ban a kémia oktatása vált le. A Kohászati és Kémlészeti Tanszék *Kerpely Antal* vezetésével élen járt a modern kémia eredményeinek, jelölésrendszerének, valamint a kohászat magyar nyelvű kifejezéseinek meghonosításában. A Fémkohászati Tanszék 1870-ben vált önállóvá, és *Schröder Rezső* vezetése alatt alapvető feladata volt a magyar nyelvű oktatás bevezetése.

**Táblázat.** A Fémkohászati Tanszék vezetői 1870-től 2004-ig

Név	Működési idő
Schröder Rezső	1870–1887
Schelle Róbert	1888–1892
Mályi Sándor	1892–1894
Faller Károly	1894–1913
Dr. Széki János	1913–1952
Dr. Horváth Zoltán	1952–1986
Dr. Pásztor Gedeon	1986–1990
Dr. Czeglédi Béla	1990–1995
Dr. Kékesi Tamás	1995–1999
Dr. Török Tamás	1999–2004

Az önállóvá vált Fémkohászati Tanszék kémiai kötődését *Schelle Róbert* vezetése tovább mélyítette, majd *Mályi Sándor* professzor vezetése alatt a kissármási földgázmező felfedezése is tanszéki érdemmé vált. Az oktatási anyag rendszerezése és továbbfejlesztése *Faller Károly* nevéhez fűződik, aki 1894-től vezette a tanszéket. Négykötetes műve a „Fémkohászattan Kézikönyve” máig is értékes szak-történeti anyag a tanszéki könyvtárban. Ebben az időszakban készítette el a tanszék az erdélyi járdvölgyi bauxitok kohósítására vonatkozó tanulmányt, amely alapja lett a magyar alumíniumkohászat kibontakozásának. *Széki János* professzor 1913-tól 1952-ig vezette a tanszéket, és a rohamosan fejlődő tudományt és technikát a szakma szolgálatába állítva tudott élen járni tudományszakának fejlesztésében. Ebben az időszakban elsősorban a recski, nagybányai és a csúcsmenti ércek, valamint a vasdús bauxitok hasznosítása jelentette a legfontosabb ipari kutatási feladatokat. A két világháború következményeként 1919-ben Sopronba, majd 1952-ben Miskolcra költözött a tanszék. A jelenlegi székhelyen *Horváth Zoltán* vezetésével az egység kutatási és oktatási tevékenysége a hazai adottságoknak megfelelő irányokban erősödött. Alapvető területekkel fejlődött a timföldgyártás és alumíniumkohászat, valamint a rézkinyerés, finomítás és ötvöztetés. Emellett nagy jelentőséget kaptak az egyéb színes és ritkafémek kinyerési és tisztítási technológiái. A folyamatosan fejlesztett tananyag egyre inkább a korszerű termodinamikai és reakciókinetikai, valamint technológiai ismeretek alapjain épült fel. *Horváth* professzor nyugdíjazása után is tevékeny részt vállalt a szakmai munkában, amelyet 1986-tól 1990-ig *Pásztor Gedeon* irányított, nagy súlyt fektetve az ipari kapcsolatok erősítésére és új tankönyvek kiadására. Az ezt követő négy évben *Czeglédi Béla* irányítása mellett megújultak és fejlődtek a pormetallurgia, valamint a nemes- és ritkafém-metallurgia tantárgyak. A tanszék személyi állománya az 1980-as évektől kezdve fokozatosan fiatalodott, és 1995-ben a Japánból hazatért *Kékesi Tamás* vette át a vezetést 1999-ig, amikor újra külföldön folytatta az ultranagy tisztaságú fémekkel kapcsolatos kutatómunkát. Ez egyben a tanszék egyre erősödő nemzetközi együttműködését is fémjelzi, amely elsősorban a metallurgia legmodernebb területein bontakozik ki. A tanszék vezetését a 2004-es szervezeti átalakításokig *Török Tamás* látta el. Eközben az Egyetem és a háttérpar megújult körülményei között új diszciplínaként megjelent a felülettechnikai szakterület gondozása, valamint a fém- és fémtartalmú másodnyersanyagok hasznosítása. A hazai kohászati partnervállalatok-

kal újraépített együttműködés mellett bővültek az európai oktatási-kutatási kapcsolatok, amelyek fontos elemét képezik a doktori továbbképzésnek is.

A XXI. század számos új kihívás elé állította a fémes anyagtudománnyal foglalkozó szakembereket, melyre válaszul a korábbi Fémkohászati Tanszék intézeti keretek között, mint Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Intézeti Tanszék folytatja a nagy elődök által megkezdett munkát.

A rendszerváltás utáni évtizedek jelentős változásokat hoztak a magyarországi fémkohászati, illetve fémtechnológiai iparok, a kutatás-fejlesztés és az oktatás területén. Ugyanakkor a tanszék korábbi vezetői (*l. táblázat*) és számos kiváló munkatársuk által korábban is magas szinten művelt szak- és részterületek egyfajta újraéledése is megfigyelhető napjainkban a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi (egykori Kohómérnöki) Karán több olyan munka- és kutatócsoportban is, melyek a korábbi Fémkohászati Tanszék magas szinten művelt szak- és tudományterületi kompetenciáit, például a nanotechnológiákban és a kompozit anyagok kutatás-fejlesztésében is megjelenítik. Csaknem harminc évvel ezelőtt, Czeglédi professzor például zömében orosz nyelvű szakirodalmakból építkezve „honosította” meg Miskolcon a pormetallurgiát; és tavalytól a Metallurgiai és Öntészeti Intézetek műhelycsarnokában a PhD-hallgatók nagytisztaságú fémporokat állítanak elő, majd 3D nyomtatással készítenek ezekből bonyolult alakos termékeket.

A nagytisztaságú másodlagos fémkinyerés területén *Kékesi* professzor „honosította” meg Miskolcon. Az ioncserés elválasztást elektrolízissel kombinálva valósított meg ultratiszta fémkinyerési technikákat, mely kutatási területekhez még Indonéziából is jelentkezett hozzá PhD-hallgató.

A tanszéken művelt felülettechnikai, korrózióvédelmi és bevonat-technológiai szakterület felkeltette többek között a Lufthansa Technik Miskolc Kft. vezetőinek érdeklődését is, akik a gázturbinás hajtóművek nagy hőmérsékleten üzemelő alkatrészeinek felújításában lesznek érdekeltek hamarosan az új miskolci üzemükben.

A Metallurgiai Intézetbe „integrálódott fémkohászatok” jelenlegi igazgatójának, *dr. Török Bélának* az archeometallurgiai szakterülete ugyancsak megtalálta a helyét a „fémkohászati” szakterületen belül, és szervezésében tavaly már rangos nemzetközi archeometallurgiai konferenciának is helyet adhatott a Miskolci Egyetem.

A folyamatos megújulás és a fémkohászati szakterületen belüli innováció tehát az egyetemi-kari szervezeti átalakítások ellenére, e régi-új szakterület valós életképességét és korszerűségét igazolja, és reményt ad arra, hogy a „fémkohászat” magyarországi művelői még sokáig a Miskolci Egyetemet tekintik e szakterület meghatározó tudományos és oktatási központjának.

*Korábbi tanszéktörténeti anyagok alapján összeállította  
dr. Török Tamás István*

**Forrás:** [http://metont.uni-miskolc.hu/?page\\_id=106](http://metont.uni-miskolc.hu/?page_id=106)  
(A Miskolci Egyetem honlapján: Metallurgiai és Öntészeti Intézet, TÖRTÉNET link alatti adatállományok)

## Tisztelt Tagtársak!

Hetedik hete immár annak, hogy rákényszerültünk a COVID-19 koronavírus-járvány veszélyeztető hatásai miatt, hogy lépésről-lépésre távolodjunk egymástól, távolodjunk a közösségi munkától, több közösségi célkitűzésünk teljesítéséről. Sorra maradtak el hagyományos, értékőrző és értékerősítő rendezvényeink, így elmaradt az EMT-OMBKE Konferencia Erdélyben, későbbi időpontra halasztódik a „Jó szerencsét” köszöntés 126. évfordulás emlékülése, el kellett halasztanunk a Tatabányai Szervezet által oly nagy lelkesedéssel és szeretettel, sok-sok munkaráfördítással szervezett Bányász, Kohász, Erdész Találkozót, az Olaj- és Gázipari Konferencia és Kiállítást, a Bányamérő Továbbképző és Tapasztalatcserét, elmarad a Szigetközi Napok, kényszerűen halasztást szenved az első félévi munkaprogramban tervezett beszélgetés az egyesületi vezetés és az Egyetem Valéta Bizottságai között. Elmaradtak, s egyelőre el is maradnak a helyi szervezeti szakmai programok, mivel – bár „vidéken” több szempontból könnyítő lépések történtek –, de a rendezvénytilalom továbbra is fennáll mindenütt. Tagtársaink védelme érdekében az Egyesületen túl még számos szervezetnek helyet adó Október 6. utcai színházunkban életbe léptettük, s még egyelőre kényszerűen fenn is tartjuk az „ügyeleti” típusú működést, amely biztosítja Egyesületünk jogi-gazdasági, szervezeti működésének feltételeit, de tagtársaink és munkatársaink védelme érdekében tartózkodnunk kell a személyes tagfogadástól és a helyi szervezésű rendezvényektől.

Tapasztalatból érezhetjük: a jelenlegi járványhelyzetben biztos „menetrendet” nem hogy mi, de tán senki nem tud meghatározni. A Kormány vonatkozó, hatályos rendelkezései és az e rendeletekből következő elvárások teljesítése ugyanúgy vonatkozik Egyesületünk vezetőségére, miként minden tagjára. Egyesületünk egyes egyedi adottságai ugyanakkor még fokozottabb felelősséget rónak ránk, hiszen jól ismert, hogy tagságunk jelentős része esik a koronavírus egészséget veszélyeztető hatásaival szemben különleges védelmet igénylő „65+” korcsoportba, jelen esetben a teljes tagság mintegy fele. Miután e korcsoport számarányát meghaladóan aktív, az Egyesület vezetésében, vezető testületeiben, szervezeti munkájában számarányát is meghaladóan reprezentált, ezért még egy ideig bizonyosan számítanunk kell arra, hogy személyes részvétellel választmányi ülést, küldöttgyűlést nem tarthatunk. A Kormánynak a veszélyhelyzet során a személy- és vagyonegyesítő szervezetek működésére vonatkozó eltérő rendelkezésekről szóló 102/2020. (IV. 10.) rendelete ugyanakkor felhatalmazást adott arra – egyéb szervezetek mellett – az egyesületek, így Egyesületünk

részére is, hogy meghatározott szűk körben, így például a számviteli törvény szerinti beszámoló elfogadásáról az egyébként hatáskörrel rendelkező döntéshozó szerv (küldöttgyűlés) helyett, korlátozásokkal – a jogi személy ügyvezetése, esetünkben a Választmány határozza meg, amely az ülést – a Kormányrendeletben meghatározott szigorú feltételek mellett – a választmányi tagok elektronikus hírközlő eszköz igénybevételével tarthatják meg, illetve a vonatkozó Szabályzat szerint ülés tartása nélkül hozhatnak meghatározott körben döntéseket. Ennek megfelelően a Választmány részére elektronikus úton kerülnek megküldésre a számviteli beszámoló dokumentumai megismerésre és észrevételezésre, majd ugyancsak a személyazonosítást lehetővé tevő elektronikus hírközlő eszköz igénybevételével kerül sor a beszámoló és a közhasznúsági jelentés elfogadásáról szóló szavazásra. Amennyiben a Választmány a beszámolót elfogadja, úgy azt az Egyesület elnöke elektronikus hitelesítő aláírásával ellátja, és törvényi kötelezettségünknek eleget téve a Beszámoló és a Mellékletet a Fővárosi Törvényszéknél letétbe helyezzük.

A jogszabályi előírások és a természetbeni helyzet folyamatos figyelemmel kísérésével és elemzésével fogjuk az eredetileg 2020. május 22-re, Tatabányára tervezett 110. Küldöttgyűlés új időpontját kitűzni, valamint meghatározni, hogy azt személyes részvétellel vagy elektronikus hírközlő eszköz kapcsolati útján tartjuk meg.

Kedves Tagtársak! Az Önök tagdíjfizetési fegyelmezettiségének, a nehéz és bizonytalan helyzet ellenére is Egyesületünk támogatását biztosító pártoló tagjaink áldozatvállalásának és az Egyesület szigorú költséggazdálkodásának köszönhetően pénzügyi helyzetünk kielezetten ugyan, de stabil, kötelezettségeinknek igen szigorú gazdálkodás mellett eleget tudunk tenni. Amit nem tudunk a minket körülvevő helyzet bizonytalansága miatt, az a megalapozott gazdasági-pénzügyi tervezés a 2020. évre vonatkozóan, hiszen nem tudni, mikor milyen rendezvényre kerülhet sor, nehezebben tervezhető a pártoló tagi bevételek volumene és ütemezése, teljesen bizonytalan a rendezvények helyzete, így azok költsége és bevétele is. Ezért az Egyesület jelenleg a 2019. évre elfogadott költségbázison gazdálkodik, s kezdeményezi, hogy ezt a gyakorlatot erősítse meg a Választmány arra az időtartamra, míg a továbbiakról a Küldöttgyűlésnek lesz már lehetősége dönteni. Ugyancsak az ősszel várható Küldöttgyűlés feladata lesz a döntés Alapszabályunk szükséges módosításáról. A módosítás kidolgozásával kapcsolatos feladatokat a vezetőség, az Alapszabály bizottság és a szakosztályok elvégezték, a vezetési anyag a Választmány elé terjeszthető.

*Dr. Hatala Pál OMBKE elnök 2020. május 4-én kelt levele a tagsághoz*

Közel legjelentősebb szakmai és egyben pénzügyi elköteleződésünk is, lapjaink megjelentetése. Ahhoz, hogy mindkét felelősségünknek egy időben eleget tudjunk tenni, arra is készülni kell, hogy mind a BKL Bányászat – Kőolaj- és földgáz, mind a BKL Kohászat további egyes lapszámai részben összevont számként, másrészt lehet, hogy csak elektronikus formában jelennek meg, részben költségcsökkentési okból, másrészt, hogy a csomagolt nyomdai termék továbbítása jelentette kockázatot csökkentjük. Ez esetben a Lapok nyomtatásáról és postai terjesztéséről utóbb gondoskodunk.

Kedves Tagtársak! Az 1892 óta eltelt 128 évben Egyesületünk már sok kihívás elé került és minden esetben jól felelt meg e kihívásoknak, minden válságból, minden kü-

lönleges helyzetből jól került ki, megerősödve tapasztalattal. Őszintén bízom abban, hogy ebből a járványhelyzet okozta különleges helyzetből is jól és megerősödve kerül ki az Egyesület.

Bízom abban, hogy hamarosan ismét zavartalanul és biztonságban élhetjük közösségi életünket, tehetünk az Egyesületért és szakmáinkért. Addig figyelmet és további fegyelmet kérek minden tagtársamtól, kérem, hogy vigyázzanak egészségükre és őrizzék a hazaszeretetből, szakmaszeretetből és barátságból táplálkozó Selmeci Lángot.

Jó szerencsét!

Hatala Pál  
elnök

# Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület szabályzata az elektronikus hírközlő eszközök használatáról, illetve az ülés tartása nélküli döntéshozatalról

## I. ELŐZMÉNYEK

*A veszélyhelyzet során a személy- és vagyonegyesítő szervezetek működésére vonatkozó eltérő rendelkezésekről szóló 102/2020. (IV. 10.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Korm. r.) 5. § (1) a következők szerint rendelkezik*

(1) ... a számviteli törvény szerinti beszámoló elfogadásáról, az adózott eredmény felhasználásáról és a döntéshozó szerv hatáskörbe tartozó, azonban a jogi személy törvényes működésének fenntartásához, a veszélyhelyzet miatt kialakult helyzet kezeléséhez szükséges, valamint az észszerű és felelős gazdálkodás körében felmerülő halaszthatatlan ügyekben – a (2) bekezdésben meghatározott korlátozásokkal – a jogi személy ügyvezetése határoz.

(2) A jogi személy ügyvezetése

a) a jogi személy létesítő okiratát nem módosíthatja, kivéve, ha arra a veszélyhelyzet ideje alatt hatályba lépő jogszabály rendelkezése alapján van szükség,

b) a jogi személy jogutód nélküli megszűnéséről nem dönthet,

c) a jogi személy átalakulását, egyesülését vagy szétválását nem határozhatja el, és folyamatban lévő átalakulásban, egyesülésben vagy szétválásban a döntéshozó szerv hatáskörébe tartozó kérdésben nem dönthet.

(5) A számviteli törvény szerinti beszámoló könyvvizsgálata elvégezhető akkor is, ha beszámolóról az (1) bekezdés alapján a jogi személy ügyvezetése határoz. Ha a jogi személynél felügyelőbizottság működik, a jogi sze-

mély ügyvezetése a beszámolóról a felügyelőbizottság írásbeli jelentésének birtokában dönthet.

(6) A jogi személy ügyvezetésének (1) bekezdés szerinti döntése a döntéshozó szerv határozatának minősül, és e rendelet eltérő rendelkezése hiányában végrehajtható. A jogi személy ügyvezetése az (1) bekezdés szerinti döntéséért a Ptk. 3:24. §-a szerint felel a jogi személlyel szemben.

(7) Az (1) bekezdés szerint meghozott döntést a veszélyhelyzet megszűnését követő legfeljebb 90. napra összehívandó rendkívüli döntéshozó szervei ülés napirendjére kell tűzni. Ha az utólagos döntéshozó szervei határozat a korábbi döntést megváltoztatja, vagy hatályon kívül helyezi, az nem érinti az azt megelőzően keletkezett jogokat és kötelezettségeket.

(8) A jogi személy ügyvezetése köteles – a rendelkezésére álló elektronikus hírközlő eszköz vagy más személyazonosítást lehetővé tevő elektronikus eszköz segítségével – megtenni mindent annak érdekében, hogy az (1) bekezdés szerinti döntésekről a tagok tájékoztatást kapjanak. Ha a jogi személyre vonatkozó előírás a döntéshozó szerv határozatának vagy az üléssel összefüggő egyéb iratnak a közzétételéről vagy a nyilvántartó bírósághoz való benyújtásáról rendelkezik, a jogi személy ügyvezetésének e § szerint hozott döntését kell közzétenni, valamint benyújtani.

**6. § (1)** A jogi személy vezető tisztségviselőkből álló ügyvezető testülete, felügyelőbizottsága, audit bizottsága, valamint jogszabály vagy a létesítő okirat rendelkezése alapján létrehozott más testületi szerve (a továbbiak-

ban együtt: testület) üléseit elektronikus hírközlő eszköz útján vagy más személyazonosítást lehetővé tevő elektronikus eszköz igénybevételevel is megtarthatja, vagy írásbeli egyeztetést folytathat, és a jogi személy irányításával kapcsolatos döntéseket írásban is meghozhatja. Ha az elektronikus hírközlő eszköz vagy más személyazonosítást lehetővé tevő elektronikus eszköz útján való tanácskozás és döntéshozatal szabályaira nincs elfogadott eljárásrend vagy az eltér az e rendeletben foglaltaktól, az ülésezés és a döntéshozatal szabályait a testület elnöke, akadályoztatása esetén helyettese, ennek hiányában az elnök által kijelölt, mindezek hiányában az ügyvezetés által felkért tag határozza meg és közli az érintettekkel. Az írásbeli egyeztetés és döntéshozatal elektronikus üzenetváltással (e-mail) is történhet.”

## II. SZABÁLYZAT

A Korm. r. 6. §-ának (1) bekezdés második mondatfordulatában kapott felhatalmazás alapján az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Alapszabályának 7. (1) és 8. § (1) szabályhelyei alapján a Választmány, mint vezető tisztségviselőkből álló ügyvezető testület részére az *elektronikus hírközlő eszközök használatát, illetve az ülés tartása nélküli döntéshozatalt* a következők szerint szabályozom.

1. A Választmány tagjainak, valamint az Ellenőrző Bizottság elnökének és tagjainak telefonszámát és e-mail címét az érintettek már korábban az Egyesület rendelkezésére bocsátották kapcsolattartás céljából. Jelen Szabályzat alkalmazásában elektronikus kapcsolattartó hírközlő eszköznek nyilvánítom az ezen kapcsolási számok használatával elérhető távbeszélő rendszert, továbbá az ezen számokon elérhető személyes sms-fiókot (Short Message Service), valamint azon e-mail fiókokat, amelyeken korábban legalább 3 alkalommal egyértelmű, személyazonosító üzenetváltás történt az Egyesület ügyvezető igazgatója hivatali e-mail címével (szabados.gabor@ombkenet.hu).

2. Az ülés nélküli döntéshozatal megalapozására, az egyeztetés, véleményezés, adatkiegészítés céljából a döntéselőkészítő dokumentumokat és a határozati javaslatot minden választmányi tag részére digitálisan, elektronikus üzenet mellékleteként PDF-formátumban meg kell küldeni, oly módon, hogy a küldő (szabados.gabor@ombkenet.hu) e-mail fiók az üzenet beérkezéséről és annak megnyitásáról automatikus visszaigazolást kérjen. Ezzel egyidejűleg az OMBKE Titkársága köteles a választmányi tagot sms-üzenetben is értesíteni arról, hogy a tag e-mail üzenetet kapott. A döntéselőkészítő dokumentumok megismerésére, értékelésére, esetleges további információ igénylésére és a szavazat meghozatalára és megküldésére legalább 15 napot kell biztosítani.

3. A szavazó tag személyazonosságának megerősítése céljából az Egyesület ügyvezető igazgatója 6 karakterből álló (betű- és számkombinációs) egyéni azonosító

kódot küld a tag egyéni telefonszámán elérhető sms-fiók részére.

4. A választmányi tag a rendelkezésére bocsátott dokumentumok és az írásbeli egyeztetés alapján minden határozati kérdésben három válaszlehetőség közül választhat: IGEN (a határozati javaslatot elfogadó), NEM (a határozati javaslatot elutasító) és TARTÓZKODOM (állást nem foglaló). A szavazat akkor érvényes, ha egyértelműen megállapítható, hogy a szavazat

- melyik határozati javaslathoz kapcsolódik,
- elfogadó, elutasító vagy állást nem foglaló és
- a szavazatot tartalmazó e-mail vagy sms-üzenet tartalmazza a tag egyéni azonosító kódját,

a szavazatot tartalmazó sms-t vagy e-mailt a szavazó tag egyidejűleg megküldte a szabados.gabor@ombkenet.hu e-mail címre vagy az ügyvezető igazgató +36 20 662 5410 számán lévő sms-fiók és a jegyzőkönyv hitelesítésére felkért választmányi tag részére is. A felkért személy nevét, e-mail címét és telefonszámát (sms) az ülés tartása nélküli döntéshozatalt kezdeményező első elektronikus üzenetben meg kell adni a tagok számára.

5. Az ülés nélküli döntéshozatalról jegyzőkönyvet kell készíteni. A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell

- a döntéshozatal időpontját és rövid leírását,
- a döntéshozatalba bevont tagok névsorát és elektronikus hírközlő eszközei azonosítóit (telefonszám, e-mail cím),
- külön-külön pontban az egyes határozati javaslatokra leadott érvényes szavazatok össz-számát (betűvel is kiírva), ennek alapján a határozatképesség meglétének vagy hiányának tényét, határozatképesség esetén az IGEN, a NEM és a TARTÓZKODOM szavazatok számát külön-külön (betűvel is kiírva),
- az egyes határozati javaslatok elfogadásának vagy elutasításának tényét,
- az elfogadott határozatok szövegét.

A jegyzőkönyvet az ügyvezető igazgató készíti, amelyet elektronikus üzenet mellékleteként megküld a hitelesítésre felkért személynek, aki azt viszontválaszában hitelesíti.

A hitelesített jegyzőkönyvet meg kell küldeni a Választmány valamennyi tagjának és az Ellenőrző Bizottság elnöke részére, azt közzé kell tenni az Egyesület honlapján (<https://www.ombkenet.hu>).

## III.

1. Jelen Szabályzatot az OMBKE Titkárság útján közölni kell a Választmány tagjaival, az Ellenőrző Bizottság elnökével és azt közzé kell tenni az Egyesület honlapján.

2. Jelen Szabályzat a közlés és közzététel napjával lép hatályba és visszavonásig érvényes.

*Budapest, 2020. május*

*Dr. Hatala Pál  
elnök*

# Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület vezetésének értesítője a Választmány tagjaihoz a vonatkozó szabályzat szerint

2020. május 21.

## Az OMBKE Választmány ülés tartása nélküli döntéshozatali eljárásának megindítása a 2020. május 21. – június 5. közötti időszakban

### I. A döntéshozatali eljárás napirendje

1. Elnöki beszámoló az előző választmányi ülést követő fontosabb intézkedésekről, eseményekről (Dr. Hatala Pál).

2. Az OMBKE számviteli törvény szerinti, 2019. évről szóló egyszerűsített beszámolója (Mérleg, Eredménykimutatás és Kiegészítő melléklet, Közhasznúsági jelentés). A független könyvvizsgáló jelentésének bemutatása. Az OMBKE Ellenőrző Bizottságának (rész) jelentése.

A beszámoló előterjesztője: Dr. Szabados Gábor ügyvezető igazgató.

Az EB jelentés előterjesztője: Dr. Debreczeni Ákos EB elnök.

A könyvvizsgálói jelentés előterjesztője: Boza István független könyvvizsgáló.

A Választmány tagjai valamennyi jelentést megkapták elektronikus útonként mellékelve.

3. Egyebek

### II. Az ülés tartása nélküli döntéshozatal a vonatkozó szabályzat szerint

Az érdekeltek elektronikus úton megkapták az Értesítőt, a vitaanyagokat és egyéb dokumentumokat (0. nap).

Az írásbeli észrevételek, javaslatok, kérdések felvetésének és megválaszolásának időszaka lezárul: az értesítés utáni 12. napon 16.00 órakor.

A szavazás elektronikus úton (e-mail, SMS) történik. A szavazás lezárása: 15. nap 16.00 óra.

Az „ülési tartás nélküli döntéshozatal” eredménye (jegyzőkönyv) közzétételre kerül mindazok számára, akik az Értesítőt is megkapták, név szerinti e-mail üzenet mellékleteként.

A jegyzőkönyv a későbbiekben a BKL lapokban is megjelenik.

### Ad 1. napirendi pont

Dr. Hatala Pál elnök a 2020. május 4-én közreadott

tájékoztató kiegészítéseként beszámolt a január 23-i választmányi ülés óta eltelt időben történt eseményekről, intézkedésekről.

Ismertette, hogy többszöri egyeztetés történt a Bányász, Kohász, Erdész Találkozóval kapcsolatban a vezetőség és a szervezők között. Sajnos a rendezvény az ismert körülmények miatt idén elmaradt. Ugyancsak folyamatos volt az egyeztetés a vezetőség és a szakosztályok között egy új alapszabályról.

Egyéb fontosabb események voltak:

– február 5. Egyeztetés a Szent Borbála-díjak átadási ünnepségének előkészítésére (BDSZ és MBSZ elnök, OMBKE főtitkár);

– február 6. Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály ülése és a Lean Szakcsoport ülése Székesfehérváron;

– február 7. Az Öntészeti Szakosztály vezetőségi ülése;

– február 22. OMBKE konferencia és bál Lillafüreden;

– február 28. A NEMAK Győr Kft. Szakmai Kiválósági Versenye;

– március 4. Szerződés kötés a Múzeum körüli lakásingatlan értékesítésére.

Tájékoztatót adott, hogy a járványveszély miatt az Egyesület egyelőre kényszerűen fenntartja az „ügyeleti” típusú ügyintézt, amely biztosítja a működés feltételeit, de a tagtársak és munkatársak védelme érdekében tartózkodni kell a csoportos rendezvényektől.

Jó hírként számolt be, hogy a lapok következő száma júniusban várhatóan nyomtatott formában megjelenik.

A 2019-es egyszerűsített éves beszámoló eredménykimutatása (adatok E Ft-ban)

Tétel megnevezése	Alaptevékenység		Vállalkozási tevékenység		Összesen	
	Előző év	Tárgyév	Előző év	Tárgyév	Előző év	Tárgyév
1. Értékesítés nettó árbevétele	58 726	18 154	3 887	4 940	62 613	23 094
2. Aktivált saját teljesítmények árbevétele						
3. Egyéb bevételek	40 844	47 438			40 884	47 438
ebből: - tagdíj	27 001	26 994			27 001	26 994
- alapítótól kapott befizetés						
- támogatások	13 843	16 883			13 843	16 883
ebből adományok	850	1 520			850	1 520
4. Pénzügyi műveletek bevételei	115	372			115	372
<b>A. Összes bevétel (1+2+3+4)</b>	<b>99 685</b>	<b>65 694</b>	<b>3 887</b>	<b>4 940</b>	<b>103 572</b>	<b>70 904</b>
ebből: közhasznú tev. bevételei	99 685	65 694			99 685	65 964
5. Anyagi jellegű ráfordítások	81 573	45 992	1 311	1 826	82 884	47 818
6. Személyi jellegű ráfordítások	17 268	15 174	482	947	17 750	16 121
ebből: vezető tisztségviselők juttatásai					0	0
7. Értéksökkenési leírás	134	494	277	272	411	766
8. Egyéb ráfordítások	1 552	454	60	2	1 612	456
9. Pénzügyi műveletek ráfordításai	835	0	33	0	868	0
<b>B. Összes ráfordítás (5+6+7+8+9)</b>	<b>101 362</b>	<b>62 114</b>	<b>2 163</b>	<b>3 047</b>	<b>103 525</b>	<b>65 161</b>
ebből: közhasznú tev. ráfordításai	101 362	62 114			101 362	62 114
<b>C. Adózás előtti eredmény (A--B)</b>	<b>--1 677</b>	<b>3 850</b>	<b>1 724</b>	<b>1 893</b>	<b>47</b>	<b>5 743</b>
10. Adófizetési kötelezettség						
<b>D. Tárgyévi eredmény (C--10)</b>	<b>--1677</b>	<b>3 850</b>	<b>1 724</b>	<b>1 893</b>	<b>47</b>	<b>5 743</b>

Véleménye szerint az Egyesület 110. Küldöttgyűlését leg hamarabb szeptemberben lehet megtartani.

## Ad 2. napirendi pont

A megküldött dokumentumok alapján a 2019. évi beszámoló (Mérleg, Eredménykimutatás és Kiegészítő melléklet,

Közhasznúsági jelentés) a könyvvizsgáló és az Ellenőrző Bizottság véleménye alapján elfogadásra javasolható.

Külön kiemelhető, hogy az Egyesület egyszerűsített eredménykimutatása (I. táblázat) + 5,74 M Ft eredményt mutat a 2019-es évre, ami a szigorú, fegyelmezett gazdálkodásnak köszönhető.

*Dr. Szabados Gábor anyagából összeállította BT*

# Prohászka János emlékezete születésének 100. évfordulóján



*Prohászka János* 1920. április 26-án született Budapesten. A Műegyetemen 1950-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet, majd a Vasipari Kutatóintézetben vált nagyon gyorsan az anyagtechnológia elkötelezett, elismert és meghatározó kutatójává. Kandidátusi értekezését 1956-ban, akadémiai doktori értekezését 1963-ban védte meg.

Tudományos elismertsége eredményeként hívták meg a Műegyetemre, egyetemi tanárnak. Az 1963/64. tanévtől kezdve 25 évet töltött egyetemi tanárként, utána még hat éven át vezette az MTA–BME Fémtechnológiai Kutatócsoportot. A mostoha sorsú Villamosipari Anyagtechnológia Tanszékből egy kitűnő, technológiaközpontú anyagtudományi kutatóbázist teremtett. A valós, mindenkor a gyakorlati problémákra irányuló kutatói aktivitását közel 90 éves koráig fenntartotta.

Tanári szemléletére erős hatást gyakorolt az 1960-as évek közepén a Harvard Egyetemen vendégkutatóként eltöltött időszak.

1970-ben választották az MTA levelező tagjává, majd 1982-ben az MTA rendes tagja lett. Az Elméleti Technológiai Bizottságot és az Anyagtudományi és Technológiai Bizottságot is több cikluson át vezette.

Prohászka János 92 éves korában, 2012-ben hunyt el.

Prohászka János hosszú és tevékeny alkotói életének értékelésekor nagy súlya van annak, hogy meghatározó hatású, szemléletformáló tudományos vezetője volt az ország műszaki egyetemlein, főiskoláin, iparvállalatainál és kutatóintézeteiben dolgozó, ott később nagy tekintélyt szerzett tanárok, kutatók és vezetők egy egész nemzedékének.

Fontos feladatának tartotta, hogy segítse az anyagtudományi kutatások eredményeinek magyar nyelvű publikálását, ezért is vállalta a BKL Kohászat szerkesztőbizottságának elnöki tisztségét, amely lapban egész alkotói pályája során folyamatosan közreadta kutatási eredményeit.

Prohászka János a technológia jelentőségének az évtizedeken át való hangsúlyozásában mutatott állhatatosságát arra vezetjük vissza, hogy szegény sorból jöve felismerte és hirdette, hogy az egész társadalom felemelkedé-

sének egyik alapvetően fontos eszköze a technológia fejlesztése. Ő is azt az értelmezést osztotta és terjesztette, amelyet legegyszerűbb formájában a műegyetemi professzor és akadémikus *Rejtő Sándor* fogalmazott meg, még 1915-ben: a technológia az ipari munka tudománya.

Prohászka János a 20. század második felében a magyar műszaki tudomány egyik legmeghatározóbb szereplője volt. Mérnökgenerációk szemléletét formálta az anyagtudomány és a technológia jelentőségének felismerésére. Méltán számíthat a szakma örök tiszteletére. A tudományos közéletben évtizedeket eltöltve világosan látta azokat a tendenciákat, amelyek ellentétesek voltak az értékrendjével, és a maga eszközeivel tett is azért, hogy az általa helyeselt elvek ne sérüljenek.

A 100 éve született Prohászka Jánosra emlékezni mindannyiunk számára érdemes, mert példájából erőt tudunk meríteni. Ott van a helye a magyar műszaki tudomány legnagyobbjai között, megállapításai most is időszerűek. Ezt igazolják a következő idézetek, melyek „Néhány gondolat az anyagtudomány jelenlegi helyzetéről” című cikkéből származnak (BKL Kohászat, 135. évfolyam, 6–7. szám, 2002. 173–177. oldal): „A korábban élt emberek tapasztalata, gyakorlatai és folyamatosan bővülő hagyományai nélkül a mai – gyakran talán túlzottan tartott, és tudományosan is megalapozott – ismeretanyag nem jöhetett volna létre.”

„Az ötvözetek kémiai összetételének változása együtt jár a tulajdonságokéval, és ezt a hőkezeléssel és egyéb technológiai eljárásokkal szinte vég nélkül lehet változtatni. Az anyagtudomány áttekinthetetlen lehetőséget ad az újabb, gazdaságosabb és használhatóbb anyagok kutatására.”

„Az anyagtudomány általános helyzetének mérlegelésénél azt is meg kell említeni, hogy a kutatásnak nemcsak az ismeretszerzés, hanem a termelési eredmények fejlesztésének, a gazdaságosság javításának és nem utolsósorban a népesség életszínvonalának az emelése is célja.”

„A lehetőségeinket nagyon hátráltatja úgy a személyi-, mint az eszközállomány szétaprózottsága. Egyszerű, kisebb átszervezéssel létre lehetne hozni olyan egységeket, melyek sokkal eredményesebben és jobb eszközellátottsággal lennének képesek feladataikat ellátni. A szétosztottság azzal jár, hogy egyetlen egységet sem lehet korszerű eszközökkel ellátni az elaprózott támogatásokból. A mindenki számára elérhető eszközökkel sokat javulna az esélyegyenlőség a kutatásban.”

*A teljes cikk és Prohászka János munkásságának rövid áttekintése a tiszteletére összeállított honlapon (www.att.bme.hu/~femtech/index.htm) olvasható.*

# Beszámoló a Közép-Európai Vaskultúra Útja Egyesület Magyar Tagozatának 2019. évi tevékenységéről

## 1. Bevezetés

A Tagozat 2019. évi munkájában a hagyományos kohászati tevékenységhez kapcsolódó, Diósgyőrben, Ózdon, Salgótarjánban működő szakmatörténeti és szakmai csoportosulások tagjai, továbbá az illetékes múzeumok, egyetemi tanszékek és a témában érdekelt budapesti szakemberek vettek részt az alábbi csoportosítás szerint:

### **Miskolc**

- Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány
- OMBKE Diósgyőri Szervezet
- Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézet
- MMKM Kohászati Múzeum

### **Ózd**

- Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Kör
- OMBKE Ózdi Csoport

### **Salgótarján**

- OMBKE Salgótarjáni Szervezet

### **Budapest**

- BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék
- MMKM Ganz Ábrahám Öntödei Gyűjtemény (Öntödei Múzeum)

Már e helyen kiemeljük, hogy a látványos felsorolás mögött kis számú szakember lelkes munkájáról van szó.

## 2. A tagozat munkájának összefoglalása

A tagozat meglehetősen szerteágazó munkát végzett 2019-ben is. A tevékenység legfontosabb területei az alábbiak voltak:

- rendezvények (nemzetközi, országos és helyi) szervezése és lebonyolítása, ipari emlékek gyűjtése, megőrzése és bemutatása,
- archeometallurgiai, iparrégészeti kutatások,
- az eredmények és tevékenység publikálása hazai és nemzetközi kiadványokban, előadásokban,
- együttműködés hazai és nemzetközi szervezetekkel.

## 3. Nemzetközi rendezvény 2019-ben

5th International Conference Archaeometallurgy in Europe (Miskolc, 2019. jún. 19–21.)

~ 200 résztvevő, ~ 30 országból.

## 4. Országos rendezvények

- XIII. Fazola Fesztivál (Miskolc, szeptember 13–14.), ~3000 résztvevő,
- XI. Ipari Örökségvédelmi Konferencia (Ózd, május 24.), 124 résztvevő,
- XI. Őskohász Tábor (Somogyfajsz, július 5–10.), 35 résztvevő.



■ 1. kép. Látványcsapolás a Fazola Fesztiválon

A következőkben először a hazai vaskohászat történelmi központjaiban folytatott munkáról, majd az archeometallurgia területén folytatott tevékenységről adunk áttekintést a Tagozat tagjainak beszámolóí alapján.

## 5. A vaskohászat történelmi központjaiban folytatott munka

### 5.1. A Miskolcon dolgozó munkacsoportok tevékenysége

A legjelentősebb esemény 2019-ben is a XIII. Fazola Fesztivál volt, aminek szervezését alapvetően az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítványban, ill. az OMBKE Diósgyőri Szervezetében dolgozó tagtársak végezték. A tudományos konferencián megemlékezés volt a bányász-kohász karok 70 évvel ezelőtti áttelepítéséről Sopronból Miskolcra. A kohász-bányász-erdész szakestély ápolta a selmeci hagyományokat, erősítette az egyesületi kapcsolatokat és barátságokat. Az újmassai Szabadtéri Fesztivál keretében az őskohónál látványcsapolásra, tiszteletbeli kohász avatásra, formázási, öntési, kovácsolási, hengerlési stb. interaktív bemutatókra került sor (1. kép).

Az **Ipartörténeti Emlékház** az év folyamán mintegy 1000 látogatót vonzott. Súlyos gond a munkatársak kis száma (heti két napos látogatási lehetőség). Itt mutatják be a begyűjtött ipartörténeti-gyártörténeti dokumentumokat; folyamatban van a digitalizációjuk. További eszközöket, berendezéseket hely hiányában nem tudnak befogadni. Az önkormányzat segítségét és adományokat várnak a személyzeti- és helyproblémák enyhítésére.

A felsőháromi **Kohászati Múzeum** (MMKM Kohászati Gyűjteménye) részt vett az országos programsorozatban (Múzeumok Éjszakája, Múzeumok Őszi Fesztiválja, Családi Napok), ill. társrendezőként a XIII. Fazola Napok lebonyolításában. Önálló szervezésben az alábbi eseményeket rendezték:

- Ember a szobor mögött címmel időszaki kiállítás

Cserenyei Kaltenbach István szobrászművész halálának 40. évfordulója alkalmából (1248 látogató);

– Mesterségem címere – családi napok a Kohászati Múzeumban: öt alkalommal összesen 320 látogató;

– Múzeumok Éjszakája (2019. június 22.): az újmassai Fazola-kohó térségében mintegy 40 közreműködő segítségével több mint 200 látogató;

– Múzeumok Őszi Fesztiválja: a 2019. október 19-én Újmassán rendezett programokon mintegy 200 látogató;

– Vendéglátás az újmassai kohónál a Salkaházi Sára programsorozat nyugdíjas résztvevőinek.

## 5.2. Az Ózdi csoport tevékenysége

Az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre 2019-ben is folyamatosan működve a kohászati és bányászati ipari örökség ápolását, gondozását és megismertetését szem előtt tartva tevékenykedett.

Pénzügyi lehetőségeik javítására pályázatokat nyújtottak be a Nemzeti Együttműködési Alaphoz, illetve a helyi Önkormányzathoz. Ezek 2019-ben sikeresnek bizonyultak így a már hagyományos konferencia megrendezéséhez, továbbá más célokra (pl. emléktábla készítése, ipartörténeti kiadvány) komoly támogatást kaptak.

Legjelentősebb rendezvényük a XI. Ipari Örökségvédelmi Konferencia volt május 24-én, rekord létszámú, 124 regisztrált résztvevővel, hét színvonalas előadással. Nagyon örvendetes, hogy a résztvevők között szlovákiai (Rozsnyó), dunaújvárosi, miskolci/diósgyőri, budapesti, salgótarjáni, borsodnádasdi kollégákat is üdvözölhettek.

Továbbra is folyamatosan végezték a múzeum részére a megőrzésre érdemes kohászati eszközök, tárgyak, szellemi javak felkutatását és gyűjtését.

## 5.3. A Salgótarjáni Osztály tevékenysége

Szaktörténeti megemlékezésük központi szereplője ezen évben a 140 éve alakult fúvószenekar volt. A megemlékezésre június 22-én került sor, amelyre eljött több hasonló zenekar: az Alföldi Olajbányász Fúvószenekar

Szolnokról, az Ifjúsági Fúvószenekar Óradnáról (erdélyi testvérvárosuk), a Bányász Kultúráért Fúvószenekar Gyöngyösről, a Bányász Koncert Fúvószenekar Perecesről és a városi Ifjúsági Fúvószenekar. E rendezvény a város önkormányzatának támogatásával valósulhatott meg.

Közreműködtek a „Rimai birodalom – Salgótarjáni Acélgyára” időszakos (június 22.–október 31.) emlékkiállítás előkészítésében.

A szervezet vezetője az Egyesület Történeti Bizottsága részére ez évben is összeállította az aktuális évfordulók naptárát.

## 6. Öntödei Múzeum

Az OMBKE Öntészeti Szakosztálya 2019-ben is igyekezett a közvélemény és a szakma figyelmét az 1969 szeptemberében, 50 éve megnyílt szakmai múzeum értékeire felhívni, amely 2010 óta egyik állomása a Közép-európai Vaskultúra Útja mozgalomnak.

2018-ban és 2019-ben az OMBKE Öntészettörténeti és múzeumi szakcsoportja és a múzeum baráti körének önkéntesei segítették a múzeumi munka megélénkülését. Mindkét júniusi Múzeumi Éjszakán tömegeket tudtak megszólítani, 400, ill. 500 látogató vett részt a selmeci szellemben szervezett vendégfogadásnak, részletes tárlatvezetéseknek s a gyermekeknek tartott gipszöntési foglalkozásnak köszönhetően.

A múzeumalapító Kiszely Gyuláról és a múzeum 50 évéről vetített képes előadást tartottak.

Az 50 éves jubileumra emlékező ünnepséget mintegy 120 fő jelenlétében 2019. szeptember 27-én tartották, ezt a Magyar Öntészeti Szövetség és az OMBKE Öntészeti Szakosztálya segítségével szervezték meg.

Az ünnepségre jelent meg a MÖSZ, az OMBKE és öntödei vállalkozások támogatásával az 50 éves az Öntödei Múzeum c. képes kiadvány Lengyelé Kiss Katalin egykori múzeumigazgató tollából.

A szakcsoport kezdeményezése alapján az OMBKE-től Kerpely Antal-emlékérem kitüntetést kapott dr. Patay Pál harangkutató, a magyar régészek doyenje. 105. szü-



■ 2. kép. Az 5. Archeometallurgia Európában nemzetközi konferencia résztvevői

letésnapja alkalmából a Magyar Nemzeti Múzeumban rendeztek ünnepséget, amelyen szakmatörténészeink részt vettek és az emlékkönyvben is köszöntötték.

## 7. Archeometallurgiai tevékenység

### 7.1. Miskolci Egyetem archeometallurgiai kutatócsoportjának (ARGUM) tevékenysége

– Idén ötödik alkalommal rendezték meg az Archeometallurgia Európában (Archaeometallurgy in Europe) elnevezésű nemzetközi tudományos konferenciát, amelynek fő szervezője az ARGUM volt (Miskolci Egyetem, 2019. június 19–21.). A rendezvényen több mint 200 résztvevő és vendég volt jelen, nemcsak Európa, de a világ minden tájáról, több mint 30 országból, az érintett hazai kutatók részvétele mellett. A háromnapos tudományos program 109 szóbeli előadást és 57 poszteres prezentációt tartalmazott (2. kép).

– A rendezvény programjához tartoztak az archeometriai vizsgálatokra is alkalmas műszerforgalmazó cégek (Image-Science Kft. és Atestor Kft.) kiállításai és előadásai, valamint szakmai bemutató jellegű látogatások (múzeumlátogatások) Miskolcon és az egyetemen. A konferencia sikerének eredményeképpen a konferencia főszervezőjét, dr. Török Bélát beválasztották az Archeometallurgy in Europe Állandó Bizottságának (Standing Committee) tagjai közé. Az Argum csoport 2019-ben a következő projekteket vezette, ill. kidolgozásában részt vett:

– Keszthely-Fenekpusztai, nagyméretű késő római vasbucák komplex archeometriai (metallográfiai) vizsgálata;

– A 9–10. századi Kárpát-medencei szabályák archeometallurgiai és hadtörténeti vonatkozása c. doktori értekezés (Haramza Márk, summa cum laude védéssel);

– Avar kori vastárgyak komplex metallográfiai vizsgálatainak és színesfémárgyak kémiai vizsgálatainak elvégzése és technológiafókuszú kiértékelése (Magyarországi Kutató Intézet Tématerületi Kiválósági Program „Késő avar reform és következményei”).

Ezek mellett számos cikket publikáltak és előadást tartottak (8. pont).

### 7.2. A BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéke

A munkát – mint korábban is – lényegében dr. Thiele Ádám végezte. A legfontosabb tételek a következők:

– XII. Őskohász Tábor megszervezése Somogyfajszon (2020. július 10–14., 35 résztvevő).

Őskohász bemutató a Krisna-völgyi Búcsúban, Somogyvámoson (2020. július 17–19.).

Részvétel a régészeti vastárgyakban (elsősorban damaszkolt kardokban és késekben) a foszforvas térbeli eloszlásának roncsolásmentes neutron-tomográfiai módszerekkel történő térbeli kimutatását célzó nemzetközi kutatásban.

– Az Északi-középhegységben folyó Árpád-kori vaskohászat ércbázisának feltérképezése és a területen archeometallurgiai jelentőséggel bíró vasérc kialakulásának, geokémiájának és kohósíthatóságának vizsgálata.

Eredményeiről előadásokban, publikációkban adtak számot.

## 8. Tagjaink előadásai, publikációi

Török B. – Barkóczy P. – Kovács Á.: Microstructure analysis of metal artefacts from the Carpathian Basin – A brief methodology of the ARGUM's metallographic practice; In: New results and analytical methods to characterize pre- and protohistoric metals and other inorganic materials. (Eds.: Béla Török, Alessandra Giunlia-Mair, Maria Pia Riccardi, Péter Barkóczy) UISPP Journal, Volume 2, Special Issue 1, 2019. p. 33-45. ISSN 2612–2782.

Török B.: Középkori vaskohászat Rudabánya környékén. In: Rémiás Tibor (szerk.): Rudabánya az őskortól napjainkig. Dominium Könyvkiadó, Miskolc-Rudabánya 2019. p. 194–225. ISBN: 978-615-5185-16-8

Thiele, A. és szerzőtársai: Merging of imaging techniques based on reflectance hyperspectral and neutron tomography for characterization of a modern replica of a 13th century knife from Croatia, Proc. SPIE 11058, Optics for Arts, Architecture, and Archaeology VII, 1105816 (12 July 2019)

Az V. Archaeometallurgy in Europe konferencián Török Béla és szerzőtársai hat, Thiele Ádám és szerzőtársai két előadást tartottak.

## 9. Problémák, nehézségek

Az előző években tapasztalt problémák, nehézségek továbbra is fennállnak:

– A működés anyagi-pénzügyi fedezete rendkívül szűkös. Az önkormányzatokkal általában jó a kapcsolat, és támogatásra is készek, de az ő lehetőségeik korlátozottak.

– Sajnálatos, hogy a kormányzati, nemzetközi pályázatokon csak ritkán sikerült támogatást nyerni.

– A tevékenységet döntő mértékben nyugdíjas, idős, ugyanakkor lelkes szakemberek végzik. Utánpótlásuk egyelőre nem látszik biztosítottnak; fontos cél ezért a fiatalok fokozott bevonása.

– Különösen aggasztó múzeumaink, bemutatóhelyeink helyzete. Tevékenységüket pénzügyi okok miatt kénytelenek korlátozni. Az Öntödei Múzeum jövője bizonytalan.

## 10. 2020. évi tervek

A Tagozat tagjai lényegében az előző években kialakult tevékenységet kívánják folytatni:

– A periodikusan ismétlődő rendezvények megszervezése;

– Archeometallurgus tagtársaink részvétele és szereplése hazai és külföldi rendezvényen;

– Az archeometallurgiai kutatások folytatása;

– A munka és erőfeszítések folytatása az ipari emlékek megőrzése területén a pénzügyi támogatás megszerzésére, ill. növelésére (pályázatok, önkormányzati együttműködés).

További tervek:

– A 250 éves Diósgyőri Ipari Örökség méltó megünneplése;

– Az Avar vasművesség az interdiszciplináris kutatások tükrében c. könyv írása, szerkesztése és megjelentetése (dr. Török Béla);

– Megemlékezés az 1990 márciusában Ózdon történt ipari baleset 30 éves évfordulójáról.

*Dr. Tardy Pál, a Tagozat elnöke*

# Borbély Lajos – a fejlesztő

## 1843–1923

Akinek vannak ismeretei a neves kohómérnökről, bizonyára nem lepődik meg, hogy miért került neve mellé, hogy fejlesztő. Egész munkásságának ez lehet a legfontosabb jelzője, de ezen írás nem a szakmai sikereiről szól, inkább emberi oldalát próbálja meg ismertetni, kezdve ott, amikor még nem volt a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. műszaki vezérigazgatója.

Bányász-kohász szakmánkban és sok egyéb munkaterületeken általános szokás volt, hogy a gyermekek az apák és nagyapák foglalkozását folytatták. *Borbély Lajos* azonban jelentősen eltért ettől a több generáción át élt gyakorlattól. A csókai Marczibányi-uradalom, a későbbi Lédererbirtok egyik ispáni épületében született 1843. december 1-én. Az uradalmi intézők tehetséges gyermekei rendszerint közpályára készülődtek. *Idősb Borbély Lajos* gyermeke azonban a mezőgazdaság gépesítésének kezdő szakaszában, érdeklődéssel fordult a vashámorok termékei felé, s a technikai pálya felé tájékozódott, ami elég szokatlan jelenség volt abban a korban. Végül kohómérnök lett belőle, ami az alföldi emberek szemében ismeretlen szakmának számított. (Csóka települése a mai Szerbia területén van, Szegedtől délre kb. 45 km távolságra.)

Tehát a szakmai érdeklődés oda irányította őt, ahol valóban megismerkedhetett a vaskohászattal. A feltehetőleg jó módban élő uradalmi intéző család meg tudta oldani, hogy mérnöki tanulmányokba fogjon, és Selmecbányán és a csehországi Příbramban levő akadémiákon tanulmányokat folytathasson. Tanulmányai befejeztével a Pénzügyminisztérium Diósgyőrbe rendelte, mint bányagyakornokot.

A külföldi akadémiáról nagy munkakedvvel hazatért ifjú mérnök a diósgyőri állami vasgyárban munkahelyét nem találta kielégítőnek, másrészt az ottani vezetőség nagyvonalú elgondolásait nem méltányolta, ezzel munkakedvét szegték és nyolc hónapi ott-tartózkodás után a Salgótarjáni Vasfinomító Társulat szolgálatába lépett 1870-ben.

A salgótarjáni társulat igazgatósága a fiatal mérnök képességének megfelelő munkakört biztosított. Az üzembe helyezés állapotában levő gyár kavaróművében igen nagy volt a fejtelenség. A közvetlen széntüzelésű kavarókemencék sem mennyiségben, sem minőségben nem teljesítettek a szavatolt termelést. A termelés mennyiségi és minőségi gátlását előidéző okok földerítését és megszüntetését Borbélyra bízták. Rövid tanulmányozás és kísérletezés után megállapította a hiba okát, és javasolta a tüztér és olvasztótér átalakítását. A fiatal mérnök tervei szerint átalakított kavarókemencéből beindították a termelést, és a fokozatosan átépített többi kavarókemencével a félkész termelvényeinek készáruvá történő hengerlését is elkezdheték.

A gyár műszaki megvalósítását elindító *Buch Gyula* német szakembert nyerték meg a vállalat alapítói a gyár terveinek elkészítésére, a berendezések beszerzésére és üzembe helyezésére. Ő a mai fogalmaink szerint kb. üzem-mérnöki képesítést szerzett. Előzetesen a Burchbachban működő, hasonló gyár hengerlői mérnöke volt. A salgótarjáni sikertelenség után 1872-ben visszatért hazájába. Buch



■ Borbély Lajos 1905-ben

Gyula salgótarjáni tevékenységét *Kerpely Antal* így értékelte: „Amilyen mintaszerűnek mondhatjuk a gépészeti berendezések kivitelét és egyáltalán az egész hengerművet, épp oly kevésbé mulaszthatjuk el rámutatni arra, hogy Buch úr úgy látszik, nem tud ura lenni a tulajdonképpeni vasmű üzemnek és hogy annak vezetését szükséges lesz más kezekbe tenni.”

A türelmetlen részvényesek a készáru-termelés beindítását megnyugtató eredménynek vették, mivel a termelés kismértékű emelkedése már némi hasznot hozott a fiatal gyárnak. Az elismerések Borbély Lajost nem nyugtatták meg. Nagyon jól tudta azt, hogy az ország egyik akkor legkorszerűbb meleghengerműve, amelyben különböző szelvényű rudakat, széles méretskálán U, T és I tartókat hengereltek, nagyobb teljesítményre lenne képes, ha minőségileg jobb és mennyiségben több alapanyagot kapna a kavaróműtől. Javasolta ezért, hogy a kavarókemencék eddigi fejlesztését egészítsék ki egy kemence átépítésével a Siemens-féle regeneratív gázfűtésűre és gázgenerátorok beszerzésére. A társulat vezetősége a fiatal mérnök – aki akkoriban éppen 30 éves volt – bátor kezdeményezéseit sokra értékelte, eddigi sikeres munkáit elismerte és megbízott benne. 1873-ban – alig hároméves működése után – a társulat igazgatósága a gyár műszaki igazgatójává nevezte ki. A törekvő műszaki igazgató jól látta, hogy a meleghengermű termelését a kavarómű fékezi. Ezt a fékező hatást az általa javasolt és kivitelezett kemenceátalakí-

tásokkal sem tudta oly mértékben megszüntetni, amellyel elégedett lett volna. A kavarókemencék szerkezetének nagyobb mérvű megváltoztatásán fáradozott, de végleges elhatározásra még nem jutott. Ehhez szükséges volt, hogy fejlettebb külföldi kohászati üzemekben látogatást tegyen, és a kavartvasgyártás korszerűbb folyamatait megismerje. Számos nyugati kohászati üzem látogatott meg és a tapasztalatok birtokában összehasonlításokat tett a külföldi és a salgótarjáni kavarómű eredményei között. Mind jobban érlelődött benne a Siemens-féle regeneratív tüzelés bevezetése a kavarókemencéknél, melynek gondolata tőle származott. (Borbély ezen tapasztalatairól több írásában számolt be a Bányászati és Kohászati Lapok 1872–1878 között megjelent számaiban.)

A salgótarjáni vasfinomító társulat a műszaki korszerűsítések folytán megerősödött és biztos alapon álló részvénytársasággá lett. Ezt csakis úgy érthette el, hogy a műszaki vezetés helyénvaló intézkedései révén az elavult technológiát korszerűsítették, gazdaságosabbá tették, és a társulat fennállása óta az 1876–77. üzletévben először fizetett osztalékot.

Borbély kezdeményezésére 1879-ban bevezették a szekértengelygyártást. A meleghengerműi bugavégekből kisebb súlyú további készárúk gyártását vették tervbe, így a szekértengely volt az a kezdő kovácsolt termék, amelyből további kovácstermékek gyártásának beindításával fejlődött ki a mezőgazdasági szerárúk gyártása Salgótarjában.

Alighogy elindult ezen termelési ág, amikor a műszaki igazgató egy hidegalakítású huzalmű és szeggyár telepítésének javaslatát terjesztette a részvényesek elé. Az újabb gyártmányok bevezetését azzal indokolta, hogy a meleghengerműi huzalok termelése nagymértékben emelkedett, amelyek értékesítése gondot okoz. Ugyanakkor a hidegen húzott huzalokból és huzalszegekből hiány van, és az ország behozatalra szorul. Az újabb gyártmányok bevezetése nemcsak gyári, hanem nemzetgazdasági érdekeket is szolgált, az 1880-as évek előtt a szekértengelyt, a húzott huzalokat és szegeket az országnak külföldről szállították.

A Salgó-Tarjáni Vasfinomító Társulat és az ózdi központú Rimamurányvölgyi Vasmű Egyesület több alkalommal közeledett egymáshoz társulási szándékkal, ami többször elakadt, de végül is 1881-ben e két nagy vasipari vállalat létrehozta a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Részvénytársaságot, akkor még tarjáni székhellyel és e nagyvállalat műszaki vezérigazgatója Borbély Lajos lett.

Az egyesüléssel Borbély munkaterülete nagyon megnőtt, és a nagy kiterjedésű és szerteágazó kohászati telepeket, érc-, kőszén és mészbányákat, valamint erdőbirtokokat Salgótarjából irányította. Ez időben Európa kohászai még vitáztak a különböző eljárások technológiáján, gazdaságosságán, ezért Borbély úgy döntött, hogy egy nagyobb arányú fejlesztés előtt Ózdon egy kisebb Martin-művet, illetve Salgótarjában egy Thomas-művet létesít és pár éves tapasztalatszerzés és kiértékelés után dönt majd a végleges ez irányú fejlesztésről. Ez meg is valósult, melynek eredménye azt hozta, hogy Ózdon jelentős kemenceparkot hoztak létre a Martin-eljárású berendezésekkel, és Salgótarjából az acélglyártás és a meleghengerlés teljesen Ózdra települt ár. (Ez években volt a salgótarjáni gyár ténylegesen ACÉLGYÁR.)

Időközben a jobb kereskedelmi, gazdasági, majd műszaki kapcsolattartási lehetőségek érdekében a részvénytársaság teljes vezetését Budapestre vitték át, így akkor Borbély Lajos is oda átköltözni kényszerült. 1900-ban a RIMA-Részvénytársaság érékkörébe került a zólyomi „Unió” Császári-Királyi Szabadalmazott Vas- és Bádogyár Részvénytársaság, valamint a Hernád-völgyi Magyar Vasipari Részvénytársaság Korompán működő Vas- és Acélglyára. A két gyár birtokba vételével Borbély gondjai egyre nőttek, és a megnagyobbodott részvénytársaság szervezetébe észszerűen kellett beilleszteni e két gyárat. A jobb ügykezelés céljából Borbély a legfőbb vezetésben némi módosítást végzett, amikor külön bánya-, kohó- és hengergyári igazgatóságot szervezett szakigazgatói állásokkal.

Erre az időre esett a létrehozott két kísérleti acélglyártás több éves tapasztalatainak kiértékelése is, amihez hozzávették az immáron több helyen termelő üzemek adottságait, kiértékeltek az egyes telepek lehetőségeit, a termelést ahol nehézkes volt, leállították, illetve áthelyezték az alkalmasabb területre és a Salgótarjában felszabaduló üzemcsarnokokban újabb termékek gyártását indították el. A felszabadult helyen széles palettával fejlesztették a szekértengely gyártását korszerűbb eljárással, és bevezették a csákány, ásó, kapa, eke, lapát és villa gyártását. A hidegalakítás is bővült, megkezdődött az eddig csak meleghengerléssel gyártott abroncsacél továbbalakítása hideghengerléssel a finomabb és értékesebb termék gyártására, Ugyanakkor a huzalhúzást és szeggyártást is bővítették, megindult a huzal-tűzihorganyzás, és új termék lett a bútorrúgó is. Ezzel Borbély a nehézkohászat helyén egy olyan nagy áruválasztékkal bíró feldolgozó gyárat létesített, amelyre az országnak szüksége volt.

Jelentős fejlesztéseket hajtottak végre minden gyártelepen, amelyből kiemelendő, hogy az beindulástól működő gőzgépeket és hosszú transzmissziós hajtásokat fokozatosan leváltották, létrehozták a saját elektromos központot generátorokkal, és a gépeket egyedi hajtást jelentő villanymotorokkal látták el. Az első világháború előtti években mindez alapvetően megvalósult.

Amikor mindez Borbély tanácsai alapján létrejött, már 1914-et írtak és Borbély 70 éves lett. Kérelmezte nyugdíjba vonulását, elhagyva felelős állását. Tanácsaira azonban a részvénytársaság továbbra is igényt tartott, azért az igazgatóság tagjai közé választották, ahol a vállalat sorsának további intézésében érvényesíthették bőséges tapasztalatait. Korának legészszerűbben berendezett, gazdaságosan működő és legszervezettebb vaskohászati társulását hagyta az utókorra.

Borbély nemcsak a bányák és gyárak anyagával törődött, nagyon jól tudta, hogy a termeléshez anyagon és gépen kívül szakképzett munkaerőre is szükség van. Egyik vezérelve volt, hogy a munkaerővel, mint emberrel, messze menően törődni kell. A szociális engedményektől vissza nem riadó előrelátással intézte a társulat munkásügyeit és a gyáron kívüli lakótelepekkel is törődött, azokat állandóan fejlesztette és a kor színvonalán tartotta. A lakótelepeken kultúrházakat, iskolákat, sportpályákat, kórházakat, élelmszerüzleteket és a társulat jubileumára a vállalati árva gyerekek részére Likéren nagy árvaházat létesített.

Munkamódszerére jellemző, hogy sokat utazott külföl-

dön, és az ott tapasztalt technikai eredményeket vállalatánál hasznosította. Mérnökeit is utaztatta, a külföldi utakra visszatért mérnököket elfoglaltsága ellenére is mind írásban, mind szóban részletesen beszámoltatta. Ezt a képességvizsga egyik jó módszerének tekintette, és ezen keresztül is igyekezett megismerni munkatársai felkészültségét.

Borbély Lajos a közgazdasági életben kifejtett munkáját a Magyar Tudományos Akadémia 1915-ben a Wahrmann Mór-díjjal ismerte el. E díjjal azon kevés alkotót tüntették ki, aki tudományos vagy gyakorlati tevékenységével az ország gazdasági előrelépését segítette. Nagyon kellett alkotni, hogy a nemzetgazdaság pénzügyi mérlegében az hatásosan jelentkezzen. Ezek közé tartozott Borbély Lajos is, aki Észak-Magyarország két legnagyobb társulatát az egyesülés után olyan mintaszerűvé fejlesztette, hogy korának egyik legjobban megszervezett és gazdaságosan működő vállalkozása volt. Az iparfejlesztés fáradhatatlan harcosának munkáját a legfelsőbb fokon is méltányolták, amikor Vaskorona renddel tüntették ki, és a Ferenc József rend lovagja lett.

1923. szeptember 29-én, élete 80. évében hunyt el rövid betegeskedés után Budapesten. A Kerepesi úti temetőben vettek tőle búcsút tisztelői, a RIMA legfelsőbb vezetőitől kezdve a régi, öreg munkásaival bezárólag sokan, akik ismerték. Tetemét Iglóra szállították, ahol neje, *Klein Etelka* családjának sírboltjában helyezték el. Családjáról még annyi lehet tudni, hogy egyetlen leányuk született, *Borbély Elza* 1878-ban, és neki három férje is volt, de csak egy unokával örvezettette meg szüleit. A leány nem kötődött a műszakiakhoz, mert két férje színházi ember volt, és egy gazdaember.

Szülőhelyén, Csókán sem felejtették el egészen, amit egy 1997-ben Zentán kiadott könyvből vett idézettel lehet alátámasztani:

„Említést érdemel, hogy Csóka egyik nagy szülőtte, Borbély Lajos (1843–1923), a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Részvénytársaság vezérigazgatója, mérnök és újíto, valamint a budapesti országgyűlés egykori tagja, igen haladó eszméket vallott. Többek között azt is belátta, hogy a vegyes nemzetiségű környezetben az emberek közötti viszonyoknak a kölcsönös megbecsülésen és egyenjogúságon kell alapulniuk. Ettől az elvtől vezérelve az akkori korszellemmel ellentétben azzal a kikötéssel építette föl az új (Nagy) iskolát, hogy az intézmény mentes legyen az egyház hatásától, és biztosítsa minden gyermek iskoláztatását vallásra és nemzetiségre való tekintet nélkül.

Borbély Lajos cselekedetét valaha emléktábla hirdette az általa épített, és még mindig használatban lévő iskola falán, de szemet szűrhatott valakinek, valakiknek a neve vagy az aranyozott magyar betűk csillogása, és a hatvanas években nyoma veszett. Természetesen végső ideje volna visszahelyezni, mert ha ő, Borbély Lajos nem restellte a Nagy iskolát fölépíttetni, akkor mi sem szégyellhetjük a nevét megőrkítő táblát, sőt!”

Befejezésül még egy idézet *Cotel Ernő* vaskohómérnökötől (aki 1879-ben, Salgótarjában született és édesapja az acélgépgyárban volt raktárnok), aki így foglalta össze munkásságát, főbb alkotásait: „...kettős munkaterű, regeneratív tüzelésű, nagytermelésű kavarókemence, amely Borbély nevét külföldön is ismertté teszi. Mintaszerűen modern nagyolvasztótelep létesítése Likéren 1883-ban, a Thomas-acélgépgyártás bevezetése Salgótarjában 1888-ban, az ózdi vas- és acélgépgyártás rendszeres, biztos előrelátással megtervezett átalakítása, koncentrációja és modernizálása 1903-tól 1907-ig, majd később, közvetlenül az első világháború előtt, az ózdi műszabatos, rendszeres és célszerű telepítése Borbélynak olyan kiváló, zseniális mérnöki alkotása, melyeket bátran össze lehet mérni a külföld legtekélyesebb hasonló alkotásaival”.

Lehetett volna még sokat írni Borbély munkásságának technikai részleteiről, remélem, megbocsátják, hogy itt főleg az embert akartam bemutatni.

Liptay Péter

#### Források:

1. Műszaki Nagyaink, II. kötet; A Gépipari Tudományos Egyesület kiadása, 1967: Borbély Lajos – róla szóló fejezetet írta Lizsnyánszky Antal; 427–451 oldal.
2. *Kalapis Zoltán*: Életrajzi Kalauz I. kötet; Ezer magyar biográfia a délszláv országokból Forum Könyvkiadó 2002-ben. A kiadást a Magyar Köztársaság Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma támogatta (E kiadvány elérhető az interneten).
3. Cs. *Simon István*: Virulsz-e még, szülőföldem? Írásából: Megjelent a Dudás Gyula Múzeum- és Levéltárbarátok Köre kiadásában. Zenta, 1997 (E kiadvány elérhető az interneten).
4. 8 Órai újság: 1923. szeptember 19-i számában „Ráthonyi Ákos özvegye – férjhez ment” címmel kis írás Borbély Elzáról.

## 25 éves lett a Fémszövetség

Mozgalmas és aktív programokkal élte meg – ünnepelte 25 éves létezését a Fémszövetség. Az előző közel két évtizedet követően – a szakmát érintő törvényalkotás csendjében – a szakmaiság, a kohászati és fémhulladék előkészítési ismeretek növelését tűzte ki célul a tagság. Szokásos közgyűléssel indult az éves program, amelyet Székesfehérváron az Alumíniumipari Múzeumban tartottak. A közgyűlés törvényi előírásaiból adódó kötelező programok mellett a fő attrakció természetesen a szakmai vezetéssel segített múzeumlátogatás volt, a bauxitbánya hangulatának megidézésétől a timföldgyártáson és az olvasztóműveken át a konkrét alumínium készárukig, napi használati

tárgyakig, melyek a tagságnak hulladékként is visszaközönő felismeréseket is jelentettek.

Az alumíniumipar tanulmányozását követően a járműiparral való ismerkedés volt a cél. A kecskeméti Mercedes gyár meglátogatását – csak a sajtó- és a karosszériaüzemeket sikerült látni, az összeszerelő üzemet nem –, az autóipar jövőjét elemző szakmai fórum követte, szakavatott moderálás és kellemes munkaebéd keretében.

A jubileum megünneplése az őszi kétnapos Tokaj-hegylajai szakmai program keretében csúcsonyult ki. Előbb Sátoraljaújhelyen kiváló szakmai vezetés mellett ismerkedhettek a CERTA Fémöntődével, ahol rendhagyó módon az

alumínium- és cinköntvény gyártási technológiákba is sikerült betekintést nyerni. Élmény volt az öntőszerszám-gyártó üzem meglátogatása is. A második nap programja a szikszói HELL vállalatcsoport megismerése és meglátogatása volt. A céggel az OMBKE Fémkohászati Szakosztályával közösen vették fel a kapcsolatot, és így úttörőként indíthatták a nagyvállalatnál a más multicégeknek már bejáratos üzemlátogatásokat. (Az egyetemi Fémkohászati Nap keretében a látogatás az OMBKE-s csapattal is megvalósult.) Kohász szemmel természetesen a cégcsoport Quality Pack Zrt. alumínium italosdoboz gyártó cége jelentette a fő attrakciót, de jelentős élményt adott a HELL italgyártó- és töltőüzeme is. Mindkét helyen a világszínvonalat tapasztalhatták. Az üzemlátogatások között pedig ünnepelhettek. Ha már Tokaj-hegyalját járták, nem maradhattak ki a mádi pincék sem, és két pince között a történelmi zsinagóga meglátogatása jelentette a kultúrprogramot. A jubileumi év az évbúcsúztató taggyűléssel zárult a közkezdelt budaörsi Szikla kisvendéglőben. A nagy sikerű stand up-os műsort csak a vendéglő finomságai múlták felül. A vacsora keretében pedig minden

tagvállalat immár hagyományosan lehetőséget kapott a „panaszainak és dicsekvéseinek” kifejtésére.

Összességében sikeres volt az év. Időközben – mint OMBKE pártoló tagvállalat – az 50 éves Öntödei Múzeum ünnepségének és jubileumi kiadványának támogatásához is hozzájárult a szövetség.

Végül adassék meg, hogy a nagymúltú Bányászati és Kohászati Lapok oldalain is megjelenhessen a 16 tagvállalat névsora: ALU-BLOCK Kft. (Apc), ALUMETAL Group Hungary Kft. (Komárom), ARCONIC-Kőfém Mill Products Hungary Kft. (Székesfehérvár), Ecometalex Kft. (Csömör), ERECO Zrt. (Budapest), Észak-magyarországi MÉH Zrt. (Miskolc), FÉMKER Kft. (Győr), INOTAL Alumínium- és Salakfeldolgozó Zrt. (Várpalota), INTER-METAL Recycling Kft. (Budapest), LOACKER Hulladékhasznosító Kft. (Budapest), Magyar Öntészeti Szövetség (Budapest), MARTIN METALS Kft. (Várpalota), METALSCRAP Fémkeskedelmi Kft. (Székesfehérvár), MŰ-GU Hulladékhasznosító Kft. (Budapest), REGY-METAL Kft. (Jobbágyi), SCEPTER Kft. (Tatabánya).

Hajnal J.

## A Ferencz István Észak-Dunántúli Kohászati Regionális Szervezet évváró/évnnyitó rendezvénye

A 2020-as évet a Ferencz István Észak-Dunántúli Kohászati Regionális Szervezet rendhagyó „évváró-évnnyitó” rendezvénnyel indította. Hagyomány, hogy év végén, a Borbála-naphoz legközelebb eső hétfőn megtartjuk az adott évi évváró rendezvényünket Mosonmagyaróváron. A szombati munkanapok és a tagok egyéb elfoglaltságai miatt 2019-ben elmaradt ez a hagyományos évváró, ezért 2020. január 25-én egy évindító rendezvény keretében pótoltuk.

A rendezvény a Szent Borbála-megemlékezéssel kezdődött a mosonmagyaróvári Lucsonyi Szent Anna kápolnában (1. kép), majd a Magyaros étteremben folytatódott a 2019-es év eseményeiről szóló beszámolóval és a jelenlévők hozzászólásaival. Említésre kerültek a 2019-es évi események, ahol a szervezetünk több tagja is részt vett. Ilyen például a februárban megrendezett Bányász-Kohász Bál Lillafüreden, a hagyományos március 15-ei megemlé-

kezés és koszorúzás Mosonmagyaróváron, a májusban lezajlott EMT konferencia Nagybányán, augusztusban a szigetközi rendezvény Dunakilitin, szeptemberben a selmeci szalamander, októberben a bányász szakestély Tatabányán. Novemberben a már hagyományos koszorúzásos emléktúrán vettünk részt Győr-Sopron-Sárvár-Székesfehérvár útvonalon. Összefoglalva mozgalmas év áll mögöttünk, ahol a tagok viszonylag nagy létszámban vettek részt a különböző rendezvényeken. Ezen kívül az OMBKE 2019. évi vezetőségi és szakosztályi ülésein folyó munkáról is elhangzott egy rövid összefoglaló.

Ezután egy finom vacsora következett, amit jó hangulattal, kötetlen beszélgetés követte. A szervezet tagságának jelentős része részt vett a rendezvényen, amire büszkék vagyunk, mivel regionális szervezet lévén távolabbról is érkeznek tagtársaink az eseményekre.

Bíró Nóra



■ Csoportkép a mosonmagyaróvári Lucsonyi Szent Anna kápolnában

# A „Megemlékezés napja” Ózdon

Az ózdi kohászat, s egyben a hazai vaskohászat történetének legsúlyosabb üzemi balesete következett be 1990. március 3-án. Az acélműben történt hidrogénrobbanás következtében 13 fiatal ózdi és Ózd környéki kohász vesztette életét. A tragikus esemény napját Ózd város önkormányzata a későbbiekben a „Megemlékezés napjává” nyilvánította és az ötvenkénti évfordulók alkalmával az üzemi balesetben elhunyt valamennyi áldozat emléke előtt is adózik.

A 2020. március 3-án, a Gyári temetőben megtartott 30. évfordulós megemlékező rendezvényen – melynek szervezésében Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Körének meghatározó szerepe volt – az áldozatok hozzátartozói, egykori munkatársak, tisztelők, szakmai és más szervezetek képviselői, összesen mintegy 150 fő vett részt. A rendezvény harangszó és a gyári dudu megszólalása után a Szózat elnéklésével kezdődött, majd szavalattal és kórusművek előadásával folytatódott.

Farkas Péter Barnabás alpolgármester megemlékező beszédében méltatta a várost, de az egész országot meg rázó tragédia áldozatainak emlékét, hangsúlyozva nehéz és veszélyes munkájukat. Emléküknek megőrzése az utókor feladata és kötelessége. „1990. március 3-a örökre az ózdi történelem részévé vált. Ennek a napnak soha be nem gyógyuló sebe van” – mondta. Az elhunytak lelki üdvéért közös imádságra hívták a jelenlévőket a történelmi egyházak képviselői. Ezt követően a baleset felújított emlékművénel koszorút és virágokat helyeztek el a város, a szakmai szervezetek (MVAE, OMBKE, VASAS), az ÓAM Kft., a jelenlegi és egykori társvállalatok (DUNAFERR, LKM), az ipari örökségvédők, illetve pártok képviselői, valamint a hozzátartozók és a baleset áldozatainak emléke előtt tisztelgő résztvevők. A rendezvény a temetői emlékműnél a kohász himnusz és a Silenció elhangzásával ért véget.

A továbbiakban a meghívottak a Hotel Ózd éttermében a baleset szakértőjének, dr. Grega Oszkárnak a visszaemlékezéseit hallgatták meg. A nap zárásaként valamennyi résztvevő átvehette az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre által, a 30. évforduló tiszteletére készített, az áldozatok és a korábbi megemlékezések fényképeit tartalmazó emlékalbumot.

Benyhe László



■ A megkoszorúzott emlékmű



■ Gyász és emlékezés

## Ózdon újra szól a gyári dudu

Az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Körének tagjai hosszú évek óta szívügyüknek tartották, hogy a gyári dudu, mint Ózd városának régi jelképe közel 25 évi hallgatás után ismét hallassa hangját.

2020. január 17-től vágyunk valóra vált, mert egy hosszú folyamat eredményeként napi két alkalommal, 14 és 18 órakor ismét hallható a gyári dudaszó. Korábban, a múlt század második felében az Ózdi Kohászati Üzemek (ÓKÜ) bezárásáig naponta hat alkalommal – 5 - 6 -12 -14 -18 és 22 órakor – hallhattuk hangját.

A régi ÓKÜ gyárterület tulajdonosától 2015-ben kapta meg a városi önkormányzat azt a gőzdudát, amely közel

100 évig használatban volt. Az elmúlt öt évben több próbálkozás is volt a megszólaltatására, majd egy uniós pályázat segítségével – a városvezetésnek köszönhetően – sikerült a régi vágyunkat valóra váltani. A dudát az Ózdi Távhő Kft. központjának legmagasabb kéményén helyezték el, így szinte az egész városban hallható a hangja.

Maradjon tehát a gyári dudaszó továbbra is Ózd, mint hajdani kohászváros jelképe.

Mint kohászok, ezzel is tartozunk korábbi ÓKÜ-s dolgozóink emlékének!

Máté László

# 126 éves a „Jó szerencsét!” köszöntés

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) választmányának 1894. április 7-én tartott gyűlésén Péch Antal tiszteletbeli tag javaslatára elfogadott Jó szerencsét! köszöntés évfordulóin – az 1994. évi 100.-tól kezdve – minden évben emlékülést szervezett az OMBKE és a BDSZ. 2020 januárjában már megkezdődött a 126 éves emlékülés szervezése és meghirdetése minden szakmai médiában. A szakmai előadásra dr. Kaderják Pétert, az Innovációs és Technológiai Minisztérium energetikáért és klímapolitikáért felelős államtitkárát, az emlékbeszédre dr. Szabados Gábort, az OMBKE ügyvezető igazgatóját, és a pohárköszöntőre Campanari Talabér Mártát, Várpalota polgármesterét kértük fel. Sajnos azonban a koronavírus közbeszólt és megjelent a kormányhatározat is a rendezvények tiltásáról, ezért az emlékülést – 1994 óta először – le kellett mondanunk.

Az 1994 és 2019 közötti rendezvények hagyományosan a várpalotai Jó szerencsét Művelődési Házban voltak, és a koszorúzások is ugyanott, a Bóna Kovács Károly (1897–1970) bányászktödésű szobrász és festőművész által készített, bányászt ábrázoló domborműnél. Az emlékülésen az utóbbi öt évben részt vett a művész két gyermeke is, és virágot helyeztek el az emlékműnél.

Az emlékülések mindig pohárköszöntővel és állófogadással zárultak, ami kiváló alkalom volt arra is, hogy rég nem látott kollégák, barátok eszmét cserélhettek, és a zárógondolat is minden évben az volt, hogy „Jövőre veled ugyanitt”. Sajnos az idén ez nem valósult meg, de reméljük, hogy 2021-ben már ismét folytatódik a hagyomány.

Dr. Horn János cikke alapján  
összeállította BT

## NEKROLÓGOK

### Tóth Ferenc 1933–2019



2019 augusztusában, 86 éves korában elhunyt Tóth Ferenc okl. gépész üzem-mérnök, az Öntészeti szakosztály budapesti helyi szervezetének a tagja.

1933. szeptember 27-én született Debrecenben. Négy elemi és négy gimnáziumi osztály elvégzése után abba kellett hagynia iskoláit, mert pénzt kellett keresnie, mivel édesapja a fronton elesett. Előbb építőipari segédmunkás lett, majd 1950-ben a váci szakiskolába ment öntőtanulónak. Innen az Első Magyar Gazdasági Gépgyár (EMAG) öntödéjébe helyezték át. Itt szabadult fel, és a sorkatonai szolgálat letöltése után a csepeli Kossuth Lajos Technikumban levelező tagozaton szerezte meg a technikus oklevelet. Fél évvel a szakvizsga után technológusi beosztásban kezdte a műszaki értelmiségi pályát. Ezután többféle beosztásban tevékenykedett: üzem-technikus, üzemmérnök, főtechnológus, műszaki csoportvezető volt. Közben az EMAG-ból Híradástechnikai Gépgyár lett, de az öntöde maradt a régi, amelynek fejlesztésében, gépesítésében ő is tevékeny részt vállalt.

1975 őszétől a Vasipari Kutató Intézet munkatársa lett. Itt az Öntödei osztályon kezdett dolgozni öntőtechnikusként. Néhány hónap után művezető, majd az üzemmérnöki diploma megszerzése után a precíziós öntöde kutatója és vezetője lett. 1984. január 1-jén több munkatársával együtt áthelyezését kérte a Gépipari Technológiai Intézetbe,

ahol szintén precíziós öntési területen tevékenykedett kutatóként, később laborvezetőként.

1990-ben, a második porckorongsérvműtéte után leszázalékolták. Ezután még mintegy két évtizedig az autodidakta módon elsajátított számítástechnikai ismereteit is felhasználva műszaki szakértőként gépészeti tervek, öntéstechnológiák kidolgozásával, készítésével foglalkozott.

A 2008-as gazdasági válság után megfogyatkozott megrendelése mellett régi hobbijának, a rajzolásnak, fotózásnak és a számítógépes képalkotásnak, vagy ahogyan ő nevezte: a képek „átvárazolásának” hódolt. Alkotásaiból kiállításokat rendeztek többek között lakóhelyén, az Albertfalvai Közösségi Házban, a Bajza utcai Postás Művelődési Központban és nyugdíjas klubokban is.

Az Öntészeti szakosztályban a nyomásos öntészeti szakcsoport munkáját segítette, a budapesti helyi szervezet és a Vasipari Kutató Intézet nyugdíjas találkozóinak is lelkes fotósa volt.

Szeretett kollégáival együtt lenni, vendégszerető, jó közösségi ember volt. Temetésére október 16-án, a kelenföldi Szent Gellért Plébániatemplom urnatemetőjében került sor. Családja és barátai, volt munkatársai kísérték el utolsó útjára.

Kedves Feri kollégánktól ezúton is búcsúzunk egy utolsó Jó szerencsét! köszöntéssel.

LKK

## Fiumei Attila 1937–2020



2020. február 9-én elhunyt Fiumei Attila, okleveles technológus kohómérnök. 1937. február 10-én született Dorogon. 1955-ben érettségizett Nyergesújfalun, az Irinyi János Gimnáziumban. 1956-ban felvételt nyert a Nehézipari Műszaki Egyetemre, s a Csepeli Csőgyár ösztöndíjasaként 1961-ben kapta meg mérnöki diplomáját. Itt, a Csepeli Csőgyárban kezdte el pályafutását.

1966-ig üzemmérnök volt, ezt követően a gyár Távlati Fejlesztési osztályvezető-helyettese, majd 1973-tól főosztályvezetője lett. Az ő vezetésével épült meg s kezdte működését az új, korszerű csőhegesztő gyáregység. 1975–78 között a Csepel Művek Tröszt Kohászati osztály vezetőjeként tevékenykedett.

1978-ban kapott kinevezést a Csepeli Csőgyár Műszaki és Fejlesztési és Beruházási Főmérnökség vezetésére. Irányításával elkezdődött egy másfél milliárd Ft-os szinttartó beruházás, s elindult egy új, korszerű, varratnélküli csőgyár tervezése, és rövid időn belüli megvalósításának előkészítése.

1978 végén biztossá vált, hogy ez a nagy fejlesztés – elsősorban anyagi okok miatt – nem valósulhat meg, ezért döntő pályamódosításra szánta el magát. Elhagyta a Csepeli Csőgyá-

rat, s ő lett a Paksi Atomerőmű beruházásával foglalkozó Fejlesztési Bank Paksi Kirendeltségének vezetője. 1984-ben kinevezték a Fejlesztési Bank Budapesti Területi Igazgatási osztályának vezetőjévé.

Később a Vasipari Kutató és Fejlesztő Vállalat vezérigazgatója volt, majd 1992–97 között az Invest Bank ügyvezető igazgatója, és innen ment nyugdíjba.

Egész munkássága a fejlesztésről szólt. Ezt szerette, ebben élte meg sikereit, örömeit. Nyugdíjas éveiben is számos területen igényelték tapasztalatát, hozzáértését, tanácsát. Művelt, széles látókörű, a művészeteket is szerető, a hagyományokat tisztelő és ápoló ember volt. Kollégái, barátai szerették. Szeretett beszélgetni, problémákat megvitatni. Családja számos tragédiája, sok jó barátjának és munkatársának elveszése megviselte, és kikezdte egészségét. Feleségének szerető gondoskodásával sokáig eredményesen küzdött meg betegségekével. Eddig sikerült.

Emléke munkáiban és bennünk él tovább.

Egy utolsó „Jó szerencsét!” kívánunk Neked, Attila.

Csohány Gyula

## Dr. Kovács Tibor 1943–2020



Dr. Kovács Tibor 1943. július 17-én Győrött született, meghalt a betegsége elleni hosszú küzdelemben 2020. március 19-én Budapesten.

A győri Révai Miklós gimnáziumban érettségizett, majd 1961-ben felvételt nyert a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem kohász karára. A negyedik szemeszter idején jelentkezett az Egyetemen meghirdetett külföldi állami ösztöndíjas továbbtanulásra, így egyetemi tanulmányait a Moszkvai Intézet Sztali harmadik évfolyamán folytatta, ahol 1965-ben megvédte öntőszakos kohómérnöki diplomáját.

A Kohó- és Gépipari Minisztérium Műszaki Tudományos Tájékoztató Intéze-

tében, az Öntödei Vállalat Kőbányai Vas- és Acélöntödéjében, valamint a Gépipari Technológiai Intézetben dolgozott. Ez utóbbi helyen a viaszmintás és állandó mintás méretpontos öntéstechnológiák fejlesztésével foglalkozott, és ebben a témában védte meg kandidátusi disszertációját a Moszkvai Intézet Sztali-ban L. I. Levi professzor irányításával 1974-ben. A Gépipari Technológiai Intézet megszűnése után 1996-tól a Mars Hungária Kft. igazgatójaként dolgozott.

Az OMBKE-be 1968-ban lépett be, ahol két alkalommal Sóltz Vilmos-emlékérmeket kapott.

Tokár I.

## Mikus Károly 1932–2020



Mikus Károly, a sokak által ismert és szeretett aranydiplomás kohómérnök életének 88. évében, 2020. március 23-án családja körében csendes békességben visszaadta lelkét Teremtőjének.

Mikus Károly 1932. december 4-én született Mosonszentjánoson. 1933-ban szüleivel Budapestre költöztek. Az elemi, a polgári iskolát és a technikumot itt végezte.

1950-ben a Csepel Művek Vas- és Acélöntödéjében kezdett dolgozni, amely első és egyetlen munkahelye volt. Munkája mellett, levelező tagozaton szerzett kohómérnöki diplomát 1964-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen. Ugyanitt kapott 2014-ben aranyoklevelet. Iskoláit kiváló eredménnyel zárta.

A TMK vezetőjeként, majd a Műszaki Fejlesztési Osztály vezető tervezőjeként és később vezetőjeként az öntöde fejlesztéseinek meghatározó szakembere volt, mérnökök generációit nevelte ki és irányította munkájukat.

Aktív részese volt az 1. számú Vasöntöde szerszámgép formázórendszere és homokműve kialakításában az 1960-as évek második felében. Kulcszerepe volt az 1967-ben induló MAN forgattyúházgyártás megvalósításában (duplex olvasztómű, vízűveges formázás, hot-box magkésztés).

Irányította és vezette a 2. számú Vasöntöde nagyberuházását 1978-tól (elektromos olvasztómű, cold-box magkésztés, furángyantás formázás, automatizált homokmű).

Részt vett a Meehanite öntvénygyártás műszaki feltételeinek kialakításában a 3. számú Vasöntödében, és az öntvénytisztítás gépesítésében. 1995-ben megtervezte és levezényelte a 3. sz. Vasöntöde fejlesztését. 2010-ig tervezője, a kivitelezés vezetője volt a 2004-ben indult öntödefejlesztési programnak, amelynek keretében korszerű automatikus vezérlésű alakították át a homokelőkészítési és -kezelési rendszert és kialakították az új öntvénytisztítási rendszert is.

Több mint 45 éves munkaviszony után ment nyugdíjba. Nyugdíjasként szakmai tanácsadó és fejlesztőmérnök volt

az utódvállalatnál, a Csepel Metall Vasöntöde Kft.-nél több éven át. Kollégái bizton számíthattak rá, tanácsaival szolgált 2018-ig. Tevékenysége hozzájárult egy olyan öntöde létrehozásához, amely Közép-Európa egyik legfejlettebb öntödéjévé emelte a vállalatot, ezáltal a hazai és nemzetközi öntő szakemberek megbecsülését érdemelte ki. Munkája eredményeit, nevét jól ismerték, szakmai kapcsolatokat ápolt az európai öntödékkel és öntödei berendezéseket gyártó cégekkel.

Az OMBKE-nek 1958. január 1-jétől volt tagja, ahol előadásaival, publikációival példát mutatott a fiatalabb generációnak. Élete munkásságát számos vállalati és egyesületi kitüntetéssel ismerték el. Egyik kezdeményezője, szervezője, szakmai előadója volt a Csepeli Fejlesztési Szemináriumnak, amelyet az OMBKE szervezésében két évente, 200-250 hazai és nemzetközi szakember részvételével rendeztek meg.

Mikus Károly széles látókörű, nagy tudású, jó vezetői képességekkel megáldott szakember volt, mondhatjuk, hogy az öntész szakma egyik kiemelkedő egyénisége távozott köreinkből.

1960-ban kötött házasságot, felesége, Erzsébet hű társa volt egy életen át, aki gondoskodó szeretettel, megértéssel segítette, támogatta őt. A házasságukból egy leánygyermek született, és sógora fiúgyermekét is sajátjukként nevelték fel. A családja volt számára a legfontosabb, értékrendjével, fegyelmezett, következetes magatartásával példát állított számukra.

A természet szeretete nagyon fontos volt neki, gyümölcsfáiban, szőlőjében, rózsáiban mindenki gyönyörködött. Emberi kapcsolatait gondos szeretettel ápolta, még 2019 nyarán kezdődött súlyos betegsége idején is. Tudása, élete példát mutatott szűkebb és tágabb környezetének.

Mély megrendüléssel búcsúzunk a barátok, a munkatársak, s mindenki nevében, aki szerette, tisztelte őt.

Nyugodjék békében, emlékeit megőrizve mondunk utolsó

Jó szerencsét!

Káplánné Juhász Márta

**Csukásné  
Kővári Etelka**  
1950–2020



Életének 70. évében, 2020. április 17-én elhunyt Kővári Etelka. Hosszú ideig az OMBKE titkárságán dolgozott, ahol az Öntészeti Szakosztály ügyeit is intézte. Mindig segítőkész, kedves, tapintatos munkatárs volt, szerettük, tiszteltük őt. „Az öntészeti szakosztályért” emlékérem kitüntetését is kiérdemelte.

2003 közepétől az Öntödei Múzeum titkárnője és mindenese volt 2011 végi nyugdíjazásáig. Szívvel-lélekkel tevé-

kenykedett itt is, nagyon sokat tett a múzeum életének élénkítéséért, a szakmai és baráti kör megtartásáért. Súlyos betegségét derűsen, a gyógyulásba vetett hittel viselte. Fiai és családjaik szeretete adott neki ehhez sok erőt.

Dunaharaszti-ban élt, temetése 2020. április 30-án a helyi városi temetőben volt.

Emlékét megőrizzük, családjával a gyászban osztozunk.

**Dr. Szabó István**  
1943–2020



Szabó István 1943. november 1-jén született Somoskőújfaluban. Édesapja az acélgár munkása volt. A megyeszékhelyi gépipari technikumban érettségizett, s ez némileg már előrevetítette felsőfokú tanulmányainak irányultságát: az első diplomáját a salgótarjáni acélgár ösztöndíjasaként a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki karán szerezte 1967-ben, majd 1969–72 között továbbképzés gyanánt a közgazdasági egyetem tervmatematika szakán kapott oklevelet. Társadalmi ismereteit is felsőfokon gazdagította. 1984-ben egyetemi doktori cím birtokosa is lett a helyi kohászati üzemek komplex hatékonyságának alakulását vizsgáló dolgozatával. Egy bő évtizeden át rangos politikai funkciókat töltött be, és a közösség érdekében kamatoztatta tudását mint a szervezési és vezetéstudományi társaság országos elnökségének tagja, s a megyei szervezet elnöke is. Egyesületünk Salgótarjáni Osztályának 1988-tól volt tagja.

Ahogy magánemberként hűnek bizonyult szülőhelyéhez, munkavállalóként ízig-vérig acélgárinak tartotta magát, ahol számos munkakört töltött be, s mindig közvetlen, jó viszonyt ápolt

beosztottjaival. Szakmai karrierjének csúcspontját a vezérigazgatói megbízás jelentette számára: 1985-től hat esztendőn át irányította Salgótarján nagy tradíciójú, legtöbb embert foglalkoztató üzemét. A nyereséges gazdálkodás mellett különösen szép sikereket ért el a fejlesztés és a szociálpolitika területén, jelentős szerepe volt abban, hogy az SKÜ a hasonló karakterű és nagyságrendű vállalatokhoz képest lényegesen jobb feltételek között vághatott neki a rendszerváltás göröngyös útjának. Nem tekinthető véletlennek, hogy a kohász vállalatok közül elsőként a tarjáni iránt nyilvánult meg külföldi befektetői érdeklődés, aminek eredményeként létrejött a SILCO Kft. Sok és eredményes munkája alapján nem csoda, hogy nehezen viselte a gyár fokozatos leépülését és teljes megszűnését.

Feleségével még budapesti egyetemistaként ismerkedett meg, 1967-ben kötötték össze életüket.

2019 decemberében gyógyíthatatlan betegséget diagnosztizáltak nála, ez okozta elhunytát 2020. április 18-án.

Gyászolják őt családtagjai, fia, unokái, a salgótarjáni volt acélgáriak és ismerősei. Utolsó Jó szerencsét!

Liptay Péter

## Szende György

1932–2020



Szende György aranydiplomás gépészmérnök 2020. április 21-én hosszasan tartó betegsége után Budapesten hunyt el.

1932. március 31-én született Mezőkövesden. Budapesten érettségizett 1950-ben a Barcsay utcai Madách Imre Gimnáziumban. Egyetemi tanulmányait a Szovjetunióban, a Harkovi Műszaki Egyetemen végezte, ahol 1955-ben nyerte el kitüntetéses gépészmérnöki diplomáját öntödei gépek és technológiák szakon.

1955 őszétől a Csepel Művek Vas- és Acélöntödéjében, majd 1958-tól a Szerszámgépfejlesztő Intézetben dolgozott mint technológus, fejlesztő, majd fejlesztési osztályvezető.

1960-ban a Gépipari Technológiai Intézet alapító tagja volt az öntödei osztály szervezőjeként. Mint osztályvezető a KGM háttérintézményeként iparpolitikai kérdések előkészítésével foglalkozott. Az ő vezetésével dolgozta ki a GTI öntödei osztálya a hazai öntödei fejlesztési programokat az iparvezetés részére.

Egyidejűleg irányította az öntödei osztály megszervezését, tevékenysége programjának és feltételeinek kialakítását. Kemény küzdelmet folytatott a KGM illetékeseivel, akik a GTI öntödei osztályát továbbra is háttérintézményként kívánták használni, jóllehet az alapító okirat a feladatokat egyértelműen a technológiai fejlesztésben határozta meg.

A GTI vezetése Szende György javaslatára 1963-ban jóváhagyta, hogy az osztályon kezdődjék el a fejlesztői tevékenység az öntvények méretpontosságának és felületminőségének javítására. Így kezdődött meg az etil-szilikát hidrolízisének tanulmányozása. Ez lehetővé tette a viaszmintás precíziós öntés technológiájának korszerűsítését az ország több öntödéjében. A kötőanyaggal szerzett ismereteit felhasználta az állandó mintás precíziós formakészítés kifejlesztésére. Ennek eredményeként az eljárásra munkatársaival szabadalmi oltalmat nyert, és alkalmazták azt az Acélöntő- és Csőgyárban, valamint a

Kurgáni Szerszámgépgyár (Szovjetunió) öntödéjében.

Az osztályon a vízüveges homokkeverékek, a nyersformázás segédanyagai, a műanyag kötésű homokkeverékek, valamint a formabevonó anyagok fejlesztése is folyt. Tevékenységükről rendszeresen beszámolt a Mérnökto vábbképző Intézet és az OMBKE rendezvényein, valamint közel negyven önálló, illetve társszerzői publikációban.

Kutatási főosztályvezetői beosztásból ment nyugdíjba 1992-ben. Ezután műszaki szakértőként és szakfordítóként dolgozott. Társszerzője volt az Öntészeti kézikönyvnek és a Műszaki értelmező szótár öntészeti kötetének.

Nyugdíjasként is aktívan tevékenykedett az OMBKE Öntészeti Szakosztályában. 1999 és 2018 között a BKL Öntöde, majd Kohászat lapok egyik rovatvezetője volt. Szerkesztőként különös figyelmet szentelt a magyar nyelv ápolásának és a precíz fogalmazásnak. Számos esetben készített szakkikfordítást és szemelvényeket orosz és angol nyelvű külföldi folyóiratokból. Felsőfokú nyelvismerete és fáradtságot nem ismerő érdeklődése révén élete folyamán mindvégig alaposan tájékozott volt szakmája kérdéseiben és számítani lehetett megalapozott véleményére és útmutatásaira.

1960 óta tagja volt az OMBKE-nek, és több ciklusban az öntészeti szakosztály vezetőségének is.

Szakmai, gazdasági és társadalmi tevékenységét kitüntetésekkel díjazták, többek között megkapta a Munka Érdemrend két fokozatát (1962, 1975), és a Kiváló Munkáért érdemérmét (1984). Egyesületi kitüntetései: Öntészeti Szakosztályért emlékérem (2009), Kerpely Antal-emlékérem (2016), Sóltz Vilmos-emlékérem 40 és 50 éves tag-ságért.

Temetésére szűk családi körben került sor. Volt kollégái, az öntész társadalom és szerkesztőségünk nevében ezúton búcsúzunk a hagyományos utolsó Jó szerencsés! köszöntéssel.

Tokár István

## Horváth Csaba

1933–2020



Megtisztelő számomra ez a méltatás és emlékéllítés. Mert aki miatt gyászolunk, akiért a „harang szól”, munkásságával, életvitelével, családszeretetével minden szempontból kiérdemelte azt, hogy példaként magunk elé állítsuk. Ha élete, pályafutása, sorsa egészét tekintjük, méltán jutnak eszünkbe Madách Imre szavai: „Ha percnyi léted súlyától legörnyedsz, emel majd a végtelen érzete”. Mert Horváth Csaba nehéz történelmi időkben élt meg. Ebben a közegben kellett a sors akaratából belső meggyőződése, alkotó ösztöne erejétől hajtva tenni a dolgát. Munkásságával mégis sikeres, elismert szakember lett. A hullámvölgyeket ő sem kerülhette el. Mégis újra és újra felküzdötte magát. És mindent úgy tett, hogy ember maradt, aki tiszta lelkiismerettel vállalhatta múltját. Humanista volt, de nem szakmája rabja. Érdekelte az irodalom, a zene, a társadalmi és filozófiai kérdések. Csaknem húsz évet dolgoztam vele, így közvetlenül megismerhettem szakmai és emberi arculatát.

1933. július 22-én született Mohácson. Jogi végzettségű édesapja Szamosújváron polgármester, Újvidéken is vezető tisztségviselő volt. Az I. világháború során tanúsított frontszolgálatáért vitézi címet kapott. Ezek később hátrányosan érintették tanulmányait és állásba jutását is. De apja házában számos művész, író, közéleti személy fordult meg, így a fiatal Csaba korán magába szívhatta azt a szellemi útravalót, amely pályáján kísérte. Már korán érdeklődés ébredt benne a természettudományok iránt. Leginkább vegyész akart lenni, már gyerekkorában is sokat kísérletezett.

1957-ben okleveles kohómérnökként kiegészítéssel végzett a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán (2017-ben gyémántdiplomát kapott). Első és egyben utolsó munkahelyén, a Csepeli Fémműben 1957-ben kezdett el dolgozni, ahol is megszakítás nélkül 41 évig végezte munkáját. Érdeklődési köre elsősorban a metallurgiához kapcsolódott, de a hosszú évek alatt rendkívül szélesre nyílt az a szakmai tér, amelyben eredményes volt.

Kezdetben a könnyűfém formaöntőde üzemvezetője, majd 1962–69 között az anyagvizsgáló osztály vezetője volt. Ezt követően 1974-ig a kísérleti és kutatási osztályt vezette, akkor került köz-

vetlen kapcsolatba a fejlesztés tudományos oldalával is. 1974 és 77 között a vállalat műszaki fejlesztési osztályának vezetését bízták rá. Átmenetileg a Csepel Művek Fémtani és Technológiai Kutató Intézetében műszaki igazgató volt, majd 1981–86 között ismét a Fémműben volt, mint a Kutató és Technológiafejlesztő Intézet vezetője. Végül nyugdíjazásáig, 1989-ig a vállalat műszaki vezérigazgató-helyettese volt. Széleskörű tevékenysége a szemcsefinomítás kérdésköréhez kapcsolódott. Először az öntészeti alumíniumötvözeteknél, majd a folyamatos öntés és intenzív hengerlés kapcsán a rézötvözeteknél. Jelentős munkát végzett az anyagvizsgálat fejlesztése és új módszerei kidolgozásáért. A Fémmű vállalati nagyberuházásai keretében széleskörű szervező és műszaki munkát fejtett ki a rézfinomítás, színesfém szalaggyártás és ívhegesztő gyártás témakörében. Fontos szerepe volt abban, hogy a Csepeli Fémmű már korán, elsősorban precíziós színesfém termékeivel jelentős nyugat-európai és tengerentúli exportot tudott lebonyolítani. 51 publikáció és 4 találmány fűződik nevéhez.

Horváth Csaba 1953 óta tagja volt az OMBKE-nek, hosszú ideig vezető tisztségviselőként. A Fémkohászati Szakosztály elnöke, az OMBKE alelnöke, 2000 óta az egyesület tiszteleti tagja volt. 1963 óta a GTE tagja, illetve a csepeli helyi szervezet alelnöke volt. Dolgozott az MTA Szilárdtestfizikai Komplex Bizottságában, valamint a Kémiai Metallurgiai Albizottságában. Számos állami és egyesületi kiténtetéssel ismerték el munkáját. Megkapta a Szent Borbála-emlékérmét is.

Nyugdíjas éveiben kohómérnök feleségével együtt elsősorban unokáival foglalkozott, de szívesen böngészett az interneten is.

Horváth Csaba nehezen élte meg a Csepeli Fémmű 2003-ban történő felszámolását és a magyar színesfémgyártás megszűnését. De ő szokásos bölcsességével maga idézi Lucretiust: „semmi sem semmisül meg igazán”.

Mi is így gondoljuk, Horváth Csaba munkája, egyénisége, embersége tanít, és velünk él tovább. Hamvai a Szent István-bazilika urnatemetőjében nyugszanak.

Dr. Albert Béla

**2020-ban jubiláló tagtársainknak szeretettel gratulálunk, további jó egészséget és még sok békés, boldog évet kívánunk!**

**Legidősebb, 105 éves tagunk**

Patay Pál dr. Öntészeti Szakosztály

**95 születésnapját ünnepli**

Pilissy Lajos dr. Öntészeti Szakosztály  
Ürmössy László Vaskohászati Szakosztály

**90. születésnapját ünnepli**

Farkas Ottó dr. Egyetemi Osztály  
Wéber Vilmos Fémkohászati Szakosztály  
Farkas Ottóné dr. Mayr Klára Egyetemi Osztály  
Fogta Béla Vaskohászati Szakosztály  
Hevesi Imre id. Vaskohászati Szakosztály

**85. születésnapját ünnepli**

Kiss László dr. Vaskohászati Szakosztály  
Vörös Árpádné Faragó Elza dr. Öntészeti Szakosztály  
Barták Imre Fémkohászati Szakosztály  
Csurbakova Tatjana dr. Fémkohászati Szakosztály  
Vörös Árpád dr. Öntészeti Szakosztály  
Drótos László Vaskohászati Szakosztály  
Cserhádi József Fémkohászati Szakosztály  
Kovács Jenő Vaskohászati Szakosztály  
Acsády István Fémkohászati Szakosztály

**80. születésnapját ünnepli**

Dénes Imre Vaskohászati Szakosztály  
Rábaközi István Fémkohászati Szakosztály  
Tardy Pál dr. Vaskohászati Szakosztály  
Huszich György Öntészeti Szakosztály  
Schudich Anna Fémkohászati Szakosztály  
Szepessy Andrásné Egyetemi Osztály  
Berke Miklós Fémkohászati Szakosztály  
Böröndy István Vaskohászati Szakosztály  
Börzsönyi László Fémkohászati Szakosztály  
Solt László Vaskohászati Szakosztály  
Nemes Ervin Fémkohászati Szakosztály  
Vajai László Fémkohászati Szakosztály  
Galauner Béla Fémkohászati Szakosztály  
Csúri István Vaskohászati Szakosztály  
Érsek István Fémkohászati Szakosztály  
Sitkei Dezső Öntészeti Szakosztály  
Valló Ferenc dr. Fémkohászati Szakosztály  
Buzgó Béla Öntészeti Szakosztály  
Vig József Öntészeti Szakosztály  
Pálos Attiláné Vaskohászati Szakosztály  
Puza Ferenc Fémkohászati Szakosztály  
Guttman György dr. Vaskohászati Szakosztály

Kovács Károly dr.

Vaskohászati Szakosztály

**75. születésnapját ünnepli**

Kreischer Károly Fémkohászati Szakosztály  
Vass Miklós Vaskohászati Szakosztály  
Roósz Andrásné Egyetemi Osztály  
Bokor Ferenc dr. Öntészeti Szakosztály  
Schmidt György Vaskohászati Szakosztály  
Sáfár László Vaskohászati Szakosztály  
Roósz András dr. Egyetemi Osztály  
Galambos Sándor Öntészeti Szakosztály  
Tóth Antal dr. Öntészeti Szakosztály  
Hercsik Ferenc Vaskohászati Szakosztály  
Molnár István Fémkohászati Szakosztály  
Domján Balázs Fémkohászati Szakosztály  
Szabó Lajos József dr. Fémkohászati Szakosztály  
Szécsényi József Fémkohászati Szakosztály  
Dánfy László Andor Fémkohászati Szakosztály  
Károly János Fémkohászati Szakosztály  
Radó András Fémkohászati Szakosztály  
Varga Lajos Vaskohászati Szakosztály  
Komjáthy István Fémkohászati Szakosztály  
Leitner László dr. Fémkohászati Szakosztály  
Tárkány Szűcs József Fémkohászati Szakosztály

**70. születésnapját ünnepli**

Dojcsák János dr. Fémkohászati Szakosztály  
Szatmári Elek Öntészeti Szakosztály  
Fadgyas Lóránt Fémkohászati Szakosztály  
Rajnai Kálmánné Fémkohászati Szakosztály  
Králik Gyula Vaskohászati Szakosztály  
Arros András Vaskohászati Szakosztály  
Részeg János Öntészeti Szakosztály  
Boross Péter Vaskohászati Szakosztály  
Gaganetz Barnabás Vaskohászati Szakosztály  
Munka László Fémkohászati Szakosztály  
Pomói Sándor Öntészeti Szakosztály  
Lócsy Lóránd Vaskohászati Szakosztály  
Kandó László Vaskohászati Szakosztály  
Laknemé Szabó Katalin Fémkohászati Szakosztály  
Gáncs Péter Fémkohászati Szakosztály  
Katkó Károly Öntészeti Szakosztály  
Szabó Éva Fémkohászati Szakosztály  
Bolyki László Vaskohászati Szakosztály  
Hári László dr. Vaskohászati Szakosztály  
Pál István Fémkohászati Szakosztály  
Pordán Zsigmond Öntészeti Szakosztály

**Felhívás 70. életévüket ebben az évben betöltő Tagtársainkhoz**

Tisztelt Tagtársunk!

Nagy öröm számunkra, hogy tagnyilvántartásunk szerint Ön ez évben ünnepli születésének 70. évfordulóját. Egyesületünk kedves hagyománya, hogy e kerek születési évfordulót ünneplő tagtársainkat a lap hasábjain köszöntjük. Ez ügyben kérem Önt, hogy – egyes szám harmadik személyben írt, max. 25 sor terjedelmű –

életrajzát és egy aktuális igazolványképet szíveskedjék a lap szerkesztőségének elküldeni lehetőleg **elektronikus formában a [bkl.kohaszat@gmail.com](mailto:bkl.kohaszat@gmail.com) címre, vagy postai úton a „BKL Kohászat szerkesztősége, 1051 Budapest, Október 6. utca 7.” címre.** Segítségét előre is köszönve további jó egészséget kívánok.

**Balázs Tamás**

# Túl a 90-en.

## Kovács László vasdiplomás kohómérnök, tiszteleti tagunk köszöntése

Kedves Laci bátyánk!

Nehéz szívvel írjuk e sorokat, mert idestova már egy éve kellett volna leadni a kéziratot a szerkesztőségnek. 2019 május idusán töltötöd be 90. életévedet, hál' istennek, korodnak megfelelő, jó egészségben. Akkoriban meg is látogattunk, mert mindketten szakmai életünk nagy ajándékának tartjuk, hogy megismerhettünk, éveken keresztül Melletted és Veled dolgozhattunk az egykori Vasipari Kutató Intézetben, majd az Öntödei Múzeumban, illetve évtizedekig az OMBKE Öntészeti Szakosztályában és a BKL Kohászati Lapok szerkesztőségében.

Életutadat a Tőled megszokott szerénységgel és összefogottsággal a következők szerint fogalmaztad meg a 80. születésnapod alkalmával.

„Kovács László Sopronban született 1929. május 15-én. A soproni egyetemen 1952-ben szerzett technológus kohómérnöki oklevelet. Ezután a meginduló öntőipari technikusképzésben tevékenykedett mint mérnök tanár Sopronban, majd Csepelen. 1962-től a Vasipari Kutató Intézetben tudományos főmunkatársként a vas- és acélöntvénygyártással kapcsolatos kutatással és fejlesztéssel foglalkozott, számos új berendezés és technológia bevezetésében vett részt. Igazságügyi szakértői tevékenységet is folytatott, közreműködött a szabványosításban. 1990-ben nyugdíjba vonult, ezután másfél évig az Öntödei Múzeum könyvtárosa volt.

Hazai és külföldi rendezvényeken, a Mérnök-továbbképző Intézetben számos előadást tartott. Hét könyv szerzője, illetve társszerzője. Hazai és külföldi folyóiratokban és periodikákban sok publikációja jelent meg, nyugdíjas korában elsősorban az öntészettörténettel foglalkozik.

Egyesületünknek 1950 óta tagja. Négy éven át az oktatási bizottságot vezette, részt vett több szakcsoport és bizottság munkájában. Közreműködött számos egyesületi rendezvény és az 1978. évi nemzetközi öntökongresszus szervezésében. 1974-től a BKL Öntöde segédszerkesztője, szerkesztője, majd főszerkesztője a lap megszűnéséig, 1991-ig. Ezután hét évig a BKL Kohászat öntészeti rovatának egyik vezetője volt. Egyesületi kiadványokat is szerkesztett, például az évenként megjelent Öntészeti Zsebkönyvet.

Szakmai és egyesületi munkája elismeréseképpen több minisztériumi és egyesületi kitüntetésben részesült, 1988-ban MTESZ-díjat kapott, 1991-től az OMBKE tiszteleti tagja.”

Tisztelt Tanítómesterünk!

Nem hiába kaptad az egyetemi társaktól a „Koponya” vulgót. Kérdéseivel bátran fordulhatott Hozzád egyetemi társ, majd később a technikai tanítvány, s a VASKUT-ban mi, fiatalabb kollégák. Igazi pedagógusalkat voltál és maradtál, a mai napig is türelemmel magyarázol annak, aki megkeres. A szakmai nyelv ápolásában is példamutató segítséget kapott a Lapok szerkesztősége, mert amíg velünk dolgoztál, nem volt szükség helyesírási segédletre, azt Te a fejedben hordod.



Az Öntödei Múzeum könyvtárának 4-5000 kötetes állományát szakmák szerint, igen jól kezelhetően úgy soroltad be, hogy azok a hagyományos katalogizálás szerint is elérhetőek lettek a kutatók részére.

Az Öntödei Múzeumi Füzetek kiadása is a Te ötleted volt, ebből 20 kötet jelent meg. Az általad írt, *Ganz Ábrahámról* szóló 16. és 18. füzetből azóta is sokat idéznek a mai kutatók és újságírók. *Katona Lajos* kohómérnök teljes életművének kutatásáért – akinek szobra a múzeumi panteonban áll – is hálásak vagyunk Neked.

Gyermekkori rajz- és festészeti tehetségednek köszönhetően nem véletlen, hogy sok-sok szakmai kiadványban saját készítésű rajzaid láthatók. Az Öntödei géptan könyvedet pl. négyszer is kiadták. A szakmai kiadványok lektorálásában is sok éven keresztül támaszkodhatott precíz munkádra a szakosztály.

Feleséged halála óta ugyan egyedül élsz Zuglóban, de két lányod és unokáid gyakori vendégek Nálad.

Szabadidődben régi kedvteléseidnek hódolhatsz, így a régitérkép-gyűjteményed darabjait böngészgeted, vagy a megkímélt állapotban őrzött lemezjátszódidon a rengeteg komolyzenei lemezed valamelyikét hallgatod.

Megcsodálhattuk a családi fényképalbumaidat is. Szép kivitelben, a kirándulások útvonalához kapcsolódó fotókkal, precíz rajzos és szöveges kiegészítésekkel vezetted ezeket gyerekkorodtól máig. Szívesen gondozod a növényeidet is.

Kedves Laci bátyánk!

Sokunk nevében kívánjuk, hogy még számos születésnapot éljél meg erőben, egészségben gyermekeid, unokáid örömeire, s még sokáig kereshessünk fel Téged, ha valamilyen kérdésben nem jutunk dűlőre.

Kérjük, nézd el nekünk, hogy ily megkésett levélkével köszöntünk kedvenc lapod hasábjain.

Jó szerencsét!

L. Kiss Katalin és Lengyel Károly

# Képek a Szent Koronáról

Melléklet a  
Fehér András: A magyar Szent Korona fémtani tulajdonságainak értékelése  
c. cikkhez



Pantokrátor Krisztus a korona elején és a kinagyított kép



A korona felülnézeti képe



A kő foglalatát körül láthatók az alakítás nyomai