

TÓTH JUDIT – DIÓSZEGI ATTILA – TÓTH LEVENTE – SVIDRÓ JÓZSEF TAMÁS

Öntödei formázókeverékek hőfizikai tulajdonságainak vizsgálata

Az utóbbi években az öntvények minőségével szemben támasztott követelményekkel együtt szükségszerűen a formázóanyagok szerepe is jelentősen megnőtt az öntészetben. A formákat és magokat alkotó homokkeverékek hőfizikai tulajdonságainak ismerete elengedhetetlen az öntvénygyártási folyamatok tervezéséhez és közben tartásához. A Fourier-féle termikus analízis módszerének innovatív alkalmazásával új jellemzőket határoztunk meg a különböző kötőanyag tartalmú keverékek lebomlási és hőelnyelési folyamataira vonatkozóan.

Bevezetés

A formázókeverékek három fő alkotóból állnak: szemcsés tűzálló mátrixból, kötőanyagból és adalékanyagokból. Együtt kompozitot alkotnak, amelyben az olvadékkal való érintkezés miatt rendkívül összetett folyamatok zajlanak le. A nagy hőmérséklet hatására a kötő- és adalékanyagok lebomlanak, ami különböző összetételű és mennyiségű gáz keletkezésével jár. Számos öntvényhiba köthető ezekhez a felszabaduló gázokhoz, továbbá a forma/fém határfelületen lejátszódó jelenségekhez. A „tökéletes” öntvény előállításához rendkívül fontos ismerni – többek között – a formák és magok viselkedését, valamint az ezeket alkotó egyes komponensek termikus tulajdonságait. Emiatt elen-

gedhetetlen a folyamatok legapróbb részletekig történő közben tartása, amely a jelenleg elérhető öntészet-technológiai tudományos ismeretanyag alkalmazásával csak részben valósítható meg. E cél érdekében (az öntvénygyártási eljárások napról napra történő korszerűsödése mellett) szükség van a tudományos eszközök folyamatos fejlődésére is.

A formázóanyagok különböző termikus és mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára számos mérési módszer áll rendelkezésre, továbbá léteznek olyan eszközök is, amelyekkel laboratóriumi körülmények között megmérhetők a formák/magok hőfizikai tulajdonságai is. Célunk azonban egy olyan módszer kifejlesztése volt, amellyel valós öntési körülmények között vizsgálhatjuk az olvadékkal

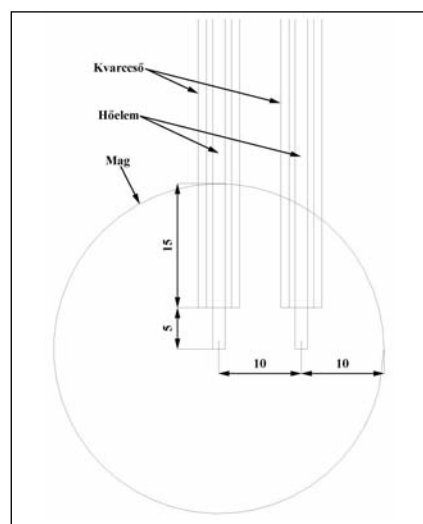
érintkező keverékekben lejárló folyamatokat. A termikus analízist széleskörűen használják gyártásközi ellenőrzésként a kémiai összetétel, valamint a mikrostruktúra vizsgálatára. Kutatási szempontból a lehülési görbék vizsgálatán alapuló eljárás hasznos eszköz az olvadékból szilárd halmazállapotba történő átalakulások során lejátszódó hőtani folyamatok értelmezésében is. Az így kapott eredmények alapján minőségileg és mennyiségileg is jellemezhetjük a kristályosodási folyamatokat [1–4]. Ezt az elterjedt mérési módszert alkalmaztuk innovatív módon a formázóanyagok vizsgálatára. A hőmérsékletmérést a magban végeztük, miközben olvadékba merítettük. A kísérlet során nem a felszabaduló, hanem a formázóanyag által elnyelt hő tanulmányoztuk, amely információt nyújt a formázó- és maghomokkeverék lebomlási folyamatairól. A módszer segítségével eddig nem ismert hőfizikai tulajdonságokat határoztunk meg a vizsgált keverékekre vonatkozóan.

Tóth Judit 2011-ben öntész szakirányos MSc kohómérnöki diplomát szerzett a Miskolci Egyetemen. 2011-től a Kerpely Antal Anyagtudományok- és technológiák Doktori Iskola hallgatója volt, 2015 augusztusában abszolutóriumot szerzett. Kutatási témája az öntödei homokok termikus és hőfizikai tulajdonságainak vizsgálata.

Dr. Diószegi Attila a Jönköpingsi Egyetem öntészet-technológia professzora, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára. Kutatási területe vasótvözetek öntészet-technológiája, öntvényhibák, öntési jelenségek modellezése és szimulációja. A Kerpely Antal Anyagtudományok- és technológiák Doktori Iskola, a Stockholmi Műszaki Egyetem Anyagtudományi karának Doktori Iskolája valamint a Jönköpingsi Egyetem Műszaki Karán működő Doktori Iskola témavezetője.

Dr. Tóth Levente szakmai életrajza a Kohászat 2014/1. számában található.

Dr. Svidró József Tamás 2008-ban végzett öntész szakirányos okleveles kohómérnöként a Miskolci Egyetemen. 2011-ben PhD-fokozatot szerzett transzportfolyamatok a fém/formázóanyag határfelületen témakörből. Jelenleg a Jönköpingsi Egyetem adjunktusa, kutatási területe az öntödei formázókeverékek lebomlási, valamint gázfelszabadulással járó folyamatainak vizsgálata.



1. ábra. A mérési elrendezés vázlata

1. táblázat. A vizsgált formázókeverékek és próbatestek jellemzői

Kötőanyag-rendszer	Keverék összetétele
Epoxigyanta + SO ₂	2% epoxigyanta + 0,2% kumén-hidrogén-peroxid
Hot-box karbamid-furángyanta	2% karbamid-furángyanta + 0,33% térhálósító adalék

Mérési módszer

A kísérletek során kifejezetten ehhez a vizsgálathoz tervezett, 40 mm átmérőjű, gömb alakú próbatesteket vizsgáltunk. A hőmérsékletmérést két pontban, a gömb középpontjában és a felületéhez közel végeztük, miközben a magokat 680±10 °C-os alumíniumolvadékba merítettük. Az adatokat a hőmérsékletek kiegyenlítődé-
ig rögzítettük. A pontos mérési elrendezés az 1. ábrán látható. A hőelemeket 5 mm külső átmérőjű és 1 mm falvastagságú kvarcsövek védték az olvadéktól, amelyek a keletkező gázok elvezetését is biztosították. Az öntés során a formázó- és maghomokkeverékekből felszabaduló gáz mennyiségének mérési lehetőségeiről, illetve az eredményekről korábbi szerzők munkájában található bővebb információ [5, 6].

Kétféle, az öntészeti gyakorlatban széleskörűen elterjedt műgyanta kötésű formázókeveréket vizsgáltunk meg, egy epoxigyantás és egy hot-box-eljáráshoz használatos karba-

mid-furángyantás (1. táblázat). A keverékek kötőanyagtartalma és alaphomokja (0,23 mm közepes szemcsenyag-ságú, három fő frakcióból álló öntődei kvarchomok) azonos volt. A vizsgált keverékek összetételét a 2. táblázat tartalmazza. A minta nedvességtartalma nagy mértékben befolyásolja a hőelnyelési értékeket, ezért a kísérlet előtt a próbatesteket 105 °C-on, 2 órán keresztül szárítottuk és exszikkátorban hagytuk lehűlni.

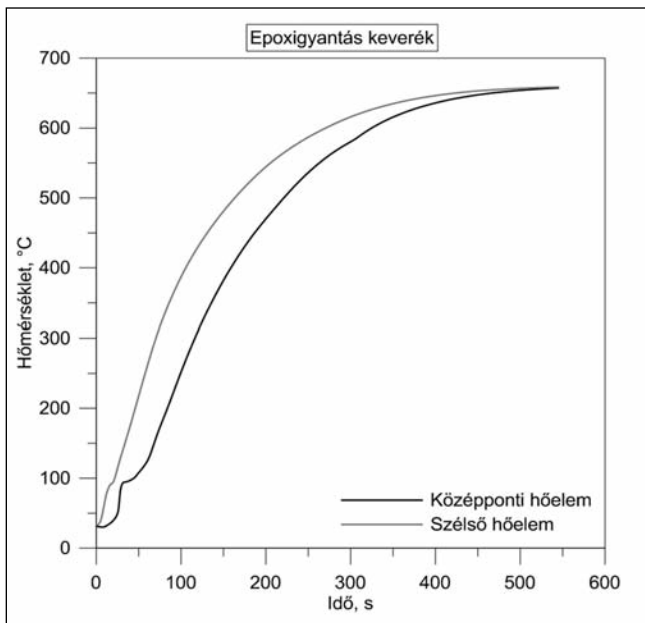
A hőmérsékletmérés eredményei

A vizsgálatok elsődleges eredményei a két mérési pontban regisztrált felhevülési görbék az idő függvényében (2. és 3. ábra), melyek karakterisztikájában jelentős eltérések tapasztalhatók. Bizonyos hőmérsékleteken, pl. 100 és 575 °C körül hőelnyeléssel járó folyamatok figyelhetők meg, főként a középpontban mért görbékén. A felmelegedési sebesség változásai jól láthatóak a 4. és 5. ábrákon a görbék idő szerinti deriváltjain a hőmérséklet függvényében. A negatív csúcsok endoterm folyamatokra utalnak, mint pl. a nedvességtartalom elpárolgására és a kvarc allotróp átalakulására. A magasabb hőmérsékleteken (100 °C felett) látható további csú-

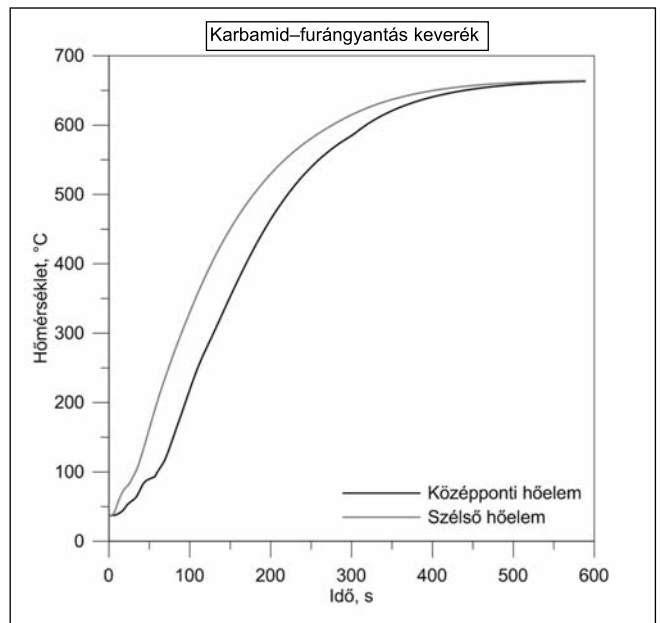
cokat a kötőanyagrendszer bomlása okozza, mely láthatóan nem azonos hőmérséklettartományba esik.

Fourier-féle termikus analízis

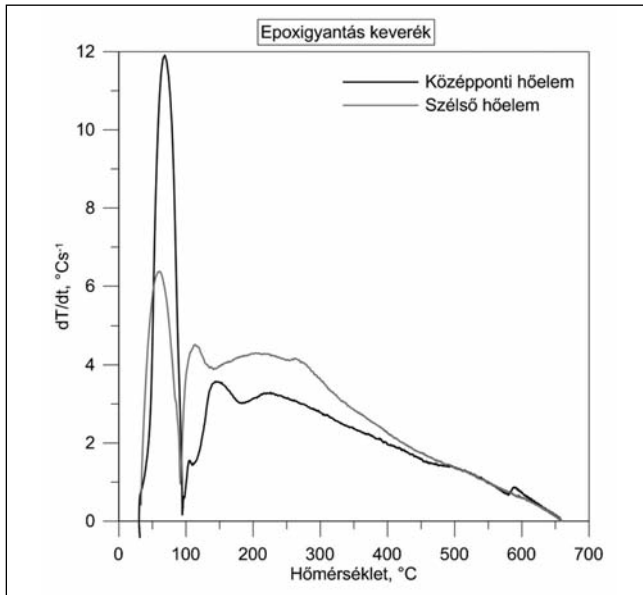
A Fourier-féle termikus analízis olyan, legalább két ponton történő hőmérsékletmérésen alapuló vizsgálati módszer, amely alkalmas az olvadékok és a felszabaduló látens hő elemzésére. Jelen munkánk során azonban formázóanyagok esetén alkalmaztuk az elnyelt hő mennyiségének tanulmányozására. A hővezetés alapegyenletéből kiindulva, az összefüggésekkel iteratív módon számolva meghatároztuk a keverékek által elnyelt teljes hőmennyiség értékét, a hőelnyelés intenzitását és az elnyelt hő mennyiségének részarányát is. A számítás menete korábbi szerzők munkájában található meg [7]. Az elnyelt hőmennyiség tartalmazza a próbatest felhevítéséhez, a kötőanyagrendszer lebomlásához, a kötött nedvességtartalom, illetve kristályvíz elpárolgásához és a kvarchomok átalakulásához szükséges energiát is. A vizsgált keverékekre vonatkozó pontos eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. Az epoxigyantás mag által elnyelt hő mennyisége kb. 15%-kal nagyobb, mint a karbamid-furángyanta kötésű magé. A nagyobb hőelnyelő képességű formák/magok nagyobb hűtőhatást gyakorolnak az



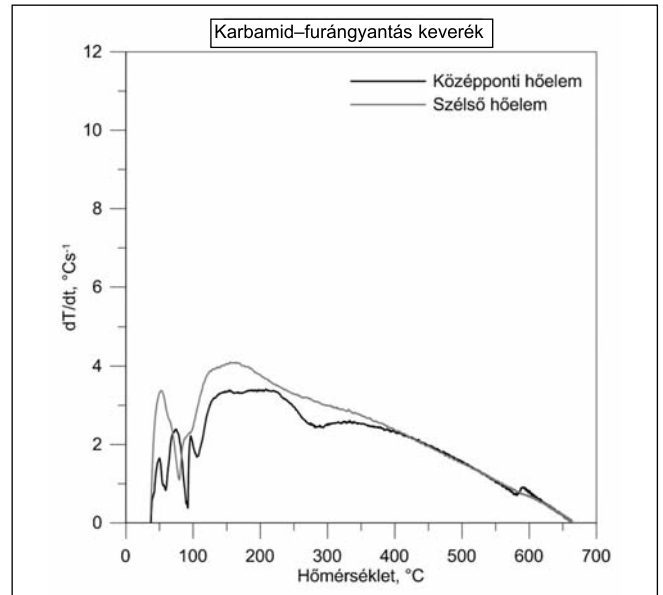
2. ábra. Az epoxigyantás próbatest felhevülési görbéi a próbatest középpontjában és felületénél



3. ábra. A karbamid-furángyantás próbatest felhevülési görbéi a próbatest középpontjában és felületénél



■ 4. ábra. Az epoxigyantás próbatétel felhevülési sebessége a próbatétel középpontjában és felületénél



■ 5. ábra. A karbamid-furángyantás próbatétel felhevülési sebessége a próbatétel középpontjában és felületénél

öntvényre, ezáltal gyorsítják a dermedési folyamatot. A formatöltést követően kialakuló öntvényfelületi réteg (az ún. „öntvénybőr”) megakadályozza a formázókeverék kötőanyagtartalmának lebomlása során felszabaduló gázok betörését az olvadékba, továbbá az egyéb, kezdeti időintervallumban kialakuló felületi öntvényhibák megjelenését.

A hőelvonás mértékének hőmérséklet szerinti eloszlását mutatja be a 6. ábra. A görbe függőlegeshez közelítő szakaszai azt jelentik, hogy az elnyelt hő mennyisége közel állandó

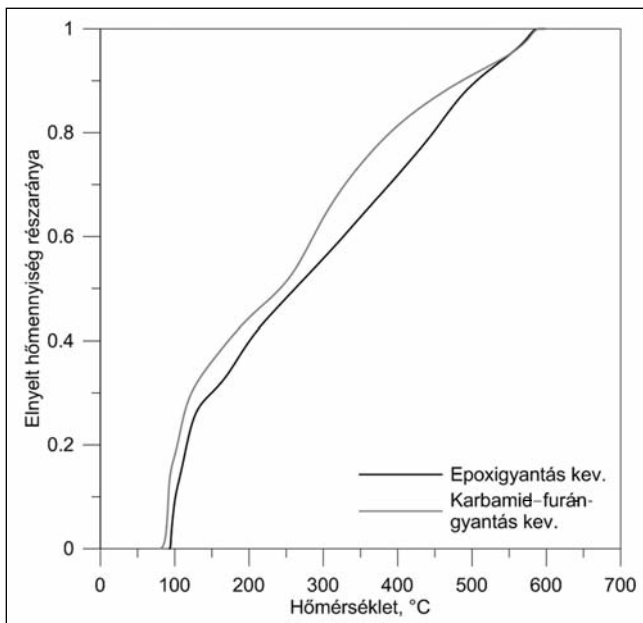
2. táblázat: A vizsgált keverékek által elnyelt hőmennyiség értékei

Minta	Teljes elnyelt hőmennyiség, kJ/kg
Epoxigyantás	215
Karbamid-furángyantás	187

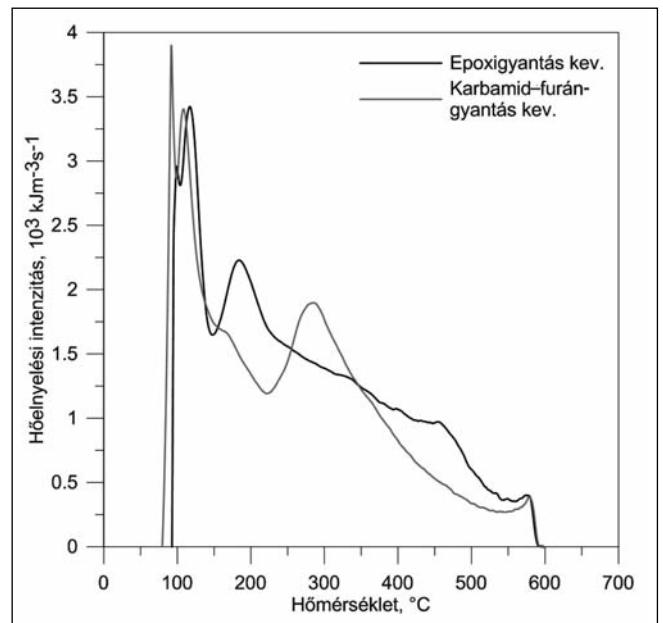
hőmérséklet mellett nő. Ez 100 $^{\circ}\text{C}$ környékén a nedvességtartalom elpárolgását, 573 $^{\circ}\text{C}$ -on a kvarc allotróp átalakulását, a 110–550 $^{\circ}\text{C}$ -os tartományban pedig a kötőanyagrendszer bomlási folyamatait jelöli. Az elnyelt

hőmennyiség részarányának segítségével nemcsak a kötőanyagrendszer lebomlási karakterisztikája tanulmányozható, hanem a keverékekhez tartozó pontos értékek ismeretében az egyes hőmérséklet-intervallumokban végbemenő endoterm folyamatok hőelvonó hatása is megbecsülhető.

A hőelnyelés intenzitása a hőmérséklet függvényében a vizsgált keverékek esetén a 7. ábrán látható. A görbék maximumai endoterm folyamatokat jelölnek, amelyek során hirtelen nő meg a hőelvonás sebessége. Ezen a diagramon még inkább megfigyelhe-



■ 6. ábra. A vizsgált keverékek által elnyelt hőmennyiség részaránya a hőmérséklet függvényében



■ 7. ábra. A vizsgált keverékek hőelnyelési intenzitása a hőmérséklet függvényében

tő, hogy a kezdeti, kb. 100 °C-nál látható csúcs után az epoxigyanta lebomlása több lépcsőben zajlik. A hőelvonás-intenzitási görbéknek epoxigyantás keverék esetén kb. 200 °C és kb. 460 °C körül is maximuma van, szemben a karbamid–fűrangingyántás keverékekkel, melynél határozottan más hőmérséklet-tartományban történik intenzív hőfelvétel, kb. 170 °C-on és kb. 270 °C-on. A két kötőanyagrendszer tehát az olvadékkal érintkezve teljesen eltérő módon viselkedik. Ez nemcsak azt befolyásolja, hogy kb. milyen hőmérsékleten fejt ki legintenzívebben az adott keverék az olvadéokra gyakorolt hűtő hatását, hanem azt is, hogy mikor lesz a legintenzívebb a gázképződés.

Összefoglalás

Munkánk során a hőmérsékletmérések alapján végzett termikus analízis újszerű alkalmazásával sikeresen meghatároztuk két, az öntészeti gyakorlatban használt műgyantakötésű formázókeverék eddig nem ismert hőfizikai tulajdonságait. Kiszámítottuk a keverék által elnyelt teljes hő mennyiségét, valamint az elnyelt hőmennyiség részarányát és a hőelvonás intenzitását a próbatest geometriai középpontjában rögzített hőmérséklet függvényében. Megállapítottuk, hogy a két vizsgált kötőanyagrendszer lebomlási karakterisztikája lényegesen eltérő, a kiegészítő folyamattal együtt járó endoterm reakciók különböző maghőmérsékleteken játszód-

nak le az epoxigyantás és a karbamid–fűrangingyántás keverékek esetében. Ennek megfelelően a magok hűtőhatása is speciális hőmérsékleteken és hőmérséklet-tartományokban fog érvényesülni, amely jelentősen befolyásolhatja az öntvények dermedését, illetve az öntvényhibák kialakulását. Ezáltal az eredmények nemcsak az öntés során a formázókeverékekben lezajló folyamatok részletesebb megértéséhez járulnak hozzá, hanem információval szolgálnak az olvadéokra gyakorolt hatások előrejelzésében is. Az egyes formázókeverékek hőelnyelő képességének ismerete például elősegítheti a számítógépes szimulációs és tervezési folyamatot, pontosabb bemenő adatokat szolgáltatva a formázókeverék hőfizikai tulajdonságaira vonatkozóan.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott munkát a Swedish Knowledge Foundation, valamint a Campus Hungary Program támogatta. A kutatásban részt vett a Jönköping University, a Scania CV AB és a Volvo Powertrain Production Gjuteriet AB.

Irodalom

[1] A. Diószegi, I. L. Svensson: Interpretation of Solidification by Thermal Analysis of Cooling Rate, Transactions of the Indian Institute of Metals, vol. 8. No.4. August 2005. old. 611–616.

- [2] S. Stan, M. Chisamera, I. Riposan, M. Barstow: Application of thermal analysis to monitor the quality of hypoeutectic cast irons during solidification in sand and metal moulds, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012; 110:1185–1192.
- [3] Frás E., Kapturkiewicz W., Burbielko A., Lopez H. F.: Numerical simulation and Fourier thermal analysis of solidification kinetics in high carbon Fe–C Alloys. AFS Trans. 1997;28:115–23.
- [4] Emadi D., Whiting LV., Djurdjevic M., Kierkus WT, Sokolowski J.: Comparison of Newtonian and Fourier thermal analysis techniques for calculation of latent heat and solid fraction of aluminium alloys, J Metall. 2004;2:10.
- [5] N. Aas, T. V. Lokken, A. O. Fredheim: TG Evolved Gas Analysis Using ATD Sample Tubes, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2001;64:393–401.
- [6] L. Winardi, R. D. Griffin, H. E. Littleton, J. A. Griffin: Variables Affecting Gas Evolution Rates and Volumes from Cores in Contact with Molten Metal, AFS Transactions, 2008.
- [7] J. T. Svidró, A. Diószegi, J. Tóth: The novel application of Fourier thermal analysis in foundry technologies, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Volume 115, Issue 1, January 2014. old. 331–338.

■ MÖSZ-HÍR

A szakmánk él és fejlődik 2.0!

A Magyar Öntészeti Szövetség (MÖSZ) és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) Öntészeti Szakosztálya szervezésében és lebonyolításában, 2015. október 9–11-én ismét Herceghalmon, a Hotel Abacusban zajlott le magyar és angol nyelven a 23. Magyar Öntőnapok.

Az öntőnapokról szóló tudósítás címét két évvel ez előtt is így fogalmaztuk meg, de az ideai „nagyrendezvényünk” már egy újabb fokozatot

(mondhatjuk a 2.0 verziót) jelentett...

Fontos előrebozsítani, hogy megnyugtató helyzetben van a hazai öntődék többsége, számos társaság szinte szárnyal, erőteljesen képes adottságait fejleszteni, ami különösen örvendetes, nem csak a fémöntészetben, de a vasöntészetben is. Ez a megállapítás megalapozott adatokon alapul, amit az előző, 22. öntőnapok adataihoz (zárójelben) hasonlítva is érzékelhetünk:

Előadások száma: 38 (35)
Plenáris előadások száma: 4 (4)

Diákok által tartott előadások száma: 9 (9)

Cégismertető előadások száma: 9 (7)

Kiállítók száma: 8 (7)

Támogatók száma: 17 (15)

A középiskolások száma: 118 (67)

Üzemlátogatáson résztvevők száma: 102 (71)

A regisztrált résztvevők száma 248 volt, ebből 29 külföldi, míg két évvel ezelőtt ez a szám 205 volt. A konferencián 104 cég képviselője jelent