

## A szerszámhőmérsékleti viszonyok hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira

**A nyomásos öntvények minőségét több tényező együttesen befolyásolja, ezek között jelentős a szerepe az olvadék- és szerszámhőmérsékleti viszonyoknak. A dolgozat az olvadék- és a szerszámhőmérséklet mérésére kifejlesztett adatgyűjtő rendszert, a változó körülmények között kialakuló hőmérséklet-viszonyok mérési eredményeit mutatja be. A hőmérséklet-viszonyok és az öntvénytulajdonságok közötti kapcsolat elemzése a kísérleti öntvények szerkezetvizsgálata alapján történt.**

### A szerszámhőmérséklet változásának mérése, felügyelete

A Miskolci Egyetem öntészeti kutatócsoportja, az 1994-ben lezárult hároméves Tempus oktatásfejlesztési projektet követően, a nyomásos öntészet területén kezdett kutatásokat, fejlesztő munkákat. Kutatási tevékenységünk kiemelt területe a hőtechnikai viszonyok vizsgálata, az olvadék- és szerszámhőmérséklet mérése, a hűtőkörök által elvezetett hőmennyiség meghatározása, és az öntészeti szimuláció alkalmazása. A kutatásokban a tanszéki oktatók irányításával részt vesznek a diplomatervező és a doktorandusz-hallgatók is. A kutatómunka szakmai és pénzügyi feltételeit az ARGE Metallguss

Aalen kutatóhellyel és a hazai nyomásos öntödékkel kialakított kutatási együttműködés biztosítja. Bekapcsolódtunk a FÉMALK Zrt. partnereként egy, a nyomásos magnéziumöntvények területén folyó nemzetközi kutatási programba, valamint kooperációs kutatási együttműködés keretében folyó vizsgálatokba.

A nyomásos öntvények gyártásánál az öntőgéphez tartozó mérés technikai rendszerek elsősorban a gépbeállítási paraméterek felügyeletét látják el, ehhez képest a hőmérséklet-viszonyok mérési feladatai háttérbe szorulnak és csak egyedül kísérletek keretében foglalkoznak vele.

A dolgozatunk célja a szerszámhőmérséklet-viszonyok jelentőségének és az ezzel összefüggő hibajelenségeknek a be-

mutatása. A méréseket és az öntvényhibavizsgálatokat a kooperációs kutatási együttműködés keretében végeztük a partner öntödékkel, dolgozatunk a többéves vizsgálataink és tapasztalataink kivonatosszerű összefoglalása.

A nyomásosöntvény-gyártás hőmérsékleti viszonyairól fontos információkhoz juthatunk a szerszámban elhelyezett hőelemmel mért hőmérséklet vizsgálata alapján. A hőmérsékleti viszonyok befolyásolják az öntvény minőségét, a szerszám élettartamát, és a termelékenységet [1]. A szerszámban mért hőmérséklet folyamatos regisztrációjával és kiértékelésével összefüggések határozhatók meg a hőtechnikai adatok, a ciklusidő és az öntvényminőség között [2]. Az olvadék hőmérsékletének mérésére kialakított rendszer alkalmas a szerszám hőmérsékletének mérésére is. Ehhez a hőelemmodulok szabad bemerítése kell kapcsolni a szerszámba beépített hőelem termofeszültség jelét [3].

Az adatgyűjtést és kiértékelést az Adventech cég Genie-rendszerben kifejlesztett programunkkal végeztük. A program a képernyőn kijelzi a pillanatnyi hőmérsékletet, a ciklusidőt, valamint egy adatvizsgálat alapján meghatározott ciklushoz tartozó legkisebb és legnagyobb hőmérsékletet. Ezeket az adatokat a dátum és a mérés időpontjának adataival együtt egy külön fájlban mentjük el. A szerszámhőmérséklet-mérés kijelzése a képernyőn az 1. ábrán látható. A diagramon megfigyelhető a szerszám hőmérsékletének periodikus változása a formatöltést követő felmelegedés, majd a megszilárdulás utáni lehűlés hatására.

A formatöltést követően kialakuló felmelegedés a szerszámba bevitt hőmennyiség nagyságával hozható kapcsolatba. A lehűlés közben kialakuló hőmérsékletcsökkenés a szerszámból kivett hőmennyiséggel arányos. A bevitt és kivett hőmennyiségek egyensúlyi viszonyai között a szerszám hőmérsékletének változási tartománya hozzávetőlegesen állandó. A 2. ábrán látható a szerszámban mért hőmér-

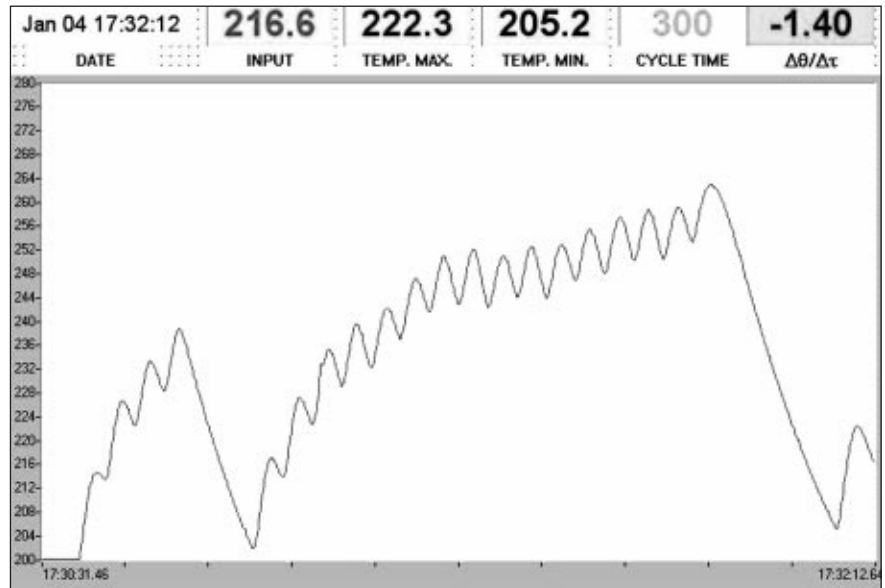
**Dr. Dúl Jenő** 1971-ben diplomázott a miskolci NME Kohómérnöki Karán. 1987-ben megszerezte a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot, 1989-től egyetemi docens, 2006-tól a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék vezetője. Fő kutatási területei: az öntöttvas metallurgiai tulajdonságainak vizsgálata, a könnyűfémek öntészeti technológiái, öntészeti szimuláció alkalmazása. 1990-től a Német Öntők Egyesületének (VDG) tagja, 2001-től tagja az MTA metallurgiai bizottságának, 2006-tól az MTA MAB Kohászati szakbizottságának titkára. 1970 óta tagja egyesületünknek, 2000-2007 között az Egyetemi Osztály elnöke volt.

**Szabó Richárd** 1996-ban végzett a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán, öntő szakirányon. 2001-ben felvételt nyert a Kerpely Antal Anyagtudományok és technológiák Doktori Iskolába, a nyomásos öntőszerszám hőháztartásának vizsgálata és dermedésének szimulációja témában, ahol 2006-ban abszolutóriumot szerzett. 1996-tól a Prec-Cast Kft.-nél, 1998-tól a Fémalk Kft.-nél dolgozott, majd 2000-től a Prec-Cast Kft. nyomásos alumíniumöntödéjében a konstrukciós osztály és az öntöde vezetője volt, 2005-től a Kft. műszaki vezetője. 1996-tól tagja egyesületünknek, 2003 óta a sátoraljaúj helyi csoport vezetője.

**Simcsák Attila** 2002-ben végzett a Miskolci Egyetem Anyag- és Kohómérnöki Karán, öntő szakirányon, automatika ágazaton. Végzése után felvételt nyert a Kerpely Antal Anyagtudományok és technológiák Doktori Iskolába a nyomásos öntvények gyártási- és gépparamétereinek hatása az öntvények tulajdonságaira témával, ahol 2007-ben abszolutóriumot szerzett. 2003-tól a ráckevei Dr. Köcher Kft. nyomásos alumíniumöntödéjének üzemvezetője. 2001 óta tagja egyesületünknek.

séklet változása a sorozatgyártás közben. A szerszám hőmérséklete az öntvény/forma határfelülettől mért távolságtól függően eltérő. A 3. ábrán az álló szerszámfélben a felülettől 2 mm (Álló-2mm), 4 mm (Álló-4mm) és 6 mm (Álló-6mm), továbbá a mozgó szerszámfélben a felülettől 2 mm (Mozgó-2mm) távolságra elhelyezett hőelemekkel mért hőmérsékletváltozást mutatjuk be. A 2. és 3. ábrán látható a dugattyú útjának időbeli változása is, amely egyúttal a szerszám összezárt állapotának időtartamáról is tájékoztat.

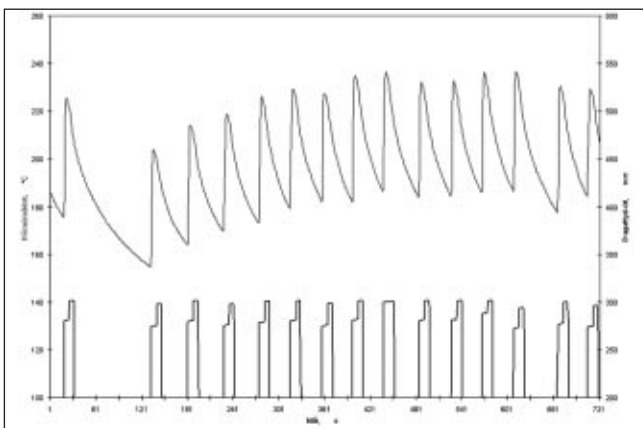
A szerszámban mért hőmérséklet változása a befolyásoló tényezők hatását együttesen mutatja. A mérési eredmények összefüggenek az olvadék hőmérsékletének változásával, a hűtőkörök működésével, a leválasztóanyag hatására elvont hőmennyiséggel, továbbá a ciklusidő állandóságát befolyásoló zavaró tényezőkkel. A szerszámhőmérséklet és a ciklusidő közötti kapcsolatot mutatja a 4. ábra. Folyamatos üzemelés közben az ábrán bemutatott 2. ciklus idejét az öntvény kidobása



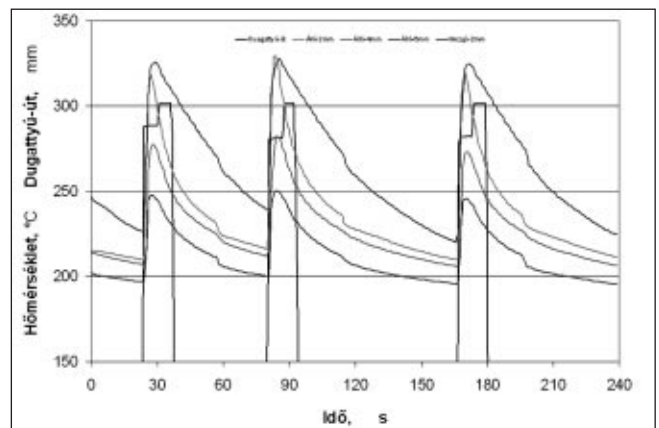
■ 1. ábra. A képernyő kijelzése a szerszám hőmérsékletének mérése közben

után további 1., 2., 3. és 5. ciklus idejével meghosszabbítottuk, a következő ciklust ennek megfelelő állásidő után indítottuk. A ciklusidő növelésének hatására jelentő-

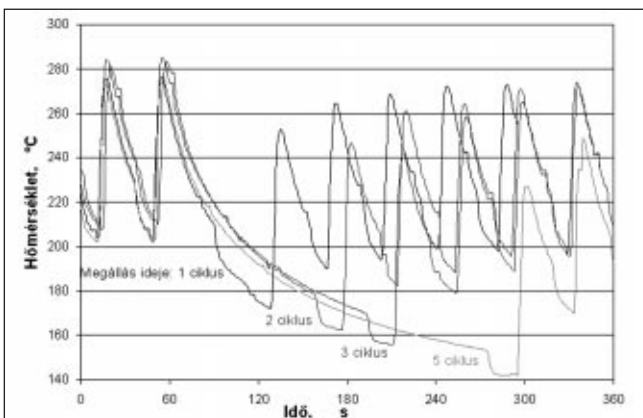
sen csökkent a megállást követő ciklushoz tartozó minimális szerszámhőmérséklet. A hőegyensúly a további folyamatos gyártás során a 4–7. ciklus után alakul ki.



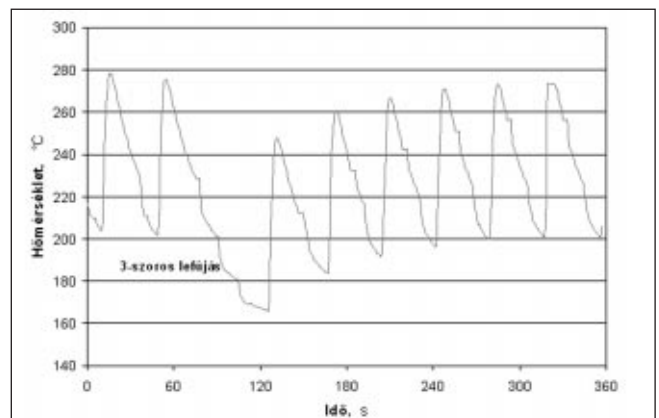
■ 2. ábra. A szerszámban mért hőmérséklet változása öntvénygyártás közben



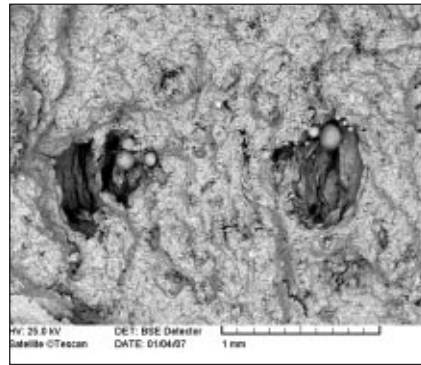
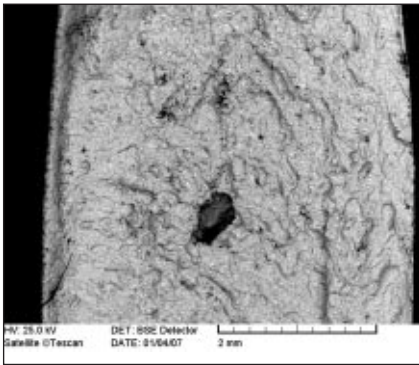
■ 3. ábra. A szerszám hőmérsékletének változása az öntvényfelülettől mért különböző távolságban



■ 4. ábra. A szerszámban mért hőmérséklet változása a ciklusidő változtatásának hatására



■ 5. ábra. A szerszám hőmérsékletének változása a leválasztóanyag ismételt felszórásának hatására



■ **6. ábra.** Az optimálisnál nagyobb fém- és szerszámhőmérséklettel gyártott öntvény törési felülete

A leválasztóanyag mennyiségének növelésére bekövetkező változást az 5. ábra mutatja. Az üzemi előírásához képest, további két lefűtés hatására, a ciklusidő megnyújtásához hasonló hőmérséklet-eltérés alakult ki.

A bemutatott rendszer alkalmas arra, hogy a technológiai tényezők befolyását és a zavaró körülmények hatását gyártás közben valós időben érzékeljék és értékeljék, a mért adatok alapján az öntvény optimális gyártási paramétereit meghatározzák, és azok betartását megvalósítják.

### Nyomásos öntvények anyagszerkezetének vizsgálata

A nyomásos öntési technológia jellemzője a rendkívül rövid formatöltési idő (a falvastagságtól függően 0,01–0,05 s), az ebből adódó nagy fémáramlási sebesség a beömlőrendszerben és a formaüregben (a megvágásban 20–60 m/s), valamint a nagy nyomás megszilárdulás közben (hidrogénkamrák eljárásnál 500–1500 bar).

A rövid öntési idő és a nagy áramlási sebesség miatt a formaüregben lévő levegő eltávolítására alig van lehetőség, annak jelentős részét a folyékony fém magába zárja. Megszilárdulás közben a fémre ható nagy nyomás a levegőbezáródások összenyomá-

sához szükséges. A fentiekből eredően a nyomásos öntéssel gyártott öntvények belső szerkezete inhomogén, benne összepréselt levegőbezáródások, az utántáplálás hiánya miatti zsugorodás okozta szívódási üregek, porozitás és idegen anyagok (nem-fémes zárványok) találhatók.

Az összepréselt levegőbezáródások belső felületére nagy nyomás hat, ezáltal azok környezete jelentős nagyságú nyomófeszültséggel terhelt. A levegőbezáródások környezetét feszültséggócoknak kell tekinteni, ahol a fémes anyag kristályrácsa erősen torzult, ami az alakíthatóságot akadályozza. Ezért a hagyományos öntési technológiával gyártott nyomásos öntvények anyaga rideg és törékeny, képlékenyalakításra, hőkezelésre, hegesztésre nem alkalmas.

A nyomásos öntvények felhasználónál tapasztalt hibái legtöbbször az inhomogenitásokból erednek. A fém- és szerszámhőmérsékleti viszonyok nagymértékben befolyásolják a nyomásos öntvények inhomogenitását.

Az inhomogenitás az öntvény törésfelületén sztereo- és raszter-elektronmikroszkóppal jól megfigyelhető. Az eltérő hőmérsékleti viszonyok hatását a törésfelületen található inhomogenitások kialakulására a 6. és 7. ábra mutatja.

Az optimálisnál nagyobb fém- és szerszámhőmérséklet mellett gyártott öntvények törési felületére jellemző, hogy a szerszámmal érintkező külső, vékony kéreg hibamentes, az inhomogenitás nagy mennyiségben a belső részen található (6. ábra).

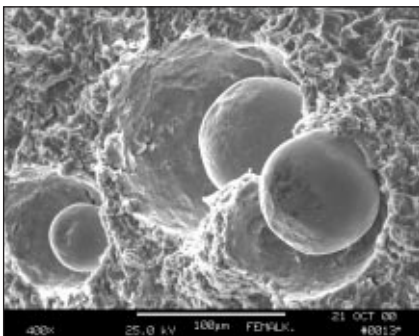
A töretfelületen található üregekben gyakran gömb alakú cseppek figyelhetők meg. Egy nyomásos öntvény törési felületén található csepp alakú képződmények raszter-elektronmikroszkóppal készített jellegzetes képe a 7. ábrán látható.

Az optimálisnál kisebb fém- és szerszámhőmérséklet mellett gyártott öntvények törési felületére jellemző, hogy a külső, hibamentes kéreg törete alig különbözik az öntvény belső részének töretétől, benne szívódási és zsugorodási porozitás, csepp alakú képződmények és oxidos üregek nem találhatók (8.a ábra). Az ilyen viszonyok között gyártott öntvények tönkremenetelének gyakori oka a törés, melynek kiváltója minden valószínűség szerint a törésfelületen található éles bemetszés (8.b ábra).

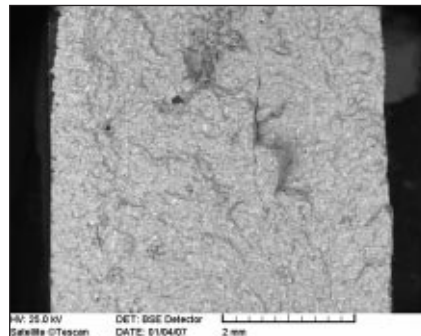
A bemetszés felületén oxidhártya található, mely elválasztja a vele érintkező fémes szövetrészeket egymástól. A hártya mentén az öntvényrész jelentős terhelés nélkül is különválik. A bemetszés mentén a fémes szövet finomabb szemcsézetű, mint a távolabb lévő részekben.

A folytonossági hiba kialakulásának valószínűsíthető oka az, hogy a formatöltés előtt a fém a beömlőrendszerben a szerszám felületén vékony rétegben megszilárdul, majd ez a kéreg a formatöltés közben kialakuló nagyobb áramlási sebesség hatására a felületről leválik és elsodoródik, bekeveredik a folyékony fémbe.

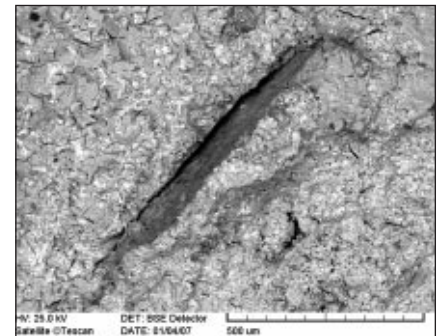
A szerszámüreg felületén is kialakulhat egy vékony, megszilárdult réteg, ha a szerszám helyi hőmérsékletviszonyai és a

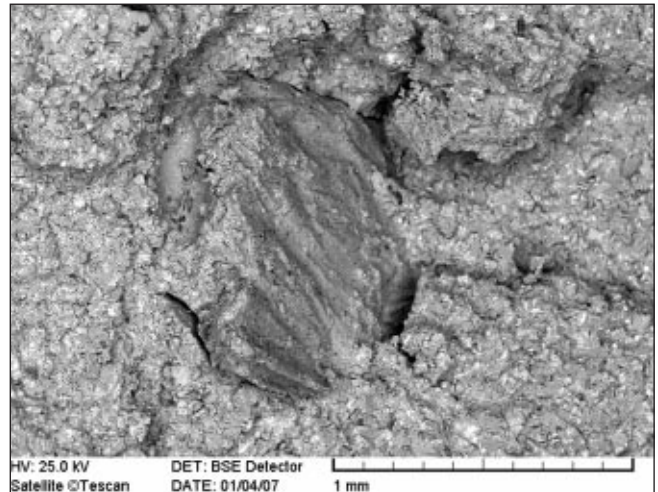
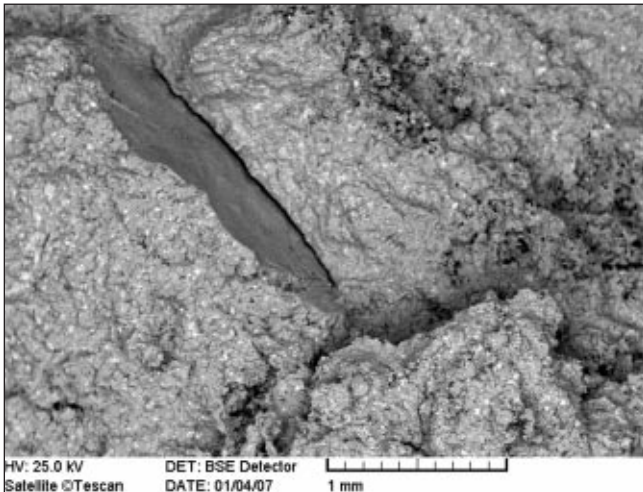


■ **7. ábra.** Cseppképződmény jellegzetes képe egy nyomásos öntvény törési felületén

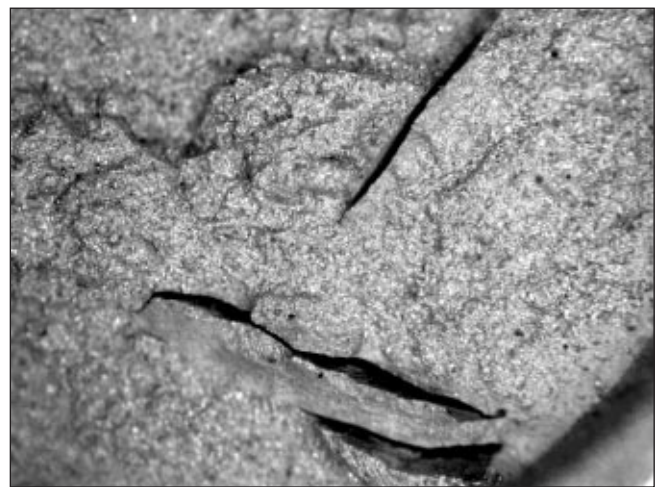
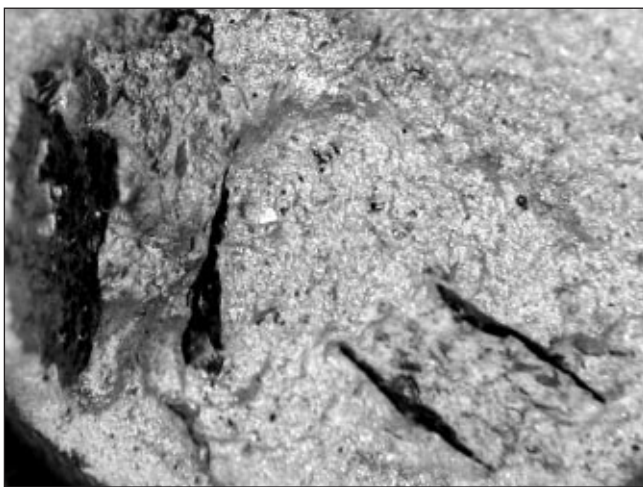


■ **8. ábra.** Az optimálisnál kisebb fém- és szerszámhőmérséklettel gyártott öntvény jellegzetes törési felülete





■ **9. ábra.** Az öntvény közepére besodort, korábban máshol megszilárdult részek rászter-elektronmikroszkópos képe



■ **10. ábra.** Az öntvény közepére besodort, korábban máshol megszilárdult részek sztereomikroszkópos képe

folyékony fém hőmérséklete ezt lehetővé teszi. A hibajelenség kialakulása összefügghet a leválasztóanyag mennyiségével és tulajdonságaival is.

Az optimálisnál kisebb fém- és szerszám-hőmérséklet mellett gyártott öntvények törési felületén, az éles bemetszések mellett felismerhetők a formatöltés kezdetén máshol megszilárdult és a vizsgált öntvényrészbe sodort alakzatok, melyeket éles törésvonal választ el az öntvény többi részétől, törésfelületük pedig jellegzetesen finom szemcsézetű. Az ilyen alakzatokat gyakran oxidos, porózus rész választja el a durvább szemcsézetű öntvényrészétől. A 9–10. ábrán az öntvény közepére sodort, korábban máshol megszilárdult részek láthatók.

### Összefoglalás

A nyomásos öntvények minőségét számos, egymással összefüggő tényező befolyásolja. Ezek közül a legfontosabbak: az

öntvény gyártásához szükséges szerszám kialakítása, a beömlőrendszer méretei és geometriája, a fém és a szerszám hőmérsékletviszonyai, valamint a gyártáshoz használt öntőgép működési paramétereinek helyes megválasztása.

A járműipari beszállítói feltételeknek történő megfelelés a nyomásos öntvények gyártóitól technológiájuk folyamatos fejlesztését igényli, amely nélkülözhetetlené teszi a saját és az együttműködés keretében végzett kutatási-fejlesztési tevékenységet.

A Miskolci Egyetem Mechatronikai és Anyagtudományi Kooperációs Kutatási Központja segítségével olyan kutatási-fejlesztési tevékenységet végezhetünk együttműködő partnereinkkel a nyomásos öntés hőtechnikai viszonyainak vizsgálata témákban, melyek eredménye az üzemi technológia fejlesztésén túl a beszállítói követelmények teljesítését, új megrendelések elnyerését is elősegítette. Mindeze-

kért köszönetünket fejezzük ki a jelen kutatási témában velünk együttműködő ADACast Kft., FÉMALK Zrt., Le Belier Zrt. és a Prec-Cast Kft. vezetőinek és munkatársainak.

### Irodalom

- [1] Klein, F. – Pokora, E. – Dúl J.: A nyomásos cinköntvények dermedésének számítógépes szimulálása. BKL Kohászat, 129. évf., (1996) 1. sz., p. 21–24.
- [2] Dúl J. – Sándor J.: Nyomásos öntészeti technológia fejlesztése kooperációs kutatási együttműködés keretében. Mechatronika, Anyagtudomány. A Miskolci Egyetem közleménye, Vol. 1. No. 2. (2005) p. 69–82.
- [3] Szabó R. – Dúl J. – Szecső G.: Hőn tartó kemencék hőmérsékletének felügyelete ADAM 4000 rendszerrel. BKL Kohászat, 136. évf. (2003) 3. sz., p. 139–141.