

**MISKOLCI EGYETEM  
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR  
KERPELY ANTAL ANYAGTUDOMÁNYOK ÉS  
TECHNOLÓGIÁK DOKTORI ISKOLA**



**Az öntéstechnikai- és hőtechnikai paraméterek hatása  
az alumínium nyomásos öntvény szilárdsági  
tulajdonságaira**

Ph.D. értekezés tézisei

**Szabó Richárd**  
okleveles kohómérnök

Tudományos vezető:  
**Dr. Dúl Jenő**  
egyetemi docens

Miskolci Egyetem  
Metallurgiai és Öntészeti Tanszék

Miskolc  
2012

# I. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

Napjainkban a rohamosan fejlődő járműipar öntvényigényét tekintve a legdinamikusabban fejlődő iparág a nyomásos öntészet.

Az öntészetnek ezt a technológiáját régóta alkalmazzák elsősorban vékonyfalú, magas felületi minőséget és szilárdságot követelő, méretpontos, nyomástömör jellemzően alumíniumból készült öntvények sorozatgyártásánál, mivel a könnyű szerkezettel energiát és költséget lehet megtakarítani. Ez a gépi technológia mondható legmodernebbnek mindközül és az eszközrendszerét tekintve a legdrágább is. Nagy gyakorlati tapasztalat szükséges a gyártás optimális és gazdaságos üzemeltetéséhez.

A magyar nyomásos öntő iparág nagyrészt a nyugat-európai autóipari beszállító cégek számára készít termékeket. Nemzetközi szinten az utóbbi években a darabnagyságot tekintve egyre nagyobb a szerepe a magnézium ötvözeteknek, azonban még mindig magasan vezetnek e téren az alumínium ötvözetek.

Az autógyártók törekvése, hogy a lehető legkisebb költség mellett a legtöbb funkciót megvalósító berendezések, alkalmazások épüljenek be végtermékeikbe. A költségcsökkentés egyik fontos eleme az alkatrészek tömegének csökkentése, mely az előírt szilárdsági követelmények növelésével jár együtt. Napjainkban a korszerű termékeknél az alkalmazott anyagminőségek tulajdonságait maximálisan kihasználják. Ennek egyik nagyon jó példája a gépjárművekbe beépülő felcsévelő orsó (Welle) öntvény (1. ábra), mely az autók biztonsági öv rendszerének egy egyik eleme, fékeződobja. Utasbiztonsághoz tartozó elem lévén szigorú követelmény rendszernek kell megfelelnie.

A gépjárművekben a biztonsági öv a hirtelen lassításoknál, fékezéseknél megakadályozza az utasnak a járműülésből való elszakadását, a jármű részeivel való ütközését, ezáltal életet menthet. Az öv egyik vége a dohoz van kapcsolva, így az általa kifejtett fékezőerő átvetődik a dobra. Ez az erőhatás a gurtban húzó erőként szimulálható, mely maximum értékénél ( $F_{max}$ ) az öntvénynek a rögzítésére szolgáló része eltörik.

A szerelhetőség által kívánt méretpontosságon felül tehát egy funkcionális tulajdonság is előtérbe kerül, melyet egy ún. beépített

állapotbeli igénybevétellel vizsgálunk és az  $F_{max}$  értékkel jellemzünk. A különböző fajtájú öntvényekhez más előírt szakító erők tartoznak (9 kN, 12 kN, 15kN).

A töréshez tartozó erő értékének mérésére egy az öntvényhez kialakított befogókkal rendelkező gép szolgál, ami a valóságosnak megfelelő terhelést szimulálja.

A nyomásos öntéssel gyártott öntvények szilárdsága jelentősen függ az ötvözetől, ezen belül az olvadék-kezelés folyamatától, a geometriától (falvastagság, ferdeségek, rádiuszok nagysága), öntéstechnológiai és hőtechnikai paramétereiktől.

A doktori értekezésem célja a járműipar számára gyártott biztonsági öv fékeződob alkatrész (1. ábra) töréséhez tartozó erő értékét befolyásoló paraméterek hatásának vizsgálata, olyan paraméterkombináció kidolgozása, amellyel az előírt szilárdsági követelmények teljesíthetők.



1.ábra A vizsgált öntvény egyik geometriai változata

## II. KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

A vizsgálataimat az öntvény tulajdonságait legjobban befolyásoló paraméterek technológiai határértékei között változtatható értékeinek alkalmazásával üzemi körülmények között végeztem el. A kísérlet tervezéshez felhasználtam az öntéstechnológiai és hőtechnikai méretezés, valamint a számítógépes szimuláció korszerű ismereteit. A kísérleti programot az alábbi fő befolyásoló tényezőkre dolgoztam ki:

- Gépbeállítási paraméterek, 1. fázis sebessége, 2. fázis sebessége, 3. fázis utánn nyomás nagysága,
- Szerszám hőmérséklet viszonyok, az öntőszerszámba belépő hűtő-fűtő közeg hőmérséklete
- Olvadék-kezelés, az eutektikum módosítotttságának hatása Sr adagolással, különböző szerszám hőmérsékletek esetén
- Olvadék-tisztasága, oxidhártya bekeveredésének hatása.

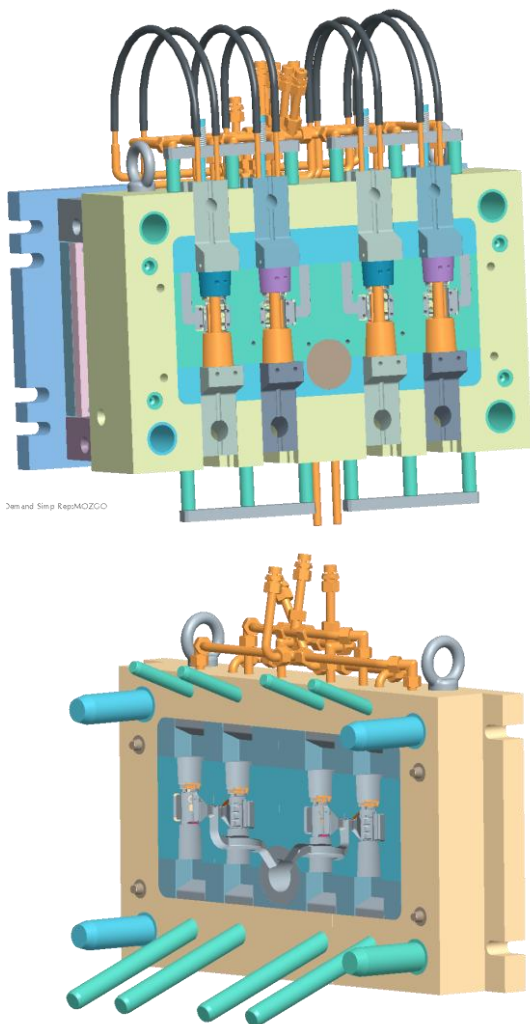
Az értekezés első részében az alkalmazott nyomásos öntészeti ötvözeteket, a nyomásos öntés korszerű technológiáját, a nyomásos öntőszerszám hőmérséklet viszonyait, majd a Sr alkalmazásával (Al-Si ötvözetek) kapcsolatos legfontosabb ismereteket mutatom be.

Méréseim elvégzéséhez egy konkrét vevői megrendelésre készített 4 fészkes öntőszerszámot használtam (2. ábra). A nyomásos öntőszerszám tervezéséhez öntéstechnológiai és hőtechnikai számításokat végeztem, majd formatöltési és dermedési szimulációkat készítettem. A kapott eredmények figyelembe vételével meghatároztam, optimalizáltam az öntőszerszám fontosabb öntéstechnológiai és hőtechnikai paramétereit.

A kísérleti öntvények gyártását egy 400 tonnás Italpresse öntőgéppel végeztem. Az öntés során a gépbeállítási paramétereket változtattam, a dugattyú sebességét a kamratöltés (1. fázis) és a formatöltés (2. fázis) közben, továbbá az utánn nyomást az öntvény megszilárdulása (3. fázis) közben.

Mértem továbbá a szerszám hőmérsékletének változását a formaüreg felületétől 12 mm-re, a hűtő-fűtő körökben áramoltatott olaj hőmérsékletének változtatásával.

További kísérleteket végeztem különböző Sr-tartalmú alumínium olvadékkal gyártott öntvények esetén, különböző szerszám-temperálási hőmérséklet alkalmazásával az optimalizált gépbeállítási paraméterek mellett.



2. ábra  
A nyomásos öntő szerszám CAD geometriája (mozgó oldal, álló oldal)

Az elvégzett vizsgálataimhoz tartozó kísérleti beállításokat az 1. táblázat tartalmazza.

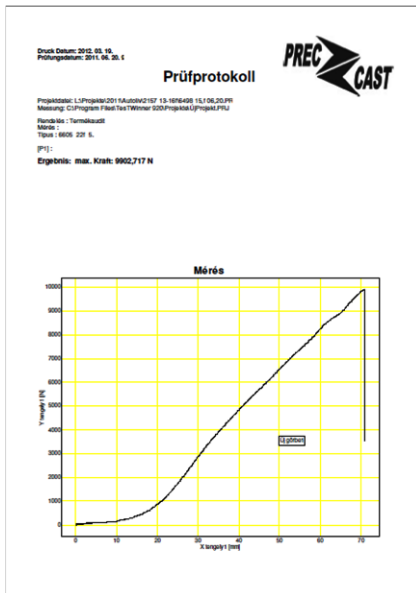
1. táblázat A kísérleti programban alkalmazott paraméter kombinációk

<b>szériák</b>	<b>V1d [m/s]</b>	<b>V2d [m/s]</b>	<b>Pmulti [Bar]</b>	<b>Tbelépő olaj [C]</b>	<b>Sr [ppm]</b>
1. beállítás	<b>0,12</b>	4,5	180	200	12
2. beállítás	<b>0,24</b>	4,5	180	200	12
3. beállítás	<b>0,36</b>	4,5	180	200	12
4. beállítás	0,24	<b>2,0</b>	180	200	12
5. beállítás	0,24	<b>3,5</b>	180	200	12
6. beállítás	0,24	4,5	<b>120</b>	200	12
7. beállítás	0,24	4,5	<b>280</b>	200	12
8. beállítás	0,24	4,5	280	<b>150</b>	12
9. beállítás	0,24	4,5	280	<b>250</b>	12
10. beállítás	0,24	4,5	280	<b>150</b>	<b>52</b>
11. beállítás	0,24	4,5	280	<b>150</b>	<b>92</b>
12. beállítás	0,24	4,5	280	<b>200</b>	<b>52</b>
13. beállítás	0,24	4,5	280	<b>200</b>	<b>92</b>
14. beállítás	0,24	4,5	280	<b>250</b>	<b>52</b>
15. beállítás	0,24	4,5	280	<b>250</b>	<b>92</b>

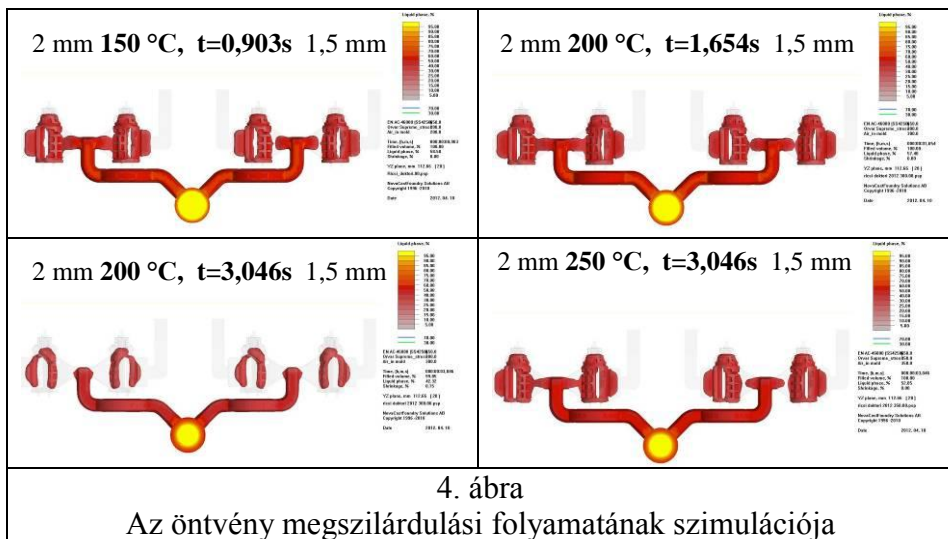
Az öntvény töréséhez tartozó szakító erő mérésére egy az öntvényhez kialakított befogókkal rendelkező szakító gépet használtam, amely a beépítési körülmények között fellépő terhelést szimulálja (3.a ábra).

A szakítóvizsgálat során az adatokat számítógépen rögzítettem. A vizsgálatot megkönnyítette, hogy a számítógép által vezérelt szakító berendezés az eredményeket nyomtatott jegyzőkönyv (3.b ábra) formátumban szolgáltatja, ezáltal a töréshez tartozó erő értéket megadja a diagram egyedi kiértékelésétől függetlenül.

Az öntészeti szimulációt a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézet Öntészeti Tanszékén végeztük el. A szimuláció célja a formatöltés közben kialakuló levegő bezáródások kialakulásának és a zárványok besodródásának tanulmányozása mellett a különböző bekötő csatorna keresztmetszet esetén az utántáplálás hatásos idejének vizsgálata volt. A megszilárdulás folyamatát mutatja be a 4. ábra.



3. ábra  
 A szakító berendezés a befogott darabbal és a szakító diagram



4. ábra  
 Az öntvény megszilárdulási folyamatának szimulációja

### III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az öntéstechnikai tervezés és az öntészeti szimuláció eredményei alapján meghatároztam a vizsgált öntvény beömlő rendszerének, a bekötő csatornájának optimális méreteit.

**Az optimális áramlási viszonyok érdekében szükséges az öntvény teljes hosszával azonos méretű bekötő csatorna kialakítása (44 mm), továbbá a bekötő csatorna vastagságának a technológia által adott határok közötti legnagyobb érték választása (2,0 mm), melynél a 3. fázisban az utántáplálás lehetősége hosszabb ideig (a bekötő megszilárdulásának ideje) biztosítható.**

2. Megvizsgáltam a kiválasztott nyomásos öntvény roncsolásos vizsgálatához tartozó szakító erő és a hidegkamrás öntőgép működtetési paraméterei közötti összefüggéseket, AlSi12Cu1 ötvözetből történő gyártása esetén.

**2.1 Megállapítottam, hogy a kamra feltöltése közben alkalmazott állandó sebességű dugattyú-mozgatásnál a szakirodalom alapján meghatározott 3 hullámmal történő feltöltéshez tartozó dugattyúsebesség 0,24 m/s értékénél kisebb és annál nagyobb (vizsgált 0,12 m/s és 0,36 m/s) sebességek esetén a szakító erő értéke csökken (az eltérés 6-8%).**

*(Az alkalmazott paraméterek:  $v_{2d}=4,5$  m/s,  $p_{3H}=180$  bar, állandósult szerszám hőmérséklet (200 C°-os belépő olaj).*

**2.2. Megállapítottam, hogy a technológia által adott határértékek között a 2. fázisban alkalmazott öntődugattyú-sebesség értékeinek növelése (2 m/s, 3,5 m/s, 4,5 m/s) esetén a töréshez tartozó szakító erő növekszik (a változás 4-6%).**

*(Az alkalmazott paraméterek:  $v_{1d}=0,24$  m/s,  $p_{3H}=180$  bar, állandósult szerszám hőmérséklet (200 C°-os belépő olaj).*



**2.3. Megállapítottam, hogy a technológia által adott határértékek között az öntvény megszilárdulása közben a fémre ható nyomás növelése (120, 180, 280 bar hidraulikus nyomás hatására kialakuló 550, 800, 1200 bar fémre ható nyomás esetén) a töréshez tartozó szakító erő értékét növeli (a változás 7-10%).**

*(Az alkalmazott paraméterek:  $v_{1d}=0,24$  m/s,  $v_{2d}=4,5$  m/s, állandósult szerszám hőmérséklet (200 C°-os belépő olaj).*

*A választott nyomásoknál nagyobb érték azért nem alkalmazható, mert az öntvény méretpontosságát lerontja.*

**2.4. Megállapítottam, hogy az alkalmazott technológiai határértékek között a fémre ható nyomás növelésével nagyobb szilárdsági értékek érhetők el, mint a rávágásban lévő fémsebesség növelésével.**

*( $P_{3sys.} = 550$  bar  $\rightarrow$  1200 bar 10 % növekedés és a  $V_{2d} = 2$  m/s  $\rightarrow$  4,5 m/s esetén 6 % növekedés)*

**3. Megállapítottam, hogy az alkalmazott technológiai határértékek között a magasabb szerszám hőmérséklet értéke (150 C°  $\rightarrow$  200 C°  $\rightarrow$  250 C°) az öntvényhez tartozó szakító erőt a harmadik fázisban kialakuló utántáplálási lehetőség javítása által növeli.**

**4.** Az AlSi-ötvözetekből gyártott nyomásos öntvényeknél kialakuló rendkívül rövid megszilárdulási idő az eutektikum Si-fázisának finomszerkezetű kiválását biztosítja, ezért általában nem alkalmaznak Sr-mal történő módosítást.

**Megállapítottam, hogy a vizsgált öntvény esetén a nagyobb szerszámtemperálási hőmérséklet (250 C°-os szerszámba belépő olaj hőmérséklet) alkalmazása az öntvény dermedési idejének növelését segíti elő, ezáltal lehetővé teszi a Sr adagolásával a töréshez tartozó erő növelését.**

*A 250 C°-os szerszámtemperálási hőmérsékletnél a 92 ppm Sr adagolás a töréshez tartozó erőt 12 %-kal növelte a 200 C°-os szerszámtemperálás Sr adagolás nélküli (12 ppm) viszonyokhoz képest.*

5. A vizsgált öntvény üzemi széria gyártásának megfigyelése során tapasztaltam, hogy az előirt határértéknél (12 kN) kisebb töréshez tartozó erőt (hibás öntvényt) gyakran a törési felületen található oxidzárványok okozzák, mely a folyékony fém kamrába juttatására szolgáló ferde csatornában képződik, és a következő ciklushoz tartozó olvadékba keveredve jutt be a formaüregbe.

Megvizsgáltam, az oxidhártya kialakulásának hatását, a kiválasztott öntvény töréséhez tartozó szakító erőre az adagoló csatornába oxid hártya behelyezés módszerével.

**Megállapítottam, hogy az adagoló csatornában gyártás közben kialakuló egyetlen oxid hártya bekeveredése esetén is jelentősen szór a töréshez tartozó erő. A további oxidhártya bevitele nagy arányú hibás öntvények előfordulását idézi elő.**

#### **IV. AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEINEK JELENTŐSÉGE ÉS HASZNOSÍTÁSUK LEHETŐSÉGEI**

Az értekezés tudományos eredményei:

- közvetlenül felhasználhatóak a BSc és MSc oktatásban,
- beépülnek a kidolgozás alatt álló akkreditált felnőttképzési tanfolyami anyagokba,
- felhasználhatóak a nyomásos öntészeti oktatás tananyagában és az öntészeti kutatás-fejlesztési projekteknél.

A kísérletek eredményei alapján optimalizált gyártási technológia bevezetésre került a Prec-Cast Öntödei Kft. gyártási struktúrájába.

## V. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

### Folyóiratcikkek

1. Jenő Dúl, **Richárd Szabó**, Attila Simcsák: Effect of temperature on the properties of high pressure die casting, Materials Science Forum 2010, vol. 649, pp. 473-479.  
<http://www.scientific.net/MSF.649.473>
2. Juhász Borbála – Dúl Jenő – **Szabó Richárd**: Nyomásos öntőszerszám hűtéstechnikai viszonyainak vizsgálata, - BKL Kohászat 2009. (142. évf.) 5. sz. 16-21. old.
3. Dúl Jenő - **Szabó Richárd** - Simcsák Attila: A szerszám hőmérsékleti viszonyok hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira. Bányászati és kohászati lapok. Kohászat. 2007. (140. évf.) 6. sz. p. 22-25.
4. Dániel Molnár – Dr. Jenő Dúl – **Richárd Szabó**: Simulation of High Pressure Die Casting Solidification – Materials Science Forum 2006, vol. 508, pp. 555-560  
<http://www.scientific.net/MSF.508.555>  
F3-c1. Bánhidi V.: Evaluation of microgravity heat conductivity measurements with FLUENT system – Materials Science Forum 589, pp. 287-292, 2008
5. **Szabó R.** – Dúl J. – Szecső G.: Hőntartó kemencék hőmérsékletének felügyelete ADAM 4000 rendszerrel. Bányászati és kohászati lapok. Kohászat. 2003. (136) 3. p. 139-141.  
[http://www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat/2003/bklkohaszat2003\\_3.pdf](http://www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat/2003/bklkohaszat2003_3.pdf)  
<http://dspace.omikk.bme.hu:8080/cikkadat/bitstream/123456789/178/1/Koh%C3%A1szat20033bol5.pdf>
6. Szecső Gusztáv - **Szabó Richárd** - Dúl Jenő: A fémolvadék hőmérsékletének mérése és felügyelete nagynyomású öntésnél. Gyártóeszközök, szerszámok, szerszámgépek. 2002. (7. évf.) 1. sz. p. 8-10.

## Konferencia kiadványok

1. Dúl Jenő - **Szabó Richárd** - Juhász Borbála: Nyomásos öntőszerszám hőtechnikai viszonyainak vizsgálata. XI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Máramarossziget, 2009. április 2-5.: EMT kiadvány, pp. 36-39.

## Előadások

1. Szabó Richárd - Csontos Lajos-Mudri Zoltán: Közös fejlesztési tevékenység a Knorr-Bremse és a Prec-Cast Kft között. XX. Magyar Öntőnapok Tapolca, 2009.10. 11.
2. Dr. Dúl Jenő – Szabó Richárd: A Prec-Cast Kft és a Miskolci Egyetem közös fejlesztési projektjei a folyamatirányítás optimalizálására, Vevőtalálkozó Prec-Cast Kft Sátoraljaújhely, 2009.06.27.
3. Dúl Jenő - Szabó Richárd – Juhász Borbála: Nyomásos öntőszerszám hőtechnikai viszonyainak vizsgálata, XI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, 2009. április 2-5. Máramarossziget
4. Jenő Dúl, Richárd Szabó, Attila Simcsák, Borbála Juhász: Temperaturverhältnisse der Druckgussform und der Einfluss auf die Gussteileigenschaften, Ledebur Kolloquium, Freiberg, 2008.10.24. p.4
5. J. Dúl, R. Szabó, A. Simcsák: The influences of the temperature to the properties of high pressure die casting, Fifth International Conference on Solidification and Gravity (SG 08) Miskolc – Lillafüred Hungary, Sept. 1 to 4, 2008. p.6
6. Dr. Dúl Jenő - Szabó Richárd - Simcsák Attila: Folytonossági hibák kialakulása a nyomásos öntvények gyártásánál, Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia Nagyszeben, 2008.04.05.
7. Dr. Dúl Jenő - Szabó Richárd - Simcsák Attila: Hőmérsékletviszonyok hatása a nyomásos öntvények

tulajdonságaira, XIX. Magyar Öntőnapok Lillafüred, 2007.10.14-16.

8. Dr. Dúl Jenő - Szabó Richárd - Simcsák Attila: Hőmérsékletviszonyok hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira, Bányászati – Kohászati - Földtani Konferencia BUZIÁSFÜRDŐ, 2007.03.31.
9. Dúl J. – Szabó R. – Molnár D. – Lukács S. – Simcsák A. – Tarnay B.: Nyomásos öntészeti technológiák fejlesztése a Miskolci Egyetemen, Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Nagyvárad, 2005. 03. 31. – 04. 03.
10. Dúl J. – Szabó R.: Nyomásos öntőszerszám hőegyensúlyának vizsgálata - 17. Magyar Öntőnapok, Miskolc – Lillafüred, 2003. 10. 05-07.
11. Dúl J. - Szabó R.: A gépbeállítási paraméterek hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira – Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Zilah, 2003. április11 - 13.
12. Szabó R. – Dúl J.: A nyomásos öntőforma hőmérséklet eloszlásának vizsgálata - 15. Magyar Öntőnapok és XII. Fémöntészeti Napok, Székesfehérvár 1999. 09. 23-25.