

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



**ÖNTÉSTECHNIKAI ÉS HŐTECHNIKAI
PARAMÉTEREK HATÁSA AZ ALUMÍNIUM
NYOMÁSOS ÖNTVÉNY SZILÁRDSÁGI
TULAJDONSÁGAIRA**

PhD-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 járműipari öntvények rohamosan fejlődő gyártásában a legdinamikusabban fejlődő iparág a nyomásos öntészet.

Az öntészetnek ezt a technológiáját közel száz éve alkalmazzák elsősorban vékonyfalú, kiváló felületi minőségű, garantált szilárdságú és nyomástömörségű, méretpontos, jellemzően alumíniumötvözetből készült öntvények gyártására. A nyomásos öntéshez nagy értékű, egyre jobban automatizált, számítógépes vezérléssel ellátott öntőgépeket használnak. Ez a technológia mondható a legmodernebbnek a nagy sorozatban gyártott öntvények öntése esetén.

A korszerű nyomásos öntés egy sokparaméteres gyártási eljárás, melynél a drága öntőszerszám tervezése és gyártása igényli az öntészeti, áramlástan, hőtechnikai és a gépészeti elméleti és gyakorlati ismeretek alkalmazását. Üzemi viszonyok között nagy gyakorlati tapasztalat szükséges a gyártás optimális és gazdaságos megszervezéséhez.

A magyar nyomásos öntődék nagyrészt nyugat-európai járműipari beszállító cégek számára öntenek alkatrészeket cink-, magnézium-, réz- és alumíniumötvözetekből. Az utóbbi években nemzetközi szinten – a darabnagyságot tekintve – egyre nagyobb a szerepe a magnéziumötvözeteknek, azonban még mindig magasan vezetnek e téren az alumíniumötvözetek.

Az autógyártók törekvése, hogy a lehető legkisebb költség mellett a legtöbb funkciót megvalósító berendezések, alkalmazások épüljenek be végtermékeikbe. Napjainkban a korszerű termékeknél a költséghatékonyság egyik fontos eleme az alkatrészek tömegének csökkentése, amely az előírt szilárdsági követelmények növelésével, egyben, az alkalmazott anyagminőségek tulajdonságainak maximális kihasználásával jár együtt. Ennek egyik nagyon jó példája a gépjárművekbe beépülő biztonsági alkatrész, az *I. ábrán* látható Welle (fékeződob) nevű öntvény. Az autók biztonsági öv rendszerének fékeződob öntvényeit különböző méretekben és geometriákkal, nagy sorozatban gyártja a Prec-Cast Öntödei Kft. Biztonsági elem lévén az öntvényeknek szigorú követelményrendszernek kell megfelelniük.



1. ábra. A vizsgált öntvény geometriája

A gépjárművekben a biztonsági öv a hirtelen lassításoknál, fékezéseknél megakadályozza a bennlévők üléstől való elszakadását, a jármű részeivel való ütközésüket, ezáltal életet menthet. Az öv egyik vége a dobhoz van kapcsolva, így az általa kifejtett fékezőerő átvetítődik a dombra. Ez a hatás húzóerőként szimulálható, amely maximum értékénél (F_{max}) a darabnak az öv rögzítésére szolgáló része eltörik.

A szerelhetőség által kívánt méretpontosságon felül tehát egy funkcionális tulajdonság is előtérbe kerül, amelyet egy ún. beépített állapotbeli igénybevétellel vizsgálunk és az F_{max} értékkel jellemzünk. A különböző típusú öntvényekhez más-más előírt szakítóerők tartoznak (9 kN, 12 kN, 15 kN).

Az öntvény töréséhez tartozó erő mérésére egy, az öntvényhez kialakított befogókkal rendelkező szakítógépet szolgálnak, ami a beépítési körülmények között kialakuló terhelést szimulálja.

A nyomásos öntéssel gyártott öntvények szilárdsága jelentősen függ az ötvözettől, ezen belül a fémkezelés és a nemesítés folyamatától, a 3 D-s geometriától (falvastagság, ferdeségek, rádiuszok nagysága stb.), az öntéstechnológiai és hőtechnikai paramétereiktől.

Doktori értekezésem célja a járműipar számára készített egyik biztonsági alkatrész, a biztonsági öv fékeződob gyártására vonatkozó azon kutatási-fejlesztési feladatok meghatározása és elvégzése, amellyekkel az öntvényre előírt szilárdsági követelmények teljesíthetők.

II. KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

Az optimalizált öntvénygeometria és nyomásos öntőszerszám felhasználásával elvégzett vizsgálataimat az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő nyomásos öntvények tulajdonságait legjobban befolyásoló tényezők hatásának kimutatására végeztem. Ezek

- **gépbeállítási paraméterek**
 1. fázisban a lövődugattyú sebessége;
 2. fázisban a lövődugattyú sebessége;
 3. fázisban az utánnnyomás nagysága
- **szerszámhőmérsékleti viszonyok**

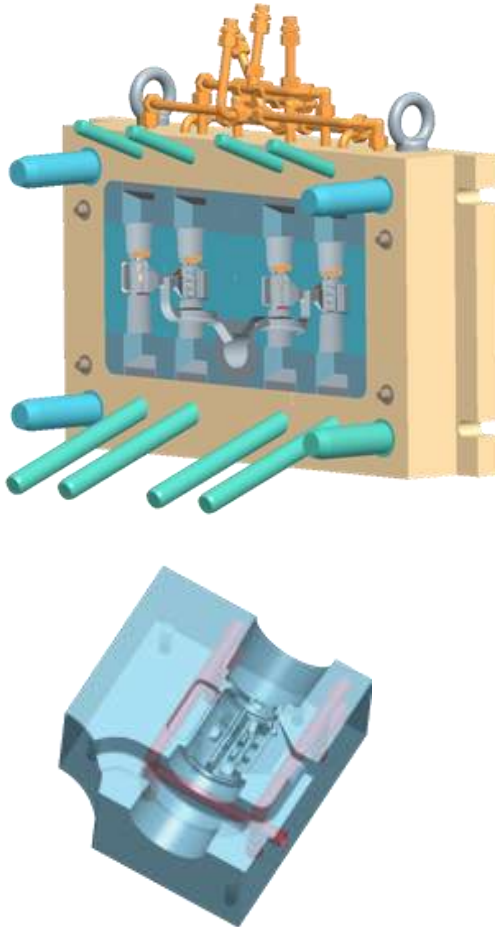
az öntőszerszámba belépő hűtő-fűtő olaj 150 C°, 200 C° és 240 C°-os hőmérséklete;
- **a stronciumadagolás hatása**

12 ppm, 52 ppm és 92 ppm értékeknél, különböző szerszám hőmérsékletek esetén;
- **az oxidhártya bekeveredésének a hatása.**

Az értekezés első részében a nyomásos öntészeti ötvözeteket, technológiát, a nyomásos öntőszerszám hőmérsékleti viszonyait, majd a stroncium alkalmazásával kapcsolatos legfontosabb ismereteket foglaltam össze.

A nyomásos öntőszerszám tervezéséhez öntéstechnológiai és hőtechnikai számításokat végeztem, majd formatöltési és dermedési szimulációkat készítettem. A kapott eredmények figyelembevételével meghatároztam, optimalizáltam az öntőszerszám fontosabb öntéstechnológiai és hőtechnikai paramétereit (rávágás keresztmetszete, elosztócsatornák méretei, öntődugattyú átmérője, és nem utolsósorban a hűtő-fűtő csatornák kalakítása és méretei).

A tervezésem alapján gyártott négyfészkes öntőszerszámot használtam a kísérleteimhez (2. ábra), amelyeket egy 400 tonnás Italpresse öntőgéppel végeztem.



2. ábra. A vizsgált nyomásos öntvény szerszámának állórésze és betétje a hűtőfuratokkal

Az öntés során az öntéstechnológiai paramétereket, nevezetesen a dugattyú sebességét az 1. és 2. fázisban, és a 3. fázisban felépülő utánnyomást változtattam.

Mértem továbbá a szerszám hőmérsékletének változását a szerszám-vagy formaüreg felületétől 12 mm-re a hűtő-fűtő körökben áramoltatott olaj hőmérsékletének változtatásával (150 °C, 200 °C, 250 °C-nál).

További kísérleteket végeztem különböző stronciumtartalmú alumíniumolvadékból gyártott öntvények esetén három különböző szerszámhőmérsékleten (150 °C, 200 °C, 250° C-on) konkrét gépbeállítási paraméterek mellett.

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az öntéstechnikai tervezés és a hőtechnikai méretezés, valamint az öntészeti szimuláció eredményei alapján meghatároztam a vizsgált öntvény beömlőrendszerének, ezen belül bekötőcsatornájának optimális geometriáját, amely más hasonló öntvénygeometriák esetén is alkalmazható.

A tagolt palástú hengeres, előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő nyomásos öntvények öntése estén **a palást teljes hosszával azonos szélességű bekötőcsatorna biztosítja az optimális áramlási viszonyokat a formatöltés közben. A bekötőcsatorna – technológia által adott határok közötti – legnagyobb vastagságának választása az irányadó áramlási sebességnél kisebb értékek esetén is nagyobb öntvényzilárdságot biztosít** az utántáplálás lehetőségének hosszabb időtartama miatt.

2. Megvizsgáltam az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő nyomásos öntvény roncsolásos vizsgálatokor kapott szakítóerő és a hidegkamrás nyomásos öntőgép működtetési paraméterei közötti összefüggéseket AlSi12Cu1 ötvözetből történő gyártása esetén.

2.1 A tagolt palástú hengeres, előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő nyomásos öntvények öntése estén **a kamra feltöltése közben alkalmazott állandó sebességű dugattyúmozgatásnál a szakirodalom alapján meghatározott három hullámmal történő feltöltéshez tartozó dugattyúsebesség értékénél kisebb, vagy annál nagyobb sebességek hatására a szakítóerő értéke csökken** a levegőbezáródások számának növekedése miatt.

(Alkalmazott paraméterek: $v_{d2}=4,5$ m/s, $p_{multi}=180$ bar, 200 °C-os belépő olajnál állandósult szerszámhőmérséklet, az eltérés 6–8%).

2.2. Az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő, tagolt palástú hengeres, optimalizált beömlőrendszer geometriával kialakított nyomásos öntvények öntése esetén **a 2. fázisban alkalmazott öntődugattyúsebesség értékének növelése a töréshez tartozó szakítóerő értékét – a bekötőcsatornában kialakuló áramlási sebesség 40 m/s alatti tartományban – növeli.**

(Az alkalmazott paraméterek: $v_{d1}=0,24$ m/s, $p_{multi}=180$ bar, 200 °C-os belépő olajnál állandósult szerszám hőmérséklet, a változás 4–6%).

2.3. Az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő, tagolt palástú hengeres, optimalizált beömlő rendszer geometriával kialakított nyomásos öntvények öntése esetén **a fémre ható nyomás 1200 bar-ig történő növelése a töréshez tartozó szakítóerő értékét növeli. 1200 bar fölötti fémre ható nyomás a méretpontosságot rontja, ezért nem alkalmazható.**

(Az alkalmazott paraméterek: $v_{d1}=0,24$ m/s, $v_{d2}=4,5$ m/s, 200 °C-os belépő olajnál állandósult szerszám hőmérséklet, a változás 7–10%).

2.4. Az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő, tagolt palástú hengeres, optimalizált beömlőrendszer geometriával kialakított nyomásos öntvények öntése esetén **a technológiai határértékek között a fémre ható nyomás 1200 bar-ig történő növelésével nagyobb szilárdsági értékek érhetők el, mint a rávágásban kialakuló fémssebesség értékeinek növelésével a 40 m/s alatti tartományban.**

($P_3=550$ bar \rightarrow 1200 bar esetén 10 % növekedés, a $v_{d2} = 2,0$ m/s \rightarrow 4,5 m/s esetén 6 % növekedés).

3. Az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő, tagolt palástú hengeres, optimalizált beömlőrendszer geometriával kialakított nyomásos öntvények öntése esetén **a technológiai határértékek között a nagyobb szerszámhőmérséklet az öntvényhez tartozó szakítóerőt a 3. fázisban kialakuló utántáplálási lehetőség időtartamának növelése által növeli.**

4. Az öntészeti AlSi-ötvözetekből gyártott nyomásos öntvényeknél kialakuló rendkívül rövid dermedési idő az eutektikum szilícium fázisának finomszerkezetű kiválását biztosítja, ezért általában nem alkalmaznak stronciummal történő módosítást. Az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő, tagolt palástú hengeres, optimalizált beömlőrendszer geometriával kialakított nyomásos öntvények öntése esetén **a nagyobb szerszámtemperálási hőmérséklet az öntvény dermedési idejét növeli, ami biztosítja ~100 ppm stroncium adagolásának hatására az eutektikum szilícium fázisának finomodását, ezáltal a töréshez tartozó erő növelését.**

(250 °C-os szerszámtemperálási hőmérsékletnél 92 ppm stroncium adagolása a töréshez tartozó erőt 12 %-kal növelte a stronciumadagolás nélküli (12 ppm), 200 °C-os szerszámtemperálás viszonyaihoz képest.)

5. Megvizsgáltam az oxidhártya kialakulásának hatását a kiválasztott öntvény töréséhez tartozó szakítóerőre az adagolócsatornába történő oxidhártya behelyezés módszerével.

Megállapítottam, hogy az előírt szilárdsági követelményeknek megfelelő, tagolt palástú hengeres, optimalizált beömlő rendszer geometriával kialakított nyomásos öntvények öntése esetén **a határértéknél kisebb szilárdsági eredmények kialakulását a törési felületen található oxidhártya okozza.**

Az oxidhártya az olvadék kamrába adagolására szolgáló csatorna (vagy kanál) falán képződik, és a folyékony fémbe bekeveredve, a szerszámüregbe bejutva csökkenti az öntvény helyi terhelhetőségét, ezáltal a töréshez tartozó erőt.

Az oxidhártyák bekeveredése jelentősen növeli a nem megfelelő szilárdsági tulajdonságú öntvények előfordulásának arányát.

IV. AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEINEK JELENTŐSÉGE ÉS HASZNOSÍTÁSUK LEHETŐSÉGEI

Az értekezés tudományos eredményei:

- közvetlenül felhasználhatóak a Prec-Cast Öntödei Kft. által alkalmazott gyártástechnológia fejlesztésében a Welle és más hasonló geometriájú öntvények gyártásánál;
- közvetlenül felhasználhatóak az öntészeti tartalmú tantárgyak BSc és MSc szintű oktatásban;
- beépülnek a kidolgozás alatt álló akkreditált felnőttképzési tanfolyami anyagokba;
- felhasználhatóak a TÁMOP projekt keretében készülő digitális tananyag kidolgozása során;
- alkalmazhatóak az ÖKOLIC szimulációs laboratórium működtetése során.

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. *BKL Kohászat*, 2007. (140. évf.) 6. sz. p. 22–25.
- [4] *Dániel, Molnár; 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. V. Bánhidi: Evaluation of microgravity heat conductivity measurements with FLUENT system. *Materials Science Forum*, 2008, vol. 589, pp. 287-292,
- [5] *Szabó Richárd; Dúl Jenő; Szecső Gusztáv*: Hőntartó kemencék hőmérsékletének felügyelete ADAM 4000 rendszerrel. *BKL Kohászat*, 2003. (136. évf.) 3. sz. p. 139-141.
http://www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat/2003/bklkohaszat2003_3.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, Máramarosziget, 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. Vevőtálalkozó 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 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 és Földtani Konferencia Nagyszében, 2008.04.05.
- [7] *Dr. Dúl Jenő; Szabó Richárd; Simcsák Attila*: Hőmérsékletviszonyok hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira. XIX. Magyar Öntőnapok Lillafüred, 2007. október 14-16.
- [8] *Dr. Dúl Jenő; Szabó Richárd; Simcsák Attila*: Hőmérsékletviszonyok hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Buziásfürdő, 2007. március 31.
- [9] *Dúl Jenő; Szabó Richárd; Molnár Dániel; Lukács Sándor; Simcsák Attila; Tarnay Botond*: Nyomásos öntészeti technológiák fejlesztése a Miskolci Egyetemen. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Nagyvárad, 2005. 03. 31. – 04. 03.
- [10] *Dúl Jenő; Szabó Richárd*: Nyomásos öntőszerszám hőegyensúlyának vizsgálata - 17. Magyar Öntőnapok, Miskolc–Lillafüred, 2003. október 05-07.

- [11] *Dúl Jenő; Szabó Richárd*: A gépbeállítási paraméterek hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Zilah, 2003. április 11 - 13.
- [12] *Szabó Richárd; Dúl Jenő*: A nyomásos öntőforma hőmérséklet eloszlásának vizsgálata. 15. Magyar Öntőnapok és XII. Fémöntészeti Napok, Székesfehérvár 1999. szeptember 23-25.