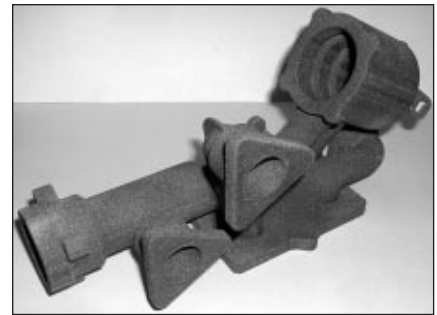


■ 18. ábra. A Prototype Casting Inc. termékei: a – műgyanta minta, b – öntött darab



■ 19. ábra. Polisztirol minta – Varinex Zrt.

maradáshoz minden perc számít. E problémák feloldásához folyamatos kompromisszumok szükségesek.

Ma már van lehetőség a kerámiahéj-készítés idejének szakszerű rövidítésére. A bemutatott Valerite, Cerametal tűzálló anyagok, valamint a koloidális (szol) kötő-

anyagok együttes felhasználásával a kerámiahéj felépítési ciklusideje 7–8 óra időtartamra csökkenthető megfelelő szárítóberendezés alkalmazásával. Ezzel az eljárással, speciális infrafűtésű szárítókamrákkal egy nap alatt is elkészíthetők a kívánt prototípus öntvények, de komplett gyártó-

sor is található a szakmai kínálatban. (MK Technology GmbH/Prototype Kft.).

Gipszformázással a fentiek szerint készült RP-minták ugyancsak rövid átfutási idejű öntvénykészítést tesznek lehetővé nemvasalapú fémötvözetekből, üvegből egyaránt.

Fémöntészeti technológiai ismeretek honlapja. Az Európai Unió Leonardo-projektje: CAE DS

Az Európai Unió Leonardo programja által támogatott Cast Products and Mould Designer Skills at the European Context – CAE DS projekt egy fémöntészeti és műanyag fröccsöntészeti technológiai ismereteket oktató e-learning portál. A cél az öntődékben dolgozó műszakiak, valamint főiskolai és egyetemi hallgatók számára a nyomásos öntészeti ismeretek bővítése. A honlap segítségével elméleti és gyakorlati tudás sajátítható el.

A kétéves (2006. október 1. – 2008. november 30.) projekt kidolgozásában a Tamperei Technológiai Egyetem (Finnország) irányításával részt vettek a Gabrovoi Műszaki Egyetem (Bulgária), a Tamperei Műszaki Főiskola Tanárképző Központja, a Helsinki Technológiai Egyetem, a finn Technológiai Ipari Szövetség öntészeti részlege, az Alteams csoport és a Toolman Oy, a Nantes-i Műszaki Főiskola (Franciaország), Magyarországról a Magyar Öntészeti Szövetség, a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszéke és a BA.Co Ipari és Szolgáltató Bt., az olasz Genovai Egyetem, a portugál Leiria-i Műszaki Főiskola és a Swecast Ab Öntészeti Intézet (Svédország) munkatársai.

A projekt a következő oktatási területeket foglalja magába:

- Műanyagok fröccsöntése;
- Nyomásos öntészeti ötvözetek
- Öntvények megmunkálása
- Szerszámok tervezése
- Nyomásos öntvények tervezése
- Fröccsöntvények tervezése
- Adat- és dokumentumkezelési ismeretek
- Öntvénytervezési példatár
- Szerszámtervezési példatár
- SolidWorks 2006 SP 4.1
- Pro/E Wildfire

A honlapon a teljes angol nyelvű változat mellett további hat nyelven – köztük magyarul is – elérhető számos oktatási anyag, így szakmai nyelv tanulására is alkalmas.

A honlap elérhetősége:
www.webhotel.tut.fi/projects/caeds

Ízelítőül bemutatjuk a nyomásos öntészeti rész egyik fejezetét.

✍️ Bakó Károly

Megvágás és kilevegőzés

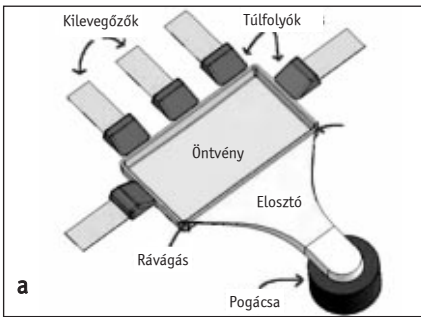
(Tuula, Höök – Tampere University of Technology)

A nyomásos öntőgép beömlőrendszerének elemei

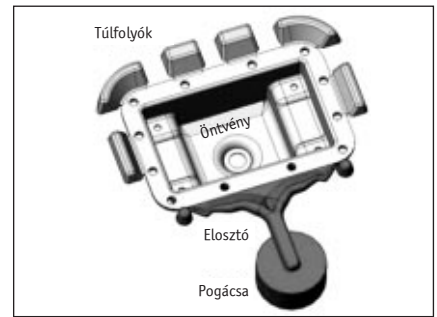
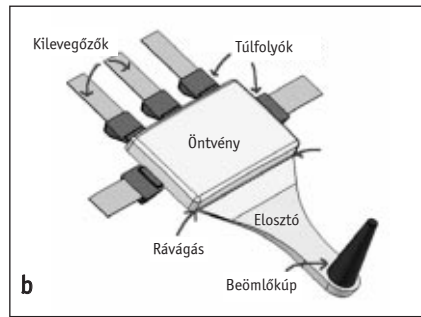
A nagynyomású öntés (HPDC – High Pressure Die Casting) beömlőrendszere beömlőtölcsérből (pogácsából), elosztócsatornákból, megvágásokból (rávágásokból), túlfolyókból és kilevegőzőkből áll. A pogácsa alakját hidegkamrás nyomásos öntőgép esetében az öntődugattyú vagy kalapács, melegkamrás öntőgép esetében a beömlőkúp képezi ki (1. ábra). A beömlőrendszer kialakítása fontos szerepet tölt be a fémáramlás szempontjából. A hidegkamrás nyomásos öntés pogácsájának ebből a szempontból nincs gyakorlati szerepe, viszont a fém „belövéséhez” egy zárt teret hoz létre.

Elosztócsatorna

Két alapvető beömlőrendszer-típus létezik, a tangenciális megvágású (2. ábra) és a széles, lapos, szalagszerű megvágású. A beömlőrendszer a szerszám különös gondal megtervezendő része. A beöm-



■ **1. ábra.** Nyomásos öntvény beömlőrendszerének alapelemei szalag alakú megvágással.
a – hidegkamrás nyomásos öntés, b – melegkamrás nyomásos öntés



■ **2. ábra.** Hidegkamrás nyomásos öntvény tangenciális beömlőrendszerrel

lőrendszer befolyásolja a fém áramlását azáltal, hogy a folyékony fémet a megfelelő helyre vezeti és felgyorsítja.

Túlfolyók és kilevegőzők

A túlfolyók összegyűjtik az áramlási fronton oxidálódott fémet, és a vékony részek közelében, valamint a rávgástól távoli öntvényrészek esetén hőcentrumként is funkcionálnak. A kilevegőzők a formaüregből történő gázelvezetésre szolgálnak. A rövid töltési idővel rendelkező szerszámüreg hatékonyabb levegőelvezető csatornát igényel a hosszabb töltési idejű szerszámüreghez képest. A kilevegőzők és túlfolyók a fémet a kívánt irányba terelik, de a fém vezetése főleg az elosztócsatorna feladata.

A beömlőrendszer tervezésének lépései

Mindkét beömlőrendszer típusát elterjedten használják. A tangenciális elosztócsatorna azonban jobb lehetőséget biztosít a beömlőrendszerben és a szerszámüregben a fém áramlásának szabályozására, valamint lehetőséget nyújt a megvágásoknál a fém sebességének szabályozására is amellet, hogy a kívánt mértékben növeli a fém áramlási sebességét.

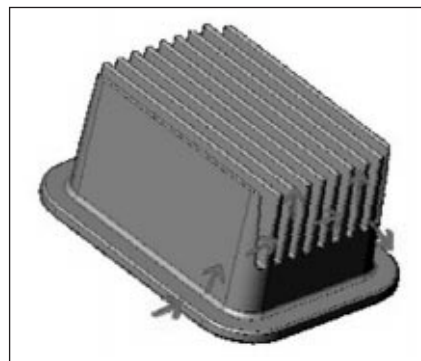
Az öntőmérnök általában a szerszámkészítővel együtt tervezi meg a beömlőrendszert. Az öntvénytervezőnek ismernie kellene a beömlőrendszer műszaki korlátait ahhoz, hogy jól önthető öntvényt tudjon tervezni. A beömlőrendszer szempontjából az a legfontosabb, hogy az öntést lehetőleg úgy alakítsuk ki, hogy a fém az egyik oldalon lépjen be a szerszámüregbe, a szerszámon keresztül lehetőleg egyenesen áramoljon, és a másik oldalon a gázokat a túlfolyókba nyomja. Nemkívánatos azoknak az öntvényformáknak az alkalmazása, amelyek esetében akadályozott a fém áramlása, vagy levegőelvezetőcsatorna nélküli zárt üregek alakulnak ki.



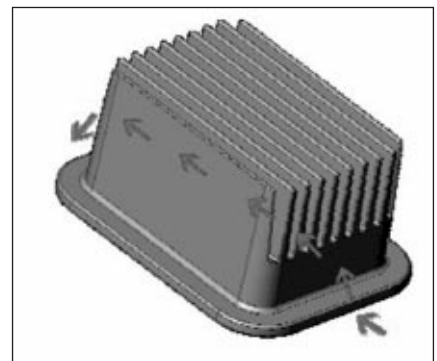
■ **3. ábra.** Fémáramlás egy csésze alakú öntvényben



■ **4. ábra.** A fém útja egy lapos öntvényben



■ **5. ábra.** Előnytelen irányú fémáramlás hűtőbordás öntvényben



■ **6. ábra.** Előnyös irányú fémáramlás hűtőbordás öntvényben

A beömlőrendszer tervezése az alábbi lépésekből áll:

- a fém áramlásának elemzése;
- az öntvény egyik oldalán a megvágás legmegfelelőbb helyének, a másik oldalon a kilevegőzők helyének megválasztása; a megfelelő formatöltési idő meghatározása;
- az öntvény szegmensekre osztása;
- a formatöltési idő és a megvágás szegmensenkénti számítása; megvágási sebesség szegmensenkénti meghatározása;
- PQ² analízis;
- próbaöntés és módosítások.

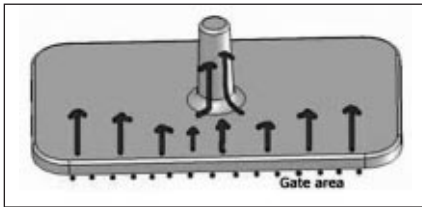
1. A fémáramlás elemzése

Az ideális öntvényalak esetében a fém tisztán és közvetlenül a szerszámüregbe

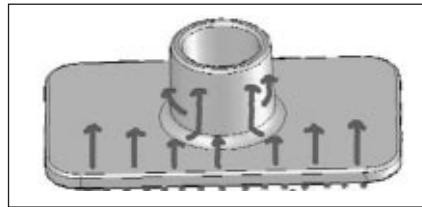
áramlik. Általában kompromisszumokat kell kötnünk, mivel csak ritkán áll módunkban ideális beömlőrendszert tervezni (lásd ábrák!).

A 3. ábrán peremes, csésze alakú öntvény látható. A fémáramlás a megvágásnál kezdődik, és az ellenkező oldalon fejeződik be. Sem kívül, sem belül nincsenek nagyméretű kiemelkedések. Tiszta áramlási karakterisztika, elégséges hely a megvágásra.

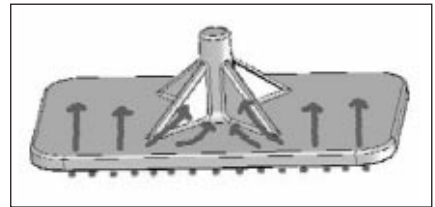
A 4. ábrán lapos öntvény látható. Nincsenek nagy kiemelkedések. Tiszta áramlási karakterisztika. A fémáramlás útjának végén vak foltok találhatóak a furatok mögött. A hátsó részeket a fém két oldalról tölti fel, így olyan területek alakulhatnak ki, ahol a mechanikai tulajdonságok rosszabbak, mint az öntvény más részein.



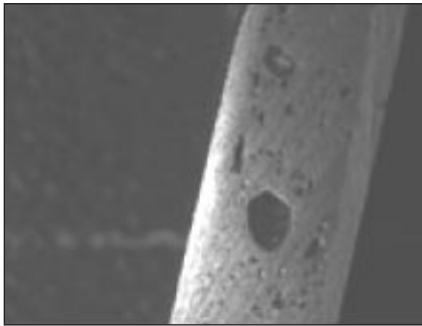
■ **7. ábra.** Kitáplálatlan zárt öntvényrész – elönytelen szerszámkonstrukció



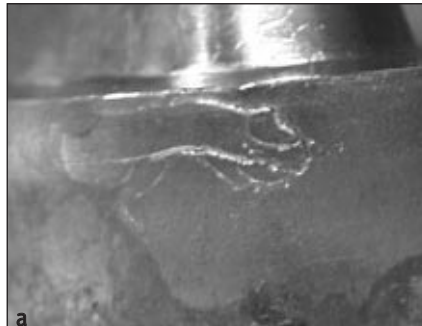
■ **8. ábra.** Az előző szerszámkonstrukció jobb megoldása



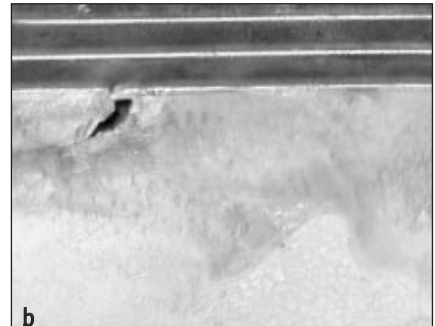
■ **9. ábra.** A kiemelkedő öntvényrész kitáplálása bordákkal



■ **10. ábra.** Porozitás és gázbuborék a nyomásos öntvény keresztmetszetében



■ **11. ábra.** Tipikus nyomásos öntészeti öntvényhibák. a – hidegfolyás, b – folytonossági hiány



Az 5. ábrán egy hűtőbordákkal ellátott öntvényt mutatunk be. Nem optimális megoldás, a bordák a folyékony fém fő áramlási útján kívül eső zárt üregeket képeznek.

A 6. ábra azt mutatja, hogy jobb a rövidebb oldalról, a bordákkal párhuzamosan megvágni, bár ezen az oldalon kisebb a hely a megvágásra.

A 7. ábra kitáplálhatatlan kiemelkedést mutat egy öntvényen. A szerszámüregbe belemunkált zárt forma, kilevegőzés nélkül, nem jó megoldás.

A 8. ábra az előzőnél jobb megoldást mutat. A fém a tervezett forma körül áramlik, és a gázokat a másik oldalon elhelyezett kilevegőzők felé tolja.

A 9. ábra a 7. ábrán láthatónál jobb megoldást mutat. A fém a bordákon keresztül áramlik, és a gázokat a másik oldalon elhelyezkedő kilevegőzők felé nyomja. A bordák okozhatnak problémát, például az alsó részen zsugorodási üreg keletkezhet. A bordák szerszámbe való munkálása viszonylag drága.

A nem megfelelő fémáramlásból eredő lehetséges öntvényhibák

Ha a fém nem áramlik elég hatékonyan a formaüregben keresztül, akkor lehetnek olyan öntvényrészek, ahol gázporozítással, gázbuborékok megjelenésével vagy nagyobb, kitöltetlen üregek kialakulásával kell számolnunk. A takarásban lévő részek nem önthetők ki tökéletesen. Például az 5. ábrán látható hűtőbordák nem tölthetők

ki egyszerűen. Egyik lehetséges megoldás a szerszámüreg vákuumozása vagy a lövésnél alkalmazott nyomás megfelelő megválasztása. Az olyan szerszámok esetében, ahol a töltés két irányból történik, hidegfolyás megjelenésével kell számolnunk. Az 5. ábrán látható öntvény öntése végén az üreg mögött hidegfolyás alakulhat ki, mivel az öntvénynek ez az része, ahová a fém utoljára jut el. A következő képeken ilyen öntvényhibákat mutatunk be.

A 10. ábrán porozitás és egy nagyméretű gázbuborék látható egy alumíniumöntvény falában. Ha a kilevegőzés nem működik tökéletesen, vagy ha az öntvényben található nem kilevegőztetett terület, a szerszámüregben lévő levegő a fémbe kerül. A pórusok mérete nagy lehet, még ha az öntvény kívülről megfelelőnek is látszik.

A 11. a ábrán hidegfolyás és áramlási vonalak láthatók. Ez akkor keletkezik, ha a szerszámüreg teljes kitöltése előtt a fémhőmérséklet túlságosan lecsökken. A 11. b ábrán kitöltetlen hűtőbordát mutatunk be. Valószínű oka a nem megfelelően megoldott kilevegőzés vagy a rossz „lövési” paraméterek.

2. A megvágás és a kilevegőzők optimális elhelyezésének megválasztása, a formatöltési idő meghatározása

Formatöltési idő

Az osztósíkon elég helyet kell biztosítani a megvágás és a kilevegőzők elhelyezésé-

re. A megvágási hosszat úgy kapjuk, hogy a megvágás területét elosztjuk a vastagsággal. A megvágás területe a választott formatöltési időtől és a megvágásbeli sebességtől függ. A szerszámüreg töltési ideje az alábbiak alapján határozható meg.

– Az öntvény legkisebb falvastagsága: a vastag fal hosszabb öntési időt igényel, mint a vékony fal. Ha az öntési idő túl rövid, a vékony falak hajlamosak a túl korai megdermedésre. A kifolyási hossz is kritikus lehet. Ha nagy területen vannak vékony falak, vagy ha a vékony falak távol vannak a megvágástól, a formatöltési időt rövidebbre kell választani.

– Az ötvözet és a szerszám hőtechnikai tulajdonságai: ide tartozik a likvidusz hőmérséklet, a dermedési hőmérsékletköz nagysága és a szerszám hővezető képessége. Ezek a tényezők befolyásolják a dermedési időt.

– Az öntvény és a túlfolyók együttes térfogata: a vékonyfalú, a nagy kifolyási hosszal rendelkező, valamint a különleges felületi minőséget igénylő öntvények gyártása nagy túlfolyókat igényel. A hűtő nagy térfogattal rendelkező fém hosszabb ideig képes megtartani a kis térfogatú öntvényekhez képest.

– A formatöltés közben megengedett megdermedt öntvénytömeg: minél jobb a kívánt felületi minőség, annál kevesebb megszilárdult fémmennyiség engedhető meg öntés közben, valamint annál rövidebb a formatöltési idő.

A formatöltési idő meghatározására az egyik legismertebb formula a *J. F. Wallace* és *E. A. Herman* által felírt ún. NADCA formatöltési idő egyenlet. A különböző irodalmakban ismertetett egyenletek között csak csekély eltérés tapasztalható. (*Mike Ward: Gating Manual, NADCA, USA, 2006*)

$$t = K \left\{ \frac{T_i - T_f + SZ}{T_f - T_d} \right\} T$$

t = maximális öntési idő, s;

K = empirikusan adódik, egyenesen arányos $a(z)$ (acél) szerszám hővezető képességével;

T = az öntvény legvékonyabb falvastagsága, mm;

T_f = likvidusz hőmérséklet, °C;

T_i = a fém hőmérséklete a rávágásban, °C;

T_d = a szerszám felületi hőmérséklete a lövés előtt, °C;

S = szilárd részek százalékos aránya az öntés végén, %;

Z = szilárd részek konverziós tényezője, összefügg a megszilárdulási tartomány szélességével.

A formatöltési idő alatt átadott hasznos hő, az ötvözet folyékonyságához szükséges hőmérséklet és a szerszám felületi hőmérséklete közötti hőmérsékletkülönbség között kapcsolat áll fent. A „ K ” konstans értéke a szerszám anyagának hővezetésével, a „ T ” pedig az öntvény legvékonyabb falvastagságával áll összefüggésben.

A „ K ” konstans jellemzői:

- 0,0312 s/mm, AISI P-20-as (előnemesített, képlékenyen alakított) szerszám-acél, cinkötvözetek öntése;
- 0,0252 s/mm, AISI H-13-as (krómmal ötvözött, melegen alakított) szerszám-acél és AISI H-21-es (krómmal és volframmal ötvözött, melegen alakított) szerszám-acél, magnéziumötvözetek öntése;
- 0,0346 s/mm, AISI H-13-as és AISI H-21-es szerszám-acélok, cink-, alumínium- és rézötvözetek öntése;
- 0,0124 s/mm, (volframmal ötvözött) szerszám-acél, magnézium-, cink-, alumínium- és rézötvözetek öntése.

A szilárd részek százalékos aránya (S) az öntés végén az 1. táblázat szerint megengedett. Ha fontos az öntvény jó felületi minősége, kisebb értékek használandók. (*Mike Ward: Gating Manual, NADCA, USA, 2006*).

A „ Z ” konstans jellemzői:

1. táblázat. A szilárd részek százalékos aránya az átlagos legkisebb falvastagság függvényében

Falvastagság, mm	A szilárd anyag mennyisége az öntés végén (S), %		
	Alumínium	Magnézium	Cink
< 0,8	5	10	5-15
0,8 - 1,25	5 - 25	5 - 15	10 - 20
1,25 - 2	15 - 35	10 - 25	15 - 30
2 - 3	20 - 50	20 - 35	20 - 35

- 4,8 °C/% ASTM 360, 380, 384 alumíniumötvözetek, valamint az összes eutektikus összetétel alatti (12% Si) AlSi(Cu/Mg) ötvözet esetén;

- 5,9 °C/% ASTM 390 alumíniumötvözet, valamint AlSi(Cu/Mg) eutektikus összetételű ötvözet esetén;

- 3,7 °C/% magnéziumötvözet esetén;

- 3,2 °C/% 12-es és 27-es cinkötvözet esetén;

- 2,5 °C/% 3-as, 5-ös és 7-es cinkötvözet esetén;

- 4,7 °C/% rézötvözet esetén.

Nyomásos öntéssel öntött rézötvözetek szerszámüregének formatöltési ideje a falvastagság és egy konstans szorzataként írható fel:

$$s < 2 \text{ mm esetén } t = s \times 7,$$

$$s = 2-3 \text{ mm esetén } t = s \times 10,$$

ahol t – az öntési idő, ms;

s – az átlagos minimális falvastagság, mm

Lehetséges öntvényhibák

Abban az esetben, ha a formatöltési idő túl hosszú, az alábbi felületi hibák jelentkezhetnek:

- formatöltési hiányok;
- hidegfolyás;
- örvények;
- hidegforradás;
- látható áramlási vonalak.

A túl rövid öntési idő nem okoz különösebb öntvényhibát. Az öntési idő csökkentése a dugattyú sebességének növelésével, valamint a rávágásban a fémsebesség növelésével is megvalósítható, viszont ha a rávágást nem nagy sebességre tervezték, akkor ez további problémákat okozhat.

Megvágásbeli sebesség

A megvágásbeli sebesség befolyásolja az öntvény mechanikai tulajdonságait és az öntvény felületi minőségét. A nagy megvágásbeli sebesség jobb mechanikai tulajdonságokat és kevesebb porozitást eredményez a kisebb megvágási sebességhez képest. A mai nyomásos öntőgépek már a

100 m/s-os öntési sebességet is elérik, de az öntőszerszám eróziójának kialakulása már kb. 40 m/s-os öntési sebességnél megkezdődik. Ez az oka annak, hogy a formatöltési sebesség 40 m/s-ról 100 m/s-ra való megnövelése nem praktikus. A gázporozitás kialakulásának a csökkentése a megvágásbeli sebesség növelése nélkül is elérhető, ha a megvágást és az elosztócsatornát megfelelően, törések nélküli áramlási profillal tervezzük, és az öntést is úgy alakítjuk, hogy visszafolyás ne fordulhasson elő. Visszafolyás úgy jöhet létre, ha a fémáramlás útjában akadályok vannak (10-13. ábra).

A lehetséges megvágásbeli sebességtartomány függ a választott megvágás vastagságtól, a következő összefüggés szerint:

$$V_g^{1,707} * T_g * \rho \geq J, \text{ ahol}$$

V_g – a megvágásbeli sebesség, m/s;

T_g – a megvágás vastagsága, mm;

ρ – az ötvözet sűrűsége, kg/m³.

Az egyenlettel meghatározhatjuk a legkisebb megvágásbeli sebességet, amely függ a megvágás vastagságától. Nem praktikus kis sebességet és vékony megvágásvastagságot választani. A tipikus megvágási vastagság:

- alumíniumötvözetek esetén 0,8-3 mm;
- magnéziumötvözetek esetén 0,7-2,2 mm;
- cinkötvözetek esetén 0,35-1,2 mm;
- rézötvözetek esetén 1,5-4 mm.

A következő táblázatok különböző megvágási keresztmetszetet és hosszát tartalmaznak (2-4. táblázat). Ezek a táblázatok 0,1 dm³-es öntvény- + túlfolyótérfogat méretre készültek. Más térfogatok kiszámításához az egyes értékeket meg kell szoroznunk az aktuális térfogattal. Pl. ha az öntvény + a túlfolyó térfogata 0,283 dm³, szorozzuk meg a táblázatban található értéket 2,83-mal.

A megvágás hosszának és vastagságának közelítő meghatározását követően fontos, hogy meghatározzuk a megvágás pontos elhelyezkedését. Van néhány alap-

vető szabály (bár minden ötvény különbözik a másiktól):

- A vastagabb ötvényrészeket helyezzük a megvágás közelébe, a vékonyabb falvastagságú ötvényrészeket pedig a túlfolyók közelébe. Ez az elrendezés nem akadályozza a fém megfelelő áramlását a formatöltés közben és a dermedés folyamán, amikor a keletkezett zsugorodási üregeket akarjuk kitáplálni.
- Kerülni kell két olvadékfront megvágástól távoli találkozását. Ez nem ideális, bár néha elkerülhetetlen.
- A keret alakú ötvényeket belülről kell megvágni.
- A megvágást lehetőleg ne a magokkal szemben helyezzük el. A nagy megvágás

gásbeli sebesség eltörheti a magokat vagy gyorsíthatja azok kopását. Ha fix magok vannak, amelyek nem mozgathatók, a megvágást a magok között meg kell osztani. Konzultálni kell az öntődével és a szerszámkészítővel.

Lehetséges ötvényhibák

Nyomásos öntésnél a gáz- és zsugorodási porozitás a legáltalánosabb és a legtöbb problémát okozó hiba. Ellentmondó vélemények vannak a gázporozitás okáról, valamint a formatöltési sebesség hatásáról a porozításra. Az egyik hivatkozás szerint a gázporozitást a porlasztási áramlási jelenségek vagy a nagy formatöltési sebesség okozza. Egy másik irodalom 50 m/s-nál

nagyobb áramlási sebességet javasol. Úgy tűnik, ha a többi tényező változatlan marad, az áramlási sebesség növelésével csökken a porozitás. De a nagy formatöltési sebesség túlzott szerszámkopáshoz vezet. Ha az áramlási sebesség túl kicsi, az az ötvényben rossz áramlási viszonyokat és áramlási porozitást okoz. Az öntés során be kell tartani a tervezési paramétereket.

3. Az ötvény szegmensekre osztása

Egy szegmens az ötvénynek az a része, amelyben a fém viszonylag egyenletesen áramlik. A zárt végeket kerülni kell, a megvágással szemben mindig kilevegőzőnek kell lennie. A tangenciális elosztócsa-

2. táblázat. A különböző ötvözetek megvágásbeli sebességei, minimális formatöltési idők és a megvágás paraméterei. 1–1,25 mm-es minimális átlagos falvastagságra jellemző értékek. A Wallace- és Hermann-féle formatöltési idő egyenlettel számolva

Ötvözet	Jellemző sebesség a megvágásban	Legkisebb formatöltési idő 1-1,25 mm-es átlagos legkisebb falvastagság esetén	A jellemző megvágásbeli sebességhez tartozó megvágásvastagságok	Megvágás és kilevegőző méretek 0,1 dm ³ összterfogatú ötvény esetén			
				Rávágás keresztmetszete	Bekötő hossz	Minimális kilevegőző keresztmetszet	Kilevegőző hossz**
Al	17 – 40 m/s	0,016 – 0,038 s	0,8 – 3 mm	65 – 370 mm ²	43 – 215 mm	16 – 93 mm ²	82 – 460 mm
Zn	30 – 60 m/s	0,011 – 0,021 s	0,35 – 1,2 mm	80 – 305 mm ²	70 – 780 mm	20 – 77 mm ²	100 – 380 mm
Mg	25 – 50 m/s	0,023 – 0,036 s	0,7 – 2,2 mm	55 – 175 mm ²	25 – 125 mm	14 – 44 mm ²	70 – 220 mm
Cu (sárgaréz)	20 – 50 m/s	0,007 – 0,010 s*	1,5 – 4 mm	200 – 700 mm ²	70 – 245 mm	50 – 175 mm ²	250 – 875 mm

3. táblázat. A 2 mm-es minimális átlagos falvastagságra jellemző értékek. A Wallace- és Hermann-féle formatöltési idő egyenlettel számolva

Ötvözet	Jellemző sebesség a megvágásban	Legkisebb formatöltési idő 2 mm-es átlagos legkisebb falvastagság esetén	A jellemző megvágásbeli sebességhez tartozó megvágásvastagságok	Megvágás és kilevegőző méretek 0,1 dm ³ összterfogatú ötvény esetén			
				Rávágás keresztmetszete	Bekötő hossz	Minimális kilevegőző keresztmetszet	Kilevegőző hossz**
Al	17 – 40 m/s	0,031 – 0,060 s	0,8 – 3 mm	42 – 190 mm ²	30 – 110 mm	11 – 48 mm ²	53 – 238 mm
Zn	30 – 60 m/s	0,022 – 0,033 s	0,35 – 1,2 mm	51 – 152 mm ²	45 – 390 mm	13 – 38 mm ²	64 – 190 mm
Mg	25 – 50 m/s	0,047 – 0,058 s	0,7 – 2,2 mm	34 – 85 mm ²	16 – 60 mm	9 – 22 mm ²	43 – 106 mm
Cu (sárgaréz)	20 – 50 m/s	0,02 s***	1,5 – 4 mm	100 – 250 mm ²	35 – 86 mm	25 – 63 mm ²	125 – 313 mm

4. táblázat. A 3 mm-es minimális átlagos falvastagságra jellemző értékek. A Wallace- és Hermann-féle formatöltési idő egyenlettel számolva

Ötvözet	Jellemző sebesség a megvágásban	Legkisebb formatöltési idő 3 mm-es átlagos legkisebb falvastagság esetén	Gate thickness range for the typical ingate velocities	Gate and vent measures for a cast part with total cavity and overflow volume of 0,1 dm ³			
				Gate area	Ingate length	Minimum vent area	Vent length**
Al	17 – 40 m/s	0,047 – 0,090 s	0,8 – 3 mm	30 – 125 mm ²	20 – 75 mm	8 – 32 mm ²	38 – 157 mm
Zn	30 – 60 m/s	0,033 – 0,050 s	0,35 – 1,2 mm	35 – 101 mm ²	30 – 260 mm	9 – 26 mm ²	45 – 127 mm
Mg	25 – 50 m/s	0,070 – 0,087 s	0,7 – 2,2 mm	23 – 57 mm ²	15 – 41 mm	6 – 15 mm ²	30 – 72 mm
Cu (sárgaréz)	20 – 50 m/s	0,03 s***	1,5 – 4 mm	70 – 167 mm ²	25 – 58 mm	18 – 42 mm ²	88 – 210 mm

* becsült érték, a $t = s \times 7$ egyenlettel számolva;

** 0,2 mm-es kilevegőző vastagság;

*** becsült érték a $t = s \times 10$ egyenlettel számolva.

tornák lehetővé teszik a fémáram irányítását (lásd ábrák).

A 12. ábrán egy csésze alakú öntvény látható, közepén bordaszerű kiszögellésekkel. A fém az öntvény oldalain lévő lapos kiszögelléseken keresztül áramlik felfelé és oldalsó irányba. A bordaszerű kiszögellések problémát okoznak.

A 14. ábrán különösen jól látható a szegmensekre osztott öntvény. A bordaszerű kiszögellések a középső szegmensben zárványokat eredményezhetnek, és a fémáramlást bonyolulttá teszik. Előfordulhat, hogy a középső részben gyenge visszaáramlás alakul ki. A visszaáramlás a fémét összekeveri a gázzal, ami porozitást okoz.

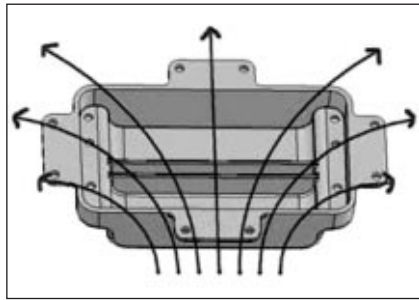
A 15. ábrán a módosított öntvényt mutatjuk be. A korábbi nagyméretű, bordaszerű kiszögellések kisebbek. A fémáramlás jobb, és nincsenek zárt öntvényrészek.

Az öntőmérnök és a szerszámkészítő javasolhat néhány módosítást az öntvényen. Néha az ilyen javaslatokat nem lehet kivitelezni. Az okok lehetnek technikaiak, vagy az öntvény kivitelével és megjelenésével kapcsolatosak. Ajánlott az öntőde műszaki vezetőjével beszélni, hogy ilyen esetekben is közös megoldást találjunk. Belső gázhólyagok esetén is önthető az öntvény, a szerszámüreg vákuumozásával vagy más technikai megoldással jó felületi és belső minőség biztosítható.

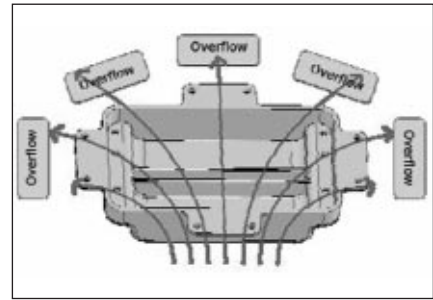
Figyelem! A szerszámot és a beömlőrendszert tervező szakember feladata, hogy az öntvényt részekre ossza, és figyelembe vegye azt a beömlőrendszer és a ki-levegőzők helyének meghatározásakor.

4. A formatöltési idő és a megvágás számítása szegmensek szerint; áramlási sebesség a szegmensekben

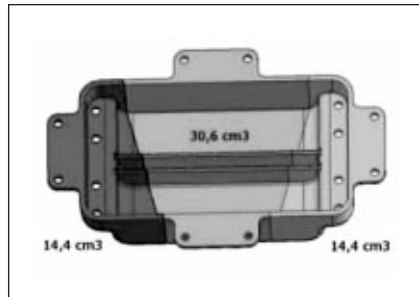
A háromdimenziós (3D) CAD-szoftverek kitűnő lehetőséget nyújtanak a teljes térfogat, a különböző szegmensek térfogata és a nyomott felület meghatározására. A teljes térfogatot és a szegmensek térfogatát a formatöltési idő számításához használják. A nyomott felület a nyomásos öntőgép szükséges szerszámzáró erejét határozza meg. A legjobb, ha az eredeti öntvénymodell használatát használjuk, de semleges formátum (IGES, STEP, ParaSolid) is alkalmazható. A CAD-modell vizsgálata sokkal jobb, mintha az öntvénytervező csak az átlagos legkisebb falvastagságot venné figyelembe.



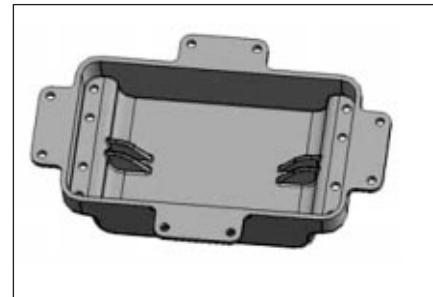
12. ábra. Csésze alakú öntvény bordákkal



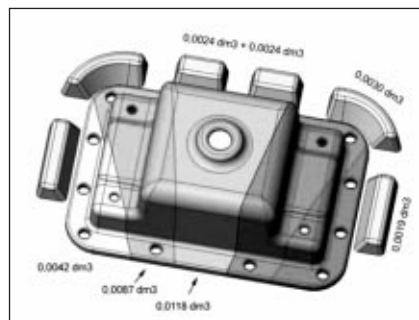
13. ábra. Az előző öntvény túlfolyói



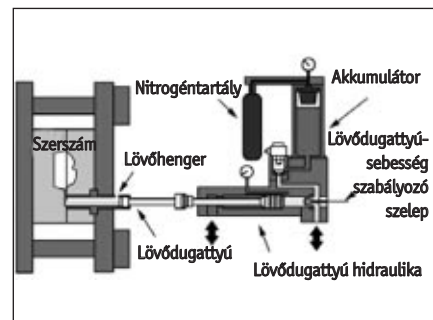
14. ábra. Az öntvény szegmensei



15. ábra. A módosított öntvény bordák nélkül



16. ábra. A szegmensekre osztott öntvény és a túlfolyók



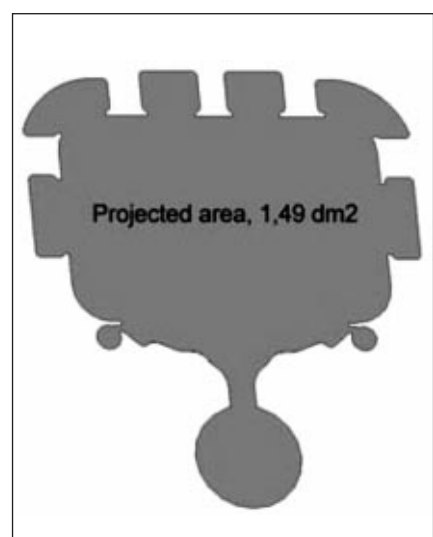
17. ábra. Hidegkamrás nyomásos öntőgép lövedugattyú-mozgató hidraulikus rendszere

Példa: a formatöltési időnek és a rávágás területének, valamint hosszának számítása

A teljes öntvénytérfogat: $V_g = 0,0375 \text{ dm}^3$,
a teljes túlfolyó térfogat: $V_0 = 0,0147 \text{ dm}^3$,
az öntvény szélessége: 120 mm,
az öntvény hossza: 80 mm,
az öntvény magassága: 45 mm,
az átlagos legkisebb falvastagság: 1,8 mm.

Az egyes szegmenseknek kb. 40%-a túlfolyók térfogata, aminek elégnek kell lenni ahhoz, hogy az 1,8 mm-es átlagos legkisebb falvastagságú öntvénynek jó felületi minősége legyen. Összesen öt szegmens és hat túlfolyó van (16. ábra).

Az öntvény anyaga:
alumínium (AlSi10Mg);
a gyártási mód:
hidegkamrás nyomásos öntés;
az ötvözet likvidusz-hőmérséklete: 600 °C;



18. ábra. A 2. ábrán látható öntvény osztó-síkra vetített metszete az elosztócsatornával, a pogáccsával és a túlfolyókkal

az ötvözet szolidusz-hőmérséklete: 530 °C.

Ha az öntési hőmérséklet 690 °C, akkor a megvágásbeli hőmérséklet $T_i \sim 660$ °C. Ennek az ötvözetnek a minimális kifolyási hőmérséklete 570 °C, a szerszámüreg hőmérséklete (T_d) optimális esetben 340 °C. A jó felületi minőség eléréséhez maximum 15% szilárd rész a megengedett. Ennek hőmérsékletköze 72 °C. A szerszám anyaga általános szerszámacél. A K konstans értéke 0,0346 s/mm. A fentieket behelyettesítve a formatöltési idő (t):

$$t = K \left\{ \frac{T_i - T_f + SZ}{T_f - T_d} \right\} T =$$

$$0,0346 \left\{ \frac{660 - 570 + 72}{570 - 260} \right\} 1,8 = 0,0325 \text{ s}$$

A megvágás vastagsága (h) 1,0 mm, ami a csatlakozó perem harmada. A megvágásbeli sebesség 32 m/s, ami a választható legkisebb érték, hogy elkerüljük a szerszám kopását. A minimális áramlási sebesség 1,0 mm-es vastagságnál 32 m/s.

A megvágás keresztmetszete (A):

$$A = Q/v_g = \frac{V_g + V_o}{v_g} t =$$

$$\frac{0,0375 + 0,0147}{0,0325} / 320 = 50,2 \text{ mm}$$

A megvágás hossza $A/h=50,2$ mm. A bevitt érték a minimális formatöltési idő volt. Ajánlott alacsonyabb értékeket alkalmazni. Ha a telítési vagy formatöltési időt az eredeti értékének 70%-ára vesszük, $0,7 \times 0,0325 \text{ s} = 0,0228 \text{ s}$; a rávágás hossza 71,5 mm lesz. Ez az érték elfogadható.

5. PQ² analízis (gépkapacitás vizsgálat)

A PQ² analízis során a számítással meghatározott megvágásbeli sebességet vetik össze a nyomásos öntőgép lövedugattyújának hidraulikus rendszerével. A hidraulikus rendszer nitrogéntartályokból, akkumulátorokból, számítógép vezérelte szelepekből és a lövedugattyúhoz csatlakozó hidraulikus hengerekből áll. A hidraulikus rendszer feladata a lövedugattyú

mozgatása és a formaüreg megtöltése (17. ábra).

A lövedugattyú mozgásának három fázisa van:

- 1. fázis: lassú mozgás, a beömlőrendszer megtelik a megvágásig;
- 2. fázis: gyors mozgás, a szerszámüreg és a túlfolyók megtelnek fémmel. A gyors fázist úgy állítják be, hogy a szerszámüreg a számított formatöltési idő alatt töltsen meg;
- 3. fázis: utánnyomás, mely során az öntvényre nagy nyomás hat.

A megvágásbeli sebesség függ a második fázis közbeni nyomás mértékétől az alábbi egyenlet szerint:

$$P_m = \left(\frac{\rho}{2g} \right) \times \left(\frac{V_g}{C_d} \right)^2$$

P_m fémmnyomás, Pa;

ρ fémsűrűség, kg/m³;

g gravitációs állandó, m/s²;

V_g áramlási sebesség, m/s;

C_d (lövési) együttható.

Minden nyomásos öntőgépnek egyedi nyomás- és sebességprofilja van. A C_d (lövési) együttható az egyes gépek közötti különbségeket reprezentálja. Tipikus értéke általában 0,45–0,5.

A nyomásos öntődék folyamatosan vizsgálják és elemzik öntőgépeiket, hogy kapcsolatot találjanak a lövési sebesség és a hidraulikus rendszer belső nyomása között. A fémnyomása (P_m) egy elméleti (számított) érték, a valós értékek ettől eltérőek lehetnek.

A nyomásos öntőgépeket a záróerő alapján osztályozzák. A záróerő az az erő, amely megakadályozza, hogy ciklus közben a szerszám kinyíljon. Ha a szerszámüreg teljesen meg van töltve fémmel, nagy nyomás alakul ki benne. Ez a nyomás az utánnyomás során tovább nő a harmadik fázisban, és olyan erőt képez, amely arányos az öntvény osztósíkjában lévő metszettel (18. ábra).

Szerszám-törést okozhat az az így indukálódó fémmnyomás, melynek nagysága arányos az osztósíkjában levő metszettel az $F = P \times A$ egyenlet szerint. Ezt az összefüggést használják az alkalmazandó nyomásos öntőgép méretének meghatározására.

hoz. Pl. ha az utánnyomás értéke 550 bar = $550 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, akkor az 1,49 dm²-es osztósíkjában lévő terület 820 kN nagyságú törőerőt hoz létre. Ehhez az erőhöz a számítás szerint 82 kt záróerejű nyomásos öntőgépre lenne szükség, ami túl kis méretű. A jelenleg használatos nyomásos öntőgépek záróereje 100–1000 kt között változik.

A fémmnyomás és a megvágásbeli sebesség közötti összefüggés, másrésztől a megvágásbeli sebesség és a szerszámüregben levő nyomás következménye, hogy nem mindig lehetséges nagyméretű öntvényt nagy formatöltési sebességgel és/vagy nagy nyomással gyártani. Mindig kompromisszumot kell keresni.

6. Módosítások és finomítások

A beömlőrendszer méretezése kompromisszumokon alapszik. Az öntődével, az öntvénytervezővel és a szerszámtervezővel együtt kell dolgozni. Valószínű, hogy az első próbák után valamilyen módosításra lesz szükség. A formatöltésen kívül még számos részlet van, amit egyeztetni és fejleszteni kell. Egy jól önthető öntvény tervezése időigényes feladat.

Ajánlott irodalom

- D. R. Gunasegaram – B.R. Finnin – F.B. Polivka: Effect of Flow Velocity on the Properties of High Pressure Die Cast Al-Si Alloy. Materials Forum 29, 2005*
- H. H. Pokorny – P. Thukkaram: Gating Die Casting Dies. Society of Die Casting Engineers, USA, 1981*
- J. Orkas, edit. E. R. Keil: Painevalumuotin suunnittelu. Seminar 20–22.10.1998, Espoo, Finland*
- Mike Ward: Gating Manual, NADCA, USA, 2006.*
- P. H. Andersson, – P. Järvelä és társai: Muotin suunnittelu ja valmistus, Tampere University of Technology, Finland, 2004*
- W. G. Walkington: Die Casting Defects. Causes and solutions. NADCA, USA, 1997*