

**Miskolci Egyetem**

**Műszaki Anyagtudományi Kar**

**Öntészeti Intézet**




## **Szakedolgozat**

*„Gépbeállítási paraméterek és a vákuum technológia változtatásának hatása az öntvényben kialakuló porozitás mértékére”*

**Készítette: Kaskó Jennifer**

BSc. anyagmérnök hallgató

**Miskolc, 2021**

<b>MISKOLCI EGYETEM</b> Műszaki Anyagtudományi Kar <b>UNIVERSITY OF MISKOLC</b> Faculty of Materialsscience and Engineering	 The logo of the University of Miskolc, featuring a shield with the year 1735, a building, and a banner with the Latin motto 'UNIVERSITAS MISKOLCINENSIS'.	<b>Metallurgiai és Öntészeti Intézet</b> <b>Járműipari Öntészeti Tanszék</b> Department of Metallurgy and Foundry 3515Miskolc-Egyetemváros, Tel./Fax: (36) (46) 369-519
---	---	---

**Kaskó Jennifer**

**Járműipari öntész- és öntész szakirányos**

**BSC anyagmérnök hallgató**

Szakirányos konzulens: Dr. Erdélyi János

egyetemi docens

Üzemi konzulens: Bihari János

Öntödei technológus

Leadási határidő: 2021. május 7.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúttal szeretném megköszönni a duális partnercégemnek a Prec-Cast Kft.-nek és a cégnél dolgozó Bihari János főtechnológusnak és Kaskó Tamás technológusnak a fáradhatatlan munkájukat a témám kísérleteiben és a cégnél végzett vizsgálatok során.

Továbbá köszönetet mondok az egyetemi konzulensemnek, Dr. Erdélyi János egyetemi docensnek, aki szakmai tudásával segítette munkámat.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetet mondok a családomnak illetve Váradi Máténak, akik végig kitartottak mellettem és biztattak.

## **Nyilatkozat**

Alulírott Kaskó Jennifer (*Neptun kód: GHQ5RV, született: 1998.03.17.*) nyilatkozom, és büntetőjogi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a leadott szakdolgozat a saját munkám.

Miskolc, 2021. május 7.

---

Kaskó Jennifer, hallgató

*A nyilatkozatot átvettem.*

Miskolc, 2021. május 7.

---

Dr. Molnár Dániel, szakirány-vezető

## **A szerzői jogok részletes átadásáról szóló nyilatkozat**

Alulírott Kaskó Jennifer (Neptunkód: GHQ5RV, szül.hely: Sátoraljaújhely, év: 1998. hónap: március, nap: 17.) ezúton nyilatkozom, hogy a dolgozatom nem tartalmaz tudományos etikát sértő információt, viszont mivel abban vállalatok és intézmények érdekeit sértő bizalmas adatok is szerepelnek, a dolgozatom semmilyen formában nem hozható nyilvánosságra, az sem az Egyetemi Könyvtár részére, sem további felhasználásra, harmadik fél részére át nem adható. Azt a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának **Öntészeti Intézetében** elzártan kell tartani.

Miskolc, 2021. május 7.

---

Kaskó Jennifer, hallgató

Az igazolást átvettem.

Miskolc, 2021. május 7.

---

Dr. Molnár Dániel; szakirány-vezető

# Tartalomjegyzék

*Köszönetnyilvánítás*

*Nyilatkozat*

*A szerzői jogok részletes átadásáról szóló nyilatkozat*

*Tartalomjegyzék*

<i>Bevezetés.....</i>	<i>2</i>
<i>1. Cég bemutatása.....</i>	<i>3</i>
<i>2. Szakirodalmi áttekintés .....</i>	<i>4</i>
2.1. Nyomásos öntés története .....	4
2.2 A nyomásos öntés főbb technológiai jellemzői .....	4
2.2.1. A nyomásos öntés összehasonlítása más öntvénygyártási eljárásokkal.....	5
2.2.2. A nyomásos öntés főbb előnyei és hátrányai .....	6
2.3 .Nyomásos öntészeti eljárások.....	7
2.3.1. Melegkamrás nyomásos öntés.....	7
2.3.2 Hidegkamrás nyomásos öntés .....	9
2.4 Vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés .....	9
2.5 A nyomásos öntés részfolyamatai.....	11
<i>3 Nyomásos öntészeti ötvözetek.....</i>	<i>18</i>
3.1 AlSi10MnMg ötvözet .....	23
<i>4 Választott öntvény bemutatása.....</i>	<i>25</i>
<i>5 Öntéstechnikai számítások .....</i>	<i>32</i>
<i>6 Hőtechnikai számítások.....</i>	<i>38</i>
<i>7 Saját öntési kísérletek.....</i>	<i>41</i>
<i>8 Összefoglalás.....</i>	<i>50</i>
<i>Irodalom jegyzék .....</i>	<i>51</i>
<i>Ábra és táblázat jegyék.....</i>	<i>52</i>

## Bevezetés

Napjainkban Magyarországon a járműipar dinamikusan fejlődő iparágnak tekinthető. Az átlagosnál gyorsabban fejlődő ipari ágazat nagy kihívást jelent az autóiipari beszállítói láncnak. Nagyrészt az egyre komplexebb fémalkatrészek nagy mennyiségű gyártása, megmunkálása, összeszerelése komoly feladat az iparágnak.

A járműipai alkatrészek előállítási technológiái között a nyomásos öntészet egyre növekvő szerepe annak tudható be, hogy költséghatékony, modern, környezetbarát eljárással kivitelezhető a gyártás és könnyen automatizálható. Ezek mellett nagy sorozatszámú öntvények előállítására alkalmas, valamint nagyon bonyolult, összetett, vékony falú termékek is kivitelezhetőek ezzel az öntési eljárással. Ezen okoknál fogva a nyomásos öntészeti eljárás - mind a külföldi, mind pedig a hazai fémtermék előállítási piacon - jelentős szerepet és kiemelt figyelmet kap.

A nyomásos öntészeti eljárásban, egyetlen művelet segítségével, összetett szerkezetű, méretpontosságban is már a felhasználásra alkalmas munkadarab érhető el. Ennek köszönhetően, az utólagos megmunkálás részben vagy akár teljes egészében is elhagyható.

Az általam választott duális oktatásban résztvevő vállalat a sátoraljaújhelyi Prec-Cast Öntödei Kft., amely 2014. óta dolgozik azon, hogy a járműipar számára nagy méretű, nagy darabszámban elérhető autóiipari alkatrészeket megfelelő minőségben és mennyiségben biztosíthasson. Ahhoz, hogy ez megvalósítható legyen, 2020-ra a felvásárlói piac és a vevői igények kielégítésének az érdekében szükségessé vált a termelési kapacitás növelése, a létszám bővítése és az autóiipar fejlődéséhez igazodó gyártási technológiák bevezetése is.

## 1. Cég bemutatása

Az 1933-ban a németországi Regensburgban alapított családi vállalat, melyet a mai tulajdonos nagyapja hozott létre akkor még Elektro-Wolf néven, mondhatni, hogy véletlenül került a cinknyomásos öntészeti ágazatba a II. világháború után. A cég megálmodását követően nagy mérföldkőnek számított az 1947-ben létrehozott Druckguss Wolf cinknyomásos öntöde, ami már szerszámgyártással is foglalkozott. A későbbi ipari igényekhez igazodva 1977-ben bevezették üzembe az alumínium nyomásos öntési eljárást, amelynek köszönhetően gyorsan és nagy lépésekben fejlődött a cég.

Még ma is, az alumínium mellett, kb. 5%-os arányban történik a cink alkatrész gyártása a nemzetközi autó- és elektronikaiipar számára. 1989-ban hozták létre a sátoraljaújhelyi telephelyet, Prec-Cast Öntödei Kft. néven.

A Wolf cégcsoporton belüli termelői egységek közül a sátoraljaújhelyi Prec-Cast Öntödei Kft. a legnagyobb telephely, amely saját szerszámgyártással rendelkezik. A cég termékpalettáin belül megtalálható nyersöntvény, megmunkált illetve hő- és felületkezelt, továbbá szerelt öntvény-késztermék. Az öntödei gyáregység 55 hidegkamrás (Italpresse, LK, Bühler) és 4 meleg kamrás (Frech, IDRA, Itai) öntőgéppel rendelkezik. Az **1. ábrán** az általam duális partnernek választott Prec-Cast Öntödei Kft. látható. [1;2;3]



**1. ábra:** Prec-Cast Öntödei Kft [1]

## **2. Szakirodalmi áttekintés**

A szakirodalmi áttekintés keretein belül bemutatom a nyomásos öntés történetét, főbb technológiai jellemzőit, összehasonlítását más öntészeti eljárásokkal, főbb előnyeit illetve hátrányait, a nyomásos öntészeti eljárások közül a melegkamrás, hidegkamrás és vízszintes hidegkamrás eljárásokat, illetve a részfolyamatait.

### **2.1.Nyomásos öntés története**

A régóta ismert gravitációs kokillaöntésből tértek át a tartós formába öntésre, mely a mai nyomásos öntés kezdetleges változata. Ez már az egyik legjelentősebb fémfeldolgozási technológia.

Régen csak néhány ötvözetet ismertek, mint például az ólom, ón-antimon és ón-ólom. Ezeknek az ötvözeteknek alacsony volt az olvadáspontjuk ezért könnyedén tudták őket alakítani különösebb szaktudás vagy speciális berendezés nélkül. Az évek során a felhasználásból eredő tapasztalatoknak köszönhetően rájöttek, hogy a cink-alumínium ötvözetnek jobbak a mechanikai tulajdonságai, amit így előszeretettel használtak a speciális géptípusok építéséhez. [5]

### **2.2 A nyomásos öntés főbb technológiai jellemzői**

A nyomásos öntés egy olyan fémalakítási technológia, amely során az olvadt fémet rendkívül rövid idő alatt, nagy sebességgel juttatják a tartós fémmformába, ahol nagy nyomás hat rá megszilárdulás közben. Az ilyen módon történő formatöltés már csak csekély mértékű összefüggésben van a nehézségi erő hatásával, ellentétben a homok vagy a kokillaöntésnél. A folyékony fémre ható nyomás kinetikai energiává alakításán alapszik az eljárás. [4]

A rendkívül nagy áramlási sebesség eredményeként bonyolult áramlási viszonyok alakulnak ki a formaüregben, melynek az eredménye, hogy a folyékony fém a formaüregben lévő levegő jelentős részét magába zárja. A bezárt levegő miatt van szükség a rendkívül nagy fémre ható nyomásra a levegő-bezáródások összepréseléséhez. [4]

Ezt az öntési típust leggyakrabban vékony falvastagságú, bonyolult geometriájú öntvények gyártására használják. A formát adó szerszám hőmérséklete jelentősen kisebb, mint a gravitációs öntés esetén. A szerszám hőmérséklete miatt ezzel az eljárással előállított darabok rövidebb dermedési (megszilárdulási) idővel rendelkeznek, mint a gravitációs öntés esetén. [4]

A nyomásos öntést napjainkban széles körben alkalmazzák, legfőképpen gépkocsi alkatrészek, elektromos motorok, számítógép alkatrészek, háztartási gépalkatrészek és kéziszerszámok gyártásánál. [4]

Ezzel a technológiával készült öntvények súlytartománya igen széles spektrumon mozog, ugyanis néhány grammtól egészen 50 kg-ig terjedhet. Míg az eljárás alkalmazásának kezdetekor jelentős volt az ón-, és ólom ötvözetek nyomásos öntése, addig manapság inkább az alumínium-, magnézium-, horgany- és rézötvözetek öntése az elterjedtebb. [4]

### **2.2.1. A nyomásos öntés összehasonlítása más öntvénygyártási eljárásokkal**

A különböző nyomásos öntési eljárások közös tulajdonsága, hogy öntőgépen, többrészes szerszámba (kokilla) történik az öntés. Az öntőgép nyitja és zárja a szerszám feleket és automatikusan adagolja a fém mennyiséget, majd az öntvényel szemben támasztott követelményektől és az eljárástól függően beállított paraméterek alapján történik a formaüreg megtöltése és a fém megdermedése. [4]

Az **1. táblázat**ban látható a különböző öntési eljárások összehasonlítása az alábbi paraméterek szerint:

- öntési idő,
- áramlási sebesség a bekötőcsatornában,
- fémre ható nyomás megszilárdulás közben [4].

**1. táblázat:** A nyomásos öntés technológiai paramétereinek összehasonlítása más öntészeti eljárásokkal [4]

<b>Technológia</b>	<b>Öntési idő (s)</b>	<b>Áramlási sebesség a bekötő csatornában (m/s)</b>	<b>Fémre ható nyomás a megszilárdulás közben (bar)</b>
<b>Gravitációs öntés homokformába</b>	5...30	0,5...5	1
<b>Gravitációs öntés kokillába</b>	2...10	1...5	1
<b>Alacsony nyomású öntés kokillába</b>	2...10	0,5...2	1,4...2,5
<b>Melegkamrás nyomásos öntés</b>	$5...20 \cdot 10^{-3}$	50...120	200...400
<b>Hidegkamrás nyomásos öntés</b>	$10...50 \cdot 10^{-3}$	20...80	500...1500

### **2.2.2. A nyomásos öntés főbb előnyei és hátrányai**

#### Előnyök

- nagy bonyolultságú, vékonyfalú, méretpontos, ezen felül nagyobb hossz/vastagság arányú öntvények készíthetők, mint bármely más öntési eljárással,
- leggyorsabb tömegtermelő öntési eljárás, különösen többfészkés szerszámok alkalmazásakor,
- a későbbi megmunkálás sok esetben nem szükséges, mivel akár kész termékek állíthatók elő, így a kikészítéshez szükséges költség minimálisra csökkenthető,
- széleskörű az alkalmazható öntészeti ötvözetek száma,
- az öntvények minimális felületi előkészítéssel bevonhatók,

- a nyomásos öntvények szilárdsági tulajdonságai jobbak, mint a hasonló homokformába, vagy kokillába öntött öntvényeké, azonos ötvözet alkalmazása esetén [4].

### Hátrányok

- az öntvény alakjától és a megvágás elhelyezésétől függő mértékben nehézségeket okoz az öntvénybe zárt levegő vagy gáz, ami a belső inhomogenitás, a porozitás fő okozója
- az öntvények tulajdonságát nem, vagy csak korlátozottan lehet javítani, hőkezelní, hegeszteni,
- az öntvények mérete korlátozott, a nyomásos öntéssel készült öntvények tömege ritkán nagyobb, mint 25 kg és általában kisebb, mint 5 kg,
- a gép, a segédberendezések, a szerszámok drágák, a beruházási költségek nagyok,
- adott gépmérethez megtervezett szerszámmal más paraméterekkel rendelkező öntőgépen gyártani általában nem lehet, amely nehézséget okoz a tervezés átszervezésében,
- ez a technológia olyan ipari fémötvözetekre korlátozódik, amelyek olvadási hőmérséklete nem magasabb a réz alapú ötvözeteknél. [4]

## **2.3.Nyomásos öntészeti eljárások**

A nyomásos öntési eljárást három fő csoportba lehet sorolni:

- melegkamrás öntés,
- hidegkamrás öntés,
- különleges nyomásos öntés. [4]

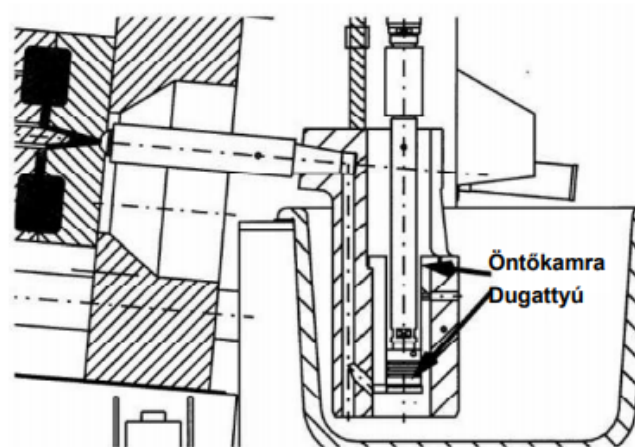
### **2.3.1. Melegkamrás nyomásos öntés**

Jellemzően kis olvadáspontú nehézfém ötvözetek (ón, ólom, cink) öntésére használják. Leggyakrabban cink ötvözetek gyártására alkalmazzák, de kiegészítő berendezésekkel

(vákuum berendezés, oxidációt megakadályozó hőntartó kemence) magnézium ötvözetek öntésére is alkalmazható.

Melegkamrás öntőgépeknél az öntőkamra állandóan a folyékony fémfürdőbe merül, a hőntartó kemence az öntőgép része. [4]

A **2. ábrán** látható a melegkamrás nyomásos öntőegység.



2. ábra: Melegkamrás nyomásos öntőegység [4]

A fém olvasztása az öntőgépnél történik. A már megolvasztott olvadékot egy fémszivattyú segítségével továbbítják az olvasztórészből a hőntartó részbe. A gyakorlatban elterjedté vált a dugattyús nyomásos öntőegység az egyszerűsége és megbízhatósága miatt. Az öntőegység tégelyében a fémet az öntési hőmérsékleten tartják, majd az öntőkamra a fémfürdőbe merül aztán az öntődugattyú felső helyzetében a fém beömlését szabaddá teszi az öntőkamrába, az oldalán lévő befolyó nyíláson keresztül. [4]

A dugattyú nyomásának vezérlésével valósul meg az egyes ötvözetekhez és ötvényfajtákhoz való alkalmazkodás. Az öntőkamra és az öntődugattyút úgy készítik, hogy cserélhető legyen, különböző ármérekkel. A fémre ható nyomás 15...4000 bar. A sorozatban gyártott cink alkatrészek maximális súlya 10kg. A melegkamrás nyomásos öntészetet leginkább magnézium-ötvözetek gyártására használják. [4]

### 2.3.2 Hidegkamrás nyomásos öntés

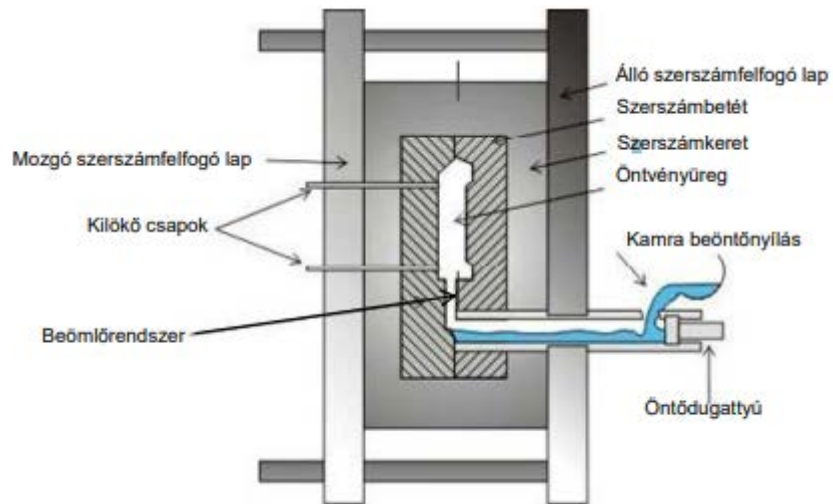
A melegkamrás nyomásos öntéssel ellentétben a hidegkamrás nyomásos öntésnél a folyékony fém az öntőgépen kívül lévő hőtartó kemencében tárolják, ezért az öntőkamra, dugattyú, dugattyúszár csak az öntési folyamat alatt, rövid ideig érintkeznek a folyékony fémmel. Előnye, hogy az öntőkamra mentes a fémolvadék kémiai reakciójától, és rendkívül nagy fémre ható nyomás érhető el. Rézötvözetek és magnézium ötvözetek gyártására is alkalmas, de a legelterjedtebb az alumínium ötvözetek öntése. A hidegkamrás nyomásos öntés öntőgépeiben az öntőkamra lehet vízszintes és függőleges elrendezésű, a szerszám osztósíkja sok esetben függőleges, a zárószervezetük pedig vízszintes helyzetű. [4]

### 2.4 Vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés

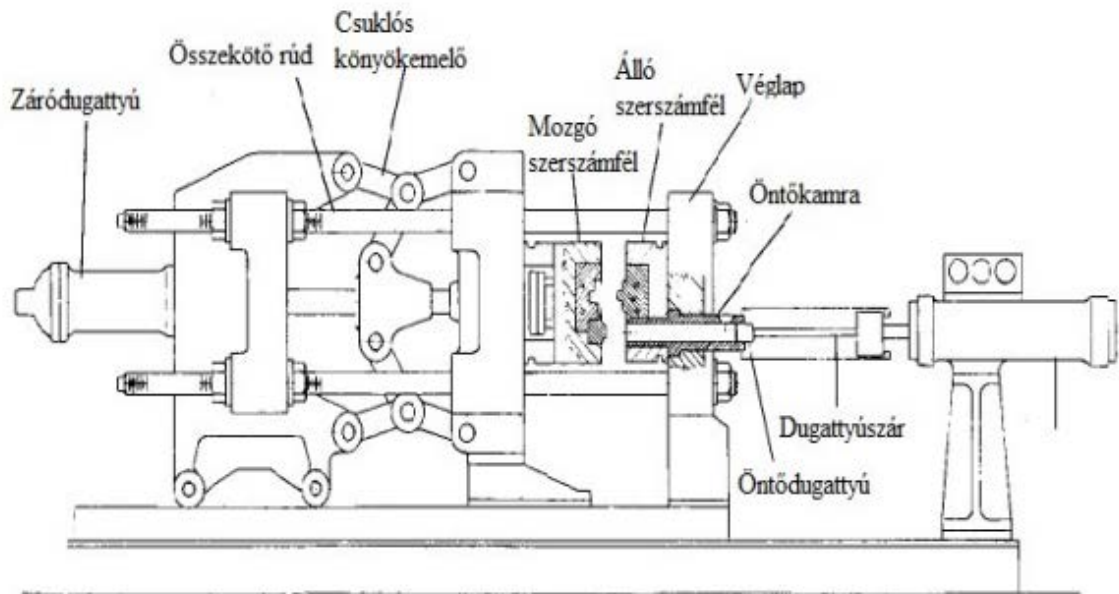
A hidegkamrás nyomásos öntési típusok közül a vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgépet szeretném kiemelni, mert az általam (a későbbiekben) bemutatott alkatrész is ilyen öntőgépen készült. Ez a fajta nyomásos öntés a legelterjedtebb a világon, mert a szerszámot összezáró és a szétfeszítő erők azonos tengelyűek, az öntési folyamat jól szabályozható, nagy fémre ható nyomás és nagy dugattyú sebesség érhető el.

Ezt a fajta technológiát (ahogy a nevében is benne van) a hidraulikus öntődugattyú vonalában elhelyezkedő vízszintes öntőkamra jellemzi. Az öntődugattyú juttatja a folyékony fém a formaüregbe. A formaüreget és az öntőkamrát az osztósíkban elhelyezett beömlő rendszer köti össze. A beömlő rendszer az elosztó- és a bekötőcsatornából áll. A beömlő rendszer keresztmetszete kisebb, mint az öntőkamráé, ezért itt a fém már megnövekedett sebességgel jut a formaüregbe. [4]

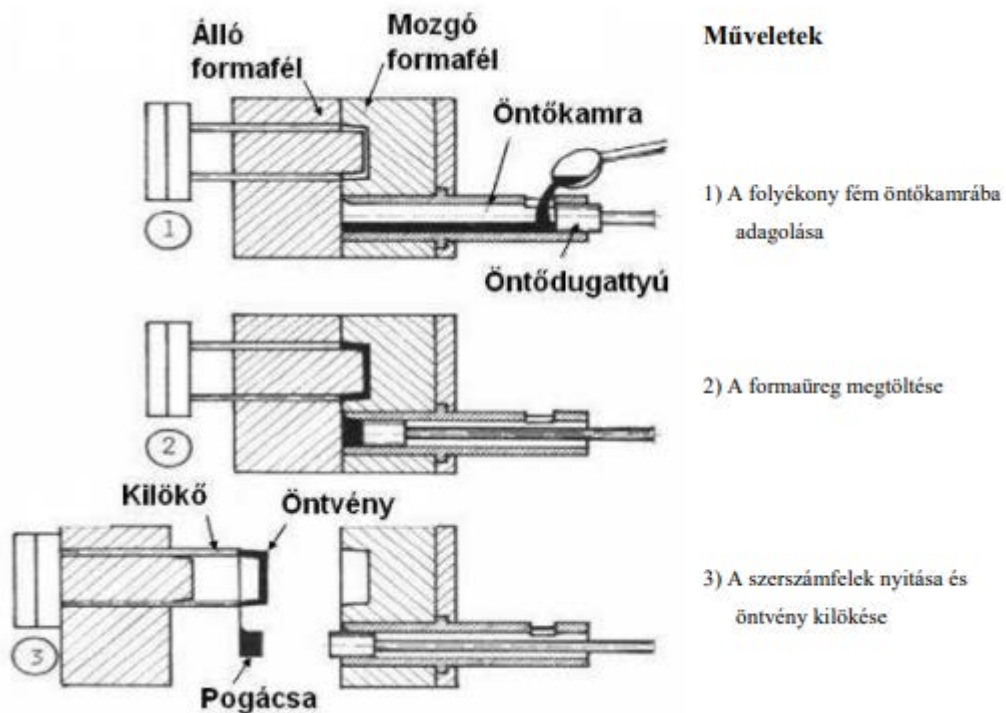
A vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés vázlata a **3. ábrán** látható.



3. ábra: A vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés vázlata [4]



4. ábra: Vízszintes hidegkamrás öntőgép elvi felépítése [10]



5. ábra: A vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgépek részfolyamatai [4]

Az öntőkamra nincs teljesen teletöltve. Az optimális kamra töltöttségi szint 30-50%. A formaüregbe nagy sebességgel halad a folyékony fém, melynek következtében turbulencia jön létre, ami miatt az olvadékba keveredett levegő bezáródik az öntvénybe. Ezeket a porozításokat a szerszám vákuumos kilevegőzésével vagy a megfelelően elhelyezett túlfolyókkal lehet csökkenteni. Ha ezek után is marad az öntvényben levegő, azt a dermedés közbeni nagy fémre ható nyomás a lehető legkisebbre összenyomja. [4]

## 2.5 A nyomásos öntés részfolyamatai

- Szerszám felek zárása
- Folyékony fém öntőkamrába adagolása
- Az öntés folyamata
- Szerszám felek nyitása
- Öntvény kilökése
- Szerszám tisztítása, leválasztó anyag felvitele. [4]

A nyomásos öntőgépek rendelkeznek zárószervezettel, amelynek a feladata a szerszám nyitása és zárása. A szerszám mozgatása mellett ennek a zárószervezetnek a feladata létrehozni az öntőgép záró erejét. A záró erő az egyik legfontosabb paraméter, hiszen ez akadályozza meg a fémre ható nyomás által kifejtett szétfeszítő erőt. A termékpalettát behatárolja a záró erő, amelyet adott öntőgépet gyártani lehet. A vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgépek esetén a záró erő körülbelül 100...4000 tonna közé tehető. Magokat használnak az öntvények üregeinek kialakításához. A magok mozgatása történhet mechanikusan vagy hidraulikusan. [4]

Hidraulikus mozgatású csuklós-könyökemelő záró egységgel vannak felszerelve a klasszikus öntőgépek. A működésük során a mozgó fel fogólap és a mozgó szerszám fél a géposzlopok által megvezetve az álló szerszám fél felé siklik. Amikor az osztó felek összeérnek a könyökemelő mechanizmus még nincs teljesen zárt állapotban, ezért a zárás folytatásakor fellépő erő az oszlopok megnyúlását eredményezi, ezzel biztosítva a záró erőt. Az így fellépő záró erőt a következőképpen lehet számolni: [4]

$$F_{\text{záró}} = 4 \cdot A_{\text{oszlop}} \cdot E \cdot \varepsilon \text{ [N]}$$

Ahol:

- $A_{\text{oszlop}}$ : egy géposzlop keresztmetszetének területe ( $\text{mm}^2$ )
- $E$ : az oszlopok anyagának rugalmassági modulusa (MPa)
- $\varepsilon$ : az oszlop nyúlása (%)

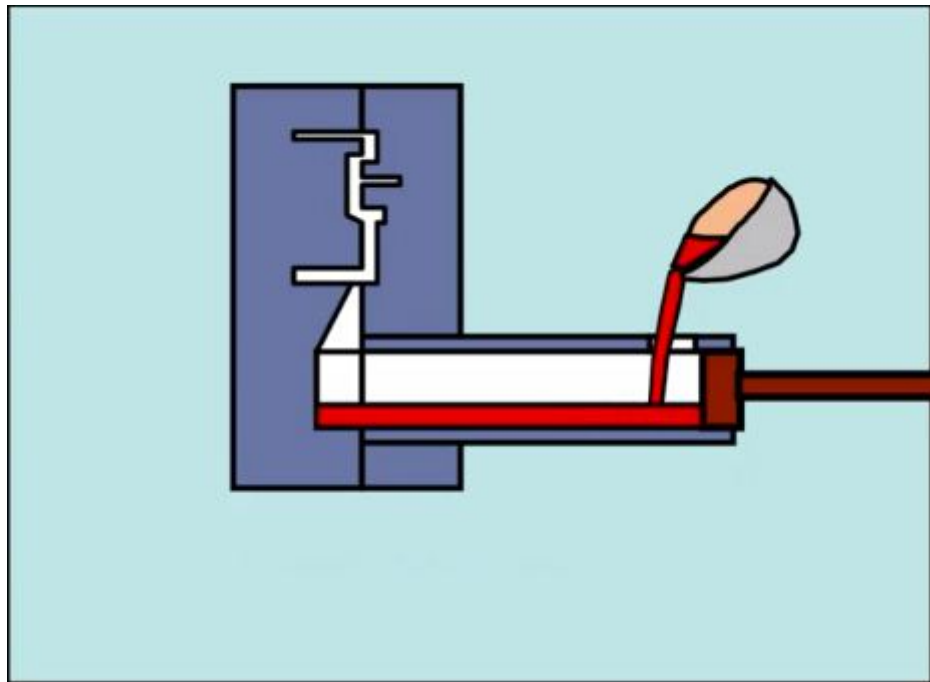
Tehát a záró erő nagysága függ az oszlopok nyúlásától. A megnyúlás adott határok között állítható a gép hátsó ellenlapján található fogas koszorú segítségével. [4]

A hidraulikus záró egység ezekhez képest viszonylag új megoldás. Ebben a megoldásban az öntőgép kétlapos, nincs hátulja. [4]

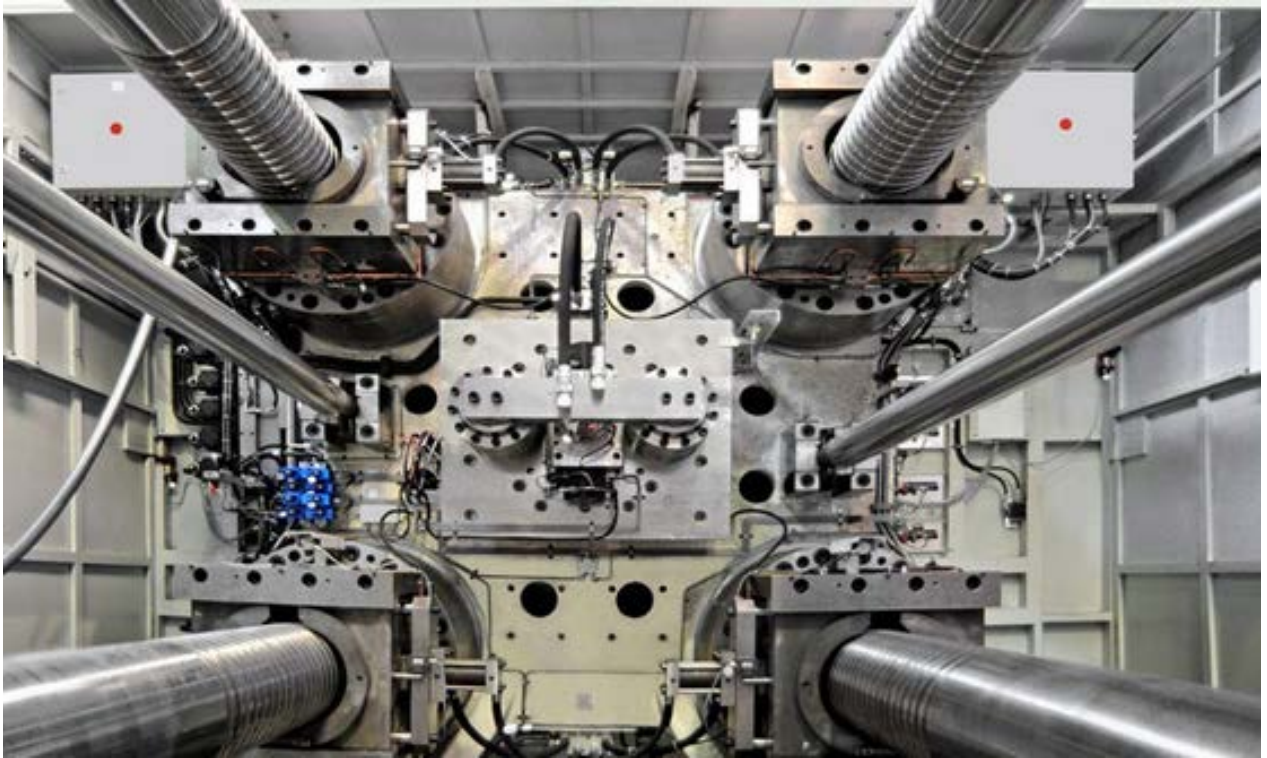
A hidraulikus záró egységű kétlapos gépek esetén az oszlopoknak nagyobb az átmérője, mint a hagyományos csuklós zárás esetén. Ha a gép eléri a zárt állapotot, az oszlopokkal azonos tengelyű hidraulikus hengerrel mozgatott záró elemek az oszlopok bordáira rázárnak és támaszt adnak a mozgó felfogó lap és a záró elemek közötti, oszlopokat körülvevő, gyűrű alakú hidraulikus záródugattyúnak. Ilyen módszerrel csak nagy záró erejű

gépeket gyártanak (1000T felett). Előnyük, hogy alapterülete nézve kisebb gépek gyárthatóak, mint a hagyományos társaik. [4]

A **6. ábrán** a folyékony fém töltőkamrába adagolása látható. Az adagolás történhet adagolókemencével, vagy kézzel, ami lehet kézi vagy robotmozgatású. Adagolókemence esetén az olvadékot egy öntőcsatornán keresztül, túlnyomással juttatják az öntőkamrába. A beadagolt fémmennyiség befolyásolja az öntvények tulajdonságait, ezért mindig a lehető legkisebb szórással kell dolgozni. [4]



6. ábra A folyékony fém töltőkamrába adagolása

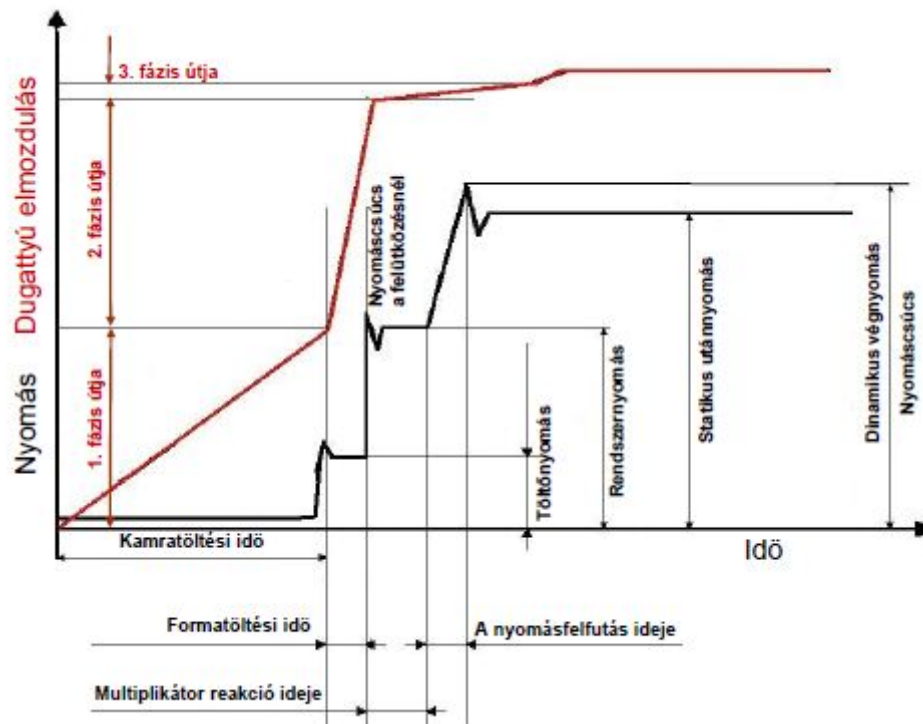


7. ábra: Kétlapos gép hidraulikus záró egysége [4]

A belövő egység végzi az öntési műveletet. Ez a művelet három egymástól elválasztható fázisból áll:

1. fázis: Kamratöltés. Az első fázisban a dugattyú szabályozottan, alacsony sebességgel mozog előre, amíg fel nem tölti fémmel a töltőkamra teljes térfogatát és az elosztócsatornákat a megvágás kezdetéig. Fontos a sebességválasztáskor, hogy a kamrában lévő levegő a formaüreg felé távozzon. Az 1. fázishoz tartozik a kapcsolási pont elérése. A kapcsolási ponttól kezdődik a 2. fázis.
2. fázis: Formatöltés. A 2. fázis kapcsolási pontjától az öntőforma teljes megtöltésének végéig tart. A formatöltés végén a dugattyú felütközik a pogácsán (öntési maradék), mozgási energiája nulla lesz. Nyomáscsúcs jön létre a felütközéskor, ami elzárja a 2. fázis visszacsapó szelepét, majd kezdődik a harmadik fázis. A nyomáscsúcs az osztósíkban az öntőforma rugalmas deformációját is előidézhetheti, ezáltal sorja képződhet. A korszerű öntőgépeken már megtalálható az úgynevezett fékszelep, amely segítségével fékező nyomás is létrehozható, ezzel csökkentve a káros nyomáscsúcsok kialakulását. A 7. ábrán a dugattyú elmozdulása és hidraulikus rendszer nyomása

látható az idő függvényében, vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés esetén. A **8. ábrán** jól látható a felütközésnél létrejövő nyomáscsúcs.



**8. ábra:** Vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés hidraulikus rendszerének nyomása és a dugattyú útja az idő függvényében

**3. fázis:** Utányomás. Ahogy már korábban említésre került, a formáüregben kialakuló áramlási viszonyok következtében az olvadék a levegőt és egyéb gázokat magába zárhatja. Az ilyen levegő és gáz bezáródások összenyomása miatt van szükség a 3. fázisra. A hidraulikus öntőegységbe nyomásfokozó rendszert építenek be, amely az öntőgép szivattyúja által előállított és a nitrogéntartályban lévő nyomást a multiplikátor dugattyúk keresztmetszetének arányával megsokszorozza, így létre hozza az utányomást. A hidraulikus munkahenger mögötti térben a nyomás a rendszernyomás és a multiplikálási hányados szorzata, amelyet ellennyomással lehet szabályozni. A fémre ható nyomás az öntőegységben létrejövő nyomástól és az öntőkamra keresztmetszetétől függ. [4]

## 2.6 Vákuum

Az öntési folyamatban a vákuum nélkülözhetetlen elem, ha kiváló minőségű darabot szeretnénk gyártani. Ha a megfelelő vákuum technika jól be van építve az öntési folyamatba, az öntvény minősége jelentősen javulni fog. Ahhoz, hogy vákuum technikát alkalmazhassunk fontos a jól illeszkedő (záródó) forma.

Öntészetben használják pl. a Fondarex vákuumrendszert formaüregek gáztalanítására. Kiterjed ez mind az öntés előtti levegő kiszívására, mind pedig az öntés során képződő gázok elszívására.

A vákuum rendszer a következő főbb részegységekből áll:

- VACUPAC készülék – tartály és szivattyú,
- kezelő egység,
- csatlakoztató egység a géppel való összekapcsoláshoz,
- SUPEVAC légszívó szelep vagy chill block,
- egyéb szükséges összekötő csövek és kábelek.

Nyomásos öntőgépekhez, kiegészítő berendezésként fejlesztették ki a rendszert, és mind teljesen új, mind pedig már régebben üzemelő nyomásos öntőgéphez csatlakoztatható. A berendezés programozható vezérléssel ellátott VACUPAC készülék zavartalan üzemeltetést garantál, és feleslegessé teszi a gépkezelő folyamatos felügyeletét. Közvetlenül összeköthető a rendszer az öntőgép vezérlésével, ez lehetővé teszi a teljes integrációt, vagyis egy teljesen automatikus nyomásos öntő berendezés kialakítását.

A VACUPAC készülék felépítése moduláris, ami azt jelenti, hogy a komplett berendezés a készülék tartalmaz minden olyan részegységet, melyek egy független rendszer felépítéséhez szükségesek, vagyis van benne vákuum szivattyú, tartály és vezérlés.

Az öntészetben a vákuum használatának a célja:

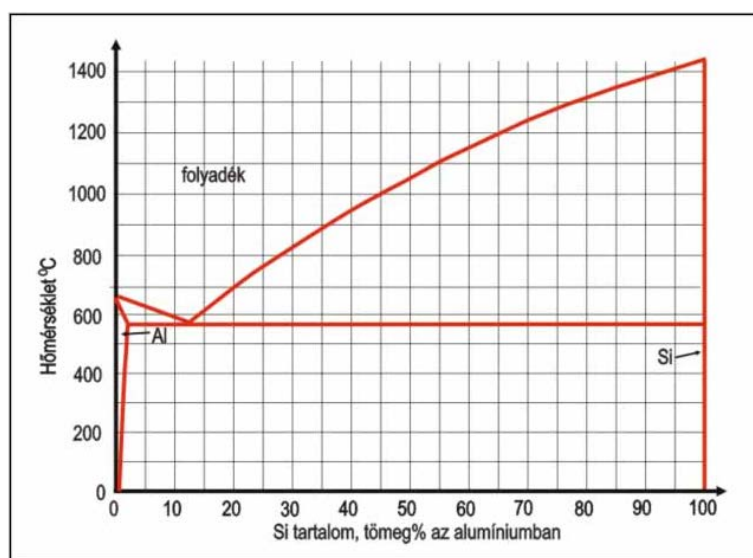
- jobb szerkezeti minőség
- tisztább (finomabb) felület
- jobb hegeszthetőség
- hőkezelhetőség, hólyagosodás csökkentése
- termelékenység növelése
- kevesebb porozitást tartalmazó öntvény

Előnyök:

- a bezárt levegő, gázok okozta selejt minimalizálása
- falvastagság csökkenthetősége
- utólagos feldolgozási lépések csökkentése
- a túlfolyók és kilevegőző csatornák méretének és mennyiségének csökkentése
- a forma élettartamának növelése kisebb formatöltési sebesség és nyomás alkalmazhatóságával
- javított termelés-üzem biztonság- ellenőrizhetőség

### 3 Nyomásos öntészeti ötvözetek

A színfémek mechanikai tulajdonságai gyengék, így a színalumíniumnak is, ezért ötvözőket alkalmaznak, hogy javítsák ezeket a tulajdonságokat. Az alumíniumnak nincs olyan ötvözője, ami szilárd állapotban korlátlan oldhatóságot biztosítana. Az alumínium ötvözetek két nagy csoportra oszthatók: az alakítható (sajtolható) és az öntészeti (önthető) ötvözetek. Az öntészeti ötvözetek alkalmazott ötvözőinek az egyensúlyi diagramra gyakorolt hatását a **9. ábra** szemlélteti.



**9. ábra:** Al-Si kétalkotós állapotdiagram [15]

A nyomásos öntészetben használt szabványos öntészeti ötvözeteket fő alkotójuk alapján csoportosítjuk alumínium-, magnézium-, réz-, és cinkötvözetekre. Az alumínium- és rézbázisú ötvözeteket hidegkamrás, a cinkbázisú ötvözeteket meleg kamrás, a magnézium-bázisú ötvözeteket pedig meleg- és hidegkamrás öntőgépekkel gyártott öntvényekhez alkalmazzák. A magnéziumötvözetek lehetővé teszik a teljesen újrafelhasználható és könnyű fémes építőanyagok alkalmazását. [11;13]

Az elemek három csoportra oszthatóak az alumíniumban való oldhatóságuk alapján. A legfontosabb 21 elem az alumíniumötvözetek szempontjából a következőképpen oszlik meg:

- Az alumíniumban nem oldódó (igen kis mértékben oldódó) elemek: H, B, Na, Co, Ni, Sn, Ce.

- A alumíniumban kismértékben oldódó elemek: Be, Ti, Cr, V, Fe, Zr, Mo, Cd, Au, Pb, Bi.
- Az alumíniumban közepes mértékben oldódó elemek: Li, Si, Mn.

A meghatározott tulajdonság biztosítása érdekében az alumíniumot ötvözni kell, de néhány elem gyártástól függetlenül szennyezőként hat.

#### **Az alkalmazott főbb ötvözőelemek:**

- Szilícium (Si): A legfontosabb ötvöző. Általában 7-12% közötti mennyiségben szerepel. Csökkenti az olvadási hőmérsékletet, növeli a folyékonyságot, keménységet és szilárdságot. A Si-tartalom 8,5-9,5% közötti értéke ideális öntési és szerszámkitöltési tulajdonságokat biztosít.
- Réz (Cu): Szennyezőként fordul elő minden hulladékból készült ötvözetben. A keménység és a megmunkálhatóság növelése miatt egyes esetekben külön kell adagolni. 3-4% rézet tartalmaznak a nyomásos öntészeti ötvözetek. Csökkenti a korrózióállóságot, növeli a keménységet és a szilárdságot. Néhány típusú hőkezeléshez szükséges.
- Magnézium (Mg): Legtöbb esetben Al-Si ötvözetekhez adagolják 0,65-10% közötti mennyiségben. Növeli a szilárdságot, keménységet és a korrózióállóságot. Csökkenti a folyékonyságát az olvadéknak.
- Vas (Fe): Általában szennyező. A nyomásos öntészeti ötvözetekhez maximum 1,2% vas szükséges. Azért adagolják, hogy csökkentse a fém feltapadási hajlamát a szerszámban. Csökkenti a korrózióálló képességet. Nagy mennyiségben csökkenti az anyag szívósságát.
- Mangán (Mn): A vas káros hatását csökkenti. Intermetallikus vegyületet képez a vassal, ezért a vas túlszerű kiválások helyett kedvezőbb alakú kiválásokat ér el a szövetszerkezetben, ezáltal nőnek a mechanikai tulajdonságok.

#### **Egyéb elemek:**

- Cink (Zn): 1,2%-os tartalomban is előfordulhat szennyezőként. Növeli a keménységet és a szilárdságot, csökkenti a korrózióállóságot. Önöregbítő hatása van 4-5%-os adagolás esetén.
- Nikkel (Ni): Az alumínium szennyezője maximum 0,05%-ban. [4]

## **A legelterjedtebb nyomásos öntészeti Al-ötvözetek**

Az alumínium ötvözeteket két európai szabvány sorolja be, az EN 1706 és az EN 1676, amelyek tartalmazznak 37 öntészeti ötvözetet. A nyomásos öntészeti ötvözetek maximum 1,2%-ban tartalmazznak vasat. Ez különbözteti meg a homok- és kokilla öntészetben használt ötvözetektől.

### Al-Si ötvözetek:

A legfontosabb ötvözet ebben a csoportban az eutektikus AlSi12. Jó a korrózióálló képességük, viszont szilárdságuk közepes. Nagyon jók a mechanikai tulajdonságaik. [4]

### Al-Si-Cu ötvözetek:

Ezek a legolcsóbb alumínium ötvözetek. Ebből a csoportból készült öntvények széles körben használhatóak és megmunkálhatóak. [4]

### Al-Mg ötvözetek:

Ahogy növeljük a magnéziumtartalmat úgy nő a szilárdságuk is. Sósvízes környezettel szemben ellenállóak, jó a korrózióállóságuk. Általában hajó és vegyiparban használják. [4]

### Speciális ötvözetek:

Csak szűk körben alkalmazzák, pedig jó tulajdonságaik vannak, viszont repedésre hajlamosak és nehezen önthetőek. Ide tartoznak az Al-Zn-Mg ötvözetek, amelyek szobahőmérsékleten néhány hét alatt optimális szilárdságot érnek el és öregedésre hajlamosak. Az Al-Cu-Ti(-Mg) ötvözetek nagy szilárdságúak. Az Al-Si-Cu-Ni-Mg ötvözetek jó kopásállóságúak. [4]

A 2. táblázatban az Al öntészeti ötvözetek összetétele és jelölése látható.

2. táblázat: A legfontosabb Al öntészeti ötvözetek jelölése és összetétele [4]

Jel	ÖTVÖZET	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti
226	AlSi8Cu3	7,5-9,5	0,7	2,0-3,5	0,15-0,65	0,15-0,55	0,35	1,2	0,2
226	AlSi9Cu3(Fe)	8,0-11,0	0,6-1,1	2,0-4,0	0,55	0,15-0,55	0,55	1,2	0,2
	AlSi11Cu2(Fe)	10,0-12,0	0,45-1,0	1,5-2,5	0,55	0,3	0,45	1,7	0,2
	AlSi7Cu3Mg	6,5-8,0	0,7	3,0-4,0	0,20-0,65	0,35-0,60	0,3	0,65	0,2
	AlSi9Cu1Mg	8,3-9,7	0,7	0,80-1,30	0,15-0,55	0,30-0,65	0,2	0,8	0,10-0,18
	AlSi9Cu3(Fe,Zn)	8,0-11,0	0,60-1,20	2,0-4,0	0,55	0,15-0,55	0,55	3,0	0,2
	AlSi7Cu2	6,0-8,0	0,7	1,5-2,5	0,15-0,65	0,35	0,35	1,0	0,2
230	AlSi12(a)	12,5-13,5	0,40	0,03	0,35	0,05		0,10	0,15
	AlSi12(b)	12,5-13,5	0,55	0,10	0,55	0,10	0,10	0,15	0,15
230D	AlSi12(Fe)	12,5-13,5	0,45-1,0	0,08	0,55			0,15	0,15
231	AlSi12(Cu)	12,5-13,5	0,80	1,0	0,05-0,55	0,35	0,30	0,55	0,15
231D	AlSi12Cu1(Fe)	12,5-13,5	0,6-1,1	0,7-1,2	0,55	0,35	0,30	0,55	0,15
	AlSi11	10,0-11,8	0,15	0,03	0,10	0,45		0,07	0,15
	AlSi9Mg	9,0-10,0	0,15	0,02	0,10	0,30-0,45		0,07	0,15
233	AlSi10Mg(Cu)	9,0-11,0	0,55	0,3	0,55	0,25-0,45	0,15	0,35	0,15
	AlSi9	8,0-11,0	0,55	0,08	0,5	0,1	0,05	0,15	0,15
	AlSi7Mg0.3	6,5-7,5	0,15	0,02	0,1	0,3-0,45		0,07	0,1-0,18
	AlSi7Mg0.6	6,5-7,5	0,15	0,03	0,1	0,5-0,7		0,07	0,1-0,18
	AlSi7Mg	6,5-7,5	0,45	0,15	0,35	0,25-0,65	0,15	0,15	0,05-0,2
235	AlSi5Cu1Mg	4,5-5,5	0,55	1,0-1,5	0,55	0,40-0,65	0,25	0,15	0,05-0,20
239	AlSi10Mg(a)	9,0-11,0	0,40	0,03	0,45	0,25-0,45	0,05	0,1	0,15
	AlSi10Mg(b)	9,0-11,0	0,45	0,08	0,45	0,25-0,45	0,05	0,1	0,15
239D	AlSi10Mg(Fe)	9,0-11,0	0,45-0,9	0,08	0,55	0,25-0,50	0,15	0,15	0,15

A 3. táblázat szemlélteti a nyomásos öntészetben használt ötvözetek mechanikai tulajdonságait:

3. táblázat: Szabványos nyomásos öntészeti Al-ötvözetek mechanikai tulajdonságai [4]

Ötvözet-csoport	Az ötvözet megnevezése		Szakítószilárdság	Folyáshatár	Nyúlás	Brinell keménység
	Számjel	Összetétel	$R_{m-min}$ (MPa)	$R_{p0,2-min}$ (MPa)	$A_{5-min}$ (%)	$HB_{min}$
AlSi <sub>10</sub> Mg	EN AC-43400	EN AC-AlSi <sub>10</sub> Mg(Fe)	240	140	1	70
AlSi	EN AC-44300	EN AC-AlSi <sub>12</sub> (Fe)	240	130	1	60
	EN AC-44400	EN AC-AlSi <sub>9</sub>	220	120	2	55
AlSi <sub>9</sub> Cu	EN AC-46000	EN AC-AlSi <sub>9</sub> Cu <sub>3</sub> (Fe)	240	140	<1	80
	EN AC-46100	EN AC-AlSi <sub>11</sub> Cu <sub>2</sub> (Fe)	240	140	<1	80
	EN AC-46200	EN AC-AlSi <sub>8</sub> Cu <sub>3</sub>	240	140	1	80
	EN AC-46500	EN AC-AlSi <sub>9</sub> Cu <sub>3</sub> (Fe)(Zn)	240	140	<1	80
AlSi(Cu)	EN AC-47100	EN AC-AlSi <sub>12</sub> Cu <sub>1</sub> (Fe)	240	140	1	70
AlMg	EN AC-51200	EN AC-AlMg <sub>9</sub>	200	130	1	70

Mint a 3. táblázatban látható a nyomásos öntvények nagyobb szakítószilárdsággal és kisebb nyúlással rendelkeznek, mint a más eljárással gyártott hasonló összetételű ötvözetek. Az eltérés a nyomásos öntés közben kialakuló feszültség-gócoknak tudhatóak be. [4]

Nyomásos öntészetben sokféle ötvözetet használnak, ezek között a hipereutektikus Al-Si ötvözet is szerepel. Ha a Si tartalom 13% fölé emelkedik, akkor nő a darab kopásállósága, ezért ezek a legkeményebb alumínium öntvény anyagok. A keménységet a szilícium adja. A 4. táblázatban látható, hogy a szakítószilárdság és az egyezményes folyáshatár a hőmérséklet növekedésével csökken.

4. táblázat: A rugalmassági határ és a szakítószilárdság értékeinek változása a hőmérséklet függvényében [4]

Jelölés		Szilárdság MPa	Hőmérséklet °C								
			24	100	150	205	260	315	370	427	527
360.0	AlSi10Mg	Rp <sub>0,2</sub>	172	172	165	96	52	31	21		
		Rm	324	303	241	152	83	48	31		
380.0	AlSi9Cu3	Rp <sub>0,2</sub>	165	165	158	110	55	28	17		
		Rm	331	310	234	165	90	42	28		
384.0	AlSi11Cu3	Rp <sub>0,2</sub>	172	172	165	124	62	28	17		
		Rm	324	317	262	179	96	48	31		
413.0	AlSi12Cu	Rp <sub>0,2</sub>	145	138	131	103	62	31	17		
		Rm	296	255	221	165	90	41	31		
518.0	AlMg8	Rp <sub>0,2</sub>	186	172	145	103	62	31	17		
		Rm	310	276	221	145	90	59	34		
Al 99.9		Rp <sub>0,2</sub>	25	21	19	18	17	15	13	10	5
		Rm	50	42	38	36	33	28	24	20	10

### 3.1 AlSi10MnMg ötvözet

Nyomásos öntészeti technológiával vékonyfalú, bonyolult, nagy méretpontosságú és kis felületi érdességgel rendelkező alkatrészek gyárthatóak. Ezek az alkatrészek szinte azonnal felhasználhatóak. A szerszám kialakítása miatt nagy darabszámban állíthatóak elő az alkatrészek, ezért a nyomásos öntödék a járműipar nagy beszállítói. Mindezek, a pozitív tulajdonságok mellett gyakran előfordulnak az öntvényben anyagfolytonossági hiányok – gáz- és levegőbezáródások, szívódási üregek-, amelyeket a konstrukciós vagy valós gyártási hibák eredményezik. Továbbá létrejöhet térfogati és felületi hiba –hidegfolyás, inhomogén bezáródások-, illetve az öntést követő nem megfelelő feszültségi állapot, melyek következtében az alkatrésznek jelentősen csökken a felhasználhatósága.[7]

Az öntvényvel szemben támasztott követelmények nagyon fontosak a konstrukció kialakítása során. Ez a szerkezeti szilárdság a geometria mellett a választott anyagok tulajdonságaitól függ. A kialakuló szilárdsági tulajdonságokat a gyártási körülmények határozzák meg. Az alkatrész egy részének a szilárdsága a helyileg kialakult szövetszerkezettől függ, amit az öntési körülmények adnak meg. [4]

Más öntési eljárásokkal szemben a nyomásos öntvények jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, mely a finomszerkezetre és a gyors lehűlést segítő gyártási körülményeknek, a gyártástechnológiának, sebességnek és a nyomásnak köszönhető. [4]

A vizsgált termékem ötvöze az AlSi10MnMg ötvözet.

Ahhoz, hogy hőkezelés után magas nyúlásérték mellett közepes szilárdsági értéket kapjunk, ki kellett fejleszteni az AlSi10MnMg ötvözetet. Ez a tulajdonsága tökéletesen alkalmassá teszi, hogy szerkezeti öntvényeket gyártsanak belőle. Az ötvözet további előnyei:

- jól önthető
- kevésbé tapad az öntőformához
- kiváló megmunkálhatóság
- jó korrózióállóság
- magas fáradási szilárdság
- hegeszthető
- felhasználható önmetsző csavarozáshoz és hasonló kötésekhez
- ragasztható. [7]

5. táblázat: AlSi10MnMg összetétele [8]

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	Egyéb önállóan	Egyén összesen	Al
9,5- 11,5	<0,25	<0,05	0,4- 0,8	<0,45	<0,07	<0,12	0,01- 0,027	<0,05	<0,2	maradék

A 5. táblázatban látható az ötvözet szabvány szerinti összetétele. A 10,5% körüli Si tartalom biztosítja az ötvözet jól önthetőségét. A mangán hatása hasonló a vaséhoz, viszont a fázisai inkább gömb szerűen nem tűszerűen kristályosodnak. [7]

## 4 Választott öntvény bemutatása

A választott .... egyfészkés nyomásos öntvényen végeztem a kísérleteimet (**11. ábra**). Ez az öntvény egy ..... személygépjárműbe kerül beépítésre a vezérlőegység egyik elemeként.

Ezt az öntvényt 4 éve gyártják, és a .... beszállításra. Az öntvénnel szemben támasztott egyik legfontosabb követelmény a .... szabványnak való megfelelés, mely tartalmazza az alkatrész vizsgálókabinba való helyezését, a kiértékelési kritériumokat, illetve ..... enged. A gyártás során gyakran előfordul, hogy az öntvény a vonatkozó szabványnak nem felel meg, amely röntgen vizsgálat során derül ki, porozitási problémák miatt.

A projekt elkezdésekor, a mintaöntést követően ebben a fázisban változtatás történt a szerszámon. A jobb minőség és szilárdsági tulajdonságok érdekében ..... a szerszámhoz, a vastagabb részeknél, az anyaghalmozódási helyeken a ..... csökkent a lunker képződés esélye. A módosítás helyeit fekete karikával jelöltem a **10. ábrán**.

Módosítás előtt	Módosítás után

10. ábra Módosítás

A módosításból kiderül, hogy jelentősen csökkent a porozitás mérete és mennyisége. Ezt bizonyítják a **6. táblázatban** látható röntgen képek is.

6. táblázat Módosítás előtti röntgen képek

Módosítás előtti röntgen képek	Módosítás utáni röntgen képek
D-5-ös pozíció	D-5-ös pozíció
A-5-ös pozíció	A-5-ös pozíció

Az öntvény befoglaló méretei ....., az öntvény tömege ....., az öntvényen öntéstechnikai számításokat végeztem, majd a valós gépbeállítási paraméterekkel történő összehasonlítása

után változtattam a paramétereken negatív és pozitív irányba is. Az öntés után minden öntvényen röntgen vizsgálatot végeztem, majd pedig mikroszkóppal vizsgáltam 50 darabot.

**11. ábra:** A választott 06905-001A formaszámú egyfészkes nyomásos

Az öntvény az elektromos vezérlőegység egyik elemeként kerül beépítésre egy .....típusú személygépjárműben. Az alkatrész helyét a **12.ábra** szemlélteti. A bekarikázott alkatrész alatt helyezkedik el az általam választott öntvény.

**12. ábra:** A termék beépülési helye

A **13. ábrán** látható maga az öntőgép, amin a fent említett darab gyártása történik. Ez az öntőgép egy automata öntőcella része. A cellában történik a darab leöntése majd robotok segítségével a lehűtés, szenzoros ellenőrzése, majd pedig stancolása (beömlő rendszer és túlfolyók eltávolítása).

**13. ábra:** Az öntőcella

A **14. ábrán** az egy fészkes öntőszerszám álló forma fele látható.

**14. ábra:** Az öntőszerszám

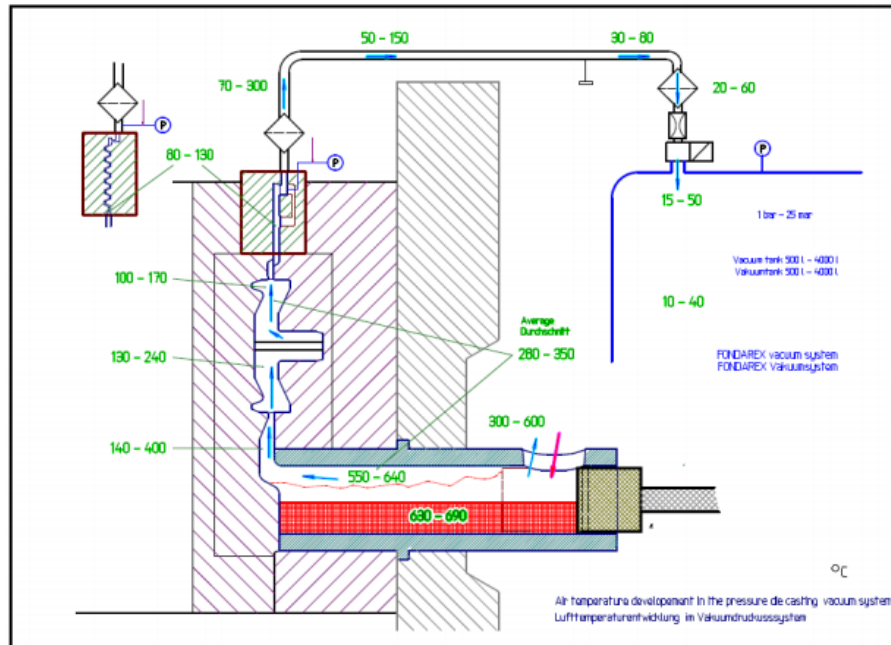
A **15. ábrán** az öntvény teljes csokra látható.

**15. ábra:** Az öntvényhez tartozó öntőszerszám

Az öntvényben porozítások vannak, ezért vizsgáltam a darabokat röntgenvizsgálattal és mikroszkópos vizsgálattal is. A probléma megoldása érdekében végeztem el a különböző

vizsgálatokat. Az ideális öntéstechnikai paraméterek meghatározásához szükség volt az öntéstechnikai számítások elvégzésére. [14]

Üzemben használt vákuum berendezés:



16. ábra Vákuum felépítése

Vákuum hűtőblokk:

A 17. ábrán egy vákuum hűtőblokk látható.



**17. ábra** Vákuum hűtőblokk

Leírása:

A nyomásos öntésnél a vákuumtechnológiát a nyomásos öntvények porozitásának csökkentésére használják. A vákuum hűtőblokk járatának tisztának kell lennie, nem lehet semmilyen fajta alumínium feltapadás, mert az rontja a levegő elszívásának a hatékonyságát, hiszem csökken a keresztmetszet.

Előnyök:

- vákuum nélkül is hozzáadható a szerszámhoz, majd később átalakítható úgy, hogy vákuum működjön benne
- aktív légkiürítés a formatöltés végéig
- a selejtezési költségek megtakarítása
- a költségek viszonylag alacsonyak
- megbízható, egyszerű és könnyen karbantartható
- számos különböző méretű, kisebb és nagyobb kapacitású szerszámok állnak rendelkezésre

Hátrányok:

- a kilövés veszély
- fém ragad a felületen
- vákuumegységre van szükség

Vákuum szelep:

A **18. ábrán** egy vákuum szelep látható.



18. ábra Vákuum szelep

A szelep kiválasztása az alább felsorolt pontok alapján történik:

- kiürítési térfogat
- a maximális vákuumcsatorna és vákuumkapu mérete a gázok eltávolításához
- a szerszámgép mérete
- a szerszámöntés paraméterei
- a vákuumszelep beállításához rendelkezésre álló hely a szerszámon/formamélységen

- az öntött alkatrész típusa (falvastagság, áramlási utak stb.)
- az alkatrészek súlya (térfogata)

#### Előnyök:

- nagy kiürítési térfogat
- vákuum szívás a formaüreg kitöltésének végéig
- a vákuumszint pontos mérése
- hulladékköltségek megtakarítása (kevesebb selejt)
- lehetőség két szelep beállítására egy összetett szerszámba
- gyors cserélhetőség
- számos különböző méret a lehető legjobb hatékonyság és gazdaságosság érdekében

#### Hátrányok:

- beruházás
- pótalkatrészek.

A gázporozítások elkerülése végett vákuummal támogatjuk az öntést.

Az üzemben használt vákuum berendezés ..... márkájú.

Vákuumberendezés: A 17. ábrán piros karikával jelöltem a chill blockot, a hűtővasakon keresztül történik a vákuum csatlakoztatása és a szerszám levákuumozása.

#### Működése:

A vákuum indítása akkor történik, amikor az öntődugattyú elzárja a beömlőnyílást és a formatöltés végéig tart. Amint az öntődugattyú elzárja a beömlő nyílást indul a vákuum

elszívás. A vákuum elszívás az öntődugattyú útjére történik. A vákuum szívás időtartama ... másodperc, így a formatöltés teljes időtartama alatt működik. A vákuum start jeltől számítva ... másodperc múlva méri meg a berendezés a formaüregben maradó abszolút nyomásértéket, majd ... másodpercig működésben marad, hogy a formatöltés végéig biztosan vákuum alatt legyen. A formafelek nyitása, majd a darab kidobása után ... másodperc a várakozási idő a szennyeződés tesztig. Maga a szennyeződés teszt ... másodperc, ez alatt az idő alatt a vákuum levegőt fúj a szűrőkön és a chill blockon keresztül annak érdekében, hogy a szennyeződésekeltávolítsa, valamint ez idő alatt megméri a rendszerben kialakuló torlónyomást, melyből kiderül ha a rendszer elzáródott. A formaleválasztó anyag felvitele közben szintén folyamatos kifúvatás történik annak érdekében, hogy a leválasztó anyag ne jusson be a chill blockba valamint a csőrendszerbe. Ennek időtartama maximum ... másodperc, mely a formazárás elindulásával megszakad. Ha mindez megtörténik akkor kezdődik a következő öntési ciklus.

## 5 Öntéstechnikai számítások

Mielőtt elvégeztem a kísérleteimet, tájékoztam az öntvényrel szemben támasztott vevői követelményekről, és ahhoz megfelelő optimális öntéstechnikai paramétereket számítottam. Az öntvényekkel szemben támasztható négy legfontosabb követelmény: nyomástömörség, garantált szilárdság, kiváló felületi minőség és méretpontosság. Az öntvényrel szemben támasztott legfontosabb vevői követelmények az általam választott öntvényre a garantált szilárdság, illetve a porozitási szabványnak való megfelelés. Ahhoz, hogy ezek a követelmények teljesüljenek, megfelelően kell megválasztani a rávágásbeli fémsebességet ( $v_{ráv}$ ), és a megszilárdulás közbeni fémre ható nyomást ( $p_{3m}$ ). A követelmények teljesítéséhez tartozó paramétereket a **7. táblázat** foglalja magába.

**7. táblázat:** Öntvényrel szemben támasztott követelmények és paramétereik

Követelmény	$V_{ráv}$ (m/s)	$p_{3m}$ (bar)
Nyomástömörség	optimális (25-50)	$\geq 1200$
Méretpontosság	optimális (25-50)	$\leq 80$
Kiváló felületi minőség	$\geq 60$	$\leq$ optimális
<b>Garantált szilárdság</b>	<b>40</b>	<b>1000</b>

A megfelelő szilárdságot akkor tudjuk elérni, ha az öntvényben minimalizáljuk/megszüntetjük a levegő és salak zárványokat, zsugorodási eredetű fogyási üregeket. Ahhoz, hogy ezt teljesíteni tudjuk, a fém rávágásbeli sebességét 35 m/s-ra, a fémre ható nyomást 650 bár-ra választottam meg. [4]

A számítás elkezdéséhez szükséges alap adatokat méréssel, illetve a rendelkezésre álló CAD geometria alapján határoztam meg. A számítások elvégzéséhez szükséges térfogat adatokat az öntvényrészek tömegének és az ötvözet sűrűségének hányadosából számítottam ki. A többi paraméter, mint például a fészekszám a szerszám konstrukciójából adódtak. [12]

A kiinduló adatokat a **8. táblázatban** foglaltam össze.

8. táblázat: Kiinduló adatok a számításokhoz

Adatok	Értékek
1 db öntvény tömege ( $m_{\delta}$ )	1745 g
Bekötő csatorna tömege ( $m_{bek}$ )	3556 g
Túlfolyók tömege ( $m_{túlf}$ )	1899 g
Csokor tömege ( $m_{csokor}$ )	7200 g
Szétfeszítő felület ( $A_{szf}$ )	3257 cm <sup>2</sup>
Rávágás keresztmetszete ( $A_{ráv}$ )	1191 mm <sup>2</sup>
Fészekszám (n)	1 db
Olvadék sűrűsége	2,5 g/cm <sup>3</sup>
Fémre ható nyomás ( $p_{3M}$ )	650 bar
Aktív kamra hossz ( $L_k$ )	600 mm
Rávágásbeli sebesség ( $v_{ráv}$ )	35 m/s
Hullámszám ( $n_{hullám}$ )	5 db

Az alapadatokból számított térfogatokat a **9. táblázat** tartalmazza:

9. táblázat Számított térfogatok

Adatok	Értékek
Csokor térfogata ( $V_{csokor}$ )	2880 cm <sup>3</sup>
Kamra térfogata ( $V_{kamra}$ )	5701,99 cm <sup>3</sup>
Öntvény+túlfolyók térfogata ( $V_{\delta+túlf}$ )	1457,6 cm <sup>3</sup>

Először a **szükséges záróerőt** határoztam meg az alábbi képlettel:

$$F_{záró} = A_{szf} \cdot p_{3m} \cdot 1,2$$

Behelyettesítve:

$$F_{záró} = 3257 \text{ cm}^2 \cdot 6500 \text{ N/cm}^2 \cdot 1,2 = 25400 \text{ kN}$$

A szükséges záróerő 25400kN, ami a gép záróerejének 70-80%-ának kell lennie szakirodalom alapján. Az öntőgép, amin az általam választott öntvény gyártják 27000kN záróerejű, ezért megfelel a számítás.

Ezután a gépválasztás történik. Ez történhet két fajta módon:

- katalógus,
- adott öntödei gépek közül.

A **10. táblázatban** mutatom be a kiválasztott öntőgép paramétereit.

**10. táblázat:** Választott öntőgép paramétereit

Választott öntőgép:	
Záróerő:	27000 kN
Kamra átmérő:	110 mm
Aktív kamra hossz:	600 mm

**Kamra töltöttségi fok:**

$$F_g = \frac{V_{csokor}}{V_{kamra}} \cdot 100$$

Behelyettesítve:

$$F_g = \frac{2880cm^3}{5701,99cm^3} \cdot 100 = 50,5\%$$

A kamra töltöttségi fokot befolyásolja az aktív kamrahossz, mint változtatható paraméter. Ezek az értékek az 1. fázis sebességét befolyásolják. Ha nem megfelelő a töltöttségi fok, az aktív kamrahossz változtatásával optimalizálható.

Szakirodalom szerint a kamra töltöttségi fok 20-60% között kell, hogy legyen, de a legoptimálisabb a 30-50%. Ezen követelmény szerint a számított töltöttségi fok megfelelő.

**Dugattyúsebesség az első fázisban:**

$$v_{d1} = \sqrt{2 \cdot g \cdot ((D_k - h_0)/n) \cdot \frac{1 - F_g}{1 + F_g} \left(\frac{m}{s}\right)}$$

Behelyettesítve:

$$v_{d1} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (0,11m - 0,04m)/5) \cdot \frac{1 - 0,5050}{1 + 0,5050} = 0,30 \text{ m/s}$$

Ennek az értéknek 0,1-0,3 m/s között kell, hogy legyen, tehát a 0,30 m/s sebesség megfelel a követelménynek.

### **Dugattyúsebesség a második fázisban:**

$$v_{2d} = v_{r\acute{a}v} \cdot A_{r\acute{a}v}/A_{kamra} \text{ (m/s)}$$

Behelyettesítve:

$$v_{2d} = \frac{35000mm}{s} \cdot \frac{1191mm^2}{9503,31mm^2} = 4386,36 \left(\frac{mm}{s}\right) = 4,39m/s$$

A második fázisbeli dugattyúsebesség 2-5 m/s között optimális. Ezek alapján a 4,38 m/s második fázis sebesség optimális.

### **Térfogatáram:**

$$Q = \sum A_{r\acute{a}v} \cdot v_{r\acute{a}v} \left(\frac{mm^3}{s}\right)$$

Behelyettesítve:

$$Q = 1191mm^2 \cdot \frac{35000mm}{s} = 41685000 \left(\frac{mm^3}{s}\right) = 0,041 \text{ m}^3/s$$

### **Öntési idő:**

$$t_{\acute{o}nt} = \frac{V_{\acute{o}nt+t\acute{u}lf}}{Q} \text{ (s)}$$

Behelyettesítve:

$$t_{\text{önt}} = \frac{0,0014576m^3}{0,041m^3/s} = 0,03496(s) = 35ms$$

**Kapcsolási pont (kamra 100%-ig tele):**

$$L_1 = L_k \cdot (1 - F_G)(mm)$$

Behelyettesítve:

$$L_1 = 600mm \cdot (1 - 0,5050) = 297(mm)$$

**Kapcsolási pont (második fázis úthossza):**

$$L_2 = n \cdot \frac{V_{\text{önt+tűlf}}}{A_{\text{kamra}}}$$

Behelyettesítve:

$$L_2 = 1 \cdot \frac{1457600mm^3}{9503,31mm^2} = 153mm$$

Számított értékek összesítése a **11. táblázatban**.

**11. táblázat:** Számított értékek

Paraméterek	Optimális érték
Szükséges záróerő	25400 kN
Kamra töltöttségi fok	50,5%
1.fázis dugattyúsebessége	0,30m/s
2. fázis dugattyúsebessége	4,39m/s
Térfogatáram	0,041m <sup>3</sup> /s
Öntési idő	35ms

Kapcsolási pont (második fázis úthossza)	153mm
Kapcsolási pont (kamra 100%-ig tele)	297mm

## 6 Hőtechnikai számítások

12. táblázat: Kiinduló adatok a számításokhoz		
Paraméter	Jele	Mennyiség
Öntvény+túlfolyók tömege	$m_{\text{önt+túlf}}$	3644 g
Bekötő csatorna tömege	$m_{\text{bek}}$	3556 g
Olvadék hőmérséklete	$T_G$	690°C
Dermedési hőmérséklet	$T_E$	590°C
Kidobási hőmérséklet	$T_K$	310°C
Ötvözet dermedési hője	L	453 KJ/kg
Ötvözet közepes fajlagos hőkapacitása	$c_{p,\text{olv}}$	1070 J/kgK

### Dermedésig átadott hőmennyiség:

$$Q_1 = c_{p,\text{olv}} * m * (T_{\text{olv}} - T_{\text{derm}}) = \frac{1070J}{kgK} * (963,15K - 863,15K) * 5,38kg = 575660J$$
$$= 575,66kJ$$

### Dermedési hő:

$$Q_2 = L * m = 453 kJ/kg * 5,35 kg = 2423,55kJ$$

### Kidobásig átadott hőmennyiség:

$$Q_3 = c_{p,\text{olv}} * m * (T_{\text{derm}} - T_{\text{kidob}}) = 1070 * 5,35 * (590 - 310) = 1602,86kJ$$

### Összes átadott hőmennyiség:

$$Q_{\text{összes}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 575,66kJ + 2423,55kJ + 1602,86kJ = 4602,07kJ$$

### Sugárzással elvezetett hőmennyiségek:

Szerszámkeret oldala:

$$T_{\text{szerszámkeret}} = 150^{\circ}\text{C} = 423,15\text{K}$$

$$T_{\text{környezet}} = 30^{\circ}\text{C} = 303,15\text{K}$$

$$t_{\text{ciklus}} = 109\text{s}$$

$$\begin{aligned} Q_{s1} &= \sigma * \varepsilon * A * (T_{\text{szerszámkeret}}^4 - T_{\text{körny}}^4) * t_{\text{ciklus}} \\ &= 5,67 * 10^{-8} * 0,96 * 5,208 * (423^4 - 303^4) * 109 = \mathbf{728,8 \text{ kJ}} \end{aligned}$$

Ahol:

$A = \text{sugárzó felület}$

$\sigma = \text{Stefan – Boltzmann állandó}$

$\varepsilon = \text{emissziós tényező}$

Osztósík:

$$T_{\text{osztósík}} = 200^{\circ}\text{C} = 473 \text{ K}$$

$$T_{\text{körny}} = 30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$t_{\text{nyitva}} = 30 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} Q_{s2} &= \sigma * \varepsilon * A * (T_{\text{szerszámkeret}}^4 - T_{\text{körny}}^4) * t_{\text{ciklus}} \\ &= 5,67 * 10^{-8} * 0,96 * 3,84 * (473^4 - 303^4) * 30 = \mathbf{261,2 \text{ kJ}} \end{aligned}$$

### Konvekcióval elvezetett hőmennyiség:

$$\alpha = 1,77 * (200 - 30)^{1/4} = 6,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_K = \alpha * A * (T_{\text{szerszámkeret}} - T_{\text{körny.}}) * t_{\text{ciklus}} = 6,39 * 3,84 * (200 - 30) * 109 = \mathbf{454,7 \text{ kJ}}$$

ahol  $\alpha = \text{konvektív hőátadási tényező}$

### Leváltató anyag felvitelével elvezetett hőmennyiség:

$$Q_{\text{elv.lefújás}} = m_{FV} * (c_{FV} + c_{pFV} * \Delta T_s) = 3 * (2256000 + 4183 * 70) = \mathbf{7646 \text{ kJ}}$$

Ahol,  $m_{FV}$  leválasztó anyag tömege

$c_{pFV}$  az anyag fajlagos hőkapacitása

$c_{FV}$  az anyag párolgáshője

$\Delta T_s$  a formaleválasztó anyag felviteli és párolgási hőmérsékletének különbsége

Egy hűtőkör által elvezetett hőmennyiség a következő képlettel számítható:

$$Q_{\text{temp}} = \frac{V}{60} * \vartheta_K * c_{pK} * \Delta T_k$$

Ahol,  $V$  a hűtőközeg térfogatárama

$\vartheta_K$  a hűtőközeg sűrűsége

$c_{pK}$  a hűtőközeg fajhője

$\Delta T_k$  a hűtőközeg belépő és kilépő hőmérséklete közötti különbség

**A hűtőköröknek a következő hőmennyiséget kell elvezetnie az előzetes számítások alapján:**

$$Q_{\text{temperálás}} = Q_{\text{összes}} - Q_{S1} - Q_{S2} - Q_K - Q_{\text{elv.lefújás}} = 4985,7\text{kJ} - 728,8\text{kJ} - 261,2\text{kJ} - 454,7\text{kJ} - 7646\text{kJ} = \mathbf{-4105 \text{ kJ}}$$

## 7 Saját öntési kísérletek

A következő táblázatban összehasonlítom az általam számított gépbeállítási paramétereket az üzemben alkalmazott paraméterekkel.

13. táblázat: Számított és valós paraméterek összehasonlítása

Paraméterek	számított optimális érték	üzemben alkalmazott érték
1.fázis dugattyúsebessége	0,30m/s	
2.fázis dugattyúsebessége	4,38m/s	
Kamra hossza	600mm	
Kamra átmérő	110mm	

A táblázatban a jelentős eltérést mutató paramétereket emeltem ki. A második fázis dugattyúsebessége 4,38m/s helyett .... Továbbá nagy eltérést mutat a kamra hossza, ami a számítások alapján 600mm, de az üzemben alkalmazott ... Üzemi körülmények között sajnos nem volt lehetőségem kipróbálni az általam kiszámított szerszámparamétereket, mert az öntőforma módosítása csak igen jelentős, költséges beavatkozással lenne megoldható.

A 14. táblázat a kísérleteimet mutatja be. A táblázatban láthatóak a változtatott paraméterek, melyek az első fázis dugattyúsebessége, második fázis dugattyúsebessége, és a vákuum chill kilépő keresztmetszete. A kék színnel jelölt értékek alapbeállítások, mellyel a gép működik, a zöld jelzésűek pedig a változtatott értékek.

14. táblázat: Módosított paraméterek

(vákuum hűtőblokk keresztmetszete: vastagsága szorozva a felszínével).

### Kísérletek leírása:

#### 1. Kísérlet:

Az első kísérletben a gyártásban használt paraméterekkel készültek öntvények.

Az első fázis dugattyúsebessége .... a második fázis dugattyúsebessége ...a vákuum chill keresztmetszete ...

2. Kísérlet:

A második kísérlet során az első fázis dugattyúsebességét növeltem az eredeti ... m/s-ról ....., mert a gyorsabb első fázis dugattyúsebessége gyorsabb kamratöltést eredményez, emiatt kevesebb ideje van hűlni a fémnek és melegebb fémet juttatunk be a szerszámba. A második fázis dugattyúsebessége ..., a vákuum chill keresztmetszete .....

A kísérlet célja: Az öntvényben lévő porozitások csökkentése.

3. Kísérlet:

A harmadik kísérletben a második fázis dugattyúsebességét csökkentettem .... .... m/s-ra, mert így nő a formatöltési idő, ezáltal több ideje van a vákuumnak kiszívni a levegőt a formából. A másik ok amiért ezt a sebességet választottam az az, hogy az általam elvégzett számítások ezt az értéket tartják optimálisnak és ezzel a sebességgel kímélhetjük is a szerszámot. Az első fázis dugattyúsebessége ... a vákuum chill keresztmetszete .....

A kísérlet célja: Az öntvényben minimalizálni vagy teljesen megszüntetni a porozitásokat.

4. Kísérlet:

Az első fázis dugattyúsebessége .... a második fázis dugattyúsebessége ....

A vákuum chill keresztmetszetét ....-ről ....-re növeltem, mert nagyobb keresztmetszet esetén több levegő képes távozni a szerszámból azonos idő alatt.

A kísérlet célja: A formaüregből eltávolított gáz mennyiségének növelése.

5. Kísérlet:

Az első és második fázis dugattyúsebessége változatlan maradt a 4. kísérlethez képest.

Ebben a kísérletben vákuum nélküli öntvényeket öntöttünk.

A kísérlet célja: Bebizonyítani a vákuum szükségességét.

**Kísérleti eredmények:**

A változtatott paraméterekkel legyártott darabok minősítése az alábbi vizsgálati módszerekkel történt:

- Szemrevételezés vizuális hibák észlelésére (hidegfolyás, kifolyáshiba)
- Röntgenvizsgálat ....
- Csiszolatok készítése

A szemrevételezés során eltérést nem tapasztaltam, az öntvény felülete vevői előírásoknak megfelel.

### **Röntgenvizsgálat:**

Ahhoz, hogy a .... megfeleljen az öntvény, a gyártási folyamat során rendszeresen röntgenvizsgálatot kell végeznünk. Ezt a vizsgálatot egy .... típusú röntgen berendezésen végzik. Minden öntvényt gyártmányspecifikus program segítségével vizsgálja meg az anyagvizsgáló. A folyamat a következő: kinyitjuk az ajtót, kitöltjük az adminisztrációs sorokat (sorszám, operátor száma, lövésszám) majd behelyezzük a gépbe az adott darabot. Az ajtó bezárása után elindítjuk a megfelelően kiválasztott programot. A darab megfelelt és nem megfelelt minősítést kap a vizsgálat végén. A választott öntvényt 14 pozícióban vizsgáljuk.

A **19. ábrán** látható röntgen berendezést alkalmazzák a cégnél. Ezen a gépen készültek a lent látható röntgen képek is.

**19. ábra:** Röntgen berendezés

### **Röntgenvizsgálati eredmények:**

A röntgenvizsgálat az alábbi rászterkép alapján került kiértékelésre, melyen a kritikus helyek pirossal jelölve alább a **20. ábrán** láthatóak.

**20. ábra:** Rászterkép

A képen látható fekete színnel bekarikázva az öntvényben lévő porozitások helyei, melyek lehetnek gáz-, vagy levegő porozitás. Ez alapján a kísérletek esetén a D-12-es, D-5-ös illetve A-5-ös pozícióban is jelen van a porozitás.

Első kísérlet (kiindulási öntvény):

A-5-ös pozíció	D-5-ös pozíció	D-12-es pozíció
----------------	----------------	-----------------

**21. ábra:** A három pozícióban lévő porozitás

A második kísérlet eredménye, hogy a porozitások mennyisége, illetve nagysága növekedett.

A-5-ös pozíció	D-5-ös pozíció	D-12-es pozíció
----------------	----------------	-----------------

**22. ábra:** Továbbra is látható porozitás

A harmadik kísérlet eredménye, hogy a porozitások mennyisége és nagysága csökkenést mutat.

A-5-ös pozíció	D-5-ös pozíció	D-12-es pozíció
----------------	----------------	-----------------

**23. ábra:** Mind a három pozícióban csökkent a porozitás

A negyedik kísérletben a vákuum chill keresztmetszetének növelésével sikerült elérni, hogy a vevő követelményeknek megfelelő öntvényt gyártsunk.

A-5-ös pozíció	D-5-ös pozíció	D-12-es pozíció
----------------	----------------	-----------------

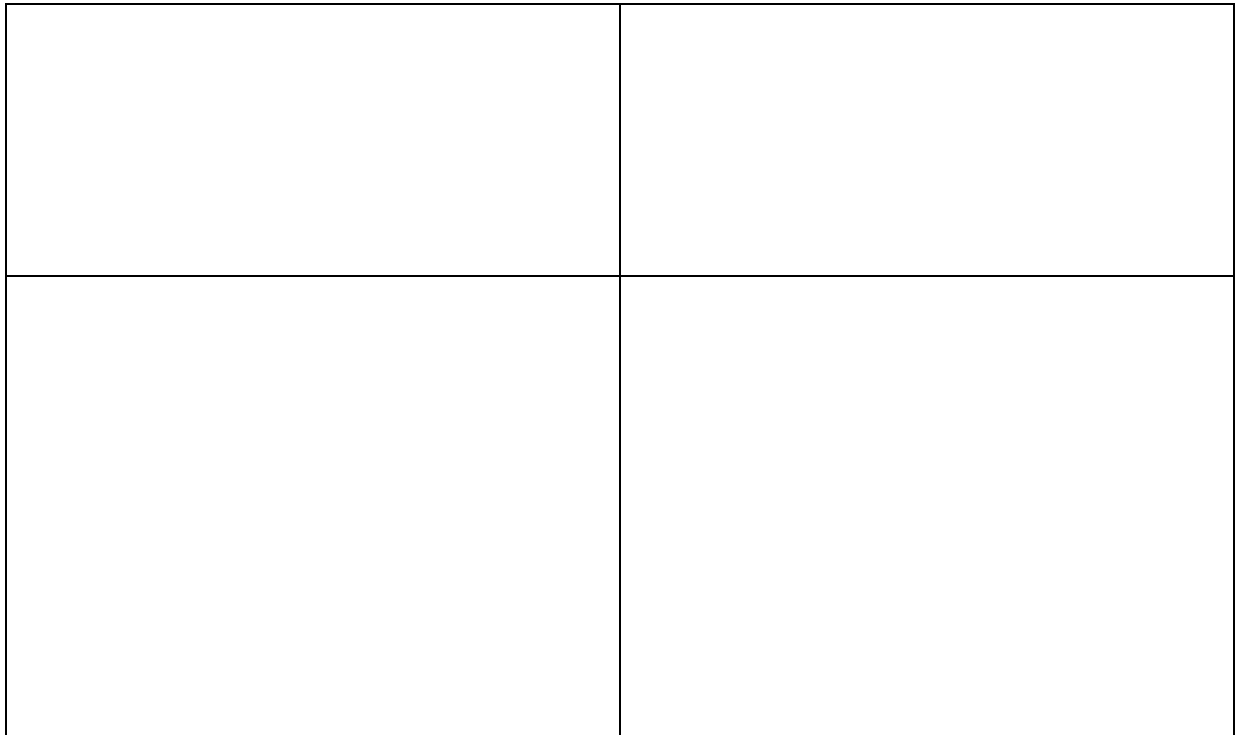
**24. ábra:** Mind a három pozícióban elfogadható a porozitás mennyisége/nagysága

Az ötödik kísérletben szemmel látható, hogy mennyire fontos a vákuum technológia használata, mivel e technológia használata nélkül jelentősen több porozitás található az öntvényekben.

A-5-ös pozíció	D-5-ös pozíció	D-12-es pozíció
----------------	----------------	-----------------

**25. ábra:** Vákuum nélkül öntött ötvényekben lévő porozitás

A **26. ábrán** szemléltetem a ... és a ...-es vákuum chill keresztmetszeti különbséget.



**26. ábra:** A két vákuum chill keresztmetszet közötti különbség

A 26. ábrán jól látható, hogy a .... (balra) keresztmetszetű vákuum chill használatakor csak .... lő ki, míg a .... (jobbra) keresztmetszetű vákuum chill használatakor .... lő el. Ebből következik, hogy a vákuum a nagyobb keresztmetszettel eredményesebb, és sokkal jobban kilevegőzik megnövelt keresztmetszettel. Nagyobb keresztmetszet esetén előfordulhat, hogy az alumínium később dermed el ezáltal a vákuum fel tudja szívni ha nem időbe dermed meg.

### **Mikroszkópos vizsgálat:**

A mikroszkópos vizsgálatok célja a röntgenvizsgálatokon látott porozitások területének meghatározása. A röntgen vizsgálaton nem megfelelőnek minősített darabok közül négy darabon és egy megfelelőnek minősített darabon hasonlítottam össze a porozitás kiterjedését.

A vizsgálatok során egy ... .. típusú mikroszkópot használtam. A mikroszkóp a 27. ábrán látható:

**27. ábra:** A mikroszkóp

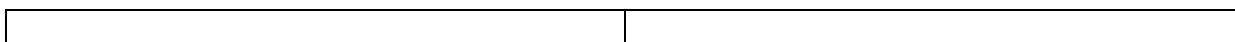
A röntgen vizsgálaton nem megfelelőnek minősített, illetve megfelelőnek minősített darabokból, az A-5-ös, D-5-ös és D-12-es pozícióban látott porozitás helyén metszettem el a mintákat. A kivágás helye a 28. ábrán látható.

**28. ábra:** D-12-es (balra), az A-5-ös (jobbra fent) és a D-5-ös (jobbra lent) pozíciókból kivágott minta

A 29. ábrán látható egy kivágott öntvényrész kettévágva. Ez egyik oldala még csiszolatlan formában a másik oldala már csiszolt formában, amelyen jól látható a porozitás.

**29. ábra:** Csiszolt és csiszolatlan minta

A 29. ábra mintákról készült mikroszkópos képek nagyított változata a következőképp fest:



**30. ábra:** A fentebb említett minták mikroszkópos képei

A következő táblázatban szemléltetem a darabok elnevezéseit. Az első szám a kísérlet számát (1. kísérlet, 2. kísérlet) jelöli a második szám pedig a minta sorszámát.

Specifikáció szerint nem megfelelő darabok	1. kísérlet	1.1; 1.2
	2. kísérlet	2.1; 2.2
	3.kísérlet	3.1; 3.2
	5.kísérlet	5.1; 5.2
Megfelelő darabok	4. kísérlet	4.1; 4.2

**15. táblázat:** Vizsgált darabok jelölése

Csiszolás menete:

A kivágott, majd kettévágott öntvényrészeket 180, 360, 600, 800 és 1200 µm-es csiszolópapírral csiszoltam forgótárcsás vizes csiszolón, ezt követően pedig políroztam őket. Az így megcsiszolt darabokat sztereo- és fény mikroszkóppal vizsgáltam.

A 31. ábrán látható csiszolaton jól látszik az öntvényrészben lévő porozitás, amit pirossal jelöltem.

**31. ábra:** Szabad szemmel látható porozitás (szívódási porozitás)

Miután minden mintát megvizsgáltam, a fénymikroszkóp segítségével meghatároztam minden mintában a porozitás kiterjedését, valamint százalékos arányát a teljes keresztmetszeten. Ezt a 16. táblázat szemlélteti, ahol látható a vizsgált minta teljes területe, a porozítások területe, valamint ezek százalékos aránya:

16. táblázat: Mikroszkópos porozitási vizsgálat eredményei

Darab száma	Teljes terület ( $\mu\text{m}^2$ )	Teljes porozitási terület ( $\mu\text{m}^2$ )	Terület (%)
1.1			
1.2			
2.1			
2.2			
3.1			
3.2			
4.1			
4.2			
5.1			
5.2			

**32. ábra:** Porozitás eloszlása %-ban megadva

A ... látható a porozítások területének aránya a teljes felülethez képest a beállítási paraméterek függvényében. A vizsgálatokból arra tudok következtetni, hogy a 4.1-es és 4.2-es számú mintán, amely a röntgen vizsgálaton nem mutatott semmilyen látható hibát, jóval kevesebb a porozitás mennyisége a vizsgált kritikus öntvényrészben. Ehhez hasonlítva a többi darabon nagyobb mennyiségű porozitás látható.

A röntgen vizsgálaton nem megfelelő 1.1-es és 1.2-es mintában található a legalacsonyabb, .... porozitási arány.

A második kísérletről kiválasztott mintákban -2.1 és 2.2- is jelen van a porozitás, mégpedig .... Ezekben a mintákban az előzőkhöz képest nőtt a porozitás területének aránya.

A harmadik kísérlet mintáit vizsgálva a porozitás területének aránya ... Ezekben a mintákban az előzőkhöz képest csökkent a porozitás területének aránya.

A negyedik kísérletből kiválasztott mintákban a .... melyből jól látható a porozitás mennyiségének jelentős csökkenése.

A kisebb keresztmetszetű vákuum chill használatakor a porozítások nagyobbak és sűrűbbek, mint a keresztmetszet növelése után öntött darabokon.

## 8 Összefoglalás

Munkám során egy az üzem számára minőségi szempontból kritikus öntvény porozitási problémáit, valamint annak különböző megoldási lehetőségeit vizsgáltam. Az általam elvégzett mintaöntések és az azt követő vizsgálatok alapján az alábbi következtetésekre jutottam:

- Az második kísérlet alapján megállapítható, hogy az 1. fázis dugattyúsebességének .... történő növelése negatív hatással van az öntvényben kialakuló porozitások mennyiségére. Ennek egyik lehetséges oka, hogy az 1. fázis idejét tovább ....., mely a töltőkamra hosszából eredő úthossz miatt egyébként is ... volt. A másik lehetséges magyarázat, hogy a hullámszám ezzel a sebességgel páros számként adódik ki, és a kamratöltéskor az olvadék a maradék ki nem szorított levegőt magába zárja. A második lehetőség töltéstezzttel egyszerűen ellenőrizhető, így a legközelebbi gyártáskor az ellenőrzés érdekében javasolni fogom ennek elvégzését.
- Az harmadik kísérletben a 2. fázis dugattyúsebességét csökkentettem, ..., mely kis mértékű javulást eredményez, azonban a röntgenképek alapján nem döntő fontosságú a porozitás mennyiségét tekintve. A második fázis sebessége a porozitás mennyiségét alapvetően nem, de az áramlási viszonyok megváltozása miatt az eloszlását befolyásolhatja, adott esetben diszpergálhatja azt.
- A negyedik kísérlet alapján megállapítható, hogy a vákuum chill kilépő keresztmetszetének növelésével a porozitás mennyisége jelentősen csökkenthető, az öntvények a vevői specifikációnak megfelelnek. A jelenség hátterében az állhat, hogy azonos nyomáskülönbség hatására nagyobb áramlási keresztmetszeten a rendelkezésre álló egységnyi idő alatt a vákuum tank több levegőt képes evakuálni a formaüregből. A minőségen segíthet továbbá, hogy a vákuum chillen több hullám folyik ki, ezáltal nő a túlfolytatott fémmennyiség, és több bezárt levegő tud távozni a formaüregből.

Az öntéstechnikai számítások alapján követő öntőszerszám tervezésekor javaslom a töltőkamra hosszának és belső átmérőjének megváltoztatását a számított értékek szerint, ezzel tovább javítható az öntvény minősége.

## Irodalom jegyzék

- [1] <https://rdw-wolf.de/?lang=10> ,
- [2] <https://rdw-wolf.de/CMS/WOLF-Cgcsoport/1933-tl-napjainkig,201,0,10.html>
- [3] <https://rdw-wolf.de/CMS/WOLF-Cgcsoport/100-os-csaldi-vllalat,200,0,10.html>
- [4] Dúl Jenő: Nyomásos Öntészeti Ismeretek 2011
- [5] Svitlana Dimand: metaldruckguss: ein terminologischer Vergleich, Deutsch-Russisch Diplomarbeit, 2009
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=W6VgCaRozq8>
- [7] [http://rheinfelden-alloys.eu/wp-content/uploads/2016/01/05-HB-DG\\_Ci\\_Sf\\_Cm\\_Td\\_Ma\\_RHEINFELDEN-ALLOYS\\_2015\\_EN.pdf](http://rheinfelden-alloys.eu/wp-content/uploads/2016/01/05-HB-DG_Ci_Sf_Cm_Td_Ma_RHEINFELDEN-ALLOYS_2015_EN.pdf)
- [8] WS 02004 BMW szabvány
- [9] Sándor balázs: alternatív nyomásos öntészeti technológia I., Bányászati és Kohászati lapok, 2018
- [10] Alan Kaye, Arthur Street: Die Casting Metallurgy; 1982
- [11] Szabó Richárd: Öntéstechnikai és hőtechnikai paraméterek hatása az alumínium nyomásos öntvény szilárdsági tulajdonságaira; 2012
- [12] Dr. Erdélyi János, Nyomásos- és kokilla öntés tananyag; 2019
- [13] Theroie und Praxis des Druckgusses
- [14] PTL- 7501.es Volkswagen szabvány
- [15] [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013\\_anyagok\\_hegshetosege/13\\_1\\_az\\_aluminium\\_es\\_otvozeteinek\\_attekintese.scorml](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_anyagok_hegshetosege/13_1_az_aluminium_es_otvozeteinek_attekintese.scorml)

## Ábra és táblázat jegyék

1. ábra: Prec-Cast Öntödei Kft [1] .....	3
2. ábra: Melegkamrás nyomásos öntőegység [4] .....	8
3. ábra: A vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés vázlata [4] .....	10
4. ábra: Vízszintes hidegkamrás öntőgép elvi felépítése [10].....	10
5. ábra: A vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgépek részfolyamatai [4] .....	11
6. ábra A folyékony fém töltőkamrába adagolása .....	13
7. ábra: Kétlapos gép hidraulikus záró egysége [4].....	14
8. ábra: Vízszintes hidegkamrás nyomásos öntés hidraulikus rendszerének nyomása és a dugattyú útja az idő függvényében.....	15
9. ábra: Al-Si kétalkotós állapotábra [15] .....	18
10. ábra Módosítás.....	25
11. ábra: A választott 06905-001A formaszámú egyfészkés nyomásos .....	26
12. ábra: A termék beépülési helye.....	26
13. ábra: Az öntőcella .....	26
14. ábra: Az öntőszerszám.....	26
15. ábra: Az öntvényhez tartozó öntőszerszám.....	26
16. ábra Vákuum felépítése .....	27
17. ábra Vákuum hűtőblokk.....	28
18. ábra Vákuum szelep.....	29
19. ábra: Röntgen berendezés .....	43
20. ábra: Raszterkép.....	43
21. ábra: A három pozícióban lévő porozitás.....	44
22. ábra: Továbbra is látható porozitás .....	44
23. ábra: Mind a három pozícióban csökkent a porozitás.....	45
24. ábra: Mind a három pozícióban elfogadható a porozitás mennyisége/nagysága .....	45
25. ábra: Vákuum nélkül öntött ötvényekben lévő porozitás .....	45
26. ábra: A két vákuum chill keresztmetszet közötti különbség .....	46
27. ábra: A mikroszkóp.....	47
28. ábra: D-12-es (balra), az A-5-ös (jobbra fent) és a D-5-ös (jobbra lent) pozíciókból kivágott minta .....	47
29. ábra: Csiszolt és csiszolatlan minta .....	47
30. ábra: A fentebb említett minták mikroszkópos képei .....	47
31. ábra: Szabad szemmel látható porozitás (szívódási porozitás) .....	48
32. ábra: Porozitás eloszlása %-ban megadva .....	48
1. táblázat: A nyomásos öntés technológiai paramétereinek összehasonlítása más öntészeti eljárásokkal [4] .....	6
2. táblázat: A legfontosabb Al öntészeti ötvözetek jelölése és összetétele [4].....	21
3. táblázat: Szabványos nyomásos öntészeti Al-ötvözetek mechanikai tulajdonságai [4] .....	22
4. táblázat: A rugalmassági határ és a szakítószilárdság értékeinek változása a hőmérséklet függvényében [4] .....	23
5. táblázat: AlSi10MnMg összetétele [8] .....	24
6. táblázat Módosítás előtti röntgen képek.....	25
7. táblázat: Öntvényvel szemben támasztott követelmények és paramétereik.....	32
8. táblázat: Kiinduló adatok a számításokhoz.....	33
9. táblázat Számított térfogatok.....	33

10. táblázat: Választott öntőgép paramétereit .....	34
11. táblázat: Számított értékek.....	36
12. táblázat: Kiinduló adatok a számításokhoz.....	38
13. táblázat: Számított és valós paraméterek összehasonlítása .....	41
14. táblázat: Módosított paraméterek.....	41
15. táblázat: Vizsgált darabok jelölése .....	47
16. táblázat: Mikroszkópos porozitási vizsgálat eredményei.....	<b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>