



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Gépészmérnök Szak**

**Tervezzen Fröccsöntő Szerszámot Kézi Papírstancoló**  
**Berendezéshez**

**Belső konzulens:** Dr. Pataki Tamás István  
egyetemi docens

**Külső konzulens:** Marcus Kiesewetter  
CAE/CAD Engineer

**Készítette:** **Csizmazia Soma**  
JC26PP  
nappali tagozat

**Intézet/Tanszék:** **Anyag- és Géptani Intézet**

**Gödöllő**  
**2024**

**MŰSZAKI INTÉZET**  
**GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK**  
Gépgyártó specializáció

**SZAKDOLGOZAT**  
feladatlap

*Csizmazia Soma* (JC26PP)

részére

A szakdolgozat címe:

**Tervezzen fröccsöntő szerszámot egy kézi papírstancoló eszközhöz**

**Feladatkiírás:**

Bevezetés, Cégbemutató, Szakirodalom feldolgozás, Alkatrész és annak felhasználása, Fröccsöntő szerszám tervezése CAE program segítségével, Gazdasági számítás, Összefoglalás

**Közreműködő tanszék:** Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

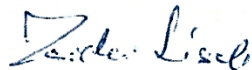
**Külső konzulens:** *Marcus Kiesewetter, CAE CAD Engineer, LKH Kunststoffwerk Heiligenroth GmbH Co. KG*

**Belső konzulens:** *Dr. Pataki Tamás István, Egyetemi docens,*

**Beadási határidő:** 2024. április 22

Gödöllő, 2024. február 12

**Jóváhagyom**

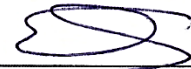


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

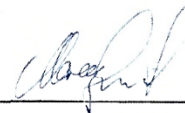
**Átvettem**



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024.



(külső konzulens)

---

## Tartalom

1.	Bevezetés.....	4
1.1.	Téma jelentősége .....	4
1.2.	Célkitűzés.....	4
2.	Cégbemutató.....	5
3.	Szakirodalom feldolgozása.....	6
3.1.	A polimer felhasználása .....	6
3.2.	A polimer .....	6
3.3.	A fröccsöntés .....	6
3.4.	A fröccsöntő gépek .....	7
3.4.1.	A fröccsöntő egység .....	7
3.4.2.	A szerszámzáró egység.....	8
3.5.	A fröccsöntő szerszám .....	9
3.5.1.	A szerszám felépítése .....	9
3.5.2.	A komponensek jellemzői .....	10
3.5.3.	Egyéb szerszámkialakítások .....	12
3.6.	Beömlőrendszer .....	13
3.6.1.	Melegcsatornás elosztórendszer .....	13
3.6.2.	Hidegcsatornás elosztórendszer.....	14
3.7.	Hűtőrendszer .....	16
3.7.1.	Légűtés.....	16
3.7.2.	Folyadékűtés .....	16
3.7.3.	A hűtőkör felépítése.....	17
3.7.4.	A szerszám hőegyensúlya.....	18
4.	Az alkatrész és annak felhasználása .....	19
4.1.	Az alkatrész funkciója.....	19

---

4.2.	A választott anyag.....	19
4.3.	Az alkatrész digitalizálása.....	20
5.	Fröccsöntő szerszám tervezése CAE program segítségével.....	22
5.1.	Az alkatrész vizsgálata.....	22
5.1.1.	Zsugorodás.....	22
5.1.2.	Görbületek vizsgálata .....	24
5.1.3.	Normális vizsgálata .....	24
5.1.4.	Alámetszések vizsgálata .....	24
5.1.5.	Vastagság vizsgálata.....	24
5.2.	A szerszám tervezése .....	25
5.2.1.	Az osztóélek, osztósík meghatározása.....	25
5.2.2.	A formabetétek kialakítása .....	26
5.2.3.	A szerszámház létrehozása .....	27
5.2.4.	A kilökő rendszer létrehozása.....	29
5.2.5.	A hűtőrendszer létrehozása.....	30
5.2.6.	Az elosztócsatorna kialakítása.....	33
5.2.7.	A gát kialakítása .....	35
6.	Karbantartási utasítás.....	38
7.	Gazdasági számítás.....	40
8.	Összefoglalás .....	42
9.	Summary.....	43
10.	Nyilatkozatok .....	44
11.	Irodalomjegyzék .....	46
12.	Mellékletek .....	51

---

## 1. Bevezetés

Ebben a fejezetben bemutatom az általam választott téma jelentőségét, továbbá említést teszek a szakdolgozatban megjelenő témákról.

### 1.1. Téma jelentősége

A 21. században rendkívül fontos szerepe van a polimer feldolgozásnak, manapság használt termékeink túlnyomó része rendelkezik valamilyen műanyagból készült elemmel. Éppen ezért tartom kiemelkedően fontosnak és érdekesnek az általam választott témát, melyben részletesen bemutatom egy műanyag fröccsöntő szerszám tervezésének lépéseit egy általam választott alkatrészhez.

Szakdolgozatom során elemzem a fröccsöntéshez felhasznált anyagok közös tulajdonságait, mely lehetőséget ad a technológia nagy mértékű kihasználására. Kitérek a feldolgozás ezen formájának sajátosságaira, előnyeire. Tekintvén, hogy a fröccsöntő gépek rendkívül nagy igénybevételnek kitett szerkezetek a szélsőséges nyomás és hőmérsékleti viszonyok révén, működésük és felépítésük bemutatása műszaki szempontból elengedhetetlen. A legnagyobb erők, feszültségek a szerszámban összpontosulnak, kritikus részét képezve ezzel a folyamatnak. Az olvadt polimer forró állapotban, nagy nyomáson áramlik be a szerszámüregbe, folyamatos abrazív hatást gyakorolva annak felületére. Ezen gépelem azonban nem veszíthet pontosságából több ezer ciklust követően sem. Mint a végleges forma alakadója, a fröccsöntő szerszámok is teret kapnak szakdolgozatomban. Az elérhető műszaki kutatások és források alapján elemzem a szerszámok felépítését, minőségét és részeit. Munkámat az LKH Kunststoffwerk Heiligenroth GmbH & Co. KG nevű cég segíti.

### 1.2. Célkitűzés

Céлом, hogy a megszerzett tudás felhasználásával elkészítsem az alkatrész fröccsöntő szerszámának Computer Aided Design (továbbiakban CAD) és Computer Aided Engineering (továbbiakban CAE) tervét, az alakelemsajátosságok figyelembevételével, megtervezem a szerszámhoz szükséges hűtőrendszert számításokkal alátámasztva, továbbá kialakítom a megfelelő beömlőrendszert és kilökörendszert is. A szerszám tervezéséhez az egyes gyártók által kínált normáliákat fogom felhasználni.

---

## 2. Cégbemutató

A fejezet során bemutatom a céget, amely megrendelöm, illetve ahol külső konzulensem dolgozik.

Az LKH Kunststoffwerk Heiligenroth GmbH & Co. KG, több mint 200 alkalmazottal és több mint 50 fröccsöntő géppel rendelkezik. Korszerű Rajna vidéki telephelyén műanyag alkatrészeket és szerelvényeket fejleszt és gyárt az autóipar, elektrotechnika, elektronika, üzemi berendezések és a szállítási csomagolóanyagok piacán tevékenykedő ügyfelek számára.

Az LKH által nyújtott szolgáltatások között szerepel a hőre lágyuló műanyag fröccsöntés 28 és 1000 tonna közötti záróerőt biztosító berendezések segítségével, a teljesen automatizált PUR-habfelhordás (hab a helyén), valamint a hibrid fröccsöntési technológia és a beépítésre kész modulok összeszerelése. Az LKH több mint 1000 különböző alkatrészt gyárt, 1 grammtól 4800 gramm lövési súlyig, lehetőleg valamennyi műszaki hőre lágyuló műanyagot felhasználva. Különös hangsúlyt fektetnek az autóiparban használt, nagy töltésű könnyűszerkezetes anyagokra és az elektrotechnika számára gyártott, UL-engedéllyel rendelkező, égésgátló hőre lágyuló műanyagokra

Fő kompetenciái közé tartoznak a hőre lágyuló légrugó-alkatrészek az autókhoz és a szállítótekercecsek, mint fogyóeszközök az élelmiszer-előállításban. Az LKH emellett szerződéses gyártója az energiaelosztó alkatrészeknek és a szellőztetőegységeknek kis és közepes mennyiségben.

Az LKH megbízásából készítem el a fröccsöntő szerszámot egy adott alkatrészhez. A kész termék marketing célokra lesz használva.

---

### 3. Szakirodalom feldolgozása

Ebben a fejezetben bemutatom a témához tartozó releváns szakirodalmakat, továbbá elemzem a fröccsöntő szerszám felépítését, komponenseit.

#### 3.1. A polimer felhasználása

A műanyagok előállítása mintegy 150 évvel ezelőtt kezdődött, amikor is a természetben előforduló polimer láncokat felhasználva állítottak elő használható anyagokat. Az idő előrehaladtával, az 1900 évek felé közeledve a meglévő formulát próbálták más, jobb mechanikai tulajdonságokkal bíró anyagokkal helyettesíteni. Így lett a polimergyártás alapköve a kőolaj. [1]

#### 3.2. A polimer

A polimerek makromolekuláris, azaz óriás molekulákból álló, szerves, szintetikus összetett anyagok, melyek elsődleges összetevője a szén, és hidrogén. Ezen anyagok mellett megtalálható bennük a nitrogén, az oxigén, a klór, a fluor és kén is. Csoportosításuk történhet eredetük, előállításuk, szerkezetük, illetve feldolgozásuk szerint. Eredetük alapján két fő csoportot különböztetünk meg: Szénhidrogén származékból előállított polimerek, illetve bio- vagy biolebontható polimerek. Ezutóbbi csoport a kezdetekhez hasonlóan, a természetben előforduló anyagokból készült műanyagokat tartalmazza. Előállításuk történhet polimerizációval, polikondenzációval illetve poliaddícióval, míg szerkezetük alapján megkülönböztetünk termoplasztikus (hőre lágyuló), duroplaszt (hőre keményedő) és elasztomer (rugalmas) polimereket. Az alapanyagokat többféle úton használja fel az ipar, ilyen az extrudálás, fröccsöntés, kalenderezés vagy vákuumformázás. [2] [3]

#### 3.3. A fröccsöntés

A fröccsöntés a műanyag feldolgozó ipar legszéleskörűbben használható formája, mely lehetőséget nyit bonyolult 3 dimenziós formák létrehozására. Az olvadáspont fölé melegített polimert folyékony állapotában nagy nyomás segítségével a formaadó szerszámba lövik. A zárt szerszámban ezután az anyag szabályozott hőmérséklet mellett lehül, és felveszi végleges formáját. A lövés szó azért elterjedt, mert a szűk résen, azaz a meglövési ponton beáramló ömledék sebessége felgyorsul. Az eljárás előnyei közé tartozik, hogy szinte hulladékmentesen alakíthatóak ki a végtermékek. Bár a szerszám gyártásának költsége magas, továbbá csak

---

egyetlen alkatrészhez használható, a módszer lehetőséget ad akár több millió darab gyártásra, így hamar megtérül a befektetett összeg. [4]

### 3.4. A fröccsöntő gépek

A fröccsöntéshez használt gépeket jellemzően két fő részre bontjuk: A fröccsöntő egységre, illetve a szerszámzáró egységre. [5]

#### 3.4.1. A fröccsöntő egység

A fröccsöntő, vagy plasztikáló egységbe kerül betöltésre a granulátum, mely ezután a gravitáció segítségével a fűtőhengerbe jut. A fűtőhenger egy hengeres alakú, acélból készült gépelem, melynek a belsejében egy vékony szerszámacél réteg található, hogy ellenálló legyen az olvadék abrazív hatásaival szemben. A henger külső palástján, teljes hosszára rögzítve találhatóak a fűtőbetétek, melyek elektromos úton állítanak elő megfelelő hőmérsékletet. A fűtőegységek több zónára vannak osztva, mely zónákat az elektromos egység irányít. A fűtőhenger által biztosított hő hatására megömlik a polimer, majd folyékony állapotában a csiga segítségével állandó mozgás mellett a fűvókához juttatja az olvadékot. A csiga legfőbb feladata az olvadék mozgatása, emellett a folyamatos keveréssel biztosítja a folyékony polimer homogén állapotát. Forgó mozgásával a súrlódásból adódóan hőt is generál, mely elősegíti a fűtőbetétek feladatát. A fűvóka felé történő szállítás során a térrész folyamatosan csökken, így az olvadék egyre nagyobb nyomásra kerül. Ennek hatására fűvókán keresztül nagy nyomáson a szerszám betöltő nyílásába áramlik.. Ezen nyomást a beáramlás után is fenntartja a gép, míg megfelelő szilárdságú nem lesz a késztermék. [5] [6]



---

### 3.4.2. A szerszámzáró egység

A szerszámzáró egység rendkívül fontos szerepet tölt be a fröccsöntési folyamatban. Ez az gépelem felelős a szerszámfóák nyitására és zárására, továbbá folyamatos záróerőt kell biztosítani, hogy az olvadék ne juthasson a szerszámon kívülre. A megszilárdulást követően nyitja az összeszorított feleket, továbbá működteti a kidobó berendezést is, mely a termék megfelelő eltávolítását biztosítja. Szerszámzáró egységeknél megkülönböztetünk oszlopos és oszlop nélküli kivitel. Az oszlopos kivitel esetében a legfőbb ismertető jel, hogy a szerszám felfogó- és támasztólapot négy robosztus henger köti össze. Ezen oszlopok a mozgó szerszámfelfogó lap megvezetését végzik, így biztosítva a megfelelő mozgást. Oszlop nélküli kivitelek esetében a szerszámtér teljesen nyitott. Oszlopos gépek esetében működtetésük alapján három fő csoportra bonthatóak a berendezések: Hidraulikus, mechanikus és kombinált záróegységek. Hidraulikus záróegység esetén a kellő szorítóerőt egy hidraulikus munkahenger állítja elő. Előnye az ilyen rendszereknek, hogy a szükséges erő gyakorlatilag fokozatmentesen, széles spektrumban állítható, továbbá elkerülhető a túlzott energiafelhasználás is. Túl nagy szorítóerő használata nem csak pazarlás, de képes jelentős károkat okozni a fröccsöntő szerszámban is. Mechanikus, vagy könyökemelő zárómechanizmus esetén a megfelelő nyomás fenntartásához nincs szükség energiabevitelre, ugyanis a könyökemelő öntartó. A csuklós elem a 180°-os nyitást követően teljesen kifeszített állapotban van. Legfőbb hátránya, hogy szemben a hidraulikus kivittel, a szorító erő nem, vagy kis mértékben szabályozható. Nagyméretű termékek előállításához a leginkább használatos a kombinált záróegység. Ebben a kivitelben a a könyökemelők zárását követően a szerszámfelfogó lapot az oszlopokhoz reteszelik, majd minden oszlopot egy-egy hidraulikus munkahengerrel meghúznak, így felépítve az előírt záróerőt. [6]

### 3.5. A fröccsöntő szerszám

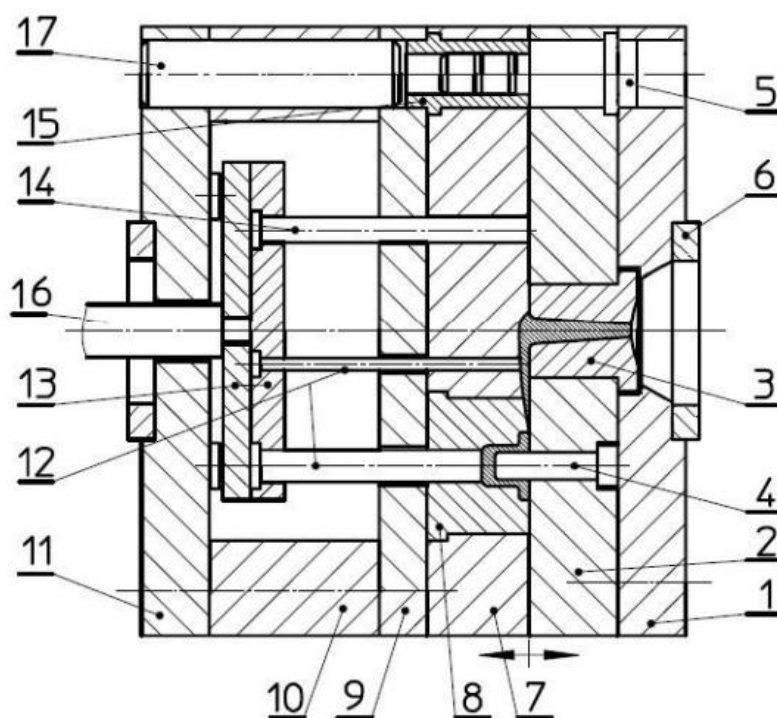
#### 3.5.1. A szerszám felépítése

A fröccsöntés folyamatában a legfontosabb elem maga az alakadó szerszám. Ezen gépelem az, amelybe az olvadék forró állapotában beáramlik, majd szabályozott idő alatt lehül és így nyeri el az alkatrész végleges formáját. Beáramláskor nem csak a hőterhelés, de a nyomás és a közeg sebessége is megkívánja a kiváló mechanikai tulajdonságokat. A fröccsöntő szerszám kialakítása szerint lehet kétlapos, háromlapos, menetes, ékbetétes, letolólapos és tolattyús, melyek közül a kétlapos a leggyakrabban előforduló kivitel. [7]

A kétlapos szerszám fő részei az 1. számú ábrán láthatóak.

1. állórész felfogó lap
2. formalap (betét tartó) az álló részben

3. beömlő csatorna-persely
4. mag (betét)
5. vezetőcsap
6. központosító gyűrű
7. formalap (betét tartó)
8. szerszámcsésze (betét)
9. betéttámasztó lap
10. támasztó lécs
11. mozgórész felfogó lap



1. ábra A fröccsöntő szerszám felépítése  
(forrás: <https://witch.mik.pte.hu>)

12. kidobó csapok
13. kidobó lap
14. visszatoló csap
15. vezetőhüvely
16. kidobórúd
17. központosító csap vagy hüvely [7]

### 3.5.2. A komponensek jellemzői

A fröccsöntő szerszám típusai széles skálán mozognak, konstrukciójuk legfőbbképp a végtermék geometriájától függ, de fontos szerepet játszik a gyártandó darabszám, a termék mérete és anyaga, stb. Az egyes részegységek funkciója a következő:

- **Központosító gyűrű:** A fröccsöntő berendezés fúvókáját vezeti a beömlőperselyhez. Rendkívül fontos a tökéletes illeszkedés, hogy az olvadék ne jusson a szerszámon kívülre. További feladata felrakáskor, hogy szerszámot bepozícionálja a megfelelő helyre.
- **Beömlőpersely:** A beömlőpersely a fröccsöntő gép fúvókájából vezeti az elosztócsatornába a megolvadt polimert. A persely furata 0.2-1 mm-el kisebb kell, hogy legyen, mint a fúvóka átmérője. A keresztmetszet csökkenésnek köszönhetően az olvadék felgyorsul, ezáltal gyorsabban nyeri el végleges formáját a szerszám belsejében. Annak érdekében, hogy a megszilárdult anyag könnyebben eltávolítható legyen, a persely falai  $0,5 - 2^\circ$ -os dőlésszöggel rendelkeznek.
- **Álló oldali felfogólap:** Ezen alkatrészbe van belemunkálva a beömlőpersely és a központosító gyűrű. A felfogólap méretezésekor fontos szempont, hogy a fröccsöntő gép mekkora szerszámfelfogó lappal rendelkezik, azaz mekkora méretű a maximálisan felszerelhető szerszám, ugyanis a szerszámnak ezen oldala kapcsolódik a géphez.
- **Álló oldali formalap:** Az álló és mozgó oldali formalapok között található az úgynevezett szerszámüreg. Ebben az üregben nyeri el a késztermék végleges formáját. A forma létrehozása több eljárással is létrehozható: kimunkálható közvetlenül a formalapból, alkalmazhatóak betétek, továbbá additív technológiák is. Közvetlen kimunkálásról általában kisebb alkatrészek esetében beszélünk, ahol maga a szerszámkonstrukció egyszerűbb kivitelű. Betétezett szerszámüregek bonyolultabb geometriájú, nagyobb alkatrészek esetén használatosak. Megkülönböztetünk részben, illetve teljesen betétezett szerszámüreget. Az alkalmazott betétek rögzítése legtöbb esetben csavarral történik, továbbá szükség esetén elfordulás ellen is biztosítjuk. Mivel a formaadó betétek könnyedén eltávolíthatóak, ezért ez az eljárás hosszabb életciklusra tervezett szerszámok esetében előnyös. Karbantartása és felújítása egyszerűbb, alacsonyabb költségű. Az álló és mozgó oldali formalapban kerül kialakításra a előmelegítő – hűtő rendszer, mely a szerszám optimális működési

---

hőmérsékletének eléréseben segít, továbbá a fröccsöntést követően az alkatrész megfelelő visszahűléséről gondoskodik. A hűtőközeg lehet víz, olaj vagy emulzió. Szerszámba történő bejutása gyorscsatlakozón keresztül történik, keringtetéséről speciális zártrendszerű temperáló – keringtető rendszer gondoskodik. Az előmelegítés és hűtés fontos szerepet játszik a ciklusidőben: Megfelelő hűtés hiányában magasabb ciklusidővel dolgozunk, amely a gyártási költségeket is befolyásolja.

- **Mozgó oldali formalap:** A legtöbb esetben ebből a szerszámrészből kerül kialakításra a mag, amely a termék üreges részeinek formáját adja. Az álló oldali formalaphoz hasonlóan ez is kialakítható közvetlen a formalapból, illetve betét használatával.
- **Támasztó lap vagy párnalap:** A támasztólap a mozgó oldali formalap alatt helyezkedik el, és legfőbb feladata, hogy megfelelő merevséget biztosítson a formalapoknak. Vastagságát nagyban befolyásolja a szerszám belső részében ébredő nyomás.
- **Támasztó lécz:** Alapvető szerepe a formalap merevítése.
- **Vezetőoszlop és vezetőpersely:** A vezetőoszlop az álló oldali formalapban foglal helyet, míg a vezetőpersely a mozgó oldali formalapban található. Együttes feladatuk a szerszám nyitása és zárásakor történő megvezetés, így biztosítva a tökéletes illeszkedést.
- **Kilökő tartólap:** Ezen lapban vannak kialakítva a kilökők. A kilökő laphoz csavarkötéssel kapcsolódik.
- **Kilökő lap:** A kilökő tartólap alatt helyezkedik el, feladata a kilökők mozgatása. A tartólaphoz történő kapcsolódáskor alátéteket szokás alkalmazni, így meggátolva a teljes felületen történő érintkezést. Utóbbi esetben a szennyeződések révén nehezen biztosítható a megfelelő pozíció.
- **Kilökő szár:** A kilökő szár a kilökő rendszert mozgatja, továbbá ezen keresztül kapcsolódik a fröccsöntő géphez a szerszám.
- **Mozgó oldali felfogó lap:** Ez az alkatrész a fröccsöntő gép mozgó felfogó lapjára rögzül, majd erre szerelik fel a távtartókat.
- **Távtartó lap:** A támasztó lap és mozgó oldali felfogó lap közt foglal helyet, feladata a kilökő rendszer megfelelő mozgástartományának biztosítása. [8]

---

### 3.5.3. Egyéb szerszámkialakítások

**Háromlapos szerszám:** A háromlapos szerszám esetében, ahogyan a neve is mutatja, a szerszám formaadó része három részre van bontva. Az alapvető célja, hogy nagyobb rugalmasságot biztosítson az alkatrész formáját illetően. Három részre bontott szerszám esetében a gátakat az alkatrész oldalára lehet helyezni, így komplexebb geometriák esetében alkalmazza az ipar. Azonban legnagyobb előnye a hidegcsatornás elosztórendszer használatakor mutatkozik meg, ugyanis a csatornába dermedt polimer könnyedén eltávolíthatóvá válik. [9]

**Letolólapos szerszám:** Ebben az esetben egy lap gondoskodik arról, hogy a késztermék eltávolításra kerüljön a szerszámból, hogy az készen álljon a következő ciklusra. A lap teljes felületén érintkezik az alkatrész külső élével, így biztosítva egy megbízható módot a kilökésre. Letolólap használatára akkor van szükség, amikor a sűrített levegő vagy kilökök nem biztosítanak elég erőt a termék eltávolításához. Mozgatásuk négyféleképpen történhet: A gép mechanikus kilököjével, az öntőszerszám hidraulikus dugattyúival, pneumatikus dugattyúkkal, vagy húzórudakkal. [10]

**Tolattyús szerszám:** Erre a megoldásra akkor van szükség, amikor a végleges forma csak alávágással készíthető el. Ebben az esetben a kívánt geometria eléréséhez nem elég az egy tengely mentén történő mozgás, szükség van egy más szögben nyíló egységre. Oldal irányban mozgó szerszámrész esetében az olvadék könnyedén körülveszi a formát, majd a ciklus végén manuálisan vagy automatizáltan eltávolításra kerülnek, mielőtt a szerszám teljesen kinyílna. Az ilyen szerszámkivitel lehetőséget nyit kivágással rendelkező formák létrehozására. [11]

**Menetes szerszám:** Ezen szerszám típus alkalmas menetes geometria elkészítésére: A plasztifikált polimer kitölti a szerszámüreget, mely tartalmazza a szükséges kivitelű, emelkedésű menet negatív formáját is. Dermedést követően a nyitás két részre oszlik: Egyrészt tengely irányban old, másrészt rotáló mozgással letekeredik a menetes kialakításról. Ilyen szerszámokat gyakran alkalmaznak az iparban, hiszen könnyedén kialakíthatóvá válik számos alkatrész. Ezen eljárással készülnek például a különféle palackokhoz illeszkedő kupakok. [12]

### 3.6. Beömlőrendszer

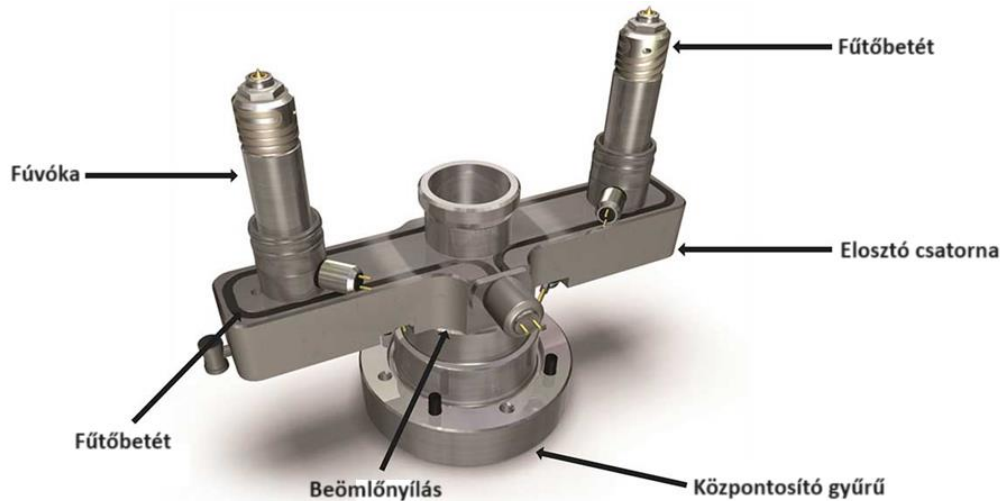
A beömlőrendszer részei a beömlőpersely, az elosztócsatorna és a gát. Az elosztócsatorna alapvető feladata, hogy eljuttassa az olvadékot a meglövési ponttól a szerszámüregig, egyes esetekben szerszámüregig. A csatorna fontos szerepet játszik a fröccsöntés során, hatással van ugyanis a nyomásra, olvadási pontra, a késztermék felületére, illetve az anyagban ébredő feszültségre is. A csatorna általánosságban 2,5 – 5 mm átmérőjű, amely a szerszám felé haladva bővülő kúpos alakkal rendelkezik, hogy a beledermedést követően könnyedén eltávolítható legyen a polimer. Az eltávolított anyag természetesen darálással ismét felhasználható, így az eljárás szinte hulladékmentes. Az elosztócsatornákat két fő csoportba soroljuk: Hidegcsatornás és melegcsatornás elosztók. [13]

#### 3.6.1. Melegcsatornás elosztórendszer

A melegcsatornás elosztórendszernek a központi eleme az elektromos fűtőbetét. Működése közben üzemi hőmérsékletre melegíti a fűtésvezérlő, majd rajta keresztül áramlik az olvadt polimer az elosztóba. Az elosztóból ezután tovább folyik az egyes fűvókákhoz, ahol a befecskendezési pontokon bejut a szerszámüregbe, ahol eléri a végleges formáját az alkatrész. Előnye a hidegcsatornás fröccsöntési eljárással szemben, hogy a csatornában a polimer az alkatrész szilárdulását követően is olvadt állapotban marad, így a következő ciklus során rögtön felhasználható. A melegcsatornás elosztórendszer komponensei külön fűtéssel rendelkeznek, így precízen lehet vezérelni az egyes parcellák hőmérsékletét. Felépítése a következő:

- **Központosító gyűrű:** Feladata a fröccsöntő szerszám és a berendezés megfelelő pozícionálása.
- **Beömlőnyílás:** A csatorna azon pontja, ahol az olvadék a fröccsöntő gép fűvókájából beáramlik. Az elosztócsatorna és olvadék típusától függően melegített kivitelű, hogy optimalizálni tudja a fröccsöntési folyamatot.
- **Elosztó:** Az elosztó biztosítja, hogy az olvadt polimer az egyes fűvókákba áramoljon. Általában többfészkes szerszám esetén, vagy több meglövési ponttal rendelkező alkatrész esetén használatos. Sokféle anyagból készülhetnek, kivitelük és formájuk optimalizálva van az öntési folyamatra, melyre CAE szoftvereket használnak.

- **Fúvóka:** Az a komponens, amelyen keresztül az olvadék beáramlik a fröccsöntő szerszámba. Számos kivitelben, különféle anyagokból készülnek, hogy az folyékony polimer karakterisztikájához lehessen illeszteni.
- **Fűtőegység:** A fűtőegység az alapköve a melegcsatornás elosztónak, ez gondoskodik ugyanis az olvadék megfelelő hőmérsékleten tartásáról. [14] [15]



2. ábra A melegcsatornás beömlőrendszer  
(forrás: <https://www.moldmasters.com>)

### 3.6.2. Hidegcsatornás elosztórendszer

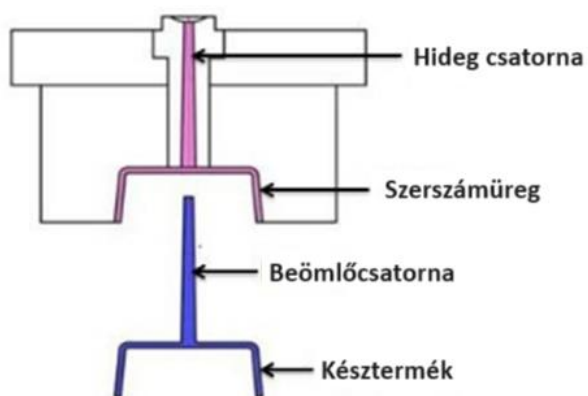
A hidegcsatornás elosztó rendszerben az olvadék hőmérséklete megegyezik a szerszámban és a csatornában. A formaüregben lehűlő anyag a csatornában is megdermed, melyet a nyitáskor el kell távolítani. Bár eltávolítás után a leeső maradékot újra lehet hasznosítani, azonban a ciklusidőt jelentősen lassítja.

Két fő csoportja van: A három lapos és a két lapos kivitel. A háromlapos megoldás esetében a megdermedt polimer eltávolítható kilökö rendszer nélkül, de felépítését tekintve jóval bonyolultabb, mint a kétlapos. Utóbbi esetében a maradék eltávolításához mindenképpen kilökőt kell alkalmazni. Bár a legtöbb forma esetében könnyedén alkalmazható, komplexebb, összetettebb formák gyártásakor a háromlapos megoldás előnyt jelent.

A hidegcsatornás elosztórendszerben az elosztó térfogata nagyobb kell, hogy legyen, mint maga a végső alkatrész. Egyéb esetben nem garantált a maximális kitöltöttség, továbbá az utónyomást is nehéz fenntartani, mivel az anyag megszilárdul.

A hidegcsatornás elosztórendszer költségtakarékosabb, illetve karbantartása is egyszerűbb, azonban több hulladékot termel és a ciklusidőt is befolyásolja, még hozzá negatív irányba. [16]

### Hidegcsatornás elosztórendszer



3. ábra A hidegcsatornás beömlőrendszer  
(forrás: <https://nanomoldcoating.com>)



---

## 3.7. Hűtőrendszer

A fröccsöntési folyamat során az egyik legszámottevőbb probléma a megfelelő, egyenletes hődisszipáció biztosítása. Nem optimális hűlési idő esetében ugyanis belső feszültségek keletkeznek az anyagban, illetve jelentős deformációt szenvedhet az öntvény. Fontos megjegyezni, hogy a teljes ciklusidő 50 – 80%-át a hűlés ideje jelenti, így ez kiemelt lépése a műanyag fröccsöntésnek. [17] [18]

### 3.7.1. Léghűtés

Hűtőközeg esetében megkülönböztetünk folyadék és levegő hűtésű eljárásokat. Léghűtés esetében egy hűtőbordán keresztül eltávolításra kerül a hő, amelyet aztán egy léghűtéses kondenzátorral vezetnek el az elpárologtatóból (működését tekintve egy levegő – levegő hőcserélő). Az egység rendelkezik egy befújó és egy elszívó ventilátorral. Mivel azonban a levegő hővezetése kevésbé effektív, így megközelítőleg 10°-os energiatöbblettel kell számolni levegővel történő hűtéskor. [19]

### 3.7.2. Folyadékűtés

Folyadék alapú hűtőkör esetében a hűtőközeg a szerszámba vajt csatornákon keresztül halad át, közel a szerszámüreghez, így szállítva el a rendszerbe vitt hőt. A hűtőfolyadékot minden esetben kémiai úton kezelik, hogy megakadályozzák a biológiai szennyeződéseket. A hűtőrendszer belsejében keletkezhet lamináris, illetve turbulens áramlás. Ezek nagyban függenek a csőkeresztmetszettől, illetve áramlási sebességtől. Turbulens áramlás esetén azonban valamivel kielégítőbb a hűtési teljesítmény, hiszen a folyadék minden része érintkezik a palástartalattal, míg lamináris áramlás esetében a folyadék a cső közepén áramlik. A hűtőfolyadék hűtésére kétféle megoldás létezik. Történhet folyadékűtéssel, amely egy általános kompresszoros hűtőkör segítségével disszipálja el a hőt a közegből, illetve történhet szárazhűtéssel, amely hőcserélőn keresztül közvetlenül a környezettel közli az elvont hőt. Utóbbi esetben a környezeti hőmérsékletnek alacsonyabbnak kell lennie, mint a kívánt folyadékűtés hőmérséklet. [20] [21]

### 3.7.3. A hűtőkör felépítése

Az öntési folyamat során a bevitt hő forrása a plasztifikált anyag, amely a gáton keresztül befecskendezésre kerül a szerszámba. Számos esetben melegcsatornás elosztórendszer kerül alkalmazásra, amely folyamatosan olvadt állapotban tartja polimert. Egy megfelelően kivitelezett hűtőrendszer biztosítja a végtermék kielégítő minőségét; minimalizálja a belső feszültségeket továbbá segít a tőrés határokon belül tartani a méreteket. A hűtőrendszer az alábbi elemekből épül fel:

- Hőmérséklet szabályzó egység
- Szivattyú
- Csőrendszer
- Osztó-gyűjtő
- Hűtőcsatornák a szerszámban

A fröccsöntő szerszám hűtéstechnikai szempontból egy hőcserélőként modellezhető, amelyből az olvadt polimer hőmennyisége a keringő hűtőfolyadék által kerül elszállításra. [19]

#### **Hőmérséklet szabályzó egység**

A hűtőrendszer ezen eleme felelős a szerszám megfelelő hőmérsékleten történő üzemeltetéséért. Az eszközben és a szerszámban is található hőmérséklet érzékelő. Ezen adatokat felhasználva a vezérlő összehasonlítja a beállított érték és a mért érték közötti különbséget, és szükség esetén beavatkozik: Aktiválja a hűtő vagy fűtőegységet, attól függően, hogy melyik szükséges. [22]

#### **Hűtőcsatornák**

Kialakításuk szerint három fő csoportba sorolhatóak a hűtőcsatornák. Lehet párhuzamos, folytonos és konform.

- A párhuzamos hűtőcsatornák fűrt, egyenes csövek, amelyekbe a hűtőfolyadék a tápvezeték től a gyűjtőcsőhöz áramlik. A csatornában az áramlási sebesség az egyes csövek ellenállásától függően eltérő lehet, ezáltal nem biztosít homogén hűtést a formának.
- Azokat a hűtőcsatornákat, amelyek egyetlen hurokban vannak összekötve a hűtőfolyadék bemenetétől a kimenetéig, folytonos hűtőcsatornának nevezzük. Jelen

megoldást alkalmazzák leggyakrabban. Tervezéskor törekednek az egyenletes csőhosszak elérésére, így az ellenállások közel hasonló értékűek. Ennek köszönhetően fenntartható a folyamatos turbulens áramlás.

- Konform hűtőcsatornának nevezzük azokat a kialakításokat, amikor a csőrendszer illeszkedik a szerszámüreg formájához. A hagyományos hűtőcsatornák esetében a fűrt csatornák egyenesen haladnak, míg a forma ettől eltér. Ebből kifolyólag a hűtés inhomogenitása borítékolható. A konform hűtőcsatornák felveszik a forma íveit, és azok mentén haladnak. Így a csatorna és a szerszám fala között egyenletes távolság lesz, így biztosítva az egyenlő mértékű hűtést. [23]

#### 3.7.4. A szerszám hőegyensúlya

A hűtőrendszer méretezése a hőegyensúlyi egyenlet felhasználásával történhet:

$$Q_m + Q_p = Q_s + Q_a + Q_v + Q_{mbd} + Q_h$$

Amelyből:

$Q_m$ : Az olvadt polimerrel a szerszámba juttatott hőmennyiség

$Q_p$ : A belövellés sebességéből fakadó többlethő

$Q_s$ : Szerszámfalakon sugárzással távozó hőmennyiség

$Q_a$ : Szerszámból áramlással távozó hőmennyiség

$Q_v$ : Szerszámból hővezetéssel távozó hőmennyiség

$Q_{mbd}$ : A munkadarabbal távozó hőmennyiség

$Q_h$ : A hűtőközeg segítségével eldisszipált hőmennyiség

Méretezéskor a legfőbb szempont az egyensúly fenntartása, amellyel biztosítható, hogy a szerszám termikus szempontból kielégítően viselkedik. [24]

---

## 4. Az alkatrész és annak felhasználása

Ebben a fejezetben részletesen bemutatom azt az alkatrészt, amelynek tervezésére dolgozatom épül.

### 4.1. Az alkatrész funkciója

A megrendelővel való konzultálás során bemutatásra került maga az alkatrész, amelyhez a fröccsöntő szerszámot tervezni szükséges. A munka kezdete tulajdonképpen a szemrevételezés volt, ezután megismertem a termék pontos funkcióját. Ez a két lépés bár nem mérőeszközökkel történik, mégis rendkívül fontos szerepet játszik. Szemrevételezéskor fény derül az esetleges gyártási hibákra, melyek kiküszöbölése a végtermék minőségét illetően elengedhetetlen. A funkció pedig bemutatja, hogy mik azok a mechanikai igénybevételek, amelynek ellen kell álljon a kész termék.

Jelen esetben a termék egy úgynevezett kézi papírstancoló, amely a dokumentumok iratrendezőbe történő lefűzésekor használatos. Az iratrendező két fém gyűrűvel van ellátva, amely gyűrűre felfűzésre kerülnek a papírok. A gyűrűk közötti távolság standard szerint 80 mm, a lapokra pedig 6 mm átmérőjű lyukak létrehozására van szükség. Fontos szempont, hogy az általam készítendő eszköz egy marketing anyagnak minősül, melyet a cég partnereinek ad ajándékba. Ebből kifolyólag a tartóssággal és a minőséggel szemben támasztott elvárások nem olyan magasak, mint egy kifejezett célszerszám esetében.

### 4.2. A választott anyag

Mivel az eszköznek alkalmasnak kell lennie a papír átvágására, így vagy fém betét használata szükséges, vagy éles sarkokat kell alkalmazni. A fém betét használatához a szerszám elkészítése költséges, így csak magas darabszám esetén lenne megtérülő ezt alkalmazni. Az éles részeket illetően fontos kiemelni, hogy a fröccsöntés alapszabályai közé tartozik ezek elkerülése, melynek megvannak a műszaki okai: Öntés során az olvadt polimer magas hőmérsékletű, mely lehűléskor nagy mértékben zsugorodik. Az sarkos részek a műszaki gyakorlatban úgynevezett feszültség gyűjtő helynek minősülnek, az anyag zsugorodásakor ezek a feszültségek pedig erősödnek. A legtöbb hőre lágyuló műanyag ezt nem képes elviselni, így a struktúrája megbomlik. Néhány anyag azonban elviseli ezt, és nem károsodik. Ezen szempontok alapján a kiválasztott anyag a polikarbonát.

Az anyag jellemzőit tekintve amorf, kristályos termoplasztikus polimer, amely kiváló ütésállósággal és merevséggel rendelkezik. [25]

A polikarbonát fröccsöntési szempontból jól kezelhető anyag, azonban fontos tudni, hogy olvadási hőmérséklete némileg magasabb az általánosan felhasznált anyagoknál. A polikarbonát legfontosabb műszaki jellemzői az 1. számú táblázatban láthatóak.

*1. táblázat A polikarbonát fontosabb tulajdonságai  
(forrás: <https://sybridge.com>)*

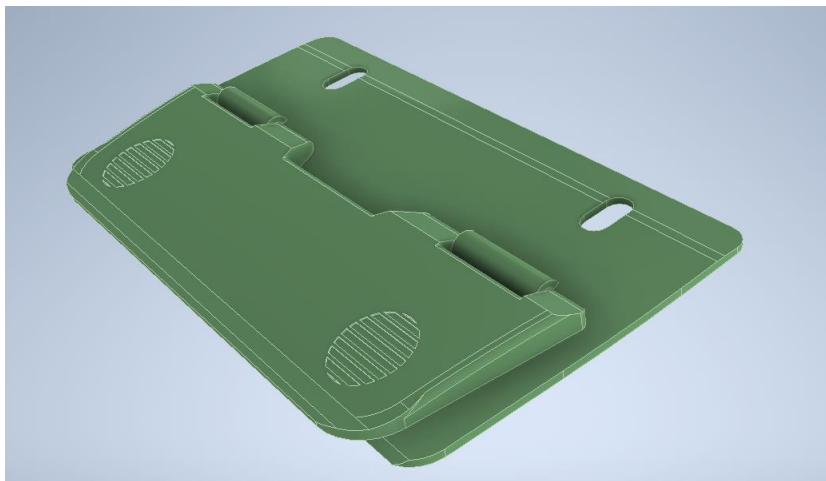
Olvadási hőmérséklet	295 - 315 °C
Fröccsszerszám hőmérséklet	70 - 95°C
Zsugorodás	0,5 - 0,7 %
Keménység	118 Rockwell
Szakítószilárdság	90 Mpa
Hajlítószilárdság	61 Mpa

#### 4.3. Az alkatrész digitalizálása

A kapott mintadarabot tervezés előtt elemeztem, melynek során felfedeztem fröccsöntési hibákat. Az alkatrész néhány helyen beszívódott, mélyedéseket képezve az alkatrész felületén. A jelenség oka az eltérő falvastagság, amelynek köszönhetően az alkatrész hülésekor az egyes részek jobban zsugorodnak. Jelen megmunkálási eljárásakor törekedni kell a közel egyenlő anyagvastagság létrehozására, azonban ha ez nem megoldható, más módszerekkel kell kompenzálni a jelenséget. Lehetőség van a fröccsnyomás, utónyomás illetve utónyomás idő növelésére, bizonyos korlátokon belül. [26]

A megrendelővel történő egyeztetést követően a végtermék módosítása mellett döntöttem. Egy árok hozzáadásával tulajdonképpen közel egyenlővé tettem az említett helyen az anyag vastagságát, így minimalizáltam a jelenség előfordulásának lehetőségét. A módosítás további előnye, hogy stabilabb tartást biztosít a belecsúsztatott papírlapnak, így a lyukasztás pontosabb és könnyebb lesz. A terméken végeztem további átalakításokat, ám ezek főképp

méretváltatások voltak. Az alkatrész tervezéséhez a Siemens Solid Edge, illetve az AutoDesk Inventor CAD tervező programok voltak segítségemre.



4. ábra Az alkatrész felülnézete (forrás: Saját ábra)



5. ábra Az alkatrész alulnézete (forrás: Saját ábra)

---

## 5. Fröccsöntő szerszám tervezése CAE program segítségével

Ebben a fejezetben ismertetem a fröccsöntő szerszám tervezésének lépéseit. Kellő részletességgel mutatom be a szerszám egyes részeinek létrehozását, méretezését.

### 5.1. Az alkatrész vizsgálata

A fröccsszerszám tervezés mindig a végleges alkatrész vizsgálatával, analízisével kezdődik. Jelen esetben az általam korábban létrehozott alkatrész nem kifejezetten erre a gyártási módra lett létrehozva, ebből kifolyólag a szükségesnél több sarkos rész található rajta, illetve oldalferdeségek sem lettek hozzáadva. Ezen módosításokat a szerszámtervezéshez használt programban oldottam meg, amely a TopSolid nevezetű CAE CAD tervezőszoftver. A finomhangolásokhoz a szoftver által nyújtott elemzési lehetőségeket használtam.

Elemzéskor az alábbi szempontok vizsgálatára van lehetőség:

- Görbületek vizsgálata
- Normális vizsgálata
- Felületek vizsgálata
- Alámetszések vizsgálata
- Vastagság vizsgálata

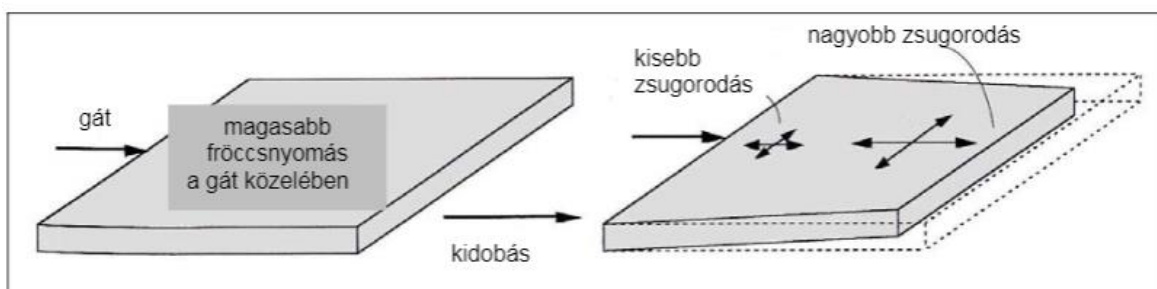
#### 5.1.1. Zsugorodás

Ezen paraméter vizsgálata rendkívül precíz és bonyolult mérések illetve számolások segítségével lehet meghatározni, de szerencsére az egyes polimerek tulajdonságai táblázatba foglalva jónéhány műszaki könyvben megtalálhatóak. A valóságos zsugorodási érték azonban nagy mértékben függ a termékek bonyolultságától, gyártási környezettől, szerszámhőmérséklettől, száltartalomtól, utónyomástól illetve a falvastagságtól is, ebből kifolyólag a megtalálható értékek nem minden esetben használhatóak. A zsugorodást százalékos alakban szokás megadni, amely nem más, mint a szerszámüreg térfogata és a lehülést követő térfogat hányadosa. [8]

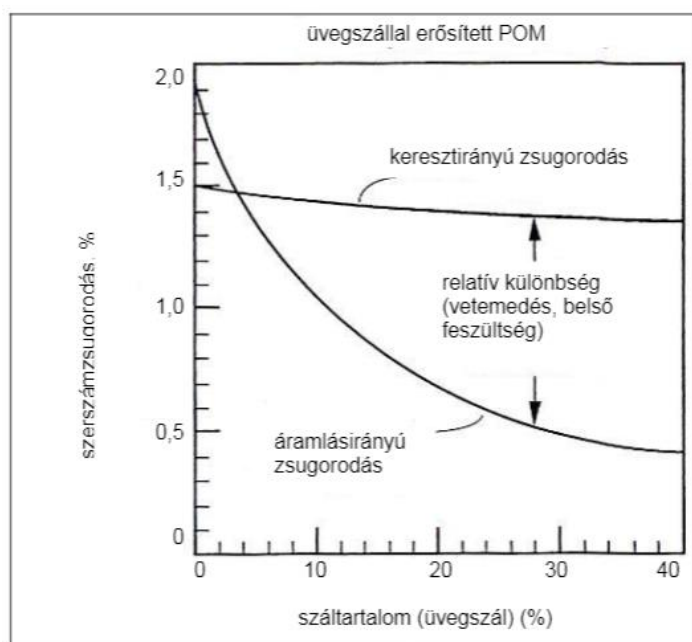
A fröccsöntéshez használt polimerből készült termékek össztérfogata lehülést követően csökken, így az eredeti méretek pontatlanná válnak. Ennek a kompenzálására az adott mérték

bevitelét követően a CAE szoftver automatikusan megnöveli az alkatrész méreteit az általunk definiált irányokban. Táblázatos értékek alapján a polikarbonát zsugorodási értéke 0,7%, így én a tervezéskor ezt az értéket alkalmaztam.

Egyes esetekben a zsugorodás hatására az alkatrésznek nem csak a térfogata, de a formája is változhat. Ilyenkor már vetemedésről beszélünk, amely a végtermék károsodását okozhatja. A vetemedést nagy mértékben befolyásolja az egyes polimerekben található erősítő szálak léte és iránya is. A szálirányra merőleges vetemedés eltér a száliránnyal párhuzamostól, utóbbi esetben ugyanis az erősítő anyag csökkentő tényezőként viselkedik. Összességében elmondható, hogy az erősítő szálakkal rendelkező polimer anyagok zsugorodása kisebb mértékű, mint a tiszta anyagé. A 6. és 7. ábra a polimer zsugorodását szemléltetik erősítőszálakkal. [27] [28] [29]



6. ábra A zsugorodás mértéke az alkatrész egyes részein  
(forrás: <https://docplayer.hu>)



7. ábra Az üvegszál erősítés hatása a zsugorodásra  
(forrás: <https://docplayer.hu>)



---

### 5.1.2. *Görbületek vizsgálata*

Az alkatrész vizsgálatát az éles sarkok analízisével kezdtem. A két alkatrészen minden olyan részt, amely éles volt, egy bizonyos szintű rádiusszal láttam el. Ennek köszönhetően a feszültség gyűjtő helyeket megszüntettem, kivéve a korábban említett ponton, ahol élre van szükség. Az alkatrésznek ezen része vágja át a papírt, így nem alkalmazhattam lekerekítést. Természetesen ezen sarkok lekerekítésekor fontos szempont, hogy funkcionális változás ne következzen be.

### 5.1.3. *Normális vizsgálata*

Ebben a fázisban egy normális irányhoz, jelen esetben a szerszámnyitás irányához mérten hasonlítja össze a program az alkatrész egyes oldalainak szögét. Itt azonnal láthatóvá válnak azok a részek, amelyek esetében kúposágot szükséges alkalmazni. Az oldalferdeség biztosítja, hogy a kész termék gyorsan és könnyedén eltávolítható legyen a szerszámból. Gyorsaságra azért van szükség, hogy a ciklusidőt minimalizáljuk, míg az egyszerű eltávolításnak köszönhetően csökkenthetjük a kilökést segítő elemek számát, így tartva relatíve alacsonyan a szerszámgyártás költségét. A műszaki gyakorlat  $0,5 - 3^\circ$ -os dőlésszöget alkalmaz ilyen esetekben. Az alkatrész vizsgálatát követően  $1^\circ$ -os dőlésszöget alkalmaztam, figyelembe véve, hogy a szerszám nyitási irányára merőleges oldalak hossza nem túl nagy. Oldalferdeség alkalmazásakor figyelembe kell venni, hogy az alkatrész adott része az álló, vagy mozgó oldali szerszámopofa felé esik.

### 5.1.4. *Alámetszések vizsgálata*

Fröccsöntéskor kiemelt szempont az alámetszések minimalizálása, elkerülése. Ennek oka egyrészt, hogy néhány esetben a szerszám gyártása bonyolulttá vagy akár lehetetlenné válik, másrészt a gyártási költségek olyan mértékűre növekedhetnek, amely egy egyszerű alkatrész esetében túl magas árat jelentene. Az általam készítendő alkatrészek esetében az alámetszések elkerülhetők, így nem alkalmaztam ilyen megoldást a szerszám tervezésekor. [30]

### 5.1.5. *Vastagság vizsgálata*

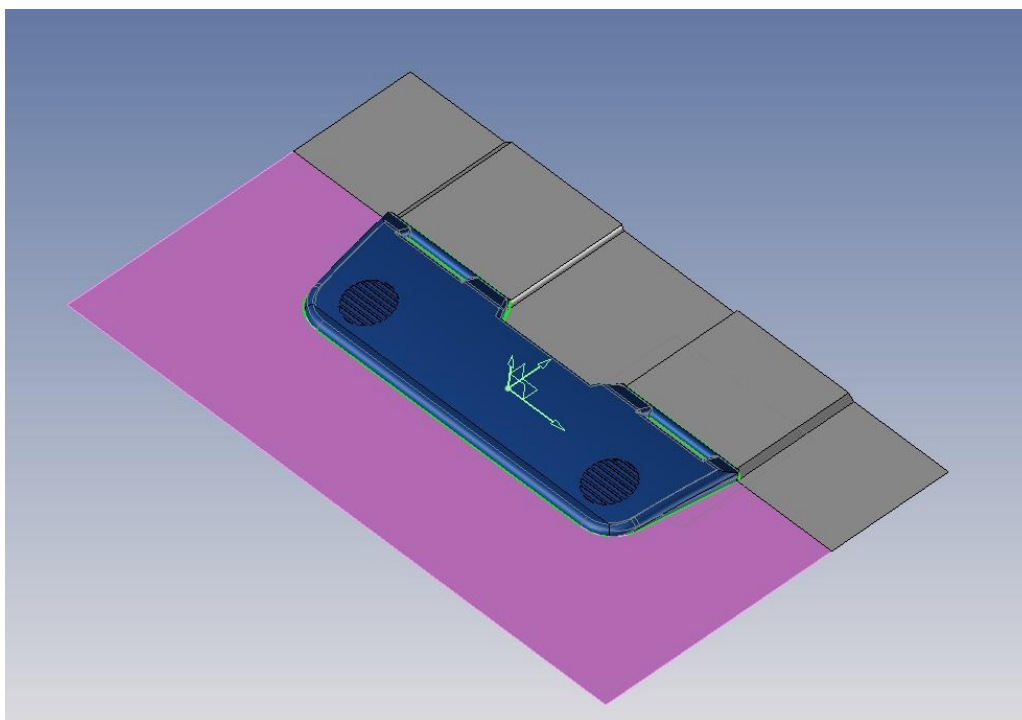
Az alkatrész falvastagságának meghatározásához a tervező program egyik funkcióját alkalmaztam. Megállapítást nyert, hogy az alkatrész szinte minden pontján egyenlő falvastagsággal bír, így a következő lépés az alkatrész köré történő szerszámépítés volt.

## 5.2. A szerszám tervezése

### 5.2.1. Az osztóélek, osztósík meghatározása

Osztósíknak azt a síkot nevezzük, ahol az álló és mozgó oldali betétek találkozása található, ahol a fröccsöntő szerszám összezár. Ennek a síknak a megválasztásakor fontos szem előtt tartani, hogy az anyag hűléskor gyakorlatilag rázsugorodik az alakját adó szerszámra. A legfőbb cél az, hogy a kész termék könnyedén eltávolítható legyen, ezért az oldalferdeség mellett ügyelni kell a megfelelő osztósíkképzésre is. Mivel a két szerszámponfa érintkezése gyártástechnológiailag nem teljesen tökéletes, ezért ezen a vonalon fog sorja képződni. Ennek az eltávolításáról egyes esetekben gondoskodni kell, ezért fontos szempont, hogy lemunkálható helyre kerüljön az él. [31]

Az osztóél megválasztásához segítségemre volt a TopSolid tervezőprogram, mely tisztában van a szerszám nyílásának irányával, illetve a geometriai sajátosságokkal, így felkínálta számomra a lehetséges élek egy részét. Mivel az alkatrészem egyik része hengeres felületű, így itt egy mesterséges élt kellett létrehozni annak érdekében, hogy ezen a ponton menjen végbe az osztás. Egyéb esetben a szerszám gyárthatatlanná válik, továbbá az alkatrészt sem lehetne eltávolítani.



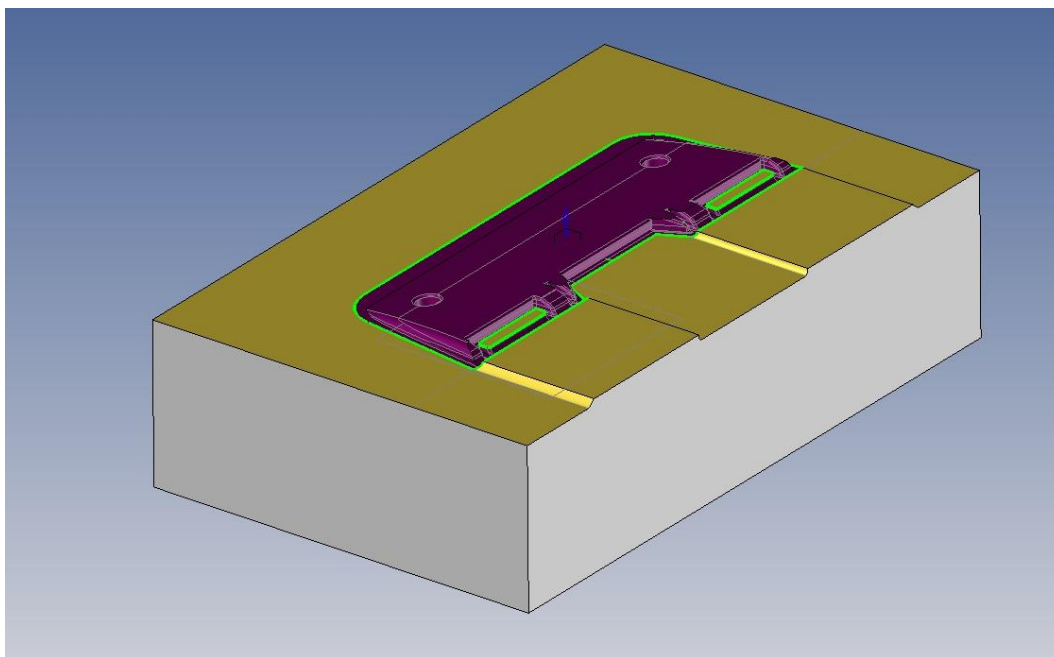
8. ábra Az alkatrészen meghatározott osztósík (forrás: Saját ábra)

### 5.2.2. A formabetétek kialakítása

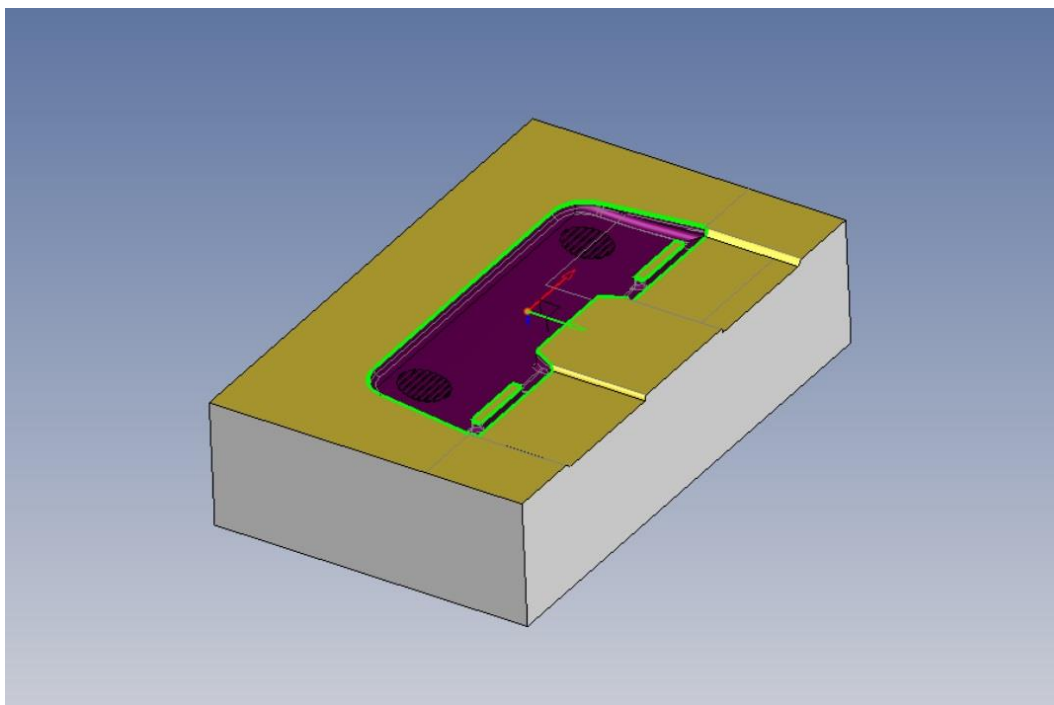
Az osztóélek definiálása után a következő lépés a formabetétek létrehozása. A szerszámnak ezen része tartalmazza a végleges alkatrész negatív lenyomatát, mely befroccsenéskor az alakot adja. Formabetét kialakítására kétféle megoldást különböztetünk meg:

Az integrált módszer alapján az alkatrész lenyomata közvetlenül a formalapokból kerül kimunkálásra, teljes egészében ez adja a végleges formát

A kombinált módszer szerint a formalapokba további betét(ek) kerül(nek) berögzítésre, amely a formalappal együttesen adja az alkatrész végleges alakját. Ezutóbbi megoldás javíthatja a hűtést, egyes esetekben csökkenti a szerszámacél felhasználásának mennyiségét, továbbá cserélhetősége révén a fröccsöntő szerszám felújítása is könnyebb lehet. [32]  
A 9. és 10. számú ábra az álló és mozgó oldali formabetéteket mutatják be.



9. ábra Álló oldali formabetét  
(forrás: Saját ábra)



10. ábra Mozgó oldali formabetét  
(forrás: Saját ábra)

A formabetétek gyártása többféle módon történhet. Leggyakrabban CNC esztergálással készítik ezeket, azonban számos esetben alkalmaznak szikraforgácsolást is. A modern eljárások közé sorolható az additív technológiával gyártott formabetét, mely során gyakorlatilag kinyomtatják a formát, majd esztergálással utómunkálják. Nagy előnye, hogy nyomtatáskor lehetőség van helikális hűtőcsatorna rendszer létrehozására, így a formaüreg homogén hűtése megoldható.

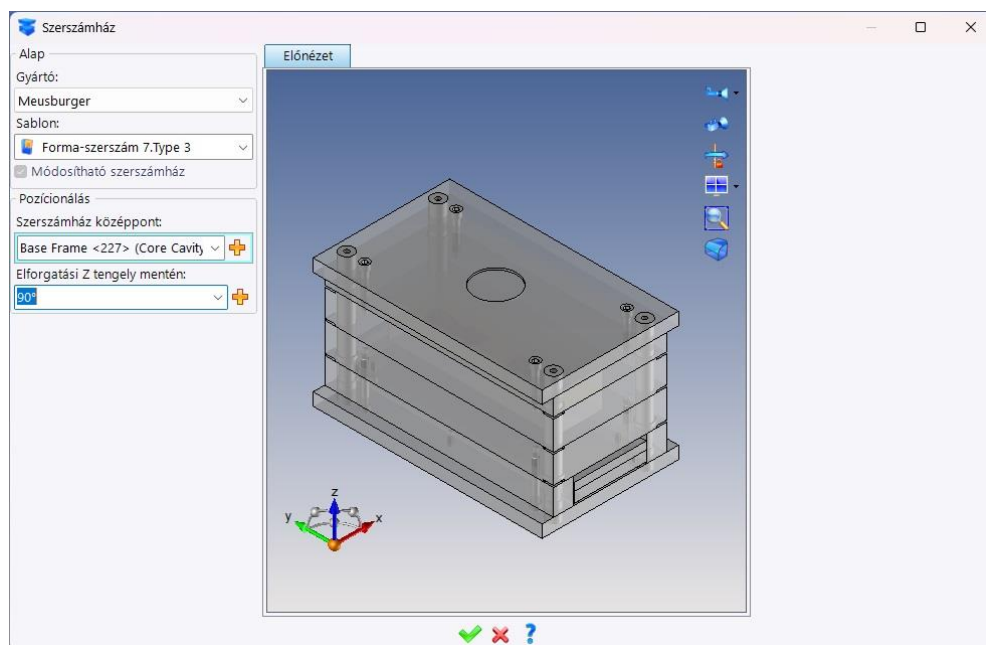
### 5.2.3. A szerszámház létrehozása

Szerszámház használatakor számos lehetőség közül választhatunk. Megfelelő szerszámgyártó ismerettel megtervezhetjük az egyes elemeket mi magunk, azonban lehetőségünk van kifejezett gyártók termékeinek, úgynevezett normáliák az alkalmazására. Mivel ezek a termékek sorozatgyártásban készülnek, jelentős költségmegtakarítást jelentenek egy teljesen egyedileg tervezett szerszámmal szemben. Fontos kiemelni, hogy a szerszámnak csak bizonyos részei készülnek egy adott séma alapján, a formaadó oldalak, illetve a hűtőrendszert tartalmazó elemek minden esetben egyedi megmunkálást igényelnek.

A paletta meglehetősen széles, több ország gyártója kínálja saját megoldásait a tervezőmérnökök számára. Minőségben persze eltérőek az egyes típusok, a gyártandó darabszám alapján viszont könnyedén meghatározhatjuk, hogy mely minőségi osztályra van szükségünk. A szerszámkészítő cégek javarésze rendelkezik CAD adatbázissal a katalógus mellett, amely legtöbbször ingyenesen használható. Nagy előnye az ilyen adatbázisoknak, hogy az általunk használt CAE programba importálva gyakorlatilag a teljes szerszámot összeépíthetjük virtuálisan, így az esetleges tervezési hibák könnyebben láthatóvá válnak.

Tervezésem során a Meusburger Georg GmbH & Co KG termékeit használom, melynek közel teljes adatbázisa elérhető a TopSolid szerszámtárán belül. Intuitív módon biztosít lehetőséget a szerszámhoz kiválasztására, virtuálisan ugyanis behelyezi a formabetétet a végleges helyére, szemléltetve a méretet. Mivel a formabetétem 2 kamrás, így ennek a méretnek megfelelően választottam házat hozzá.

Szerszám alapnak a 3-as típusú szerszámot választottam, a Meusburger F szériájából, melynek befoglaló mérete 246 x 496 mm. Alapanyaga 1.1730-as szerszámacél, amely egy ötvözetlen szerszámacél jó megmunkálhatósággal. Gyártástechnológiai szempontból kielégítő alapot biztosít egy ilyen bonyolultságú alkatrész esetén. A 11. ábrán látható a szerszámház. [33]

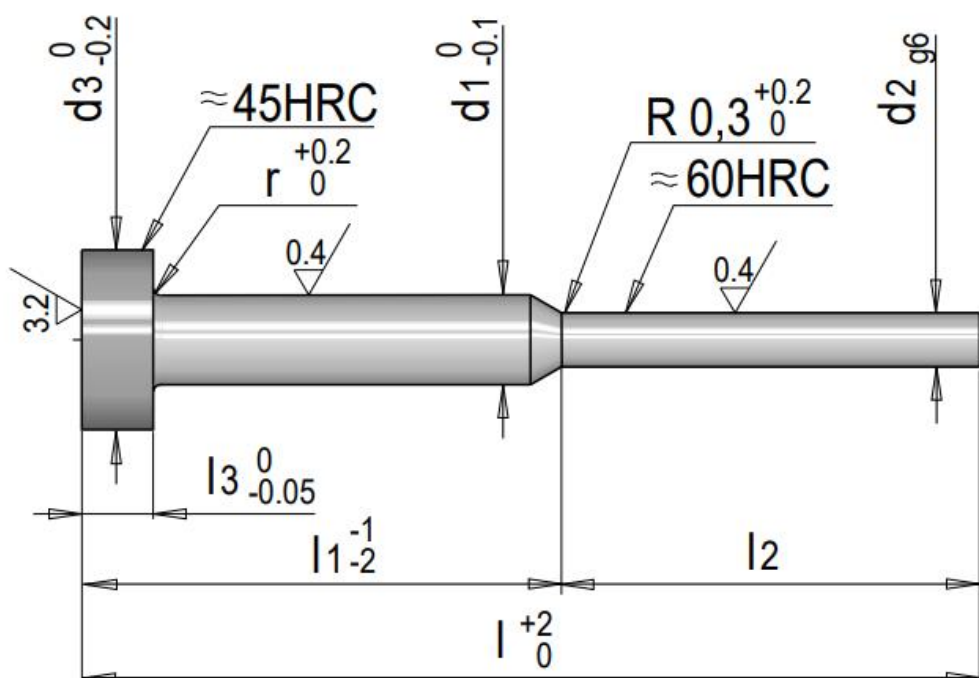


11. ábra A kiválasztott szerszámház

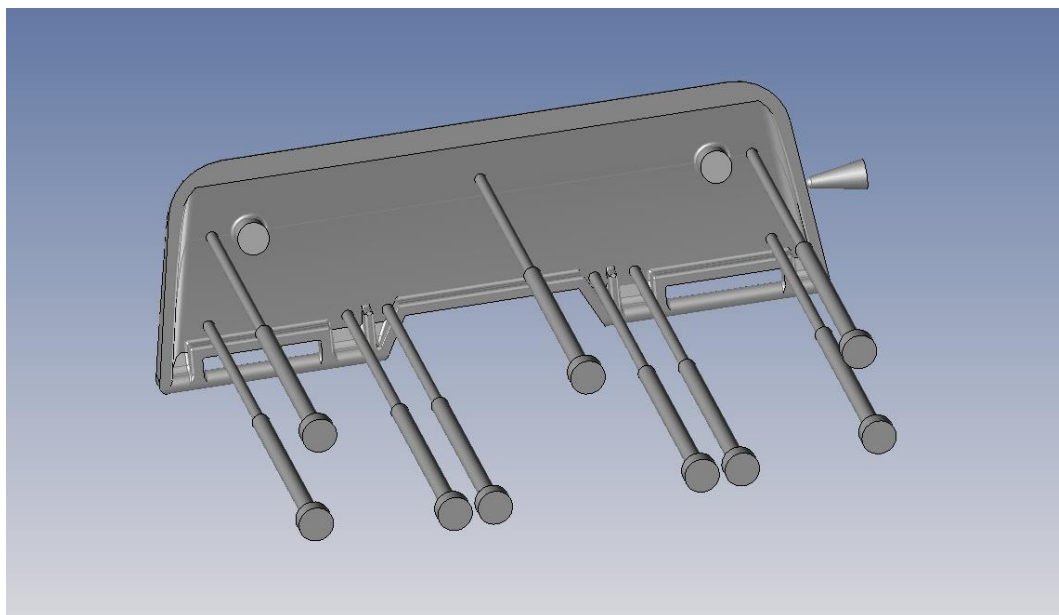
(forrás: Saját ábra)

#### 5.2.4. A kilökő rendszer létrehozása

A szerszám kiválasztását és a formabetétek beillesztését követően a kilökő rendszer létrehozása következik. Erre a szerszámegységre azért van szükség, mert hűléskor a polimer rázsugorodik a formáját adó felületre, így nem minden esetben esik ki magától. Lévén, hogy a szerszámnyitás után közvetlenül erőt fejt ki a kész termékre, rendkívül kritikus pontja a ciklusnak. Egyes esetekben lehetőség van sűrített levegővel történő kilökésre, amennyiben a kész termék túlságosan vékony falú a mechanikus megoldáshoz. A polimer még meleg állapotban érintkezik a kilökővel, így ügyelni kell a deformálódás megakadályozására. Elhelyezése minden esetben azon részekre koncentrálódik, ahol az anyag a legszorosabb kapcsolatban van a formabetéttel. Szem előtt kell tartani, hogy a kilökési pont nem kerülhet az alkatrész azon részére, amely a felhasználás során fontos szerepet tölt be. Alkatrészem kilökésére lépcsős kilökőt alkalmazok, melynek a műhelyrajza 12. ábrán látható. A 13. ábra az alkatrészre illesztett kilökőket tartalmazza. [8]



12. ábra A felhasznált kilökő  
(forrás: <https://www.meusburger.com>)



13. ábra A kilőkők pozíciója

(forrás: Saját ábra)

A kilőkő mozgása a szerszám nyitásával együttesen történik, a hengerek pedig a kilőkőlapra vannak rögzítve. A rögzítéshez túrésezett furatok létrehozása szükséges, melybe a kilőkők pontosan illeszkednek. [8]

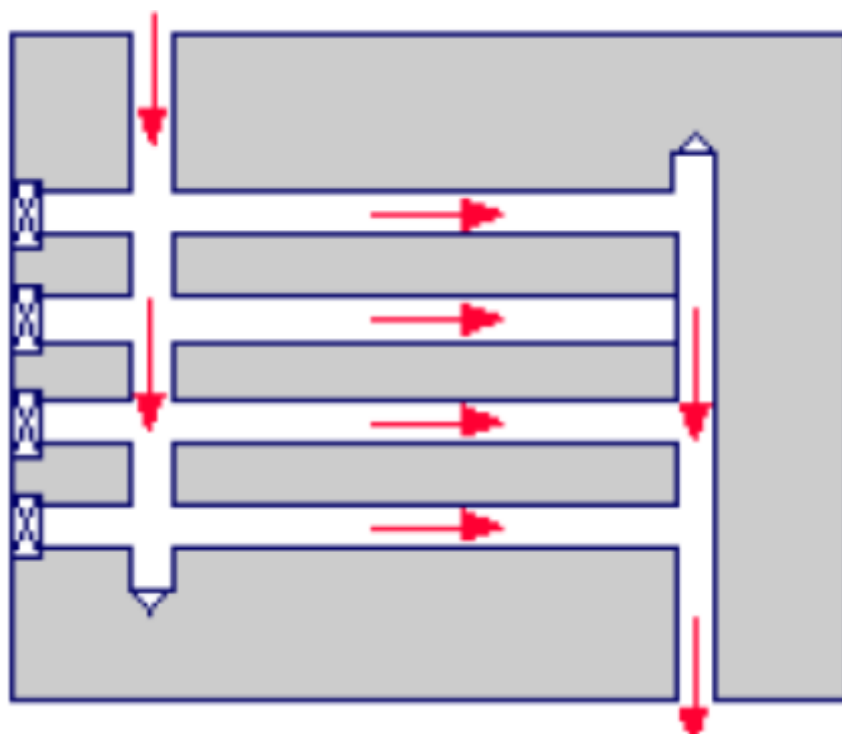
#### 5.2.5. A hűtőrendszer létrehozása

A kilőkőrendszer kialakítása után a hűtőrendszer létrehozása következik. A polimer olvasztásához magas hőbevitelre van szükség, továbbá a legtöbb esetben a megfelelő kitöltés érdekében magát a szerszámot is előmelegíteni szükséges. Az így közölt hőmennyiséget a dermedés során el kell vonni, melyhez önmagában a szerszám falai kevés hővezetést biztosítanak.

A megoldást a hűtőközeg alkalmazása jelenti, amely kis furatokon keresztül az alkatrész mellett haladva, folyamatos keringtetés révén elszivattyúzza a többlethőt a szerszámon kívülre. Megfelelő hőelvonással minimálisra csökkenthető a ciklusidő, továbbá precízen szabályozható a kész termék zsugorodásának folyamata. Túlzott léptékű zsugorodás mellett fennál a vetemedés veszélye is, mely szintén keretek közé szorítható. A hűtőfuratok elhelyezésekor ügyelni kell rá, hogy azok a lehető legközelebb helyezkedjenek el a szerszámüreghez. Fontos továbbá, hogy egyenlő távolságra legyenek az alkatrész minden pontjától, így biztosítva a

homogén hűtést. Inhomogén elosztás esetében az alkatrész egyes pontjai gyorsabban, míg más pontjai lassabban hűlnek vissza, hibákat okozva ezzel a polimer lánc folytonosságában. Hűtőközeg használatára 80°C-ig ioncserélt vizet, 120°C-ig etilén glikol és víz 1:1 arányát, míg 120°C felett szilikon olajat szokás alkalmazni. [34]

Szerszámom hűtőrendszerének létrehozása előtt meghatároztam annak szükséges hosszát. Ez a méret megmutatja, hogy a meghatározott ciklusidő mellett mekkora hosszúságú hűtőrendszer-csőhálózat létrehozása szükséges, adott csőátmérő mellett. A kapott érték alapján elkészítettem a hűtőrendszer vázlatát, melyből a program segítségével furatokat generáltam. Kialakítását tekintve párhuzamos megoldást alkalmaztam, mely rendelkezik két gyűjtőcsatornával. Ezek a rájuk merőleges furatokat látják el hűtőközeggel, létrehozva ezzel egy folytonos keringést. A párhuzamos hűtőrendszer sematikus ábrája a 14. számú ábrán látható.

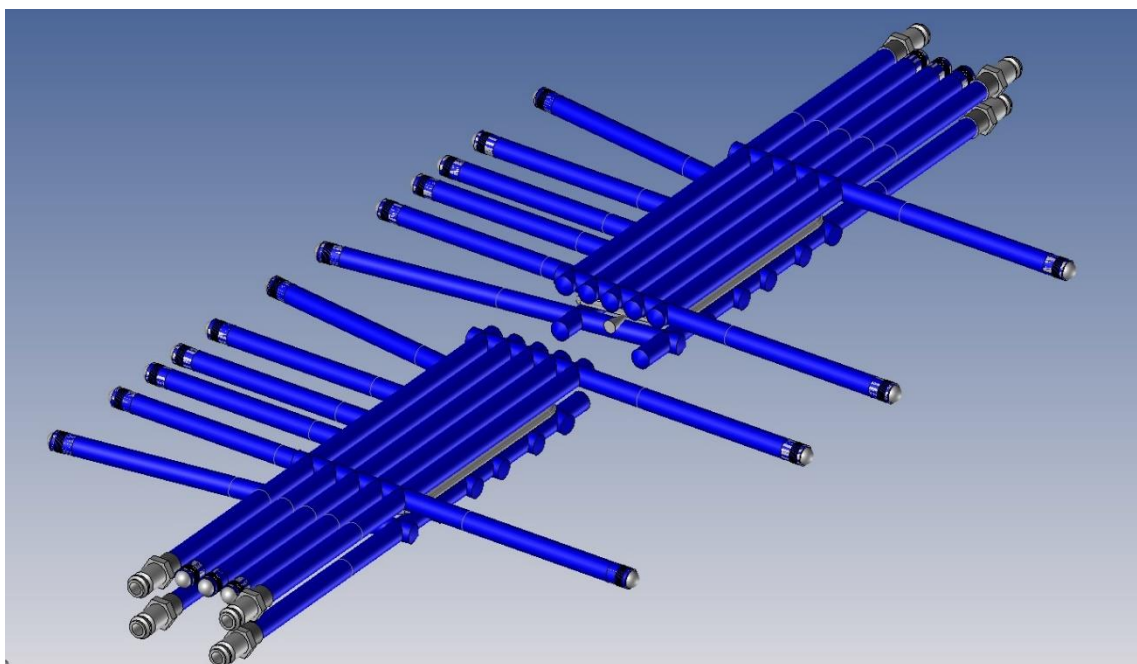


14. ábra Párhuzamos hűtőrendszer-kialakítás  
(forrás: <http://www.cnf-moldmaking.com>)

A rendszer kialakítását követően a komponensek beillesztése következett, amihez a Meusburger által ajánlott elemeket alkalmaztam. A ki és bemenő ágot szabványos fittinggel láttam el, hogy könnyedén csatlakoztatni lehessen a hűtőberendezéshez. Ez a két ág gondoskodik az áramlás fenntartásáról. A többi furat külső oldalához dugót alkalmaztam, amely biztosítja, hogy a hűtővíz ne távozzon a környezetbe.



A szerszámhoz készített hűtőrendszer a 15. számú ábrán látható. Jól látható, hogy a formaüreg mozgó és álló oldalán is vannak hűtőfuratok. Az alkatrész kialakításából adódóan az élek hűtéséhez ferde furatot alkalmaztam, így törekedvén a homogenitásra.



*15. ábra Az alkatrész hűtőrendszere  
(forrás: Saját ábra)*

### 5.2.6. Az elosztócsatorna kialakítása

Az elosztócsatornába csatlakozik közvetlenül a beömlő persely, amely a fröccsöntő gép fúvókájához kapcsolódik. Tulajdonképpen ezen a rendszeren kezd el beáramlani a nagy nyomású olvadt polimer, amely aztán kitölti a szerszám belsejét. Bár a fúvóka pozíciója adott, azonban a szerszámon belül gondoskodni kell az ömledék megfelelő elvezetéséről, hogy az a lehető leghatékonyabb módon jusson el a formaüregbe. Az általános megoldás szerint a formabetétek egyenlő távolságra kerülnek elhelyezésre egymástól, így az egyes üregek közötti csatorna távolságok is megegyezőek lesznek.

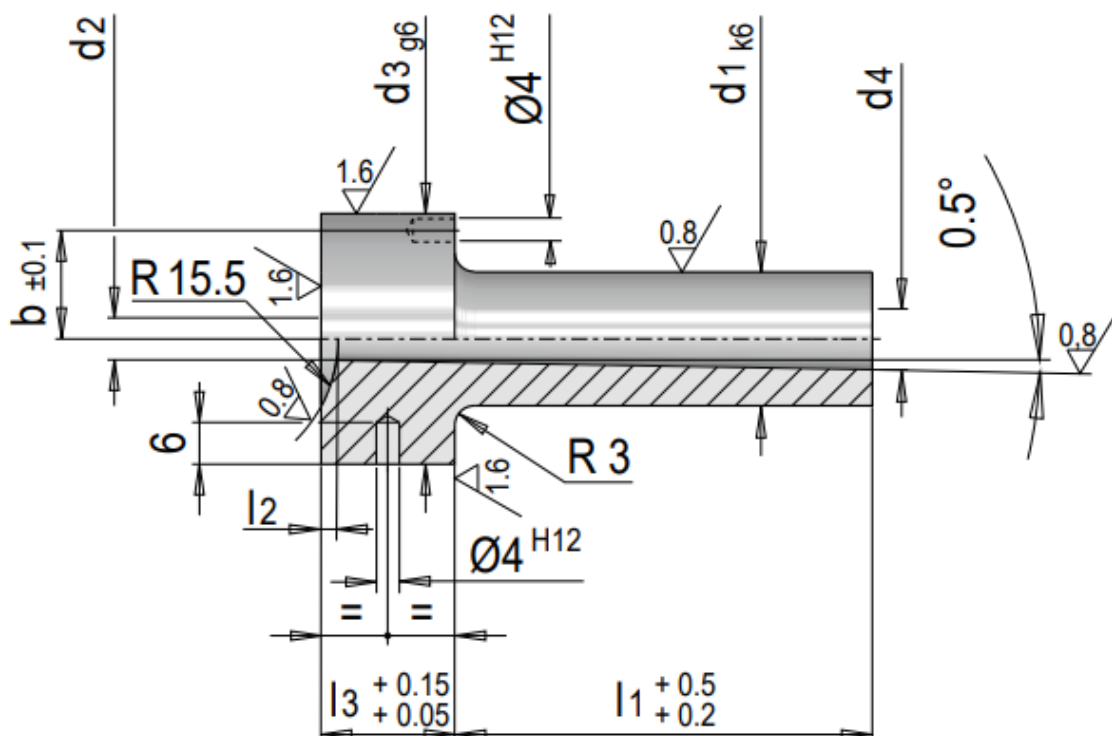
Előfordul azonban, hogy egy szerszámon belül több különböző alkatrész helyezkedik el. Ilyenkor gondoskodni kell a rendszer kiegyensúlyozásáról, amely egy bonyolultabb feladat. Amennyiben az alkatrészek térfogata eltérő, azonos beömlőrendszer mellett a kisebb térfogatú szerszámüreg előbb lesz kitöltött, így egyenlőtlené téve a nyomás és áramlási viszonyokat. Ehhez két paraméteren lehet változtatni, amely a csatorna hossza, illetve átmérője. Azonban mivel a csatornában és a formaüregben az olvadék nem egyenlően áramlik, így szükség lehet a kitöltési viszonyok vizsgálatára, úgynevezett Mold Flow analízissel. [35]

Az elosztócsatornák keresztmetszete sokrétű lehet, melyekben az áramlási viszonyok eltérőek. Általánosan elmondható, hogy a legkisebb nyomásesés a kör keresztmetszetben megy végbe, így ez a leghatékonyabb kialakítás. Fontos megemlíteni, hogy gyártástechnológiailag viszont többletköltséget jelent, hiszen az álló- és mozgóoldali formabetétekbe is bele kell munkálni a formát. Ezt követi a trapéz kialakítás, aminek áramlása szintén kiváló, további előnye a kör keresztmetszettel szemben, hogy elég csak az egyik oldali formabetétekbe kimunkálni. A többi kialakítás nem rendelkezik különösebb előnnyel, ebből adódóan azok használata kevésbé elterjedt. Az egyes keresztmetszet típusokat a 16. ábra szemlélteti. [36]



16. ábra Beömlő csatorna típusok  
(forrás: Dr. Pataki Tamás István – CAE III előadás)

A szerszámtervezéskor hidegcsatornás beömlőrendszert alkalmaztam, ugyanis a melegcsatornás kivitel bonyolultabb szerszámkivitelt eredményez. A szerszám összetettsége és gyártási költsége egyenes arányban van, így jelentős ártöbbletet jelentene a fűtött verzió. Mivel az alkatrész egyszerűnek mondható, továbbá nem kifejezetten értékesítésre szánja a megrendelő, így a költségeket minimalizálni kell. A csatornamaradék újrahasznosításáról természetesen gondoskodnak. Az elosztórendszer keresztmetszetét illetően annak előnyös tulajdonságai miatt a kör keresztmetszetre esett a választásom, melynek átmérőjét számítással határoztam meg. A számításom eredménye alapján az 5 mm átmérőjű kialakítás az, amely eleget tesz az elvárásoknak. Mivel a szerszámon belül a formaüregek elhelyezése lehetőséget adott a szimmetrikus kialakításra, így a beömlőpersely és a betétek közötti távolság mindkét irányban egyenlő. A beömlő persely szintén a Meusburger gyártmánya, típusa jele pedig E1625, / 18 x 116 / 4, melynek műszaki rajzát a 17. ábra szemlélteti.



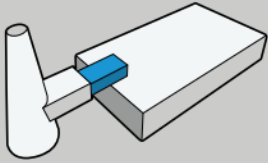
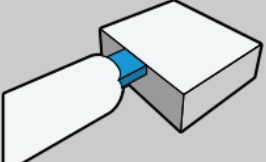
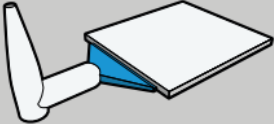
17. ábra A felhasznált beömlő persely  
 (forrás: <https://www.meusburger.com>)

### 5.2.7. A gát kialakítása

A gát áll közvetlen kapcsolatban a végleges alkatrészszel. Kialakítását tekintve szűkülő geometriájú, amely két szempontból jelentős fröccsöntéskor: Egyrészt a szűkülő keresztmetszet hatására az anyag felgyorsul, így nagyobb sebességgel tölti ki a formaüreget. Másrészt, mivel az olvadék kisebb térfogatra van sűrítve, annak hőmérséklete a megnövekedett belső és külső súrlódás hatására megnő. E két tulajdonság az, amely segít gyorsítani a ciklusidőt és olvadt állapotban tartani a polimert. Hidegcsatornás megoldás esetén eltérő lehet a gátak végződése, amely az alkatrészhez kapcsolódik. Megkülönböztetünk szűkülő és táguló végződésűt, melyek között a különbség a dermedés után jelentkezik: Az első esetben a termékből szakad ki anyag, míg a második esetben többletanyag marad az alkatrészen. [31]

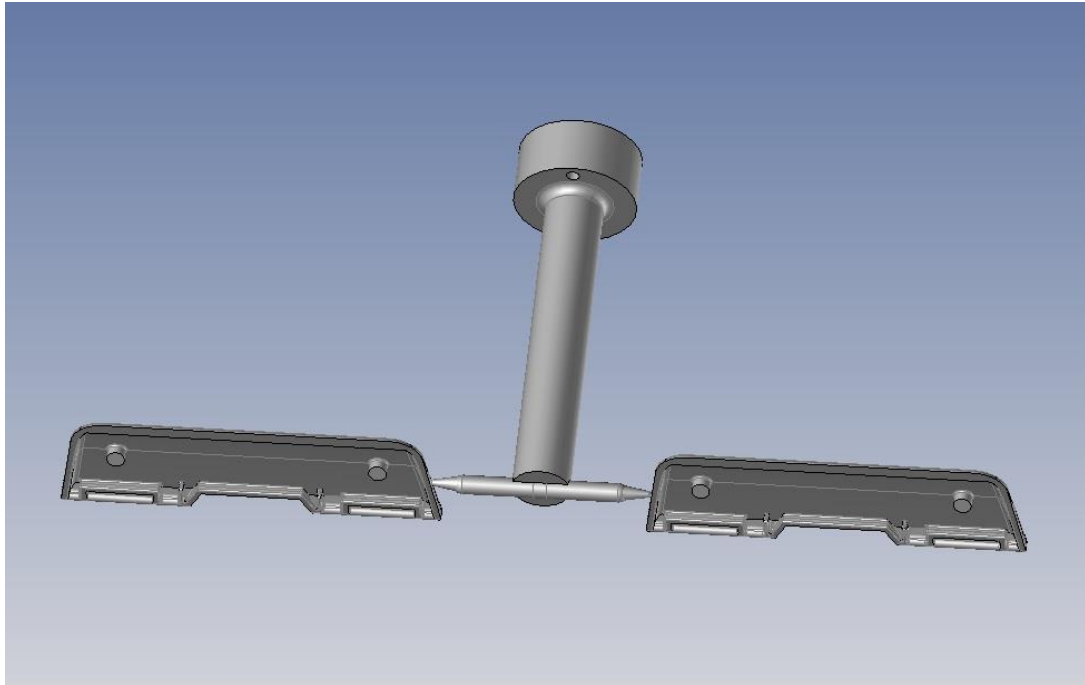
A gáttípusok tárháza rendkívül széles. Néhányat közülük a 2. számú táblázat szemléltet.

2. táblázat A különböző gátkialakítások (forrás: [37] [38])

<p>Standard gát</p> <p>Az osztósikon helyezkedik el, általában téglalap keresztmetszetű. Közepes és vastag falú alkatrészek esetén javasolt a használata</p>	
<p>Tömb beömlés</p> <p>Vékony termékek esetén alkalmazható. Előnye, hogy könnyedén lehet eltávolítani utómunkával.</p>	
<p>Legyező gát</p> <p>Alkalmazása akkor nyer teret, amikor az alkatrész oldala nem sérülhet. Kialakítása révén csökkenti az anyagban keletkező feszültséget.</p>	

<p>Esernyőgát Egyszerű geometriával rendelkező kisebb belső átmérőjű alkatrészek esetén használatos.</p>	
<p>Direkt meglövés A legegyszerűbb gáttípus. Körszimmetrikus, illetve egy fészkes szerszámoknál szokás alkalmazni, ahol fontos a szimmetrikus kitöltés.</p>	
<p>Küllőgát Nagy belső átmérőjű körszimmetrikus alkatrészek esetén jó megoldás. Kialakítása némileg hasonlít az esernyőgátéra.</p>	
<p>Alagútgát Jelen gáttípus az iparban legtöbbször alkalmazott kivitel. Kialakításának köszönhetően szerszámnyitáskor leválik a kész termékről, így nem kell utómunkálni az alkatrészt.</p>	

Az alkatrész gyártásához alagútgátat alkalmaztam, mivel megfelel az elvárásoknak. Nyitáskor a gát leszakad az alkatrészről, így nem szükséges az egyes elemek megmunkálása, ami csökkenti az előállítás időtartamát és költségeit. Amikor kiválasztom a meglövési pontot, kiemelt szempont, hogy mely részek azok, amelyek esztétikai vagy funkcionális szempontból kiemelték, ilyen pozícióban ugyanis nem lehet meglőni az alkatrészt. Mindezek alapján a választásom az alkatrész oldalsó pontjára, az osztóél mellé esett. Ez a pozíció lehetővé teszi a megfelelő kitöltöttség elérését és csökkenti az összecsapási pontokat, így biztosítva egyenletes konstrukciót. A 18. számú ábra a beömlőrendszer kialakítását szemlélteti.



*18. ábra A teljes beömlőrendszer  
(forrás: Saját ábra)*

---

## 6. Karbantartási utasítás

A fejezet során említést teszek a szerszám megfelelő felhasználásáról és karbantartásáról, kitérve az optimális tárolásra.

A fröccsöntő szerszámnak is, mint minden gépelemnek, folyamatos karbantartásra van szüksége. Az állandó forró közeg és magas nyomás hatványozott igénybevételt eredményez az eszköz egyes részeiben. Rendszeres felülvizsgálattal csökkenthető a nemvárt meghibásodások száma, növelhető a szerszám élettartama.

Az általam tervezett szerszám 10 000 db termék legyártásához van méretezve, de ez a darabszám nem kizárt, hogy több ciklus alatt készül el. Megfelelő karbantartás mellett természetesen az eszköz élettartama megnövelhető, így a kívánt darabszám legyártása után lehet, hogy ismét gyártásba kerül. A fröccsöntő szerszámoknak minden gyártási ciklusuk megkezdése előtt egy átfogó ellenőrzésre, karbantartásra van szüksége. Ebben a fázisban szét kell szerelni az egész szerkezetet, és külön – külön szemrevételezni az elemeket. A legnagyobb igénybevételnek a beömlőcsatorna, formaüregek, kilökök és vezetőoszlopok vannak kitéve. Dugulás szempontjából a hűtőrendszer vizsgálata is elengedhetetlen.

A kilököket vizsgálva megállapítható, hogy azok működésük közben elhajlottak-e, továbbá látható, ha nem megfelelő kenésből adódóan kopottak. Amennyiben a kilökö háza nem sérült, úgy ilyen esetben egy egyszerű cserével orvosolható a probléma.

A vezetőoszlopok esetében szintén a megfelelő kenés hiánya az, ami abrazív hatást gyakorol a palástfelületre. Kopás esetén a szerszám nem zár rendesen, amelynek áruklódó jele, hogy az alkatrészen az osztóél mentén fokozott sorjaképződés található. Amennyiben a vezetőoszlop háza nem sérült, úgy az alkatrész cseréjével kiküszöbölhető a hiba.

A formaüregekben és beömlőcsatornában látható sérülések kritikusak lehetnek, ugyanis a sérülések nehezen javíthatóak. A formaüregben akár egy karcolás is komoly minőségbeli problémát okoz, hiszen annak negatív lenyomata megjelenik az alkatrészen. Anyagfolytonossági hiány esetén javításra használható a felrakó hegesztés, ám ezután a felületet ismét meg kell munkálni. Ekkor anyagot távolítunk el, így gondoskodni kell a méretek túrértékhatáron belül tartásáról.

---

Egy gyártási ciklus végeztével a szerszámot tárolni kell. A tároláshoz kapcsolódik néhány ökölszabály, amelyek betartása mellett megőrizhető az állapot. Tárolás előtt ajánlatos a formaüregekre, illetve az oxidációnak kitett részekre olaj alapú rozsdagátló anyagot felvinni. Ez olyan bevonatot képez a felületen, amely megakadályozza annak oxigénnel történő érintkezését, így hosszabb idő után sem tud megjelenni a rozsdá. A szerszámot mindig száraz helyen kell tárolni, lehetőség szerint állandó hőmérsékleten. Mivel a fémek jó hővezetők, így magasabb páratartalom mellett hőmérsékletváltozáskor párakicsapódás jelenhet meg a szerszám belsejében, amely fokozott oxidációhoz vezet. Mindezek mellett javasolt a szerszámot 12 hónaponként szemrevételezni, hogy nem indult-e meg az oxidáció folyamata. [39]

A fröccsöntő szerszám gyártás folyamán nem igényel különösebb odafigyelést. A megfelelő paraméterek beállítását követően a fröccsöntőgép működteti, a folyamat automatikusan végbemegy. Néhány anyagnál előfordul azonban, hogy a megfelelő tervezés ellenére is nehezebben eltávolítható a kész alkatrész a formaüregből. Ilyen esetben az alkatrész sérülhet, beragadás esetén pedig a következő ciklus is szenvedhet torzulást. A polikarbonát fröccsöntésekor előfordulhat ez a jelenség, így az eltávolítást segítő spray használata ajánlott. Ez a formula tulajdonképpen egy szilikon bázisú anyag, amelyet vékony rétegben a formabetétre juttatva megakadályozható az alkatrész túlzott szerszám felülethez történő tapadása.



## 7. Gazdasági számítás

A megfelelő gyártási eljáráshoz szükség van egy költségbecslésre, amely során előre meghatározzuk, hogy az adott szerszám mekkora gyártási költséggel rendelkezik. Ez fontos lépés, ekkor dől el ugyanis, hogy megtérül-e a termék gyártása, vagy magasabb lesz az előállítási költség, mint a piaci érték.

Jelenleg több megoldás létezik a szerszámok összköltségének becslésére. Ezen metódusok segítenek abban, hogy a valósághoz közeli értékkel lehessen dolgozni.

- Az **intuitív módszer** a szaktudásra és tapasztalatra épít.
- Az **analóg módszer** során a szóban forgó terméket korábbi megrendelésekhez, ajánlatkérésekhez, produktumokhoz hasonlítjuk.
- **Parametrikus módszer** segítségével függvénykapcsolatokat lehet létrehozni a szerszám egyes tulajdonságai, illetve azok költségvonzata között.
- **Analitikus módszerrel** egy részletes gyártástervezetet használnak, amelynek segítségével kikalkulálják az egyes elemek költségeit.. [40]

A modern korról megjelentek olyan szoftverek, amelyek a mérnökök munkáját segítve kalkulátorként működnek. Főbb paraméterek bevitelét követően algoritmusok alapján adnak becslést a szerszám költségeire.

Gazdasági számításomhoz kalkulátor szoftvert használtam. A MoldCoster 3.0 program segítségével meghatároztam, hogy az általam tervezett szerszám milyen költségekkel gyártható, amely összeget felhasználtam az egy alkatrésze jutó összköltség számításához. Mivel a megrendelő német, így a költségeket a német díjzabások alapján határoztam meg, valutaként pedig Eurót alkalmaztam. Az általam felhasznált adatok a következők:

- |                                           |                     |
|-------------------------------------------|---------------------|
| – Mérnöki óradíj                          | 54,903 EUR/óra [41] |
| – Gépkészítő óradíj                       | 43,537 EUR/óra [41] |
| – 1 kg polikarbonát ára                   | 1,50 EUR [42]       |
| – A program segítségével számított összeg | 43 410 EUR          |
| – Ciklusidő                               | 60 másodperc        |

3. táblázat Gazdasági számítás (forrás: Saját táblázat)

Megnevezés	Egységár	Darabszám	Összesen	Leírás
Szerszámtervezés	54,90 €	20	1 098,06 €	A szerszám tervezése, méretezése
Gyártástervezés	54,90 €	40	2 196,12 €	Az alkatrész gyártásának megszervezése, a fröccsöntő berendezés megfelelőbeállítása, gyártás optimalizálása
Gépkezelés	43,54 €	200	8 707,40 €	A fröccsöntő berendezés folyamatos vezérlése, felügyelése
Alapanyag	1,50 €	148.5	222,75 €	Az alkatrészhez szükséges polimer alapanyag
Szerszám	43 410,00 €	1	43 410,00 €	A fröccsöntő szerszám beszerzési ára
Egyéb	5 563,00 €	1	5 563,00 €	Egyéb költségek (pl. adminisztráció, logisztika, energiaköltség, marketing, stb.).
<b>Összesen</b>			<b>61 197,33 €</b>	Az adott mennyiségű alkatrész gyártásának összköltsége

A feltüntetett ciklusidő mellett a teljes alkatrész mennyiség legyártásához 20% időveszteséggel számolva, 8 órás műszakokban megközelítőleg 25 napra van szükség, amely 200 munkaórának felel meg. Mérnöki támogatás a gyártástervezéskor, illetve az szerszám tervezésekor indokolt, ez rendre 40 és 20 munkaóráként került kiszámításra. Az „egyéb” rovatban szereplő összeg számításakor a teljes költség 10%-át alkalmaztam.

---

## 8. Összefoglalás

Szaktervezésem során bemutattam egy fröccsöntő szerszám tervezésének lépéseit, kitérve annak részleteire. Megismertettem a technológiához használt anyagok, illetve az öntőszerszám legfőbb tulajdonságait. bevezetve az olvasót ezzel az eljárás műszaki hátterébe. Célom egy, a megrendelő által elvárt minőségű terv létrehozása volt, melynek megalkotása során szem előtt tartottam az eljárás sajátosságait.

A tervezés során a TopSolid nevű CAE programot alkalmaztam. A szoftver lehetőséget adott az alkatrész virtuális terve köré építeni a szerszámot. A tervezés első fázisában meghatároztam a megfelelő osztósíkot, majd ennek mentén elkészítettem a formabetéteket. A formabetétek létrehozását követően behelyeztem azokat egy szabványos kivitelű Meusburger szerszámába. Ezután megalkottam a megfelelő kilökörendszert, amely gondoskodik majd az alkatrész megfelelő eltávolításáról. A kilökörendszer után a hűtőrendszer következett, ahol a megfelelő számítások elvégzésével méreteztem a csőhálózat hosszát. Az adatok birtokában megterveztem a szerszámüreg köré a szükséges furathálózatot. Ezt követően kiválasztottam a megfelelő meglövési pontot, majd aköré építettem a beömlőrendszert, ügyelve annak sajátosságaira. A szerszám kész tervének birtokában említést tettem a megfelelő felhasználásról, illetve karbantartásról. Tekintvén, hogy a szerkezet ipari felhasználásnak lesz kitéve, elengedhetetlen a megbízhatóság. A tervezési fázist végül gazdasági számítással zártam le, amelyben megvizsgáltam, hogy a megrendelő számára milyen költségekkel fog járni a teljes beruházás, egy alkatrésze vetítve.

## 9. Summary

During my thesis, I presented the steps involved in designing an injection molding tool, covering its details comprehensively. I introduced the technical background of the process to the reader by explaining the main characteristics of the mold and the materials used in the technology. My aim was to create a design that met the quality expectations of the customer while considering the specificities of the process.

For the design, I utilized the CAE program TopSolid. This software provided me with the capability to construct the tool around the virtual design of the part. In the initial phase of the design, I defined the appropriate dividing plane and subsequently created the mold inserts along it. Following the creation of the inserts, I integrated them into a standard Meusburger mold. Subsequently, I developed the appropriate ejector tool, which ensures the correct removal of the part.

After establishing the ejector system, I focused on the cooling system, where I determined the length of the tubing network through precise calculations. Utilizing this information, I designed the necessary bore network around the tool cavity. Additionally, I selected the appropriate firing point and constructed the inlet system around it, ensuring consideration of its specific characteristics.

With the tool design finalized, I addressed its proper use and maintenance, recognizing that reliability is paramount for industrial applications. Finally, I concluded the design phase with an economic calculation of the total investment cost per part for the customer.

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Csizmazia Soma  
A Hallgató Neptun kódja: JC26PP  
A dolgozat címe: Tervezzen fröccsöntő szerszámot egy kézi papírstancoló berendezéshez  
A megjelenés éve: 2024  
A tanszék neve: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2024 év 04 hó 14 nap



Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

## NYILATKOZAT

Alulírott Csizmaziá Soua, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépeszművek szak nappali/levelező\* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: 2024 év április hó 17 nap



Hallgató

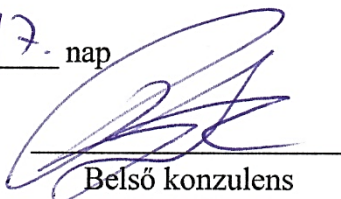
## NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom\*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: 2024. év április hó 17. nap



Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

---

## 11. Irodalomjegyzék

- [1] P. Oliver, „CNC Media,” 10 05 2016. [Online]. Available: <https://www.cnc.hu/2016/05/a-froccsontes-technologiajanak-fejlolese-torteneti-attekintes/>. [Hozzáférés dátuma: 18 02 2024].
- [2] M. Norbert, Műanyagok Kémiája és Technológiája, Veszprém: Pannon Egyetem, 2012.
- [3] K. Gábor, Műszaki Polimerekről Gépészmérnököknek, Gödöllő: QuattroPlast, 2017.
- [4] Ismeretlen, „Hőre Lágyuló Polimerek Fröccsöntése,” BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM, Budapest, 2018.
- [5] Ismeretlen, „Mech4study,” Ismeretlen. [Online]. Available: <https://www.mech4study.com/production-engineering/injection-molding-machine-construction-working-application-advantages-and-disadvantages.html/>. [Hozzáférés dátuma: 21 02 2024].
- [6] D. M. Bryce, Plastic Injection Molding, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1996.
- [7] Ismeretlen, „Sulinet,” Oktatási Hivatal, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-1/a-froccsontes-technologiaja/a-froccsonto-gep-es-reszei>. [Hozzáférés dátuma: 01 03 2024].
- [8] D. M. Balázs, „Műanyagfröccsöntő Szerszámok Tervezése és Gyártása,” Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2006.
- [9] K. Allison, „Crescent Industries,” Crescent Industries, 16 03 2021. [Online]. Available: <https://info.crescentind.com/blog/3-plate-side-action-and-unscrewing-injection-molds>. [Hozzáférés dátuma: 11 03 2024].

- 
- [10] Ismeretlen, „Improve Your Injection Molding,” Improve Your Injection Molding, 2012. [Online]. Available: <https://www.improve-your-injection-molding.com/stripper-plate.html>. [Hozzáférés dátuma: 12 03 2024].
- [11] G. Paulsen, „Xometry,” Xometry, 04 06 2021. [Online]. Available: <https://www.xometry.com/resources/injection-molding/injection-molding-types-of-side-actions/>. [Hozzáférés dátuma: 12 03 2024].
- [12] Ismeretlen, „WIT MOLD,” WIT MOLD, 20 06 2022. [Online]. Available: <https://witmold.com/what-is-unscrewing-mold/>. [Hozzáférés dátuma: 15 03 2024].
- [13] Ismeretlen, „Beaumont,” Beaumont Technologies, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://www.beaumontinc.com/injection-molding-glossary/runner/>. [Hozzáférés dátuma: 02 03 2024].
- [14] T. Czikovszky , J. Gaál és P. Nagy, A Polimertechnika Alapjai, Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.
- [15] Ismeretlen, „Mold Masters,” Mold-Masters, 25 08 2020. [Online]. Available: <https://www.moldmasters.com/blog/what-is-a-hot-runner>. [Hozzáférés dátuma: 03 03 2024].
- [16] Ismeretlen, „NanoPlas,” Nanoplas, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://nanomoldcoating.com/cold-runner-vs-hot-runner-molding-systems/>. [Hozzáférés dátuma: 03 03 2024].
- [17] S. Chen, Chen S.C., Chang Y., Huang S.T.: Solving injection molded part warpage under asymmetric mold cooling conditions by corrugated variations in part thickness, International Polymer Processing, 2012.
- [18] H. Z, The optimal design of injection mold cooling system, Advanced Material Research, 2012.
- [19] Goldstein R.J., Eckert E.R.G, et al., Heat Transfer - a review of 2001 literature, International Journal of Heat and Mass Transfer, 2003.



- 
- [20] RJC, „Rapid MFG,” RJC American, 20 05 2020. [Online]. Available: <https://rjcmold.com/what-is-cooling-system-in-injection-molding/>. [Hozzáférés dátuma: 11 03 2024].
- [21] M. Bernacki, „Practical Approach to Optimal Cooling System Design for a Production Line Consisting of Plastic Injection Moulding Machines in Polish Specific Climat Conditions,” MAPE, Poland, 2020.
- [22] Ismeretlen, „Sunrise,” Sunrise-Metal, 30 10 2023. [Online]. Available: <https://www.sunrise-metal.com/everything-you-need-to-know-about-mold-temperature-controller/>. [Hozzáférés dátuma: 04 03 2024].
- [23] P. Hong-Seok és D. Xuan-Phuong, Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold, South Korea: University of Ulsan, 2012.
- [24] P. T. István, „CAE gyakorlatok III. előadás, Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai,” Gödöllő, 2022.
- [25] Ismeretlen, „Ensinger,” Ensinger, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://www.ensingerplastics.com/hu-hu/felkesz-muanyag/muszaki-muanyagok/pc-polikarbonat>. [Hozzáférés dátuma: 02 04 2024].
- [26] Ismeretlen, „Giaform,” Giaform, 11 01 2021. [Online]. Available: <https://giaform.hu/2021/01/11/41-froccsontesi-hiba-es-annak-okai-geometriai-elterese/>. [Hozzáférés dátuma: 02 04 2024].
- [27] R. D. Párizs és D. Török, „Fröccsöntött Termékek Zsugorodásából Adódó Alak-Deformáció Kompenzálása, Szerszámüreg-Nyomás Alapján,” *Polimerek*, pp. 153-160, 05 2022.
- [28] S. Bernadett, „Fröccsöntött termékek vetemedésének mérési módszerei és csökkentési lehetőségei,” Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 2012.

- 
- [29] D. Tamás, „Műanyagok előállítása és feldolgozása,” 18 09 2011. [Online]. Available: <https://docplayer.hu/18098011-A-froccsontesi-zsugorodas-es-a-technologia-osszefuggese.html>. [Hozzáférés dátuma: 04 04 2024].
- [30] D. M. Balázs, „Műanyag fröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása,” Ismeretlen. [Online]. Available: <http://old.bgk.uni-obuda.hu/ggyt/targyak/seged/bagms15nnk/07.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 12 04 2024].
- [31] M. Topa és C. Dömötör, „Fröccsöntő szerszám tervezése,” 2019. [Online]. Available: [https://docplayer.hu/210101184-Froccsonto-szerszam-tervezese.html#google\\_vignette](https://docplayer.hu/210101184-Froccsonto-szerszam-tervezese.html#google_vignette). [Hozzáférés dátuma: 12 04 2024].
- [32] Zetar, „Zetar Mold,” Zetar Industry, 13 05 2022. [Online]. Available: <https://zetarmold.com/core-cavity-injection-molding/>. [Hozzáférés dátuma: 03 04 2024].
- [33] Ismeretlen, „Meusburger,” Meusburger Georg GmbH & Co KG, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://www.meusburger.com/HU/HU/material-grades/11730-tool-steel>. [Hozzáférés dátuma: 22 03 2024].
- [34] D. M. Balázs, „Műanyag fröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása,” Ismeretlen. [Online]. Available: <http://old.bgk.uni-obuda.hu/ggyt/targyak/seged/bagms15nnk/10.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 29 03 2024].
- [35] E. Foltz, „The Madison Group,” The Madison Group, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://madisongroup.com/optimizing-your-runner-design-in-family-molds-for-injection-molding/>. [Hozzáférés dátuma: 30 03 2024].
- [36] Ismeretlen, „Beaumont,” Beaumont, 15 04 2015. [Online]. Available: <https://www.beaumontinc.com/cold-runner-design-attention-to-details-part-2/>. [Hozzáférés dátuma: 02 04 2024].
- [37] Ismeretlen, „Autodesk,” Autodesk, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/mech-eng-ressource->

- 
- center/cae-analyst/assets/gatesize-infographic-wireframe.pdf. [Hozzáférés dátuma: 05 04 2024].
- [38] V. Ákos, „Fröccsöntő szerszám tervezése,” Miskolci Egyetem, Miskolc, 2019.
- [39] Ismeretlen, „Slide,” Slide, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://www.slideproducts.com/injection-mold-release-cleaner-rust-preventive-news/mold-storage>. [Hozzáférés dátuma: 10 04 2024].
- [40] D. M. Balázs, „Műanyag fröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása,” Ismeretlen. [Online]. Available: <http://old.bgk.uni-obuda.hu/ggyt/targyak/seged/bagms15nnk/2.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 29 03 2024].
- [41] Ismeretlen, „Salary Expert,” ERI Economic Research Institute, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://www.salaryexpert.com/>. [Hozzáférés dátuma: 04 04 2024].
- [42] Ismeretlen, „Plasticker,” Ismeretlen, Ismeretlen. [Online]. Available: <https://plasticker.de/preise/pms.php?show=ok&make=ok&aog=A&kat=Regranulat>. [Hozzáférés dátuma: 10 04 2024].

## 12. Mellékletek

1. számú melléklet

*A fészekszám meghatározása*

2. számú melléklet

*A központi beömlő átmérőjének meghatározása*

3. számú melléklet

*Az elosztócsatorna átmérőjének meghatározása*

4. számú melléklet

*A záróerő meghatározása*

5. számú melléklet

*A hűtőrendszer méretezése*

6. számú melléklet

*A szerszám felépítésének rajza*

7. számú melléklet

*Az álló oldali formabetét rajza*

8. számú melléklet

*A mozgó oldali formabetét rajza*

9. számú melléklet

*A kilökő rajza*

## 1. számú melléklet

A fészekszám meghatározásakor a fröccsöntő gép hasznos fröccstérfogatát el kell osztani az alkatrész össztérfogatával. Ebből kiadódik, hogy hány alkatrész együttes fröccsöntésére képes a berendezés.

$$\text{fészekszám} = \frac{\text{Névleges fr. térf.}}{\text{Névleges alk. térf.}} \text{ [db]}$$

Az általam választott gép egy Arburg Allrounder 470C típusú berendezés, melynek fröccstérfogata  $201 \text{ cm}^3$ , míg az alkatrészem térfogata  $9,335 \text{ cm}^3$ . A lehető legpontosabb eredmény érdekében azonban szükséges veszteséggel kalkulálni a gép fröccstérfogatát illetően, ugyanis a csigadugattyú megközelítőleg a 80%-át képes a szerszámba juttatni egy ciklus során. Az alkatrész esetén pedig a hidegcsatornás kialakítás miatt anyagtöbblet jelentkezik, amely az általános gyakorlat szerint kb. 35%. Így a névleges értékek számítása a következőképpen történik:

$$\text{Névleges fröccstérfogat } V' = V \cdot 0,8 = 201 \cdot 0,8 = 160,8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Névleges alkatrész térfogat } v' = v \cdot 1,35 = 9,335 \cdot 1,35 = 12,602$$

Ezen értékek alapján a fészekszám könnyedén behelyettesíthető az eredeti egyenletbe:

$$i = \frac{160,8}{12,602} = 12,76 \text{ db}$$

Az eredményt minden esetben lefelé kell kerekíteni, így a maximális fészekszám 12 db. Mivel azonban a fészekszám alapján a szerszám túl költséges lenne a legyártandó alkatrész darabszám függvényében, így a számolt érték nem kerül alkalmazásra.

## 2. számú melléklet

Ehhez a számításhoz főképp a gyakorlati tapasztalatok alapján létrehozott táblázatokat szokták alkalmazni. A 1. számú táblázat szemlélteti, hogy az alkatrész tömegével összefüggésben milyen átmérőre van szükség a központi beömlő esetében.

4. táblázat (forrás: Dr. Pataki Tamás István – CAE III Előadás)

m [g]	d <sub>p</sub> [mm]
0 – 10	2,5 – 3,5
10 – 20	3,5 – 4,5
20 – 40	4,0 – 5,0
40 – 150	4,5 – 6,0
150 – 300	5,0 – 7,5
300 – 500	5,0 – 8
500 – 1000	5,5 – 8,5

Az alkatrészek együttes tömegének meghatározásához az alábbi képletet kell alkalmazni:

$$m = m' \cdot i \cdot e \text{ [g]}$$

- az m a keresett tömeg
- az m' egy alkatrész tömege
- az i a fészekszám
- az e a csatornamaradék

---

Jelen esetben a csatornamaradék számítására az általános gyakorlat szerinti 35%-os többletet alkalmazom.

Adatok:

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| – Polikarbonát sűrűség | 1,2 g / cm <sup>3</sup> |
| – Alkatrész tömege     | 11 g                    |
| – Fészekszám           | 2 db                    |

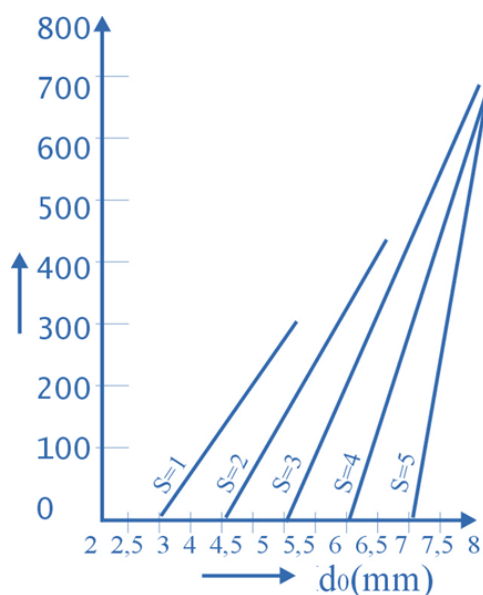
Az adatok alapján a számítás a következőképpen történik:

$$m = 11 \cdot 2 \cdot 1,35 = 29,7 \text{ gramm}$$

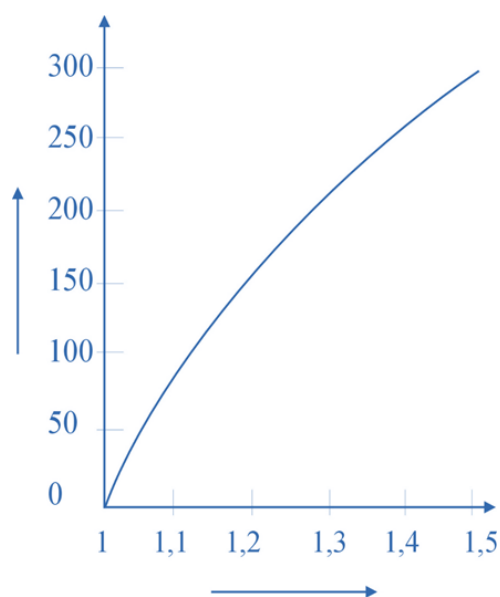
A kapott értéket behelyettesítve a táblázatba kiderül, hogy a központi beömlő átmérője 4 és 5 mm közötti érték kell, hogy legyen.

### 3. számú melléklet

Az átmérő meghatározásához a gyakorlati tapasztalatokra épülő diagramokat lehet alkalmazni. Az 1. számú diagram megmutatja, hogy az alkatrész átlagos falvastagságának és tömegének függvényében miképpen alakul a névleges átmérő. A 2. számú diagramból a csatorna hosszát felhasználva megkapjuk azt az értéket, amellyel megszorozni a névleges átmérőt. A szorzást elvégezve eredményül az elosztócsatorna szükséges átmérőjét kapjuk.



1. Diagram (forrás: Dr. Pataki Tamás István – CAE III Előadás)



2. Diagram (forrás: Dr. Pataki Tamás István – CAE III Előadás)

Adatok

- Átlagos falvastagság 2,05 mm
- Csatorna hossza 44 mm
- Alkatrész tömege 11 g

Az 1. számú diagram alapján a  $d_0$  névleges átmérő 4,6 mm.

A 2. számú diagram alapján az  $L_F$  szorzótényező 1,06.

A kapott adatokat az egyenletbe helyettesítve:

$$d = d_0 \cdot L_F = 4,6 \cdot 1,06 = 4,876 \text{ mm}$$



---

## 4. számú melléklet

A záróerő tulajdonképpen az az erő, amellyel a fröccsöntő gép leküzdí a mozgatás irányában fellépő nyomásból adódó erőkomponenst, hogy a szerszám zárva maradjon. Mivel esetünkben a szerszám nem rendelkezik oldalirányba mozgó elemekkel, így csak a Z tengely irányában ható erőkomponenst kell vizsgálni. Ennek meghatározásával méretezhető a szerszám.

Számítása a fröccsnyomással, a fészekszámmal és a formaüreg Z irányú vetületi felületének szorzásával történik.

$$F = P_{cav} \cdot A \cdot i$$

Adatok:

- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| – Fröccsnyomás              | 130 MPa                 |
| – Z irányú vetületi felület | 4235,23 mm <sup>2</sup> |
| – Fészekszám                | 2 db                    |

Az adatokat az egyenletbe helyettesítve:

$$F = 130 \cdot 4235,23 \cdot 2 = 1\,101\,100 \text{ N}$$

Mivel a berendezések maximális záróereje tonnában van feltüntetve, így a kapott értéket átváltjuk tonnára.

$$1\,101\,100 \text{ N} = 112,243 \text{ t}$$

A műszaki gyakorlatban 25% többlettel szokták méretezni a berendezéseket. Ez alapján:

$$112,243 \cdot 1,25 = 140,304 \text{ t}$$

Az Arburg Allrounder 470C 150 tonna maximális záróerőt képes fenntartani, így a méretezés alapján a fröccsöntő gép megfelelő.

## 5. számú melléklet

A szerszám kielégítő hűtéséhez a hűtőrendszert méretezni szükséges. A számítások során megállapítást nyer, hogy milyen hosszúságú csőhálózatot igényel a bevitt hőenergia elvonása. Ennek kalkulálása az óránként kellő hűtőközeg mennyiség meghatározásával történik.

$$M = \frac{m \cdot q \cdot n}{\Delta T \cdot c_{\text{temp}} \cdot 3600}$$

Az egyenlet egyes tagjai:

- M - a hűtőközeg mennyisége [kg/s]
- m - a fröccsöntött termékek össztömege [kg]
- q - az egy kg anyag megfelelő hőmérsékletre hűtése során felszabaduló hőmennyiség [J/kg]
- n - az egy órában végbemenő ciklusok száma [1/h]
- $c_{\text{temp}}$  - a hűtőközeg fajhője [J/kgK]
- $\Delta T$  - az előremenő és visszatérő ági hűtőközeg hőmérséklet különbsége [K]

Adatok:

- Polikarbonát fajhő 1,2 MJ/kgK
- Ciklusidő 60 s
- Az alkatrészek tömege 0,0297 kg
- Az előremenő hűtővíz hőmérséklete 50°C = 323 K
- A visszatérő hűtővíz hőmérséklete 80°C = 353 K
- A hűtőfuratok átmérője 8 mm
- A víz sűrűsége 1000 kg/m<sup>3</sup>
- A polikarbonát fröccsöntési hőm. 310°C = 583 K
- A polikarbonát dermedési hőm. 118°C = 391 K
- A hűtőközeg áramlási seb. 3 m/s

A felszabaduló hőmennyiség ismeretlen, annak számítása a következőképpen történik:

$$q = c_m \cdot \Delta T_m$$

Ahol  $c_m$  a polikarbonát fajhője, míg a  $\Delta T_m$  a dermedés és öntési hőmérséklet közötti különbség.

$$\Delta T_m = 583 - 391 = 192 \text{ K}$$

A kapott értékek alapján:

$$q = 1200 \cdot 192 = 230\,400\,000 \text{ J}$$

A temperáló rendszer teljes hossza az eddigi adatok felhasználásával a következőképpen történik:

$$L = \frac{310 \cdot d \cdot \Delta T}{\left[ T_{\text{derm}} - \left( T_{\text{el}} + \frac{\Delta T}{2} \right) \right] \cdot \left[ 1 + 0,014 \cdot \left( T_{\text{el}} + \frac{\Delta T}{2} \right) \right]}$$

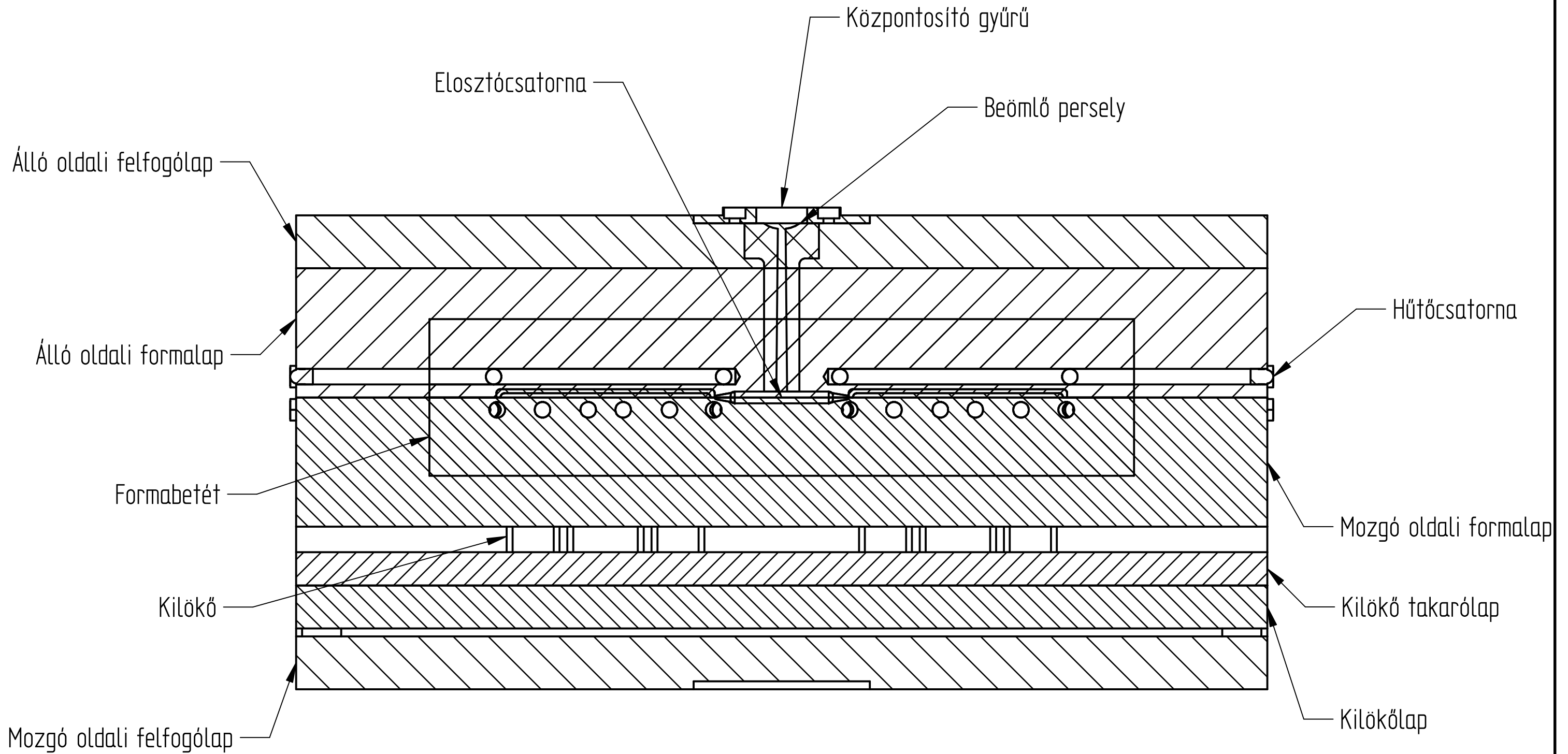
az egyenlet  $\Delta T$  tagja az előremenő és visszatérő hőmérsékletek különbsége:

$$\Delta T = 353 - 323 = 30 \text{ K}$$

Az egyenlet minden tagja ismert számunkra, így ezeket behelyettesítve:

$$L = \frac{310 \cdot 0,08 \cdot 30}{\left[ 310 - \left( 80 + \frac{30}{2} \right) \right] \cdot \left[ 1 + 0,014 \cdot \left( 80 + \frac{30}{2} \right) \right]} = 0,86 \text{ méter}$$

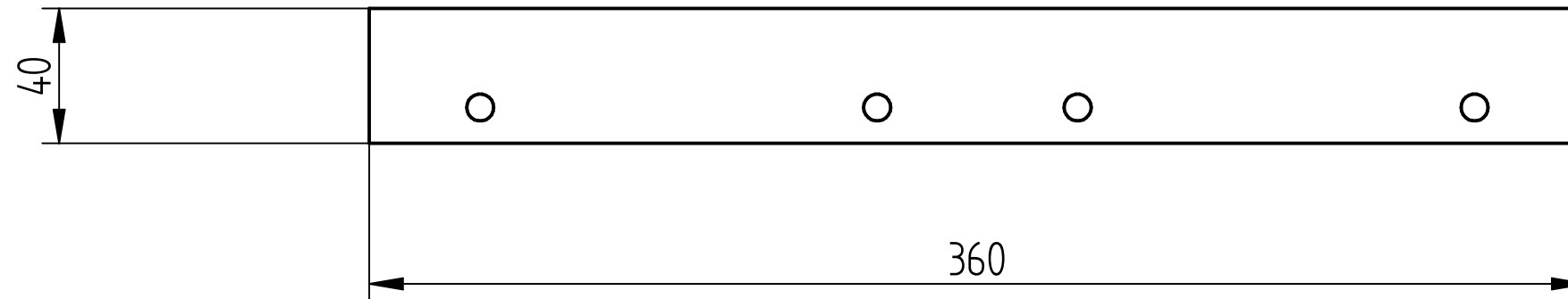
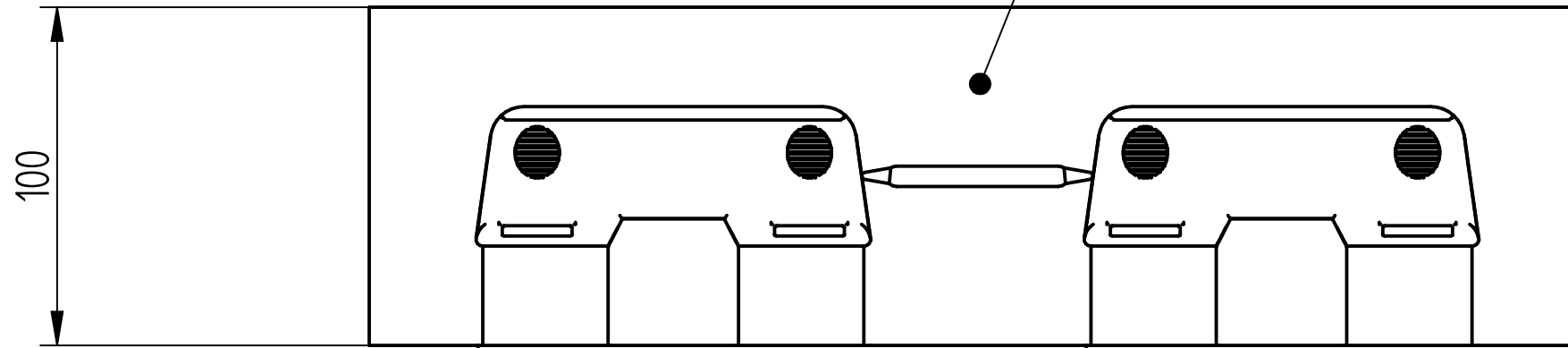
A tervezés során az itt kapott értékeket alkalmaztam.



Felület	Tűrésezetlen méretek	Anyag, félégyártmány, nyersdarab, minta v. süllyesztékszám		Nyers	Kész
		1.1730		Súly [kg]	
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem		Készítette	Jóváhagyta	Rajzszám	
		Csizmazia Soma			
		Cím, kiegészítő cím	Dokumentációfajta		
		Szerszám felépítése	Metszeti ábra		
		Méretarány	Változás	Dátum	Lapszám
		1:2		2024.04.17	

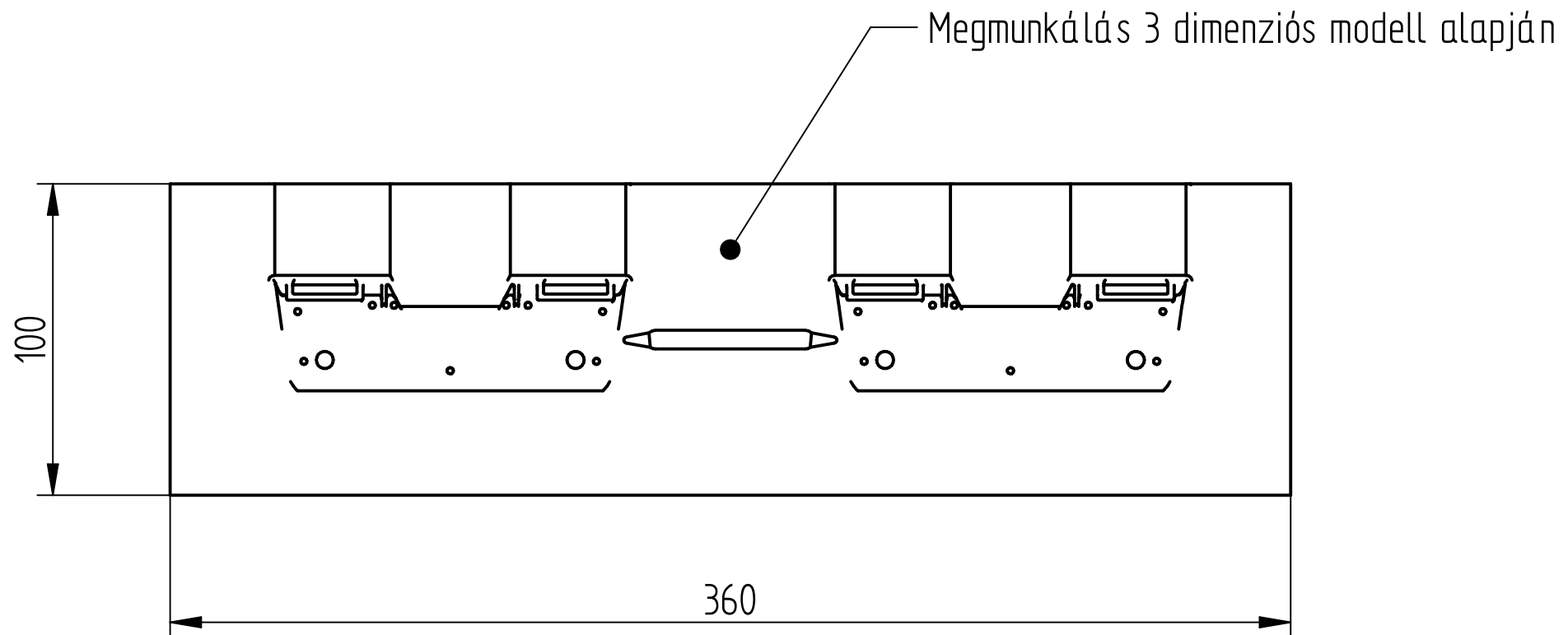
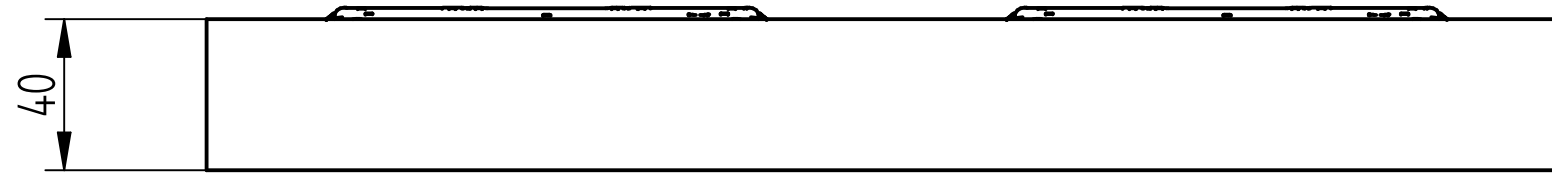
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Megmunkálás 3 dimenziós modell alapján



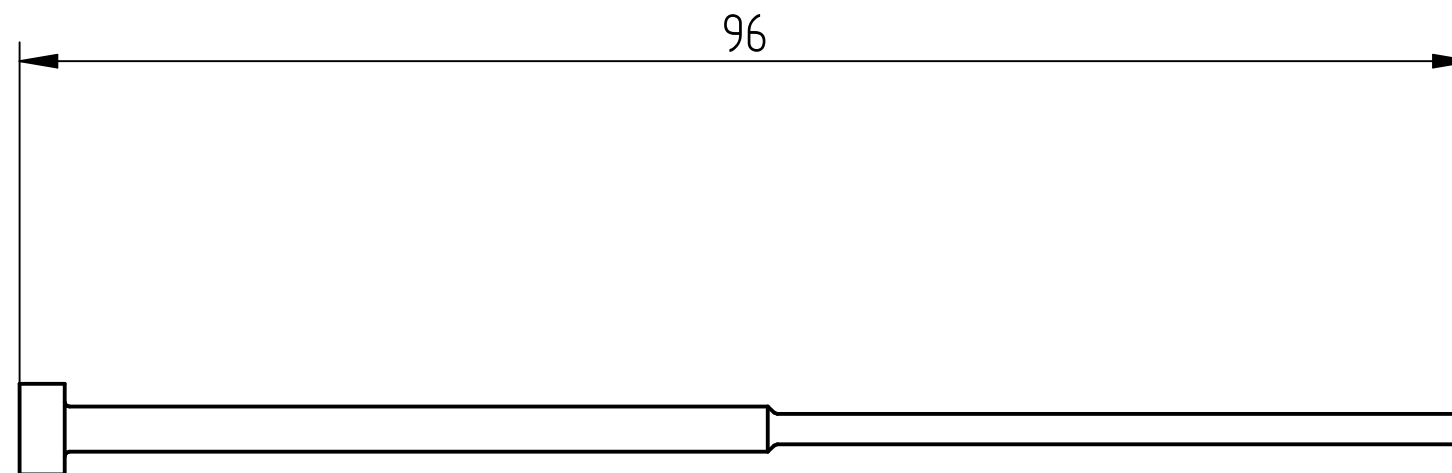
Felület	Tűrésezetlen méretek	Anyag, félégyártmány, nyersdarab, minta v. süllyesztékszám			Nyers	Kész
		1.1730			Súly [kg]	
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem		Készítette	Jóváhagyta	Rajzszám		
		Csizmazia Soma				
		Cím, kiegészítő cím		Dokumentációfajta		
		Álló oldali formabetét		Műszaki rajz		
		Méretarány	Változás	Dátum	Lapszám	
		1:2		2024.04.17		

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Felület	Tűrésezetlen méretek	Anyag, félégyártmány, nyersdarab, minta v. súllyesztékszám			Nyers	Kész
		1.1730			Súly [kg]	
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem		Készítette	Jóváhagyta	Rajzszám		
		Csizmazia Soma				
		Cím, kiegészítő cím			Dokumentációfajta	
Mozgó oldali formabetét			Műszaki rajz			
Méretarány	Változás	Dátum	Lapszám			
1:2		2024.04.17				

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Felület	Tűrésezetlen méretek	Anyag, félégyártmány, nyersdarab, minta v. súllyesztékszám			Nyers	Kész
		1.1730			Súly [kg]	
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem		Készítette	Jóváhagyta	Rajzszám		
		Csizmazia Soma				
		Cím, kiegészítő cím		Dokumentációfajta		
		Kilökő E1700 2x100		Műszaki rajz		
		Méretarány	Változás	Dátum	Lapszám	
		2:1		2024.04.17		

SOLID EDGE ACADEMIC COPY