

SZAKDOLGOZAT

NYITRAI CSABA
Gépészmérnök szak

Gödöllő
2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

Fröccsöntő szerszám tervezése adott alkatrészhez

Belső konzulens:	Dr. Pataki Tamás István egyetemi adjunktus
Külső konzulens:	Horváth László gépészmérnök
Készítette:	Nyitrai Csaba TOYLG levelező
Intézet/Tanszék:	Műszaki tanszék

Gödöllő
2024

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. Fröccsöntés.....	4
3. A fröccsöntőgép	5
4. A fröccsöntés folyamata	7
5. Fröccsöntő gépek főbb műszaki jellemzői.....	8
5.1 A gép kiválasztás legfőbb paraméterei	8
5.1.1 Záróerő	8
5.1.2 Fröccsöntési kapacitás	9
6. Fröccsöntő szerszám	10
6.1 Szerszámok részei.....	10
6.2 Szerszámtípusok	13
7. Szerszámtervezés lépései.....	15
7.1 Fészekszám meghatározása	15
7.2 Fröccsöntendő termék.....	15
7.3 Fröccsöntés-helyes terméktervezés	17
7.4 Oldalferdeség	18
7.5 Alámetszés	19
7.6 Zsugor megadása	19
7.7 Osztósík meghatározása.....	20
7.8 Álló oldali csésze	21
7.9 Mozgó oldali mag	21
8. Szerszámház tervezés	22
8.1 Normáliák	22
8.2 Szerszámlapok	22
8.3 Beömlő rendszer meghatározása.....	24
8.3.1 Elosztó csatorna jellege	27
8.3.2 Gát kialakítása	27
8.4 Kilökő rendszer.....	30
8.5 Temperálás	33
8.5.1 Temperálás számítása	33
8.5.2 Hűtőfuratok mérete és elhelyezése.....	34
8.5.3 Hűtőkörök	35

9.	Számítógépes szimuláció, analízis	41
10.	Gazdasági számítás	44
11.	Összefoglalás	46
12.	Summary	47
13.	Nyilatkozatok	48
14.	Irodalomjegyzék	50
15.	Mellékletek	51

1. Bevezetés

A műanyaggyártó- és feldolgozóipar korunk egyik legjelentősebb iparága, melynek oka annak gyors fejlődése. A PlasticEurope felmérése szerint 2022-ben világszerte mintegy 400 millió tonna műanyagot gyártottak.¹

A műanyaggyártás valamivel több, mint 30% -át a fröccsöntés teszi ki. A technológia előnyei közé tartozik a gyorsaság, hatékonyság, valamint, hogy bonyolult térbeli formák is előállíthatóak vele. További pozitívumok, hogy a fröccsöntés nagy sorozatoknál igen gazdaságos, gyakorlatilag nem keletkezik hulladék, és hogy szinte bármilyen szerszámmal használható ugyanaz a gép.²

Szakedolgozatom témája egy csőtartó alkatrész gyártásához szükséges fröccsszerszám tervezése. Dolgozatomban ismertetem a fröccsöntési eljárást, a gépek felépítését, és működési elveit. Tanulmányozom a szerszámok felépítését, továbbá bemutatom a tervezés lépéseit a gyártandó alkatrészen keresztül, valamint a fröccsöntés-helyes terméktervezés alapelveit.

A szerszámház tervezésekor bizonyos alkatrészeket Normália katalógusból választunk, melynek előnye a gyorsaság, és az állandó minőség.

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Plastics_in_the_construction_industry

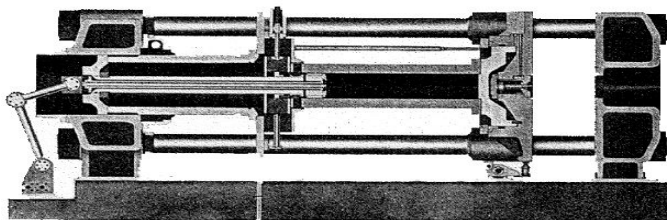
² Dunai Antal, Dr. Macskási Levente – Műanyagok fröccsöntése, Budapest 2003, ISBN 963 206 550 6

2. Fröccsöntés

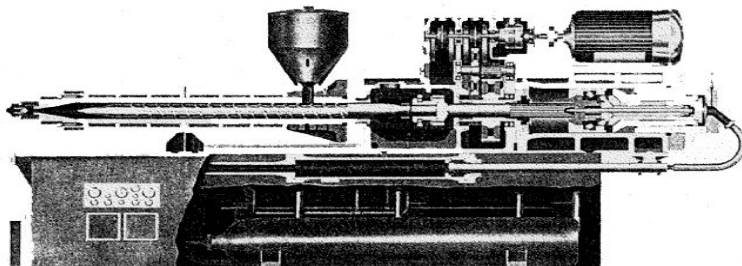
A fröccsöntés során a polimer ömledéket az olvadáspont fölé melegítve, kis viszkozitású folyadékállapotba visszük, majd nagy sebességgel, szűk beömlő nyíláson keresztül zárt szerszámba fecskendezük. A szerszámban a nagy nyomás alatt kihűlő polimerből alakul ki a tetszőlegesen összetett formájú, térbeli alkatrész. A képlékeny alakítással létrehozott munkadarab tulajdonképpen hulladékmentes, és nagy méretpontosságú. A bonyolult szerszámteret gyorsan, teljes mértékben kell kitölteni, ezért van szükség a kis ömledékviszkozításra. A szerszám kitöltési ideje általában a másodpercek tartományába esik.³

A fröccsöntés alkalmas nagy méretpontosságú alkatrészek létrehozására, magas darabszámban. Az eljárással sokféle terméket készítenek, például háztartási és kertészeti eszközöket, csomagolóanyagokat, játékokat. Ezek mellett fröccsöntéssel állítanak elő pontosabb, precízebb alkatrészeket is, ilyenek lehetnek elektronikai eszközök, vagy gépjárműipari alkatrészek is.⁴

A fröccsöntő gép tipikus megvalósítási formáját a 1. és 2. ábra mutatja.



1-es ábra: Csigadugattyús fröccsöntő gép hidraulikus záróegysége
(forrás: Czikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János – A polimertechnika alapjai, 2000, ISBN 9789634206217)



2-es ábra: Csigadugattyús fröccsöntő gép fröccsöntő egysége
(forrás: Czikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János – A polimertechnika alapjai, 2000, ISBN 9789634206217)

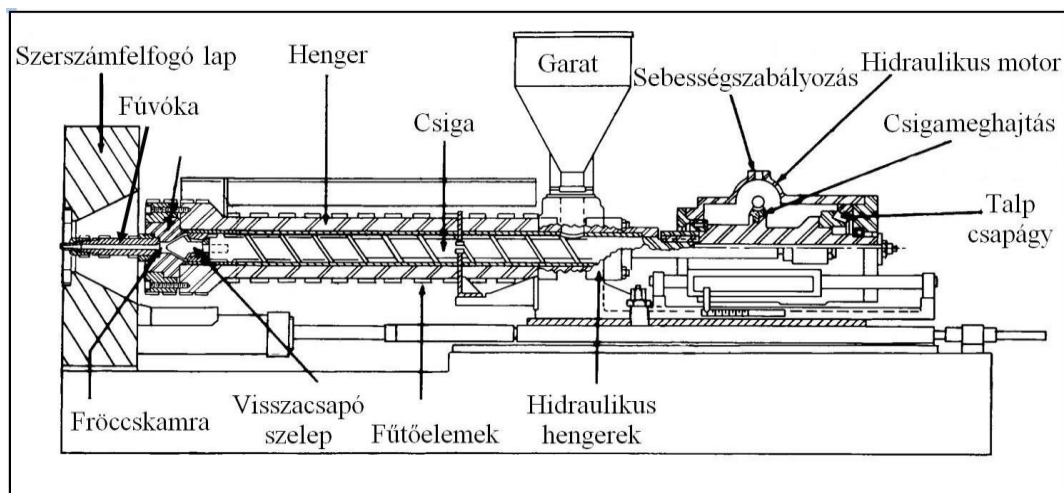
³ Czikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János – A polimertechnika alapjai, 2000, ISBN 9789634206217

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Injection_moulding

3. A fröccsöntőgép

Napjainkban leggyakrabban csigadugattyús fröccsöntőgépet használnak az ömledék előállítására majd szerszámba juttatására. Kisebb alkatrészek fröccsöntése esetén dugattyús gépeket használnak, de ezek felépítése, működése nem tartozik jelen dolgozat témájához.

A fröccsöntőgép fő részei a plasztikáló- és fröccsöntő egység, a szerszám, illetve az azt mozgató egység. A plasztikáló- és fröccsöntő egységet tekinthetjük egy extrudernek. Ennek vázlatát a 3-as ábrán láthatjuk. A csiga forgó mozgás mellett, tengelyirányú mozgást is végez.⁵



3-as ábra: Csigadugattyús fröccsgép plasztikáló- és fröccsöntő egysége
(forrás: Pukánszky Béla, Móczó János – Műanyagok, 2011, ISBN 978-963-279-481-5)

A plasztikáló- és fröccsöntő egység legfontosabb részei a következők:

Meghajtó egység: Legtöbbször hidraulikus motort alkalmaznak. A rendszer a plasztikálás és a fröccsöntés mellett, a szerszám mozgatásához is használható.⁶

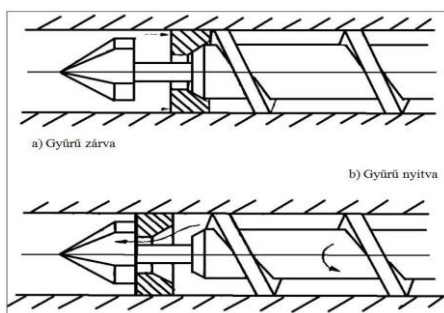
Henger és csiga: Feladata az ömledék előállítása és szállítása. A henger termosztálható, fűtését és hűtését több zónára osztják, amely segít a megfelelő hőmérséklet kialakításában.⁷

Zárógyűrű: Megakadályozza az ömledék visszaáramlását fröccsöntéskor, illetve az utónyomás alatt. A zárógyűrű működését a 4-es ábra mutatja.

⁵ Pukánszky Béla, Móczó János – Műanyagok, 2011, ISBN 978-963-279-481-5

⁶ Osswald, T. A., Menges, G.: Material Science of Polymers for Engineers, Hanser, Munich, 1995

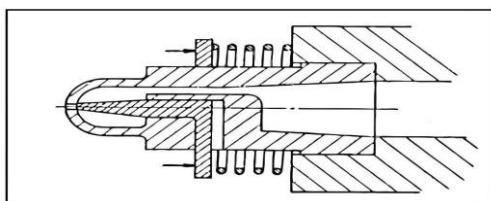
⁷ Pukánszky Béla, Móczó János – Műanyagok, 2011, ISBN 978-963-279-481-5



4-es ábra: zárógyűrű

(forrás: Pukánszky Béla, Móczó János – Műanyagok, 2011, ISBN 978-963-279-481-5)

Fúvóka: Összekapcsolja a szerszámot a plasztikáló- és fröccsöntő egységgel. Sokféle műszaki megoldás létezik, vannak rugós vagy golyós szelepek, tűszelepek. Tűszelepes fúvókára látunk példát az 5-ös ábrán.⁸



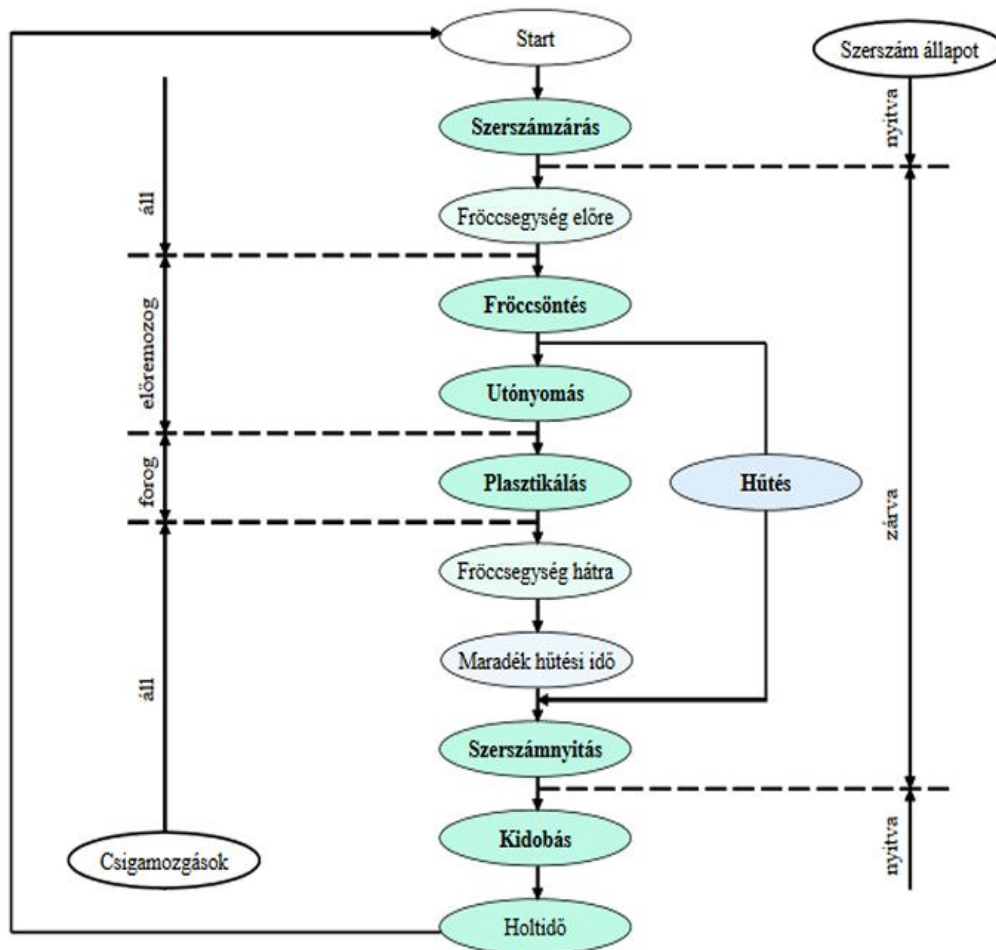
5-ös ábra: Tűszeleppel ellátott fúvóka

(forrás: Pukánszky Béla, Móczó János – Műanyagok, 2011, ISBN 978-963-279-481-5)

⁸ Pukánszky Béla, Móczó János – Műanyagok, 2011, ISBN 978-963-279-481-5

4. A fröccsöntés folyamata

A fröccsöntés folyamatát a 6-os ábrán láthatjuk.



6-os ábra: A fröccsöntés folyamata

(forrás: Budapesti Műszaki és Gazdasági Egyetem Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Fröccsöntés labor segédlet, www.PT.BME.hu)

5. Fröccsöntő gépek főbb műszaki jellemzői

A fröccsöntés akkor hatékony, ha a termék, a fröccsöntő gép és a szerszám műszaki paraméterei megfelelően illeszkednek. Nagyobb teljesítményű géppel értelemszerűen nagyobb volumenű, és tömegű termék gyártható. Egy kis méretű termék gyártásánál, ha túl nagy gépet választunk ugyanúgy technológiai és stabilitási problémák fognak jelentkezni, mintha egy nagyobb terméket szeretnénk kisebb gépen gyártani. Fontos tehát hogy minden termékhez megfelelő fröccsöntő gépet, illetve szerszámozást válasszunk.⁹

5.1 A gép kiválasztás legfőbb paraméterei ¹⁰

5.1.1 Záróerő

A maximális F erő, amelyet a polimer ömledék kifejt a szerszám zárósíkján:

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

ahol P: az ömledéknyomás a szerszámüregben, tipikusan 30 – 150 MPa

A: a szerszám osztósíkjára vetített felülete a munkadarabnak.

A szerszámüregben a nyomás jóval kisebb, mint a csiga csúcsánál mérhető maximális nyomás. A termék vastagabb fala, a hosszabb folyási úthossz, a magasabb ömlefékhőmérséklet, a kiszélesített belépőnyílás a szerszámon, és a rövidebb ciklusidő – mind növeli a maximális P nyomást, közelebb hozva a fröccsöntőcsiga előtt mérhető maximális ömledék-nyomáshoz.

Közelítő szabály:

- könnyen folyó ömledék(MFI>10) vastagfalú munkadarab szerszámban 80- 100 MPa
- közepesen folyó ömledékek 120- 150 MPa
- nagyviszkózitású polimer ömledékek (MFI<1) kisebb, mint 150 MPa ömledéknyomással jelennek meg

A fröccsöntő gép záróerejét általában tonnában adják meg, értékét különböző gépkatalógusok tartalmazzák.¹¹

⁹ Kovács József Gábor – Fröccsöntés – Egyetemi előadásának jegyzete, Budapesti Műszaki és Gazdasági Egyetem, Polimertechnika Tanszék

¹⁰ Czikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János – A polimertechnika alapjai, 2000, ISBN 9789634206217

¹¹ Belofsky H. Plastics: Product Design and Process Engineering. Hanser-Gardner. Munich-Cincinnati. 1995.

5.1.2 Fröccsöntési kapacitás

Az egy ciklusban legyártható műanyag alkatrész maximális súlya vagy térfogata alkalmas a fröccsöntő gép kapacitásának jellemzésére. A fröccsmunkát (W) a fröccsöntési löket elméleti térfogatának(v) és az ömledék nyomásának(p) szorzata adja meg:

$$W = \frac{v \cdot P}{100} \quad (2)$$

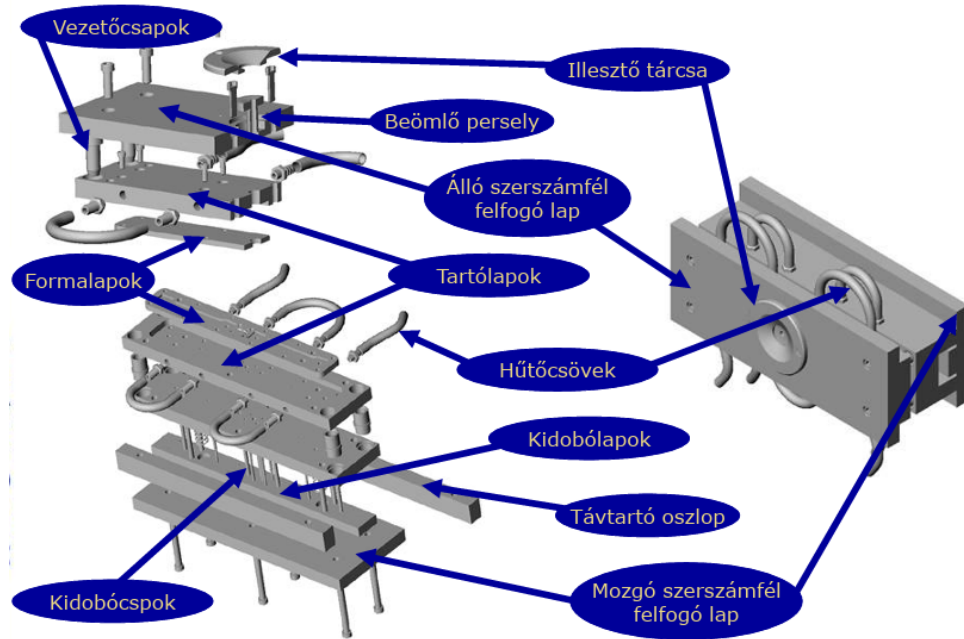
ahol v az elméleti löket-térfogat cm^3 -ban, P a maximális fröccsnyomás MPa-ban, a fröccsmunkát a 100 MPa fröccsnyomásra vonatkoztatjuk.¹²

¹² Czikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János – A polimerteknika alapjai, 2000, ISBN 9789634206217.

6. Fröccsöntő szerszám

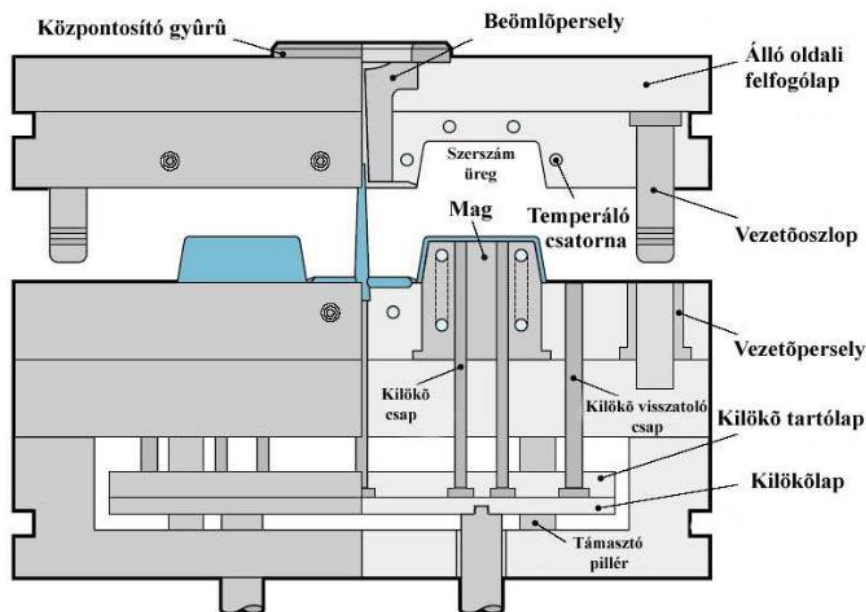
6.1 Szerszámok részei

A szerszámok részeit, valamint a szerszám általános felépítését a 7-es és 8-as ábrán láthatjuk.



7-es ábra: Szerszámok részei

(forrás: Kovács József Gábor – Fröccsöntő-szerszám tervezés – Egyetemi előadásának jegyzete)



8-as ábra: Szerszám felépítése

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

A szerszám részei, és funkciójuk: ¹³

Központosító gyűrű:

Feladata, hogy a gép fúvókáját a beömlőperselyhez vezesse, és biztosítsa a kettő között a megfelelő illeszkedést. Normáliaként beszerezhető.

Beömlőpersely

A beömlőpersely a polimer ömledéket a gép fúvókájából az elosztócsatornába vezeti. A fúvókának nagyobbak kell lennie, mint a gép furata. Az anyagberagadás elkerülése miatt 0,5-2°-ban bővülőre kell kialakítani. Normáliaként beszerezhető.

Álló oldali felfogó lap

Itt található a központosító gyűrű helye, ide van bemunkálva a beömlőpersely is. Erre rögzítjük az álló oldali formalapot.

Álló oldali formalap

Az álló és mozgó oldali formalapokban alakítjuk ki a szerszámüreget, a szerszám formaadó részét. Kimunkálható a formalapból, illetve különböző betétezések is alkalmazhatók. A betétek használatának nagy előnye a szerszám karbantartásának, javításának egyszerűsége, valamint, hogy a termék esetleges későbbi változtatásánál elég a betétet cserélni, módosítani. A dolgozatomban szereplő szerszám cserélhető betétes, mely vevői elvárás volt.

Itt található továbbá a temperáló rendszer is, melynek feladata a megfelelő szerszámhőmérséklet biztosítása, illetve a termék lehűlésének elősegítése. A temperáló közeg lehet víz, olaj vagy emulzió. A szerszámba a folyadék a szerszám oldalán található gyorscsatlakozókon keresztül jut be. A folyadék keringetését zárt keringető rendszer végzi.

Mozgó oldali formalap

A mozgó oldali formalapból vannak kialakítva a magok, melyek a termék üreges részeit, furatait alakítják ki. Az álló oldali formalaphoz hasonlóan, ez is készülhet a formalapból történő kimunkálással, illetve a betétezással is.

¹³ Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása

Támasztó lap

Mozgó oldali formalap alatt helyezkedik el. Feladata a formalap merevítése. Normáliként kezelhető.

Támasztó pillér

Feladata a formalap merevítése. Egyedi gyártásban készül.

Vezetőoszlop, vezetőpersely

A vezetőoszlop az álló oldali formalapba, a vezetőpersely pedig a mozgó oldali formalapba található. Feladatuk a szerszámzáras során összevezetni a két szerszámfelet, és a pozicionálás biztosítása. Normáliként kezelhető

Kilőkő tartólap

A szerszám mozgó oldalán helyezkedik el. Ebben vannak elhelyezve a kilőkők. Normáliként kezelhető.

Kilőkő

Feladata a fröccsöntött termék kidobása a szerszámból.

Mozgó oldali felfogólap

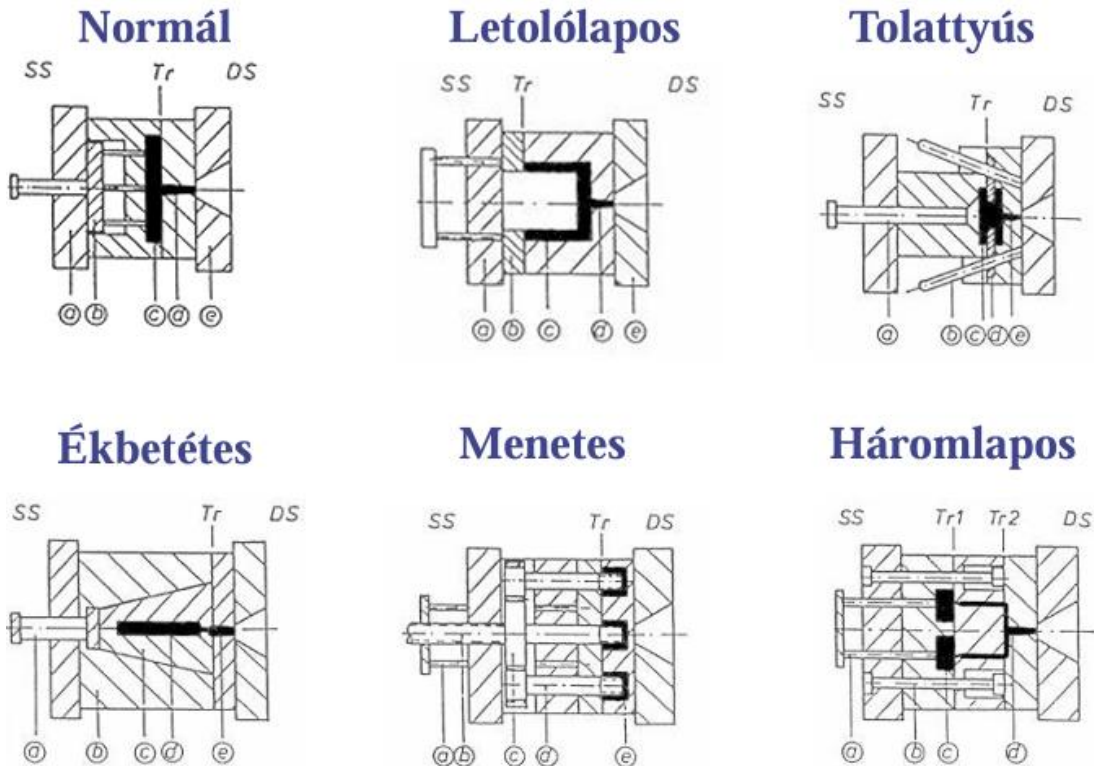
A mozgó oldali felfogólap a fröccsöntő gép mozgó felfogó lapjára kerül felszerelésre. Erre a lapra kerülnek rögzítésre a távtartók.

Távtartó lap

A távtartó lap a mozgó oldali felfogólap és a támasztó lap között helyezkedik el. Célja, a kilőkő rendszer megfelelő mértékű elmozdulásához szükséges hely biztosítása. Normáliként kezelhető.¹⁴

¹⁴ Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása

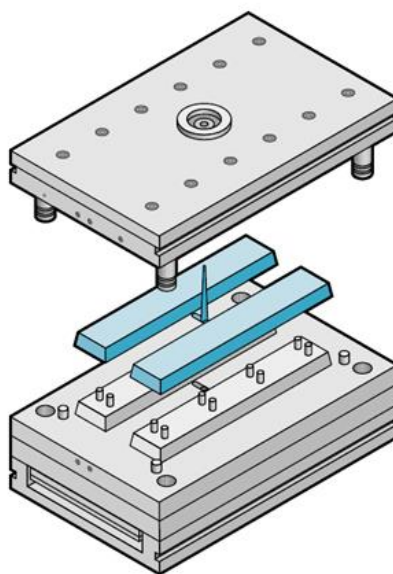
6.2 Szerszámtípusok



9-es ábra: Szerszámtípusok

(forrás: Kovács József Gábor – Fröccsöntő-szerszám tervezés – Egyetemi előadásának jegyzete)

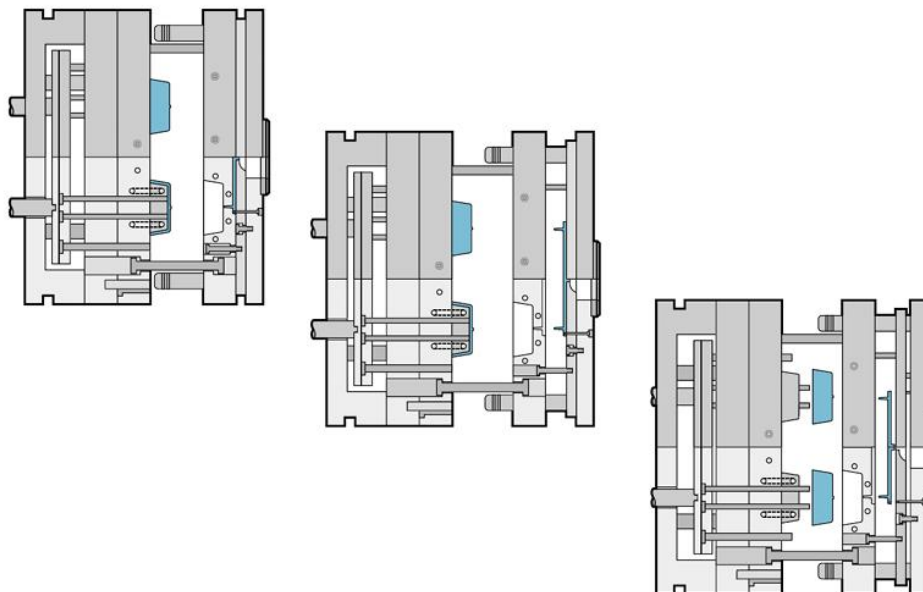
Kétlapos Szerszám:



10-es ábra: Kétlapos szerszám

(forrás: Kovács József Gábor – Fröccsöntő-szerszám tervezés – Egyetemi előadásának jegyzete)

Háromlapos szerszám:



11-es ábra: Háromlapos szerszám

(forrás: Kovács József Gábor – Fröccsöntő-szerszám tervezés – Egyetemi előadásának jegyzete)

7. Szerszámtervezés lépései

7.1 Fészekszám meghatározása

Tervezés előtt meg kell határoznunk, hogy a szerszámunk hány fészkes legyen. A fészekszám meghatározása során figyelembe kell vennünk a gép teljesítményét, valamint névleges fröccstérfogatát (V'). Érdekes a teljes fröccsöntési teljesítmény 70-80%-val számolni. Hidegcsatornás szerszámnál a fröccsöntési térfogat nem csak a formaüregek kitöltésére fordítódik, hanem az elosztó és beömlő csatornák megtöltésére is, illetve kisebb mennyiség a gátakra is. A csatornamaradék térfogata gyakorlati tapasztalatok alapján az alkatrész térfogatának (v') 35% - a.¹⁵ A fészekszámot általában 2 valamelyik hatványaként adjuk meg.¹⁶

A kihasználható fröccstérfogat:¹⁷

$$V \approx 0,8 \cdot V' \quad (3)$$

Az alkatrész csatornamaradékkal növelt térfogata:

$$v \approx 1,35 \cdot v' \quad (4)$$

A gépen üzemeltethető szerszám fészekszáma (i) a kettő hányadosa:

$$i = \frac{V}{v} [db] \quad (5)$$

A választott gép kihasználható fröccstérfogata 115000 mm³, míg az alkatrész csatornamaradékkal növelt térfogata 26769,285 mm³. A kettő hányadosa 4,296.

A dolgozatomban szereplő szerszám tehát 4 fészkes lesz.

7.2 Fröccsöntendő termék

A fröccsöntendő termék egy építkezéseken használt cső tartó elem, melynek feladata a cső rögzítése, mielőtt azt beöntenék betonba. A termékkel szemben semmilyen esztétikai elvárás nincs, valamint a mechanikai elvárások is minimálisak, hiszen a beöntés után az alkatrészsre nem jut terhelés.

A termék anyaga nagy sűrűségű polietilén. Felhasználási területei: ipari alkatrészek, tokok, dobozok, mezőgazdasági termékek, ládák, vödrök. Az anyag jellemzői katalógusból:

¹⁵ Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet

¹⁶ Topa Martin, Dömötör Csaba- Fröccsöntő szerszám tervezése tanulmány

¹⁷ Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet

Technical Information



DOW™ HDPE KT 10000 UE High Density Polyethylene Resin

Overview

HDPE KT 10000 UE Polyethylene Resin is an UV stabilised resin with very narrow molecular weight distribution. It was developed to impart excellent stiffness, combined with good impact strength to injection moulded parts, at minimum warpage.

Note: HDPE KT 10000 UE Polyethylene Resin should comply with FDA regulation 177.1520 and with most European food contact regulations when used unmodified and processed according to good manufacturing practices for food contact applications. Please, contact your nearest Dow office for food contact compliance statements. The purchaser remains responsible for determining whether the use complies with all relevant regulations.

Applications:

- Cases and boxes for industrial parts.
- Farm produce and beverage crates.
- Pails and buckets.

Physical	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Density	0.964 g/cm ³	0.964 g/cm ³	ASTM D792
Melt Index			ISO 1133
190°C/2.16 kg	8.0 g/10 min	8.0 g/10 min	
190°C/5.0 kg	22 g/10 min	22 g/10 min	
Molding Shrinkage - Flow	0.021 in/in	2.1 %	ASTM D955
Environmental Stress-Cracking Resistance			ASTM D1693
100% AntaroX CO-630, Compression Molded	2.50 hr	2.50 hr	
Spiral Flow Length			Dow Method
482°F (250°C), 2 seconds injection	29 in	735 mm	
Mechanical	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Tensile Strength			ASTM D638
Yield, Compression Molded	4210 psi	29.0 MPa	
Break, Compression Molded	4640 psi	32.0 MPa	
Tensile Elongation			ASTM D638
Break, Compression Molded	800 %	800 %	
Flexural Modulus - 2% Secant (Compression Molded)	152000 psi	1050 MPa	ASTM D790
Impact	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Tensile Impact Strength (Compression Molded)	36.6 ft-lb/in ²	77.0 kJ/m ²	ASTM D1822
Hardness	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Shore Hardness (Shore D, Compression Molded)	66	66	ISO 868
Thermal	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Vicat Softening Temperature	268 °F	131 °C	ISO 306/A

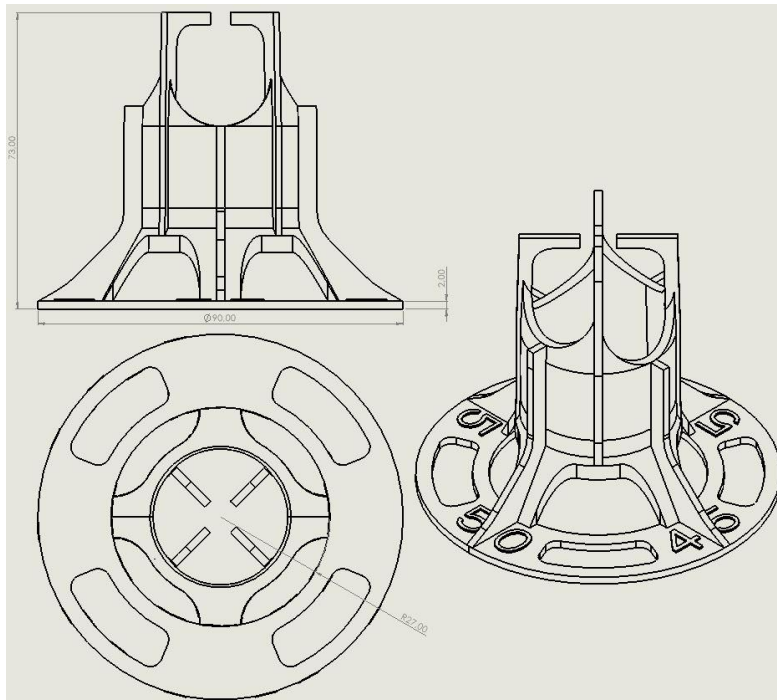
Notes

These are typical properties only and are not to be construed as specifications. Users should confirm results by their own tests.

12-es ábra: A választott polimer anyagjellemzői

(forrás: <https://www.dow.com/en-us/pdp.dow-hdpe-kt-10000-ue-high-density-polyethylene-resin.42927z.html#overview>)

A termékről készült CAD-modell:



13-as ábra: Saját készítésű CAD modell a termékről

A termék befoglaló méretei az ábrán láthatók. A falvastagság 2 mm, az ehhez csatlakozó bordák mérete szintén 2 mm.

7.3 Fröccsöntés-helyes terméktervezés

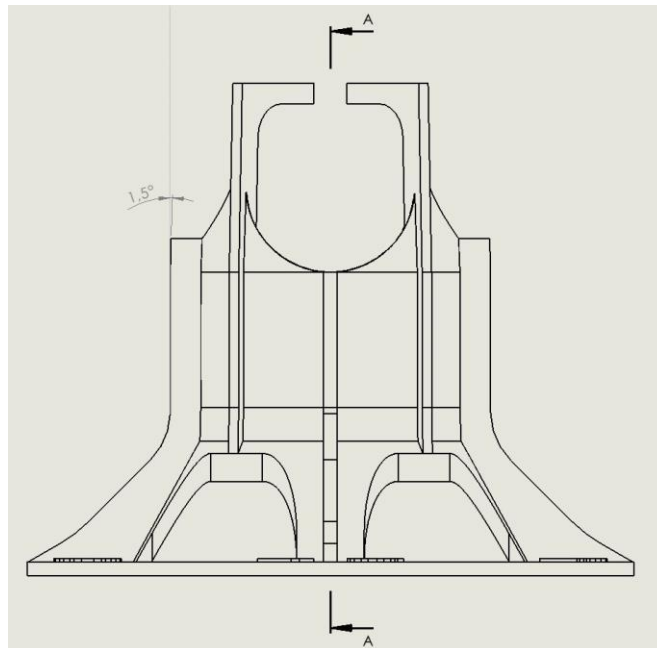
Néhány konstrukciós alapelv a fröccsöntés-helyes termék létrehozásához: ¹⁸

- anyagtöbblet elkerülése
- egyenletes falvastagság
- minél kisebb falvastagság, merevítő bordák alkalmazása
- megfelelő lekerekítések
- nagyméretű, síkfelületek elkerülése
- kúposág a szerszámnyitás miatt
- alámetszések elkerülése
- megfelelő pontosság előírása
- gazdaságos szerelési módszerek

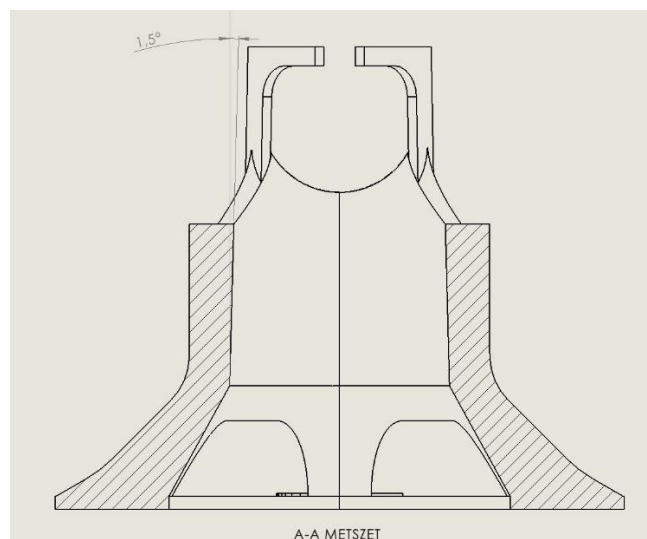
¹⁸ Virág Ákos - Fröccsöntő szerszám tervezése, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Intézet, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 2019

7.4 Oldalferdeség

Annak érdekében, hogy a kész termék eltávolítható legyen a szerszámból a fröccsöntési ciklus végén, oldalferdeségre van szükség. Az oldalferdeség függőleges felületeken általában $0,5-3^\circ$ közötti érték.¹⁹ A csőtartó alkatrészünk oldalferdesége $1,5^\circ$, az alkatrészben lévő bordák oldalferdesége 1° .

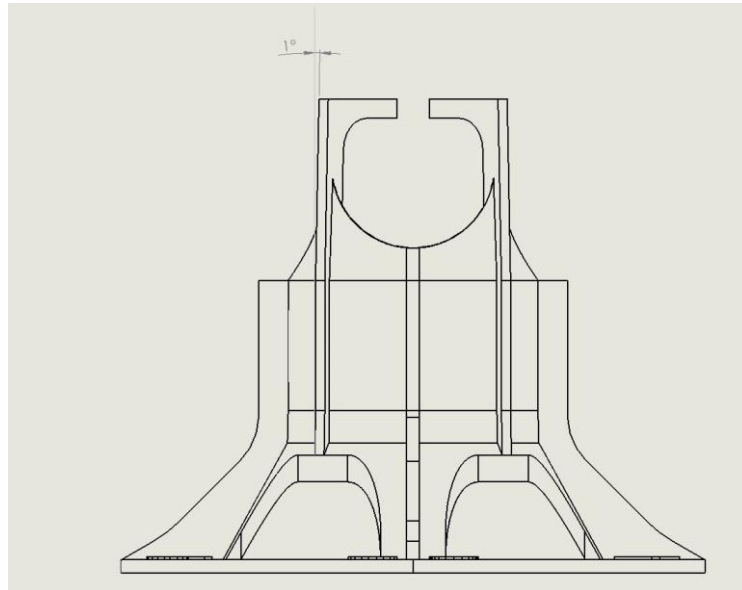


14-es ábra: Külső oldalferdeség
(forrás: Saját készítésű ábra)



15-ös ábra: Belső oldalferdeség
(forrás: Saját készítésű ábra)

¹⁹ Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása



*16-os ábra: Borda oldalferdesége
(forrás: Saját készítésű ábra)*

7.5 Alámetszés

A termék kialakítása során fontos az alámetszések elkerülése, vagy legalábbis számának csökkentése. Az alámetszések miatt a termék sokkal bonyolultabb szerszámkonstrukcióval valósítható meg, bizonyos esetekben, pedig meg sem valósítható az adott termék gyártása. Jelen termék nem tartalmaz alámetszéseket.²⁰

7.6 Zsugor megadása

Méretpontos termék előállításához figyelembe kell vennünk az anyag zsugorodását. A lehülés során bekövetkezett térfogatcsökkenést zsugorodásnak nevezzük. A szerszámban végbemenő zsugorodás a hőmérséklet csökkenés miatt létrejövő fajtérfogat változás következtében megy végbe. A zsugor értéke nagy mértékben függ a falvastagságtól, a szerszám hőmérsékletétől, az utónyomástól, az anyag minőségétől.²¹

A zsugorodás, és vetemedés csökkentésére vékony falú darabok esetén magasabb befroccsenési sebesség, és ömledék-hőmérséklet, vastag falú daraboknál alacsonyabb befroccsenési sebesség, és ömledék hőmérséklet alkalmazandó. Néhány gyakoribb anyag zsugorodását mutatja a *17-es ábra*.

²⁰ Virág Ákos - Fröccsöntő szerszám tervezése, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Intézet, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 2019

²¹ Deák Tamás: Műanyagok előállítása és feldolgozása: A fröccsöntési zsugorodás és a technológia

A műanyag fajtája	Zsugorodás, [%]
LDPE	2,6
HDPE	1,5-2,5
PP	1,5-2,5
PA66	1
PET	1,2-3,0
PC	0,6-0,8
PS	<0,1
ABS	0,4-0,7

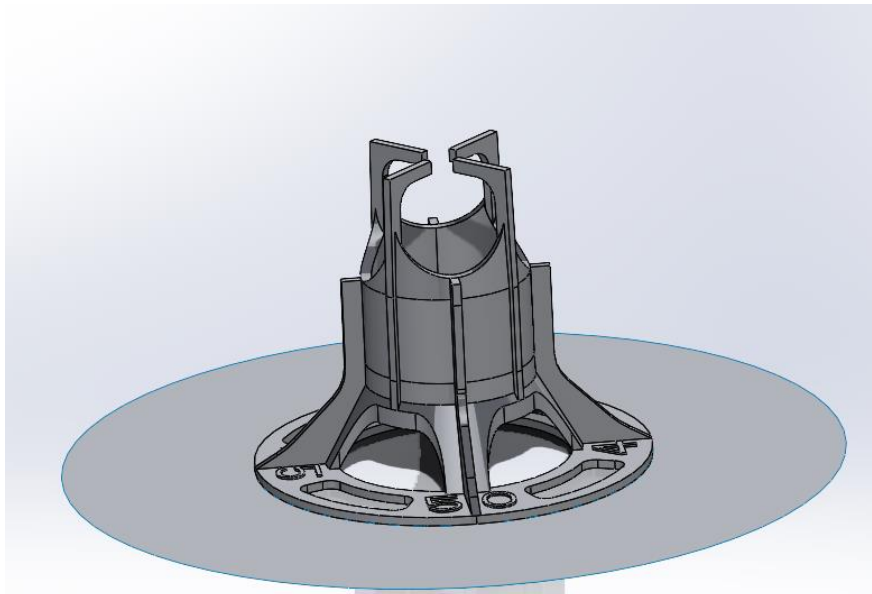
17-es ábra: Néhány gyakoribb polimer zsugorodása

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

Az általunk használt anyag zsugorodása az anyag katalógusából, a *12-es ábra* szerint 2,1%

7.7 Osztósík meghatározása

A beömlő oldali és a kidobó oldali betétek találkozásának síkja az osztósík. A termék hűlésekor rázsugorodik a betétekre. Az osztósík meghatározásakor fontos, hogy a termék a nyitás során lehetőleg a kidobó oldali, mozgó szerszámfelel maradjon. A falferdeséget ennek megfelelően kell megadni, úgy, hogy a termék ne legyen alámetszett és minél könnyebben eltávolítható legyen a szerszámból.²²



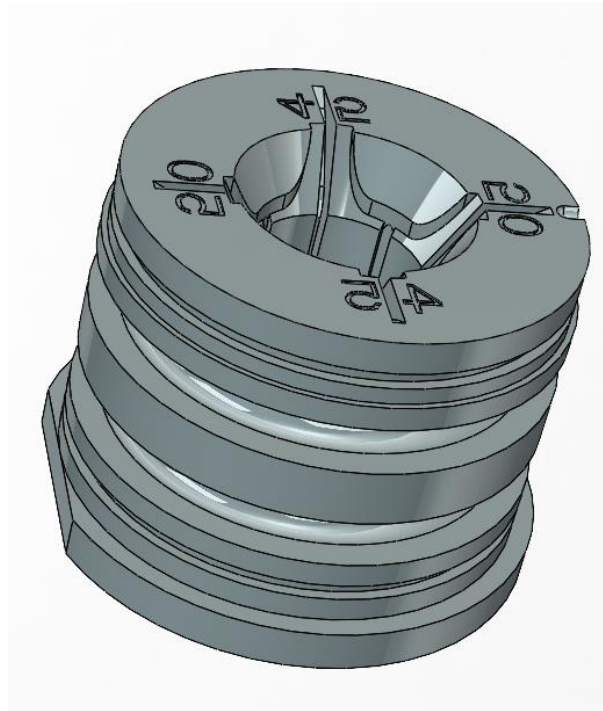
18-as ábra: Az osztósík

(forrás: Saját készítésű ábra)

²² Topa Martin, Dömötör Csaba- Fröccsöntő szerszám tervezése tanulmány

7.8 Álló oldali csésze

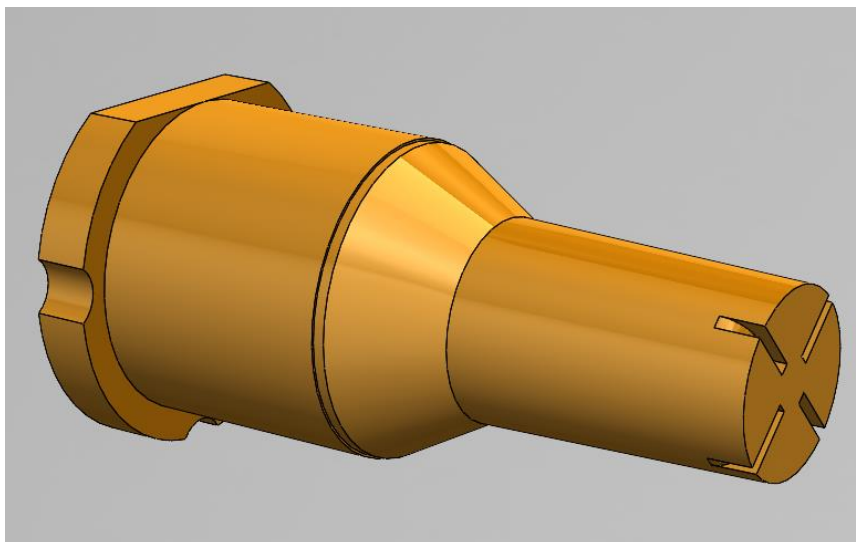
Az álló oldali formalapban helyezkedik el. A csésze modellje a 19-es ábrán látható



19-es ábra: Csésze modellje
(forrás: Saját készítésű ábra)

7.9 Mozgó oldali mag

A szerszámmag a mozgó oldalon található. A mag modellje a 20-as ábrán látható.



20-as ábra: Szerszámmag modellje
(forrás: Saját készítésű ábra)

8. Szerszámház tervezés

8.1 Normáliák

Nagymértékű idő- és költségmegtakarítás érhető el a szerszámgyártás területén, amennyiben szabványosított, jó minőségű alkatrészeket használunk. A szabványosítás köztudottan növeli a termelékenységet, aminek következtében nő a versenyképesség is.²³

A gyártók által egységesített, szabványos építőelemeket normáliáknak nevezzük. Ezek különböző méretű, és kivitelű alkatrészek lehetnek, például szerszámlapok, vezetőoszlopok, kidobók, összefogató csavarok, hűtéscsatlakozók. Ezek az elemek készre gyártottak, de szükség esetén tovább munkálhatók.

A normáliák a gyártók katalógusaiból választhatóak, rendelhetőek. Ez mellett a legtöbb gyártónak saját CAD adatbázisa is van, melyekben a termékek rajzai, illetve háromdimenziós modelljei is megtalálhatóak. A tervezés során ezek a modellek felhasználhatóak, így gyorsítva a folyamatot.

A legnagyobb normália gyártók:

- Hasco
- Mesuburger
- DME
- Misumi

8.2 Szerszámlapok

A fröccsöntés során használt szerszámlapoknak több feladata is van. Az álló formalap tartalmazza a szerszámüregeket(betéteket), a mozgó formalap pedig a magokat. A szerszámlapokban találhatóak továbbá az elosztócsatornák, valamint a hűtési rendszer csatornái is. Ezeknek a feladatoknak megfelelően a szerszámlapokkal szemben magas elvárások vannak. Fontos a megfelelő felületi minőség, szilárdság, és keménység, valamint a méretpontosság.

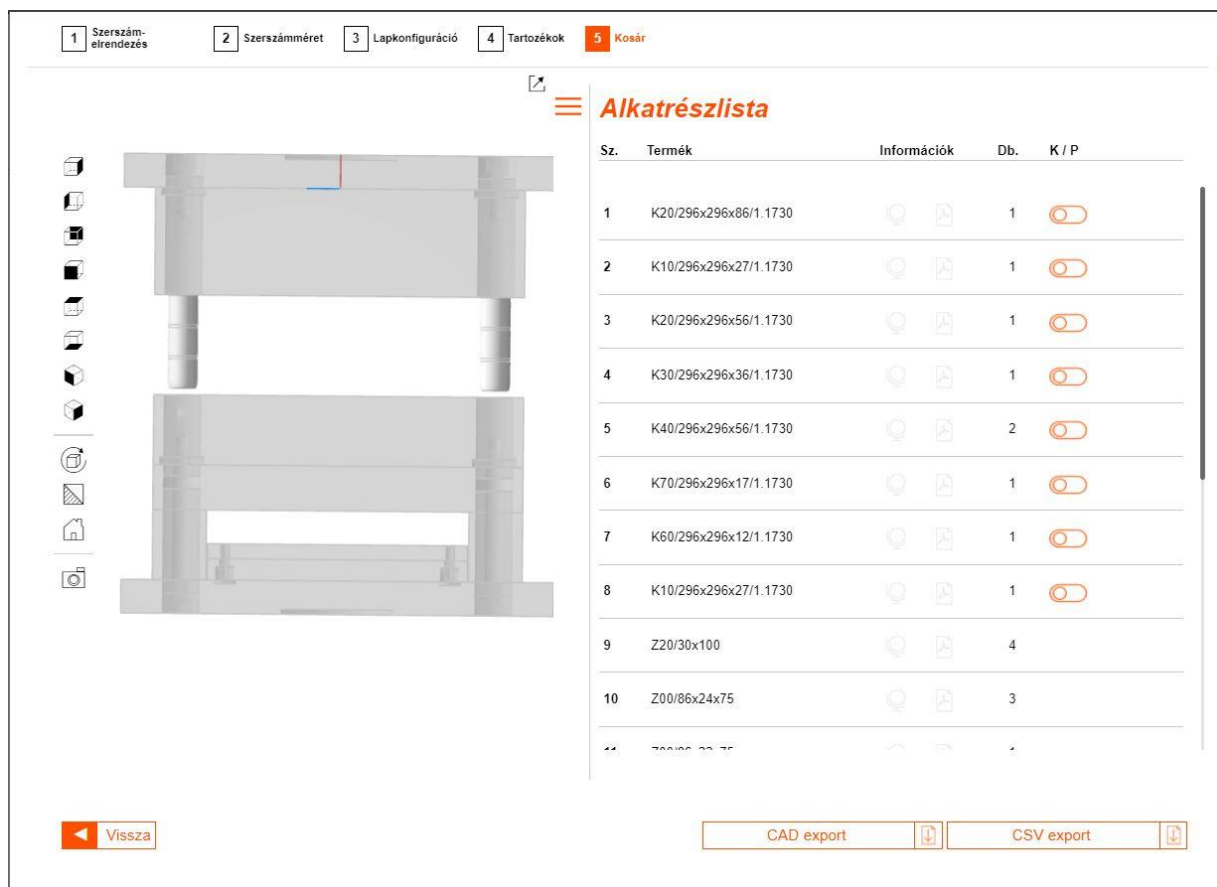
A fröccsöntő szerszámok gyártása tekinthető egyedi gyártásnak, az alap forgácsolási technológiák alkalmazása mellett (marás, esztergálás, fúrás, köszörülés) huzal, és tömbelektródás szikraforgácsolás is megjelenik. Az egyes elemeket legtöbbször edzeni, nemesíteni vagy nitridálni kell. A szerszám gyártása során nagy mennyiségű kézi

²³ <https://www.hasco.com/hu/hasco>

megmunkálásra van szükség, ilyenek például a felületek polírozása, a pontos méretek illesztése, valamint az elkészült elemek összeszerelése.²⁴

A szerszámház tervezése során a Hasco normálgyártó cég katalógusait, valamint CAD modelljeit használtam fel. A lap anyaga 1.1730 (DIN: C45W) ötvözetlen szerszámacél. Az anyagra jellemző a kemény felület, szívós mag, és a jó megmunkálhatóság. A formalapok méretének meghatározásakor a gyártandó alkatrész méretét, valamint a fészekszámat is figyelembe kell venni. Az alkatrészt négy fészkes elrendezésben tervezem elhelyezni a szerszámban, ezért a 296x296 mm-es lapokat választottam.

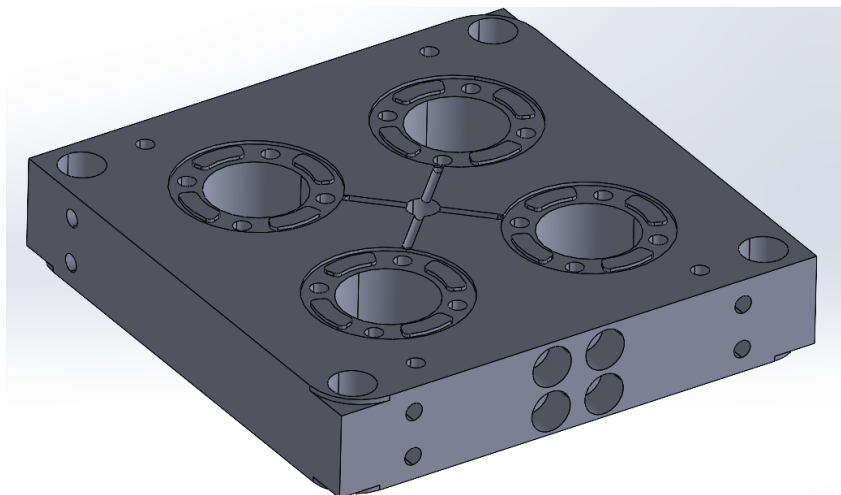
Dolgozatomban a Hasco online szerszámház tervező programját használtam. Az összeépítés során lehetőség van a lapok vastagságának módosítására, (szabványméretek közül választhatunk) illetve a megfelelő kiegészítő elemek kiválasztására is.



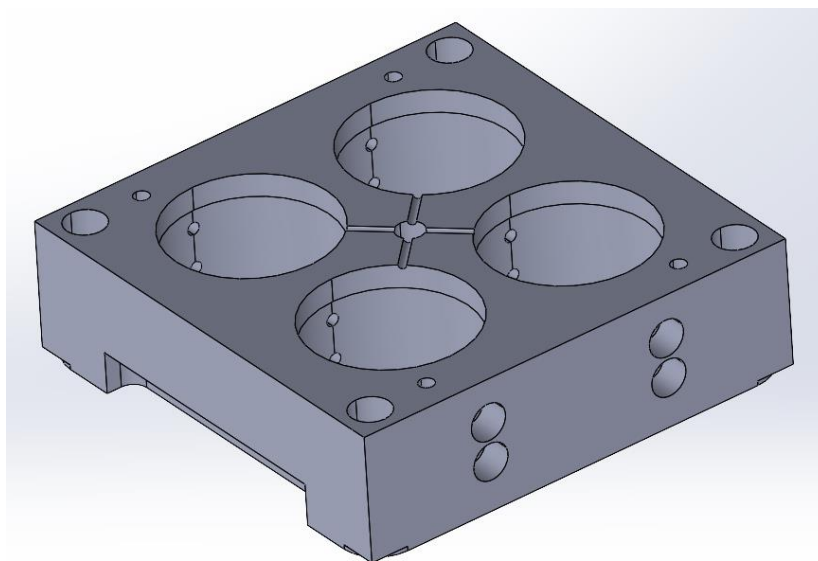
21-es ábra: Hasco online szerszámház tervező
(forrás: <https://www.hasco.com/en/formAssistant>)

²⁴ Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezési és gyártási folyamata, [MikoB_cepus2006hu \(uni-obuda.hu\)](https://www.mikob.cepus2006hu.uni-obuda.hu)

Az összeállítás után lehetőség van, a szerszámház CAD modelljének letöltésére, majd a szabványos elemek módosítására. A szerszám tervezéséhez a SolidWorks 2023, valamint a PTC Creo 8 tanulói verzióit használtam. A módosított mozgó, és álló formalapok a 22-es és 23-as ábrán láthatóak.



22-es ábra: Mozdó formalap, Saját készítésű CAD-modell



23-as ábra: Álló formalap, Saját készítésű CAD-modell

8.3 Beömlő rendszer meghatározása

A szerszámok beömlő rendszerén azt a csatornarendszert értjük, amelyen át a műanyag ömledék a gép fúvókájától a szerszám formaüregéig áramlik.

Az adott termékhez szükséges csatorna keresztmetszet méretét gyakorlati tapasztalatokon alapuló táblázatok segítségével határozhatjuk meg, hiszen annak számítása

igen körülményes. A beömlőcsatorna legkisebb átmérője, az egy ciklusban gyártott formadarabok tömegének (m') függvényében a 24-es ábrán látható táblázat felhasználásával határozható meg.²⁵

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

ahol i : a fészekszám [db];
 e : szorzótényező (a csatornamaradék figyelembevételére).

A feldolgozott műanyag milyenségét a kiszámított m tömeghez tartozó d_p érték-intervallummal vehetjük figyelembe: nagy ömledék viszkozitású anyagokhoz a felső értéket (nagyobb átmérőt), kicsi ömledék viszkozitású anyagokhoz az alsó értéket (kisebb átmérőt) célszerű választani.

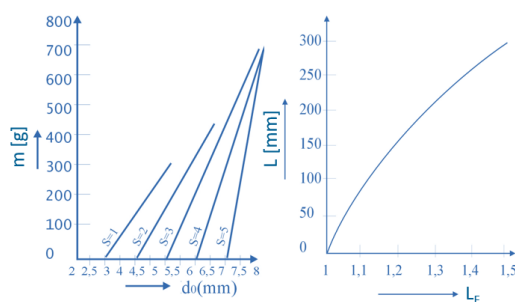
m [g]	d_p [mm]
0 – 10	2,5 – 3,5
10 – 20	3,5 – 4,5
20 – 40	4,0 – 5,0
40 – 150	4,5 – 6,0
150 – 300	5,0 – 7,5
300 – 500	5,0 – 8
500 – 1000	5,5 – 8,5

24-es ábra: A beömlőcsatorna legkisebb átmérőjének meghatározása

(forrás: Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet)

Az m értéke az aktuális alkatrész esetén, a négy fészekszámot, valamint a 76g-os alkatrésztömeget figyelembe véve 40-150g közé esik, ezért a beömlőcsatorna legkisebb átmérőjét 4,5 mm-nek vettem.

A központi beömlőtorkot az elosztócsatorna köti össze a gáttal. A csatornákkal szembeni legfontosabb követelmény, hogy a bennük áramló ömledék hő- és nyomásvesztesége minél kisebb legyen. A csatornaátmérő meghatározása ismét tapasztalati képletekkel, diagrammokkal történik. A formadarab tömegéből (m), az átlagos falvastagságból (s), valamint a 25-ös ábrán látható diagrammok segítségével meghatározható a szükséges átmérő.²⁶



$$d = d_o \cdot L_f$$

25-ös ábra: Elosztócsatorna átmérőjének meghatározása

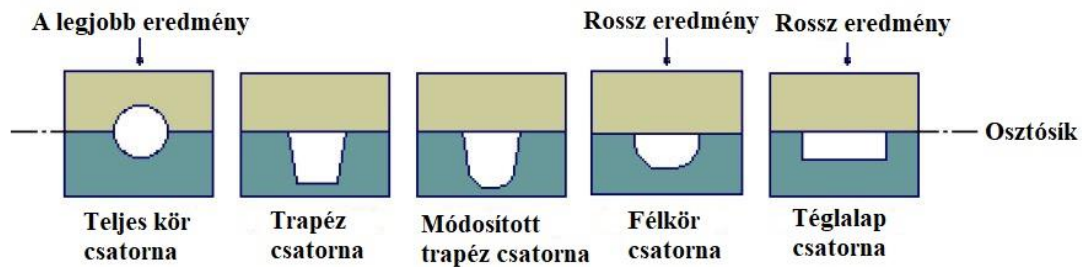
(forrás: Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet)

²⁵ Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet

²⁶ Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet

Az alkatrészünk 76 g-os tömege, 2 mm-es falvastagsága, valamint az elosztócsatorna 170 mm-es hossza alapján az elosztócsatorna átmérőjét 5 mm-nek választottam.

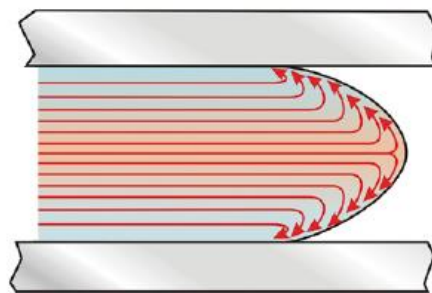
A csatorna keresztmetszetének kialakítása többféle is lehet. A 26-os ábrán látható kialakítások közül a kör keresztmetszetű a legideálisabb, hiszen az ömledék itt képes leginkább kitölteni a csatornát. Az osztósík tehát a csatorna közepére esik, így azt mind a két szerszámfélbe bele kell munkálni, melynek magasabb a költsége.



26-os ábra: Elosztócsatorna kialakítás

(forrás: Kovács József Gábor – Fröccsöntő-szerszám tervezés – Egyetemi előadásának jegyzete)

Olcsóbb megmunkálása (egyszerű kialakítás, gyártás) miatt a trapéz keresztmetszetű kialakítás lehet egy másik választás, ebben az esetben azonban számítani kell az kedvezőtlenebb áramlással. A műanyag áramlását az elosztócsatornában a 27-es ábra mutatja: A műanyagnak az a része, amelyik érintkezik a szerszámmal, illetve a csatorna falával, gyorsabban hűl, ezért az ömledék az anyag belső magjában áramlik tovább.²⁷



27-es ábra: Műanyag áramlása az elosztócsatornában

(forrás: John P. Beaumont – Runner and Gating Design Handbook – Tools for Successful Injection Molding, Carl Hanser Verlag, Munich 2019, ISBN: 978-1-56990-590-6)

Dolgozatomban a teljes kör keresztmetszetű csatornakialakítást választottam, melynek átmérője 5 mm. A számított, ideális 5 mm-es kör keresztmetszet ebben az esetben nem valósul

²⁷ John P. Beaumont – Runner and Gating Design Handbook – Tools for Successful Injection Molding, Carl Hanser Verlag, Munich 2019, ISBN: 978-1-56990-590-6

meg, mivel a két szerszémfélbe mart keresztmetszet esetén az áramlási átmérő kisebb lesz. A termék jóságát ez nem befolyásolja, amelyet a 49-es ábrán látható szimuláció is alátámaszt.

8.3.1 Elosztó csatorna jellege

Megkülönböztetünk hideg, illetve meleg csatornás rendszereket: ²⁸

- A hideg csatornás rendszert általában egyszerűbb kialakításoknál, valamint kisebb költségvetésű szerszámoknál alkalmazunk. Hideg csatornás kialakítás esetén a polimer ömledék az elosztócsatornában megszilárdul, ezt követően pedig a termék és a csatornamaradék kidobásra kerül.

- A legelterjedtebb kialakítás napjainkban a forró csatornás rendszerű szerszámkialakítás. Ebben az esetben az elosztó csatornákat külön szerszámlapban alakítjuk ki. A megfelelő hőmérséklet biztosításához fűtőbetéteket alkalmaznak. Ennek segítségével megakadályozható az alapanyag elosztócsatornába való dermedése. A forró csatornás rendszer használatának előnye, hogy az ömledék hőmérsékletének, illetve egyéb paraméterek beállítása, szabályozása is egyszerűsödik. A rendszer hátrányai a hideg csatornás kialakítással szemben, hogy a szerszámtervezés lényegesen összetettebb, bonyolultabb az üzemeltetés és gyártás, a szerszám költségek pedig jelentősen magasabbak.

A megrendelői igénynek megfelelően a szerszám tervezése során a hideg csatornás rendszert választottam. Ezt a termék egyszerűsége, és a költséghatékonyság is indokolja.

8.3.2 Gát kialakítása

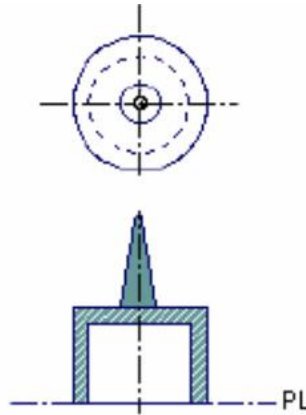
A gát az elosztócsatornát köti össze a formaüreggel. Ez a beömlőrendszer legkisebb keresztmetszetű szakasza, az ömledék ezen keresztül lép át az elosztócsatornából a formaüregbe. A gátnak két fő funkciója van: az egyik, hogy megkönnyíti a csatornamaradék könnyű, egyszerű leválasztását a formadarabról, a másik, hogy nagy áramlási ellenállást biztosít a szerszám csatornarendszerében. A szűk résen átpréselt anyag felgyorsul, ennek következtében a formaüregbe lépő ömledék viszkozitása csökken. Mindkét funkcióhoz a gát kis keresztmetszete szükséges.²⁹ A leggyakrabban használt gáttípusok³⁰:

²⁸ Virág Ákos-Fröccsöntő szerszám tervezése, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Intézet, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 2019.

²⁹ Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet, Part and mold design – A design guide; Bayer Material Science, 2000. www.bayer.com

³⁰ Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása

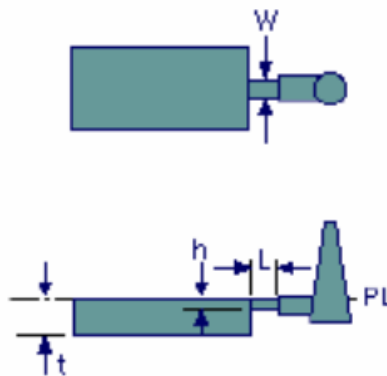
- Direkt meglövés: A direkt meglövést általában egy fészkes szerszámoknál ajánlott, illetve körszimmetrikus termékeknél, melyeknél követelmény a szimmetrikus kitöltés.



28-as ábra: Direkt meglövés

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI
Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

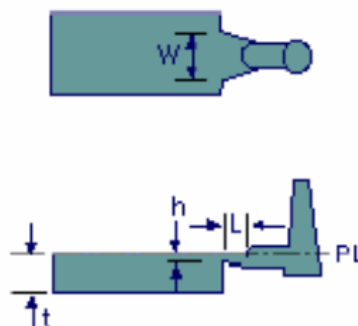
- Standard gát: Közepes, és vastag termékek esetén, többfészkes szerszámokhoz.



29-es ábra: Standard gát

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI
Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

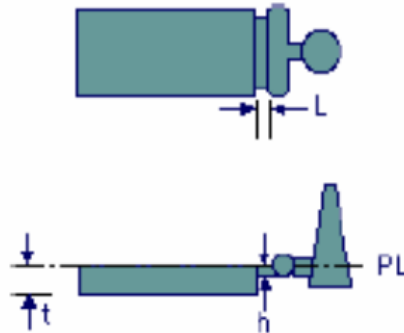
- Legyező gát: Lapszerű alkatrészeknél alkalmazott gáttípus



30-as ábra: Legyező gát

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI
Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

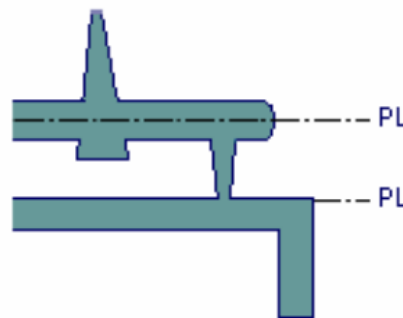
- Filmbeömlés: Általában lapos, hosszú termékek esetén használják, elhúzódasmentes, jó minőségű terméket ad.



31-es ábra: Filmbeömlés

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI
Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

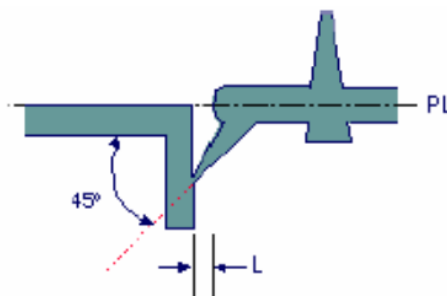
- Tűgát: Automatikusan eltávolítja a csatornamaradékot és középpontban elhelyezkedő gátat eredményez. Háromlapos szerszámoknál alkalmazzák



32-es ábra: Tűgát

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI
Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

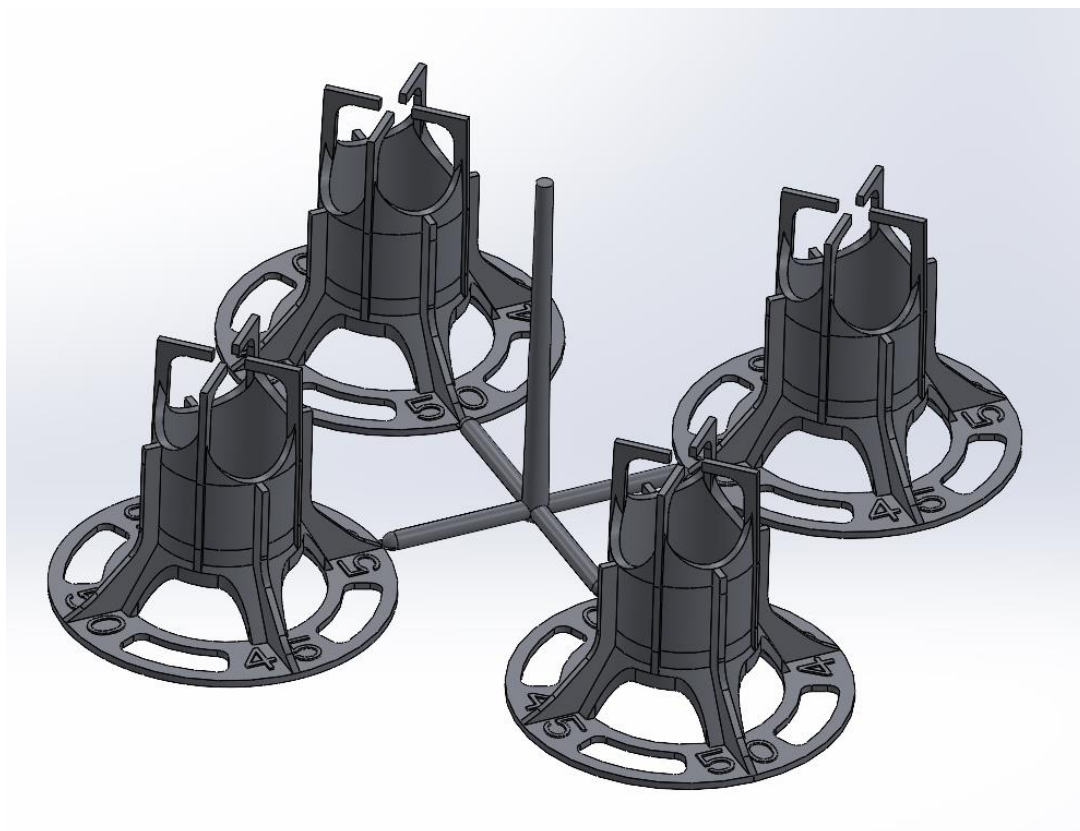
- Alagútgát: Leggyakrabban alkalmazott gáttípus, előnye, hogy a szerszám nyitása során automatikusan leválik a csatornamaradék.



33-as ábra: Alagútgát

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI
Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

Dolgozatomban a négy fészkes elrendezés, és a termék geometriáját figyelembe véve a standard gát kialakítás mellett döntöttem.



34-es ábra: Beömlő rendszer és standard gát
(forrás: Saját készítésű CAD modell a termékről)

8.4 Kilőkő rendszer

A kilőkő rendszer feladata a fröccsöntési ciklus végén eltávolítani a szerszámból a terméket. A zsugorodás következtében a magra rázsugorodik a termék. A termék sérülésének elkerülése érdekében, a magra zsugorodott alkatrészt kiütni, kirántani nem javasolt, annak eltávolítása kilőkők segítségével történik.³¹ A kilőkő rendszer tervezése az alábbiak figyelembevételével történik:³²

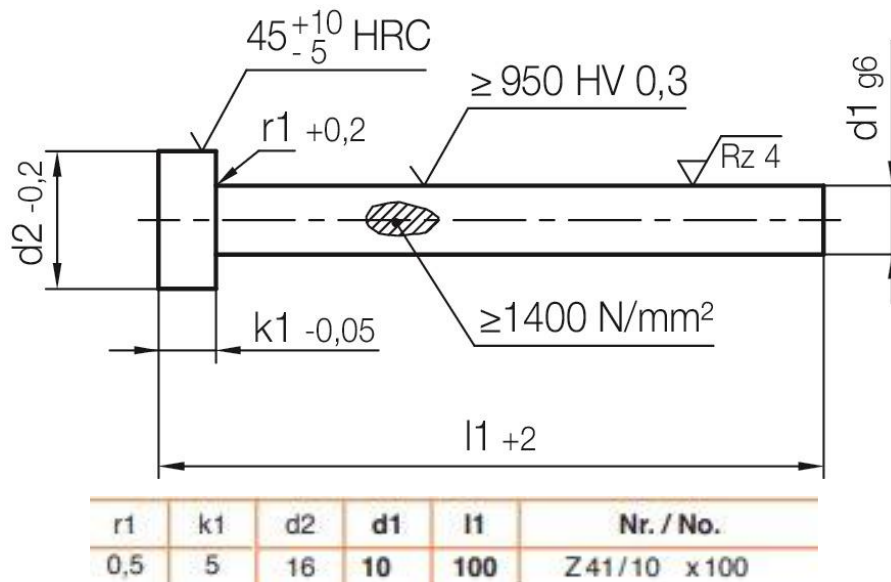
- a termék a kidobás során nem károsodhat
- a kidobás legyen megbízható
- a kidobók egyszerűen, és gyorsan működjenek

³¹ Virág Ákos-Fröccsöntő szerszám tervezése, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Intézet, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 2019.

³² Kovács József Gábor – Fröccsöntő-szerszám tervezés – Egyetemi előadásának jegyzete

A kilőkő rendszer általában a szerszám mozgó oldalán helyezkedik el, az alkatrészek magról történő leválasztásához a szerszám nyitási útját használjuk. A kilőkő rendszerek kialakításai többféleképpen lehetnek, a leggyakrabban hagyományos kilőkő csapokat használnak. A csapok a kilőkő tartó lapban helyezkednek el, több pontban érintkeznek az alkatrésszel, a magról való leválasztás pedig a szerszám hátrafelé mozgása közben történik.³³

Dolgozatomban a termék eltávolítására a szerszámból, ezt a megoldást választottam. A kilőkő csapokat Hasco online katalógusából választottam (35-ös ábra), a kilőkők pozíciójának meghatározásánál pedig a következő kritériumokat vettem figyelembe. Fontos, hogy a kilőkők közel legyenek a kritikus részekhez, a termékkel a lehető legnagyobb felületen érintkezzenek, valamint, hogy a folyamat során a termék ne deformálódjon.³⁴



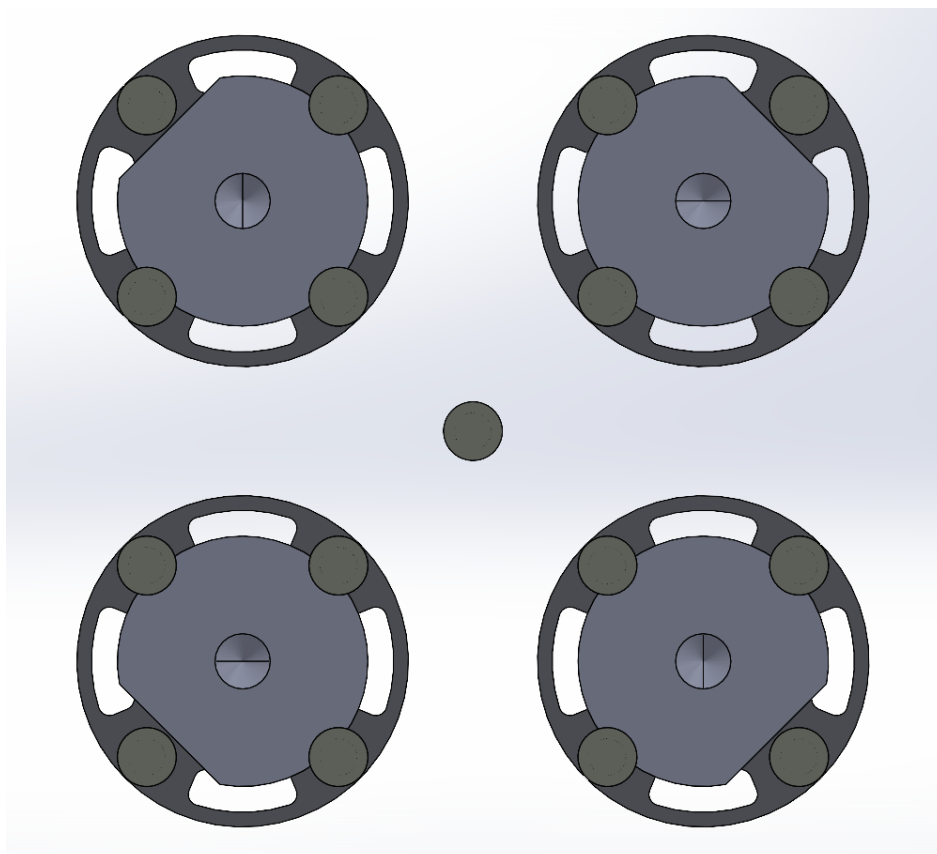
35-ös ábra: A választott kilőkő csap

(forrás: https://www.hasco.com/hu/Z/Kil%C3%B6k%C3%A9s/Kil%C3%B6k%C5%91k/Kil%C3%B6k%C5%91-csapok/p/Z41_d1x11)

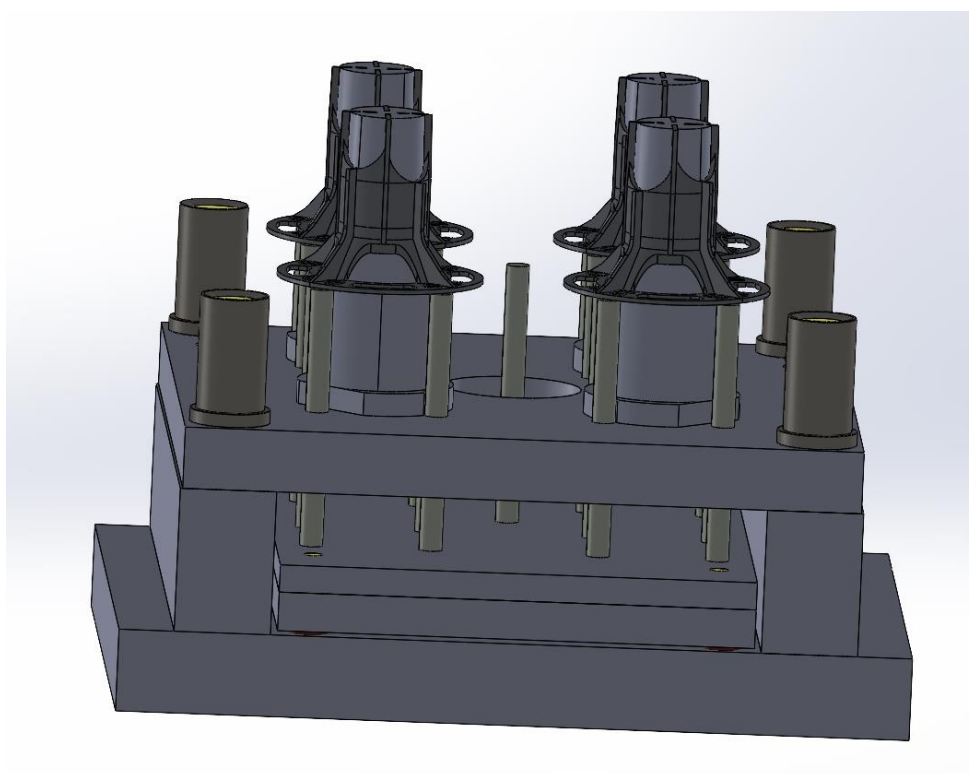
A kilőkők helyzetét az alkatrész alsó peremén egymástól egyenletesen elosztva, valamint a csatorna kilökése érdekében a központi beömlő alatt határoztam meg. Az elrendezés a 36-os és 37-es ábrán látható.

³³ Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása

³⁴ David O. Kazmer – Injection Mold Design Engineering, Carl Hanser Verlag, Munich 2016, ISBN: 978-1-56990-570-8



36-os ábra: Kilőkő csapok helyzete az alkatrész peremén
(forrás: Saját készítésű ábra)



37-es ábra: Kilőkő csapok helyzete a szerszámban
(forrás: Saját készítésű ábra)

8.5 Temperálás

Fröccsöntéskor az ömledék hője, ami a formaüregbe jutott, az azzal érintkező formaüreg hidegebb falán át távozik, az ömledék lehűl, majd megszilárdul. Temperálásnak nevezzük azt a folyamatot, amely során az ideális szerszámfal-hőmérsékletet térben és időben állandó értéken tartjuk. Ennek következtében az ömledék hő elvezetése ideális sebességgel történik. Hűtés hiányában a szerszám hőmérséklete jelentősen növekedne, hiszen a hő csak nagyon lassan adódna át a környező levegőnek a szerszámtesten keresztül, a hűlési idő ezért nagy mértékben növekedne, ami gazdaságtalan gyártáshoz vezetne. Ennek elkerülésére, a hőelvezetés meggyorsítása céljából folyadéktemperáló rendszert kell kialakítani a szerszámban.³⁵ A temperáló közeg lehet ioncserélt víz (80 °C-ig), etilén glikol + víz (120 °C-ig), vagy szilikon olaj (120 °C felett)³⁶.

A hűtés célja a ciklusidő csökkentése, az egyenletes lehűlés, valamint a megfelelő megszilárdítás.³⁷

8.5.1 Temperálás számítása³⁸

1. Az óránként szükséges temperáló közeg meghatározása:

$$\dot{M} = \frac{m \cdot q \cdot n}{\Delta T \cdot c_{temp} \cdot 3600} [kg/s] \quad (6)$$

ahol: m – az egy ciklusban fröccsöntött anyagmennyiség[kg]

q – az 1 kg anyagmennyiség dermedésekor és kívánt hőmérsékletre hűtésekor felszabaduló hőmennyiség[J/kg]

n – az óránkénti fröccsöntések száma [1/h]

c_{temp} – a temperáló közeg fajhője [J/kgK]

ΔT – a temperáló közeg megengedett felmelegedése

2. Felszabadult hő:

$$q = C_m \cdot \Delta T_m [J/kg] \quad (7)$$

³⁵ Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet

³⁶ Virág Ákos-Fröccsöntő szerszám tervezése, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Intézet, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 2019.

³⁷ Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet

³⁸ Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása

ahol: q – az 1 kg anyagmennyiség dermedésekor és kívánt hőmérsékletre hűtéskor felszabaduló hőmennyiség [J/kg]

c_m – a műanyag fajhője [J/kgK]

ΔT_m – a műanyag fröccsöntési és szilárdulási hőmérséklete közti különbség

3. A temperáló rendszerben lévő hűtőközeg tömegárama:

$$\dot{M} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v \cdot q \quad [kg/s] \quad (8)$$

4. A temperáló furat átmérője:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{M}}{\pi \cdot v \cdot q}} \quad [mm] \quad (9)$$

ahol: v – a temperáló közeg sebessége [1-5 m/s]

q – a temperáló közeg sűrűsége [kg/m³]

5. A temperáló rendszer teljes hossza:

$$L = \frac{310 \cdot d \cdot \Delta T}{\left[T_{sz} - \left(T_{Be} + \frac{\Delta T}{2} \right) \right] \cdot \left[1 + 0,014 \cdot \left(T_{Be} + \frac{\Delta T}{2} \right) \right]} \quad [mm] \quad (10)$$

8.5.2 Hűtőfuratok mérete és elhelyezése

A hűtőfuratokat úgy kell elhelyezni, hogy azok közel legyenek a felülethez, egyenletesen legyenek elosztva, valamint arányosak legyenek a műanyag térfogatával. Nem megfelelő hűtési rendszer kialakítása vetemedéshez, illetve hosszabb hűlési időhöz vezet.³⁹

A 38-as ábrán a hűtőfuratok elhelyezkedését, méreteit látjuk, valamint, hogy ezek az értékek hogyan változnak a falvastagságtól függően.

³⁹ Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása

"w"	"d"	"a"	"b"
Termék falvastagság mm (in)	Hűtőfurat átmérő mm (in)	Hűtőfurat középpontjának távolsága mm (in)	Hűtőfuratok távolsága mm (in)
2 (0.08)	8-10 (0.31-0.40)		
2-4 (0.08-0.16)	10-12 (0.40-0.47)	1.5-2d	2-3d
4-6 (0.16-0.24)	12-14 (0.47-0.55)		

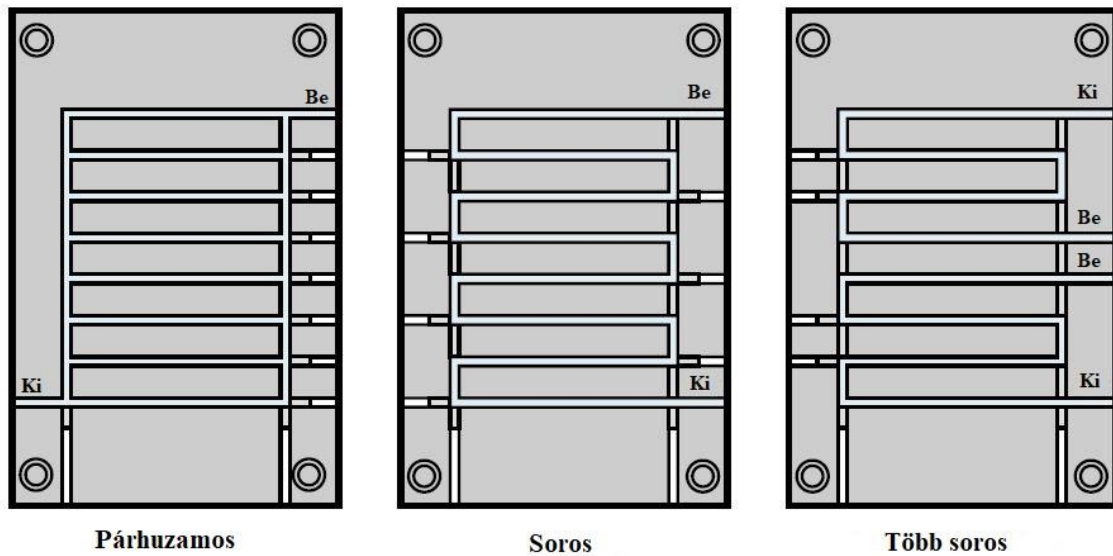
38-as ábra: Hűtőfuratok mérete és elhelyezése

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

8.5.3 Hűtőkörök

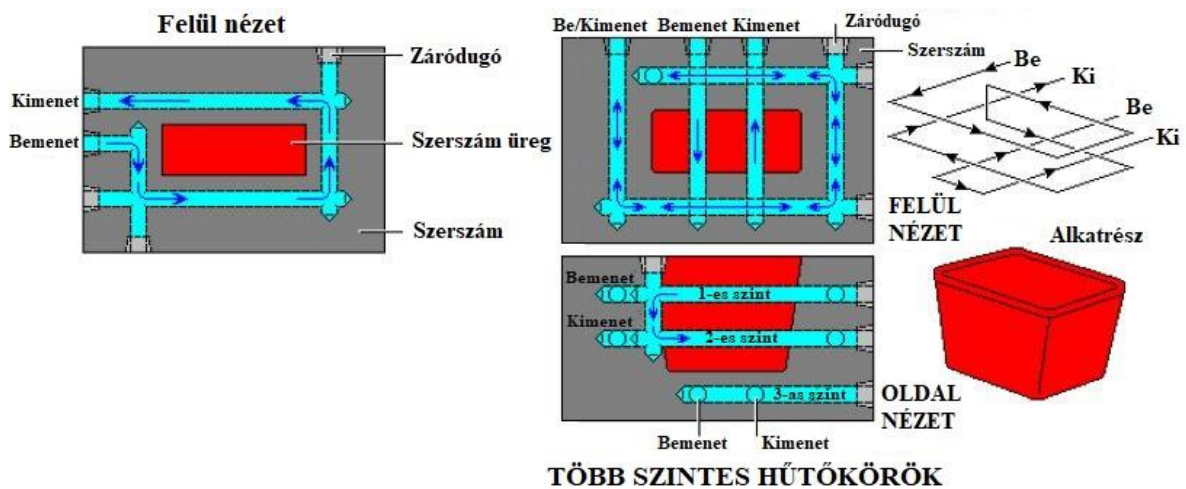
A hűtőcsatornák elrendezése lehet soros vagy párhuzamos. A soros elrendezés egyenletes hőelvonást és áramlást biztosít. A hűtőcsatornák párhuzamos elhelyezése esetében a főáramon több oldalág is található. Ebben az esetben áganként eltérő az áramlás, a szerszám hűtése nem egyenletes.⁴⁰ Az áramlás irányát a megfelelő pozícióba helyezett záródugókkal biztosíthatjuk. A leggyakoribb elrendezéseket a 39-es és 40-es ábrán láthatjuk.

⁴⁰ Part and mold design – A design guide; Bayer Material Science, 2000. www.bayer.com



39-es ábra: Hűtőcsatornák kialakításai

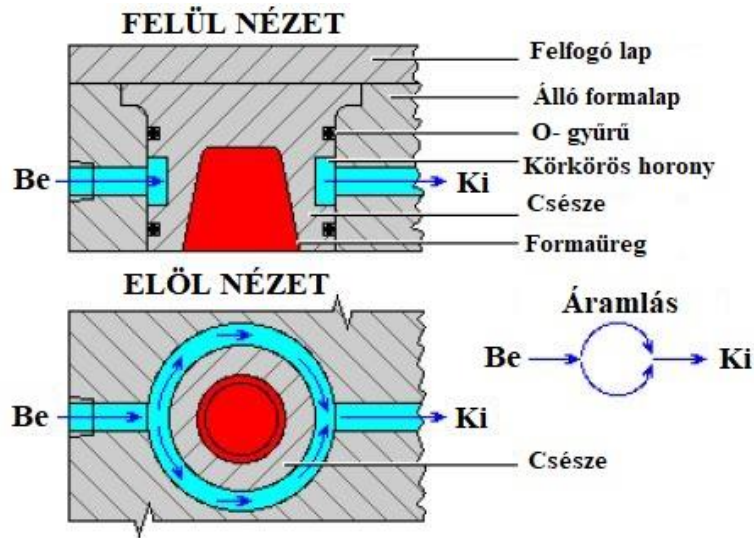
(forrás: Part and mold design – A design guide; Bayer Material Science, 2000. www.bayer.com)



40-es ábra: Hűtőcsatornák kialakításai: Síkbeli, és térbeli hűtőkörök

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

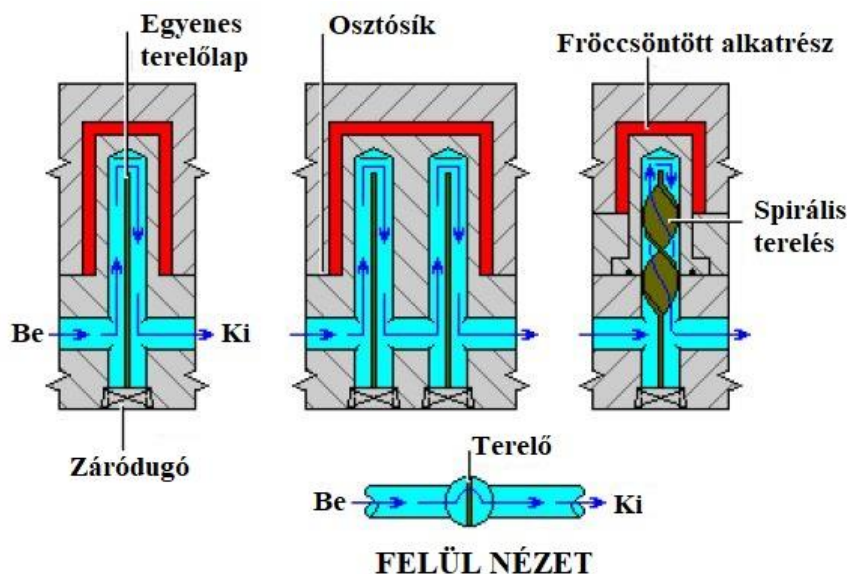
Körkörös kialakított betét hűtésére a 41-es ábrán látunk példát. Ennek előnye az egyszerű kialakítás, a betét szerelése azonban problémás lehet, hiszen az O-gyűrűk könnyen sérülhetnek.



41-es ábra: Körtörös betét hűtése

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

A mag hűtésére a két legelterjedtebb megoldás a koncentrikus, és a terelőlemezes megoldás.⁴¹ A 42-es ábrán a mag terelőlemezes hűtésére láthatunk példát.



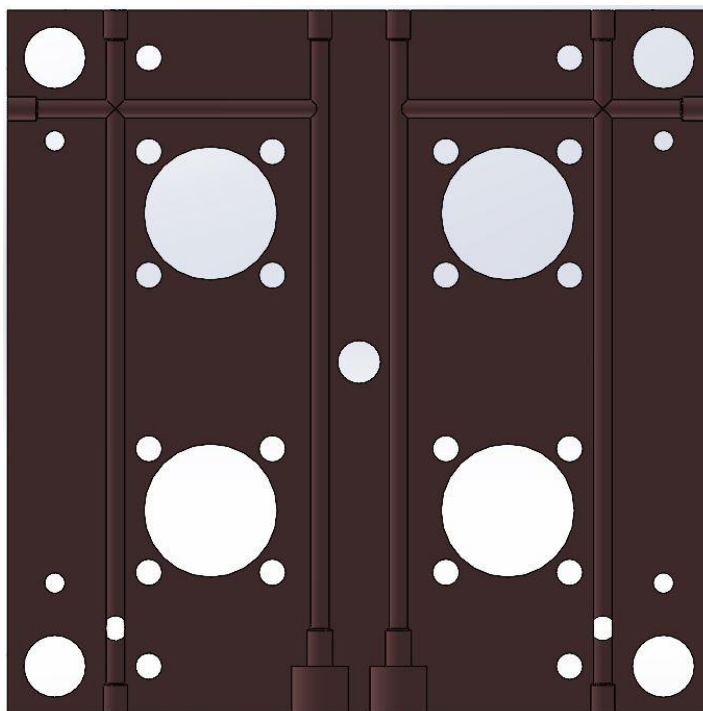
42-es ábra: Terelőlapos maghűtés

(forrás: Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása)

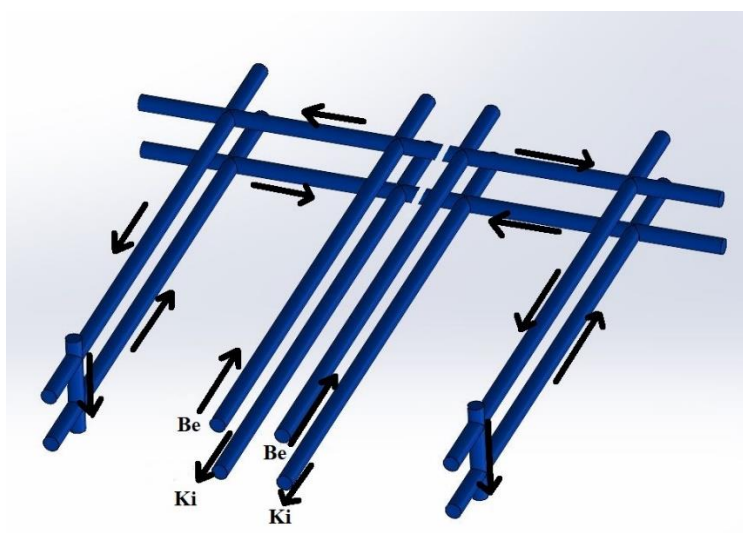
A 38-as ábra alapján, mivel a termék falvastagsága 2 mm-es, a hűtőcsatorna átmérőjét 8 mm-nek választottam. Az így kapott átmérőt, valamint a megfelelő hőmérséklet értékeket

⁴¹ Part and mold design – A design guide; Bayer Material Science, 2000. www.bayer.com

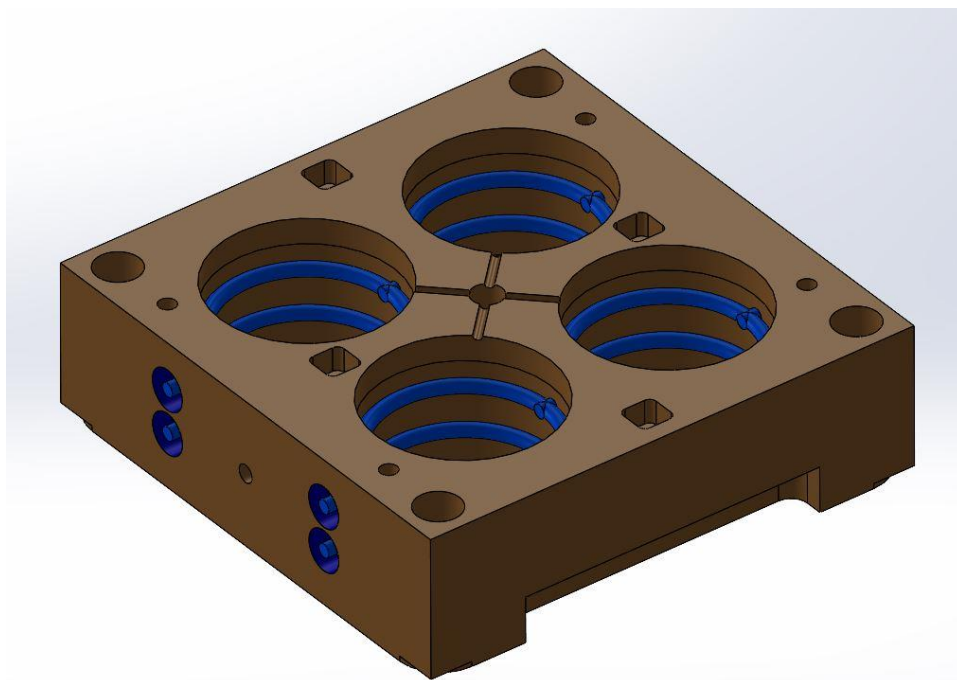
beírva az 5-ös képletbe a temperáló rendszer hosszára 2340 mm-t kapunk. A formalapok, a mag és a csésze geometriáját figyelembe véve az álló formalap hűtésrendszere 2752 mm, a mozgó formalap temperáló rendszere pedig 2508mm lett. A kialakításokat az 43-47 es ábrák szerint valósítottam meg. Az áramlás megfelelő irányát záródugók segítségével biztosítottam.



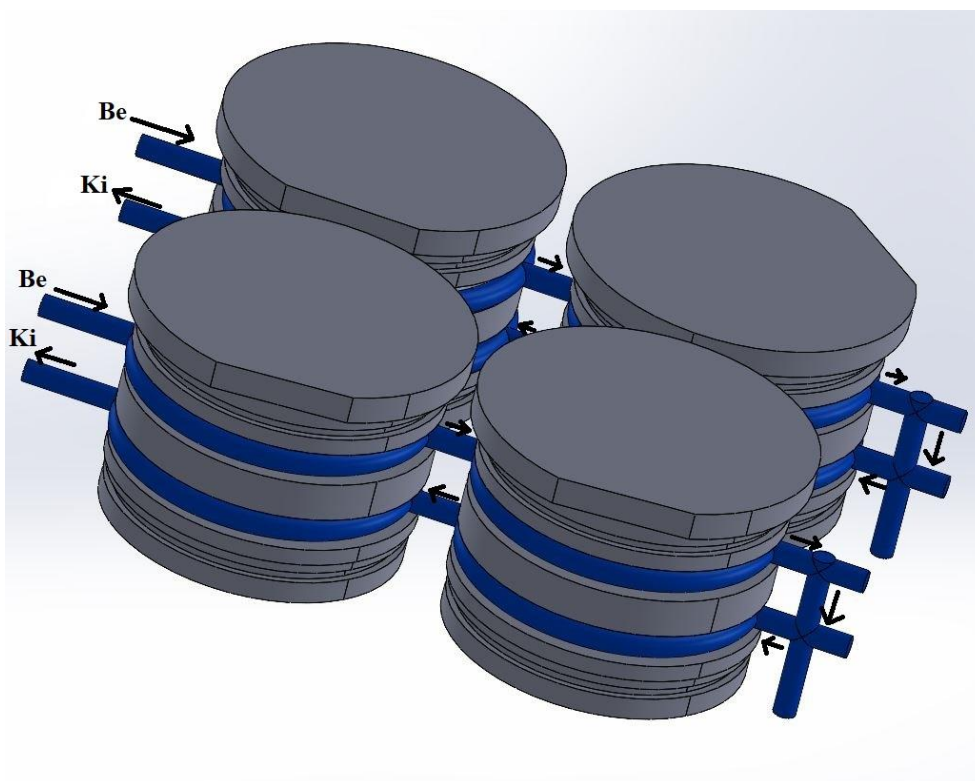
43-as ábra: Hűtőkörök a mozgó formalapban
(forrás: Saját készítésű CAD modell)



44-es ábra: Hűtőkörök a mozgó formalapban, Áramlások iránya
(forrás: Saját készítésű CAD modell)

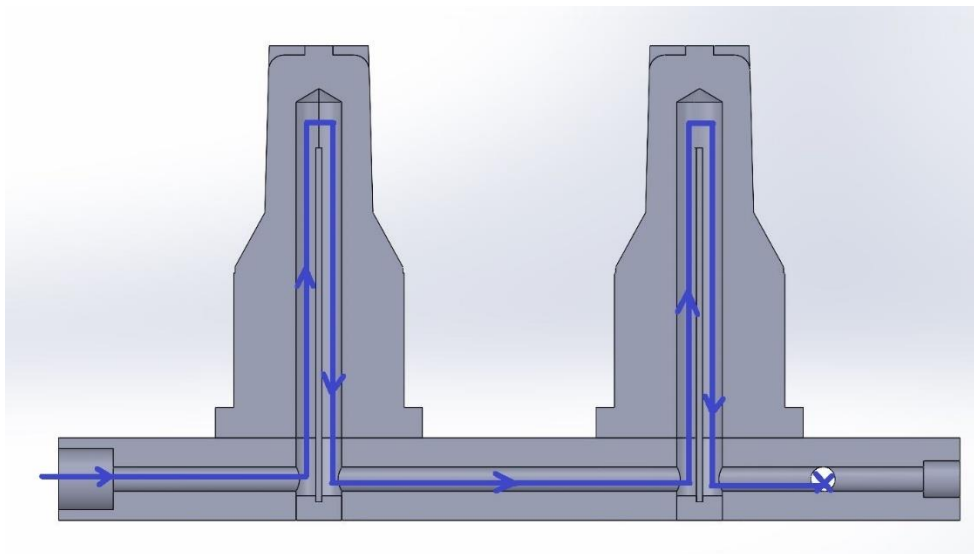


45-ös ábra: Hűtőkörök az álló formalapban
(forrás: Saját készítésű CAD modell)



46-os ábra: Hűtőkörök az álló formalapban, Áramlások iránya
(forrás: Saját készítésű CAD modell)

A mag hűtésére terelőlapos megoldást választottam.



*47-es ábra: Mag hűtése, Áramlások iránya
(forrás: Saját készítésű CAD modell)*

9. Számítógépes szimuláció, analízis

Napjainkban a számítógépes szimulációt és analízist a műanyag-feldolgozás legtöbb területén alkalmazzák. Számítógépek segítségével bonyolult hő és áramlási problémákat oldhatunk meg. Segítségükkel lehetséges rendkívül komplikált analízisek elvégzése, ahol az áramlás geometriája meglehetősen összetett.⁴²

A szimulációs szoftverek használatával a fröccsöntő szerszámok tervezése felgyorsul, egyszerűbbé válik. Segítségükkel lehetőség van a tervezési hibák kiküszöbölésére még a tervezési fázis során. Mivel a szerszámot nem kell utólagosan javítani vagy módosítani, azoknak gyártása gyorsabbá és olcsóbbá válik. Fontos szerepe van még a szimulációs programoknak a technológia optimalizálásában, illetve az ideális gyártási körülmények megteremtésében.⁴³

Szimulációs eredmények:⁴⁴

- szerszám kitöltési folyamatának modellezése
 - ömledékfront előrehaladása az időben
 - nyomás-eloszlás
 - hőmérséklet-eloszlás
 - hűlési idők a különböző koordinátájú pontokban
 - a polimerömledék orientációja
 - összecsapási frontok
 - légzárványok kialakulásának lehetséges helyei
- geometriai optimalizáció
- szerszám hűlési viszonyainak modellezése
- deformációk: zsugorodás, vetemedés
- mechanikai előrejelzés
- költségelemzés

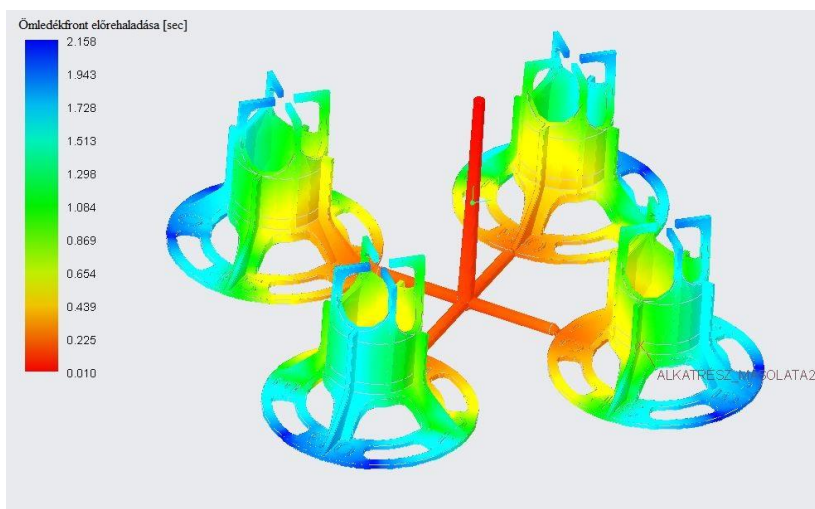
Szakdolgozatomban a szimulációk elvégzéséhez a PTC Creo 8 Mould Design és Mould Analysis kiegészítőjét használtam. Az analízis elvégzése előtt lehetőségünk van beállítani a termék anyagminőségét (DOW HDPE KT 10000 UE), a gátak helyzetét, méretét, valamint a hálózás minőségét. A lefuttatott szimulációk az alábbi ábrákon láthatóak.

⁴² Dunai Antal, Dr. Macskási Levente – Műanyagok fröccsöntése, Budapest 2003, ISBN 963 206 550 6

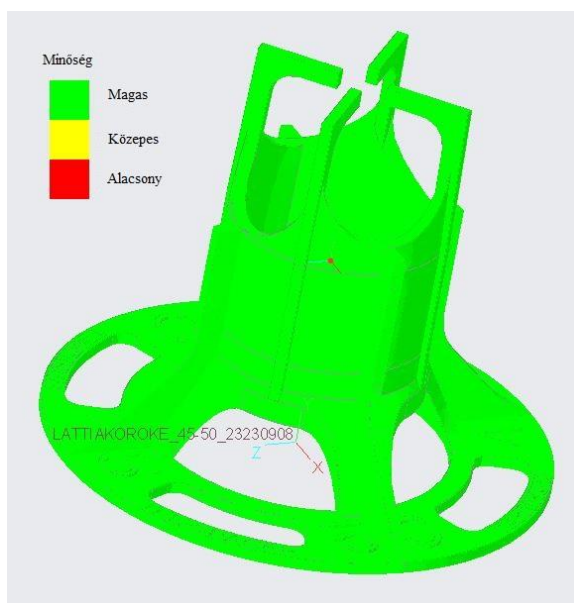
⁴³ Kovács József Gábor – Fröccsöntött termékek tervezése és szimulációja PHD Értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Gépszerkezettani intézet, 3007

⁴⁴ Dunai Antal, Dr. Macskási Levente – Műanyagok fröccsöntése, Budapest 2003, ISBN 963 206 550 6

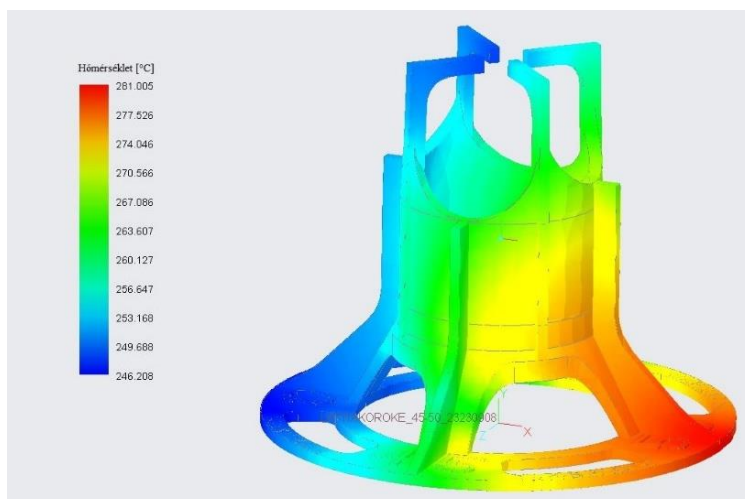
A 48-as ábrán látható, hogy az ömledékfront 2,158 másodperc alatt tölti ki a szerszámműreget. A fröccsöntés minősége a 49-es ábra szerint megfelelő. Az 50-es ábra a termék hőmérséklet értékeit mutatja fröccsöntés közben. Látható, hogy a hőmérséklet értékek 246,208 °C és 281,005 °C között alakulnak, amely megfelel az elvártaknak. A nyomás eloszlását a fröccsöntés során az 51-es ábrán láthatjuk. A legkisebb nyomás 63,278 MPa, míg a legnagyobb nyomás 117,034 MPa értéket vesz fel. Ezek a HDPE anyag várt fröccsöntési nyomásának megfelelő értékek.



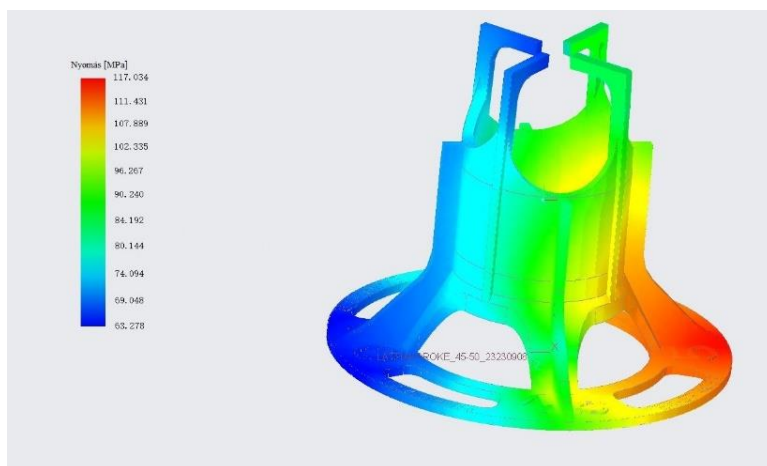
48-as ábra: Ömledékfront előrehaladása az időben
(forrás: Saját készítésű szimuláció)



49-es ábra: Fröccsöntés minősége
(forrás: Saját készítésű szimuláció)



*50-es ábra: Fröccsöntés hőmérséklet értékei
(forrás: Saját készítésű szimuláció)*



*51-es ábra: Nyomás eloszlás
(forrás: Saját készítésű szimuláció)*

10. Gazdasági számítás

A fröccsöntő szerszám összköltsége több összetevőből áll. Ezek közül a legfontosabbak az anyagköltség, a megmunkálás díja, valamint a tervezési költség.

A szakdolgozatomban szereplő szerszám költségelemzését az 1-es és a 2-es táblázat mutatja. Az anyagköltség, a normáliák és egyéb kiegészítők ára a normália gyártó cég katalógusában szerepel. Esetünkben ennek értéke 3762 Euró, ami 1520751 Forint.⁴⁵ Ez az összköltség 32%-a. A megmunkálás díja 5487 Euró, ami 2218046 Forint. Ez az összköltség 46%-a. A tervezés költsége 2635 Euró, ami 1065189 Forint. Ez a szerszám összköltségének 22%-a. A fröccsöntő szerszám összköltsége tehát 11884 Euró, ami 4803986 Forint.

Az összköltség, valamint annak eloszlása minden szerszám esetén más lehet. Az anyagköltség függ a termék, és így a szerszám méretétől, az anyagválasztástól, a hőkezeléstől, illetve az egyéb kiegészítőktől. Fontos szempont, hogy a szerszám hideg vagy forrócsatornás, valamint a megvásárolt normália megmunkáltsága is. A megmunkálási, gyártási, és szerelési költségek függenek a szerszámot gyártó cég gépparkjától és további tényezőktől is.

A felsorolt költségek mellett a fröccsöntő szerszámnak egyéb, üzemeltetési költségei is vannak. Ezeknek számításától azonban bonyolultságuk miatt eltekintettem dolgozatomban.

	Tételek	Óradíj (euró)	Óraszám (óra)	Költség (euró)	Arány az összköltségből
Anyagköltség:					
	Normáliák és egyéb kiegészítők	-	-	3762	32%
Megmunkálás:					
	Szakraforgácsolás	104	28	2912	
	CNC marás	80	21	1680	
	Esztergálás	50	8	400	
	Szerszámkészítés	45	11	495	
	Összesen	279	68	5487	46%
Tervezés:					
	Tervezés	80	24	1920	
	Programozás	55	13	715	
	Összesen	135	37	2635	22%
Szerszám összköltsége:				11884	

1-es táblázat: Fröccsöntő szerszám költségei Euróban
(forrás: Saját munka)

⁴⁵ Az átváltást a napi árfolyamon végeztem. A dolgozat írásakor 1 Euró 404,24 Forint.

	Tételek	Óradíj (Forint)	Óraszám (óra)	Költség (Forint)	Arány az összköltségből
Anyagköltség:					
	Normáliák és egyéb kiegészítők	-	-	1520751	32%
Megmunkálás:					
	Szikaforrácsolás	42040	28	1177120	
	CNC marás	32340	21	679140	
	Esztergálás	20212	8	161696	
	Szerszámkészítés	18190	11	200090	
	Összesen	112782	68	2218046	46%
Tervezés:					
	Tervezés	32340	24	776160	
	Programozás	22233	13	289029	
	Összesen	54573	37	1065189	22%
Szerszám összköltsége:				4803986	

2-es táblázat: Fröccsöntő szerszám költségei Forintban
(forrás: Saját munka)

11. Összefoglalás

Szakdolgozatomban egy építkezéseken használt, cső tartó, műanyag alkatrész gyártásához szükséges fröccsöntő szerszám tervezését mutattam be.

A dolgozat első felében különböző szakirodalmak segítségével ismertettem a fröccsöntés technológiáját, és annak elméleti hátterét. Bemutattam a fröccsöntő gépek felépítését, főbb műszaki jellemzőit, valamint a fröccsöntés folyamatát. Ezután ismertettem a szerszámok részeit, valamint bemutattam a különböző szerszámtípusokat. A továbbiakban szemléltettem a szerszám tervezés lépéseit az adott alkatrész segítségével, ismertettem a fröccsöntendő terméket, meghatároztam a fészekszámot, valamint az osztósíkot, továbbá ismertettem a fröccsöntés helyes terméktervezés alapelveit.

Szakdolgozatomat a szerszámház tervezés lépéseivel folytattam, felvázoltam a különböző normáliákat, meghatároztam a beömlő rendszert, az elosztó csatornával és a gáttal. Ezt követően bemutattam a kilökö rendszer szerepét, kiválasztottam a megfelelő kilököket, illetve meghatároztam azoknak helyzetét. Ezután szemléltettem a szerszám temperálását, megadtam a hűtőcsatornák átmérőjét, és hosszát, ismertettem a csésze, valamint a mag hűtését. A továbbiakban a fröccsöntés számítógépes szimulációját, analízisét mutattam be az adott terméken keresztül, valamint ismertettem a szimulációs szoftverek szerepét a fröccsöntő technológiában. Végül a fröccsöntő szerszám költség elemzését, gazdasági számítását végeztem el táblázatos formában.

A termékmodell létrehozásához SolidWorks 2023, illetve PTC Creo 8 tanulói szoftvereket, a szimulációk elvégzéséhez a PTC Creo 8 Mould Design és Mould Analysis kiegészítőjét használtam.

12. Summary

In my thesis, I presented the design of an injection molding tool for a plastic part, which is used on construction sites, for holding pipes.

In the first half of the thesis, I explained the technology of injection molding and its theoretical background with the help of various literature. I presented the construction of injection molding machines, their main technical characteristics, and the injection molding process. Then I explained the parts and different types of the tools. In the following, I illustrated the steps of the tool design through our component, I presented the product, I determined the number of cavities and parting plane and I also explained the design requirements for injection molding.

I continued my essay demonstrating the steps of designing of mold base, showing standardized mold base designs, and defining feed system containing runner and gate. After that, I presented the role of the ejector system, selected the appropriate ejectors, and determined their position. Then I illustrated the cooling system, I determined the diameter and the length of the cooling lines, and I explained the cooling system of the cavity and core. Next, I presented the computer aided simulation and analysis of injection molding through my component, and I explained the role of simulation softwares in injection molding technology. Finally, I performed the cost analysis and economic calculation of the injection molding tool in tabular form.

To create the product model, I used the student version of SolidWorks 2023 and PTC Creo 8. To perform the simulations, I used the Mold Design, and Mold Analysis add-ons for PTC Creo 8.

13. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Nyitrai Csaba
A Hallgató Neptun kódja: TOYLG
A dolgozat címe: Fröccsöntő szerszám tervezése adott alkatrészhez
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: GÉTI – Anyag és Gépgyártástechnológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítást teszek, 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 tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATE Hallgatói Dolgozatok repozitóriumaiba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATE Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024 év 10 hó 28 nap

Nyitrai Csaba
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Nyirtai Csaba (hallgató Neptun azonosítója: TOYLGM) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2024. év 11. hó 04. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

14. Irodalomjegyzék

1. Dunai Antal, Dr. Macskási Levente – Műanyagok fröccsöntése, Budapest 2003, ISBN 963 206 550 6
2. Czikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János – A polimertechnika alapjai, 2000, ISBN 9789634206217
3. Wikipedia- Plastic industry
https://en.wikipedia.org/wiki/Plastics_in_the_construction_industry
4. Wikipedia- Injection molding
https://en.wikipedia.org/wiki/Injection_moulding
5. Malloy R. A. *Plastic Part Design for Injection Molding*. Hanser. Munich . 1994.
6. Belofsky H. *Plastics: Product Design and Process Engineering*. Hanser-Gardner. Munich-Cincinnati. 1995.
7. Pukánszky Béla, Móczó János – Műanyagok, 2011, ISBN 978-963-279-481-5
8. Osswald, T. A., Menges, G.: *Material Science of Polymers for Engineers*, Hanser, Munich, 1995
9. Kovács József Gábor – Fröccsöntő-szerszám tervezés – Egyetemi előadásának jegyzete, Budapesti Műszaki és gazdasági Egyetem, Polimertechnika Tanszék
10. Kovács József Gábor – Fröccsöntött termékek tervezése és szimulációja PHD Értekezése, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Gépszerkezettani intézet, 3007
11. Budapesti Műszaki Főiskola, Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar, AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék, Dr. Mikó Balázs- Műanyagfröccsöntő szerszámok tervezése és gyártása
12. John P. Beaumont – *Runner and Gating Design Handbook – Tools for Successful Injection Molding*, Carl Hanser Verlag, Munich 2019, ISBN: 978-1-56990-590-6
13. Topa Martin, Dömötör Csaba- Fröccsöntő szerszám tervezése tanulmány
14. Deák Tamás: Műanyagok előállítása és feldolgozása: A fröccsöntési zsugorodás és a technológia
15. Virág Ákos - Fröccsöntő szerszám tervezése, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Intézet, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, 2019.
16. *Part and mold design – A design guide*; Bayer Material Science, 2000.
www.bayer.com
17. David O. Kazmer – *Injection Mold Design Engineering*, Carl Hanser Verlag, Munich 2016, ISBN: 978-1-56990-570-8
18. Dr. Pataki Tamás István- Fröccsöntő szerszámok tervezési alapjai, Egyetemi előadás jegyzet

15. Mellékletek

A mellékletek tartalmazza a szerszám nem szabványos alkatrészeinek műhelyrajzát. A rajzok SolidWorks 2023 tanulói verzióval készültek.

1-es számú melléklet: Alkatrész műhelyrajza

2-es számú melléklet: Álló formalap műhelyrajza

3-as számú melléklet: Mozgó formalap műhelyrajza

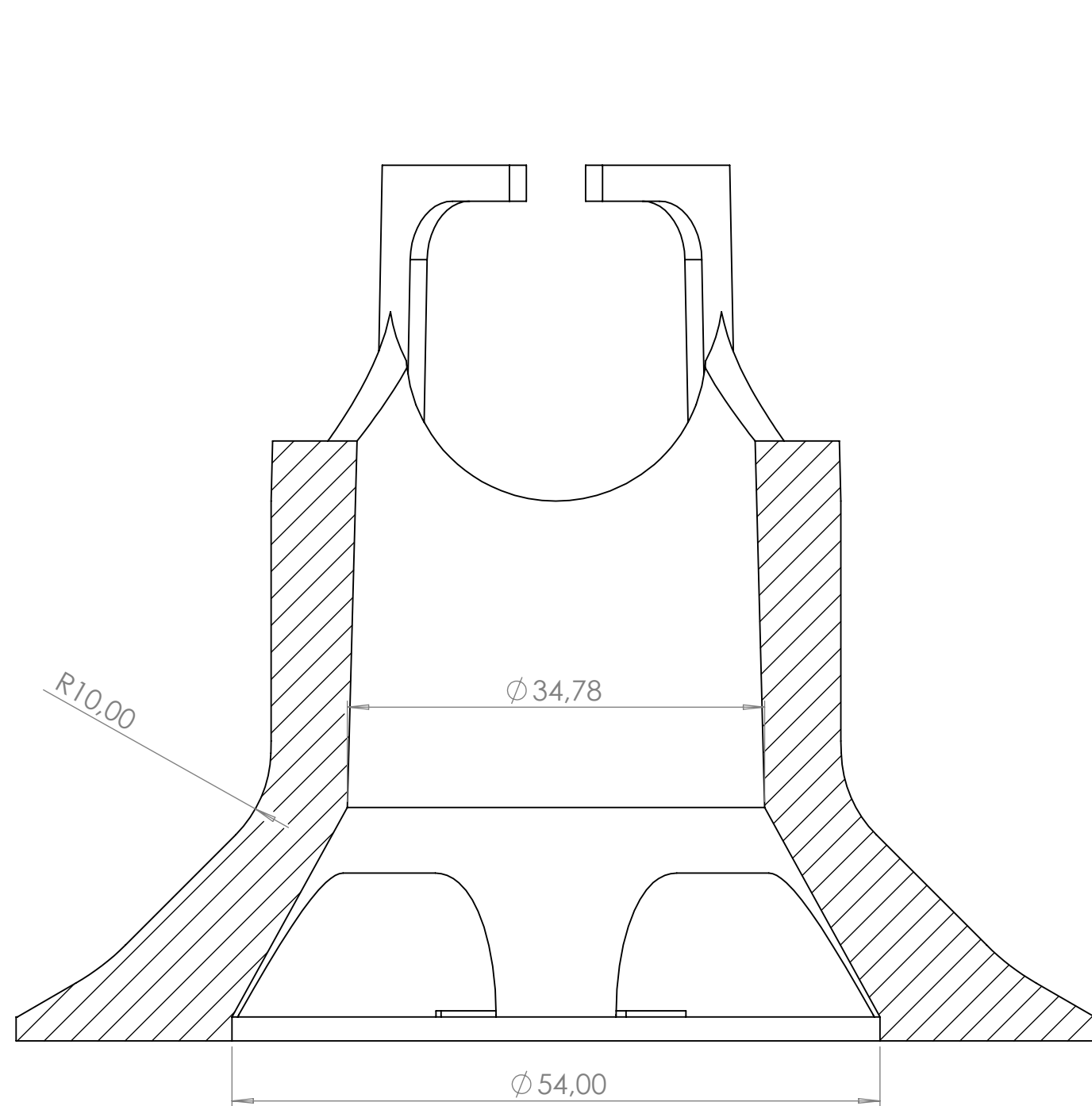
4-es számú melléklet: Csésze műhelyrajza

5-ös számú melléklet: Mag műhelyrajza

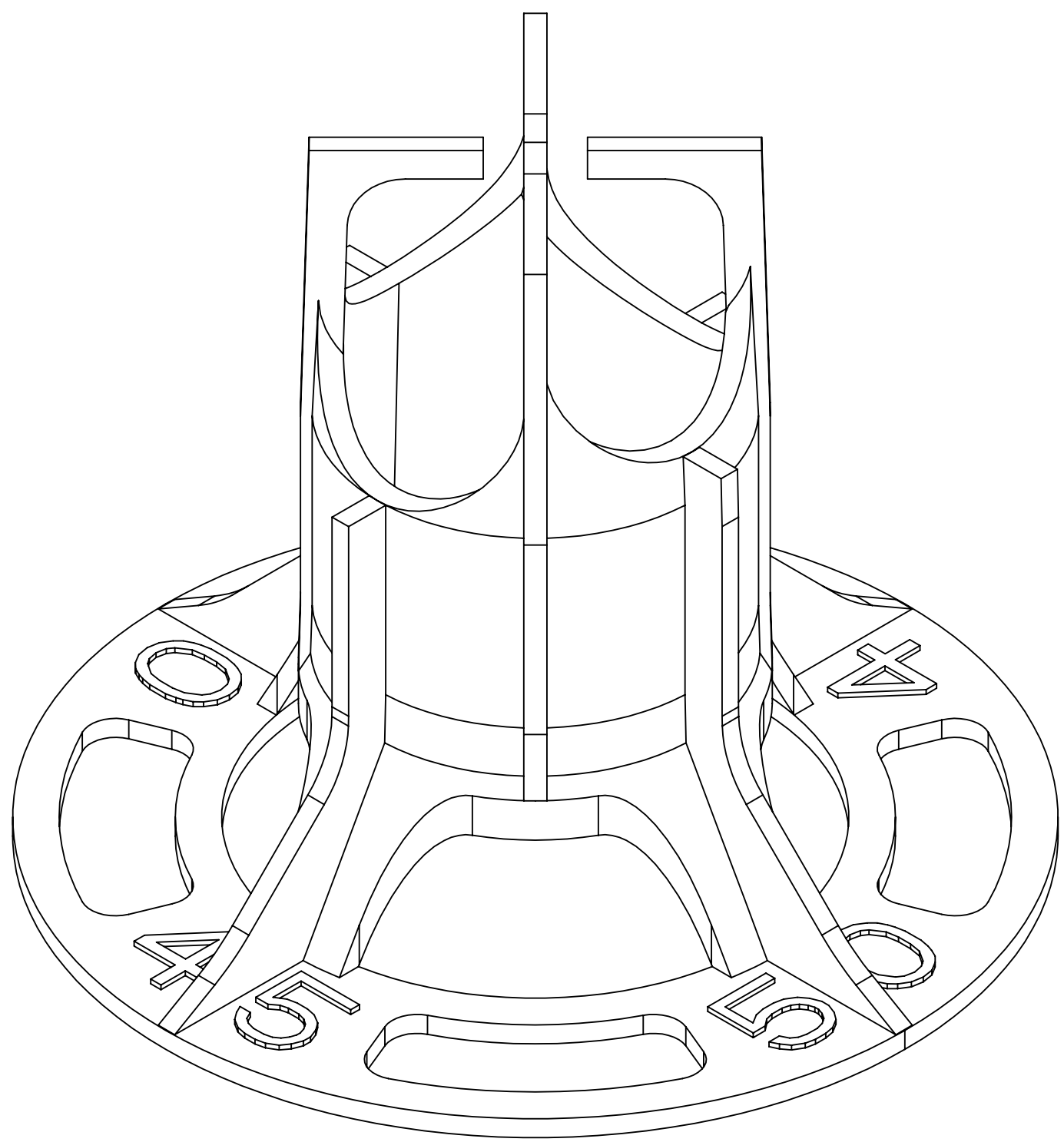
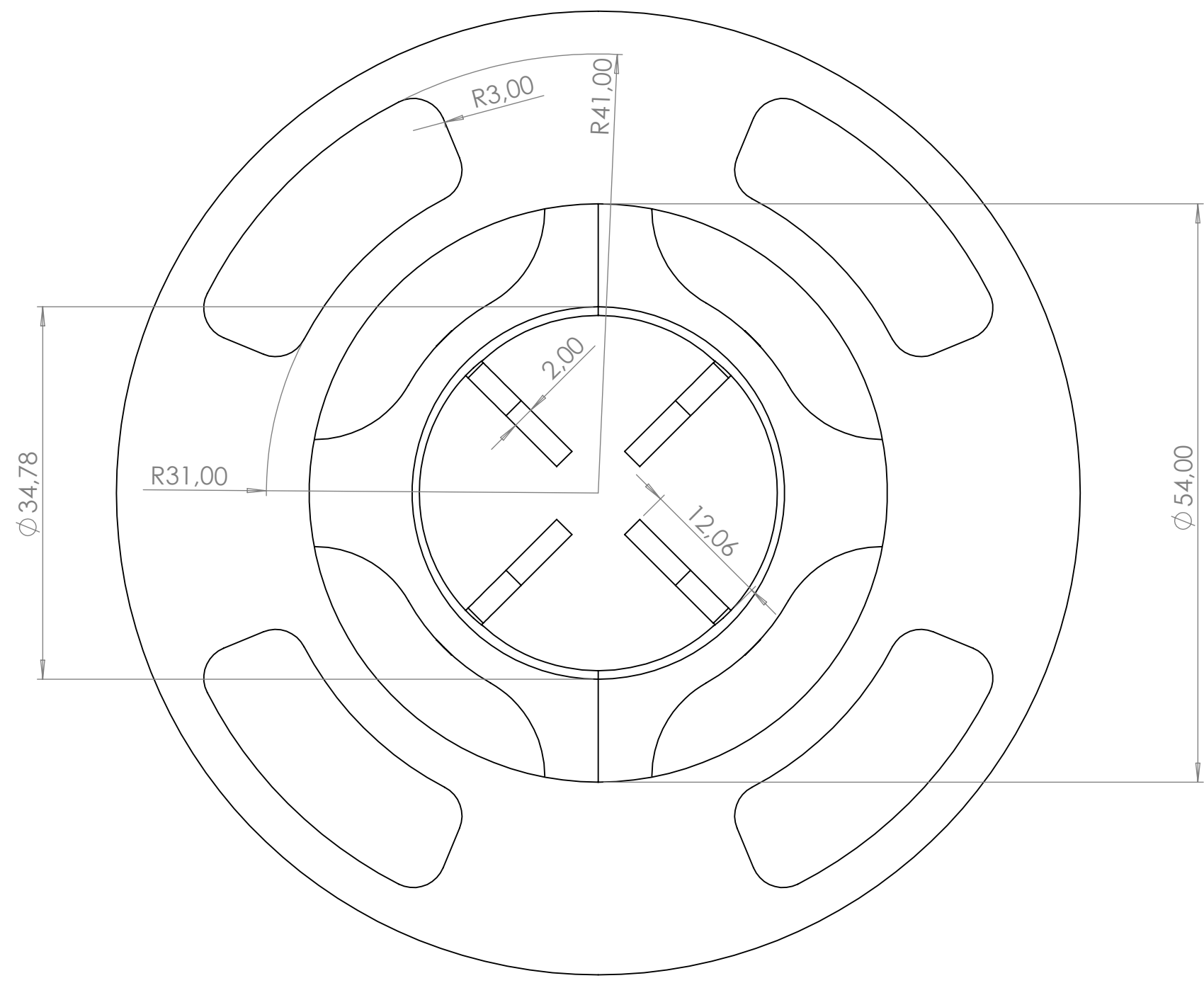
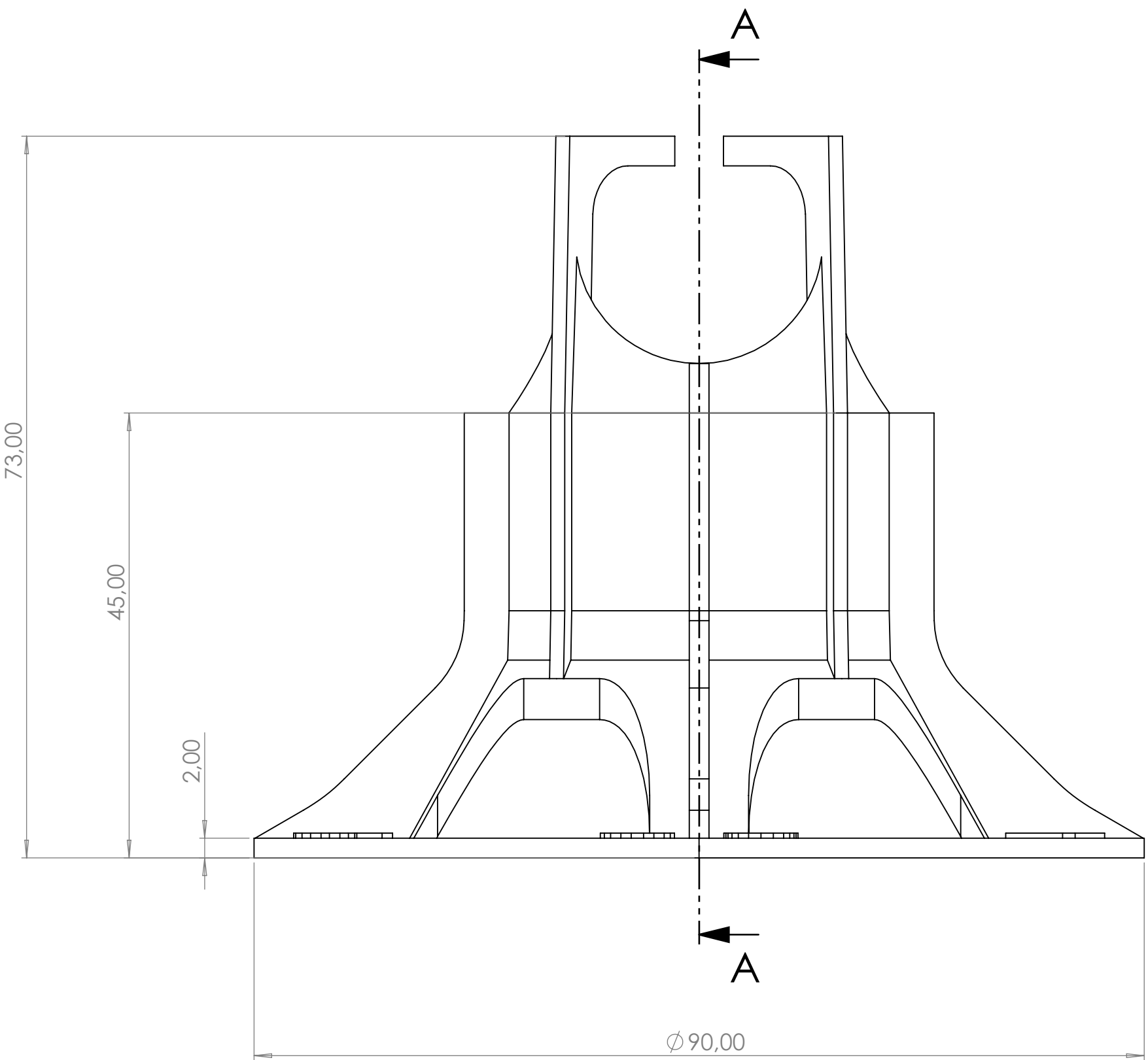
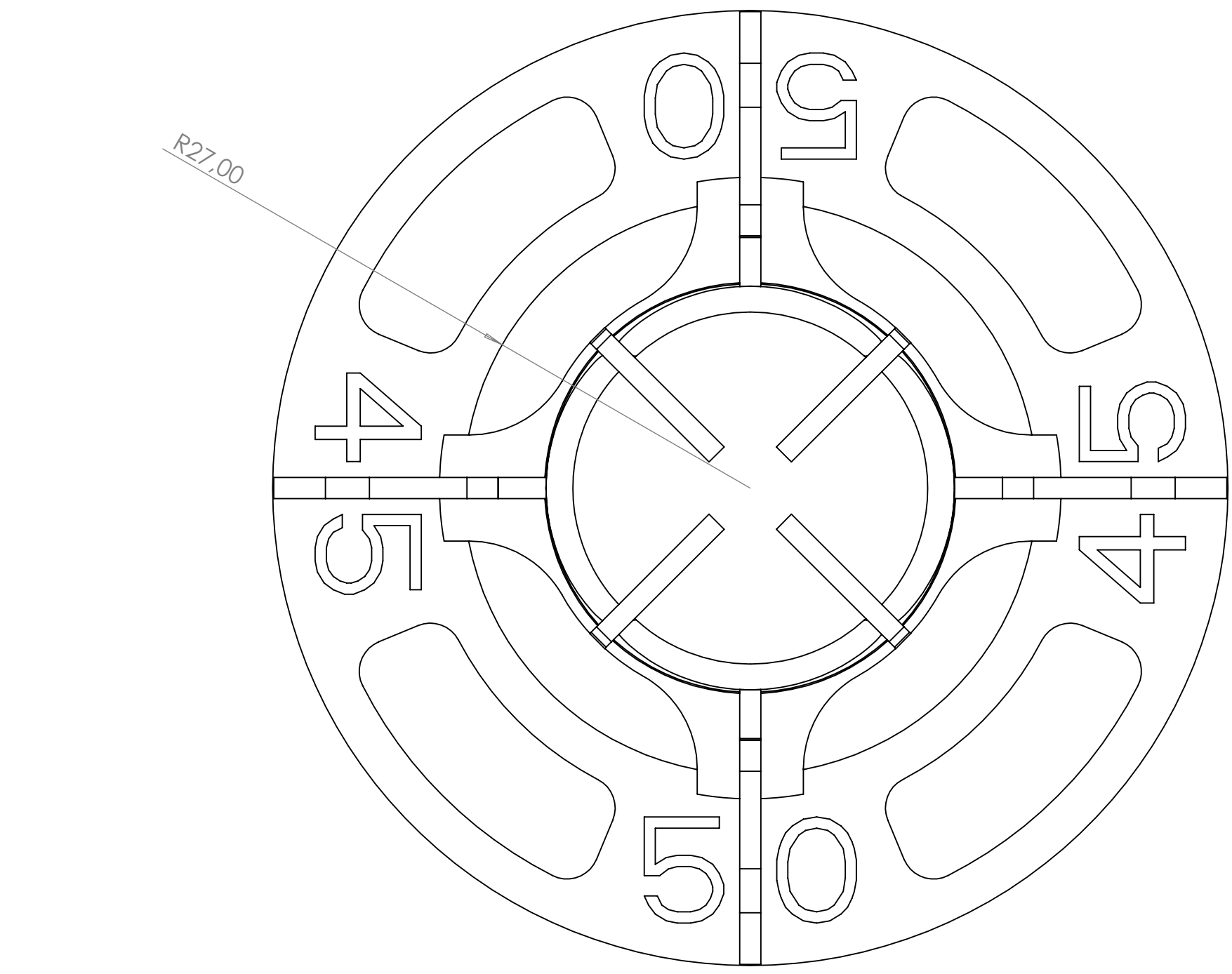
6-os számú melléklet: Beömlő persely műhelyrajza

7-es számú melléklet: Kilökő műhelyrajza

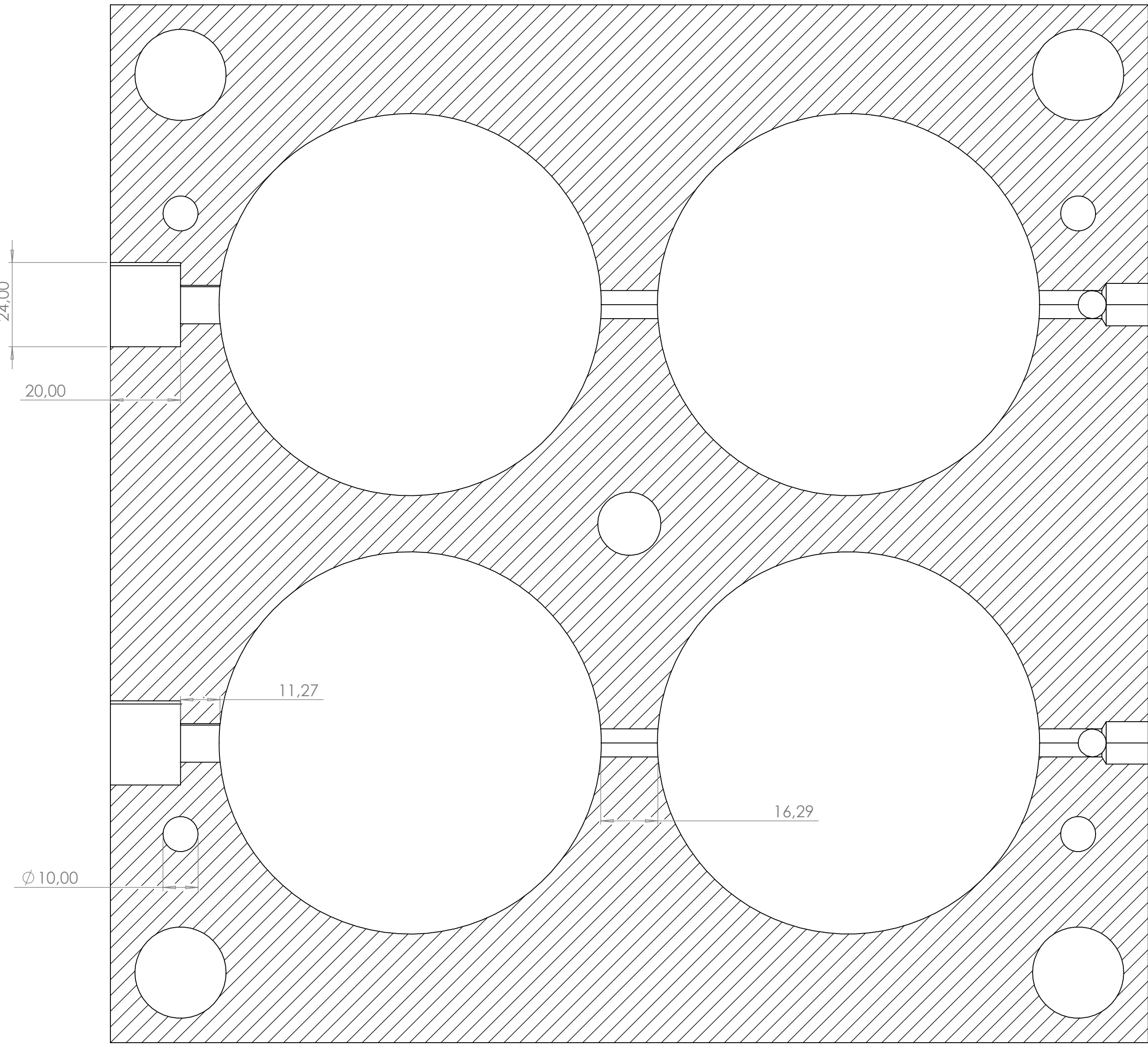
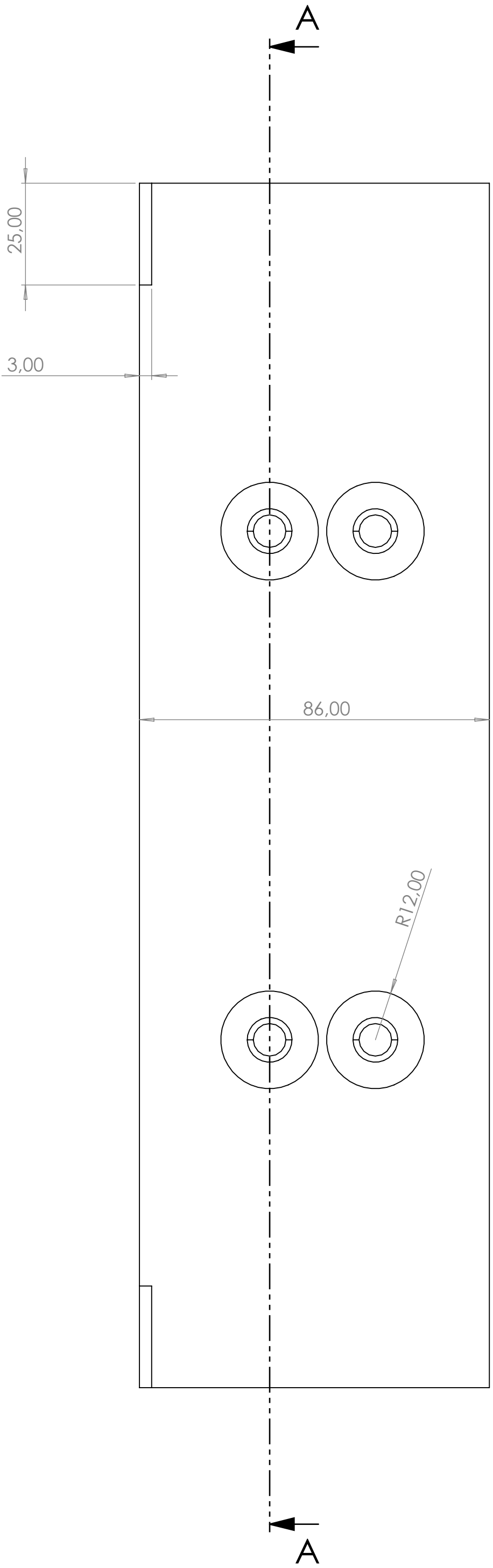
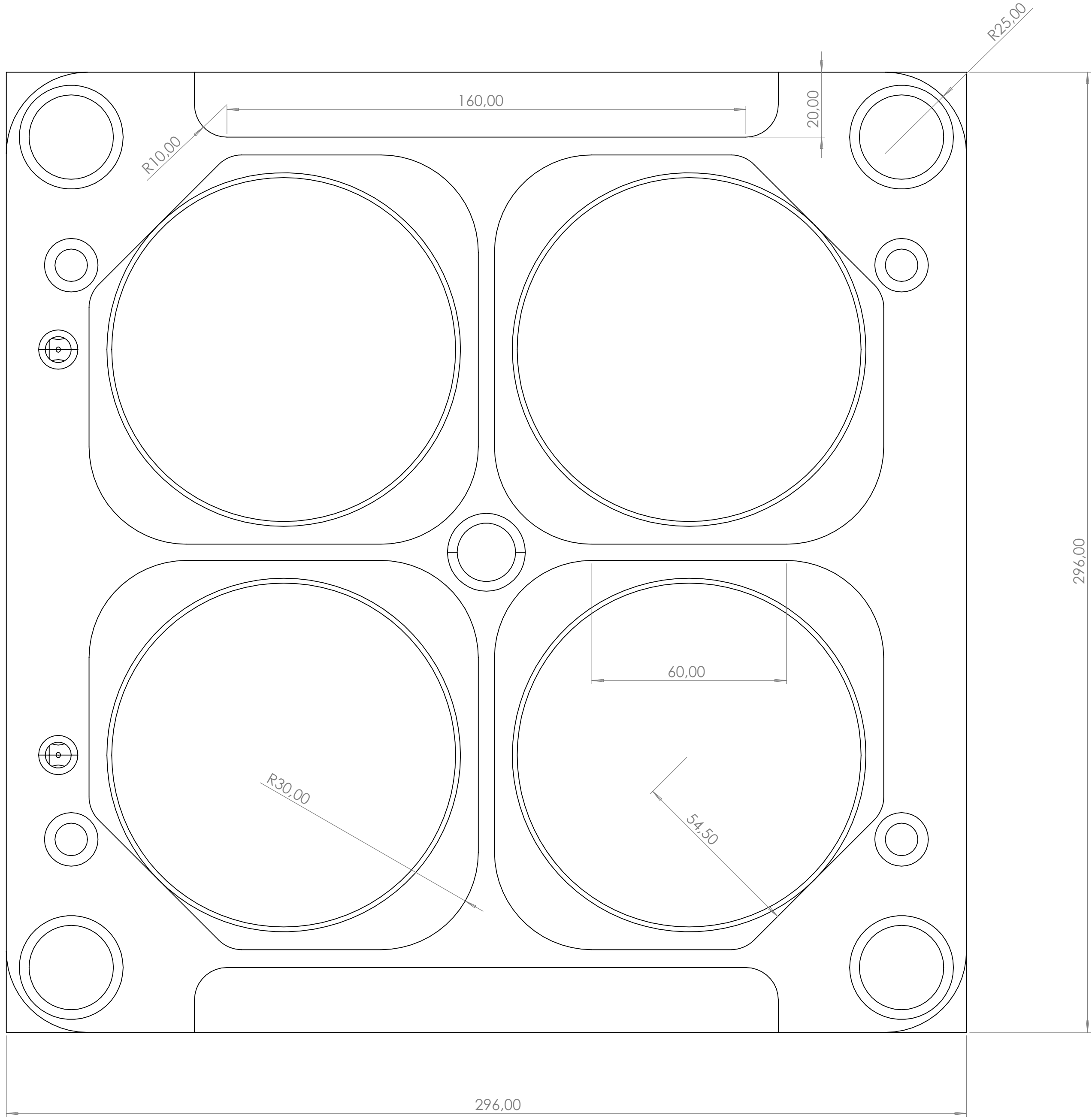
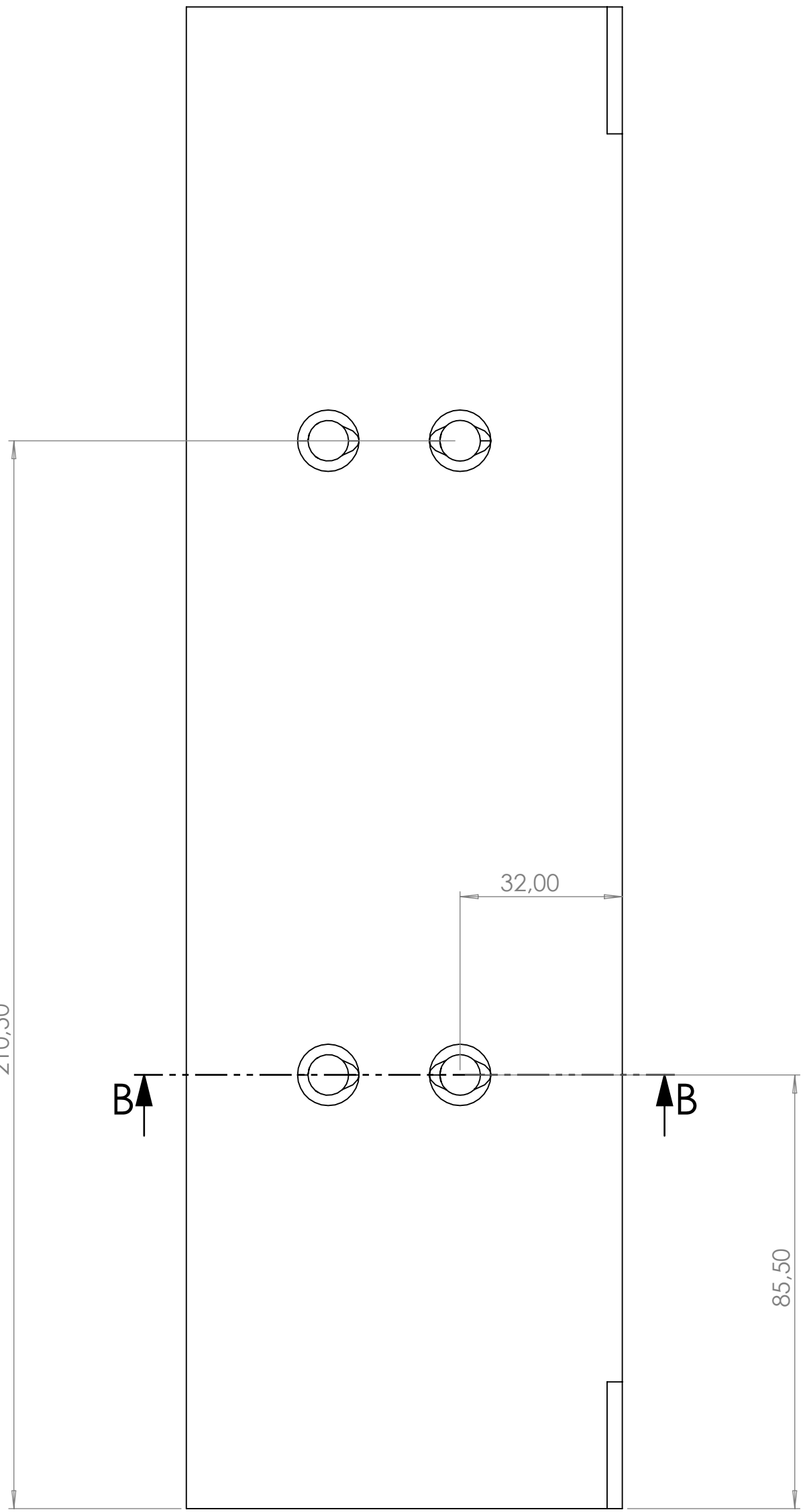
8-as számú melléklet: Fröccsöntő szerszám összeállítási rajza



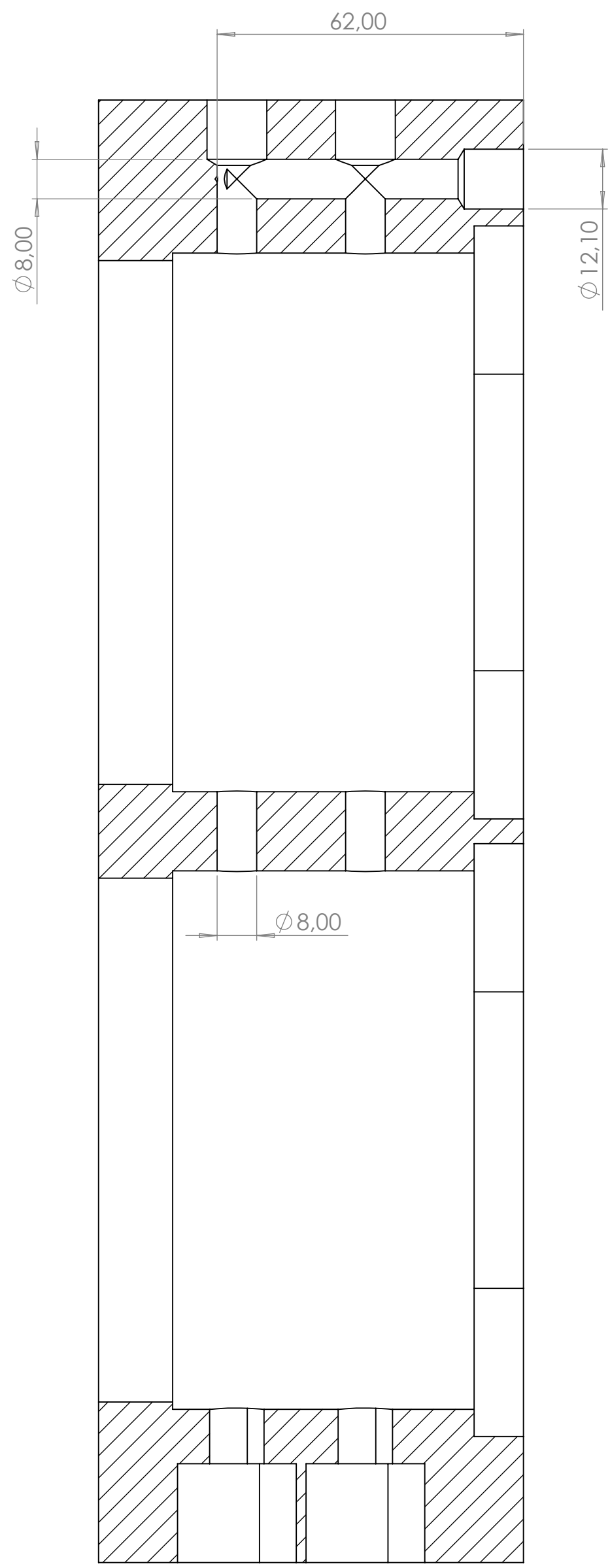
A-A METSZET



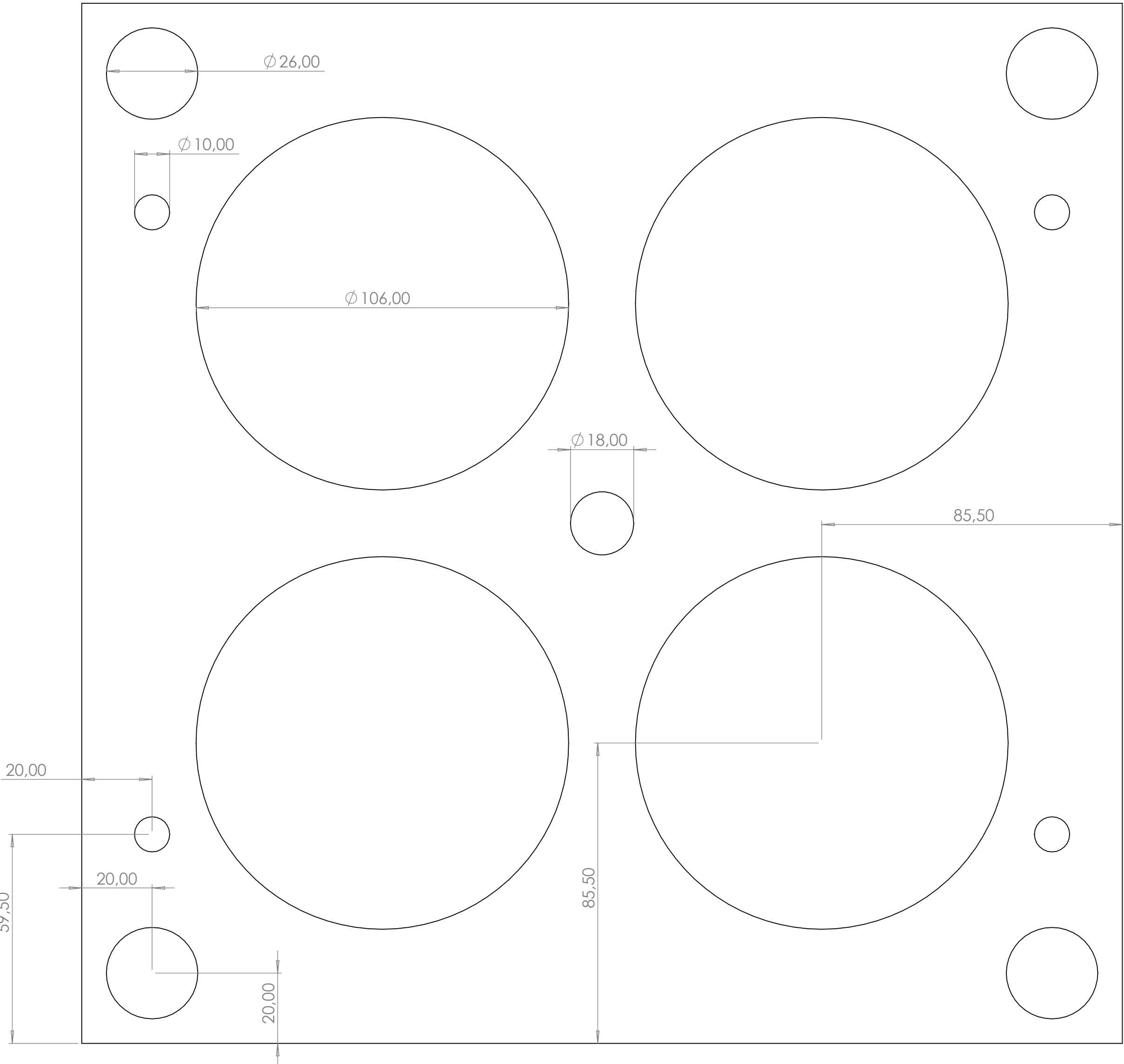
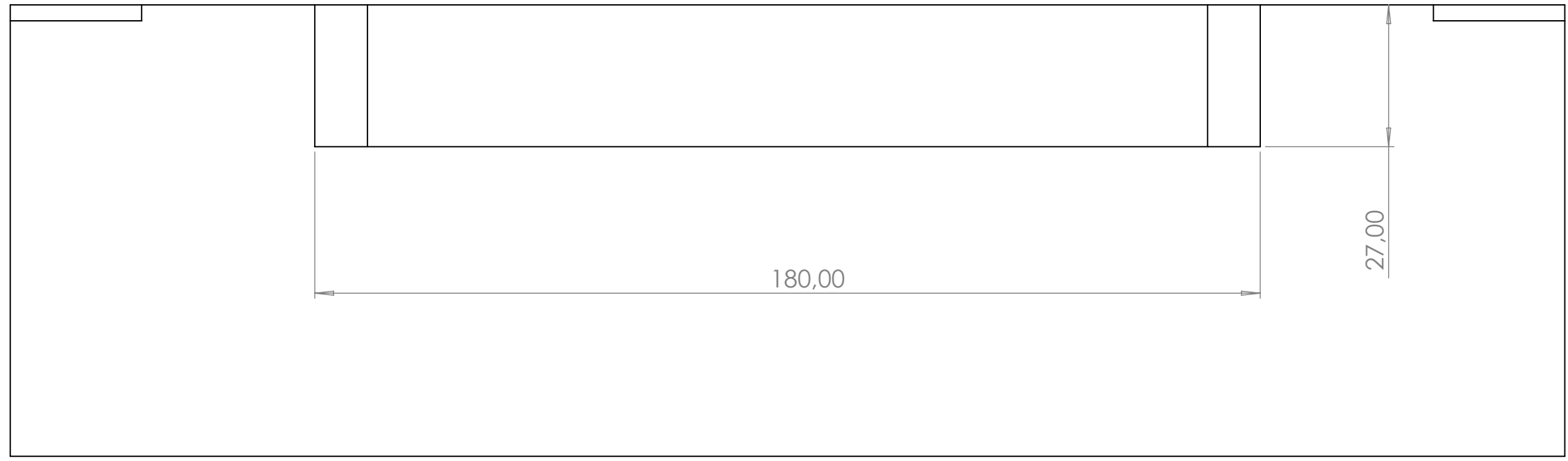
TOLERANCE DIMENSIONS (DECIMALS) DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: HOLE: SHAFT: FIT: HOLE: SHAFT: FIT:				TOLERANCE DIMENSIONS (DECIMALS) DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: HOLE: SHAFT: FIT:				TOLERANCE DIMENSIONS (DECIMALS) DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: HOLE: SHAFT: FIT:				TOLERANCE DIMENSIONS (DECIMALS) DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: HOLE: SHAFT: FIT:			
NAME	SIGNATURE	DATE		NAME	SIGNATURE	DATE		NAME	SIGNATURE	DATE		NAME	SIGNATURE	DATE	
DATE				DATE				DATE				DATE			
APP'D				APP'D				APP'D				APP'D			
MFG				MFG				MFG				MFG			
D.A.				D.A.				D.A.				D.A.			
MATERIAL:				MATERIAL:				MATERIAL:				MATERIAL:			
WEIGHT:				WEIGHT:				WEIGHT:				WEIGHT:			
SCALE:				SCALE:				SCALE:				SCALE:			
SHEET 1 OF 1				SHEET 1 OF 1				SHEET 1 OF 1				SHEET 1 OF 1			



A-A METSZET



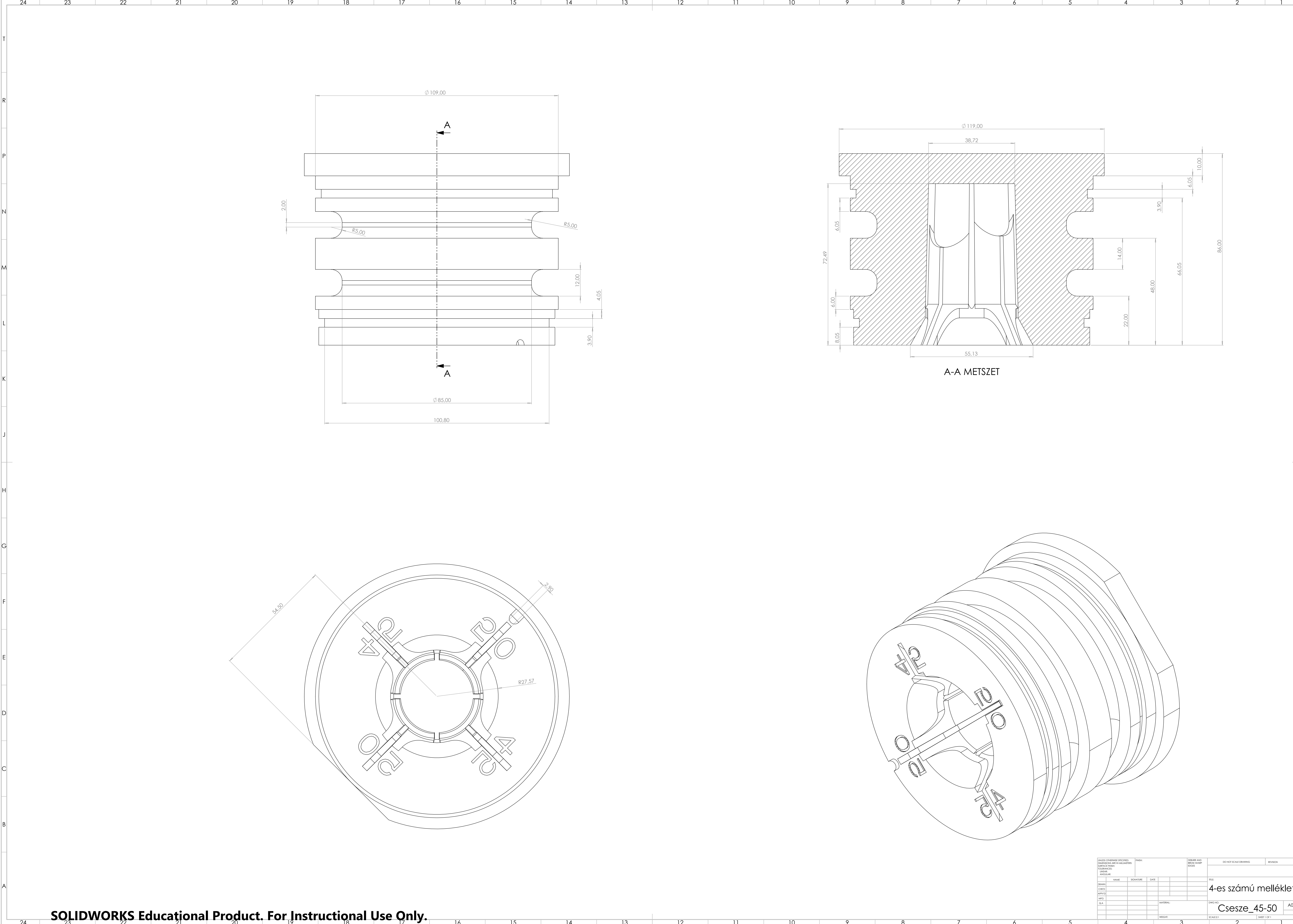
B-B METSZET



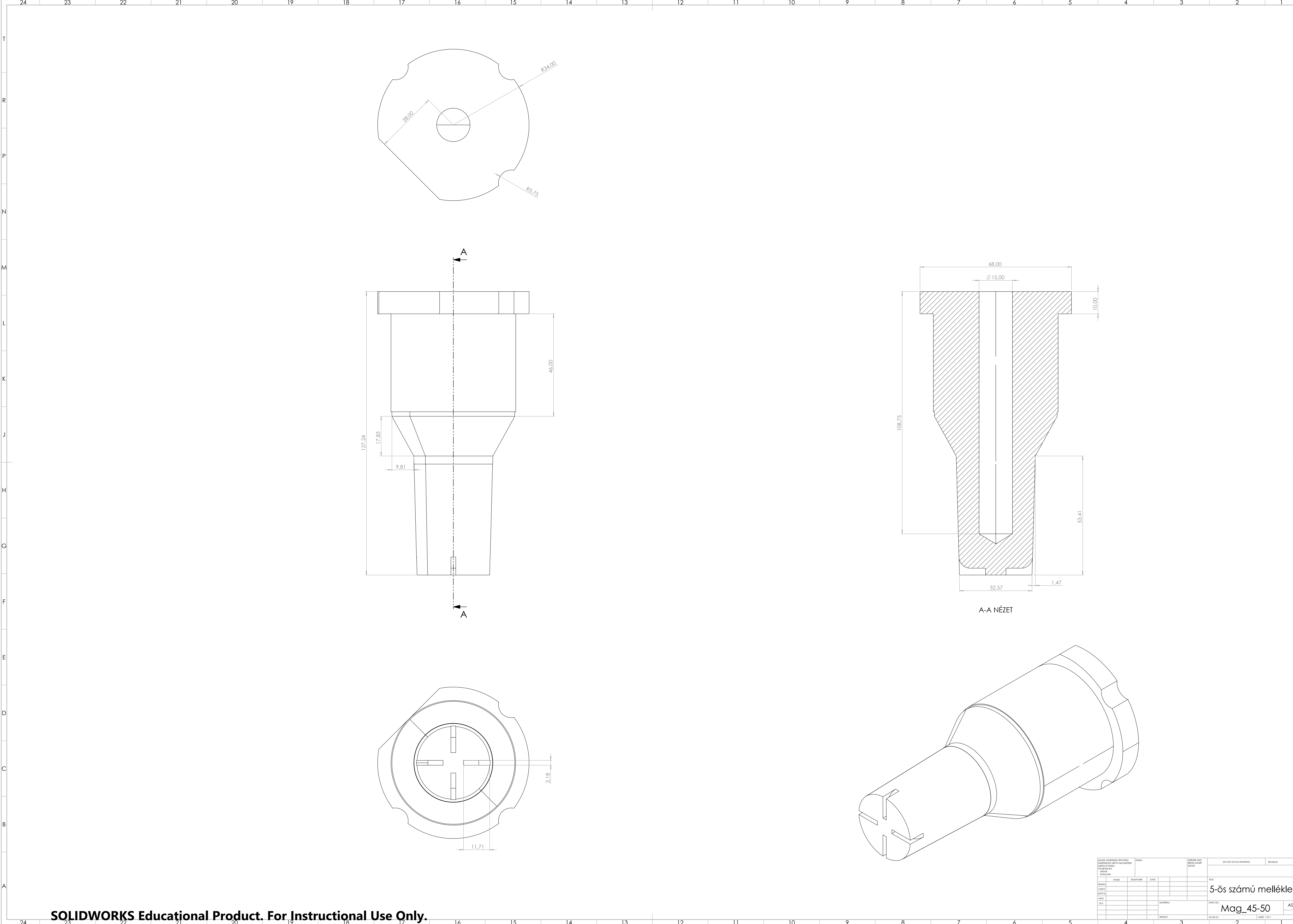
TOLERANCES UNLESS SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: HUMAN PROJECTIONS		FINISH		TOLERANCE AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME	SIGNATURE	DATE				FILE:		2-es számú melléklet	
DATE						NAME:		Allo_formalap	
APPROV.						MATERIAL:		A0	
DATE						WEIGHT:		SCALE 1:1	



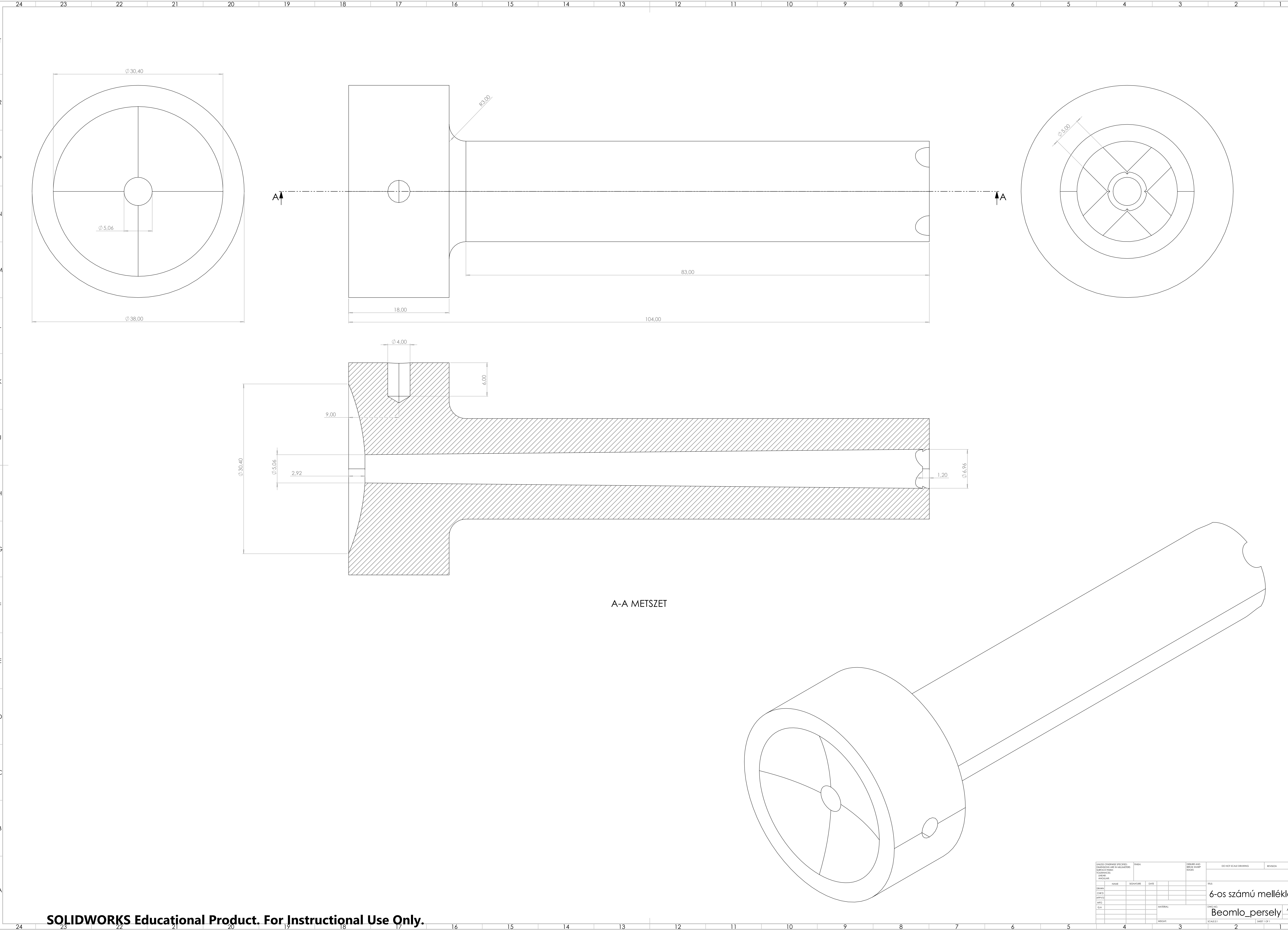
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: UNIT: ANGLE:		FINISH		DESIGN AND BRAIN WARP EYES		DO NOT SCALE DRAWING		DESIGN	
NAME		SIGNATURE		DATE		FILE:			
DRAWN:						3-as számú melléklet			
CHECKED:						MATERIAL:			
APPROVED:						DWG NO:		Mozgo_formalap ^{A0}	
MFG						SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	
D.A.						WEIGHT:			



TOLERANCE DIMENSIONS SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: FRACTIONS DECIMALS			FINISH			TOLERANCE AND BREAK SHARP EDGES			DOCUMENT SCALE DRAWING		REVISION
DRAWN			NAME	SIGNATURE	DATE	FILE:			4-es számú melléklet		
CHECKED						DWG NO.			Csesze_45-50		
APPROVED						A0					
MFG			MATERIAL:								
D.A.											



TOLERANCES UNLESS SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: UNLESS SPECIFIED				TOLERANCE AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME				SIGNATURE		DATE		FILE	
DRAWN				CHECKED		DATE		TIT	
APPROVED				MATERIAL		WEIGHT		5-ös számú melléklet	
DATE				SCALE		SHEET 1 OF 1		A0	



TOLERANCES UNLESS SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: UNLESS SPECIFIED			PART			VIEW AND BREAK SYMBOLS			DOCUMENT SCALE DRAWING		REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE							TITLE:		
DESIGN									6-os számú melléklet		
CHECKED											
APPROVED											
MFG											
DRAWN									MATERIAL:		
									WEIGHT:		
									DRAWN BY:		
									SCALE:		
									SHEET 1 OF 1		



UNITS OTHERWISE SPECIFIED IN PARTS AND IN REVISIONS SURFACE FINISH: TOLERANCES: UNITS: ANGLES:			FINISH:		DETAIL AND AREA (X/100) (XXX)		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION:	
NAME			SIGNATURE		DATE		FILE:		7-es számú melléklet	
DIMENSIONS: CHORD APPROX. DIA. RADIUS			MATERIAL:		DWG. NO.		Kilo		A0	
WEIGHT:			SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1					

