



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Szerszámbetét tervezése és gyártástervezése

OE-BGK
2022.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Tohai Máté
T008732/F112904/B



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Tohai Máté

Szakdolgozat száma: SZD22052513062244

Törzskönyvi száma: T008732/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Szerszámbetét tervezése és gyártástervezése

A dolgozat címe angolul: Design and process planning of a mould insert

A feladat részletezése:

1. Mutassa be fröccsöntő szerszámok betéteinek gyártási technológiáit!
2. Készítse el a kijelölt műanyag alkatrész CAD modelljét!
3. Tervezze meg az alkatrész gyártásához szükséges fröccsöntő szerszám formaadó betéteit!
4. Készítsen technológiai tervet a kijelölt betét gyártásához!
5. Készítse el a gyártáshoz szükséges NC programokat CAM rendszer segítségével!

Intézményi konzulens neve: Dr. Mikó Balázs

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 21.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom.

belső konzulens
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 20.22.12.09.....


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	6
2.	Műanyag fröccsöntés	7
2.1	Műanyag fröccsöntéskor alkalmazott műanyagok.....	7
2.2	Műanyag fröccsöntés folyamata	10
2.3	A fröccsöntőgépek	12
2.3.1	A Fröccsöntő szerszám felépítése, azok feladatai	14
2.3.2	Szerszámbetéttel szemben támasztott követelmények	17
3.	Anyagok és megmunkálási technológiák	18
3.1	Általános szerszámacélok műanyaga fröccsöntő szerszámbetétekhez	18
3.2	Megmunkálási technológia	21
3.3	Általános műveleti sorrendterv	23
3.4	Szerszámbetétek hőkezelése, felületi megmunkálása	24
3.5	Szerszámbetétek felületének „befejezése”	25
3.6	Szerszámbetétek gyártása additív eljárással.....	27
3.7	3D nyomtatott szerszámbetétek	27
3.8	High speed milling - Nagy sebességű megmunkálás	27
3.9	Szikaforgácsolás	28
3.10	Szikaforgácsolás létrejöttének feltételei:.....	29
4.	Tervezéstől a gyártásig	30
4.1	Tervezőprogramok bemutatása	30
4.2	CAD modellezés - Solid Edge	31
4.3	Modellezés Solid Edge 2022-ben.....	32
4.4	Tervezési feladat	34
4.5	Az alkatrész elemzése és modellezése	34
4.6	Fröccsöntő szerszám formabetéteinek elkészítése	36
4.7	Alkatrész	39
4.8	Fröccsöntő szerszámbetét.....	39
4.9	CAD/CAM modellezés	40
4.10	CAM- Edgcamben elvégzett megmunkálás folyamata	41

4.10.1	Alaksajátosságok	43
4.10.2	Szerszámozás	44
4.10.3	Megmunkálás.....	45
5.	Összefoglalás	55
6.	Summary.....	56
7.	Hivatkozások	57
8.	Mellékletek	60

1. Bevezetés

A napjaink szerszámgyártásainak kimagasló részét teszi ki a műanyag fröccsöntő szerszámok tervezése. Műanyag fröccsöntés az iparban nagyon gyakran előfordul, főleg olyan esetben, ahol tervezőmérnökök próbaalkatrészeken keresztül jutnak el a végleges alkatrészek formájáig.

Műanyag fröccsöntött tárgyakkal már gyerekkoromban volt szerencsém megismerkedni, mint mindenki másnak, mivel szerteágazóan sok helyen alkalmazzák, például sokunk kedvenc játékaiban, legók formájában. De ilyen lehet akár egy lökhárító, ventilátor, vagy akár egy számítógépes egér burkolata is.

A célom a kiválasztott alkatrészen a hozzá való műanyag fröccsöntő szerszámbetétek megtervezése, azok legyártása EdgeCAM-ben. A feladatom során mélyebben megismerkedhettem a SolidEdge hagyományos modellezési funkciójával, valamint az EdgeCAM programban az alkatrészem gyártási szimulációjával.

A dolgozatomban bemutatom az általános alkalmazott műanyagokat, műanyag fröccsöntési technológiákat, a fröccsöntőgépeket, azok alkatrészeit. Emellett végigkövethető, ahogyan egy kész alkatrészből lépésről lépésre visszamodelleztem a fröccsöntő szerszámbetéteket.

2. Műanyag fröccsöntés

2.1 Műanyag fröccsöntéskor alkalmazott műanyagok

A műszaki műanyagok alkalmazása és szerepe egyre növekszik napjainkban.

Nem tudnánk jelenleg egy iparágat tömegtermelés nélkül elképzelni. A műanyagiparban lévő két fő technológia az extrúzió és a fröccsöntés. A műanyagok jelenleg számottevő részt vesznek ki a mindennapjainkból, hiányuk igencsak megnehezítené az életünket és problémák sokaságához vezetne. A műanyagok feldolgozása főképp az 1800-as évek elején kezdődött, amikor a természetes úton fellelhető polimerláncok kinyerésével hozzáfértek az alkalmazható műanyagokhoz. Azonban ez az 1900-as évek elejétől változott, és már a kőolaj alapú műanyagokat is felhasználták.

A jelenlegi legszűkebb értelmezésünk szerint a polimer sokezer monomer kémiai kötődésével létrejött hosszúláncú vegyület, amelyet a természetünk élővilága épít fel, például a poliszacharidokat, és a cellulózt. A mesterséges ipar rendkívül gyorsan képes ugyanezt előállítani, polimerizációs láncreakcióban az egyszerű monomerből a polietilént.

A polimereket a természetes, illetve mesterséges polimerek osztályába sorolhatjuk be.

A természetes alapú polimereket lehet szerves biopolimerek, vagy szervetlen kategóriákba osztani, amelyek a következők lehetnek:

Szerves: poliszacharidok, fehérjék, nukleinsavak

Szervetlen: kén, grafit, gyémánt, szilikátok, polifoszfátok.

A műanyagokat több szempont szerint tudjuk csoportosítani, amik lehetnek:

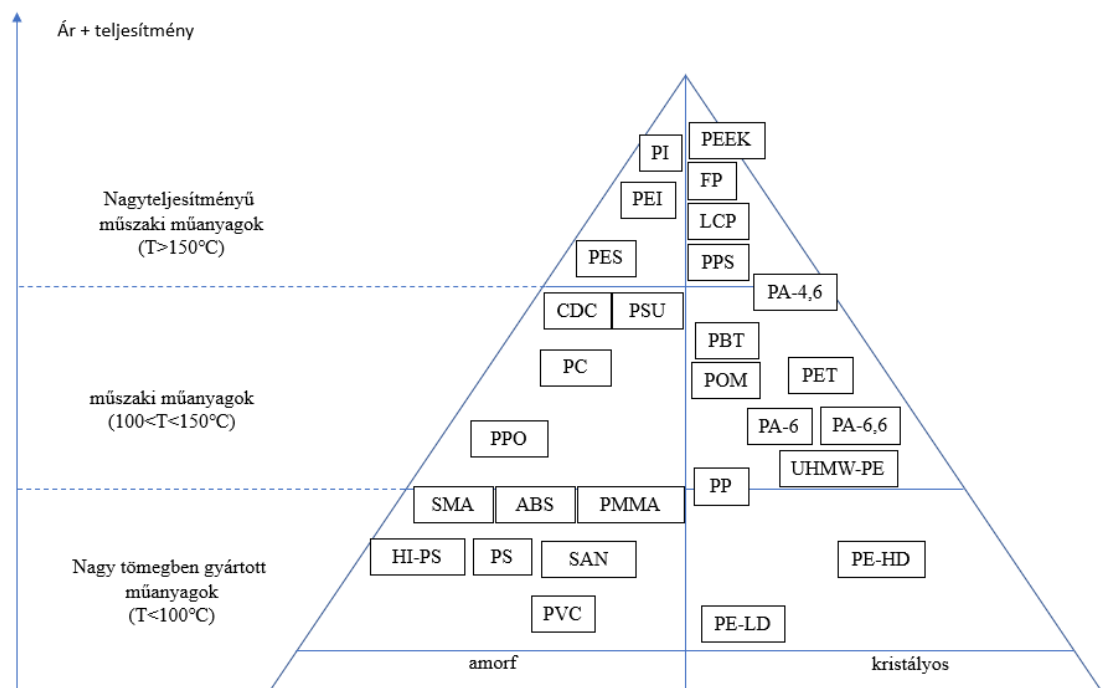
- Előállítás szerint: polimerizáció, polikondenzáció, poliaddíció
- Szerkezet szerint
- Feldolgozás szerint:
 - Hőre lágyuló (termoplasztikus): Polietilén (PE), polipropilén (PP), polisztirol (PS), polivinilklorid (PVC), polietilén-tereflatát (PET), poliamid (PA), polikarbonát (PC), poli metil-metakrilát (PMMA), polioximetilén (POM)
 - Hőre keményedő: (termoreaktív, vagy duroplaszt)
 - Hidegen keményedő: telítetlen poliészterek, epoxigyanták, poliuretánok

Ebből a felsorolásból jelenleg a legfontosabb nekünk a feldolgozási módszer, ugyanis fröccsöntéskor a műanyagot megolvasztva juttatjuk be a szerszámba, hogy előállítsuk a kívánt alkatrészt. Így hőre lágyuló műanyagra van szükségünk.[2]



1.ábra, műanyagok [3]

Az alábbiakban látható a műanyagok „piramisa”. Két fő műanyag fajta van, az amorf, és a kristályos szemcseszerkezetű. A piramis alján vannak az általános műanyagok, és ahogy a fizikai és kémiai tulajdonságaik egyre jobbak, úgy haladunk felfelé a piramis tetejéig.



2.ábra, polimer piramis [2]

Az 1. táblázatban bemutatok néhány hőre lágyuló műanyagot, azoknak ömledék hőmérsékleteit, zsugorodásukat százalékos értékben megadva, illetve ezen műanyagok alkalmazási területeit.

Műanyagok:

PP(Polipropilén); Pa6 (Poliamid); PC (Polikarbonát); PET (Polietilén tetraflatát); PS (Polisztirol); ABS(Akrilnitril-butadién-sztirol); PPO(Polifenilén-oxid); TPE, EDPM (Termoplasztikus elasztomer, etilén-propilén-dién-monomer)

1.táblázat; Hőre lágyuló műanyagok [4]

Műanyag neve	Ömledék hőmérséklet	Zsugorodás	Alkalmazási terület
PP	220-280 °C	1.2-2.5 %	Rekeszek, lökhárítók
PA6	250-250 °C	0.7-2.2 %	Csapágyak, benzincsővek
PC	230-280 °C	0.6-0.8 %	CD lemezek, steril orvosi eszközök
PET	230-280 °C	1.2-2.0 %	Palackok, gépipari alkatrészek
PS	180-260 °C	0.3-0.6 %	Dobozok, burkolatok
ABS	200-250 °C	0.4-0.9 %	Autó- és elektronikai alkatrészek
PPO	260-300 °C	0.7-1.5 %	Fogantyúk, műszerházak
TPE, EPDM	180-250 °C	1.0-4.0 %	Tömítők, fogkefék

Habár az ABS olvadáspontja elég magas, maga a műanyag zsugorodása igen alacsony, és elektronikai eszközökben ezt előszeretettel használják. Ezért ezt választottam az alkatrészhez.

ABS (Akrilnitril-butadén-sztirol) tulajdonságai.[5][6][7][8]

- Sűrűség 63,1 - 75,5 $\frac{kg}{m^3}$
- Folyáshatár 2,68 - 7,4 Pa
- Szakítószilárdság a szakadás pillanatában 29,68 - 48 $\frac{N}{mm^2}$

- Szakadási nyúlás 25%
- Rugalmassági modulusz $2500 \frac{N}{mm^2}$
- Keménység (Vickers) 5,6 – 15,3 HV
- Olvadási hőmérséklet: 170 – 320 °C

ABS előnyei:

- Biztonságos az élelmiszeriparban való használata
- Kiváló ütésálló, kémiai és vegyszerálló tulajdonsága van
- Kiváló szilárdság
- Könnyen megmunkálható
- Könnyen festhető, és ragasztható
- Jó méretstabilitás (Kicsi a zsugorodási tényezője)
- Újrahasznosítható
- Könnyen galvanizálható

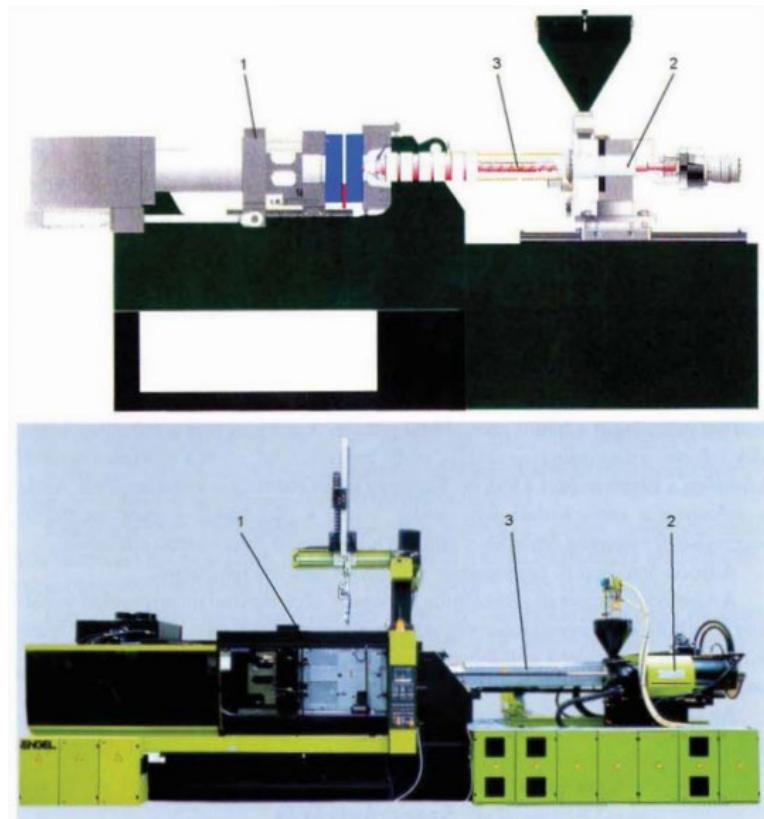
ABS Hátrányai:

- Rossz időjárásállóság
- Könnyen karcolódik
- Könnyen keletkeznek rajta felületi repedések feszültségtől
- Rossz oldószer állóság

2.2 Műanyag fröccsöntés folyamata

A műszaki műanyagok bemutatása után térjünk rá a műanyag fröccsöntésre. Ez egy olyan szakaszos művelet, ahol a fröccsöntő gépbe adagolt műanyagot a gép megolvasztja, majd egy csigával azt az adott alkatrészhez kialakított fröccsöntőformába juttatja. A szerszámba juttatott megolvasztott műanyag lehűlésekor felveszi a kialakított formát, majd lehűlés után kinyomótüskével/robottal/levegővel vagy kilökő egységgel eltávolítják a kész munkadarabot. [9]

Ennek a technológiának az a sajátossága, hogy egy megtervezett szerszámmal csak az adott terméket tudjuk előállítani. Ezért nagyon költséges, és időigényes termék-előállítási forma.

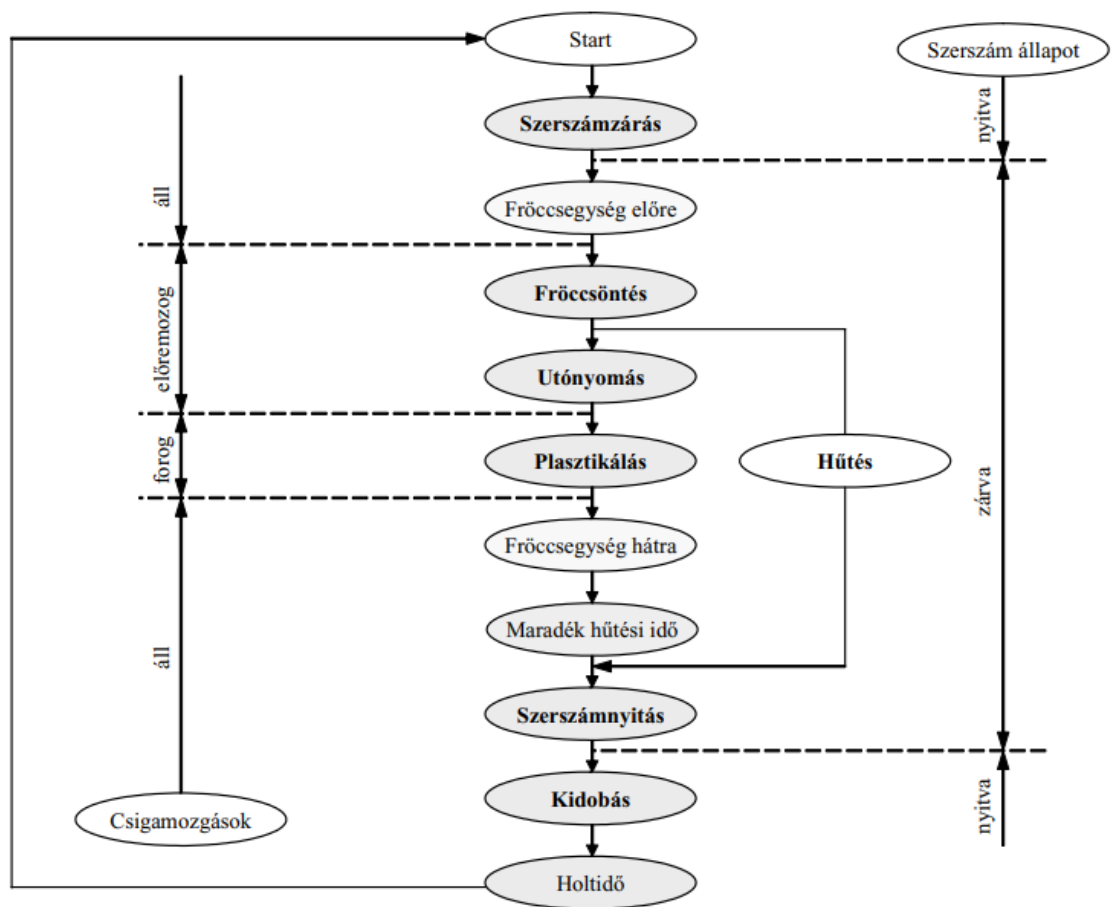


3.ábra A fröccsöntőgép elméleti ábrája, és egy fénykép róla.[9]

1.-záróegység; 2.-fröccsöntőegység; 3.-plasztikáló egység

A fröccsöntőgép folyamatát egy folyamatábrán a legegyszerűbb szemléltetni. (4.ábra)

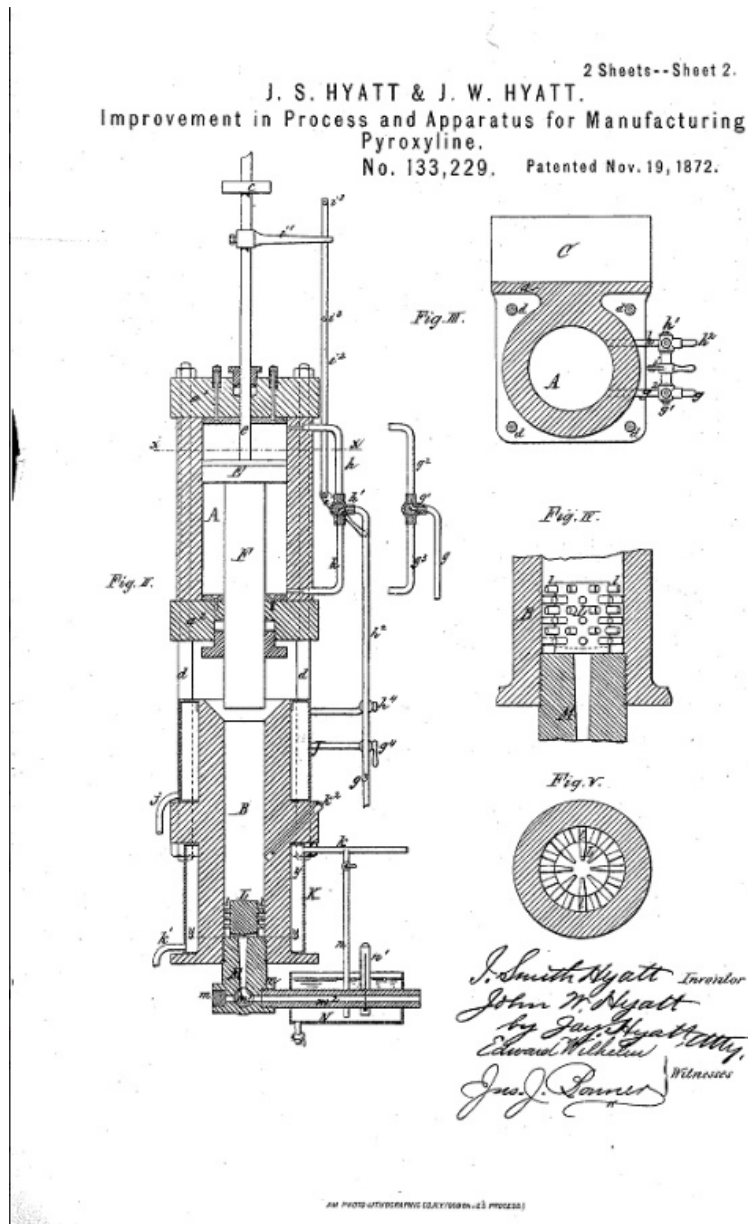
A szerszám és a fröccsegyység zárása után a műanyagot egy forróra hevített csiga segítségével belenyomják a fröccsöntőformába. Amint a formában elkezd hűlni a műanyag, elkezd zsugorodni, ezért utónyomásra van szükség, ami a felszabadult hely „kitöltését” szolgálja. A fröccsöntő gép már a következő alkatrész öntéséhez szükséges anyagmennyiséget készíti elő. Amint elérte a gép a megfelelő anyagmennyiség bejuttatását a fröccsöntőformába, a csiga forgása leáll, és a fröccsöntő egység eltávolodik a formától, hogy a hőátadás befejeződjön a forró csiga és a hűtött szerszám közt. A kész alkatrész megszilárdulása után a szerszám kinyílik, és a kész darabot eltávolítja a formából, ezt követően a fröccsöntési folyamat újraindul az elejéről.[10]



4.ábra A fröccsöntés elvi folyamatábrája [10]

2.3 A fröccsöntőgépek

A fröccsöntőgépek eredete egészen a 19. századig nyúlik vissza, amikor a Hyatt fivérek a (1868-ban sikeresen létrehozott kámforral társított cellulóz-nitrátból készült) műanyagot 1872-ben egy könnyűfém feldolgozására alkalmas berendezéssel munkálták meg. Egy dugattyúból és két részből álló szerszámmal hoztak létre gombokat, fésűt, és billiárdgolyókat. Ez a módszer egyeduralkodó volt 1919-ig, amikor Eichengrün továbbfejlesztette a dugattyús fröccsöntőgépet.



5. ábra, J.S.Hyatt és J.W.Hyatt fröccsöntőgépe [1]

A korszerűbb, napjainkban használt fröccsöntőgépek alapvetően két fő részből állnak: egy fröccs-záró egységből, és egy szerszámzáró egységből, amely a szerszámhordozón helyezkedik el. A fröccsöntő gépek egyik fő alkatrésze a csigadugattyú, amely mind alakjában, mind méreteiben hasonlít az extruder-csigához. Ami a különbség a kettő közt, hogy a csigadugattyú a forgó mozgás mellett dugattyú-szerű mozgást is képes elvégezni.

Ez a technológia tette lehetővé azt, hogy a csiga forgó mozgása közben történjen a plasztikálás, miközben tolja előre a hőre lágyuló műanyagot.

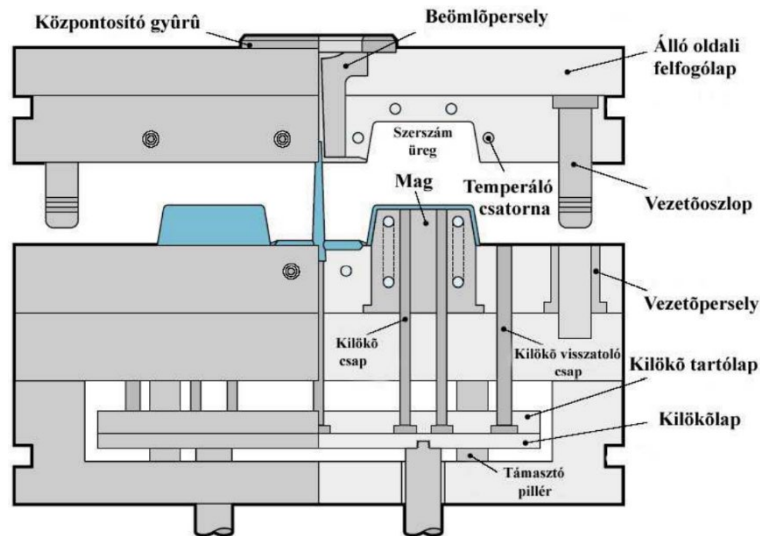
A fröccsöntő gép másik főbb alkotóeleme pedig a szerszámzáró egység, amely szorosan kapcsolódik a fröccsöntő egységhez. Mivel a megolvasztott műanyag igen nagy felületen oszlik el, és ezt a nyomást 15-20%-kal kell, hogy meghaladja a szerszám összeszorító erő, így már a kisebb-közepes méretű fröccsöntőgépeknek is legalább 100 tonnányi záróerőt kell teljesíteni. A szerszámzáró egységen található egy álló és egy mozgó szerszám felfogólap, amelyet 4 darab vízszintes vezető oszlop vezet. A csigadugattyús fröccsöntőgépek esetében a gép fröccsöntő egysége egyszerre mozog a csigával minden egyes ciklusban, miután a fröccsöntő egység szorosan csatlakozik a szerszámhoz, majd miután megtörtént a fröccsöntés eltávolodik. Technológiai okok miatt a szerszám mozog minden egyes munkadarab elkészítése után. A fröccsegység csúcsa, és a fúvóka fűtve van, a szerszám pedig hűtve.[1]



6.ábra, Arburg 470 C Allrounder műanyag fröccsöntő gép [11]

2.3.1 A Fröccsöntő szerszám felépítése, azok feladatai

A műanyag fröccsöntés egy egyedi szerszám- és alkatrészgyártási folyamat, így ez azt jelenti, hogy minden egyes alkatrészhez külön szerszámot kell gyártani. A fröccsöntő szerszámok több fő részből állnak össze, amelyek szabványosan kialakított elemek, és előre le vannak gyártva, ezeket felhasználva pedig a szerszámtervezési idő 20-30 százalékkal, a szerszámgyártási idő pedig 20-40 százalékkal csökkenthető.



7.ábra A Fröccsöntő szerszám felépítése [12]

- Központosító gyűrű

A központosító gyűrű feladata az, hogy megvezesse a fröccsöntő gép fúvókáját a szerszám beömlőperselyéhez. Illetve biztosítja a szerszám helyes pozicionálását.

- Beömlőpersely

Ezen keresztül juttatja be a fröccsöntő gép a megolvasztott polimert a formába. Ahhoz, hogy „tökéletes” legyen a fröccsöntés, kúposan kell megmunkálni a beömlőperselyt, 0,5-2 fokkal a szerszám belseje felé. A fúvóka kialakításának pedig nagyobbak kell lennie a fröccsöntőgép furatánál, ugyanis a szűkülő keresztmetszet miatt felgyorsul a beömlés, így jobb a kitöltés.

- Álló oldali felfogó lap

Magába foglalja a központosító gyűrűt, és a beömlőpersely helyét. Ehhez fog csatlakozni az álló oldali formalap. A felfogólapok tervezésekor nem szabad figyelmen kívül hagyni a fröccsöntő gép szerszámfelfogó lapjának a méreteit, ugyanis adott a maximálisan felhelyezhető szerszám mérete.

- Álló oldali formalap

Az álló és mozgó oldali formalapokban kerül kialakításra a szerszám formaadó része, a szerszámüreget, ez kerülhet kialakításra közvetlen a formalapból, vagy használhatóak különféle betétek. Kisméretű alkatrészeknél, és egyszerű szerszámkonstrukciónál kimunkálható közvetlenül a formalapból. A betétezett szerszámüreget lehet többfészkés, bonyolult, ami lehet részben, vagy teljesen betétedzett.

Az általános rögzítési formája a betéteknek a csavarkötés. Ha szükséges, akkor elfordulás ellen is rögzíteni kell. A betétekből összeállított szerszámok előnye, hogy a karbantartás, és a felújítás egyszerűbb, mint a formalapban kialakított szerszámüreg esetén. A temperáló rendszer a formalapokban van kialakítva, feladata a szerszám megfelelő hőmérsékletre való hevítése, illetve a termék hűlésének segítése.

A temperáló közeg általában a szerszám oldalán egy gyorscsatlakozón át kerül be a szerszámba, ez lehet víz, olaj vagy emulzió. Ez nagyon fontos, ugyanis ennek hiányában nő a ciklusidő, ami magával vonzza a gyártási költségek növekedését is.

- Mozgó oldali formalap

A termék üreges és furatos részeit a mozgó oldali formalapból alakítják ki, készülhet a formalapból kimunkálással, vagy betétek összerakásával.

- Támasztó lap - vagy párnalap

A mozgó oldali formalap alatt található. Biztosítja a formalapok számára a merevséget a szerszámban. A vastagsága függ az elrendezéstől, a szerszámüregben ébredő nyomástól, és a fészekszámtól.

- Támasztó pillér

A feladata megegyezik a támasztó lappal, mégpedig a formalap merevítése. Ezt egyedi gyártásban használják.

- Vezetőoszlop, vezetőpersely

Az álló oldali formalap tartalmazza a vezetőoszlopot, a mozgó oldali formalap tartalmazza a vezetőperselyt. A szerszámot összezáráskor ezek vezetik meg, és biztosítják a helyes pozíciót.

- Kilökő tartólap

A szerszám mozgó oldalán található, magában foglalja a kilökőket, csőkilökőket és a késkilökőket. Általában csavarral rögzítik.

- Kilökőlap

A kilökő tartólap alatt van, általában alátéteket helyeznek el távtartóként, hogy megelőzzék a szennyeződéseket a kilökőlap és a mozgó oldali felfogólap között, ugyanis a tartólap, és a kilökőlap közt adhézió léphet fel, és akadályozhatják a kilökést.

- Kilökőlap vezetőoszlop

Megvezeti a kilökőlapot, meggátolja annak befeszülését.

- Kilökő szár

A feladata a kilökőrendszer mozgatása.

- Mozgó oldali felfogólap

A gép mozgó oldali felfogó lapján van, erre vannak rögzítve a távtartók.

- Távtartó lap

Feladata az elegendő hely biztosítása a kilökőrendszernek a megfelelő mértékű elmozduláshoz.

2.3.2 Szerszámbetéttel szemben támasztott követelmények

A fentebb bemutatott műanyag fröccsöntő szerszám részeiből a szakdolgozatomban az álló oldali, illetve mozgó oldali felfogólapon található formabetétekkel foglalkozom főként, amelyeknek anyagaival szemben támasztott követelményeit mutatom be.

Műanyag fröccsöntés közben a nagy hőmérséklet (200-400°C), és nyomás hatására nagy koptató, és korrodáló hatás jelenik meg, amit megfelelő felületkezeléssel, és anyagválasztással lehet csökkenteni.[13]

Legfőbb követelmények a felhasznált acélokkal szemben:

- Jó forgácsolhatóság
- Jó hővezető képesség
- Korrózióállóság
- Polírozhatóság
- Kopásállóság
- Krómozhatóság
- Átédzhetőség
- Hőállóság

Alkalmazott acéltípusok:

- Ötvözetlen szerszámacélok
- Betétben edzhető acélok
- Előnemesített acélok
- Edzhető, korrózióálló acélok
- Nitridálható acélok
- Hideg-és melegalakító ötvözt szerszámacélok

3. Anyagok és megmunkálási technológiák

3.1 Általános szerszámacélok műanyaga fröccsöntő szerszámbetétekhez

Műanyag fröccsöntő szerszámacélokból készítjük el a műanyag fröccsöntő szerszámbetéteket. Az alábbiakban ismertetem az általános acéltípusokat, amelyekből a tervezők kiválasztják az alkatrész legyártásához megfelelőt.

Nemesített szerszámacél

Két egészen hasonló, nemesített szerszámacélt mutatok be, majd hasonlítok össze.

1.2311 – 40CrMnMo7

2.táblázat 1.2311 Anyagösszetétele [14]

C	Si	Mn	Cr	Mo	S
0,35- 0,45	0,20- 0,40	1,30- 1,60	1,80- 2,10	0,15- 0,25	<0,035

1.2312 – 40CrMnMoS8-6

3.táblázat 1.2312 Anyagösszetétele [15]

C	Si	Mn	Cr	Mo	S
0,35- 0,45	0,30- 0,50	1,40- 1,60	1,80-2,0	0,15- 0,25	<0,03

4.táblázat 1.2311-1.2312 anyagok összehasonlítása [16][17]

	1.2311	1.2312
Sűrűség	7,83 kg/dm ³	7,85 kg/dm ³
Hegeszthetőség	Rossz	Rossz
Megmunkálhatóság	Jó	Közepes
Polírozhatóság	Igen	Nem
Korrózióállóság	gyenge	gyenge

Az összehasonlítás által kiderül, hogy a különbségek a megmunkálhatóságban, és a polírozásban rejlenek.

1.2311 Főbb tulajdonságai [9]:

- Szakítószilárdság: 950-1100 N/mm²

- Keménység: 280-325 HB
- Jól polírozható
- Nitridálható
- Jól szikraforgácsolható
- Betétedzhető lánggal, és indukciósan

Ötvözetlen, hidegalakító- műanyag alakító szerszámacél

5.táblázat 1.1730 Anyagösszetétele [13]

C	Si	Mn	Cr	Mo	S
0,45	0,3	0,7	-	-	-

Előnye:

- Jól forgácsolható
- Jól hegeszthető
- Jó szívósságú
- Felületi edzhető 55HRC-ig
- Szakítószilárdsága $650 \frac{N}{mm^2}$

Alkalmazási területei: alacsony terhelésű szerszámkeretek, alátétlapok, műanyag-alakító szerszámok, szorító, feszítőelemek, prototípusok. Nemesített állapotban kéziszerszámokat és mezőgazdasági szerszámokat készítenek belőle. Lánggal, és indukciósan egyaránt edzhető.

Betétkben edzhető acél

6.táblázat 1.1262 Anyagösszetétele [13]

C	Si	Mn	Cr	Mo	S
0,21	0,3	1,3	1,2	-	-

Előnye:

- Nagyon könnyen forgácsolható
- Betétedzett állapotában rendkívül jól polírozható
- Jól szikraforgácsolható
- Fotómaratható
- Jól keménykrómozható

- Betétedzés és megeresztés után nagy keménység érhető el a szívósság mellett
- Nemesített állapotában nitridálható

Alkalmazási területei: fogaskerekek, bordás tengelyek, tengelyek, gépalkatrészek, vezetőoszlopok, kis és közepes mértékben igénybevett műanyag alakító betétek, és formák

Előnemesített acélok

7.táblázat 1.2378 Anyagösszetétele [13]

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0,38	0,3	1,5	2	0,2	1,10

Előnye

- Nagyon jó szívósság
- Jól forgácsolható
- Jól polírozható
- Szikraforgácsolható
- Fotómaratható
- Minden eljárással nitridálható
- Lánggal, és indukciósan is edzhető

Alkalmazási területei: gumialakító szerszámok, duroplasztokhoz való sajtolószerszámok, tengelyek, gépészetben használt általános szerszámalkatrészek

Edzhető, korrózióálló

8.táblázat 1.4028 Anyagösszetétele [13]

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
0,35	0,4	0,3	13	-	-

Előnyei

- Magasfényű polírozás
- korrózióálló
- Jól fotómaratható
- Jól forgácsolható

Alkalmazási területei: képcsövek, képernyők lencsék, és optikai termékek formaadó szerszámához [10]

3.2 Megmunkálási technológia

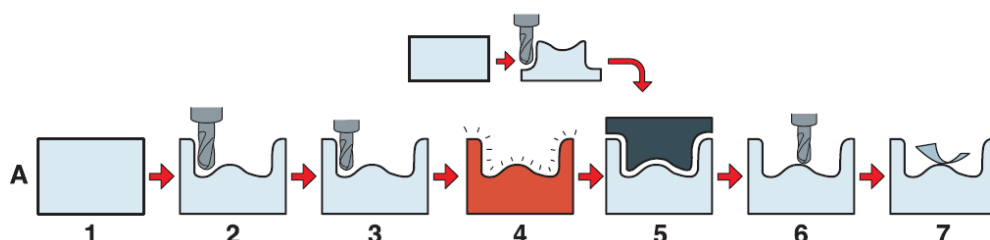
Ahhoz, hogy sikeresen le lehessen gyártani a fröccsöntőszerszámot, tisztában kell lenni az iparban alkalmazott megmunkálási sorrendekkel. Ennek ismeretével képesek vagyunk a helyes megmunkálási sorrend előírására, illetve sikeres költség és időhatékony sorrendtervezésre.

Fröccsöntő szerszámbetétek megmunkálása során többféle lehetőség van anyagválasztás szempontjából. Ennek főként gazdasági okai vannak, ugyanis egy előkezelt anyag esetében kevesebb gépidővel kell számolni, míg egy kezeletlen nyersanyagnál a hőkezelést is bele kell kalkulálni.

Elsősorban egy egyszerű szerszámacél alapanyagot alkalmazunk, majd azt megmunkálva, edzve és felület kezelve. Másod sorban, amikor a szirkaforgácsolást lecseréljük nagy sebességű marási megmunkálásra. Harmadszor pedig, amikor az alapanyag már előnemesített állapotban érkezik, így ezzel lerövidül az alkatrészgyártás egy teljes műveletnyi idővel.

A. módszer:

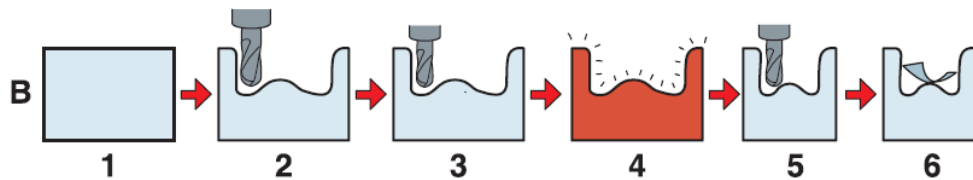
1. Ötvözetlen szerszámacél
2. Nagyolás
3. Simítás
4. Felületkezelés a kívánt keménységre
5. Szirkaforgácsolás (a nagy rádiuszú lekerekítésekhez, és sarkokhoz nagy mélységben)
6. A szerszámüreg készre munkálása
7. Kézi felület befejezés



8.ábra, a hagyományos szerszámbetét gyártás lépései [18]

B. módszer

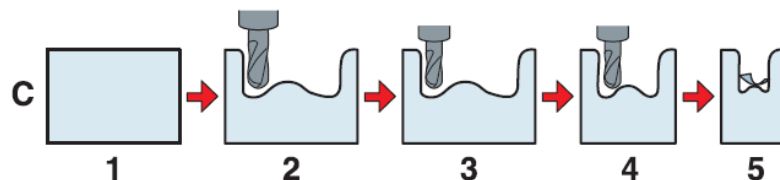
1. Ötvözetlen szerszámacél
2. Nagyolás
3. Simítás
4. Felületkezelés a kívánt keménységre
5. A szerszámüreg készre munkálása
6. Kézi felület befejezés



9.ábra, a szerszámbetét gyártás lépései [18]

C módszer

1. Előnemesített szerszámacél
2. Nagyolás
3. Simítás
4. Szerszámüreg készre munkálása
5. Kézi befejezés



10.ábra, a szerszámbetét gyártás lépései [18]

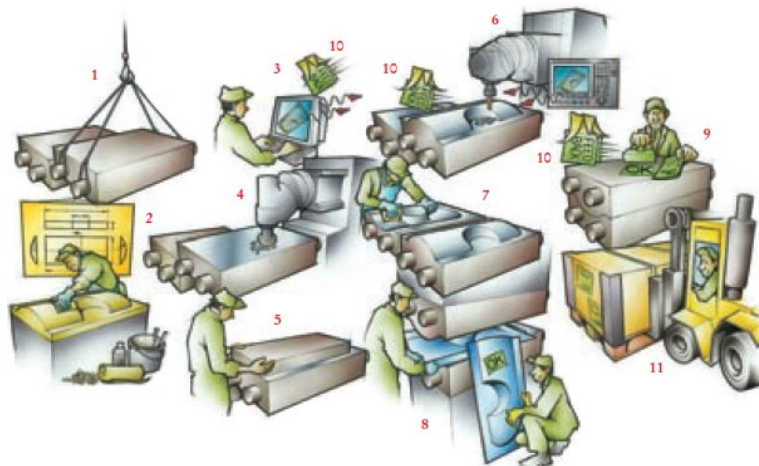
Jól látható, a B módszerben az előtte lévőhöz képest eggyel kevesebb műveletre van szükség, mivel a teljes szerszámüreg nagy sebességű marással (továbbiakban HSM) van megmunkálva.

A C verzióban látható módszer szerint az előnemesített alapanyag beszerzésekor már legalább két teljes műveletnyi munkaidő és bér megspórolható.

3.3 Általános műveleti sorrendterv

Ahogy azt az előző fejezetben kifejtettem, szükség van a megfelelő műveleti sorrendtervre. A műveleti sorrendtervet a technológus írja elő, mindig az adott alkatrészt elemezve, ahhoz igazítva. Az iparban egy általánosan használt műveleti sorrendtervet mutatok be, amelyhez a Sandvick műanyag fröccsöntő katalógusát vettem alapul.

1. Alapanyag beérkezése
2. Szerszámozás és modellkészítés
3. CAM tervezés, CNC - program elkészítése
4. 2D megmunkálás
5. Köszörülés
6. 3D-s megmunkálás
7. Alkatrészek polírozása
8. Mintadarab elkészülése után tesztelés
9. A tesztelés általi visszajelzés alapján módosítások
10. Elszállítás [18]



11.ábra, műveleti sorrendterv illusztrációja [18]

3.4 Szerszámbetétek hőkezelése, felületi megmunkálása

A hőkezelésre akkor van szükség, ha az alapanyag nem megfelelő keménységű, esetleg nincs benne elég szén, vagy túl sok a benne lévő feszültség, és azt csökkenteni kell.

- Feszültségmentesítés

A gyártás során az anyagszerkezetben maradt feszültségeket minimalizáljuk anélkül, hogy az anyag szövetszerkezete megváltozna, illetve, hogy megakadályozzuk a feldolgozás során fellépő mértváltozásokat. A belső feszültségek legfőbb kialakulásának oka az anyag nem egyenletes hűlése legyártás után. [19] [21]

- Cementálás

Ha az alapanyag nem tartalmaz legalább 0,2% szént, akkor felületi hőkezeléssel (cementálással) lehet bevinni, diffúzióval. Cementálás során az acélt cementálószerbe helyezük, ahol létrejön a diffúzió a megfelelő körülmények mellett. Ilyenkor oldódik a szén az acél felületi rétegében, ezáltal az eddig nem edzhető acél edzhetővé válik. A cementálás általában 830-960°C-on történik. Cementálás történhet szilárd, folyékony, vagy gáz közegben. [20] [22] [23]

- Nitridálás

Diffúzióval az acél felületi rétegébe nitrogént juttatunk be atomok formájában. Ennek hatására megnő az anyag kéreg keménysége, korrózióállósága és a kifaradási határa. Két fajtája van a nitridálásnak: kemény, és lágy nitrálás. Míg a kemény nitridálás főleg a keménységet növeli, a lágy nitridálás növeli a kifaradási határt és a korrózióállóságot. [19] [20]

- Lángedzés

Felhevítjük az acél felületét oxigén és éghető gáz keverékével az edzési hőmérsékletre, majd hirtelen lehűtjük egy rövid hőntartás után. Az így elért felületi keménység 46-64 HRC lehet. Könnyen elvégezhető eljárás, viszont nem lehet pontos felületi keménységet beállítani ezzel a módszerrel. [19] [20]

3.5 Szerszámbetétek felületének „befejezése”

Műanyag fröccsöntés esetében a kész munkadarab felülete nagyban függ a szerszámbetét felületétől. Minél simább, polírozott felületet használunk műanyag fröccsöntés során, annál szebb lesz a munkadarab felülete.

Fotómaratás

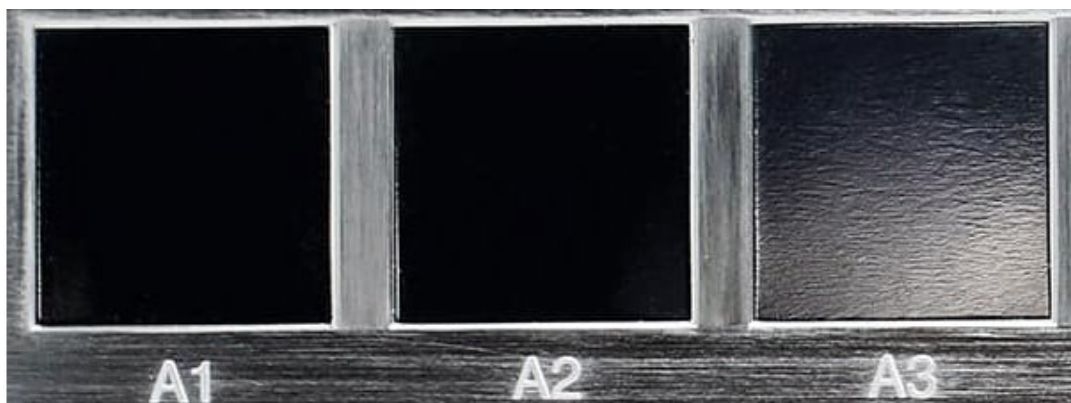
Egy olyan felületkezelés, ahol lúggal, vagy savval (függ a kezelt anyag típusától) van lemaratva az anyag felülete, és így mintát, vagy bármilyen kívánt textúrát lehet létrehozni. Lehet fa, illetve bőr hatású mintát is létrehozni, és a kívánt mintát fényképészeti eljárással viszik át a formára. Ezután a mintát ellenőrzött körülmények között a kívánt mélységig maratják az arra megfelelő savval. Fotómaratni lehet a teljes szerszámot, vagy csak alkatrészeket. A végeredményt befolyásolni tudja az anyagminőség, az edzés, a lángedzés, a hegesztés, a szikraforgácsolás, és a szerszámacél szemcseáramlási iránya. Ha nitridálni kell a szerszám felületét, akkor azt a fotómaratás után kell elvégezni.[24]

Polírozás

SPI (SPI-Society of the Plastics Industry – Műanyagipari társaság) - számmal látjuk el a polírozott felületeket, ez főleg Amerikában jellemző. Jelenleg 12 féle SPI- számmal látják el a kezelt felületeket, minden kategóriának saját követelményei vannak.

Fényes felületkezelés

SPI osztályok: A1; A2; A3



12.ábra Polírozott felületek A1-A2-A3 [25]

Általában olajban feloldott finom gyémánporral csiszolják a felületet tükörfényesre. Ez nagyon drága felületkészítés, általában napellenzőkhöz, műanyag tükrökhöz és optikai alkatrészekhez használják.

Félig fényes felületkezelés

SPI osztályok: B1; B2; B3

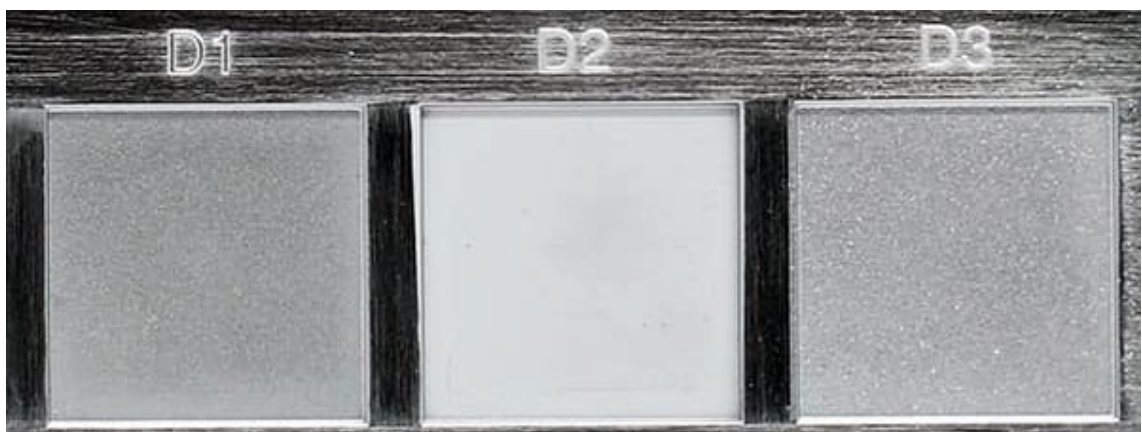


13. ábra Polírozott felületek B1-B2-B3 [25]

Ezek a félig fényes felületek, melyeket fényes, és edzett szerszámacél öntőformával hozzák létre. A szerszámot ultrafinom csiszolópapírral polírozzák. Ezzel a felületkezeléssel ellátott szerszámban létrehozott alkatrészekeken nincsenek fröccsöntési hibák.

Matt felületek

SPI osztályok: D1; D2; D3



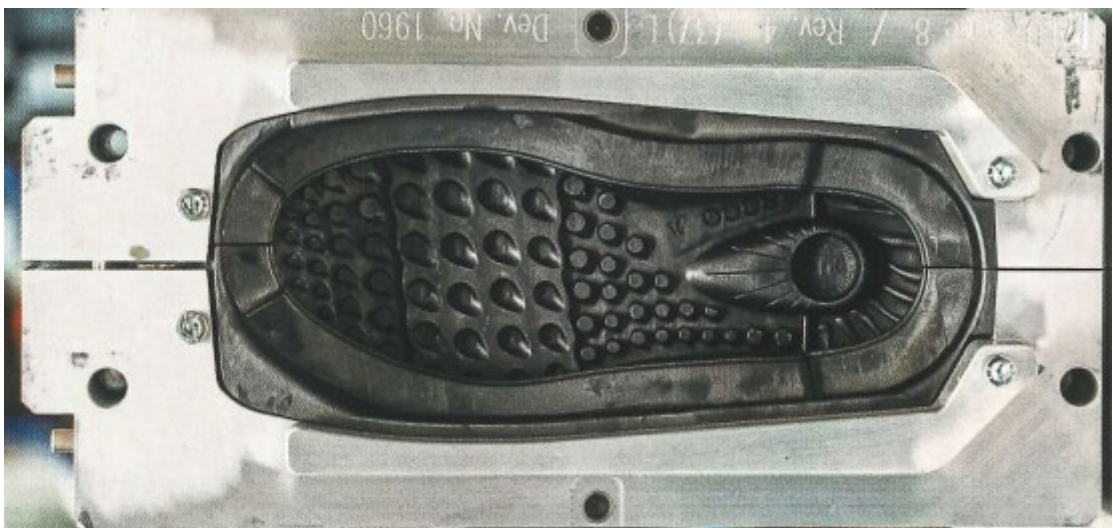
14. ábra Polírozott felületek D1-D2-D3 [25]

Finom kőporral csiszolják, majd alumínium-oxiddal kezelik a felületét. Hatékonyan tudja elrejteni a fröccsöntési hibákat, és az ujjlenyomatokat is.

3.6 Szerszámbetétek gyártása additív eljárással

3.7 3D nyomtatott szerszámbetétek

Egy dán cipőgyártó cég (Ecco) jelenleg az „Origin One 30” nyomtatási technológiát felhasználva a Stratasys-tól 3D nyomtatott fröccsöntő mintákat használ a tervezési folyamatban. Ezek a 3D nyomtatott fröccsöntő formák megfelelnek a CNC-vel megmunkált alumínium fröccsöntő formák minőségi követelményeinek. A Photopolimerből nyomtatott öntőformák előállításuk sokkal olcsóbb, mint a CNC-vel megmunkált darabok. A 3D nyomtatott fröccsöntő formának megvan az az előnye a CNC-vel megmunkált formával szemben, hogy egy este alatt elkészül, és sokkal költséghatékonyabb, mint a fémmegmunkált társai. Ez által a mérnökök sokkal rugalmasabbak tudnak lenni a tervezési fázisban, és a tervezési folyamat elején kiderülnek a hibák, amiket könnyebben lehet javítani.[26]



15. ábra 3D nyomtatott szerszámbetét [27]

3.8 High speed milling - Nagy sebességű megmunkálás

Az igény mindig megvolt a fejlettebb és a nagy sebességű (HSM) CNC megmunkálások iránt. Az iparban a nagy sebességű megmunkálást kétféleképpen hozzák létre. Az első: az igazi HSM koncepciók a kicsi és bonyolult alkatrészekhez vannak, edzett anyagokhoz. A második pedig olyan főorsójú nagy gépekhez, amik nagy fordulatszámmal rendelkeznek, ezeket nagy fröccs szerszámokhoz, és öntőformák befejezéséhez használják. Ezek a nagy gépek általában nem rendelkeznek a HSM-hez megfelelő előtoló sebességgel és fordulatszámmal, gyorsulással vagy lassítással.

A nagysebességű megmunkálást első sorban azért fejlesztették ki, mert az iparban létrehozott CNC gépek képesek lettek rá, hogy a szikraforgácsolással való alkatrészmegmunkálással járó időt csökkentsék. A HSM lényege: olyan szerszám pályák létrehozása, ahol a maró szerszámba lépése, és a forgácsterhelése még a sarkokban is állandó.[27][28]

3.9 Szikraforgácsolás

A szikraforgácsolással olyan alakos felületeket, sarkokat is lehetséges megmunkálni, amelyeket marási, esztergálási műveletekkel nem. Ennek az eljárásnak nagyon nagy szerepe van a műanyag fröccsöntő szerszámbetétek készítésében.

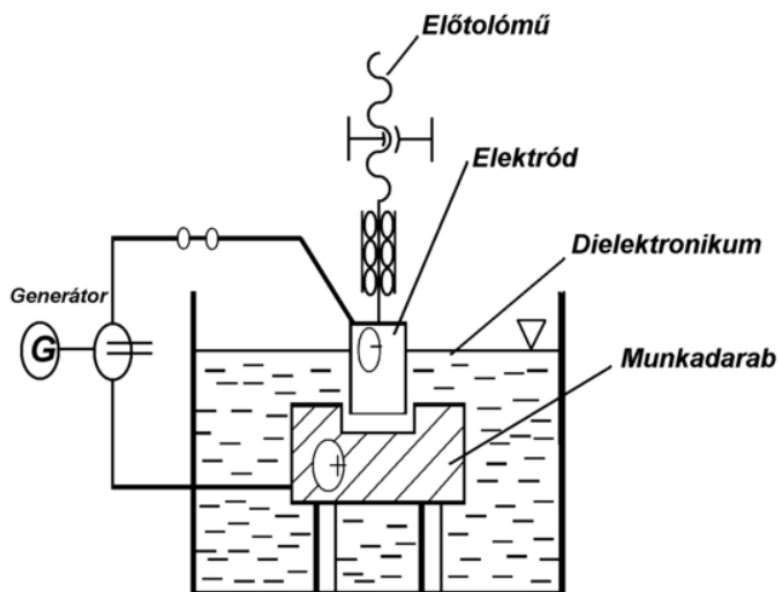
Huzalszikra forgácsolás

Az eljárás nevéből adódóan ez egy huzallal elvégzett anyagleválasztási folyamat. A huzal általában sárgaréz, de lehet horganyzott is. A sárgaréz huzal minősége: CuZn 37, amelynek a szakítószilárdsága 500 MPa. A horgany bevonatos huzalok lehetnek 0,25 mm átmérőjűek is, amelyeknek a szakítószilárdsága elérheti a 750 MPa-t.

Ezen kívül a speciális esetekben, amikor a sárgaréz huzal nem megfelelő akár a keménysége akár a huzalátmérője miatt, akkor molibdén huzalt használnak, amely anyaga molibdén K 100, és 0,025mm-0,125mm között van a huzalátmérő. A vezető közeg a huzalszikraforgácsolás esetében ioncserélt víz. Ezzel a megmunkálási formával alámetszéseket, kúpos felületeket könnyen lehet kialakítani, a pontossága pedig 5 mikron.[29]

Tömbszikra forgácsolás

Tömbszikra forgácsolás során két darab villamos elektróda szigetelő folyadékba (dielektrikumba) helyezve a köztük kialakuló kisüléssorozatok segítségével anyagot választ le. Jelen esetben a munkadarab az egyik elektróda, a másik pedig a szerszámelektróda. A munkadarab elektródán kialakul az utóbbi alakjának lenyomata. [29]



16. ábra, szikraforgácsolás elvi ábrája [29]

3.10 Szikraforgácsolás létrejöttének feltételei:

Ha nem érintkezik egymással a két elektróda, de pont akkora távolságban vannak egymástól, hogy a köztük lévő feszültség átüt a köztük lévő munkafolyadék szigetelési szilárdságán. Egyenfeszültség helyett feszültségimpulzusokkal tápláljuk az elektródákat. A két elektróda távolsága a teljes megmunkálás alatt állandó.

Dielektrikum lehet: petróleum, aromás szénhidrogén, transzformátor olaj

Előnyei: Nem keletkezik sorja a megmunkálás közben. A szikraforgácsolás közben mechanikai erőhatások nem lépnek fel, amelyek bármilyen módon eltorzítanák a munkadarabot és a szerszámot. Bármely olyan anyagot meglehet vele munkálni, amely kemény, fémesen vezető.

- Alkalmazási területei

Bonyolultabb alakú, edzett felületek méretpontos megmunkálása (szerszámgyártás). Laboratóriumi körülmények között való kemény anyagok feldarabolása. Kis keresztmetszettel rendelkező nyílások, áttörések megmunkálására például: porlasztók, gőzturbinában található hőfuratok. Lemezalakításban alakos felületek körbevágására, szerszámjavítás. Hőkezelt alkatrészek, szerszámüregek javítása, felújítása további hőkezelés nélkül [29]

4. Tervezéstől a gyártásig

4.1 Tervezőprogramok bemutatása

Korunk egyik legnagyobb vívmánya a számítógéppel segített tervezés. Manapság elképzelhetetlen lenne a tervezési folyamatok kivitelezése a tervező programok segítségével. Jelenleg egyre kisebb méretű számítógépek jelennek meg, amelyek egyre több információt tudnak eltárolni, és feldolgozni, így nagyban hozzájárulnak azon cégek fejlődéséhez, amelyek felismerik, hogy ezek olyan lehetőségeket kínálnak, amelyek hatalmas fejlődést jelentenek a mérnöki feladatok megoldásában.

Ahhoz, hogy eljussunk a mai tervezőprogramokhoz, kicsit meg kell ismerkednünk ezek kialakulásával, fejlődésével. Már az 1950-es években elkezdtek alkalmazni a számítógépeket a tervezési folyamatokban.

Főbb alapvető tények, amik hozzájárultak a számítógép elterjedéséhez

- műszaki számítások mennyiségének, nagyságának növekedése
- túl bonyolulttá való számítási feladatok
- számítógépes segítség nélkül a problémák megoldása nem mindig volt a legegyszerűbb módon kivitelezhető
- a számítástechnika elterjedésével olcsóbbak lesznek egyes részköltségek pl.: információfeldolgozás

Főképp ezek az alap tények miatt fejlesztették ki az egységes CAD/CAM rendszereket, amelyeket már világszerte használnak napjainkban a műszaki feladatok megoldása közben. Maga a CAD/CAM (Számítógéppel segített tervezés, számítógéppel segített kivitelezés) elnevezés magába foglalja a CAD/CAM ipari tervezést, gyártást, ezek egy közvetlen számítógépes gyártási rendszerré összekapcsolását. Ennek kiegészítése a CAE, amely a számítógéppel segített mérnöki munkák összefoglalása.

A CAD rendszerek általában egy számítógépet, hozzá csatlakoztatott terminált, beviteli eszközöket (egér, billentyűzet) foglalnak magukba. A CAM rendszerek pedig a gyártást segítő robotokat, számjegy vezérelt számítógépeket foglalják magukba.

A CAE rendszer a benne létrehozott, módosított rajzokat közvetlenül a terméket gyártó gép rendszeréhez való irányító utasításokká alakítja át. Ezek a rendszerek csökkentik a terméktervezés idejét, és növelik a gép termelékenységét a gyártás optimalizálásával és a gépi műveletek rugalmas változtatásaival.[30]

4.2 CAD modellezés - Solid Edge

Szakdolgozatomban a modellezésre a Solid Edge 2022-es diákverzióját használtam, itt amire azért volt szükség, mert az alkatrészből elkészült öntőforma elkészítéséhez.

A Solid Edge egy az ipar által alkalmazott 3D-s CAM/CAE tervező szoftver. A szoftver Windows XP verziótól felfelé futtatható. A szoftver eredetileg az Intergraph tulajdona volt, amit ACIS alapokon fejlesztettek, majd az UGS felvásárolta ezt 1998-ban. Innentől a tervező program a parasolid geometriai tervezést alkalmazza. Később, 2007-ben a Siemens megvásárolta, a Solid Edge rohamosan fejlődni kezdett.

Solid Edge modellezési technológiái:

Hagyományos modellezés

A hagyományos modellezés egy lényegében visszakövethető modellezési forma a Solid Edgeben, ahol szerepel a modell történelme egy lenyíló ablakban. Modellezés közben láthatóak mind a szilárdtest, mind a felületmodellezés eszközei. A modellezés egy vázlat elkészítésével kezdődik, majd alaksajátosságok létrehozásával folytatódik. pl: kihúzás, forgatás, kivágás. A vázlatot a modellezés folyamán bármikor lehetséges változtatni. Előny, és hátrány is egyben, hogy a módosítás után a modell is módosulni fog.

Előnyei, hogy minden módosítható a modellben és a vázlatban, valamint paraméteresen vezérelt.

Hátrányai, hogy a modell ismerete nélkül változtatáskor tönkre is tehetjük azt, illetve alaksajátosságok ismerete szükséges.

Szinkron modellezés

Az ST2-es Solid Edge kiadás már tartalmazta a szinkronmodellezést, mely modelltörténelem mentes, és a modellezés az alakelemeken alapul. Az alapja a Parasolid geometriai modellezés. A modell közvetlenül készül, nincs külön vázlatozási mód.

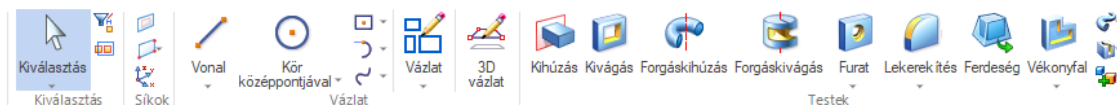
Előnyei: Gyorsabb modellezési folyamat, mint a hagyományos modellezés, képes többféle CAD-program közti átdolgozásra

Hátrányai: Modelltörténet hiánya, valamint paraméteresen vezérelt.[31]

4.3 Modellezés Solid Edge 2022-ben.

A Solid Edgeben az alapvető funkciók megtalálhatóak, mint minden modellező programban.

A vízszintes menüben (17. ábra) megtalálhatóak az alapvető rajzfunkciók, mind a vázlatkészítési funkciók, mind pedig a már megrajzolt vázlat modellé alakításához szükséges funkciók.



17. ábra, a Solid Edge menüje [saját kép]

A fentiekből a következőket használtam a szakdolgozatom során:
2D-s eszközök

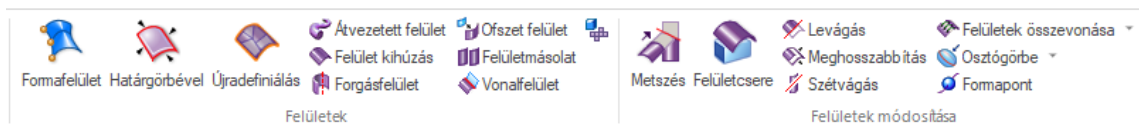
- Vonal
- Vonallánc
- Kör
- téglalap
- lekerekítés, letörés
- ofszet: egy adott geometriát, adott kiválasztott irányban, adott távolságban lemásol (kicsinyít, nagyít)

3D-s eszközök - Testmodellezés

- kihúzás: vonallánc mentén a kijelölt irányban készít egy testet
- kivágás: vonallánc mentén a kijelölt irányban kivágja a kijelölt alakzatot
- Párhuzamos síkok létrehozása: kiválasztott alakelemhez, vagy alapsíktól megadott távolságra létrehoz egy melléksíkot

- vékonyfal: nyitott felületet készít az alkatrészből a megadott falvastagsággal
- Test hozzáadása: hozzáad egy új testet a modellhez
- kivonás: egy adott testből kivon egy kiválasztott felületelemet, vagy testet
- szétvágás: egy kiválasztott síkkal vagy testtel elvág egy testet két különálló testté
- multitest publikálás: a megnyitott rajzon belül lévő alkatrészeket vagy már korábban szétvágott testeket külön testként elmenti, vagy szerelési fájlba

Felületmodellezési eszközök



18. ábra, Solid Edge felületmodellezési eszköztára [saját kép]

- felület másolat: egy másolatot készít a kiválasztott felületekből
- felületek összevonása: összevonja a kijelölt, de még különálló felületelemeket egy felületté
- felületek meghosszabbítása: a kijelölt felületet meghosszabbítja a kijelölt irányban

4.4 Tervezési feladat

4.5 Az alkatrész elemzése és modellezése

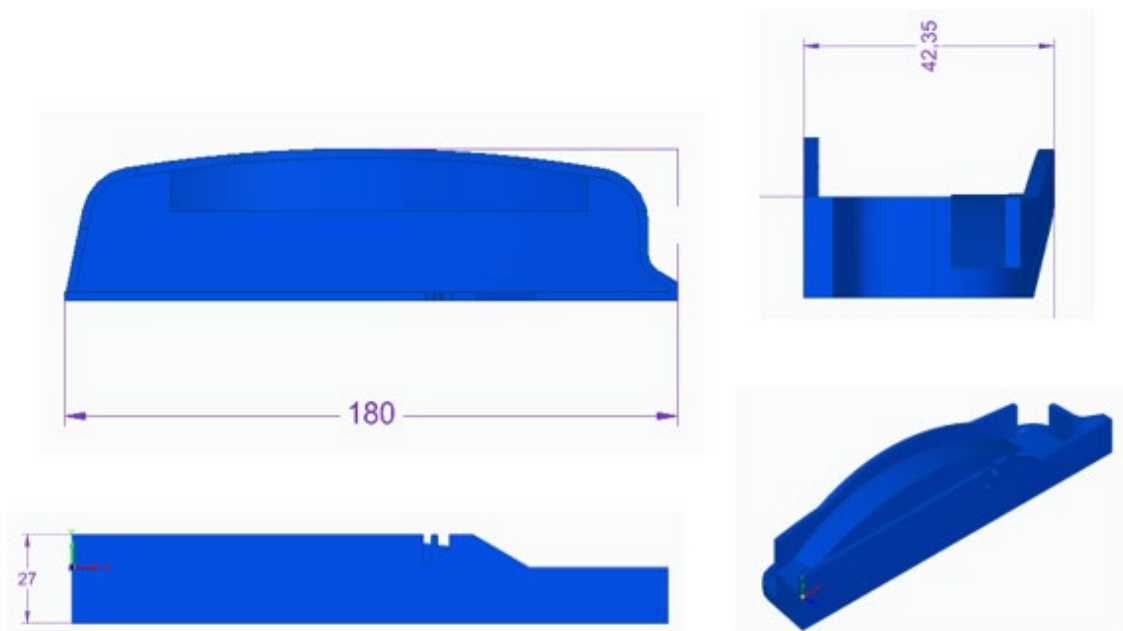
A választott alkatrészem egy Konica nyomtatóhoz való fogantyú. (19.ábra)

A szakdolgozatom elsődleges feladata az volt, hogy modellezsem le a fröccsöntendő termékem. Mivel nem rendelkezem koordináta mérőgéppel, vagy speciális műszerekkel, így a munkadarabom méreteinek felvételekor a méréseket egyetemes mérőeszközzel, egy 0,02-es pontosságú 0-150mm-es tolómérővel tettem.

Az alkatrész befoglaló méretei, és modelljei az 20. ábrán láthatóak.



19. ábra Az alkatrész [saját kép]

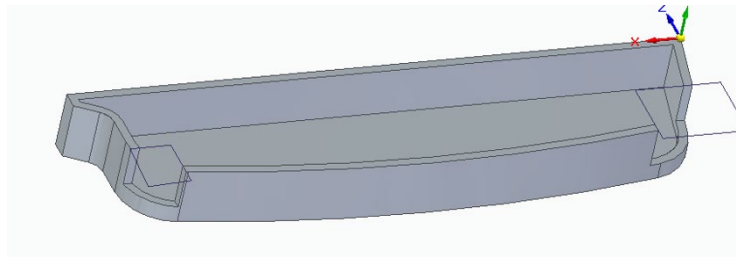


20.ábra, Alkatrész befoglaló méretei, és modellje. [saját kép]

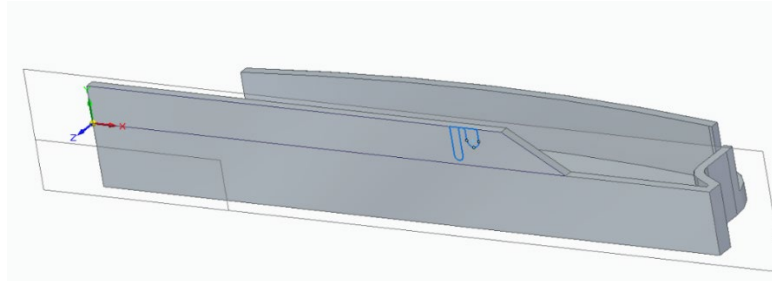
A modellezésem folyamatát képekben fogom bemutatni.

Először az alap modellezésével kezdtem, majd ofszeteltem a külső körívet 2,5mm-re, ugyanis annyi volt a munkadarabom falvastagsága, majd ezt kihúztam.

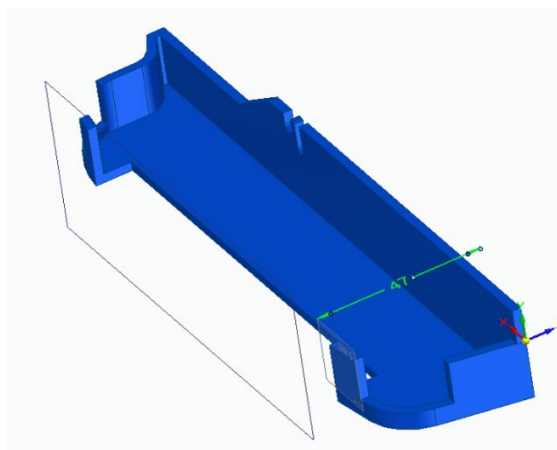
Ezután a 2 db oldalsó kivágást készítettem el egy új síkon való vázlattal, majd kivágás funkcióval (21. ábra). Ezután a hátlapra felraktam a meghosszabbítást, és a 2 db hosszanti kivágást a hátlapra (22. ábra). Ezután kivágtam az alkatrészem elejét (23. ábra), és egy új vázlattal létrehoztam a félköríves fogantyú-részt (24. ábra) Ezután pedig azt kihúztam, levágtam a munkadarab körívével, végül pedig egyesítettem a munkadarabomat egy testté. A kész munkadarab pedig az 25.számú ábrán látható.



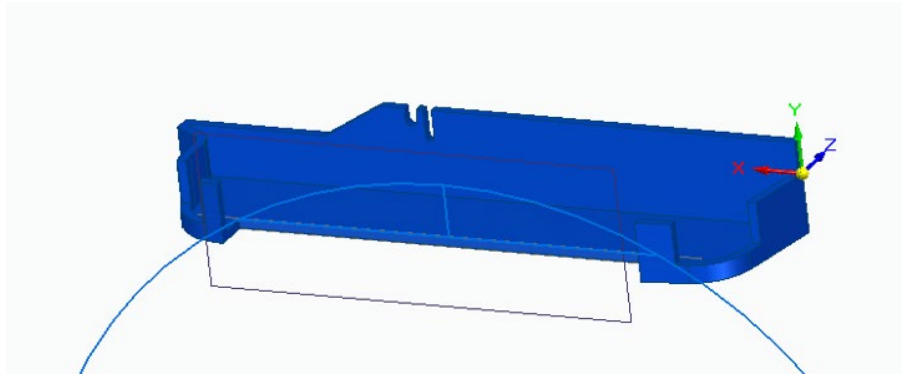
21. ábra, oldalsó kivágások [saját kép]



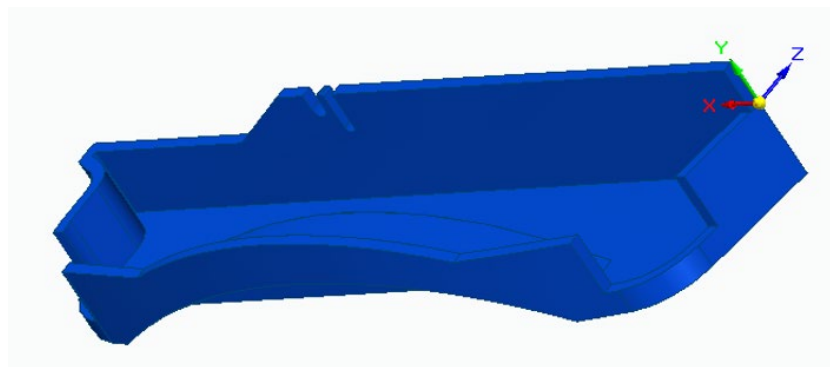
22. ábra, hátlap, kivágásokkal együtt [saját kép]



23. ábra, Előkészület a fogantyúrészhez [saját kép]



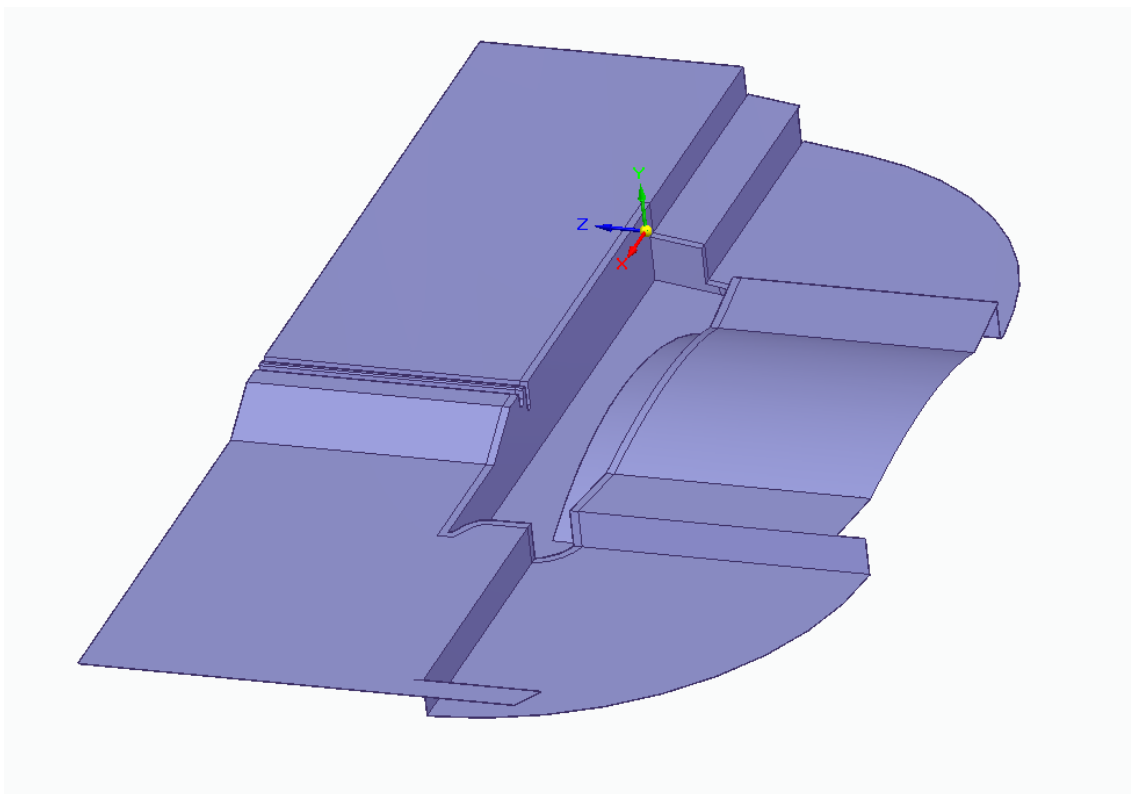
24. ábra, Fogantyúrész körívének megrajzolása [saját kép]



25. ábra, Kész munkadarab [saját kép]

4.6 Fröccsöntő szerszám formabetéteinek elkészítése

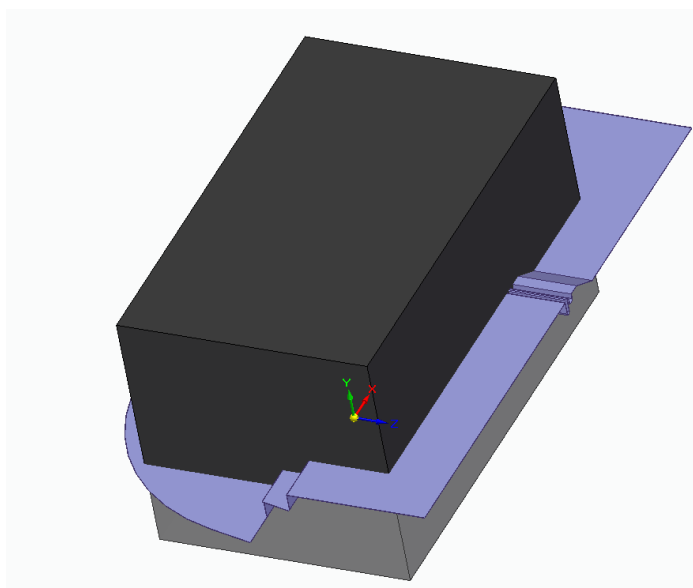
A fröccsöntendő alkatrészemhez a formabetéteket Solid Edge 2022-ben terveztem meg. A már korábban elkészített alkatrészmodellem dolgoztam tovább. Először a felületeket meg kell hosszabbítani. Ez a parancs a felületmodellezés fül alatt található. Meg kell adni, hogy melyik él mentén szeretném meghosszabbítani a kontúrt, majd az irányt. Egységesen minden irányban ez 80 mm lett (26. ábra). Viszont ahhoz, hogy meglehessen hosszabbítani az alkatrész éleit, ahhoz felületmodellezést kell használni. Az alkatrészeztől egy felületmásolatot csináltam, ezzel dolgoztam tovább.



26. ábra, Felület meghosszabbítás [saját kép]

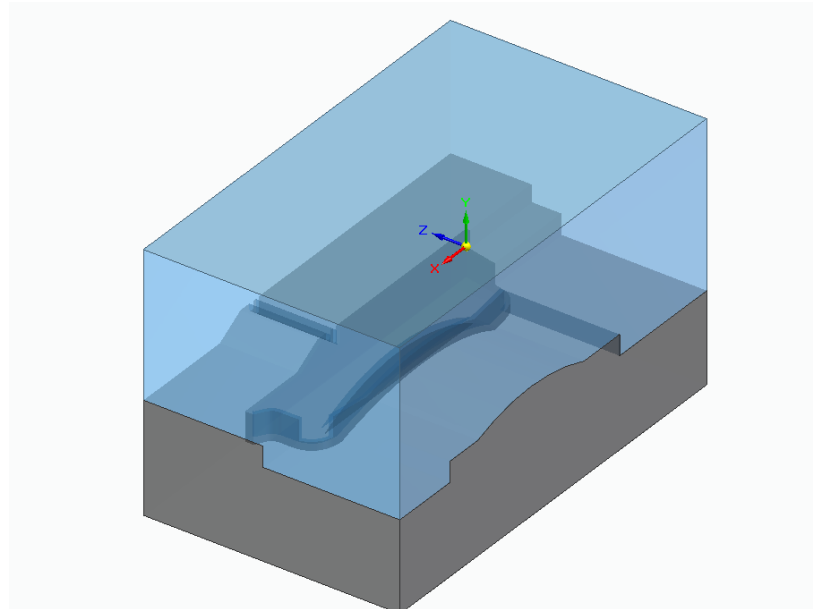
Majd, amint meglett minden él meghosszabbítása, egy új testet adtam hozzá, és ez lett a kettéválasztott munkadarabom alapja.

Az új test létrehozásakor megadtam, hogy egy 150x150x220 mm hosszúságú téglatest foglalja magába az alkatrészt úgy, hogy minden ponton túllógjon a téglatest oldalán a meghosszabbított felület. (27.ábra)



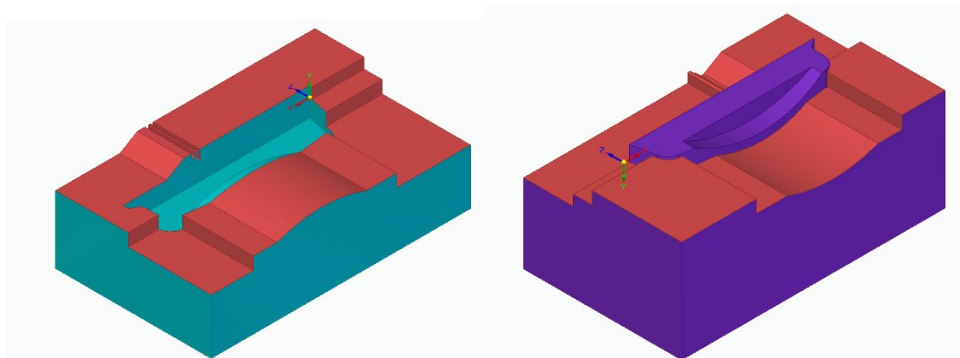
27. ábra, A 150x150x220-as téglatest megrajzolása [saját kép]

Ezek után a kivágás paranccsal kivágtam a most hozzáadott téglatestből az alkatrészt, hogy az „üreg” kész legyen. Amint ez megtörtént, szétvágás paranccsal a meghosszabbított felület segítségével elvágtam a téglatestet. (28.ábra)



28. ábra, A kettévágott alkatrész [saját kép]

Innentől már csak a szétvágott fröccsöntőformáinkat kell külön rajzban megjeleníteni. Ehhez pedig a multitest-publikálás funkciót használtam, aminek a segítségével pár kattintás után létrejöttek a fröccsöntő formáim. (29.-30. ábra)



29. ábra, Alkatrész belső fele [saját kép]

30. ábra, Alkatrész belső fele [saját kép]

4.7 Alkatrész

A szakdolgozatom témakiírásában nem szerepelt a kész alkatrészhez való anyagválasztás, mint feladat, viszont ahhoz, hogy sikeresen tudjak választani szerszámacélt, ahhoz tudnom kellett, milyen anyagnak fogom kitenni a fröccsöntő betétet. Így figyelembe vettem, az irodalomkutatásban található táblázatot, amelyben láthatóak a műanyag fröccsöntéskor alkalmazott általános műanyagok [1.táblázat]. Ez alapján választottam anyagot, amelynél több szempontot kell figyelembe venni. Az elsődleges szempont mindig a felhasználási terület lesz. Mivel az alkatrészem (30.ábra) egy „egyszerű” mindennap használatos nyomtató- alkatrész (fogantyú), így ez nem igényel különösebb anyagot.[4]

A választott anyag tulajdonságait (ABS) az első bekezdésben, a 9. oldalon részleteztem.

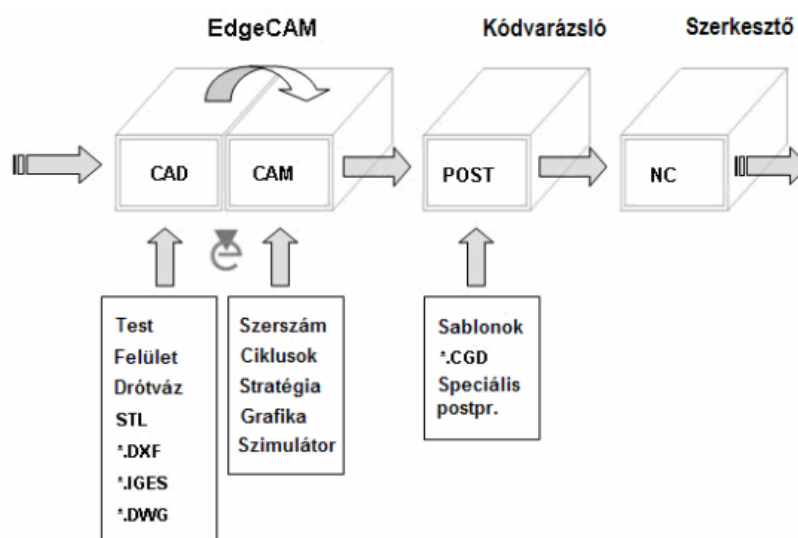
4.8 Fröccsöntő szerszámbetét

A munkadarab, és annak anyaga sem igényel különleges szerszámanyagot, így egyszerű szerszámacélok közül választottam. A műanyagalakításkor használt „általános” szerszámacélok közül választottam ki a 1.2311 - 12312-es EN kódú acélokat, ugyanis ezeket sűrűn használják hőre lágyuló műanyag fröccsöntésekor, különösen ABS műanyag alkalmazásakor.[27] Táblázat formájában szemléltettem az irodalomkutatás keretein belül a két anyag közti különbséget, előnyöket, anyagösszetételeket. Ezen információk tudatában a választott szerszámanyagom pedig az 1.2311 lett, így a műveleti sorrendtervezés során ehhez az anyaghoz fogok megmunkáló szerszámot választani.

4.9 CAD/CAM modellezés

Az alkatrész gyártásának modellezéséhez az EdgeCAM programot használtam Házi Feladat üzemmódban. Az EdgeCAM egy olyan CAD/CAM rendszer, amellyel lehetőség van lemodellezni alkatrészeknek a forgácsoló megmunkálásainak tervezését.

Az EdgeCAM gyártási folyamatokat szimulál le, adatbázisokat használ, főként szerszámokra és megmunkálásokra vonatkozókat. Képes CNC-kódot generálni a modellből, az adott szerszámgépre. Kommunikál a szerszámgépvezérlővel a megmunkálás folyamata közben. Lehetőség van szerszámgépet, és szerszámot kiválasztani a programban, mindemellett képes különböző CAD formátumú fájlokat importálni, és megnyitni.



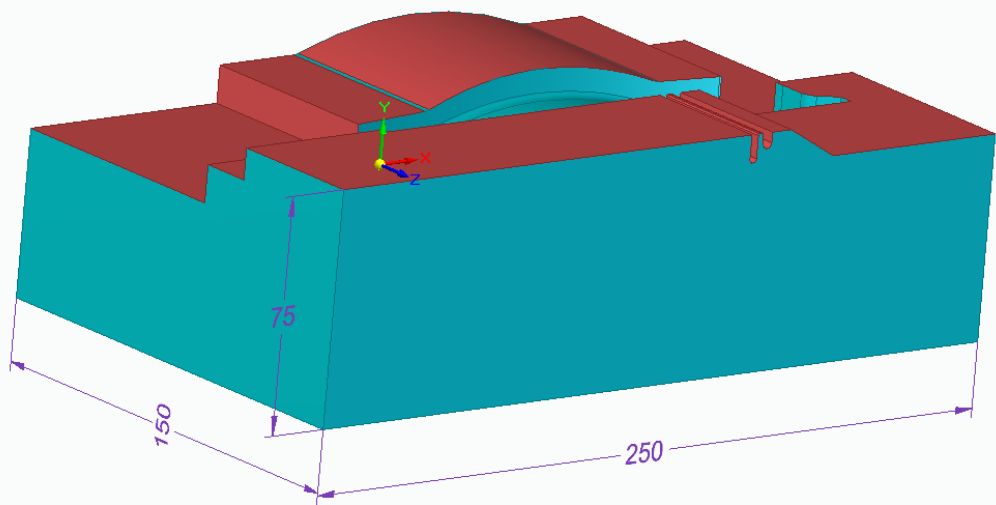
31. ábra, CAD-CAM életciklus [32]

Ahogy az a fenti (31. ábrán) egyszerűsített ábrán látható, az EdgeCAM rendelkezik minden olyan funkcióval, amivel egy sikeres gyártást lehetséges szimulálni.

Elsősorban sokféle alapfájl kiterjesztéssel lehet importált alkatrészeket dolgozni. Például: Testek, Drótvázak, Felületek, STL, DXF, IGES, DWG. Ezek a fájlkiterjesztések megtalálhatóak a Solid Edge, Autocad, Inventor programokban, így elmondható, hogy valóban bő a fájltypus befogadóképessége az EdgeCAM-nek. Amint importáltam az alkatrészt, megmunkálási szimulációk hozzáadásával, kiválasztottam a megmunkáló központot, szerszámokat, ciklusokat, az EdgeCAM ezeket a kódvarázsló segítségével CNC kóddá alakít át, amely aztán felhasználható a gyártás folyamán.

4.10 CAM- Edgcamben elvégzett megmunkálás folyamata

Miután importáltam az alkatrészem, az EdgeCAM kijelöl egy alap koordináta rendszert az alkatrészhez. Ezt bármikor lehet változtatni, el lehet helyezni, forgatni a térben. Amint ezzel kész lettem, előgyártmányt kellett választani az alkatrészemhez. A befoglaló méretei az alkatrészemnek a következő ábrán láthatóak. (32.ábra)



32. ábra Az alkatrész befoglaló méretei [saját kép]

Mivel egy tömbből van megmunkálva az alkatrész, amelyet valamely formában darabolnak (lehet fűrészelés, lángvágás, plazmavágás) így hagytam egy 5 mm-es ráhagyást az alkatrészem tetején, amelyet síkmarással munkáltam meg. Így az alkatrészemnek előgyártmány választásakor a 250x150x80 mm-es nagyságot adtam meg. Ezután befogó egységet kellett választanom az alkatrészhez, amelyet a készülék adatbázisból tettem meg.

4.10.1 Alaksajátosságok

Természetesen, mivel szoftverről van szó, olyan felületeket is bejelöl, amire nincs szükség, ezeket lehet törölni. (34.ábra) A szükségtelen, továbbiakban felesleges alaksajátosságok törlése után a megmunkálás elkezdhető. Alaksajátosság megmunkálásakor figyelni kell arra, hogy a megfelelő legyen kiválasztva.

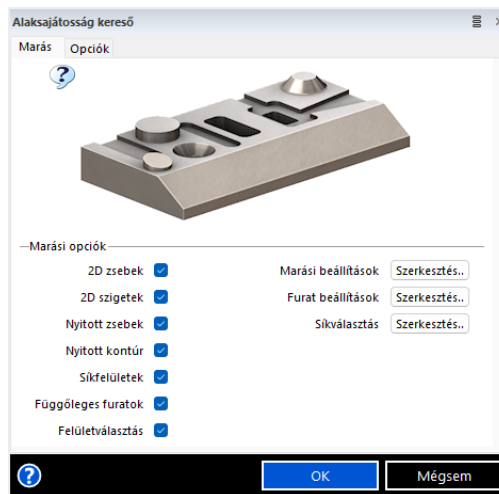
A másik módszer pedig egy intuitív, tapasztalatokon alapuló megmunkálás lesz. Természetesen hozzáadhatóak alaksajátosságok, amelyek segítségével meg fogom tudni munkálni az alakos, illetve ferde felületeket.

Első alkalommal, mikor elkezdtem az alkatrészem megmunkálni, nem alkalmaztam alaksajátosságokat, ugyanis felületeket akartam kiválasztani.

Alaksajátosságok nélkül azonban sokkal nehezebb dolgom lenne a megmunkálás során. Az alábbiakban bemutatom, hogy miként munkáltam meg a fröccsöntő szerszámbetétet.



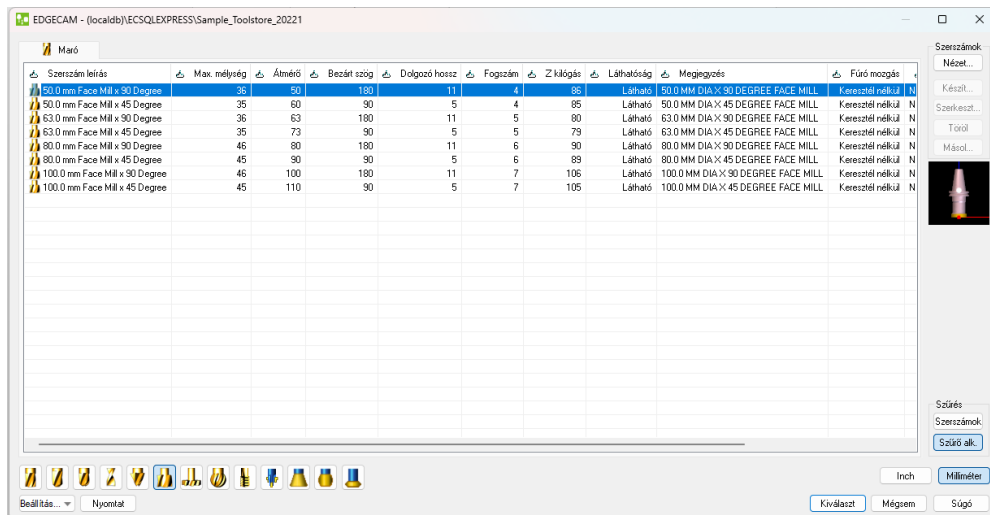
34. ábra, Alaksajátosság kereső [saját kép]



35. ábra, Alaksajátosságok [saját kép]

4.10.2 Szerszámozás

A lehető legkevesebb gépi fődőt a megfelelő szerszámmal, és ahhoz jól kiválasztott technológiával lehet csökkenteni. Ezt először a szerszámválasztással kezdem, amelyet a szerszámtár funkcióval érek el.



36. ábra, Szerszámtár [saját kép]

A szerszámtárban megtalálhatóak az alapvető szerszámok pl.:

- Szármáró
- Szármáró, lekerekítéssel
- Gömbvégű maró
- Horonymaró

- Síkmaró
- Tárcsamaró
- Kúpos marófejek
- Menetmarók
- És nyalóka marók (gömbmaró)

Az alábbiakban bemutatom a fröccsöntőszerszámom formabetéteinek gyártási szimulációját, a szerszámválasztást, illetve technológiát az 1. mellékletben tüntetem fel, a műveleti sorrendtervezésben.

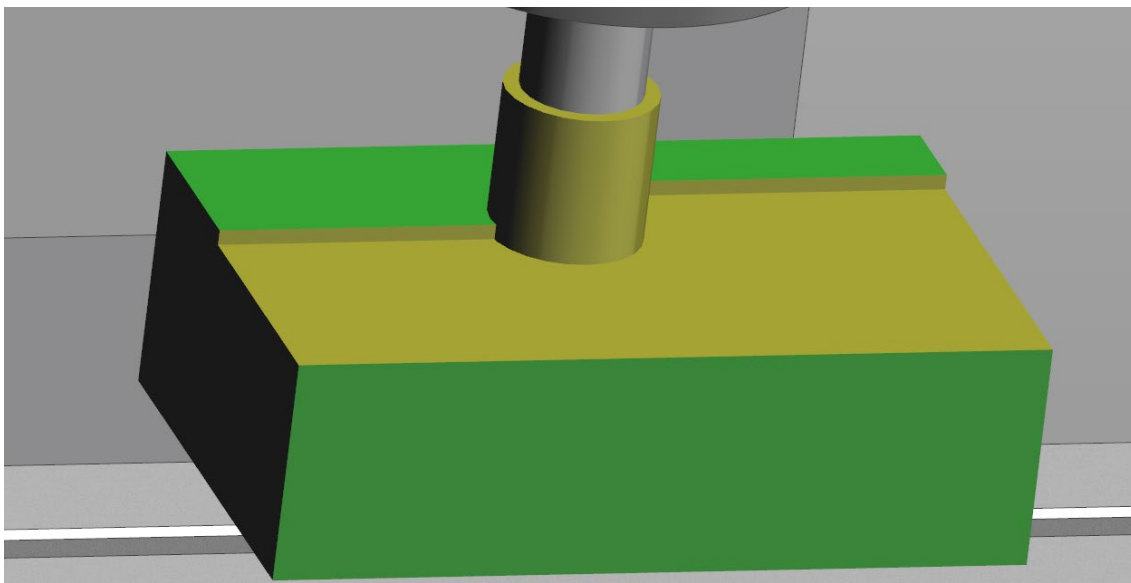
4.10.3 Megmunkálás

Jelen esetben a síkfelület megmunkálásához egy 50 mm-es átmérőjű síkmarót választottam. A szerszám kiválasztása után létrehoztam a programot a síkmarás műveletre kattintva. Először ki kell jelölni a megmunkálandó alkatrészt, majd egy határgörbét megadni. A határgörbe fogja megadni azt a területet, amin belül dolgoznia kell a marónknak.

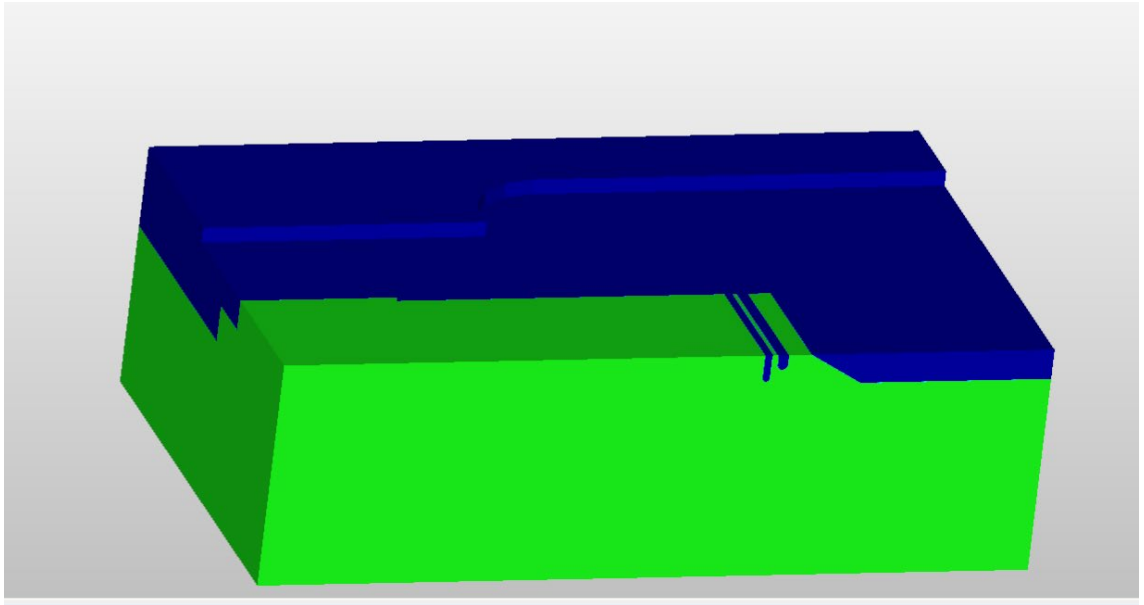
37. ábra, Síkmarás [saját kép]

Mivel síkmarásról van szó, amikor a szerszám tengelye merőleges a megmunkálandó felületre, így nincs szükség szerszámszög beállításra. A lépésköz 70 %, ez azt jelenti, hogy az általam választott láncolt stratégiában (cikkcakk alakban halad a munkadarab felületén) minden egyes fogásvételnél a szerszám átmérőjének 70 %-al megegyező mértékben vesz fogást. Ezen kívül be kell állítani, hogy mi legyen a gyorsjáratí sík (ez az a távolság, amivel minimum az alkatrész felett mozog gyorsjáratban a gép), illetve az előző szerszámválasztásnál a hűtés módját meg kell határozni, amely lehet: elárasztásos, illetve levegős hűtés.

Ezek után, lehetőségem van szimulálni az általam létrehozott megmunkálást, ahol meg tudom nézni összehasonlításban, hogy maradt-e még anyag az adott felületen, amit meg kell munkálni. Ezt színkóddal jelzik, a zöld felület: azt jelenti, hogy kész, a kék azt, hogy van még maradékanyag, a sárga pedig az, hogy túl sokat munkáltam meg.



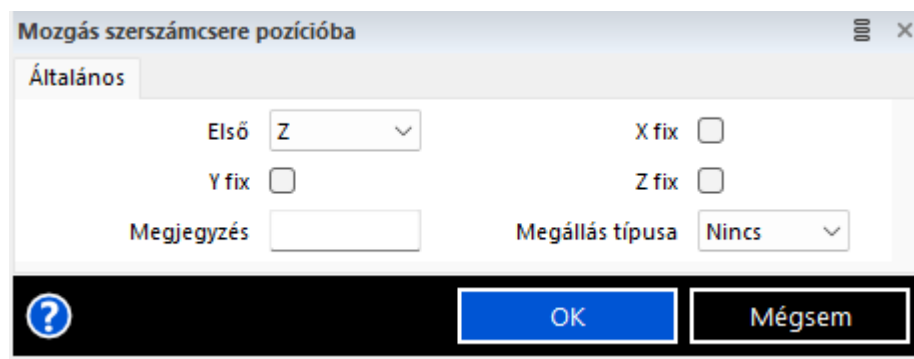
38. ábra, Síkmarás [saját kép]



39. ábra, Maradékanyag síkmarás után [saját kép]

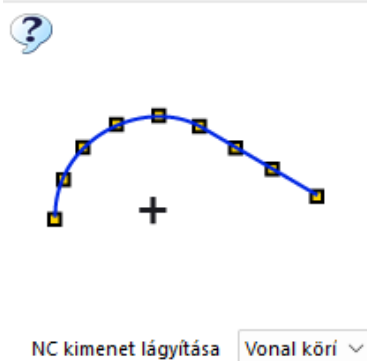
A ráhagyás lemunkálása után a nagyolás következik, amely során a lehető legtöbb anyagfelesleget kell leválasztani a lehető legkevesebb idő alatt.

Mielőtt elkezdeném a következő műveletet, szükségem lesz a szerszámkatalógusból egy másik szerszámra, de előbb a jelenlegi szerszámot ki kell venni a főorsóból. Ezt az Edge CAM-ben ezt úgy tudom megoldani, hogy szerszámcsere pozícióba küldöm a gépet, ilyenkor automatikusan kiveszi a jelenlegi szerszámot. A szerszámcsere ablaka (40.ábra) tartalmazza, hogy melyik tengelyen kezdje meg a pozícióba állást. Célszerű a Z-tengelyt megadni (a főorsó tengelye), ilyenkor először eltávolodik a munkadarab felületétől, majd megkezdzi az X, és Y irányú pozícióba állást.



40. ábra, Szerszámcsere [saját kép]

A nagyoláshoz egy $\varnothing 14\text{mm}$ -es szármarót választottam, a hűtés ezen esetben is elárasztásos lesz. A következő ciklus egy nagyoló ciklus, amiben $0,5\text{mm}$ ráhagyással előkészítettem a darabot a további megmunkálásra. Nagyolás során már jóval több beállítási lehetőség adódik, mint síkmarás során. Először itt is ki kell választani a megmunkálni kívánt felületet, drótvázat, vagy testet, majd pedig egy határgörbét. Határgörbe nélkül munkáltam meg a profilt, ugyanis hagytam, hogy kifusson a szerszám a munkadarabon kívülre. Ha ezt nem tettem volna, akkor a munkadarab szélére érve hirtelen irányváltásokkal generálná a programot, ami nem tesz jót a szerszámgépnek. Ezt lehet könnyíteni az NC kimenet lágyítása opcióval, ahol lehetőség van megadni, hogy körív, vagy szplájn mentén legyen. A szplájn parancs olyan görbéket helyettesít, amely mozgások rövid vonalakkból állnak, itt pedig sokkal lágyabb lesz az irányváltás.



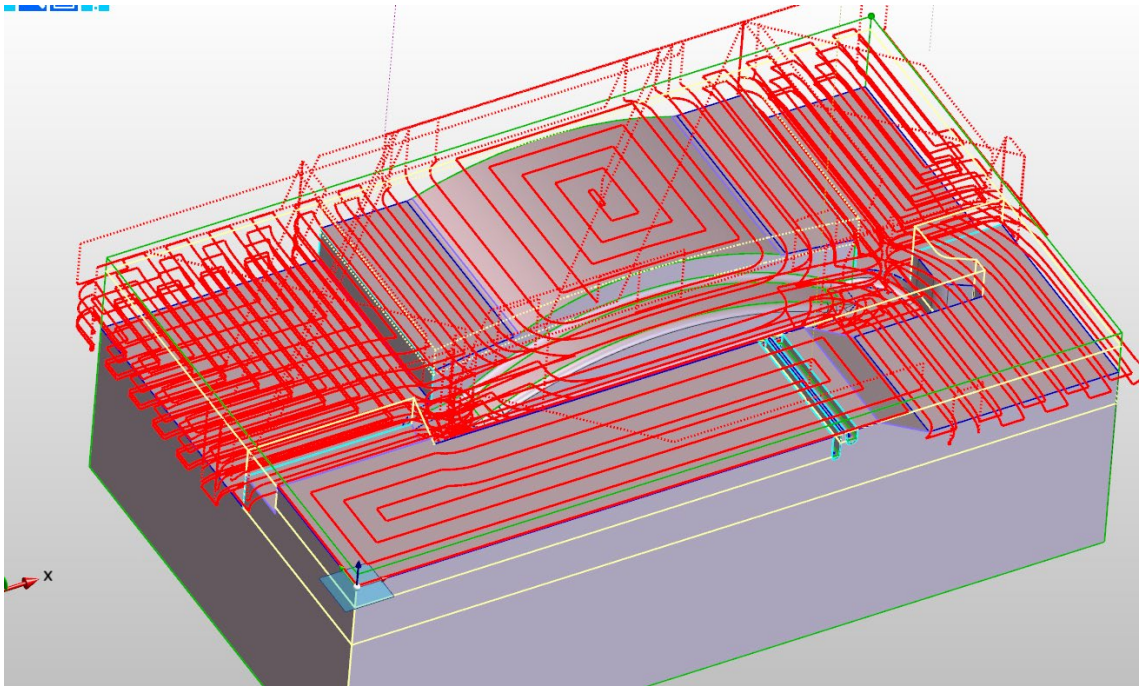
41. ábra, Vonal körív kimenet [saját kép]



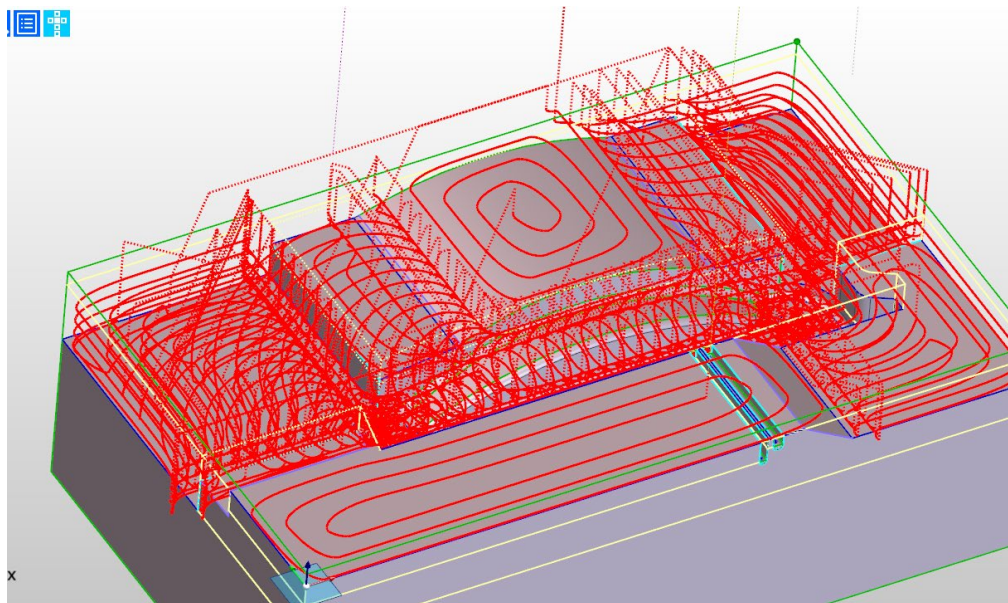
42. ábra, Szplájn kimenet [saját kép]

A szerszámpályát egyből megjeleníti a program, amint el van fogadva a változtatás. Magán a szerszámpályán látszódnak a beállításbéli különbségek: (43. ábra), spirális marási stratégia, látható, hogy nagyon éles irányváltások vannak, ezt el kell kerülni. Jelen esetben ezt a hullámformás marási stratégiával lehet megtenni. (44. ábra) Mivel itt egy

fél milliméteres ráhagyással dolgoztam, így létre kellett hozni még egy marási stratégiát, ahol alkalmaztam az EdgeCAM által biztosított maradékanyag nagyolást, amely a nevéből adódóan a nagyolási ciklusban megmaradt anyagot munkálja le, ide pedig egy kisebb, $\varnothing 10\text{mm}$ -es marót választottam.

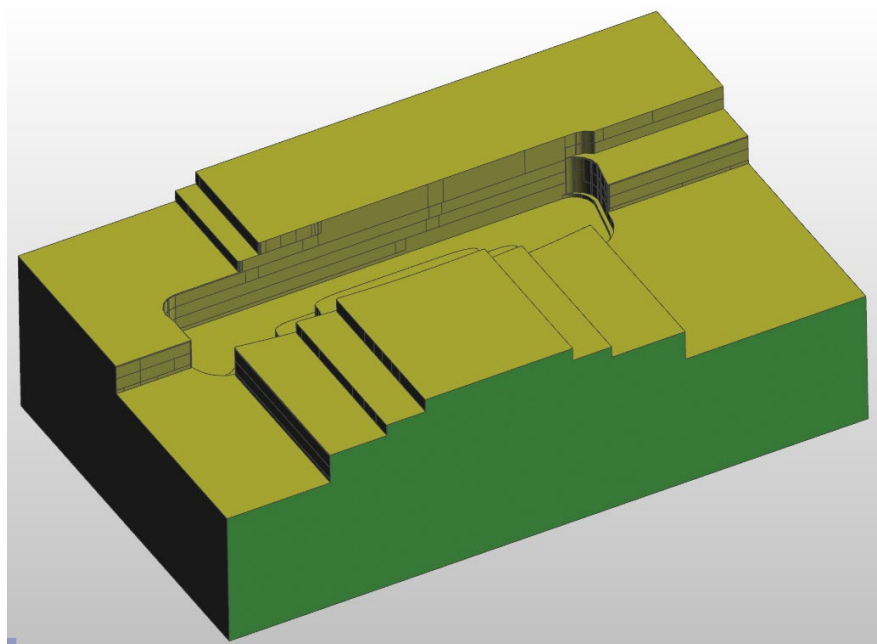


43. ábra, Spirális marási stratégia [saját kép]



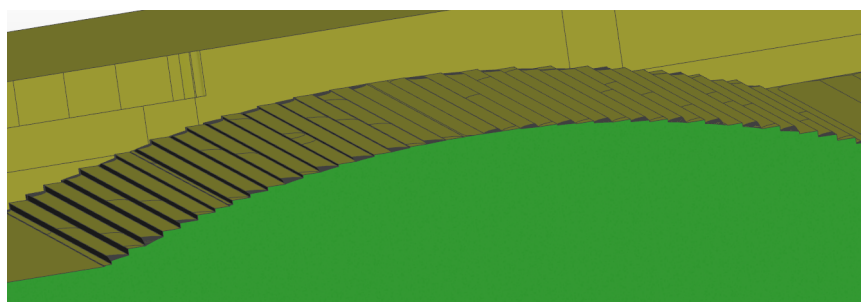
44. ábra, Hullámforma marási stratégia [saját kép]

A nagyolás, illetve maradékanyag nagyolás után látható (45. ábra), hogy szükségem volt egy olyan ciklus létrehozására, ahol meg tudtam munkálni a felső íves felületet.



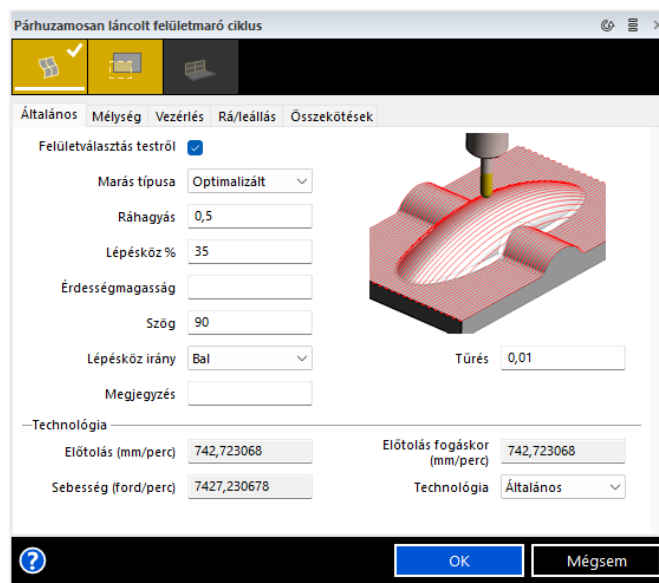
45. ábra, Nagyolás [saját kép]

Ezután egy újabb nagyoló ciklussal kiválasztottam az íves felületet, és a hozzá csatlakozó vízszintes kifutó felületet, 1 mm-es fogásmélységgel lépcsősre munkáltam meg egy $\varnothing 6$ mm-es szármarróval. Erre volt van szükség, hogy a gépidő csökkenjen. Az 47. ábrán látszik, hogy 1mm-es lépcsőkkel rendelkező felületet kellett majd egy $\varnothing 8$ mm-es gömbmarróval lemunkálni íves felületté.



46. ábra, Lépcsős felület nagyolás után [saját kép]

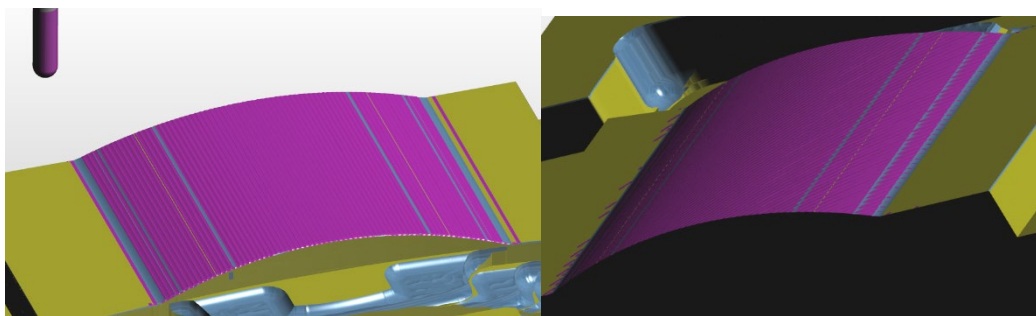
Az alakos, íves felületek megmunkálására hozták létre a párhuzamosan láncolt felületek felületmaró ciklusát. Ez a ciklus képes meghosszabbítani a szerszámpályát, amelyek követik a forgácsolás irányát, és így jobb felületi minőséget érhetnek el vele.



47. ábra, Párhuzamosan láncolt felületmaró ciklus [saját kép]

A felület kiválasztása után részletesebb beállításokra volt szükség. Mivel íves felületet munkáltam meg, egy $\varnothing 8$ mm-es gömbvégű marót fogok alkalmazni. A lépésköz igen alacsony, ugyanis szép felületet szerettem volna már most elérni. Érdesség magasság megadásakor, irreálisan nagy megmunkálási időt adott a gép, így azt kihagytam jelen esetben.

Az 48. ábrán és az 49. ábrán összehasonlítóképpen látszik, hogy mi a különbség akkor, ha adtam egy megmunkálási szöget a marásnak. Az első képen 90 fok a megmunkálási szög, a másodikon pedig 45.

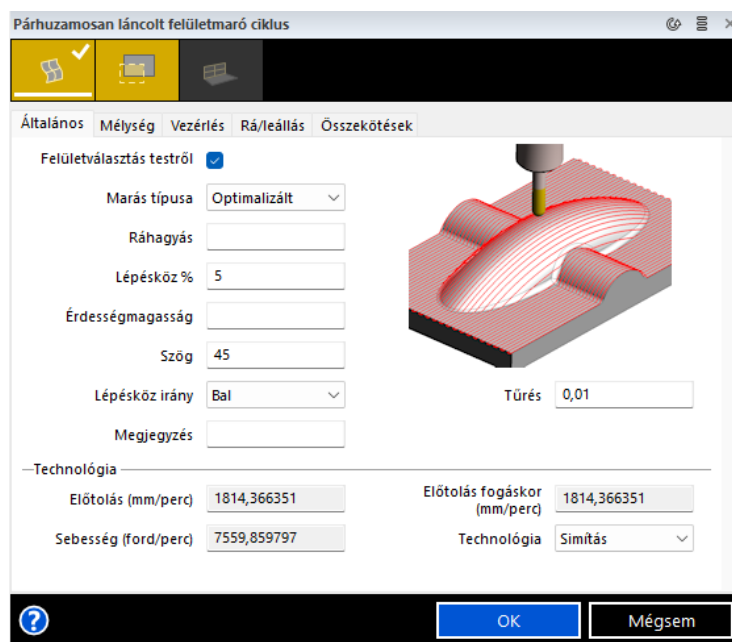


48., és 49. ábra, Megmunkálási szögek [saját kép]

Az EdgeCAM hibája, hogy nagyon radikálisan jeleníti meg a felületi hibákat. Jelen esetben ez egy $\varnothing 8$ mm-es gömbmaróval készült, 5%-os lépésközzel. A valóságban ez közel sem ennyire drasztikus, viszont az alkatrészem felületét köszörülni kellett, illetve

polírozni, hogy megfeleljen a műanyag fröccsöntéshez, így ennél jobban nem kellett ezzel foglalkoznom.

Miután a nagyoló ciklus megvolt, és a párhuzamosan láncolt megmunkálásban hagytam egy 0,5mm-es ráhagyást Z- irányban (47.ábra), így azt most egy simítással eltávolítom.



50. ábra, Párhuzamosan láncolt simító ciklus [saját kép]

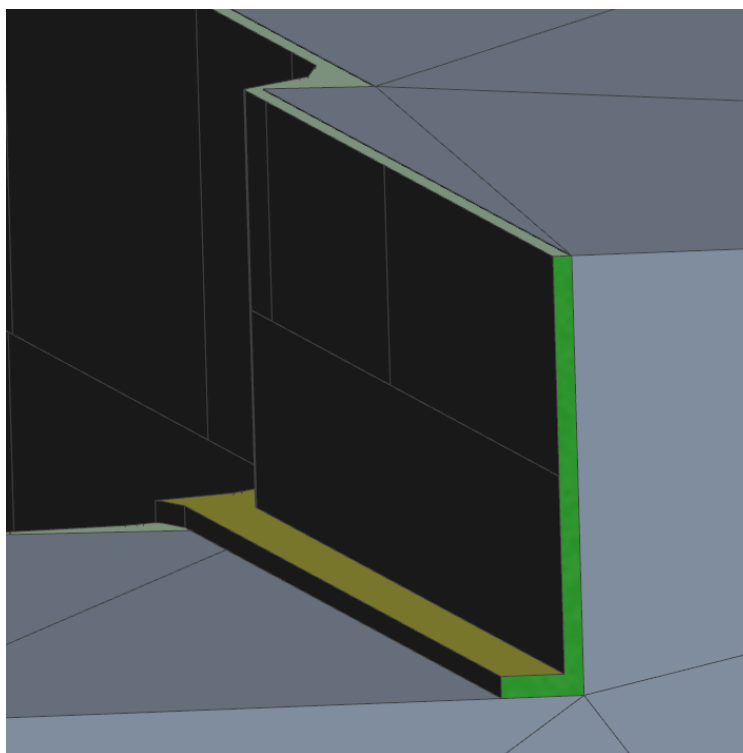
Ahogy az a kép jobb alsó sarkában lévő technológia fülön is látszódik, lehetőség van „általános”, illetve „simítás” funkciók használatához. Az általános megmunkáláskor (ezt nagyoláskor szokás használni) sokkal kisebb a fordulatszám, kisebb az előtoló sebesség is. Ennek a magyarázata: mivel sokkal nagyobb a fordulatszám, kisebb a fogásvétel, és a lépésköz is, amivel a szerszám pályát generál, szebb felületet fog létrehozni megmunkáláskor. A többi beállítás öröklődött a nagyolásról, így azokhoz nem volt szükség hozzájárulni.

A következőkben a fröccsöntőforma hátoldalán lévő hornyokat, illetve ferde felületet fogom elkészíteni. A horonymarás, illetve a ferde oldal megmunkálása sem igényel magyarázatot, az 51. ábrán látható a szerszámpálya.

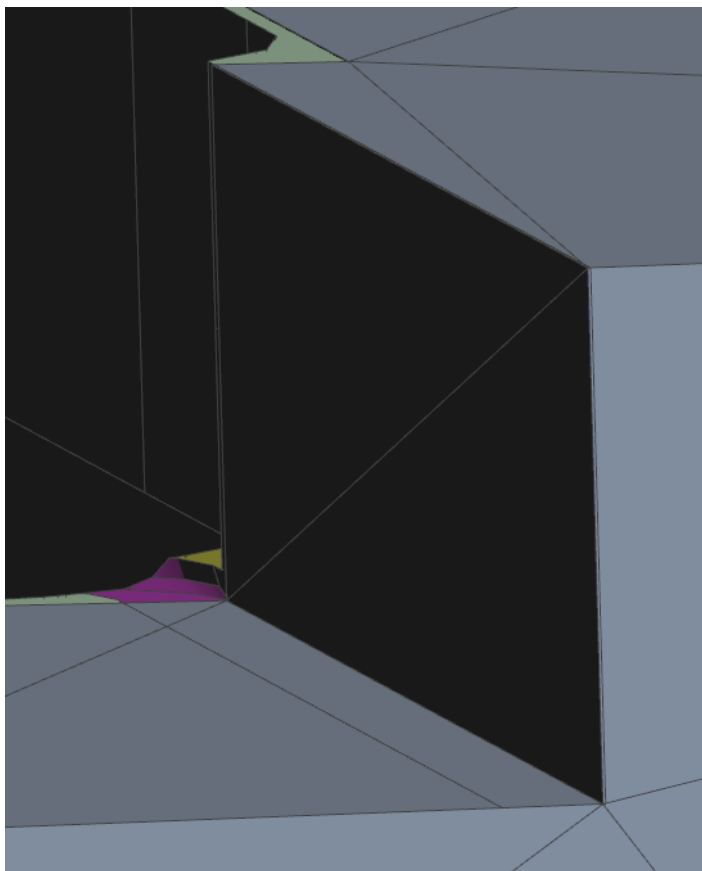


51. ábra, Hornyok, és a ferde falfelület szerszámpályái [saját kép]

Az alkatrészen a párhuzamosan láncolt felületmegmunkálás után a sarkoknál a szerszámpálya kerekítés miatt maradt lemunkálatlan felület (52.ábra), amelyet profilozással munkállok meg.

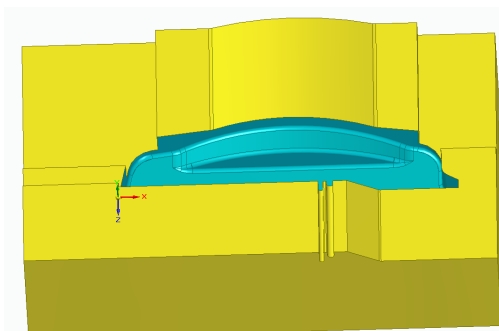


52. ábra, Maradékanyag [saját kép]

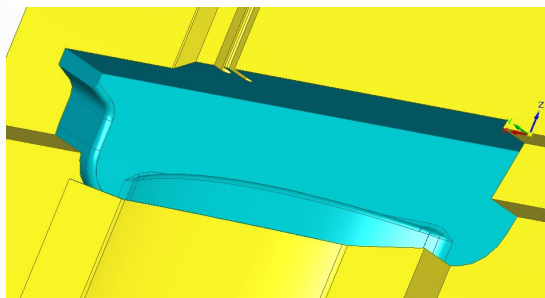


53. ábra, Maradékanyag profilozva [saját kép]

Mivel az alkatrészem belső zsebe tartalmaz merőleges felületeket, oldalfalakat és sarkokat (54.ábra, kék felület), így a megmunkálása nehézkes volt. Tekintve, hogy a belső rádiusz 1,25mm-es az oldalfal mentén, amelyhez egy $\varnothing 2,5$ mm-es gömbvégű maróval lehetne megmunkálni, viszont nincs olyan gyorsacél $\varnothing 2,5$ mm-es gömbmaró, amellyel 27mm mélyen lehet megmunkálni anélkül, hogy el ne törjön. Ezáltal az alkatrészem tömbelektrodás szikraforgácsolással fejeztem be. Ehhez le kell gyártani a tömbelektrodát, majd azzal kimunkálni a belső sarkokat. Ahhoz, hogy a betét használható legyen műanyag fröccsöntés során, a felületet polírozni kellett.



54. ábra, Belső felületek [saját kép]



55. ábra, Belső felületek [saját kép]

5. Összefoglalás

A szakdolgozatom témája egy műanyag fröccsöntő szerszámbetét tervezése, és annak CAD/CAM modellezése volt. A dolgozatom első részében bemutattam a műanyag fröccsöntéshez alkalmazott műanyagokat, azok főbb tulajdonságait, majd táblázat formájában szemléltettem azokat. Bemutattam a fröccsöntés folyamatát, a fröccsöntőgép részeit. Későbbiekben részletesen kitértem a szerszámbetétekkel szemben támasztott követelményekre, amelyeknek a később bemutatott műanyag fröccsöntő acéloknak meg kell felelniük. Ezt követően az általános fröccsöntőszerszám tervezés folyamatát szemléltettem, a szerszám hőkezeléseit, és felületeinek megmunkálási fajtáit.

Kitértem a tervezőprogramok bemutatására, a Solid Edge 2022-re, és az abban alkalmazott tervező funkciókra, amelyeket alkalmaztam a modellezés folyamatában. A tervezőprogram bemutatása után dokumentáltam hogyan modelleztem az alkatrészem, és annak műanyag fröccsöntő szerszám betéteit. Bemutattam az EdgeCAM tervező programot, a CAD/CAM tervezés menetét és annak főbb tulajdonságait. A szakdolgozatom feladata szerint kiválasztásra került a megmunkálandó szerszámbetét, amelynek a CAD/CAM modellezését az EdgeCAM szoftver segítségével vittem véghez.

A szerszámbetét megmunkálása során kellett arra jöttem rá, hogy nem lehet teljesen elkészíteni az alkatrészt EdgeCAM segítségével (marási környezetben). Ugyanis az alkatrészem belső sarkokkal rendelkezik, és olyan görbékkel, alámetszésekkel, amelyeket nem lehet megmunkálni marószerszámmal. Többszöri nekifutás után levontam azt a következtetést, hogy a szerszámbetét megmunkálását, a belső zseb megmunkálása nélkül tudom csak elkészíteni, majd tovább kell munkálni az alkatrészt szikraforgácsolás segítségével, és polírozni. A gyártás során alkalmazott műveleti sorrendtervezést, szerszámtervet és műveleti utasítást 1. mellékletként készítettem el.

6. Summary

The subject of my thesis is designing of a mould insert and its process planning. In the first part of my thesis I present the materials for plastic moulding, and their main properties, then I present them in a table format. I present the moulding process, and the parts of the moulding machine. After this I introduce the requirements of the mould insert tools. I talk about the general process of designing a mould insert tool, I present their heat treatments, and their surface finishing techniques.

After that I talk a bit about the design program, the Solid Edge 2022 and its used functions that I have used while modeling the part. After I have presented the design program, I wrote about the documentation of the modelling process. I talk about the EdgeCAM software, the CAD/CAM modeling and its major properties. According to the thesis regulations I choose a part of my mould insert that I modeled in EdgeCAM software.

I realised while I was modeling my part, that it can't be done with EdgeCAM, because it has inside corners, curves and undercuts, which can't be developed with a milling tool.

After several attempts I deduced that I can only work on without the internal socket, this can be done with the EDM procedure. The used procedure order of the mould insert, and the toolplan with the operation instructions can be found in the attachments.

7. Hivatkozások

1. Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János; A polimertechnika alapjai 2007
2. Macskási Levente, A műanyag feldolgozás technológiája, Bessenyei könyvkiadó 2013
3. Szabó Gábor, A fröccsöntés technológiájának fejlődése,
online megnyitva 2022.11.10.
<https://www.cnc.hu/2016/05/a-froccsontes-technologiajanak-fejlodes-e-torteneti-attekintes/>
4. Műanyag alakító szerszámok tervezése Egyetemi tananyag,
Dr. Mikó Balázs
5. Omnexus - Comprehensive Guide on Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)
Online megnyitva 2022.10.13.
<https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs-plastic>
6. PLASTIM – Product Data Sheet: ABS - online megnyitva 2022.10.13.
<https://plastim.co.uk/wp-content/uploads/2019/07/ABS-Technical-Data-Sheet.pdf>
7. DM-Dielectric Manufacturing – ABS- Food Safe Plastic
online megnyitva 2022.10.13.
<https://dielectricmfg.com/knowledge-base/abs/>
8. MatWeb - Overview of materials for Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)
Online megnyitva 2022.10.13.
<https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=3a8afcddac864d4b8f58d40570d2e5aa&ckck=1>
9. Dunai A.; Macskási L.: Műanyagok fröccsöntése; Lexica Kft. Budapest 2003.
10. Kovács József Gábor, Fröccsöntött termékek tervezése és szimulációja, 2007, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépszerkezettani Intézet, PhD értekezés
11. Műanyag fröccsöntőgép, Google képkeresési találat,

online megnyitva: 2022.11.01.

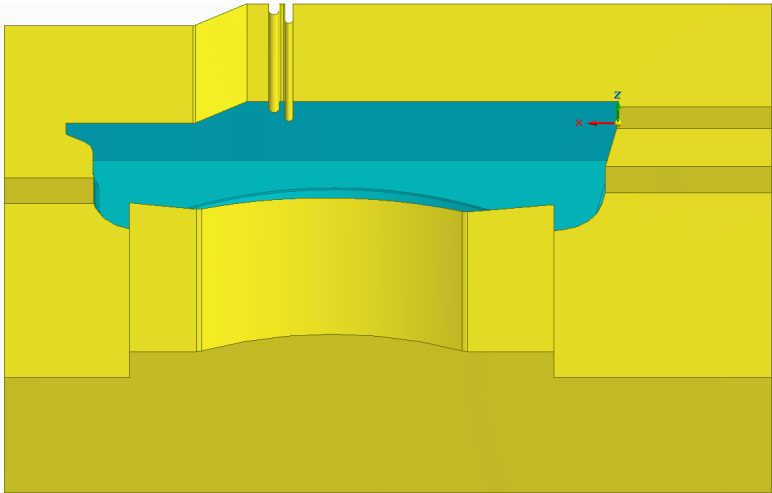
<http://trendform.hu/hu/geppark/egyeb-gepek-es-munkaeszkozok/>

12. Dr. Mikó Balázs, Alakító szerszámok tervezése - egyetemi tananyag
http://old.bgk.uni-obuda.hu/ggyt/targyak/seged/bagmtv5nlc/ea_2015.pdf
13. BÖHLER - Szerszámacélok Nemesacélok katalógusa
 online megnyitva 2022.10.11.
<https://docplayer.hu/197163-Szerszamacelok-nemesacelok.html>
14. TheSteel.Com - 1.2312 40CrMnMoS8.6 szerszámacél kínálatunk
 Online megnyitva 2022.10.14.
<https://www.thesteel.com/hu/szortiment/otvozottacel/szerszamacel/1-2311>
15. TheSteel.Com - 1.2312 40CrMnMoS8.6 szerszámacél kínálatunk
 Online megnyitva 2022.10.14.
<https://www.thesteel.com/hu/szortiment/otvozottacel/szerszamacel/1-2312>
16. Lion Metal Shanghai - 1.2312 Szerszámacél – online megnyitva 2022.10.20.
<https://www.shlionmetal.com/hu/products/mold-steel/1-2312-tool-steel/>
17. Inox Service Hungary - Technikai adatlap – online megnyitva 2022.09.14.
<https://www.inoxservice.hu/upload/inline/adatlapok/kovacsolt-tombok/>
18. Sandvick Coromant- a global productivity partner in Die and Mould making 2001
19. Inox Service Hungary, Hőkezelési eljárások - online megnyitva 2022.10.20.
<https://www.inoxservice.hu/hu/page/show/hokezelesi-eljarasok>
20. SULINET – Hőkezelés elmélete - online megnyitva 2022.10.21.
<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/muszaki-alapismeretek/a-hokezeles-elmelete/hokezelesi-eljarasok>
21. FERROMARK- Acél hőkezelése - online megnyitva 2022.10.21.
<https://ferromark-ker.com/acel/acel-hokezelese/>
22. Herbert Rees; Mold engineering 2nd Edition, Hanser Gardner Publications, Inc.; Cincinnati 2002.
23. Mold-Making Handbook 2nd edition; Stoeckert / Menning Hanser Gardner Publications, Inc.; Cincinnati 1998.
24. Injection molding of plastics-Handbooks, manuals, etc. I. Rosato, Dominick Rosato, Donald V. 111. Rosato, Marlene G.; Kluwer Academic Publisher 2000

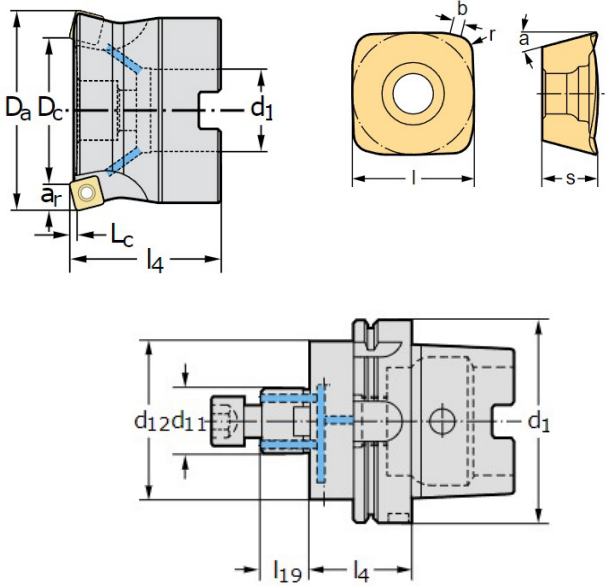
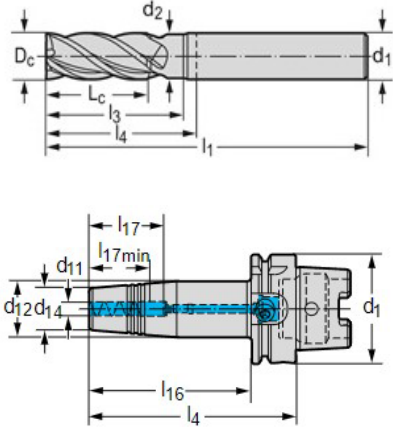
25. Rapid Direct- Different Types of Mold Textures for Injection Molding;
2022.02.12. - online megnyitva 2022.10.24.
<https://www.rapiddirect.com/blog/mold-surface-textures/>
26. ETMM Additive Manufacturing, 2021 áprilisi folyóirat, 30-31. oldal
27. CNC MEDIA- HSM, több mint egy gyors főorsó 2013.07.
online megnyitva – 2022.11.15.
<https://www.cnc.hu/2013/07/hsm-tobb-mint-egy-gyors-foorso/>
28. Die & Mould making SANDVIK Coromant
29. Gergő Ferenc: Szikraforgácsolás Műszaki könyvkiadó 1986
30. Péterfalvi József, Primusz Péter, Szabó Péter, Számítógépes modellező
rendszerek, 2011 – online megnyitva 2022.10.10.
[Számítógépes modellező rendszerek](#)
31. Solid Edge ST2 Oktató könyv 2008

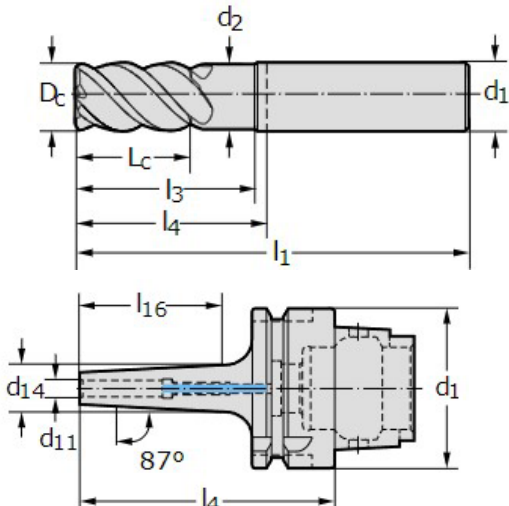
8. Mellékletek

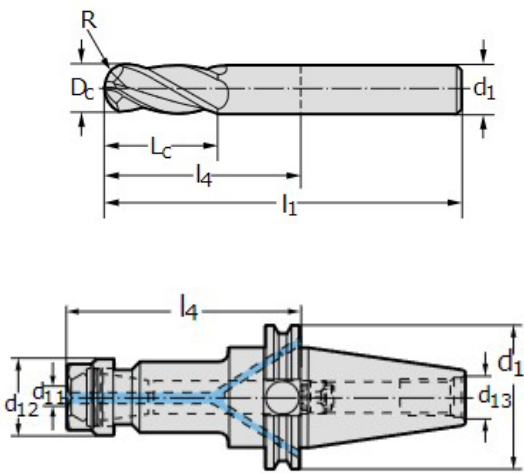
ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	Műveleti sorrend		Anyag: 1.2311	Lapszám: 1/1
Alkatrész: Szakedolgozat_1	Rajzsám: Szakedolgozat_1	Munkadarab megnevezése:	Nyers méret: Acéltömb, darabolás előtt	Oldaszám: 1/1

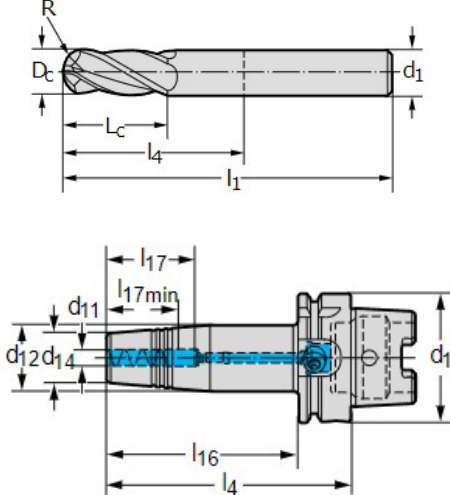


Sorszám	
1.	Betéttest nagyoló és simító marása, külső sarokrádiuszok és az alsó él letörésének marása
2.	Bázisok köszörülése
3.	Furatok elkészítése felfogó menetes furatok, illesztőszeg furatok, hűtés furatok, kilőkők furatai hűtőfuratok
4.	Alakos felület nagyoló marása és elősimítása
5.	Hőkezelés: Feszültség mentesítő hőkezelés
6.	Alakos felületek simító marása
7.	Tömbelektródás szikraforgácsolás -maróval nem megmunkálható felületek megmunkálása
8.	Elektroda tervezése és marása a szikraforgácsoláshoz
9.	A felület kéz csiszolása (megmunkálási nyomok eltüntetése)
10.	Szikraforgácsolt felület előkészítése Fotomaratáshoz
11.	Felületek polírozása

Program száma: %Szkadolgozat1		Szerszámgép: Kondia A6
Munkadarab neve: Műanyagfröccsöntő szerszámbetét		Rajzsám: 01
Műveletelem:	Szerszám megnevezése:	Kép:
1) Síkmarás	Szerszám: M4002-066-B27-06-02 DC= 43,2 mm Lc= 2mm l4= 50 mm d1= 27mm Z= 6 Adapter: AK155.7.063.060.27.HSK d11= 27mm d12= 60mm l4= 60mm Lapka: SDMX1205ZDR-E57 WKP35G r =2mm s= 5,84mm Forgácsolóélek száma= 4	
2) Nagyolás	Ujjmaró: MC230-14.0A4BC-WK40TF DC= 14 mm Lc= 26 mm l4= 38 mm l1= 83 mm d1= 14 mm z= 4 Szerszámtartó: AB019-H63-P14-090 d1= HSK-A63 d11= 14mm d14= 27mm d12=34mm l4= 90mm	

3) Párhuzamosan láncolt marási ciklus	Ujjmaró: MC341-06.0A4P-WK40TZ $D_c=6\text{mm}$ $L_c=10\text{mm}$ $L_3=16\text{mm}$ $L_1=57\text{mm}$ $d_1=6\text{mm}$ $z=4$ Szerszámtartó: A560.H63A.06.080 $d_1=\text{HSK-A63mm}$ $d_{11}=6\text{ mm}$ $d_{14}=$ $16,6\text{mm}$ $L_4=$ 80mm	
--	---	--

4)Párhuzamosan láncolt felület íves felület	Gömbvégű maró MC416.7.94A4D-WJ30TF $D_c= 7,94\text{mm}$ $r= 3,97\text{mm}$ $L_c= 20,65\text{mm}$ $l_1= 76,2\text{mm}$ $d_1= 9,63\text{mm}$ $z= 4$ Patron: C330.20.070 (ER32) Szerszámtartó: AB009.K40-ER32- 105 $d_1= \text{CAT40}$ $d_{11}= 1-20$ $d_{12}=$ $49,73\text{mm}$ $l_4=$ $104,64\text{mm}$	
--	---	---

5) Párhuzamosan láncolt ciklus Belső ív	Gömbvégű maró: MC416-05.0A4L-WJ30TF $DC= 5\text{ mm}$ $l_1=80\text{mm}$ $L_4= 44\text{mm}$ $L_c= 13\text{mm}$ $Z= 4$ Patron: EFS2197 Szerszámtartó: AB019-H100-P06- 085 $d_{11}= 6\text{ mm}$ $l_4=$ 85mm $d_1= \text{HSK-}$ A100 $d_{12}= 27\text{mm}$	
--	--	--

6) Horonymarás

Gömbvégű maró:

MC413-02.0A2L-WJ30TF

Dc=2mm

d1=6mm

r= 1mm

l1= 75mm

l4= 39mm

Z= 2

Patron: ER11

Szerszámtartó:

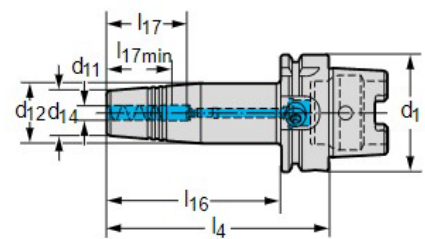
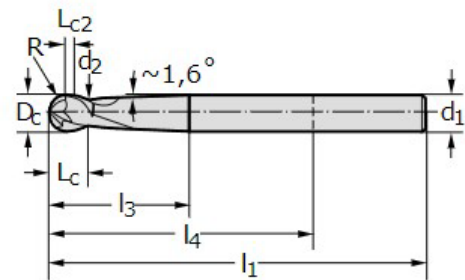
AB019-H63-P06-

080 D11=6 mm

d1=HSK-A63 d12=

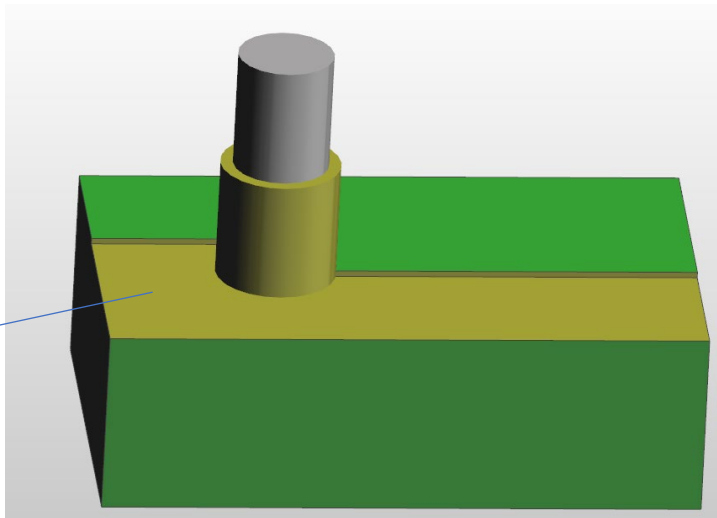
27mm d14 =21mm

l4 =80mm



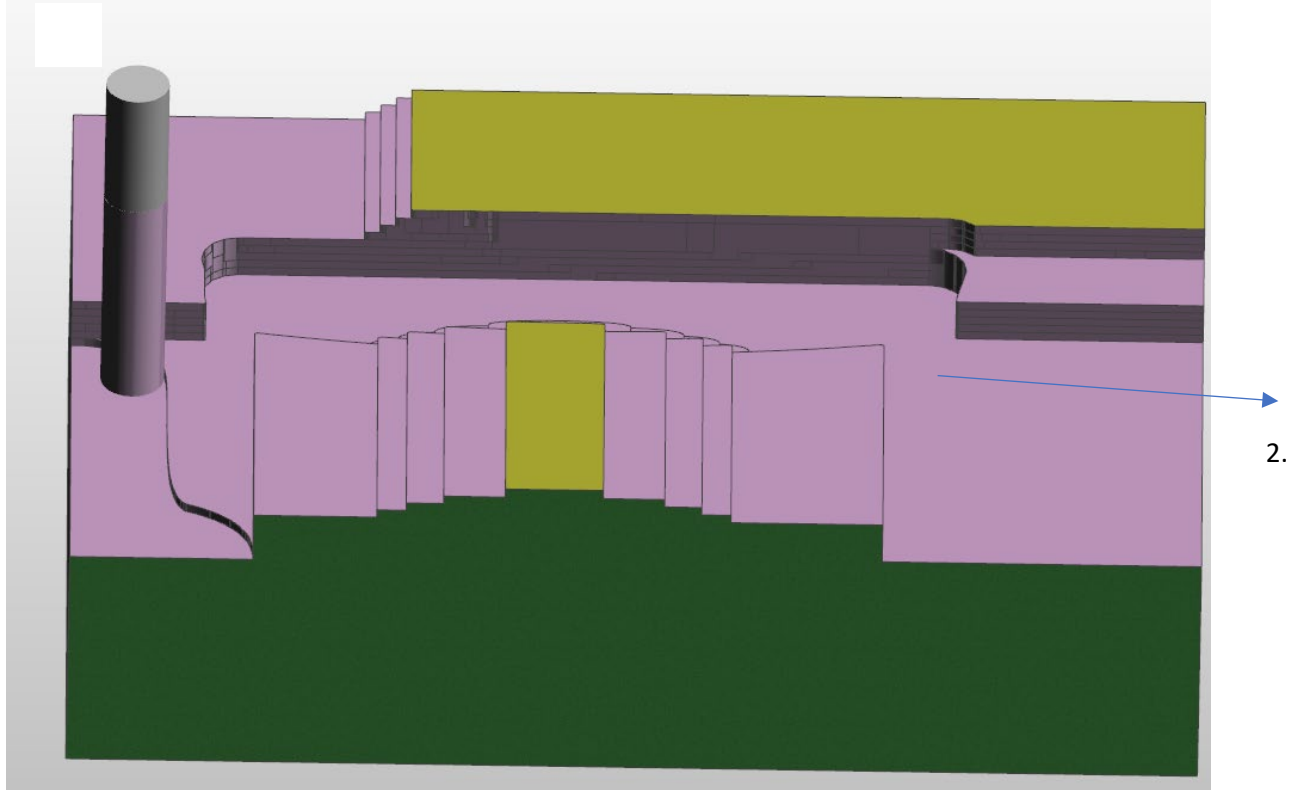
ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag: 1.2311	Lapszám: 1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzsám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 1/8

1.



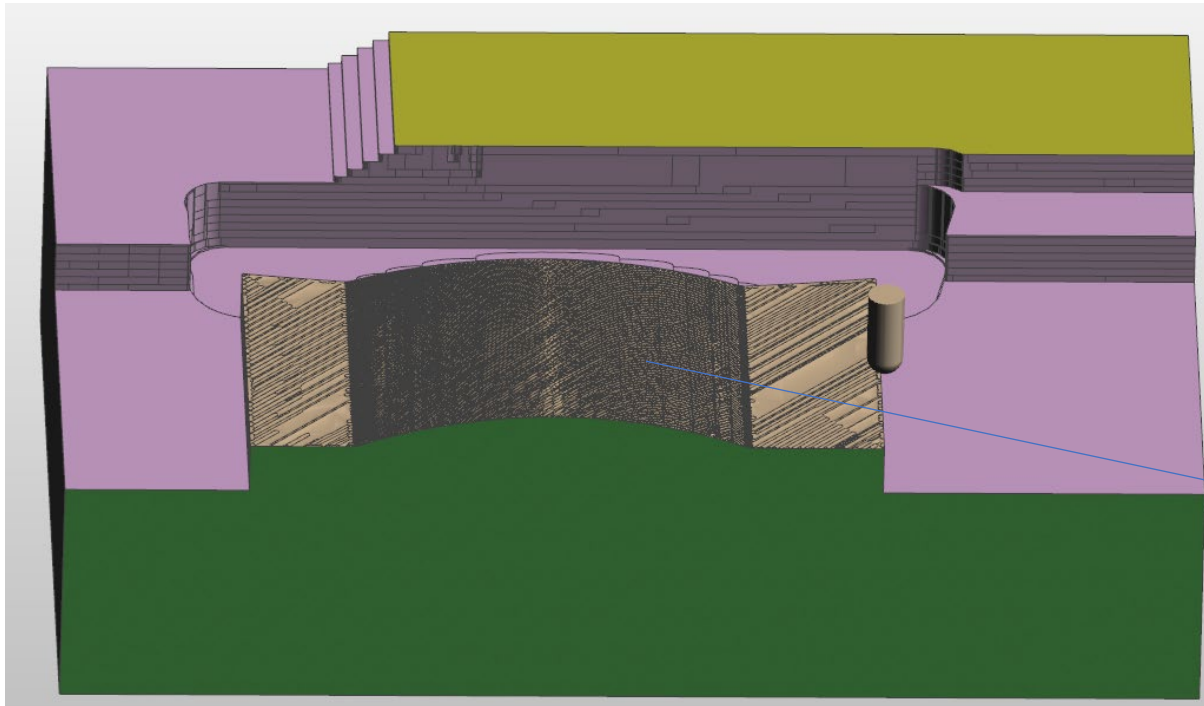
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v m/min	n 1/min	vf mm/min	ae; ap mm
1.	Bázis sík marása	1.	Szerszám: M4002-066-B27-06-02 Lapka: SDMX1205ZDR-E57 WKP35G	219	800	800	43,2;2,5
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag:	Lapszám:
			1.2311	1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzsám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 2/8



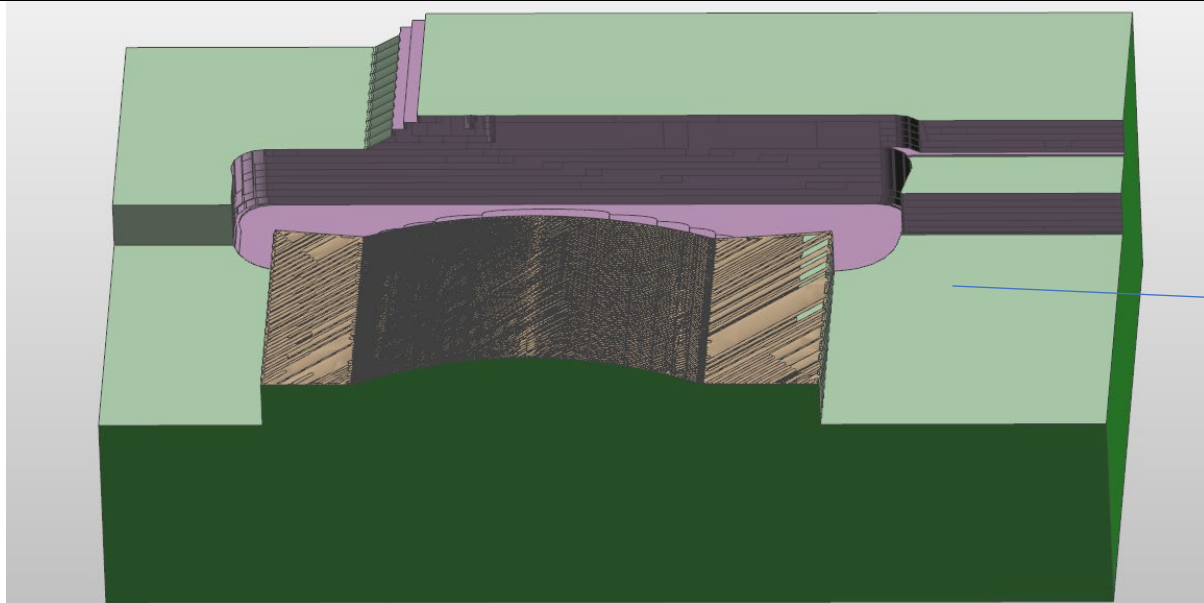
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v m/min	n 1/min	vf mm/min	ae; ap mm
1.	Kontúr nagyolása	2.	MC230-14.0A4BC-WK40TF	351	8000	800	14:1
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag:	Lapszám:
			1.2311	1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzsám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 3/8



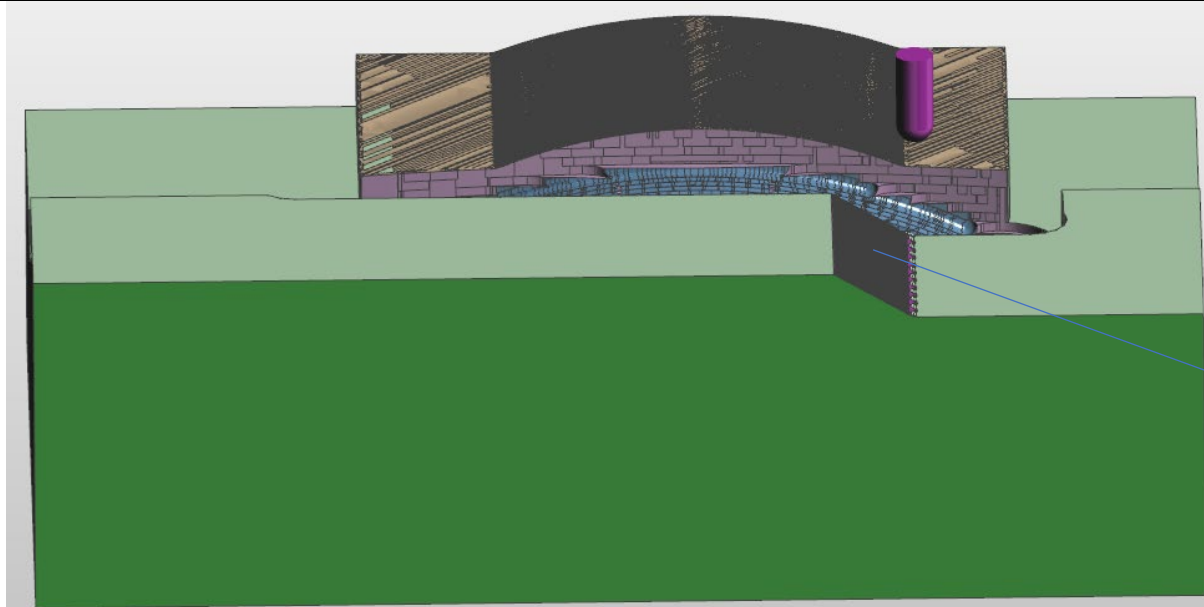
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v m/min	n 1/min	vf mm/min	ae; ap mm
1.	Íves sziget nagyolása	3.	MC341-06.0A4P-WK40TZ	139	7427	742	6:1
2.	Íves sziget simítása	3.	MC416.7.94A4D-WJ30TF	189	7559	1814	0,25
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag: 1.2311	Lapszám: 1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzsám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 4/8



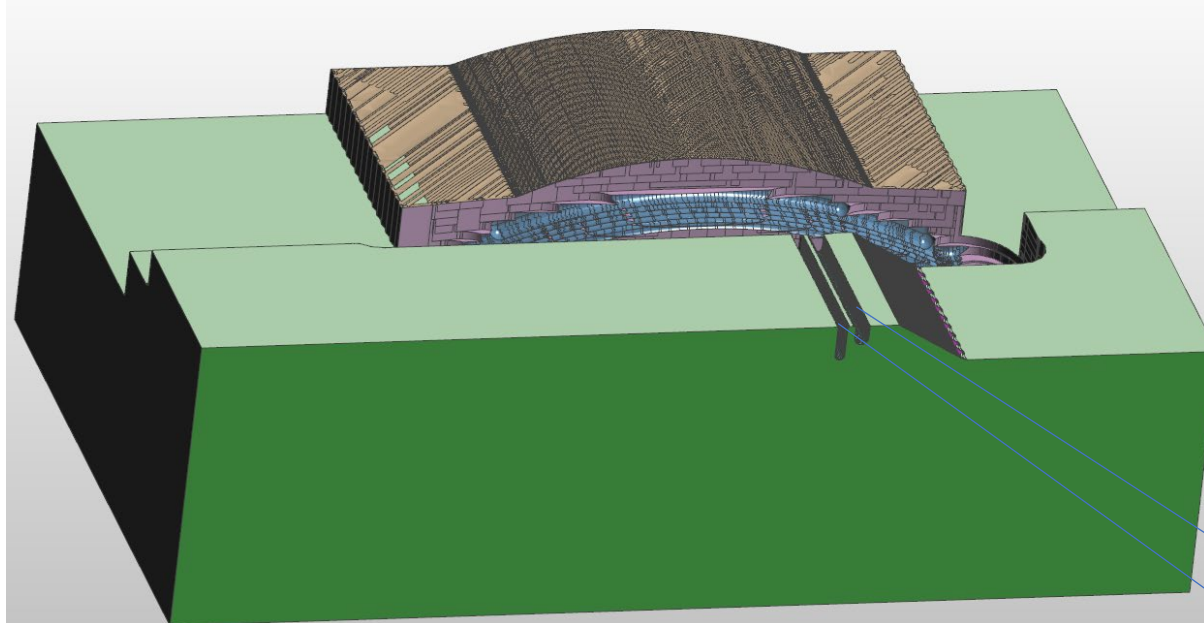
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v m/min	n 1/min	vf mm/min	ae; ap mm
1.	Kontúr simítása	2.	MC230-14.0A4BC-WK40TF	219	5002	1600	14:0,5
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag: 1.2311	Lapszám: 1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzsám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 5/8



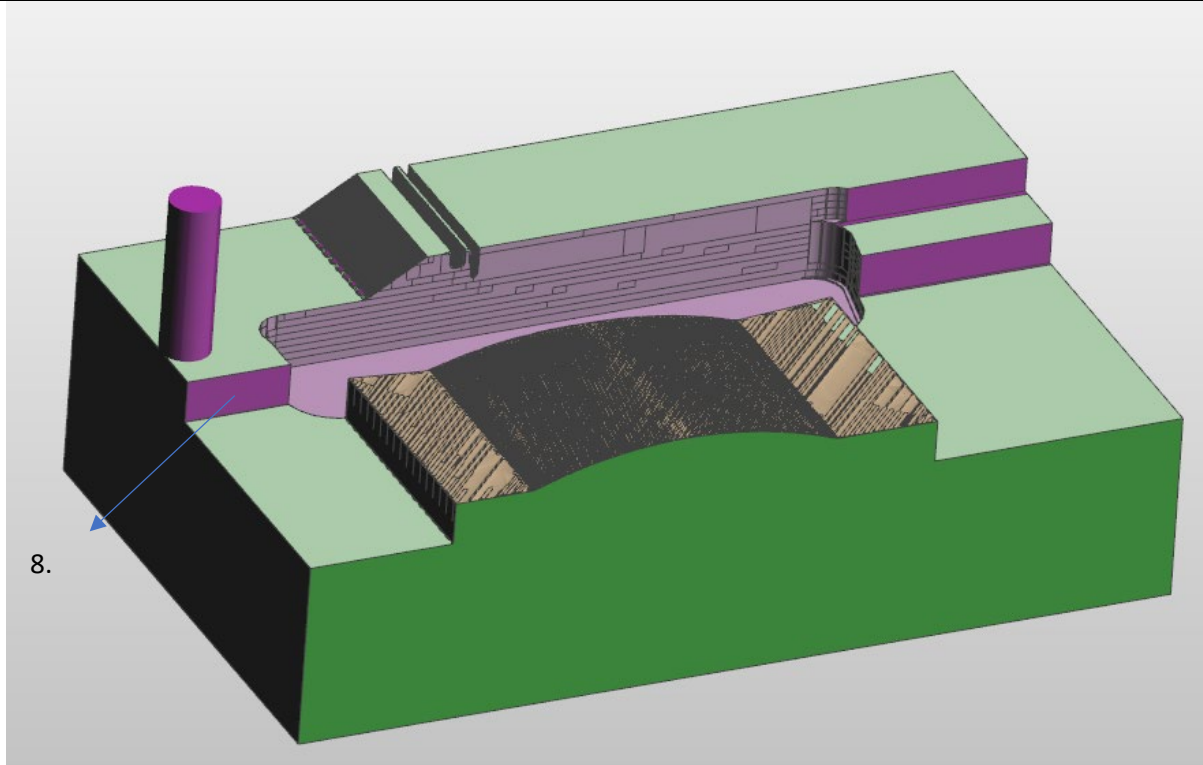
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v m/min	n 1/min	vf mm/min	ae; ap mm
1.	Íves felület simítása	5.	MC416.7.94A4D-WJ30TF	169	6764	1082	7,94;0,5
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag: 1.2311	Lapszám: 1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzsám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 6/8



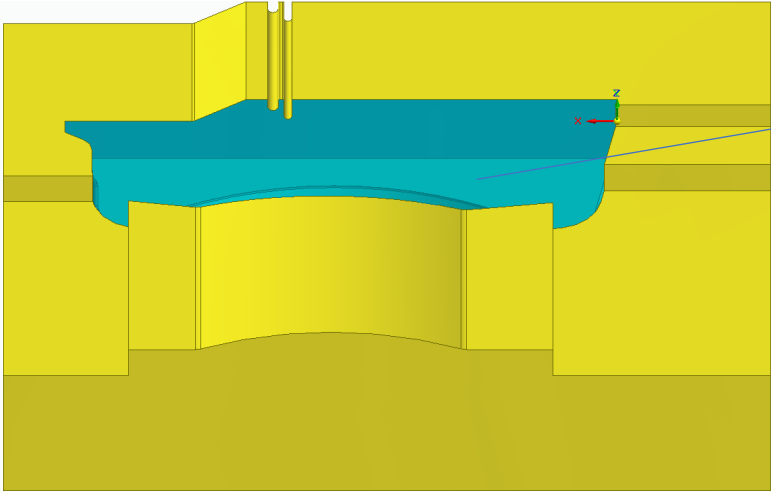
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v m/min	n 1/min	vf mm/min	ae; ap mm
1.	Horonymarás I.	6.	MC413-02.0A2L-WJ30TF	62	10000	200	2:0,5
2.	Horonymarás II.	7.	MC413-02.0A2L-WJ30TF	62	10000	200	2:0,5
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag: 1.2311	Lapszám: 1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzszám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 7/8



Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v m/min	n 1/min	vf mm/min	ae; ap mm
1.	Profilozás	8.	MC230-14.0A4BC-WK40TF	2658	6047	1451	14:1
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

ÓE BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet	MŰVELETI UTASÍTÁS		Anyag: 1.2311	Lapszám: 1/1
Alkatrész: Szakdolgozat_1	Rajzsám: Szakdolgozat_1	Munkadarab megnevezése: Szerszámbetét	Előgyártmány: 250x80x150-re munkált alapanyag	Oldaszám: 8/8



Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék				
1.	Szikraforgácsolás	9	Sodick AG40L Szikraforgácsoló gép				
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							