



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Szűrőváltó kerék gyártástechnológiai kidolgozása

OE-BGK

2022.

Hallgató neve:

Hallgató törzskönyvi száma:

Somogyi Zsigmond Gyula

T009489/FI12904/B



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Somogyi Zsigmond Gyula

Szakdolgozat száma: SZD2209051219434839

Törzskönyvi száma: T009489/FI12904/B

Neptun kódja:

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Szűrőváltó kerék gyártástechnológiai kidolgozása

A dolgozat címe angolul: Development of filter change wheel manufacturing technology

A feladat részletezése:

1. Ismertesse a lehetséges gyártási eljárásokat!
2. Készítse el az alkatrész gyártástervét CNC esztergálásra!
3. Készítse el az alkatrész gyártástervét CNC marásra!
4. Értékelje, melyik eljárás (esetleg a kettő kombinálása) a legkedvezőbb!
5. Vegye figyelembe a gazdaságossági és a minőségi szempontokat is!

Intézményi konzulens neve: Mészáros Béla

Külső konzulens neve: Gál István

Munkahelye: 3D HISTECH Kft.

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

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 27.

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens



Intézetigazgató

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, 2022. 11. 28.

hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	6
2. Szakirodalmi áttekintés.....	8
2.1 Forgácsolás	7
2.1.1 Esztergálás	11
2.1.2 Marás	10
2.2 Forgácsolószerszámok anyagai	16
2.2.1 Szerszámok bevonatai	20
3. A feladat bemutatása.....	24
4. A vállalat és a gyártmány bemutatása	26
4.1 A vállalat.....	26
4.2 A scanner mikroszkóp	26
4.3 A szűrőváltó kerék szerepe	27
5. A technológia előtervezése	28
5.1 A műhelyrajzok elemzése.....	28
5.1.1 A fénygyűrű szerepe	29
5.1.2 Felületi érdesség	30
5.1.3 Eloxálás	30
5.2 A gyártás előtervezése	31
5.3 Az alkatrész anyaga	35
5.4 Szerszámválasztás	35
5.4.1 A szerszámbefogók felmérése	36
5.4.2 A szerszámok meghatározása.....	36
5.5 A technikai adottságok felmérése	40
6. Technológia tervezés	42
6.1 Technológiák meghatározása	42
6.2 Gépidők összehasonlítása	51
6.3 Befogó készülék tervezése.....	53
6.4 Az NC program megírása	57
6.5 A gyártás során felmerülő problémák	63

7. Az alkatrész gyártása	65
7.1 A kész alkatrész mérése.....	67
8. Gazdasági számítás	68
9. Összefoglalás	70
10. Zusammenfassung	72
11. Irodalomjegyzék	74
12. Mellékletek	76

1. Bevezetés, célkitűzés

A gyártási területen tevékenykedő vállalatok működési hatékonyságának fenntartásához elengedhetetlen, hogy tevékenységük során a működésük alkotóelemeit részletesen megismerjék, ezek összefüggéseit elemezve a teljesítmény-, minőség- és költségmutatókat folyamatosan fejlesszék.

Egy új alkatrész gyártásba való bevezetése során a rendelkezésre álló erőforrások ésszerű felhasználására kell törekednünk, hogy a terméket a lehető legjobb költséghatékonysággal és a legrövidebb idő alatt készítsük el, az elvárt minőségnek megfelelően. Ezen erőforrások közé sorolható többek közt a géppark, a nyersanyagok és a személyzet.

Szakdolgozatom készítése során az egykori ASK-M Műszertervező, Gyártó és Szolgáltató Kft. (2022-től 3D HISTECH Kft.) gépparkja állt rendelkezésemre a tervek gyakorlatban történő teszteléséhez. A vállalatnál 2019 óta dolgozom, mint CNC marógép programozó és gépbeállító, de a korábbi évek során alkalmam volt bajor szakiskolákban és tanműhelyekben duális képzésben végzettséget, ezáltal tapasztalatot szerezni a hagyományos és CNC marás, esztergálás, fúrás, szikra- és tömbforgácsolás, modellezés és programozás területén.

Szakdolgozatom elején röviden bemutatom a cég történetét és fejlődését. A szakirodalmi áttekintésben a témához kapcsolódó hazai- és nemzetközi szakirodalmak alapján bemutatom a forgácsolás elméletét, a gyártás során alkalmazott eljárások, az esztergálás és marás jellemző technológiáit. Ehhez kapcsolódóan kitérek az eljárások során alkalmazott szerszámokra, amelynek során áttekintem az elmúlt években a termelékenység fejlődésére irányuló kutatások eredményeit a szerszámok bevonatolására vonatkozóan.

A kutatásom elején leírom a *szűrőváltó kerék* szerepét a mikroszkópon belül, majd a vállalat ügyvezetőjével mutatjuk be, hogy a kezdetekkor, a cég által elsőként gyártott

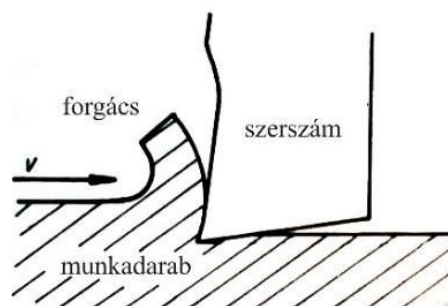
orvostechnikai eszközökbe milyen eljárással készítették a most ismét saját gyártásba kerülő, általam technológizált alkatrészt.

Utána a problémára szeretnék rávilágítani, melyet az jelent, hogy a gyártás technológiai kidolgozása során melyik eljárást érdemes alkalmazni, vagy melyeket érdemes kombinálni. Összevetem, hogy kizárólag CNC esztergaközponttal, vagy eszterga és marógép együttes használatával érdemes-e tervezni, ezen belül a szerszámigény, gép teljesítmény, szükséges felfogó készülék gyártása, gépidők, darabcsere idők és esetleges utómunkák függvényében milyen módon valósítható meg hatékonyabban a gyártás. Ezt követően az elkészült elméleti terv alapján le is gyártom az alkatrészt, valamint megvizsgálom, hogy a tervek a gyakorlatban is igazolják-e a számításokat.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Forgácsolás

A forgácsoló megmunkálás olyan mechanikai gyártási eljárás, amely során egy munkadarabról egy arra alkalmas eszközzel anyagot választanak le. A leválasztás az ékhatás elvén valósul meg, történhet szabályos geometriájú szerszámmal (pl. fúrás, esztergálás, marás, vésés) vagy határozatlan geometriájú ékekkel (pl. köszörülés). A forgácsolás elvét a 2.1. ábra mutatja be.



2.1. ábra – A forgácsolás elve [1]

Forgácsolás során a munkadarab elérni kívánt alakját egyrészt a szerszám geometriája, másrészt a szerszám és a munkadarab relatív elmozdulása határozza meg. A megmunkálandó felületről a ráhagyott felesleges anyagmennyiséget több fogásban, apróbb darabokban távolítják el. A leválasztott anyagrészecskéket forgácsnak nevezik.

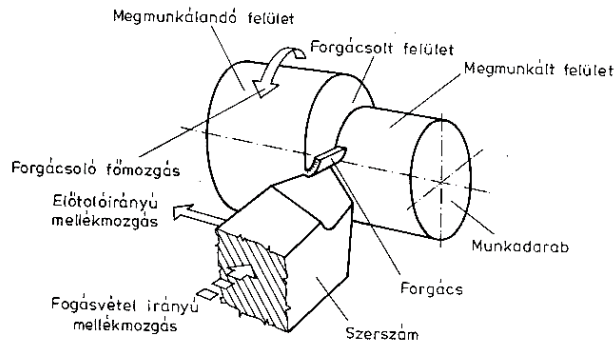
A forgácseltávolítás közben végrehajtott relatív elmozdulások egy fő- valamint egy vagy több mellékmozgásból tevődnek össze.

„A forgácsolást egy és csak egy főmozgás jellemzi, amely a forgács hosszirányú kiterjedését hozza létre és a neve: forgácsolósebesség.

A főmozgás jele: v_c , mértékegysége: m/min (köszörülés esetén m/s)

A különböző forgácsoló eljárásokat – többek között – az is megkülönbözteti egymástól, milyen tulajdonságú a főmozgás, amely lehet:

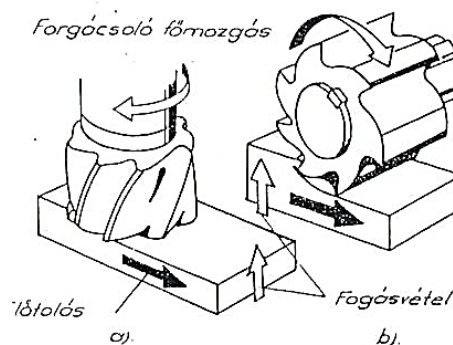
- egyenes vonalú (pl. gyalulás, üregelés stb.) vagy forgó (pl. esztergálás, fúrás stb.),
- folyamatos (pl. üregelés, fúrás stb.) vagy szakaszos (pl. gyalulás stb.),
- végezheti a szerszám (pl. fúrás, üregelés, vésés stb.) vagy a munkadarab (pl. esztergálás).” [2]



2.2. ábra: A forgácsolás mozgásvizonyai esztergálásnál [3]

A mellékmozgásoknak több fajtáját is meghatározhatjuk, ezek közt különbséget kell tennünk attól függően, hogy azok közvetlenül részt vesznek-e a forgácsleválasztásban, vagy nem. Előbbiekhez soroljuk az előtolásiirányú, valamint a fogásvétel irányú mellékmozgást. Utóbbihoz tartoznak a szerszám ráállási és eltávolodási mozgásai, valamint a fogásvételi mozgás. Az esztergálás mozgásvizonyai a 2.2. ábrán láthatók.

„A forgácsolási mellékmozgások közös jellemzője az, hogy a forgács keresztmetszetét (a forgács szélességét és vastagságát) hozzák létre. Az előtolásiirányú mellékmozgás (vagy röviden előtolás) a leválasztandó forgács vastagságát befolyásoló elmozdulás. Ha a munkadarab (vagy a szerszám) egy fordulatra vonatkozik, akkor jele: f_n (rövidítve: f); többélű szerszámoknál pedig az egy élre (fogra) eső értékét adják meg, melynek jele: f_z , egységes mértékegysége: mm.



2.3. ábra: A forgácsolás mozgásvizonyai marásnál [4]

A másik mellékmozgás a leendő forgács szélességét határozza meg, neve: fogásvétel irányú mellékmozgás (vagy röviden fogásmélység). A fogásvétel szakaszos elmozdulás, jele: a_p (vagy rövidítve a), mértékegysége: mm.

Megjegyezzük, hogy marásnál kétféle fogásvétel különböztethető meg: a szerszám tengelyirányú fogásmélysége (a_p , mm) és a sugárirányú fogásszélesség (a_e , mm).” [2]
Marásnál jellemző mozgásviszonyokat mutat be a 2.3. ábra.

A forgácsolásban közvetlenül nem résztvevő mellékmozgások szintén elengedhetetlenek a megmunkáláshoz. A fogásvételi mellékmozgás például meghatározza a leválasztandó anyagréteg vastagságát.

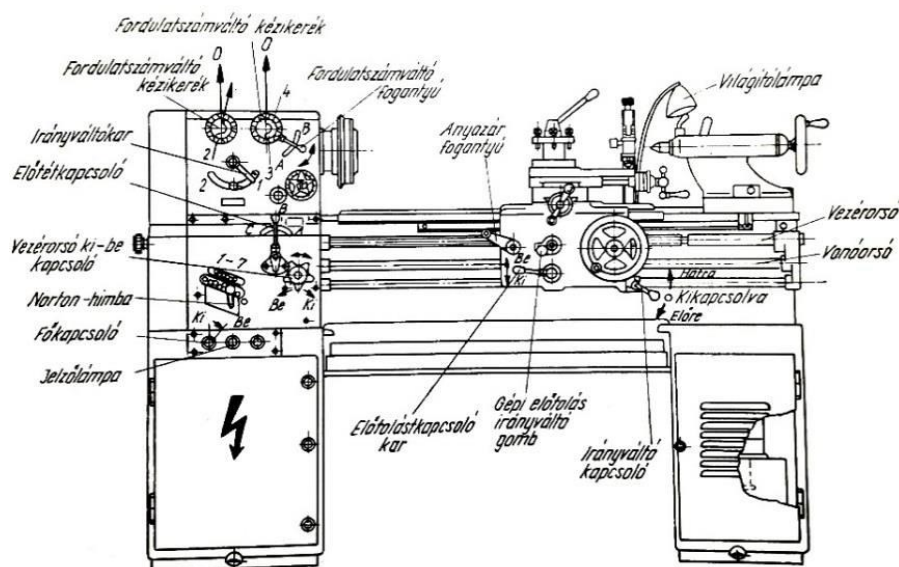
„Az áttekintett mozgások alapvetően befolyásolják a forgács leválasztásának sebességét (azaz a szerszám által létrehozott anyagáramot), amelyet például a percnként leválasztott térfogattal (cm^3/min) jellemezhetünk. Minél nagyobb ez az érték, annál hatékonyabb, termelékenyebb a forgácsolás.” [2]

2.1.1 Esztergálás

„Az esztergálás olyan forgácsoló gyártási eljárás, amely zárt, általában kör szelvényű forgácsoló főmozgással és tetszőleges előtolási mozgással jár, amely keresztirányú az előtolási irányhoz képest.

A főmozgás forgástengelye munkadarabhoz kötött, azaz a munkadarabhoz viszonyított helyzetét az előtoló mozgástól függetlenül megtartja.

Esztergáláskor általában a munkadarab végzi a forgómozgást, és a szerszám végzi a szükséges előtolási és fogásvételi mellékmozgásokat. A munkadarabok forgástestek.” [5]

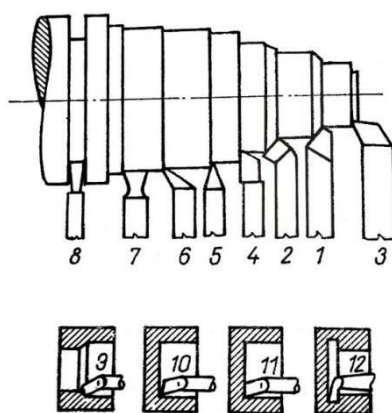


2.4. ábra: Az EAN 340x1000 csúcsesztergagép [6]

Az esztergálás leggyakrabban alkalmazott változatai: hosszesztergálás, furatesztergálás, menetesztergálás, síkesztergálás és profilesztergálás.

A 2.4. ábrán egy hagyományos eszterga felépítése látható.

Az esztergaszerszámok alakja és méretei a megmunkálási feladattól függenek. A meghatározott geometriájú vágóélel rendelkező megmunkáló szerszámokkal különböző formák vagy felülettípusok alakíthatók ki. Különböző esztergaszerszámokat szemléltet a 2.5. ábra.

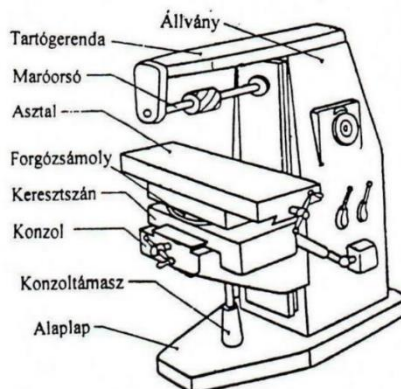


2.5. ábra: Esztergakések fajtái [7]

Az esztergakések anyagát illetően a gyorsacél kevésbé használatos a keményfém és a kerámia vágóanyagokhoz képest, mint szerszámanyag sorozatgyártásban történő esztergáláskor. Csak a különleges vágóanyag-szívósságot igénylő megmunkálási feladatok és a profilszerszámok (jobb csiszolhatóság) esetében részesülnek még mindig előnyben a gyorsacélból készült vágóélek.

2.1.2. Marás

„A marás olyan megmunkálási eljárás, amely forgó főmozgású, többnyire többfogú szerszámokat használ a forgástengelyre merőlegesen vagy ferdén irányított előtoló mozgással, szinte bármilyen alakú munkadarabfelület előállítására.

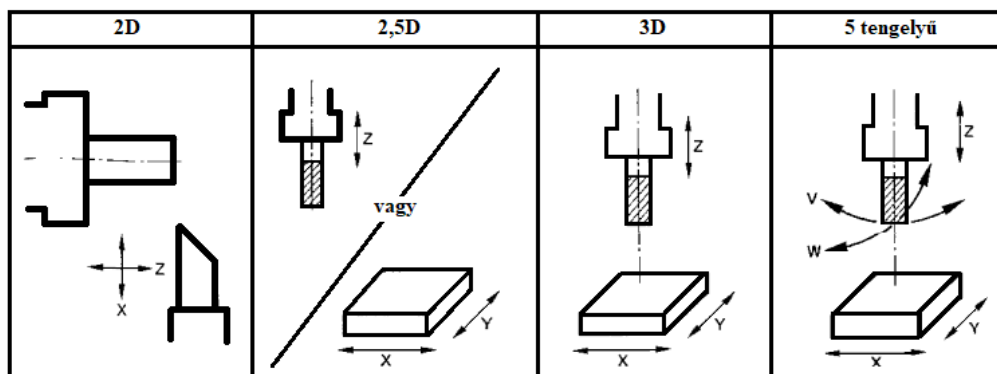


2.6. ábra: Egyetemes marógép felépítése [8]

Más módszerekkel (pl. esztergálással és fúrással) ellentétben az eljárás fő jellemzője a folyamatosan változó terhelési körülmény. A megszakított vágás és az előtolás irányának szögétől függő, nem állandó forgácsvastagság és az ehhez kapcsolódó vágóerő-ingadozások a munkadarab-szerszám-szerszámgép rendszer jó dinamikus viselkedését igénylik.” [5]

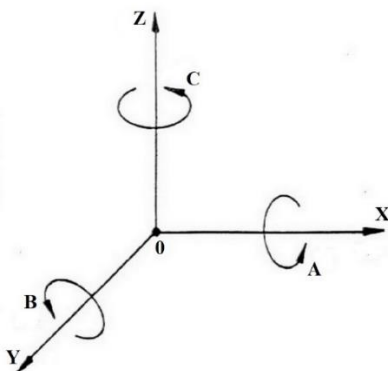
Marással síkfelületeken kívül a legkülönbözőbb formájú munkadarabok, profilok állíthatók elő, valamint alkalmas menetek és fogazott alkatrészek előállítására is. A 2.6. ábrán egy hagyományos marógép felépítése látható.

Marással 2,5 – 5D alakzatok is létrehozhatók. Ennek jelentése, hogy a megmunkálás során mennyi irányban történik elmozdulás a tengelyek mentén (D – directions). Míg esztergálásnál és lemezek kivágásánál 2 irányban dolgozunk (X, Z ill. X, Y tengelyek mentén), addig marásnál 3, 4 vagy 5 tengely elmozdulása valósulhat meg. Ezen mozgásviszonyokat szemlélteti a 2.7. ábra.



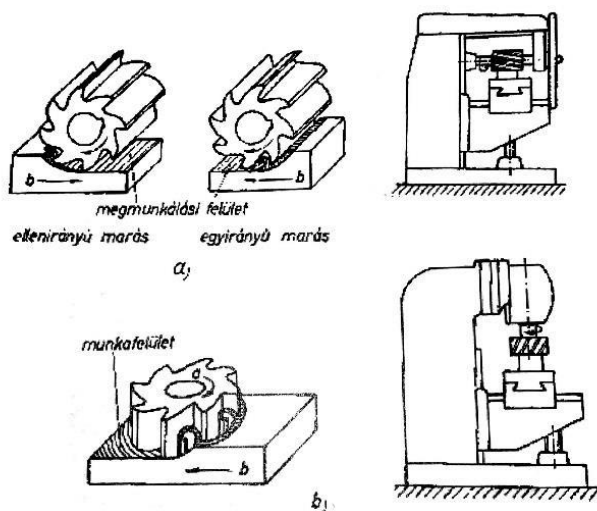
2.7. ábra: NC/CNC megmunkálási lehetőségek [9]

Ahhoz, hogy a marógépben egy meghatározott szerszámpályát leírjuk, a munkatérben lévő pontokat egyértelműen meg kell tudnunk határozni. Ennek megvalósítására koordináta-rendszereket alkalmazunk, amely marás esetében 3 tengelyből (X, Y, Z) áll. A koordináta-rendszert általában a főorsóhoz viszonyítjuk. Korszerűbb CNC szerszámgépek dönthető főorsóval és/vagy dönthető ill. forgatható gépasztallal is rendelkeznek (4 ill. 5 tengelyű marógépek). Ilyen esetben a koordináta rendszerek elforgatását adott pontból kiindulva (munkadarab, munkatér egy pontja) a saját tengelyük körül értelmezzük. Az X, Y és Z tengelyek körüli forgatást A, B és C betűkkel jelöljük. Ennek értelmezését a 2.8. ábra segíti:



2.8. ábra: Marógép koordináta-tengelye [10]

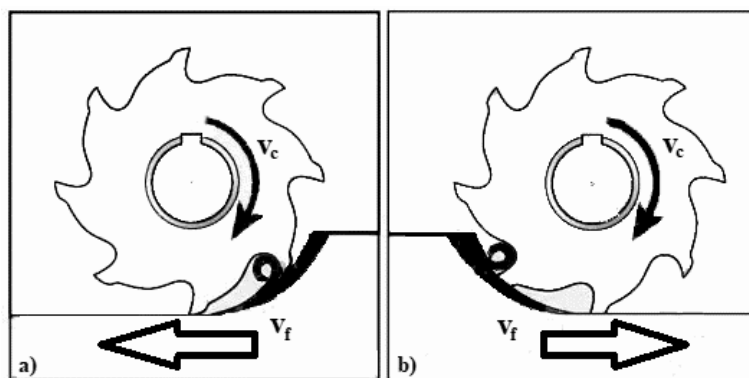
A marásnak két alapváltozatát különböztetjük meg attól függően, hogy a szerszám melyik részén elhelyezkedő fogakkal forgácsolunk: palásmarás és homlokmarás (2.9. ábra).



2.9. ábra: a) palásmarás, b) homlokmarás [11]

„Palástmarásnál a szerszám a palástfelületén elhelyezett fogakkal forgácsol, ezért a maró forgástengelye a megmunkálandó felülettel párhuzamos.

A szerszám foghosszúsága nagyobb, mint a marni kívánt felület szélessége. A fellépő dinamikus hatások csökkenése a forgácshorony emelkedési szögének kedvező megválasztásával érhető el. A palástmarás két kinematikai módozata az ellenirányú és az egyenirányú változat” [2]



2.10. ábra: a) Egyenirányú marás, b) Ellenirányú marás [3]

Amikor a marószerszám belevág az anyagba, minden fognál ütés jellegű terhelés éri.

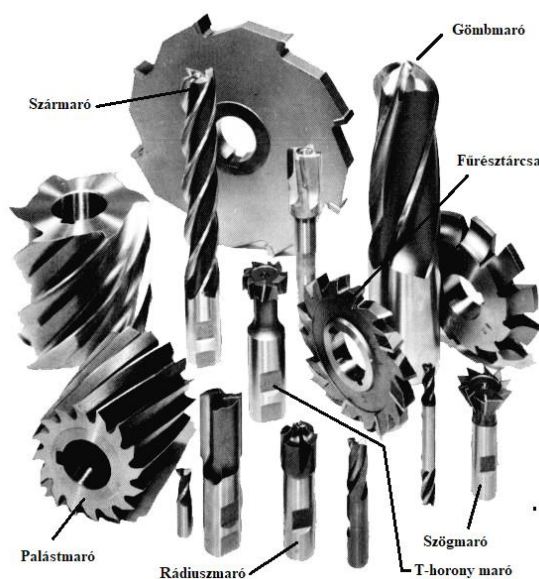
A hagyományosabb – inkább régebbi, egyetemes szerszámgépeken alkalmazott - ellenirányú marás (2.10. a) ábra) esetén a szerszám forgási iránya az előtolás irányával ellentétes a munkadarabra érkezésnél, így a forgácsvastagság egyre vastagodó alakot vesz fel. Ez a változat kedvezőtlenebb felületi minőséget és nagyobb szerszámkopást eredményez, ami a szerszám és munkadarab közti dörzsölő, csiszoló hatás és az előző fog által megedzett anyagnak köszönhető. A fogásból kilépő maró igénybevétele és a csiszolódás miatt keletkező hő következtében nagyobb eséllyel történik élmeghibásodás vagy törés, azonban bizonyos szerszám anyagok – így a kerámia – esetén előnyös megmunkálási forma, ezek ugyanis törékenyebbek a hirtelen erőbehatások esetén.

A korszerűbb egyenirányú marásnál (2.10. b) ábra) a szerszám forgásiránya és az előtolás iránya a szerszám munkadarabra való beérkezési területén megegyezik, ezért a forgácsvastagság a szerszám anyagba lépésekor a legnagyobb, majd fokozatosan vékonyodik. A szerszám kopása és a megmunkált felület minősége is kedvezőbb ebben az esetben, azonban a fellépő jelentős eredő erők miatt a megmunkálóközpont stabil, az asztalt mozgató orsó holtjátéktól mentes és jól karbantartott kell, hogy legyen,

máskülönben a fellépő erők következtében szerszám a gépasztalt annak holtjátékán belül az előtolás irányába húzhatná, és az alkatrészt a befogásból kihúzhatná. Mindezt figyelembe véve ezt a marási formát inkább CNC gépeken alkalmazzák.

A marószerszámokat nem egységes kritériumok szerint osztják fel. A kialakítástól és az alkalmazással kapcsolatos jellemzőktől függően megkülönböztetünk többek között:

- | | |
|------------------------------------|------------------|
| - Tömör és cserélhető lapkás maró; | - Alakos maró; |
| - Palástmaró; | - Fűrész tárcsa; |
| - Homlokmaró; | - Menetmaró; |
| - Ujjmaró; | - Lefejtőmaró; |
| - Tárcsamaró; | - Életörő. |



2.11. ábra: Marószerszámok fajtái [3]

Különböző marószerszám típusokat szemléltet a 2.11. ábra.

2.2. Forgácsolószerszámok anyagai

A szerszámanyag az az anyag, amelyből a szerszám aktív része - a tényleges vágórész - készül.

„A szerszámanyagokkal szemben négy követelmény támasztható, amelyek fontosak a megfelelő használatukhoz:

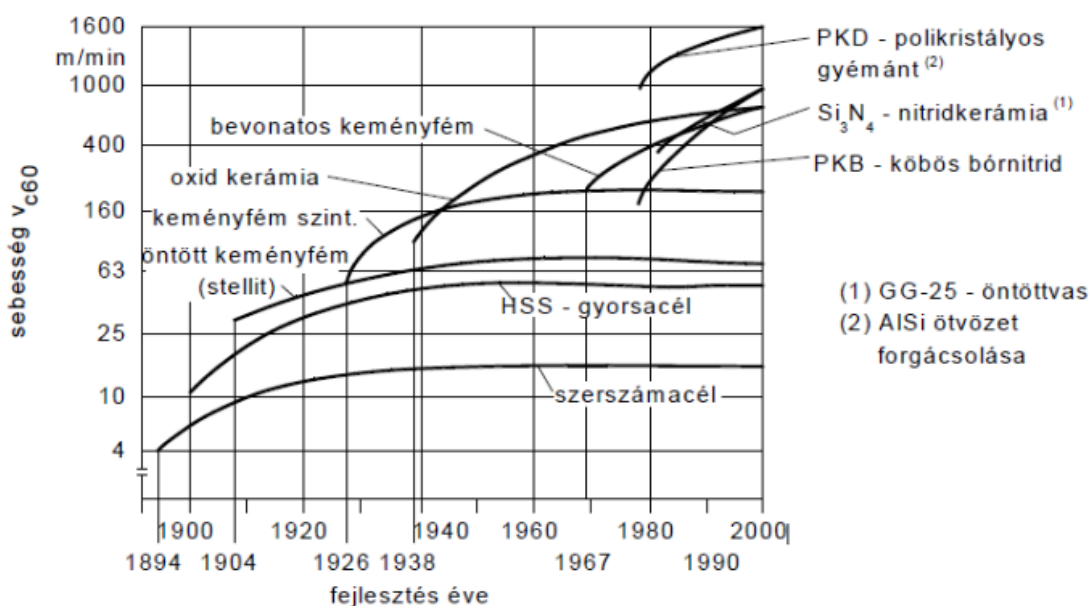
- Nagy keménység és nyomószilárdság: a vágóanyagnak el kell választania és fel kell bontania az anyagrészecskéket.
- Nagy hajlítószilárdság és szívósság: a szerszámnak ellen kell állnia az ütésterhelésnek.
- Magas kopásállóság: a keménység és a szívósság megfelelő kombinációja biztosítja a kívánt kopásállóságot, ami a hosszú szerszám élettartam előfeltétele.
- Magas hőmérsékleti ellenállás: a vágóanyagnak képesnek kell lennie arra, hogy az olykor igen magas vágási hőmérsékletet észrevehető keménységvesztés nélkül elviselje. Ezért fontos a nagy melegkeménység és - különösen a megszakított vágásoknál - a megfelelő hőállóság.” [12]

Ideális szerszámanyag természetesen nem létezik, így az, hogy a fent említett szempontok közül melyik a legfontosabb, mindig az adott megmunkálási feladattól függ.

A szerszámanyagoknak az üzemi gyakorlatban használt fajtáit a következő csoportokba sorolhatjuk:

- Acél alapú szerszámanyagok, ezen belül ötvözött, vagy ötvözetlen szerszámacélok, illetve gyorsacélok
- kemény szerszámanyagok, illetve
- szuperkemény szerszámanyagok.

A kutatások és fejlesztések eredményeképp létrejövő egyre korszerűbb szerszámanyag típusokat, és az ezzel egyidejűleg egyre magasabb elérhető forgácsolási sebességeket szemlélteti a 2.12. ábra.



2.12. ábra: Szerszámanyagok fejlődése [13]

„Az acélapú szerszámanyagok keménységét minden esetben hőkezeléssel (edzéssel) érik el. Ez a tény természetesen határt szab az elérhető keménységnek is. Az ipari gyakorlatban ötvöztelen és a kissé ötvözött szerszámacélokat ma már nem alkalmazzák. Nagy ötvözőtartalmúak a gyorsacélok, két változatuk a HSS-minőség: wolfram, króm, vanádium, illetve a HSS-E minőség, ötvözőik: W, Cr, V mellett Mo és Co, az utóbbi keménysége elérheti a 63 ... 70 HRC értéket.” [2]

Ötvöztelen szerszámacélok esetében az acél alapanyagban a vason kívül csak szén található meg, így ezek kisebb teljesítménnyel rendelkeznek, leginkább kis hőkezelésű megmunkálásnál lennének alkalmazhatók.

Ötvözött szerszámacélokba a szén mellett főként Mn, W és Cr ötvözőket adagolnak.

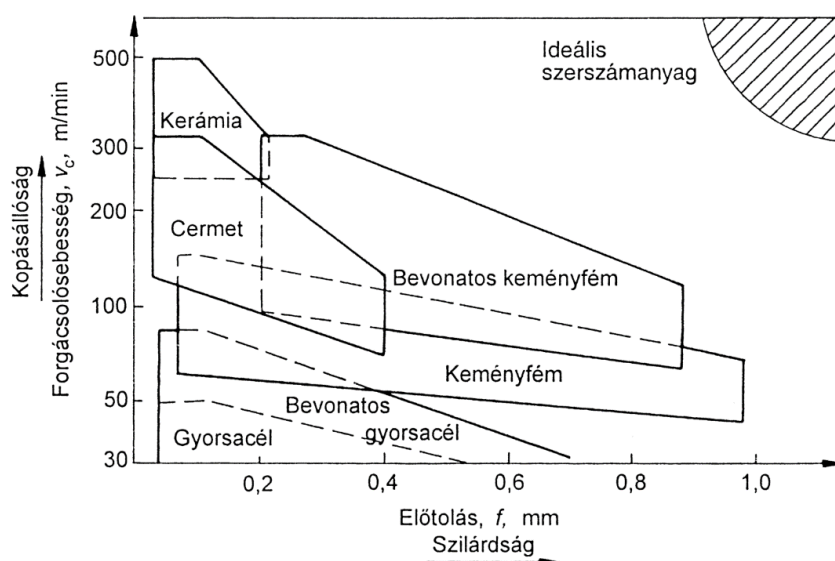
A gyorsacélokat (HSS = High Speed Steel) elsősorban csigafúrók, de többek között központozók, gyalu- és vésőkések, süllyesztők, esztergakések és marószerszámok anyagaként is alkalmazzák. Utóbbi kettő esetében – főként CNC szerszámgépeken – a keménycső szerszámanyagok megjelenése ugyan visszaszorította a gyorsacélok felhasználását, de továbbra is jelentős arányban vannak jelen. Ellenállóságuk különböző bevonatok felvitelével tovább fokozható.

A kemény szerszámanyagok előállítása porkohászati módszerrel történik. Ezek legjelentősebb hányadát a keményfémek teszik ki, de ide tartoznak a kerámiák és a cermet is.

A keményfém „szívós kobalt mátrixba ágyazódó nagykeménységű karbidokat tartalmaz” [2], keménységük így a gyorsacéloknál kb. 20 HRA-val nagyobb. Jellegzetességük, hogy a szerszám alakját zsugorítást követő köszörüléssel alakítják ki. A keményfémek alkalmazása az iparban jelentős termelékenységnövekedést eredményezett. A gyorsacélokhöz képest keményfém szerszámmal nagyjából kilencszer annyi forgács távolítható el óránként egy acél munkadarabról. A keményfémek bevezetése az iparban elkerülhetetlenül a szerszámgépgyártás felgyorsult fejlődéséhez vezetett, mivel a keményfémrel történő gyorsabb megmunkálás során lényegesen nagyobb fordulatszámokra és a gépek jelentősebb rezgésmerevségére van szükség.

„A kerámia rendkívüli keménységével (90 ... 96 HRA) és hőállóságával emelkedik ki. Először az alumíniumoxid-alapú, később a keverék, végül pedig a szilíciumnitrid bázisú kerámiák alkalmazása terjedt el. Hőkezelt (nemesített, edzett) anyagok simító- és félsimító megmunkálásához javasolt, igen nagy teljesítőképességű szerszámanyag.

A cermet (CERamic METal - keramikus fém) kerámiaszerű, főleg simításra alkalmazott szerszámanyag. Hasonlít a keményfémre, mert molibdén-, nikkel- (esetleg kobalt-) mátrixba ágyazott kerámiarészekből (TiC, TiN, TiCN) áll.” [2]



2.13. ábra: Szerszámanyagok típusai [14]

Különböző szerszámanyagok típusainak forgácsolósebességét az előtolás függvényében mutatja be a 2.13. ábra.

A szerszámok anyagán kívül természetesen a megmunkált anyag minősége is fontos szerepet játszik a szerszám teljesítőképességében:

„A munkadarab anyagi jellemzői közül az alábbi tényezők gyakorolják a legnagyobb hatást a szerszámmra:

- A munkadarab anyagának alapkeménysége (szoros összefüggésben van a szilárdsággal) jelentékenyen befolyásolja a fellépő forgácsolóerőt, a forgácsolás közben keletkező hőmérsékletet és meghatározza a szerszámél közvetlen környezetének mechanikai és hőfizikai terhelését.
- A jó alakíthatóság (nagy nyúlás) a szívóssággal függ össze. Néhány ötvöző (Cr, Mo, Ni, W) a szívósságot fokozza, néhány elem esetén (Cr, Ni) azonban ez együtt jár az adhéziós (feltapadásra való) hajlammal, ez pedig az élrátétképződés kialakulásának kiinduló feltétele lehet.
- A többfázisú anyagok kemény fázisai (pl. hipereutektikus alumíniumötvözetben a nagy keménységű primér szilícium kristályok jelenléte stb.) fokozottan abrazív hatásúak, ezért intenzív szerszámkopást idézhetnek elő.
- Néhány ötvözőelem (Cr, Ni stb.) jelenléte a munkadarabban felkeményedést vált ki forgácsolás közben. Ha a megmunkálandó felületről több fogással választjuk le a ráhagyást, az egyes rétegek keménysége egyre fokozódik.
- A munkadarab hőfizikai tulajdonságait ötvözőelemekkel lehet befolyásolni, ami meghatározza meg például azt, a forgácsoláskor keletkező (hő)energia hány százaléka jut a munkadarabba és a forgácsba, illetve milyen arányt képvisel a szerszámot károsító hányada.” [15]

Az adott munkadarab anyagához illő szerszám kiválasztásában ISO-szabványok nyújtanak segítséget, amelyek a munkadarabanyagokat 6 fő csoportba sorolják, és ezt a gyártók a szerszámok katalógusában, illetve dobozán rendszerint feltüntetik:

- ISO P – Acélok, ötvözetlentől az erősen ötvözöttig,
- ISO M – Rozsdamentes acélok (min. 12% Cr),
- ISO K – Öntöttvas,

- ISO N – Nemvasfém pl. alumínium, réz,
- ISO S – Hőálló szuperötvözetek,
- ISO H – 45-65 HRC nagy keménységű acélok és 400-600 HB kéregöntvények,
- O – Egyéb (nem ISO), pl. műanyagok, polimerek, kompozitok, műszaki grafit.

2.2.1. Szerszámok bevonatai

„Mivel az acélok fejlesztése a korlátait feszegeti, ezért a dolgozófelület keménységének és kopásállóságának a növelése lett a cél. A felület keménysége és kopásállósága hagyományos és modern eljárásokkal is növelhető.” [16]

A termelékenység növelése érdekében az alap szerszámanyagokat ma már a szerszámok 95%-ánál felületi bevonattal látják el. A bevonat által a szerszám nagyobb forgácsolási sebességgel és előtolással képes dolgozni, és természetesen az élettartamát is megnöveli. Bevonatolt szerszámok láthatók a 2.14. ábrán.



2.14. ábra: Bevonatolt szerszámok [16]

Nem bevonatos szerszámok esetében is alkalmaznak hagyományosnak mondható felületkezeléseket, mint a felületi edzés, betétedzés és nitridálás, de ezek csak kisebb mértékben javítanak a forgácsolási tulajdonságokon.

„A felületi edzés a darab hevítéséből és gyors hűtéséből áll. A kiinduló alapszövet a nemesítéssel létrehozott szferoidit. Ez biztosítja a mag szívósságát és szilárdságát. A kéreg keménységét és kopásállóságát pedig a martenzit adja. [...] A felületi edzés

lényege, hogy a hőkezelési ciklust olyan sebességgel végzik, hogy a kéregben elég idő legyen az allotrópiátalakulásra és az abból való hűtésre, de a munkadarab belsejének már ne legyen elég ideje az átedződésre. [...] A felületi edzés több módon végezhető, az eljárásokat a hevítéshez használt energiaforrások szerint csoportosíthatjuk. Eszerint létezik pl.:

- lángedzés,
- indukciós edzés,
- elektronsugaras edzés,
- lézersugaras edzés.” [16]

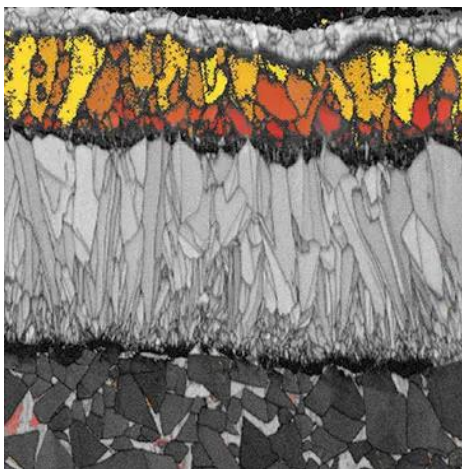
A betétedzés lényege, hogy szerszám felületét karbonnal való dúsítás után edzik. Megeresztő hőkezelés után 55-65 HRC felületi keménység érhető el nagyjából 2mm kéregvastagságban.

A nitridálás egy termokémiai kezelés, ebben az esetben nitrogénnel dúsítják az anyag felületét. Mivel a nitridálás csak az anyag külső rétegét keményíti fel, az eljárás előtt a szerszám magját a megfelelő szívósság eléréséhez nemesíteni kell. Ezzel az eljárással nagyobb felületi keménység érhető el, mint betétedzéssel, mértéke nagyjából 1000-1200 HV, viszont az elérhető kéregvastagság ezesetben csak maximum 0,1-0-2 mm.

„A modern felületkezelési technológiák a fizikai gőzfázisú leválasztás (PVD) és a kémiai gőzfázisú leválasztási (CVD) technológiák, amelyek alkalmasak vékony, nagy szilárdságú és keménységű rétegek kialakítására a hordozófelületen.” [17]

A bevonat az alapfémre nanométeres vastagságban kerül fel, ezekből a rétegekből viszont különböző eljárásokkal több százat is fel tudnak vinni a szerszám éleire. Ilyen rétegek metszete látható a 2.15. ábrán.

Az említettek közül korábban csak a kémiai gőzfázisú leolvasztást, a CVD-eljárást (Chemical Vapor Deposition) alkalmazták, de az utóbbi időben a környezetkímélőbb és a szerszámok tulajdonságaira nézve is előnyösebb, tisztán fizikai kölcsönhatáson alapuló PVD-bevonatolás (Physical Vapor Deposition) került középpontba. Ezek a bevonatok a kémiai felületkezelési eljárásokhoz képest három-tízszeresére képesek növelni a szerszámok kopásállóságát és keménységét.



2.15. ábra: CVD alumínium-oxid bevonat szelvénye mikroszkóp alatt [18]

„A kémiai gőzfázisú bevonás [...] sokoldalúan alkalmazható eljárás, mellyel szinte bármilyen fém és nemfém (pl. karbon, szilícium) anyagú bevonat felvitelére lehetőség nyílik. Tehát vegyületek (nitrdek, karbidok, oxidok) és sok más anyag is felvihető ezzel az eljárással. Az eljárás során két vagy több megfelelő összetételű, gázállapotú vegyületet egy reaktorkemencébe vezetnek, és termikusan, (hagyományos CVD-) vagy más módon (pl. plazmával vagy lézerrel előidézett CVD) a bevonandó tárgy felületének közelében reakcióba visznek, aminek hatására termokémiai bomlás és további reakciók játszódnak le. A keletkező reakciótermék az alkatrész felületére lecsapódva szilárd bevonatot képez, azonban itt gázfázisú melléktermék is keletkezik. Az eljárás [...] vákuumban történik, a hőmérséklet 600–1100°C közötti tartományban van. A magas hőmérséklet által elősegített diffúciónak köszönhetően a CVD-eljárással egyenletes vastagságú, kis porozitású, megfelelő tapadású bevonat hozható létre, akár bonyolult alakú munkadarabon is.” [16]

A CVD eljárásokat követően az szerszámanyagot utólagos hőkezelésnek kell alávetni, ezzel együtt jár bizonyos mértékű deformáció is. A napjainkban zajló kutatások éppen ezért minél alacsonyabb hőmérsékletű eljárások kifejlesztésére irányulnak.

„A fizikai gőzfázisú rétegleválasztás során a bevonatot képező anyagot atomos, molekuláris vagy ionos formában viszik fel a bevonandó alkatrész felületére. A bevonatot szilárd, folyékony vagy gáznemű forrásból viszik fel. A PVD-eljárások viszonylag alacsony hőmérsékleten (50°C ... 550°C) mennek végbe. Ez azt jelenti, hogy az eljárás nem módosítja a réteg alatti hordozóanyag szövetszerkezetét, ami több szempontból is

kedvező. Egyrészt nincs allotróp átalakulás, tehát az ebből adódó méretváltozást is elkerüljük, másrészt tudjuk, hogy módosult szövetszerkezetben máshogy oldódnak az ötvözők és a diffúzióval bevitt bevonandó anyag. Továbbá alkalmazható edzett és megeresztett gyorsacél szerszámokon is a kilágyulás veszélye nélkül. Lehűléskor pedig több vetemedéssel és több maradó feszültséggel lehetne számolni, ami a bevonat stabilitása miatt sem előnyös és a tervezést is nehezíti.

Az elérhető keménység a felületen létrehozott réteg kémiai összetételétől függ.” [16]



2.16. ábra: PVD bevonatos szerszámok [19]

A CVD és PVD eljárás során a szerszámokat a bevonat típusától függően az egyszerűbb megkülönböztethetőség érdekében azonosító színekkel szokták ellátni (2.16. ábra).

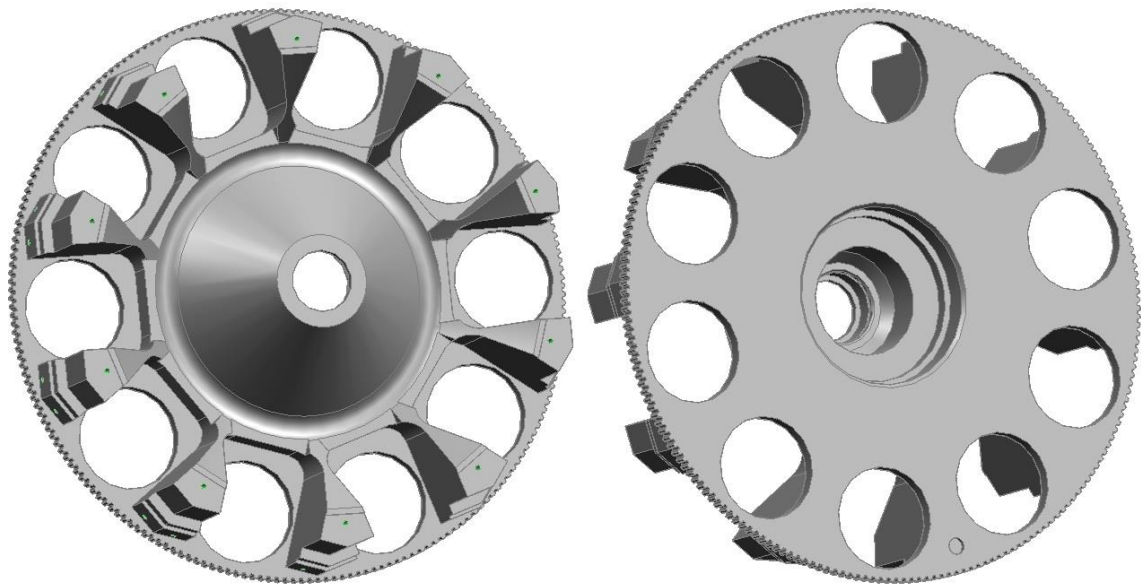
Az, hogy az adott szerszámra milyen anyag felvitele történjen, természetesen - ismét - a megmunkált anyag és megmunkálási feladat függvényében kerül kiválasztásra. A leggyakrabban alkalmazott bevonatok:

- TiN (Titán-nitrid),
- TiCN (Titán-karbonitrid),
- TiAlCN (Titán-alumínium-karbonitrid),
- TiAlN (Titán-alumínium-nitrid),
- AlTiN (Alumínium-titán-nitrid).

3. A feladat bemutatása

A 3D HISTECH Kft. az elmúlt évek során újabb és újabb piacokat hódított meg az általa gyártott szkener mikroszkópok széles választékával. A máig tartó folyamatos világpiaci növekedés következtében az ASK-M. Kft.-től újonnan megvásárolt műhelycsarnokban a gyártókapacitás minél hatékonyabb kihasználására van szükség. Ennek során az újonnan gyártásba kerülő mikroszkóp alkatrészek gyártástervezésénél érdemes a technológiát úgy kialakítani, hogy azok a minőségi követelmények betartása mellett minél rövidebb idő alatt és minél gazdaságosabban készülhessenek el.

A 3.1. ábrán és az 1. sz., illetve 2. sz. mellékletben elhelyezett műhelyrajzokon látható *Szűrőváltó kerék* nevű alkatrész több mikroszkópunk opcionális része, melynek funkcióját a következő fejezetben fogom részletesen bemutatni.



3.1. ábra. A szűrőváltó kerék CAD modellje

Az alkatrész korábban külső gyártó bevonásával készült, azonban az előforduló pontatlanságok miatt, valamint a vállalat gyártó kapacitásának növekedésével felmerült az igény a belső gyártásra. Évente nagyjából 300 darab beépítésére van szükség, így a CNC esztergálás / marás nyers darabból megfelelő megoldás lehet erre a célra.

A munkadarab alakjából adódóan körszelvény nyersanyagból kell kiindulnunk, ezért kézenfekvő lenne a műhelyben található CNC esztergaközpont segítségével készre gyártanunk a darabot. Mivel ez a gép hajtott szerszámmal is működtethető, a mart részek is elkészíthetők rajta. A szűrőváltó kerék azonban ránézésre is jelentősen több, csak marással elkészíthető elemet tartalmaz, ilyenek a tíz darab átmenő körzseb, a felettük lévő 32,5 mm mélységű négyszögzsebek, valamint a három különböző magasságban elhelyezhető 10-szög alakú váll.

Az esztergaközpont hajtott szerszámai esetében a maximális fordulatszám 4500 fordulat/perc, melyek a szerkezetükből adódóan nagy radiális erők és 16 mm-nél nagyobb átmérőjű szerszámok felvételére nem alkalmasak. A műhelyben rendelkezésre álló marógépek a darab mart részeit lényegesen gyorsabban tudnák elkészíteni, a rajtuk végzett műveletekhez viszont felfogó készülék gyártása szükséges, ugyanis a darab geometriájából eredően a tokmányba való befogás célszerűtlen lenne.

Előzetes feltételezésem szerint az egy megrendeléshez szükséges 300 darab szűrőváltó kerék legyártása esetén a két gépen való beállási és felszerszámozási idővel, valamint a felfogó készülék gyártásával együtt is hatékonyabb lenne a gyártás, ha a külön eszterga és marógéppel való megmunkálás módszerét alkalmaznánk. Mivel ez a mennyiség évente megrendelésre kerül, az egyszeri felfogókészülék gyártás elhanyagolható időt emészt fel a rendszeresen megismételt folyamathoz képest.

4. A vállalat és a gyártmány bemutatása

4.1 A vállalat

Az ASK-M Kft. 1983-ban öt fővel alakult, tulajdonosai mellékállásban üzemeltették az céget, fő termékük egy faipari átlaló gyártása volt. 1991-ben a cég egy fizikussal közösen kifejlesztett orvostechnikai műszert kezdett gyártani, ekkor még évente csak néhány darab eladásával. 2001-re már három önálló, első sorban orvosi felhasználásra szánt szkennert mikroszkópokból álló termékcsaládot gyártott, amelyek mai napig a termékek alapjául szolgálnak. A vállalat napjainkra számos informatikai és technológiai fejlesztésen esett át. 2022-ben az ASK-M Kft.-t felvásárolta a digitális mikroszkópia és a digitális patológia piacán egyik legjelentősebb szereplő 3DHISTECH Kft.

A SOTE kutatói környezetéből kiváló cég tevékenységét a tárgylemez-digitalizáló szkennerek, szöveti mikroblokk-készülékek és a hozzájuk tartozó szoftverek fejlesztése és gyártása jelenti. A vállalat a piac világszinten elismert szereplője, 2003-ban és 2019-ben is elnyerte a Magyar Innovációs Nagydíjat, digitális szkennerei rendre nemzetközi első helyezetti elismerésben részesülnek. A fejlesztések eredményeként létrejött termékek sorozatgyártása Budaörsön, az egykori ASK-M Kft. műhelyében zajlik. Az előállított termékek 90-95%-a exportra kerül Európán belül és harmadik országok felé is, emellett pedig a nagyobb hazai kórházakban is jelen vannak.

4.2 A scanner mikroszkóp

A 3DHISTECH Kft. PANNORAMIC® termékcsaládja saját márkanév, amely több, mint 62 aktív viszonteladó bevonásával kerül értékesítésre. Célközönsége patológiai és rutinvizsgálatokat végző kutatókból, orvosokból áll. A szkennert a benne lévő üveg tárgylemezre helyezett, felmetszett és reagens festékkel megfestett szövettani mintát nagy felbontással digitalizálja, majd a hozzá tartozó szoftver segítségével kezelhetővé teszi. A termékcsalád tagjai (DESK, MIDI, SCAN, P1000 stb.) különböző méretű átmenőfényes és fluoreszcens működésre képes szkennerek, változó tárgylemez kapacitással.



4.1. ábra: A scanner mikroszkóp

A 4.1. ábra a PANNORAMIC SCAN II. nevű mikroszkópot mutatja a PANNORAMIC Scanner Software for Research képalkotó szoftverrel.

4.3 A szűrőváltó kerék szerepe

A szűrőváltó kerék a scanner mikroszkópok opcionális eleme. Funkciója, hogy egy revolverhez hasonlóan különböző optikai fényszűrők helyezhetők el benne, amelyeket a kerék külső fogazáson keresztül történő forgatásával lehet a fény útjába állítani, így azokat nem szükséges egyesével cserélni.

A keréken összesen 10 darab optikai lencse elhelyezésére kialakított férőhely található.

5. A technológia előtervezése

Ebben a fejezetben elvégzem a gyártás elindításához szükséges vizsgálatokat. Elsőként elemzem az alkatrészrajzok helyességét gyárthatósági szempontból, valamint a rajz által előírt technológiai követelményeket. Ezt követően meghatározom a gyártás tömegszerűségét, ebből megállapítva, hogy a gyártandó mennyiség a műhely kapacitásának és megfelel-e.

Következő lépésben az alkatrész számára meghatározott anyagminőséget elemzem, amelynek mechanikai tulajdonságai, összetétele és anyagcsoportja alapjaiban meghatározza a szükséges szerszámok kiválasztását és az alkalmazható technológiai paramétereket. Ebben a lépésben megválasztom a szükséges előgyártmány típusát is.

Az előtervezés utolsó alfejezetében felmérem a műhelyben rendelkezésre álló technikai feltételeket. Ez a lépés szintén elengedhetetlen, hiszen az alkatrészt – az eloxálást leszámítva – teljes mértékben a műhelyen belül szeretnénk készre gyártani. Ennek során megvizsgálom a szerszámgépek technológiai adatait, amelyekből kiindulhatunk az elvégzendő műveletek kidolgozása során.

5.1 A műhelyrajzok elemzése

A gyártás tervezését a rajz több szempontból történő vizsgálatával érdemes kezdeni.

Egy részről áttekintem, hogy az alkatrész gyárthatóság szempontjából, azaz technológiailag helyes-e. Ebben a lépésben azt nézem, hogy a tervezett darab egyáltalán gyártható-e, nincsenek olyan elemei, amelyek miatt nem, vagy csak túl komplikált módszerrel, esetleg túl költségesen legyártható, valamint a gyártás a rajz alapján minél gördülékenyebb lehessen.

Más szempontból azt ellenőrzöm, hogy az alkatrész funkcionálisan megfelelő-e. Itt azt vizsgálom, hogy a darab mellett, hogy funkcióját ellátja, a lehető legegyszerűbb

felépítéssel rendelkezik-e, azaz nincsenek rajta feleslegesen megmunkálendő, túl részletes elemek, de egyben azt is, hogy feladatának megfelelően minden szükséges adottsággal rendelkezik, illetve gyártás közben és után mennyire mérhető.

Technológiai helyesség vizsgálatai szempontjai:

- Az alkatrész minél kevesebb felfogással gyártható legyen
- A méretek lehetőség szerint felfogásonként egy bázistól legyenek megadva és egyértelműen legyenek feltüntetve, a program írását megkönnyítendő
- A lényeges méretek egyszerűen leolvashatók és mérhetőek legyenek
- Ne tartalmazzon elvi hibát
- Ne tartalmazzon felesleges elemeket, mint:
- Gyakorlati szempontból szükségtelen rádiuszok, letörések, beszúrások, alámetszések
- Ferde felületek, amelyek csak háromnál több tengelyű marással gyárthatók
- Ne legyen szükség speciális, egyedi szerszámra
- CNC gépen gyártható, stabilan befogható legyen

Funkcionális helyesség szempontjai:

- Az általános tűrésen kívül csak olyan - szorosabb - tűrések legyenek, amik valóban szükségesek
- A tűrések ne legyenek túl szorosak, de túl lazák sem
- Az előírt minőségek a kivitelezhetőség mellett egyszerűen ellenőrizhetőek is legyenek
- Lehetőség szerint a műhelyben elérhető mérőeszközökkel
- Ne legyen előírva felesleges felületi érdesség

5.1.1 A fénygyűrű szerepe

A szűrőváltó kerék középső, kúpos részén fénytörő felület, ún. fénygyűrű kerül kialakításra. Ennek szerepe optikai eszközökben, hogy az esetlegesen szétszóródó fénysugár ne verődessen vissza teljesen az adott felületről, hanem az érdes felületnek köszönhetően szórt fényként eloszoljon, illetve a felület elnyelje azt.

5.1.2 Felületi érdesség

Megmunkálás során a munkadarabok felületén egyenetlenségek keletkeznek, amelyek egyrészt befolyásolják a kész alkatrész méretpontosságát, valamint bizonyos esetekben esztétikai jelentőségük is lehet. Túlzott pontatlanság akár nem működő szerkezetet is eredményezhet, túlzottan sima felület előállítása viszont gazdaságtalan.

A felületi érdesség a munkadarabon jellegzetes mintázatot követő ismétlődő, kis térfelületű egyenetlenség. A rajzon található Ra1,6 jelölés átlagos felületi érdességet jelent. A szám mikrométer mértékegységben értendő, amely forgácsolás esetén az MSZ ISO 1302 szabvány által meghatározott, átlagosnak tekinthető elvárás. A szám alatti szimbólum egy szabvány szerinti érdességi alapjel, amely arra vonatkozik, hogy a felület kezelt, azaz nem nyers.

5.1.3 Eloxálás

A feliratmező „Felületkikészítés” rubrikájában „Eloxálás – fekete” előírás található. Az eloxálás az „elektromosan oxidált alumínium” rövidítése, melyet a külföldi szaknyelv is ilyen módon említ (Eloxal – Elektrolytische Oxidation von Aluminium).

„Az elektrokémiai oxidálás (...) során a megfelelő összetételű és töménységű elektrolitokban - legtöbbször savakban - a munkadarabokat anódnak kapcsolják. Az anódon képződő oxigén reakcióba lép a fém felületével, amelyen a természetes oxidrétegnél vastagabb, keményebb, kémiaiilag ellenállóbb oxid réteg alakul ki.” [20]

Az eloxálás az alumínium korrózióvédelme és esztétikai jelentősége mellett ellenállóbbá is teszi azt kémiai és mechanikai hatásokkal szemben. Gyártás közben előre figyelembe kell venni az utólag felvitt réteget, ugyanis a fekete eloxálás rétegvastagsága átlagosan 0,01 mm, amely miatt az illesztett felületeknél ennyivel nagyobb ráhagyással kell számolni, hogy azok a felületi bevonattal együtt, a végleges méret kialakulásánál ériék el a rajzon előírt nagyságot.

A felsorolt szempontok alapján átvizsgálva a rajzot mindent rendben találtam, így az alkatrész gyártásának tervezése folytatható.

5.2 A gyártás előtervezése

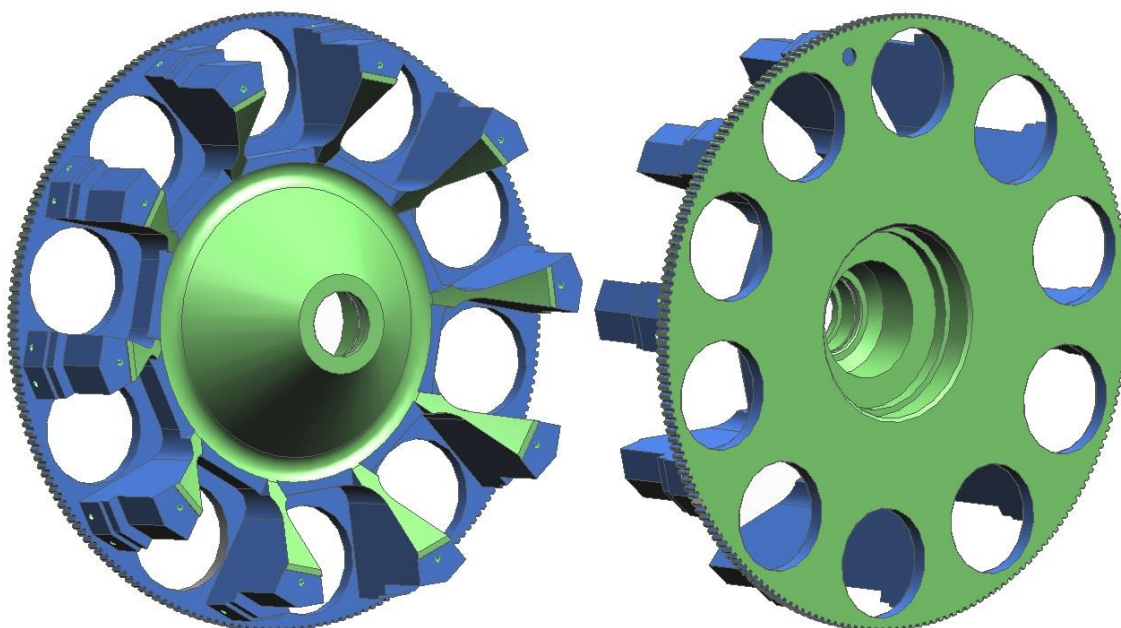
A gyártás gyakorlati kidolgozását a műveleti sorrend meghatározásával kezdem, amelynek jelentősége az alkatrész gyártásának gazdaságossága. A műveleti sorrendtervezés során egy műveletnek az egy gépen egy felfogásban elvégezhető megmunkálásokat tekintjük. Egy művelet lépései a műveletelemek.

Az egyes műveletelemek meghatározásához első lépésben felmérem az alkatrész megmunkálási igényeit, ennek kapcsán sorra veszem a gyártandó alkatrész felületelemeit. Ezekhez kapcsolódóan meghatározom a műveletelemeket, azaz milyen eljárással és milyen szerszámmal történjen a megmunkálás.

A nyersanyag hengerelt rúdanyag formájában kerül megrendelésre. Ezt a cégen belül, a darabolóban, szalagfűrészszel vágják méretre a meghatározott ráhagyással. Ez a méret az Ø170 rúdanyaghoz 40 mm hosszúságot jelent.

A szűrőváltó kerék legyártásához kizárólag forgácsoló technológiákat szükséges alkalmazni. Az eljárások meghatározása során bizonyos felületelemeknél eldönthető, hogy melyik szerszámgépen érdemes az adott műveletet elvégezni. Mivel tengelyszimmetrikus alkatrészről van szó, ezen felületek egy része csak NC eszterga segítségével készíthető el. Ennek oka a forgácsolás ideje mellett bizonyos felületek esetén az, hogy marószerszámmal az adott profil nem kialakítható, vagy kis méretű szerszám aránytalanul hosszú kinyúlására lenne szükség. Emellett a fénygyűrű felület kialakítása nem oldható meg teljes mértékben marószerszámmal. A mart felületek esetén – mivel sok ilyenről van szó – felmerül a kérdés, hogy az esztergaközpont kisebb marási teljesítményű hajtott szerszámát, vagy a nagyobb erők felvételére képes marógépet alkalmazzuk.

Az esztergált, valamint a mart felületeket az 5.1. számú ábrán szemléltetem. Az ábrán látható színek közül a zöld az esztergált, a kék a mart felületeket ábrázolja.



5.1. ábra. A mart és esztergált felületek szemléltetése

A gyárhatóság feltétele, hogy megfelelő befogási lehetőséget alakítsunk ki mind a nyersanyagból való megmunkálás, mind a további műveletek – visszafogás – során.

A szűrőváltó kerék legyártásához kizárólag forgácsoló technológiákat szükséges alkalmazni. Az eljárások meghatározása során bizonyos felületelemeknél eldönthető, hogy melyik szerszámgépen érdemes az adott műveletet elvégezni. Mivel tengelyszimmetrikus alkatrészről van szó, ezen felületek egy része csak NC eszterga segítségével készíthető el. A mart felületek esetén – mivel sok ilyenről van szó – felmerül a kérdés, hogy a kisebb marási teljesítményű esztergaközpont, vagy a nagyobb erők felvételére képes marógépet alkalmazzuk.

Mivel a gyártás kezdetén nyersanyagból indulok ki, és esztergálással kezdem a gyártást, ezért kezdetben csak az esztergaközpont 3 pofás tokmányára van szükség. A tokmány pofáinak befogási mélysége 10 mm.

Az egyszerűbb érthetőség kedvéért az alkatrész mart oldalát „A” oldalnak, a másik oldalát „B” oldalnak nevezem el. A két oldalhoz tartozó felületelemek az 5.1. számú ábra alapján:

- A kék színű felületekkel rendelkező, középen kúpos oldal (bal oldalon) az „A” jelű;
- A zöld oldalfelülettel határolt (jobbra látható) oldal a „B” jelű.

A műveletelemek meghatározása során a leggazdaságosabb megmunkálásra törekszem, hogy az egyes felületelemek megmunkálása minél kevesebb szerszám felhasználásával, és minél kevesebb lépésből, valamint szerszámúttal történjen. Ezen szempontok alapján a műveletelemek sorrendje az 1. számú táblázat szerint alakul:

1. táblázat: A gyártás műveleti sorrendje

Művelet	Sorszám	Műveletelem
Darabolás	1.	Fűrészeléssel előgyártmány készítése
Esztergálás „A”	2.	Mart oldal homlokesztergálása
	3.	Palástfelület hosszesztergálása 1.
Esztergálás „B”	4.	Csapágy oldal homlokesztergálása
	5.	Palástfelület hosszesztergálása 2.
	6.	Körzsebek előfűrése (D25 telibefűró)
	7.	Körzsebek nagyolása (D16 esztergafűró)
	8.	Körzsebek simítása (alu lapkás simító D15)
	9.	Beszúrás elkészítése
	10.	Pozicionáló furat marása
	11.	Ø18 furat előfűrése (D16 esztergafűró)
	12.	Ø18 furat simítása (alu lapkás simító D15)
Esztergálás készülékben	13.	Belső kúp nagyoló esztergálása
	14.	Belső kúp fénygyűrűzése
Marás	15.	10-szög váll nagyoló marása 1.
	16.	10-szög váll nagyoló marása 2.
	17.	10-szög váll nagyoló marása 3.
	18.	10-szög fenék rész nagyoló marása
	19.	Négyszög zsebek nagyoló marása
	20.	Körzsebek marása
	21.	Belső vállak marása (zsebek végén)
	22.	10-szög váll simító marása 1.
	23.	10-szög váll simító marása 2.

	24.	10-szög váll simító marása 3.
	25.	10-szög fenék rész simító marása
	26.	Négyszög zsebek simító marása
	27.	Központozás
	28.	Fúrás
	29.	Menetfúrás M2 (homlokfelület felől)
Fogazás és menetfúrás	30.	Fog profil marása
	31.	Menetfúrás M2

Ha az alkatrészt teljes egészében esztergaközponttal szeretnénk legyártani, akkor a befogások, átállások a következőképp alakulnak:

- Esztergálás „A”: Nyers (darabolt) anyag befogása
- Esztergálás „B”: Visszafogás az előmunkált felületre, ugyanabba a tokmányba;
- Esztergálás készülékben: Felfogókészülék gyártása szükséges, melyet a tokmányba befogunk, erre csavarozzuk fel a „B” oldalról kész, „A” oldalról előmunkált alkatrészt – először a későbbi fejezetben bemutatott leszorító nélkül;
- Marás „A”: A felfogás változatlan, a kúpos részre leszorítót helyezünk a stabilabb megfogás érdekében;
- Fogazás és M2 menetek fúrása: Marás után, ugyanabban a készülékben, Y irányú elmozdulásra képes esztergagépen

Ha a számítások eredménye alapján úgy tűnik gazdaságosnak, hogy a mart részeket marógép alkalmazásával érdemesebb elkészíteni, akkor az átállások a következőképp alakulnak át:

- Esztergálás „A” és „B” műveletek változatlanok maradnak;
- Marás: A művelethez marógépen történő beállítás szükséges, mely célra ugyanaz a készülék is megfelel;
- Fogazás és M2 menetek fúrása: Szintén ugyanabban a készülékben, esztergaközpont alkalmazásával.

5.3 Az alkatrész anyaga

Az alkatrész anyaga a rajzon megadott AlMgSi1, amelynek jelölése az EN 531-1 szabvány szerint EN-AW-6082. Egy iparban széleskörűen elterjedt anyagról van szó jó megmunkálhatóságának köszönhetően. „A magnézium és szilícium ötvöztetésű alumínium ötvözetek közül ennek a legnagyobb a szilárdsága, ami közepesnek mondható a többi alumíniumötvözetrel összehasonlítva. Az ötvözetet (...) jellemzi még kitűnő korrózióállósága, könnyű forgácsolhatósága (...)”. Brinell keménysége HB 75, Szakítószilárdsága $R_m = 260 \text{ [N/mm}^2\text{]}$. [21]

Összetételét a 2. táblázat foglalja össze.

Forgácsolás szempontjából hosszú forgácsú anyag, amelynek megmunkálásánál a forgácsolóerők viszonylag alacsonyan maradnak. Mivel az alumínium ragadós, nagy forgácsolósebességet (v_c) igényel. Alacsony Si-tartalom esetén bevonat nélküli keménységű szerszámokkal munkálható meg. ISO besorolása N, azaz nemvasfém, fajlagos főforgácsolóereje főértékei $k_{c1,1} = 350\text{-}600 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ tartományba esnek. [22]

2. táblázat: Az AlMgSi1 ötvözet vegyi összetétele [21]

Al	Mg	Si	Mn	Cr	Ti	Cu	Fe	Zn
95,2- 98,3%	0,6- 1,2%	0,7- 1,3%	0,4-1%	max. 0,25%	max. 0,1%	max. 0,1%	max. 0,5%	max. 0,2%

5.4 Szerszámválasztás

A következőkben meghatározom az egyes műveletelemekhez használandó szerszámokat. Ehhez a feladathoz a WalterTools online katalógusait használtam fel. [23]

A szerszámok kiválasztása során a legfontosabb szempontjaim a következők voltak:

- Egy szerszám lehetőség szerint több műveletelemhez legyen használható, ezzel csökkentve a szerszámozás költségét;
- A választott szerszámok a műhely jelenleg meglévő befogóihoz passzoljanak, hogy ezekből ne kelljen újakat beszerezni;

- A szerszámok anyaga és bevonata a munkadarab anyagához passzoljon;
- Amennyiben lehetséges, egy szerszám alkalmas legyen nagyolás és simítás elvégzésére is;
- Lehetőség szerint ne legyenek speciális szerszámok, hogy a szűrőváltó kerék gyártásán kívül más darabok megmunkálásához is felhasználhatók legyenek.

5.4.1 A szerszámbefogók felmérése

A cégben a következő befogók állnak rendelkezésre:

- Esztergaközponthoz:
 - 16x16, 20x20 és 25x25 mm szártartó
 - Késtartó: Hengeres szerszámbefogó DIN 69880, ezen belül:
 - E2-30x16, E1-30x25, E1-30x20,
 - Hengeres szárú lapkatartó:
 - Ø16-25 szár, negatív és pozitív alapforma, valamint beszűrő fúrórúdhoz,
 - Hajtott szerszám esetén patronos befogó Ø1-16 mm-ig:
 - Egyenes maró egység: WTO Typ 410116015,
 - 90°-os maró egység: WTO Typ 410516037,
 - Váltólapkás telibefúró száruk, Ø16-25 mm,
- Marógéphez:
 - Patronos befogók, ER16-ER25, Ø1-20 mm;
 - Weldon befogók – SK 40-12-100, DIN 69871;
 - Fúrótokmány – SK 40, DIN 69871.

A gyártáshoz szükséges szerszámokat a meglévő befogó készlet adottságai szerint választom ki.

5.4.2 A szerszámok meghatározása

Az alkalmazott szerszámok kiválasztása során elsődleges szempont, hogy azok az alkatrész anyagának megmunkálására alkalmasak legyenek. Esztergalapok esetén

egységesen a Walter Tools – Walter Turn és Walter Cut, marószerszámok esetén az Advance és Protostar, fúrók esetében a Supreme, menetfúró kiválasztásához pedig a Paradur szerszámcsaládból válogatok.

A 3. számú táblázatban részletezem, hogy az egyes műveletelemekhez mely szerszámokat választottam.

3. táblázat: Szerszámválasztás a műveletelemekhez

Művelet- elem sorszáma	Szerszám	Szerszám modellje	Forgác solási átmérő [mm]	Befogó
2, 3, 4, 5, 13	<u>Walter Turn</u> <u>Lapka tartó:</u> SCLCL2020K06 20x20 mm Csavaros rögzítés <u>Váltólapka:</u> CCGT060208FS-1 WDN10		-	20x20 szártartó
7, 11	<u>Furatkés</u> <u>Szár:</u> A08H-SCLCR06 Csavaros rögzítés <u>Váltólapka:</u> CCMT060204-RM4 WSM30S		Ø16	E2-30x16

8, 12	<u>Walter Turn</u> <u>Fúrórúd:</u> A10K-SWLCR04 Csavaros rögzítés <u>Váltólapka:</u> WCGT040202-FN2 WNN10		Ø15	E2-30x16
14	Egyedileg, kézzel hegyesre köszörült 5 mm széles beszúró Középpontos csavaros rögzítés		-	16x16 szártartó
6	<u>Walter Turn</u> <u>Váltólapkás fúró:</u> D4140-03-25.00F25-G Csavaros rögzítés <u>Váltólapka:</u> D4140-03- 25.00F25-G		Ø25	E1-30x25
9	<u>Walter Turn</u> <u>Fúrórúd:</u> G1221-16QR-2T04-GX09- P <u>Beszúró lapka:</u> GX09- 0E170N01-UF8 WSM23S		Ø12,6	E2-30x16
10	<u>Walter Advance</u> Tömör keményfém maró 3 élű, PVD bevonatolt Katalógus szám: MC267-03.0A3B020C- WJ30CA		Ø3	Egyenes hajtott maró egység

15-21	<u>Walter Advance</u> Tömör keményfém maró 3 élű, PVD bevonatolt 215€ Katalógus szám: MC267-16.0A3B050C- WJ30CA		Ø16	Patron
22-26	Walter Protostar Tömör keményfém maró 2-élű, hosszú élszalagú Katalógus szám: H602551-10		Ø10	Patron, max. ER16
27	Tömör keményfém NC központfúró Csúcsszög: 90° Katalógus szám: A1174-3		Ø3	Patron
28	Walter Supreme Tömör keményfém fúró Belső hűtésű Katalógus szám: DB133-05-01.650A0- WJ30EL		Ø1,65	Fúrótokmán y
29, 31	<u>Walter Paradur</u> HSS-E-PM gépi menetfúró Katalógus szám: 2041606-M2		Ø2	Kiegyenlítő tokmány / Patron / 90°-os hajtott maró egység

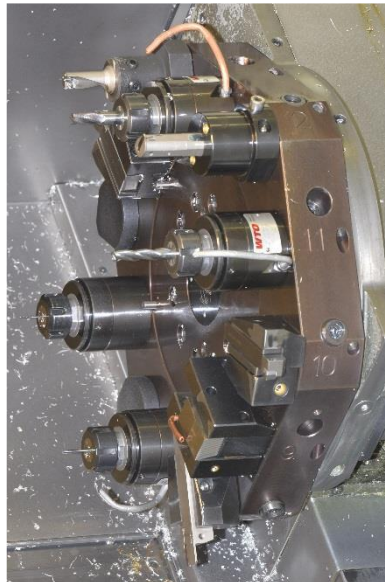
30	Megrendelő által biztosított profilmaró szár		Ø2	90°-os hajtott maró egység
----	---	---	----	----------------------------------

5.5 A technikai adottságok felmérése

A rendelkezésre álló CNC esztergaközpont egy DMG MORI CTX 310, amely

- 12 tárhelyes revolverrel (2. ábra);
- 6 hajtott szerszám-befogási lehetőséggel;
 - hajtott szerszámok esetén 4500 1/min fordulatszámmal;
 - hajtott befogó esetén 5,8 kW és 12 Nm nyomatékkal;
- 16,5kW-os, 115 Nm nyomatékú főorsó hajtással rendelkezik, ami 5000 1/min maximális fordulatot enged.

Az 5.2. számú ábra az esztergaközpont revolverét ábrázolja



5.2. ábra. A CNC esztergaközpont revolverfeje

A marógépek közül erre a feladatra rendelkezésre áll egy EmcoMill 750 (5.3. ábra), amely:

- Siemens Sinumerik 828D vezérlő rendszerrel;
- 3 tengellyel;
- 30 szerszám befogadására alkalmas tárral;
- szerszámon keresztüli hűtéssel;
- 20kW-os, 100 Nm nyomatékú főorsó hajtással rendelkezik, ami 15000 1/min maximális fordulatot enged.



5.3. ábra. EmcoMill 750 marógép

6. Technológia tervezés

6.1 Technológiák meghatározása

Első lépésként meghatározom, hogy a 3. táblázatban meghatározott szerszámokhoz a különböző műveletelemek végrehajtásakor milyen technológiai paramétereket rendeljek. Ennél a résznél már különbséget kell tennem az eszterga hajtott szerszámbefogójának és a marógép főorsójának teljesítménye között.

A technológiai paraméterek számítása történhet képletek és anyagtáblázatokban található adatok segítségével, de az egyes szerszámokhoz a gyártó maga is javasol a gépen beállítandó paramétereket, illetve az online katalógusban a bemenő adatok alapján (anyag, gép teljesítménye, gyártandó felület) lehetséges az adott művelet elvégzésére alkalmas szerszámok közül is válogatni.

Annak ellenőrzésére, hogy a képleteken keresztül kiszámolt és anyagtáblázatok által meghatározott, valamint a gyártó online katalógusa által javasolt paraméterek mennyire egyeznek, egy általános műveletelemre kiszámítom azokat, majd összevetem, hogy a saját számítások és az online kalkulátor javaslatai mennyiben fedik egymást. Az általam választott műveletelem a 11. – Körzsebek nagyolása (előfűrés után).

Kiinduló méret: $d = \varnothing 25 \text{ mm}$

Esztergálás utáni méret: $D = \varnothing 52 \text{ mm}$

Fogásmélység:

$$a_p = \frac{D - d}{i} = \frac{\varnothing 52 - \varnothing 25}{6} = 4,5 \text{ mm}$$

ahol:

- i – fogások száma.

Ez a fogásmélység megfelel a Tabellenbuch Metall [24] által javasolt közepes értéknek.

Javasolt előtolás: $f = 0,3 \text{ mm/fordulat}$ [24]

Forgács keresztmetszet:

$$A = a_p \cdot f = 4,5 \text{ mm} \cdot 0,3 \text{ mm} = 1,35 \text{ mm}^2$$

Forgácsvastagság:

$$h = f \cdot \sin \kappa = 0,3 \text{ mm} \cdot \sin 95^\circ = 0,3 \text{ mm}$$

ahol:

κ – a szerszámelhelyezési szög a műveletlemhez tartozó szerszám esetében.

A fajlagos forgácsolóerő $h=0,3 \text{ mm}$ forgácsvastagság esetén:

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} = \frac{544}{0,3^{0,24}} = 726 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

ahol:

- $k_{c1,1}$ – fajlagos fő forgácsoló erő értéke, anyagtáblázatból [24];
- m_c – a h - k_c diagram emelkedési szögének tangense, anyag táblázatból [24].

Forgácsolóerő:

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,35 \text{ mm}^2 \cdot 726 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 1078,1 \text{ N}$$

ahol:

- C_1 – szerszámanyag korrekciós tényezője, keményfém esetén: 1,0 [24];
- C_2 – szerszámkopás korrekciós tényezője, új szerszám esetén: 1,0;
· használt szerszám esetén: 1,3 [24];

Hengeres késszár esetén, 50 mm kinyúlásra és 16 mm szerszám átmérőre a megengedett forgácsolóerő [25] alapján: $F = 1600 \text{ N}$, ami kisebb, mint F_c , így ezt az erőt képes felvenni.

Javasolt forgácsolósebesség: $v_c = 360 \text{ m/min}$ [24]

Forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60.000} = \frac{1274,13 \text{ N} \cdot 360 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60.000} = 6,46 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_1 = \frac{P_c}{\eta} = \frac{6,46 \text{ kW}}{0,8} = 8,08 \text{ kW}$$

ahol:

- η – a szerszámgép hatásfoka (CNC gép esetén 0,8-0,85) [24]

A CNC esztergaközpont főorsójának teljesítménye 16,5 kW, amely ezt a terhelést elbírja. Állandó forgácsolási sebesség mellett a fordulatszám a megmunkált átmérő függvényében az alábbi tartományok közt alakul:

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \rightarrow n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi} \left[\frac{1}{\text{min}} \right]$$

ahol:

- D – a megmunkált átmérő;
- n – a fordulatszám.

$$n_1 = \frac{360 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{29,5 \text{ mm} \cdot \pi} = 3884,46 \frac{1}{\text{min}}$$

$$n_2 = \frac{360 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{52 \text{ mm} \cdot \pi} = 2203,68 \frac{1}{\text{min}}$$

Az esztergaközpont főorsójának maximális fordulatszáma 5000 1/min, így ez a fordulatszám megengedhető.

A gyártó által javasolt megmunkálási paraméterek meghatározása során a Walter Tools – Walter GPS 6.6 online kalkulátorát használtam fel. [26]

Az online kalkulátor ezen funkciójának kihasználásához első lépésben a megmunkálandó anyagminőséget, amelyet jelen esetben a nemvas fémek (N) kategórián belül, HB

keményység alapján tudok kijelölni. Ezután kiválasztom az előre megadott szerszámgép típusok közül azt, amelynek teljesítménye legközelebb áll az általam alkalmazott gépéhez. Az egyes műveletekhez különböző gépek kiválasztására van szükség, ezért esztergálási feladatokhoz egy 15 kW főorsó hajtású esztergagépet, hajtott szerszámban való maráshoz egy 5,5 kW-os hajtást, míg maráshoz egy 30 kW-os maróközpontot tudok kiválasztani. Mivel ezeknek a gépeknek a teljesítménye nagyobb, mint a rendelkezésemre álló gépeké – a hajtott szerszamos befogó maximális fordulatszáma például 6000 1/min –, a paramétereiket utólag úgy kell módosítani, hogy azok a saját alkalmazásnak megfeleljenek. Ezt követően meg kell adni az adott műveletelemben megmunkálandó felület geometriájának jellegét, majd annak méreteit. A keresés eredményeképp különböző szerszámjavaslatokat kapunk, melyeket alapbeállításként műveletelemre számolt költség szerint állít sorrendbe a program. A szerszám kiválasztása után megkapjuk a részletes forgácsolási paramétereket. A kalkulátor által javasolt forgácsolási paramétereket természetesen szükséges összevetni a gyakorlatban tapasztalt alkalmazhatósággal, ezek egy része módosítás nélkül átvehető, vannak azonban olyanok, melyek a gép terhelhetőségének határát a tapasztalatok alapján átlépnék, így azokat kisebb-nagyobb mértékben csökkenteni szükséges, legalább a gép teljesítményének 90%-ára.

A 6.1. ábrán a fenti adatok bevitele után a Walter GPS online kalkulátorban a 3. táblázatban jelölt szerszámmra, a 11. műveletelemre számolt forgácsolási paraméterek láthatók.

Műveletek száma ap irányban	NOPap	4	
Kezdeti átmérő	D_{ms}	25	mm
Végső átmérő	D_{me}	52	mm
Fogásmélység	a_p	3.38	mm
Forgácsoló sebesség	v_c	380	m/min
Fordulatonkénti előtolás	f_n	0.25	mm
Maximális fordulatszám	rpm_{max}	3810	1/min

6.1. ábra: A Walter GPS által megjelenített forgácsolási paraméterek

A számolással összevetve megállapítható, hogy a számított és táblázatokból kiolvasható paraméterek nagyságrendileg megegyeznek a szerszámjavaslatra vonatkozó adatokkal, így a további műveletelemknél kiindulásként a gyártó által javasolt technológiákat használok fel. Megfigyelhető, hogy a kalkulátor adatai némely esetben a gép teljesítményének szinte maximális kihasználásával, ugyanakkor alacsony éltartam tényezővel számolnak. „Gyakorlati tapasztalatok szerint a leginkább a forgácsolósebesség befolyásolja a szerszám éltartamát. Kisebb mértékben, de hatással vannak még az éltartamra a forgács méretei, a forgácsoló szerszám és a forgácsolt darab anyagminősége stb.” [26]

Az anyag táblázatok a szerszám éltartamot keményfém szerszámok esetén $T = 150$ percben határozzák meg, ezért a kalkulátorban a forgácsolási sebességet annyival redukáltam, hogy ehhez az értékhez közelítsenek, ez nagyjából 80%-ra csökkentést jelentett. Ezáltal a gyártás nem igényel lényegesen több időt, viszonyt a szerszámkopás csökkenése miatt gazdaságosabbá válik.

Az esztergálás paramétereit a 4. számú táblázat foglalja össze.

4. táblázat: Az esztergálás technológiai paramétereit

Ssz.	Műveletelem	$v_c \left[\frac{m}{min} \right]$	$f_n \left[\frac{mm}{ford} \right]$	$f_z \left[\frac{mm}{fog} \right]$	$a_p [mm]$ $a_e [mm]$
2.	Mart oldal homlokesztergálása	264	0,1	-	$a_e = 1$
3.	Palástfelület hosszesztergálása 1.	264	0,1	-	$a_p = 1$
4.	Csapágy oldal homlokesztergálása	264	0,1	-	$a_e = 1$
5.	Palástfelület hosszesztergálása 2.	264	0,1	-	$a_p = 1$
6.	Körzsebek előfűrése (D25 telibefűró)	102	0,1	-	$a_p = 2$

7.	Körzsebek nagyolása (D16 esztergafűró)	76	0,06	-	$a_p = 4$
8.	Körzsebek simítása (alu lapkás simító D15)	360	0,3	-	$a_p = 4,5$
9.	Beszúrás elkészítése	63	0,03	-	$a_e = 1$
10.	Pozícionáló furat marása	188	-	0,03	$a_p = 3$
11.	Ø18 furat előfűrésa (D16 esztergafűró)	76	0,06	-	$a_p = 2$
12.	Ø18 furat simítása (D16 esztergafűró)	76	0,3	-	$a_e = 0,5$
13.	Belső kúp nagyoló esztergálása	264	0,08	-	$a_p = 2$
14.	Belső kúp fénygyűrűzése	264	0,5	-	$a_p = 0,05$
30.	Fog profil marása	22	-	0,025	$a_p = 0,86$
31.	Menetfűrés M2	31,4	3000	-	$a_p = 2$

A mart felületek kialakításához a gyártó által javasolt technológiai paraméterek lényegesen túllépik az eszterga hajtott szerszámának maximális teljesítményét.

A 19. műveletelemre (Négyszög zsebek nagyoló marása) a gyártó javaslata Ø16, z=3 fogszámú maróhoz $a_p = 16$ mm fogásmélység és $a_e = 16$ mm fogásszélesség, n=7560 1/min fordulat, $f_z=0,16$ mm/fog előtolás, ami $v_c=380$ mm/perc forgácsolósebességet jelent.

Teljesítményszükséglet számítása a gyártói paraméterek esetén:

$$\frac{d}{a_e} = \frac{16}{16} = 1 \rightarrow \varphi \approx 145^\circ$$

ahol:

- d – marószerszám átmérő;
- a_e – fogásszélesség;
- φ – a maró belépési szöge [24].

Fogásban lévő fogak száma:

$$z_e = z \cdot \frac{\varphi}{360^\circ} = 3 \cdot \frac{145^\circ}{360^\circ} = 1,201$$

Forgácsvastagság:

$$h = \sin \kappa \cdot \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360^\circ}{d \cdot \pi \cdot \varphi_B} = \sin 90^\circ \cdot \frac{0,16 \cdot 16 \cdot 360^\circ}{16 \cdot \pi \cdot 120^\circ} = 0,153 \text{ mm}$$

ahol:

- φ_B – a maró átfogási szöge ($360^\circ / z$)

Forgácskeresztmetszet:

$$A = a_p \cdot h = 16 \cdot 0,153 = 2,44 \text{ mm}^2$$

A fajlagos fő forgácsolóerő:

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} = \frac{544}{0,153^{0,24}} = 853,6 \frac{N}{\text{mm}^2} [24]$$

Fő forgácsolóerő:

$$F_c = k_c \cdot A \cdot C_1 \cdot C_2 = 853,6 \cdot 2,44 \cdot 1 \cdot 1,1 = 2291,2 \text{ N}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = z_e \cdot F_c \cdot v_c = 1,201 \cdot 2291,2 \cdot \frac{380}{60\text{s}} = 17.427 \text{ W} = 17,43 \text{ kW}$$

Ezt a teljesítmény a hajtott szerszámbefogó teljesítményszükségletének nagyjából háromszorosa, melynek maximális teljesítményéből ($P_1 = 5,8 \text{ kW}$) kiindulva a forgácsolás maximális teljesítményszükséglete:

$$P_c = P_1 \cdot \eta = 5,8 \text{ kW} \cdot 0,8 = 4,64 \text{ kW}$$

A hajtott szerszámbefogó teljesítményéből a maximális forgácsolási sebesség változatlan fogásmélység esetén:

$$P_c = z_e \cdot F_c \cdot v_c \rightarrow v_c = \frac{P_c}{z_e \cdot F_c} = \frac{4640 \text{ W} \cdot 60}{1,201 \cdot 2291,2 \text{ N}} = 101,2 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Ha tehát a mart részek készítését esztergaközponton szeretnénk véghez vinni, ezt a forgácsolósebességet kellene alkalmaznunk. Ez a gépidőt önmagában is jelentősen növelné, emellett pedig azt a szempontot is figyelembe kell vennünk, hogy a javasolt fogásmélységet ($a_p = 16\text{mm}$) a hajtott szerszámbefogó nem képes felvenni, mert ebben az esetben a nyomaték is a megengedett ($M=12 \text{ Nm}$) háromszorosa:

$$M_1 = F_c \cdot r = 2291,2 \text{ N} \cdot 0,016 \text{ m} = 36,66 \text{ Nm}$$

A gyakorlati tapasztalatokat is figyelembe véve a hajtott befogóban történő megmunkáláshoz a fogásvételt 2-3 mm közé csökkentve, a forgácsolási sebességet pedig ehhez tartozóan 150-200 mm/perc nagyságúra növelve, 0,02-0,03 fogankénti előtolással lehet megfelelő felületi minőséget elérni a gyártás során, amely technológia jelentős időbeli különbséget eredményez a marógép által teljesíthető technológiákhoz viszonyítva.

A marógépen alkalmazható technológiákat az 5. számú táblázatban foglaltam össze.

5. táblázat: Marás technológiai paramétereit marógépen

Ssz.	Műveletelem	$V_c \left[\frac{m}{min} \right]$	$f_n \left[\frac{mm}{ford} \right]$	$f_z \left[\frac{mm}{fog} \right]$	$a_p [mm]$ $a_e [mm]$
15.	10-szög váll nagyoló marása 1.	380	-	0,16	$a_p = 0,5$
16.	10-szög váll nagyoló marása 2.	380	-	0,16	$a_p = 18,4$
17.	10-szög váll nagyoló marása 3.	380	-	0,16	$a_p = 3,6$
18.	10-szög fenék rész nagyoló marása	380	-	0,16	$a_p = 10$
19.	Négyszög zsebek nagyoló marása	380	-	0,16	$a_p = 16$ $a_e = 16$
20.	Körzsebek marása	380	-	0,16	$a_p = 4$ $a_e = 8$
21.	Belső vállak marása (zsebek végén)	380	-	0,16	$a_p = 4,6$
22.	10-szög váll simító marása 1.	300	-	0,2	$a_p = 0,5$
23.	10-szög váll simító marása 2.	300	-	0,2	$a_p = 18,4$
24.	10-szög váll simító marása 3.	300	-	0,2	$a_p = 3,6$
25.	10-szög fenék rész simító marása	300	-	0,2	$a_p = 10$
26.	Négyszög zsebek simító marása	300	-	0,1	$a_p = 32$
27.	Központosítás	120	0,1	-	$a_p = 2,2$
28.	Fúrás	80	0,08	-	$a_p = 6$
29.	Menetfúrás M2 (homlokfelület felől)	31,4	0,1	-	$a_p = 2$

6.2 Gépidők összehasonlítása

Az egyes műveletelemekhez tartozó megmunkálási idők meghatározása a vonatkozó képletekkel is lehetséges, azonban az újabb típusú megmunkáló központok szoftverei a megírt program alapján is egészen pontos megközelítéssel meg tudják állapítani a gépidőt, amelybe a forgácsolás időtartama mellett a mellékidőket és szerszámcseré időket is bele tudják számolni. Ezen kívül a forgácsolási paramétereket pontosan megadva a Walter GPS is tájékoztató jellegű időket ad a szerszám kiválasztása után.

Már a technológiai adatok alapján is érzékelhető, hogy a műveletelemek elvégzéséhez szükséges idők jelentősen el fognak térni hajtott szerszámbefogóval és marógéppel forgácsolva, így számításokon keresztül pontosabban megvizsgálom, hogy a kapott forgácsolási paramétereket összevetve mekkora gépidő különbségek várhatók a marási műveletek esetében, így a választandó megmunkálási technológia egyszerűbben mérlegelhető lesz. A program későbbi szimulációja és a gyártás során összevetem, hogy a számítások mennyire igazolják a valóságot.

Marási műveletek esetén a gépidő számítás képlete a következő:

$$t_g = \frac{i \cdot (l_1 + l + l_2)}{f_z \cdot z \cdot n} [min]$$

ahol:

- l_1 – a ráfutás [mm];
- l – a megmunkálandó felület hossza[mm];
- l_2 – túlfutás [mm];
- f_z – a fogankénti előtolás [mm/fog];
- z – a marószerszám fogszáma;
- n – fordulatszám [1/min].

Mivel a CNC program megírása során ciklusokat alkalmazok, ezért a gépidők képlettel történő számítása csak közelítő értéket ad. A következőkben a 10 db zseb kontúr pályamarásának útjával számolok.

A számítás a zsebek hajtott szerszámbefogóval történő marása esetén egy zsebre a következőképp alakul:

Ha az előtolást az előző fejezetben említett módon 0,025 mm/fog-ra redukáljuk, 205 mm/perc forgácsolási sebesség mellett a fordulatszám:

$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{205 \cdot 1000}{16 \cdot \pi} = 4080 \frac{1}{min}$$

A fogásvételt 2,67 mm-re csökkentve a 32 mm mély zseb kimarásához $i=12$ fogásvétel szükséges. A gépidő ebben az esetben:

$$t_g = \frac{12 \cdot (10 + 90,1 + 10)}{0,025 \cdot 3 \cdot 4080} = 4,15 [min]$$

Alkatrészenként 10 db zseb esetén:

$$t_{\bar{g}} = 10 \cdot 4,15 = 41,5 min$$

Marógép alkalmazásával és a gyártó által javasolt marási paraméterekkel a fordulatszám:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{380 \cdot 1000}{16 \cdot \pi} = 7560 \frac{1}{min}$$

$$t_g = \frac{2 \cdot (10 + 90,1 + 10)}{0,16 \cdot 3 \cdot 7560} = 0,06 [min] = 3,6 [s]$$

Alkatrészenként 10 db zseb esetén:

$$t_{g10} = 10 \cdot 3,6 s = 36 s$$

A fogásvételi idő egy zsebre és a gyorsjáratú idő a zsebek között 1-1 másodpercre becsülhető, így a 10 db zsebet tartalmazó műveletelem végrehajtási ideje ~1 perc.

A számítások alapján már egyértelműen látható, hogy a két gép marási teljesítménye nagy időbeli különbséget eredményez, amely alapján kijelenthető, hogy az alkatrész mart

részei miatt érdemes a marógépre történő átállást elvégezni. A gyakorlati gyártás során a technológiai paraméterek módosítása várható, a valódi gépidőt a gyártás során tudjuk megállapítani.

6.3 Befogó készülék tervezése

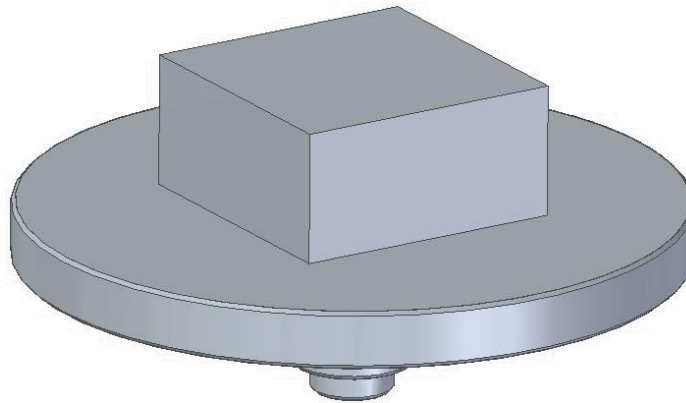
Az alkatrész stabil visszafogása a marási művelethez nem lehetséges, mert a fogásban lévő felület nagysága nem lenne elegendő, a műveletek sorrendjének cseréje pedig a geometria miatt nem lehetséges. Mindezek következtében esztergán és marógépen is felfogó készülék alkalmazása szükséges a második felfogáshoz, amelyen a stabil, tengely irányban középpontos, és mindig azonos forgatási pozícióban történő megfogás garantált.

Bár nem a szakdolgozatom fő témája, de a készülék tervezéséről is szeretnék pár gondolatot megemlíteni. Az alkatrész geometriája alapján a műveleti sorrend tervezésekor már figyelembe vettem, hogy a visszafogás akkor lehetséges, ha az esztergált oldal készül elsőként. A felfogó készüléket ennek az oldalnak a negatív formájaként képzeltem el. A szűrőváltó kerék esztergán elkészített furata és a körzsebek tengelyközéppontban helyezkednek el, valamint simítás után méretük is elég pontos ahhoz, hogy század milliméteres pontossággal tudjuk a darabot visszafogni. Ezt a profilt mutatja a 6.2. ábra.



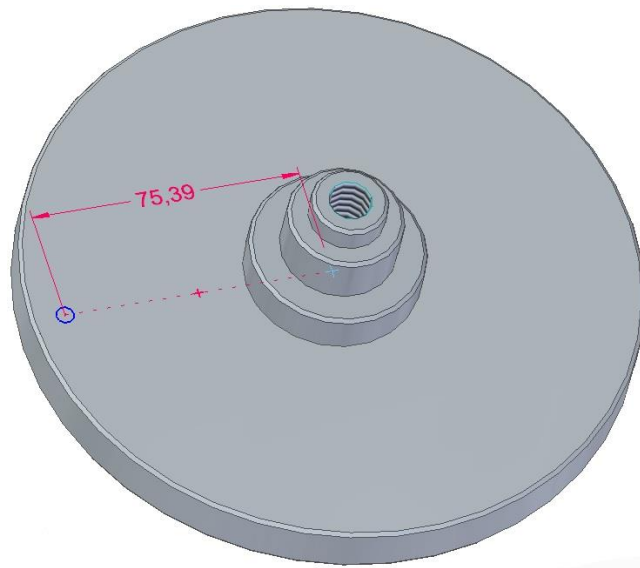
6.2. ábra: A felfogó készülék profilja

Annak érdekében, hogy az esztergán és marógépen történő megfogáshoz ne kelljen két külön készüléket gyártani, úgy terveztem azt meg, hogy mindkét gépben használható legyen. Ezt egy négyszög alakú megfogó résszel lehet egyszerűen megoldani, melyet 4 pofás tokmányban és satuban is stabilan be tudunk fogni. Kialakítását a 6.3. ábra mutatja.



6.3. ábra: A készülék megfogó része

Elkerülhetetlen szempont továbbá, hogy a készülék a félkész darab pozicionálását lehetővé tegye. Ez amiatt fontos, mert az esztergált oldalon lévő 5H7 mágnes férőhely két mart körzseb között, azoktól egyenlő távolságra, a rajzon meghatározott átmérőn kell, hogy elhelyezkedjen, így az esztergált oldal elkészítése után nem munkálható tovább a darab tetszőleges pozícióban. A pontos leszorítási pozíciót egy, az esztergált oldal készítése során kialakított 5H7 körzsebbe illeszkedő stift segítségével oldottam meg. Ennek ábrázolását a tervezés során a 6.4. ábrán mutatom be. A furat mélységét úgy kell figyelembe venni, hogy a stift a behelyezés után ne lógjon ki többet a szűrőváltó keréken lévő 1,3 mm-es mélységnél, így egy 4 mm mély furat és egy 5-ös stift megfelel erre a célra.



6.4. ábra: A pozícionáló stift helyének megrajzolása

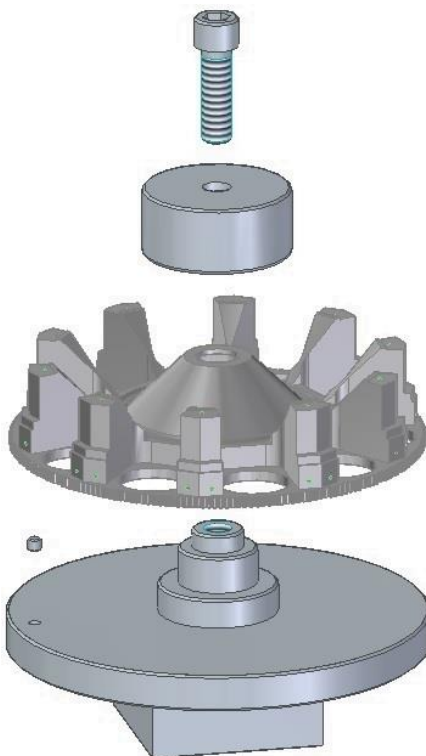
A munkadarab leszorítását a készülékre egy M12-es csavarral oldom meg, amelynek belső menetet a középső profilba helyeztem el. Azért erre a csavarméretre esett a választás, mert ennek segítségével már elég erőt lehet kifejteni, hogy a marás során a darabot a helyén tartsa, ugyanakkor a meghúzás során már kisebb eséllyel szakad meg a menet, mint kisebb csavarok esetén.

Az első gyártási kísérlet során után módosítást hajtottam végre a készüléken. Azt tapasztaltam, hogy a csavar önmagában a darabot ugyan a helyén tartja, azonban marás közben a külső átmérők közelében az alkatrész rezegni kezd, és ez rontja a felületi minőséget, valamint emiatt a $34^{+0,04}$ mm tűrt méret sem tartható be. Ennek oka, hogy az alkatrész csak a közepén, a dolgozó szerszámtól távolabb kerül leszorításra, így a távolabbi részeken már rezegni képes. A leszorítás stabilitásának növelése érdekében egy ellendarabot alakítottam ki a készülékhez, amelyet a 6.5. ábrán szemléltetek.



6.5. ábra: A leszorító ellendarab modellje

A leszorító darab geometriája a szűrőváltó kerék kúpos részéhez illeszkedik, amelyre fentről az M12 csavarral tudjuk ráfeszíteni. Az ellendarab alkalmazása után a korábban tapasztalt rezgés megszűnt, a túrt méretek és a felület is megfelelőek lettek. A készülék és az alkatrész végleges összeszerelése a 6.6. számú robbantott ábrán látható.

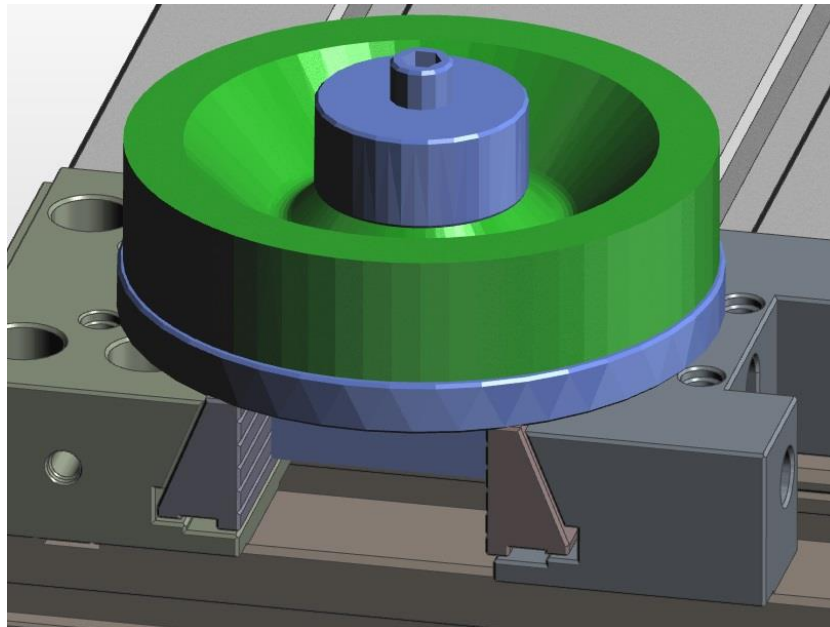


6.6. ábra: A leszorítás robbantott ábrája

6.4 Az NC program megírása

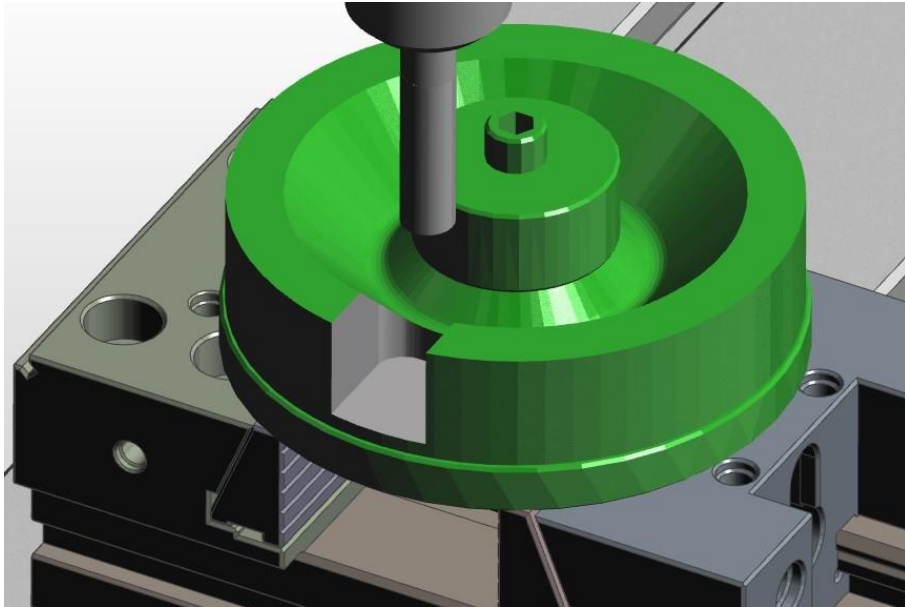
Az alkatrész esztergált felületeinek kialakítására Siemens 840D Shopturn vezérlőben készült NC program, párbeszédos programozási formában, ehhez a géphez a cégben nem áll rendelkezésre CAM program generálásához szükséges posztprocesszor. Az esztergált felületek programjait az 3-5. számú mellékletekben helyeztem el. A marógép vezérlője Siemens Sinumerik 828D, amelyre a programot EdgeCAM szoftver segítségével készítettem el.

Első lépésként megadtam az általam tervezett leszorító modelljét, valamint egy, a szoftverben előre összeállított satut készülékként, majd ezeket egymáshoz illesztettem. Ezután a 3D modellben csak azokat a részeket hagytam bekapcsolva láthatóként, amelyek az esztergálás után maradnak. Az így kapott modellt külön elmentettem, ez alapján határoztam meg a CAM program számára az előgyártmányt. A 6.7. ábrán kék színnel a készülék, rajta zöld színnel a leszorított előgyártmány látható.



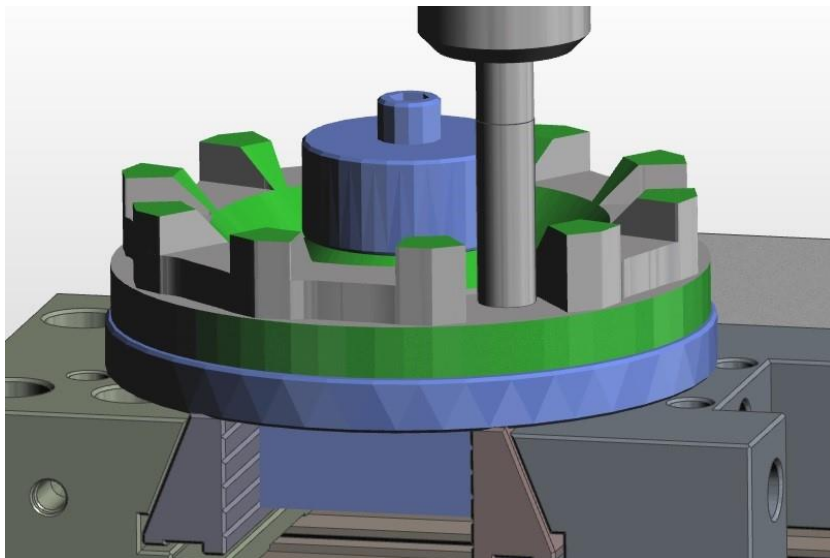
6.7. ábra: Az előesztergált gyártmány megfogása marógépben

Párbeszédés programozás esetén a 10 darab zsebet önálló ciklusként, majd az őket körülvevő vállakat külön ciklusként tudnánk programozni. A gyártási idő becslésénél a 6.8. ábrán látható módszerrel számoltam.



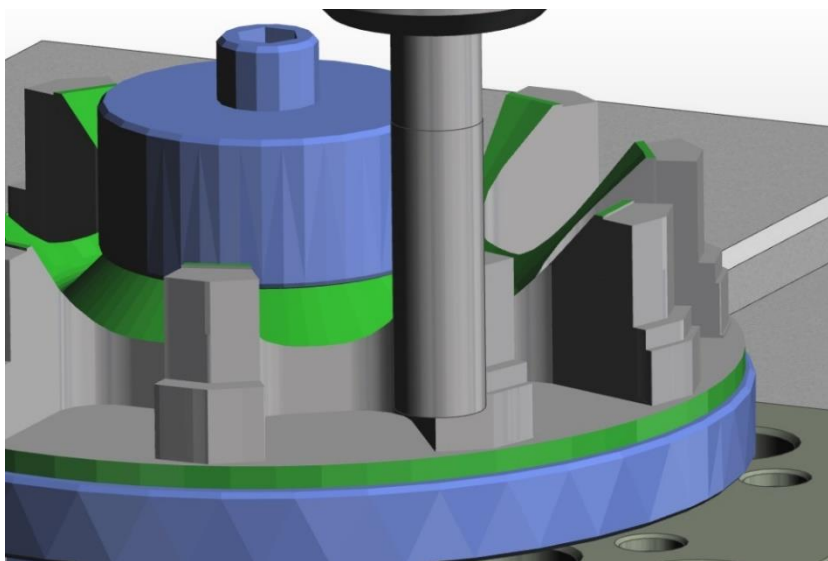
6.8. ábra: Zsebmarás önálló ciklusként

CAM program használata esetén lehetőség van különböző élek mentén kontúrokat alkotni, amelyek összevonásával időt takaríthatunk meg. A különálló ciklusok programozása helyett a zsebek nagyolását és a velük egy síkban végződő vállak nagyolását egy lépésben, a 6.9. ábrán szemléltetett módon oldottam meg.



6.9. ábra: Zseb- és vállak marása egy ciklusban

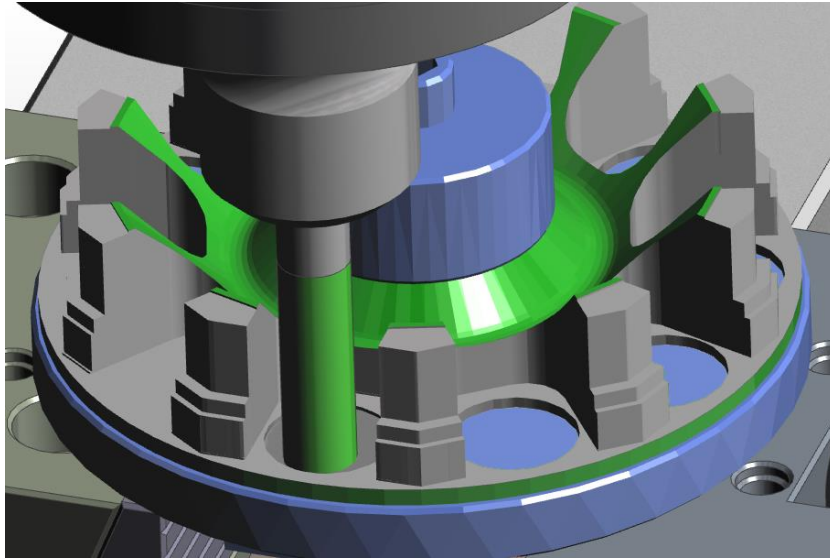
Mivel az esztergán CAM programot nem tudunk futtatni, egy ehhez hasonló kontúr megírása egyrészt időigényes, másrészt $\varnothing 16$ maró használatával a geometriából adódóan csak több részletben megoldható, ami a technológiai különbségek mellé további idő többletet okozna. További időt takarítottam meg a szoftverben beállítható marás típusokkal, amelyek által az eltávolítandó anyagot egyenes vonalú mozgások helyett optimalizált pálya mentén távolítom el, ezáltal a szerszámkopást is csökkentve.



6.10. ábra: Harmadik lépcső marása

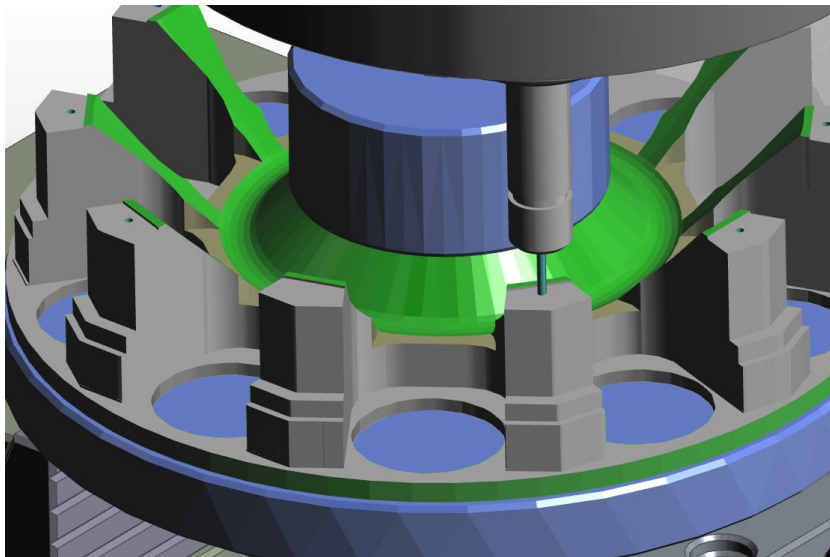
A következő lépésekben fentről lefelé haladva a 10-szög alakú vállakat készítettem el, ezt a folyamatot ábrázolja a 6.10. ábra. A szoftverben beállítható, hogy minden műveletem után az aktuális – frissített – előgyártmányt vegye figyelembe, így automatikusan csak azokon a felületeken végez előtolást, ahol a szerszám anyagot ér, a köztes részekben pedig kiemel és gyorsjáratban a következő felülethez halad.

A mellékmozgások tervezése során fokozott figyelmet fordítottam arra, hogy a leszorító M12 csavarjának teteje 23 mm-el a megmunkálás nullpontjának síkja (munkadarab teteje) fölött helyezkedik el, ezért ütközésveszély áll fenn. Ezt elkerülendő, az egyes megmunkálási ciklusoknál 25 mm kiemelési magasságot határoztam meg.



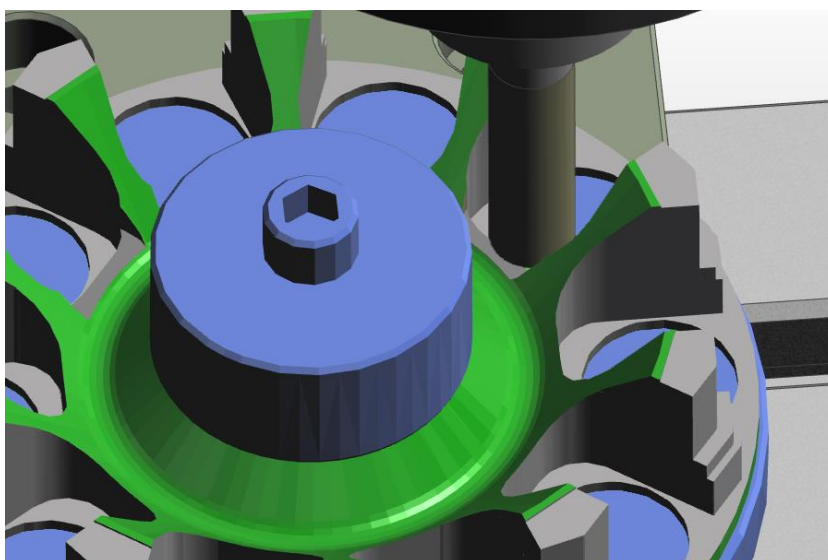
6.11. ábra: Körzsebek elkészítése

A körzsebek megmunkálásánál érdemes 0,2 mm-t a munkadarab alsó síkja alá marni, hogy a nyersanyag biztosan eltávolításra kerüljön, ne maradjanak vékony lemezek, vagy sorja. Ennek érdekében a készülékbe szükséges marni, így a szoftver által jelzett ütközésveszély ebben az esetben figyelmen kívül hagyható. A 6.11. ábrán megfigyelhető, hogy a körzsebek alatt a leszorító kék színe látszik, tehát az anyag átszakadt.



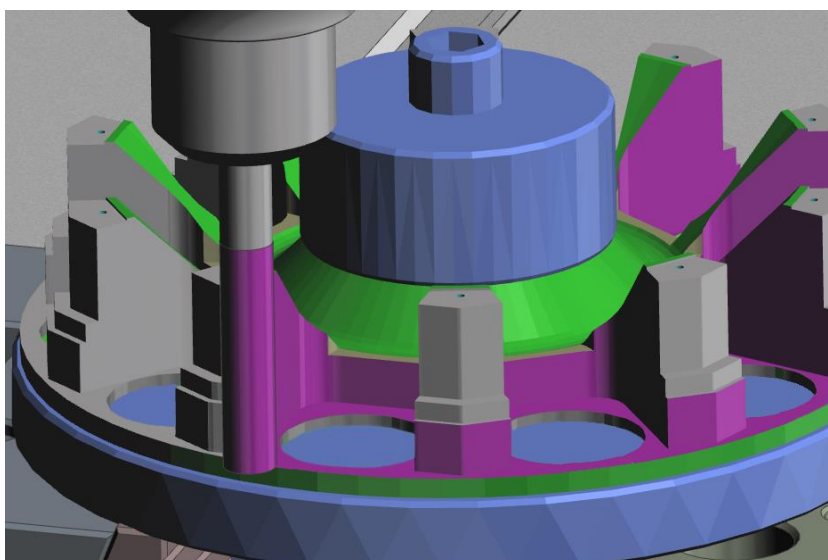
6.12. ábra: M2 menetek készítése

Következőként a darab felső, lenagyolt vállában lévő 10 darab M2 menetet készítettem el, amelynek folyamatát a 6.12. ábra mutatja. Egymás utáni sorrendje magfurat készítés, belső hűtésű keménymű fúróval, menetfúrás és letörés központozóval.



6.13. ábra: Belső vállak marása

A 6.13. ábra a zsebek mögötti összekötő rész lemarását szemlélteti.

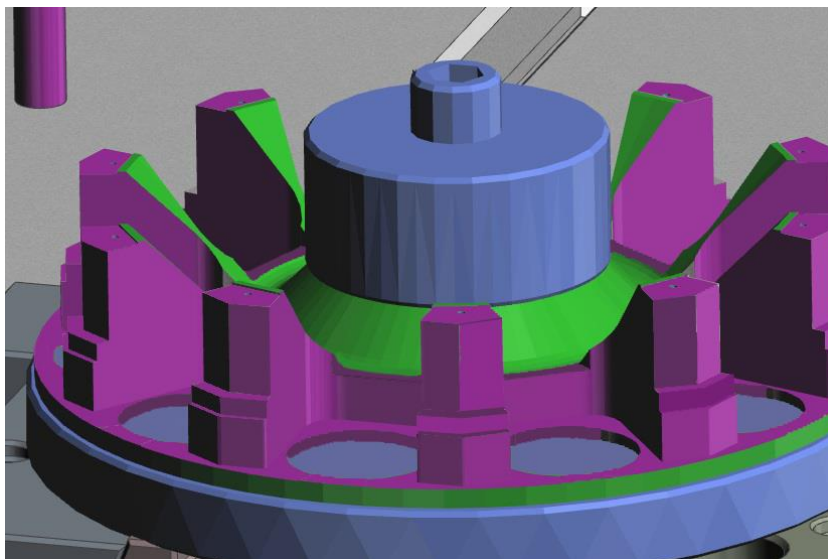


6.14. ábra: Profil- és felületsimítás

A szoftver úgy tervezi meg a szerszám pályáját, hogy az a leszorítót ne érje el, így ütközésveszély a megfelelő szerszám kilógás esetén sem a szerszámmal, sem a befogóval nem áll fenn.

A 6.14. ábrán a négyszögzsebek simítási folyamata látható. A ciklus megírásánál figyelembe vettem, hogy a zsebek szélessége $34^{+0,04}$ mm, így a szerszám sugárkorrekciójánál -0,01 mm-et állítottam be, hogy a szerszámpálya a túrt méretnek megfelelően legyen generálva, így a program későbbi használata során is a bemért, valódi szerszámtátmérőt használhatjuk, a gép szerszámtáblázatában való korrekció nélkül.

A felületek simításának a négyszög zsebeknél van leginkább jelentősége, mivel az túrt mérettel rendelkezik. A nagyoló maró nagy forgácsolósebességei és fogásvételei következtében kialakuló felületi minőséget azonban érdemes a vállak esetében is egy simító ciklussal javítani.



6.15. ábra: A marással készített alkatrész

A 6.15. ábrán a felületek simítása utáni elkészült alkatrész látható. A megmunkálás során kialakult geometriát a 3D modell geometriájával összevetve ellenőriztem, hogy az összes kívánt felület megmunkálásra került.

6.5 A gyártás során felmerülő problémák

Az összeállított technológiák alapján próba gyártást készítettem.

Az első darab megmunkálása során több résznél is problémákba ütköztem. Az esztergálási műveleteknél a stabil megfogásnak köszönhetően a gép elbírta az előzetesen kalkulált paramétereket, a marógépen történő megmunkálásnál viszont a nagy forgácsolási erők és hosszú szerszámkinyúlás miatt több ponton is módosítani kellett a technológián.

Ezek a problémák és megoldásaik a következők voltak:

- A zsebek nagyolásánál a felfogó készülékre rögzített alkatrész a készülék módosítása előtt a külső átmérőknél rezgett, amit a vágósebesség csökkentése csak kis mértékben befolyásolt.
- A stabilabb leszorítás érdekében a készüléket módosítottam, ezután viszont a nagyoló és simító szerszám hosszabb kilógására volt szükség.
- A készülék módosítása során figyelembe kellett vennem, hogy a tervezett leszorítót (56. oldal) a befogóval fennálló ütközésveszély miatt csak akkora átmérőre tervezhetem, hogy a nagyoló és a simítómaró is hozzáférjen a kimart zseb belső sarkaihoz.
 - A leszorító tetejétől a zseb aljáig a távolság 42,5mm. Ekkora kilógás a nagyoló maró esetén nem okozott gondot, a simító marót viszont a további rezgések elkerülése érdekében csak a minimálisan szükséges 33 mm-es kilógással foghattam be. Emiatt a munkadarab dokumentációjában elő kell írni, hogy a simító esetén csak a kisebb átmérőjű, ER16 befogó alkalmazható.
- A módosított készülékben a munkadarab rezgése megszűnt, a hosszabb szerszám kinyúlások viszont a maró szerszámok stabilitását csökkentették.
- Nagyobb átmérőjű, ezáltal stabilabb simító maró alkalmazása az előírt belső rádiuszok miatt nem lehetséges.
- A vágósebesség csökkentése az új leszorítással együtt már hatásosnak bizonyult a rezgések csökkenése érdekében, de nagyolásnál csak a fogásvételi mélység kisebbre módosításával szűntek meg.

- A menetfúró a második próbadarabnál beletört a furatba. A magfurat átmérője megfelelő, a furat aljában viszont forgács maradt, így emiatt a magfurat mélységét 1 mm-el növeltem. A probléma ezután nem lépett fel.
- A készülék M12 csavarja a megmunkált alkatrész tetejétől 23 mm magasságban van, így az ütközésveszély miatt a program írása során minden műveletelemnél 25 mm biztonsági távolság megadása vált szükségessé.
- Az előzetesen tervezett technológiákat a felmerülő problémák alapján a gyakorlatban a 6. számú táblázatban foglaltak szerint kellett módosítanom.

6. táblázat: Módosított marási paraméterek

Ssz.	Műveletelem	$v_c \left[\frac{m}{min} \right]$	$f_n \left[\frac{mm}{ford} \right]$	$f_z \left[\frac{mm}{fog} \right]$	$a_p [mm]$ $a_e [mm]$
16.-18.	10-szög vállak nagyoló marása	300	-	0,06	változatlan
19.	Négyszög zsebek nagyoló marása	300	-	0,08	$a_p = 10$ $a_e = 16$
20.	Körzsebek marása	300	-	0,1	$a_p = 2$ $a_e = 8$
23.	10-szög váll simító marása 2.	250	-	0,1	$a_p = 9,5$
26.	Négyszög zsebek simító marása	250	-	0,15	$a_p = 11$
28.	Fúrás	80	0,08	-	$a_p = 7$

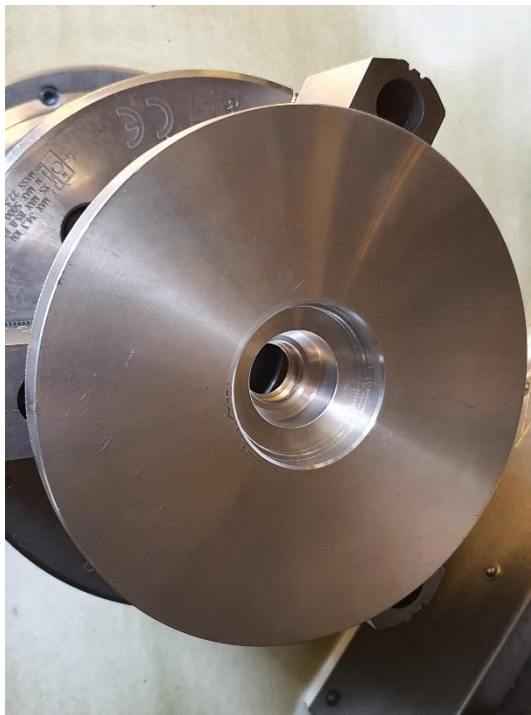
A módosított, gyakorlatban is működőképes és megfelelő minőséget eredményező forgácsolási paraméterek továbbra is meghaladják az eszterga hajtott szerszámának teljesítményét, így a gyártást továbbra is érdemes marógépen folytatni.

7. Az alkatrész gyártása

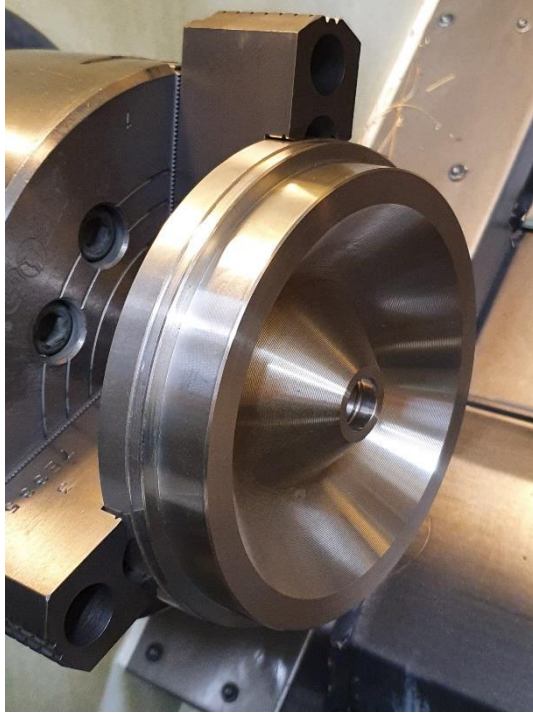
A következő fotók az alkatrész gyártásának fő részleteit mutatják be. A 7.1. és 7.2. ábrákon az esztergaközponton elvégzett műveleteket, a csapágy oldal megmunkálását, valamint ezt követően a mart oldal előmunkált állapotát ábrázolják.

Az így elkészült előgyártmányok a 7.3. ábrán bemutatott módon kerülnek megfogásra a maróközpont satujában. A nullpont bemérése 3D digitális tapintóval történik, köralak letapintásával a külső kontúr mentén, valamint az alkatrész tetején. Ezután csak a leszorító és az M12 csavar mozgásával történik a darabcsere, a készülék a teljes sorozat legyártása alatt a satuban marad.

A 7.4. ábrán a marás és menetfúrás után elkészült alkatrész látható.



7.1. ábra: A csapágy oldal esztergálása



7.2. ábra: Az esztergálás utáni előgyártmány



7.3. ábra: Az előgyártmány megfogása marógépben



7.4. ábra: A készre mart alkatrész

7.1 A kész alkatrész mérése

Az első darab legyártása után minden, a rajzokon megadott méretre kiterjedő mérőszobai mérést hajtottunk végre. A sorozatgyártás folyamán a tűrt méretek rendszeres mérése, és eltérés esetén a simító maró sugárkorrekciója, vagy cseréje szükséges.

A méréseket a $31^{+0,04}$ mm zsebek esetén mérőhasáb összeállítással, alsó és felső határra történő ellenőrzéssel végezzük. A mérés során figyelembe kell venni, hogy a gyártott alkatrész utólag eloxálásra kerül, így az átlagosan oldalanként 0,01 mm rétegvastagság miatt ezt a méretet $+0,02/+0,06$ mm tűrésmezőben gyártjuk, valamint a további tűrt méreteknél is ugyanígy járunk el. A $4 \pm 0,02$ mm vastagságú alsó váll mérete külső mikrométerrel, a csapágó férőhelyek különböző méterű furatmikrométerekkel, az $\varnothing 5H7$ körzseb mérőcsapokkal, a mart vállak $0/-0,1$ mm tűrésmezőjű átmérő ellenőrzése tolómérővel ellenőrizhetők.

8. Gazdasági számítás

A költség számítása során csak a szakdolgozat szempontjából releváns, azaz a forgácsolásra vonatkozó összköltséget vetem össze az eltérő gyártási technológiák esetén. A két szerszámgépen történő megmunkáláshoz ugyanazokra a szerszámokra és készülékre van szükség, a legfőbb eltérést a gépidők és az átállási idők különbsége jelenti.

Esztergaközponton a gépbeállítás, felszerszámozás az esztergált felületekhez 50 percet vett igénybe a próba gyártás során, a készülékre való átállást is hozzászámolva. Ha a teljes alkatrészt ezen a gépen szeretnénk készre munkálni, a mart felületek kialakításához a szerszámok egy részét cserélni kell a revolverben, ez további ~30 percet vesz igénybe. Mivel CAM program ehhez a szoftverhez nem áll rendelkezésre, a program megírásának ideje hosszadalmasabb. Az esztergált felületek programozása 40 percet igényelt, a mart felületek és a hozzájuk tartozó menetek programjának megírása 60 percet. A szoftver szimulációs összetevője a gépidőt esztergált felületeknél 18 percre, a mart felületek esetén – a gép teljesítményéhez igazított technológiákkal – 55 percre becsülte. Előbbit a gyakorlat igazolta, a gyártási idő ezzel megegyezett.

Maróközpont esetében a gépbeállítás a készülék bemérésével és a felszerszámozással csak 40 percet igényelt, mivel a szerszámok elhelyezése marógépen egyszerűbb, míg esztergán a tokmánnal való ütközések veszélye is fennáll. A program megírása CAM szoftverrel 25 percet vett igénybe. A próbagyártás alapján, a korrigált technológiákkal a ciklusidő 28 percet tett ki.

Összességében tehát a marógépre történő átállás a készülék áthelyezésével nagyjából 10 perc időtöbbletet jelent, mivel a szerszámozás kevesebb időbe telik. Ez az időtöbblet 300 darab esetén elhanyagolható. A próbagyártás és a szimulációk alapján a mart felületek elkészítése egy darab esetén 27 perc időbeli különbséget mutat. Ez 300 darab esetében 300×27 perc, vagyis 8100 perc, ami 135 óra, azaz a teljes széria legyártása esetén 8 órás munkanapokkal számolva 17 munkanapnyi különbséget eredményez.

A gépek rezsióradíja egységesen 14.000 Ft. A darabcserek ideje a két gépen megegyező, így csak a ciklus időket figyelembe véve $135 \text{ óra} \times 14.000 \text{ Ft}$, azaz 1,89 millió Ft különbséget jelent a teljes megrendelésre számolva.

10. Összefoglalás

Szakdolgozatom tárgya egy szűrőváltó kerék nevű mikroszkóp alkatrész gyártástechnológiájának megtervezése volt. A szakirodalmi áttekintés során ismerttettem a gyártás során alkalmazott esztergálási és marási technológiák, valamint ezek gépeinek főbb jellemzőit. Kitértem továbbá a gyártás során alkalmazott marószerszámok bevonatolási technológiáira.

A saját munka elején bemutatam a vállalatot, valamint a scanner mikroszkóp működését és a dolgozat témáját adó szűrőváltó kerék szerepét.

A saját munka második részében a gyártás előtervezéseként sorra vettem, hogy a műszaki rajzok alapján milyen követelményeket kell figyelembe vennem a megvalósítás során, mint a felületi minőségek és az utólagos bevonatolás. A geometriát és az egy műveletben elvégezhető megmunkálásokat felmérve megterveztem a gyártás műveleti sorrendjét a hozzájuk tartozó szerszámokkal.

A harmadik részben a gépek teljesítményét figyelembe véve meghatároztam az egyes szerszámok esetén alkalmazható technológiai paramétereket. Összevettem, hogy a képletek alapján számolt technológiák megegyeznek-e a gyártó online kalkulátora által javasolt értékekkel. Számításokon keresztül megállapítottam, hogy az esztergaközpont hajtott szerszámának és a marógép főorsójának teljesítménye, valamint ebből adódóan a gépidők közti eltérés indokolja-e az esztergáról marógépre történő átállást a harmadik művelettől kezdődően. Az előzetes gépidő felmérést árnyalta a valódi, CAM szoftverrel megírt program, valamint a későbbi gyártás során történő technológia módosítások. Miután az átállás szükségességét megállapítottam, olyan leszorító készüléket terveztem, amely az esztergagépen és a marógép satujában egyaránt alkalmazható, valamint a stabil megfogást biztosítja a helyes forgatási pozícióban. Ezt követően megírtam az alkatrész marásához alkalmazott CAM programot, melynek menetét ábrákon is szemléltettem. A tervezés befejeztével próbagyártást indítottam, majd összefoglaltam az ennek során felmerült problémákat és azok megoldásait.

A következő fejezetben az alkatrész gyártásának lépéseit mutattam be fotókon keresztül, valamint az elkészült darabok ellenőrzéséhez használt mérőeszközöket ismertettem.

Saját munkám utolsó fejezetében gazdasági számítás keretében utánaszámoltam, hogy a megmunkáló szoftverek, valamint a gyakorlati kivitelezés során adódó gépidők közti különbségek mekkora időbeli és gazdasági nyereséget jelentenek, ha a szűrőváltó kereket esztergaközpont hajtott szerszámának alkalmazása helyett marógépen forgácsoljuk készre.

11. Zusammenfassung

Das Thema meiner Diplomarbeit war die Entwicklung der Fertigungstechnologie für ein Mikroskopbauteil, das sogenannte Filterwechselrad. In der Literaturübersicht habe ich die Hauptmerkmale der im Fertigungsprozess verwendeten Dreh- und Frästechnologien und die Hauptmerkmale der entsprechenden Maschinen beschrieben. Ich habe auch über die Beschichtungstechnologien für die im Fertigungsprozess verwendeten Fräswerkzeuge gesprochen.

Zu Beginn meiner eigenen Arbeit habe ich das Unternehmen, die Funktionsweise des Scanmikroskops und die Rolle des Filterwechselrads, welches das Thema der vorliegenden Arbeit ist, vorgestellt.

Im zweiten Teil meiner eigenen Arbeit, als Vorplanung der Produktion, habe ich anhand der technischen Zeichnungen die Anforderungen aufgelistet, die ich bei der Umsetzung berücksichtigen musste, wie z.B. Oberflächenqualitäten und Nachbeschichtung. Nachdem ich die Geometrie und die in einem Arbeitsgang durchführbaren Bearbeitungen beurteilt hatte, plante ich den Arbeitsablauf für die Fertigung mit den entsprechenden Werkzeugen.

Im dritten Teil habe ich die technologischen Parameter bestimmt, die für die einzelnen Werkzeuge verwendet werden können, wobei ich die Leistung der Maschinen berücksichtigt habe. Ich habe die berechneten Technologien mit den Werten verglichen, die der Online-Rechner des Herstellers vorschlägt. Durch Berechnungen habe ich ermittelt, ob der Leistungsunterschied zwischen dem angetriebenen Werkzeug der Drehmaschine und der Hauptspindel der Fräsmaschine und damit der Unterschied in den Bearbeitungszeiten einen Wechsel von der Drehmaschine zur Fräsmaschine ab dem dritten Arbeitsgang rechtfertigt. Die vorläufige Berechnung der Maschinenzeit wurde durch das tatsächliche Programm, das mit der CAM-Software geschrieben wurde, und durch technologische Änderungen während der späteren Produktion verfeinert. Nachdem die Notwendigkeit der Umstellung feststand, entwarf ich eine Spannvorrichtung, die

sowohl auf der Drehbank als auch im Schraubstock der Fräsmaschine verwendet werden kann und einen stabilen Halt in der richtigen Drehposition bietet. Anschließend schrieb ich das CAM-Programm, mit dem das Teil gefräst wurde, und illustrierte den Prozess in Diagrammen. Nach Fertigstellung des Planungs startete ich eine Probeproduktion und fasste die aufgetretenen Probleme und ihre Lösungen zusammen.

Im nächsten Kapitel beschreibe ich die einzelnen Schritte der Fertigung von Teilen anhand von Fotos und den Messwerkzeugen, die zur Überprüfung der fertigen Teile verwendet werden.

Im letzten Kapitel meiner eigenen Arbeit habe ich eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt, um die zeitlichen und wirtschaftlichen Vorteile zu ermitteln, die sich aus den Unterschieden in den Maschinenzeiten laut der Bearbeitungssoftware und bei der praktischen Umsetzung ergeben, wenn das Filterwechselrad auf einer Fräsmaschine statt mit angetriebenen Werkzeug einer Drehmaschine bearbeitet wird.

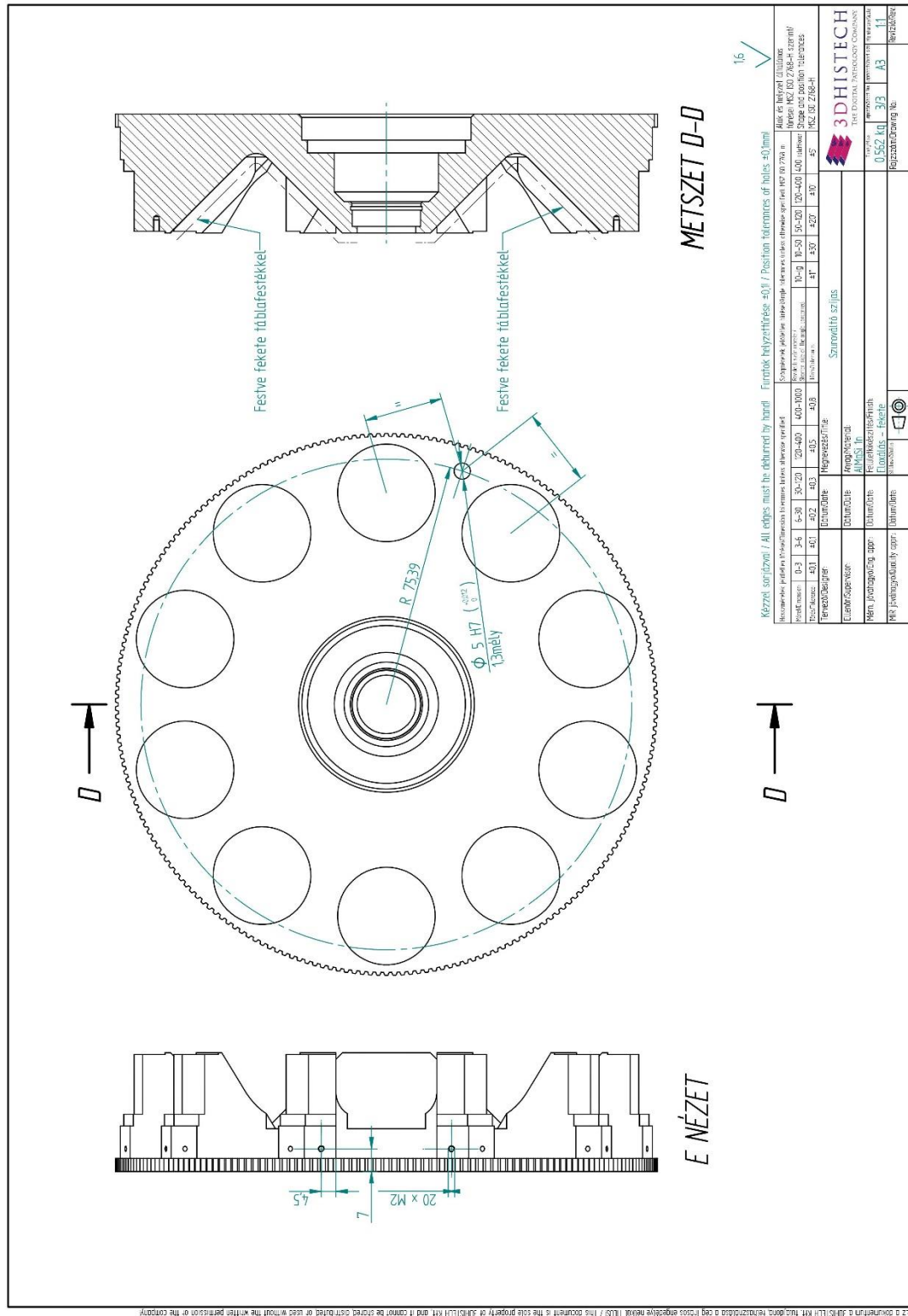
9. Irodalomjegyzék

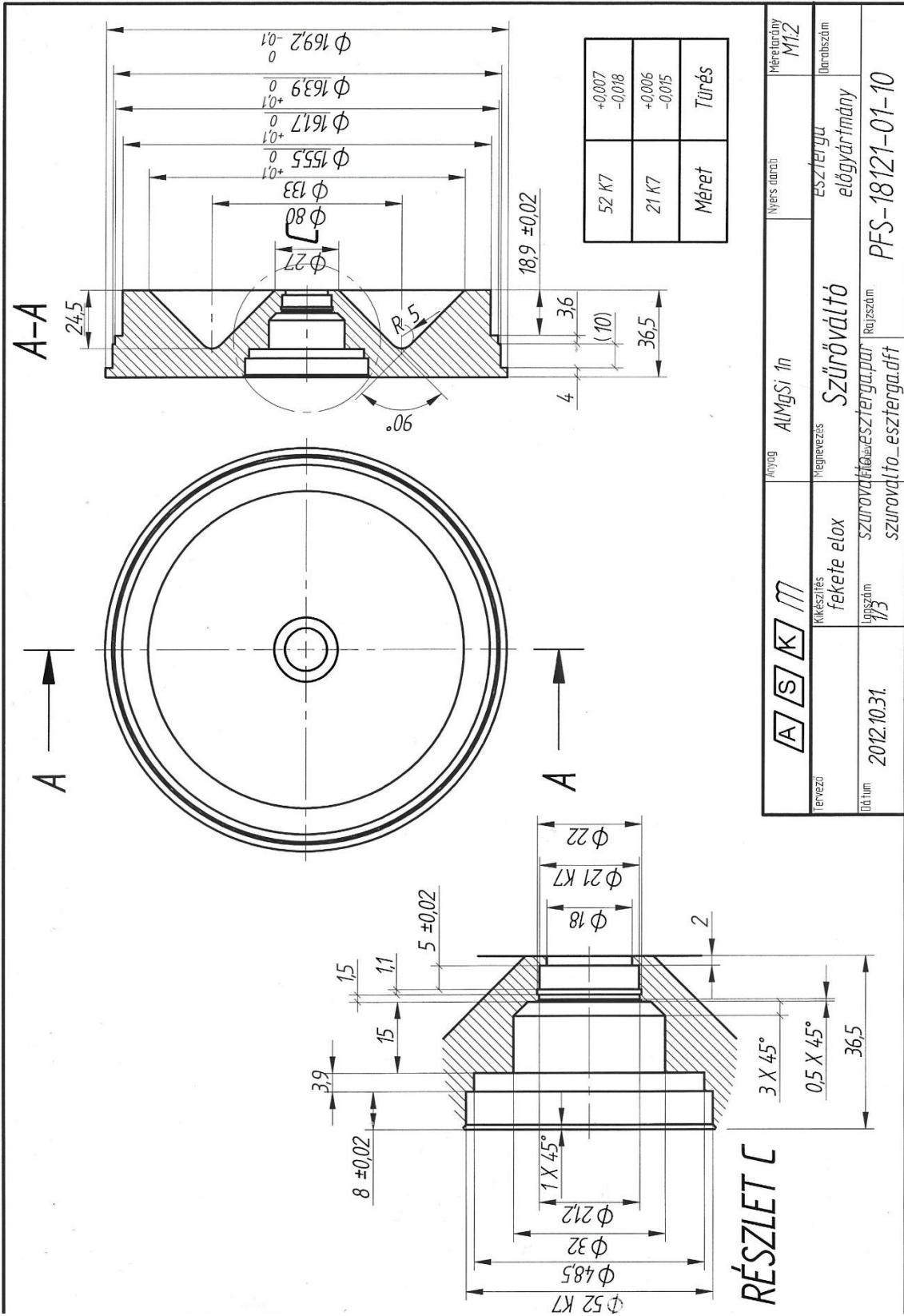
- [1] Dudás László – Valázsik Árpád: Gépi forgácsoló szakmai ismeret
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982. p. 49.
- [2] Dr. Mikó Balázs - Dr. Sipos Sándor - Hervay Péter - Dr. Zentay Péter: Forgácsolás technológia alapjai. OE BGK 3050 jegyzet. Budapest, 2014. p. 11-12., 19-20.
- [3] Dr. Sipos Sándor – Dr. Palásti-Kovács Béla – Horváth Richárd: Forgácsoló technológiák és szerszámai. Budapest, 2015. p. 255-256.
- [4] Horváth Szabolcs: Forgácsolási eljárások. Széchenyi István Egyetem, Győr, 2015.
<https://slideplayer.hu/slide/2920572/>
- [5] Prof. Dr.-Ing. A. Herbert Fritz – Prof. Dr.-Ing. Günther Schulze: Fertigungstechnik. 3., neu bearbeitete Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1995. p. 255.
- [6] Dudás István: Gépi forgácsoló szakmai gyakorlat. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980. p. 238.
- [7] Bakondi Károly, Dr. – Kardos Árpád, Dr.: A gépgyártás technológiája I., forgácsolás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1963. p. 122.
- [8] Dr. Ambrusné Alady Márta – Dr. Árva János – Dr. Nagy P. Sándor – Dr. Pap András: Gyártási Eljárások. Műszaki Kiadó, Budapest, 2010. p. 201.
- [9] http://www.jht.bme.hu/hun/CAD_CAM_alapok.pdf
- [10] Herman Wellers – Norbert Kerp – Fritz Lieberwirth: Bevezetés a CNC szerszámgépek programozásába. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1987. p. 86.
- [11] Kári-Horváth Attila – Pálincás István – Zsidai László: Megmunkálási technológiák. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2012. p. 46.
- [12] Prof. Dr-Ing. habil. Werner Degner – Prof. Dr-Ing. habil. Hans Lutze – Dr.-Ing. Erhard Smejkal: Spanende Fertigung. Carl Hander Verlag, München, 2009. p. 60.
- [13] Dr. Szejmál Attila - Ozsváth Péter: Járműszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II. BME jegyzet, Budapest, 2008. p. 11.
- [14] <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-3/a-forgacsolas-alapfogalmai/forgacsoloszerszamok-anyagai>
- [15] Dr. Sipos Sándor: Forgácsolólapkák hatékonysági vizsgálatának új módszere. Budapest, 2018. p. 2.

- [16] Tóth László, Nyikes Zoltán, Mhatre Umesh: Szerszámacélok felületi kopásállóságának növelése felületkezeléssel. Műszaki Tudományos Közlemények vol. 13. 2020. p. 1.
- [17] Tünde Anna Kovács, Umesh Mhatre, Zoltán Nyikes , Bitay Enikő: Surface Modification Innovation for Wear Resistance Increasing, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 613. 2019. p. 3.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/613/1/012039/pdf>
- [18] <https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/products/pages/technologies.aspx>
- [19] <https://www.muszaki-magazin.hu/2020/11/10/pvd-bevonat-eifeler/>
- [20] <https://magalfem.hu/eloxalas/>
- [21] Fodor Árpád: AlMgSi1 ötvözet intenzív képlékenyalakítása. Budapest, 2008. p. 21.
- [22] <https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/knowledge/materials/pages/workpiece-materials.aspx>
- [23] <https://www.walter-tools.com/hu-hu/search/pages/default.aspx>
- [24] Roland Gomeringer – Max Heinzler – Roland Kilgus – Volker Menges – Friedrich Näher – Stefan Oesterle – Claudius Scholer – Andreas Stephan – Falko Wieneke: Tabellenbuch Metall. Verlag Europa Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, Gruiten, 2014. p. 301-336.
- [25] https://www.walter-tools.com/hu-hu/tools/search_and_shop/pages/gps.aspx
- [26] Dr. Szabó László: Forgácsolás, hegesztés. Miskolc, 2000.
<https://www.uni-miskolc.hu/~wwwfemsz/forg2.htm>

12. Mellékletek

2. sz. melléklet: Az alkatrész műhelyrajza (2.)





4. sz. melléklet: Az esztergálási műveletek CNC programja (1.)

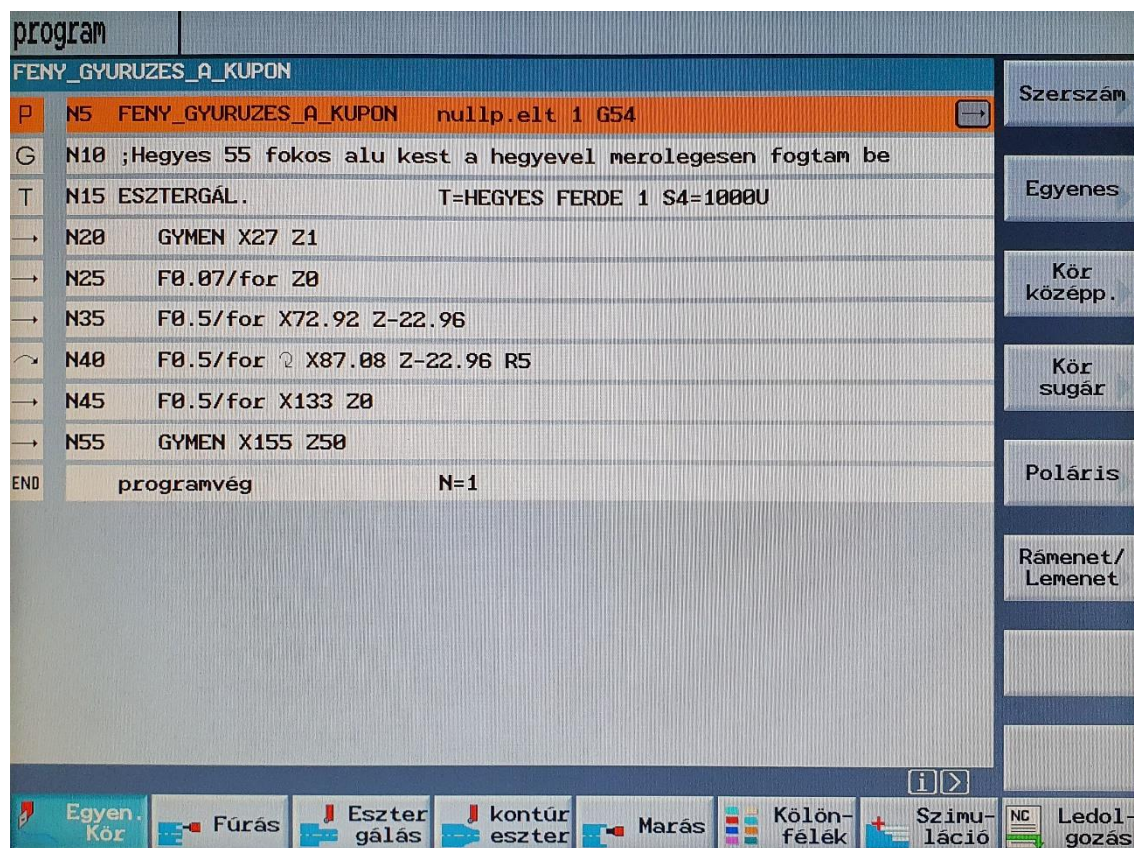
program	
CSAPAGY_OLDAL_ELSO_MUV	
P	N5 CSAPAGY_OLDAL_ELSO_MUV nullp.elc 1 G54
	N10 OLDALAZAS
	N15 Leforgácsolás $\nabla\nabla\nabla$ T=Nagyolo GARANTkis F0.1/for S1000f
	N20 KK
	N25 Leforgácsolás $\nabla\nabla\nabla$ T=Nagyolo GARANTkis F0.2/for S1000f
	N30 központos fúrás $\nabla+$ T=ESZTERGAFURO D16 F0.06/for S1500f
	N35 BK_NAGYOLAS
	N40 Leforgácsolás $\nabla\nabla\nabla$ T=ESZTERGAFURO D16 F0.06/for S1500f
	N45 GYMEN X100 Z150
G	N50 M0 ;Darab megforditas
	N55 eltolás add Z-1
	N60 OLDALAZAS
	N65 Leforgácsolás $\nabla\nabla\nabla$ T=Nagyolo GARANTkis F0.2/for S1000f
	N70 KK_2
	N75 Leforgácsolás $\nabla\nabla\nabla$ T=Nagyolo GARANTkis F0.1/for S1000f
	N80 központos fúrás $\nabla+$ T=Telibefuro_D25 F0.1/for S1300f
	N85 FURAT_1
	N90 Leforgácsolás ∇ T=ESZTERGAFURO D16 F0.3/for S1500f
	N95 FURAT_NAGYOLAS
	N100 Leforgácsolás ∇ T=ESZTERGAFURO D16 F0.3/for S1500f
	N105 BK
	N110 Leforgácsolás $\nabla\nabla\nabla$ T=Alu lapkas d14 sz F0.05/for S1300f
	N115 beszúrás $\nabla+\nabla\nabla\nabla$ T=SZURO 0.9 F0.03/for S1000f X0=21.2
END	programvég N=1

Egyen. Kör
Fúrás
Esztergálás
kontúr eszter
Marás
Köln-félék
Szimuláció

5. sz. melléklet: Az esztergálási műveletek CNC programja (2.)

program	
KULSO_ESZTERGALAS	
P	N5 KULSO_ESZTERGALAS nullp.el 1 G54
	N20 KULSO_LEPCSO
	N25 Leforgácsolás ▽ T=Lamina Nagy F0.3/for S1000f
	N160 beszúrási ▽ T=Taegu szuro3 F0.1/for S700f X0=133
	N30 beszúrási ▽ T=Taegu szuro3 F0.1/for S700f X0=103
G	N35 ;Hegyes 55 fokos alu kest a hegyével merolegesen fogtam be
T	N40 ESZTERGÁL. T=Hegyes 55 fokos S4=1000U
→	N45 GYMEN X15 Z1
→	N50 F0.07/for Z0
→	N55 F0.08/for X27
→	N60 F0.08/for X72.92 Z-22.96
→	N65 F0.08/for R X87.08 Z-22.96 R5
→	N70 F0.08/for X133 Z0
→	N75 F0.08/for X156
→	N80 GYMEN X50 Z10
↙↘	N155 eltolás add Z-0.15
T	N85 ESZTERGÁL. T=Hegyes 55 fokos S4=1000U
→	N90 GYMEN X27 Z1
→	N95 F0.07/for Z0
→	N100 F0.5/for X72.92 Z-22.96
→	N105 F0.5/for R X87.08 Z-22.96 R5
→	N110 F0.5/for X133 Z0
→	N115 GYMEN X155 Z50
END	programvég N=1

6. sz. melléklet: Az esztergálási műveletek CNC programja (3.)





ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

(nappali és levelező képzés)

Hallgató neve: SONOGYI ZSIGMOND GYULA	Neptun kód: EVM1ZS	Tagozat: CAD-CAM
Telefon: +36 20 211 2010	Levelezési cím: 8446 KISLÖD, PATAK U. 1.	
Szakdolgozat címe magyarul: SZŰRŐVÁLTÓ KERÉK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI KIDOLGOZÁSA		
Szakdolgozat címe angolul: DEVELOPMENT OF FILTER CHANGE WHEEL MANUFACTURING TECHNOLOGY		
Intézményi konzulens: NÉSZÁROS BÉLA		Külső konzulens: GÁL ISTVÁN

Kérjük, hogy az adatokat nyomtatott nagy betűkkel írja!

Alk.	Dátum	Tartalom	Aláírás
0.	2022. 07. 13.	Szakdolgozat pontjainak átbiztaltatása	
1.	2022. 09. 05.	Szakmai részlet átbiztaltatása	
2.	2022. 10. 18.	Szerszámmérés átbiztaltatása	
3.	2022. 10. 27.	Paraméterek megbeszélése	
4.	2022. 12. 09.	Szakdolgozat véglegesítésével konzultációja	

A Konzultációs naplót összesen 4 alkalommal – az egyes konzultációk alkalmával – kell láttamoztatni a Belső konzulenssel.

A hallgató a „Szakdolgozat” tantárgy aláírási követelményét teljesítette.

Intézményi konzulens

2022. december 09.



1081 Budapest,
Népszínház u. 8.

+36 (1) 666-5316
+36 (1) 666-5332

farkas.gabriella@bgk.uni-obuda.hu
www.bgk.uni-obuda.hu