



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Géz tekercselőgép lefogótengely gyártástechnológiájának meghatározása

**OE-BGK
2022.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

**Menyhárt Márton
T008644/FI12904/B**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Menyhárt Márton

Szaktervezési száma: SZD22052513066513

Törzskönyvi száma: T008644/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Géz tekercselőgép lefogótengely gyártástechnológiájának meghatározása

A dolgozat címe angolul: Determination of the production technology of the shaft of the gauze winding machine

A feladat részletezése:

1. Készítse el a munkadarab 3D modelljét az Ön által ismert CAD szoftverben és mutassa be a tengely, működő felületeit!

2. Tegyen javaslatot az alkatrész megmunkálására a gyártó berendezések korszerűségének figyelembevételével!

3. Dolgozza ki az alkatrész gyártásához szükséges technológiai dokumentációkat, az ön egyik javaslatának megfelelően!

4. Hasonlítsa össze az ön által javasolt alternatívákat a gyártási költség szempontjából!

Intézményi konzulens neve: Burai István György

Külső konzulens neve: Kizmus Kornél

Munkahelye: SimpLogic kft.

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

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 21.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Gépészmérnöki 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, 2022.12.11.....

Menyhárt Márton
.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	4
2.	Az alkatrész 3D modellje, és működő felületeinek bemutatása	5
2.1	A géz tekercselő gép tervezésének folyamata.....	5
2.2	A lefogótengely modellezésének a folyamata.....	6
2.3	A tekercselő modul működése	8
3.	Javaslattétel a lefogótengely megmunkálására	12
3.1	Megmunkálás hagyományos szerszámgépen.....	13
3.2	Megmunkálás alap NC szerszámgépen.....	15
3.3	Megmunkálás esztergaközponton	16
4.	Technológiai dokumentáció kidolgozása.....	19
4.1	Előtervezés	19
4.2	Műveleti utasítások sorrendje	25
4.3	Művelettervezés	28
4.4	Műveletelem tervezés.....	33
4.5	NC programkód generálás.....	41
5.	Gazdasági összehasonlítás	43
5.1	Költségek alap NC szerszámgépeken	44
5.2	Költségek esztergaközponton.....	45
5.3	Eredmények.....	47
6.	Szinopszis	48
7.	Summary.....	49
8.	Felhasznált irodalom.....	50
9.	Mellékletek	51

1. Bevezetés

Szakdolgozatom témája egy gézt tekercselő gép lefogótengely gyártástechnológiájának megtervezése, majd programkód írása CNC szerszámgépre. A cég, amelynél gyakornokként dolgozom célgép fejlesztéssel, összeszereléssel, javítással, automatizálással és mérnöki tanácsadással foglalkozik. A tervezett egyedi alkatrészeket külsős céggel gyártatjuk le. Egyik projektünk egy géz tekercselő gép megtervezése volt, amiben én is részt vehettem. Egy gyógyszeripari cég kérte fel a cégünket egy olyan projektre, melynek célja egy automata gép tervezése és megépítése volt, amely géz szalagot teker fel kemény kartonpapír gurigákra, amiket a gépbe adagolnak egy felhordó szalag segítségével. Az én feladatom az volt, hogy a mérnökök útmutatása, és vázlatos tervek alapján lemodellezzem a gép egyik alkatrészét és műszaki rajzot készítsek belőle. Ez az alkatrész a lefogótengely. A funkciója, hogy az arra ráillesztett karton gurigának az elfordulását megakadályozza, miközben a gép többi modulja elkezd rá feltekercselni a géz szalagot.

Szakdolgozatom négy részből áll: az első részben az alkatrész modelljét és elkészítésének a folyamatát mutatom be, részletezve a betöltött funkcióját a tekercselő gépen belül, és a részösszeállítását. Ezután részletezem a működő felületeit, és azok funkcióját.

A második fejezetben három javaslatot teszek az alkatrész megmunkálására a korszerű technika figyelembevételével. A javaslataimban különböző szerszámgépek használatának az alkalmasságát fejtem ki, amellyel a lefogótengely gyártása megvalósulhat. Ebben a részben bemutatom a CNC technológia fejlődéstörténetét, honnan indult, és hol tart most.

A harmadik fejezetben a javaslataim egyikét kiválasztva elkezdem az alkatrész legyártásához szükséges dokumentációkat kidolgozni. Előgyártmányt, befogót, szerszámokat választok, elkészítem a műveleti tervet, ezt követően kiszámolom a forgácsolási adatokat, végül CAM szoftver segítségével megtervezem a munkadarab gyártási technológiáját.

A negyedik fejezetben a választott javaslatomat hasonlítom össze egy alternatív javaslatommal a gyártás költségei alapján.

2. Az alkatrész 3D modellje, és működő felületeinek bemutatása

2.1 A gép tekercselő gép tervezésének folyamata

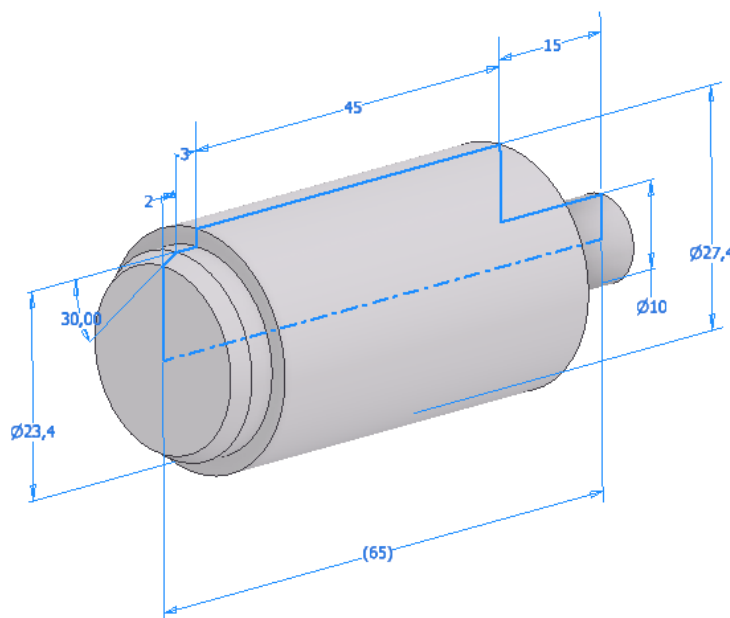
A tekercselő gép elméleti tervezése az Inventor 2021 nevű CAD szoftverrel tervezte a cég. Ezzel a programmal először az egyetemen találkoztam egy tárgy teljesítése közben, majd a munkahelyemen eleveníthettem fel az addigi tudásom, ahol szintén ezt a programot használják a mérnökök. A CAD (Computer Aided Design) olyan számítógépes szoftver, amely a mérnökök munkáját segíti a grafikus ábrázolásban. A tekercselő tervezésének a folyamata a célok megfogalmazása után először vázlatrajzokkal kezdődött. A tervezőmérnökökkel elkezdtuk modellezni az egyedi alkatrészeket, tartólemezeket és a gép vázszerkezetét az Inventor programot használva. A szabványos alkatrészeket (például csapágys, pneumatikus elemek, kötőelemek) különböző külső forrásokból szereztük be. Az olyan alkotóelemeken, amiket nagy terhelés ért szilárdságtani számításokat végeztünk végeelem módszerrel (VEM). A modellekből részösszeállítások készültek, azokból pedig egy jól strukturált, teljes összeállítás valósult meg a berendezésről. Az összeállítás után ütközésvizsgálatot készítettem, hogy kiszűrjem az egymással ütköző alkatrészeket és javítsam a hibákat.

Miután elkészült a teljes tekercselő gép, elkészítettem az anyagjegyzéket (Bill of Materials – BOM). Az anyagjegyzékben láthatjuk az összeállításban szereplő össze alkatrészt, ahol tulajdonságaik alapján sorrendbe állíthatjuk őket. Ilyen tulajdonságok lehet például a tömegük, sorszámuk, anyagminőségük, darabszámuk vagy a gyártó cég neve. Az anyagjegyzék segítségével könnyen kiszűrhetjük az olyan alkatrészeket, amik esztergálásra vagy marásra várnak, a lemezeket, amelyeket lézeres vágással készítenek el, vagy a szabványos alkatrészeket, amiket külsős forrásból rendelünk. Ezeket Excel táblázatokba exportáljuk, ahol könnyen nyomon követhető az alkatrész neve, azonosítószáma, darabszáma. Ezeket a táblázatokat csatoljuk a megrendelések mellé. Kiszállítás után elkezdődhetett a célgép összeszerelése.

2.2 A lefogótengely modellezésének a folyamata

A lefogótengely modellezését egy új fájl létrehozásával kezdem. A testmodell nevének először egy rá jellemző nevet adok, de a tervezés végén kap egy sorszámot is, mint minden alkatrész. A lefogótengely – ahogy a neve is mutatja – egy forgástest, ami egy síkidom valamely tengely körüli forgatásával jön létre.

Első lépésnek a síkidomot és a tengelyt rajzolom meg egy vázlatrajzban. Ebben a vázlatban megadom az alkatrész kontúr vonalának méreteit, amik a hozzájuk társított kényszerekkel együtt adják a modell alakját. A testmodell kialakításához a síkidomot a „forgatás” paranccsal a tengely körül 360 fokban körbe forgatom, amit az 1. ábrán mutatok be.



1. ábra: a forgástest kialakítása a vázlatrajz alapján

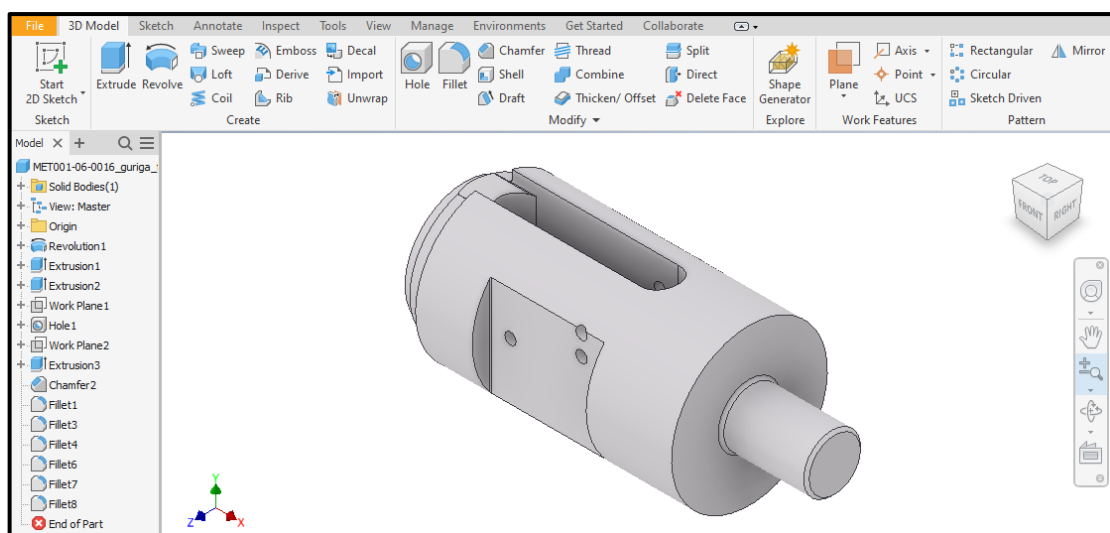
A második lépésben létrehozom a lefogótengely alaksajátosságait. Ehhez olyan parancsokat használok, amelyek anyagot vesznek el a modellből. Létrehozom a hornyokat, az oldallapolást és furatokat. Hozzáadom az élek lekerekítéseit, és a csap végén élettörést adok meg.

A harmadik lépésben anyagot rendelek a modellhez. A forgácsolt termékeket AlMgSi1 minőségű alumínium ötvözetből készítjük a tekercselő géphez. Az anyag

hozzárendelése után a szoftver kiszámolja a modell térfogatából és az anyag sűrűségéből a tömeget, ami jelen esetben 62 gramm.

Az negyedik lépésben elkészítem a modell műszaki rajzát (1. sz. melléklet). Kiválasztok egy bázisnézetet, amiről annyi vetületet készítek, amennyit a méretek ábrázolása indokol. Berajzolom a forgástengelyt és a furatok központi tengelyét. Külön metszeti ábrát készítettem a furatok elhelyezkedéséről és a horony mélységéről. Jelöltem az összes méretet, ügyelve a túlhatározottság elkerülésére. Feltüntettem a felületek minőségére vonatkozó jelöléseket: általános érdességtűrés (R_a) az alkatrész összes felületére vonatkozóan, kivéve a $\varnothing 10$ átmérőjű csap csatlakozó felületét ahová a pontos illeszkedés miatt g6-os tűrést írtam elő. Ez a csap egy H7-tel tűrésezett furatba fog illeszkedni, és ezzel a H7/g6 tűrés párossal laza, de játék nélkül eltolható csatlakozás lesz a két felület között.

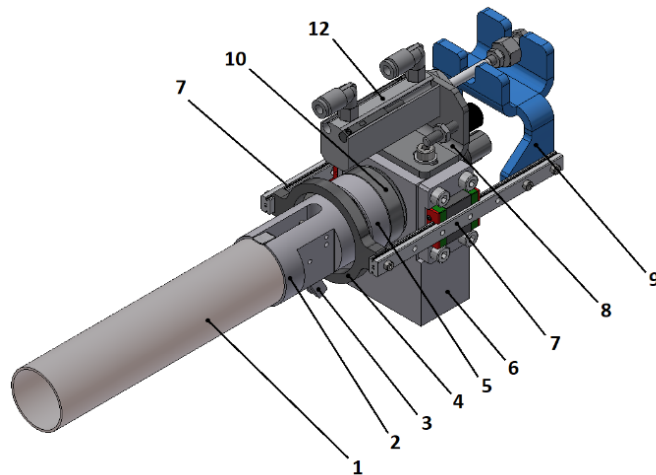
Az utolsó lépésben miután a műszaki rajz is elkészült DWG és PDF kiterjesztésben mentem el: előbbi az Inventor saját műszaki rajz fájlja, az utóbbi pedig a gyártó céghez kerül. A lefogótengely modelljét IPT és STEP (Standard for the Exchange of Product Data) kiterjesztésben mentem el. Az előbbi az Inventor saját kiterjesztése, az utóbbi pedig univerzális mert ezt a kiterjesztést sok más CAD és CAM (Computer Aided Manufacturing) szoftver képes kezelni. A lemezeket lézervágással készítik, ehhez kiválasztom a lemez terítékét és DXF kiterjesztésben mentem el. A lézervágó ezt a vektorrajzot használva vágja körbe a kontúrját a lemeznek.



2. ábra: a lefogótengely testmodellje és modellfája az Inventor 2021 szoftverben

2.3 A tekercselő modul működése

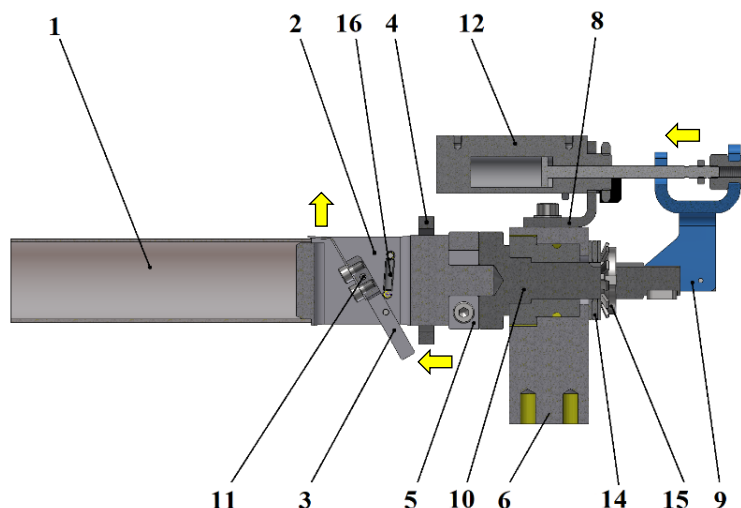
Az alábbi ábrán bemutatom, hogyan épül be a feladatom fő témája, a lefogótengely a tekercselő részegység összeállításába, és milyen funkciót tölt be. Az ábrán csak a tekercselés szempontjából lényeges alkatrészeket jelölöm. [2. ábra]



3. ábra: gép tekercselő részegység összeállítása

A lefogótengelyre (2) csatlakozik a szorítógyűrű (5), ami rászorítja azt a tengelyvégre (10). Ezek a tengely tartó tömbbe (6) kerülnek bele, amiben az egyik oldalról a tengely válla akadályozza az axiális elmozdulást, a másik oldalról pedig csapágyanya és biztosítólemez. A tengely tartó tömbbe beépített golyóscsapágy által tud a tengely forgó mozgást végezni, a forgást pedig a tengelyvég végén egy villanymotor szolgáltatja, amely reteszekkel adja át a nyomatékot. A tengely tartó tömb két oldalán rögzítve van egy-egy futókocsi, amiben profilsín (7) fut. A munkahenger a sínt mozgató lemezzel (9) van összeszerelve. A profilsín másik oldalán, a lefogótengely körül egy mozgató gyűrű (4) van felszerelve, ez együtt mozog a sínekkel, a sínt mozgató lemezzel és a munkahengerrel. Ez a mozgató gyűrű fogja a lefogótengelybe szerelt csippentő lemezt (3) elmozdítani. A csippentő lemez felel azért, hogy egy csap (11) körül elfordulva a lefogótengelyre felhúzott karton gurigán (1) pár réteg gézt „lecsippentsen”, vagyis lefogva tartson, hogy a gép tekercselése közben megakadályozza a guriga elfordulását.

A következő ábrán az előző részegységnek a metszetét mutatom be, hogy láthatóak legyenek a lefogótengelybe szerelt alkatrészek is, továbbá ábrázolom a dugattyút, mozgató gyűrű és a csippentő lemez mozgásirányát.

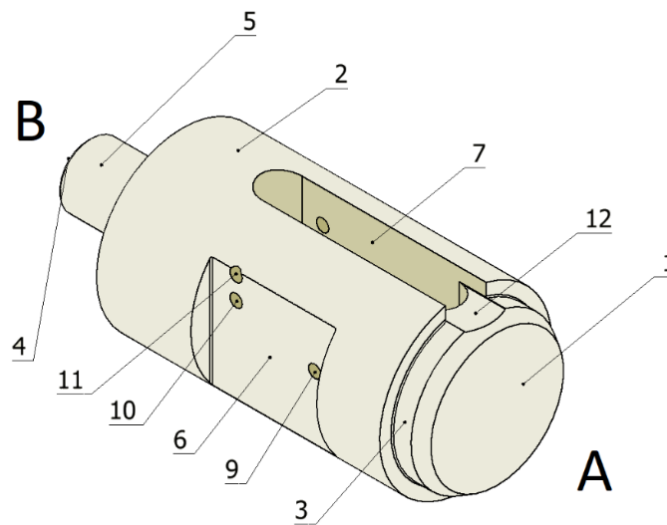


4. ábra: gáz tekercselő részegység metszeti ábrázolása

Tekercselés közben a munkahenger (12) ki van tolva, így a lefogótengelybe szerelt rugó (16) szorítja a csippentő lemezt (3) a gurigára (1). A tekercselés végeztével a munkahenger behúzódik, neki tolva mozgató gyűrűt (4) a csippentő lemeznek, amely egy csap (11) körül elfordulva elengedi a gurigát és a gáz rétegeket. A gáz tekercselése befejeződik, egy másik modul elveszi a lefogótengelyről a feltekercselt gurigát, majd egy új, üres gurigát helyez vissza rá, és a folyamat kezdődik előlről.

Az alkatrészek tervezésénél elengedhetetlen, hogy ne legyenek rajta fölösleges felület, mindegyiknek legyen funkciója, hiszen minél több és bonyolultabb megmunkálást kell végezni egy alkatrészen, annál többféle szerszámgépet vagy szerszámot kell használni, amitől nő a gyártási idő és a költségek.

A 4. ábrán mutatom be részletesen a működő felületeit a lefogótengelynek, ami viszonylag bonyolult alkatrésznek számít gyártás szempontjából, mert esztergálási és marási műveleteket is végezni kell, valamint mindkét végéről meg kell munkálnom. Ezért olyan szerszámgépet fogok használni, ami rendelkezik ellenorsóval. Ha a lefogótengely a főorsóba van befogva, akkor A oldalról munkálom meg, ha pedig a mellékorsóba, akkor B oldalról.



5. ábra: lefogótengely működő felületei

- Az 1. és 4. felületeken oldalazó nagyolás szükséges, hogy biztosítsam merőlegességüket a tengelyre.
- A tengely palástjára, amely a 2., valamint a 3. felületre az átlagos felületi érdesség $Ra = 6,4$ értékű. Ezeket elegendő lehet akár kontúr nagyolással kialakítani, mert a 2. nem érintkező felület, a 3.-ra pedig csak a karton guriga fog illeszkedni, ezért nem kell pontosabb minőségű felületet előállítanom.
- Az 5. palást felületre $Ra = 1,6$ átlagos felületi érdesség van előírva, így ezt először nagyolnom, majd simító esztergálnom vagy köszörülnöm kell. Ez csatlakozó felület, amely a tengelyvég furatjába fog illeszkedni és ezek szorítógyűrűvel lesznek összekapcsolva.

- A 6. felület kialakításához a 2. palást felületet lapolom marószerszámmal, amit szimmetrikusan a lefogótengely mindkét oldalán elvégzek. Ez a három furat (9, 10, 11.) pontos kialakítása miatt szükséges.
- A 7. és 12. felületet horonymarással végzem el. Az előbbi horony a csippentő lemeznek ad helyet, az utóbbi pedig a csippentő lemez hajlított végének, hogy le tudja fogni a gurigát.
- A 9, 10. és 11. furatokat pedig fúrással hozom létre, amibe csapok kerülnek. A 9. furatba helyezett csap tengelye körül tud elfordulni a csippentő lemez, a 11. furatba helyezett csapra a lemezt feszítő rugót helyezem majd.

3. Javaslattétel a lefogótengely megmunkálására

A rohamosan fejlődő világunkban az élet minden területén rövid idő, alatt hatalmas fejlődésen ment keresztül a technológia, ahogyan a gyártóiparon is. A fejlődés oka a folyamatosan növekvő igények az alkatrész minősége és mennyisége után. A forgácsológépek az ipari forradalom idején kezdtek elterjedni, bár ezek még mechanikus meghajtással működtek: először vízzel, később gőzzel. Az 1900-as évektől a szerszámgépek hajtását elektromos motorra cserélték, amiket már jóval szilárdabbra és nagyobbra terveztek.

1949-ben, James Parsons készítette el a világ első digitális, számítógép által vezérelt NC (Numerical Control) szerszámgépét, amellyel helikopterek lapátjait készítette el, habár ez még fejlesztés alatt állt. Az első tényleges NC marószerszámgép 1952-ben készült el az amerikai Richard Kegg által, a hidegháború korszakának elején. Az 1960-as évek végére Magyarországon is megjelent az NC technológia. A 70-es évek elején az NC gépekbe mikroszámítógépes számjegyvezérlőt szereltek, így készült el az első CNC szerszámgép. Ez a fejlesztés a gyártási időt lecsökkentette, a forgácsolt méretek pontosságát megnövelte. A 2000-es években megjelentek a lineáris tengelyeken túl a többtengelyes gépek, például a marósztergálógép (mill-turn technológia). A manapság használt, legmodernebb CNC szerszámgépek alapja még mindig elődjeik három fő funkciójára épülnek: parancsfunkció (digitális vagy analóg), hajtórendszer (ami a mozgást biztosítja, pl. motor) és egy visszajelzést biztosító rendszer (például egy kódoló). [1] [2]

Bár nem gyártják, még a mai napig használják az egyszerű hagyományos eszterga- és marógépeket, de a helyüket lassan teljesen átveszi a fejlettebb CNC technológia. Szerszámgépek széles választéka tárul elénk, amiken legyárthatjuk az alkatrészünket, a kérdés csak az, melyiken tegyük meg. A következő fejezetben három javaslatot teszek, hogy milyen szerszámgépeken érdemes megmunkálni a lefogótengelyt.

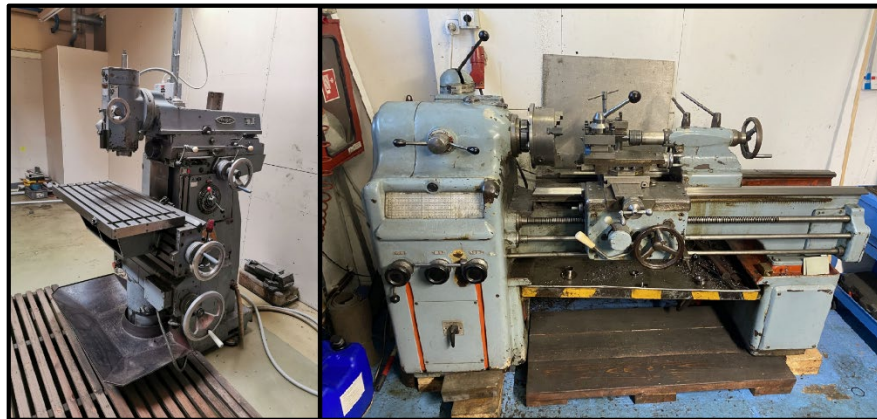
3.1 Megmunkálás hagyományos szerszámgépen

Manapság az elavultnak számító hagyományos szerszámgépekkel már csak egyedi alkatrészeket gyártanak. A hagyományos szerszámgép alatt olyan gépeket értek, ahol a szerszámmozgás irányát és gyorsaságát vagy technológus irányítja kézikerekekkel, vagy egyenletes sebességű, állandó előtolást állít be a gépen. A hagyományos szerszámgépek teljesítménye és fordulatszáma jócskán a CNC gépek alatt van, így a megmunkálás ideje is lassabb. Nem hozható létre az előbbi értékek hiánya miatt olyan jó felületi minőség sem egy alkatrészen, hiszen nem érhető el a kellő forgácsolóerő. Így a maximálisan létrehozható átlagos felületi érdesség IT7-IT8 közé esik, ami kevés lefogótengely $Ra = 1,6$ -os felületéhez, ezért mindenképp palástköszörűgépet kell használni.

A lefogótengely forgácsolása először hagyományos esztergálógépen történik, befogónak egyszerű hárompofás tokmányt használok. Oldalazás, majd nagyolás után az alkatrészt megfordítom, majd a másik oldalát is oldalazom, nagyolom. A következő lépésben hagyományos marógépet használok. Henger felületű alkatrészekhez gyakran alkalmaznak prizma és szorítóvasat a munkadarabot, viszont rövideje miatt inkább satu használata mellett döntök, alátétek használatával, hogy az esztergált felületek ne sérüljenek. A választott marószerszámmal elkészítem a hornyot. Ezután új befogás szükséges, 90 fokkal el kell forgatni a munkadarabot, hogy elvégezhessem a palást lapolást. Ezt követően 180 fokkal forgatom el, majd szimmetrikusan itt is elvégzem a palást marást, majd kifúrom a három furatot. A marási folyamatok után már csak a tengely simítása van hátra, amit palást köszörűgépen végzek el, hogy megkapjam az előírt ($Ra = 1,6$) felületi érdességgel.

Látható, hogy hat különböző felfogással tudom csak hagyományos szerszámgépeken megmunkálni az alkatrészt, ami túl sok. Minden egyes felfogásnál nő a mértéke a felfogási hibának, és így a végeredmény pontatlan lesz. Ráadásul sok időt elvesz a satuba fogásnál az alkatrész pontos beállítása, hogy megfelelő szögben álljon. Előzetes tervezés alapján nagyjából hétféle szerszám szükséges a lefogótengely elkészítéséhez, amiket minden művelet után cserélni kell. Ez kb. 15 perces folyamat szerszámonként.

Hagyományos szerszámgépekkel csak kis vállalkozások rendelkeznek, ahol szakemberek dolgoznak. Itt egy személy manuálisan végzi a szerszámgép vezérlését gombok, kézi kerekek használatával, így alakul ki az alkatrész geometriája. Ő választja ki a szerszámokat, állítja be a fordulatszámot és az előtolást is. Ezzel szemben a CNC megmunkálásnál előre megírt NC programkód alapján hajtja végre a számítógépes szoftver a lépéseket. A másik probléma a sok felfogás mellett a hagyományos gépekkel, hogy kezelésükhöz jó szakemberre van szükség, amiből manapság már hiány van. A hiány oka, hogy a helyüket a CNC gépeket kezelő technológusok veszik át. A szakember egyedül a műszaki rajzból dolgozik, hiszen nincs szüksége 3D modellre, CAM szoftverre vagy NC kódra. Ez azzal is jár, hogy ha pótalkatrészre lenne szükség a későbbiekben, annak a reprodukálása biztosan nem ismételhető meg ugyanolyan pontossággal. A végeredmény legfőképp a szakember tapasztalatától múlik.



6. ábra: MS-400 hagyományos marógép és E400 hagyományos eszterga

Összegezve: az alkatrész bonyolultsága, a sok felfogás miatti pontatlanság és az előzőekben felsorolt hátrányok miatt, a hagyományos szerszámgépeken való forgácsolást kizárom, mint lehetséges választást.

3.2 Megmunkálás alap NC szerszámgépen

Alap NC gépek alatt olyan számjegyvezérlésű szerszámgépeket értek, amiket még nem irányít beépített számítógép, és csak a szükséges tengelyekkel rendelkeznek, mint a kéttengelyes (X, Z) NC esztergagép, vagy a háromtengelyes (X, Y, Z) NC marógép. Ezek a szerszámgépek is elavultnak számítanak manapság, de még sokat használnak közülük. Alap NC szerszámgépeken feltudjuk gyorsítani a megmunkálást, mert a hagyományos gépeknél nagyobb teljesítménnyel és fordulatszámmal rendelkeznek, pontosan ezért jobb minőségű felületek is előállítható velük. A technológus a hagyományos szerszámgépekkel ellentétben nem kézikerekekkel, hanem programozási nyelv segítségével, NC kóddal (vagy G kóddal) vezérli a szerszámgépet. Bonyolultabb alkatrészek esetén hosszabb időt és sok tapasztalatot is igénybe vehet a G kód megírása. A lefogótengely elkészítéséhez szükséges felfogások száma a hagyományos gépekhez hasonlóan, ugyanannyi, mint az első javaslatomban: esztergálási műveletek esztergagépen az alkatrész mindkét oldaláról, marási műveletek marógépen háromféle szögből, majd palástköszörülés.

A következő ábrán bemutatott szerszámgépek hasonlítanak a hagyományos szerszámgépekhez, de látszik a hozzájuk szerelt vezérlőrendszer. [7. ábra]



7. ábra: EEN-320 alap NC eszterga és MSN-500 alap NC marógép

3.3 Megmunkálás esztergaközponton

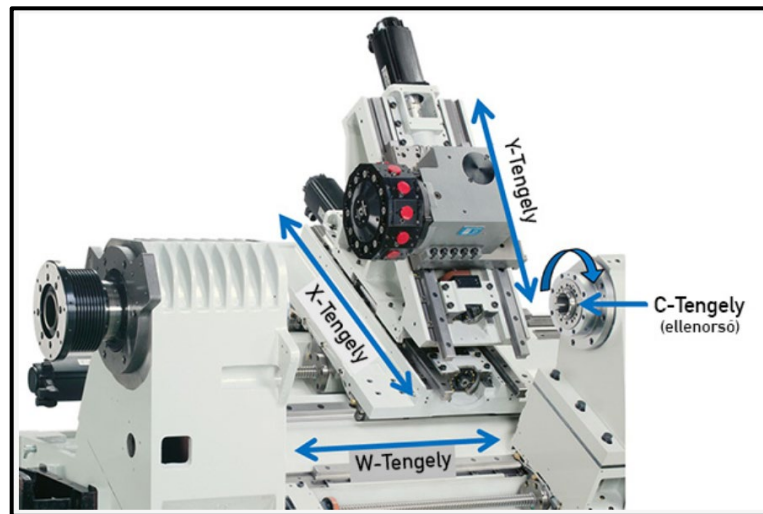
Harmadik javaslatom a korszerű, 2000-es évek elején megjelent CNC esztergaközpont használata, aminek köszönhetően ezeket a műveleteket már nem szükséges külön szerszámgépeken elvégezni: például egy esztergaközponttal, vagy más néven maróesztergálással (angolul mill-turn) könnyedén elvégezhetem az összes megmunkálást egyetlen CNC gépen.

Bár drágább gépi óradíjakkal rendelkeznek ezek a többtengelyes gépek, végeredményben rendkívül jó minőségű és pontos méretekkkel rendelkező munkadarabot lehet velük gyártani. Ahhoz, hogy csökkenteni tudjam a felfogások számát, olyan szerszámgépet kell választani, amellyel az esztergáló és maró műveletek egy szerszámgépen összevonhatóak. Ha a gép rendelkezik ellenorsóval is, akkor nem kell megfordítani az alkatrészt, hanem automatikusan átveszi az ellenorsó, amint végzett az első oldallal. Így a felfogások számát lényegében egyre lehet csökkenteni.

Fontos megvizsgálni, hogy hány tengelyes esztergaközpontra lesz szükségem. Ez azért lényeges, mert a tengelyek számával nő a gép órábéré is. Egy hagyományos esztergálógépen csak hossz- és keresztirányú mozgás van, tengelyekről még nem beszélhetünk. Ennél egyel fejlettebb a 2 + 1 tengelyes CNC esztergálógép, ahol az X és Z tengelyek mellett megjelenik a C tengely, amely a Z tengely körüli elfordulást jelenti. A C tengely körüli folyamatos forgás, melyet a főorsó végez, már szabadon programozható. A főorsó forgó mozgásával, és a szerszám X irányú radiális mozgásával a paláston síkfelületeket tudunk létrehozni, és olyan furatokat, amelyek a Z tengelyre merőleges irányúak. A lefogótengelynél azonban a hornyok marásánál és a furatoknál a szerszámnak a középvonal felé, illetve alá kell mennie, amihez az X tengelyre merőleges mozgásra lenne szüksége. [3]

A C tengelyes esztergáló gép helyett Y tengelyeset kell használnunk, amely 3 + 1 tengellyel rendelkezik: X, Z, C és Y. A szerszám végzi a három egyenesvonalú mozgást, a főorsó pedig a forgó mozgást. A legtöbb ilyen esztergálógépben az Y tengely 90 foknál kisebb szöget zár be az X tengellyel, de merőleges irányú mozgásra van programozva,

ahogy a 7. ábrán ezt be is mutatom. Ezzel a technológiával a C tengely folyamatos forgása nélkül, az Y tengelyű radiális mozgásnak köszönhetően, például olyan furatokat is létrehozhatunk, melyek középvonala nem metszi az alkatrész forgástengelyét. Szükséges, hogy a szerszámgép rendelkezzen ezen kívül még egy plusz tengellyel, amelyet W tengelynek hívunk. Ez az ellenorsó, lényegében Z tengelyével azonos irányú mozgását biztosítja. Erre azért van szükség, hogy az ellenorsó közelíteni tudjon a főorsóhoz, majd átvegye a munkadarabot. Az esztergaközpontok általában revolveres szerszámtárral rendelkeznek, amikbe a technológus szereli be a választott szerszámokat a forgácsolás megkezdése előtt. Ez a revolveres tár automatikusan vált szerszámokat forgácsolás közben. Így nem kell a technológusnak minden művelet után szerszámot cserélnie. A következő ábrán az esztergaközpont tengelyei láthatók, az ellenorsó és a revolveres szerszámtár:



8. ábra: Y-tengelyes esztergaközpont tengelyei [3]

Egy esztergaközpontot sok más funkcióval is fel lehet szerelni: például száladagolóval, hogy az előgyártmányt automatikusan, kész méretre vágva adagolja a tokmányba. Darab elkapóval, hogy a leeső darabokat összegyűjtse. Ezen kívül léteznek akár még 10 tengelyes szerszámgépek, a legbonyolultabb alkatrészek megmunkálásához. Ilyen drága CNC megmunkálóközpontokkal már csak nagyobb cégek rendelkeznek. Ezek a cégek már több osztályból állnak, így külön foglalkozik egy logisztikai osztály az anyag beszerzéssel és raktározással, külön egy osztály az alkatrészek 3D modell készítésével és

alkatrész tervezéssel, valamint gyártástechnológia tervezéssel CAM szoftverrel. A CNC gépkezelő technológusok feladata a szerszámgép előkészítése, felszerszámozásra és felügyelete. Sokszor egyszerre több CNC szerszámgépet is felügyelnek.

Lehetséges esztergaközpont választás például az Euroturn 12C, amely minden tulajdonsággal rendelkezik, amire szükség van a lefogótengely legyártásához:



9. ábra: Euroturn 12C esztergaközpont

Összefoglalva:

Az esztergaközpont használatának előnye, hogy a gyártási időt csökkentem a szükséges szerszámgépek, és a befogások számának csökkentésével. Elegendő a CAM programban csak egy tervet készíteni, nem kell több gépet felkészíteni a forgácsolásra. Esztergaközponttal gyártva a lefogótengelyt sokkal jobb minőségű lesz. A szerszámgép kiválasztása után, a gyártástechnológia tervezése következik.

4. Technológiai dokumentáció kidolgozása

Ebben a fejezetben a gyártástechnológiai tervezés szintjeiről írok, majd ezeket alkalmazom a munkadarabon is. Az előző fejezetben adott három javaslatomból a harmadikat választom, és így esztergaközponttra fogom tervezni a megmunkálást.

A gyártástechnológiai tervezés során a feladat a terméktervezők, tervezőmérnökök által konstruált termékek és alkatrészek gyártási folyamatainak megtervezése, valamint a szükséges dokumentumok elkészítése. Ehhez a technológusnak különböző ismeretekkel kell rendelkeznie, mint például szerszámgépek, szerszámok, megmunkálás típusok ismereteivel. Szintén fontos a gyártandó alkatrész funkcióját ismerni, hogy milyen szerepet fog betölteni a gyártógépben. A technológiai tervezésnek különböző szintjei vannak, amit sorrendben kell elvégezni [4]:

1. Előtervezés
2. Műveleti sorrendtervezés
3. Művelettervezés
4. Műveletelem tervezés
5. Posztprocesszálás

4.1 Előtervezés

Előtervezés során először a megtervezett alkatrész gyárthatóságát, szerelhetőségét kell elemezni. Meg kell vizsgálni a tengelyen a letöréseket, lekerekítéseket, amennyiben valahol hiányzik, pótolni kell. Le kell mérni lefogó tengelyen a hornyot, és ellenőrizni a csippentő lemez szerelhetőségét a lefogótengelybe. Ezután az előgyártmányt és annak az előállítási módját választom ki, a szükséges felületminőség és a költségek szempontjából. Ezután gyors költség és gyártási idő becslést végzek.

Az előgyártmány kiválasztása nagyon fontos lépés a gyártástervezésben, amely a költségeket, és a gépidőt is alapjaiban befolyásolja. A cél, hogy a lehető legjobban

illeszkedjen a tervezett munkadarabra, hogy minél kevesebbet kelljen forgácsolni. Ehhez meg kell vizsgálni az alkatrész funkcióját, alakját és méreteit, ez alapján meg kell határozni az előgyártmány anyagát, méretét, és előállítási módját. Az én esetemben forgástengelyről van szó, ebből adódóan körszelvény alakú félkészgyártmányt választok, az anyaga pedig alumínium ötvözet (AlMgSi1), amit húzással vagy sajtolással (extrudálással) állítanak elő. [5]

Hidegen húzásnál az anyagot először melegen hengerlik görgősorok között, majd kúpos üregű szerszámon húzzák végig, hogy csökkentsék az átmérőt a kívánt méretre. Melegen hengerlés után az anyag felülete revés és pontatlan, viszont a hidegen húzás után jó minőségű és pontos felület készül. Költségeit tekintve drágább technológia a sajtolásnál: hosszabb ideig tart előállítani, bonyolultabb és drágább szerszámgépek szükségesek hozzá, de jobb felületi érdesség állítható elő vele, a kész átmérő tűrése körülbelül $\pm 0,05$ mm.

A sajtoló technológiát elsősorban könnyűfémeknél, mint például alumíniumnál alkalmazzák. A felhevített anyagot sajtoló tűskével nyomják át a szerszámon, amelyen a célnak megfelelő méretű nyílás van, így a gép folyamatos alaksajtolással állítja elő félkészgyártmányt. Az eljárás gyors, termelékeny és olcsóbb, mint a hidegen húzás. A külső átmérő tűrése ebben az esetben $\pm 0,3$ mm.

Sajtolással készült előgyártmányt választottam, aminek több oka is van. Elegendő lenne a munkadarab legnagyobb átmérőjének méretével azonos átmérőjű hidegen húzott előgyártmányt választani, hogy a külső felületeket ne kelljen megmunkálni, viszont a lefogótengely legnagyobb átmérője $\varnothing 27,4$ mm-es, így mindenképp ráhagyásra lesz szükség, hogy szabványos előgyártmányt tudjak választani. Költséghatékonyabb a sajtolást választani, és az előírt átlagos felületi érdesség is csak $Ra = 6,3 \mu\text{m}$, ami IT10-es minőségbe esik. A palást esztergálásával kiküszöböljük az előgyártmányból adódó esetleges tengelyferdeséget, és javítunk a felületi minőségén.

A ráhagyás az adott műveletben a leválasztott réteg nagyságát jelenti. El kell távolítani az előző réteg hibáit, egyenetlenségeit. Számításokkal végzem el, hogy mi a legkisebb ráhagyás, amit az átmérőre kell hagyni. A ráhagyások számításához az IT minőségre épülő tapasztalati módszert alkalmazom, amivel tanulmányaim során találkoztam. [4] A műveleti méreteket mindig a legutolsó művelettől az első művelet felé haladva számítjuk ki, tapasztalati úton összeállított táblázatokból. Az alkatrész legnagyobb átmérője Ø27,4 mm. Mivel ez nem csatlakozó felület lesz, és a műszaki rajzon is tűrésezetlen felület, így erre az MSZ ISO 2768 – m vonatkozik [1. táblázat], ahogy azt a műszaki rajzon jelölték. A másik átmérő, amire elvégzem a ráhagyás számítását Ø10 mm-es átmérő. Erre g6-os tűrés van megadva, IT6-os tűrésfokozatú, átlagos felületi érdessége 1,6 µm.

1. táblázat: MSZ ISO 2768 - tűrésezetlen méretek

Pontossági osztály		Névleges méretcsoportok és azok tűrései		
jel	megnevezés	0,5–3-ig	3–6-ig	6 felett
<i>f</i>	finom	±0,2	±0,5	±1
<i>m</i>	közepes			
<i>c</i>	durva	±0,4	±1	±2
<i>v</i>	nagyon durva			

2. táblázat: az átmérők ráhagyásainak számítása

Névleges méret:	Ø27,4	Ø10
Előírt tűrés:	±0,2	g6 (^{-0,005} / -0,014)
Felső tűréshatár:	Ø27,6	Ø9,995
Kész simítási átmérő:	Ø27,4 ^{+0,2} / -0,2	Ø10 -0,005 / -0,014
Simítási ráhagyás:	-	2 x 0,11 (IT6) = 0,22
Nagyolási alapméter:	-	Ø9,995 + 0,22 = Ø10,215
Nagyolási alapméter kerekítve:	-	Ø10,5
Nagyolási tűrés (IT12):	-	0,18
Kész nagyolási átmérő:	-	Ø10,5 ⁰ / -0,18
Nagyolási ráhagyás (2xIT16):	2 x 1,6 = 3,2	-
Előgyártmány alapméter:	Ø27,6 + 3,2 = Ø30,8	-
Előgy. alapméter kerekítve:	Ø32	-

A Ø30,8 mm-es alapméter átmérőt Ø32 mm-es szabványos méretre kerekítem. A számításaim alapján a megmunkálás úgy fog kinézni, hogy a Ø32 mm átmérőjű előgyártmány a végső Ø27,4 mm-es átmérőre nagyoljuk, hiszen előírt átlagos érdesség a felületre $Ra = 6,4$. Ez a Ø27,4 mm-es átmérőn IT10-es tűrésfokozatba esik.

Az előgyártmány A oldalára 2 mm ráhagyást hagyok az oldalazáshoz, hogy elkerüljem az esetleges vágási egyenetlenségeket. A B oldalára viszont 13 mm-es segédcsapot hagyok, hogy a tokmányba befogható legyen, és közben legyen hely a szerszámoknak kialakítani a felületeket. Segédcsapot általában egyedi gyártásnál szoktak alkalmazni, hiszen tömeggyártásnál ez túl nagy selejt mennyiséget jelentene. A sima hárompofás tokmány helyett alkalmazhatnék kemény, körmös pofás befogót is a főorsóra, így nem kéne segédcsapot hagyni az előgyártmányon, azonban a horonymarásnál figyelni kell, hogy a szerszámtartó ne ütközzön össze marás közben a tokmánnyal, mert a horony elég közel helyezkedik el hozzá. Később a segédcsapot leszúrással vagy nagyolással távolítom el.

Az alkatrészem legnagyobb átmérője: Ø27,4 mm, az alkatrész hossza: 65 mm. A hosszához hozzáadva a ráhagyásokat (2 mm + 13 mm) megkapom az előgyártmány hosszát, ami 80 mm. Átmérője pedig, a már kiszámolt Ø32 mm, a gyártási módja sajtolás. Ezek alapján az adatok alapján könnyen megrendelhető az előgyártmány az interneten fellelhető félkészgyártmányt gyártó cégek egyikétől. Az AlMgSi1 ötvözetet előszeretettel használják cél gép alkatrészek anyagának. Tulajdonságai közé tartozik a közepesnél nagyobb szilárdság, kiváló eloxálhatóság, megfelelő korrózióállóság, jó forgácsolhatóság és hegeszthetőség. Felhasználását tekintve a gépipar minden területén használják, szivattyúk és pneumatikus egységek belső részeiben, egyedi gépgyártásban és ahol fontos a korrózióállóság.

3. táblázat: AlMgSi1 tulajdonságai [6]

Szakítószilárdság Rm [N/mm ²]	275
Folyáshatár [N/mm ²]	245
Sűrűség [g/cm ³]	2,70
Nyúlás A5 [%]	9
Brinell keménység HB	95
Forgácsolhatóság	jó
Eloxálhatóság	nagyon jó
Hegeszthetőség	jó
Polírozhatóság	igen

4. táblázat: AlMgSi1 vegyi összetétele [7]

Si	Fe	Mn	Cu	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
0,8-1,3	≤0,5	0,4-1,0	≤0,1	0,6-1,2	≤0,25	0,2	≤0,1	maradék

A lefogótengelyt elkészülése után eloxálni kell, mely során korrózió álló oxidréteg keletkezik elektrolízis által, MSZ EN 12373-1:2001 alapján. Az eloxálás az elektrolitikus oxidáció rövidítése, amely egy kémiai eljárás. Az eljárás során az alumínium felületében pár tized mikron vastag védőréteg alakul ki. [8]

Az eloxálás előnyei:

- Védi az alumínium felületét a korróziótól
- Jelentősen javítja az alumínium felületének esztétikai megjelenését
- Keményebb lesz az alumínium felülete
- Tartós bevonat, hiszen eloxálás során a védőréteg az alumínium felületében alakul ki
- Az eloxált felület jobb vezetőképességet és hőleadást eredményez

Az előgyártmány költsége:

Megnevezés	Minőség	Méret	kg/fm	Ár
Alumínium kör rúd	AlMgSi1	30	1.97	4.420.- Ft/kg

10. ábra: AlMgSi1 rúdanyag ára [9]

Egy $d_e = \varnothing 32$ mm átmérőjű alumínium rúdnak az ára 4420 Ft/kg.

Ismerjük az anyag sűrűségét: $\rho = 2,70 \text{ g/cm}^3$ [3.táblázat]

Előgyártmány hossza: $l_e = 80 \text{ mm}$

A méretei alapján a térfogata:

$$V = \left(\frac{d_e}{2}\right)^2 * \pi * l_e = \left(\frac{3,2 \text{ cm}}{2}\right)^2 * \pi * 8 \text{ cm} = \mathbf{64,3 \text{ cm}^3}$$

Ebből kiszámítva az előgyártmány súlya:

$$m = \rho * V = 64,3 \text{ cm}^3 * 2,70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 174 \text{ g} = \mathbf{0,174 \text{ kg}}$$

Az előgyártmány becsült ára (K_e):

$$K_e = m * 4420 \frac{\text{Ft}}{\text{kg}} = 0,174 \text{ kg} * 4713 \frac{\text{Ft}}{\text{kg}} = \mathbf{770 \text{ Ft}}$$

Az előtervezésben fontos végezni egy gyors költség- és gyártási időbecslést is, ami sok összetevőtől függ és sok tapasztalatot igényel. Több módszer is létezik ennek a megoldására: az első, hogy alapul veszek olyan alkatrészeket, amelynek gyártása nagyban hasonlít a saját alkatréshoz. Ahhoz, hogy ez a módszer pontos eredményeket adjon elengedhetetlen, hogy sok dokumentáció álljon rendelkezésre. A második módszer, hogy az alkatrész gyártási folyamatát elemi részekre bontom, majd külön-külön mindegyikre költséget és gyártási időt becsülök. Ehhez a módszerhez alapos technológusi tudás szükséges és időigényes folyamat, bár ez adja a legpontosabb becslést. A harmadik módszernél az alkatrész paraméterei és a gyártási idő között hozok létre függvényt. Például az alkatrész tömege, vagy a legnagyobb méretei adják a becslés alapját. A negyedik módszernél egyszerűen csak a tapasztalataimra hagyatkozom. Ezzel a módszerrel csak sok éve dolgozó szakemberek tudnak pontos becslést adni. Egy kezdő szakember becslésének eltérése jelentős, akár 50%-os is lehet.

A harmadik módszer alapján a becsült megmunkálási ideje a lefogótengelynek általános előtolással, fordulatszámmal és becsült szerszám-pálya hosszokkal a nagyolásoknak 10 mp, a simításnak 5 mp, a horonymarásoké 30 mp, a palást lapolásé 10 mp, leszúrásé 5 mp, a fúrásé pedig 10 mp. A gyors becslésem alapján 1,17 perc a gépi

főidő. Az esztergalközpontok óradíja körülbelül 14 000 Ft/óra, de így is elhanyagolható a szerszámgép használatából adódó háromszáz forintos költség a rövid gépi főidő miatt. Az óraköltség (a rezsi költségek és a technológus óradíja) adja a másik részét a gyártás költségének. A technológusnak a szerszámgép előkészítés, felszerszámozás kb. 60 percet vesz igénybe, 40 perc a szétszerelés és összepakolás, valamint 10 perc a minőségellenőrzésre fordított idő (összesítve 110 perc). Így a becsült gyártási költsége 8000 Ft/óra óraköltséggel 14 660 Ft.

4.2 Műveleti utasítások sorrendje

Műveleti utasítások sorrendtervezéskor a felületek megmunkálási igényeit gyűjtöm össze, hozzá megmunkálási eljárásokat csatolok, és sorrendbe rendezem. Ezek alapján kiválasztható a szerszámgép típusa, és a befogás módja.

A befogás módját számolással választom ki: az előgyártmány hosszának és átmérőjének aránya határozza meg, milyen befogás típust kell használnom. Az alábbi táblázatban az előgyártmány hossz és átmérő arányában látható a befogás típusa, és a befogás eszköze.

5. táblázat: Befogás típusok

	l/d	Befogás	Eszköz
1	$l/d \leq 3$	Befogás lebegve	Tokmány, síktárcsa, vagy főorsóba fogott túske
2	$3 < l/d < 12$	Befogás tokmányba és csúccsal megtámasztva	Tokmány és támasztócsúcs
3	$l/d > 12$	Befogás csúcsok közé és bábbal támasztva	Mellső és hátsó csúcs és támasztás bábbal, menesztés

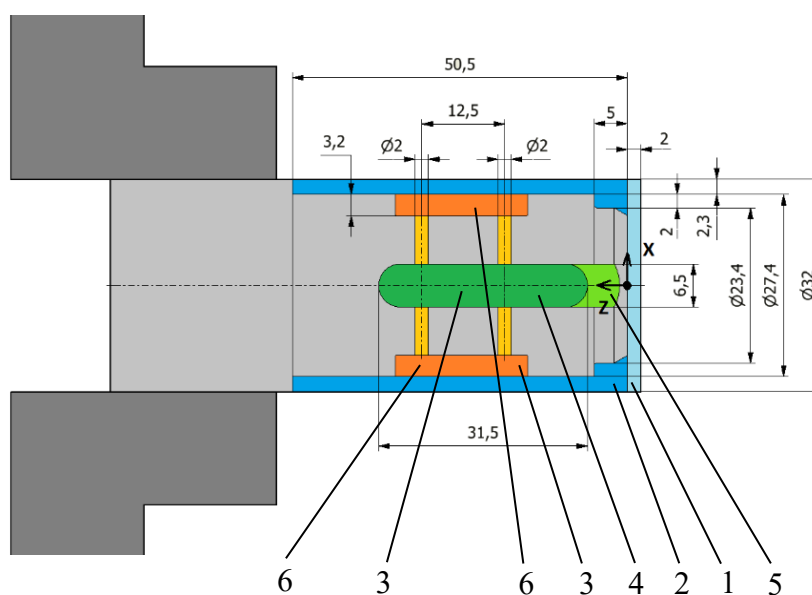
Az előgyártmány hossza: $l_e = 80 \text{ mm}$

Az előgyártmány átmérője: $d_e = 32 \text{ mm}$

$$\frac{l_e}{d_e} = \frac{80 \text{ mm}}{32 \text{ mm}} = 2,5$$

A 5.táblázat alapján befogónak az elérhető legkisebb, Ø125 mm átmérőjű hárompofás tokmányt használók DIN 6350 szabvány alapján. A számítások alapján nincs szükség támasztó csúcsra vagy bábra. Tolómérővel ellenőrzöm az előgyártmány hosszát és átmérőjét néhány ponton. A 80 mm hosszú előgyártmányt befogjuk a tokmányba úgy, hogy 55 mm-re lógjon ki belőle. (2. sz. melléklet) Tokmánykulccsal meghúzom és rögzítem. A választott esztergaközpont ellenorsójára is ugyanolyan tokmányt használók. Először az A oldal esztergálását készítem el a főorsóval. A 10. ábrán a műveleti utasításokat számoztam, a különböző színek más-más megmunkáláshoz tartoznak. A műveleti utasítást a 3. sz. melléklet tartalmazza.

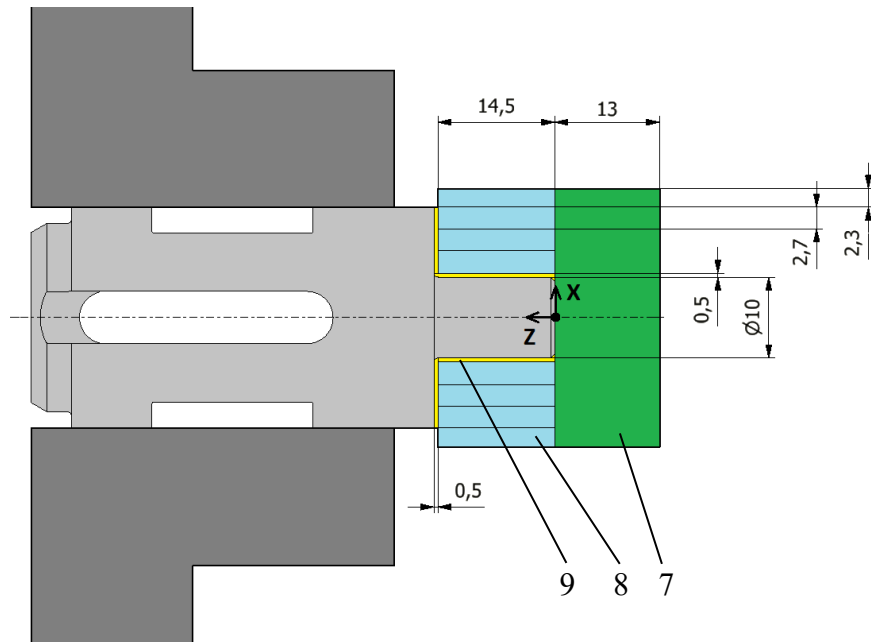
(1) 2 mm-es fogásmélységgel oldalazom, hogy elkerüljem az esetleges oldalferdeséget, ami az előgyártmány darabolásából származik. (2) Ezután az alkatrész kontúrját nagyoló esztergálom, változó fogásmélységgel, hogy a szerszámnak csak kétszer kelljen a Z tengellyel párhuzamos mozgást végeznie. (3) A nagyolás végeztével marási műveletek következnek: a tengely palástját szimmetrikusan mindkét oldaláról 3,2 mm mélyen, 20 mm szélességben maró szerszámmal kimarom. (4) Kialakítom a 31,5 mm hosszú, és 6,5 mm szélességű hornyot, amely az egész tengelyen keresztül átér. (5) Ezt követően a kisebbik hornyot munkálom meg, amelynek ugyanúgy 6,5 mm a szélessége, de mélysége 2,5 mm. (6) Végül a Ø2 mm átmérőjű furatok kialakítása következik, amit központfúrás előz meg. A három furatot egy oldalról fúrom át, 21 mm mélyen.



11. ábra: első befogás, megmunkálás A oldalról

A következő felfogásban az alkatrész forgását már a mellékorsó fogja biztosítani, amely átveszi a munkadarabot a főorsótól. Most az alkatrészt a B oldaláról fogom megmunkálni. (7) Első lépésként egy lépésben eltávolítom a segédcsapot leszúrószerszámmal. Ezt a lépést megtehetném nagyoló oldalazással is kb. négy fogással, de az jobban koptatná a szerszámot, és kevésbé gazdaságos megoldás lenne. (8) Nagyolással kialakítom a $\varnothing 10,5$ mm átmérőjű (0,5 mm ráhagyással), 14,5 mm hosszú csapot. A fogásmélység itt is változó: 2,3 – 2,7 mm. (9) Végül 0,5 mm fogásmélységgel simítom a csapot $Ra = 1,6$ felületi érdességűre. A vállat is végig simítom, hogy az axiális irányú nagyolások nyomait eltüntessem.

Az alábbi ábrán a mellékorsó által forgatott hárompofás tokmány látható, ahová 20 mm mélyen ütköztettem a munkadarabot.



12. ábra: második befogás, megmunkálás B oldalról

4.3 Művelettervezés

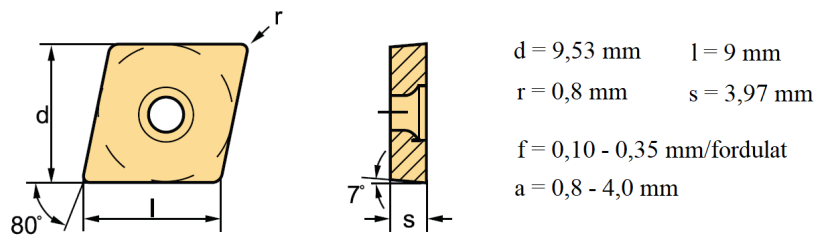
A művelettervezéskor a műveletekhez szerszámokat rendelek, és szerszámtervet készítek. A szerszámokat a Haberkorn Fairtools katalógusából választom [10]. Az esztergalapka és esztergakés, valamint a maró fejek kiválasztásakor több fontos szempontot és paramétert kell figyelembe venni az élettartamuk meghosszabbítása érdekében. A szerszámtervet a 4. sz. melléklet tartalmazza.

1.-2. Oldalazás és nagyoló esztergálás

A katalógusból először a lapkát választom ki. Az első fontos paraméter, hogy milyen anyagból van az alkatrész. Az én esetemben ez $AlMgSi1$, ami a nemvasfémek csoportjába tartozik. Következő lépés, a lapka alakjának a kiválasztása, ami a felületmegmunkálás típusától függ, vagyis jelen esetben nagyolás. A nagyolás lényege, hogy minél rövidebb idő lefolyása alatt, minél több anyagot válasszunk le. Ehhez olyan alakú lapkára lesz szükségünk, aminek nagy a csúcsszőge, de csak annyira, hogy a merőleges tengelyvállat is kitudjuk alakítani, és oldalazásra is megfeleljen, hogy ne kelljen másik szerszámot választani hasonló műveletekhez. Így a C jelzésű lapkát választottam, aminek 80° a csúcsszőge. Ezzel bár nagyobb rezgések keletkeznek, ami nagyobb felületi érdességet eredményez, de nagyobb forgácsolóerővel és előtolási sebességgel bír a lapka. A választható lapkák közül legalább 0,8 mm csúcssugarút érdemes választani, ha csak a körülmények mást nem indokolnak, az stabilitása érdekében. Az én esetemben, viszont a 0,4 mm csúcssugarút választom, hiszen egy 0,4 mm sugarú lekerekítés található a lefogótengelyen. Így a választásom a 6. táblázat alapján a CCGT 09T304-PM2 lapkára esett. Ahhoz, hogy a munkadarabot oldalazni is tudjuk, olyan esztergakést választottam, amelynek főél elhelyezkedési szöge: $\kappa_r = 95^\circ$ -os. Így az SCLCR 2020-K09 jobbos esztergakést fogom használni.

Méretkód	f mm	a _p mm	P HC			M HC	K HC	N HC	S HC	H BH
			WPP10	WPP20	WPP30	WSM20	WAK20	WK1	WSM20	WCB50
CCGT 09T304-PM2	0,08-0,25	0,6-4,0								

13. ábra: CCGT váltólapka



14. ábra: CCGT váltólapka geometriai jellemzői

3. Palást marás

Az alkatrész két oldalán lényegében két nyitott hornyot kell megmunkálni. A horony 20 mm széles, ezért olyan átmérőjű ujjmarót keresek, amivel négy lépésben meg tudom munkálni. Ehhez egy három élű, 8 mm átmérőjű keménymetall ujjmarót választok. Az ujjmarókat főként lépcsők, hornyok megmunkálására használják, mivel a paláston és a homlokfelületén is forgácsoló élek vannak. Miután az egyik oldal elkészült, a tokmányba fogott alkatrészt C tengely körül 180°-al elforgatom, majd szimmetrikusan a másik oldalt is megmunkálom. A horony legnagyobb axiális fogásmélysége 3,2 mm. Trochoid marás helyett egyszerű láncolt marási stratégiát választok, mert a trochoid marást csak kis fogásmélységek mellett lehet alkalmazni. Másrészt ez a felület nem igényel akkora pontosságot, hiszen csak a furatokba illesztett csapok miatt kell kialakítani. A választott ujjmaró kódja D402 030. Főélelhelyezkedési szöge $\lambda_s = 30^\circ$, a szerszám háromélű ($z = 3$). Radiális fogásmélységnek a szerszám átmérőjének 50%-t választom, vagyis 4 mm-t.

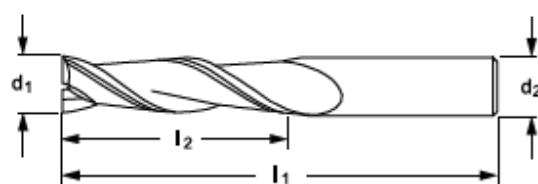
Méret-kód	d ₁ e8 Ømm	d ₂ Ømm	l ₁ mm	l ₂ mm	f mm	D402 ...	
						020	030
8,0	8,0	8	58	9	0,13	•	•

15. ábra: D402 030 ujjmaró paraméterek

4.-5. Horony marás

A horony 6,5 mm széles, 31,5 mm hosszú, és 27,4 mm mély, vagyis az egész alkatrészen átmenő. Mivel a horony eléggé mély, két lehetőség van szerszámválasztáshoz: az első, hogy a mélység feléig marom ki a munkadarabot, majd a főorsót elforgatva 180°-kal megmunkálom a másik oldalról is. A másik lehetőség, hogy olyan hosszú marószerszámot keresek, amely elég hosszú, hogy egy oldalról ütközés nélkül meglehessen munkálni a tengelyt. Végül két ok miatt választom a hosszú kialakítású ujjmarót: az egyik, hogy ha két oldalról munkálnám meg a hornyot, lehetőség van rá, hogy a felület pontatlanabb lesz a forgatás utáni pozíció hibája miatt. Másrészt, mivel a lefogótengely elég kis méretű, és a horony körülbelül 10 mm-re helyezkedik el a tokmánytól, a hosszabb szerszámmal biztosítom, hogy a szerszámbe fogó ne ütközzön marás közben a tokmányba.

Méret-kód	d_1 h10 Ømm	d_2 Ømm	l_1 mm	l_2 mm
2	2	3	38	8
3	3	3	38	12
4	4	4	50	14
5	5	6	57	16
6	6	6	65	22
8	8	8	80	28
10	10	10	90	32
12	12	12	100	38
16	16	16	115	50
20	20	20	125	50



$$d_1 = \varnothing 4 \text{ mm}$$

$$l_1 = 50 \text{ mm}$$

$$d_2 = \varnothing 4 \text{ mm}$$

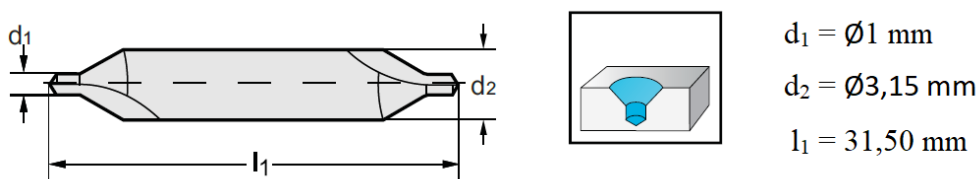
$$l_2 = 14 \text{ mm}$$

6. táblázat: D404 030 ujjmaró méretei

A választásom a D404 030-as keményfémből készült ujjmaróra esett, amely 2 élű és könnyűfémekhez ajánlja a katalógus, átmérője $\varnothing 6$ mm. Ezek az ujjmarók hosszabbítottak, és a 57 mm hosszúságú elég ahhoz, hogy egy oldalról elég legyen megmunkálni az alkatrészt. Körkörös megmunkálási stratégiát választottam trochoid stratégia helyett, hiszen az utóbbi jócskán megnövelné a megmunkálási időt, továbbá a horonyra nincs előírva külön felületi érdesség vagy tűrés.

6. Központozás

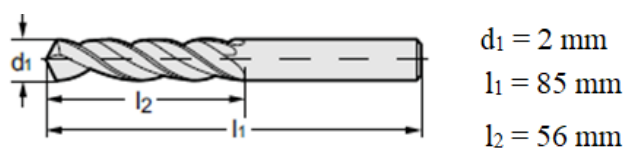
Ahhoz, hogy a furatokat pontosan a kellő helyre tudjuk fúrni célszerű központozást használni előtte. A központfurat célja a szerszám megvezetése a furatba, és az élettörés kialakítása. Ez szerelésnél segít, így a furatba könnyebb beilleszteni a csapokat. Ehhez a katalógusból a B105 005 jelzésű NC központfűrőt használom, amellyel DIN 332 szabvány szerinti 60°-os központfuratot lehet létrehozni.



16. ábra: B105 005 NC központfűrő

7. Fúrás

Három darab Ø2 mm átmérőjű átmenő furatot kell létrehozni a lefogótengelyen. Szerszámválasztásnál arra kell figyelni, hogy a fűrő elég hosszú legyen, hogy legalább 21 mm mély furatot létre tudjon hozni. Ahogy a palást lapolásnál, itt is opció lenne, hogy először az egyik oldalról hozom létre a furatot, a főorsó 180°-os elfordítása után pedig a másik oldalon. Hogy biztosítsam az egytengelyűségét a furatoknak, egy oldalról fogom átfúrni. A választott szerszám egy hosszú kialakítású gyorsacél csigafűrő. Szerszám kódja B220 006.



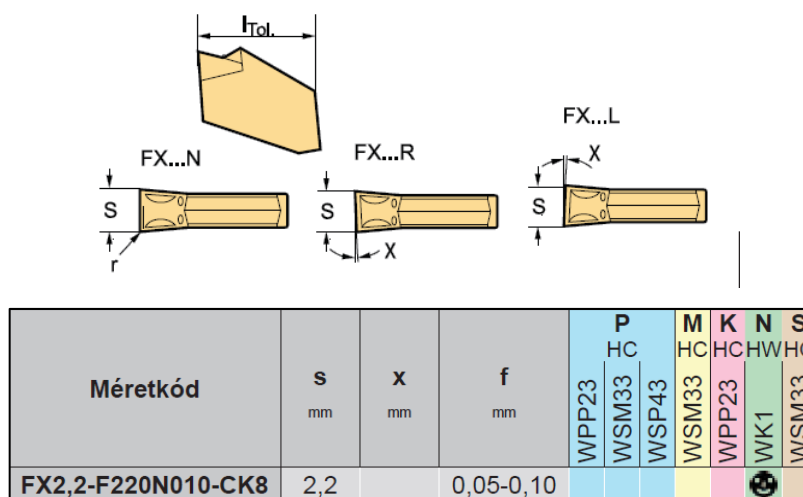
17. ábra: B220 006 hengeresszárú csigafűrő

8. Leszúrás

A lefogótengely B oldalán 13 mm ráhagyást kell leesztergálni. Ezt megtehetjük nagyolással is akár, például a már előzőleg használt nagyoló lapkával, viszont így is négy fogásból tudnám elvégezni az oldalazást az 5. ábra alapján. Ehelyett, időt spórolok, ha leszúró szerszámot használok, amivel egy fogással elvégzem a műveletet. Ráadásul, ha

az előgyártmány hossza még nagyobb lenne, mindenképp leszúrással kéne elvégezni ezt a műveletet.

A választott lapka 2,2 mm széles, kódja: FX2,2-F220N010-CK8. A választott lapkatartó: XKCEN2602J22-FX.



18. ábra: választott leszúró lapka

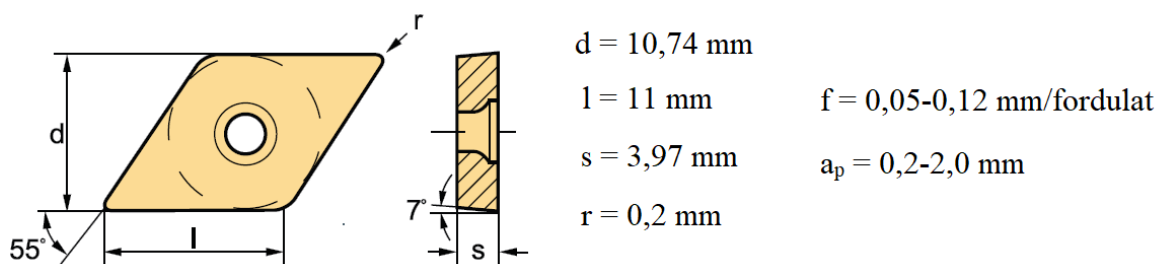
9. Nagyolás

Érdemes egy szerszámot minél több műveletre használni, hogy kevesebb szerszámmal kelljen feltöltenie a technológusnak a szerszámtárat. Ehhez a művelthez is az előző nagyoló esztergakést (SCLCL 2020-K09) és lapkát (CCGT 09T308-PM2) fogom használni.

10. Kontúrsimító megmunkálás

A simító megmunkálás lényege, hogy kialakítsuk az alkatrész végső kontúrját és felületérdességét. A $\varnothing 27,4$ mm és $\varnothing 23,4$ mm-es átmérőjű felületre nincs külön előírva átlagos felületi érdesség, így ezekre $Ra = 6,4$ vonatkozik, viszont a $\varnothing 10g6$ -os átmérőn sokkal simább felületet kell létrehozni. Simításhoz kisebb csúcshölygű lapkát választok, a jobb felületminőség érdekében. A D alakú lapkák csúcshölyge 55° -os. Csúcshölygének a legkisebbet választom, mivel a fogásmélység kicsi és kis csúcshölygével a keletkező rezgések is kisebbek, így $r = 0,2$. A választott lapka kódja: DCGT 11T302-PF2.

A hozzá tartozó esztergakés belépési szöge 93° így a tengelyvállakat ki tudjuk alakítani itt is. A választott balos kés kódja: SDJCL 2020-K11.



19. ábra: DCGT váltólapka geometriai jellemzői

4.4 Műveletelem tervezés

A műveletelem tervezéskor meg kell határozni a forgácsolási paramétereket és a szerszám pályákat. A szerszám pályák az Edgecam 2021-es verziójában ábrázolom. A paraméterek megválasztásánál fontos szempont, hogy kihasználjam a szerszám gép teljesítményét, valamint a választott szerszám adottságait. Így tudom csökkenteni a megmunkálási időt.

1. Oldalazás

Fordulatszám kiszámítása az előgyártmány átmérőjére (D_e):

$$n_1 = \frac{v_c}{D_e * \pi} = \frac{420 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,032 \text{ m} * \pi} = 4178 \frac{1}{\text{min}}$$

Az esztergáló szerszámmal ráállok az előgyártmányra: az X tengely irányába az előgyártmány átmérőjének a fele, plusz 2 mm, hogy biztonságos távolságra legyen. A fogásvétel $a_p = 2 \text{ mm}$ lesz a Z tengely mentén. Az előtolás értékének a lapka maximumát választom, vagyis $f = 0,4 \text{ mm/fordulat}$.

6. táblázat: alumínium ötvözetek forgácsolási adatai [11]

MC-kód	Anyagcsoport	Anyagalcsoport	Gyártási eljárás	Hőkezelés	norm	Fajlagos forgácsolóerő, k_{c1} (N/mm ²)	q_c
N1.1.Z.UT	1	1 kereskedelmi tisztaságú	Z	UT	kezeletlen	30 HB	0,25
N1.2.Z.UT	1	2	Z	öntvény	UT	60 HB	0,25
N1.2.Z.AG	1	2	Z	AG	öregített	100 HB	0,25
N1.2.S.UT	1	2	S szinterezett	UT	kezeletlen	75 HB	0,25
N1.2.C.NS	1	2	C	NS	nem részletezett	80 HB	0,25
N1.3.C.UT	1	3	C	UT	kezeletlen	75 HB	0,25
N1.3.C.AG	1	3	C	AG	öregített	90 HB	0,25
N1.4.C.NS	1	4	C	NS	Nem részletezett	130 HB	0,25

Fajlagos forgácsoló erő változását mutató kitevőt (q_c) a fenti 6. táblázatból választottam:

$$q_c = 0,25$$

A fajlagos forgácsoló erő főértékét ($k_{c1.1}$) szintén a 6. táblázatból választottam:

$$k_{c1.1} = 410 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Forgácsvastagság:

$$h = f * \sin \kappa_r = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} * \sin 95^\circ = 0,3985 \text{ mm}$$

Fajlagos forgácsolóerő:

$$k_c = k_{c1.1} * h^{-q_c} = 410 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 0,3985^{-0,25} = 516,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kienzle-féle összefüggés alapján a főforgácsoló erő számítása:

$$F_c = k_c * a_p * f = 516,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 2 \text{ mm} * 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} = 412,82 \text{ N}$$

Forgácsoló teljesítmény számítása:

$$P_{c1} = \frac{F_c * v_c}{1000} = \frac{412,82 \text{ N} * 420 \text{ m}}{1000 * 60 \text{ s}} = \mathbf{2,89 \text{ kW}}$$

Szerszám pálya hossza, az előgyártmány átmérőjével (D_e) számolva:

$$l_1 = \frac{D_e}{2} + 2 \text{ mm} = \frac{32 \text{ mm}}{2} + 2 \text{ mm} = \mathbf{18 \text{ mm}}$$

Gépidő számítása:

$$t_{g1} = \frac{l_1}{f * n_1} = \frac{18 \text{ mm}}{0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} * 4178 \frac{1}{\text{min}}} = 10,8 * 10^{-3} \text{ min} \approx \mathbf{0,6 \text{ s}}$$

2. Nagyolás

A nagyoló esztergálást az 5. ábra alapján változó fogásmélységgel készítem el, hogy a tengely átmérőjén a szerszámnak csak egyszer kelljen végig mennie. Az első fogás 2,3 mm-es, a második 2 mm-es, és harmadjára a letörést alakítom ki. A választott szerszám csúcshöke $r_2 = 0,4 \text{ mm}$. A kívánt átlagos felületi érdesség: $R_a = 6,3 \text{ } \mu\text{m}$.

Előtolás számítása az elméleti felületi érdesség alapján:

$$R_e = \frac{f^2}{8 * r_2}$$

$$R_a = 4 * R_e$$

$$f = \sqrt{32 * r_2 * R_a} = \sqrt{32 * 0,4 \text{ mm} * 6,3 * 10^{-3} \text{ mm}} \approx \mathbf{0,3 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}}$$

Megfigyelések alapján, a fogásmélység és a fordulatszám arányának bizonyos keretek közé kell esni. Nagyoló hosszszesztergálás esetében a keret $g = 5 \dots 10$ között van.

$$g = \frac{a_p}{f} = \frac{2,3 \text{ mm}}{0,3 \text{ mm}} = \mathbf{7,67}$$

Fordulatszám kiszámítása a legnagyobb, Ø27,4 mm-es átmérőre:

$$n_2 = \frac{v_c}{D_c * \pi} = \frac{420 \frac{m}{min}}{0,0274 m * \pi} = 4879 \frac{1}{min}$$

Forgácsvastagság:

$$h = f * \sin \kappa_r = 0,3 \frac{mm}{ford} * \sin 95^\circ = 0,2989 mm$$

Fajlagos forgácsolóerő (k_c):

$$k_c = k_{c1.1} * h^{-q_c} = 410 \frac{N}{mm^2} * 0,2989^{-0,25} = 554,50 \frac{N}{mm^2}$$

Kienzle-féle összefüggés alapján a főforgácsoló erő számítása:

$$F_c = k_c * a_p * f = 554,5 \frac{N}{mm^2} * 2,3 mm * 0,3 \frac{mm}{ford} = 382,61 N$$

Forgácsoló teljesítmény számítása:

$$P_c = \frac{F_c * v_c}{1000} = \frac{382,61 N * 420 m}{1000 * 60 s} = 2,68 kW$$

Szerszámpálya hossza 5. ábra alapján:

$$l_2 = 50,5 mm + 5 mm + \sim 2 mm = 57,5 mm$$

Gépidő számítása:

$$t_{g2} = \frac{l_2}{f * n_2} = \frac{57,5 mm}{0,3 \frac{mm}{ford} * 4879 \frac{1}{min}} = 0,039 min \approx 2,4 s$$

3. Palást marás

A palást marásnál a legnagyobb mélység a műszaki rajz alapján 3,2 mm, emiatt két lépesben fogom elvégezni. Az axiális fogásmélység $a_e = 3,2 mm$ -re állítom, a radiális fogásmélységet pedig $b = D_c * 50\%$ -ra, vagyis az ujjmaró átmérőjének felére, 4 mm-re állítom.

Fordulatszám kiszámítása a szerszám átmérőjére:

$$n_3 = \frac{v_c}{D_c * \pi} = \frac{180 \frac{m}{min}}{0,008 m * \pi} = 7162 \frac{1}{min}$$

Előtolási sebesség, (a maximális előtolása a szerszámnak $f_{max} = 0,13$ mm/ford):

$$v_{f3} = f_z * n_3 * z = 0,04 \text{ mm} * 7162 \frac{1}{min} * 3 = 859,4 \frac{mm}{min}$$

Közepes forgácsvastagság:

$$h_k = f_z * \sqrt{\frac{a_p}{D_c}} = 0,04 \frac{mm}{ford} * \sqrt{\frac{3,2 \text{ mm}}{8 \text{ mm}}} = 0,0253 \text{ mm}$$

Fajlagos forgácsolóerő (k_c):

$$k_c = k_{c1.1} * h_k^{-q_c} = 410 \frac{N}{mm^2} * 0,0253^{-0,25} = 1028 \frac{N}{mm^2}$$

Marási teljesítmény számítás:

$$P_c = \frac{a_e * b * v_{f3} * k_c}{60 * 10^6} = \frac{3,2 \text{ mm} * 4 \text{ mm} * 859,4 \frac{mm}{min} * 1028 \frac{N}{mm^2}}{60 * 10^3} = 188,5 \text{ W}$$

Nyomaték számítás:

$$M_c = \frac{P_c * 30}{\pi * n_3} = \frac{188,5 \text{ W} * 30}{\pi * 7162 \frac{1}{min}} = 0,25 \text{ Nm}$$

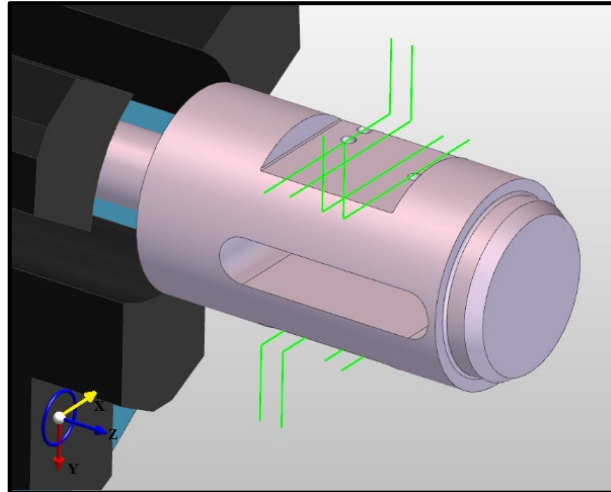
Szerszám-pálya hossza 6. ábra alapján:

A szerszám 17,6 mm-t tesz meg forgácsolás közben az X tengely mentén összesen négyszer egy oldalon. A ráállás plusz 1 mm-t jelent négyszer, a túlfutás, pedig a marószerszám átmérője miatt 4 mm + 1 mm = 5 mm. Mindezt persze mindkét oldalon, így kettővel szorzom a végét.

$$l_3 = [(17,6 \text{ mm} + 1 \text{ mm} + 5 \text{ mm}) * 4] * 2 \approx 180,8 \text{ mm}$$

Gépidő számítása:

$$t_{g3} = \frac{l_3}{f_z * n_3 * z} = \frac{180,8 \text{ mm}}{0,04 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} * 7162 \frac{1}{\text{min}} * 3} = \mathbf{0,2 \text{ min} \approx 12,6 \text{ s}}$$



20. ábra: Palást lapolás

4.-5. Horonymarás

Fordulatszám kiszámítása a szerszám átmérőjére:

$$n_4 = \frac{v_c}{D_c * \pi} = \frac{160 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,004 \text{ m} * \pi} = \mathbf{12\,732 \frac{1}{\text{min}}}$$

Előtolási sebesség, (a maximális előtolása a szerszámnak $f_{\max} = 0,13 \text{ mm/ford}$):

$$v_{f4} = f_z * n_4 * z = 0,02 \text{ mm} * 12732 \frac{1}{\text{min}} * 3 = \mathbf{763,9 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}$$

Közepes forgácsvastagság:

$$h_k = f_z * \sqrt{\frac{a_p}{D_c}} = 0,02 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} * \sqrt{\frac{3 \text{ mm}}{4 \text{ mm}}} = \mathbf{0,017 \text{ mm}}$$

Fajlagos forgácsolóerő (k_c):

$$k_c = k_{c1.1} * h_k^{-q_c} = 410 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 0,017^{-0,25} = \mathbf{1135,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

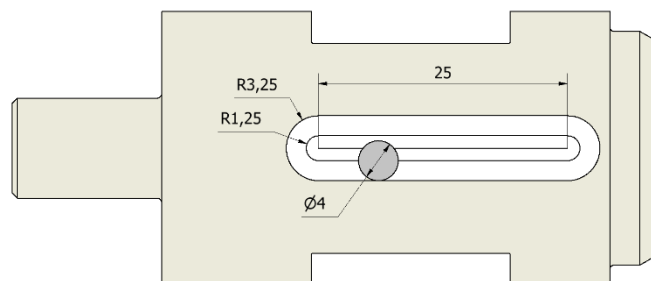
Marási teljesítmény számítás:

$$P_c = \frac{a_e * b * v_{f4} * k_c}{60 * 10^6} = \frac{3 \text{ mm} * 4 \text{ mm} * 763,9 \frac{\text{mm}}{\text{min}} * 1135,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{60 * 10^3} = \mathbf{173,5 \text{ W}}$$

Nyomaték számítás:

$$M_c = \frac{P_c * 30}{\pi * n} = \frac{173,5 \text{ W} * 30}{\pi * 12732 \frac{1}{\text{min}}} = \mathbf{0,13 \text{ Nm}}$$

A választott 4 mm átmérőjű ujjmaró pályáját a 14. ábrán szemléltetem. A horony mélysége $\varnothing 27,4 \text{ mm}$. Az axiális fogásmélység $a_e = 3 \text{ mm}$, így a szerszámnak 10 kört kell tennie, miközben az axiális pályája (l_e) a lefogótengely átmérője, vagyis 27,4 mm.



21. ábra: ujjmaró szerszámpályája

Szerszámpálya hossza:

$$l_4 = (25 + 2 * r * \pi) * 10 + l_e = (25 + 2 * 1,25 * \pi) * 10 + 27,4 \approx \mathbf{356 \text{ mm}}$$

Gépidő számítása:

$$t_{g3} = \frac{l_4}{f_z * n_4 * z} = \frac{356 \text{ mm}}{0,02 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} * 12732 \frac{1}{\text{min}} * 3} = \mathbf{0,47 \text{ min} \approx 28,2 \text{ s}}$$

10. kontúrsimítás

Előtolás számítása az elméleti felületi érdesség alapján:

$$R_e = \frac{f^2}{8 * r}$$

$$R_a = 4 * R_e$$

$$f = \sqrt{32 * r * R_a} = \sqrt{32 * 0,2 \text{ mm} * 1,6 * 10^{-3} \text{ mm}} = \mathbf{0,1 \frac{mm}{ford}}$$

Fordulatszám kiszámítása a legnagyobb, Ø10 mm-es átmérőre:

$$n_{10} = \frac{v_c}{D_c * \pi} = \frac{320 \frac{m}{min}}{0,010 \text{ m} * \pi} = \mathbf{3717 \frac{1}{min}}$$

Simítás pályájának hossza:

$$l_{10} = \mathbf{15 \text{ mm}}$$

Gépidő kiszámítása:

$$T_c = \frac{l_{10}}{f * n_{10}} = \frac{15 \text{ mm}}{0,1 \frac{mm}{ford} * 3717 \frac{1}{min}} = 0,04 \text{ min} = \mathbf{2,4 \text{ sec}}$$

Gépi főidő számítása:

	Megmunkálás típusa	Gépi főidő [sec]
1	Oldalazás	0,5
2	Nagyolás	2
3	Palástmarás	25,2
4	Horonymarás 1	28,2
5	Horonymarás 2	6,7
6	Központosítás	2,8
7	Fúrás	6,2
8	Leszúrás	6,8
9	Nagyolás	2,5
10	Simítás	2,4
Összesen:		83,3 sec = 1,4 min

7. táblázat: gépi főidők

4.5 NC programkód generálás

Megmunkálás tervezésének lépései CAM szoftverrel:

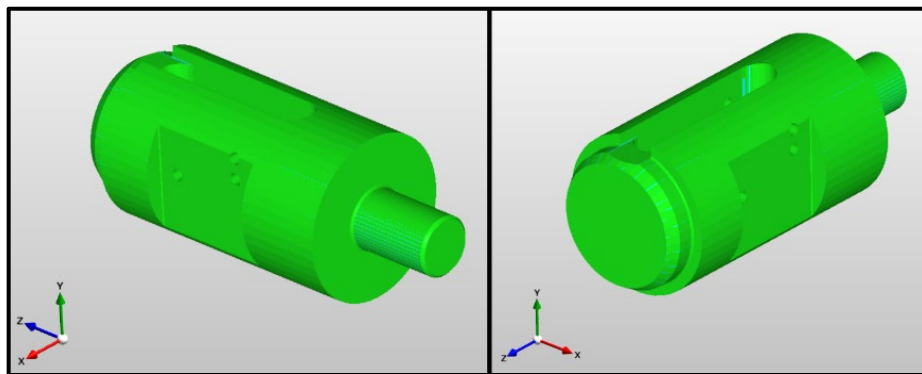
1. Modell behívása a programba
2. Előgyártmány választás
3. Befogó és szerszámgép választás
4. Alaksajátosságok kiválasztása
5. Alaksajátosságok megmunkálása
6. Szerszámkészlet ellenőrzése
7. Optimalizálás
8. NC program generálása

Az alkatrész gyártásának tervezéséhez az EdgeCam szoftvert használtam, amellyel szintén az egyetemi tárgyaim során ismerkedtem meg. Ehhez először is meg kellett nyitni CAD programmal elkészített testmodellt. Ezután vagy az előgyártmány modelljét nyitom meg és illesztem az alkatrész modelljére, vagy a programon belül generált nem bonyolult kialakítású előgyártmányt. Mivel az előgyártmány egy egyszerű rúd, én a ráillesztést választottam, és az előzőekben kiszámított előgyártmány méreteit ($\varnothing 32 \times 80$) illesztem rá a befogótengely modelljére. Beforgatom a megfelelő irányba, hogy az A oldalról kezdődjön a megmunkálás. Kiválasztom a sima hárompofás tokmányt befogónak, ahol beállítottam, hogy a tokmány $\varnothing 32$ mm átmérőn tartson, valamint 55 mm-re lógjon ki a tengely. Ezt követően olyan maróesztergálóközpontot keresek a program szerszámgép kínálatából, ami rendelkezik a szükséges X, Y, Z, W és C tengelyekkel, revolveres szerszámtárral, amiben a szerszám forgó hajtása is lehetséges.

Ezután megadom a modellen fellelhető esztergálási és marási alaksajátosságokat: oldalazás, nagyolás, furatok, horony, nyitott horony. A program az alaksajátosság felismerésével és a kiválasztott szerszámmal együtt generál semleges szerszámpályát. A szerszámpálya tulajdonságait be kell állítani: a szerszámpálya stratégiát, ráhagyást, ráállást, fogásmélységet (ami lehet változó is, mint az első kontúrnagyolásnál) és még számos más paramétert. Itt állítom be a forgácsolási értékeket is, előtolás mértéke,

forgácsolási sebesség, fordulatszám. A szerszámokat egy előre létrehozott, a programban található szerszámtárból választom ki, viszont új szerszámot is létrehozhatok, aminek olyan paramétereit állíthatok be, amiket már katalógusokból kiválasztottam. Miután az esztergálási műveleteket elvégeztem a tengelyen, a marás következik: itt már alkalmazni kellett a főorsó forgásának programozhatóságát. Fokban adtam meg, hogy melyik irányba és mennyit forduljon el a főorsó lefogótengellyel. Például, a palást lapolás elvégzése után, a főorsónak 180° -ot kell fordulnia, hogy az ellenkező oldalon is szimmetrikusan elvégezze ugyanazt a felületmegmunkálást, ezután a zárt horonyhoz -90° -ot forduljon vissza. Miután az A oldal elkészült, beállítottam az ellenorsó mozgását, hogy induljon el a lefogótengely felé a W tengely mentén, majd szinkronforgásban a főorsóval, vegye át a munkadarabot 45 mm mély fogással.

A tervezés közben elengedhetetlen, hogy ütközésvizsgálatokat végezzek, egy szimuláció lefuttatásával, ahol vizuálisan vizsgálom, hogy történik-e bármilyen nem kívánt mozgás. Az Edgecam végig vezeti az adott szerszámot a hozzá tartozó szerszámpályán, majd kivonja a leforgácsolt térfogatot a modellből. A keletkezett felületet összehasonlítja a programba behívott modellel, és ha méretek megegyeznek zölddel, ha többlet térfogatot érzékel késsel, ha pedig már az előírt méretek alá forgácsoltam pirossal jelzi az adott felületet. A 20. ábrán látható az Edgecam-ben elkészült alkatrész szimuláció végeredménye. Miután végeredménynek egy teljesen zöld, tehát pontos méretű modellt kaptam, már csak a posztprocesszálás van hátra, vagyis az NC kód kinyerése. (5. sz. melléklet) Ekkor a szoftver lefordítja programnyelvre az eddigi munkánkat, vagyis a szerszámpályák koordinátáit, szerszámok mozgását, fő- és mellékorsó mozgását, és minden egyéb beállítást.



22. ábra: vizuális ellenőrzés végeredménye

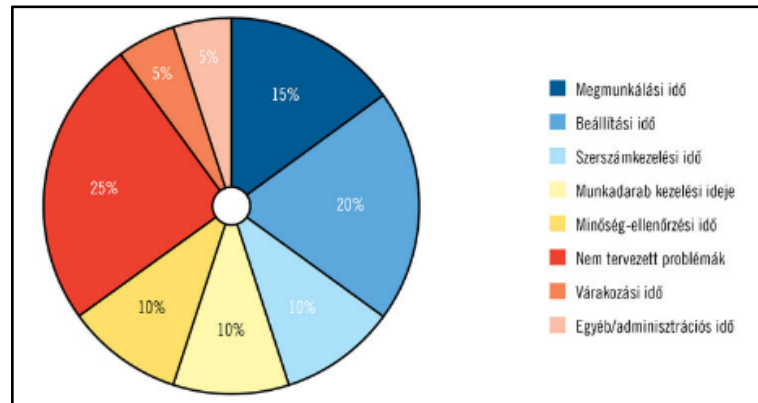
5. Gazdasági összehasonlítás

Ebben a részben gazdasági szempontok alapján hasonlítom össze a harmadik fejezetben leírt két javaslatom. Az hagyományos szerszámgépeket már kizártam a lefogótengely bonyolultsága és a technológia elavultsága miatt, így az alap NC szerszámgépek és az esztergaközpont költségeit hasonlítom össze.

A gyártási költségeket alapvetően a gyártási idő befolyásolja, amely két részre bontható: előkészületi/befejezési idő (t_{eb}) és darabidő (t_{db}). Az előkészületi és befejezési időbe a felszerszámozás, hűtőfolyadék pótlás, eszközök felszerelése (pl. tokmány, és satu), NC kód elkészítése, gép beállítása, szerszámgép karbantartása, végül az eszközök és szerszámok visszahelyezése eredeti állapotukba. A darabidő egy alkatrész legyártásához szükséges idő, ami a gépi főidőből (t_g) és mellékidőből (t_m) áll. Az előbbi az az idő, ameddig a szerszámgép ténylegesen dolgozik. Ez pontosan kiszámítható, amit a 8. táblázatban mutattam be, tehát $t_g = 1,4$ min. A mellékidőt csak becsülni tudom, hiszen embertől függő, mennyi idő alatt végzi el az alkatrész befogását, a szerszámcserét, a szerszám fogásvétel állítását. A gyártás ideje alatt történhetnek nem várt események, amikkel nem lehet előre kalkulálni. Ilyen esemény lehet például a szerszámgép meghibásodása, a szerszám eltörése. [12]

A munka óradíjában (K_m) a technológus fizetése, a helyiség rezsiköltsége és bérleti díja van benne. Alap NC szerszámgépeket kisebb cégeknél találok, ahol a hely bérlete és a rezsiköltségek kisebbek. Ezzel ellentétben a többtengelyes megmunkálóközpontok nagyobb cégek birtokában van többnyire, ezért a munka óradíja is nagyobb. A gép óradíja (K_g) tartalmazza a szerszámgép áramfogyasztását, karbantartását, a rezsiköltségeket és a szerszámok amortizációját. A munkaóradíjat a teljes gyártási időtartam befolyásolja, még a gép óradíját csak a gépi főidő. Vannak költségek, amik nem közvetlenül a gyártási költségekbe tartoznak, ezek a fix költségek. Ilyen például az előgyártmány vagy az eloxálás ára. [13]

Az alábbi kördiagramon látható, milyen részekre oszlik a gyártási folyamat, és azok mekkora részét képezik a gyártási időnek:



23. táblázat: a gyártási idő eloszlása [14]

5.1 Költségek alap NC szerszámgépeken

Ahogy a 3.2 fejezetben kifejtettem, a lefogótengelyt három szerszámgéppel, egy NC esztergával, egy NC marógéppel és egy palástköszörűvel gyártom le. Az alkatrészt hatszor kell a befogni: két befogás szükséges az esztergálógépen, három a marógépen és egy a köszörűgépen. Egy befogás átlagos ideje 5 perc. A használt szerszámok száma hat: egy nagyoló lapka, két ujjmaró, egy leszúró lapka, egy központoszó és egy fúró. Egy szerszám felszerelése nagyjából 15 percet vesz igénybe.

- Előkészületi és befejezési idő (t_{eb}): 10 perc szerszámgép felkészítés, NC kód 30 perc, 30 perc elpakolás és karbantartási idő, valamint 10 perc minőségellenőrzés. Ez összesen 80 perc.
- Mellékidő (t_m): szerszámcsere 6×15 perc, befogás 6×5 perc. Összesen tehát 120 perc.
- A gép óradíja (K_g) alap NC szerszámgépeken hozzávetőleg 8000 Ft/óra
- A gyártási munka óradíja (K_m) nagyjából 6000 Ft/óra.

A teljes gyártási idő számítása:

$$T = t_{eb} + t_{db} = t_{eb} + t_g + t_m = 80 \text{ min} + 1,4 \text{ min} + 120 \text{ min} = \mathbf{201,4 \text{ min}}$$

A gyártási költség számítása:

$$\begin{aligned} K_{\text{gyárt}} &= K_m * T + K_g * t_g = \\ &= \frac{6000 \frac{\text{Ft}}{\text{h}}}{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}} * 201,4 \text{ min} + \frac{8000 \frac{\text{Ft}}{\text{h}}}{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}} * 1,4 \text{ min} = \mathbf{20\,327 \text{ Ft}} \end{aligned}$$

Fix költségek (előgyártmány, eloxálás és alkatrész tervezés):

$$K_{\text{fix}} = K_{\text{elő}} + K_{\text{elox}} + K_{\text{terv}} = 780 \text{ Ft} + 1500 \text{ Ft} + 6000 \text{ Ft} = \mathbf{8280 \text{ Ft}}$$

Teljes költség:

$$K = K_{\text{fix}} + K_{\text{gyárt}} = 8280 \text{ Ft} + 20\,327 \text{ Ft} = \mathbf{28\,607 \text{ Ft}}$$

ahol:

$K_{\text{gyárt}}$ – gyártási költség

K_m – a munka óradíja

K_g – gép óradíja

K_{fix} – fix költségek

$K_{\text{elő}}$ – előgyártmány ára

K_{elox} – eloxálás ára

T – teljes gyártási idő

K – az alkatrész teljes költsége

t_g – gépi főidő

5.2 Költségek esztergaközponton

Amennyiben esztergaközpont gyártom le az alkatrészt elegendő egy szerszámgépet használnom, valamint a befogások száma a hatról egyre csökken. A használt szerszámok száma természetesen most is hat, viszont a revolveres szerszámtár miatt nem megy el idő a szerszámcserékkel. Ezért szerszám felszerelése (illetve cseréje) nagyjából 10 percet

vesz igénybe. A gyártási munka óradíja a rezsi miatt több lesz, hiszen ilyen többtengelyes megmunkálóközpontok inkább nagyobb cégeknél található.

- Előkészületi és befejezési idő (t_{eb}): 20 perc szerszámgép felkészítés, 40 perc szétszerelés, elpakolás és karbantartási idő, valamint 10 perc minőségellenőrzés. Ez összesen 70 perc.
- Mellékidő (t_m): szerszámcsere 6x10 perc, befogás 1x5 perc. Összesen tehát 65 perc.
- A gép óradíja (K_g) alap CNC esztergagépen hozzávetőleg 14 000 Ft/óra
- A gyártási munka óradíja (K_m) nagyjából 8000 Ft/óra.

A teljes gyártási idő számítása:

$$T = t_{eb} + t_{db} = t_{eb} + t_g + t_m = 70 \text{ min} + 1,4 \text{ min} + 65 \text{ min} = \mathbf{136,4 \text{ min}}$$

A gyártási költség számítása:

$$\begin{aligned} K_{\text{gyárt}} &= K_m * T + K_g * t_g = \\ &= \frac{8000 \frac{\text{Ft}}{\text{h}}}{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}} * 136,4 \text{ min} + \frac{14000 \frac{\text{Ft}}{\text{h}}}{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}} * 1,4 \text{ min} = \mathbf{18\,513 \text{ Ft}} \end{aligned}$$

A modern esztergaközpontokon általában nem manuálisan írják az NC kódot, hanem a gyártástervező mérnök készíti el a CAM szoftver segítségével. Az ő munkaidejét 45 percre becsültem, a munkadíja pedig (rezsivel, munkabérrel együtt) 8000 Ft/óra. Így a CAM program elkészítése 4500 Ft.

Fix költségek: (CAM program elkészítése, előgyártmány, eloxálás és alkatrész tervezés):

$$\begin{aligned} K_{\text{fix}} &= K_{\text{CAM}} + K_{\text{eló}} + K_{\text{elox}} + K_{\text{terv}} = \\ &= 4500 \text{ Ft} + 780 \text{ Ft} + 1500 \text{ Ft} + 6000 \text{ Ft} = \mathbf{12\,780 \text{ Ft}} \end{aligned}$$

Teljes költség:

$$K = K_{\text{fix}} + K_{\text{gyárt}} = 12\,780 \text{ Ft} + 18\,513 \text{ Ft} = \mathbf{31\,293 \text{ Ft}}$$

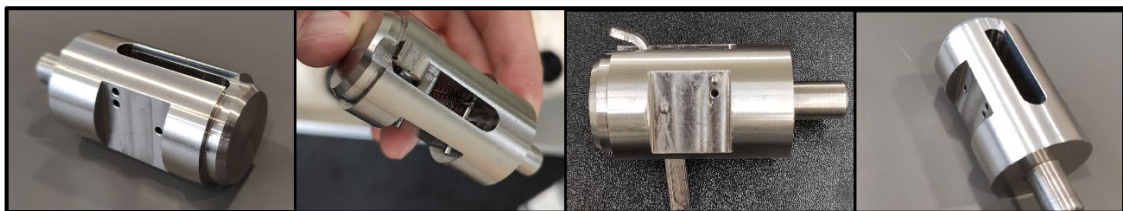
5.3 Eredmények

8. táblázat: költség és gyártási idő összehasonlítása

	Alap NC szerszámgépek	Esztergaközpont
Tervezési és gyártási idő:	261,4 min	241,4 min
Gyártás költsége:	20 327 Ft	18 513 Ft
Fix költségek:	8280 Ft	12 780 Ft
Teljes költség	28 607 Ft	31 293 Ft

Összehasonlítva a kapott árakat látható, hogy árban alap NC gépeken olcsóbban elkészíthető a lefogótengely, mint esztergaközponton, ami 8-10%-os árkülönbség. Viszont a lefogótengely tervezési és gyártási ideje 20 perccel tovább tart, ami 5-10%-os különbség. A 4.1-es fejezetben tett költségbecslésem a gyártás költségére (esztergaközponttal) 14 660 Ft volt. Ez 20%-os pontatlanságot mutat, ami visszavehető a választott becslési módszer alkalmazására.

Az alkatrész minőségének tekintetében, esztergaközponttal elkészítve jobb eredmény érhető el, a méretek sokkal pontosabbak lesznek. A kérdés adott: több pénzért gyorsabban, vagy olcsóbban, de lassabb elkészülési idővel. Ha a géztekerceselő gép összes alkatrészének a legyártatásáról van szó, és nem szorít a határidő, akkor érdemes alap NC szerszámgépeken végezni a gyártást az olcsóbb költségek miatt.



24. ábra: az elkészült alkatrészből készült képek

6. Szinopszis

Szakdolgozat címe: Géz tekercselőgép lefogótengely gyártástechnológiájának meghatározása

Szakdolgozatom tárgya egy géz tekercselőgép lefogótengelyének modellezése és gyártásának tervezése volt. A dolgozat elején ismertettem a cég tekercselőgép tervezésének a projektjét, amiben én is részt vehettem.

A saját munka első részében bemutattam a modellezés előnyeit, hasznosságát. Ezt követően a lefogótengely szerepéről és funkcióját mutattam be a tekercselőgépben belül, valamint a tekercselő részegység működését. Ezután elemeztem a lefogótengely működő felületeit.

A saját munka második részében a szerszámgépek fejlődését mutattam be, majd három javaslatot fogalmaztam meg, hogy milyen szerszámgépen érdemes legyártani a választott alkatrészt. Az első javaslatom szerint hagyományos szerszámgépen gyártanám le. Elemezve az előnyeit és hátrányait kizártam a lehetőségek közül ezt a javaslatom a lefogótengely bonyolultsága, a sok felfogás és a technológia elavultsága miatt. A második javaslatom szerint alap NC szerszámgépekkel gyártanám le az alkatrészt, de a felfogások száma miatt ezt is elvetettem. A harmadik javaslatomban esztergaközponttal készíteném el. Ezen a gépen egyszerre készíthetők el az esztergálási és marási eljárások, egyetlen befogásból.

A saját munka harmadik részében a lefogótengely esztergaközponttal történő gyártásához szükséges tervezést készítettem el. Meghatároztam az előgyártmányt ($\varnothing 30 \times 80$ mm), befogót választottam. Ezt követően elvégeztem az előkalkulációját gyártási időnek és költségeknek. Elkészítettem a műveleti sorrendet, műveleti utasításokat. Kiválasztottam a forgácsoló szerszámokat a Fairtools katalógusa alapján, majd kiszámoltam a forgácsolási paramétereket. Utolsó lépésben elkészítettem az Edgecam nevű CAM szoftverrel az alkatrész megmunkálási tervét.

A saját munka utolsó fejezetében összehasonlítottam a költségeit és gyártási idejét a második és harmadik javaslatomnak. Az eredmény szerint árban 8-10%-os többlet mutatkozott, de a gyártási idő 5-10%-kal rövidebb, ha esztergaközpontot használok. A lefogótengely gyártási ideje körülbelül 136 perc, teljes költsége a tervezést is beleszámítva 31 293 Ft.

7. Summary

Title of diplom work: Production technology of the clamping shaft of the gauze winding machine

I chose to write about the modelling and production planning of the clamping shaft of the gauze winding machine. At the beginning I explained what the gauze winding machine project is and how it works. At the company where I work, I was given a task to model this unique part and make technical drawing about it.

In the first part of my thesis, I wrote about the advantages of modeling. After that I showed the function of the clamping shaft inside the gauze winding machine. Finally, I explained the working features of the clamping shaft.

In the second part of my thesis, I presented the development history of the machine tools, then I gave three proposals about which kind of machine tools should I choose to produce the shaft. For my first proposal I would use traditional machine tools. After analyzing this idea, I dismissed it because of the complexity of the clamping shaft. For the next proposal I would use NC machine tools. The control of these machines works by a program code and not by a human directly. The number of clamping were too many, it would result in an inaccurate part. For the third proposal I would use CNC mill-turn technology, which combines the lathe and milling machines. With a counter spindle I can lower the number of clamping even to one.

In the third part of my thesis, I made the necessary documents for the plans of production with a mill-turn machine. I calculated the size of the stock ($\varnothing 30 \times 80$) and chose a three-jaw chuck. After that, I made the pre-calculation of the production time and costs. I prepared the sequence of operations and operational instructions, chose the cutting tools from Fairtools catalogue, and calculated the cutting parameters. Finally, I created the production plan with a CAM softver called Edgecam.

In the final part of my thesis, I compared the costs and production time of my second and third proposal. The results showed that in the costs the difference is 8-10% more, but the production time is 5-10% less if I use a mill-turn machine. The production time of the shaft is approximately 136 minutes, and it will cost (including the stock and the design) 31 293 Ft.

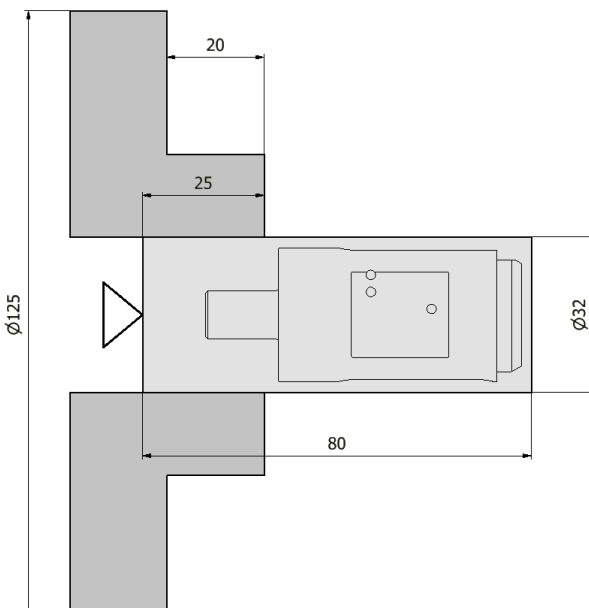
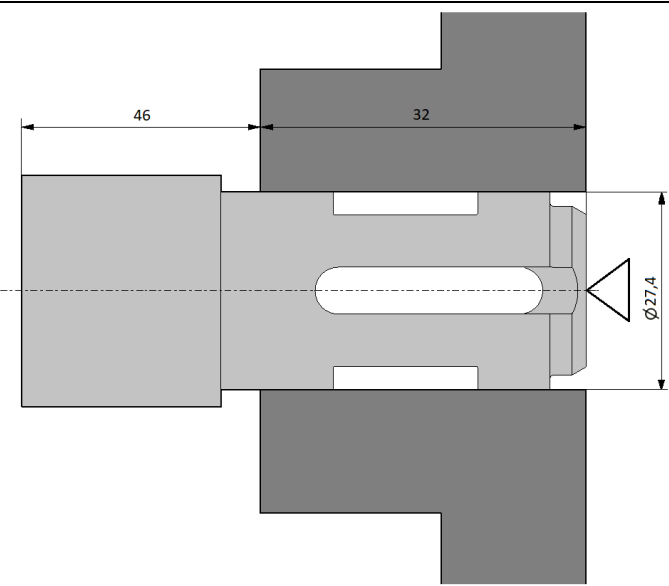
8. Felhasznált irodalom

- [1] Rapiddirect.com – CNC history, 2021.
<https://www.rapiddirect.com/blog/cnc-history/>
- [2] Mátyási Gyula, Sági György: Számítógéppel támogatott technológiák. Műszaki könyvkiadó Kft. Budapest, 2009. p. 13-17
- [3] Mike Cope – An introduction to mill-turn technology, 2013.
<https://blog.hurco.com/blog/bid/281989/an-introduction-to-mill-turn-technology>
- [4] Dr. Mikó Balázs: Forgácsolás technológia számítógépes tervezése II. ÓE-BGK jegyzet. Budapest, 2015.
- [5] Clintonaluminium.com – Extruded and cold finished aluminium bar, 2020.
<https://www.clintonaluminium.com/the-differences-between-extruded-aluminum-bar-and-cold-finished-aluminum-bar/>
- [6] Albalu.hu – Alumínium tulajdonságai
<https://albalu.hu/informaciok/>
- [7] Ferropont.hu – Színesfémek tulajdonságai
<https://ferropont.hu/hasznos-infok/szinesfem-minosegek>
- [8] Alucentrum.hu – Eloxálás
<https://alucentrum.hu/aluminium-eloxalas/>
- [9] Vasszinesfem.hu – alumínium korrudak
http://vasszinesfem.hu/vasarlas/aluminium_felgyartmanyok/aluminium_korrudak
- [10] Haberkorn Fairtool Szerszámkatalógus 2014-2015
- [11] Sandvik Coromant – Knowledge and Services – Workpiece materials
<https://www.sandvik.coromant.com/en-us/knowledge/materials/workpiece-materials>
- [12] Juhász Miklós, Paczolay László – A gyártási folyamatok munkaideje
<https://www.cnc.hu/2015/07/koltsegkalkulacio-iii-a-gyartasi-folyamatok-munkaideje/>
- [13] Rapiddirect blog – CNC cost calculation, 2022
<https://www.rapiddirect.com/blog/cnc-machining-cost-calculation/>
- [14] Magyar-mérnöki.com – Tudományos cikkek
<https://www.magyar-mernoki.com/technical-articles/>

9. Mellékletek

1. számú melléklet: Az alkatrész műhelyrajza.
2. számú melléklet: Az alkatrész befogási terve.
3. számú melléklet: A műveleti utasítások.
4. számú melléklet: A szerszámterv.
5. számú melléklet: NC programkód.

2. számú melléklet

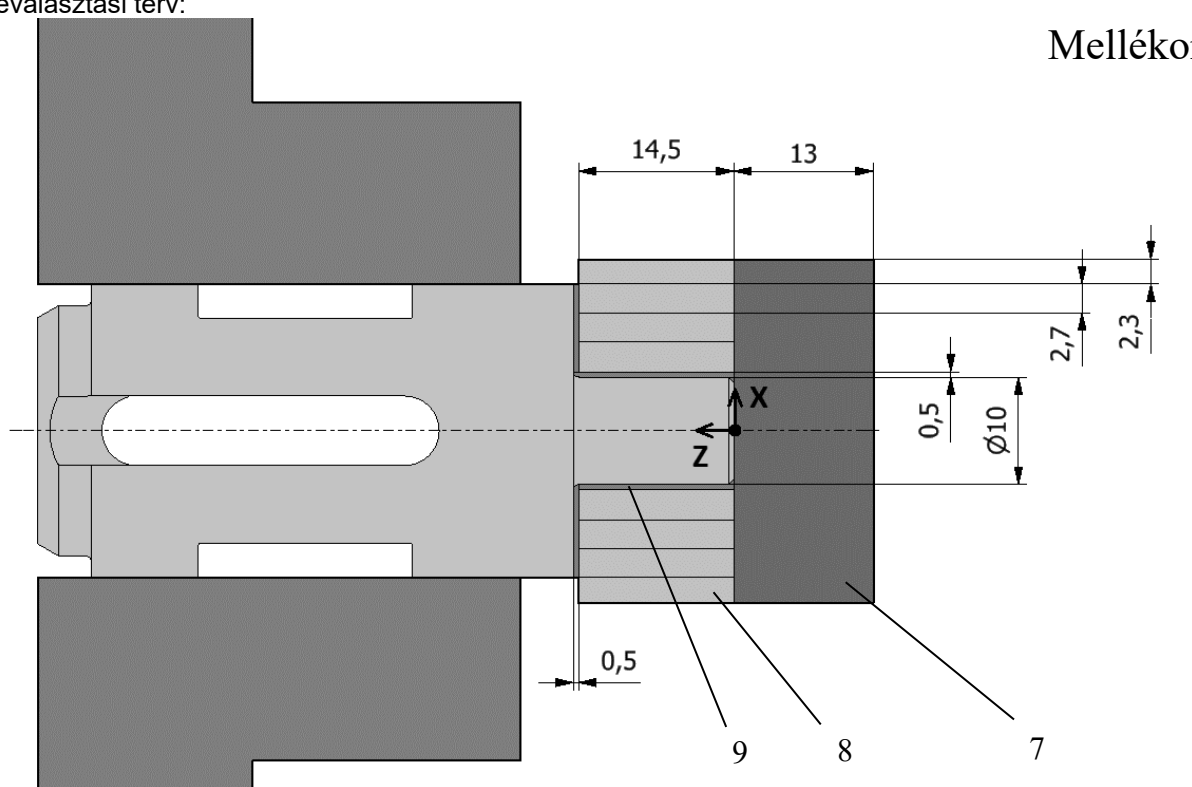
Óbudai Egyetem BGK AGI	Felfogási terv
Program száma: -	Tokmány kódja: Ø125 (DIN 6350)
Alkatrész neve: Lefogótengely	Alkatrész MET-016
1. Felfogás (főorsó) 3 pofás spiráltárcsás tokmány keménypofákkal, tokmány síkjának ütköztetve 25 mm mélyen, kilógás a pofa síkjától kb. 55 mm-re.	
	
2. Felfogás (mellékorsó) 3 pofás spiráltárcsás tokmány keménypofákkal, tokmány síkjának ütköztetve 32 mm mélyen, kilógás a pofa síkjától kb. 46 mm-re.	
	



3. számú melléklet

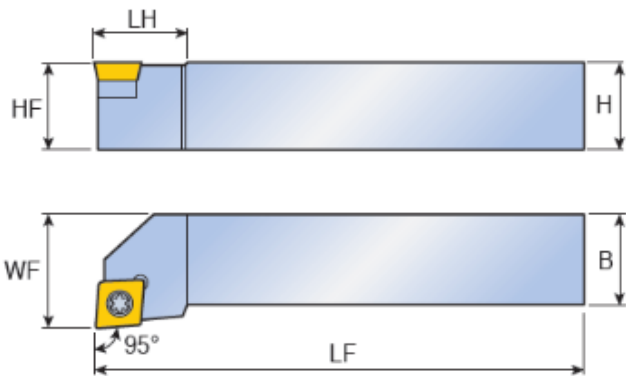
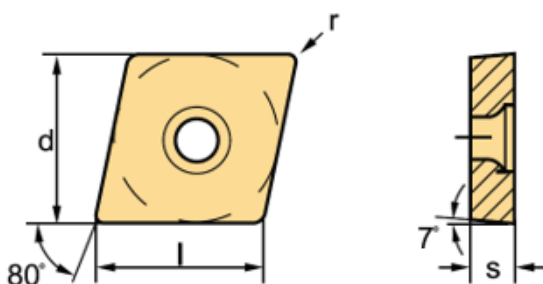
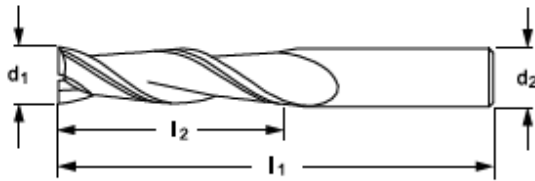
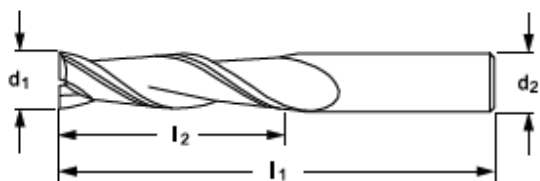
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet		Műveleti utasítás 1		Tervezte: Menyhárt Márton	
				Dátum: 2022.12.11.	
Alkatrész neve: Lefogótengely			Alkatrész rajzszáma: MET-016		
Anyag: AlMgSi1	Nyersméret: Ø32x80 mm	Anyagállapot: előgyártmány		Géptípus: esztergaközpont, mellékorsóval felszerelve	
Művelet megnevezése: CNC esztergálás, marás		Műhely: -			
Érvényes darabszám: 1 db		Előkészületi idő: 70 perc		Darabidő: 1,5 perc	
Leválasztási terv:					
<					



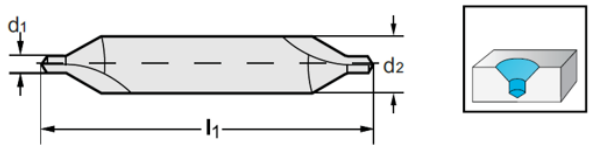
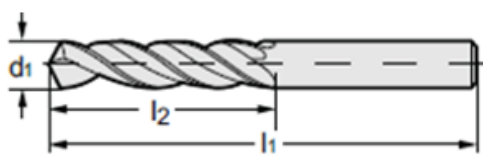
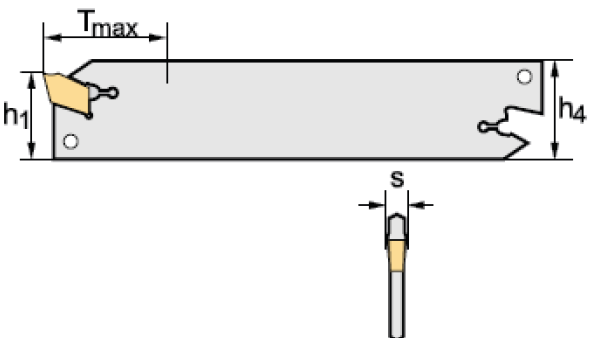
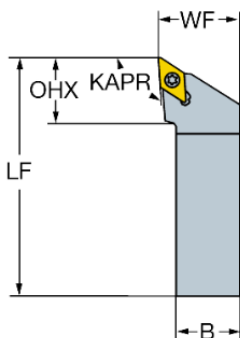
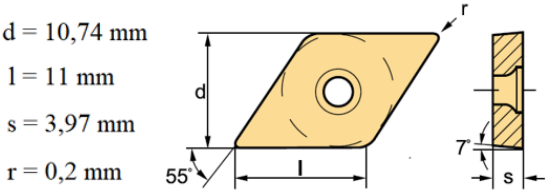
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet		Műveleti utasítás 2			Tervezte: <i>Menyhárt Márton</i>				
					Dátum: 2022.12.11.				
Alkatrész neve: Lefogótengely				Alkatrész rajkszám: MET-016					
Anyag: AlMgSi1		Nyersméret: Ø32x80 mm		Anyagállapot: előgyártmány		Géptípus: esztergaközpont, mellékorsóval felszerelve			
Művelet megnevezése: CNC esztergálás, marás		Műhely: -							
Érvényes darabszám: 1 db		Előkészületi idő: 70 perc		Darabidő: 1,5 perc					
Leválasztási terv:									
									
Sor-szám	Műveletelem	Felület	Szerszám	v_c m/perc	n 1/perc	f mm/frd.	a_e mm	a_p mm	i db
10.	Leszúrás	7	Leszúró lapka: FX2,2-F220N010-CK8	-	-	0,1	-	16	1
11.	Nagyolás	8	Nagyoló lapka: CCGT 09T304-PM2	420	4880	0,4	-	vált.	4
12.	Kontúr simítás	9	Simító lapka: DCGT 11T302-PF2	320	3720	0,1	-	0,5	1
13.	Minőségellenőrzés	-	Mikrométer és tolómérce (0,01 mm)	-	-	-	-	-	-



4. számú melléklet

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	Szerszámterv		Tervezte: Menyhárt Márton
			Dátum: 2022.12.11.
Alkatrész neve: Lefogótengely		Alkatrész rajzszáma: MET-016	
Technológiai adatok: $v_c = [m/min]$; $n = [1/min]$; $f = [mm/ford]$; $a = [mm]$;			
Szerszám adatok (ISO szerint)		Szerszám rajz	
Szerszámtest jele: SCLCL 2020-K09		Lapka jele: CCGT 09T304-PM2	
$B = 20 \text{ mm}$ $H = 20 \text{ mm}$ $WF = 25 \text{ mm}$ $LF = 125 \text{ mm}$ $HF = 20 \text{ mm}$ $kr = 95^\circ$ 		 $d = 9,53 \text{ mm}$ $l = 9 \text{ mm}$ $r = 0,8 \text{ mm}$ $s = 3,97 \text{ mm}$	
		Ujjmaró jele: D402 030	
		$d_1 = \varnothing 8 \text{ mm}$ $l_1 = 58 \text{ mm}$ $d_2 = \varnothing 8 \text{ mm}$ $l_2 = 9 \text{ mm}$ 	
		Ujjmaró jele: D404 030	
		$d_1 = \varnothing 4 \text{ mm}$ $l_1 = 50 \text{ mm}$ $d_2 = \varnothing 4 \text{ mm}$ $l_2 = 17 \text{ mm}$ 	



	NC központozó jele: B105 005
	 $d_1 = \varnothing 1 \text{ mm}$ $d_2 = \varnothing 3,15 \text{ mm}$ $l_1 = 31,50 \text{ mm}$
	Fúró jele: B220 006
	 $d_1 = 2 \text{ mm}$ $l_1 = 85 \text{ mm}$ $l_2 = 56 \text{ mm}$
Szerszámtest jele: G1011 2020R-2T15GX16	Leszúró lapka jele: FX2,2-F220N010-CK8
$h_1 = 21,1 \text{ mm}$ $T_{\max} = 25 \text{ mm}$ $h_4 = 26 \text{ mm}$ $l_1 = 110 \text{ mm}$	$s = 2,2 \text{ mm}$ 
Szerszámtest jele: SDJCL 2020-K11	Leszúró lapka jele: DCGT 11T302-PF2
 $LF = 125 \text{ mm}$ $OHX = 21,9 \text{ mm}$ $Kapr = 93^\circ$ $WF = 25 \text{ mm}$ $B = 20 \text{ mm}$ $H = 20 \text{ mm}$	 $d = 10,74 \text{ mm}$ $l = 11 \text{ mm}$ $s = 3,97 \text{ mm}$ $r = 0,2 \text{ mm}$

5. számú melléklet

O0001

G21G80 G40G54 G18

M303

G10 L2 P1 X0.0 Y0.0 Z173.52 (Főorsó0)

G10 L2 P2 X0.0 Y0.0 Z1650.0 (Mellékorsó1)

G10 T0001 X-15.0 Z100.0 I0.4 K0.4

G10 T0002 X0.0 Z116.0 I4.0 K0.0

G10 T0003 X0.0 Z90.0 I2.0 K0.0

G10 T0003 X0.0 Z90.0 I2.0 K0.0

G10 T0004 X0.0 Z80.4 I-0.8 K-0.8

G10 T0004 X0.0 Z80.4 I-0.8 K-0.8

G10 T0005 X0.0 Z96.0 I-1.0 K-1.0

G10 T0006 X-15.0 Z100.0 I0.3 K0.3

G10 T0007 X-15.0 Z100.0 I0.8 K-0.8

G10 T0008 X-15.0 Z100.0 I0.4 K-0.4

G54 (PCLNL-2525-M12 0.4 Rad General)

G0 T0001

M303

M46

M68

G97 S297 M3

T0002

G18

(1. Oldalazás)

M69

G00 X36.0 Z2.0 M8

G99 Z0.0

G01 X-0.8 F0.35 T0101

Z2.0

G00 X0.614 Z2.707

X36.0

Z2.0

(2. Nagyolás)

Z4.02

X32.0

X27.398

G01 Z-5.373

X27.4 Z-5.4

Z-51.41

X31.96

G00 X33.374 Z-50.703

Z4.02

X23.396

G01 Z-2.369

X23.4 Z-2.4

Z-5.0

X26.6

G03 X27.398 Z-5.373 R0.4

G00 X28.812 Z-4.666

Z4.02
X20.983
G01 Z-0.2
X23.293 Z-2.2
G03 X23.396 Z-2.369 R0.4
G00 X24.81 Z-1.662
X32.0
Z4.02
G49
G28 U0.0 M5 M9
G28 W0.0
G54 (8.0 MM DIA MULTI-FLUTE END MILL)
G0 T0002
M303
M45
M69
G97 S5000 M3
T0003
G19
(3. Palást lapolás)
M69
M45
C0.0
G00 X42.0 Y-13.63 Z-27.79 S5000 F1299.997 M8
G98 X23.0
G01 X21.0
Y12.625
Y13.63 Z-22.21
Y-12.625
Y-13.64 Z-30.72
Y-12.605 Z-31.0
Y-8.793 Z-30.992
Y8.793
Y12.605 Z-31.0
Y13.639 Z-30.726
Z-19.27
Y12.605 Z-19.0
Y8.793 Z-19.008
Y8.549 Z-19.0
Y-7.594
Y-8.793 Z-19.008
Y-12.605 Z-19.0
Y-13.639 Z-19.288
G00 X42.0
M45
C180.0
Y-13.63 Z-27.79
X23.0
G01 X21.0
Y12.625
Y13.63 Z-22.21
Y-12.625

Y-13.64 Z-30.72
Y-12.605 Z-31.0
Y-8.793 Z-30.992
Y8.793
Y12.605 Z-31.0
Y13.639 Z-30.726
Z-19.27
Y12.605 Z-19.0
Y8.793 Z-19.008
Y8.549 Z-19.0
Y-7.594
Y-8.793 Z-19.008
Y-12.605 Z-19.0
Y-13.639 Z-19.288
G00 X42.0
G49
G69.1
G00 W0.0 M5 M9
G00 U0.0 V0.0
G54 (4.0 MM DIA MULTI-FLUTE END MILL)
G0 T0003
M303
M45
M69
G97 S5000 M3
T0003

(4. Horony marás 1)

G49
G69.1
G00 W0.0 M5
G54 (4.0 MM DIA MULTI-FLUTE END MILL)
G0 T0003
M303
M45
M69
G97 S5000 M3
T0003
G54 (4.0 MM DIA MULTI-FLUTE END MILL)
G0 T0003
M303
M45
M69
G97 S5000 M3
T0004
M69
G00 X42.618 Y0.403 C90.0 Z-26.17 S5000 F500.0 M8
G01 X24.618 Y1.25 Z-34.225
Z-9.25
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.25 Z-9.25 R1.25
G01 Z-34.25
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25

Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Z-34.225
Y1.15 Z-34.224
G00 X42.618
Y-1.249 Z-12.834
X24.638
G01 X16.618 Z-9.225
Y-1.25 Z-34.25
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25
Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Z-9.25
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.246 Z-9.152 R1.25
G01 Y-1.249 Z-9.225
Y-1.149 Z-9.229
G00 X42.618
Y0.873 Z-30.636
X16.638
G01 X8.618 Y1.25 Z-34.225
Z-9.25
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.25 Z-9.25 R1.25
G01 Z-34.25
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25
Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Z-34.225
Y1.15 Z-34.224
G00 X42.618
Y1.25 Z-12.884
X8.638
G01 X0.618 Z-9.275
Z-9.25
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.25 Z-9.25 R1.25
G01 Z-34.25
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25
Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Z-9.275
Y1.15
Y-1.249 Z-12.825
X-7.382 Z-9.225
Y-1.246 Z-34.348
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25
Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Y1.246 Z-9.152
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.249 Z-9.225 R1.25
G01 Y-1.149 Z-9.229
Y-1.249 Z-12.825
X-15.382 Z-9.225
Y-1.246 Z-34.348
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25

Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Y1.246 Z-9.152
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.249 Z-9.225 R1.25
G01 Y-1.149 Z-9.229
Y-1.249 Z-12.825
X-23.382 Z-9.225
Y-1.246 Z-34.348
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25
Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Y1.246 Z-9.152
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.249 Z-9.225 R1.25
G01 Y-1.149 Z-9.229
Y-1.249 Z-12.825
X-31.382 Z-9.225
Y-1.25 Z-34.25
G03 Y0.0 Z-35.5 R1.25
Y1.25 Z-34.25 R1.25
G01 Z-9.25
G03 Y0.0 Z-8.0 R1.25
Y-1.246 Z-9.152 R1.25
G01 Y-1.249 Z-9.225
Y-1.149 Z-9.229
G00 X42.618

(5. Horony marás 2)

X41.946 Y0.001 Z1.681
X24.4
G01 X22.4
Z-8.015
G00 X41.946
Y-0.249 Z1.681
X24.4
G01 X22.4
Y-1.25 Z0.574
Z-9.097
Y-0.236 Z-9.251
Y0.236 Z-9.25
Y1.25 Z-9.098
Z0.574
Y0.249 Z1.681
G00 X41.946
Y-0.106 Z-34.448
X24.4
G01 X22.4
Y-0.72 Z-35.27
Y-0.71 Z-35.279
Y-0.7 Z-35.284
Y-0.092 Z-34.458
Y0.039 Z-34.474
Y0.425 Z-35.423
Y0.443 Z-35.419

Y0.47 Z-35.405
Y0.078 Z-34.457
Y0.209 Z-34.335
Y1.201 Z-34.583
Y1.214 Z-34.549
Y1.219 Z-34.505
Y0.225 Z-34.27
G00 X41.946
G49
G69.1
G00 W0.0 M5 M9
G00 U0.0 V0.0
G54 (BS NO.2 CENTRE DRILL)
G0 T0004
M303
M45
M69
G97 S5000 M3
T0004

(6. Központozás)

G49
G69.1
G00 W0.0 M5
G54 (BS NO.2 CENTRE DRILL)
G0 T0004
M303
M45
M69
G97 S5000 M3
T0004
G54 (BS NO.2 CENTRE DRILL)
G0 T0004
M303
M45
M69
G97 S1000 M3
T0005

(7. Fúrás)

G49
G69.1
M369
B0.0
M368
G68.1 X0.0 Y0.0 Z0.0 I0 J0 K1 R90.0
G43 H04
G97 S1000 M3
M69
G00 X37.0 Y1.2 C0.0 Z18.689 S1000 F100.0 M8
Z13.0
G01 Z9.98
G00 Z17.856
X62.0 Y8.2

Z13.0
G01 Z9.98
G00 Z16.938
Y4.7
Z13.0
G01 Z9.98
G00 Z15.5
G49
G69.1
G00 W0.0 M5 M9
G00 U0.0 V0.0
G54 (2.0 MM DIA JOBBER DRILL)
G0 T0005
M303
M45
M69
G97 S5000 M3
T0006

(8. Leszúrás)

M69
G00 X37.398 Y1.2 Z-18.5 S5000 F1000.0 M8
X31.0
G01 X-22.0
G00 X35.956
Y8.2 Z-31.0
X31.0
G01 X-22.0
G00 X34.233
Y4.7
X31.0
G01 X-22.0
G00 X31.0
M03
G54
M211
M51
M251
A30.0
G04 X0
M59
M259
G01 G01 A-45.0 F1500.0
M210
G04
M11
M80
G59
G01G28 A0
M78
G55
M304
G49

G69.1
G00 W0.0 M5 M9
G00 U0.0 V0.0
G55 (2.0 MM WIDE PART-OFF TOOL - 60MM DIA MAX)
G0 T0006
M304
M246
M68
G97 S220 M203
T0007
G18
M269
G00 Z-3.0 M8
G99 X34.0
G01 X-1.0 F0.2 T0606
Z-2.0
G00 X34.0
G49
G28 W0.0 M205 M9
G28 U0.0
G55 (PCLNL-2525-M12 0.4 Rad General)
G0 T0007
M304
M246
M68
G97 S300 M203
T0008

(9. Nagyoló esztergálás)

M269
G00 Z-15.02 M8
G99 X32.0
X24.51
G01 Z14.5 F0.35 T0707
X32.0
G00 X33.414 Z13.793
Z-15.02
X17.021
G01 Z14.5
X24.51
G00 X25.925 Z13.793
Z-15.02
X9.531
G01 Z-0.266
X10.531 Z0.234
G02 X11.0 Z0.8 R0.8
G01 Z14.5
X17.021
G00 X18.435 Z13.793
X32.0
Z-15.02
G49
G28 W0.0 M205 M9

G28 U0.0
G55 (PDJNR 2525 M11 WITH DNMG-110404 - SUB)
G0 T0008
M304
M246
M68
G97 S950 M203
T0001
(10. Simító esztergálás)
M269
G00 Z-1.297 M8
G99 X5.937
G01 X9.766 Z0.617 F0.1 T0808
G02 X10.0 Z0.9 R0.4
G01 Z14.9
G03 X10.2 Z15.0 R0.1
G01 X26.6
X25.469 Z14.434
M30