SZAKDOLGOZAT

ÓE-BGK

2025.

Hallgató neve: **Meskál Ábel**

Hallgató törzskönyvi száma: **T011264/FI12904/B**

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Gépészeti és Technológiai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Meskál Ábel
Szakdolgozat száma: [redacted]
Törzskönyvi száma: T011264/FI12904/B **Neptun kódja:** [redacted]

Szak: gépészmérnöki
Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Forgácsolástechnológiai folyamat fejlesztése gyógyszeripari környezetben
A dolgozat címe angolul: Development of machining processes in a pharmaceutical industry environment
A feladat részletezése:
1. Mutassa be az alkatrész szerepét és funkcióját, különös tekintettel a gyógyszeripari többletkövetelményekre!

2. Készítse el az alkatrész gyártásának lépéseit!

3. Tervezze meg az alkatrész legyártásához szükséges készüléket!

4. Készítsen a gyártáshoz szükséges rajzokat, dokumentációkat!

5. Tervezzze meg és mutassa be részletesen az alkalmazott készüléket CAD/CAM környezetben!

Intézményi konzulens neve: Biró Szabolcs

Külső konzulens neve: Csóka Norbert
Munkahelye: Richter Gedeon NYRt.

A kiadott téma elévülési határideje: 2027. 12. 15.
Beadási határidő: 2025. 12. 15.

A szakdolgozat: Titkos.

Kiadva: Budapest, 2025. 11. 13.

P.H.

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészeti és Technológiai Intézet 2.

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Meskál Ábel kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: BUDAPEST, 2025. 11. 29.

hallgató

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

SZAKDOLGOZAT

KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: Meskál Ábel ..... Dolgozat száma:

[redacted]

[redacted]. Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója: [redacted]..... Gépészmérnöki, CAD-CAM-CNC.....

Törzskönyvi száma: [redacted] .....

A dolgozat címe magyar nyelven: Forgácsolástechnológiai folyamat fejlesztése gyógyszeripari környezetben. .....

A dolgozat címe angol nyelven: Development of machining processes in pharmaceutical industry.....

Belső (kari) konzulens neve: Bíró Szabolcs .....

Külső konzulens neve: Csóka Norbert .....

Külső konzulens munkahelye: Richter Gedeon Nyrt. .....

ALK.	*DÁTUM*	*KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA*	*KONZULENS ALÁÍRÁSA*
1.	2025.09.18.	Speciális csapágyfészek felé támasztott követelmények átbeszélése	
2.	2025.10.02.	Tervezett munkadarab befogó készülék variánsainak átnézése	
3.	2025.10.23.	Szakrajzok, gyártáshoz szükséges dokumentációk átbeszélése	
4.	2025.11.13.	Megmunkálás lépéseinek bemutatása	

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.
A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakdolgozat/Diplomaterv/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

Kelt: Budapest, 2025.11.26.

belső (kari) konzulens

* A megfelelő aláhúzandó.

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

TITKOSÍTÁSI KÉRELEM

Alulírott

Meskál Ábel

[redacted]

az

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Gépészmérnök alapképzési szak

magyar nyelvű, **nappali** munkarendű képzésének

hallgatója kérem,

az általam elkészített

Forgácsolástechnológiai folyamat fejlesztése gyógyszeripari környezetben című szakdolgozat

az Óbudai Egyetem Tanulmányi ügyrendje 8.11. §-a szerinti

titkosítását,

és annak 4 év időtartamú titkos kezelését,

tekintettel arra, hogy a dolgozatomhoz adatot, információt szolgáltató Richter Gedeon Nyrt. a birtokomba került információkra vonatkozóan titoktartásra kötelezett, melyről szóló igazolást jelen kérelmemhez mellékelem.

Kelt: BUDAPEST, 2025.11.26.

hallgató

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés ... 3
   1.1 Téma jelentősége ... 3
   1.2 A vállalat és a munkakör bemutatása ... 4
   1.3 Téma bemutatása ... 4
2. Forgácsolási eljárások és készülékek ... 6
   2.1 Forgácsolás technológiája ... 6
      2.1.1 Esztergálás ... 9
      2.1.2 Marás ... 11
      2.1.3 Köszörülés ... 14
   2.2 Készülékek ... 17
3. Speciális csapágyfészek ... 20
   3.1 Csapágyfészek bemutatása ... 20
      3.1.1 Csapágyfészek eredeti anyagának ismertetése ... 21
      3.1.2 Csapágyfészek új anyagának ismertetése ... 22
4. Tervezett készülék ... 25
   4.1 Készülék jelentősége és alkalmazása ... 25
   4.2 Készülék bemutatása ... 26
      4.2.1 Segéd csapok ... 26
      4.2.2 Készülék lap ... 29
      4.2.3 Rögzítő csavar ... 32
      4.2.4 Készülék anyaga ... 33
      4.2.5 Készülék elemeinek összeillesztési technológiája ... 34
5. Forgácsolás műveléttervezés ... 37
   5.1 Készülék lap műveléttervezése ... 38
   5.2 Pozicionáló csap műveléttervezése ... 48
   5.3 Illesztő csap műveléttervezése ... 55
   5.4 Speciális csapágyfészek műveléttervezése ... 55
      5.4.1 Speciális csapágyfészek utómunkálása és módosítási javaslat ... 78
6. Összefoglalás ... 79

7. Summary 81
8. Irodalomjegyzék 83
9. Mellékletek 86

1. Bevezetés

1.1 Téma jelentősége

A csapágyak és a hozzá tartozó csapágyfészkek a gépiparban nélkülözhetetlen, kulcsfontosságú alkatrészek, ugyanis segítségükkel biztosítani tudjuk a mechanikai egységek megbízható, pontos és hosszútávú működését. Ezek az elemek forgó vagy mozgó tengelyek stabil alátámasztását biztosítják, ezzel lehetővé téve a gördülékeny mozgást az alkatrészek között, miközben a fellépő súrlódás és az ellenállás értéke minimális. A megfelelő csapágyfészkek kiválasztása kulcsfontosságú, mivel ezek által nem csak az egységek mozgása fog javulni, de ebből kifolyólag az alkatrészek kopása és idő előtti elhasználódása is kiküszöbölhető lesz. Ennek következtében sokkalta hosszabb élettartamot és gazdaságosabb üzemeltetést érhetünk el a gépjeink használata során.

Manapság a speciális és egyedi gyártású csapágyak és csapágyfészkek iránti kereslet egyre jobban növekszik az iparban, mivel a gyártási folyamatok egyre komplexebb megoldásokat igényelnek, valamint a felhasználási körük egyre szélesebbé válik. Ezek az elemek egyre egyedibb terheléseknek, technológiai követelményeknek és környezeti behatásoknak vannak kitéve, ezért a szabványos kivitelük nem minden esetben tudja kielégíteni a feléjük támasztott követelményeket. Ebből kifolyólag kiemelt szerepet kap a megtervezésük és gyártásuk, ahol számos szempontot kell figyelembe venni, mint például milyen anyagból készüljenek, mekkora hőállósággal bírjanak, hol és milyen környezeti körülményeknél lesznek alkalmazva, valamint egyaránt fontos szempont a gyárthatóság és a kívánt darabszám is. Az egyedi igényekhez igazított csapágyak és speciális csapágyfészkek tervezése nem csupán műszaki szempontból nagyon fontos, hanem gazdasági szempontból is, hiszen ezek által a gépek teljesítménye növekedni fog, ezzel elősegítve a maximális gép kihasználtságot. Összegzésként elmondható, hogy az egyedi gyártású speciális csapágyak és csapágyfészkek egyre nagyobb szerepet töltenek be az iparban, ami a technológia rohamos fejlődésének, valamint széleskörű felhasználási lehetőségeiknek köszönhető.

1.2 A vállalat és a munkakör bemutatása

Szakdolgozatom témáját a munkahelyem, Richter Gedeon Nyrt. biztosította számomra, amely egy budapesti székhelyű magyar multinacionális gyógyszeripari és biotechnológiai vállalat. A céget maga Richter Gedeon alapította, még 1901-ben mikoris megvásárolta a Sas Gyógyszertárat, ami a mostani cég elődjeként szolgált. A Richter azóta számos fejlődésen ment keresztül, ugyanis mára már közel ötven országban van jelen és közel hetven tagvállalattal rendelkezik. A vállalat fő profilja a gyógyszerhatóanyagok és gyógyszerkészítmények gyártása és forgalomba helyezése. Ezek mellett nagy szerepet tölt be a nőgyógyászat és a központi idegrendszeri betegségek vizsgálatának területén. [1]

Mindennapi munkavégzésem a forgácsoló műhelyben történik, ahol a feladataim közé tartozik a cég által megrendelt egyedi gyártású és szabványos alkatrészek javítása és újra gyártása, amik a gyógyszergyártó berendezések alapjaiként szolgálnak. Ezt elsősorban esztergagépen és egy három tengelyes CNC (Computerized Numerical Control) marógépen végzem, ezekkel biztosítva a termékek felé támasztott megfelelő pontosságot és minőséget. Ezek mellett segítséget nyújtok az alkatrészrajzok, 3D modellek és a szerszámpályák létrehozásában. Munkavégzésemhez jelentős mértékben hozzá járulnak a vállalat által használt számítógépes modellező programok és CAM (Computer-Aided Manufacturing) szoftverek, melyek az Autodesk Inventor és az EdgeCam.

1.3 Téma bemutatása

Jelen szakdolgozatomban egy egyedi gyártású speciális csapágyfészek anyagának felülvizsgálata, gyártásának kidolgozása, valamint a megfelelő felfogást elősegítő készülék megtervezése és gyártási folyamatának létrehozása a feladat. A megoldandó probléma forrása több tablettázó gépekhez, úgynevezett tablettaprésekhez köthető, amelyek a cég által forgalmazott tabletták gyártásáért felelősek. Ezek a gépek granulált anyagokat sűrítenek, majd alakítják át őket tablettákká. A gépek működéséhez kulcsfontosságú alkatrész az említett csapágyfészek. A csapágyfészek feladata a

tablettaprésekben sokoldalú, ugyanis biztosítja az alkalmazott csapágyak helyzetét, megfelelő kenését, valamint a forgó vagy mozgó alkatrészek alátámasztásául szolgál. Ezek az alkatrészek kopó alkertészeknek minősülnek, így bizonyos időközönként cserélni, ezáltal újra kell gyártani őket. Sajnos azonban a speciális csapágyfészek jelenlegi anyagának betudhatóan ezek a kopások egyre gyakoribbakká váltak. Ezeknek az alkatrészeknek a gyártását eredetileg a vállalat egy külsős cégre bízta. Azonban látva az ismétlődő és egyre gyakoribb hibákat, amelyek a csapágyfészek élettartamának köszönhető, úgy gondoltuk felül kell vizsgálni a csapágyfészek anyagát. Ezen felül a gyárthatóságot is felülvizsgáljuk, ugyanis 16 darab gyártása a cél, de gazdasági szempontból jobb megoldás lenne, ha a gyártást is mi végeznénk el. Lényegében az említett meghibásodások szolgálnak a szakdolgozatom kiindulópontjául. A megoldás kidolgozása során nagy segítségem származott abból, hogy a kezdeti csapágyfészekhez képest csak anyagában tér el az új, ezáltal az eredeti meglévő 3D modellt és a hozzá tartozó alkatrészrajzot alapul tudtam venni. A kihívást a feladat megoldásában az jelentette, hogy csak a cégen belüli programokkal, technológiákkal és berendezéssekkel tudtam dolgozni ezzel leszűkítve a lehetőségek tárházát. Az újra tervezés eredményeként egy költséghatékonyabb, megbízhatóbb és optimálisabb termelés fog érvénybe lépni, ami által a gépek kihasználtsága is javulni fog.

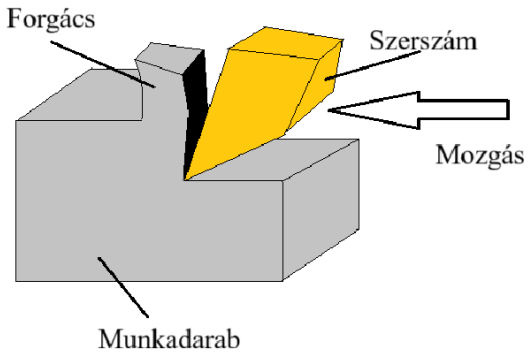
Összefoglalva jelen szakdolgozatom egy egyedi gyártású speciális csapágyfészek és a hozzá tartozó általam tervezett befogó készülék gyártását mutatja be. A dolgozatom tartalmazni fogja a munkadarabról és a készülékről készült rajzokat, a használt technológiát és gépeket, az alkalmazott szerszámokat és a hozzá tartozó paramétereket, valamint a CAM szoftverben történő megmunkálás részleteit.

2. Forgácsolási eljárások és készülékek

Ebben a fejezetben irodalomkutatás gyanánt részletesen bemutatom és kifejtem a forgácsolási eljárásokat, valamint a különböző készülékeket. A szakdolgozatom terjedelmének tekintetében csak azokról a forgácsolási eljárásokról írok az elkövetkezendő alfejezetekben, amiket a speciális csapágyfészek, valamint a tervezett készülék megmunkálása során alkalmaztam.

2.1 Forgácsolás technológiája

A forgácsolás egy olyan anyagmegmunkáló eljárás, amely az ékhatáson alapul. Ez azt jelenti, hogy a megmunkálandó munkadarabról a felesleges anyagmennyiséget szükséges mozgások segítségével, arra alkalmas eszközzel, úgynevezett szerszámmal kisebb-nagyobb formában leválasztjuk a kívánt alak, méret és felületminőség elérése érdekében. Az így keletkezett felesleges anyagot összefoglaló nevén forgácsnak nevezzük. A forgácsképződés függ a megmunkálás típusától, ami lehet akár esztergálás, marás, fúrás, gyalulás, köszörülés és még számos eljárás. Ezek mellett az alkalmazott paraméterek is számottevőek, mint például az előtolás (f), vágósebesség (V_c), fordulatszám (n) és a fogásmélység (a). Forgácsoláskor a felhasznált energia hővé alakul, ez annak köszönhető, hogy a munkadarab folyamatos alakváltozásnak van kitéve a megmunkálás során. A keletkezett hő ellen, amely a munkadarab és szerszám között jön létre hűtéssel tudunk védekezni. A hűtés során speciális hűtő folyadékokat, más néven emulziókat alkalmazunk. A keletkezett hő legyőzése igen fontos, mivel a túl nagy hőmennyiség kárt okozhat a szerszámban, ezzel lecsökkentve annak élettartamát, valamint a munkadarab felületi minősége is romolhat ennek következtében. [2] A leírtak alapján elmondható, hogy a forgácsolás négy fő tényezőből áll. Ez a négy tényező pedig nem más, mint a megmunkálandó munkadarab, a relatív mozgások, az alkalmazott szerszámok és végezetül a keletkezett forgács. [2] Az elkövetkezendő képen (2.1. ábra) látható a forgácsolás elvi vázlata, ami tartalmazza az említett tényezőket.

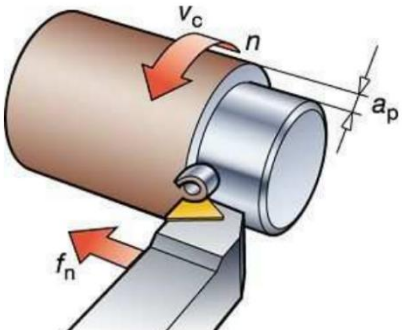


2.1. ábra. Forgácsolás elvi vázlata

Munkadarabnak nevezzük azt az alkatrészt, amely a gyártási folyamat egy adott fázisában van és további megmunkálásra vár. Forgácsolás technológiai szempontjából a munkadarabot két fő tényezőre bonthatjuk. Az első ilyen tényező az anyagtulajdonsága, ami magába foglalja a munkadarab anyagminőségét, az előgyártási módját, beleértve a hőkezeltségi állapotát, valamint a szilárdsági jellemzőit. A munkadarabot ISO (International Organization for Standardization) szabvány szerint hét féle anyagcsoportba sorolhatjuk, amik a következők: acélok (P), korrózióálló acélok (M), öntöttvasak (K), nem vas fémek (N), hőálló ötvözetek (S), edzett acélok (H) és végezetül kompozitok (C). A zárójelben lévő nagybetűk az adott anyagcsoport egyedi jelzéseiként funkcionálnak. A második jellemző a munkadarab végleges geometriája, amihez hozzá tartoznak a méretek, tűrések, valamint a megmunkált felületek pontossága és érdességei. [2]

A relatív mozgás, mint forgácsolási fő tényező, a szerszámgépek segítségével létrehozott mozgások, amelyek magukba foglalják az elmozdulásokat és az anyagleválasztáskor ébredő erők leküzdését biztosító meghajtásokat. Forgácsolás során többféle mozgást különböztetünk meg, de a legfontosabb közülük a főmozgás, amely a forgács hosszirányú kiterjedését hozza létre. Ezt forgácsolósebbességnek nevezzük, jele V_c, mértékegysége pedig $\frac{m}{min}$. Tulajdonságát tekintve a főmozgás lehet forgó, egyenesvonalú, folyamatos vagy szakaszos, illetve végezheti a szerszám vagy a munkadarab. A további mozgásokat összefoglalóan mellékmozgásoknak nevezzük. A mellékmozgások közé tartozik a fogásvételi és előtoló mozgás, amik közösen a forgács keresztmetszetért felelősek. Az előbbi a keletkező forgács szélességet határozza meg. Jele

ap, rövidítve csak (a), mértékegysége pedig a mm. Fontos megemlíteni, hogy marásnál kettő féle fogásvételt különböztetünk meg, a szerszám tengelyirányú fogásmélységét (a_p), valamint a sugárirányú fogásmélységét (a_e). Mindkettő mértékegysége a mm. Az utóbbi mellékmozgás pedig a keletkezett forgács vastagságát adja meg. Jele fn, rövidítve (f), valamint többélű szerszámoknál f_z-ként jelölik, ami az egy élre jutó előtolást jelöli. Mértékegysége szintén mm. [2] Példaként az alábbi képen (2.2. ábra) látható hogyan alakulnak a mozgások esztergálás során.

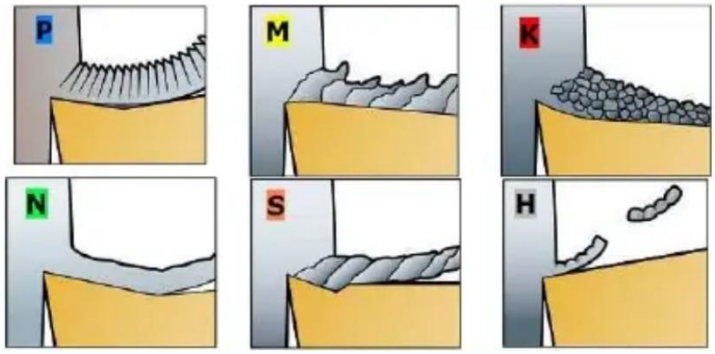


2.2. ábra. Esztergálás mozgásviszonyai [2]

A következő említett nagy csoport a forgácsoló szerszámok, amik lehetnek kézi (például vésők, reszelők) és gépi (többek között marók, fúrok) működtetésűek egyaránt. A szerszámok feladata a meghatározott anyagrész megfelelő leválasztása, ezzel biztosítva a megmunkálandó munkadarab előírt méretpontosságát, alakhűségét, valamint a megfelelő felületi érdességét. A szerszám három részből tevődik össze, áll egy dolgozó részből, amely az ideális forgács leválasztását biztosítja, áll egy csatlakozó részből, ami a szerszám pontos befogását teszi lehetővé és áll egy szerszámszárból, ami a dolgozó és csatlakozó rész között helyezkedik el. A szerszámszár határozza meg a szerszám működési hosszát. Ezt érdemes úgy megválasztani, hogy a lehető legrövidebb legyen, mivel minél hosszabb a szár rész annál, kevésbé lesz ellenálló a forgácsoló erőkből keletkezett rezgésekkel szemben. Léteznek viszont olyan szerszámok is, amik nem rendelkeznek szár résszel, mint például a köszörűkorongok. A forgácsoló szerszámok több szempont szerint csoportosíthatok. Az első ilyen csoportosítás az anyagminőségük szerint történik. Anyaguk szerint beszélhetünk acél alapú szerszámokról, ezen belül is gyorsacélról és bevonatos gyorsacélról, keményfém szerszámokról, amik a keményfémek és kerámiák. Ezek mellett készülnek kompozit alapú, más néven szuperkemény

szerszámok is, mint például gyémántból és köbös térrácsú bórnitidből. A szerszámok csoportosíthatók még rendeltetésük szerint. Ebben az esetben beszélhetünk eszterga, maró, fúró, véső, köszörű, valamint üregelő szerszámokról. A további csoportosítás az élek száma (egyélű, többélű), él alak (egyszerű, speciális), élgeometria (szabályos, szabálytalan) és végezetül a szerszámok kivitele (tömör, forrasztott, szerelt) szerint alakulhat. [2]

Forgácsolás során keletkező melléktermék a forgács, amely az említett negyedik tényező. A leválasztott forgácsnak a munkadarab anyagától függően több típusa is létezik. Ilyen típus a folyó forgács, ami szívós-képlékeny anyagoknál jellemző. A folyó forgácsot lehetőség szerint kerülnünk kell, mivel nagy kárt tehet a szerszámban és a gépben egyaránt. Ezt az optimalizált paraméterekkel (megfelelő előtolás, forgácsolósebesség) és a kellő forgácstereléssel előzhetjük meg. A folyó forgács mellett beszélhetünk még lemezes és töredezett forgácsról. Az előbbi főként korrózióálló acéloknál, még az utóbbi rideg anyagoknál jellemzőbb. Az anyag mellett a mellékmozgások és a használt szerszám dolgozó részének kialakítása is nagyban befolyásolja a forgács alakját. A képen (2.3. ábra) különböző anyagok forgács képződései láthatók. [2]

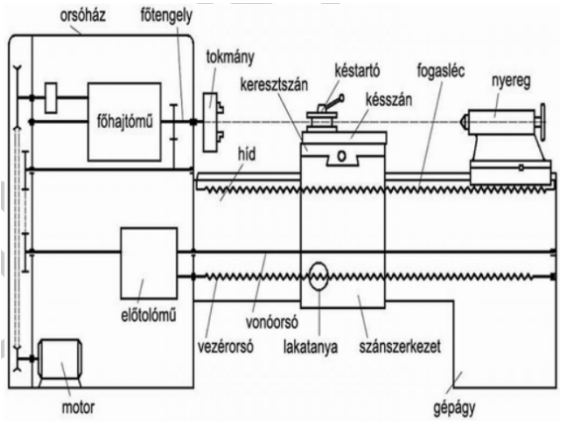


2.3. ábra. Forgács típusai [2]

2.1.1 Esztergálás

Az esztergálás az egyik legalapvetőbb forgácsolási eljárás, amely során forgás szimmetrikus testek hozhatók létre folyamatos forgács leválasztással, mint például hengerek, kúpok, csapok. A megfelelő szerszámokkal kialakíthatunk még menetes

felületeket, letöréseket, adott esetben lekerekítéseket, furatokat, illetve beszúrásokat is egyaránt. Esztergálás során a forgó főmozgást az esztergagép (2.4. ábra) befogó készülékében rögzített munkadarab, még a szükséges egyenesvonalú mellék mozgást a szerszámtartóban biztosított egyélű szerszám végzi, ami általában egyszerű kialakítású esztergakés. [3] [4] [5]



2.4. ábra. Esztergagép elvi felépítése [6]

Az esztergálás során számos különböző műveletet megtudunk különböztetni egymástól. Ezek a különböző változatok függenek a felület elhelyezkedésétől, a szerszám alakjától, valamint az esztergálás mellékmozgásának irányától. Az egyik leggyakoribb esztergálási művelet a hosszesztergálás. A hosszesztergálás során a munkadarab tengelyvonala, valamint a szerszám mozgásának iránya egymáshoz képest párhuzamos. Ezzel az esztergálás változattal hengeres, kúpos, illetve alakos felületeket lehet előállítani. Hosszesztergáláshoz a használt szerszámok többnyire egyenes, hajlított, valamint oldalélű forgácsolókések, de használható még egyenes hegyes esztergakés is. Ezek a szerszámok a főélelhelyezési szögükkel különböznek egymástól. [2] [5]

A következő egyik legelterjedtebb esztergálási változat a furatesztergálás. Furatesztergálás során a szerszám egy zárt térben, pontosabban egy furatban dolgozik, ahol többnyire a furat bővítése a cél. Ezek a furatok lehetnek zsákfuratok, illetve átmenő furatok egyaránt. Ennél az eljárásnál a megszokottnál kisebb szerszámokat alkalmazunk, ez a korlátozott férőhelynek tudható be. Ennek következtében a szerszám hőelvezetése csökken, valamint a kopásállósága is kevésbé lesz megfelelő, mint egy külső felület esztergálására alkalmas szerszámnak. Mivel furatesztergálás során nagy a

szerszámkinyúlás, ezért az esetleges rezgések elkerülése érdekében a forgácsolósebességet csökkenteni kell. [2] [5]

Esztergálás során menetes felületek is elállíthatok, ebben az esetben meneteszterg álásról beszélhetünk. Meneteszterg álás során két tényezőnek kell teljesülnie, mégpedig az előtolásnak meg kell egyeznie a menetemelkedéssel, valamint a szerszám csúcsszögének meg kell egyeznie a menetprofil szögével. Menetet esztergálás során több fogásban készítünk el, ezek több nagyoló és néhány simító fogásból tevődnek össze. [2]

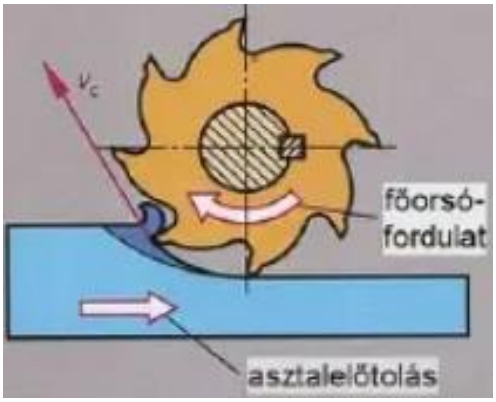
A hosszeszterg álás mellett a másik legelterjedtebb esztergálási művelet a keresztesztergálás, ismertebb nevén oldalazás. Ebben az esetben a munkadarab tengelye és a szerszám mozgásának iránya egymáshoz képest merőleges. Az oldalazáshoz a mozgások irányát tekintve hasonló a beszúrás, illetve leszúrás. Utóbbi kettő változatot csak erre a célra kifejlesztett szerszámokkal végezzük. [5]

2.1.2 Marás

A marás az egyik legsokoldalúbb és leggyakrabban alkalmazott forgácsolási eljárás az esztergálás után, amely során a szakaszos anyagleválasztás szabályosan többélű szerszámok segítségével történik. Ideális esetben marás során a szerszám több foga dolgozik egyidőben, így az egyes fogakon és a hozzá tartozó éleken eltérőek lesznek a forgácsolási körülmények. Ez a fajta forgácsolás elsősorban síkfelületek nagy hatékonyságú és termelékeny megmunkálását teszi lehetővé, azonban menetes és fogazott alkatrészek gyártásnál, illetve alakos munkadarabok profilos felületének másolásánál is előszeretettel használják. Mozgásait tekintve a forgó főmozgást az esztergálással ellentétben a szerszám végzi. A forgács keresztmetszetét meghatározó mellékmozgásokat pedig a munkadarab biztosítja, de vannak olyan esetek, amikor ezt szintén a szerszám, vagy pedig mindkettő egyszerre végzi. Utóbbiak CNC vezérlésű gépeken fordulnak elő. [2] [5] [7] Mivel marás során többélű szerszámokat használunk, ezért az előtolásirányú mellékmozgásnál a fogankénti előtolás (f_z) értékét vesszük alapul, a fogásvételi

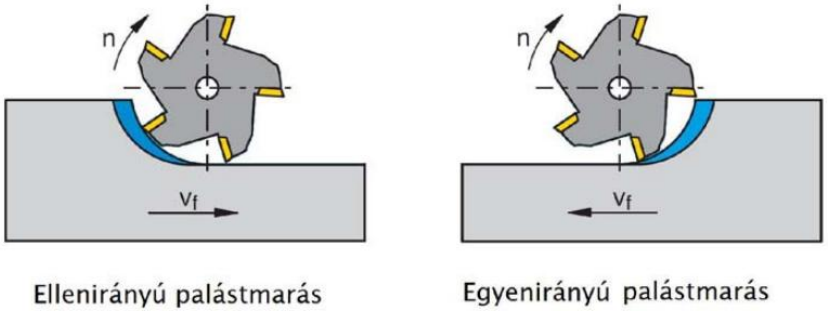
mellékmozgásnál pedig kettő fajtát különböztetünk meg egymástól. A marási eljárás típusától függően, beszélhetünk sugár irányú fogásszélességről (a_e), illetve axiális fogásmélységről (a_p). Marás során annak függvényében, hogy a szerszám melyik részén elhelyezett fogaival történik az anyagleválasztás, kettő alapváltozatot különböztetünk meg. Beszélhetünk palástmarásról, valamint homlokmarásról. [2]

Palástmarás során a marótengely és a megmunkálandó felület párhuzamos egymással, ebből kifolyólag a szerszám palástfelületén található fogaival történik a forgácsleválasztás. Palástmarást kis szélességű síkfelületek, valamint különböző típusú hornyok készítésére alkalmazzák. Az alábbi ábrán látható a palástmarás elvi vázlata (2.5. ábra). [2] [7]



2.5. ábra. Palásmarás elvi vázlata [2]

A forgácsolás irányát tekintve a palástmarásnak két változata ismert, mégpedig az ellenirányú, illetve egyenirányú marás (2.6. ábra).



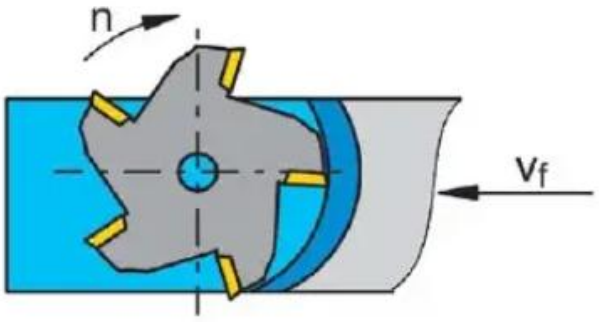
2.6. ábra. Ellenirányú és egyenirányú palástmarás [8]

Az ellenirányú marás során az asztal előtolásának iránya ellentétes a szerszám forgásirányához képest. Forgácsolás során kezdetben a forgácsvastagság nulla, mivel a

szerszám fogai először a már megmunkált felülettel érintkeznek, ebből kifolyólag a szerszám éle egy bizonyos szakaszon csak csúszik a felületen. Ennek eredményeként megfog jelenni a kopás jelensége, ezzel lecsökkentve a szerszám élettartamát, valamint a munkadarab felülete egyenetlenebb és pontatlanabb lesz. Az egyre nagyobb forgácsvastagságot egyre növekvő forgácsolási erő kiséri, ami a munkadarabot fel akarja emelni a helyéről. Ezért ellenirányú marásnál nagyon fontos a munkadarab megfelelő rögzítése. Ez a típusú palástmarás alkalmazása inkább régi vagy kevésbé karbantartott gépeken jellemző, mintsem a manapság jobban elterjedt CNC gépeken. [2] [5]

Egyenirányú marás esetében az asztal mozgásának iránya és a szerszám forgása megegyezik. Az ellenirányú maráshoz képest itt a forgácsvastagság és a forgácsolóerő maximális értékről indul és fokozatosan eléri a nulla értéket. Ennek következtében sokkal kedvezőbb felületet kapunk, valamint a szerszám is kevésbé lesz hajlamos a kopásra, ezzel növelve annak élettartamát. Mivel a szerszám forgásának iránya megegyezik az asztal előtolás irányával, ezért a forgácsolóerő a munkadarabot az asztalra próbálja leszorítani, így nem szükséges olyan mértékű rögzítés, mint az ellenirányú marás esetén. Alkalmazását tekintve, inkább újszerű, jól karbantartott gépeknél, illetve CNC vezérlésű gépeknél alkalmazható. [2] [5]

A második, már korábban említett alap marási változat a homlokmarás. Ebben az esetben a marótengely merőleges a munkadarab megmunkálandó felületével. Homlokmarás során nagy átmérőjű szabályosan többélű szerszámot alkalmazunk, aminek fogai jellemzően a homlokfelületen helyezkednek el, ezzel biztosítva a gyors és hatékony forgácsleválasztást. A szerszámok készülhetnek tömör, illetve szerelt kivitelben egyaránt. Homlokmarást nagy kiterjedésű síkfelületek szintezésére, valamint simítására alkalmazunk. Megmunkálás során fontos szempont, hogy a szerszám átmérője nagyobb legyen a forgácsolandó felület szelességnél, mivel a nagyobb átmérőhöz több vágóél tartozik, ezáltal jobb felületi minőség és nagyobb termelékenység érhető el. A következő képen látható a homlokmarás elvi vázlata (2.7. ábra). [2] [6] [9]

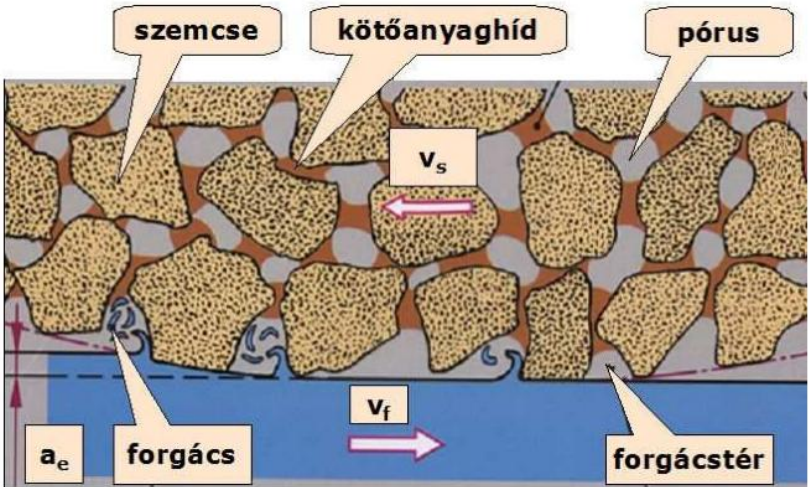


2.7. ábra. Homlokmarás elvi vázlata [8]

2.1.3 Köszörülés

A köszörülés, mint a legősibb forgácsolási eljárás, olyan koptató, más néven abrazív módszer, amely során egyszerű, valamint bonyolult felületek egyaránt előállíthatók. Köszörülést alkalmazhatunk nagyolásként, de elsősorban befejező megmunkálásként funkciónál. Az utóbbi esetben a munkadarabok előírt méretpontosságát, felületi minőségét, valamint alakpontosságát biztosítjuk a forgácsolás során. Nagyoláskor azonban a minél gyorsabb és hatékonyabb anyagleválasztás a fő szempont. [2] [5] [10]

Köszörülés során az alkalmazott szerszám a köszörűkorong, aminek kialakítása függ a megmunkálni kívánt felülettől, illetve a köszörülési eljárástól. A korong a felesleges anyagot az alkatrészről különböző, szabálytalan alakú és nagyságú köszörűszemcsék éleinek segítségével távolítja el. Ezek a szemcsék anyagukat tekintve készülhetnek alumínium-oxidból és szilícium-karbidból, valamint léteznek szuperkemény változatban is, amik a nehezen forgácsolható anyagok megmunkálásánál számottevőek. Speciális esetekben mesterségesen előállított gyémántot és köbös térrácsú bórnitridet is szoktak alkalmazni szemcse anyagnak a nagy keménységükből kifolyólag. A szemcsék a szerszámhoz szerves vagy szervetlen kötőanyag segítségével vannak rögzítve. Ezek a kőtőanyagok lehetnek kerámia, fém, bakelit, valamint gumi, de még számos anyag használható erre a célra. A szemcsék és a kötőanyag közti teret az úgynevezett pórusok töltik ki (2.8. ábra). [2] [5] [11]



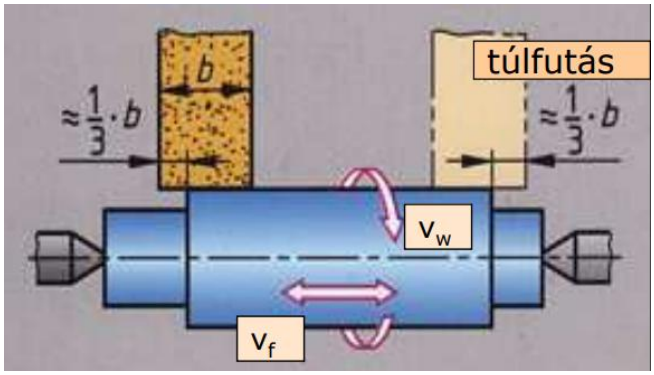
2.8. ábra. Köszörűkorong felépítése [2]

Köszörülés alkalmával a szerszám korlátozott, úgynevezett önéleződési képességgel rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy a köszörűkorong szemcséi az anyagleválasztás során eltörnek, vagy elhasználódásuk után a kötőanyag elengedi őket. Későbbiekben az így a keletkezett további élek fogják biztositani a forgácsleválasztást. Fontos megjegyezni, hogy ez a jelenség csak kemény anyagoknál lép fel, puha anyagok köszörülésénél külső eszközökkel kell biztositanunk a szemcsék újra élezését. [2] [12]

Köszörülés során a nagy sebességű forgó főmozgást mindig a szerszám végzi. Ez a mozgás biztosítja a megfelelő forgácsoló sebességet. A forgácsleválasztás szakaszos, ebből kifolyólag változó lesz a forgácskeresztmetszet és magas hőmérséklet fog fellépni a szerszám és az anyag között, ezért elengedhetetlen a megfelelő hűtés az anyagleválasztás során. Abból kifolyólag, hogy milyen köszörülési eljárást alkalmazunk, a forgó vagy alternáló mellékmozgást végezheti a szerszám, illetve a munkadarab egyaránt. A kettő leggyakrabban alkalmazott eljárás a palástköszörülés, illetve síkköszörülés. [2]

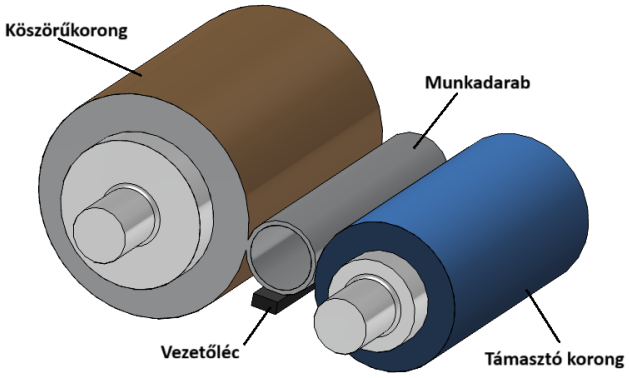
A palástköszörülés vagy más néven körköszörülés belső vagy külső forgásszimmetrikus alkatrészek felületének befejező megmunkálása. Elnevezése abból származik, hogy anyagleválasztáskor a köszörűkorong palástfelületével forgácsolunk. Palástköszörülés során a köszörűkorong és a munkadarab egyaránt forgó mozgást végez. Abban az esetben, ha a munkadarab szélessége meghaladja a szerszám szélességét a forgó

mellékmozgás mellé becsatlakozik egy alternáló előtolás irányú mellékmozgás (2.9. ábra). [2]



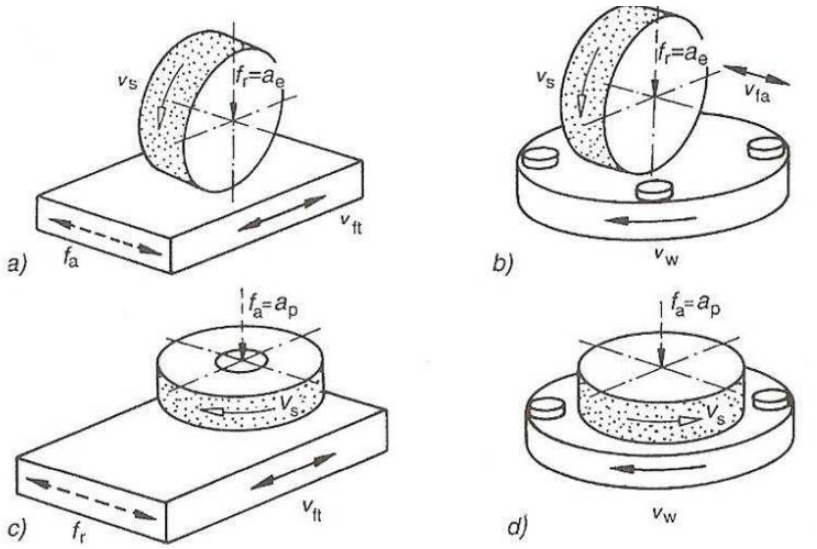
2.9. ábra. Hosszelőtolásos külső palástköszörülés [2]

A hosszelőtolásnak köszönhetően immár a munkadarab teljes felülete megmunkálhatóvá válik. Külső palástköszörülés során az alkatrészt két csúcs között támasztjuk meg, még a belső felületek köszörülésekor az alkatrész tokmányban van rögzítve. Tömeggyártás esetében a nagy termelékenység elérése céljából a két csúcs helyett a munkadarab felületét vesszük a megtámasztás alapjául. Ebben az esetben szükségünk van egy plusz korongra és egy vezetőlécre, amik az alkatrész megfelelő támasztásáért és megtartásáért lesznek felelősek (2.10. ábra). [2]



2.10. ábra. Csúcsnélküli palástköszörülés elvi vázlata

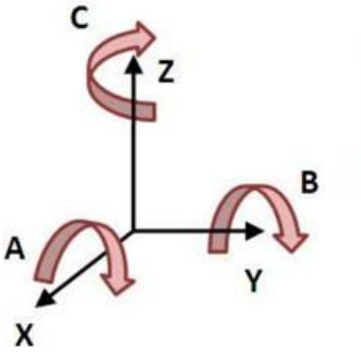
A síkköszörülés olyan megmunkálási eljárás, amely során nyitott, síkfelületű munkadarabokat köszörülünk meg az előírt követelményeknek megfelelően. Ez a fajta köszörülési eljárás során, attól függően, hogy a szerszám palást vagy homlok felületét használjuk, illetve, hogy az asztal forgó vagy alternáló mellékmozgást végez négy típust különböztethetünk meg (2.11. ábra). [2]



2.11. ábra. A síkköszörülés változatai [2]

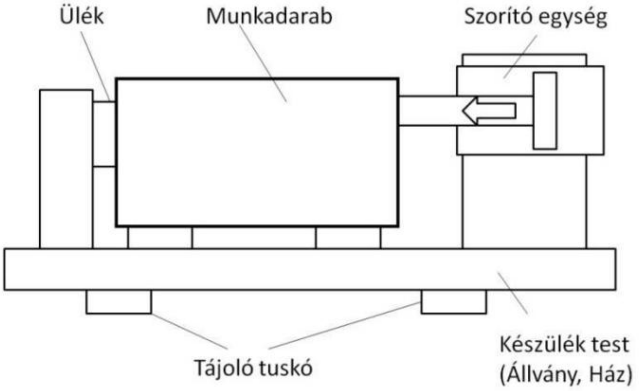
2.2 Készülékek

A készülékek olyan berendezések, amelyek a szerszámgépek, valamint a szerszámok mellett szükségesek a mechanikai megmunkálási műveletek zavartalan végrehajtásához, azonban közvetlenül nem vesznek részt a megmunkálandó munkadarab alakításában vagy formálásában a gyártás során. [13] A készülékek feladata a munkadarabok, valamint a szerszámok megfelelő és pontos pozícionálása a megmunkálógépeken. Ezek a szempontok elengedhetetlenek a hibamentes és precíz gyártáshoz. Feladatuk közé tartozik még a munkadarab vagy szerszám megfelelő rögzítése, ugyanis alakítás során számos különböző nagyságú és irányú erő hathat a megmunkálandó alkatrészre, valamint a használt szerszámra egyaránt. A szakszerű rögzítést, úgy érhetjük el, hogy a munkadarab vagy szerszám valamennyi szabadságifokát megszüntetjük a készülékünk segítségével, ezzel elkerülve az esetleges gyártás során fellépő hibákat, amik a nem kellőképpen optimális megfogásnak köszönhetőek. A szabadságifokok lényegében megadjak egy adott elem egy dimenziós elmozdulási lehetőségét egy háromtengelyes derékszögű koordináta rendszer segítségével. Ez összesen hat szabadságifokot jelent, három lineáris, illetve három rotációs elmozdulást. (2.12. ábra). [2] [14]



2.12. ábra. Háromtengelyes derékszögű koordináta rendszer [2]

A készülékek betöltött szerepük szerint három csoportra bonthatók. Léteznek munkadarab-befogó készülékek, röviden befogókészülékek, amiknek a feladata a gép és a megmunkálni kívánt tárgy közti kapcsolat létrehozása. [13] [14] A munkadarab- befogó készülékek segítségével pontosabb felfogást érhetünk el, ezáltal kisebb előgyártmányt tudunk alkalmazni, ezzel csökkentve az anyagfelhasználást. Ezeket az eszközöket abban az esetben alkalmazzuk, mikor a megmunkálás készülék nélkül nem tud végbe menni. Felépítésüket tekintve állnak egy pozícionálást biztositó ülékből, egy leszorító egységből, tájoló tuskókból és az egész szerkezetet magába foglaló készüléktestből (2.13. ábra). [2]



2.13. ábra. Munkadarab-befogó készülék általános felépítésé [2]

A készülékek további kettő nagy csoportja a szerszámbefogó, valamint a szerszámvezető készülékek. Az előbbi a gép és szerszám összekötését biztosítja, még az utóbbi a szerszám pontos helyzetéért felelős a munkadarabhoz képest. A készülékek még számos szempont alapján csoportosíthatok, de a legfontosabb szempont a felépítésük. Ebben az esetben kettő fajta készülékről beszélünk. Az első típus az univerzális, más

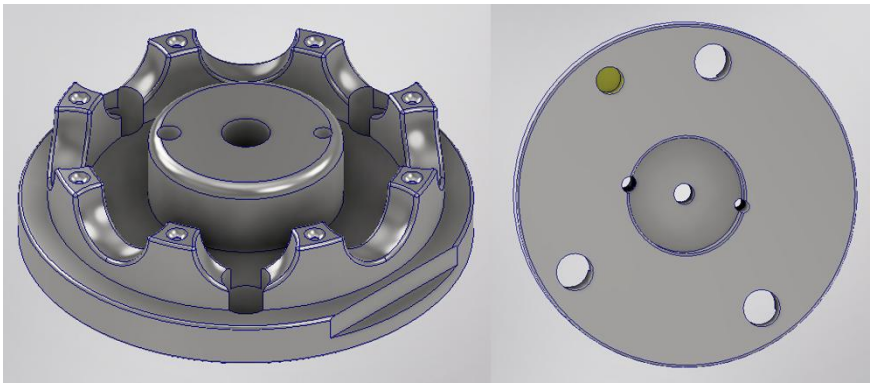
néven egyetemes készülékek. Ezek a készülékek különböző méretű és alakú munkadarabok megfogásánál alkalmazhatók. Az univerzális készülékek többsége a szerszámgépek kötelező tartozékai, mint például a gépsatu vagy a tokmány. A második csoport a készülékek felépítése alapján a különleges vagy egyedi készülékek. Az egyedi készülékeket adott alkatrész adott műveleti részéhez vannak megtervezve. Költségüket tekintve drágának mondható a tervezésük és legyártásuk, mivel egyedi alkatrészek megmunkálásánál használatosak. [2] [13]

3. Speciális csapágyfészek

3.1 Csapágyfészek bemutatása

A gyártandó alkatrész, mint ahogy korábban az 1.3 fejezetrészben említettem, egy speciális csapágyfészek, ami a gyógyszergyártó tablettaprések egyik fontos alkatrészeként szolgál. Az alkatrész a gyógyszeripari gyártóberendezésen belül a forgóasztal, vagy más néven forgótányér felső részében helyezkedik el. Feladata a tabletták felső felületét kialakító felső bélyeg megfelelő alátámasztásának biztosítása, valamint a bélyeg szárának függőleges irányú mozgásának pontos vezetése. A bélyeg és a speciális csapágyfészek közti kapcsolatot egy vezetőhüvely biztosítja, amely az alkatrésszel együtt megakadályozza a bélyeg oldal irányú elmozdulását.

A speciális csapágyfészek legnagyobb átmérője 74 mm, valamint magassága mindössze 20 mm. A darabon találhatóak íves felületek, különböző kialakítású zsebek, valamint furatok. Az alkatrész alsó oldalán (3.1. ábra), azon belül a külső peremrésznél látható négy darab furat, melyeknek szerelhetőség szempontjából lényeges szerepük van.



3.1. ábra. Speciális csapágyfészek 3D modellje

A színnel kiemelt zsákfurat a megfelelő pozicionálást teszi lehetővé, még a maradék három átmenő furat rögzítési pontként szolgál az alkatrészen. Ez a furatkiosztás biztosítja azt, hogy az alkatrészt csak egyféleképpen lehessen behelyezni a megfelelő helyére. A speciális csapágyfészek oldalsó felületén megfigyelhető egy lapolás (3.1. ábra), ami az alkatrész könnyű orientálását biztosítja a szerelők számára. Az alkatrészről tehát

elmondható, hogy kialakítása bonyolult és összetett, ami a megmunkálás tervezésekor igen számottevő tényező lesz. A geometriájához tartozó szigorú, szoros alak és helyzet tűrések, valamint az egyenletes felületi minősége biztosítja a gyógyszeripari présgép pontos és precíz működését, valamint az alkatrész megfelelő illeszkedését a berendezésben. A csapágyfészek méretei és tűrései az általam újra rajzolt alkatrészrajzon az 1. sz. mellékletben láthatóak, amit az eredeti alkatrészrajz alapján készítettem el az Autodesk Inventor program segítségével. Mivel a felülvizsgált alkatrész csak anyagában tér el az eredetitől, így az eredeti alkatrészrajzot alapul tudtam venni, ám ez közel sem volt egyszerű, mivel kezdetben az említett program ismeretlen volt számomra, így megkellett ismerkednem annak működésével. Ez eleinte kihívást jelentett nekem, ugyanis eddigi tanulmányaim során a Solid Edge tervező programot használtam, de idővel sikerült elsajátítanom ennek a szoftvernek a kezelését is.

3.1.1 Csapágyfészek eredeti anyagának ismertetése

A csapágyfészek eredetileg X105CrMo17, 1.4125 számjelzésű magas széntartalmú, martenzites rozsdamentes acélból készült. Ez a fajta anyag magas kopásállógással és kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik. Keménysége 58-60 HRC (Hardness Rockwell C) között van, amit megfelelő hőmérsékletű edzéssel majd az ezt követő megeresztéssel érhetünk el. Kémiai összetétele az alábbi táblázatban látható (3.1. táblázat). [15] [16]

3.1. táblázat: X105CrMo17 anyag kémiai összetétele 20°C-on. [15]

C	Si_{max}	Mn_{max}	P_{max}	S_{max}	Cr	Mo	Ni	EGYÉB
min0,95 max1,20	1,00	1,00	0,04	0,04	16,0-18,0	0,4-0,8	-	-

Az X105CrMo17-es anyag alkalmazása számos területen lehetséges, ugyanis megfelelő választás lehet élelmiszeripari felhasználásra szánt evőeszközökhöz, állati feldolgozáshoz készített késekhez, valamint húsdarálókhoz egyaránt. Ezek mellett csapágyak, szelepalkatrészek és orvosi eszközök gyártására is használják. Az anyag előnyeit tekintve, mágnesezhető és polírozható, ez utóbbi a benne lévő karbidok jelenlététől függ. Minél több és nagyobb karbidot tartalmaz az anyag, annál nehezebb

lesz sima és egyenletes felületet elérni, mivel a kemény karbidok akadályozzák a polírozó eszköz egyenletes kopását. Az acél megmunkálhatóságát figyelembe véve pedig mérsékelt, ez a keménységének és a magas kopásállóságának köszönhető. Fontos információ lehet még róla, hogy hegesztésre kevésbé alkalmas, olvadáspontja 1483 °C, korrózió ellenállás tekintetében közepes, valamint sűrűsége 7,70 $\frac{kg}{dm^3}$. [15] Miután beállítottam ez előbb említett sűrűséget az Autodesk Inventor programban, megkaptam, hogy az alkatrész tömege az eredeti anyaggal 0,35 kg.

3.1.2 Csapágyfészek új anyagának ismertetése

Mivel az alkatrész meghibásodása és idő előtti kopása az anyagára volt vissza vezethető, ezért elengedhetetlen volt egy új alapanyag kiválasztása a csapágyfészekhez. Az anyag kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy kémiai összetétele és mechanikai tulajdonságai hasonlóak legyenek az eredetihez, ám mégis sokkal kedvezőbbek legyenek számunkra. Ezek mellett az anyagnak gyógyszeripari előírásoknak is megkell felelnie. Fontos, hogy felülete polírozható legyen, ez tisztasági szempontból lényeges, valamint fontos még a megfelelő keménység és a korrozióállóság. Az utóbbi feltétel a speciális csapágyfészekre nem meghatározó, ugyanis az alkatrész nem érintkezik közvetlenül vegyi anyagokkal, így a korrozióállóság ebben az esetben elhanyagolható és nem is elvárt szempont. Az anyag kiválasztása során az említett szempontokon kívül kettő főszempontot vettem figyelembe, a kopásállóságot, valamint a megmunkálhatóságot. Sajnos ez a két tényező sok esetben egymás rovására mennek, ugyanis minél nagyobb keménységgel és kopásállósággal rendelkezik egy anyag, annál nagyobb kihívást jelent a megmunkálása. Ebből kifolyólag választanom kellett, hogy melyik szempont lesz a mérvadó. Tekintettel arra, hogy a csapágyfészek idő előtti elhasználódása a nem kellő nagyságú kopásállóságának volt betudható, ezért a kopásállóság a megmunkálhatósághoz képest előrébb került.

Az anyag kiválasztása során a választásom az X153CrMoV12 1.2379 minőségű anyagra esett, amely egy ledeburitos szövetszerkezetű hidegalakító acél. Ez az anyag az

eredetihez képest sokkal magasabb kopásállósággal és keménységgel rendelkezik, ez mellett mechanikai tulajdonsága és jó vágási szilárdsága is említésre méltó. Keménysége hőkezelés után elérheti akár a 64 HRC-t is. Az anyag másodlagos keményedési tulajdonságából kiindulva a felületének bevonatolása és nitrálása könnyedén lehetséges. [17] [18] Kémiai összetétele a következő táblázatban látható (3.2. táblázat):

3.2. táblázat: X153CrMoV12 anyag kémiai összetétele 20°C-on. [17]

C	Si_{max}	Mn_{max}	P_{max}	S_{max}	Cr	Mo	Ni	EGYÉB
1,45-1,60	0,10-0,60	0,20-0,60	0,03	0,02	11,00-13,00	0,70-1,00	-	V: (0,70-1,00)

Az X153CrMoV12-es hidegalakító szerszámacél felhasználása széles körű. Tökéletes választás lehet hajlító szerszámokhoz, gépi késekhez, hideg nyíró késekhez, extrudáló szerszámokhoz, menetgörgőkhöz, vágó és lyukasztó szerszámokhoz, valamint, de nem utolsó sorban gyógyszeripari présszerszámokhoz. Az anyag kiválasztása az utóbbinak és a nagy kopásállóságának volt köszönhető. Hátránya közé tartozik viszont a nehéz megmunkálhatóság, a rossz hegeszthetőség és a gyenge korrózió ellenállás. [17] Összegzésként készítettem egy összehasonlító táblázatot (3.3. táblázat), amely tartalmazza az anyagok fő tulajdonságait, ezáltal jobban áttekinthető lesz számunkra a két acél közti különbségek.

3.3. táblázat: X153CrMoV12 és X105CrMo17 összehasonlítása

Tulajdonság	X153CrMoV12	X105CrMo17
Keménység edzés után	Nagyon magas (64 HRC)	Magas (58-60 HRC)
Kopásállóság	Kiváló kopásállóság	Jó kopásállóság
Megmunkálhatóság	Rossz	Mérsékelt
Mechanikai tulajdonságok	Kiváló szívósság, magas szakítószilárdság	Jó szakítószilárdság
Sűrűség	$7{,}70\ \frac{kg}{dm^3}$	$7{,}70\ \frac{kg}{dm^3}$
Hegeszthetőség	Rossz	Hegesztése nem ajánlott
Korrózió ellenállás	Gyenge	Közepes
Polírozható	Igen	Igen

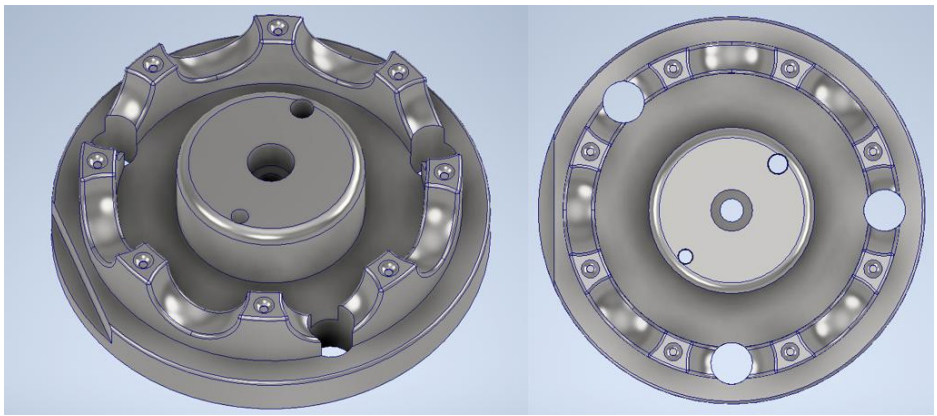
A táblázat alapján jól látszódik, hogy a két acél tulajdonságai közti különbség csekély. A legnagyobb eltérés a keménységben, mechanikai tulajdonságokban és a kopásállóságban mutatkozik meg, amikben az újonnan választott anyag sokkal kedvezőbb értékeket produkál. Végezetül a sűrűséget figyelembe véve tudunk következtetni az alkatrész

tömegére, mivel a kettő érték megegyezik, ezáltal a súly sem fog változni, így marad a 0,35 kg mindkettő acél alkalmazásakor.

4. Tervezett készülék

4.1 Készülék jelentősége és alkalmazása

Szakdolgozatom alapjául szolgáló speciális csapágyfészek kialakítása bonyolult és összetett, ennek következtében a gyártása számos technológia, valamint forgácsolási eljárás alkalmazását követeli meg. A különböző forgácsolási eljárások alkalmazása végett az alkatrész megmunkálása több felfogást fog maga után vonni. Minden egyes felfogásnál fontos a munkadarab megfelelő rögzítésé, ugyanis az alkatrész viszonylag kicsi méretéhez képest nagy forgácsolási erők keletkezhetnek. Ezek a forgácsolási erők az alkatrészt könnyen kifordíthatják a pontos helyéről, ezzel számos balesetet okozva a művelet végrehajtása során. Ez a veszély főként a csapágyfészek felső oldali megmunkálásánál lehet számottevő. Megtekintve a csapágyfészek felépítését a felső oldalon (4.1. ábra), jól látható, hogy számos említett íves felületek és zsebek, valamint furatok alkotják.

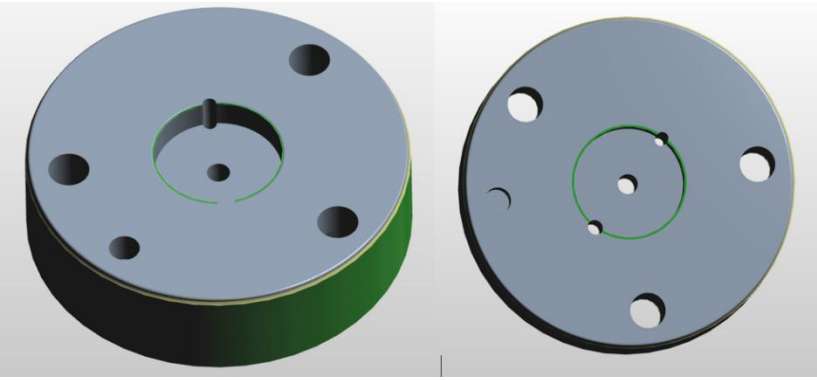


4.1. ábra. Speciális csapágyfészek 3D modelljének felső oldala

Ezeknek a kimunkálása során kimondottan nagy figyelmet kell szánni a megfelelő rögzítésre, ám ez a standard munkadarab-befogó készülékekkel tökéletesen nem lehetséges. Ebből kifolyólag szükség van egy egyedi tervezésű speciális készülékre, ami lehetővé fogja tenni az alkatrész megfelelő megfogását minden oldalról, valamint használatával könnyű és pontos pozicionálás lesz elérhető az alkatrészek cseréje között.

4.2 Készülék bemutatása

A készülék megtervezésénél elsősorban az 5.4 fejezetben taglalt III. művelet után kapott félkész alkatrész kialakítását vettem számon, ez látható is a következő képen (4.2. ábra).



4.2. ábra. III. művelet utáni félkész speciális csapágyfészek modellje EdgeCam programban

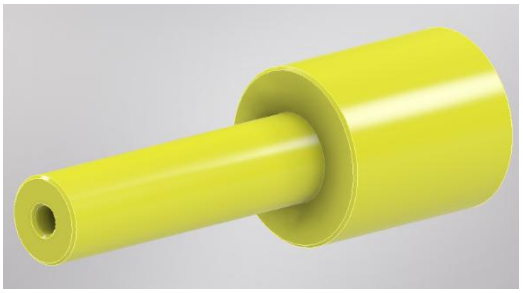
A félkész alkatrészen megfigyelhető, hogy a III. műveletben csak az alsó oldal lett megmunkálva, így ezt is figyelembe kellett vennem a tervezés során. A tervezés elindulási pontját a képen (4.2. ábra) is jól látható négy darab külső furat jelentette számomra. Ezek segítségével könnyen neki tudtam fogni a koncepció kidolgozásának az Autodesk Inventor programban. Először is úgynevezett segéd csapokat terveztem a furatokhoz, amik segítségével az alkatrész könnyen pozícionálhatóvá válik, valamint ezek által a sugár, illetve oldal irányú elmozdulás is akadályozva lesz. A csapokat egy általam készülék lapnak elnevezett egységhez rögzítettem, de ez önmagában nem gátolja meg az axiális elmozdulást. Ennek megoldása végett egy rögzítő csavart fogok alkalmazni, amely felülről fogja leszorítani a munkadarabot. A készülék pontos felépítése, valamint az egységek működése és méretei a következő alfejezetekben lesznek részletesen kifejtve.

4.2.1 Segéd csapok

Ahogy korábban már említettem a készülékem egyik fő elemei a segéd csapok, melynek feladatai a munkadarab pontos pozíciójának biztosítása és a kapcsolat

létrehozása az alkatrésszel. A csapok kialakítását tekintve kettő típust különböztetünk meg egymástól. Ez a furatok különböző méreteinek köszönhető, ugyanis a csapágyfészek alsó oldalán található három azonos méretű átmenő furat, valamint egy darab citromsárgán jelölt eltérő átmérőjű zsákfurat (3.1. ábra).

Elsősorban beszéljünk a zsákfuratba illeszkedő csapról. Ezt a csapot a megkülönböztetés véget citromsárga színnel jelöltem, valamint pozicionáló csapnak (4.3. ábra) neveztem el és a későbbiekben is így fogok hivatkozni rá.



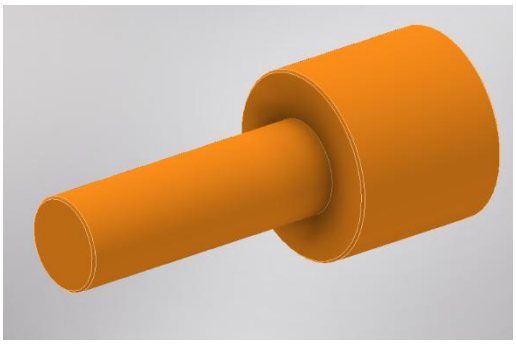
4.3. ábra. Pozicionáló csap 3D modellje

A képen (4.3. ábra) látható, hogy a pozicionáló csap különböző átmérőkből épül fel. A nagyobbik, úgynevezett fejrész fog a zsákfuratban illeszkedni, még a kisebbik szár rész a készülék lap átmenő furatába fog csatlakozni (4.10. ábra) (4.12. ábra). Azért döntöttem a két különböző átmérő mellett, mivel így biztosítani tudom a megfelelő felfekvést a pozícionáló csapnak a készülék lapon, ezzel nagyobb tartást létrehozva a kész teljes készüléknek. Kialakítását tekintve a 2. sz. mellékletben csatolt alkatrészrajzán jól látható, hogy az elem teljes hosszán végig megy egy furat. Ennek az átmenő furatnak fontos szerepe van, ugyanis enélkül nem tudnánk a csapágyfészket megfelelően illeszteni a csapokra. Hiánya során a pozícionáló csap felső felületénél és a csapágyfészek zsákfuratának aljánál légrés keletkezne, ami meggátolna a megfelelő illeszkedést. Mivel az elem teljesen átvan fúrva, immár a levegő szabadon fog tudni mozogni, ezzel elkerülve az említett légrés kialakulását.

A pozicionáló csap méretei a következőképpen alakulnak. Az elem teljes hossza 18 mm, amiből a speciális csapágyfészek zsákfuratába csatlakozó fejrész a furat hosszából kifolyólag 7 mm hosszú. Ezt a hosszméretet tűréssel láttam el, mégpedig a felső tűrése +0 mm és alsó tűrése pedig -0,1 mm. A felső tűrés értékét annak tekintetében

választottam, hogy a csapágyfészeknek fel kell teljesen feküdnie a készülék lapjára, ugyanis a megfelelő rögzítés csak ezáltal lesz elérhető. Az alsó tűrés pedig annak tekintetében lényeges, hogy maga az alkatrész már korábban említett rögzítő csavarral lesz felülről leszorítva, így ekkora mértékű hézag megengedett. A fejrész átmérője 6 mm, felső tűrése +0 mm alsó tűrése pedig -0,01 mm. Ezeket az értékeket a zsákfurat Ø6,006 ±0,006 mm mérettartománya alapján írtam elő. Az előírt tűrések lehetővé fogják tenni az alkatrész könnyű felhelyezését, valamint levételét, viszont kellően szoros kapcsolatot fognak teremteni a csapágyfészek és a pozícionáló csap között. A szár rész átmérőjénél a fejrész mérete volt a befolyásoló tényező. Ahogy nemrégiben már említettem fontos a fej megfelelő felfekvése a készülék lapon, ezzel biztosítva a megfelelő megtámasztást. Ennek tekintetében az átmérő 4 mm, amihez egy p6-os szabványos tűrést írtam elő. Ez az érték szintén a későbbiekben lesz fontos és részletesen megindokolva. Végezetül a pozícionáló csap átmenő furatának átmérője 2 mm. Ezt az értéket a falvastagság és a megmunkálhatóság tekintetében választottam. Kisebb furat átmérő esetén a falvastagság növekedne, viszont kimunkálásához ekkora átmérőn nincs megfelelő hosszúságú dolgozó résszel ellátott furószár.

A segéd csapok második típusát illesztő csapnak neveztem el, valamint narancssárga színnel jelöltem. A furatok számát illetően ebből a csap típusból három darab szükséges a készülékhez. Az alábbi képen (4.4. ábra) látható, hogy kialakítása a pozícionáló csaphoz képest hasonló, ám nem teljesen megegyező.



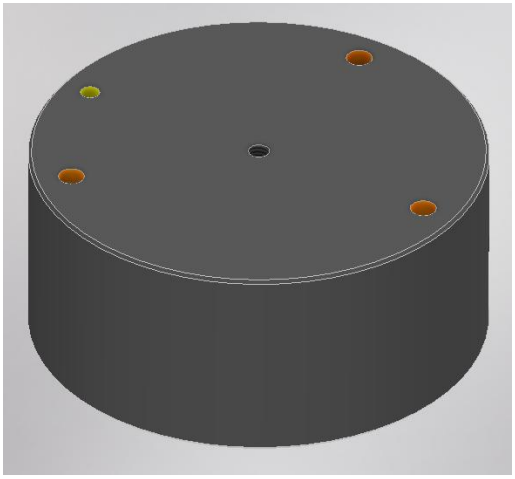
4.4. ábra. Illesztő csap 3D modellje

Az egyetlen számottevő különbség a kialakításában a levegő mozgását biztosító átmenő furat hiánya. Mivel az illesztő csapok a félkész munkadarab (4.2. ábra) átmenő furataiban fognak elhelyezkedni, így az elem fejrészénél nincs zárt terület, ahol légrés keletkezhetne.

Ebből kifolyólag az illesztő csapok átfúrása szükségtelen. A 2. sz. mellékletben található alkatrészrajzokon látható, hogy az illesztő csapok és a pozicionáló csap méretei és tűrései között sincs nagy különbség. Az eltérések a fejrész, illetve a szár rész átmérőjénél mutatkozik meg. Az illesztő csapok fejrészének átmérője 8 mm felső tűrése +0 mm, alsó tűrése -0,01 mm. A tűréseket a pozícionáló csap fejrészénél alkalmazott kigondolás szerint írtam elő, mivel az átmenő furatok méretei Ø8,008 ±0,008 mm. A szár rész átmérőjének mérete pedig 5 mm, amihez szintén p6-os szabványos tűrést választottam. A szár részhez szerelhetőség szempontjából választottam eltérő méretet a pozícionáló csaphoz képest. Mivel a két típus ezen részének méretei különböznek, így összeszerelésnél nem áll fent az a veszély, hogy a csapok nem a megfelelő helyre kerülnek a készülék lapon.

4.2.2 Készülék lap

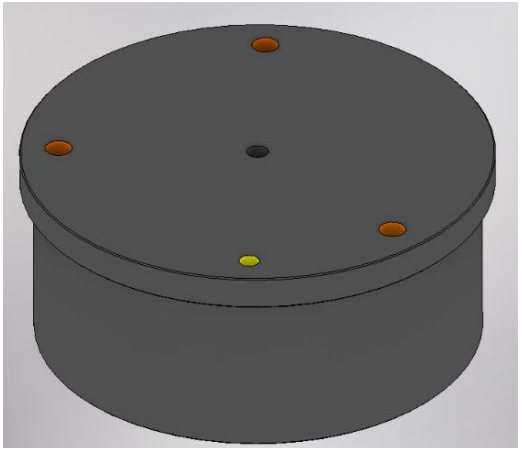
Az általam tervezett készülék alapját az úgynevezett készülék lap (4.5. ábra) adja, melynek feladata a speciális csapágyfészek megfelelő felfekvésének biztosítása.



4.5. ábra. Készülék lap 3D modellje

Magát a teljes készüléket egy hárompofás tokmány segítségével szeretném a megmunkáláshoz használt CNC megmunkálóközpont asztalához rögzíteni, ezzel biztosítva a kellő stabilitást a megmunkálás során. A készülék lap kialakítását ennek tekintetében terveztem meg. Az elem 3D modelljén (4.5. ábra) látható, hogy az

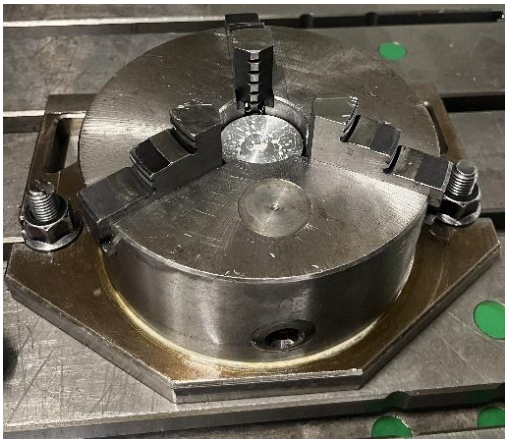
egészkészülék lap egy átmérőből épül fel. Kezdetben azonban magát a készülék lapot két különböző átmérőjű részből, úgynevezett vállas kialakítással terveztem meg (4.6. ábra).



4.6. ábra Készülék lap első változatának 3D modellje

Ennek a kialakításnak lényeges szerepe lett volna, ugyanis ezzel tudtam volna biztosítani a készülék lap megfelelő felfekvését a három pofás tokmányon. Ezt a kialakítást viszont a megmunkálhatóság miatt vetettem el. Ahhoz, hogy a készülék lap, valamint az alkalmazott tokmány teljesen síkban legyen egymással a készülék lap alsó és felső oldalát köszörülni kell. Azonban, ha a vállas kialakítást alkalmaztam volna, akkor a nagyobb átmérőjű rész (4.6. ábra) alsó felületét is köszörülni kellene, ennek azonban a kivitelezése a kialakítás és a méretek tekintetében nem lett volna lehetséges a cégen belüli technológiákkal. A készülék lapon található szélső zsákfuratok kiosztása az alkatrész azon furatainak osztókörei alapján lettek megtervezve, amikben a segéd csapok fognak illeszkedni. Ezek a furatok tehát a segédcsapok rögzítési pontjául szolgálnak a készülék lapon. Középen található egy menetes zsákfurat, amiben a már említett rögzítő csavar fog elhelyezkedni. A menetes furat azért került a készülék lap közepére, mivel a rögzítő csavar az alkatrész felső oldali középső hengeres süllyesztett furatában lesz beszerelve (4.1. ábra).

Miután megterveztem a készülék lap végleges koncepcióját neki láttam annak méretezésének. Az elem teljes magassága 30 mm, ezt az értéket a hárompofás tokmány kialakítása tekintetében határoztam meg (4.7. ábra).

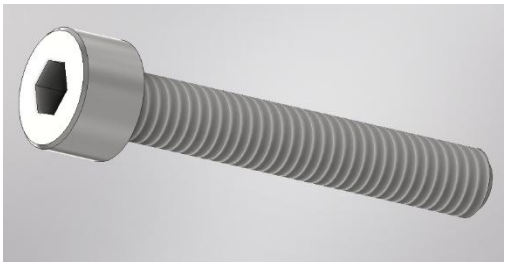


4.7. ábra. Három pofás tokmány

A tokmány belső átmérője 42 mm, ez azért fontos, mivel a készülék lap átmérője meghaladja ezt az értéket, ezáltal a pofák teljes felületét nem tudjuk kihasználni a rögzítés során. Ennek tekintetében tokmány pofáival csak 25 mm hosszan tudjuk megfogni a készülék lapot. Mivel a megmunkálás során nagy forgácsolási erők keletkezhetnek, ezért szükséges a megfelelő megfogás a pofák által, valamint kellő távolságot kell biztositani az alkatrész és a tokmány között. Tehát a 30 mm magasságot ezek tekintetében választottam meg. A segéd csapok helyét biztosító furatok hosszát azok szár részének hossza alapján határoztam meg, valamint H7-es szabványos tűrést írtam elő nekik. A készülék lap közepén található metrikus menettel ellátott 4 mm átmerőjű furat (4.5. ábra) méretét a kiválasztott rögzítő csavar alapján adtam meg. Mivel a speciális csapágyfészek teljes palást felülete is megmunkálásra kerül a tervezett készülékkel történő felfogáskor, így elengedhetetlen volt, hogy a készülék lap felső részének átmérője kisebb legyen az alkatrész legnagyobb átmérőjénél, ami 74 mm. Hiszen, ha a kettő méret megegyezik, vagy esetleg a készülék lap mérete nagyobb az alkatrésznél, akkor a szerszám könnyen ütközhet a készülékkel forgácsolás során. Ez alapján a készülék lap átmérője 70 mm, ennek az érték meghatározásánál a szabványos előgyártmány átmérőket is figyelembe vettem. Végezetül a készülék lap felső és alsó felületének 0,8 μm értékű felületi érdességet írtam elő. Mivel ahhoz, hogy a készülék teljesen síkban helyezkedjen el a tokmányon, valamint a speciális csapágyfészek a készüléken szükséges a készülék lap két oldalát köszörülni, ezzel lesz biztosítva a megfelelő felfekvésük. A méretezést követően elkészítettem a készülék lap alkatrészrajzát szintén az Autodesk Inventor szoftver segítségével. Az alkatrészrajz a 3. sz. mellékletben látható.

4.2.3 Rögzítő csavar

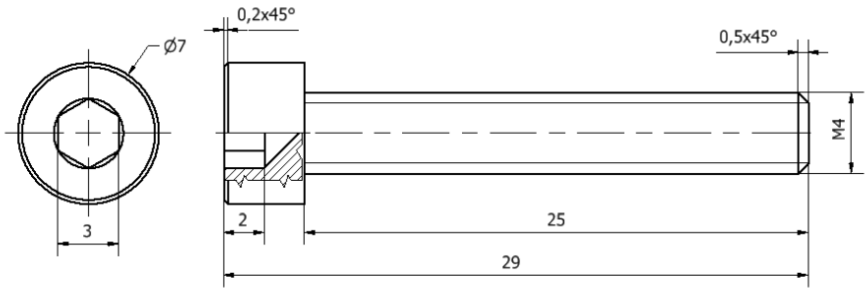
A speciális csapágyfészek felfelé irányuló axiális elmozdulásának meggátolására önmagában a tervezett összeszerelt készülék (4.11. ábra) nem alkalmas. Ebből kifolyólag szükség van egy olyan, a készüléken kívüli elemre, amely biztosítja az alkatrész megfelelő leszorítását, valamint lehetővé teszi a teljes felső felület megmunkálását az alkalmazott szerszámoknak. Kezdeti lépésként megvizsgáltam az alkatrész felső oldalának kialakítását (4.1. ábra). A felső oldalon található egy átmenő hengeres süllyesztett furat, amelynek vezetőfuratának átmérője 4,5 mm, valamint a süllyesztett rész átmérője 7 mm (1. sz. melléklet). A választásom egy DIN912 szabvány jelölésű M4x25 csavarra esett (4.8. ábra).



4.8. ábra. DIN912 M4x25 csavar 3D modellje

A csavar anyaga acél, valamint 12.9 a szilárdsági osztálya. A csavar kiválasztása több szempont szerint történt. Kezdeti szempontként megvizsgáltam, hogy a csavar fejéhez mennyire lehet hozzá férni majd becsavarás során. Mivel a csavar egy hengeres süllyesztett furatban lesz elhelyezve, így ebből kifolyólag esett a választásom belsőkulcsnyílású hengeres csavarfej típusra. A következő szempont a csavar szár részének mérete volt. Tekintettel arra, hogy a választott csavar egy 4,5 mm átmérőjű furatban lesz elhelyezve, ehhez az értékhez a legközelebbi szabványos méret a 4 mm volt. A szár rész szabványos hosszát a megmunkálhatóság alapján választottam ki. Túl hosszú szár rész esetén nem biztosított a megfelelő hosszúsággal rendelkező szerszám a készülék lap menetes furatának kimunkálásához. Ennek tekintetében esett a választásom a 25 mm hosszúságra, mivel így a csavar 11 mm mélyen fog fogni a készülék lapban és ehhez az értékhez még bőven található szerszám. Végezetül utolsó szempontként a csavarok szilárdsági osztályát vettem figyelembe. Mivel a speciális csapágyfészek anyaga viszonylag nehezen forgácsolható, így megmunkálás során a csavarnak nagy

igénybevételeknek kell ellenállnia. Ebből kifolyólag fontos volt, hogy a legnagyobb szilárdsági osztállyal rendelkezzen a választott csavar. A következő képen látható a csavar pontos felépítése, valamint méretei (4.9. ábra).



4.9. ábra. DIN912 M4X25 csavar rajza

4.2.4 Készülék anyaga

Készülék anyagának kiválasztásánál a megmunkálhatóságot, valamint a kopásállóságot vettem figyelembe. Fontosnak tartottam egy olyan anyag választását, ami könnyen forgácsolható, ám mégis jó mechanikai tulajdonsággal rendelkezik. Mivel a speciális csapágyfészek gyártandó darabszáma nagy, ezért az alkatrészek folyamatos cseréje a készülékben kopást idéznek elő. Ezzel a készülék éllettartama lecsökken, valamint nem lesz biztosított a megbízható, pontos működése a továbbiakban. Ebből kifolyólag elengedhetetlen, hogy az anyag megfelelő keménységgel, valamint kopásállósággal rendelkezzen.

A készülék anyagának kiválasztása során a választásom a C45 1.0503 minőségű anyagra esett. Ez az anyag egy ötvözetlen szerkezeti acél, amely nagy szilárdsággal, jó szívóssággal és közepes kopásállósággal rendelkezik. Mechanikai tulajdonságai edzéssel, valamint nemesítéssel megjobban fokozhatók. Ezek mellett az anyag könnyen megmunkálható, ennek köszönhetően gyakran és széleskörben alkalmazzák. Kiváló választás lehet fogaskerekek, dugattyúcsapok és tengelyek anyagának. Mindezek mellett felhasználási területei közé tartozik még a csavar-, illetve készülékgyártás, de az autóipar számos területén is előszeretettel használják. [19] [20] Az anyag kémiai összetétele a következő táblázatban látható (4.1. táblázat):

4.1. táblázat: C45 anyag kémiai összetétele 20°C-on. [19]

C	Si_{max}	Mn_{max}	P_{max}	S_{max}	Cr	Mo	Ni	EGYÉB
0,42-0,50	0.40	0,50-0,80	0,045	0,045	max0,04	max0,10	max0,04	Cr+Mo+Ni: (max0,63)

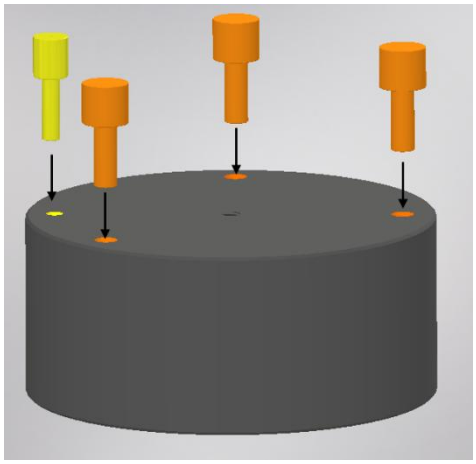
Az anyag pozitív tulajdonságai közé tartozik még, hogy rozsdásodás, valamint a korrózió ellen védve van. Hátránya viszont a rossz hegeszthetőség. Sűrűsége 7,85 $\frac{kg}{dm^3}$, ebből kifolyólag, miután ezt az értéket beállítottam az összeszerelt készülék 3D modelljének (4.11. ábra) az Autodesk Inventor programban, megkaptam, hogy a teljes készülék tömege 0,957 kg. [19] [20]

4.2.5 Készülék elemeinek összeillesztési technológiája

Mivel a tervezett készülék több elemből épül fel, ezért az elemek között biztosítani kell egy oldható vagy oldhatatlan kötést. Ilyen kötések például a ragasztás, a csavarkötés, valamint a hegesztés és a préselés, de számos kötési fajta létezik még. Kezdetben a készülék elemeit csavarkötés segítségével szerettem volna rögzíteni. Ezzel a kötéssel biztositani tudtam volna az elemek könnyű cserélhetőségét és karbantartását a kopások, illetve esetleges törések után. Hátránya viszont a plusz műveleti elemek lettek volna a gyártási fázisban, valamint a segéd csapok fejeinek kialakítása lehetővé kellett volna tegye a megfelelő meghúzást. Ezt viszont csak a fejrészek palást felületének lapolásával lehetett volna elérni, ami csökkentette volna a készülék és a speciális csapágyfészek közti megfelelő kapcsolatot. A csavarkötés ötletét tehát ezek miatt elvetettem.

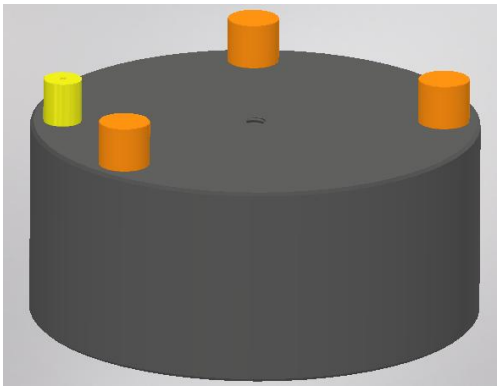
Végezetül a préselés mellett döntöttem, ugyanis ezzel gyorsan és hatékonyan hozható létre tartós kötés a tervezett készülék elemei között. Előnyei közé tartozik még, hogy nem igényel előkészítést, valamint külön megmunkálást a létrehozásához. Hátránya viszont, hogy nehezen oldható. Eleinte a préselést a cég műhelyében található hidraulikus műhelypréssel szerettem volna létrehozni, viszont a segéd csapok kis méretei miatt félő volt, hogy deformáció lépne fel az összeillesztés során. Ebből kifolyólag egy bronz kalapácsot és egy satut fogok alkalmazni. A bronz kalapáccsal finoman a helyükre kocogtatom a segéd csapokat, majd a készüléket elfordítva behelyezem azt egy satuba.

Végül a satu meghúzásából keletkező nyomó erő fogja teljesen a helyükre préselni a segéd csapokat. A készülék lap és segéd csapok H7 és p6 jelölésű szabványos tűréseit tehát a préselés tekintetében adtam meg. A könnyű átláthatóság érdekében készítettem egy útmutatót a készülék összeszereléséről. (4.10. ábra).



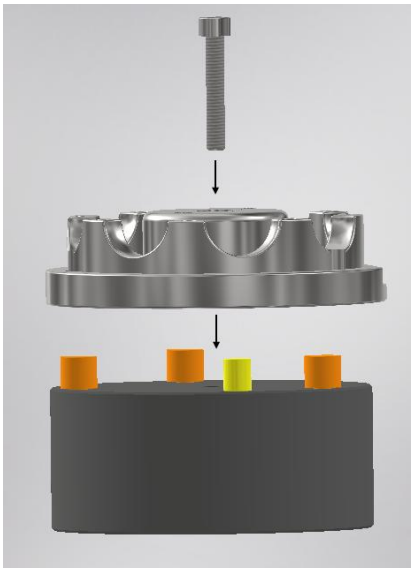
4.10. ábra. Készülék szerelése útmutatója

Az összeszerelt készülék 3D modellje a következő képen megtekinthető (4.11. ábra).



4.11. ábra. Összeszerelt készülék 3D modellje

A speciális csapágyfészek felhelyezésének átláthatóságának érdekében akárcsak a készülék lap összeszerelésénél, itt is készítettem egy útmutatót, ami az alábbi képen látható a következő oldalon (4.12. ábra).



4.12. ábra. Speciális csapágyfészek felhelyezésének útmutatója

Az elkövetkezendő képen megfigyelhető a tervezett készülék és a már rá felhelyezett speciális csapágyfészek (4.13. ábra).



4.13. ábra. Készülékben rögzített alkatrész 3D modellje

A képekről (4.11. ábra) (4.13. ábra) készült összeállítási műhelyrajzok a 4. sz. mellékletben találhatók.

5. Forgácsolás műveléttervezés

Ebben a fejezetben ismertetni fogom a tervezett készülék elemeinek, valamint a speciális csapágyfészek forgácsolási műveleteinek lépésit, a használt szerszámokat, valamint a kiszámolt és alkalmazott paramétereket. A forgácsoláshoz szükséges paramétereket tapasztalati úton, valamint a Walter online katalógusából [21] fellelhető adatokból határoztam meg. A műveleti utasítások és a felfogási tervek, valamint az elkészített szerszámterv a mellékletekben találhatók (5. sz. melléklet) (6. sz. melléklet) (7. sz. melléklet). A választott szerszámok, valamint a szerszámbefogó készülékek és a szerszámtervben azokról felhasznált képek a Walter online katalógusából származnak. [21] A felhasznált képletek és a benne szereplő jelölések forrása a Műszaki táblázatok című könyv. [22] Az elkövetkezendő részben ismertetni fogom a számítás során felhasznált összefüggéseket.

A fordulatszám számításánál alkalmazott összefüggés esztergálás során [22]:

$$n = \frac{V_C \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad (5.1)$$

ahol: n: fordulatszám [1/min];

V_C*:* forgácsoló sebesség [m/min];

D: legnagyobb esztergálandó átmérő [mm];

A fordulatszám számításánál alkalmazott összefüggés marás és fúrás során [22]:

$$n = \frac{V_C \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad (5.2)$$

ahol: n: fordulatszám [1/min];

V_C*:* forgácsoló sebesség [m/min];

D: szerszám átmérője [mm];

A fordulatszám számításánál alkalmazott összefüggés köszörülés során [22]:

$$n_k = \frac{V_C}{D_k \cdot \pi} \quad (5.3)$$

ahol: n_k: fordulatszám [1/min];

V_C: forgácsoló sebesség [m/min];

D_k: köszörűkorong átmérője [m];

Az előtoló sebesség számításánál alkalmazott összefüggés fúrás során [22]:

$$V_f = n \cdot f \quad (5.4)$$

ahol: V_f: előtoló sebesség [mm/min];

n: fordulatszám [1/min];

f: előtolás [mm];

Az előtoló sebesség számításánál alkalmazott összefüggés marás során [22]:

$$V_f = n \cdot f_z \cdot z \quad (5.5)$$

ahol: V_f: előtoló sebesség [mm/min];

n: fordulatszám [1/min];

f_z*: fogankénti előtolás [mm]*;

z: fogszám [db];

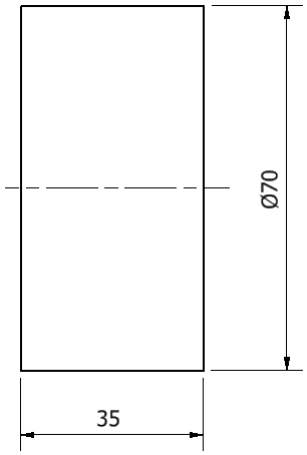
5.1 Készülék lap művelettervezése

A készülék lap C45 jelölésű anyagához egy szabványos méretű D70 X 3000 mm hidegen húzott szerkezeti kör acélt választottam a nagy méretpontossága végett. A hosszméret során a szabványos méretek közül a legrövidebbet választottam. Azért esett a

választásom a szabványos méretre, ugyanis az anyag széleskörben felhasználható, így nem hátrány, ha van a cég raktárán belőle. A 70 mm-es átmérőt azért választottam, ugyanis a készülék lap legnagyobb átmerőjének felületi minősége nem számottevő, valamint a húzott anyag nagy méretpontossággal rendelkezik. Ezek következtében a műveleti elemek számát és előállításának idejét redukálni tudom azáltal, hogy a 70 mm átmérőjű részt nem kell előállítanom forgácsolás segítségével.

I. Művelet: Darabolás

Első műveletként az anyagot a cég forgácsoló műhelyében található ARG 300 CF-NC fűrésszel fogom ledarabolni a kívánt méretre. Darabolási hossznak 35 mm értéket határoztam meg, ezzel kellő ráhagyást biztosítva a következő műveleteknek. A fűrészen beállítható szalagsebesség (V_{sz}) tartománya $15\ \frac{m}{min} - 90\frac{m}{min}$, ebből én a gépen $45\ \frac{m}{min}$ értéket állítottam be. Az alábbi képen látható a darabolás után kapott méretek (5.1. ábra).

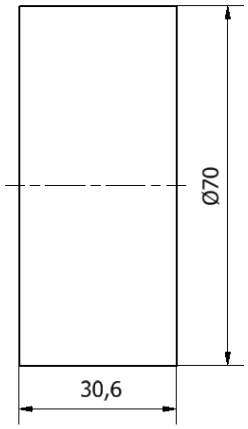


5.1. ábra. Készülék lap I. művelete után kapott méretek

II. Művelet: Esztergálás

A készülék lap második művelete az esztergálás, ahol is az alsó és felső oldalának oldalazását végzem el. Fontos megemlíteni, hogy mind kettő oldalon hagyok 0,3 mm ráhagyást, mivel a készülék lapot a későbbiekben köszörülni kell. A használt berendezés az SN500 Classic esztergagép, valamint a munkadarab megfogására szabályozott kemény

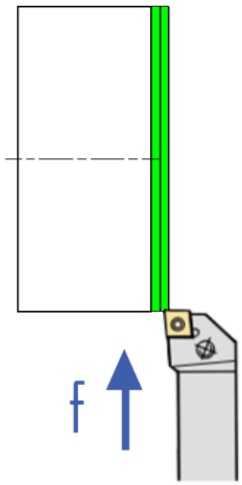
pofákkal rendelkező 3 pofás tokmányt alkalmazok. A következő képen megtekinthető a készülék lap esztergálás után kapott méretei (5.2. ábra).



5.2. ábra. Készülék lap II. művelete után kapott méretek

2.1. Oldalazás I.-II.

Az esztergálás első műveleti eleme az oldalazás, amit egy CNMG120404-MU5 WPP10G jelölésű lapkával fogok elvégezni. Elsőnek beállítom a gépen az előtolást, ami ebben az esetben 0,05 mm, majd a kiválasztott 300 $\frac{m}{min}$ forgácsoló sebesség alapján a fordulatszám értékét 1250 $\frac{1}{min}$-re állítottam be (5.1). A beállításokat követően érintő fogást veszek a munkadarab homlokfelületén, majd elállok róla. A fogásvétel 1,1 mm és két lépésben végzem el az oldalazást. A következő képen látható az oldalazás elvi vázlata (5.3. ábra).

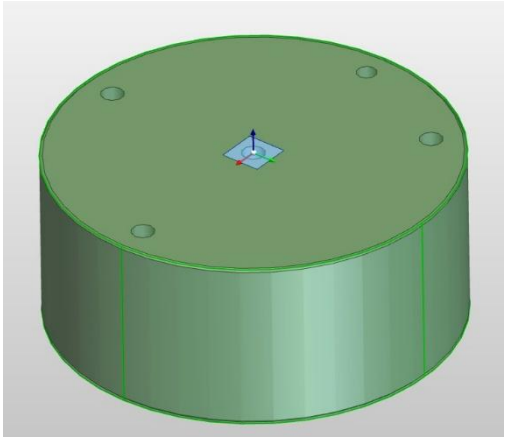


5.3. ábra. Készülék lap oldalazás I.-II. elvi vázlata

Miután elvégeztem az egyik oldal oldalazását a munkadarabot kiveszem a tokmányból, majd meg fordítva újra rögzítem. Ezt követően ugyan ezekkel a paraméterekkel és elvvel elvégzem a másik oldal oldalazását.

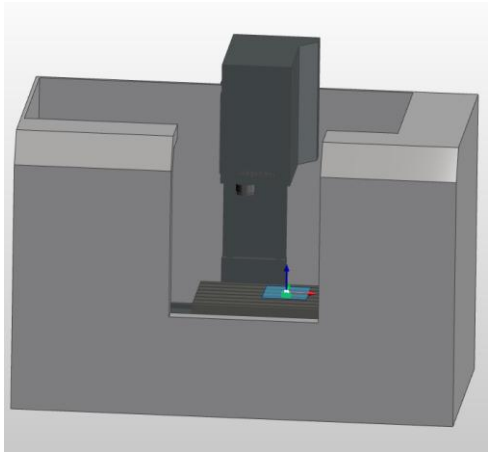
IV. Művelet: CNC marás

A készülék lap utolsó előtti műveleti eleme a CNC marás, amit a műhelyben használt Optimill F150 CNC megmunkálóközpont segítségével hajtok végre. A gép maximális fordulatszáma 10000 $\frac{1}{min}$, valamint Sinumerik 828D vezérlés található rajta. A félkész munkadarabot egy 3 pofás tokmány segítségével rögzítem. A készülék lap gyártásának III. műveletét az EdgeCam szoftver segítségével terveztem meg. Kezdeti lépésként a programban megnyitottam a készülék lap 3D modelljét, majd ezt követően meghatároztam annak előgyártmányát (5.4. ábra).



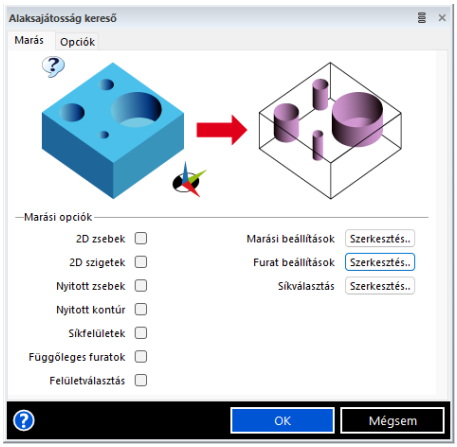
5.4. ábra. Készülék lap előgyártmánya

Következő lépésként meghatároztam a munkadarab nullpontját, amit az alkatrész felső oldalának közepére vettem fel (5.4. ábra). A nullpont felvétele után elindítottam a szoftveren belül egy úgynevezett „program készítés” parancsot, amiben beállítottam a cégnél használt CNC megmunkálóközpontot, mint a művelet során használandó szerszámgépet (5.5. ábra).



5.5. ábra. Használt szerszámgép

A megmunkálás tervezését megelőzően a programban beállítottam a használt szerszámokat és a hozzá tartozó méretbeli értékeket. Miután a szerszámok betáplálása sikeresnek bizonyult, elindítottam az „alaksajátosság keresés” parancsot (5.6. ábra).



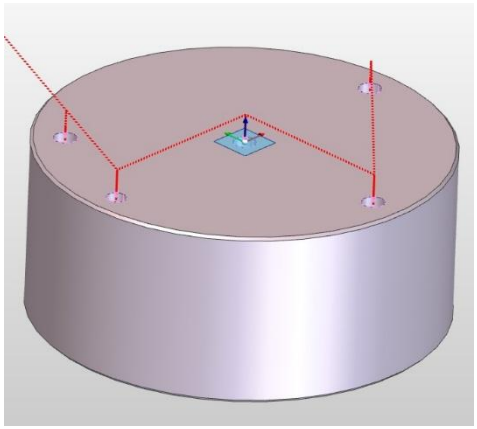
5.6. ábra. Alaksajátosság kereső ablak

Az EdgeCam-en belül ez a funkció lehetővé teszi az alkatrész elemekre való bontását a kialakításának tekintetében, ezzel megkönnyítve a gyártás megtervezését. A készülék lap esetében csak furatok lesznek kimunkálva, így a 5.8. ábrán látható furat beállításokat használtam fel az alaksajátosságok beállítása során. Miután a program sikeresen beazonosította a kívánt alaksajátosságokat neki láttam a megmunkálás megtervezésének. A szakdolgozat terjedelmének tekintetében a műveleti elemeket nem fejtem ki teljes egészében, csak a tervezés, valamint a gyártás megismételhetőségéhez szükséges fontos információkat fogom ismertetni. Minden egyes elemnél a nullpont síkjához képest a biztonsági távolságot 5 mm távolságra állítottam, valamint csak ciklusokat alkalmaztam.

Ezek mellett fontos megemlíteni, hogy a fúrások mélységénél „teljes mélység” lehetőséget állítottam be, valamint a köszörülési ráhagyások miatt a központfúrást leszámítva az alkatrészrajzon található méretekhez képest minden mélység 0,3 mm-rel megvan növelve.

3.1. Központfúrás

Az első műveleti elem a központfúrás, amit a nullpont síkjától 1 mm mélységben végzek el „fúrás” ciklus segítségével. A választott szerszám A1115-10 jelölősű NC központfúró. Az alaksajátosságok közül az összes furatot jelöltem ki, így az összes furat központozását egy műveletben végzem. Az útvonal optimalizálásánál a „legközelebbi” lehetőséget választottam. A katalógus adatok alapján az előtolás értéke 0,08 mm, valamint a kiválasztott forgácsoló sebesség 25 $\frac{m}{min}$. Ezekből az adatokból meghatároztam a fordulatszámot, ami 3978 $\frac{1}{min}$ és az előtoló sebességet, ami 318 $\frac{mm}{min}$ lett (5.2) (5.4). Az alábbi képen látható a központfúrás szerszámpályája (5.7. ábra).

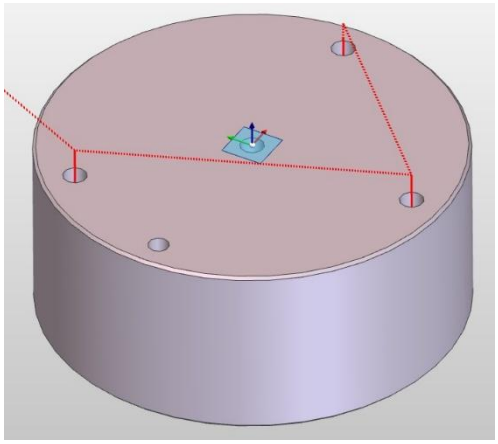


5.7. ábra. Központfúrás szerszámpálya

*3.2. Fúrás I. (*Ø4,9 mm x 12,5 mm)

A következő műveleti elem az illesztő csapok helyét szolgál furatok elkészítése. Szerszámnak A1511-4.9 jelölésű csigafúrót választottam. A nullpont síkjától a mélység 11,8 mm, amit 3 mm nagyságú fogásokkal végzek el. Az alkalmazott ciklus szintén „fúrás” ciklus és az útvonal optimalizálás szintén „legközelebbi”. Katalógus alapján a

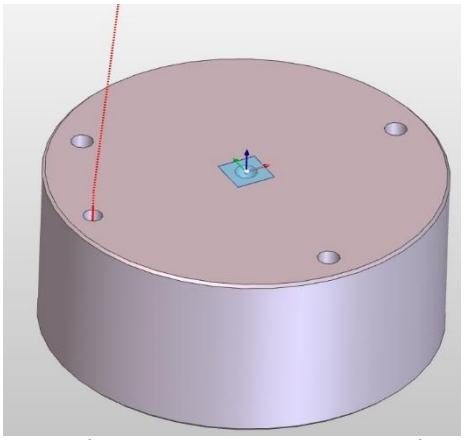
kiválasztott előtolásom szintén 0,08 mm. Forgácsolási sebességnek 18 $\frac{m}{min}$ határoztam meg, amiből a kiszámolt fordulatszám 1469 $\frac{1}{min}$ lett. A kiszámolt előtoló sebesség pedig 117 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A fúrás szerszámpályája a következő képen látható (5.8. ábra).



5.8. ábra. Fúrás I. szerszámpálya

*3.3. Fúrás II. (*Ø3,9 mm x 12,5 mm)

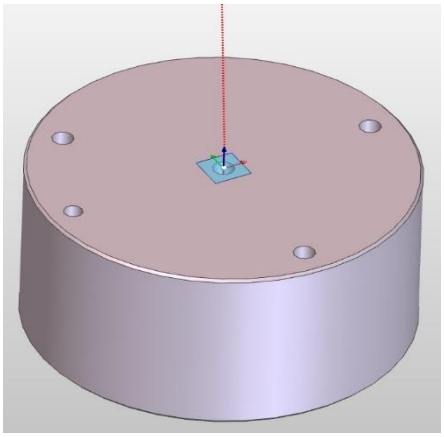
Harmadik lépésben a pozicionáló csap furatát készítem el. A ciklus továbbra is „fúrás” és a választott szerszám A1511-3.9 jelöléssel ellátott csigafúró. A fúrás mélységének 11,8 mm-et állítottam. Fogásmélység 3 mm, de a fogások egyenletes elosztásáról a program fog gondoskodni. Az előző fúráshoz képest az előtolás és a forgácsolási sebesség értékét visszavettem. Ebből kifolyólag az előtolás 0,05 mm és a forgácsolási sebesség 16 $\frac{m}{min}$. Ezekből az értékekből kapott fordulatszám 1756 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség pedig 87 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A képen látható a művelet szerszámpályája (5.9. ábra).



5.9. ábra. Fúrás II. szerszámpálya

*3.4. Fúrás III. (*Ø3,3 mm x 14 mm)

Negyedik lépésben a rögzítő csavarnak szánt menetes furat előfuratát munkáltam ki. Mivel kész menetes furat 4 mm átmérőjű metrikus furat, ezért a szabvány szerint 3,3 mm átmérőjű furatot készítek előfurat gyanánt. A használt szerszám A1511-3.3 csigafúró és továbbra is „fúrás” ciklust alkalmazok. A fúrás mélységé a nullpont síkjától 13,8 mm, a fogásmélység 2 mm. A katalógus alapján választott előtolás 0,08 mm, a forgácsoló sebesség pedig 18 $\frac{m}{min}$. A számolás után kapott fordulatszám 1736 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség 138 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A negyedik művelet szerszámpályája itt látható (5.10. ábra).



5.10. ábra. Fúrás III. szerszámpálya

3.5. Menetfúrás

Következő lépés a menetfúrás. Szerszámnak D7063700-M4 jelű menetfúrót választottam. Mélységnek 12,6 mm-et állítottam be a rögzítő csavar szár hosszának tekintetében, valamint a fogásmélység 3 mm. Alkalmazott ciklus „menet fúrás”, viszont a program észleli, hogy menetről van szó, ezért az előtolás értéke automatikusan beállított. Forgácsoló sebességnek 15 $\frac{m}{min}$ értéket választottam, amiből az átszámolt fordulatszám 1193 $\frac{1}{min}$ (5.2). A generált szerszámpálya megegyezik a 5.10. ábrán látottal.

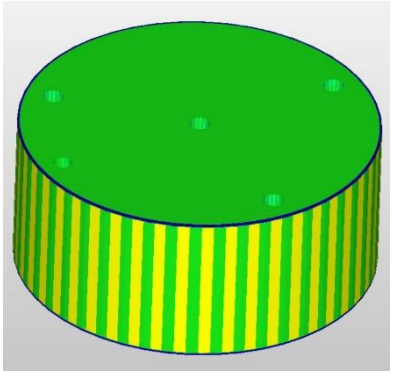
*3.6. Dörzsárazás I. (*Ø5 mm x 11 mm)

Utolsó előtti lépésként az illesztő csapok furatainak dörzsárazását végeztem el. A megmunkáláshoz „fúrás” ciklust alkalmaztam, azon belül „dörzsárazás” stratégiát. Az útvonal optimalizálás lehetőségnél „legközelebbi” opciót választottam. Mélységnek a nullpont síkjától 11,8 mm értéket adtam meg. A használt szerszám F2171-5 jelű dörzsár. A katalógus alapján a választott forgácsoló sebességem 15 $\frac{m}{min}$ és az előtolás értéke 0,1 mm. A kiszámolt fordulatszám 1193 $\frac{1}{min}$ az előtoló sebesség pedig 119 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A dörzsárazás során kapott szerszámpálya megegyezik a 5.8. ábrán lévővel.

*3.7. Dörzsárazás II. (*Ø4 mm x 11 mm)

Utolsó lépésként a pozicionáló csap furatának dörzsárazását végeztem el. Mélységnek az illesztő csapok dörzsárazásával megegyezően 11,8 mm értéket állítottam be. A használt szerszám jele F2171-4. Az alkalmazott ciklus és stratégia az illesztő csapok dörzsárazásával azonos. A katalógusból kiválasztott előtolás értéke 0,1 mm, a forgácsoló sebesség pedig 12 $\frac{m}{min}$. Az így kapott fordulatszám 1273 $\frac{1}{min}$ az előtolás sebessége pedig 127 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A dörzsárazás során kapott szerszámpálya megegyezik a 5.9. ábrán lévővel.

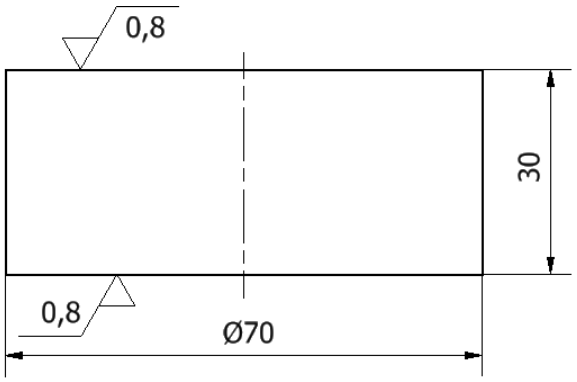
Az utólagos sorja eltávolítása kézi sorjázó szerszámmal történik. A következő képen látható az EdgeCam programban a készre megmunkált készülék lap 3D modellje. (5.11. ábra).



5.11. ábra. Készülék lap teljesen megmunkált 3D modellje EdgeCam szoftverben

IV. Művelet: Köszörülés

A készülék lap utolsó művelete a köszörülés, amely során a felső és alsó oldalának megfelelő felületi érdességét állítjuk elő, ezzel biztosítva a párhuzamosságot a tokmány és a speciális csapágyfészek között. A köszörűléshez az SG-2050 AHR síkköszörűt alkalmazom, amelynek a maximális fordulatszáma 2850 $\frac{1}{min}$. Az alkatrész felfogásához a berendezés mágnes asztalát fogom alkalmazni, ugyanis a C45-ös anyag mágnesezhető tulajdonságokkal rendelkezik. A köszörülést három lépésben fogom elvégezni, még pedig lesz egy durva-, egy finom-, majd végezetül egy simító köszörülés. A következő képen látható a köszörülés utáni mérteket (5.12. ábra).



5.12. ábra. Készülék lap IV. művelete után kapott

A három lépéshez három különböző alumínium-oxid alapú korongokat fogok alkalmazni, amiket a műhelyben találtam. Mindegyik korong átmérője 200 mm, valamint ezen kívül csak szemcseméretben térnek el egymástól.

4.1. Durva köszörülés

A köszörülés első lépése a durva köszörülés, ahol cél a nagy mennyiségű anyag leválasztása minél rövidebb idő alatt. Ehhez a műveleti elemhez A36 jelölésű korongot alkalmazok, az A jelölés az alumínium-oxidot, még a 36-os szám a szemcseméretet jelöli. Ez a koron kimondottan durva köszörülésre alkalmas. Az asztal előtoló sebességét 150 $\frac{mm}{min}$ értékre vettem, a fordulatszámot pedig a maximálisra állítottam. A fogásmélységem 3 fogáson keresztül 0,08 mm.

4.2. Finom köszörülés

Következő lépésben egy A60 jelölésű korongot alkalmazok, ami már egy sokkal finomabb szemcseszerkezettel rendelkező köszörűkorong. A fordulatszámot az előző köszörűléshez képest nem változtatom, csak az előtoló sebességet veszem visszább 120 $\frac{mm}{min}$ értékre. A fogásmélységem 0,02 mm és két fogásban végzem el a műveletet.

4.3. Simító köszörülés

A végső felületi érdesség eléréséhez már egy A120 jelölésű nagyon finom szemcseszerkezettel rendelkező köszörűkorongot alkalmazok. A fordulatszám értékét továbbra is maximálisan hagyom, viszont az asztal előtoló sebességét lejjebb veszem 100 $\frac{mm}{min}$-re. A megfelelő felületi érdesség elérésének érdekében itt már 0,01 mm-es fogásmélységgel dolgozok 2 fogáson keresztül.

5.2 Pozicionáló csap művelettervezése

A készülék lap előgyártmányát a készülék lap előgyártmányának meghatározása alapján választottam ki. Ennek következtében a választott előgyártmányom egy C45 anyagú D10 X 3000 mm méretű hidegen húzott szerkezeti acélra esett.

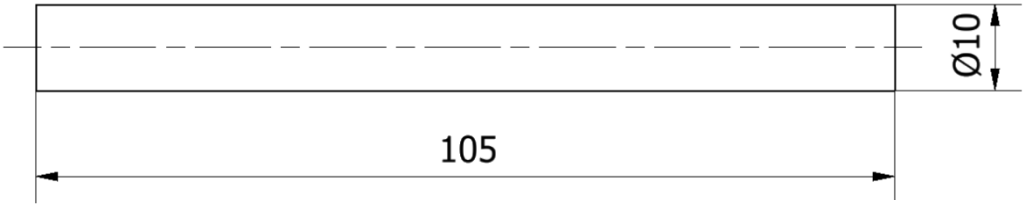
I. Művelet: Darabolás

Kezdeti lépésként elvégzem az előgyártmány darabolását ugyan azzal a berendezéssel és beállított paraméterekkel, mint a készülék lapnál. A darabolási hossz 105 mm, ezt az értéket az alábbiak szerint határoztam meg:

$$L = \big(N \cdot (L_d + R)\big) + \ (3 \cdot \ s) = \ \big(4 \cdot (18 + 1)\big) + \ (3 \cdot \ 2) = 82 \text{ mm}$$

Az N jelöli a kívánt darabszámot, az L_d az alkatrész teljes hossza, az R a ráhagyást jelöli, még az s pedig a leszúrókés szélességét. Viszont a 105 mm annak függvényében jött ki, hogy egy esetleges selejt gyártásakor a vágott anyagból szeretnénk, hogy kijöjjön még

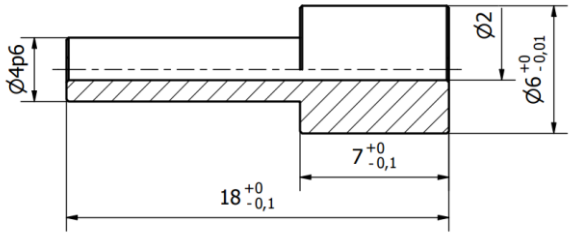
egy plusz segéd csap, így ez alapján megnöveltem a 82 mm értéket 105mm-re. A következő képen látható a darabolás utáni méretek (5.13. ábra).



5.13. ábra. Pozicionáló csap I. művelete után kapott méretek

II. Művelet: Esztergálás

A következő művelet az esztergálás, ahol az SN500 Classic helyett egy E3N-01 jelölésű esztergagépet használok. Ez a gép tökéletes kisebb méretű alkatrészek forgácsolásához, mint például ebben az esetben a segéd csapokhoz. A gépen beállítható maximális fordulatszám 2500 $\frac{1}{min}$. Megfogásra pedig egy 3 pofás tokmányt alkalmazok. A következő képen látható az esztergálás után kapott méretek (5.14. ábra).

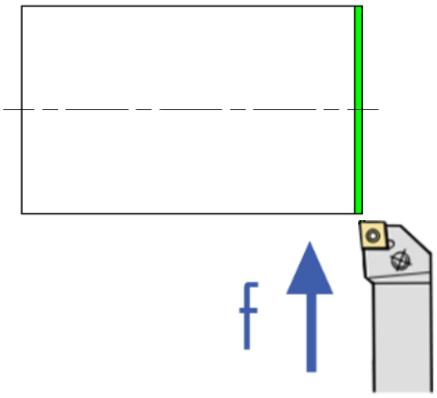


5.14. ábra. Pozicionáló csap II. művelete után kapott méretek

2.1. Nagyoló oldalazás

A pozicionáló csap esztergálásának első művelete a nagyoló oldalazás, amit a készülék lapnál is használt CNMG120404-MU5 WPP10G jelölésű lapkával végzek el. Kezdeti lépésként itt is beállítottam a gépen az előtolást, a beállított érték 0,16 mm, a forgácsoló sebesség pedig 30 $\frac{m}{min}$. Ez alapján a beállított fordulatszám 800 $\frac{1}{min}$ lett (5.1). Miután beállítottam az értékeket veszek egy érintő fogást a homlokfelületen, majd az elállást

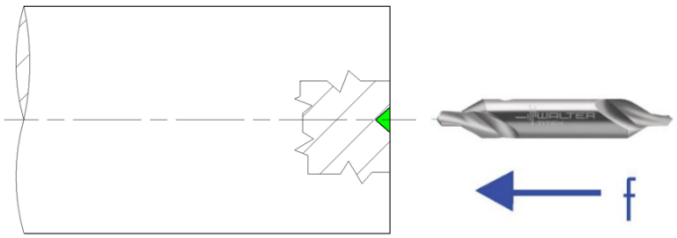
követően 1 mm-es fogást veszek. A következő képen megfigyelhető a pozicionáló csap nagyoló oldalazásának elvi vázlata (5.15. ábra).



5.15. ábra. Pozicionáló csap nagyoló oldalazásának elvi vázlata

2.2. Központfúrás

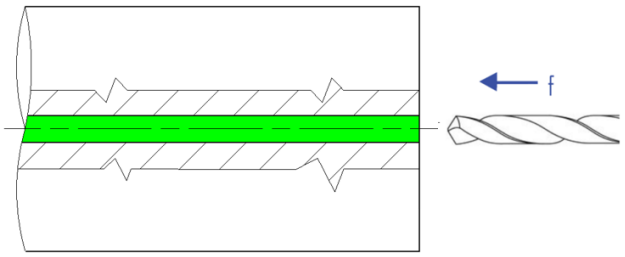
Következő lépésben elvégzem a központfúrást. Itt szerszámnak K1111-2.5 jelölésű központfúrót választottam. A választott forgácsoló sebességem 3,5 $\frac{m}{min}$ és az ez alapján beállított fordulatszám 900 $\frac{1}{min}$ lett (5.2). Az előtolást kézzel végzem el 0,5 mm mélyen, pont annyira, hogy kellő bevezetést biztosítsak a következő műveletben szereplő fúrásnak. A következő képen látható a központfúrás elvi vázlata (5.16. ábra).



5.16. ábra. Pozicionáló csap központfúrásának elvi vázlata

*2.3. Fúrás (*Ø2 mm x 18 mm)

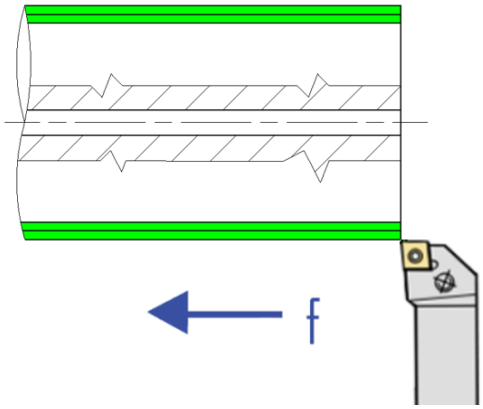
A központfúrást követően elvégzem a munkadarab átfúrását, amihez a használt szerszám egy A1511-2 HSS spirálfúró. A központfúráshoz képest a paramétereken nem változtatok, viszont itt sokkal óvatosabban hajtom végre a műveletet a szerszám kis átmérője végett. Az alábbi képen megtekinthető a fúrás elvi vázlata (5.17. ábra).



5.17. ábra. Pozicionáló csap fúrásának elvi vázlata

*2.4. Nagyoló hosszesztergálás I. (*Ø6 mm x 20 mm)

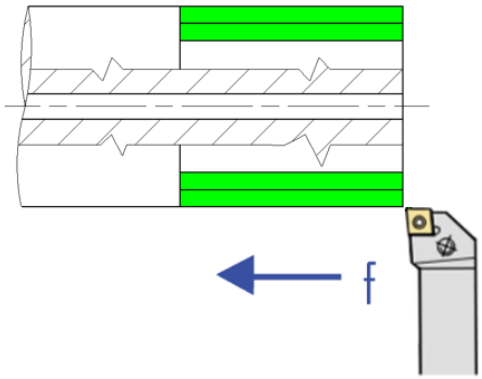
A fúrás végeztével vissza cserélem a szerszámot az oldalazás során alkalmazott nagyoló lapkára. A pozicionáló csap teljes hosszúsága 18 mm, viszont azért, hogy a leszúrás során kisebb legyen a fogásmélység 20 mm hosszúságig forgácsolom le a munkadarabot. Simítási ráhagyásnak 0,2 mm-ert hagyok, a gépen beállított előtolás értéke 0,24 mm, valamint a választott forgácsoló sebesség $30\ \frac{m}{min}$. A forgácsoló sebesség alapján beállított fordulatszám $800\ \frac{1}{min}$ (5.1). A beállításokat követően a keresztszánnal érintőt veszek a palást felületen, majd leszedek 1,9 mm-ert és ezt megismétlem. A képen látható a művelet elem vázlata (5.18. ábra).



5.18. ábra. Pozicionáló csap nagyoló hosszesztergálás I. elvi vázlata

2.5. Nagyoló hosszesztergálás II. (Ø4 mm x 11 m)

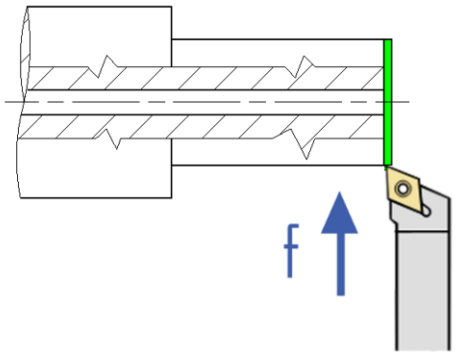
Következő lépésben a pozicionáló csap szár részét nagyolom hosszban. A ráhagyás továbbra is 0,2 mm, valamint a használt szerszám és a beállított paraméterek sem változnak az előző művelet elemhez képest. A fogásmélység 1 mm és két fogásból szedem le az anyagot. A képen látható a megmunkálás elvi vázlata (5.19. ábra).



5.19. ábra. Pozicionáló csap nagyoló hosszesztergálás II. elvi vázlata

2.6. Simító oldalazás

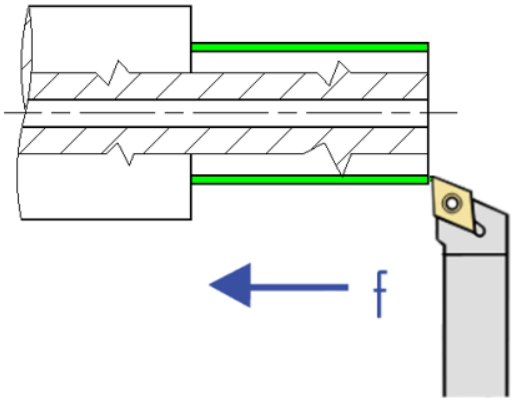
A nagyoló hossz esztergálások befejeztével a szerszámot átcserélem a DNMG150404-FP5 WPP10G jelölésű simító lapkára. A nagyolásokhoz képest az előtolás értékét visszaveszem 0,05 mm-re, a gépen pedig a fordulatszámot beállítom 1250 $\frac{1}{min}$-re, amit a kiválasztott 40 $\frac{m}{min}$ forgácsoló sebesség alapján határoztam meg (5.1). A beállításokat követően megérintem a szerszámmal a munkadarab homlokfelületét és a ráhagyott 0,2 mm-ert egy fogásból leszedem gépi előtolással. A pozicionáló csap simító oldalazásának elvi vázlata az alábbi képen látható (5.20. ábra).



5.20. ábra. Pozicionáló csap simító oldalazásának elvi vázlata

*2.7. Simító hosszesztergálás I. (*Ø4 mm x 11 mm)

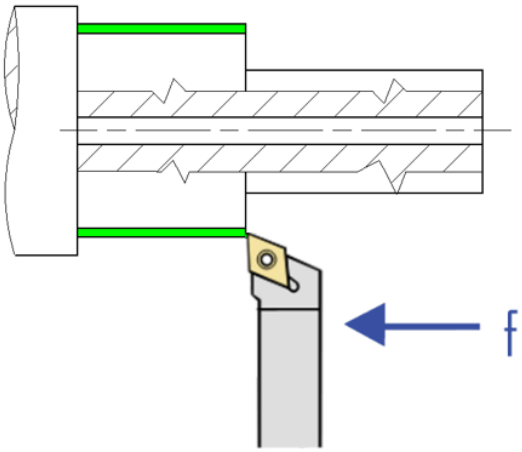
A simító oldalazás végeztével ugyan azzal a szerszámmal hosszban besimítom a pozicionáló csap szár részét. Az előtolás értékét a simító oldalazáshoz képest nem változtatom meg, csak a forgácsoló sebesség értékékét csökkentem le 15 $\frac{m}{min}$-re. Ebből adódóan a beállított fordulatszám itt is 1250 $\frac{1}{min}$ (5.1). Következő lépésként megérintem a munkadarab palást felületét és egy fogásból leesztergálom 0,2 mm simítási ráhagyást. Az alábbi képen látható az elvi vázlat (5.21. ábra).



5.21. ábra. Pozicionáló csap simító hosszesztergálás I. elvi vázlata

2.8. *Simító hosszesztergálás II. (*Ø6 mm x 9 mm)

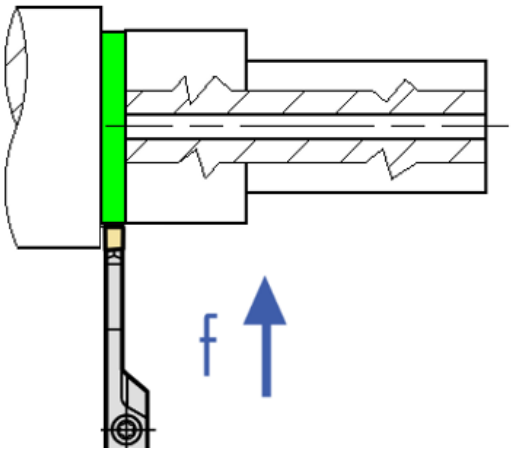
A pozicionáló csap fej részének hosszban történő simítása a választott forgácsoló sebesség kivételével teljes mértékben megegyezik az előző simító hosszesztergálással. Ennél a műveletnél a választott forgácsoló sebesség értéke 25 $\frac{m}{min}$, ami alapján a beállított fordulatszám továbbra is 1250 $\frac{1}{min}$ (5.1). A következő oldalon látható megtekinthető a művelet elem elvi vázlata (5.22. ábra).



5.22. ábra. Pozicionáló csap simító hosszesztergálás II. elvi vázlata

2.9. *Leszúrás*

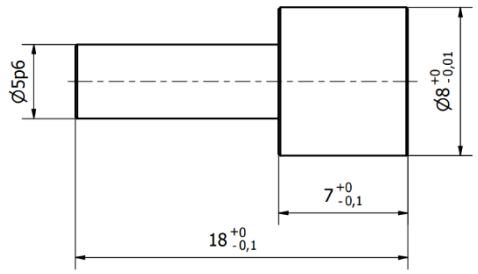
Utolsó műveleti elemként a munkadarabot leszúrom, amihez egy GX16-1E200N02-CF5 WSM23S jelölésű leszúró lapkát fogok alkalmazni. Először a gépen beállítottam a fordulatszámot 900 $\frac{1}{min}$-re, amit a kiválasztott 20 $\frac{m}{min}$ érték alapján határoztam meg (5.1). Ezt követően a munkadarab homlokfelületén érintőt veszek, majd a hossz szánnal a kívánt hosszúsághoz állok. Ezek után a keresztszánnal kézi előtolással leszúrom a munkadarabot. A következő oldalon látható a pozicionáló csap utolsó műveletének elvi vázlata (5.23. ábra).



5.23. ábra. Pozicionáló csap leszúrásának elvi vázlata

5.3 Illesztő csap művelettervezése

A segédcsapok méretbeli hasonlósága véget és az anyag spórolás szempontjából egy előgyártmányt használok mind a kettő csap típus forgácsolásakor. Ennek következtében az I. művelet, ami a darabolás teljes mértékben megegyezik, valamint a műveletek sorrendje az említett méretbeli hasonlóságok miatt is azonos. A megmunkálás során az egyetlen különbség az illesztő csap forgácsolásánál a fúrások hiánya. Az esztergáláshoz használt szerszámok szintén megegyeznek, valamint a beállított paraméterekben egyedül a választott forgácsolási sebességek térnek el a két segéd csap típus között. Tartalmi szempontból az említettek alapján az illesztő csap műveleteit nem részletezem. A részletes megmunkálás megtalálható az 5. sz. mellékletekben található műveleti utasításokban. Az alábbi képen látható az illesztő csap II. művelete után kapott végleges méretiéi (5.24. ábra).



5.24. ábra. Illesztő csap II. művelete után kapott végleges méretek

5.4 Speciális csapágyfészek művelettervezése

A speciális csapágyfészek X153CrMoV12 anyagához egy nem szabványos hosszúságú hengerelt előgyártmányt választottam, ami már elő van munkálva a kívánt méretre. Az előmunkálásra azért van szükség, mivel a hengerlés következtében az anyag külső rétegén reve, úgynevezett oxidréteg keletkezik, ami jelentős koptató hatással bír a használt szerszámokkal szemben. Mivel ennek az oxidrétegnek az eltávolítása szükséges a további megmunkálásokhoz, ezért célszerűbbnek találtam egy már előmunkált előgyártmány választását ezzel elkerülve a plusz felfogásokat, amit az oxidréteg eltávolítása vonna maga után. Az előgyártmány mérete D75 X 430 mm. A hosszúságot a

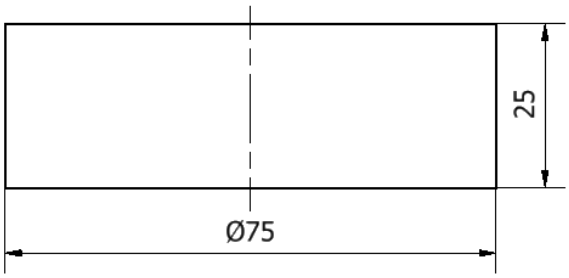
kívánt darabszám, valamint a ráhagyások mértékében határoztam meg. A méretet úgy alakítottam, hogy egy esetleges selejt gyártásakor még egy alkatrész kiférjen az anyagból. Az alábbi számítást használtam a hossz meghatározásához:

$$L_e = N \cdot (L_d + R) = 17 \cdot (20 + 5) = 425\ mm$$

A kapott értéket a fűrészelés pontosságának függvényében megnöveltem 430 mm-re. Az előgyártmánnyal kapcsolatban fontos információ még, hogy lágyított állapotban van, ugyanis kereskedelmi forgalomban a gyártok így forgalmazzák. A lágyításnak köszönhetően az anyag könnyebben forgácsolható, így ez előnyükre is válik.

I. Művelet: Darabolás

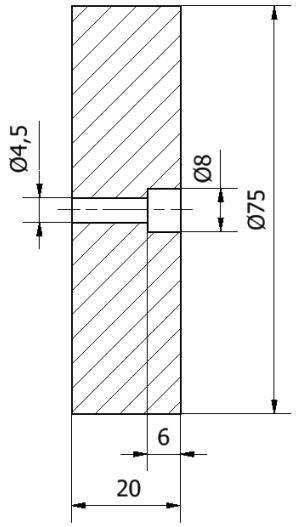
Első lépésként darabolom az előgyártmányt továbbra is az ARG 300 CF-NC fűrésszel. A fűrészelés pontosságát figyelembe véve a munkadarab mind kettő oldalán 2,5 mm ráhagyást hagyok a végső mérethez képest. A következő képen látható a darabolás utáni méretek (5.25. ábra).



5.25. ábra. Speciális csapágyfészek I. művelete után kapott méretek

II. Művelet: Esztergálás

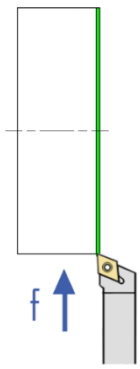
A speciális csapágyfészek második művelete az esztergálás. A készülék lap esztergálásával megegyezően itt is az SN500 Classic esztergagépet használom és a megfogáshoz szabályozott kemény pofákkal rendelkező 3 pofás tokmányt alkalmazok. A következő oldalon található képen látható az esztergálás után kapott méretek. (5.26. ábra).



5.26. ábra. Speciális csapágyfészek II. művelete után kapott méretek

2.1. Tisztára oldalazás

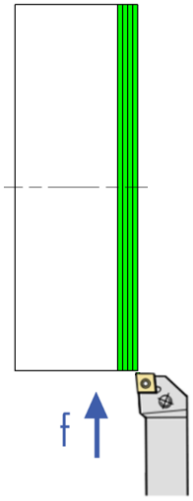
Az esztergálás első művelet elemeként a speciális csapágyfészek egyik oldalát tisztára oldalazom. Ehhez egy DNMG150408-FP5 WPP20G jelű simító lapkát fogok alkalmazni. A gépen beállított előtolás értéke 0,08 mm, a választott forgácsoló sebesség pedig $250\,\frac{m}{min}$. Ebből átszámítva a gépen beállított fordulatszám $1000\ \frac{1}{min}$ lett (5.1). Az értékek beállítása után a munkadarab homlok felületén érintőt veszek majd miután a kézi szánon felvettem a nulla értéket egy 0,3 mm-es fogásmélységgel tisztára oldalazom azt gépi előtolás segítségével. A művelet végrehajtását követően az alkatrészt kiveszem a tokmányból, majd meg fordítva visszahelyezem. A következő képen látható a szerszám mozgás elvi vázlata (5.27. ábra).



5.27. ábra. Speciális csapágyfészek tisztára oldalazásának elvi vázlata

2.2. Nagyoló oldalazás

A megfordítást követően a munkadarab oldalát nagyolni fogom még pedig egy CNMM120408-HU3 WPP20G jelölésű lapkával. A gépen beállított előtolás 0,16 mm, valamint a fordulatszám 800 $\frac{1}{min}$, amit 200 $\frac{m}{min}$ választott forgácsoló sebességből számoltam ki (5.1). Az anyagon 0,3 mm simítási ráhagyást hagyok, így a fogásmélységem 1,1 mm és 4 fogásból távolítom el az anyagot. Az alábbi képen látható a nagyoló oldalazás elvi vázlata (5.28. ábra).



5.28. ábra. Speciális csapágyfészek nagyoló oldalazásának elvi vázlata

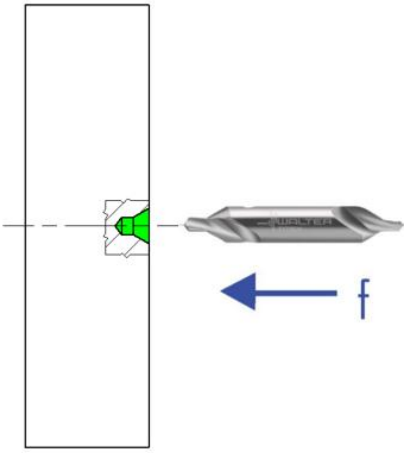
2.3. Simító oldalazás

A simító oldalazás során a használt szerszám, valamint a beállítót paraméterek megegyeznek a „tisztára oldalazás” műveletben használttal, ezért a tartalom tekintetében ezt a művelet elemet nem részletezem. Az azonosság végett a művelet elem elvi vázlata is megegyező az 5.27. ábrán találhatóval.

2.4. Központfúrás

Az oldalazást követően központot fúrok a pozicionáló csapnál már használt K1111-2.5 jelölésű központfúróval. Az előtolást ebben az esetben kézzel végzem el és körülbelül a szerszám 60°-os részéig tolom be a szerszámot a munkadarabba. A választott forgácsoló

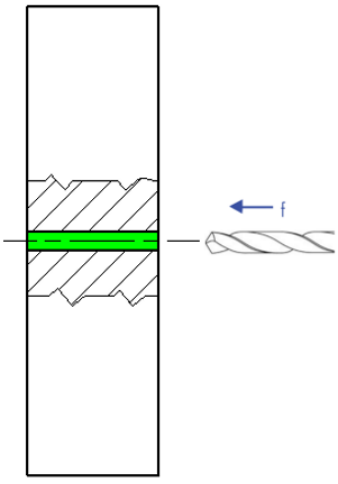
sebességem 8 $\frac{m}{min}$, ami alapján a beállítót fordulatszám 1000 $\frac{1}{min}$ lett (5.2). A képen látható a művelet elem elvi vázlata (5.29. ábra).



5.29. ábra. Speciális csapágyfészek központfúrásának elvi vázlata

2.5. Fúrás (Ø4,5 mm x teljes hosszon)

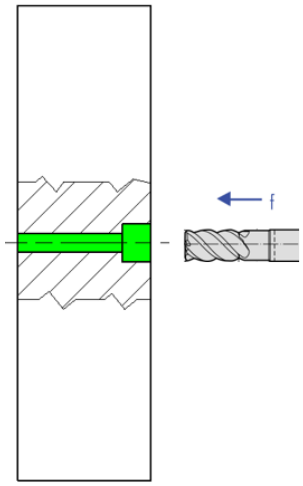
A központfúrást követően elvégzem a munkadarab átfúrását, egy A1511-4.5 jelű spirálfúró segítségével. Az előtolás továbbra is kézzel történik egyenletesen több fogásban, hogy a forgácselvezetés biztosított legyen. A választott forgácsoló sebesség 10 $\frac{m}{min}$ amiből az átszámolt fordulatszám 630 $\frac{1}{min}$ (5.2). Az alábbi képen látható a fúrás elvi vázlata (5.30. ábra).



5.30. ábra. Speciális csapágyfészek fúrásának elvi vázlata

*2.6. Süllyesztés (*Ø8 mm x 6 mm)

A furat süllyesztésénél a szerszám választás során kezdetben akadályba ütköztem, ugyanis ilyen kicsi átmérőn nem találtam megfelelő szerszámot a speciális csapágyfészek anyagához. Ennek következtében arra a döntésre jutottam, hogy egy maró szerszámmal fogom a süllyesztést létrehozni. A süllyesztést mindenképpen ebben a műveletben kell elvégeznem, ugyanis ez biztosítja a marás során a rögzítő csavar helyét így már a marási műveletek előtt ki kell munkálnom. A választott szerszám MC341-08.0A4P-WK40TZ jelölésű maró. A választott forgácsoló sebesség $15\ \frac{m}{min}$ ami alapján a fordulatszám $500\ \frac{1}{min}$ (5.2). A süllyesztés elkészítését több fogásból és lassú kézi előtolással végzem a választott szerszám tekintetében. A következő képen látható a megmunkálás elvi vázlata (5.31. ábra).

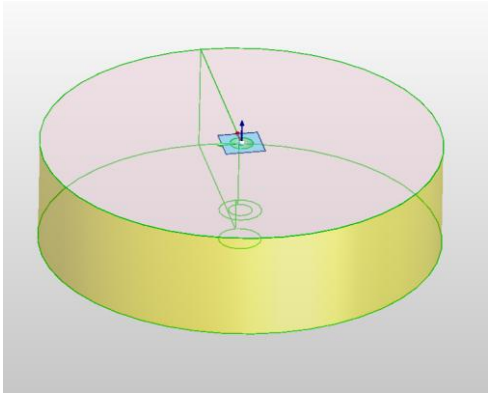


5.31. ábra. Speciális csapágyfészek süllyesztésének elvi vázlata

III. Művelet: CNC marás I.

A következő műveletben a speciális csapágyfészek alsó oldalát munkálom meg szintén az Optimill F150 CNC megmunkálóközpontban. Az esztergálás után kapott félkész munkadarabot egy hárompofás tokmányban fogom rögzíteni, valamint alulról megtámasztom, hogy a fúrások során a szerszámok ne ütközzenek a tokmánnyal. A művelet megtervezésére továbbra is az EdgeCam szoftver használtam. Kezdeti lépésként

itt is megnyitottam a programban az alkatrész 3D modelljét, majd meghatároztam annak előgyártmányát (5.32. ábra).



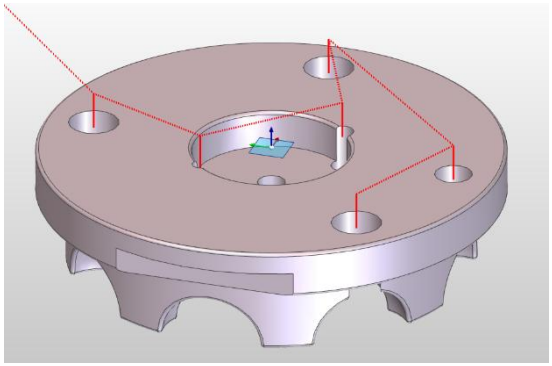
5.32. ábra. Speciális csapágyfészek előgyártmánya

Az előgyártmány meghatározása után felvettem a nullpontot a felső oldal közepére (5.32. ábra), ami az alkatrésznek az alsó oldala. Ebben a műveletben a speciális csapágyfészek teljes alsó oldalát munkálom meg, ugyanis itt találhatók a segéd csapok illeszkedési helyéül szolgáló furatok. Következő lépésként elindítottam a „program készítés" parancsot és beállítottam ugyan azt a megmunkáló központot, mint a készülék lap gyártásánál használtam (5.5. ábra). Ezt követően elindítottam az „alaksajátosság keresés" parancsot (5.6. ábra), majd miután a szoftver elemekre bontotta az alkatrészt neki láttam a megmunkálás megtervezésének. A szakdolgozat terjedelmének figyelembevételével itt is csak a megmunkálás ismételhetőségéhez szükséges lényegi beállításokat mutatom be az egyes műveleti elemeknél. Minden egyes műveleti elemnél folyamatosan van hűtés, valamint a fúrások mélységi beállításai itt a szerszám csúcsától értetendőek. A készülék lap gyártásához hasonlóan itt is ciklusokat alkalmazok.

3.1. Központfúrás

Az első műveleti elem a központfúrás, amit a nullpont síkjától 1 mm mélységben végzek el. A használt szerszám itt is a A1115-10 jelölősű NC központfúró. Az alaksajátosságok közül az összes furatot jelöltem ki, így a központozását egy műveletben végzem. Az útvonal optimalizálásánál a „legközelebbi" lehetőséget választottam. A katalógus adatok alapján az előtolás értéke 0,06 mm, valamint a kiválasztott forgácsoló sebesség 15 $\frac{m}{min}$. Ezekből az adatokból meghatároztam a fordulatszámot, ami 2387 $\frac{1}{min}$ és az előtoló

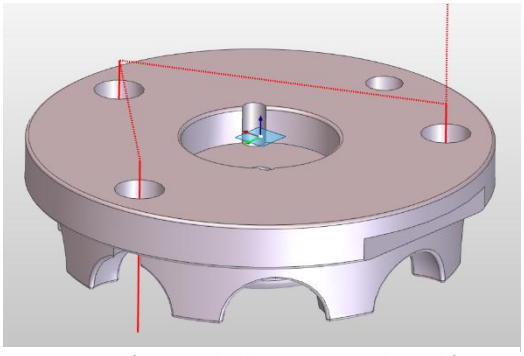
sebességet, ami 143 $\frac{mm}{min}$ lett (5.2) (5.4). Az alábbi képen látható a központfúrás szerszámpályája (5.33. ábra).



5.33. ábra. Központfúrás szerszámpálya

*3.2. Fúrás I. (*Ø7,8 mm x teljes mélységben)

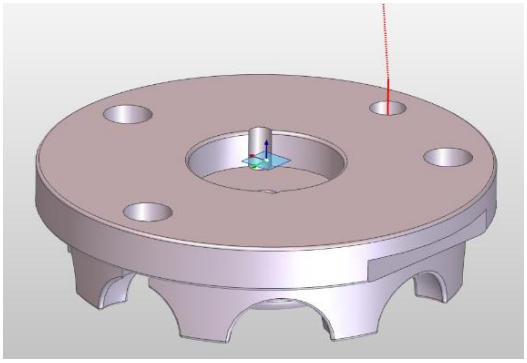
A következő lépésben azokat a furatokat készítem el, ahova az illesztő csapok fej részei fognak csatlakozni. Ciklusnak „fúrás” ciklust alkalmazok, mélységnek pedig a nullpont síkjától 22 mm értéket állítok be, 4 mm-es fogásmélységgel. Azért fúróm ki teljes hosszában az anyagot, hogy a túl oldali „korona” részek nagyolásakor kevesebb anyagot keljen leválasztania a szerszámnak. A használt szerszám A1511-7.8 csigafúró. A választott forgácsolási sebesség 14 $\frac{m}{min}$, előtolás értéke pedig 0,1 mm. A gépen beállított fordulatszám 571 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség 57 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A következő képen látható a generált szerszámpálya (5.34. ábra).



5.34. ábra. Fúrás I. szerszámpálya

*3.3. Fúrás II. (*Ø5,8 x 7 mm)

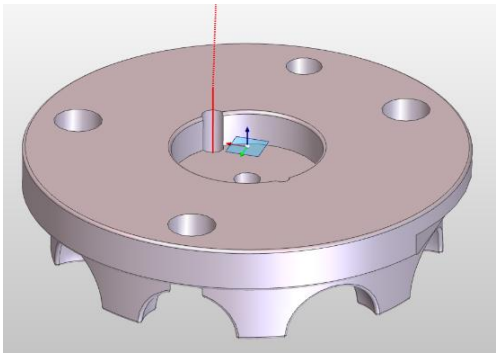
Harmadik lépés a pozicionáló csap csatlakozó furatának kifúrása. Alkalmazott ciklus „fúrás”. Mélységnek 7 mm-et állítottam be a nullponttól, 3 mm-es fogásmélységekkel. Az alkalmazott szerszám A1511-5.8 csigafúró. A választott forgácsolási sebesség 12 $\frac{m}{min}$, előtolás értéke pedig 0,1 mm. A gépen beállított fordulatszám 658 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség 65 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A következő képen látható a szerszámpálya (5.35. ábra).



5.35. ábra. Fúrás II. szerszámpálya

*3.4. Fúrás III. (*Ø3,7 x teljes mélységben)

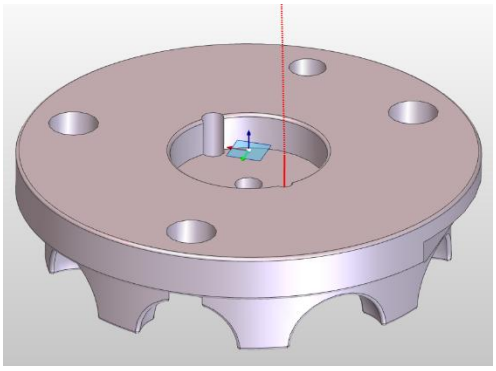
Alkalmazott ciklus továbbra is „fúrás”, a választott szerszám pedig A1511-3.7 csigafúró. Mélységnek teljes mélységet állítottam be, valamint meghosszabbítottam 2 mm-rel a szerszám csúcsának kifutása érdekében. Forgácsoló sebességnek sebesség 10 $\frac{m}{min}$ értéket választottam, valamint az előtolás 0,08 mm. Az így kapott fordulatszám 860 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség pedig 68 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A képen látható a szerszámpálya (5.36. ábra).



5.36. ábra. Fúrás III. szerszámpálya

*3.5. Fúrás IV. (*Ø2,7 x teljes mélységben)

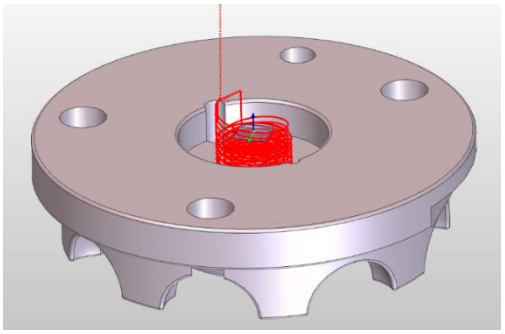
Az előző fúráshoz képest csak a szerszám, valamint a fordulatszám és az előtoló sebesség különbözik. A használt szerszám A1511-2.7 csigafúró, a beállított fordulatszám 1178 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség pedig 94 $\frac{mm}{min}$ (5.2) (5.4). A következő képen látható a szerszámpálya (5.37. ábra).



5.37. ábra. Fúrás IV. szerszámpálya

3.6. Zseb nagyolás I.

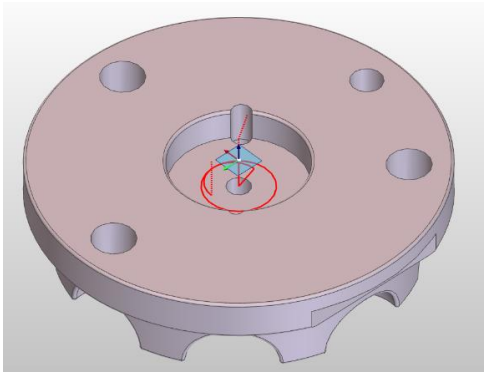
Alkalmazott ciklus „nagyolás”, a választott szerszám pedig MC319-12.0W4BC-WK40TF jelű maró szerszám. Marás típusának „egyenirányú marás” lehetőséget választottam, valamint az alkalmazott stratégia „spirális”. Az oldal, illetve Z irányú ráhagyás 0,2 mm. Lépésköznek 10%-ot állítottam be, a nullpont síkjától a mélység 6 mm, amit 2 mm fogásmélységekkel érek el. A katalógus alapján a választott fogankénti előtolás értéke 0,05 mm. Forgácsolási sebességnek 130 $\frac{m}{min}$ értéket választottam, amiből a kiszámolt fordulatszám 3448 $\frac{1}{min}$ (5.2). A fordulatszám, fogankénti előtolás és a szerszám geometriája alapján a kapott előtoló sebesség 689 $\frac{mm}{min}$ (5.5). A képen látható a nagyolás szerszámpályája (5.38. ábra).



5.38. ábra. Zseb nagyolás I. szerszámpálya

3.7. Zseb simítás I.

A simítás során alkalmazott ciklus a „profilozás”, az alkalmazott stratégia pedig „optimális”. A beállított vízszintes ráállási sugár 5º. A használt szerszám MC233-12.0W4L-WK40TF maró. A katalógus alapján a fogankénti előtolás értéke 0,02 mm, a forgácsoló sebesség pedig 150 $\frac{m}{min}$. Ezekből az értékekből átszámolt fordulatszám 3978 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség értéke 318 $\frac{mm}{min}$ (5.2)(5.5). A képen látható a generált szerszámpálya (5.39. ábra).

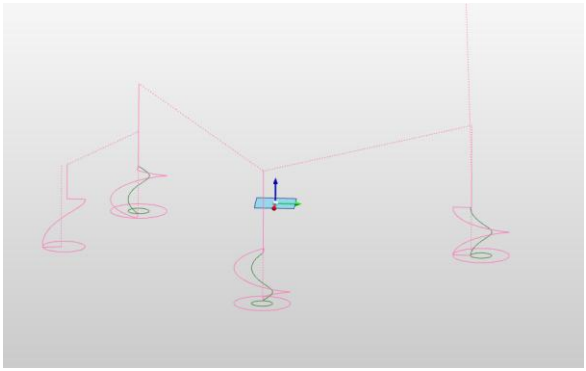


5.39. ábra. Zseb simítás I. szerszámpálya

3.8. Furat simítás

A külső furatok megfelelő tűrésének elérése érdekében a felületüket simítani fogom „profilozás” ciklussal. A nullpont síkjától a beállított mélység 7 mm, marás típusánál „egyenirányú marás” lehetőséget állítottam be, az alkalmazott stratégia pedig „spirális”. Az útvonal optimalizálásánál a „legközelebbi” lehetőséget választottam. A használt szerszám MC230-05.0A4A-WK40TF jelölősű maró. A szerszám adatai alapján a

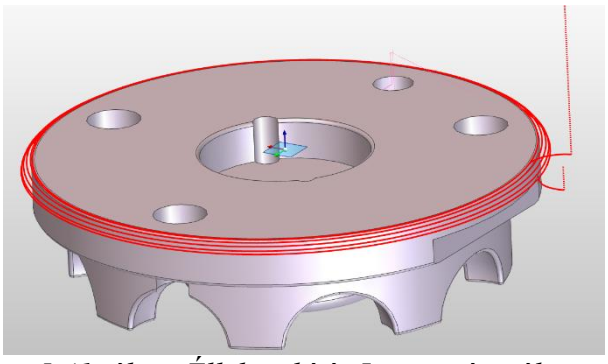
választott fogankénti előtolás 0,01 mm, a forgácsolási sebesség 100 $\frac{m}{min}$. A kiszámolt fordulatszám 6366 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség értéke pedig 254 $\frac{mm}{min}$ (5.2)(5.5). Az alábbi képen megtekinthető a szerszámpálya (5.40. ábra).



5.40. ábra. Furat simítás szerszámpálya

3.9. Éllekerekítés I.

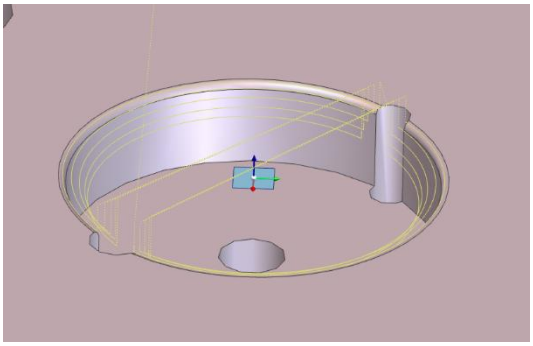
Az élek le kerekítését „felület követő” ciklus, valamint MC416-03.0A4L-WJ30TF jelölésű gömbmaró segítségével hajtom végre. A megmunkáláshoz a le kerekítés felső és alsó élét jelöltem ki. Marás típusánál „optimalizált” lehetőséget választottam, valamint a beállított lépésköz 5%. A ráállás, illetve leállás vízszintesen 5º-ban történik. A választott fogankénti előtolás értéke 0,035 mm, a forgácsoló sebesség pedig 85 $\frac{m}{min}$. Az így kapott fordulatszám értéke 9018 $\frac{1}{min}$, előtoló sebesség 721 $\frac{mm}{min}$ (5.2)(5.5). A következő képen látható a generált szerszámpálya (5.41.ábra)



5.41. ábra. Éllekerekítés I. szerszámpálya

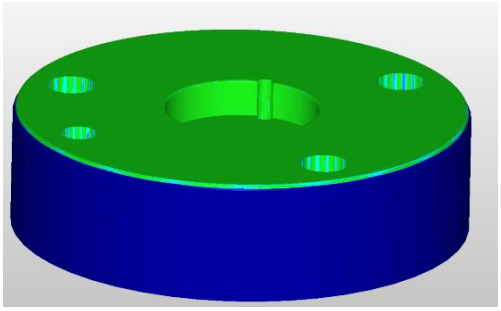
3.10. Éllekerekítés II.

A zseb felső oldali le kerekítésénél ugyan azt a szerszámot használtam, ugyan azokkal a paraméterekkel és beállításokkal, mint az „Éllekerekítés I.” műveleti résznél. A terjedelem tekintetében, így nem részletezem tovább ezt a műveleti részt. A kapott szerszámpálya az alábbi képen látható (5.42. ábra).



5.42. ábra. Éllekerekítés II. szerszámpálya

Az utólagos sorja eltávolítása itt is kézi sorjázó szerszámmal történik. A következő képen látható az EdgeCam programban a speciális csapágyfészek készre munkált alsó oldala (5.43. ábra).

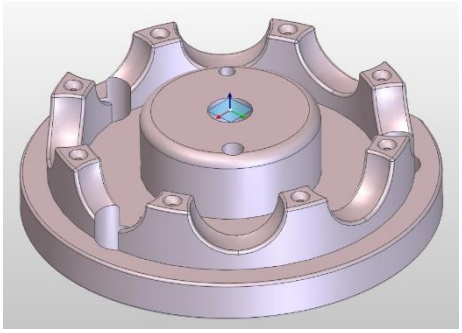


5.44. ábra. Speciális csapágyfészek készre munkált alsó oldalának 3D modellje EdgeCam szoftverben

IV. Művelet: CNC marás II.

Ebben a műveletben a speciális csapágyfészek felső oldalát munkálom meg. Az alsó oldali megmunkáláshoz képest csak a megfogás különbözik, ugyanis ebben a műveletben fogom alkalmazni az általam tervezett készüléket. Az EdgeCam programban történő tervezés során folytatni fogom az alsó oldalnál használt programot azáltal, hogy egy új programot indítok el a „program készítés” fül segítségével. A fülön belül előgyártmánynak az előző megmunkálásból kapott alkatrészt állítom be, valamint a

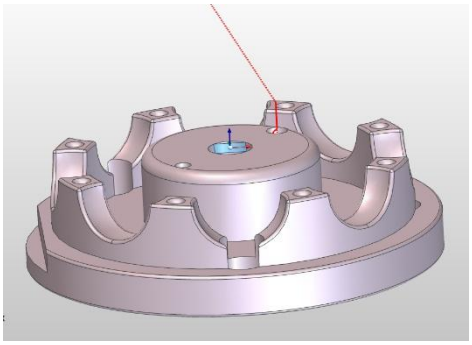
szerszámgép továbbra is marad ugyan az. Miután beállítottam minden paramétert felvettem a nullpontot az alkatrész felső síkjának közepére (5.45. ábra) és elkezdtem a megmunkálás megtervezését.



5.45. ábra. IV. művelet nullpontja

4.1. Furat bővítés I.

A furat bővítéséhez „profilozás” ciklust alkalmazok és a használt szerszám MC230-02.5A3B-WK40TF jelölésű maró. Marás típusa „egyenirányú marás”, a választott stratégia „spirális”. A megmunkálás mélysége a nullpont síkjától 12 mm és a beállított fogásmélység 1 mm. A ráállás lehetőségénél „függőleges irányú” opciót választottam. A fogankénti előtolás értéke 0,01 mm, a forgácsoló sebesség pedig 50 $\frac{m}{min}$. Ezekből az értékekből kiszámolt fordulatszám 6366 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség pedig 190 $\frac{mm}{min}$ lett (5.2) (5.5). A következő képen látható a szerszámpálya (5.46. ábra).

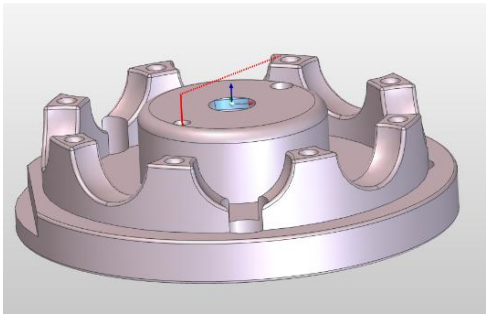


5.46. ábra. Furat bővítés I. szerszámpálya

4.2. Furat bővítés II.

Ebben a műveletben alkalmazott szerszám, valamint a beállítások és a paraméterek

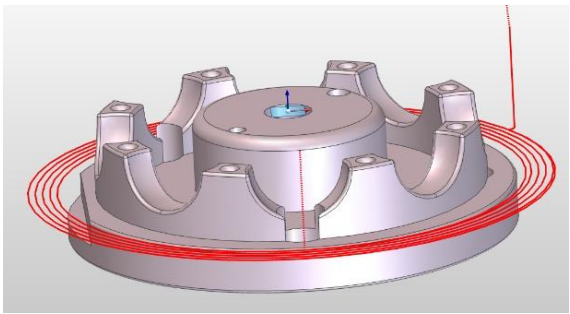
teljes mértékben megegyeznek a „Furat bővítés I.” műveletben leírtakkal. Az egyetlen különbség ebben a műveletben a beállított mélység, ami 10 mm. A szerszámpálya az alábbi képen látható (5.47. ábra).



5.47. ábra. Furat bővítés II. szerszámpálya

4.3. Kontúr nagyolás I.

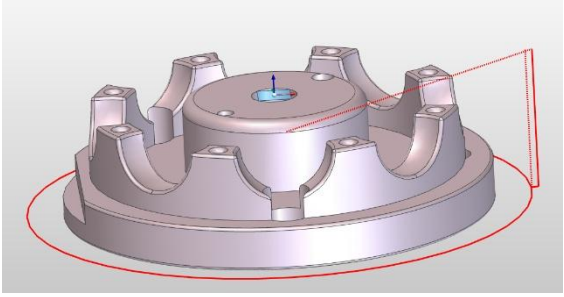
Kontúr nagyolás során „nagyolás” ciklust alkalmazok, stratégiánál pedig „spirális” lehetőséget választottam ki. A marás típusa „egyenirányú marás”, a lépésközt 10%-ra vettem. A nullpont síkjától a megmunkálás mélységét 12,5 mm-re állítottam be, a ráhagyás értékének pedig az XY, valamint a Z síkban is 0,2 mm értéket adtam meg. Szerszámnak a felsőoldal zseb nagyolásánál alkalmazott MC319-12.0W4BC-WK40TF jelölésű szerszámot választottam, ezzel helyet spórolva a szerszámtárban. A fogankénti előtolás választott értéke 0,035 mm, a forgácsoló sebesség pedig 120 $\frac{m}{min}$. A kiszámolt fordulatszám 3183 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség 445 $\frac{mm}{min}$ lett (5.2) (5.5). Az elkövetkezendő képen látható a szerszámpálya (5.48. ábra).



5.48. ábra. Kontúr nagyolás I. szerszámpálya

4.4. Kontúr nagyolás II.

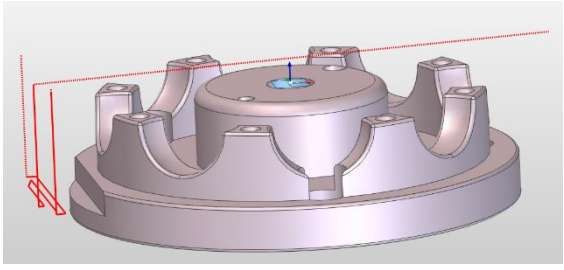
Ebben a műveletelemben az alkatrész legnagyobb külső kontúrját munkálom meg. A „kontúr nagyolás I.” műveleti elemhez képest csak a beállított mélység különbözik, ugyanis itt 20 mm értéket adtam meg. Mivel az alkalmazott szerszám és a beállított paraméterek, mint ahogy említettem nem különböznek, ezáltal nem részletezem azok beállításait. A következő képen megfigyelhető a generált szerszámpálya (5.49. ábra).



5.49. ábra. Kontúr nagyolás II. szerszámpálya

4.5. Kontúr nagyolás III.

A következő műveleti elemben az alkatrészen található lapolás nagyolását végzem el. Az alkalmazott szerszám, beállítások és paraméterek továbbra is megegyezőek az előző két nagyolás során alkalmazottakkal. Az egyetlen kivétel itt is a mélység, ami a nullpont síkjától 16,5 mm értékre lett beállítva. Az alábbi képen látható a szerszámpálya (5.50. ábra).

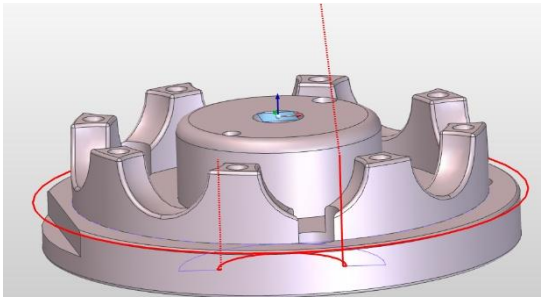


5.50. ábra. Kontúr nagyolás III. szerszámpálya

4.6. Kontúr simítás I.

Alkalmazott ciklus „profilozás”, a marás típusa „egyenirányú marás”. Mélységnek a nullpont síkjától 12,5 mm értéket állítottam be, valamint a vízszintes ráállás sugarát 10º-

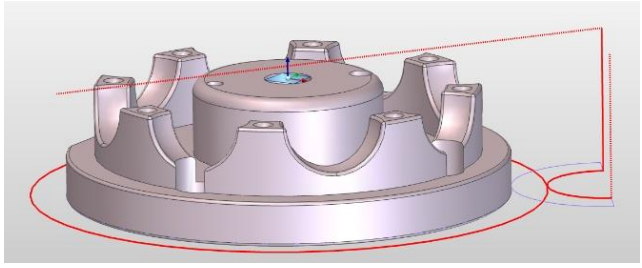
ra határoztam meg. A használt szerszám MC233-12.0W4L-WK40TF jelű maró, amit a felsőoldali zseb simításánál használtam. A fogankénti előtolás értéket a nagyoláshoz képest lejjebb vettem 0,02 mm −re, viszont a forgácsolási sebesség továbbra is marad 120 $\frac{m}{min}$, ezáltal a fordulatszám sem fog változni. Az előtoló sebesség a fogankénti előtolásnak köszönhetően 254 $\frac{mm}{min}$ lett (5.5). A generált szerszámpálya a következő képen látható (5.51. ábra).



5.51. ábra. Kontúr simítás I. szerszámpálya

4.7. Kontúr simítás II.

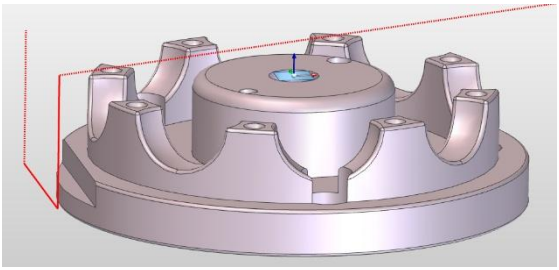
A nagyoláshoz hasonlóan ebben a műveletben is csak a beállított mélység tér el az előző művelethez képest, aminek az értéke 20 mm. A következő képen látható a szerszámpálya alakulása (5.52. ábra).



5.52. ábra. Kontúr simítás II. szerszámpálya

4.8. Kontúr simítás III.

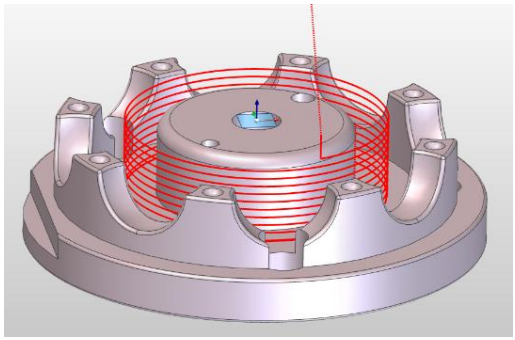
A lapolás simítása során sem változtattam szerszámot, beállítást, illetve paramétert, így továbbra is csak a beállított mélység az egyetlen különbség az előző simításokhoz képest. Ahogy a nagyolás során itt is a mélység értéke 16,5 mm. A képen látható a lapolás simításának szerszámpályája (5.53. ábra).



5.53. ábra. Kontúr simítás III. szerszámpálya

4.9. Zseb nagyolás II.

Használt ciklus „nagyolás”, az alkalmazott szerszám pedig MC319-10.0W4BC-WK40TF jelölésű maró. Marás típusának „egyenirányú marás” lehetőséget választottam, valamint a stratégiai „körkörös”. A lépésköz 10%, az XY és a Z irányú ráhagyás pedig 0,2 mm. A fogankénti előtolás értéke 0,05 mm, a forgácsolási sebesség 120 $\frac{m}{min}$. Ezekből az értékekből átszámolt fordulatszám 3819 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség 763 $\frac{mm}{min}$ (5.2)(5.5). A következő ábrán látható a szerszámpálya (5.54. ábra).

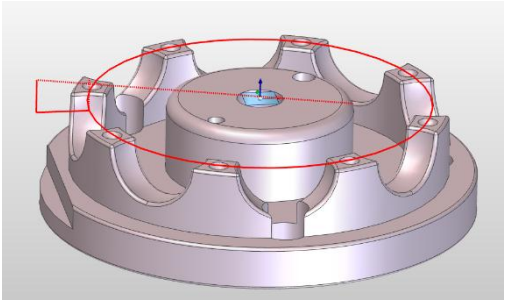


5.54. ábra. Zseb nagyolás II. szerszámpálya

4.10. Koronák felső oldalának nagyolása

Ciklusnak ehhez a művelethez „nagyolás” ciklust használok, a marás típusa „egyenirányú marás”, a stratégia pedig „körkörös”. Lépésköznek 85%-ot állítottam be, ezáltal a szerszám egy fogásban kimunkálja az anyagot. A megmunkálás mélységénél 1,02 mm értéket állítottam be, a megadott Z irányú ráhagyás pedig 0,1 mm. A használt szerszám továbbra is a MC319-10.0W4BC-WK40TF. Az előző művelethez képest csak a forgácsoló sebességet növeltem meg 130 $\frac{m}{min}$-re. Az így átszámolt fordulatszám 4138

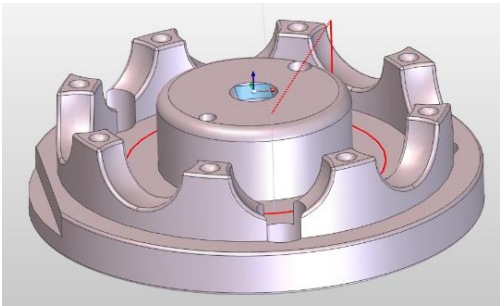
$\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség 827 $\frac{mm}{min}$ (5.2)(5.5). A szerszámpálya a következő képen látható (5.55. ábra).



5.55. ábra. Koronák felső oldalának nagyolása szerszámpálya

4.11. Zseb simítás II.

A zseb simításához „profilozás” ciklust alkalmazok, a marás típusánál „egyenirányú marás” opciót választottam. Stratégiánál „körkörös” lehetőséget állítottam be. A megmunkálás mélysége megegyezik a nagyolás során beállított értékkel. Szerszámnak egy MC233-10.0W4L-WK40TF jelölésű marót választottam. A fogankénti előtolást értékét levettem 0,02 mm-re, a forgácsoló sebesség értékének pedig 130 $\frac{m}{min}$ értéket határoztam meg. A kiszámolt fordulatszám 4138 $\frac{1}{min}$, még az előtoló sebesség 331 $\frac{mm}{min}$ lett (5.2) (5.5). Az alábbi képen látható a szerszámpálya (5.56. ábra).

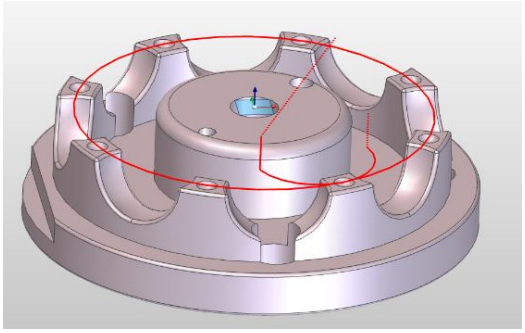


5.56. ábra. Zseb simítás II. szerszámpálya

4.12. Koronák felső oldalának simítása

A koronák felső oldalának simításához „profilozás” ciklust alkalmaztam, valamint a használt szerszám megegyezik az előző műveletben alkalmazottal. A megmunkálás síkja

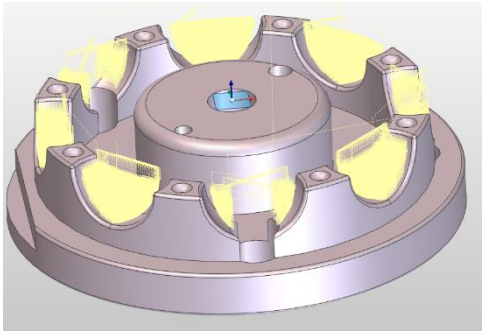
továbbra is 1,02 mm, valamint a marás típusa „egyenirányú marás”. A szerszám ráállása az alkatrészre vízszintesen 10º-ban történik. A választott fogankénti előtolás 0,02 mm, még a forgácsoló sebesség értéke 140 $\frac{m}{min}$. Az így kiszámolt fordulatszám 4456 $\frac{1}{min}$ és az előtoló sebesség pedig 356 $\frac{mm}{min}(5.2)(5.5)$. A következő képen látható a simítás szerszámpályája (5.57. ábra).



5.57. ábra. Koronák felső oldalának simítása szerszámpálya

4.13. Koronák nagyolása

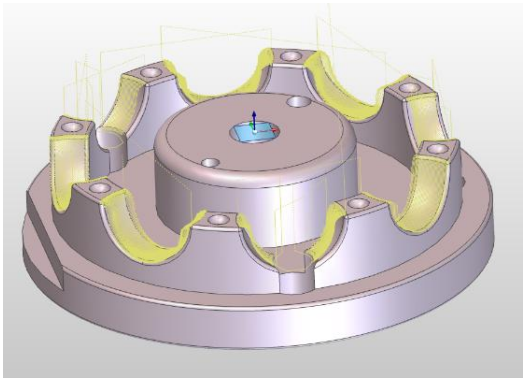
Ennél a művelet elemnél „párhuzamosan láncolt” ciklust alkalmazok, a marás típusánál pedig az „optimális” lehetőséget választottam. A megmunkáláshoz a koronák belső felületét jelöltem ki. A használt szerszám MC319-05.0W4BC-WK40TF jelölésű maró, amihez a lépésközt 10%-ra állítottam be. A ráállás lehetőségénél „függőleges” opciót adtam meg, valamint fogásmélységnek 0,5 mm értéket írtam elő. Minden korona nagyolása külön programban történik és egymáshoz képest 45º-kal vannak elfordítva a szerszámpályák. A választott fogankénti előtolás értéke 0,015 mm, a forgácsolási sebességnek pedig 100 $\frac{m}{min}$ értéket adtam meg. Ezek alapján a kiszámolt fordulatszám 6366 $\frac{1}{min}$, valamint az előtoló sebesség 381 $\frac{mm}{min}(5.2)(5.5)$. Az alábbi képen láthatóak a szerszámpályák (5.58. ábra).



5.58. ábra. Koronák nagyolása szerszámpálya

4.14. Koronák simítása

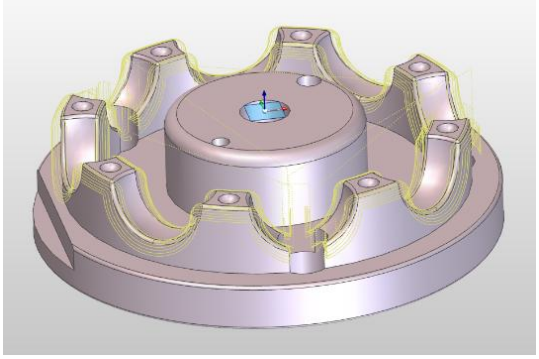
Az alkalmazott ciklus továbbra is „párhuzamosan láncolt” és a marás típusa „optimális”. Szerszámnak az alkatrész alsó oldalánál már használt 3 mm átmérőjű gömbmarót választottam. A beállított lépésköz 5%, valamint a szerszámpályák 25º-ban vannak elfordítva egymáshoz képest. A fogankénti előtolás értke 0,01 mm, a forgácsolási sebesség pedig 80 $\frac{m}{min}$. A kiszámolt fordulatszám, így 8488 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség 339 $\frac{mm}{min}$ lett (5.2) (5.5). Az elkövetkezendő képen megtekinthetőek a szerszámpályák (5.59. ábra).



5.59. ábra. Koronák simítása szerszámpálya

4.15. Éllekerekítés III.

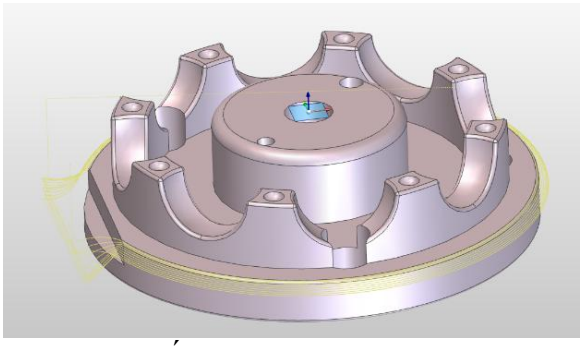
Ebben a művelet elemben használt szerszám, illetve beállítások és paraméterek teljes mértékben megegyeznek az alsó oldal megmunkálásánál az „Éllekerekítés I.” művelet elemmel, így a terjedelem tekintetében nem részletezem ezeket. A szerszámpálya a képen látható (5.60. ábra).



5.60. ábra. Éllekerekítés III. szerszámpálya

4.16. Éllekerekítés IV.

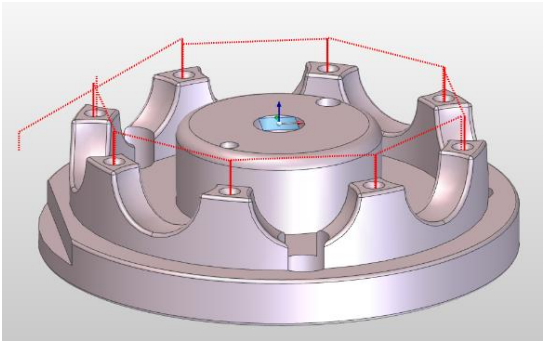
Szerszámok, beállítások és paraméterek terén ez a műveleti elem sem tér el az „Éllekerekítés I.” műveleti elemben leírtakkal. A következő képen megtekinthető a generált szerszámpálya (5.61. ábra).



5.61. ábra. Éllekerekítés IV. szerszámpálya

*4.17. Fúrás V. (*Ø3 x 1,25 mm)

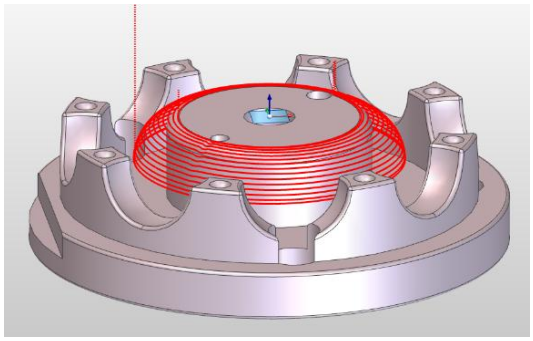
A koronák tetején lévő furatokat „fúrás” ciklus segítségével munkálom ki. A furatok kialakítását tekintve az éllekerekítések során alkalmazott szerszámot használom. A nullpont síkjától a beállított mélység 2,27 mm, az útvonal optimalizálás pedig „legközelebbi”. A nem túl nagy mélység tekintetében a megmunkálást egy fogásban végzem el. A választott fogankénti előtolás értéke 0,01 mm, forgácsoló sebességnek pedig 85 $\frac{m}{min}$ értéket választottam. A kiszámolt fordulatszám 9018 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség értéke pedig 360 $\frac{mm}{min}$ lett (5.2) (5.5). Az alábbi képen látható a szerszámpálya (5.62. ábra).



5.62. ábra. Fúrás V. szerszámpálya

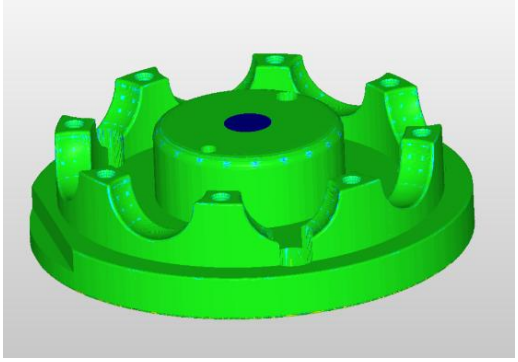
4.18. Éllekerekítés V.

Az utolsó művelet elem csak az alkalmazott szerszámban és a hozzá tartozó paraméterekben tér el az „Éllekerekítés I.” műveleti elemtől. Itt a MC416-10.0A4L-WJ30TF jelölésű gömbmarót alkalmaztam. A választott fogankénti előtolás értéke 0,03 mm, a forgácsoló sebesség pedig 200 $\frac{m}{min}$. Az átszámított fordulatszám 6366 $\frac{1}{min}$, az előtoló sebesség értéke pedig 763 $\frac{mm}{min}$ (5.2)(5.5). A következő képen megtekinthető a szerszámpálya (5.63. ábra).



5.63. ábra. Éllekerekítés V. szerszámpálya

Az utólagos sorja eltávolítása továbbra is kézi sorjázó szerszámmal történik. Az elkövetkezendő képen látható a speciális csapágyfészek készre munkált felső oldala az EdgeCam programban (5.64. ábra).



5.64. ábra. Speciális csapágyfészek készre munkált felső oldalának 3D modellje EdgeCam szoftverben

5.4.1 Speciális csapágyfészek utómunkálása és módosítási javaslat

A speciális csapágyfészek megfelelő mechanikai tulajdonságait edzéssel, majd ezt követő megeresztéssel tudja csak elérni, valamint az előírt felületi érdességet csak az edzés utáni köszörüléssel lehetséges biztosítani. A szakdolgozatom csak az edzés előtti műveleteket tartalmazza, mivel az edzés és az ezt követő finommegmunkálások kidolgozása a szakdolgozatomtól teljesen különálló részekként a jövőben kerülnek megvalósításra. Az alkatrész megmunkálását azért volt szükséges az edzés előtt elvégezni, mivel az anyag megfelelő forgácsolhatósága csak lágyított állapotban biztosítható. Szakdolgozatomban a speciális csapágyfészket pontos méretekre forgácsoltam, viszont az edzés következtében felléphetnek esetleges méretváltozások. Ezek a méretváltozások főként a furatoknál, illetve a tűrt méreteknél lehetnek számottevőek. Ebből kifolyólag a tervezett technológia módosításokra szorul, ugyanis szükség van méretbeli ráhagyásokra a kritikus részeknél, valamint szükséges még köszörülési ráhagyást is biztositani az alkatrész alsó és felső felületének. Ennek következtében a végső tűrésezett méreteket az edzés utáni finommegmunkálásokkal kell előállítani. A technológiát a közeljövőben módosítani fogom ezzel biztosítva az alkatrész tényleges gyárthatóságát.

6. Összefoglalás

A szakdolgozatomban egy speciális csapágyfészek gyártásának és a gyártást elősegítő egyedi készülék megtervezése, valamint annak gyártási lépéseinek meghatározása volt a kitűzött cél. Ennek következtében az irodalomkutatást a forgácsolás és a készülékek köré építettem fel, ezzel mélyebb betekintést nyerve a témába. Az irodalomkutatást követően a szakdolgozatomat három főbb fejezetre osztottam fel.

Az első fejezetben ismertettem a gyártandó alkatrészt, mint formai, mint pedig funkcionalitás szempontjából. Ebben a fejezetben a fő hangsúly az alkatrész eredeti és általam választott anyagának bemutatásán volt. Azért volt szükség egy új anyag meghatározására az alkatrészhez, mivel az eredeti anyag kopásállóság terén nem produkált kellően megfelelő eredményeket. Az új anyag kiválasztásánál az jelentette a kihívást, hogy az eredeti anyaghoz hasonló ám mégis jobb tulajdonságokkal rendelkező anyagot kellett választanom, ami a gyógyszeripari előírásoknak is megfelel.

A második fejezetben az egyedi készülék tervezési lépéseit taglalom. Első lépésként felvázoltam magamnak, hogy hogyan is szeretném legyártani a speciális csapágyfészket. Miután meghatároztam a lépéseket megvizsgáltam, hogy melyik műveletnél szükséges pontosan egy készülék használata, valamint milyen műveleti elemekből áll az adott megmunkálás, amihez igazodnia kell a készülék kialakításának. A szempontok megvizsgálását követően neki láttam a megtervezésnek. A legnagyobb kihívást a készülék megtervezésében a gyárthatóság jelentette, ezért ez a feladat többszöri újragondolást és módosítást igényelt. Végezetül elkészítettem az elemek 3D modelljét, majd a gyártáshoz szükséges alkatrészrajzokat.

A harmadik fejezetben pedig a gyártás megtervezését fejtem ki. Ennél a résznél a forgácsoló műhely technológiai korlátai jelentették a kihívást. Kezdetben kiválasztottam a szerszámokat, valamint a megfelelő berendezéseket, majd ez követően meghatároztam a műveleti lépéseket. Következő lépésként elkészítettem a CAM programokat és

kiszámoltam a forgácsolási paramétereket. Végezetül pedig műveleti utasításokat, felfogási terveket és egy szerszámtervet készítettem.

7. Summary

The objective of my thesis was the manufacturing of a special bearing housing, the design of a custom device to facilitate its production and the definition of the manufacturing steps. Consequently, the literature review was structured around machining and workholding devices, providing a deeper understanding of the subject. Following the literature review, i divided my thesis into three main chapters.

In the first chapter, I presented the component to be manufactured, both in terms of its geometry and its functionality. The primary focus of this chapter was the introduction of the original material of component and the material I selected. The need to specify a new material arose because the original material did not provide sufficiently adequate results in terms of wear resistance. The challenge in selecting a new material was to find one that possessed similar yet superior properties compared tot he original, while also meeting pharmaceutical industry requirements.

The second chapter discusses the desing steps of the custom fixture. As a first step, I outlined the method by which I intended to manufacture the special bearing housing. After defining the process steps, I examined which operations specifically required the use of a fixture, as well as the machining elements that make up each operation, to which the fixture’s design needed to adhere. After analysing these criteria, I proceeded with the design work. The greatest challenge is designing the fixture was ensuring manufacturability, which required several iterations and modifications. Finally, I created the 3D models of the components and prepared the technical drawings necessary for manufacturing.

The third chapter elaborates ont he planning of the manufacturing process. In this section, the primary challenges were the technological limitations of the machining workshop. Initially, I selected the tools and appropriate equipment, after which I defined the operational steps. Subsequently, I prepared the CAM programs and calculated the

machining parameters. Finally, I developed the work instructions, workholding plans and a tool plan.

8. Irodalomjegyzék

[1] Richter Gedeon Nyrt. hivatalos oldala: Történetünk.
https://www.gedeonrichter.com/hu-hu/rolunk/tortenetunk

[2] Dr. Mikó Balázs – Dr. Sipos Sándor Hervay Péter – Dr. Zentay Péter: Forgácsolástechnológia alapjai. ÓE-BGK jegyzet. Budapest, 2014. 2. szám pp. 10-26, 48-49, 61-73, 251, 253-261.

[3] Walter Bartsch: Esztergálás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1975.

[4] Ohmacht Róbert – Pongrácz Albert: Esztergálás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1961.

[5] Dr. Sipos Sándor – Dr. Palásti - Kovács Béla – Horváth Richárd: Forgácsoló technológiák és szerszámai. ÓE-BGK jegyzet. Budapest, 2015. pp. 145-146, 151-154, 248-255, 277.

[6] Szőrös Gábor: Az egyetemes esztergagép működése, szerkezete, szerszámai, készülékei és gyakori típusai. NSZFI jegyzet. Budapest, 2010. pp. 8.

[7] Dr. Hornung Andor: Marás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1974.

[8] Szám János: Síkmarás, gépalkatrész befoglaló méreteinek és alakjának kialakítása marógépen. NSZFI jegyzet. Budapest, 2010. pp. 3.

[9] Sandvik Coromant hivatalos oldala: Homlokmarás.
https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/knowledge/milling/face-milling

[10] Köves Endre – Almásy Pál – Gyódi István: Köszörülés. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1982.

[11] Somodi József: Köszörülés. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1957.

[12] Magyarkúti József: Egyéb szakmaspecifikus megmunkálások eszközei, technológiája. NSZFI jegyzet. Budapest, 2010. pp. 10.

[13] Jáki Imre: Szerszámok és készülékek gyártása. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal. Budapest, 2018.

[14] Dr. Stampfer Mihály: Gépipari technológiák II. Készülékek, Gyártási folyamatok tervezése. PTE jegyzet. Pécs, 2008. pp. 7-8.

[15] Inox Service Hungary Kft.: Technikai Adatlap. 1.4125/X105CrMo17/440C/S44004. https://www.inoxservice.hu/upload/inline/adatlapok/kovacsolt-tombok/1.4125%20-%20ADATLAP.pdf (2025.09.15.)

[16] BÖHLER Hungary Kft.: Műszaki adatlap. Tools steels hardenable corrosion resistant steel. https://www.boehler.hu/app/uploads/sites/248/productdb/api/n695-tooling_hu_hu.pdf (2025.09.15.)

[17] Inox Service Hungary Kft.: Technikai Adatlap. 1.2379/X153CrMoV12/D2/T30402. https://www.inoxservice.hu/upload/inline/adatlapok/kovacsolt-tombok/1.2379%20-%20ADATLAP.pdf (2025.09.20.)

[18] Akrostal hivatalos oldala: NC11LV/1.2379/X153CRMOV12. https://akrostal.pl/stale/nc11lv-x153crmov12-1-2379/

[19] Inox Service Hungary Kft.: Technikai Adatlap. 1.0503/C45/1043/1.05.03. https://www.inoxservice.hu/upload/inline/adatlapok/kovacsolt-tombok/1.0503%20-%20ADATLAP.pdf (2025.10.10.)

[20] Plasmatech Vágástechnika Kft. hivatalos oldala: C45 acél: főbb tulajdonságok és előnyök.
https://www.plasmatech.hu/c45-acel-fobb-tulajdonsagok-es-legfontosabb-elonyok.html

[21] Walter Tools: Walter online katalógus.
https://www.walter-tools.com/hu-hu

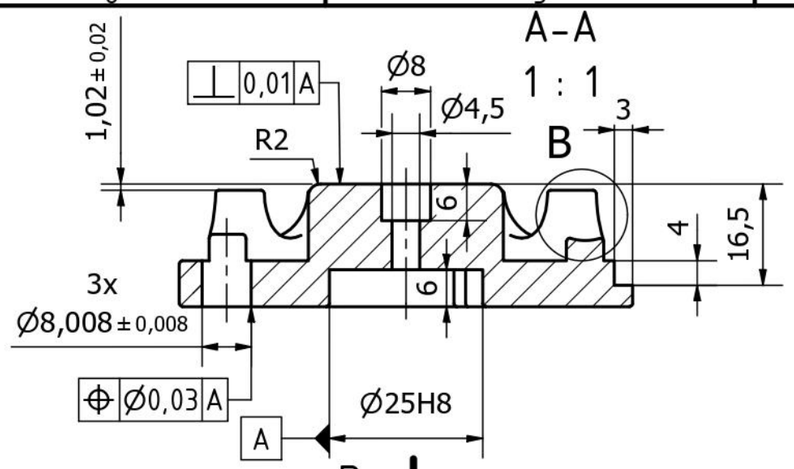
[22] Fenyvessy Tibor – Fuchs Rudolf – Gürtler M. Csabáné – Plósz Antal: Műszaki Táblázatok. TCS Media Kft. Budapest, 2018. 2. szám.

9. Mellékletek

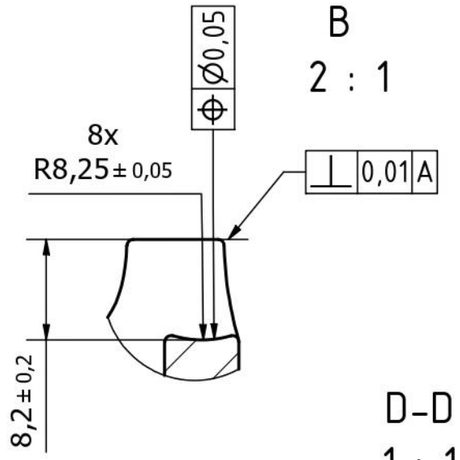
1. sz. melléklet: Speciális csapágyfészek alkatrészrajza
2. sz. melléklet: Segéd csapok alkatrészrajzai
3. sz. melléklet: Készülék lap alkatrészrajza
4. sz. melléklet: Összeállítási műhelyrajzok
5. sz. melléklet: Műveleti utasítások
6. sz. melléklet: Felfogási tervek
7. sz. melléklet: Szerszámterv

1. sz. melléklet: Speciális csapágyfészek alkatrészrajza

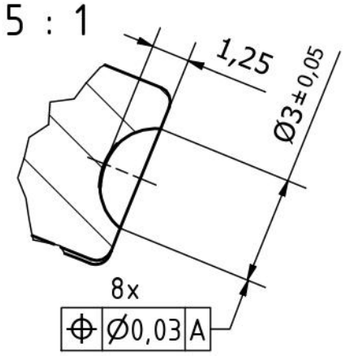
A–A
1 : 1



B
2 : 1

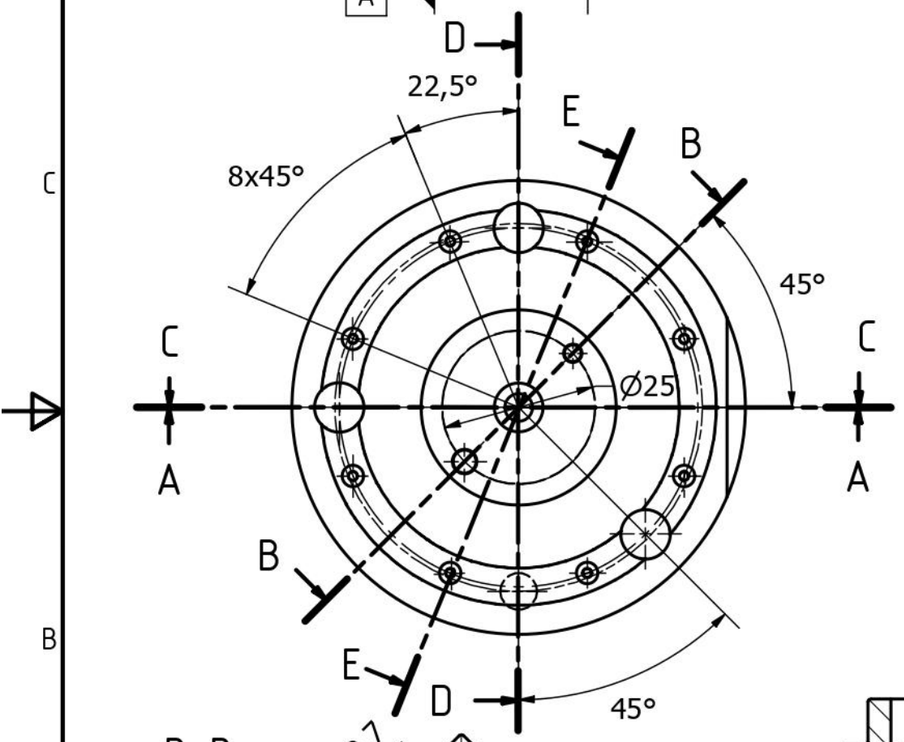


A
5 : 1

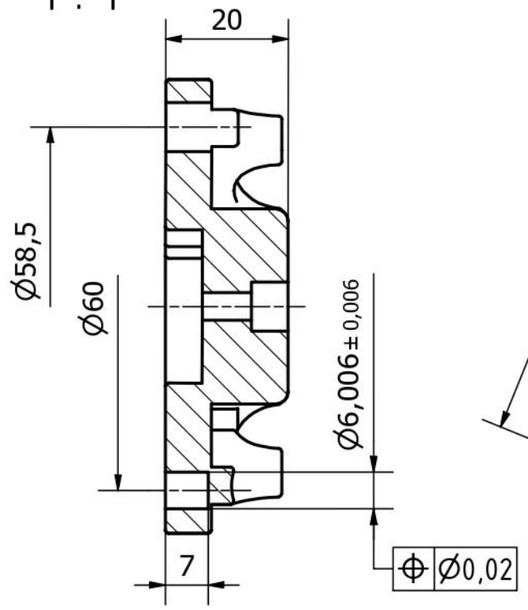


Ra 3,2 (Ra 0,8)

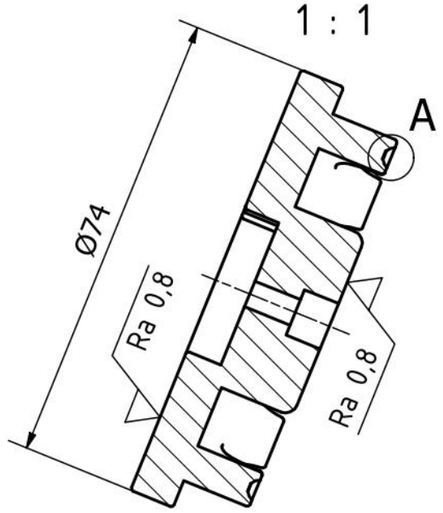
Átlagos éllekerekítés R0,5



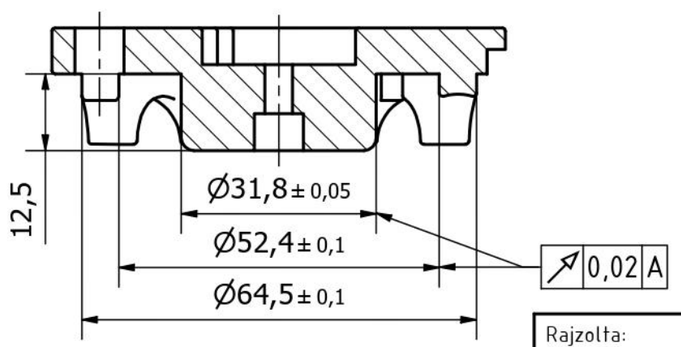
D–D
1 : 1



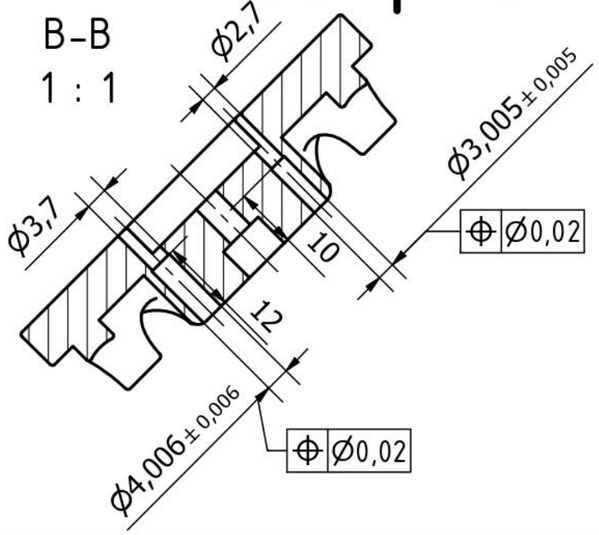
E–E
1 : 1

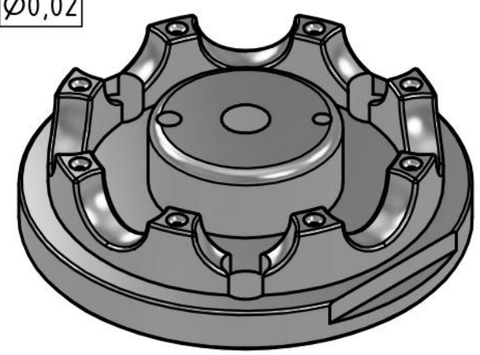


C–C
1 : 1



B–B
1 : 1





R8,25	±0,05
8,2	±0,2
Ø3,5	±0,05
Ø31,8	±0,05
Ø52,4	±0,1
Ø64,5	±0,1
Ø3,005	±0,005
Ø4,006	±0,006
Ø6,006	±0,006
Ø8,008	±0,008
Ø25H8	+0,03 0
Méret	Tűrés

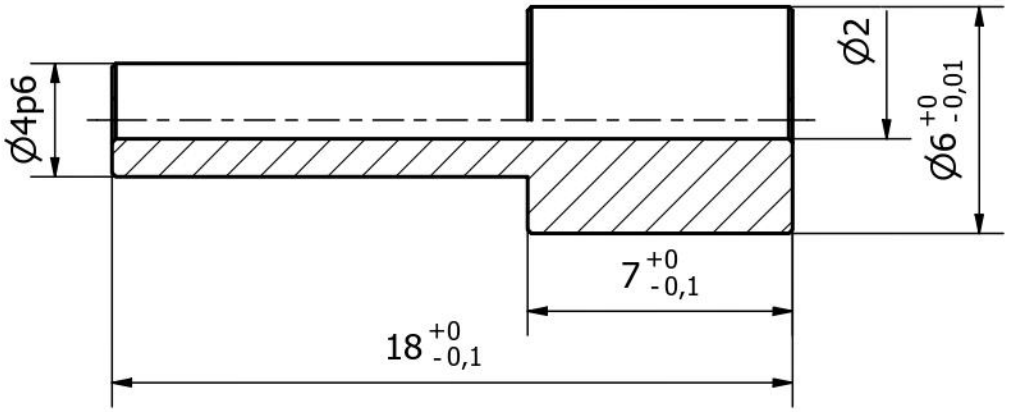
Rajzolta: Meskál Ábel	Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar		Méretarány: 1 : 1
Dátum: 2025. 06. 19.	Alkatrész megnevezése: Speciális csapágyfészek		Lapméret: A3
Darabszám: 16 db	Anyag: X153CrMoV12+QT	Előgyártmány D75x25 hengerelt	Tömeg: 0,35 kg

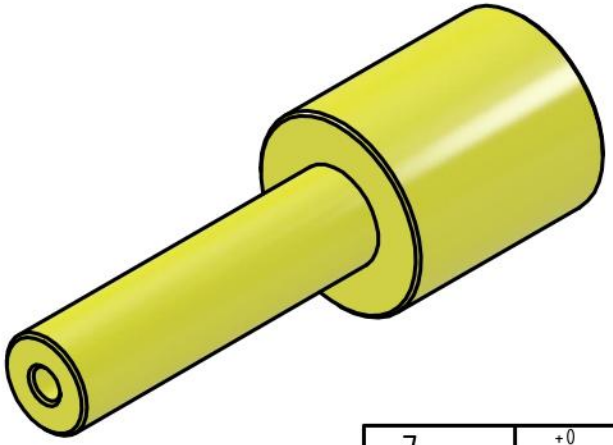
Gépészeti Osztály

2. sz. melléklet: Segéd csapok alkatrészrajzai

Ra 3,2

Átlagos élletörás 0,2x45°





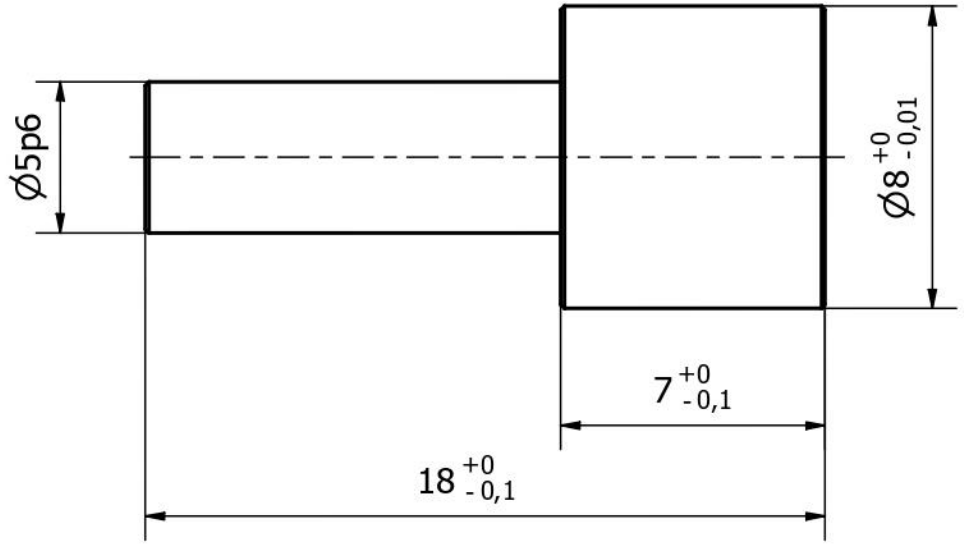
7	+0 −0,1
18	+0 −0,1
Ø6	+0 −0,01
Ø4p6	+0,020 +0,012
Méret	Tűrés

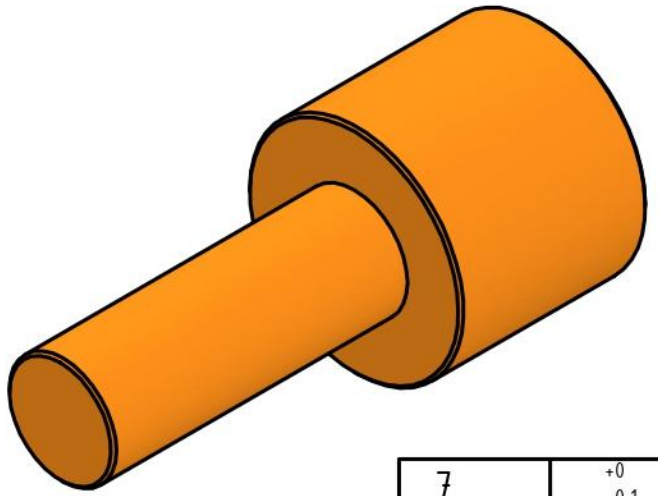
Tervező: Meskál Ábel	Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar		Méretarány: 5 : 1
Dátum: 2025. 09. 02.	Alkatrész megnevezése: Pozicionáló csap		Lapméret: A4
Darabszám: 1 db	Anyag: C45	Előgyártmány D10 húzott h9	Tömeg: 0,002 kg

Gépészeti Osztály

Ra 3,2

Átlagos élletörás 0,2x45°





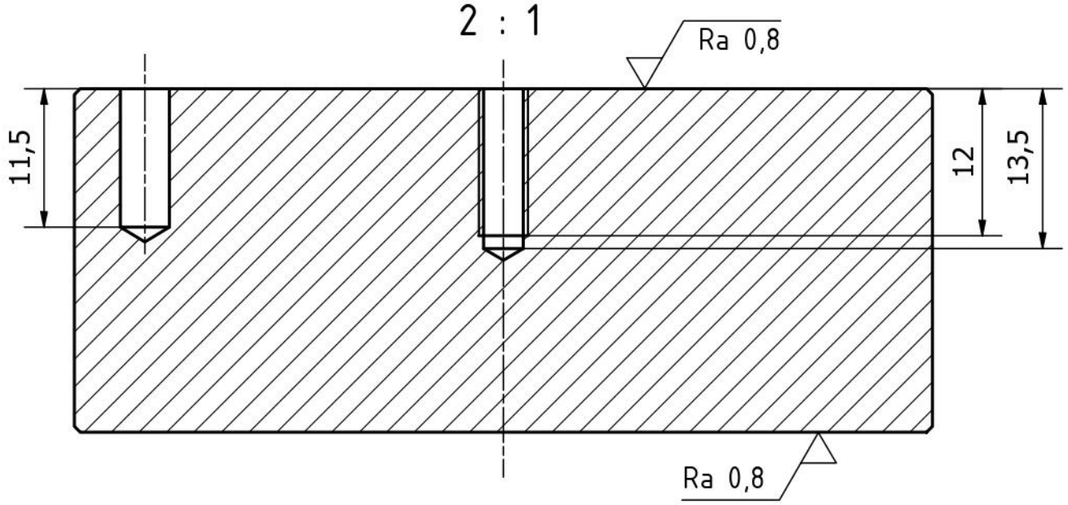
Méret	Tűrés
7	+0 −0,1
18	+0 −0,1
Ø8	+0 −0,01
Ø5p6	+0,020 +0,012

Tervező: Meskál Ábel	Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar		Méretarány: 5 : 1
Dátum: 2025. 09. 02.	Alkatrész megnevezése: Illesztő csap		Lapméret: A4
Darabszám: 3 db	Anyag: C45	Előgyártmány D10 húzott h9	Tömeg: 0,004 kg

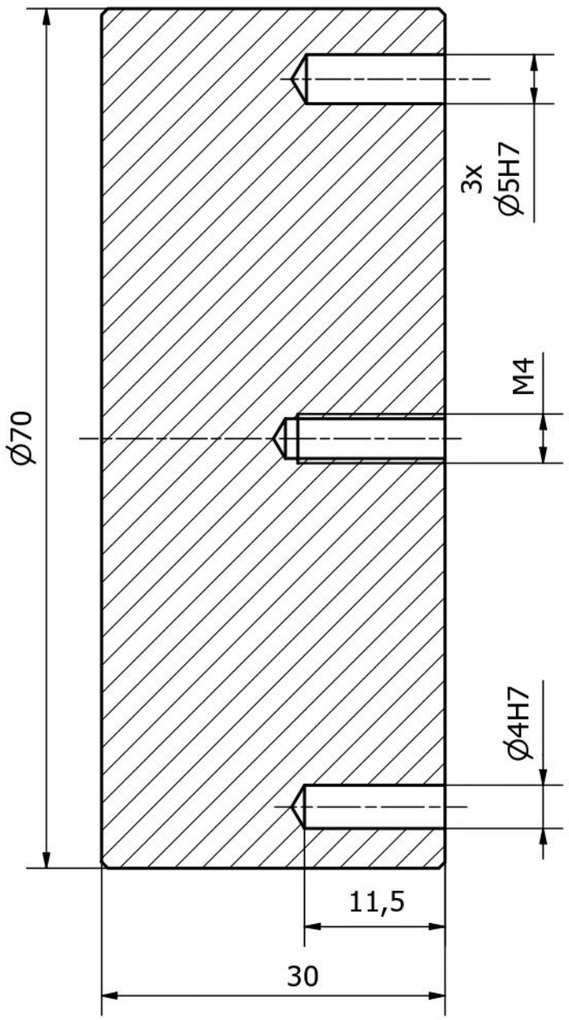
Gépészeti Osztály

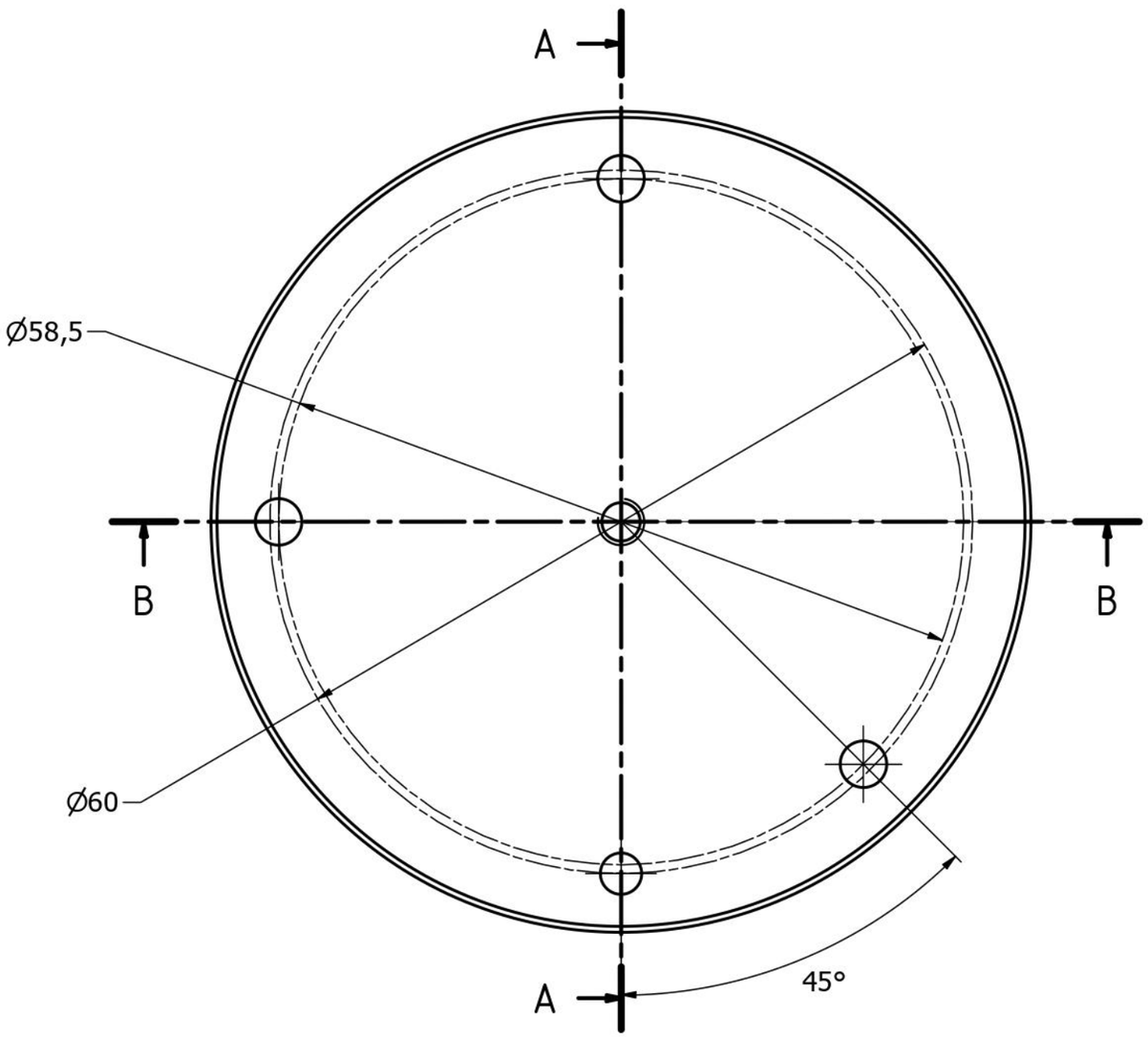
3. sz. melléklet: Készülék lap alkatrészrajza

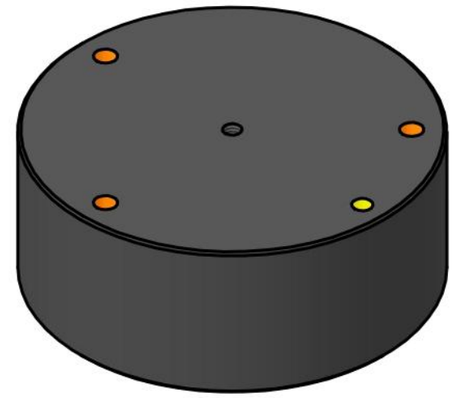
B–B
2 : 1



A–A
2 : 1







Ra 3,2 (Ra 0,8)

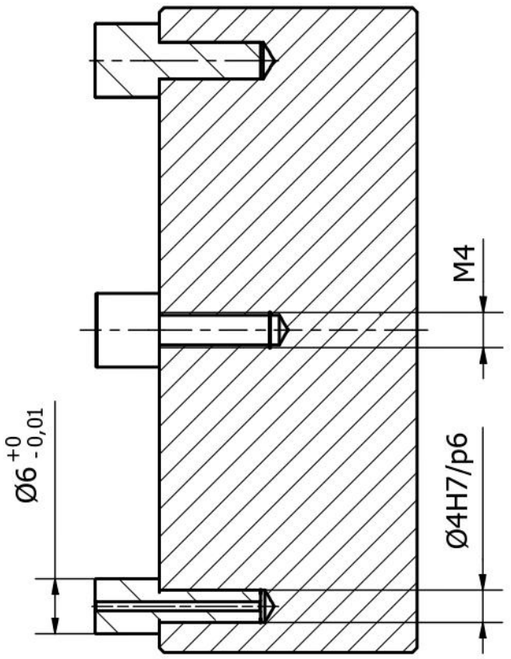
Átlagos élletörás 0,5x45°

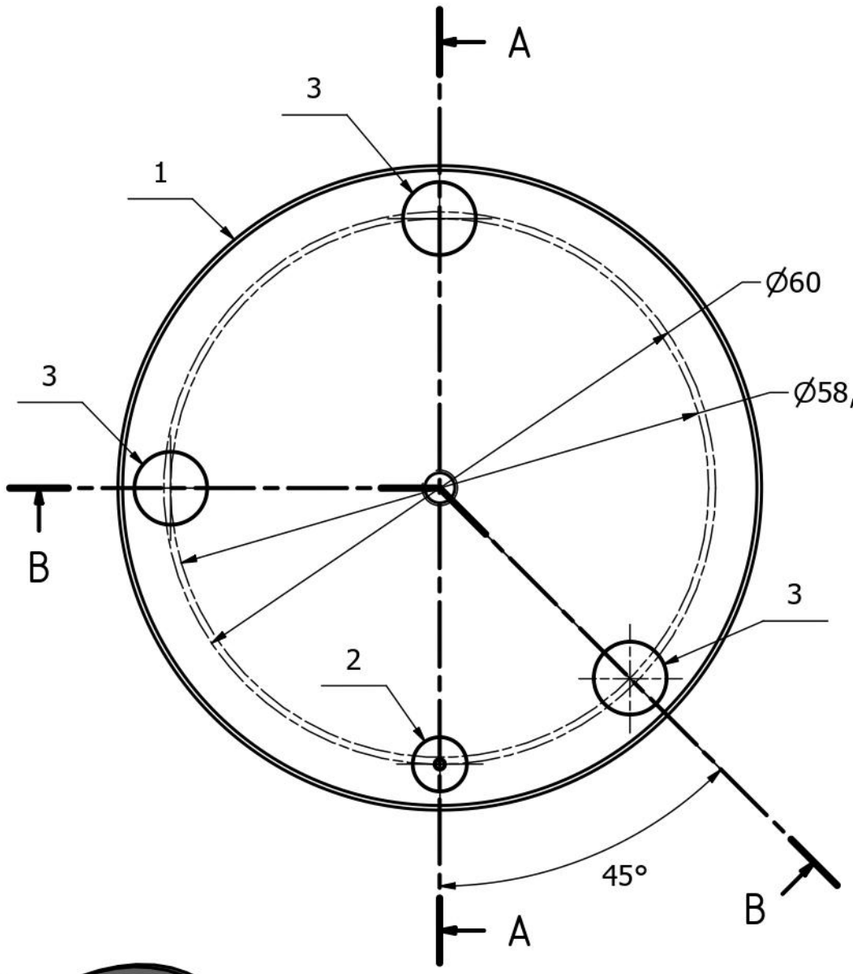
Méret	Tűrés
Ø5H7	+0,012 0
Ø4H7	+0,012 0

Tervező: Meskál Ábel	Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar		Méretarány: 2 : 1	Gépészeti Osztály
Dátum: 2025. 09. 02.	Alkatrész megnevezése: Készülék lap		Lapméret: A3	
Darabszám: 1 db	Anyag: C45	Előgyártmány D70x35 húzott h9	Tömeg: 0,951 kg	

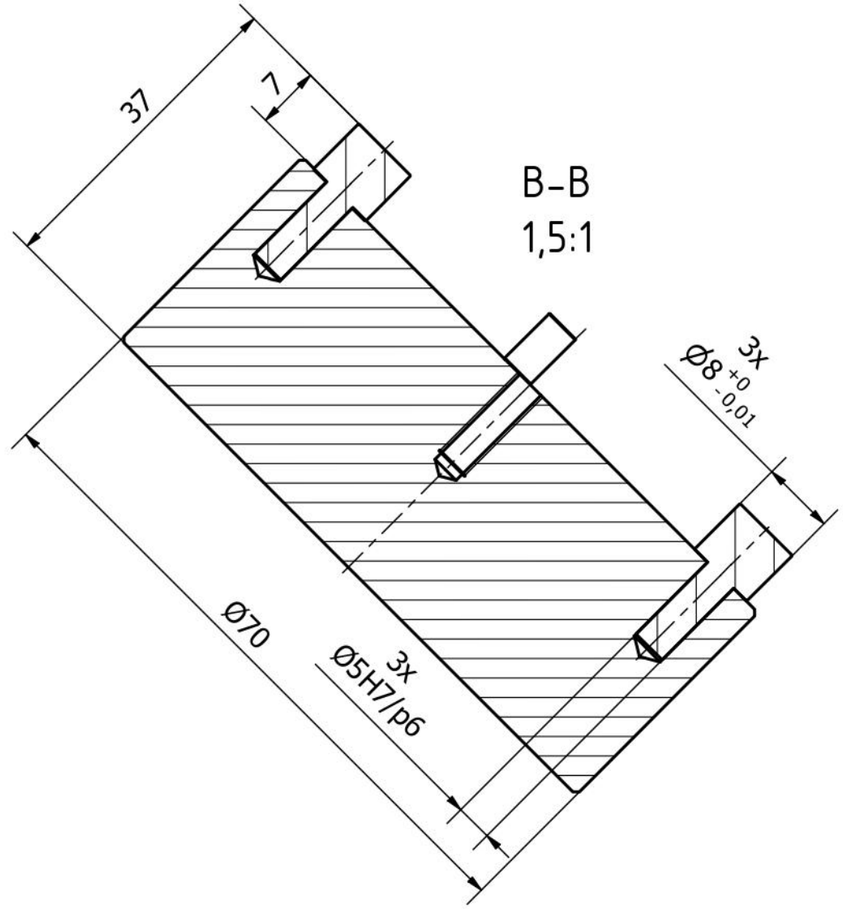
4. sz. melléklet: Összeállítási műhelyrajzok

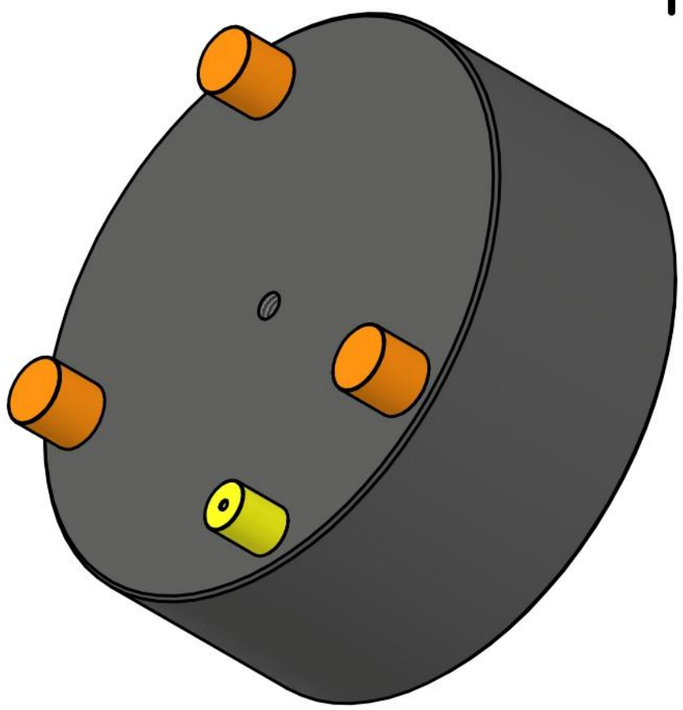
A–A
1,5:1





B–B
1,5:1





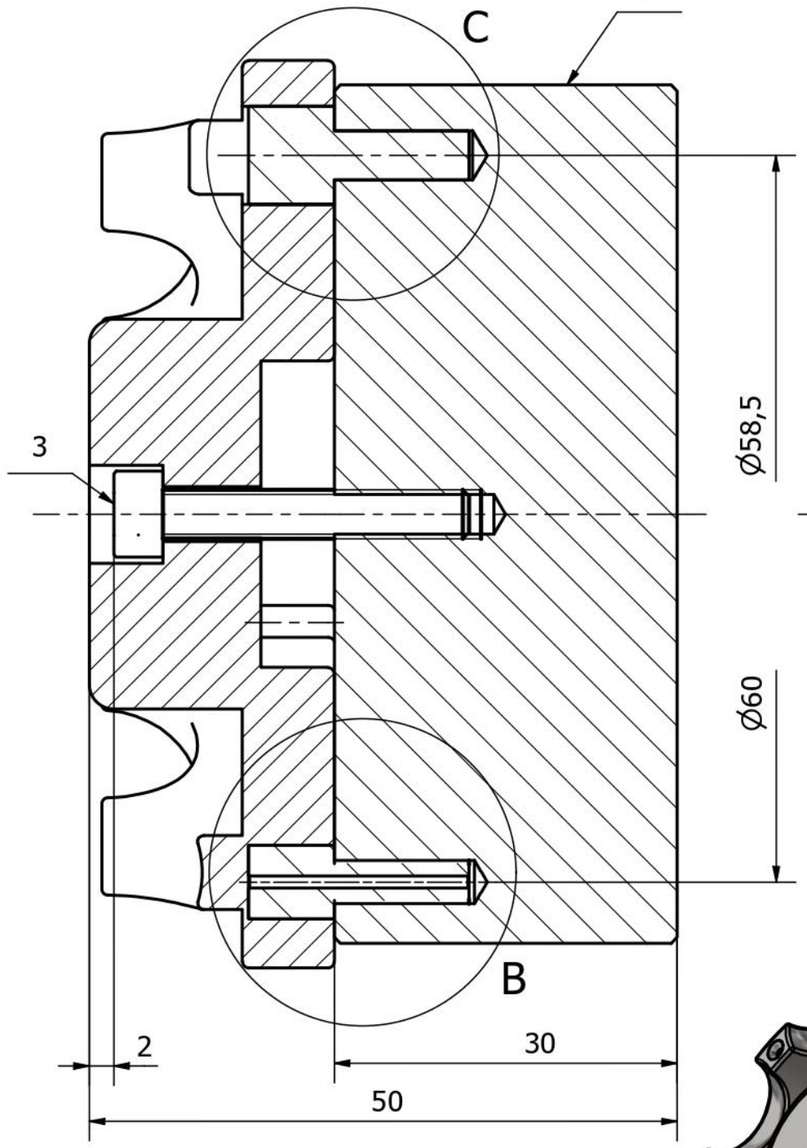
Méret	Tűrés	Tételszám	Megnevezés	Darabszám	Anyag
Ø6	+0 −0,01				
Ø8	+0 −0,01				
Ø5H7	+0,012 0				
Ø5p6	+0,020 +0,012	3	Illesztő csap	3 db	C45
Ø4H7	+0,012 0	2	Pozicionáló csap	1 db	C45
Ø4p6	+0,020 +0,012	1	Készülék lap	1 db	C45

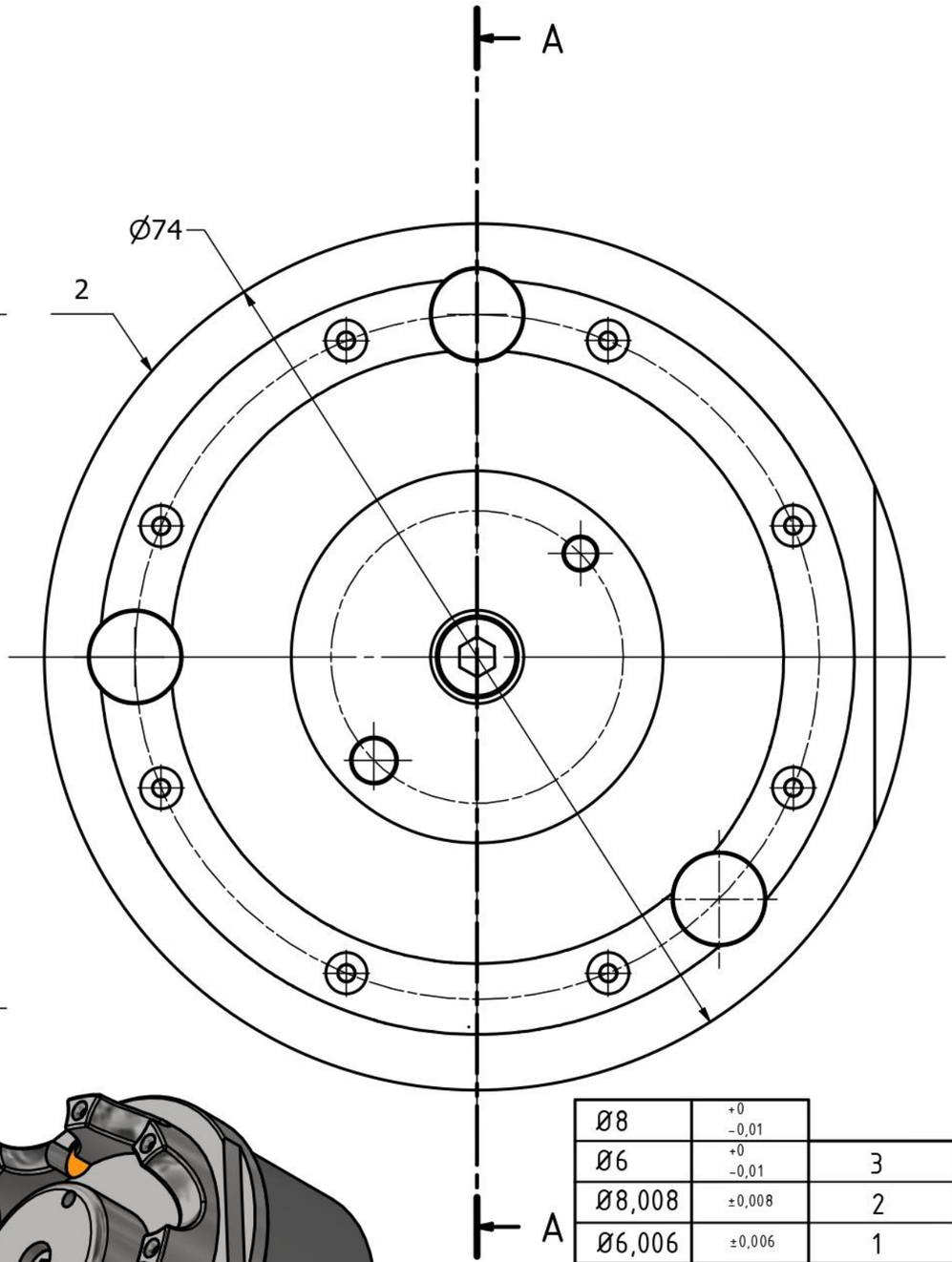
Tervező: Meskál Ábel	Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar	Méretarány: 1,5:1	Gépészeti Osztály
Dátum: 2025. 09. 04.	Alkatrész megnevezése: Összeszerelt készülék	Lapméret: A3	
Darabszám: 1 db	Rögzítés módja: Préseléssel rögzítve	Tömeg: 0,957kg	

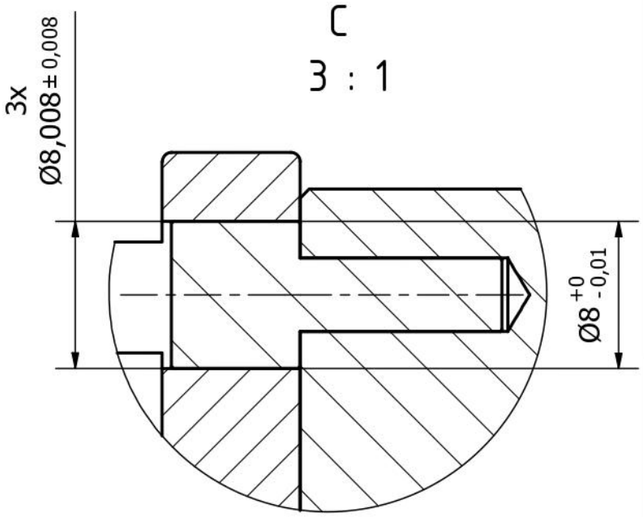
A–A
2 : 1

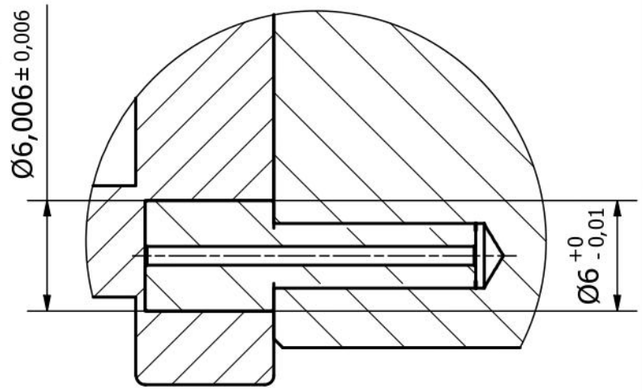
C
3 : 1

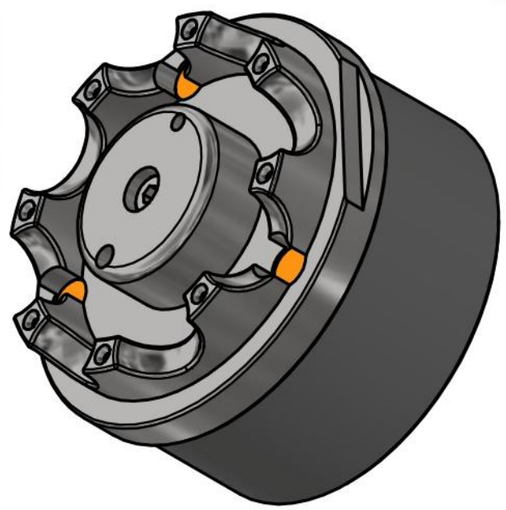
B
3 : 1











Méret	Tűrés	Tételszám	Megnevezés	Darabszám	Anyag
Ø8	+0 −0,01				
Ø6	+0 −0,01	3	Rögzítő csavar	1 db	Steel
Ø8,008	±0,008	2	Speciális csapágyfészek	1 db	X153CrMoV12
Ø6,006	±0,006	1	Összeszerelt készülék	1 db	C45

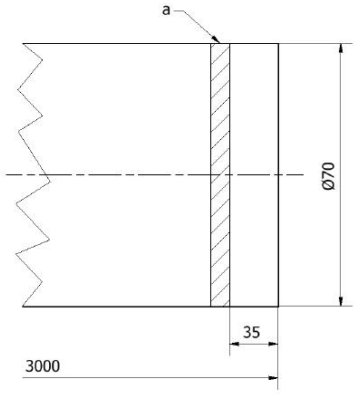
Tervező: Meskál Ábel	Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar	Méretarány: 2 : 1	Gépészeti Osztály
Dátum: 2025. 09. 04.	Alkatrész megnevezése: Összeszerelt készülék munkadarabbal	Lapméret: A3	
Darabszám: 1 db	Munkadarab rögzítésének módja: Csavarkötéssel rögzítve	Tömeg: 1,301 kg	

5. sz. melléklet: Műveleti utasítások

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11

Alkatrész neve: Készülék lap		Művelet szám: I.	
Anyag: C45	Nyersméret: Ø70 x 3000 mm	Anyagállapot: Húzott h9	Géptípus: ARG 300 CF
Művelet megnevezése: Darabolás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 1 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

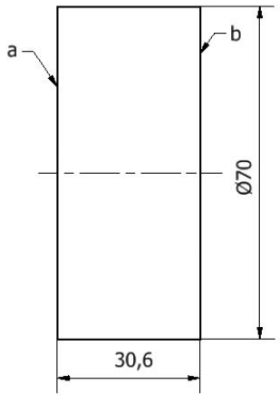


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	v_{sz} m/min					
	Befogás gépsatuban								
1.	Darabolás	a	Fűrészlap	45					
2.	Ellenőrzés		Tolómérő						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11

Alkatrész neve: Készülék lap			Művelet szám: II.
Anyag: C45	Nyersméret: Ø70 x 35 mm	Anyagállapot: Fűrészelt	Géptípus: SN500 Classic
Művelet megnevezése: Esztergálás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 1 db		Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió	

Vázlat:

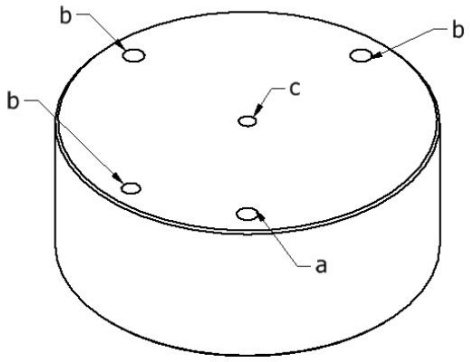


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	**v_c** m/min	**n** 1/min	**f** mm	**a** mm	**i** db	
	Befogás tokmányban								
1.	Oldalazás I.	a	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	300	1250	0,05	1,1	2	
	Élletörés								
	Munkadarab kivesz, megfordít								
2.	Oldalazás II.	b	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	300	1250	0,05	1,1	2	
	Élletörés								
	Ellenőrzés		Tolómérő						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11

Alkatrész neve: Készülék lap		Művelet szám: III.	
Anyag: C45	Nyersméret: Ø70 x 30,6 mm	Anyagállapot: Esztergált	Géptípus: Optimill F150
Művelet megnevezése: CNC marás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 1 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

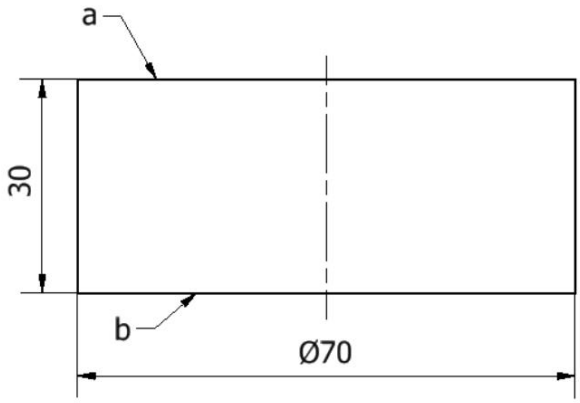


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	v_c m/min	v_f mm/min	**n** 1/min	**f** mm	**a** mm	**i** db
	Befogás tokmányban								
1.	Központfúrás	a b c	A1115-10 C330.16.100 AK300.S40.100.ER25	25	318	3978	0,08	1	1
2.	Fúrás I. (Ø4,9 mm x 12,5 mm)	b	A1511-4.9 C330.16.040 AK300.S40.100.ER25	18	117	1469	0,08	3	-
3.	Fúrás II. (Ø3,9 mm x 12,5 mm)	a	A1511-3.9 C330.16.030 AK300.S40.100.ER25	16	87	1756	0,05	3	-
4.	Fúrás III. (Ø3,3 mm x 14 mm)	c	A1511-3.3 C330.16.040 AK300.S40.100.ER25	18	138	1736	0,08	2	-
5.	Menetfúrás	c	D7063700-M4 C340.25.045 AK300.S40.100.ER25	15	-	1193	0,7	-	-
6.	Dörzsárazás I. (Ø5 mm x 11 mm)	b	F2171-5 C330.16.040 AK300.S40.100.ER25	15	119	1193	0,1	-	1
7.	Dörzsárazás II. (Ø4 mm x 11 mm)	a	F2171-4 C330.16.040 AK300.S40.100.ER25	12	127	1273	0,1	-	1
	Ellenőrzés		Furatmikró						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11

Alkatrész neve: Készülék lap		Művelet szám: IV.	
Anyag: C45	Nyersméret: Ø70 x 30,6 mm	Anyagállapot: Mart	Géptípus: SG-2050 AHR
Művelet megnevezése: Köszörülés		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 1 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

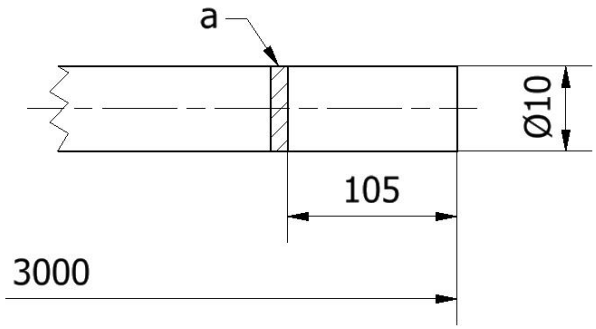


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	**v_f** mm/min	**n** 1/min	**a** mm	**i** db		
	Rögzítés mágnesasztalon								
1.	Durva köszörülés I.	a	A36 köszörűkorong	150	2850	0,08	3		
2.	Finom köszörülés I.	a	A60 köszörűkorong	120	2850	0,02	2		
3.	Simító köszörülés I.	a	A120 köszörűkorong	100	2850	0,01	2		
	Munkadarab megfordít								
4.	Durva köszörülés II.	b	A36 köszörűkorong	150	2850	0,08	3		
5.	Finom köszörülés II.	b	A60 köszörűkorong	120	2850	0,02	2		
6.	Simító köszörülés II.	b	A120 köszörűkorong	100	2850	0,01	2		

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11

Alkatrész neve: Illesztő csap és Pozicionáló csap		Művelet szám: I.	
Anyag: C45	Nyersméret: Ø10 x 3000 mm	Anyagállapot: Húzott h9	Géptípus: ARG 300 CF
Művelet megnevezése: Darabolás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 1 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

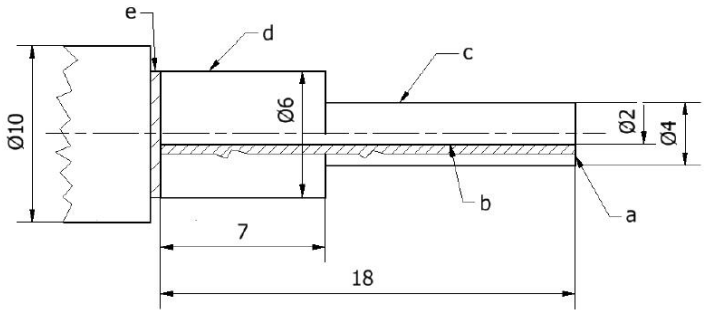


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	v_{sz} m/min					
	Befogás gépsatuban								
1.	Darabolás	a	Fűrészlap	45					
2.	Ellenőrzés		Tolómérő						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11

Alkatrész neve: Pozicionáló csap		Művelet szám: II.	
Anyag: C45	Nyersméret: Ø10 x 105 mm	Anyagállapot: Fűrészelt	Géptípus: E3N-01
Művelet megnevezése: Esztergálás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 1	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

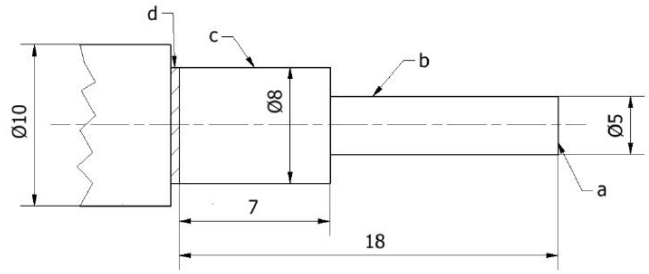


Sor-szám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v_c mm/min	n 1/min	f mm	a mm	i db	
	Befogás tokmányban		3 pofás tokmány						
1.	Nagyoló oldalazás	a	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	30	800	0,16	1	1	
2.	Központfúrás	b	K1111-2.5	3,5	900	kézi	változó	-	
3.	Fúrás (Ø2 mm x 18 mm)	b	A1511-2 HSS spirálfúró	3,5	900	kézi	változó	-	
4.	Nagyoló hosszesztergálás I. (Ø6 mm x 20 mm)	d	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	30	800	0,24	1,9	2	
5.	Nagyoló hosszesztergálás II. (Ø4 mm x 11 mm)	c	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	30	800	0,24	1	2	
6.	Simító oldalazás	a	DNMG150404-FP5 WPP10G DDJNR164C	40	1250	0,05	0,2	1	
7.	Simító hosszesztergálás I. (Ø4 mm x 11 mm)	c	DNMG150404-FP5 WPP10G DDJNR164C	15	1250	0,05	0,2	1	
8.	Simító hosszesztergálás II. (Ø6 mm x 9 mm)	d	DNMG150404-FP5 WPP10G DDJNR164C	25	1250	0,05	0,2	1	
9.	Leszúrás	e	GX16-1E200N02-CF5 WSM23S G1041.32R-2T23GX16C	20	900	kézi	változó	-	
	Ellenőrzés		Tolómérő						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11

Alkatrész neve: Illesztő csap		Művelet szám: II.	
Anyag: C45	Nyersméret: Ø10 x 105 mm	Anyagállapot: Fűrészelt	Géptípus: E3N-01
Művelet megnevezése: Esztergálás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 3	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

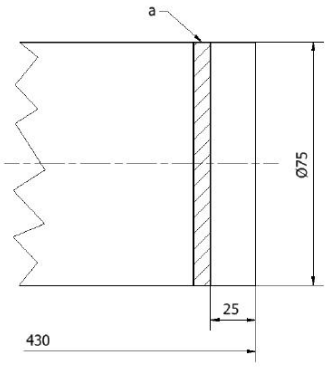


Sor-szám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v_c mm/min	n 1/min	f mm	a mm	i db	
	Befogás tokmányban								
1.	Nagyoló oldalazás	a	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	30	800	0,16	0,8	1	
2.	Nagyoló hosszesztergálás I. (Ø8 mm x 20 mm)	c	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	30	800	0,24	0,9	2	
3.	Nagyoló hosszesztergálás II. (Ø5 mm x 11 mm)	b	CNMG120404-MU5 WPP10G PCLNR2525M12	25	800	0,24	1,5	2	
4.	Simító oldalazás	a	DNMG150404-FP5 WPP10G DDJNR164C	40	1250	0,08	0,2	1	
5.	Simító hosszesztergálás I. (Ø5 mm x 11 mm)	b	DNMG150404-FP5 WPP10G DDJNR164C	20	1250	0,05	0,2	1	
6.	Simító hosszesztergálás II. (Ø8 mm x 9 mm)	c	GX16-1E200N02-CF5 WSM23S G1011.1212R-2T12GX16	40	1250	0,05	0,2	1	
8.	Leszúrás	e	GX16-1E200N02-CF5 WSM23S G1041.32R-2T23GX16C	20	1000	kézi	változó	-	
	Ellenőrzés		Tolómérő						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek		Művelet szám: I.	
Anyag: X153CrMoV12	Nyersméret: Ø75 x 430 mm	Anyagállapot: Hengerelt	Géptípus: ARG 300 CF
Művelet megnevezése: Darabolás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 16 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

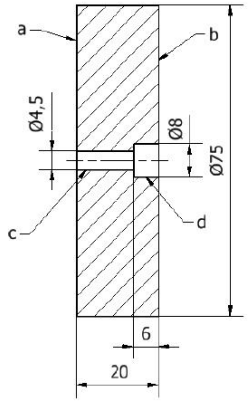


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	v_{sz} m/min					
	Befogás gépsatuban								
1.	Darabolás	a	Fűrészlap	45					
	Ellenőrzés		Tolómérő						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek		Művelet szám: II.	
Anyag: X153CrMoV12	Nyersméret: Ø75 x 25 mm	Anyagállapot: Fűrészelt	Géptípus: SN500 Classic
Művelet megnevezése: Esztergálás		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 16 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

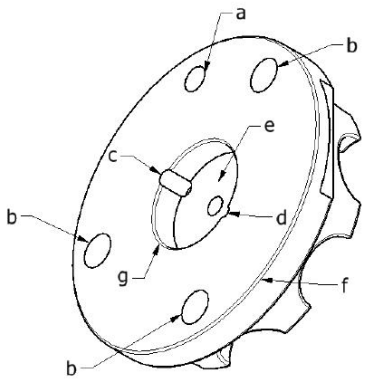


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	**v_c** m/min	**n** 1/min	**f** mm	**a** mm	**i** db	
	Befogás tokmányban								
1.	Tisztára oldalazás	a	DNMG150408-FP5 WPP20G DDJNR164D	250	1000	0,08	0,3	1	
	Élletörés								
	Munkadarab kivesz, megfordít								
2.	Nagyoló oldalazás	b	CNMM120408-HU3 WPP20G PCLNR2525M12	200	800	0,16	1,1	4	
3.	Simító oldalazás	b	DNMG150408-FP5 WPP20G DDJNR164D	250	1000	0,08	0,3	1	
4.	Központfúrás	c	K1111-2.5	8	1000	kézi	változó	1	
5.	Fúrás (Ø4,5 x teljes hosszon)	c	A1511-4.5	10	630	kézi	változó	-	
6.	Süllyesztés (Ø8 x 6 mm)	d	MC341-08.0A4P-WK40TZ	15	550	kézi	változó	-	
	Élletörés								
	Ellenőrzés		Tolómérő						

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek		Művelet szám: III.	
Anyag: X153CrMoV12	Nyersméret: Ø75 x 20 mm	Anyagállapot: Esztergált	Géptípus: Optimill F150
Művelet megnevezése: CNC marás I.		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 16 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

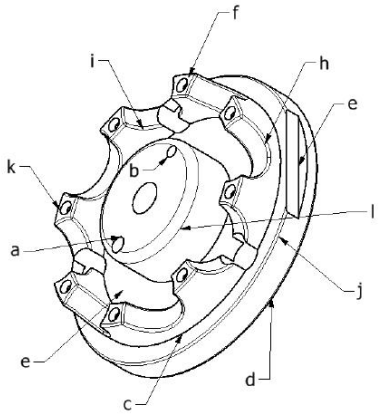


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	**v_c** m/min	**v_f** mm/min	**n** 1/min	**f_z** mm	**a_p** mm	**a_e** mm	**i** db
	Befogás tokmányban									
1.	Központfúrás	a b c d	A1115-10 C330.16.100 AK300.S40.100.ER25	15	143	2387	0,06	1	-	1
2.	Fúrás I. (Ø7,8 mm x teljes mélységben)	b	A1511-7.8 C330.16.080 AK300.S40.100.ER25	14	57	571	0,1	4	-	-
3.	Fúrás II. (Ø8,8 mm x 7 mm)	a	A1511-5.8 C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	12	65	658	0,1	3	-	-
4.	Fúrás III. (Ø3,7 mm x teljes mélységben)	c	A1511-3.7 C330.16.040 AK300.S40.100.ER25	10	68	860	0,08	2	-	-
5.	Fúrás IV. (Ø3,7 mm x teljes mélységben)	d	A1511-2.7 C330.16.030 AK300.S40.100.ER25	10	94	1178	0,08	2	-	-
6.	Zseb nagyolás I.	e	MC319-12.0W4BC-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	130	689	3448	0,05	2	1,2	-
7.	Zseb simítás I.	e	MC233-12.0W4L-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	150	318	3978	0,02	0,2	0,2	1
8.	Furat simítás	b	MC230-05.0A4A-WK40TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	100	254	6366	0,01	-	-	1
9.	Éllekerekítés I.	f	MC416-03.0A4L-WJ30TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	85	721	9018	0,035	-	-	-
10.	Éllekerekítés II.	g	MC416-03.0A4L-WJ30TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	85	721	9018	0,035	-	-	-

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek		Művelet szám: IV.	Oldalszám: 1/2
Anyag: X153CrMoV12	Nyersméret: Ø75 x 20 mm	Anyagállapot: Esztergált	Géptípus: Optimill F150
Művelet megnevezése: CNC marás II.		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 16 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

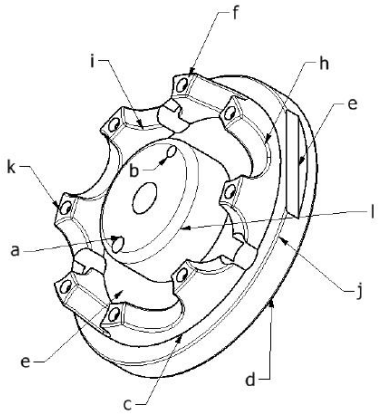


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	**v_c** m/min	**v_f** mm/min	**n** 1/min	**f_z** mm	**a_p** mm	**a_e** mm	**i** db
	Befogás készülékben									
1.	Furat bővítés I.	a	MC230-02.5A3B-WK40TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	50	190	6366	0,01	1	-	-
2.	Furat bővítés II.	b	MC230-02.5A3B-WK40TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	50	190	6366	0,01	1	-	-
3.	Kontúr nagyolás I.	c	MC319-12.0W4BC-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	120	445	3183	0,035	-	1,2	-
4.	Kontúr nagyolás II.	d	MC319-12.0W4BC-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	120	445	3183	0,035	-	0,8	1
5.	Kontúr nagyolás III.	e	MC319-12.0W4BC-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	120	445	3183	0,035	-	1,2	-
6.	Kontúr simítás I.	c	MC233-12.0W4L-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	120	254	3183	0,02	-	0,2	1
7.	Kontúr simítás II.	d	MC233-12.0W4L-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	120	254	3183	0,02	-	0,2	1
8.	Kontúr simítás III.	e	MC233-12.0W4L-WK40TF C330.16.120 AK300.S40.100.ER25	120	254	3183	0,02	-	0,2	1
9.	Zseb nagyolás II.	f	MC319-10.0W4BC-WK40TF C330.16.100 AK300.S40.100.ER25	120	763	3819	0,05	1	0,1	-

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Műveleti utasítás**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek		Művelet szám: IV.	Oldalszám: 2/2
Anyag: X153CrMoV12	Nyersméret: Ø75 x 20 mm	Anyagállapot: Esztergált	Géptípus: Optimill F150
Művelet megnevezése: CNC marás II.		Műhely: Forgácsoló műhely	
Érvényes darabszám: 16 db	Alkalmazott hűtőfolyadék: Olajemulzió		

Vázlat:

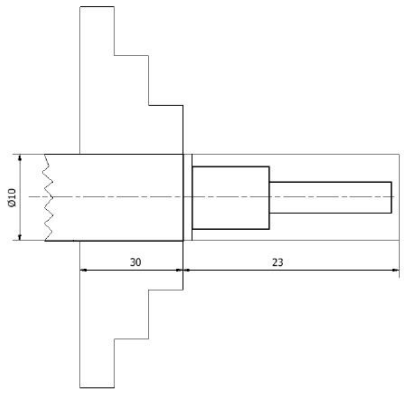


Sor-szám	**Műveletelem**	**Felület**	**Szerszám, mérőeszköz, készülék**	**v_c** m/min	**v_f** mm/min	**n** 1/min	**f_z** mm	**a_p** mm	**a_e** mm	**i** db
10.	Koronák felső oldalának nagyolása	g	MC319-10.0W4BC-WK40TF C330.16.100 AK300.S40.100.ER25	130	827	4138	0,05	-	0,85	-
11.	Zseb simítás II.	f	MC233-10.0W4L-WK40TF C330.16.100 AK300.S40.100.ER25	130	331	4138	0,02	0,2	0,2	1
12.	Koronák felső oldalának simítása	g	MC233-10.0W4L-WK40TF C330.16.100 AK300.S40.100.ER25	140	356	4456	0,02	-	0,85	1
13.	Koronák nagyolása	h	MC319-05.0W4BC-WK40TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	100	381	6366	0,015	0,5	0,5	-
14.	Koronák simítása	h	MC416-03.0A4L-WJ30TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	80	339	8488	0,01	változó	változó	-
15.	Éllekerekítés III.	i	MC416-03.0A4L-WJ30TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	85	721	9018	0,035	-	-	-
16.	Éllekerekítés IV.	j	MC416-03.0A4L-WJ30TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	85	721	9018	0,035	-	-	-
17.	Fúrás V. (Ø3 x 1,25 mm)	k	MC416-03.0A4L-WJ30TF C330.16.060 AK300.S40.100.ER25	85	360	9018	0,01	1,25	-	1
18.	Éllekerekítés V.	l	MC416-10.0A4L-WJ30TF	200	763	6366	0,03	-	-	-
	Ellenőrzés		Tolómérő, furatmikró							

6. sz. melléklet: Felfogási tervek

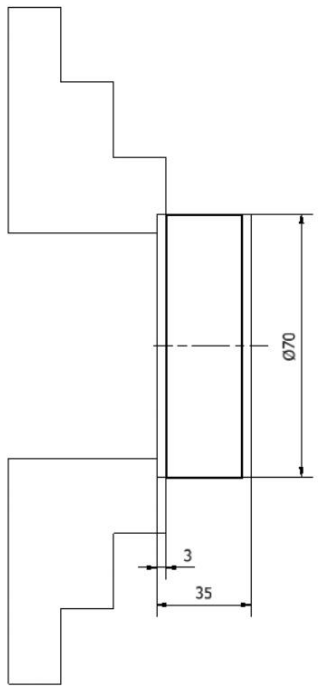
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Felfogási terv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.
Alkatrész neve: Pozicionáló csap, Illesztő csap	Műhely: Forgácsoló műhely	Művelet szám: II.
Szerszámgép: E3N-01	Befogási eszköz: 3 pofás eszterga tokmány	

Vázlat:



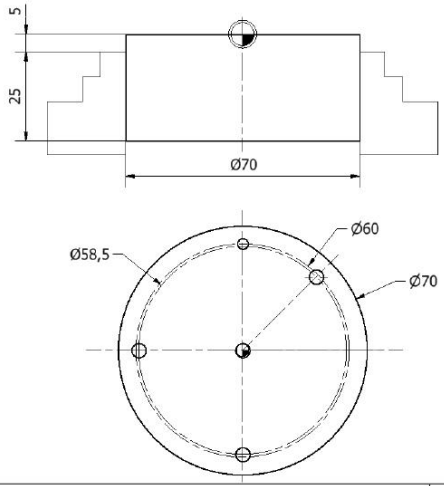
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Felfogási terv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.
Alkatrész neve: Készülék lap	Műhely: Forgácsoló műhely	Művelet szám: II.
Szerszámgép: SN500 Classic	Befogási eszköz: 3 pofás eszterga tokmány szabályozott kemény pofákkal	

Vázlat:



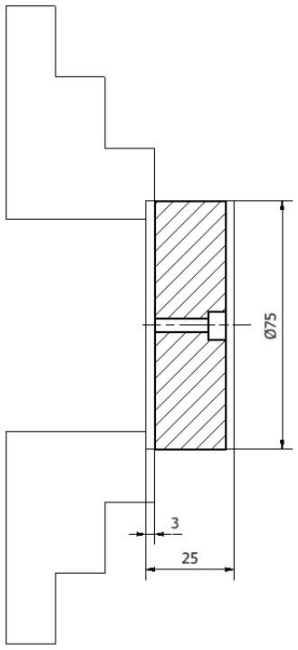
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Felfogási terv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.
Alkatrész neve: Készülék lap	Műhely: Forgácsoló műhely	Művelet szám: III.
Szerszámgép: Optimill F150	Befogási eszköz: 3 pofás tokmány	

Vázlat:



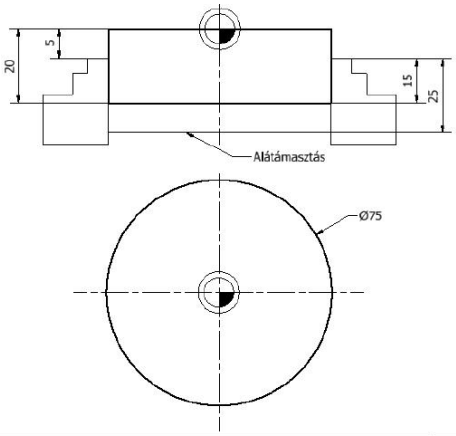
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Felfogási terv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.
Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek	Műhely: Forgácsoló műhely	Művelet szám: II.
Szerszámgép: SN500 Classic	Befogási eszköz: 3 pofás eszterga tokmány szabályozott kemény pofákkal	

Vázlat:



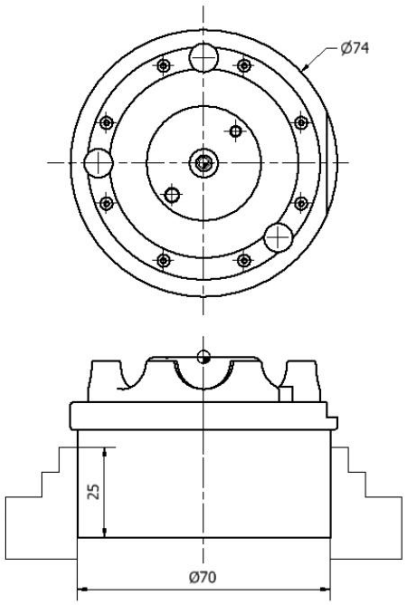
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Felfogási terv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.
Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek	Műhely: Forgácsoló műhely	Művelet szám: III.
Szerszámgép: Optimill F150	Befogási eszköz: 3 pofás tokmány	

Vázlat:



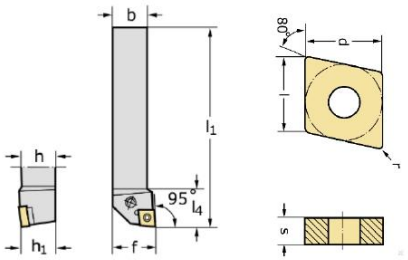
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Felfogási terv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.
Alkatrész neve: Speciális csapágyfészek	Műhely: Forgácsoló műhely	Művelet szám: IV.
Szerszámgép: Optimill F150	Befogási eszköz: 3 pofás tokmány, tervezett készülék	

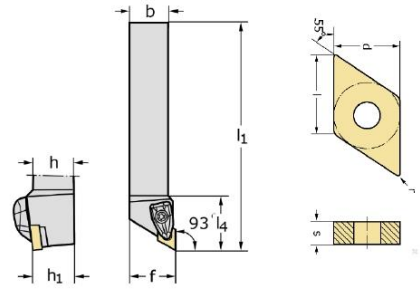
Vázlat:

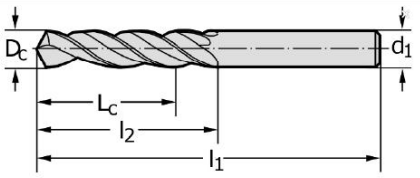


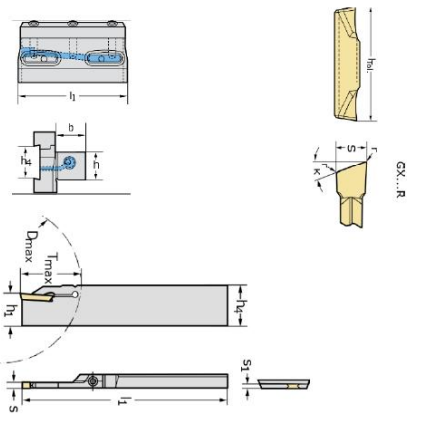
7. sz. melléklet: Szerszámterv

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel
		Dátum: 2025.11.11.

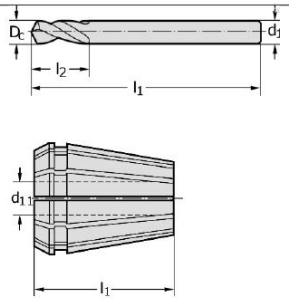
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: PCLNR2525M12			Lapka jele: CNMG120404-MU5 WPP10G
Származgasság	h=h1	25mm	
Szárszélesség	b	25mm	
Funkcionális szélesség	f	32mm	
Funkcionális hossz	l1	150mm	
Maximális kinyúlási hossz	l4	27,2mm	
Forgácsolóél hossz	l	12,9mm	
Fordulatonkénti előtolás	f	0,15-0,3mm	
Fogásmélység	ap	0,5-4mm	
Forgácsoló sebesség	Vc	230-380 m/min	

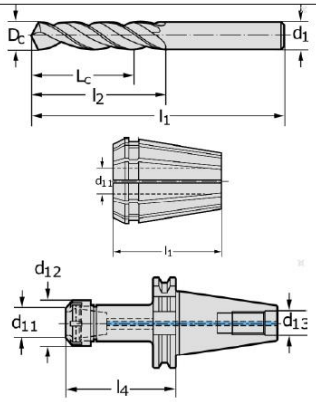
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: PVJBL1616H16			Lapka jele: DNMG150404-FP5 WPP10G
Származgasság	h=h1	25mm	
Szárszélesség	b	25mm	
Funkcionális szélesség	f	31,75mm	
Funkcionális hossz	l1	127mm	
Maximális kinyúlási hossz	l4	39,4mm	
Forgácsolóél hossz	l	15,5mm	
Fordulatonkénti előtolás	f	0,05-0,2mm	
Fogásmélység	ap	0,1-1,5mm	
Forgácsoló sebesség	Vc	260-410 m/min	
Váltólapka vastagsága	s	4,76mm	

Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: Fúrótokmány			Szerszám jele: A1511-2
Vágóél átmérő	Dc	2mm	
Szár átmérő	d1	2mm	
Hasznos hossz	Lc	31mm	
Teljes hossz	l1	56mm	
Forgácshorony hossza	l2	33mm	
Csúcs szög	g	118fok	

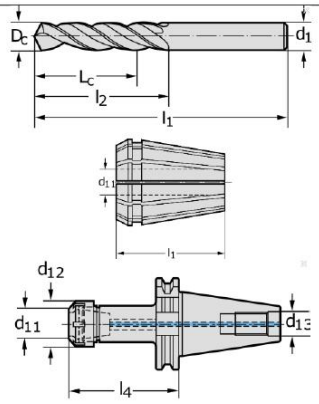
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: G1041.32R-2T23GX16C, G2661-2525N-32-P			Lapka jele: GX16-1E200N02-CF5 WSM23S
Származgasság	h4	32mm	
Szárszélesség	b	25mm	
Funkcionális szélesség	f	11,2mm	
Funkcionális hossz	l1	95mm	
Maximális kinyúlási hossz	l4	31,5mm	
Forgácsolóél hossz	l	16,6mm	
Maximális fogásmélység	s	2 mm	
Szerszámtest szélessége	s1	1,5 mm	
Teljes hossz	l1	110 mm	
Fordulatonkénti előtolás	f	0,04-0,12mm	
Fogásmélység	a	2mm	
Forgácsoló sebesség	Vc	130-210 m/min	

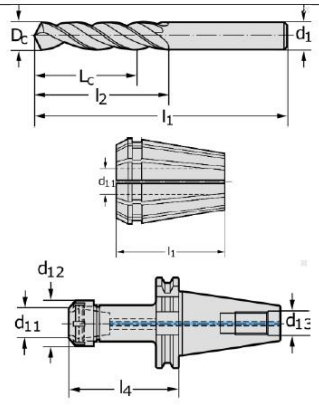
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1115-10 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.100
Vágóél átmérő	Dc	10mm	
Szár átmérő	d1	10mm	
Teljes hossz	l1	89mm	
Forgácshorony hossza	l2	34mm	
Csúcs szög	g	90fok	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	10-11mm	

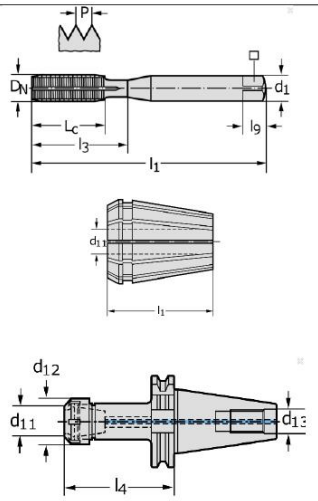
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1511-3.9 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.040
Vágóél átmérő	Dc	3,9mm	
Szár átmérő	d1	3,9mm	
Hasznos hossz	Lc	61mm	
Teljes hossz	l1	119mm	
Forgácshorony hossza	l2	78mm	
Csúcs szög	g	118fok	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	3-4mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

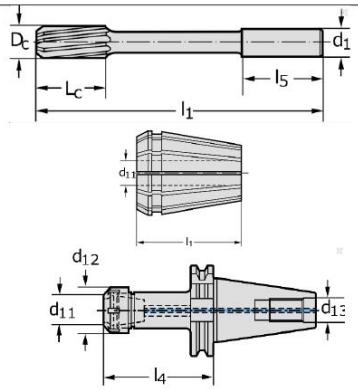
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel
		Dátum: 2025.11.11.

Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1511-4.9 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.050
Vágóél átmérő	Dc	4,9mm	
Szár átmérő	d1	4,9mm	
Hasznos hossz	Lc	79mm	
Teljes hossz	l1	132mm	
Forgácshorony hossza	l2	87mm	
Csúcs szög	g	118fok	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	4-5mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

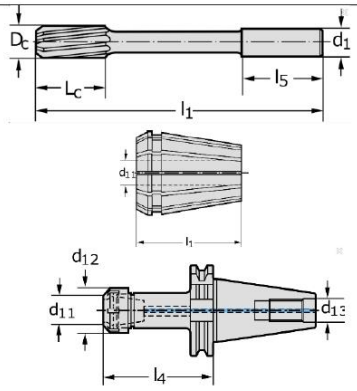
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1511-3.3 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.040
Vágóél átmérő	Dc	3,3mm	
Szár átmérő	d1	3,3mm	
Hasznos hossz	Lc	63mm	
Teljes hossz	l1	106mm	
Forgácshorony hossza	l2	69mm	
Csúcs szög	g	118fok	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	3-4mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

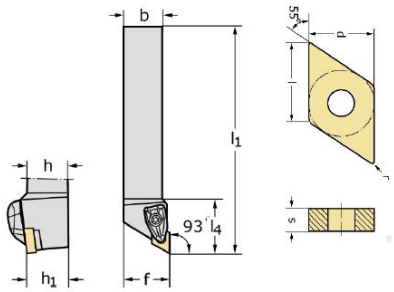
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

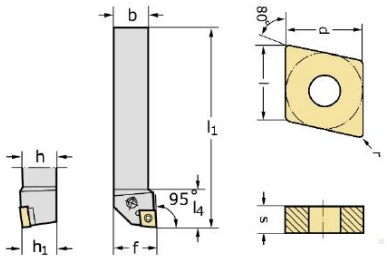
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: D7063700-M4 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C340.25.045
Menetméret	DN	M4	
Menetemelkedés	P	0,7 mm	
Funkcionális hossz	l1	63 mm	
Fonal hossza	Lc	12 mm	
Hasznos hossz	l3	21 mm	
Csatlakozási átmérő	d1	4,5 mm	
Négyszög hossza	lg	6 mm	
Hornyok száma	N	3	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	3-4mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: F2171-4 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.040
Forgácsolási átmérő	Dc	4mm	
Forgácsolóél hossz	Lc	19mm	
Teljes hossz	l1	75mm	
Szárhossz	l5	28mm	
Csatlakozó átmérő	d1	4mm	
Hornyok száma	Z	6	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	3-4mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

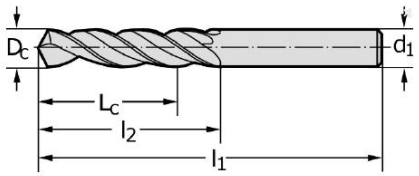
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: F2171-5 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.050
Forgácsolási átmérő	Dc	5mm	
Forgácsolóél hossz	Lc	23mm	
Teljes hossz	l1	86mm	
Szárhossz	l5	36mm	
Csatlakozó átmérő	d1	4mm	
Hornyok száma	Z	6	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	4-5mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

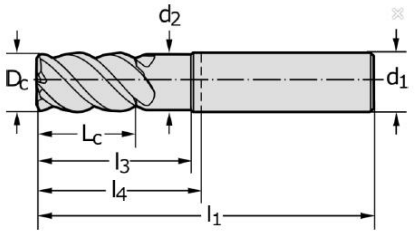
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: DDJNR164D			Lapka jele: DNMG150408-FP5 WPP20G
Származmagasság	h=h1	25mm	
Szárszélesség	b	25mm	
Funkcionális szélesség	f	31,75mm	
Funkcionális hossz	l1	152mm	
Maximális kinyúlási hossz	l4	39,4mm	
Forgácsolóél hossz	l	15,5mm	
Fordulatonkénti előtolás	f	0,08-0,25mm	
Fogásmélység	ap	0,2-2mm	
Forgácsoló sebesség	Vc	210-350 m/min	
Váltólapka vastagsága	s	4,76mm	

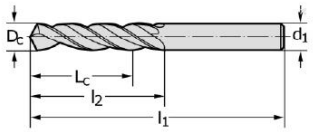
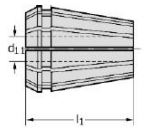
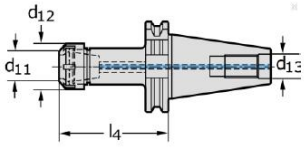
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: PCLNR2525M12			Lapka jele: CNMM120408-HU3 WPP20G
Származmagasság	h=h1	25mm	
Szárszélesség	b	25mm	
Funkcionális szélesség	f	32mm	
Funkcionális hossz	l1	150mm	
Maximális kinyúlási hossz	l4	27,2mm	
Forgácsolóél hossz	l	12,9mm	
Fordulatonkénti előtolás	f	0,3-0,5mm	
Fogásmélység	ap	0,8-7mm	
Forgácsoló sebesség	Vc	160-270 m/min	
Váltólapka vastagsága	s	4,76mm	

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

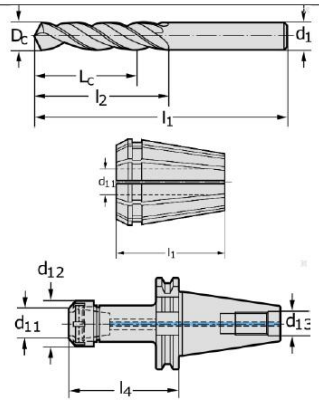
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: Fúrótokmány			Szerszám jele: K1111-2.5
Forgácsolási átmérő	Dc	2,5mm	
Teljes hossz	l1	45mm	
Szár átmérő	d1	6,3mm	

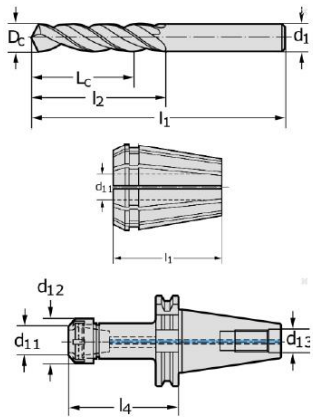
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: Fúrótokmány			Szerszám jele: A1511-4.5
Vágóél átmérő	Dc	4,5mm	
Szár átmérő	d1	4,5mm	
Hasznos hossz	Lc	74mm	
Teljes hossz	l1	126mm	
Forgácshorony hossza	l2	82mm	
Csúcs szög	g	118fok	

Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: Fúrótokmány			Szerszám jele: MC341-08.0A4P-WK40TZ
Vágóél átmérő	Dc	8mm	
Max vágási mélység	Lc	13mm	
Teljes hossz	l1	63mm	
Hasznos hossz	l3	22mm	
Maximális túlnyúlás	l4	27mm	
Meghajtó mérete	d1	4mm	
Nyakátmérő	d2	7,6mm	
Élek száma	Z	4	

Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1511-7.8 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.080
Vágóél átmérő	Dc	7,8mm	
Szár átmérő	d1	7,8mm	
Hasznos hossz	Lc	96mm	
Teljes hossz	l1	165mm	
Forgácshorony hossza	l2	109mm	
Csúcs szög	g	118fok	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	7-8mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

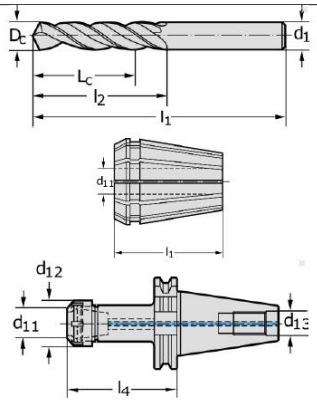
Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1511-5.8 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.060
Vágóél átmérő	Dc	5,8mm	
Szár átmérő	d1	5,8mm	
Hasznos hossz	Lc	82mm	
Teljes hossz	l1	139mm	
Forgácshorony hossza	l2	91mm	
Csúcs szög	g	118fok	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	5-6mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

Szerszám adatok (ISO szerint)			Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1511-3.7 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25			Patron jele: C330.16.040
Vágóél átmérő	Dc	3,7mm	
Szár átmérő	d1	3,7mm	
Hasznos hossz	Lc	67mm	
Teljes hossz	l1	112mm	
Forgácshorony hossza	l2	73mm	
Csúcs szög	g	118fok	
Szorító patronok		ER25	
Teljes hossz	l1	34mm	
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	3-4mm	
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40	
Csatlakozási átmérő	d11	ER25	
Szerszámtest átmérő	d12	42mm	
Funkcionális hossz	l4	100mm	
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16	

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel
		Dátum: 2025.11.11.

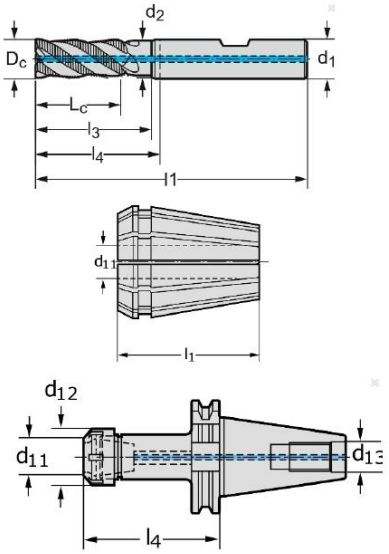
Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: A1511-2.7 Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.030

Vágóél átmérő	Dc	2,7mm
Szár átmérő	d1	2,7mm
Hasznos hossz	Lc	61mm
Teljes hossz	l1	100mm
Forgácshorony hossza	l2	66mm
Csúcs szög	g	118fok
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	2-3mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC319-12.0W4BC-WK40TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.120

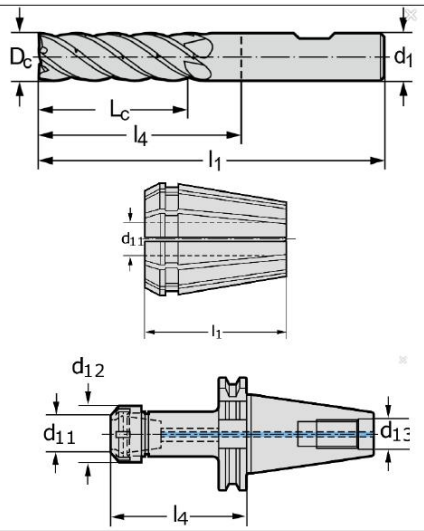
Forgácsoló átmérő	Dc	12mm
Szár átmérő	d1	12mm
Teljes hossz	l1	83mm
Hasznos hossz	l3	36mm
Nyakátmérő	d2	11,4mm
Forgácsolóél hossz	Lc	26mm
Maximális kinyúlás	l4	38mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	11-12mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel
		Dátum: 2025.11.11.

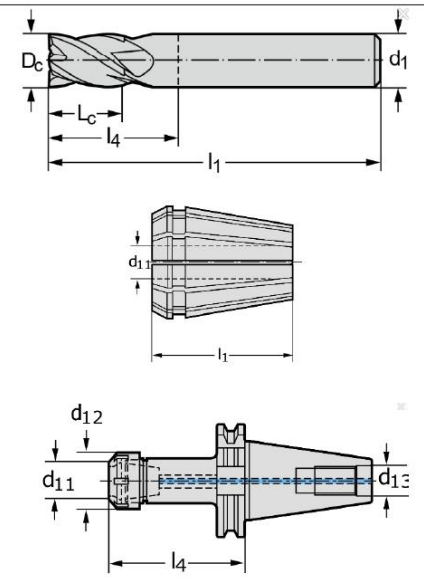
Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC233-12.0W4L-WK40TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.120

Forgácsoló átmérő	Dc	12mm
Szár átmérő	d1	12mm
Teljes hossz	l1	100mm
Forgácsolóél hossz	Lc	40mm
Maximális kinyúlás	l4	55mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	11-12mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC230-05.0A4A-WK40TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.060

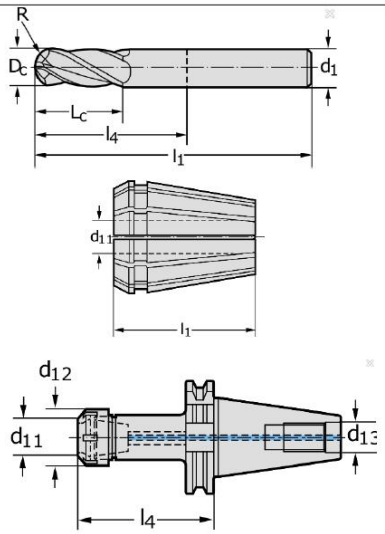
Forgácsoló átmérő	Dc	5mm
Szár átmérő	d1	6mm
Teljes hossz	l1	54mm
Forgácsolóél hossz	Lc	9mm
Maximális kinyúlás	l4	18mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	5-6mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel Dátum: 2025.11.11.

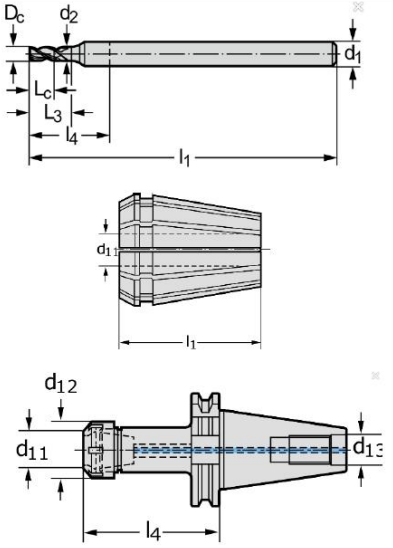
Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC416-03.0A4L-WJ30TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.030

Rádiusz	R	1,5mm
Forgácsoló átmérő	Dc	3mm
Szár átmérő	d1	6mm
Teljes hossz	l1	80mm
Forgácsolóél hossz	Lc	8mm
Maximális kinyúlás	l4	44mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	3-4mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC230-02.5A3B-WK40TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.030

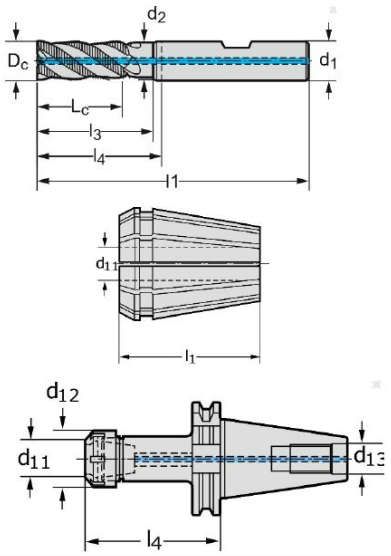
Forgácsoló átmérő	Dc	2,5mm
Szár átmérő	d1	6mm
Teljes hossz	l1	57mm
Forgácsolóél hossz	Lc	7mm
Maximális kinyúlás	l4	21mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	2-3mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel
		Dátum: 2025.11.11.

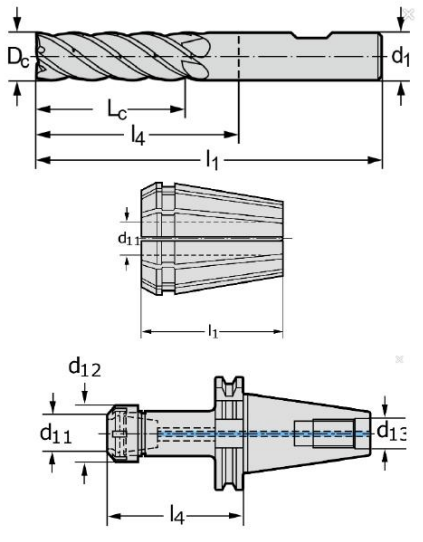
Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC319-10.0W4BC-WK40TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.100

Forgácsoló átmérő	Dc	10mm
Szár átmérő	d1	10mm
Teljes hossz	l1	72mm
Hasznos hossz	l3	30mm
Nyakátmérő	d2	9,5mm
Forgácsolóél hossz	Lc	26mm
Maximális kinyúlás	l4	32mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	9-10mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC233-10.0W4L-WK40TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.100

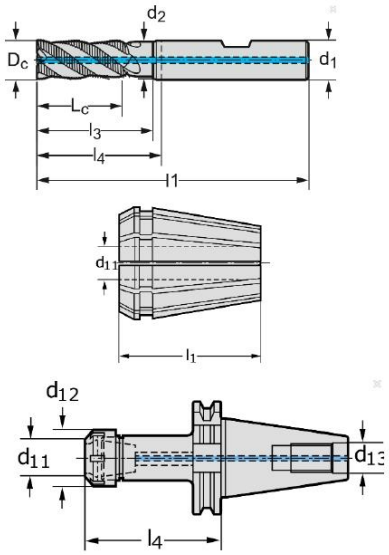
Forgácsoló átmérő	Dc	10mm
Szár átmérő	d1	10mm
Teljes hossz	l1	100mm
Forgácsolóél hossz	Lc	32mm
Maximális kinyúlás	l4	60mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	9-10mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Anyag- és Gyártástudományi Intézet	**Szerszámterv**	Tervezte: Meskál Ábel
		Dátum: 2025.11.11.

Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC319-05.0W4BC-WK40TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.060

Forgácsoló átmérő	Dc	5mm
Szár átmérő	d1	6mm
Teljes hossz	l1	57mm
Hasznos hossz	l3	16mm
Nyakátmérő	d2	4,8mm
Forgácsolóél hossz	Lc	13mm
Maximális kinyúlás	l4	21mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	5-6mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16



Szerszám adatok (ISO szerint)	Szerszám rajz
Szerszámtest jele: MC416-10.0A4L-WJ30TF Szerszámbefogó jele: AK300.S40.100.ER25	Patron jele: C330.16.100

Rádiusz	R	5mm
Forgácsoló átmérő	Dc	10mm
Szár átmérő	d1	10mm
Teljes hossz	l1	100mm
Forgácsolóél hossz	Lc	22mm
Maximális kinyúlás	l4	60mm
Hornyok száma	Z	4
Szorító patronok		ER25
Teljes hossz	l1	34mm
Szerszám csatlakozó átmérő	d11	9-10mm
Csatlakozási méretek kódja	d1	SK40
Csatlakozási átmérő	d11	ER25
Szerszámtest átmérő	d12	42mm
Funkcionális hossz	l4	100mm
Kúpvonó csap, menetméret	d13	M16

