

NYÍREGYHÁZI FŐISKOLA
MŰSZAKI ÉS AGRÁRTRUDOMÁNYI INTÉZET
NYÍREGYHÁZA

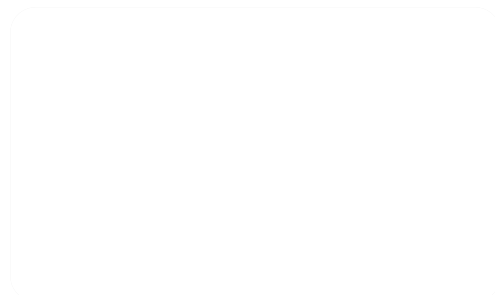
Tányéros szűrő gyártástervezése

Tudományos diákköri dolgozat

Készítette: Munkácsi István

Konzulensek: Dr. Szigeti Ferenc, Dr. Berta Miklós

2014.



TARTALOM

Bevezetés.....	2
1. A Ventifilt Zrt. bemutatása.....	3
2. A technológia folyamat előkészítése.....	4
2.1. Gyártástechnológia feltételeinek körvonalazása.....	4
2.2. Az alkatrész funkcionális és technológiai helyességének elemzése	4
2.3. Helyesbített műhelyrajz elkészítése	5
2.4. A gyártás tömegességének és szervezeti típusának meghatározása.....	7
2.5. Az előgyártmány fajtájának és méreteinek meghatározása	9
3. Technológiai folyamat tervezése hagyományos megmunkáláshoz.....	13
3.1. A technológiai folyamat elvi vázlatának kidolgozása.....	13
3.2. Műveleti sorrend kidolgozása a technológiai folyamatok ismeretében	15
3.3. A műveletelemek részletes megtervezése.....	18
4. Számítógéppel támogatott tervezés	28
4.1. Kézi programozás	28
4.2. EdgeCAM modellezés	30
5. Készülékek szerkesztése.....	32
5.1. Hosszsztergáláshoz használt befogó készülék	32
5.2. Fúrási művelethez használt készülék	38
5.3. A készülékek egybeépítésének vizsgálata.....	52
6. Szereléstervezés	55
6.1. Szereléstechológia helye és szerepe a gyártási folyamatban	55
6.2. Szerelési dokumentációk.....	55
6.3. A fúrókészülék szerelése.....	57
Összefoglalás.....	58
Felhasznált irodalom	59
Mellékletek.....	60
Köszönetnyilvánítás	60

BEVEZETÉS

TDK-dolgozatomban "tányéros szűrő" gyártástervezésével és a gyártáshoz szükséges készülékek tervezésével foglalkoztam. A vizsgált alkatrész egy szűrőberendezés egyik fő alkatrésze, amely sorozatgyártással készül. A gyártáshoz két készülékre van szükség. Az egyik készülék az esztergálási művelethez fontos a másik, egy fúrókészülék, a fúrési műveletekhez. A fúrókészülékhez szereléstechológiát is kidolgoztam, és az ennél a készüléknél fontos tűrési és pontossági számításokat is elvégeztem. Mindkét készüléket fontos volt megvizsgálni végelelem-módszerrel is.

Az első készülék a hosszesztergáláshoz szükséges, amely a megfelelő befogást és helyzet-meghatározást segíti elő. A furatok pontos elkészítése érdekében EÖK elemek felhasználásával fúrókészüléket terveztem. Ennél a készüléknél a helyzet meghatározás egy egyetemes osztókészülékkel oldható meg, amely beépül a fúrókészülékbe, továbbá az esztergáláshoz szükséges készülék a megmunkálás későbbi fázisában ide kerül beépítésre.

A TDK-dolgozatomban a gyártástervezés során több számítógépes szoftvert is használtam, amelyek a tervezésben és a modellalkotásban segítettek. Ilyen program volt a AUTOCAD 2007, amellyel a műhelyrajzokat rajzoltam meg. Modellezést és a végelelem-szimulációkat a SOLIDWORKS 2013-as programmal készítettem el. A számítógépes gyártástervezéshez az EDGE CAM programot használtam. Továbbá TDK-dolgozat megírásához az MICROSOFT OFFICE 2010-es szoftvercsaládot alkalmaztam.

1. A VENTIFILT ZRT. BEMUTATÁSA

A VENTIFILT Légtechnikai ZRt. Magyarország piacvezető ipari légtechnikai és környezetvédelmi berendezéseket, valamint egyedi hegesztett szerkezeteket gyártó cége. A gyár az Észak-Alföldi Régióban fekvő Hajdúnánáson helyezkedik el, mint a város legnagyobb ipari vállalata. Hajdúnánás rendelkezik a megfelelő infrastrukturális adottságokkal, mind vasúton, mind közúton (M3 autópálya) jól megközelíthető. A telephelyükön iparvágány biztosítja a közvetlen vasúti szállítási lehetőséget.



1. ábra. Ventifilt ZRt. [13]

A cég alapítása óta a gépipari ágazatban tevékenykedik. A gépgyártáson belül az ipari légtechnikai, a levegőtisztasághoz kapcsolódó, környezetszennyezés csökkentését szolgáló berendezések és egyedi tervezésű hegesztett fém szerkezetek gyártása képezi a cég főtevékenységét. Szakmai múltjuk és felkészültségük alapján képesek idegen dokumentáció alapján megvalósuló termékek gyártására, kooperációs munkára is. A dokumentumokat hagyományos, papír alapú formában, vagy szélessávú Internet-kapcsolaton keresztül a vezető CAD rendszerek formátumaiban is fogadni tudják. Az Autodesk Inventor 3D modellező tervezőrendszerrel dolgozó tervezőirodák, a 160 fős szakembergárda teszi lehetővé a magas színvonalú, rövid átfutási idejű gyártást, a speciális vevői igények teljesítését, valamint egyedi, kis és közepes sorozatú termékek előállítását. Árbevételükben az export aránya cca. 70%, amely döntően az Európai Unió (elsősorban osztrák, német, brit) tagországaiba gyártott termékek szállításából, illetve kooperációs termelésből származik. Külföldi partnereikkel angol és német nyelven működnek együtt [13].

2. A TECHNOLÓGIA FOLYAMAT ELŐKÉSZÍTÉSE

A technológiai folyamat a gyártási folyamat része és azokat a tevékenységeket, tudati és természeti folyamatokat foglalja magában, amelyek közvetlenül kapcsolatosak a gyártás tárgyának minőségét meghatározó fizikai, mechanikai, kémiai, geometriai állapotváltozásaival [6].

A technológiai folyamat előkészítésénél körvonalaztam a gyártás technológia feltételeit, a rendelkezésre álló gépeket. A kapott műhelyrajzot átnéztem és a lehetséges hibákat javítottam rajta. Ezután meghatároztam a gyártás tömegszerűségét, a ráhagyásokat és az előgyártmányt.

2.1. Gyártástechnológia feltételeinek körvonalazása

A cégnél rendelkezésre álló gépek közül ki kellett választani az alkatrész megmunkálásához legmegfelelőbbeket. Az alkatrész egy nagy kiterjedésű síktárcsa, így a megmunkálásához a következő gépeket választottam ki, a nagy átmérő figyelembe vételével:

- Karusszel eszterga: SEDIN 1516
- Sugárfúrógép: RF 50
- Portálmaró: FRU 6000
- Plazmavágó: PP260A

Fontos megemlíteni, hogy a gyártás során két esetben készülékeket kellett alkalmaznom, mivel a megmunkálás megköveteli azt. Az első esetben a munkadarab hosszesztergálásánál van rá szükség, a második esetben a fúrási műveleteknél. A készülékeket az 5. fejezetben részletesebben bemutatom. A gépekről további adatokat az *1. számú mellékletben* adtam meg. A műveleti utasítást az *5. számú melléklet* tartalmazza.

2.2. Az alkatrész funkcionális és technológiai helyességének elemzése

A technológiai tervezésnek ez az előkészítési tevékenysége. Azt a célt szolgálja, hogy a technológus a célszerű gyártás követelményéből és a nehezen megváltoztatható gyártási feltételekből kiindulva, szükség esetén javaslatokat tehessen olyan konstrukciós módosításokra, amelyek nem rontják (esetleg javítják is) az alkatrész rendeltetésének való

megfelelését, illetve könnyebbé vagy olcsóbbá teszik a gyártást. Az alkatrész funkcionális elemzése módot adott arra, hogy az alkatrész rajzán megadott minőségjellemzők gyártás során történő „létrehozására” kínákozó lehetséges megmunkálási eljárások közül a legkedvezőbb változatot választhassa ki a technológus [6].

Az alkatrész egy szűrőgépbe épül be, amit bauxit és foszfát feldolgozási területeken alkalmaznak. A megkapott rajzokból a következőket tudtam megállapítani. Az alkatrész a gép főtengelyére fog kapcsolódni és ezáltal forgó mozgást fog végezni. Az alkatrésze további szűrőlapátok fognak csatlakozni [21]. A gyártás szempontjából az illesztett felületek jól hozzáférhetőek, nincsenek felesleges dekoratív elemek, melyek nélkülözhetőek lennének a funkcionális működés szempontjából. Nem tartalmaz felesleges beszúrásokat, nem kellene különleges szerszámok a gyártáshoz. A megmunkálás folyamán a szerszámkifutások megfelelően biztosíthatóak. Az előírt felületminőségek a gyártás során ellenőrizhetőek és korrigálhatóak [6]. Az alkatrészt meg lehet munkálni hagyományos gépeken, és NC-CNC vezérlésű gépeken is, de az esztergáláshoz mindenképpen szükséges valamilyen befogó készülék. Az alkatrész összeállítási rajzát a 3. számú melléklet tartalmazza.

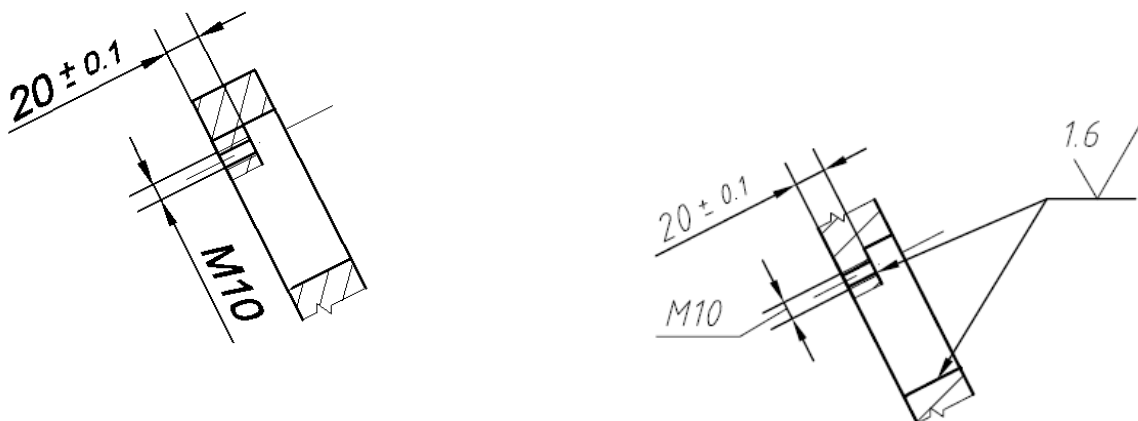
2.3. Helyesbített műhelyrajz elkészítése

A tervezésből adódóan sokszor hibás műhelyrajzok készülnek, ezért van szükség ezek újbóli átnézésére és a helyesbített műhelyrajz elkészítésére. Előfordulhat az is, hogy a szerkesztő nincs tisztában a technológiával, így a gyártásba leadott rajzon bázisválasztási hiba van, például a szerkesztési és a technológiai bázis nem ugyanaz.

A méretláncok felvétele helyes, a jó műhelyrajzot tűrésekkel és felületminőségi jelekkel kell ellátni. Egy helyen hibás volt a kitörés jelölése (2. ábra), egy furat jelölését (3. ábra) és egy méretmegadási hibát (4. ábra) is javítottam. A betűstílust is átjavítottam. A helyes műhelyrajzot a 2. számú melléklet tartalmazza.

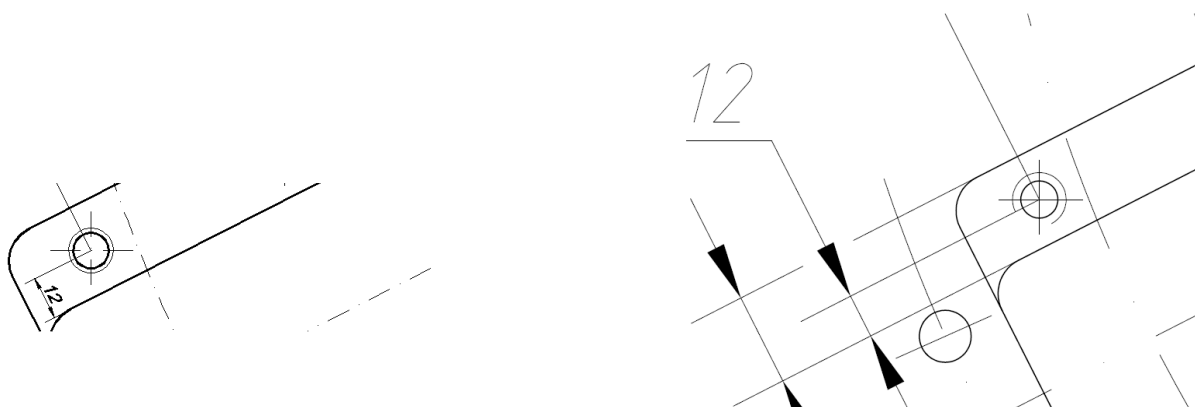
Ezen felül elkészítettem az alkatrész 3D-s modelljét is, a SolidWorks nevű programmal. A SolidWorks gépészeti tervezést automatizáló szoftver, egy olyan alakzat alapú parametrikus testmodellező eszköz, mely kihasználja a Windows könnyen kezelhető grafikus felhasználói felületének előnyeit [20].

Kitörés jel és a kontúr javítása:



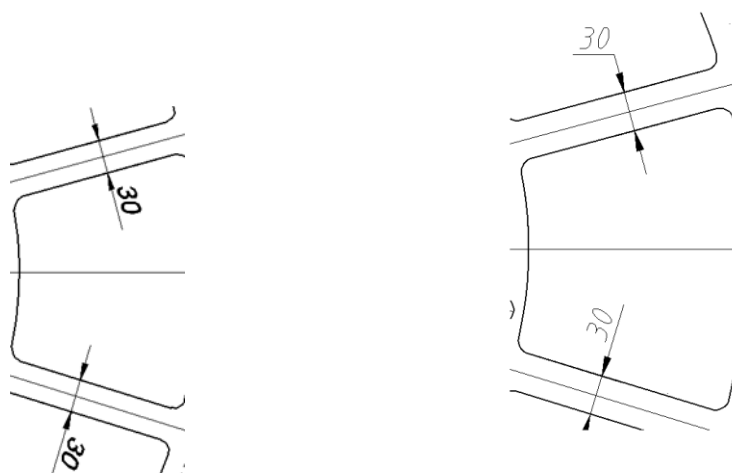
2. ábra. Kitörés jelölésének javítása eredeti, javított

Furat jel és méret megadás javítása:



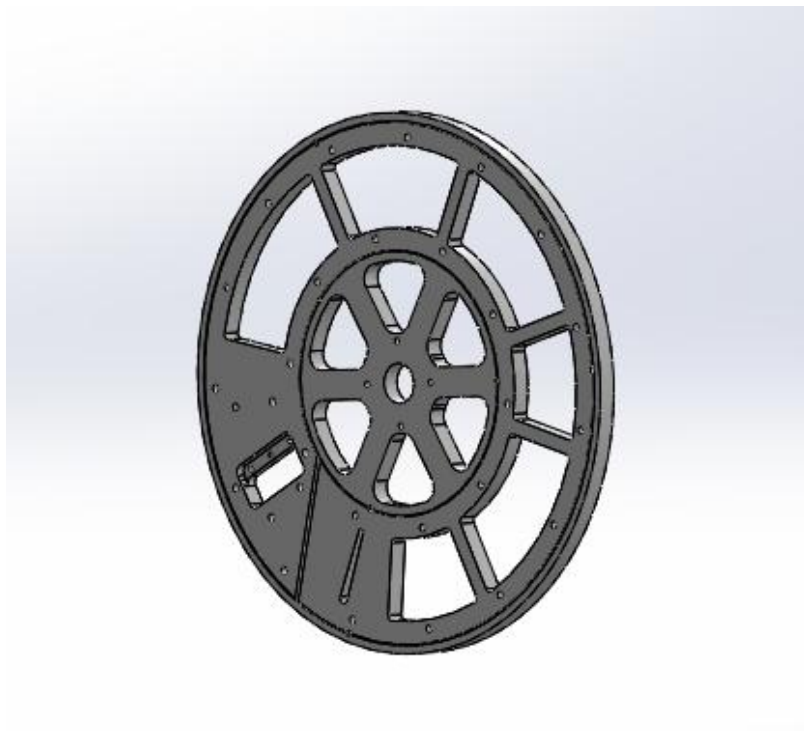
3. ábra. Furat jel javítása eredeti, javított

Méretmegadási hiba javítása:



4. ábra. Méretmegadási hiba javítása eredeti, javított

A 3D-és CAD modell a mai világban fontos szerepet tölt be, számos kérdésre ad választ, és nem kell egy drága prototípust sem legyártani ahhoz, hogy bemutassuk az alkatrészt három dimenzióban. A 3D és modell sokkal többet mond, mint egy papíra vetett rajz vagy vázlat. Fontos az is, hogy a mostani CAD programok többségében van valamilyen VEM szoftver is, de vannak kimondottan ezzel a területtel foglalkozó programok, amik tudják kezelni a különböző CAD rendszerek kiterjesztéseit is. Ez segít az alkatrészek terheléses vizsgálatát anélkül, hogy egy próba darabot tennénk ki ennek a terhelésnek. A 3D-és modellt a Rapid-Prototypinghoz (gyors sorozatgyártás) is alkalmazzák, ez által készül el a térbeli modell egy 3D-és nyomtatóban [4]. Ezzel sok pénzt és időt takaríthatunk meg.



5. ábra. 3D-s CAD modell

2.4. A gyártás tömegességének és szervezeti típusának meghatározása

A technológiai folyamatot alkotó műveletek és azok sorrendjének meghatározását megelőzően célszerű megvizsgálni a gyártás jellegét az úgynevezett tömegszerűségi együtttható segítségével.

2.4.1. A K_s tömegszerűségi együttható meghatározása

Mekkora a sorozatnagyság [1]:

- $K_s > 20$: egyedi és kissorozatgyártás
- $10 < K_s < 20$: középsorozat-gyártás
- $2 < K_s < 10$: nagysorozatgyártás
- $K_s \sim 1$: tömeggyártás

Folyamatosság:

- Szakaszos gyártás (egyedi vagy kis/közép vagy nagysorozathoz)
- folyamatos gyártás (tömeggyártás esetén célszerű)

Elrendezés szerint [14]:

- Műhelyszerű gyártás (egyedi vagy kissorozathoz)
- Csoportrendszerű gyártás (közép/nagysorozathoz)
- folyamrendszerű gyártás (tömeggyártás)

Kiindulási adatok:

$t_n = 400[\text{min}]$, tehát egy mdb elkészítése 6,7 órát vesz igénybe, (számolt és becsült adat)

$$Q = 20 \left[\frac{db}{\hat{év}} \right]$$

$$I_m = 125280 \left[\frac{\text{min}}{\hat{év}} \right], 253 \text{ munkanap, 8 órás munkaidő}$$

Kibocsájtási ütem:

$$q = \frac{I_m}{Q} = \frac{125280}{20} = 6264 \left[\frac{\text{min}}{db} \right]$$

Tehát a tömegszerűségi együttható:

$$K_s = \frac{q}{t_n} = \frac{6264}{400} = 15,66$$

A fentiek alapján középsorozat-gyártásról beszélünk, szakaszos, folyamatrendszerű gyártással [14].

2.5. Az előgyártmány fajtájának és méreteinek meghatározása

Az előgyártmány fajtája többféle lehet. Nagy tömegben gyártott alkatrészek esetén öntvény vagy kovácsolt előgyártmányt alkalmazunk. Kis sorozatgyártás vagy egyedi gyártás során melegen hengerelt köracélt vagy lemezt használunk előgyártmányként. Az én esetemben az alkatrész méreteiből és a gyártandó mennyiségből adódóan melegen hengerelt lemezt választottam előgyártmánynak. Ebből plazmavágással készül el a kívánt méretű darab.

2.5.1. Az előgyártmány anyaga, típusa

Az előgyártmány típusa melegen hengerelt lemez. A választott anyag az: S235JR (MSZ EN 10025), az anyag száma 1.0037 .

A S235JR anyag az ötvözetlen szerkezeti acélok családjába tartozik. Az S betű a szerkezeti acélt jelenti, az ezután következő szám a minimális folyáshatárát jelenti N/mm²-ben, azaz MPa-ban. A JR jelölés az ütőmunkára utal, ami ebben az esetben 27 J. A szerkezeti acélokra jellemző, hogy a széntartalmuk 0,6%-nál kevesebb néhány kivételtől eltekintve. Szerkezeti acélokból készül a gépek és berendezések alkatrészeinek nagy többsége továbbá hidak, daruk, épületszerkezetek [22].

Szerkezeti acél jellemzői:

1. táblázat: Szerkezeti acél tulajdonságai [19]

Acél	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]
S235JR	≤0,2	≤1,4	≤0,6	≤0,045	≤0,3	≤0,15	≤0,4

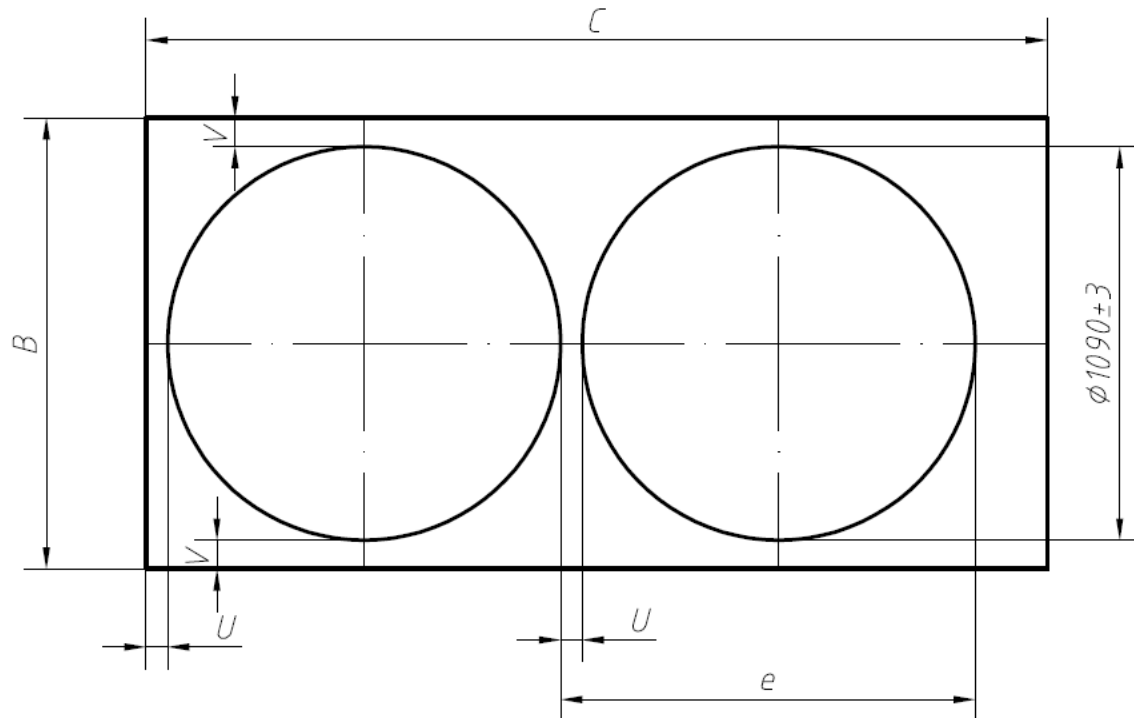
2. táblázat: Mechanikai tulajdonságok [19]

Acél	Folyáshatár min, [MPa]	Szakítószil. [MPa]	Nyúlás H min, [%]	Ütőmunka min, [J]	Vizsg. hőm. [°C]
S235JR	235	340-490	24	27	20

3. táblázat: Forgácsolási adatok [8]

Acél	k _{c1.1} [N/mm ²]	z
S235JR	1500	0,25

A kiválasztott anyag alapján az előgyártmányt egy szabványos 1250x2500 mm-es és 50 mm vastag melegen hengerelt lemezből kell plazmavágással kivágni. Ehhez előzetesen sávtervet készítettem [23] [9].



6. ábra. Sávterv

A sávterv elkészítésénél fontos a híd távolságot és a széltávolságokat meghatározni. Ehhez a [15] forrás alapján a fúvókaátmérő és az áramerősség alapján, a megmunkált anyag és a vágósebesség függvényében a vágott rés szélessége, $b = 1,7$ mm amivel ezeket a távolságokat meghatároztam.

Ebből az következik hogy:

$$U \geq b$$

Ezeket az értékeket háromszorosára vettem fel, a biztonság miatt.

$$U = V = 3 \cdot b = 3 \cdot 1,7 = 5,1[mm]$$

$$C = 2 \cdot (U + 1090) = 2 \cdot (5,1 + 1090) = 2190,2[mm]$$

A kapott értékek alapján a 1250x2500 mm-es lemez megfelelő lesz.

Lemezkihasználás meghatározása [23]:

$$\xi = \frac{n \cdot A_{mdb}}{A_l} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 932658,5}{3125000} \cdot 100 = 59,69[\%]$$

Ahol:

$$A_{mdb} = r^2 \pi = 545^2 \cdot 3,14 = 932658,5[m^2]_{\text{mdb területe}}$$

$$A_l = a \cdot b = 1250 \cdot 2500 = 3125000[m^2]_{\text{lemez területe}}$$

$$n = 2db$$

A lemezkihasználtság 59%-os ez nem túl nagy, de a cég a hulladékot később felhasználja. Egy lemezből két előgyártmányt tudunk kivágni, így a húsz munkadarab legyártásához tíz darab lemezre van szükség.

A plazmavágással kivágott a darab méretei:

$\varnothing 1090^{+3,0}_{-2,0}$ a plazmavágás vágási tűrése alapján, EN ISO9013 szerint

$L_v = 50^{+0,2}_{-2,0}$ melegen hengerelt acél tűrése alapján, MSZ5744-67 szerint

2.5.2. Az előgyártmány méretei

Az előgyártmány méreteit már meghatároztam, most a ráhagyás számítással ellenőrzöm, hogy a kiválasztott előgyártmány megfelel-e a megmunkáláshoz. A ráhagyási méreteket az [1] és [14] források alapján számítottam ki.

2.5.2.1. Ráhagyás hosszesztergálásra

Nagyolásra:

$$Z_n = \mathcal{G}_h + k \cdot \sqrt{\mathcal{G}_a^2 + \mathcal{G}_m^2 + \delta_b^2 + \delta_f^2}$$

Nyersdarab hibás felületi rétege: $\mathcal{G}_h = 1 \rightarrow 2 \cdot 1 = 2[mm]$

Hibák eloszlási görbéjének anyagi tényezője: $k = 1,2$

Nyersdarab alaktűrése:

$$\mathcal{G}_a = \left(\frac{1}{1000} \cdot L \right) \cdot 2 = \left(\frac{1}{1000} \cdot 40 \right) \cdot 2 = 0,08[mm]$$

Nyersdarab mérettűrése: $\delta_m = \begin{matrix} +0,8 \\ -1,0 \end{matrix} [mm] = 1[mm]$

Bázismegválasztási hibák: $\delta_b = 0,75 \rightarrow 2 \cdot 0,75 = 1,5[mm]$

Felfogási hibák: $\delta_f = 0[mm]$

Nagyolási ráhagyás:

$$Z_n = 2 + 1,2 \cdot \sqrt{0,08^2 + 1^2 + 1,5^2 + 0} = 4,165[mm]$$

Simításra:

A nagyolt felület $R_a \approx 25[\mu m] \rightarrow R_z = 100[\mu m]$ érdességű.

Előző megmunkálás hibás felületi réteg:

$$\mathcal{G}_h = 4 \cdot R_z = 4 \cdot 0,1 = 0,4[mm]$$

Előző megmunkálás alaktűrése:

$$\mathcal{G}_a = \left(\frac{0,3}{1000} \cdot L \right) \cdot 2 = \left(\frac{0,3}{1000} \cdot 40 \right) \cdot 2 = 0,024[mm]$$

Előző megmunkálás mérettűrése: $\mathcal{G}_m = 0,3[mm]$

$\delta_b = 0[mm]$, mert ugyanazok a csúcsfuratokat használjuk, mint nagyolásnál.

Felfogási hibák: $\delta_f = 0[mm]$

Simítási ráhagyás:

$$Z_s = 0,4 + 1,2 \cdot \sqrt{0,024^2 + 0,3^2 + 0 + 0} = 0,761[mm]$$

Minimális teljes ráhagyás:

$$Z_t \geq Z_n + Z_s = 4,165 + 0,761 = 4,926[mm]$$

Tehát a minimális kiinduló átmérő:

$$D_{\min} = \emptyset 1080 + 4,926 = \emptyset 1084,926[mm] \rightarrow \emptyset 1090[mm]$$

2.5.2.2. Ráhagyás oldalazásra

Előző megmunkálás hibás felületi réteg, fűrészszel végzett levágásra: $\mathcal{G}_h = 4[mm]$

Szálanyag véglevágási vesztesége: $\mathcal{G}_a = 0[mm]$

Fűrészelési ferdeség $5 - 6[mm]$ között vehető fel: $\mathcal{G}_m = 0[mm]$

Bázismegválasztási hiba: $\delta_b = 1,5[mm]$

Felfogási hibák: $\delta_f = 0[mm]$

$$Z_h \geq 2 + 1,2 \cdot \sqrt{0 + 0 + 1,5^2 + 0} = 5,8[mm]$$

Tehát a minimális kiinduló hossz,:

$$L_{\min} = 40 + 5,8 = 45,8[mm] \rightarrow 50[mm]$$

A fentiekben kiszámolt adatok alapján a kiválasztott lemez megfelelő a megmunkáláshoz.

3. TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT TERVEZÉSE HAGYOMÁNYOS MEGMUNKÁLÁSHOZ

Ebben a fejezetben kidolgozom a technológiai folyamat elvi vázlatát majd ez alapján elkészítem a műveleti sorrendtervet. Az egyes műveletekhez kiválasztom a szerszámgépeket és azt, hogy milyen befogásokat és készülékeket alkalmazok. Továbbá elvégzem a műveletekhez a technológiai paraméterek meghatározását, ezekből néhány számítást részletesebben is bemutatok.

3.1. A technológiai folyamat elvi vázlatának kidolgozása

A technológiai folyamat elvi vázlatának kidolgozása azt jelenti, hogy meghatározzuk az alkatrész előállítás során mely technológiai folyamat szakaszokban kell megmunkálásokat végezni, milyen megmunkálási eljárások legyenek és azok a munkadarab egészére, vagy mely felületére terjedjenek ki [6].

A technológiai folyamatot célszerű szakaszokra bontani, mert egy adott pontosságú és minőségű felület előgyártmány állapotából a kész alkatrész állapotáig több lépésben, több pontosítási fokozatban munkálható készre [6].

A technológiai folyamat elvi kidolgozásának menete, [6]:

1. Az alkatrészrajzon előírt tűrések, átlagos felületi érdességek alapján minden megmunkálandó felületre nézve táblázat alapján megállapítjuk, hogy a befejező megmunkálást mely technológiai folyamat szakaszban kell végezni.
2. Ezután megállapítjuk, hogy milyen tűrést és átlagos felületi érdességet kell biztosítani a közvetlen megelőző műveletben ahhoz, hogy a befejező műveletben a rajzi előírások teljesüljenek.
3. Táblázatból megállapítjuk, hogy kell-e nagyoló megmunkálást biztosítani a technológiai folyamat szakaszban.
4. A kapott megoldást táblázatba foglaljuk.

3.1.1. Globális műveletek képzése

Minden egyes technológiai folyamat szakaszban esedékes a megmunkálások rendezése, úgynevezett globális műveletekké. A globális művelet a technológiai folyamat szakasz

része és tartalmazza mindazon elemi felületek megmunkálását, amelyek egy adott gépen elvégezhetők [6] . A technológiai folyamat szakaszait a 12. számú melléklet tartalmazza.

3.1.2. Technológiai folyamat szakaszainak kijelölése

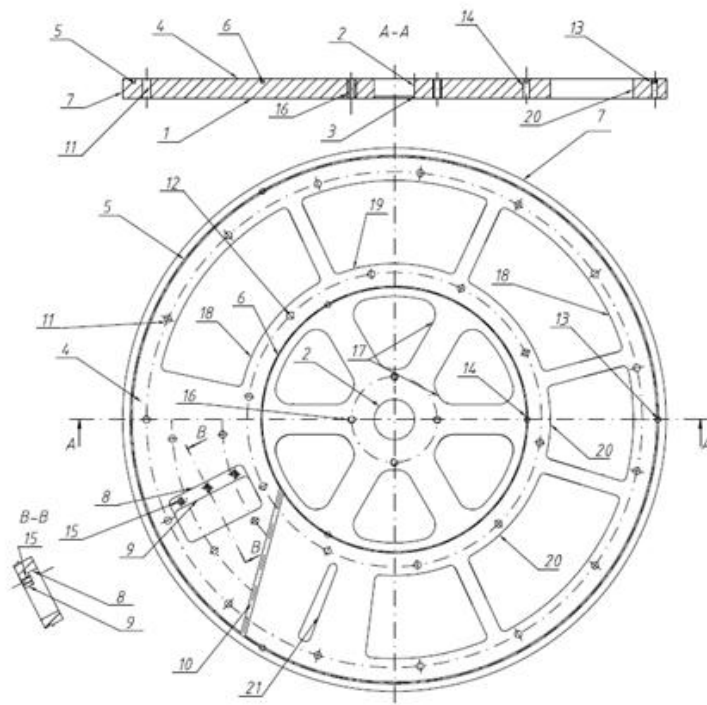
12. számú melléklet tartalmazza a kiválasztott technológiai folyamatokat, amelyek az alkatrész megmunkálásához szükségesek.

3.1.3. Az alkalmazott megmunkálási eljárások

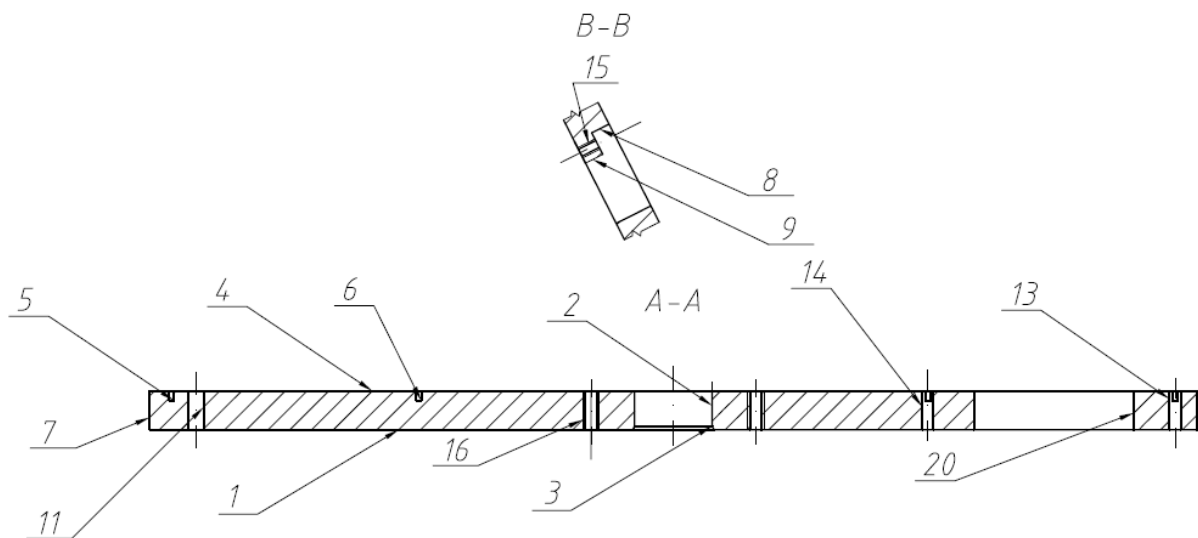
Az alkalmazott megmunkálási eljárásokat a 12. számú melléklet tartalmazza.

3.1.4. Az alkatrész megmunkált felületei

A megmunkált felületeket végigszámoztam ügyelve a hordozó és hordozott felületek kapcsolatára (7. ábra), (8. ábra).



7. ábra. Megmunkált felületek



8. ábra. Megmunkált felületek

3.1.5. Technológiai folyamatok

Minden felülethez hozzárendeltem a technológiai folyamatokat, amelyeket a *12. számú mellékletben* mutatok be.

3.2. Műveleti sorrend kidolgozása a technológiai folyamatok ismeretében

A műveleti sorrend kidolgozásának az a célja, hogy a műveletek végrehajtási sorrendjét „ésszerűen” összeállítsam. A feladat megoldásához szükségünk van a technológiai folyamat elvi vázlatára, az alkatrész rajzára, a gyártandó mennyiségre, valamint a rendelkezésre álló gépek és gyártóeszközök műszaki jellemzőire. Az előzőekben felsorolt információk ismeretében a technológiai folyamatot alkotó műveletek sorrendjét logikai jellegű döntések sorozatával, az alkatrész bonyolultságától függően határoztam meg.

3.2.1. Műveleti sorrend

Az alkatrész és megmunkálások jellege szerint egy sorrendet tudtam felállítani. A variációk csakis a fúrási műveletnél lehetségesek.

1. Melegen hengerelt lemez előgyártmány vizsgálata 1250x2500 mm $L_v = 50$ mm

PP260A, *Plazmavágó*

2. Befogás

3. Plazmavágás (*ellenőrzés*)

4. Kifogás

SEDIN 1516, *Karusszel eszterga*

5. Befogás

6. Nagyoló oldalazás 45.2mm – re

7. Simító oldalazás $45^{+0,15}_{-0}$ mm – re (*ellenőrzés*)

8. Telibefúrás Ø 50mm (*ellenőrzés*)

9. Belső hengeres felület nagyoló esztergálás Ø 78mm – re

10. Belső hengeres felület simító esztergálás Ø $80^{+0,0461}_{-0}$ mm – re (*ellenőrzés*)

11. Letörés kialakítása $2 \times 45^\circ$ (*ellenőrzés*)

13. **Kifogás** (*mdb fordítása*)

14. Befogás

15. Nagyoló kereszt esztergálás 40.2mm – re

16. Simító kereszt esztergálás $40^{+0,3}_{-0}$ mm – re (*ellenőrzés*)

17. Beszúró esztergálás $R265^{+0,3}_{-0} \times 10^{+0,5}_{-0}$ mm – re

18. Beszúró esztergálás $R522,5^{+0,3}_{-0} \times 5^{+0,5}_{-0}$ mm – re (*ellenőrzés*)

19. Kifogás

20. **Befogás** (*Befogást elősegítő csappal*) Mérőórával a befogás ellenőrzése

21. Nagyoló hosszesztergálás R1081mm – re

22. Simító hosszesztergálás R1080 – 1mm – re (*ellenőrzés*)

23. Kifogás

FRU6000, *Marógép (osztókészülék)*

24. Befogás

25. Zseb marása nagyolás 164x94mm $20^{+0,1}_{-0}$ mm – re (*ellenőrzés*)

26. Zseb marása simítás 165x95mm (*ellenőrzés*)

27. Zseb marása nagyolás 164x69mm 40 – 1mm – re (ellenőrzés)

28. Zseb marása simítás 165x70mm (ellenőrzés)

29. Olajozó üreg marása $10^{+0,5}_{-0}$ mm – re (ellenőrzés)

30. Kifogás

RF50, *Fúrógép (fúrókészülék)*

31. Befogás

32. Telibefúrás Ø 16mm – re

33. 27. művelet ismétlése 13x (ellenőrzés)

34. Telibefúrás Ø 11,4mm – re

35. 229. művelet ismétlése 2x (ellenőrzés)

36. Telibefúrás Ø 8mm – re

37. Menetfúrás M10-re

38. 31. és 32. műveletek ismétlés 2x (ellenőrzés)

39. Telibefúrás Ø 10mm – re

40. Menetfúrás M12 – re

41. 34. és 35. műveletek ismétlés 2x (ellenőrzés)

42. Telibefúrás Ø 8mm – re

43. Menetfúrás M10 – re

44. 37. és 38. művelet ismétlés 2x (ellenőrzés)

45. Kifogás

PP260A, *Plazmavágó*

46. Befogás

47. Plazmavágás az előírt részeken (ellenőrzés)

48. Kifogás

49. Végellenőrzés

A fenti sorrend alapján kezdtem el kidolgozni a műveleteket és annak elemeit. Kiválasztottam a megfelelő szerszámokat, készülékeket és mérőeszközöket, majd kiszámoltam a technológiai paramétereket. A műveleti sorrendtervet a 4. számú melléklet tartalmazza.

3.3. A műveletelemek részletes megtervezése

Részletesen megtervezem az egyes műveletelemeket hagyományos technológiával történő megmunkálás esetén. Kiválasztom a megfelelő szerszámot, a megmunkálás indokolttá teszi a műveletek technológiai adatainak részletes számítását is, amelyet az *5. számú mellékletben* található ábrás műveleti utasításban foglaltam össze. Terjedelmi okok miatt itt csak néhány műveletet fogok bemutatni.

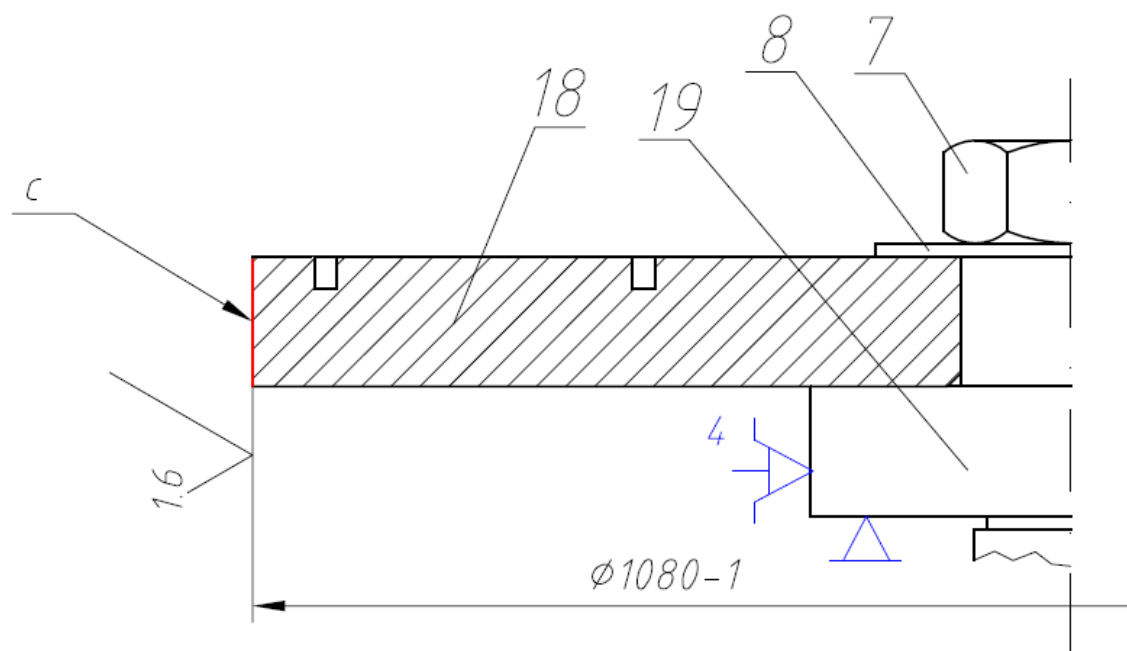
3.3.1. Hosszesztergálás

Hosszesztergálás során a munkadarab palást felületét munkálom meg. Ehhez a művelethez szükséges a befogó csap alkalmazása a biztonságos befogás miatt.

A művelethez használt szerszám: PCLNR 25×25 K12 , lapka: CNMG 120412-PR 4225

A művelethez használt mérőeszközök: tolómérő (Mitutoyo F205 760), mérőóra (Mitutoyo 2105-10)

A művelethez használ készülék: befogó csap (K-01)



9. ábra. Hosszesztergálás

4. táblázat: Forgácsolási paraméterek

Művelet	Felület	a_p [mm]	f [mm/f]	v_c [m/perc]	i	Előírt méret [mm]	n [1/min]
Nagyolás	c	3	0,3	427,8	3	Ø1081	125
Simítás	c	0.5	0,1	610,4	2	Ø1080-1	180

A művelet elvégzése előtt fontos a munkadarab összeszerelése a befogó csappal. A "c" felületet fogom megmunkálni. Először lenagyolom Ø1090 mm-ről Ø1081 mm-re három fogással majd Ø1081 mm-ről lesimítom Ø1080 mm-re 2 fogásból (9. ábra). A technológiai paraméterek meghatározásához az [1], [5], [7] és [8] forrásokat használtam.

Technológiai paraméterek meghatározása, nagyoláshoz:

Adatok:

$$i = 3 ; a_p = 3[mm] ; F_{cmeg} = 10400 [N]$$

Előtolás meghatározása:

$$A_c = \frac{F_{cmeg}}{k_{c1.1}} = \frac{10400}{1500} = 6.15[mm^2]$$

$$A_c = a_p \cdot f \Rightarrow f = \frac{A_c}{a_p} = \frac{6.15}{3} = 2,05[mm / ford]$$

Vagy, pontosabb meghatározása:

$$R_{max} = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} \Rightarrow f = \sqrt{R_a \cdot 8 \cdot r_\epsilon} = \sqrt{0,063 \cdot 8 \cdot 0,3} = 0,36[mm / ford]$$

Az előtolást én a [1] irodalom alapján választottam mivel a számított értékekkel nagy teljesítményt kaptam, így a választott előtolás a HM lapka függvényében $f = 0,3$ mm/ford, a választott forgácsoló sebesség a lapka és a megmunkálás jellegét tekintve az [1] irodalom alapján $v_c = 250$ m/perc. Mivel ezek bevonatos lapkák és a gép teljesítménye is elbírja ezért ezen értéket a kétszeresére növeltem.

$$v_{ctábl.} = 500[m/perc] \text{ (választott HM lapkához); } f_{vál} = 0.3[mm/ford]$$

A megmunkálandó anyag fajlagos forgácsolási ellenállása: $k_{c1.1} = 1500[MPa]$

Anyagkitevő: $z = 0,25$

A motor teljesítménye: $P_m = 20[\text{kW}]$

Az esztergagép összehatásfoka:

$$\eta = 0,8 \rightarrow P_{\delta} = P_m \cdot \eta = 20 \cdot 0,8 = 16[\text{kW}]$$

Az élettartam:

$T = 150 [\text{min}]$, HM, csúcs vagy karusszel esztergán

$$m = 0,2$$

Megengedhető hátkopás:

$VB = 0,8-1 [\text{mm}]$, HM lapkánál, hossz-, oldal- és furatkéseknél

Fordulatszám meghatározás:

$$n_{sz} = \frac{1000 \cdot v_c}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 500}{1081 \cdot \pi} = 146,08 \left[\frac{1}{\text{perc}} \right] \quad n_b = 125 \left[\frac{1}{\text{perc}} \right]$$

Megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_c = \frac{n_b \cdot d \cdot \pi}{1000} = \frac{125 \cdot 1090 \cdot \pi}{1000} = 427,825 \left[\frac{\text{m}}{\text{perc}} \right]$$

Keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_c = k_c \cdot A_c = k_c \cdot a_p \cdot f$$

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot k_{\gamma} \cdot k_v \cdot k_s \cdot k_k \cdot k_a$$

Forgács keresztmetszet:

$$h = f \cdot \sin \kappa_r = 0,3 \cdot \sin 95^\circ = 0,298[\text{mm}]$$

Homlokszög korrekció:

$$\gamma = 22 - 6 = 16[^\circ]$$

$$k_{\gamma} = \frac{109 - 1,5 \cdot \gamma}{100} = \frac{109 - 1,5 \cdot 16^\circ}{100} = 0,85$$

Forgácsoló sebesség korrekció:

$$k_v = \left(\frac{100}{v_c} \right)^{0,1} = \left(\frac{100}{427} \right)^{0,1} = 0,86$$

Szerszámanyag korrekció: HM

$$k_s = 1$$

Szerszámkopás korrekció:

$$k_k = 1,3$$

Alak korrekció: külső hengeres fel.

$$k_a = 1$$

$$k_c = 1500 \cdot 0,268^{-0,25} \cdot 0,85 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1981,15 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$F_c = 1981,154 \cdot 3 \cdot 0,3 = 1783,0386 N < F_{cmeg} = 10400 [N]$$

A kiszámított értékek alapján a keletkező erők nem nagyobbak a megengedhetőnél, tehát a választott kés megfelelő.

Forgácsoló teljesítmény:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} = \frac{1981,154 \cdot 427}{60 \cdot 10^3} = 14 [kW]$$

A kiszámított teljesítmény kisebb a gép motorjának teljesítményétől, tehát a gép megfelelő a megmunkáláshoz és felvett adatok is.

Gépi főidő:

$$t_{gn} = i \cdot \frac{L + y}{n_b \cdot f} = 2 \cdot \frac{40 + 5}{125 \cdot 0,3} = 2,5 [\text{min}]$$

$$y = \text{szerszám rá- és kifutások hossza } a_p = 3 [mm] \text{ nél } \rightarrow y = 5,0 [mm]$$

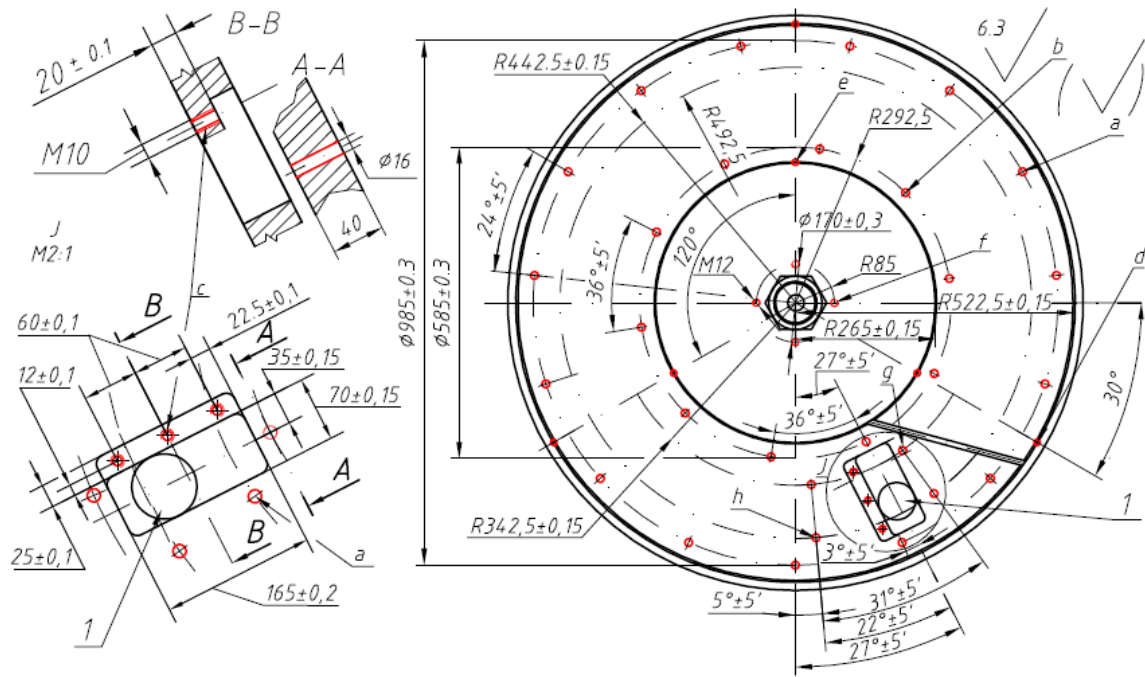
3.3.2. Fúrási művelet

A nagyszámú furatok elkészítése miatt a fúrási művelet egy összetettebb megmunkálási feladatot jelent, ezért itt alkalmazom a fúrókészüléket és az egytetemes osztókészüléket is a furatok elkészítéséhez. A munkadarab befogása osztókészülékbe történik.

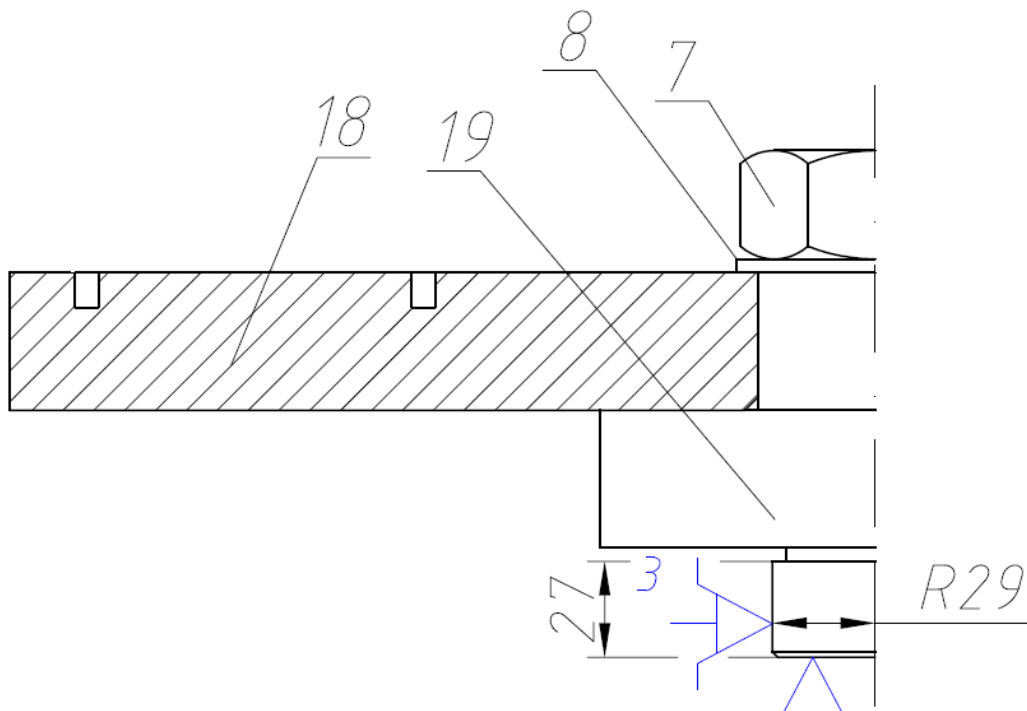
A művelethez használt szerszámok: R840-1130-70-A1A, CD 460.1-820-024A1XM, CD 460.1-805-024A1XM, M10-CT 200 EP00M10, M12-CT 200 EP00M12

A művelethez használt mérőeszközök: tolómérő (Mitutoyo F25 760), (MW 280-02)

A művelethez használt készülékek: befogó csap (K-01), fúrókészülék (K-01), egytetemes osztókészülék (BS-2)



10. ábra. Fúrési művelet



11. ábra. Fúrési művelet, befogás

5. táblázat: Forgácsolási paraméterek

Művelet	Felület	a_p [mm]	f [mm/f]	v_c [m/perc]	i	Előírt méret [mm]	n [1/min]
Fúrás, 3x	c	4	0,15	35,16	1	Ø8,5	1400
Menet f., 3x	c		1,5	18,9	1	M10	710
Fúrás, 15x	a	8	0,18	74,9	1	Ø16	1400
Fúrás, 10x	b	8	0,18	74,9	1	Ø16	1400
Fúrás, 2x	h	8	0,18	74,9	1	Ø16	1400
Fúrás, 2x	g	8	0,18	74,9	1	Ø16	1400
Fúrás, 4x	f	6	0,18	74,9	1	Ø10	1400
Menet f., 4x	c		1,75	16,01	1	M10	500
Fúrás, 6x	d,e	5,7	0,2	50,1	1	Ø11,4	1400

A fúrási művelet során a munkadarabot a 13. ábrán látható készülékbe fogom. Egy beállító csappal alaphelyzetbe kell állítani a munkadarabot, majd a csap eltávolítása után lehet az osztókészülékkel az osztást létrehozni és furatokat kialakítani. Minden egyes műveletelem előtt alaphelyzetbe kell állni a munkadarabot a pontosság miatt. Mindig ugyanabban az irányban kell az osztásokat végrehajtani a különböző osztókörökön. Ezután a fúrási művelet végeztével a furatokat sorjázni is kell. A forgácsolási paramétereket a 5. táblázat tartalmazza. A technológiai paraméterek meghatározásához az [1], [5], [7] és [8] forrásokat használtam.

Technológiai paraméterek meghatározása Ø16 mm-es furat kialakításához :

Átmérő viszony:

$$L = 40\text{mm} \rightarrow \frac{L}{D} = \frac{40}{16} = 2,5 \approx 3 \text{ tehát normál furat}$$

Fúrógép típusa: RF-50 sugárfúró

$$P = 11\text{kW}; \eta = 0,8 \Rightarrow P_{meg} = 8,8[\text{kW}]$$

Furattűrés: IT8-9

Felület minőség: $R_a=1-2[\mu\text{m}]$

Forgácsolási adatok:

$$v_{válasz} = 70 [m/perc], \text{ acéloknál } d = 12 [mm] \text{-nél } v_c = 27 [m/perc]$$

$$f_{válasz} = 0,18 [mm/ford], \text{ acéloknál } d = 12 [mm] \text{-nél } f = 0,16-0,26 [mm/ford]$$

$$k_{c1.1} = 1500 \left[\frac{N}{mm^2} \right]; z = 0,25; \kappa_r = 70[^\circ]; \gamma_n = 20[^\circ]$$

Az élettartam:

$$T = 12 [min], \text{ csigafúró acéloknál } d = 6-16 [mm]; m = 0,2 \text{ acélok, fúrás, felfúrás}$$

Megengedhető hátkopás:

$$VB = 1-1,2 [mm], \text{ csigafúró acéloknál hűtéssel}$$

Forgácsoló sebesség módosító tényezők:

$$k_e = 1,07 \text{ (előtolástól függő tényező)}; k_L = 1 \text{ (furatmélység függvényében)}$$

$$v_{tényl} = k_e \cdot k_l \cdot v_{választ} = 1,07 \cdot 1 \cdot 70 = 74,9 \left[\frac{m}{perc} \right]$$

Fúráshoz szükséges nyomaték:

$$M_c = k_c \cdot \frac{d^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} = 4470,4 \cdot \frac{16^2 \cdot 0,18}{8 \cdot 10^3} = 25,74 [Nm]$$

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot k_y \cdot k_v \cdot k_k \cdot k_s \cdot k_{elj}$$

$$k_c = 15000 \cdot 0,084^{-0,25} \cdot 0,79 \cdot 1,03 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,15 = 4470,4 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Forgács keresztmetszet:

$$h = f_1 \cdot \sin \kappa_r = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r = \frac{0,18}{2} \cdot \sin 70^\circ = 0,084 [mm]$$

Homlokszög korrekció: $\gamma = 20^\circ$

$$k_\gamma = \frac{109 - 1,5 \cdot \gamma}{100} = \frac{109 - 1,5 \cdot 20}{100} = 0,79$$

Forgácsoló sebesség korrekció:

$$k_v = \left(\frac{100}{v_{tényl}} \right)^{0,1} = \left(\frac{100}{74} \right)^{0,1} = 1,03$$

Szerszámkopás korrekció: $k_k = 1,3$; Szerszám anyag korrekció: $k_s = 1$

Eljárás korrekció: $k_{elj} = 1,15$ (telibefűrés)

Fordulatszám meghatározása:

$$n_{sz} = \frac{1000 \cdot v_{tényl}}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 74,9}{16 \cdot \pi} = 1490,8 \left[\frac{\text{ford}}{\text{perc}} \right] \quad n_{be} = 1400 \left[\frac{\text{ford}}{\text{perc}} \right]$$

$$v_{nszerint} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{be}}{1000} = \frac{16 \cdot \pi \cdot 1400}{1000} = 70,3 \left[\frac{\text{m}}{\text{perc}} \right]$$

Teljesítmény szükséglet:

$$P = \frac{M_c \cdot \omega}{60 \cdot 10^3} = \frac{25,7 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1400}{60 \cdot 10^3} = 3,765 [\text{kW}]$$

A kiszámított teljesítmény kisebb, mint a szerszámgép motorjának a teljesítménye, tehát a felvett adatok és gép megfelelő.

Gépi főidő:

$$t_g = i \cdot \frac{L_1 + L + L_2}{f \cdot n} = 26 \cdot \frac{10 + 40 + 10}{0,18 \cdot 1400} = 6,96 [\text{min}]$$

$L_1 = 10$ [mm] szerszám ráfutás út, $L_2 = 10$ [mm] szerszám kifutási út

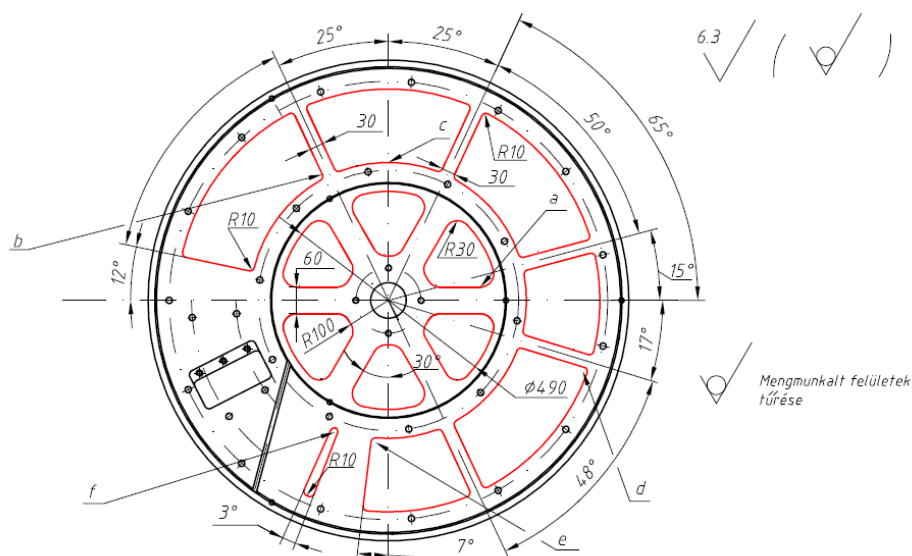
3.3.3. Plazmavágási művelet

A plazmavágási művelet a munkadarab megmunkálásának utolsó művelete, itt kikönnyítéseket alakítunk ki. Fontos, hogy ezt a műveletet utoljára végezzük, mivel az anyag veszít a merevségéből, ezáltal fűraskor vagy esztergáláskor jelentősebb deformációkat szenvedhetne.

A művelethez használt szerszámok: Ø2,5 mm-es fűvóka

A művelethez használt mérőeszköz: tolómérő (Mitutoyo F205 760)

A művelethez használ készülék: mágnes asztal



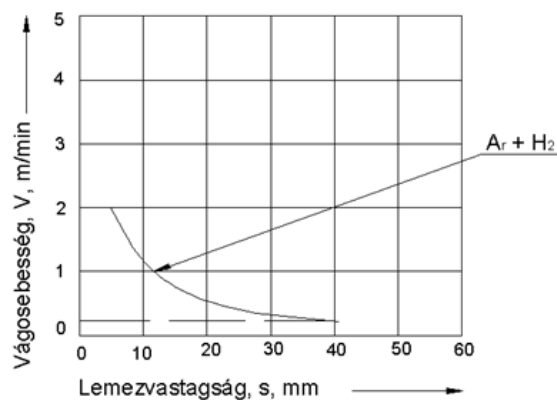
12. ábra. Plazmavágási művelet

6. táblázat: Plazmavágási paraméterek

Művelet	Felület	I [A]	Fúvóka átm. [mm]	Ar [%]	Hi [%]	v [cm/min]
Plazmav.	a, b, c, d, e, f	320	2,5	22	12	50

Plazmavágásnál használt fontosabb gázkeverék: Ar + H₂. Minél nagyobb a H₂ mennyiség, annál nagyobb a vágósebesség és a vágott felület annál szebb. A vágósebességet nemcsak a védőgáz, hanem a lemezvastagság is befolyásolja. Tehát a vágósebességet ennek megfelelően kell meghatározni [15]. A plazmavágás technológiai irányértéket a 6. táblázat mutatja be. A technológiai paraméterek meghatározásához [15] forrást használtam.

Technológiai paraméterek:



13. ábra. Szerkezeti acél plazmavágási sebessége [15]

Vágósebesség (közelítő érték a diagram alapján): $v_k = 0,25[m/min]$

7. táblázat: Plazmavágás technológiai irányértékei [15]

S [mm]	I [A]	d [mm]	Vágógáz szükséglet, [l/min]		V(500 A-hez) [cm/min]
			Ar [%]	H ₂ [%]	
30	280	2,5	20	12	100
60	400	3,0	25	12	50

d a fűvóka átmérője,

A technológia paraméterek meghatározását 40 mm-re végeztem el a matematikából ismert interpolációval.

Áramerősség:

$$x_1 = \frac{(400 - 280)}{(60 - 30)} \cdot (40 - 30) = 40[A]$$

$$I = x_1 + 280 = 40 + 280 = 320[A]$$

Fűvóka átmérő:

$$x_2 = \frac{(3,0 - 2,5)}{(60 - 30)} \cdot (40 - 30) = 0,167[mm]$$

$$d = x_2 + 2,5 = 0,167 + 2,5 = 2,667[mm], \text{választott} = 2,5[mm]$$

Vágógáz szükséglet:

$$x_3 = \frac{(25 - 20)}{(60 - 30)} \cdot (40 - 30) = 1,67\%$$

$$Ar = x_3 + 20 = 1,67 + 20 = 21,67[\%] \rightarrow 22[\%] \quad H_2 = 12[\%]$$

Vágósebesség (I = 500 A-hez):

$$x_4 = \frac{(50 - 100)}{(60 - 30)} \cdot (40 - 30) = -16,7$$

$$V_{500} = x_4 + 100 = (-16,7) + 100 = 83,3[cm/min] \rightarrow 80[cm/min]$$

Vágósebesség (I = 320 A-hez):

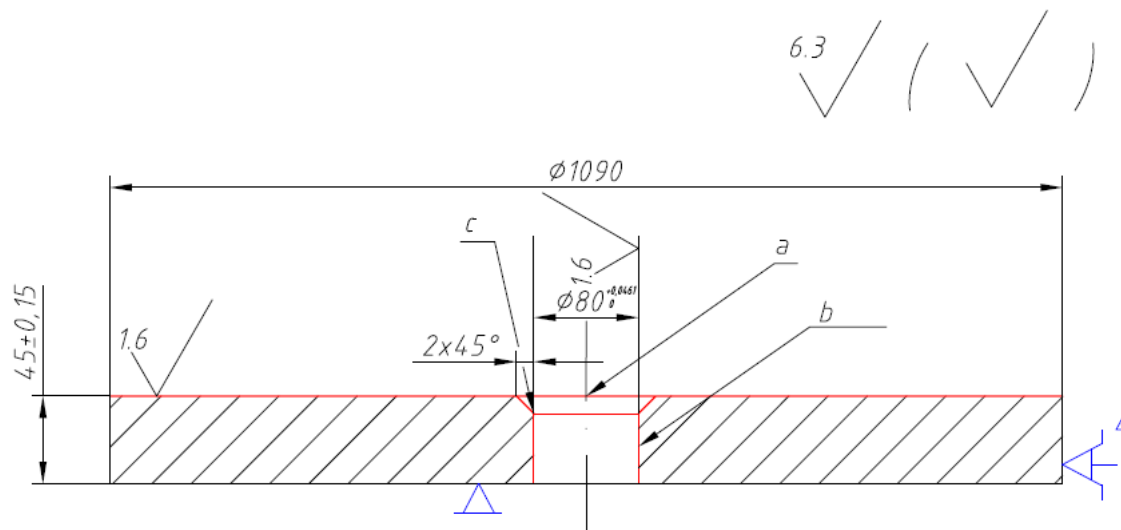
$$V_{320} = \frac{320}{500} \cdot 80 = 51,2[cm/min] \rightarrow 50[cm/min]$$

4. SZÁMÍTÓGÉPPEL TÁMOGATOTT TERVEZÉS

A technológiai folyamat tervezését CNC megmunkáláshoz is elvégeztem, egy modern CAD/CAM szoftverrel és kézi programozással. A megmunkálás összetettsége és terjedelmi okok miatt a technológiai tervezést csak az esztergálási műveletre végeztem el. Elsőként a kézi programozást hajtottam végre, amelyhez készítettem szerszám és felfogási tervet, így egyszerűbb a számítógépes programba bevinni az adatokat és átláthatóbb a tervezési folyamat.

4.1. Kézi programozás

A kézi programozásnál szükségünk van a műveleti sorrendre, a használt szerszámokra, készülékekre és forgácsolási paraméterekre. Ezek alapján egy felfogási majd egy szerszámtervet készítettem és megírtam magát a programot. A kiválasztott műveletben egy oldalazás és egy belső hengeres felület megmunkálása szerepel (14. ábra). Ehhez három különböző szerszámra van szükség, amelyeket a szerszámtervben mutatok be. A kiinduló méretek a $\varnothing 1090 \times 50$ mm. A megmunkálás technológiai paramétereit a 8. táblázatban mutatom be.



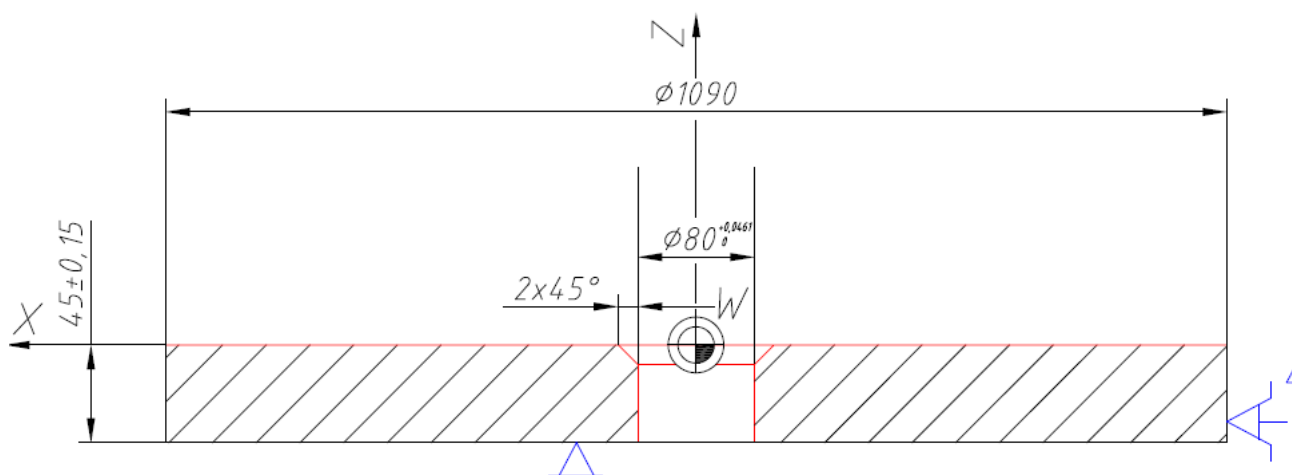
14. ábra. Esztergálási művelet

8. táblázat: Forgácsolási paraméterek

Művelet	Felület	a_p [mm]	f [mm/f]	v_c [m/perc]	i	Előírt méret [mm]	n [1/min]
Nagyolás	a	2	0,3	215,62	2	46	63
Simítás	a	0.5	0,1	308,03	2	$45^{+0,3}$	90
Fúrás	b	25	0,1	20,01	1	$\varnothing 50$	125
Nagyolás	b	3	0,3	215,62	9	$\varnothing 77$	63
Simítás	b	0.5	0,1	308,03	2	$\varnothing 45^{+0,0461}$	90

4.1.1. Felfogási és szerszámterv

A fenti adatok alapján elkészítettem a felfogási tervet (15. ábra). Erre azért volt szükség, hogy bemutassam, hogy hova vettem fel a munkadarab nullpontját. Ezután a szerszámtervet is elkészítettem, amelyet a 9. táblázat tartalmaz.



15. ábra. Felfogási terv

9. táblázat: Szerszámterv

Tárhely	Megnevezés	Anyagminőség
T0101	Esztergakés külső hengeres felületek megmunkálásához	HM
T0202	Váltólapkás fúró D= 50mm	HM
T0303	Esztergakés belső hengeres felületek megmunkálásához	HM

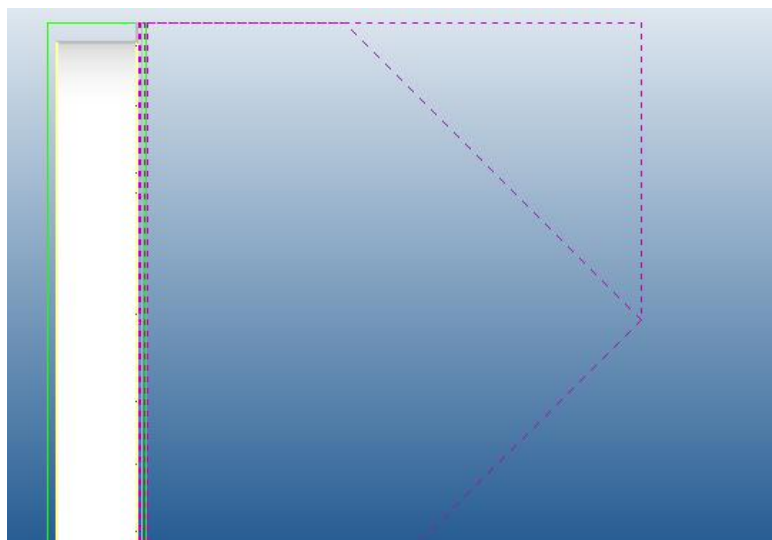
4.1.2. CNC program

A CNC programot NCT 104T vezérlésre írtam meg, a *13. számú melléklet* tartalmazza.

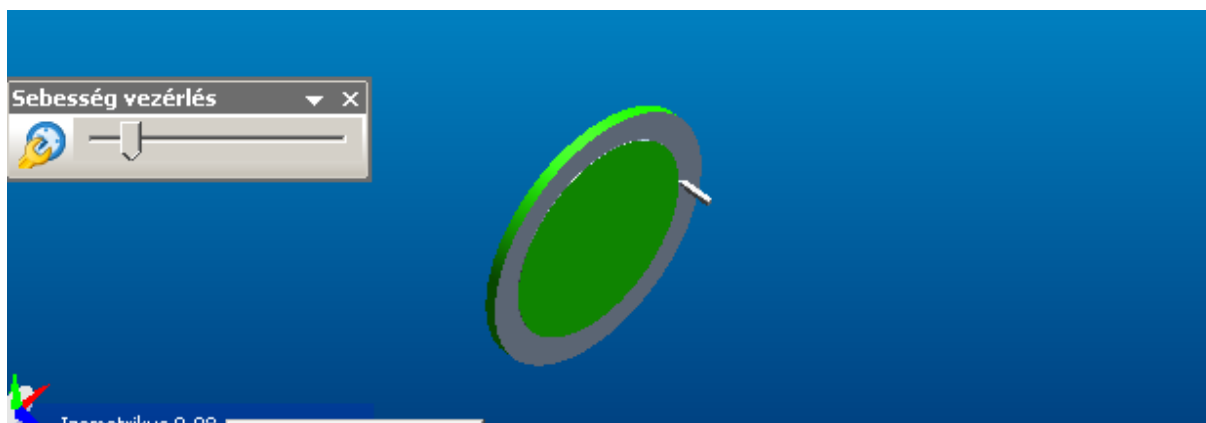
4.2. EdgeCAM modellezés

Az Edgecam egy számítógéppel támogatott szerszámpálya tervező (CAM) rendszer alkatrészek CNC forgácsolásának programozásához [24]. A programot egyaránt lehet alkalmazni esztergáláshoz (XZ) és maráshoz (XY) is, mivel mindkét megmunkálási környezetben lehet vele programozni. A szoftver nem képes műveleti sorrendet felállítani, mint a GLEDA és a művelettervezést sem végzi el, mint a GTIPROG. Ezeket mind a technológusnak kell meghatározni. Továbbá a forgácsolási paramétereket is nekünk kell meghatároznunk nem úgy, mint a TAUPROG-nál. A program nagy előnye az előbb említett programokkal szemben az, hogy háromdimenziós térben szép grafikai megjelenítéssel lehet bemutatni vele a megmunkálásokat.

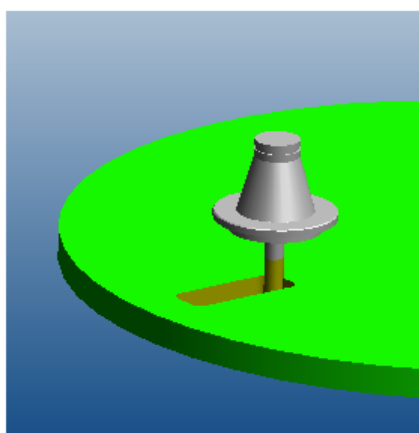
Az előbb említett paraméterek miatt én a kézi programozással és az előre felállított sorrendterv alapján állítottam össze a műveleti elemeket, és ezáltal a szerszámpályákat az EdgeCAM programmal terveztem meg. Elsőként az alkatrész 3D-es modelljét bevittem a programba, majd megadtam az előgyártmány méreteit. Ezután kidolgoztam a művelethez tartozó műveletelemeket, az előre kiszámolt paraméterekkel és kiválasztott szerszámokkal. A alábbi képekkel mutatom be az oldalazás szerszámpályáit és a megmunkálás egy-egy pillanatát (16, 17, 18. ábrák).



16. ábra. Szerszámpályák, oldalazás



17. ábra. Oldalazás



18. ábra. A zseb marása

5. KÉSZÜLÉKEK SZERKESZTÉSE

A TDK-dolgozatban két készüléket is terveztem, mivel az előírt pontosságú megmunkálások megkövetelték ezt. Az egyik készüléket a hosszesztergáláshoz a másikat pedig a fúrási műveletekhez. A készülékek megtervezésekor a következő szempontokat vettem figyelembe:

- a megmunkálás gazdaságosságát,
- a munkadarab pontos helyzet meghatározását,
- az előírt követelményeknek megfelelő megmunkálási pontosságot.

Tehát ezen szempontokat figyelembe véve, az esztergálásnál alkalmazott készülék beépül a fúrásnál alkalmazott készülékbe. Továbbá a marási művelet helyzet meghatározásánál is ezt a készüléket alkalmazom, a ki és befogásból származó hibák elkerülése végett. A készülékek egyik legfontosabb feladata a megmunkálási pontosság biztosítása, ezért a fúrókészülék tervezésekor pontossági számításokat is végeztem. Az esztergálásnál alkalmazott készüléknél a szorítóerő megfelelőségét vizsgáltam.

5.1. Hosszesztergáláshoz használt befogó készülék

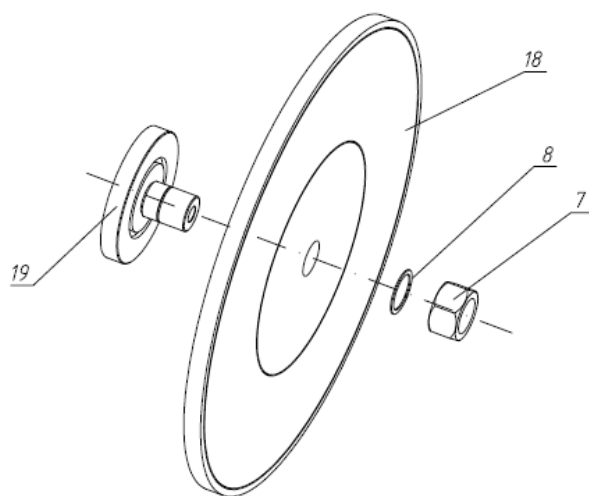
A hosszesztergáláshoz egy befogó készüléket terveztem. A készülék egy csap, amely a biztonságos befogást biztosítja. A készülék szorítóerejének a vizsgálatát is elvégeztem, számításokkal és végeelem-módszerrel is. A VEM vizsgálatot SolidWorks programmal hajtottam végre.

5.1.1. Feladat meghatározása

A munkadarab egy nagy átmérőjű Ø1090 mm-es síktárcsa, amelynek a megmunkálásakor a hosszesztergálásakor keletkező forgácsoló erő a nagy átmérő miatt jelentős. A befogása csakis egy Ø80 mm-es belső hengeres felületen lehetséges. Ekkora felületen való befogás nem megfelelő az alkatrész méretei miatt, mivel az könnyen kifordulhat a befogásból. Szükséges tehát egy befogó készülék az alkatrész biztonságos rögzítéséhez.

5.1.2. Befogó készülék tervezése

A készülék fő feladata, hogy a munkadarabot biztonságosan lehessen rögzíteni és pontosan le lehessen gyártani (19. ábra). A készülék egy vállas és menetes csapból (19), a szorítóerőt biztosító anyából (7) és alátétből (8) áll. A csap kialakítása lehetővé teszi a biztonságos befogást. A csappal való befogásokat és a készülék kialakítását a későbbiekben tárgyalom részletesen az „5.3. A készülékek egybeépíthetőségének vizsgálata” című fejezetben. A csap pontos méreteit a 10. számú mellékletben adtam meg.



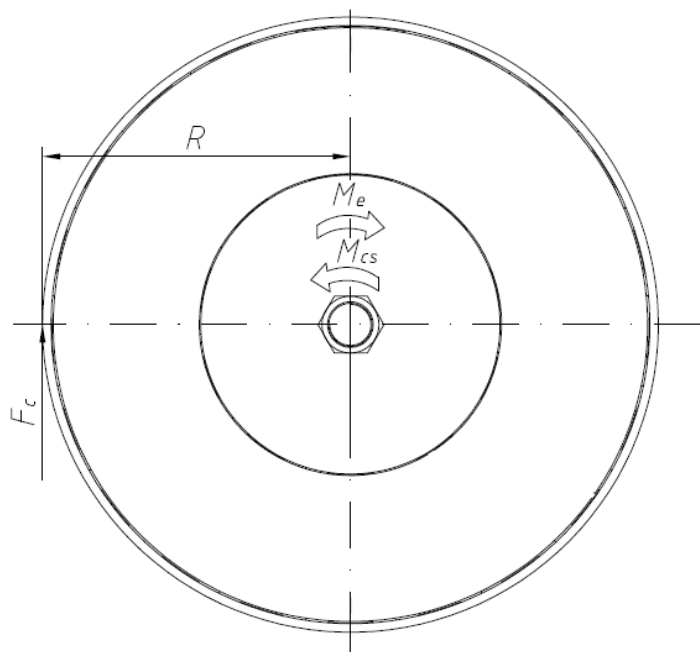
19. ábra. Befogó készülék 19-csap, 18-mdb, 8-alátét, 7-any

5.1.3. Befogás vizsgálata

A készülékben az alkatrészt egy M80-as anyával fogom megszorítani. Fontos, hogy a létrehozott szorító nyomaték nagyobb legyen az esztergáláskor keletkező nyomatéknál.

5.1.3.1. Mechanikai modell megalkotása és kiszámítása

A mechanikai modellnél két nyomatéknak kell egyensúlyban lennie. Az egyik nyomaték a hosszesztergáláskor keletkező forgácsoló erő és a munkadarab sugarának szorzata (M_e) a másik nyomaték az anya felfekvési felületén keletkezik (M_{cs}) (20. ábra). A számítások elvégzéséhez a [17] forrást használtam.



20. ábra. Nyomatékegyensúly

Nyomatékok felvétele:

$$M_e = F_c \cdot R$$

Ahol:

$$F_c = k_c \cdot A_c = k_c \cdot a_p \cdot f \text{ forgácsoló erő [N]}$$

$$R = D/2 \text{ mdb sugara [mm]}$$

$$M_{cs} = \mu \cdot F \cdot r_a$$

Ahol:

$$\mu \text{ súrlódási együttható (0,1)}$$

$$F = A \cdot \sigma_m \text{ csavar megengedhető terhelése [N]}$$

$$r_a = \frac{1}{3} \cdot \frac{D_k^3 - D_b^3}{D_k^2 - D_b^2} \text{ súrlódási erő karja a felfekvő felületen [m]}$$

A munkadarab akkor van jól megszorítva, hogyha a két ellentétes nyomaték egyensúlyban van egymással:

$$M_{cs} = M_e$$

$$\sum M_i = 0$$

Nyomatékok meghatározása:

$$M_e = F_c \cdot R = 1561,03 \cdot 545 = 850761,35 [Nmm] \cong 850 [Nm]$$

Adatok:

$$F_c = 1561,03[N]$$

$$R = 545[mm]$$

$$\begin{aligned} M_{cs} &= \mu \cdot F \cdot r_a = \mu \cdot A \cdot \sigma_m \cdot r_a = \\ 0,1 \cdot 3814 \cdot 800 \cdot 45,2 &= 12570944[Nmm] \cong 12571[Nm] \end{aligned}$$

Adatok:

$$\mu = 0,1 \text{ fém} / \text{ fém}$$

$$F = A \cdot \sigma_m = 3814 \cdot 800 = 3051200[N]$$

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{78^2 \cdot \pi}{4} - \frac{35^2 \cdot \pi}{4} = 3814[mm^2]$$

$$\sigma_m = 800[N/mm^2]$$

$$r_a = \frac{1}{3} \cdot \frac{D_k^3 - D_b^3}{D_k^2 - D_b^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{100^3 - 80^3}{100^2 - 80^2} = 45,1[mm]$$

Teljes nyomaték amit csavarkulcsra ki lehet fejteni:

$$\begin{aligned} M_t &= F \cdot [r_k \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + r_a \cdot \mu] = 3051200 \cdot [38,0515 \cdot \operatorname{tg}(1,43^\circ + 5^\circ 43') + 41,2 \cdot 0,1] = \\ 26826567,56[Nmm] &= 26826,56[Nm] \end{aligned}$$

Adatok:

$$r_k = \frac{D - 0,6495 \cdot p}{2} = \frac{80 - 0,6495 \cdot 6}{2} = 38,0515[mm] \text{ menetközép sugár}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot r_k} = \frac{6}{2 \cdot \pi \cdot 38,0515} = 0,0251 \rightarrow \alpha = 1,437[^\circ] \text{ menetemelkedés szöge}$$

$$\rho = 5^\circ 43' \text{ súrlódási félkúpszög általában}$$

Értékek összegzése:

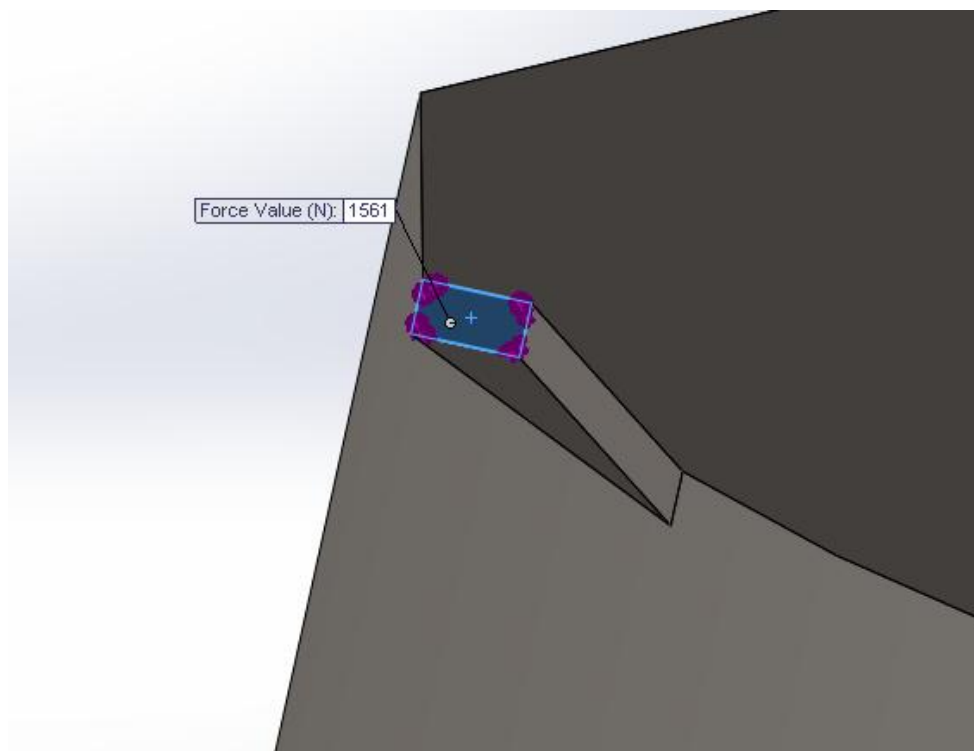
$$M_{cs} > M_e$$

Tehát a szorítás megfelelő. A fenti számítások szerint az esztergáláskor keletkező nyomaték sokkal kisebb a csavarral létrehozott nyomatéknál. Továbbá fontos megemlíteni, hogy az anyag rugalmas, ezért a vizsgálatot célszerű ellenőrizni végeselem-módszerrel.

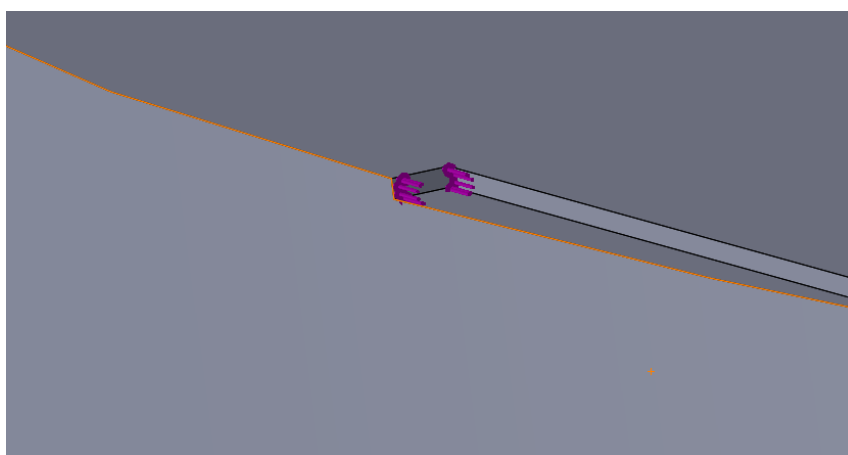
5.1.3.2. Szorítás vizsgálata végeselem-módszerrel

A végeselem-módszerrel a megmunkált anyag rugalmasságából adódó elmozdulásokat vizsgáltam. Felvettem az esztergálási erőt, amely az A_c keresztmetszeten hat. Ehhez a

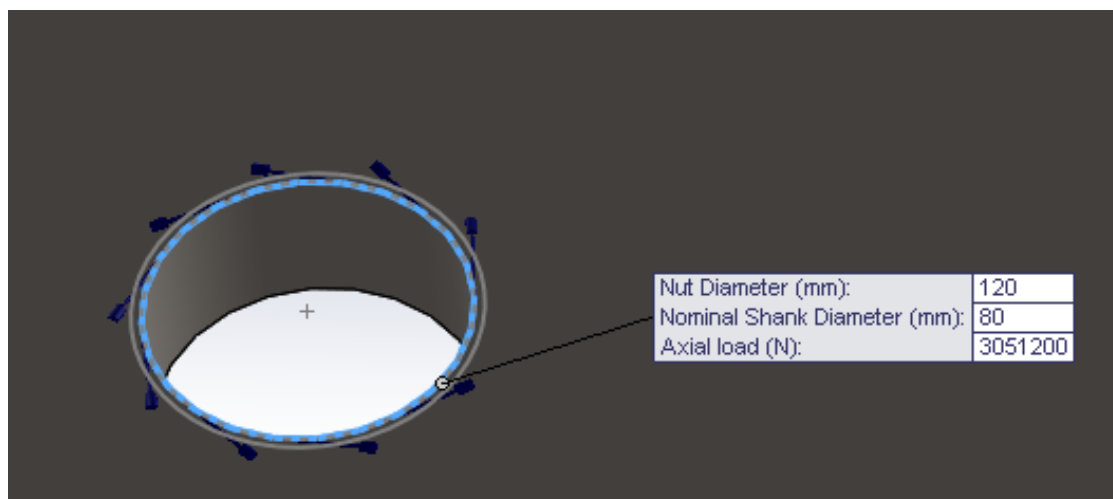
munkadarabból kivágtam a keresztmetszetnek megfelelő nagyságú felületet. Ezt a felületet terheltem az esztergáláskor keletkező erővel (21, 22 ábra). Ezután felvettem az anya szorításából származó nyomatékot az érintkező felületekre és kiválasztottam a megmunkálandó anyagot (23. ábra). Ezzel a megoldással az adott pillanatban ébredő erőegyensúlyt vizsgáltam, ugyanis ez a megoldás az időtől független.



21. ábra. Forgácsoló erő



22. ábra. Forgácsoló erő

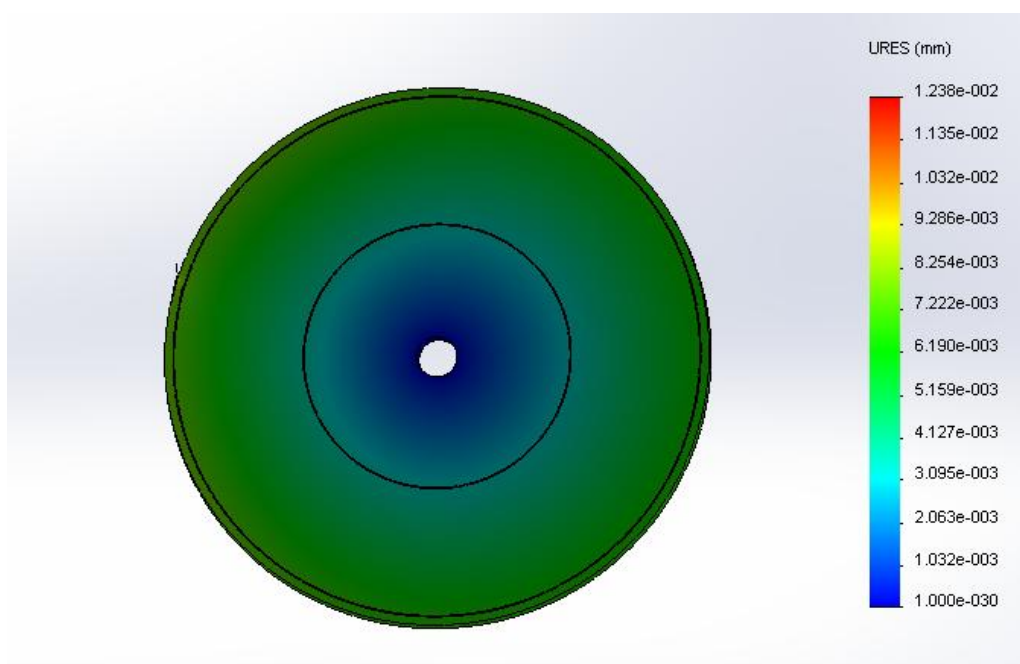


23. ábra. Befogás

Az én esetemben az elmozdulás volt az érdekes, tehát a vizsgálat lefuttatásánál csakis a "Displacement", azaz az elmozdulás ablakot futtattam és vizsgáltam.

Amint a 26. ábrán látható, a végeelem-vizsgálat is igazolja a kiszámított értékeket. Az elmozdulás 10^{-30} mm a befogás közelében. A legnagyobb elmozdulás a munkadarab szélei felé láthatóak az anyag rugalmasságából adódóan, és itt is csak 0,005 mm-es elmozdulás regisztrálható. Ezen elmozdulások elhanyagolhatóak, mivel a rugalmas alakváltozásból adódnak és munkadarab 1 mm-es méret tűrésén belül vannak (24. ábra).

Tehát a befogó készülék megfelelő a hosszesztergálási művelet végrehajtásához és a fűrő készülékben való felhasználásához.



24. ábra. Elmozdulás (Displacement)

5.2. Fúrási művelethez használt készülék

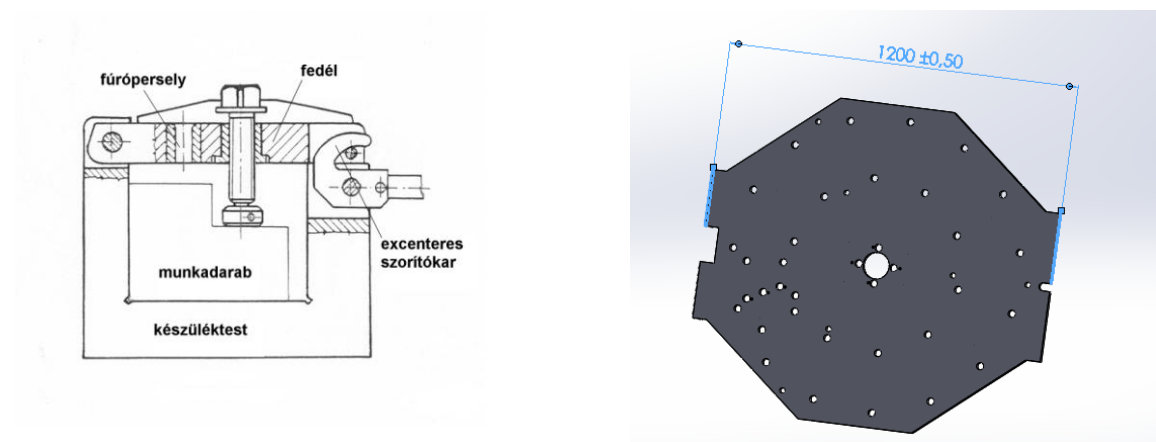
Ebben a fejezetben a fúrókészülék tervezésének lépéseit, illetve a készülék alkalmazásával elérhető megmunkálási pontosság számítását mutatom be.

5.2.1. Feladat meghatározása

A munkadarab sík felületén sok furat található. Ezeket vagy előre bepontoszva fúrják, vagy a forgácsoló szakember a műveleti utasítást követve sugárfúrógépen kifúrja őket. Ez sok időt vesz igénybe, mivel oda kell figyelni a befogásra, a méretekre és a bepontoszásra is. Ezért indokolt egy fúrókészülék tervezése. A fúrókészülék a munkadarab befogását és tájolását teszi lehetővé, ezenfelül megvezeti a fúrószerszámot, ezáltal az előírt pontosságú munkadarab készíthető el. Ezzel a készülékkel a munkadarab furatainak nagyobb pontosságú megmunkálását kell biztosítani, ezért itt pontossági számításokat is végeztem.

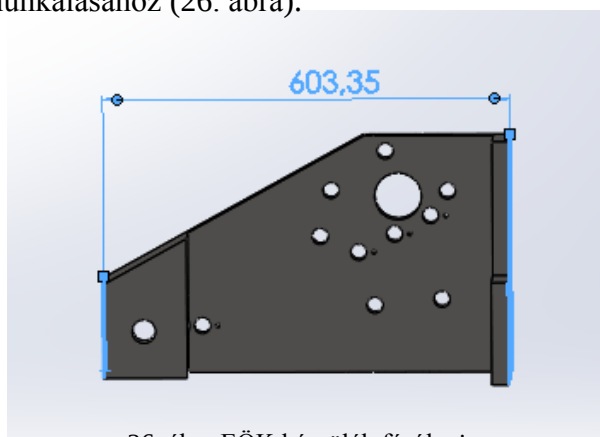
5.2.2. Fúró készülék tervezése

Először egy "hagyományos" fúrókészüléken kezdtem el dolgozni (25. ábra). Azonban hamar rájöttem, hogy egy nagy munkadarabnál ez hatalmas költséggel járhat, mivel robusztus fúrólapra és készüléktestre lenne szükség, és kevés szabványos elemet tartalmazna, így nagyon drága lenne a legyártása.



25. ábra. "Hagyományos" fúrókészülék, munkadarabhoz való fúrólap [11]

Második lépésben már EÖK (elemekből összerakható készülék) elemekből válogattam össze a készüléket. Ezáltal kevesebb a nem szabványos elemek száma, az elemek más készülékbe is beépülhetnek, valamint könnyen szerelhetők. A befogást egy egyetemes osztókészülékkel oldottam meg, amely megtalálható volt a cégnél. Az osztókészülékkel történő befogásnak köszönhetően a munkadarab forgó mozgást tud végezni a készülékben, így nincs szükség nagy fúrólapra, elég az előzőekben megtervezett fúrólap egynegyede valamennyi furat megmunkálásához (26. ábra).

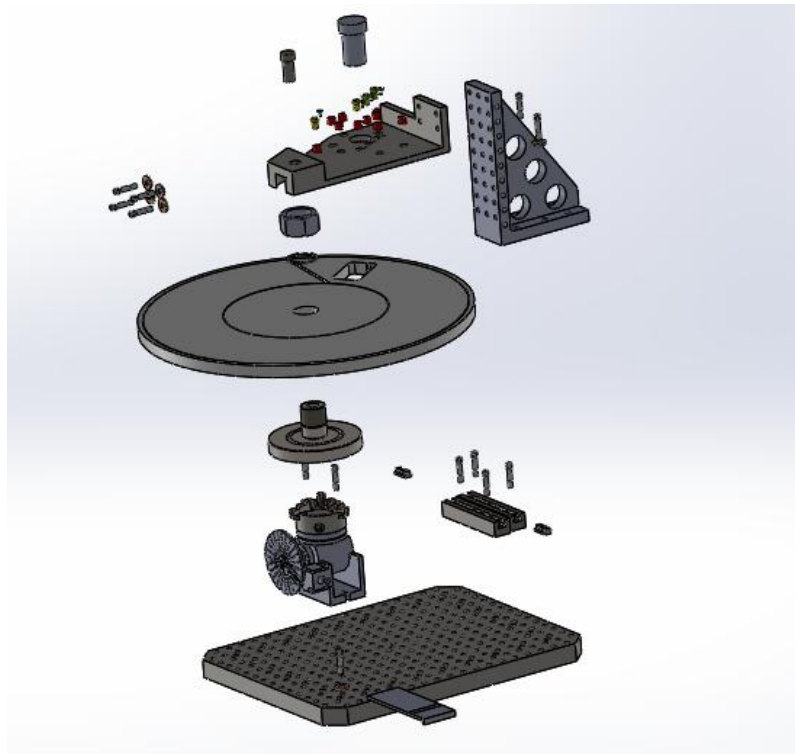


26. ábra EÖK készülék fúrólapja

Sajnos ebben a készülékben is szükséges egyedi elemek alkalmazása. Szükség volt egy tájoló csapra, amelynek segítségével a méreteket meg tudom határozni, egy beállító csapra, amellyel a kezdeti beállítást tudom meghatározni, valamint egy ütköztető elemre az osztófej tájolásához az alaplapon, a fúrólapra és végül az előzőekben megtervezett befogó csapra (27. ábra). Viszonylag kevés egyedi elemet tartalmaz a készülék, ezeket a 7. és 10. melléklet tartalmazza. A készülék összeállítási rajza a 7. számú mellékletekben található. Az EÖK elemeket pedig a HALDER cég katalógusából válogattam össze (28. ábra) [12].



27. ábra. HALDER, hole-system [12]

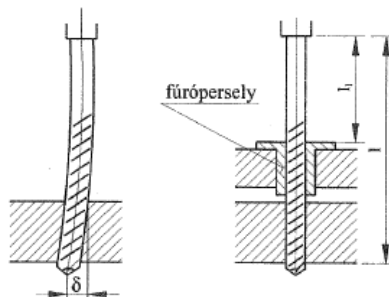


28. ábra. Fúrókészülék robbantott képe

A fúrókészülékben a munkadarabot az esztergálásnál használt befogó készülékkel fogom be az osztókészülékbe. A befogás átmérője $\varnothing 58$ mm-re változik. A készülék működtetésének leírását a „5.3. A készülékek egybeépíthetőségének vizsgálata” című fejezetben részletezem. A fúrókészülék rajzát a 7. számú melléklet tartalmazza (28. ábra).

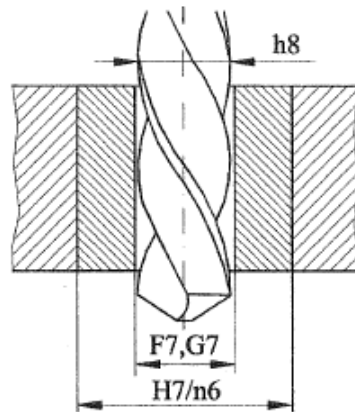
5.2.2.1. Pontossági vizsgálat

A fúrószerszámot perselyekben vezetem meg, így nagyobb pontosság érhető el vele (29. ábra). A persely és a hozzá tartozó furat tűréseiből adódóan excentricitás léphet fel, ennek mértékét számításokkal ellenőriztem. A számítások elvégzéséhez a [10] és [11] forrásokat használtam.



29. ábra. Fúrópersely megvezetése [4]

$\varnothing 16$ mm-es furat esetén fix persellyel történik a szerszám megvezetése (30. ábra):



30. ábra. Fúrópersely megvezetése fix persellyel [4]

Persely méretei:

A fúrásból származó hibák:

$$\delta_{\text{össz}} = \sum \delta_i - \text{méretpontosság}$$

$$\delta_1 = 25 \cdot i - \text{a csigafúró átmérő tűrése (h8)}$$

$$\delta_2 = 15 \cdot i - \text{kisjáték a fúró és a persely között}$$

$$\delta_3 = 16 \cdot i - \text{a persely belső átmérőjének tűrése (F7)}$$

$$\delta_4 = 8 \cdot i - \text{a persely kopás}$$

A $\varnothing 16$ mm-es furat megmunkálása:

A csigafúró tűrése $\varnothing 16\text{h}8 = \varnothing 16_{-0,027}^{+0} [\text{mm}]$

Tűrésmező szélessége:

$$\delta_1 = 16 - (16 - 0,027) = 0,027 [\text{mm}]$$

Kisjáték a fúró és a persely között:

$$\delta_2 = 16,016 - 16,0 = 0,016 [\text{mm}]$$

A persely belső átmérőjének tűrése:

$$\varnothing 16\text{F}7 = \varnothing 16_{+0,016}^{+0,034} [\text{mm}]$$

Tűrésmező szélessége,:

$$\delta_3 = 16,034 - 16,016 = 0,018[mm]$$

Persely megengedett kopása:

$$\delta_4 = 8 \cdot i = 8 \cdot 1,0846 = 8,677[\mu m] = 0,0087[mm]$$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{16} = 1,0846[\mu m]$$

$$\delta_{össz} = \sum \delta_i = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 0,0697[mm] = 69,7[\mu m]$$

A furat tengelyének a persely középvonalához viszonyított legnagyobb e_1 excentricitása:

$$e_1 = \pm \frac{\delta_{össz}}{2} = \pm \frac{69,7}{2} = 34,85[\mu m]$$

Az elferdülés okozta excentricitás értéke közelítőleg:

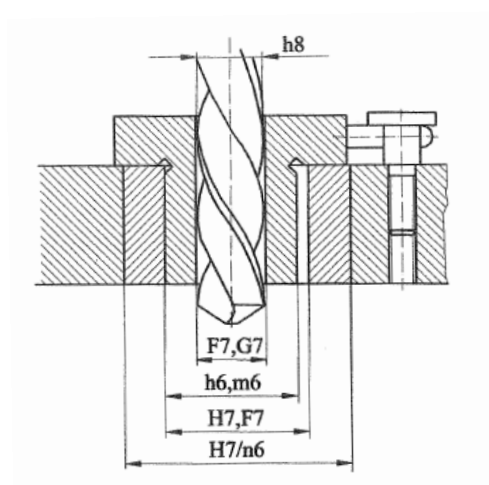
$$e_2 = \pm \frac{IT10}{L} \cdot (f + m) = \pm \frac{0,0697}{40} \cdot (0 + 15) = 0,02613[mm] = 26,13[\mu m]$$

A furat legnagyobb excentricitása:

$$e = e_1 + e_2 = 34,85 + 26,13 = 60,98[\mu m] = 0,0609[mm]$$

A kiszámított értékek nem haladják meg a műhelyrajzon megadott 0,3 mm-es pontossági határt, tehát megfelelőek a választott perselyek.

M12 furat esetén cserepersellyel történik a szerszám megvezetése (31. ábra):



31. ábra. Fúrópersely megvezetése csere persellyel [4]

Cserepersely méretei:

Furat kialakítása: 1. Előfúrás Ø 10,2 mm (*kúposítás*) ; 2. Menetvágás M12-re

A fúrásból származó hibák:

$$\delta_{dcs} = \sum \delta_i - \text{méretpontosság}$$

$$\delta_1 = 25 \cdot i - \text{a csigafúró átmérő tűrése (h8)}$$

$$\delta_2 = 15 \cdot i - \text{kisjáték a fúró és a cserepersely között (AE_f)}$$

$$\delta_3 = 16 \cdot i - \text{a cserepersely belső átmérőjének tűrése (F7)}$$

$$\delta_4 = 8 \cdot i - \text{a cserepersely kopása}$$

$$\delta_5 = 10 \cdot i - \text{a cserepersely külső átmérőjének tűrése (m6)}$$

$$\delta_6 = 16 \cdot i - \text{az alappersely belső átmérőjének tűrése (F7)}$$

$$\delta_7 = 8 \cdot i - \text{az alappersely megengedett kopása}$$

A tűrésmező szélességének meghatározása:

A csigafúró átmérő tűrése:

$$\text{Ø}10\text{h}8 = \text{Ø}10,2_{-0,027}^0 [\text{mm}]$$

Csigafúró átmérő tűrése (h8):

$$\delta_1 = 10,2 - (10,2 - 0,027) = 27 [\mu\text{m}]$$

KJ a csigafúró és a cserepersely között:

$$\delta_2 = 10,216 - 10,2 = 16 [\mu\text{m}]$$

Cserepersely belső átmérőjének a tűrése (F7):

$$\text{Ø } 10,2\text{F}7 = 10,2_{+0,016}^{+0,034} [\text{mm}]$$

Tűrésmező szélessége:

$$\delta_3 = 10,236 - 10,216 = 18 [\mu\text{m}]$$

Cserepersely kopása:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{10} = 0,98[\mu m]$$

$$\delta_4 = 8i = 8 \cdot 0,98 = 7,883[\mu m]$$

Cserepersely külső átmérőjének a tűrése:

$$16h6 = 16_{-0,013}^0[mm]$$

$$\delta_5 = 16 - (16 - 0,013) = 13[\mu m]$$

Alappersely belső átmérőjének a tűrése:

$$16F7 = 16_{+0,034}^{+0,016}[mm]$$

$$\delta_6 = 16,034 - 16,016 = 18[\mu m]$$

Alappersely megengedett kopása:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{16} = 1,13[\mu m]$$

$$\delta_7 = 8i = 8 \cdot 1,13 = 9,04[\mu m]$$

$$\delta_{ocs} = \sum \delta_i = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 = 27 + 16 + 18 + 7,8 + 13 + 18 + 9,04 = 108[\mu m]$$

$$\delta_{össz} = 108[\mu m] = 0,108[mm]$$

A furat tengelyének a persely középvonalához viszonyított legnagyobb e_1 excentricitása:

$$e_1 = \pm \frac{\delta_{össz}}{2} = \pm \frac{108}{2} = 54[\mu m]$$

Az elferdülés okozta excentricitás értéke közelítőleg:

$$e_2 = \pm \frac{IT10}{L} \cdot (f + m) = \pm \frac{0,108}{40} \cdot (0 + 15) = 0,0405[mm] = 40,5[\mu m]$$

A furat legnagyobb excentricitása:

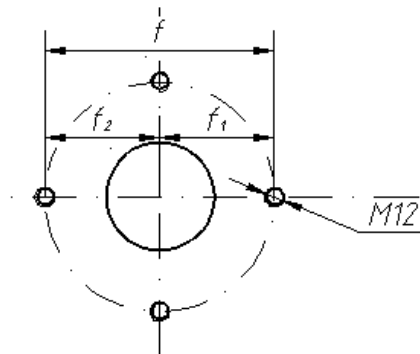
$$e = e_1 + e_2 = 54 + 40,5 = 94,5[\mu m] = 0,094[mm]$$

A kiszámított értékek nem haladják meg a műhelyrajzon megadott műhelyrajzon megadott 0,3 mm-es pontossági határt, tehát megfelelőek a választott perselyek. M10-es furatok megmunkálása ugyanígy történik, szerszám megvezetésével.

5.2.2.2. Perselyek helyzettűrésének számítása

Ezzel a számítással a fúrólap legyártandó méreteinek tűrését határozom meg. Fontos ezen számítások elvégzése, mivel túl szigorú tűrések esetén feleslegesen drága a fúrólap, míg túl nagy tűrések esetén pedig a gyártandó alkatrész nem lesz kellően pontos. A számításokat csak néhány méretre végeztem el, a többi a mellékelt alkatrésze rajzon adom meg a 10. számú mellékletben. A számítások elvégzéséhez [10] és [8] forrásokat használtam.

Helyzettűrés számítása az M12-es furatoknál (32. ábra):



32. ábra Tűrésszámítás, csereperselyeknél

$$f' = 170 \pm 0,3 [mm], mdb; tű.$$

$$f = készülék; tű.$$

Perselyek helyzetének tűrése:

$$T_{b\max} = T_b - 2 \cdot (J_{2köz} + J_{3köz}) - 8 \cdot e_1$$

$$e_1 = 0,054 mm$$

$$T_b = 0,6 mm \rightarrow T_b = T_a - L - 2 \cdot e_1$$

Cserepersely:

$$16F7 = 16^{+0,016}_{+0,034} [mm]; 16h6 = 16^{0}_{-0,013} [mm]$$

$$J_{2köz} = \frac{0,029 + 0,013}{2} = 0,21 [mm]$$

Alappersely:

$$24n6 = 20_{+0,015}^{+0,028}[mm]; 24H7 = 20_0^{+0,027}[mm]$$

$$J_{3köz} = \frac{0,028 + 0,027}{2} = 0,0275[mm]$$

$$T_{b\max} = T_b - 2 \cdot (J_{2köz} + J_{3köz}) - 8 \cdot e_1 = \\ 0,6 - 2 \cdot (0,21 + 0,0275) - 8 \cdot 0,054 = |0,307| \rightarrow 0,156[mm]$$

$$T_{b\max} = 0,1[mm]$$

$$f = 120_{-0,1}^{+0,1}[mm]$$

Csapnál való korrekció:

$$35H8 = 35_0^{+0,039}[mm], 35f7 = 35_{-0,050}^{-0,025}[mm]$$

$$J_{köz} = \frac{0,089 + 0,025}{2} = 0,057[mm]$$

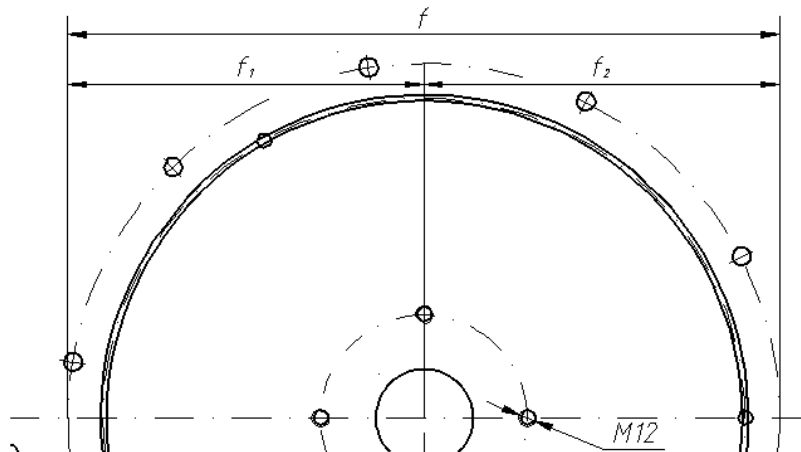
$$f = 170_{-0,05}^{+0,05}[mm]$$

$$\frac{J_{köz}}{2} = 0,028 \rightarrow 0,02[mm]$$

$$f_1 = \frac{f}{2} - \frac{J_{köz}}{2} = 85 - 0,02 = 85_{-0,01}^{+0,01}[mm]$$

$$f_2 = \frac{f}{2} + \frac{J_{köz}}{2} = 85 + 0,02 = 85_{-0,01}^{+0,01}[mm]$$

Helyzettűrés a Ø14 mm-es furatoknál (33. ábra):



33. ábra. Tűrésszámítás fixperselyeknél

$$f' = 585_{-0,3}^{+0,3} [mm], mdb; t\ddot{u}.$$

$$f = \text{készülék}; t\ddot{u}.$$

Perselyek helyzetének tűrése:

$$T_{b \max} = T_b - 2 \cdot J_{4köz} - 4 \cdot e_1$$

$$e_1 = 0,034 [mm]$$

$$T_b = 0,6 [mm]$$

Fixpersely:

$$20n6 = 20_{+0,015}^{+0,028} [mm]; 20H7 = 20_0^{+0,027} [mm]$$

$$J_{4köz} = \frac{0,028 + 0,027}{2} = 0,0275 [mm]$$

$$T_{b \max} = T_b - 2 \cdot J_{4köz} - 4 \cdot e_1 = 0,6 - 2 \cdot 0,0275 - 4 \cdot 0,034 = 0,409 [mm] \rightarrow 0,3 [mm]$$

$$f = 585_{-0,15}^{+0,15} [mm]$$

Csapnál való korrekció:

$$35H8 = 35_0^{+0,039} [mm], 35f7 = 80_{-0,050}^{-0,025} [mm]$$

$$J_{köz} = \frac{0,089 + 0,025}{2} = 0,057 [mm]$$

$$f = 585_{-0,15}^{+0,15} [mm]$$

$$\frac{J_{köz}}{2} = 0,028 \rightarrow 0,02 [mm]$$

$$f_1 = \frac{f}{2} - \frac{J_{köz}}{2} = 292,5 - 0,02 = 292,5_{-0,01}^{+0,01} [mm]$$

$$f_2 = \frac{f}{2} + \frac{J_{köz}}{2} = 292,5 + 0,02 = 292,5_{+0,01}^{-0,01} [mm]$$

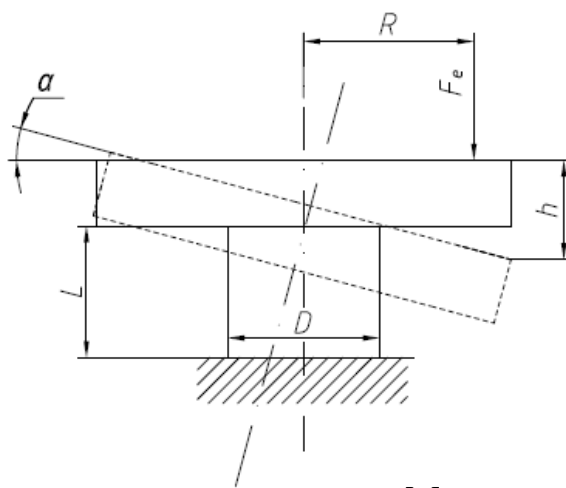
A rajzon megadott furatok helyzettűrése 0,3 mm-nél nagyobb, mint a készülékkel legyártható furatoké, így a készülék megfelelő. A fúrólap többi méreteit a 11. számú mellékletben adom meg.

5.2.3. Fúrási művelet vizsgálata a készülékben

Fúráskor igen jelentős az előtolás irányú erő. Az erőhatás és a befogás jellege miatt a munkadarab lehajolhat, az anyag rugalmasságából adódóan. A vizsgálat során ezt a lehajlást határozom meg és ez alapján vizsgálom az alátámasztás szükségességét.

5.2.3.1. Mechanikai modell megalkotása és a lehajlás kiszámítása

A modellezés során a munkadarabot befogom az osztókészülék tokmányába. Fontos volt leegyszerűsíteni a befogást, így a munkadarabot a befogással együtt, egy egylépcsős tengelyként kezelem, amelynek a homlokfelületén vagy oldalán hat az F_e előtolás irányú erő (34. ábra). A modellezésnél a [4] irodalom alapján végeztem számításokat.



34. ábra. Fúrési modell [4]

A h lehajlás, elmozdulás meghatározás:

$$h \cong R \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Ahol:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{M \cdot L}{I \cdot E} = \frac{F_e \cdot R \cdot L}{I \cdot E}$$

$$I = \frac{D^4 \cdot \pi}{64} = 0,05 \cdot D^4 \text{ másodrendű nyomaték}$$

$$F_e \cong F_c = 3121,7[N]$$

előtolás irányú erő

$$l = 492,5 \cdot 10^{-3}[m]$$

furat távolsága a befogástól (legnagyobb átmérőn)

$$E = 210 \cdot 10^3[N/mm^2]$$

rugalmassági modulus (fémeknél)

$$D = 150[mm]$$

átmérők átlagát vettem

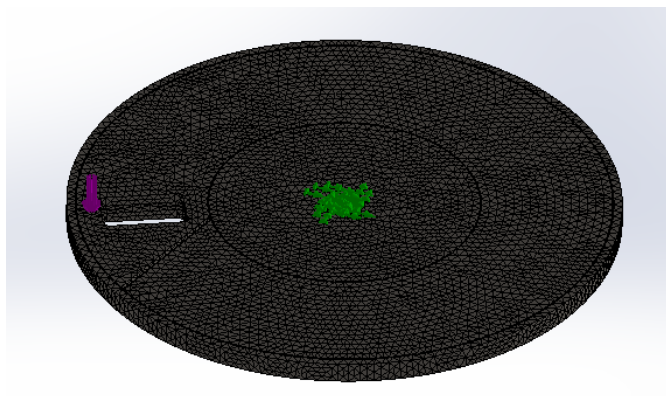
A képletbe behelyesítve:

$$h = \frac{F_e \cdot R^2 \cdot L}{0,05 \cdot E \cdot D^4} = \frac{3121,7 \cdot 492,5^2 \cdot 170}{0,05 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 150^4} = 0,03[mm]$$

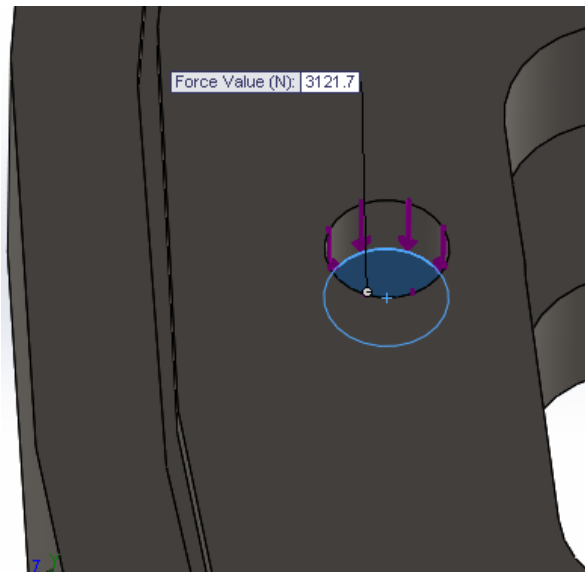
A kiszámított érték valószínűleg nem a megfelelő értéket mutatja. A munkadarabot „egybeépítve“ kezeltem a tokmánnal, ebből is származhat eltérés. Azonban fontosabb, hogy az alkatrész a fúrési műveletnél már nem tömör a mart felületek miatt. A zseb körüli furatoknál a "h" értéke valószínűleg nagyobb lehet. Ezért ezt a fúrési műveletet végeselem-analízissel is megvizsgáltam.

5.2.3.2. Fúrési művelet során fellépő erőhatások vizsgálata

Itt is, mint az előzőekben az anyag rugalmasságából adódó elmozdulásokat vizsgáltam. A kiszámolt erők ismeretében létrehoztam a modellt. Felvettem az előtolás irányú erőt és a munkadarabot befogtam a közepén (37. és 38. ábrák).

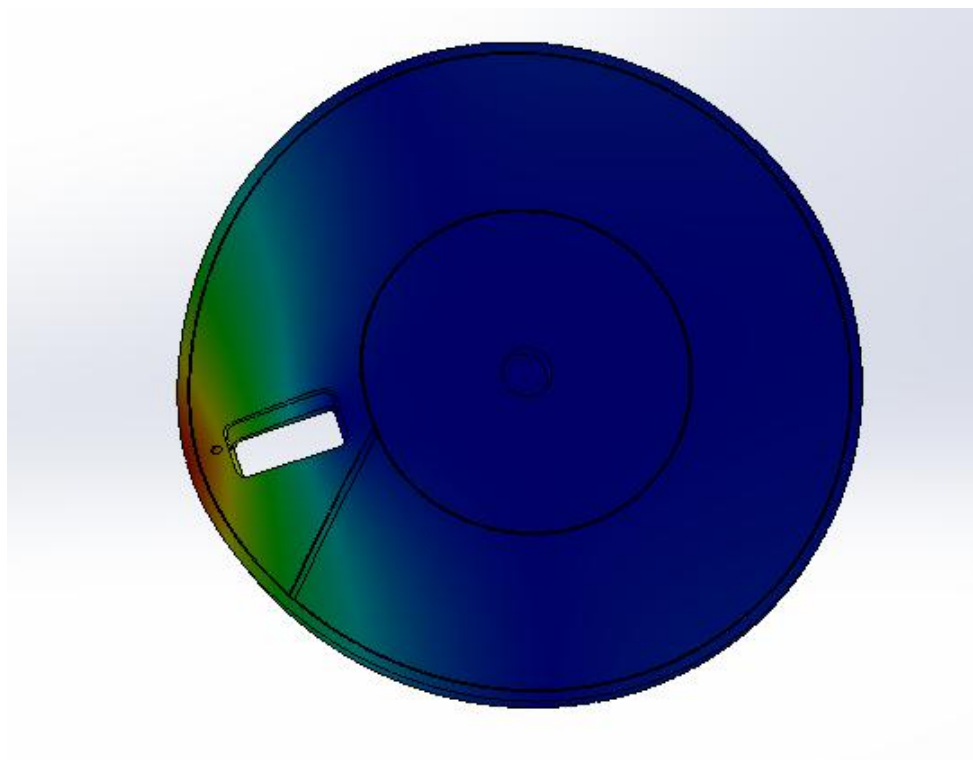


35. ábra. "Mesh" a háló megalkotása és a befogás



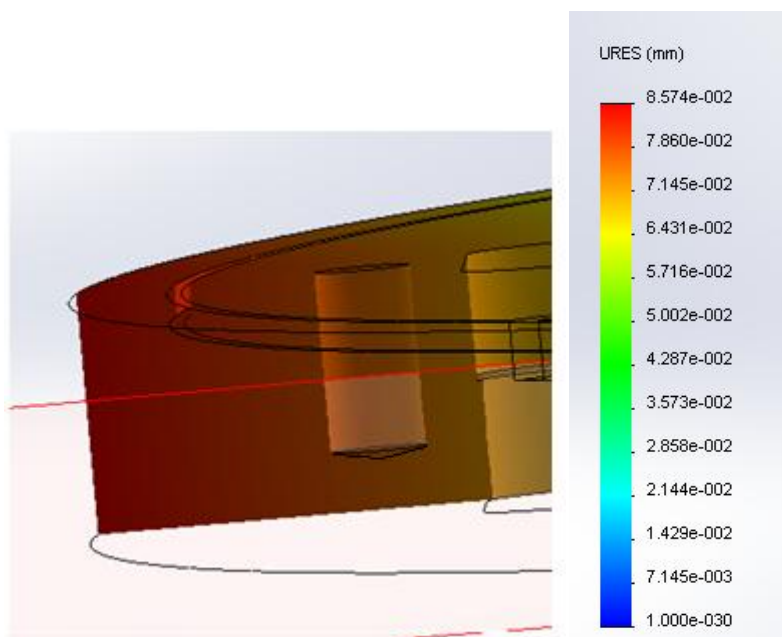
36. ábra. Előtolás irányú erő

A vizsgálat lefuttatásánál csakis a "Displacement", azaz az elmozdulás ablakot futattam és vizsgáltam (39. és 40. ábrák).

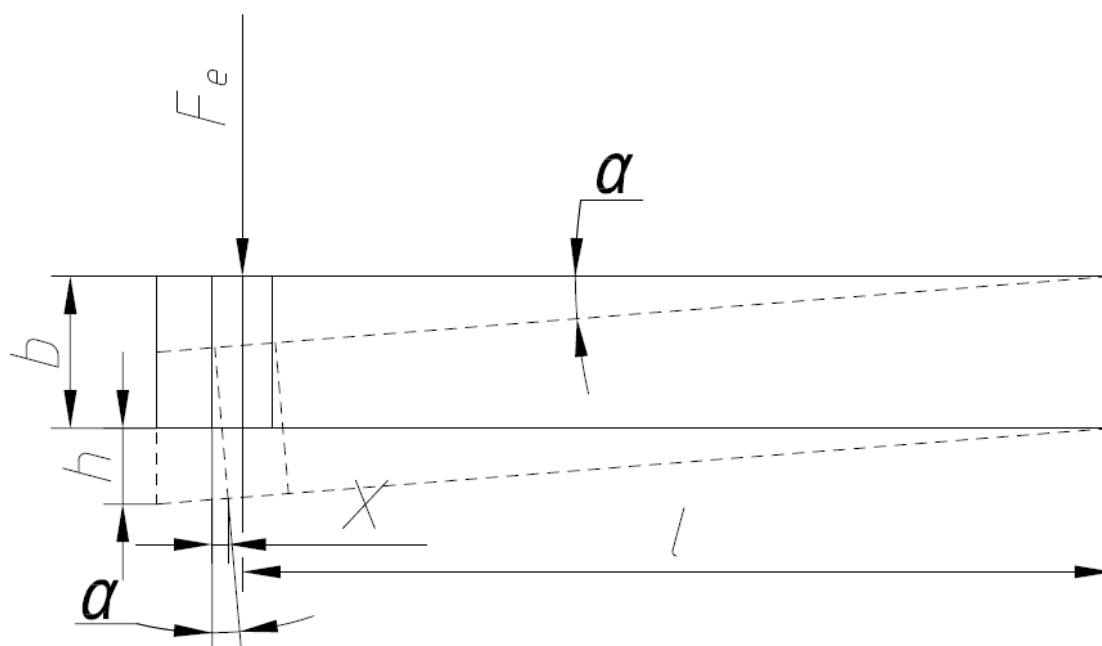


37. ábra. Elmozdulás (Displacement)

Az eredményekből kiderült, hogy a fúrás helyén a lehajlás 0,07 mm. A munkadarab végén pedig 0,08 mm is lehet. Ez a lehajlás jelentéktelennek mondható, mivel a műhelyrajzon megadott 0,1 mm "A" helyzettűrés értékénél kisebb. Ebből a furatok helyzetének változását két matematikai számítás alapján határoztam meg (39. ábra).



38. ábra. A furatban lévő elmozdulás



39. ábra. Lehajlás

Elsőnek a "alfa" szöget határozzuk meg:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l} = \frac{0,085}{492,5} = 1,8 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \alpha = 0,0103[^\circ]$$

Az "alfa" szög ismeretében meghatározzuk az "X"-et, ami a furat legnagyobb eltérése:

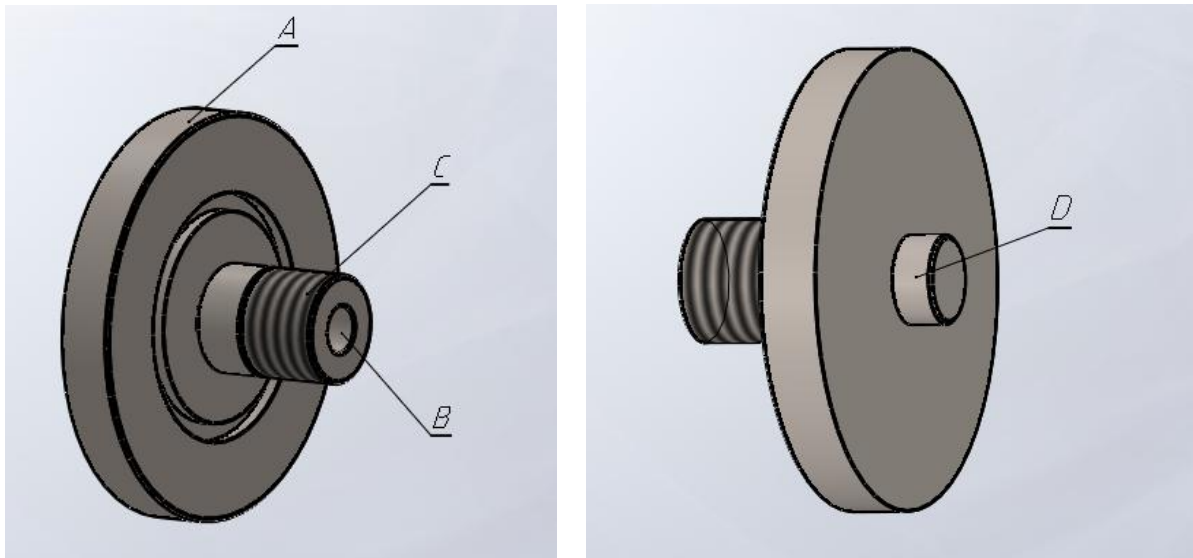
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{b} \Rightarrow x = \operatorname{tg} \alpha \cdot b = \operatorname{tg}(0,0103) \cdot 40 = 0,0072[\text{mm}]$$

A kiszámolt eltérési értékek nem haladják meg a műhelyrajzon megadott 0,3 mm-es "B" helyzetűréseket, tehát a készülék megfelelő a fúrési műveletre.

5.3. A készülékek egybeépítésének vizsgálata

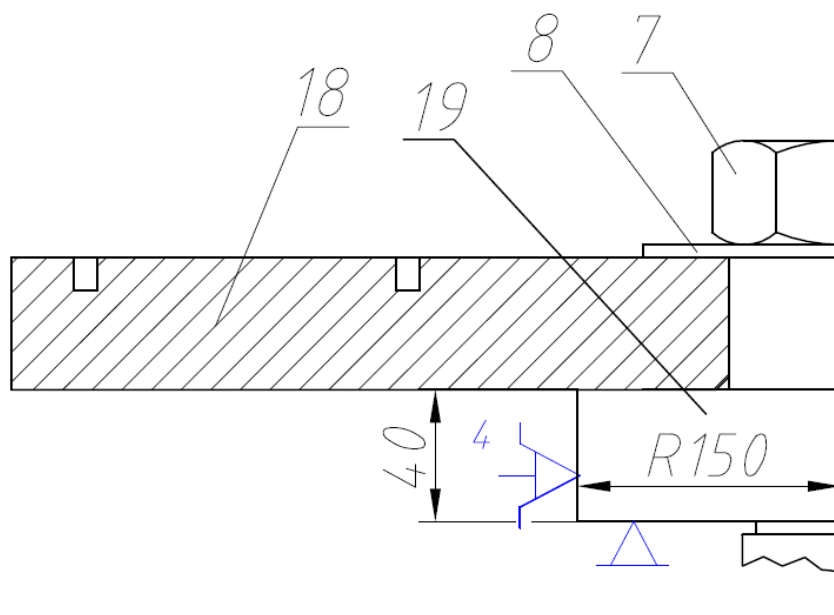
A készülékek megtervezésekor az egyik legfontosabb szempont volt a költséghatékonyság, azaz a készülék a lehető legkevesebb elemből álljon és azon belül pedig még kevesebb legyártandó alkatrészt tartalmazzon. A két készülék egybeépíthető. Az esztergásnál használt készülék a fúrési művelet készülékével egybeépíthető, így nem kell kifogni a befogó készülékből. A készülékek közötti kulcselem a (19) befogó csap. Ez lényegében egy egyszerűbb lépcsős tengely, melynek tervezése során több szempontot vettem figyelembe.

Az egyik legfontosabb szempont az volt, hogy ezt a csapot mind a karusszel esztergán, mind pedig az osztókészülék tokmányába be lehessen fogni és ütköztetni. A másik lényeges dolog az volt, hogy a munkadarab szorítását is megoldjam. Ezen túl a fűrőkészülékben még pluszban egy tájoló elemet is el kell helyezni a tengelyen, melynek segítségével a méreteket meg lehet adni. Ezen szempontok szerint terveztem meg ezt a csapot, melynek műhelyrajzát a 9. számú melléklet tartalmazza.



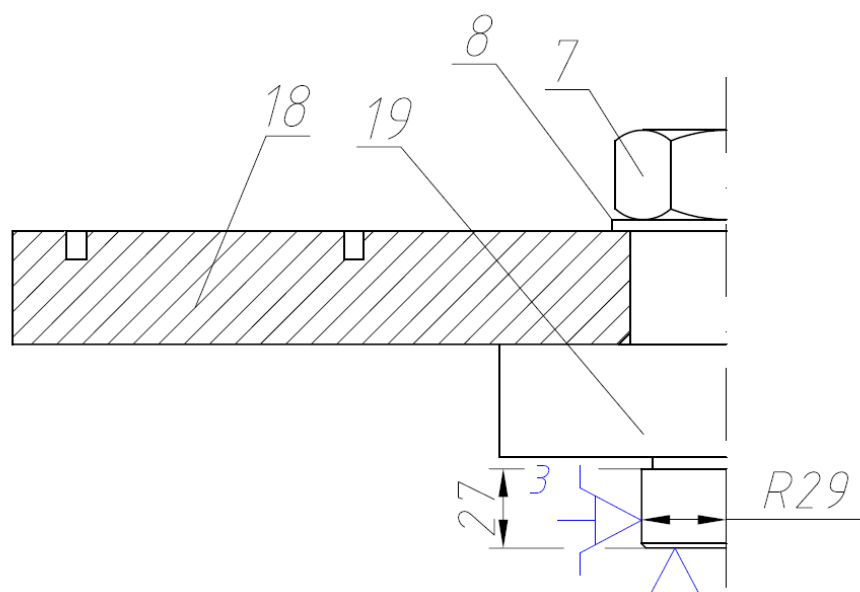
40. ábra. Befogó csap

Az "A" felületen történik a karusszel esztergába történő befogás (40. ábra) a Ø300 mm-es átmérőn egy 4 pofás síktárcsába (41. ábra).



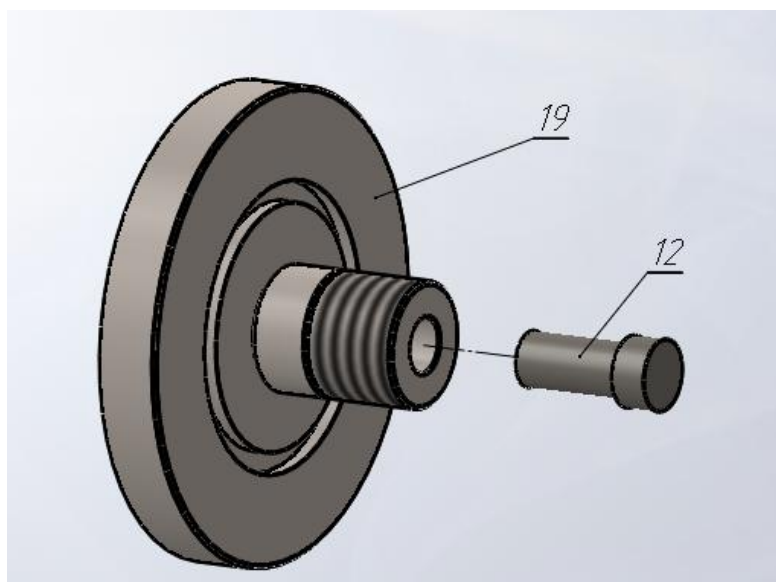
41. ábra. Befogás "A" felületen

A "D" felületen az egyetemes osztókészülékbe lehet befogni az alkatrészt. Mivel az osztókészülék tokmánya egy jóval kisebb hárompofás tokmány, így a fűrókészülékben egy kisebb felületen kell befogni a csapot az Ø58 mm-es átmérőn (42. ábra).



42. ábra. Befogás "D" felületen

A "C" felület lévő menettel és egy M80-as anyával hozzuk létre a szorítást. A "B" felületen történik a tájolás a fúrókészülékben egy tájoló csap segítségével. Ennek pontosságát és tűréseit már a fúrókészülék pontossági vizsgálatánál részleteztem (43. ábra).



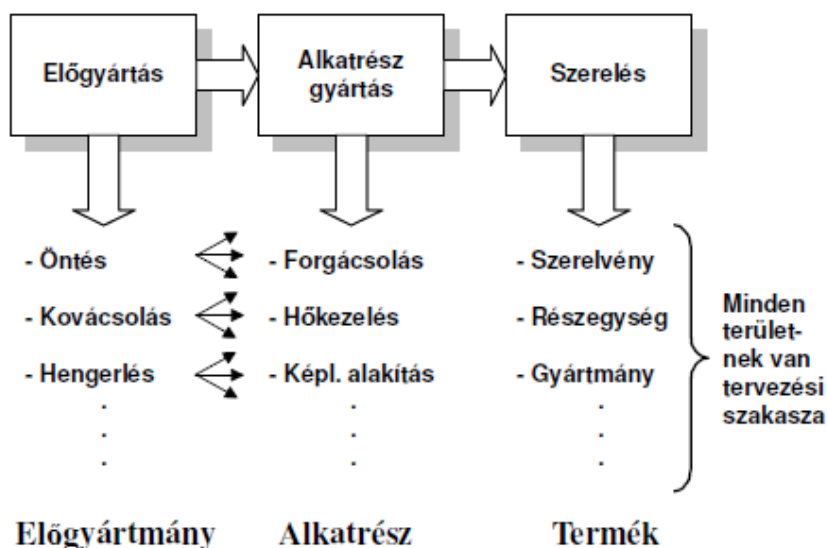
43. ábra. Tájoló és befogó csap

6. SZERELÉSTERVEZÉS

Ebben a fejezetben a fűrókészülék szereléstechológiáját terveztem meg. A darabjegyzék és az összeállítási rajz alapján végiggondoltam a készüléknek az összeszerelését, majd ez alapján elkészítettem a szerelési családfát, valamint a szerelési műveleti utasítást.

6.1. Szereléstechológia helye és szerepe a gyártási folyamatban

A szereléstechológia gyártási folyamat utolsó állomása, ahol az alkatrészből termék lesz. A készülék szereléstechológiáját a 11. és 12. mellékletek tartalmazzák. A szereléstechológiának a gyártási folyamatban elfoglalt helyét a 44. ábra mutatja be.



44. ábra. Szereléstechológia helye a gyártási folyamatban [18]

6.2. Szerelési dokumentációk

A szereléstechológia első dokumentációja a darabjegyzék, amely a készülék elemeit tartalmazza (8. számú melléklet). Ezután megalkottam a szerelési családfát a már végiggondolt összeszerelés alapján. Majd a családfa és a darabjegyzék alapján készítettem el a szerelési műveleti utasítást.

6.2.1. Szerelési családfa

A szerelési családfa a gyártmány tagozódási és felépítési rendjét adja meg. A családfa grafikus megjelenítésénél a gráfelméletben alkalmazott jelöléseket használjuk. A szerelési családfa lényegében egy gráf, melynek vannak [18]:

- élei: alkatrészek,
- csomópontjai: alkatrészekon végzett szerelési tevékenységek.

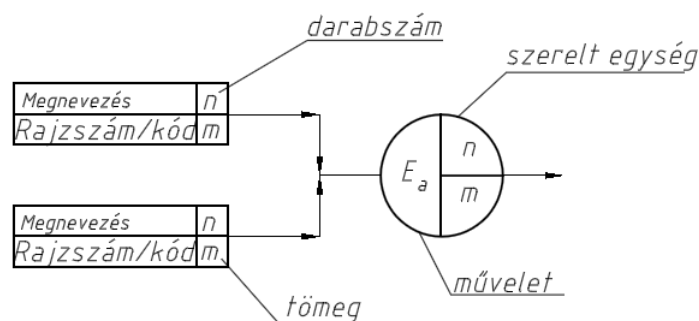
Többféle családfa típus van. Általában az alkatrész szerelési bonyolultsága határozza meg, melyik családfa típust alkalmazzuk [18].

Családfa lehet:

- mennyiségi,
- szerkezeti felépítést tükröző,
- építőkocka elvű,
- kombinált.

Én a kombinált családfát választottam (45. ábra), mivel ez áttekinthető, és ami a legfontosabb, a párhuzamos szerelési lehetőségeket is mutatja. Tehát így időt lehet megspórolni azáltal, hogy egyszerre párhuzamosan lehet műveleteket végezni. A családfa jelölései a következők [18]:

- fekvő téglalapok jelzik az alkatrészeket és szerelt részegységeket,
- a téglalapban található az alkatrész megnevezése és rajzszáma, a beépítendő darabszám és tömeg,
- a nyilak az alkatrészek kapcsolódását jelölik,
- a körökben a szerelési műveletek vannak feltüntetve a szerelt egységek darabszámával és tömegével.



45. ábra. Kombinált családfa [18]

A készülék szerelési családfáját a 11. számú melléklet tartalmazza.

6.3. A fűrókészülék szerelése

A szerelés folyamata a következők szerint írható le (*11. számú melléklet*):

Először az esztergáláshoz használt befogó készüléket szereljük össze. Ez a rész a munkadarabból (18) és a befogó csapból (19) áll, amit egy anyával (7) és egy hasított alátéttel (8) rögzítünk. Ezt az összeszerelt egységet (E1) befogjuk az osztókészülékbe (10).

Az alaplagra (1) rögzítjük a ütközőelemet (9) egy-egy csavarral (2) és alátéttel (3). Majd két darab befogó rudat (4) rögzítünk az (E3) előbb összeszerelt alaplagra (1) négy darab csavarral (2).

Ezekre (E4) a befogó rudakra (4) ráerősítjük a befogó állványt(5) két darab T-nuts-al (6), két-két darab csavarral (2), alátéttel (3) és a későbbi beállíthatóság miatt, ezeket az elemeket még nem csavarjuk be. Így megvan a fűrókészülék alapja.

Ebbe az (E6) alapba szereljük bele az osztókészülékbe fogott munkadarabunkat (E2), az ütköztetésnek megfelelően, két-két darab csavarral (2) és (3) alátéttel (3) , (E7).

A fűrólapba (11) besajtoljuk a tíz darab perselyt (14), majd az előírt helyekre a három darab M10 (16), az egy darab M12-es csereperselyt (15) rögzítjük a három darab rögzítő csavarral (17) , (E8).

Majd a készülék végső összeállítása következik, amikor az (E7) alapba belehelyezzük az fűrólapot (E8), itt először tájoló csappal (12) ráhelyezzük a fűrólapot, majd ezt négy darab csavarral (2) és alátéttel (3) a befogó állványhoz (5) rögzítjük, itt meghúzzuk az állványt (5) és T-nuts (6) összekötő csavarokat is. Ezután a beállító csappal (13) alaphelyzetbe állítjuk a munkadarabot (18) a fűrólappal (11).

ÖSSZEFOGLALÁS

A "tányéros szűrő" gyártástechnológiájának megtervezése volt a feladat. Az alkatrész egy olyan sík tárcsa, amely Ø1080 mm átmérőjű és 40 mm vastag, egy szűrő berendezés egyik alkatrész. A TDK-dolgozatban meghatároztam az előgyártmány méretét és típusát, majd a technológiai folyamat elvi vázlatának segítségével megalkottam a műveleti sorrendet, ezt követően részletesen megterveztem a műveleteket és műveleti elemeket. A feladat megoldása során javaslatot tettem két készülék tervezésére.

Az egyik készülék a hosszesztergálás végrehajtásához szükséges. Az alkatrész méreteit figyelembe véve a készülék nélkül nem lehet biztonságos befogást megvalósítani a külső palást megmunkálása során. Ezért olyan befogó készüléket terveztem, amely segíti a munkadarab befogását és helyzetének meghatározását. Ez a készülék lényegében egy menetes csap, amely később beépül a fúrókészülékbe. A második készülék a fúrási műveletet könnyíti meg. A fúrókészülékkel a munkadarab helyzet-meghatározását és a fúrószerszám megvezetését valósíthatjuk meg. Maga a készülék egy egyetemes osztókészülékből, EÖK (egyetemes elemekből összeállítható készülék) elemekből és néhány egyedi (fúrólap, befogócsap) alkatrészből épül fel. A készülékek egymásba épülnek, így a befogó készülék összeállítása után nem kell a többi művelethez szétszedni a készüléket, ugyanis a marási és a fúrási műveletnél is ezt a befogást alkalmaztam. Ezzel elkerülhetőek a ki- és befogásból, valamint a tájolásból származó hibák. A készülékeket VEM módszerrel (végeselem-módszer) is megvizsgáltam. A befogó készüléknél magát a befogást és a szorítóerőt vizsgáltam. Ezen kívül a fúrókészüléknél a munkadarab rugalmasságából származó lehajlást is ellenőriztem, amely ronthatja a megmunkált furatok pontosságát.

A készülékek vizsgálataiból arra a végkövetkeztetésre jutottam, hogy segítségükkel megfelelő pontosságú alkatrészek készíthetők el. A megtervezett készülékekkel így gyártási időt és költséget lehet csökkenteni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bálint Lajos: A forgácsoló megmunkálás tervezése (Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1967)
- [2] Dr.Dudás Illés: Gépgyártás - technológia I. (Műszaki könyvkiadó, Bp 2004)
- [3] Dr.Dudás Illés: Gépgyártás - technológia II. (Miskolci Egyetemi kiadó. 2003)
- [4] Dr.Dudás Illés: Gépgyártás - technológia III. (Miskolci Egyetemi kiadó. 2003)
- [5] Gyártástechnológia III. című tantárgyból tanultak és órán kiadott segédletek
- [6] Komplex című tantárgyból órán kiadott segédletek (2013)
- [7] Sandvik Coromant katalógus 2011
- [8] Fenyvessy Tibor-Fuchs Rudolf-Plósz Antal: Műszaki táblázatok (Budapest 2007)
- [9] Ferroglobus Vas-és acél tek vállalat Acélkatalógus (Budapest 1986)
- [10] Dobrazanski: Munkadarab-befogó készülékek a gépgyártásban (Budapest 1977)
- [11] Dr. Varga Gyula Fúrókészülékek melléklet (segédlet, 2012)
- [12] <http://www.halder.de>
- [13] <http://www.ventifilt.hu/index.php/hu/>
- [14] Fridrik László - Leskó Balázs: Gépgyártás technológia alapjai II. sz. segédlet
(Tankönyvkiadó, Bp. 1987)
- [15] Dr. Gáti József: Hegesztési Zsebkönyv (Miskolc 2006)
- [16] Dr. Péter László Mechanika II. Szilárdságtan (Nyíregyháza 2002)
- [17] Bider Zsolt, Lászlóné Pozsgai Anna, Tóth József: Gépszerkezettan II. (Győr 2006)
- [18] Dr. Bodzás Sándor: Szereléstechológia jegyzet (segédlet, 2013)
- [19] Equist anyagkatalógus (Budapest 2008)
- [20] <http://www.solidworks.hu/>
- [21] <http://www.bokela.de/en/technologies/vacuum-filtration/pan-filters/special-features.html>
- [22] Dr. Pék Lajos: Anyagszerkezettan és Anyagismeret (Budapest 2000)
ISBN 963 657 326 3
- [23] Farnady Ernő: Forgácsnélküli Alakítás (Budapest 1987)
- [24] <http://www.edgecam.hu/termek>

MELLÉKLETEK

1. számú melléklet: Alkalmazott szerszámgépek
2. számú melléklet: Tányéros szűrő műhelyrajza
3. számú melléklet: Tányéros szűrő összeállítási rajz
4. számú melléklet: Műveleti sorrendterv
5. számú melléklet: Műveleti utasítás
6. számú melléklet: Készülék kérő lapok
7. számú melléklet: Fúrókészülék robbantott rajz, befoglaló méretek
8. számú melléklet: Fúrókészülék darabjegyzék
9. számú melléklet: Fúrókészülék elemei
10. számú melléklet: Készülék szelési családfa
11. számú melléklet: Készülék szerelési műveleti utasítás
12. számú melléklet: Technológiai folyamat tervezése *(táblázatok)*
13. számú melléklet: CNC program

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm konzulenseimnek, Dr. Szigeti Ferencnek és Dr. Berta Miklósnak a TDK-dolgozat során adott hasznos ötleteiket és tanácsaikat.

Tiszta szívvel köszönöm szüleimnek a sok gondoskodást, ami elkísért a tanulmányaim során. Hálásan köszönöm kedvesem kitartó türelmét és a mindennapi feladatokban nyújtott segítségét.