ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Excentrikus csap forgácsoló készülékének tervezése

OE-BGK
2022.

Hallgató neve: **Polónyi Ádám**
Hallgató törzskönyvi száma: **T009479/FI12904/B**

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Polónyi Ádám
Szakdolgozat száma: SZD22090214022344 24[redacted]
Törzskönyvi száma: T009479/FI12904/B Neptun kódja: [redacted]

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

A dolgozat címe: Excentrikus csap forgácsoló készülékének tervezése
A dolgozat címe angolul: Design of mechanical fixture for machining eccentric shaft

A feladat részletezése:
1. Mutassa be az excentrikus csap alkatrészt!

2. Mutassa be az excentrikus csap jelenlegi gyártástechnológiáját! Elemezze a gyártás közben felmerülő problémákat, nehézségeket!

3. Dolgozzon ki megoldási javaslatokat a fellépő műszaki problémák elhárítására! Optimalizálja az alkalmazott forgácsolási paramétereket!

4. Értékelje a továbbfejlesztési javaslatok hatását a megmunkálás minőségére és a gyártási költségekre vonatkozóan!

Intézményi konzulens neve: Mészáros Béla

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.
Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 27. P.H. .....
Intézetigazgató

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar 2. Anyag- és Gyártástudományi Intézet

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

....
belső konzulens külső konzulens

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Polónyi Ádám [redacted] kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022.12.15.

.....
hallgató aláírása

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

(nappali és levelező képzés)

Hallgató neve: Polónyi Ádám	Neptun kód: [redacted]	Tagozat: Gépészmérnök
Telefon: [redacted]	Levelezési cím: [redacted]	
Szakdolgozat címe magyarul: Excentrikus csap forgácsoló készülékének tervezése		
Szakdolgozat címe angolul: Design of mechanical fixture for machining eccentric shaft		
Intézményi konzulens: Mészáros Béla		Külső konzulens:

Kérjük, hogy az adatokat nyomtatott nagy betűkkel írja!

Alk.	Dátum	Tartalom	Aláírás
0.	2022.08.03.	Szakdolgozat átbeszélése	
1.	2022.09.07.	Szakmai konzultáció	
2.	2022.09.29.	Tervezés lépéseinek átbeszélése	
3.	2022. 11. 25.	Felmerülő problémák átbeszélése	
4.	2022. 12. 07.	Szakdolgozat véglegesítése	

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

A hallgató a „Szakdolgozat" tantárgy aláírási követelményét teljesítette.

.....

Intézményi konzulens

2022. december 09.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 5
   1.1 A szakdolgozat témájának bemutatása 6
   1.2 A dolgozatom felépítése 7
2. Szakirodalmi áttekintés 9
   2.1 A gyártástervezési folyamat bemutatása 9
      2.1.1 Technológiai előtervezés 10
      2.1.2 Műveleti sorrendtervezés 11
      2.1.3 Művelettervezés 13
      2.1.4 Műveletelemtervezés 14
      2.1.5 Posztprocesszálás 17
   2.2 A készüléktervezés folyamatának bemutatása 18
      2.2.1 A készülékek feladatai 19
      2.2.2 A készülékek elemei 20
         Támaszok 20
         Ülékek 22
         Szorító elemek 24
         Készüléktest 27
      2.2.3 A munkadarab elhelyezése 28
3. Tervezési folyamat bemutatása 30
   3.1 A munkadarab bemutatása 30
   3.2 A szerszámgépek bemutatása 33
   3.3 Jelenlegi technológia bemutatása 36
   3.4 Provizórikus készülék bemutatása 41
   3.5 Végleges konstrukció ismertetése 46
4. Összefoglalás 55
5. Summary 56
6. Felhasznált irodalom vagy Irodalomjegyzék 57
7. Mellékletek 59

1. Bevezetés

Korunk egyik fő mozgatója a szállítás, amely a modern fejlődő gazdaságokban jól szabályozott, és kiemelt szerepe van a minőségnek, mennyiségnek és a szállítási időnek. Megkülönböztetünk légi, vízi és szárazföldi szállítást. A szárazföldi szállításnak két fő típusa van, a közúti-, és a vasúti szállítás. A kontinensek között gyorsan szállítható személy- és áru a légi utakon, viszont a nagy árutömegek szállítására a lassú hajózás a legalkalmasabb. Az országok közti-, illetve országon belüli személy-, és áru szállítására a kötött pályás szállítás a leggazdaságosabb, de feltétlenül szükséges hozzá a vasúti infrastruktúra megléte. Amennyiben a vasút kiépítése egyáltalán nem, vagy csak túlságosan nagy anyagi ráfordítással lehetséges, ott megfelelő alternatíva a közúti személy-, és teherszállítás, de általánosságban elmondható, hogy a vasúttal kölcsönösen kiegészítve egymást érhető el a legjobb teljesítmény a minőség, mennyiség és szállítási idő tekintetében.

Manapság egyre inkább előtérbe kerül a gazdaságos üzemeltetés, illetve a karbonkibocsátás csökkentése, így a vasúti szállítás kézenfekvő választás. Ugyanakkor a vasútnak is fejlődnie kell, hogy megfeleljen a kor követelményeinek. A legfontosabb célkitűzés az, hogy az utazási sebesség-, és a szállítási kapacitás növelése mellett, képesek legyenek a biztonságot megtartani, adott esetben tovább növelni a legújabb generációs vasúti járművek. Az egyre korszerűbb vonatok építésének igénye, különböző utaskényelmi szolgáltatásokat biztosító elektronikai berendezés elhelyezését hozta magával a forgóvázon, melyek nagy helyigénnyel bírnak, így a fékegységnek rendelkezésre álló hely lecsökkent. [1]

Kisebb helyre értelemszerűen csak kisebb fékegységet lehet beépíteni, ezért a nagy fékerő kifejtésére alkalmas, kompakt fékegységek kifejlesztését eredményezte a kor megnövekedett elvárásainak megfelelően. A beépítési környezet zsugorodása közvetlenül hat a szerelt fékegység méretének csökkenésére, de közvetett hatásként az összeállítást alkotó alkatrészek mérete-, alakja is megváltozik, illetve sok esetben új, bonyolultabb alkatrészek tervezését igényli, amelyek képesek több, korábban egymással mechanikai kapcsolatban lévő alkatrészt kiváltani. A méret és a tömeg csökken, de az

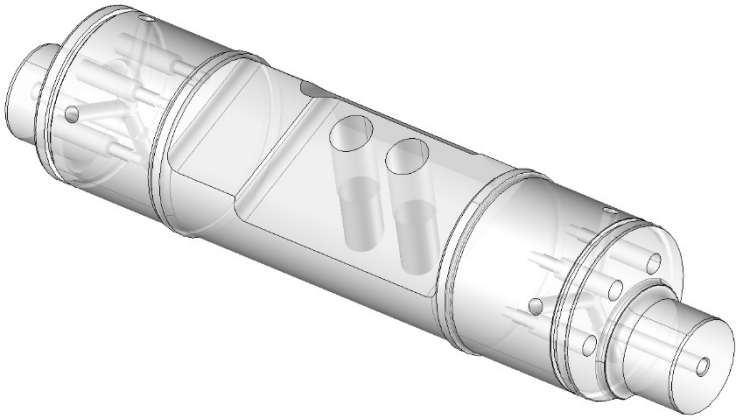
alkatrészek bonyolultabb geometriai jellemzőkkel rendelkeznek, és számos esetben egyszerre több funkciót is ellátnak a fék üzemelése közben.

A gyártás technológiája folyamatosan fejlődik az ipari igényekkel összhangban. Az alkatrészekkel szemben támasztott megnövekedett elvárások a szilárdság-, pontosság- és a geometriai bonyolultság tekintetében mind nehezítik az előállítást, így egyre fejlettebb technológiákat és gépeket, illetve szoftvereket kíván meg az alkatrészgyártás. A mai korszerű szerszámgépek, és a modern váltólapkás-, illetve tömör keményfém szerszámok képesek tartani a lépést, de szükségszerűen megjelentek a gyártástechnológia tervezésében a számítógéppel támogatott megoldások, mint a CAD (Computer Aided Design) és a CAM (Computer Aided Manufacturing) szoftverek. A CNC vezérlésű szerszámgépek már képesek automatizált működésre, ezért az alkatrészgyártás folyamatában a gyártástervezésre és a beüzemelésre helyeződött át az emberi munka jelenléte. Az előbbiekben említett korszerű szoftverek használatához egyelőre nem lehet nélkülözni az emberi kreativitást, illetve a mérnöki tudást.

A termelő vállalatok versenyképességének fenntartásához elengedhetetlen, hogy a cég által alkalmazott gyártási-, és forgácsolási folyamatok korszerűek és gazdaságosak legyenek, ezért azok fejlesztése nélkülözhetetlen, mondhatni a napi rutin része. A technológiákat tervező és bevezető mérnököket folyamatos kihívás elé állítja, továbbá munkájuk mellett a tudásuk naprakészen tartását is megkívánja, hogy az előbbiekben említett modern megmunkálógépek, szerszámok, illetve szoftverek használata a legoptimálisabb eredményt hozza a vállalat részére.

1.1 A szakdolgozat témájának bemutatása

Egy vasúti fékrendszereket tervező és gyártó multinacionális vállalatánál voltam gyártástechnológus, és forgácsolt alkatrészek technológiájának kidolgozásán dolgoztam. Termékfelelősként hozzám tartozott a termékcsalád, amely magába foglalta a címben szereplő excentrikus csap elnevezésű vasúti fékalkatrészt. (1. ábra)



1. ábra Excentrikus csap alkatrész [saját készítés]

Szakdolgozatom keretei között bemutatom a termék gyártásoptimalizálási szakmai projektjét. Az adott alkatrész forgácsoló készülékének megtervezése, illetve a gyártástechnológia kidolgozása volt a feladatom. Az alkatrész a fékegység egyik fő erőátviteli eleme, a fék működése szempontjából funkciókritikus. Felhasználása miatt, különösen pontos megmunkálást kíván, így forgácsolás közben elengedhetetlen a merev támasztás és szorítás.

A feladatban egy létező technológiát fejlesztettem tovább, ugyanis az alkatrészek gyártása - beleértve a termékcsalád többi tagját is -, már a 2000-es évek elejétől zajlik, így már gyakorlati tapasztalatokkal rendelkeztem a projekt megkezdése előtt. Ennek okán konkrét elképzeléseim voltak a lehetséges irány tekintetében, de a tesztelések során bebizonyosodott, hogy számos változtatást igényel a gyártástechnológia, hogy minőségben és mennyiségben is megfeleljen az elvárásoknak a végeredmény.

1.2 A dolgozatom felépítése

A szakdolgozatom fejezeteit a feladatkiírásban foglaltak szerint igyekszem kialakítani. Az irodalomkutatásban érintem a gyártástervezéssel kapcsolatos legfontosabb ismereteket, majd ismertetem a készülékszerkesztéssel kapcsolatos fontosabb elméleti alapvetések mellett, a leggyakrabban használt szerkezeti elemeket.

Következő lépésben bemutatom a forgácsolt alkatrészt (1. és 2. sz. melléklet), amelyhez az egyedi megfogó készüléket terveztem és annak beépítési környezetét.

Ezután teszek egy rövid kitérőt az előgyártmány anyagminőségének ismertetésére, illetve a megmunkálógép főbb paramétereit sorolom fel.

Szakdolgozatom további részében, elsőként a kiinduló technológiát mutatom be. Azután a tervezés és tesztelés teljeskörű menetét fejtem ki, és az ehhez kapcsolódó konstrukciós módosításokat, amelyek után a felfogó készülék elérte a végleges kialakítását. Említést teszek a tesztelések során felmerült nehézségekről, melyek nagyban befolyásolták a megmunkálási műveletek mellett a szerszámozást, illetve a készülékezést is. Az alkatrész gyártási technológiájára olyan mélységig térek ki, hogy szemléltetni tudjam milyen oda-vissza hatások mentén alakul ki a készülék optimális konstrukciós összeállítása, a szerszámterv és a műveletterv hármasa.

Fontos megjegyezni, hogy a készüléktervezési feladatok közül, én a megmunkálóközponton használatos készülék kialakításával voltam megbízva. Ezen oknál fogva a szakdolgozatomban annak részletes ismertetése kap hangsúlyt, míg az esztergán alkalmazott megfogást csak nagy vonalakban mutatom be.

Végezetül összegzem a projekt hatására elért megtakarítást, amit a gyártási idő csökkenéséből kalkuláltam.

2. Szakirodalmi áttekintés

A gyártástervezés egy jól kutatott és szerteágazó terület, ezért az irodalomfeldolgozás során a hangsúlyt a közvetlenül kapcsolódó alapfogalmakra helyezem. Bemutatom a szakterületet, amely a szakdolgozatom témáját adja, illetve kifejtek egy átfogó ismertetőt, hogy megfelelő alaptudást adjak a bemutatott téma megértéséhez.

2.1 A gyártástervezési folyamat bemutatása

A gyártástervezés célja: *„A termék előállításához szükséges, technológiailag helyes, a megadott gazdasági céloknak megfelelő, hatékony gyártási folyamatok meghatározása."* [2] Tehát egy technológiai folyamatot határoz meg, ami a termék alakjának, illetve akár az anyagtulajdonságainak módosítására irányuló hatások összessége. A lehetséges technológiai folyamatnak meg kell felelni a kívánt gazdasági céloknak, mint például a költségek és a normaidő. Ezeket szintén definiálni kell, mivel egy termék előállítása rengeteg módon lehetséges az adott technológiai lehetőségek mellett, de azok eltérő gazdasági eredményt fognak produkálni. A gazdasági célok pontos meghatározása után, egy célfüggvény segítségével könnyen szűkíthetőek a kínálkozó lehetőségek, és megtalálható a legoptimálisabb megoldás. [2]

A technológiai tervezés szintekre tagolható a nagyobb tervezési egységektől a kisebb, de részletesek felé haladva, így a tervezési feladatok kezelhetőbbé válnak, illetve a tervezési folyamat időbeli lefutását is követi (2. ábra):

- technológiai előtervezés;
- műveleti sorrendtervezés;
- művelettervezés;
- műveletelemtervezés;
- posztprocesszálás.

2. ábra: A technológiai tervezés szintjei [3]

Az egyes szinteken döntéseket kell meghozni meghatározott jellemzők alapján, hogy a következő szint feladatait el tudjuk végezni, és fenntartható legyen a szintek egymásra épülése [3] [4].

2.1.1 Technológiai előtervezés

Ez a legfelső szintje a technológiai tervezésnek. Gyártásanalízisnek is szokás nevezni, és két nagyon fontos kérdésre ad választ, amellett, hogy ebben a lépesben határozzuk meg a gyártás alapvető jellemzőit, illetve a gyártás stratégiáját. Az egyik a csatlakozó felületek meghatározása a gyártás fontosabb szakaszai között, melyek kiterjednek az alkatrészgyártás mellett a szerelésre is. A másik lényeges kérdés, hogy kijelölésre kerüljenek a megvalósításhoz használt egységek, mint a gyáregységek, gyártórendszerek és az üzemek. [2]

A gyártórendszerek kijelölése mellett, az előgyártmány kiválasztása is ebben a lépésben történik, illetve az alsóbb szinteknek ad bemeneti információkat a technológia főbb jellemzőivel kapcsolatban. Ezek a normaadatok, az alapanyag-, és a szerszám szükségletek, illetve a további költségek. Ennek módja, hogy vázlatos technológiai terveket kell készíteni a termelés-, és vállalatirányítás számára, hiszen ez a két szervezeti egység ad utasítást a technológiai tervezésre. Mivel a gyártási erőforrásokat, és az alapanyagokat is az említett két szerv ütemezi, ezért van szükségük a vázlatos

technológiai tervre, illetve korrekt becslésre, ami magába foglalja a technológiai folyamat elvégzésére fordított időt, valamint a munkafolyamat előkészületéhez-, és befejezéséhez szükséges időt. A költségeken a gép beszerzési és működtetési költségét értjük, illetve az anyag és szerszámköltséget. [4]

A technológiai előtervezés rendszerint az előgyártmány és az alkatrész gyártáshelyes műhelyrajzának véglegesítésével zárul.

2.1.2 Műveleti sorrendtervezés

Az alkatrészgyártás folyamattervezésének legmagasabb szintje. Ennek során készül el az alkatrész műveleteinek főbb elemeit-, és azok sorrendjét tartalmazó műveleti sorrend. Műveletnek az egy szerszámgépen, egy felfogásban végzett megmunkálási folyamatok halmazát értjük, melyek részletes kidolgozása a későbbi szinteken történik meg. [2]

Első lépesben meg kell vizsgálni, hogy az alkatrész milyen megmunkálási módokat igényel meg, azután a felületelem csoportok nyers-, és kész állapota közti különbséget kell rögzíteni, ugyanis ez határozza meg a megmunkálási igényeket. Következő lépés a megmunkálandó felületek csoportosítása aszerint, hogy mely geometriai elemek alkotnak technológiailag összefüggő csoportokat. Több szempont alapján is ki lehet alakítani ezeket az egységeket, úgy, mint az azonos geometriai jellemzők, a jellegükben azonos megmunkálási módok, vagy a gyártóberendezéstől megkövetelt, technológiailag azonos képességek. Egy megmunkálási igénycsoport többféle megmunkálási móddal is kialakítható, hiszen egy állapotváltozást eltérő megmunkálási módokkal is meg lehet valósítani, vagy akár több megmunkálási mód láncolatával. Ezért fontos a csoportok kijelölésénél figyelembe venni, hogy azok egymástól függetlenül kezelhetőek legyenek. [2]

A műveletek behatárolásával szorosan összefüggő folyamat a megmunkálási bázisok kijelölése, ezért együtt kezelendőek. Az alkatrészmegmunkálást két fontos szempont miatt, érdemes szakaszokra bontani. Az első szemponthoz tartozik a technológiai paraméterekből adódó követelmények mentén való szakaszolás. Nagyobb szakaszokra (nagyolás, simítás… stb.) szükséges bontani a megmunkálás folyamatát,

hogy a megmunkálási-, és belső feszültségekből fakadó nem kívánatos deformációk kialakulását kezelhető szinten tudjuk tartani. Tehát, csak akkor lehet csak elkezdeni az alkatrész simítását, ha már az adott művelethez tartozó minden felületelemen befejeződött a nagyolás. A második szempont szerint, a szakaszok kialakításában fontos szerepet játszik a megmunkálási bázisok meghatározása. Ez azért szükséges, mert egy műveletben csak azonos bázisfelületről végezhető megmunkálásokat érdemes végrehajtani. Az egyes felfogások a meghatározott bázisok mentén történik, így a megmunkálási módoknak megfelelően a megmunkálás egyfajta szakaszolását okozza.

A bázisválasztást érdemes a következő szempontok szerint végezni:

- lehetőleg az alkatrész legnagyobb felülete legyen a bázis;
- biztosítva legyen a jó leszorítási lehetőség;
- könnyen megmunkálható felületek adják a bázist;
- a technológiai bázis a szerkesztési bázis legyen;
- törekedni kell a bázisváltások számának minimalizálására. [2]

A készülékek kiválasztása a meghatározott bázisfelületekre épül, melyek lehetnek egyetlen vagy több munkadarab felfogására alkalmasak. Szükséges felfogási tervet készíteni a termelés részére, amely tartalmazza a készülék rögzítésére és a munkadarab felfogására vonatkozó információkat. [2]

A szerszámgép kiválasztása a megmunkálási módok alapján történik, és figyelembe kell venni a rendelkezésre álló szerszámgép adottságait, hogy az milyen megmunkálási módok elvégzésére képes. Az alkalmazott eljárásokban és azok sorrendjében, számos esetben több lehetőség kínálkozik, ezért a gazdasági céloknak leginkább megfelelőt kell választani. A műveletek behatárolását a fent leírtak alapján, a felfogás változtatása adja. Viszont abban az esetben, ha a szerszámgép változik, azt is annak tekintjük, hiszen az egy szerszámgépen és egy felfogásban végzett megmunkálást tekintjük műveletnek. A műveleti sorrendtervet akkor tekintjük meghatározottnak, ha az alkatrész legyártásához szükséges gyártási eljárások mindegyikéhez lett megmunkálási mód és szerszámgép választva, valamint a műveletek sorrendje is véglegesült. [2]

2.1.3 Művelettervezés

A gyártástervezés harmadik szintje a művelettervezés. Az alkatrész egy műveletben végzett megmunkálásának tervezését, vagyis a műveletelemekhez tartozó információk meghatározását, tehát a:

- ráhagyási alakzatok kijelölése az egyes műveletelemekhez;
- leválasztási terv készítése;
- szerszámok kiválasztása a műveletelemek végrehajtásához;
- műveletelemek összevonása és szétbontása;
- végrehajtási sorrend rögzítése az egyes műveletelemekhez;
- szerszámok elrendezése a gép szerszámtárjában;
- műveletterv összeállítása, amely a művelettervezés eredményeit rögzíti. [2]

A műveletelemekhez használt **szerszámok kiválasztása** a szerszámkiválasztási kritériumok alapján történik, amelyek a következők: ráhagyási alakzatok jellemzői, a felületelemek geometriája és az elvárt minőségi paraméterek. A szerszámválasztás akkor a legoptimálisabb, amikor a megmunkálási fő-, és mellékidő, valamint a szerszámváltási idő összege a legkevesebb. [2]

Műveletelemek összevonását általában a gyártás gazdaságossá tétele miatt szokás végezni, hogy a műveleti alapidő csökkenjen. A másik lehetséges ok, ha a szerszámtár korlátozott helykínálattal bír, ekkor kedvezőtlen esetben is szükségszerű az összevonás megvalósítása. **Műveletelemek bontásakor** a szerszáméltartamra igyekszünk jó hatással lenni azáltal, hogy a legkedvezőbb forgácsolási paraméterekkel dolgozhassanak a használt szerszámok. Kombinált szerszámok esetében könnyen megeshet, hogy a különböző élek nem egyformán kopnak, mivel bizonyos élei a szerszámnak az optimális forgácsolási tartományon kívül dolgozik, ezáltal nagyobb terhelésnek van kitéve. Bontott műveletek esetén jobban szinkronizálhatóak forgácsolási paraméterek, csökkenthetőek a gyakori szerszámcserék. Általánosságban elmondható, hogy a műveletelemek összevonására gyakrabban kerül sor, mint azok szétbontására.

A **végrehajtási sorrend megállapítása** rengeteg lehetséges módon történhet, azonban érdemes itt is az optimumra törekedni, ahol a műveletelemeket összekötő mozgások ideje

minimális, tehát törekedni kell a szerszámcserék számának és a mellékmozgások hosszának csökkentésére. [2]

2.1.4 Műveletelemtervezés

A gyártástechnológia a művelettervezés során részletesen meg lett tervezve, így a műveletelemtervezés lépése a szerszámmozgások kidolgozását foglalja magába. Két fő elem alkotja, a szerszámok mozgáspályájának-, és a hozzájuk tartozó forgácsolási paraméterek meghatározása. Ezen részletek kidolgozása gazdasági szempontból fontos a gyártástervezésben, hiszen a legnagyobb hatással vannak a normaidőre, tehát a gyártási költségekre.

A szerszámok mozgáspályájának megtervezése a gyártás gazdaságossága szempontjából fontos feladat, mivel a szerszám a mozgáspályáját járja be a megmunkálás során, és annak hossza egyenesen arányos a megmunkálási idővel. A CNC vezérlések elterjedésével már nem a gépkezelő kézügyességén és gyorsaságán múlik a mozgáspályák hossza, hanem egzakt feladat lett. Mozgáspályák generálására manapság számos szoftver elérhető, melyek gyakran más algoritmus alapján dolgoznak, így eredményességük eltérő lehet. A forgácsológépeken végbemenő mozgásfajtákat a következő csoportokba rendezhetők:

- forgácsolási műveletelem mozgáspályái;
- forgácsolási műveletelemeket összekötő mozgások;
- szerszámcsere;
- szerszám-, vagy munkadarab bemérése. [2]

A szerszámpályák meghatározása három szinten valósulhat meg. Legalacsonyabb szintűnek tekinthető az ISO szabvány szerinti, G kóddal való programozás. Ez azt jelenti, hogy a programot közvetlenül a gép nyelvén írjuk. Eggyel fejlettebb a párbeszédes programozás, amikor a szerszámgép vezérlőjén folyik a programírás a gépbe épített ciklusok segítségével. A párbeszédes programozás a G kódossal szemben nem programsorok írását takarja, hanem a vezérlés által feltett kérdésekre kell választ adni a kívánt paraméterek megadásával. A hagyományos programozással ellentétben jóval

gördülékenyebb, és jóval kisebb az elírás lehetősége, mivel előre definiált beviteli mezőket kell feltölteni adattal. Mindkét programozás esetén vannak eltérések a különböző szerszámgépgyártók által fejlesztett vezérlők között, így a programokban is. A harmadik, és egyben legfejletteb a típus a CAM szoftverrel, vagyis számítógépes program segítségével megtervezett megmunkálás. Az alkatrészről készült háromdimenziós modell alapján kerülnek megtervezésre a műveletelemek és a megmunkálási ciklusok, majd a gép nyelvére csak ezután fordítja le a posztprocesszor.

A forgácsolási paraméterek helyes megválasztása közvetlenül befolyásolja a gyártás költségét, hiszen a megmunkálás pályáján való végighaladás sebességét, vagyis idejét határozzák meg (előtoló sebesség, forgácsolási sebesség), továbbá a mozgáspályák hosszára is hatással van (fogásvétel). Nem elhanyagolható a szerszám kopására gyakorolt hatása sem a forgácsolási paraméter megválasztásának, nagyban meghatározza a szerszám felhasználhatóságának idejét (éltartam). Könnyen belátható, hogy a gyakoribb szerszámcsere a költségek növekedését eredményezi. A forgácsolási paraméterek meghatározására többféle módszer is létezik, kezdve az egyszerűbb ajánlásoktól, a fejlettebb kalkulátorokig. Előbbi esetén, mindössze csak a munkadarab és a szerszám anyagához kerül ajánlásra egy javasolt forgácsolási tartomány, de nem veszi figyelembe a munkadarab-készülék-gép-szerszám (MKGS) rendszer többi szereplőit. (3. ábra)

Anyagleválasztás forgácsolással: esztergálás

v_c forgácsolási sebességek $t \approx 15$ min (irányértékek)

	Fogás-mélység, a_p, mm	Elő-tolás, f, mm	Kemény-fém v_c, m/min	Kemény-fém be-vonattal v_c, m/min	Kerá-mia v_c, m/min	Gyors-acél v_c, m/min
Az anyag forgácsolási csoportja: 1	1	0,10	450			80
		0,16	420	470		60
		0,25	400	450		55
		0,40	380	420		45
	2	0,10	420			80
		0,16	390	440		60
		0,25	370	420		55
		0,40	350	390		45
	4	0,10	390			80
		0,16	370	410		60
		0,25	350	390		55
		0,40	330	370		45
		0,63	310	340		35
		1,00	290	320		25

3. ábra: Forgácsolási paraméter irányértékek ötvözetlen acélhoz [6]

A következő módszer már nem csupán az alkalmazott szerszám alapanyagát veszi figyelembe, hanem annak egyéb paramétereit is, mint például az élgeometriája, vagy

bevonata. A szerszám gyártója tesz ajánlást a forgácsolási paraméterekre az általa kiadott katalógusokban, a munkadarab anyagától és a megmunkálás típusától függően (4. ábra).

MARÁS Forgácsolási adatok

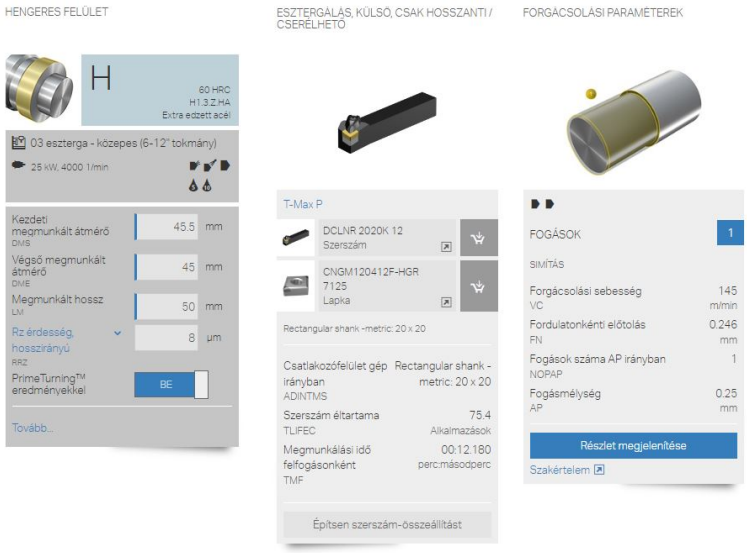
Marás nagy átfogással, metrikus értékek

ISO P MC kód	CMC kód.	Anyag	Fajlagos forgácsolóerő kc 1 N/mm²	Brinell keménység HB	mc	CT530	GC1010
						Max. forgácsvastagság, h_{ex}, mm	
						0.1 – 0.15 – 0.2	0.05 – 0.1 – 0.2
						Forgácsoló sebesség v_c, m/min	
		Acél					
		Ötvözetlen					
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0,1–0,25%	1500	125	0.25	430–390–350	-
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0,25–0,55%	1600	150	0.25	385–350–315	-
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0,55–0,80%	1700	170	0.25	365–330–300	-
P1.3.Z.AN	01.4		1800	210	0.25	315–290–260	-
P1.3.Z.HT	01.5		2000	300	0.25	235–210–195	-
		Gyengén ötvözött (ötvöző elemek ≤ 5%)					
P2.1.Z.AN	02.1	Nem edzett	1700	175	0.25	300–275–245	-
P2.5.Z.HT	02.2	Edzett és nemesített	1900	300	0.25	195–180–160	-
		Erősen ötvözött (ötvözőelemek > 5%)					
P3.0.Z.AN	03.11	Lágyított	1950	200	0.25	230–205–185	180-165-135
P3.1.Z.AN	03.13	Edzett szerszámacél	2150	200	0.25	190–170–155	150-135-110
P3.0.Z.HT	03.21		2900	300	0.25	165–150–135	130-120-100
P3.0.Z.HT	03.22		3100	380	0.25	105–95–85	80-75-60
		Öntvények					
P1.5.C.UT	06.1	Ötvözetlen	1400	150	0.25	305–280–250	245-220-180
P2.6.C.UT	06.2	Gyengén ötvözött (ötvöző elemek ≤ 5%)	1600	200	0.25	245–220–200	195-175-145
P3.0.C.UT	06.3	Erősen ötvözött (ötvözőelemek > 5%)	1950	200	0.25	180–160–145	140-130-105

4. ábra: Forgácsolási paraméter ajánlások a Sandvik Coromant szerszámgyártótól

Fejlettebb megoldás a forgácsolási paraméterek meghatározására az online kalkulátor, vagy a szerszámgyártók által kiadott szoftverek, mivel nagyobb körültekintéssel van az MKGS rendszer elemeire, mint a korábban bemutatott rendszerek. Figyelembe vesz néhány gépi paramétert, mint például a maximális fordulatszám, elérhető forgácsolási nyomaték, vagy a gépi teljesítmény. Köztes megoldásnak tekinthető, mivel a készüléket teljes mértékben figyelmen kívül hagyja, illetve a gép merevségét sem veszi számításba. Ilyen kalkulátor a Sandvik Coromant honlapján található CoroPlus ToolGuide, vagy említhetném a Walter GPS rendszerét is. (5. ábra)

Nagy előnye a katalógusokkal szemben, hogy bemenő adatként megadható a megmunkálás módja mellett, az eltávolítandó anyag mennyisége, illetve az elérni kívánt felületi minőség is. Eredményül konkrét szerszámot, forgácsolási paramétert és megmunkálási stratégiát javasol.



5. ábra: Szerszám és paraméterjavaslatok a Sandvik Coromant honlapján [5]

A legteljesebb módszernek azt tekintjük, amelyik az MKGS rendszer minden elemét figyelembe veszi. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a forgácsolási paraméterek meghatározása után, a próbaüzem során szerzett tapasztalatok alapján optimáljuk a technológiát. A próbagyártás megkezdése előtt, meg kell határozni a gazdasági célfüggvényt, ami a korábban ismertetett megközelítés szerint, általában a legkisebb költség-, vagy a legnagyobb termelékenység elérése lehet. Ám, az is előfordulhat, hogy egy kiemelt költség-, vagy időtényező minimalizálása a cél, vagy az egész folyamatot tekintve a nyereség maximalizálása. [2]

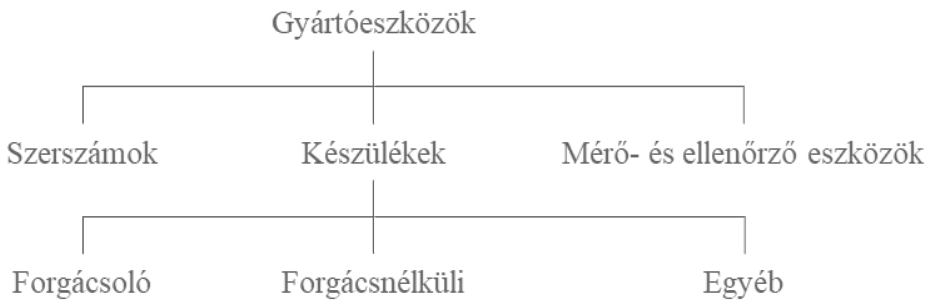
2.1.5 Posztprocesszálás

A posztprocesszálás, más szóval az illesztés a gyártástervezés legutolsó szintje. A tervezési eredményeket illesztjük a gyártórendszerhez, a vezérléshez és a konkrét gyártási eljáráshoz. Ezen a szinten kerül ellenőrzésre, majd véglegesítésre a teljes gyártási dokumentáció. A gyártási dokumentáció a műveleti sorrendtervet, a művelettervet, a műveleti utasítást, a szerszámbeállítási tervet, illetve a programot foglalja magába. [2]

2.2 A készüléktervezés folyamatának bemutatása

A készülékek, mint gyártóeszközök három csoportba sorolhatók a 6. ábra szerint:

- forgácsoló megmunkálás készülékei (pl.: fúrás, marás);
- forgács nélküli eljárások készülékei (pl.: kovácsolás, sajtolás);
- egyéb készülékek (pl.: szerelés, hegesztés, anyagtovábbítás). [7]



6. ábra: Készülékek helye a gyártóeszközök között [7]

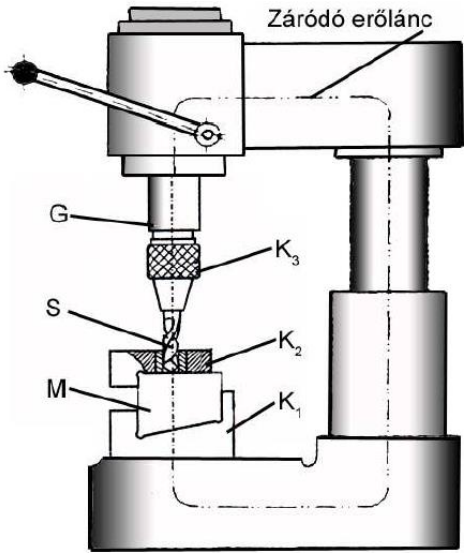
A következő fejezetekben kifejezetten a forgácsoló készülékek témakörét fejtem ki bővebben, mivel a szakdolgozat témáját adó feladat is egy forgácsolással előállított termék. További négy csoportra lehet osztani a befogó készülékeket, melyek a következők:

- **egyetemes készülékek:** egyszerű alakú és különböző méretű munkadarabokhoz (pl.: gépsatuk, tokmányok, síktárcsák… stb.);
- **egyedileg tervezett, vagy különleges készülékek:** adott alakú és méretű munkadarabokhoz (külön tervezik meg és gyártják le egyedileg);
- **csoportkészülékek:** közel azonos alakú és méretű munkadarabokhoz, termékcsaládokhoz (egyedileg tervezett készülékek, cserélhető elemekkel);
- **elemekből összeállított készülékek:** adott munkadarabhoz összeállított készülék (szabványos elemek felhasználásával).

2.2.1 A készülékek feladatai

„A forgácsoló készülékek használatának célja a gyártás egyszerűsítése, gazdaságosabbá tétele. Ezt a célt a készülékezés a gyártási idő csökkentésével, a gyártással kapcsolatos költségek csökkentésével és a megmunkálási pontosság növelésével éri el.” [7]

A készülék szerepe a gyártás közben, hogy az MKGS rendszer különböző elemeit fizikailag összekapcsolja szabatos helyzetmeghatározással és rögzítéssel. Az erő és energia szempontjából a készülékek zárják az elemek összekapcsolódását. (7. ábra) Feladata még biztosítani, hogy a megmunkálás helyzete mindig a gyártási tűrésmezőn belül legyen, továbbá, hogy a forgácsolás közben fellépő erőhatások miatt ne deformálódjon se a munkadarab, se maga a készülék. [7]



M: munkadarab
K1: munkadarab befogó készülék
K2: szerszámvezető készülék
K3: szerszámbefogó készülék
G: gép
S: szerszám

7. ábra jelmagyarázata

7. ábra: MKGS rendszer szemléltetése [8]

A készülék előnyei két csoportra oszthatóak [7] szerint:

- gazdasági előnyök;
  - mellékidők csökkentése a munkadarab beállításának-, rögzítésének-, mérésének egyszerűsítésével;
  - főidők csökkentése a merevebb megfogás miatt, a szerszámgép teljesítménye jobban kihasználható alacsonyabb gépamortizáció mellett;

- csökkenthető a selejtarány;
- a készülékhasználat egyszerűsége végett, kevésbé képzett szakemberek alkalmazása is lehetséges;

- műszaki előnyök;
  - a megmunkálás pontosságának növekedés;
  - és a szabatosság, független a szerszámgéptől és a dolgozótól;
- további előnyök;
  - csökkenthető a balesetveszély;
  - a nehéz fizikai megterhelés kiváltható a készülékhasználattal. [9]

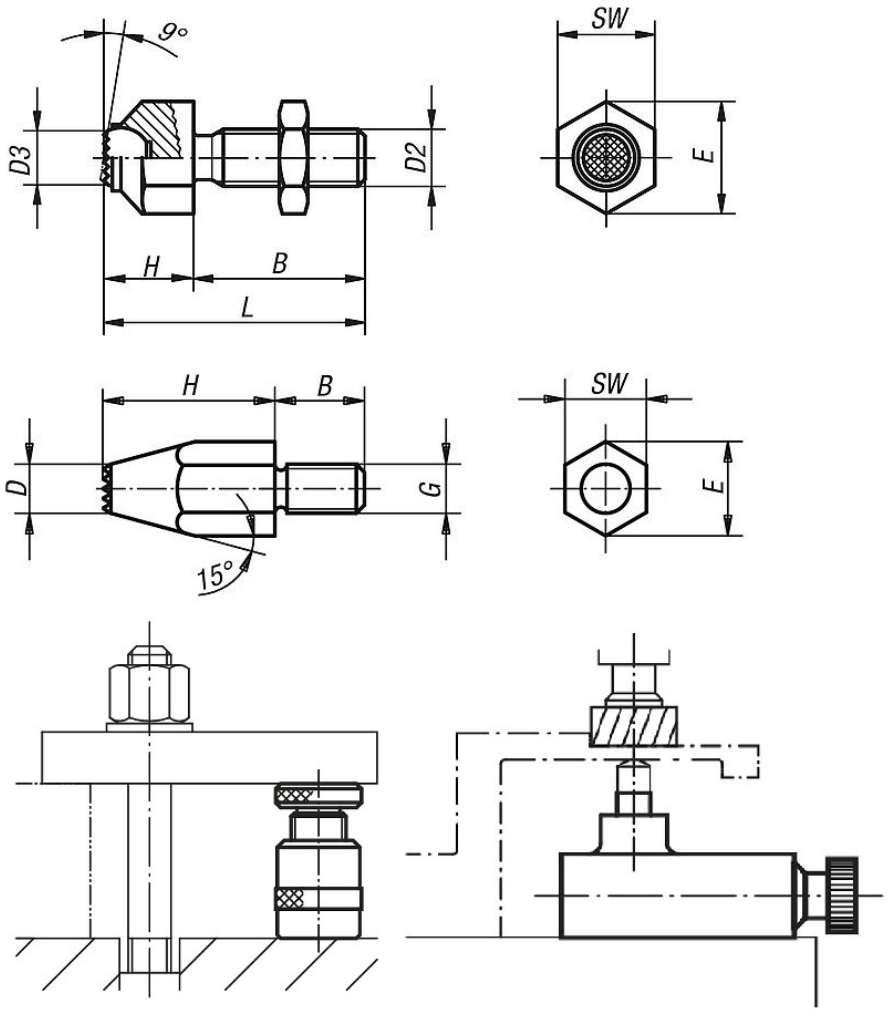
2.2.2 A készülékek elemei

A forgácsoló készülékek leggyakrabban használt építőelemei a következőképpen csoportosíthatók:

- **támaszok:** a forgácsoláskor fellépő erők ellen támasztják meg a munkadarabot, a helyzetmeghatározásban nem vesz részt;
- **ülékek:** az ütköztető elemek szerepét töltik be, fő feladatuk a munkadarab helyzetének meghatározása;
- **szorító elemek:** feladatuk a munkadarab helyzetének rögzítése a megmunkálás során azáltal, hogy az ülékeken való felfekvést leszorítóerővel biztosítják;
- **készüléktest:** az előzőekben felsorolt építőelemek hordozó eleme, a mechanikai összekapcsolásuk a feladata, illetve a készülék helyzetét határozza meg a szerszámgépen. [7]

Támaszok

A támaszok azon kívül, hogy a forgácsoló erők ellen támasztják meg a munkadarabot, a szorítóerőkkel szemben is növelik a munkadarab merevségét. Több kialakításban elérhetőek a kereskedelmi forgalomban. (8. ábra)



8. ábra: Példák támaszokra a Norelem kínálatából [10]

Kialakításuk szerint lehetnek merevek, állíthatóak, illetve önbeállóak. Előbbiek nem mozgathatóak a munkadarab csere alkalmával, míg az állítható kivitelűek érintőleges rögzítést igényelnek, miután a munkadarab megfelelő pozícióba kerül. Az önbeálló támaszok hasonló módon működnek, mint az állítható támaszok azzal a különbséggel, hogy a munkadarab helyzetmeghatározását követően azok automatikus módon veszik fel a munkadarabhoz viszonyított helyzetüket, adott esetben önmaguk rögzítését is. Ez az önbeállás és rögzítés történhet mechanikus, hidraulikus, vagy pneumatikus működtetéssel. Mind a beálló, mind az önbeálló támaszokat üzemeltetni kell, ennek elmulasztása működési hibához vezethet. [7]

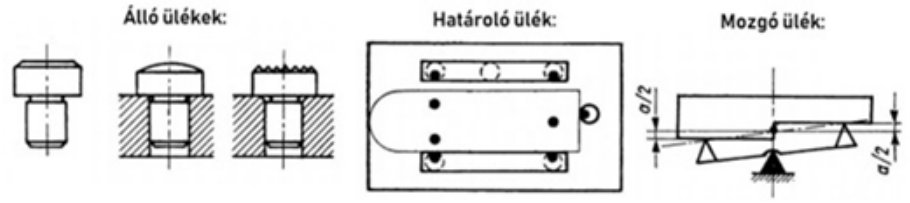
Ülékek

Az ülékek is több formában megjelenő építőelemek, amelyek a következő csoportokba oszthatóak:

- **egyszerű:** a munkadarab egy adott, valóságos pontján határozza meg a helyzetet;
- **központosító:** a munkadarab egy fiktív vonalát vagy pontját határozza meg, tehát a középvonalát, vagy középpontját;
- **tájoló:** a munkadarab egy adott elemének az irányát határozza meg.

Mindhárom ülék a 9. ábra szerint, további három csoportba osztható:

- álló;
- határoló;
- mozgó. [7]



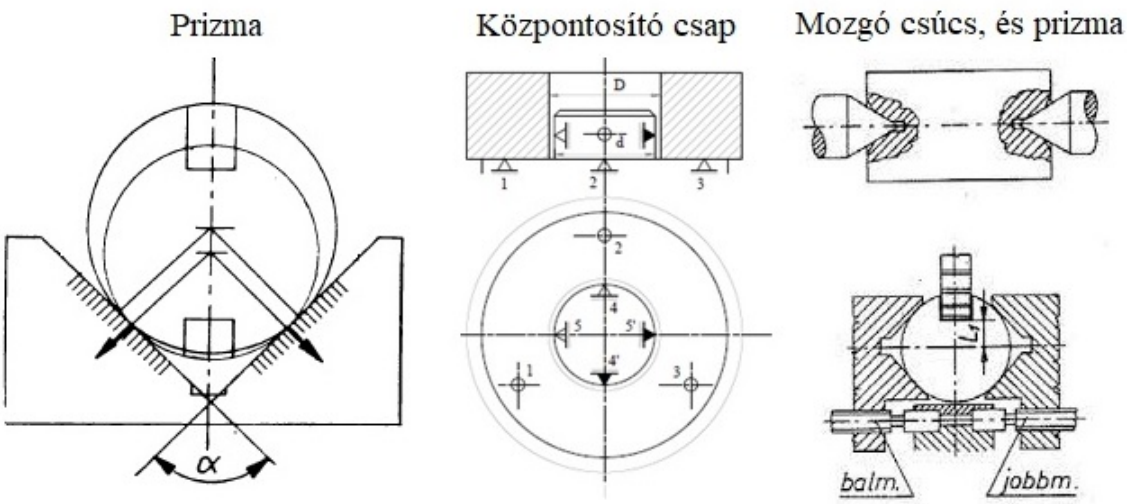
9. ábra. Egyszerű ülékek csoportosítása kialakításuk szerint [7]

A leggyakrabban használt ülék az **egyszerű ülékek** közül az álló kivitelű ülékek, melyek megjelenésük szerint, rendelkezhetnek sima-, domború-, vagy rovátkolt fejkialakítással (9. ábra). Szabványosított alakjuk a következő felhasználásokhoz igazodnak. A sima csapos kivitel, rendszerint alakhű alapfelületű munkadarabok esetén alkalmazható, míg a domború csapos kivitel a nyers (öntött, kovácsolt) felületek helyzetmeghatározására. A rovátkolt csapos kivitel akkor alkalmazandó, ha a munkadarab nagy megmunkálási erőknek van kitéve. A benyomódásnak köszönhetően, nagy súrlódás lép fel, ezáltal nagy erővel rögzíthető a munkadarab, ám fontos megjegyezni, hogy ezek nyomot hagynak a munkadarab felületén, ezért a gyártástechnológia tervezésekor ezt is figyelembe kell venni. [7]

Az egyszerű ülékek közül még gyakori választás lehet a mozgó, úgymond himbás kivitelű (9. ábra). A munkadarab rögzítése előtt vezérelt elmozdulásra képesek, és olyan esetben célszerű választani, amikor a munkadarabot a helyzetmeghatározási

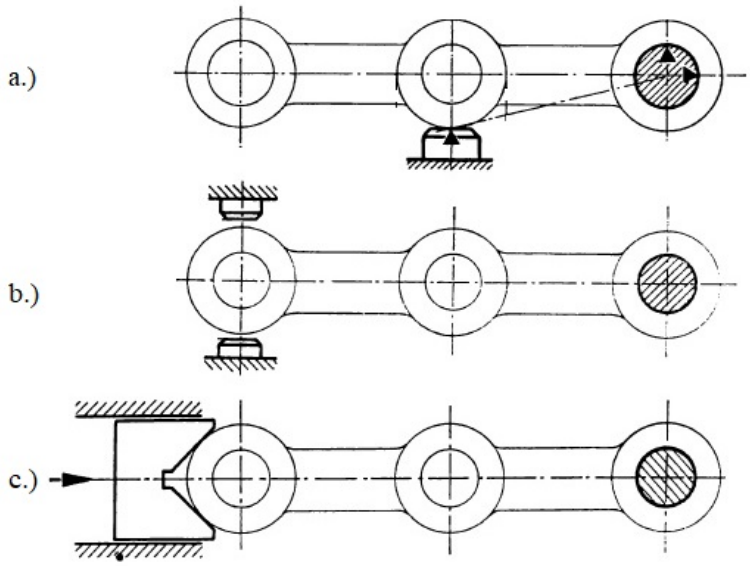
szempontoktól eltérően, több ponton célszerű megtámasztani, például egy síkhiba elosztása esetén. (9. ábra) [7]

A következő gyakran előforduló ülékek a **központosító ülékek**, és legjellegzetesebb megjelenése az úgynevezett prizma, illetve a központosító csap. Előbbit az álló kivitelűek közé soroljuk, míg utóbbit a határolónak tekintjük. A mozgó ülékek csoportjába tartozók megjelenése az imént ismertetett alap alakzatok (prizma, kúp, csap… stb.) felhasználásával készített összeállítások, amelyeket mechanikus, hidraulikus vagy pneumatikus úton mozgatunk, hasonlóan a támaszokhoz, de ebben az esetben a munkadarab helyzetmeghatározása a fő feladat (10. ábra). [7]



10. ábra. Központosító ülékek csoportosítása kialakításuk szerint [7]

A **tájoló ülékek** feladata a munkadarab helyzetmeghatározásakor a tájolás, vagyis egy adott irány kitűzése. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a munkadarab a készülékben elfordulhat egy meghatározott pont körül (például egy központosító csap körül), és meghatározásra kerül egy másik pont, amely az elfordulást meggátolja. Az álló kivitel esetében egy darab ülék látja el a feladatot, az ütköztetés biztosítását elfordulás ellen (11/a. ábra), míg a határolás esetén már két ülék szükséges, amelyek egy meghatározott határon belül tartják az elfordulást (11/b. ábra). A mozgó ülék a munkadarab irányának meghatározására vezérelt elmozdulást végez, amelynek iránya általában közös tengelyt képez, vagy merőleges a kijelölt tájolási iránnyal (11/c. ábra). [9]



11. ábra. Tájoló ülékek csoportosítása kialakításuk szerint [9]

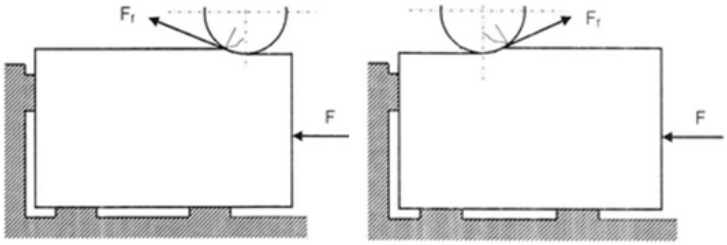
Szorító elemek

A szorító elemek feladata a munkadarabot az ülékekre szorítani, és mereven rögzíteni a forgácsolás közben fellépő erők ellenében. A forgácsoló megmunkálás közben fellépő erők közül hármat különböztetünk meg:

- szorító erők;
- forgácsolóerők;
- egyéb (pl.: tömegerők). [7]

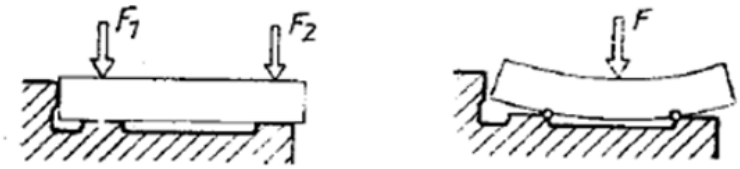
Rögzítésnél az alábbi szempontoknak kell megfelelnie a szorító elemnek:

- a forgácsolás közben ébredő erők nem mozdíthatják ki a rögzített pozícióból a munkadarabot;



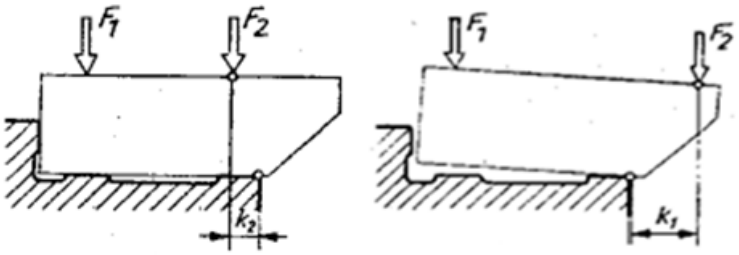
12. ábra. Bal: helyes megoldás Jobb: helytelen megoldás [11]

- csak akkora mértékű rugalmas deformációt okozhat az előgyártmányban, ami még nem veszélyezteti a gyártás pontosságát;



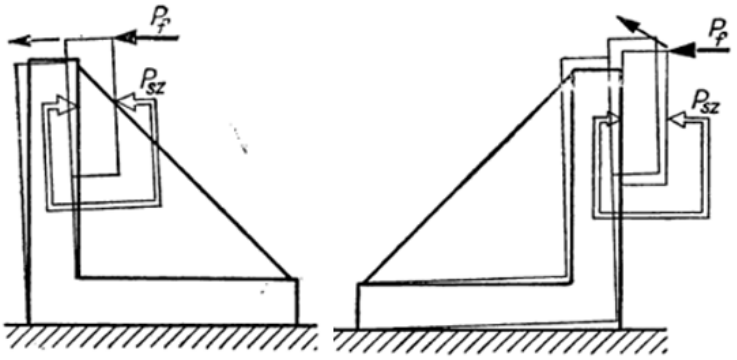
13. ábra. Bal: helyes megoldás Jobb: helytelen megoldás [11]

- a legkisebb hajlítókarok elvének is meg kell felelnie, hogy a legkisebb hajlítónyomaték ébredjen a leszorításkor;



14. ábra. Bal: helyes megoldás Jobb: helytelen megoldás [11]

- kerülendő a kitérő torzulás, ami a forgácsoló erő hatására lép fel, és megnövekedett, változó forgácsvastagságot eredményez;

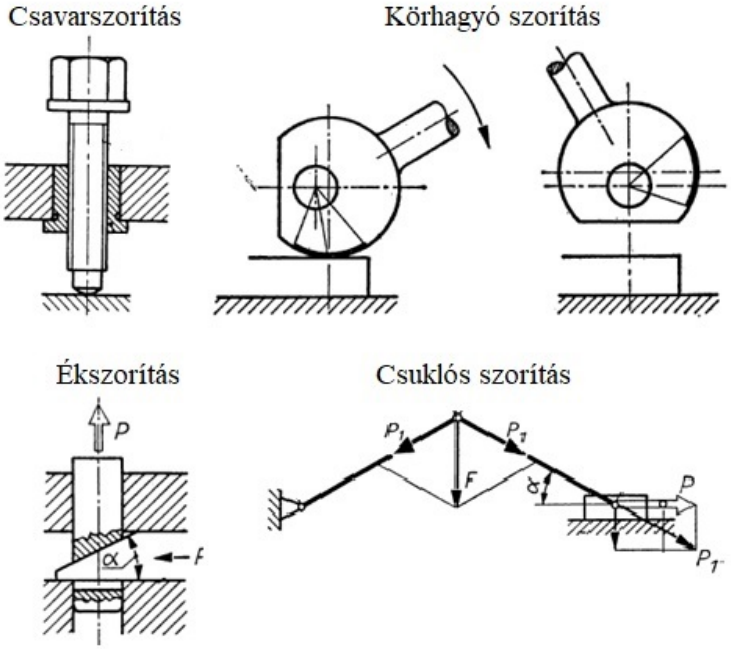


15. ábra. Bal: helyes megoldás Jobb: helytelen megoldás [11]

- nem okozhat roncsolódást az alkatrész funkcionális felületein a túlzott szorítóerő;
- nem erősítheti fel a rezgéseket;
- nem veszélyeztetheti a testi épséget. [12]

A szorítások típusa lehet **kézi** vagy **gépi**, illetve **közvetlen** vagy **közvetett**. A kézi szorítás nagy előnye, hogy nem szükséges külső energiaforrás a szorítóerő létrehozásához, és viszonylag nagy szorítóerőt lehet elérni vele, viszont nem automatizálható, így a mellékidők nagyobbak a gépi szorítással összehasonlítva. A 16. ábra szemlélteti a legtipikusabb kézi szorítási elemeket. A gépi szorítás további előnye, hogy nagyobb leszorítóerő hozható létre általa, így növelhető a forgácsoló erő, tehát a forgácsolási teljesítmény. Legelterjedtebb megoldásai a hidraulikus, a mágneses és a pneumatikus. [9]

A közvetlen szorításnak azt tekintjük, amikor a szorítást létrehozó elem szorítja közvetlenül a munkadarabot (csavarszorítás, körhagyó szorítás, szorítóvassal való szorítás… stb.). Közvetlen szorítás esetén a létrehozott szorító erő mértékét, vagy irányát módosító elem közvetíti a munkadarabra (16. ábra). [9]



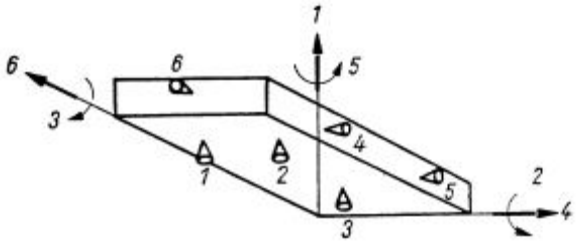
16. ábra. Példa kézi szorító típusokra [9]

Készüléktest

A felfogókészülék legnagyobb eleme, az összes többi, az előzőekben felsorolt építőelem hordozója. A megmunkálás közben fellépő erőket közvetlenül adja át a szerszámgépnek, hiszen a készüléktest van rögzítve a tárgyasztalra, vagy palettára. Kellő merevséget kell biztosítson, az erők hatására nem mozdulhat el, vagy deformálódhat. Készülhet forgácsoló eljárással tömbből, vagy több elem összeszerelésével, illetve öntéssel, továbbá hegesztett acélszerkezetből is kialakítható. Kereskedelmi forgalomban kaphatóak előre legyártott elemek is. [9]

2.2.3 A munkadarab elhelyezése

A munkadarab elmozdulásának megakadályozására kötöttségeket kell bevezetni a rendszerbe, meg kell fosztani a tárgyat elmozdulási lehetőségeitől. Egy térbeli derékszögű koordináta-rendszerben szemlélve a tárgyat megállapítható, hogy hat szabadságfoka van. Három vonalmenti a koordináta-tengelyek mentén, és három további forgó elmozdulási lehetőség a tengelyek körül (17. ábra). [7]



17. ábra. Szabadsági fokok [7]

A szabadsági fokok elvételére a hatpont-szabályt alkalmazzuk:

- első lépésként „kifeszítjük” a munkadarab felfekvésének síkját három ponttal (1. pont, 2. pont, 3. pont), így az már a függőleges tengelyen nem képes elmozdulni, illetve a 2-es és 6-os irányok körül nem tud elfordulni;
- második lépésként lekötjük az 1-es irány szerinti elfordulását, illetve a 4-es szerinti vonalszerű elmozdulását azáltal, hogy irányt adunk a munkadarabnak két pont segítségével (4. pont, 5. pont);
- harmadik lépésként a 6-os irány szerinti vonalszerű elmozdulását kell lekötni a munkadarabnak (6. pont);
- végül, a megmaradt, ellentétes előjelű vonalszerű mozgásokat a munkadarab leszorításával kötjük le (17. ábra).

A hatpont-szabályból következik, hogy elvileg a hatnál több ponton való ütköztetés hibás, túlhatározást okoz. Ugyanakkor a gyakorlatban bőven akad rá példa, hogy hatnál több, de akár hatnál kevesebb ponton való ütköztetéssel valósul meg a helyzetmeghatározás. Előbbi esetben szükségszerű, hogy a munkadarab előmunkált

legyen, és az ütköztetett felületek alakhűek legyenek, hogy a többlet pontokon is létrejöjjön a felfekvés. [7]

Ezen elméleti elvárások mentén alakítható ki a helyzetmeghatározása a munkadarabnak. A fejezetben ismertetett építőelemek alapos kiválasztása után, azokat úgy elhelyezve, hogy a munkadarab bázisfelületei rajtuk legyenek ütköztetve.

3. Tervezési folyamat bemutatása

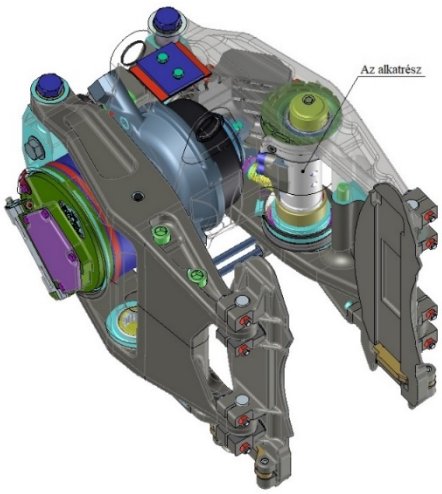
3.1 A munkadarab bemutatása

A munkadarab kiinduló állapota Ø60-as DIN EN10083 42CrMo4V+QT (1.7225) anyagminőségű, melegen hengerelt, nemesített rúdanyag, 255-ös hosszra darabolva. Mechanikai tulajdonságait tekintve a folyáshatára (R_e) 600MPa, szakítószilárdsága (R_m) 900-1100MPa, míg nyúlási értéke (A) 11%. Kémia összetételét az 1. táblázat foglalja össze. [13]

1. táblázat: A DIN EN10083 42CrMo4 kémiai összetétele [13]

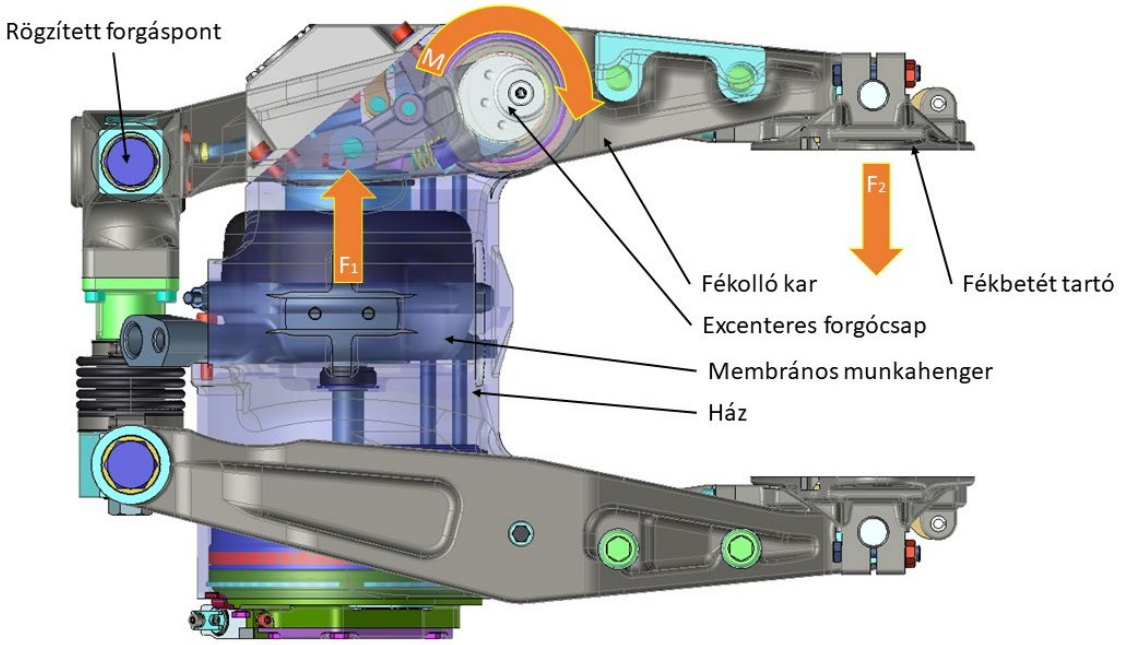
	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %
Min	0.38	-	0.60	-	-	0.90	0.15
Max	0.45	0.40	0.90	0.025	0.035	1.20	0.30

Nagy szívóssággal rendelkező acél, leginkább gépipari és autóipari felhasználása terjedt el. Készülhetnek belőle tengelyek, fogaskerekek, de akár formaszerszámok is. Közepesen jól forgácsolható, emellett edzhető és nemesíthető, de a hegesztése kerülendő. Forgácsolása jellemzően tömör keményfém, vagy váltólapkás szerszámokat kíván meg, elárasztásos hűtés mellett. A munkadarab beépülése a 18. ábrán látható.



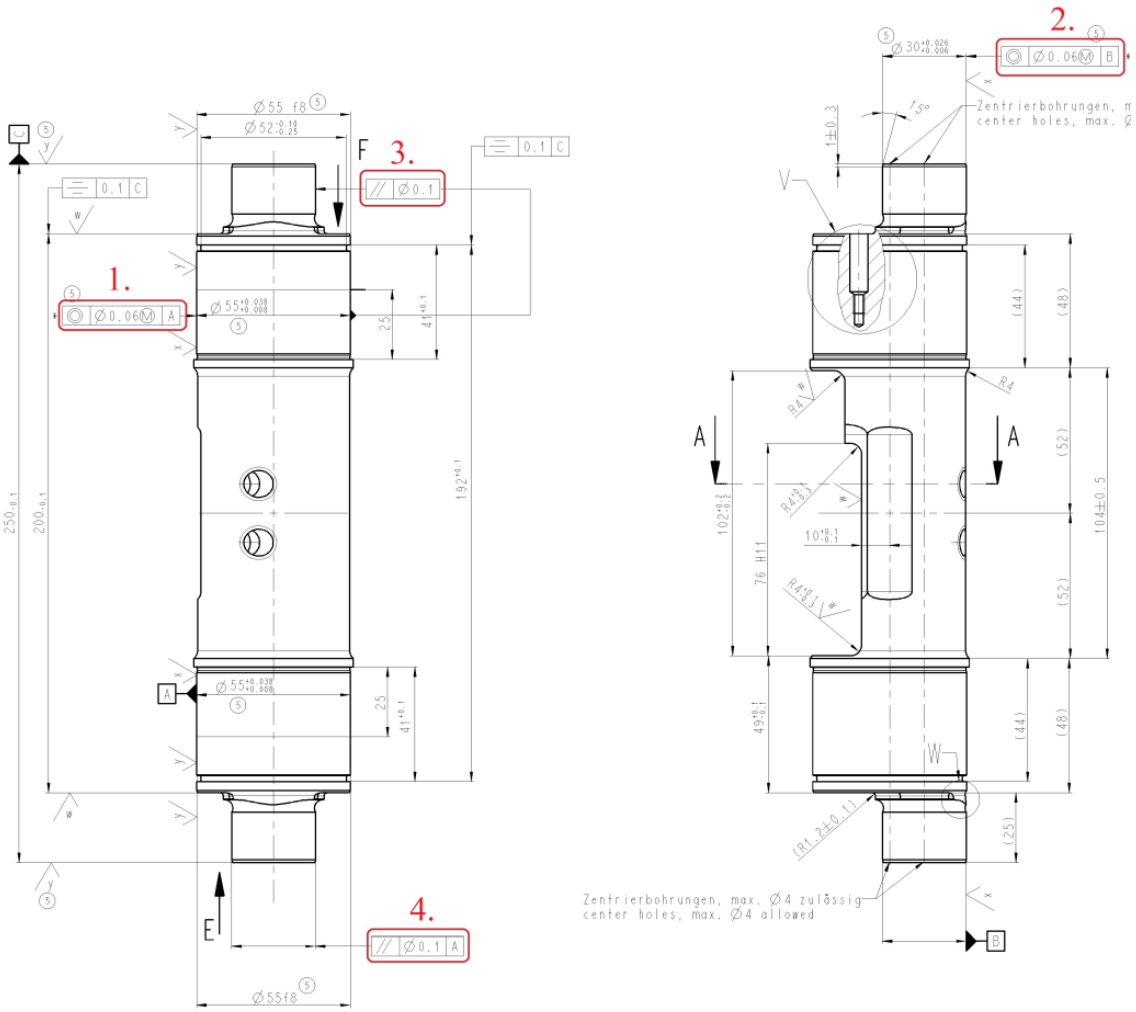
18. ábra Excentrikus csap beépítési környezete [saját készítés]

Az alkatrész anyagválasztása azért eshetett erre a szívós, nagy szakítószilárdságú 42CrMo4+QT -re, mert az erőátvitel központi eleme, és hogy képes legyen ellenállni annak az összetett igénybevételnek, aminek az üzemszerű használat során ki van téve. Ez a típusú fékegység egy aktív fék, tehát a féklevegő (F_1) hozza létre a dugattyú előre elmozdulását, melynek hatására az excenteres tengelyhez csavarkötéssel rögzített emelő elforgatja (M) a tengelyt. Ennek következtében a fékolló karok is egymás felé fordulnak el az azokat befogó, rögzített pont körül. A fékbetét tartók a (fékbetétekkel együtt) a kerékre felszerelt tárcsákhoz nyomódnak (F_2). (19. ábra)



19. ábra Excentrikus csap szerepe a fékegységben [saját készítés]

A készülékkel szemben támasztott követelmények, hogy a darab szívóssága miatt fellépő nagy forgácsolási erők ne tudják azt kimozdítani, illetve a szorítás ne vigyen be számottevő rugalmas alakváltozást, hogy a rajzi tűrésmezők által meghatározott méretek tarthatóak legyenek. Előbbi kritérium alapanyag-, és nyersgeometria kérdése, és ebben az esetben optimális a kiinduló állapot. A darab anyagminősége képes elviselni nagy leszorító erőket, anélkül, hogy képlékenyen alakulna (roncsolódna), továbbá a rúdanyag prizmatikus rúdnak tekinthető (tengelyvonala egyenes, keresztmetszete állandó), ezért a készülék kialakítása szempontjából ideális. Azonban kihívást jelenthetnek a 22. ábrán jelölt helyzettűrések, így a technológiai tervezésnél kiemelten kell kezelni őket.



20. ábra A megfogás szempontjából kritikusnak tekinthető tűrések [saját készítés]

A 0,06-os egytengelyűség tűréseket (1, 2) a szűk tűréstartományhoz tartozó nagy hatáshossz miatt, felületpáronként csak egy befogásban lehetséges megmunkálni. Tehát az ’A’ bázist adó ø55+0,038/+0,008, és a hozzá egytengelyűséggel tűrt párját (1), illetve a ’B’ bázist adó ø30+0,026/+0,006, és hozzá szintén egytengelyűséggel tűrt párját (2) egy műveletben szükséges kialakítani. Optimális esetben mind a négy felületelem egy befogásban készül. Az ilyen felületpárokon fellépő egytengelyűségi hibát, tipikusan befogásra visszavezethető problémák okoznak, ritkább esetben a szerszámgép visszaállási pontatlansága. Jelen esetben a készülékből fakadó hibák kizárása a cél, így a tervezés során mindent el kell követni, hogy az ülékek és leszorítók úgy kerüljenek kialakításra, hogy azok a leszorítás során a legkisebb rugalmas alakváltozásra kényszerítsék a munkadarabot. A forgácsolás előtt bevitt rugalmas alakváltozás a

fellazítás után okoz problémát, miután a darabra ható leszorító erők megszűntek. A munkadarab igyekszik visszanyerni az eredeti alakját, ezáltal a forgácsolt méretek hibásak lesznek, mivel azok a darab „torzult” állapotába lettek kialakítva.

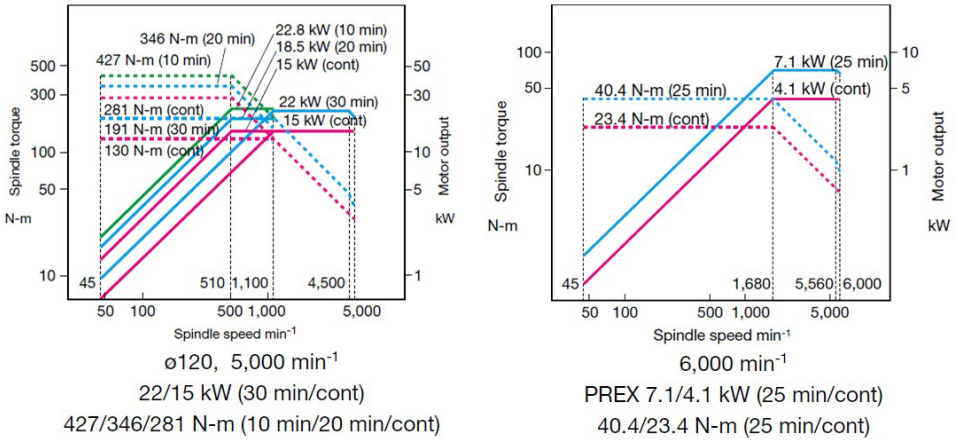
A másik kiemelten kezelendő helyzettűrések a 0,1-es párhuzamosság tűrések (3, 4). Gyárthatósági szempontból nem tekintendő kritikusnak, de a felfekvési bázisok meghatározásánál figyelembe kell venni ezt a rajzi kritériumot, hogy ne lépjen fel átfogási hiba, amennyiben az említett két felületelem páros (1-2) nem egy befogásban készül.

3.2 A szerszámgépek bemutatása

A megmunkálások két szerszámgépre lettek tervezve új technológia szerint, melyek főbb paramétereit ismertetem. Első műveletben egy Okuma LB3000 EXII (MY) típusú CNC-esztergagépre kerül fel a munkadarab, majd második, és egyben befejező műveletben egy Okuma MA-600HII CNC-megmunkálóközpontra (21. ábra).

21. ábra Az alkalmazott szerszámgépek [14] [15]

Az LB3000 EXII esztergaközpontot tekintve, egy NC szegnyerges kivitel lett választva, amely rendelkezik hajtott szerszámmal, illetve „Y” tengellyel is. A 22. ábránál a fő- és maróorsó nyomatékdiagramja látható, a főbb paramétereit pedig a 2. sz. táblázatban összesítettem.

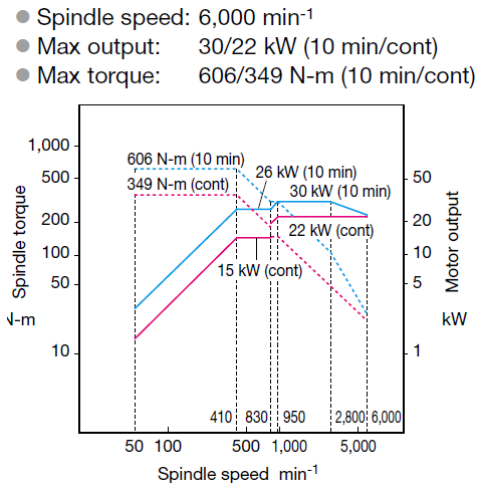


22. ábra LB3000 EXII teljesítmény- és nyomatékdiagramja [14]

2. táblázat: LB3000 EXII eszterga főbb paraméterei [14]

Max. elforduló átmérő (ágy felett/revolverfejnél) [mm]	580/470
Csúcstávolság [mm]	970
Max. munkadarabhossz [mm]	950
X löket [mm]	260
Y löket [mm]	1010
Z löket [mm]	120
Szegnyereg löket [mm]	1015
C tengely osztás [fok]	0,001
Fordulatszám tartomány (Főorsó) [1/perc]	45-5000
Szerszámhelyek	12
Fordulatszám tartomány (Maróorsó) [1/perc]	45-6000
Gyorsjárat X tengelyen [m/perc]	25
Gyorsjárat Y tengelyen [m/perc]	12,5
Gyorsjárat Z tengelyen [m/perc]	30
Gyorsjárat C tengelyen [1/perc]	200
Gyorsjárat szegnyereg [m/perc]	12
Teljesítmény (30perc/folyamatos) [kW]	22/15
Géptömeg [kg]	6600
Vezérlő típus	OSP-P300LA

Az MA-600HII megmunkálóközpont egy vízszintes kivitelű, négytengelyes szerszámgép. Rendelkezik palettacserélővel, és BT50-es alaptartóval szerelt szerszámok fogadására alkalmas. A 23. ábrán látatható a nyomatékdiagramja, továbbá a főbb paraméterei olvashatóak a 3. sz. táblázatnál.



23. ábra MA-600HII teljesítmény- és nyomatékdiagramja [15]

3. táblázat: MA600-HII megmunkálóközpont főbb paraméterei [15]

X löket [mm]	1050
Y löket [mm]	900
Z löket [mm]	1000
Y tartomány a paletta síkjától [mm]	50-950
Z tartomány a paletta forgástengelyétől [mm]	10-1070
Paletta méret [mm]	630X630
Paletta max. terhelhetőség [kg]	1200
Paletta indexálás [fok]	0,001
Max. munkadarab méret [mm]	Ø1050X1200
Fordulatszám tartomány [1/perc]	50-6000
Gyorsjárat X, Y, Z tengelyen [m/perc]	60
Max. munkamenet X, Y, Z tengelyen [mm/perc]	60000
Teljesítmény (10perc/folyamatos) [kW]	30/22
Szerszámhelyek	225
Max. szerszámátmérő (szomszédos szerszámmal/anélkül) [mm]	140/240
Max. szerszámhossz [mm]	450
Max. szerszámtömeg [kg]	25
Géptömeg [kg]	6600
Vezérlő típus	OSP-P300LA

3.3 Jelenlegi technológia bemutatása

A bevezető fejezetben említésre került, hogy az alkatrész különböző variánsainak gyártása a 2000-es évek elején kezdődött, a termékportfólióban megjelenő, első kompakt fékegységekkel egy időben. Jelen termék 2008-ban lett bevezetve, és a felfutási időszakot követően évi 15-20 ezer darabos megrendelésigénnyel bír az európai piacon. Szükségessé vált újabb gyáregységek bevonása a megnövekedett igények kielégítésére. A magyarországi leányvállalat a technológia frissítése mellett döntött, hogy növelje a gyártás hatékonyságát, mivel a kiinduló technológia összesített megmunkálási ideje 55 perc. Ebben a fejezetben bemutatom az ázsiai partnertől származó gyártástechnológiát.

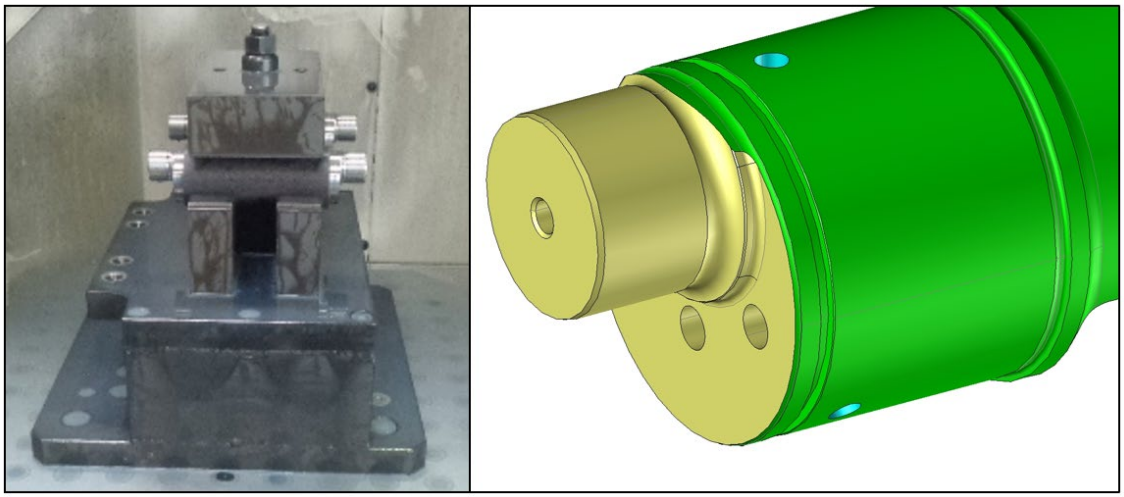
A leválasztási sorrend szemléletesebb megjelenítése érdekében, a következő fejezetekben színekkel hivatkozom az aktuális felfogásban lemunkálandó felületelemekre. A szakdolgozat célkitűzése szerint, csak olyan mélységig térek ki az egyes felületelemekre, hogy az a munkadarab megfogásainak értelmezését segítse. Részletesebb információk a munkadarabról a műhelyrajzon, és annak kiegészítő rajzán találhatóak (1. és 2. sz. melléklet).

I. felfogás

Az első műveletben a nyers rúdanyagok kerülnek befogásra a 23. ábrának megfelelően egy CNC-megmunkálóközponton. A munkadarabok behelyezése előtt fel kell helyezni a két hosszirányú tájolót (1), amelyekhez a darabok véglapjai ütköznek a prizmába helyezés után (2). A felső leszorító (3) a darabokat bekényszeríti az alsó prizmákba (2) a meghúzási erő hatására. A felső csavar meghúzása 140Nm-rel történik, ezután a tájolókat (1) el kell távolítani, mert útban vannak a megmunkálás során.

23. ábra Az első művelet felfogó készüléke [saját készítés]

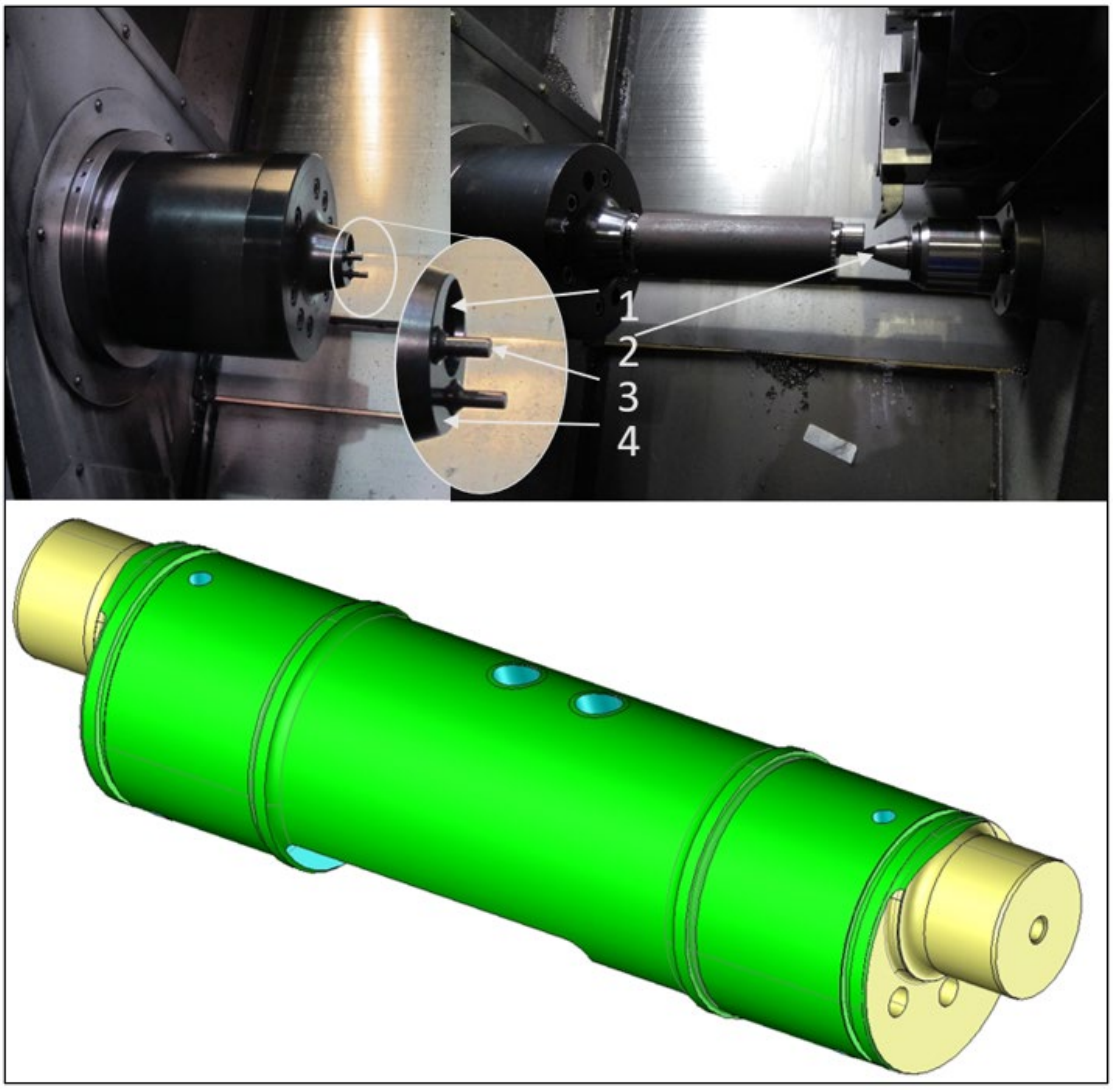
A következő ábrán sárgával vannak kiemelve a művelet során megmunkált felületek (24. ábra). Azonban fontos megjegyezni, hogy az excentercsapok a műhelyrajztól (1. sz. melléklet) eltérően nem Ø30+0,026/+0,006-re, hanem köszörülési ráhagyással Ø30,4-re lettek megmunkálva, illetve a rajzon engedélyezett központfuratok és a homlokfelületen található M4-es menetek is kialakításra kerültek további megmunkálás céljából. A 2. sz. mellékleten látható zsírzófuratok közül mindössze a tengelyirányú furatpár kerül megmunkálásra.



24. ábra Az első művelet anyagleválasztási eredménye [saját készítés]

II. felfogás

A második művelet CNC-esztergagépen történik, és az előzőekben megmunkált felületeken kerül megfogásra a munkadarab a 25. ábra szerint. Az excentrikus csapot egyfelől egy központból 12,4-rel eltolt szorító patronban fogja (1), míg a másik irányból egy forgócsúcs (2) támasztja 20bar nyomással. Központosító csap (3) biztosítja a munkadarab orientációját, illetve megakadályozza annak tengelyirányú elfordulását a forgácsolási erők, és nyomatékok hatására (a nem számozott, alsó tájoló a termékcsalád egy másik tagját hivatott meneszteni). A hosszirányú ütköztetése a felfogó készülék homlokfelületén történik (4) a forgócsúcs (2) által kifejtett szorítóerő hatására.

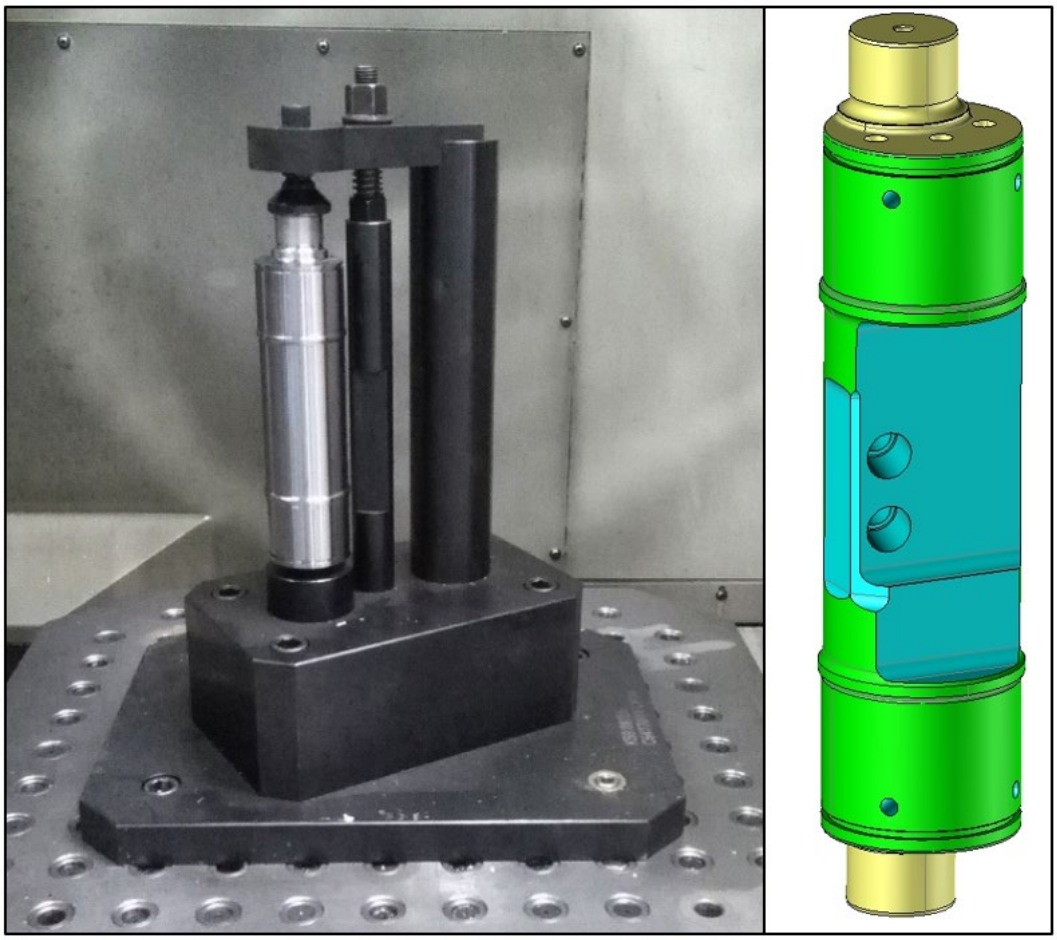


25. ábra A második művelet megfogása [saját készítés]

A megmunkálás során kialakításra kerülnek a 25. ábrán zölddel színezett felületek, tehát a megmaradt forgásfelületek, illetve az Ø5-ös zsírzófuratok a palástfelületen (2. sz. melléklet). Az előző művelethez hasonlóan a funkcionális átmérők ebben az esetben is ráhagyással készül, tehát az ø55+0,038/+0,008-es palástfelületek ø55,4-re.

III. felfogás

A harmadik műveletben újra egy CNC-megmunkálóközpontra kerül a darab, és a nem forgásszimmetrikus részek, illetve a palástfelületen látható Ø5-ös zsírzófuratok kerülnek megmunkálásra, melyek kék színnel jelennek meg a 26. ábrán. Az előző művelethez hasonlóan, az excentrikus csap, illetve az Ø6,5-es furat van használva bázisként (alul). Előbbi a furatos fészekbe ül bele, ami határolóként helyezi a munkadarabot, utóbbi pedig az orientációját állítja be. A leszorítóerőt ez esetben egy 100Nm-re lehúzott, eltolható szorítóvas biztosítja (fent). (26. ábra)



26. ábra A harmadik művelet megfogása [saját készítés]

IV. felfogás

A negyedik műveletben két palástköszörülés történik a korábbi felfogásokban ráhagyással készített Ø30+0,026/+0,006 és ø55+0,038/+0,008 felületeken, hogy biztosított legyen a korábban említett 0,06-os egytengelyűség tűrések tartása. A megfogás két csúcs között történik, az első műveletben elkészített, négy darab központfurat segítségével.

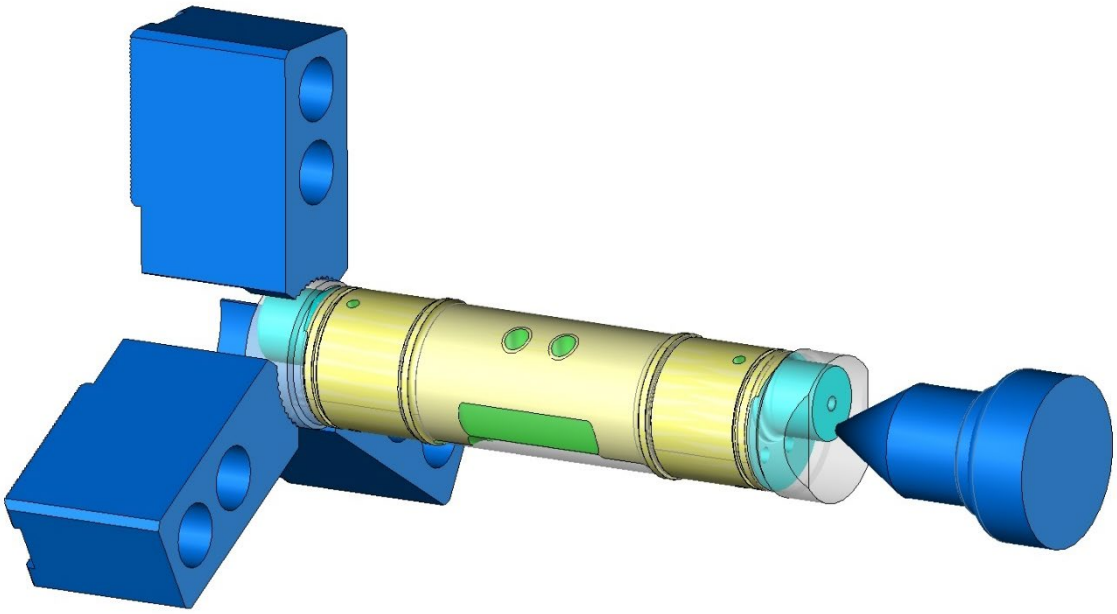
3.4 Provizórikus készülék bemutatása

Az új technológia kidolgozása előtt, meghatározásra kerültek azok a pontok, amelyek módosítása szükségszerű a gyártástechnológia fejlesztéséhez. Két fő területen mutatkoztak nagy tartalékok a megmunkálásban, ezért a fókuszt azokra helyeztem a tervezés során. Az egyik az átfogások nagy száma, a másik az egyes megfogások csekély merevsége. Előbbi a műveleti sorrendtervezés szintjéig visszanyúló tevékenység, utóbbi a művelettervezés témakörébe tartozik. A következő optimalizálási célok kerültek kitűzésre:

- két szerszámgépre redukálni a műveletek számát;
  - csak esztergaközpont és megmunkálóközpont használata;
- az első és harmadik művelet összevonása;
  - nagy bázist adó forgásfelületek kialakítása az első műveletben (esztergálás);
  - az excenter csapok forgácsolása, és a középrész marása egy műveletben (marás);
- a köszörülési műveletek elhagyása;
  - leszorítások újra tervezése a bevitt rugalmas alakváltozások kiküszöbölésére;
  - maradó feszültségek kordában tartása jól átgondolt kéregbontási sorrenddel;
- stabilabb, merevebb megfogások alkalmazása;
  - keménypofás szorítás alkalmazása patron helyett (esztergálás);
  - a nyersdarab szimmetriatengelyével egybeeső szorítás az excenter csapok helyett, ezáltal javítva a kiegyensúlyozottságot (esztergálás);
  - nagy kiterjedésű palástfelületeken való szorítás, a kis véglapok helyett (marás).

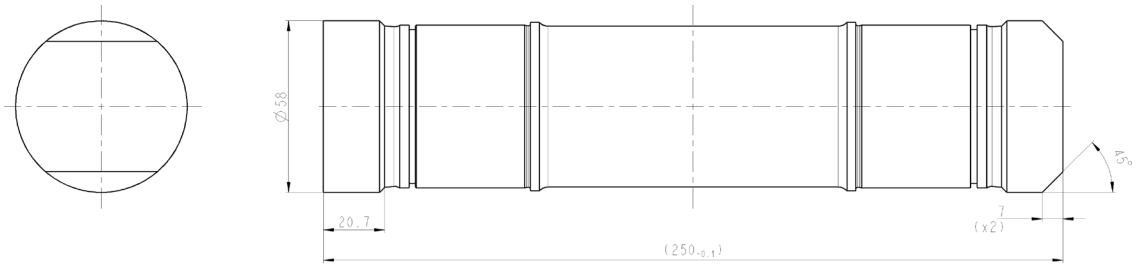
Az eredményes projekthez a felsorolt részfeladatok mindegyikének sikeresnek kellett lennie. Figyelembe véve a munkadarabbal szemben támasztott magas minőségi elvárásokat, gazdasági megfontolásból ezt a készüléket tesztmegoldásnak szántam. Ezért a kialakítása egyszerű (a gyáregységen belül legyártott alkatrészekből állt), továbbá a funkcionális felületei a megmunkálógépen kerültek felszabályozásra. Amennyiben a megfogási elv helyesnek bizonyul, akkor a végleges készülék ennek a mintájára kerül legyártásra, probléma esetén pedig a megszerzett tapasztalatok alapján lehet dönteni a folytatásról, vagy a projekt elvetéséről.

Első felfogásban CNC-esztergaközponton készülnek a sárgával színezett felületelemek. Hárompofás tokmányra szerelt keménypofás megfogással valósul meg a szorítás, továbbá forgócsúccsal kap plusz támasztást a munkadarab (27. ábra).



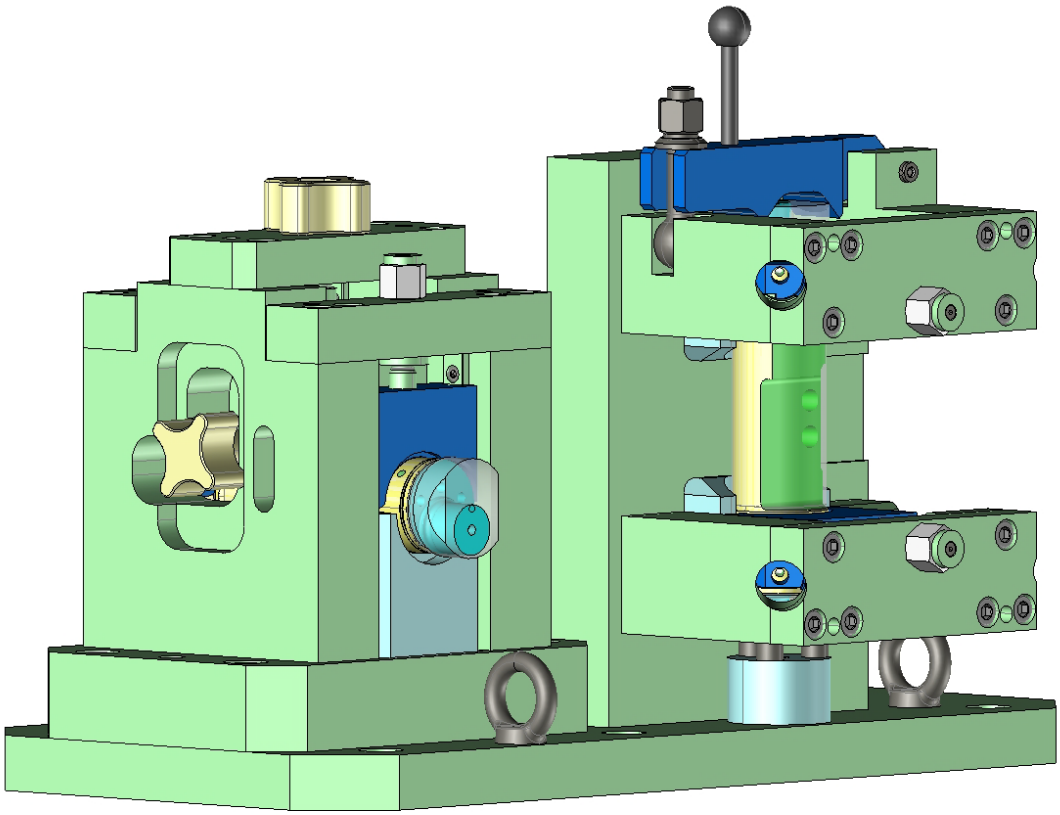
27. ábra Az esztergálási művelet megfogása [saját készítés]

A 28. ábrán jelölt 7x45°-os technológiai felületek is kialakításra kerülnek további megfogás céljára. A kiinduló technológiával ellentétben az ø55+0,038/+0,008 felületeken nincs köszörülési ráhagyás, és nagy kiterjedése miatt bázisfelületként használtam a következő műveletben.



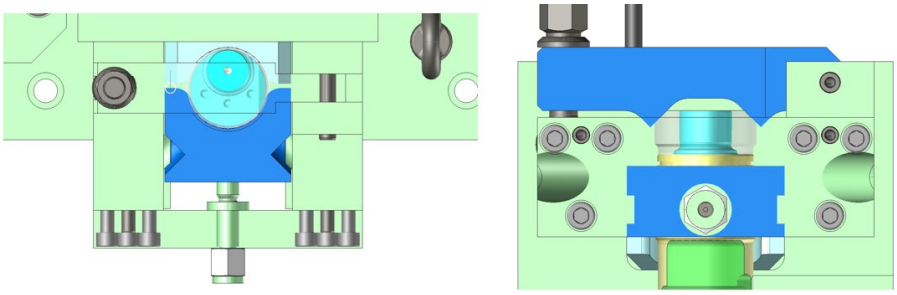
28. ábra A marási művelet félkész gyártmánya [saját készítés]

A CNC-megmunkálóközponton használatos készülék kétfészkes kivitelű. Első fészke jobb oldalon van, amelyben megmunkálásra kerülnek a zölddel jelölt felületelemek, míg a bal oldali fészekben a kékkel kiemeltek (29. ábra).



29. ábra A marási művelet megfogása [saját készítés]

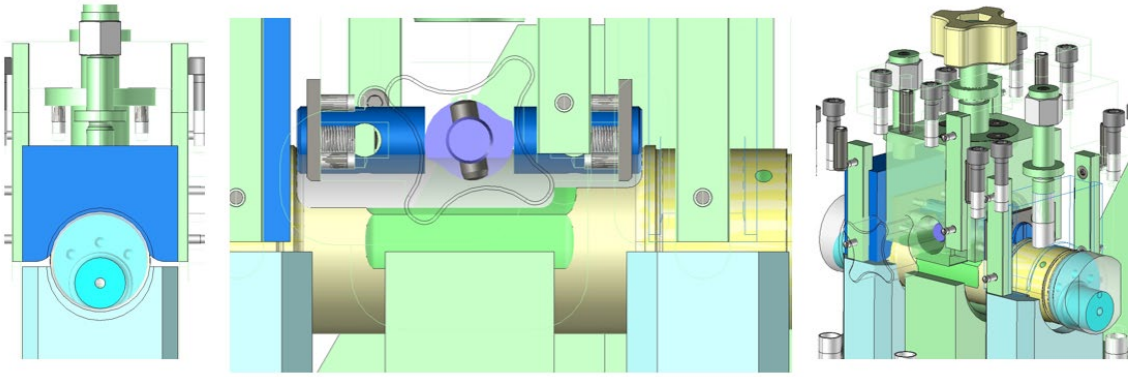
A munkadarab tengelyvonalának kitűzése-, és szorítása két központosító ülékkel történik, melyekbe az ø55+0,038/+0,008-es felületpárokkal ül be a darab (30/a. ábra). A világoskék a rögzített ülék, míg a sötétkék csavarral mozgatott, tehát a leszorításért felelős. Felülről egy szorítóvas szorítja le a darabot az alul elhelyezett álló ülékekre (30/b. ábra). Ezzel egyidőben a leszorító prizmás kialakításának köszönhetően alakzárással orientálja a munkadarabot az előző felfogásban kialakított technológiai lapolások mentén. Utóbbira, azért van szükség, mert a munkadarab funkcionális felületén nem hagyhat nyomot a megfogás, így a szorító erő mértékét csökkenteni kell (30/a. ábra). A felső leszorító akadályozza meg, hogy a forgácsolás közben fellépő erők ne elforgassák el a munkadarabot.



a.) felülnézet b.) elölnézet

30. ábra A marási művelet első megfogása [saját készítés]

A bal oldali fészekbe szintén az előbb említett felületelemekkel (ø55+0,038/+0,008) fekszik be a darab, csak ezúttal vízszintesen (31/a. ábra). A hosszirányú tájolása egy központosító egységgel történik a munkadarabnak, melyet kézi tekerővel mozgatott Arkhimédészi spirál végez (31/b. ábra). A középső marási megmunkálás vízszintbe hozását a felső kézi tekerő által mozgatott központosító egység végzi, amely egyben a spirál hordozóeleme. A tömb függőleges irányultságát vezetőlécek biztosítják. Amikor a tömb alja eléri a munkadarabon lévő középső lapolást, vízszintes állapotba kényszeríti azt (31/c. ábra).



a.) elölnézet b.) balnézet c.) izometrikus nézet

31. ábra A marási művelet második megfogása [saját készítés]

Nagy előnye az imént taglalt megfogásoknak, hogy a forgácsolási erők irányába eső támaszerők rendre alakzárással, illetve önzáró mechanizmussal rögzítik a munkadarabot. Ezért ellenőrző számításokra nincs szükség, mivel ezen ellenerők nagyságrendnyivel nagyobbak, mint a forgácsolóerők:

- az első fészekben a mértékadó terhelés a lapolás oldalirányú marása;

- a felső, prizmatikus leszorító alakzárással akadályozza meg darab elfordulását;
- a marás irányába eső elmozdulást az ülék alakja, illetve a szorítócsavar önzárása akadályozza meg;

- a második fészekben a mértékadó terhelést az excentercsap harang kialakítású szárszámmal való nagyoló művelete jelenti;

- a tengelyirányba eső terhelést a központosító elem veszi fel, és mivel az Arkhimédészi spirál és az általa mozgatott két csap önzáró kapcsolatban, a forgácsolóerő terhelése ezen anyagokat zömítené, tehát az alapanyagok belső feszültsége veszi fel a terhelést.

A tesztgyártás során szerzett tapasztalatok rámutattak arra, hogy a megfogási elv rendkívül merev, ezáltal termelékeny, de minőségi szempontból nem tudja teljesíteni az elvárásokat. Az elért összesített gépidő (esztergálás, marás) 16 percben állt meg a korábbi, 55 perces kiinduló technológiával szemben. Az elvárt 0,06-os egytengelyűség nem teljesül a kész terméken, sem az ø55+0,038/+0,008-, sem az ø30+0,026/+0,006-os hengerfelületeken (32. ábra). Oka, hogy az esztergálási műveletben megmunkált ø55+0,038/+0,008 bázisfelületek a marási megmunkálás után elvetemednek a maradó feszültségek és a forgácsolás közben bevitt megmunkálási feszültségek miatt. [16] A nagy kiterjedésű nyitott zsebek megmunkálása mindig magában hordozza a vetemedés rizikóját, főként azon esetekben, amikor azok mélysége megközelíti az alapanyag semleges szálát. Jól látható a 35. ábrán, hogy nem csak az ø55+0,038/+0,008-es felületek egytengelyűsége nem teljesült (Nr 213-5), hanem az ø30+0,026/+0,006-es excentercsapoké sem (Nr 213-6), pedig utóbbiak a középrész kibontása után kerültek megmunkálásra. Lehetséges oka, hogy a már torzult bázisfelületeken lett leszorítva a munkadarab, így az rugalmas alakváltoztatásra lett kényszerítve azáltal, hogy a helyes egytengelyűséggel rendelkező ülék alakját felvette. Fellazítás után visszanyerte a torzult alakját a munkadarab, ezért az egy tengelyvonalban megmunkált excentercsapok egytengelyűségi hibát produkálnak.

Nr	Elem Jellemző Névl.érték	Tűrés	FTH	Szám	Hivatk Hatáshossz ATH	TP	Terjedelem Tényl.érték		Név NÉV Eltérés	Tűrésm.kihaszn.	
1	Henger, letapogatva Átmérő			1	–	15	0.003		jobb		
1	D 55.000			0.038		-0.008	D 55.034		0.034	84%	----,----*
2	Henger, letapogatva Átmérő			2	–	15	0.003		bal		
1	D 55.000			0.038		-0.008	D 55.036		0.036	90%	----,----*
3	Henger, letapogatva			2	–	15	0.003				
	Henger, letapogatva			1	–	15	0.003				
	Egytengelyusség tűrése					25.000					
1	0.000		t=	0.060			0.039		0.039	66%	.------*---
4	Henger, letapogatva			1	–	15	0.003				
	Henger, letapogatva			2	–	15	0.003				
	Egytengelyusség tűrése					25.000					
1	0.000		t=	0.060			0.037		0.037	62%	.------*---

Nr	Elem Jellemző Névl.érték	Tűrés	FTH	Szám	Hivatk Hatáshossz ATH	TP	Terjedelem Tényl.érték		Név NÉV Eltérés	Tűrésm.kihaszn.	
1	Henger, letapogatva Átmérő			2	–	10	0.016		C2		
213	D 55.000			0.038		0.008	D 55.053		0.053	137%	0.015
2	Henger, letapogatva Átmérő			3	–	10	0.018		E2		
213	D 55.000			0.038		0.008	D 55.025		0.025	14%	----,*----
3	Henger, letapogatva Átmérő			16	–	10	0.006		B5 (-X-ben)		
213	D 30.000			0.026		0.006	D 30.023		0.023	67%	----,---*-
4	Henger, letapogatva Átmérő			22	–	10	0.005		B5 (+X-ben)		
213	D 30.000			0.026		0.006	D 30.018		0.018	18%	----,*----
	Henger, letapogatva			3	–	10	0.018				
	Henger, letapogatva			2	–	10	0.016				
5	Egytengelyusség tűrése					30.000			B4		
213	0.000		t=	0.060			0.123		0.123	205%	0.063
	Henger, letapogatva			16	–	10	0.006				
	Henger, letapogatva			22	–	10	0.005				
6	Egytengelyusség tűrése					13.000			B6		
213	0.000		t=	0.060			0.157		0.157	261%	0.097

32. ábra Megmunkáláskor elszenvedett alakváltozás [saját készítés]

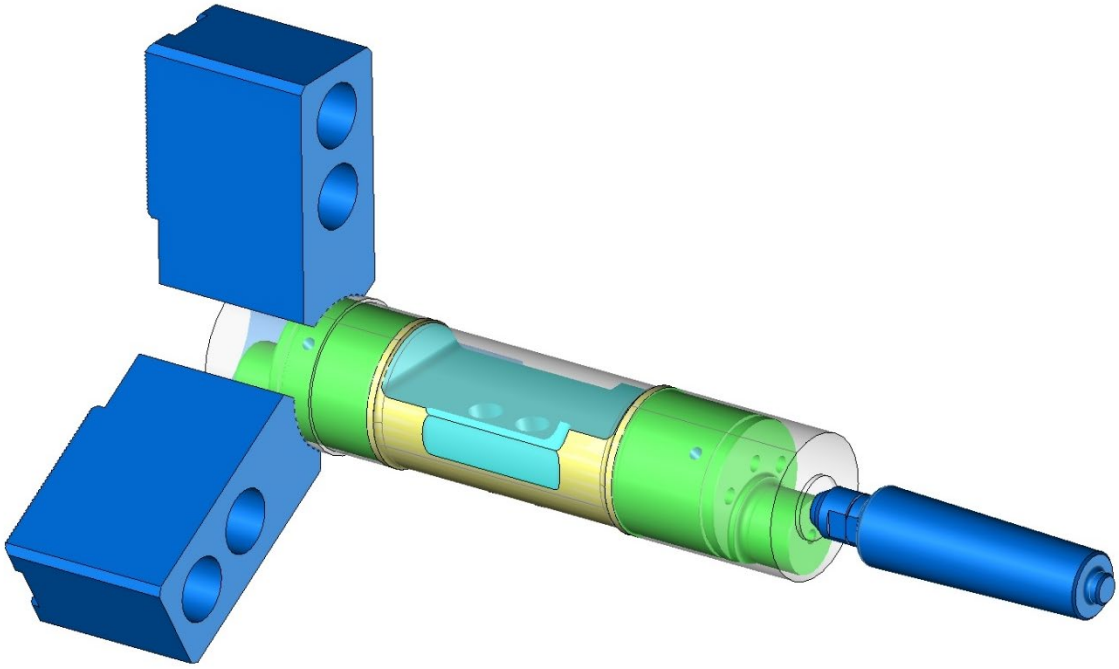
3.5 Végleges konstrukció ismertetése

A készülékterv véglegesítése előtt a minőségi problémák megoldása van még hátra, így azok orvoslására újabb lehetséges irányok lettek meghatározva:

- működő felületeket köszörülési ráhagyással készíteni, majd köszörülni;
  - előnye, hogy garantált a technológia működőképessége (a kiinduló gyártás tapasztalatai alapján);
  - hátránya, hogy a megmunkálási idő-, és a felfogások száma növekszik (ezáltal a gyártásköltség, és az átfutási idő is);
- működő felületek egy felfogásban való elkészítése a középrész megmunkálása után;
  - előnye, hogy tartható az alacsony megmunkálási idő, illetve a két szerszámgépen való készre munkálásnak a célkitűzése;

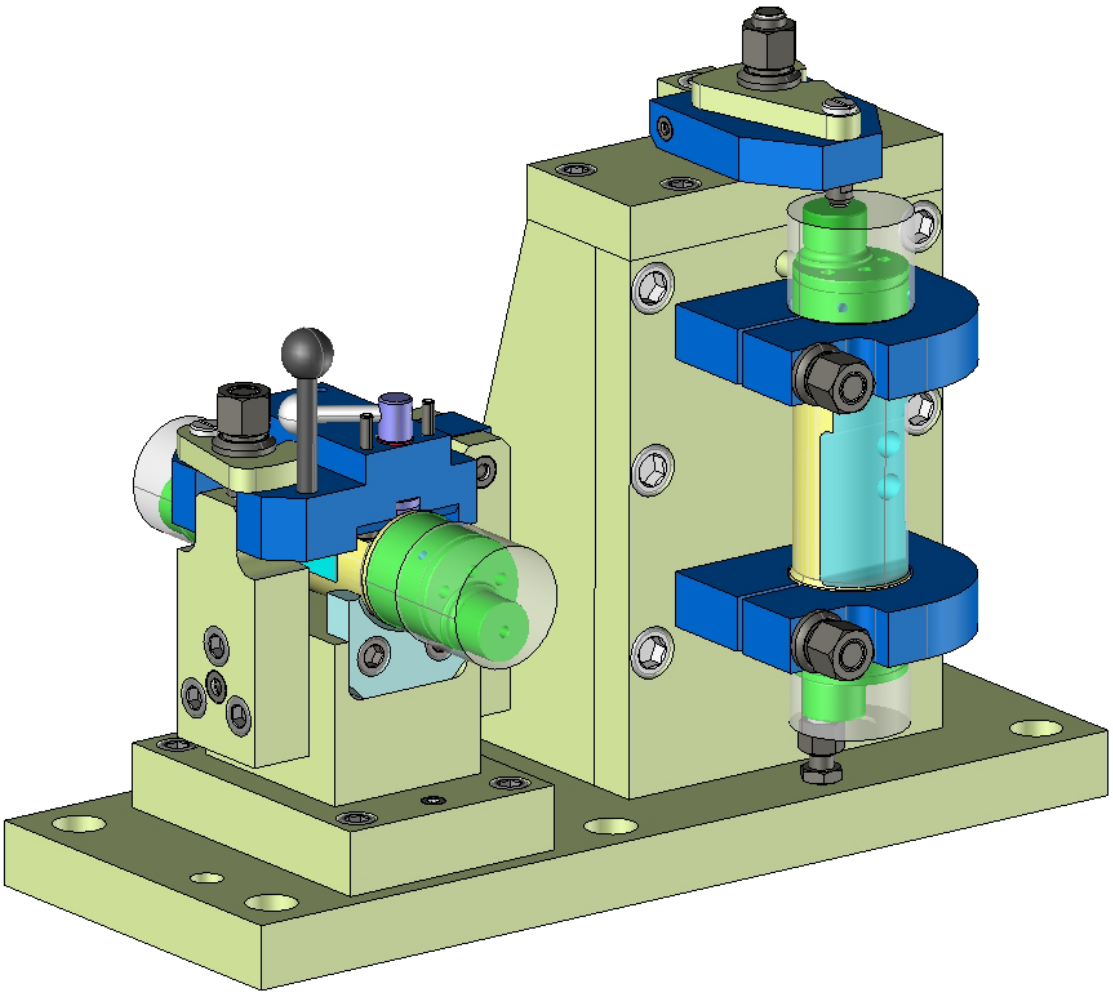
- hátránya, hogy új készülék tervezése szükséges, továbbá a meglévő szerszámozást is újra kell gondolni.

A készülék továbbfejlesztése mellett döntöttem, ami a következő módosításokat kívánta meg műveleti sorrend, és a megfogási elv tekintetében. Az első műveletben mindössze csak a sárgával színezett felületek kerülnek készre munkálásra (az ø57-es felület kifuttatva a darab mindkét vége felé), számolva a későbbi vetemedési hatással. Elhagyásra kerül a 2db 45°-os technológiai felület, illetve a központfurat. Utóbbi helyett egy Morse-kúpra szerelt önbeálló támasz lett alkalmazva a Norelem (02000-910) kínálatából (33. ábra). Ez a megoldás jóval nagyobb támasztást ad a munkadarabnak a műhelyrajzon engedélyezett max. Ø4-es központfurathoz képest. A technológiai felületek elhagyása (2 db 7x45°, 2db központfurat) és a merevebb támasztás a megmunkálási idő csökkenését eredményezték.



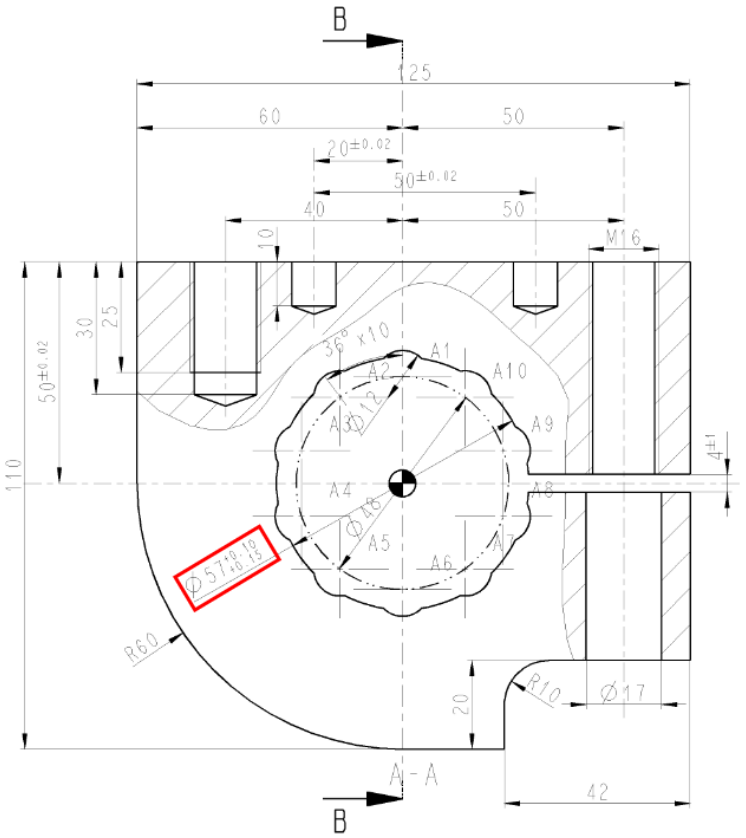
33. ábra Az esztergálási művelet megfogása [saját készítés]

A második műveletben a megmunkálás sorrendje változatlan maradt a tesztgyártáshoz képest, viszont a tájolásban és a leszorításban apróbb változtatások lettek eszközölve (34. ábra). A megmunkált felületeket kékkel és zölddel jelöltem, melyek az első és második fészket jelölik.



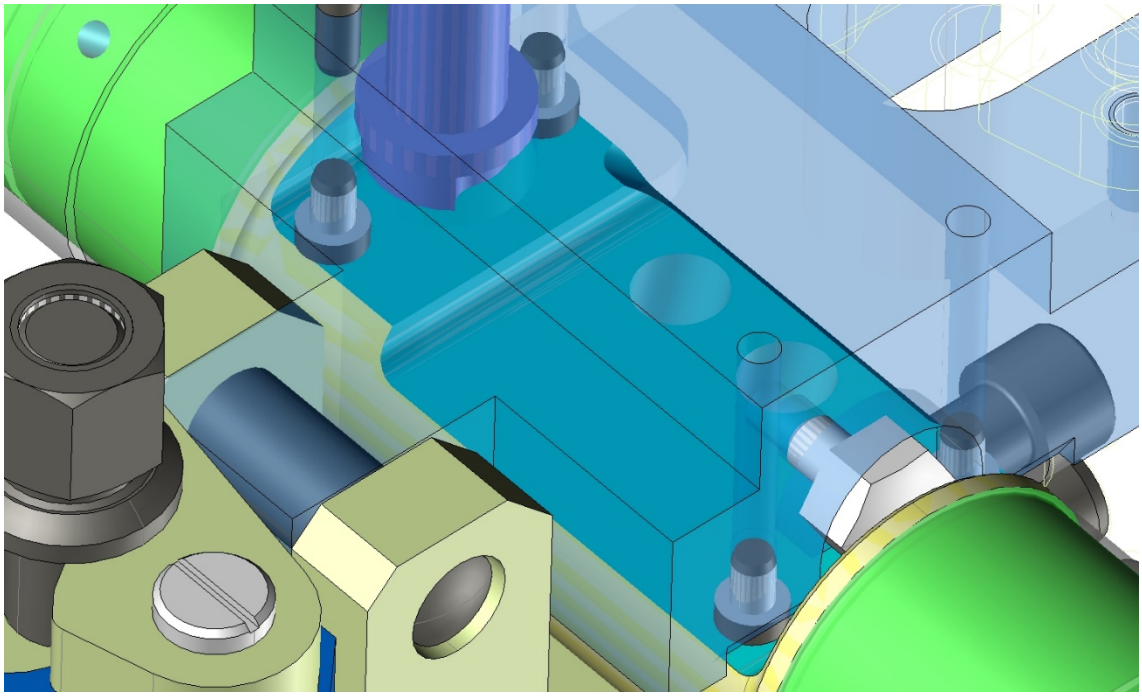
34. ábra A marási művelet megfogása [saját készítés]

Elhagyásra került a prizmatikus leszorító, helyette egy egyszerűbb kialakítású, lehajtható szorítóegység (beforgatható alátéttel) lett alkalmazva. Az ülék-szorító páros is ki lett váltva egyhelyütt (végig) hasított hüvelyre, amely erőzárással rögzít, és a súrlódás növelése érdekében, több szegmensre bontottam fel a darabbal érintkező felületet. Az első műveletben esztergált Ø57-es felületen szorítja-, illetve központosítja a munkadarabot. (35. ábra)



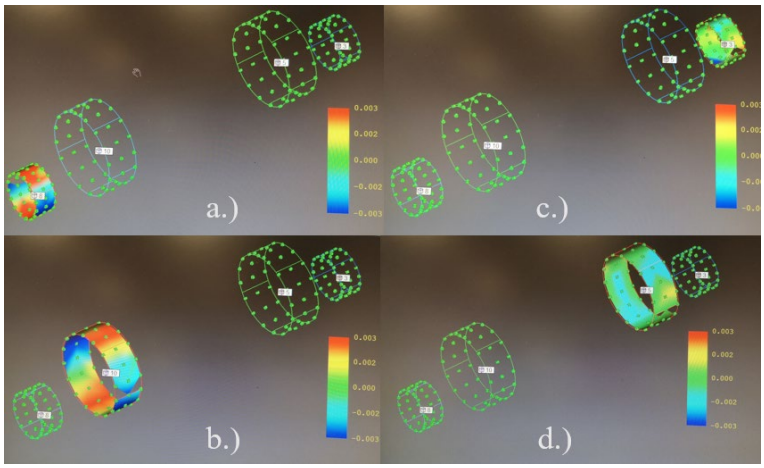
35. ábra A hasított hüvely működő felületének tűrésezése [saját készítés]

A második fészekben összevonásra került a felső leszorítás, a vízszint kitűzésére szolgáló egységgel (36. ábra). A korábbi, önzáró dupla spirál, egy szintén önzáró szimpla spirállal (kék) lett kiváltva, egyszerűsítve a készülék kialakítását. A spirál nekihúzza az álló üléknek (fehér), amely gömbcikk kialakítású, így megvalósítva a pontszerű felfekvést.



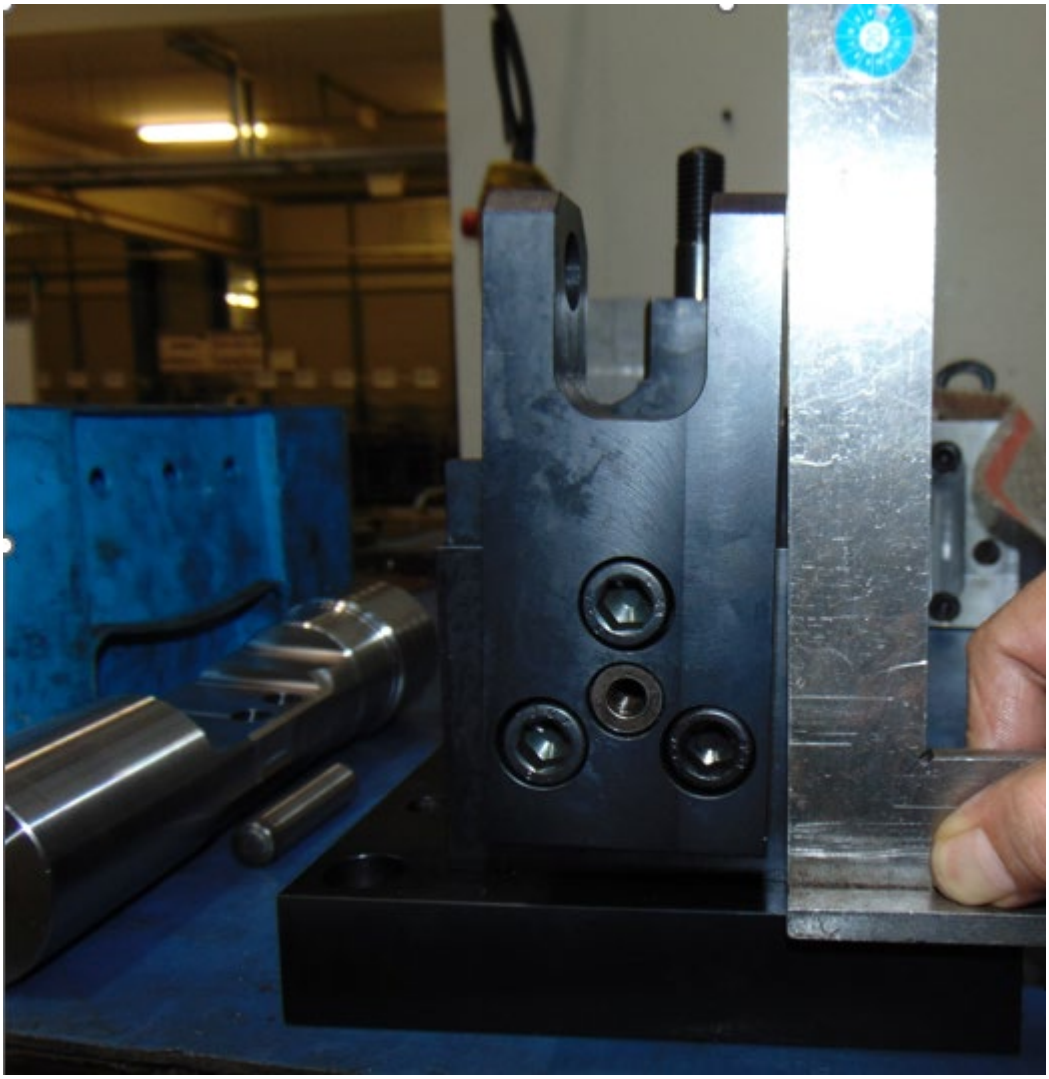
36. ábra A marási művelet második fészkének működése [saját készítés]

A gyártás során, ezúttal is merültek fel problémák, amelyek mindegyike kezelésre került. A munkadarabok 3D koordináta-mérőgéppel lettek megmérve, és az eredmények kiértékelése után kiderült, hogy az ø30+0,026/+0,006-es, és az ø55+0,038/+0,008-es felületeknek hengerességi alakhibája van. Ez a hiba, jellemzően a tűrésmező felét kitette, de a jelenség csak a munkadarab egyik végén volt megfigyelhető (40/a-b. ábra). A két átmérő alakadó szerszám tengelyirányú mozgásával jön létre, úgynevezett harang kialakítású, egyélű esztergakéssel, tehát kizárható, hogy a megmunkálás viszi be a hibát.



37. ábra A marási művelet során keletkezett hengerességi alakhibák [saját készítés]

Alapos bemérés után kiderült, hogy a készülék gyártás közben elmozdult, összeszerelésre visszavezethető okok miatt. Ennek következtében a derékszögű irányultsága nem teljesült többé (38. ábra). A gépen felszabályozott felfekvő felületek nem estek egybe a szerszámgép tengelyével, illetve a munkadarab sem volt képes mindkét tájólóba belefeküdni. Utóbbi okozta, hogy a munkadarab az egyik oldalon el tudott mozdulni megmunkálás közben, így az alakadó szerszám nem volt képes biztosítani a hengeres megmunkálást. A tájóló betéteket újra kellett gyártani, azután a készüléket megfelelő módon rögzíteni, és végül újra felszabályozni az ülékeket a szerszámgép munkaterében.

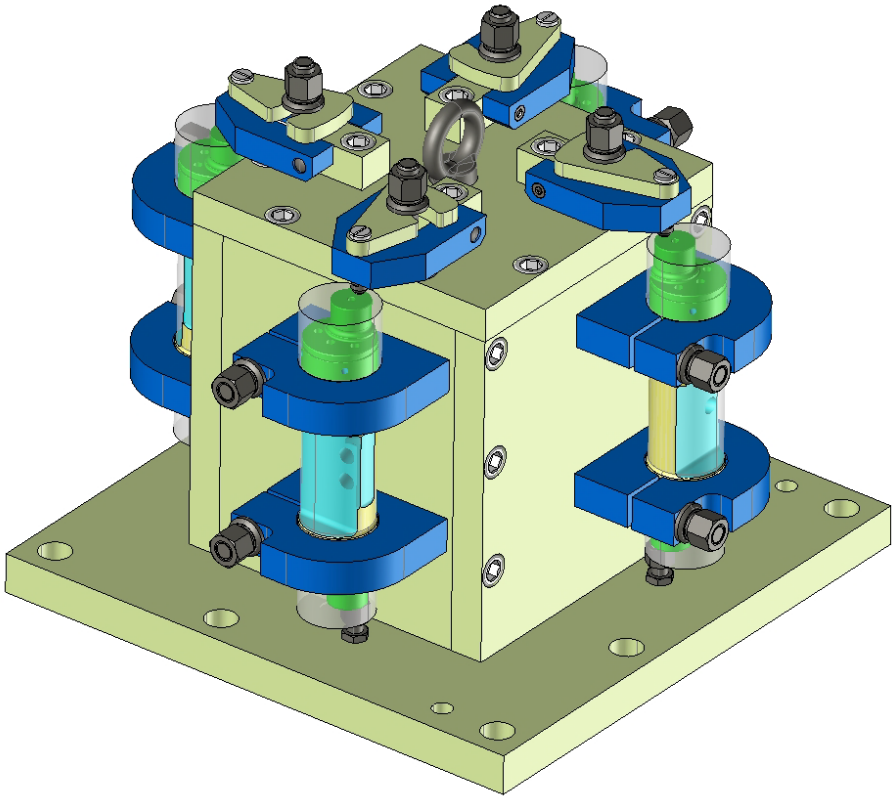


38. ábra Helytelenül összeszerelt készülék [saját készítés]

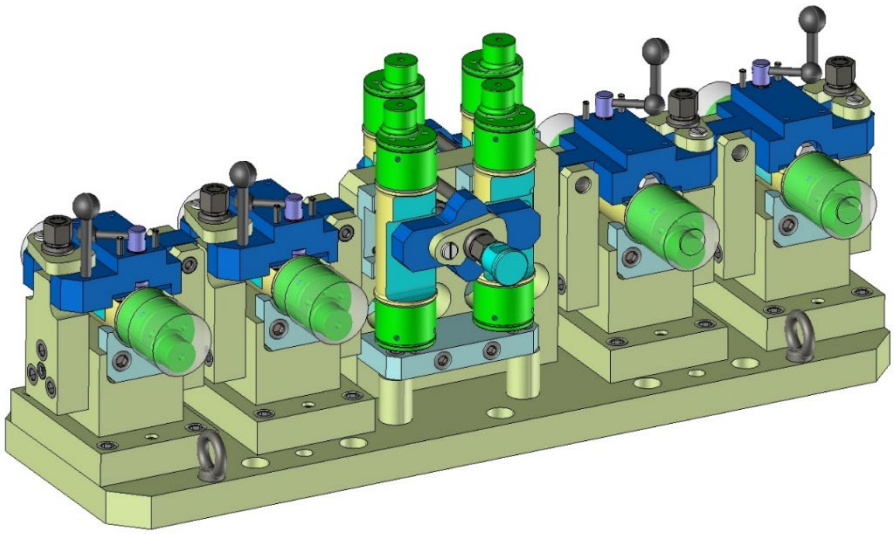
A 39. ábrán látható munkadarab bal végén az Ø55f8-as felületen nem teljesült a rajzon definiált Rz16-os felületminőség. Oka, hogy a zsírzó furatokon áthaladva, megszakított felületet munkál meg az Ø55f8-as harangszerszám. A megszakított felület ütőmunkának teszi ki a szerszámélt, ami a szerszám rohamos kopásához vezet. Szükségszerű volt a zsírzó furatok megmunkálását a művelet legvégére mozgatni, hogy elkerülhető legyen az ábrán látható felülethibák megjelenése.

39. ábra A megszakított felület által okozott érdességhiba [saját készítés]

A zsírzófuratok megmunkálásának átütemezése beleillett a négyfészkes készülék koncepció tervébe (40. és 41. ábra). A megmunkálóközpontos, második felfogás készülékének (41. ábra) közepén, jól körbejárhatóan kerül kialakításra az említett hat darab Ø5-ös zsírzófurat.



40. ábra A marási művelet első felfogásának négyfészkes készüléke [saját készítés]



41. ábra A marási művelet második és harmadik felfogásának készüléke [saját készítés]

Látni kell, hogy sok megmunkálás, -ami tipikusan esztergálási művelet- került át megmunkálóközponton való gyártásra (pl.: Ø55-ös hengerfelületek, excentercsapok, Seeger beszúrások… stb.). Esztergálás esetén ezeket a felületeket kettő, maximum három

esztergakés képes kialakítani azáltal, hogy a forgó darabon lejárja a megmunkálás kontúrját (különböző átmérőkön). Megmunkálóközponton más a helyzet, mivel a szerszám forog, és az nem képes menetközben változtatni az átmérőjét. Ezért minden átmérőhöz és alakhoz dedikált szerszám szükséges (csap nagyolók/simítók, tárcsamarók, alakos marók… stb.). Ez esetben jól megtervezett, nagy leválasztásra képes speciális szerszámok lettek rendelve, a szerszámösszeállítások magas száma, magával hordozza a megnövekedett szerszámváltások számát, így a mellékidők növekedését. Ezen oknál fogva döntöttem a négyfészkes kialakítás mellett, mert így egy szerszámváltás alkalmával négy munkadarabot képes megmunkálni minden egyes szerszám, tehát a fajlagos szerszámváltási idő negyedére csökkent.

A végleges technológiával 12 percre csökkent a munkadarab összesített munkálási ideje (esztergálás, marás), tehát további 5 percet sikerült csökkenteni a teszt technológiához képest. A kiinduló állapothoz képest (55 perc), 43 perc az időmegtakarítás. Ez évi 15.000db-os megrendelés esetén, 0,9 €/perc gyártási költséggel számolva:

$$15000 \cdot 0{,}9 \cdot 43 = 580500€$$

megtakarítás éve szinten.

4. Összefoglalás

Szakdolgozatom témája az excentrikus tengely vasúti fékalkatrész egyedi munkadarabbefogó-készülékének tervezése volt, ezért a szakirodalom kutatással igyekeztem bemutatni a készüléktervezés elméleti alapjait, illetve a leggyakrabban előforduló építőelemeket. A termék már rendelkezett megfogó készülékkel a munkám megkezdése előtt, de az nem teljesítette a gazdaságos gyártás kritériumait, ezért egy költségcsökkentő projekt keretében került sor annak újra tervezésére.

A saját munka első fejezetében bemutatom a munkadarab alapanyagát, beépítési környezetét és funkcióját, illetve szót ejtek a műhelyrajzon talált, kritikusnak vélt mérettűrésekről. Ezután, egy rövid említést teszek az alkalmazott szerszámgépekről, és azok főbb paramétereiről.

A következő fejezetben ismertetem a kiinduló készülékezést, és a benne rejlő fejlesztési lehetőségeket, melyek jellemzően a gyártási idő csökkentését célozzák meg. Ezután az általam tervezett tesztkészülék kialakítását mutatom be, illetve a tesztgyártás során fellépő minőségi problémákat gyűjtöm össze, majd értelmezem, hogy milyen hibaokokra vezethetőek vissza. A végleges konstrukció kialakítása ezen gyakorlati következtetések alapján történik.

A tervezés során szem előtt tartottam, hogy a készülék egyszerű kialakítású legyen, és könnyen legyártható alkatrészekből álljon, továbbá bárki számára könnyen elsajátítható legyen a használata. Előbbi gazdaságossági szempontból volt fontos, mivel a munkadarabra vetített fajlagos készülékköltség nem haladhatja a meg a projekt megkezdése előtt kitűzött célokat. Utóbbi szintén közvetlen hatással bír a gyártási költségekre azáltal, hogy a helytelen készülékhasználatra visszavezethető selejtgyártást küszöböli ki.

A saját munka záró fejezetében összesítem a készülékberuházási-, és felszerszámozási költségeket a beszállítói árajánlatok alapján. Az összesített beruházási költség hozzávetőleg 50.000 €-t tett ki, így a költségcsökkentő projekt sikeresnek tekinthető. Az éves vevői igény a termékre legalább 15000 db, ez alapján a gyártási idő csökkentése által megtakarított összeg 580.500 €-t éves szinten.

5. Summary

My thesis is about a process of designing manufacturing fixture for a railway brake component called eccentric shaft. First, I present the theoretical foundations of fixture design and the most frequently occurring building components by means of literature research. The product already had a clamping fixture before I started work, but it did not meet the criteria for economical production, so it was redesigned as part of a cost-cutting project.

In the first section of my own work, I present the raw material, assembly environment and function of the workpiece, and I also talk about the dimensional tolerances found on the drawing and considered critical. Next, I will make a brief mention of the used machine tools and their main parameters.

In the next section, I will describe the initial clamping solution and its development possibilities, which are typically aimed at reducing the production time. After that, I will present the design of the test fixture I designed, as well as I will collect the quality problems that occurred during the test production, and then then I will reveal the root cause of the errors. The final design is created based on these practical conclusions.

One of my goals was to design a clamping fixture which is made up of easy-to-manufacture components and easy to use for everyone. The former was important from an economic point of view, since the specific fixture cost per workpiece cannot exceed the goals set before the project began. The latter also has a direct impact on production costs by eliminating scrap production that can be traced back to incorrect fixture use.

In the final section of my own work, I summarize the fixture investment and tooling costs based on the supplier's quotations. The total investment cost was approximately EUR 50,000, so the cost reduction project can be considered successful. The annual customer demand for the product is at least 15,000 workpieces, based on this, the amount saved by reducing production time is EUR 580,500 annually.

6. Felhasznált irodalom vagy Irodalomjegyzék

[1] Pápay István: Vasúti közlekedésdinamika. Tankönyvkiadó Budapest, 1976.

[2] dr. Szegh Imre: Gyártástervezés. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1996.

[3] Mikó Balázs: Doktori (PHD) disszertáció tézisei. Budapest, 2000.

[4] Mikó Balázs: Technológiai előtervezés automatizálása mesterséges intelligencia módszerek segítségével. Budapest, 2000.

[5] Sandvik Coromant: CoroPlus ToolGuide [Online]. elérhető: https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/tools/coroplus-toolguide. [Hozzáférés dátuma: 2022.11.30.].

[6] Frischherz – Dax – Gundelfinger – Häffner – Itschner – Kotsch – Staniczek: Fémtechnológiai táblázatok. B9V Kiadó. Budapest, 2013.

[7] Dr. Kardos Árpád: Készülékszerkesztés. BME kézirat, Tankönyvkiadó Budapest, 1978.

[8] Fledrich – Kári-Horváth – Kakuk – Zsidai: Gépgyártástechnológia. Gödöllő, 1978.

[9] Rábel György: Készülékszerkesztés. Műszaki könyvkiadó. Budapest, 1968.

[10] Norelem Normelemente GmbH & Co. KG [Online]. Termékkatalógus. Elérhető: https://www.norelem.hu/hu/hu/Term%C3%A9kek/Term%C3%A9kek-%C3%A1ttekint%C3%A9se.html. [Hozzáférés dátuma: 2022.12.04.].

[11] Dr. Szabó András – Kozma István: Gyártóeszközök tervezése és gyártása. Széchenyi István Egyetem. Gödöllő, 2011.

[12] Dr. Molnár József – Dr. Szabó Sándor: Készüléktervezés. Miskolci Egyetemi Kiadó. Miskolc, 1995.

[13] Steel Number: European Steel and Alloy Grades [Online]. Anyagminőségeket tartalmazó adatbázis. Elérhető: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=335. [Hozzáférés dátuma: 2022.12.06.].

[14] Okuma Corporation, „No.SPACE TURN LB3000 EX-E-(18.1a)-Non”. Oguchi, 2018.

[15] Okuma Corporation, „MA-600H3-E-(2a)-300”. Oguchi, 2018.

[16] Florian Borchersa – Heiner Meyera – Carsten Heinzelab – Daniel Meyerab – Jérémy Eppa: Development of surface residual stress and surface state of 42CrMo4 in multistage grinding. Leibniz, Bremen, 2020. [Online, Google Scholar]. elérhető: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120302213. [Hozzáférés dátuma: 2022.12.13.].

7. Mellékletek

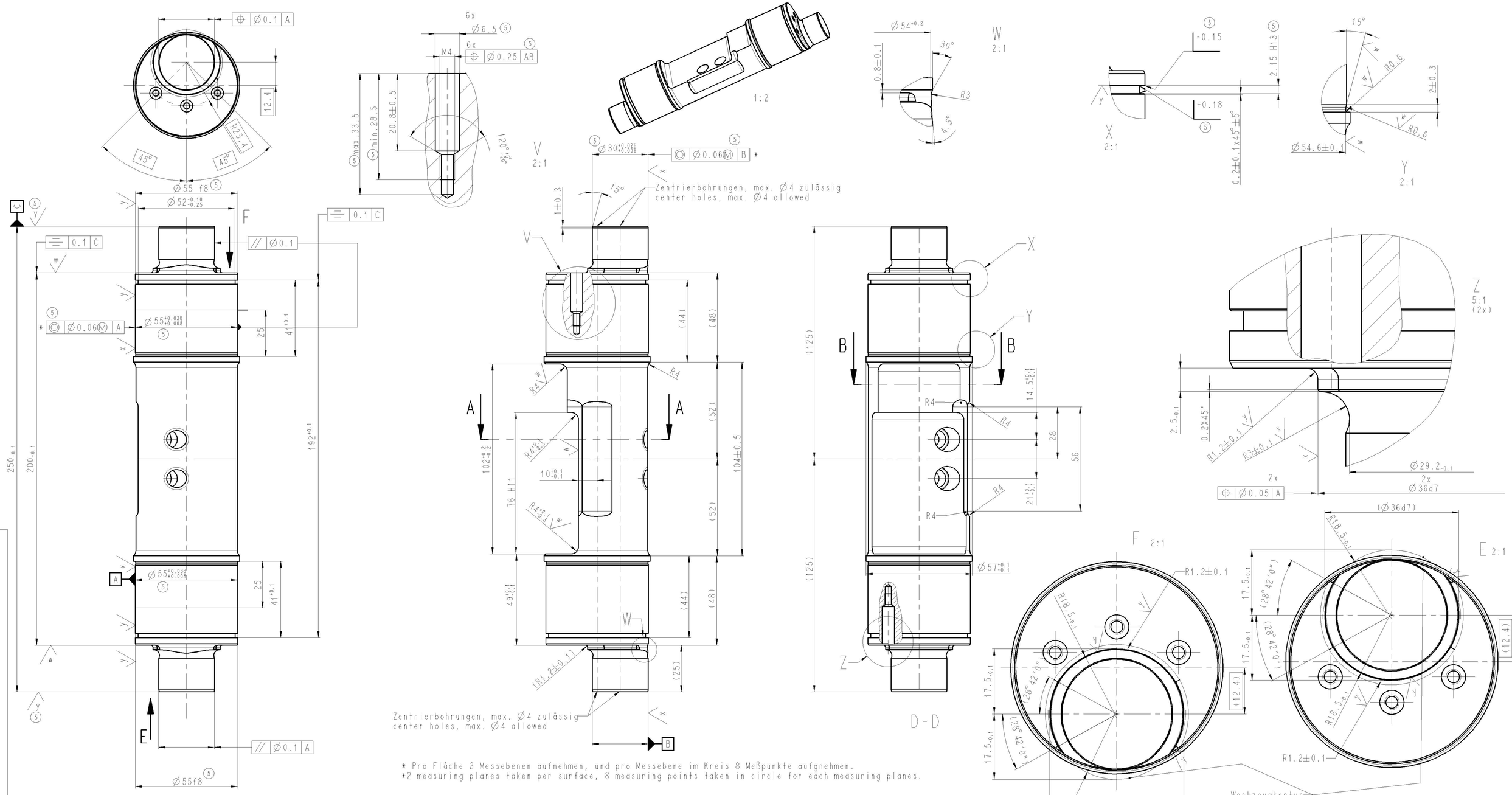
1. sz. melléklet: Az alkatrész műhelyrajza.

2. sz. melléklet: Az alkatrész kiegészítő műhelyrajza.

3. sz. melléklet: A provizórikus készülék összeállítási rajza

4. sz. melléklet: A végleges marókészülék első felfogásának összeállítási rajza

5. sz. melléklet: A végleges marókészülék második felfogásának összeállítási rajza

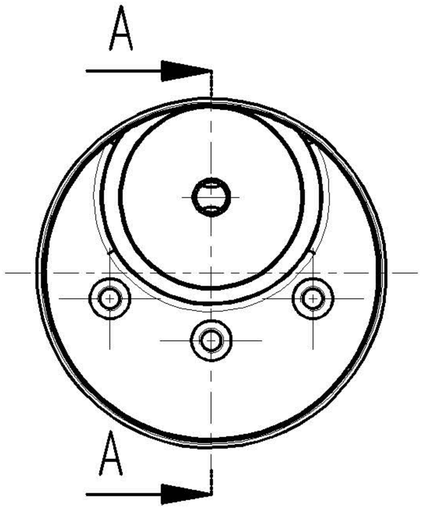


EN ECCENTRIC SHAFT

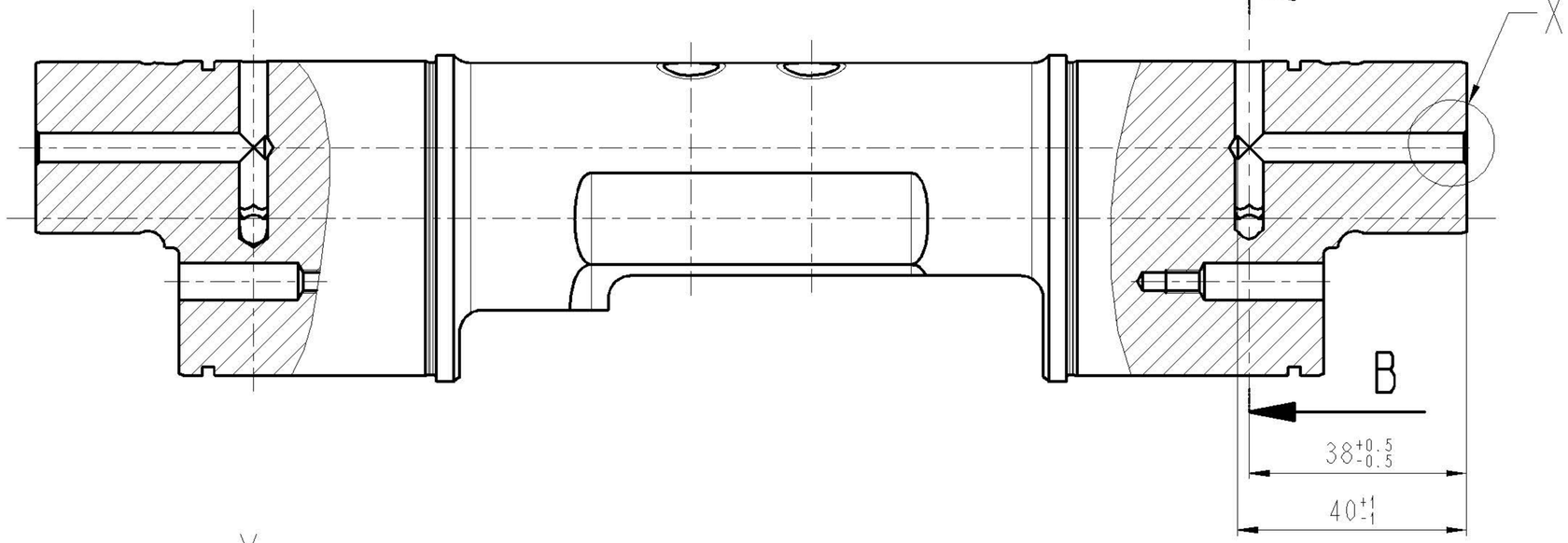
Verwendbar für:	Allg.-Toleranzen ISO2768-mH-E	Ausgabe	
	Oberflächen ISO 1302	Datum	
		Maßstab 1:1	Gewicht 3.458 kg
		DINEN 10083 42 CrMo 4+QT hergestellt aus	
		Blatt 1	DE/EN 1 Bl.

Zust	Änderung	Datum	Name	Ursprr.
5	UPDATE			Gepr.
4	21.5 --> 20.8			Norm.
3	36D7,R18.5			Pro/ENGINEER
2	TOLERANCE CHANGE			
1	D4.5 > D6.5			
0				

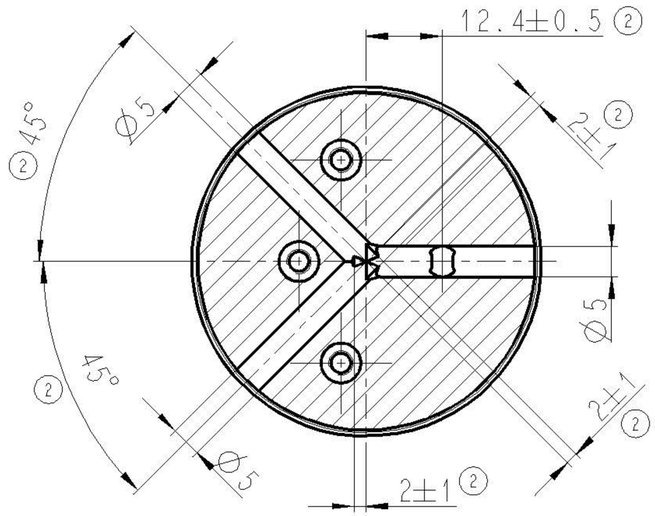
Ers.f. Ers.d.



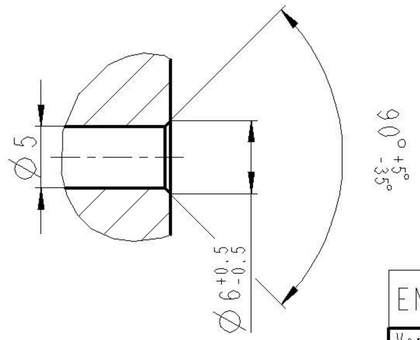
A - A



B - B



X
2:1



Rz 32

② [illegible]

optional Schutz während der Lagerung
optional protection during storage

EN	ECCENTRIC SHAFT REWORK

Verwendbar für:

Allg.- Toleranzen ISO2768-mH-E

Oberflächen ISO 1302

Ausgabe
Datum

Maßstab 1:1 | Gewicht 3.388 kg

DINEN 10083
42 CrMo 4+QT
hergestellt aus C64770/4

	Datum	Name
Bearb.	[illegible]	WAWEI
Gepr.	[illegible]	
Norm.	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	Pro/ENGINEER

EXZENTERWELLE

NACHARBEIT
RZS

Zust	Änderung	Datum	Name
2	UPDATE	[illegible]	[illegible]
1	UPDATE	[illegible]	[illegible]
0	.	[illegible]	[illegible]

Ursprr. .

Ersf. .

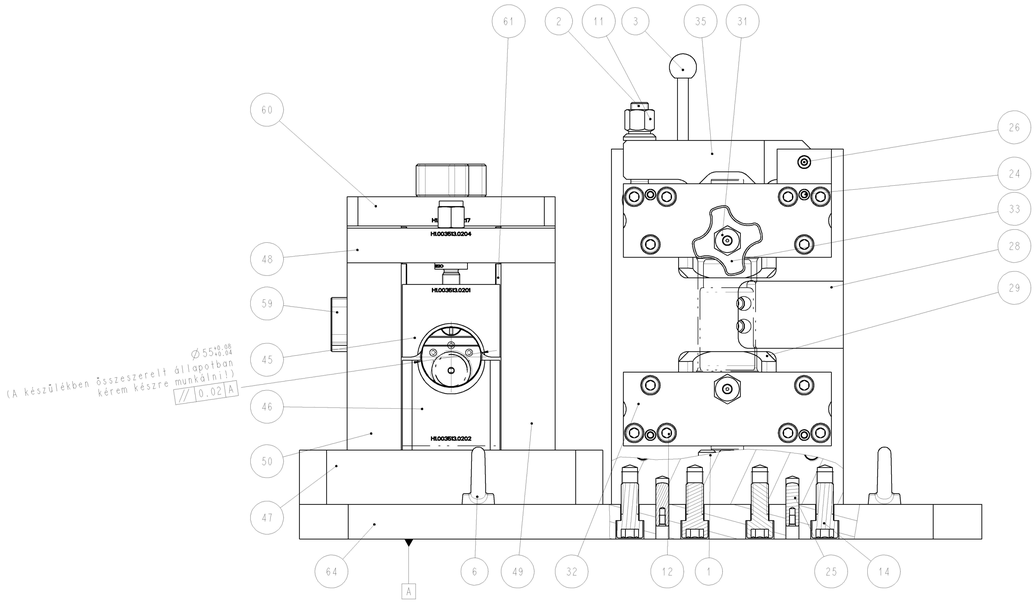
Ersd. .

Blatt 1 / 1 Bl.

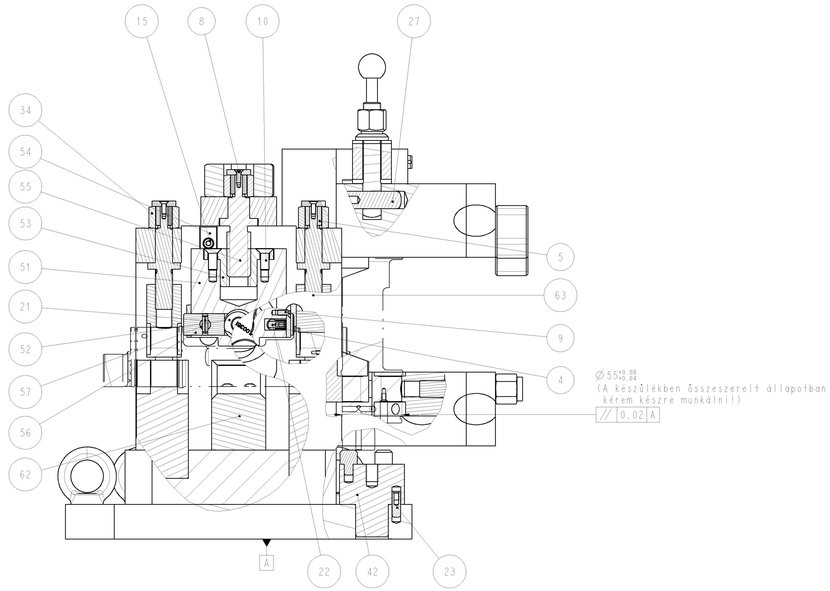
DE/EN

Ra 6,3

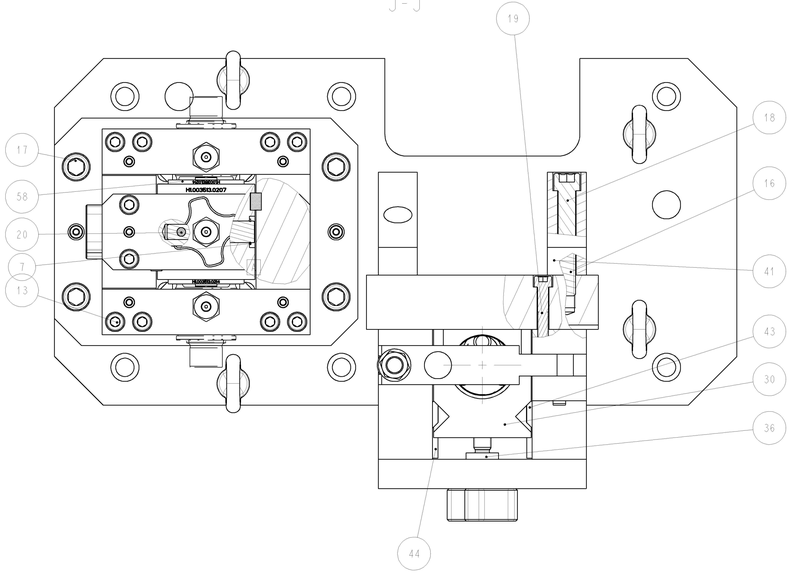
D-D

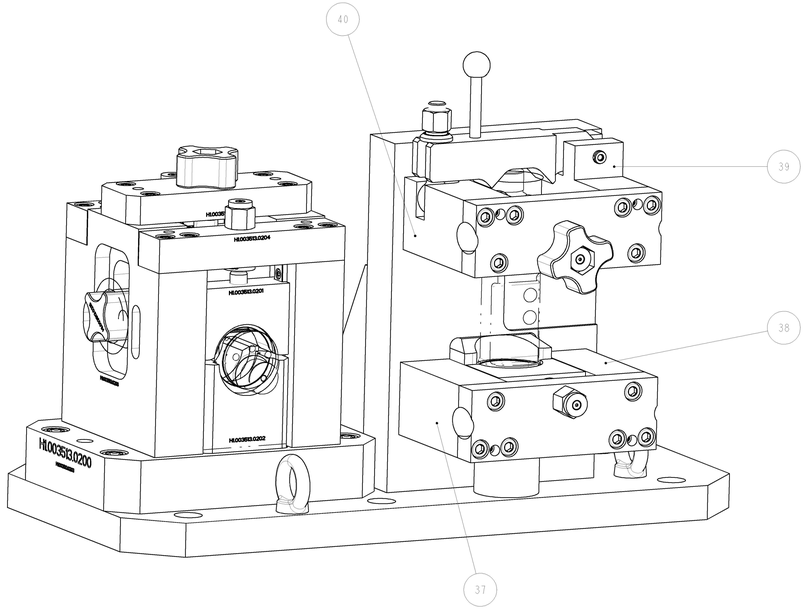


A-A
B-B
H-H
I-I
K-K



C-C
E-E
F-F
G-G
J-J





Db	DM-Nr.	Benennung	Teil	Werkstoff	Rohmaß	Bemerkung
1	.....	Alaplap	64	C45	636x636x32	Nemesítve
2	.....	Szorító csavar	63	C45	Ø33x101	Nemesítve
1	.....	Ülek berakáshoz	62	C45	91x91x63	Nemesítve
4	.....	Retesz DIN6885 B16x10x86-C45	61	C45	16x10x86	Nemesítve
1	.....	Fedél	60	C45	194x194x27	Nemesítve
1	.....	Hosszabbító kúzepeléshez	59	C45	Ø62x106	Nemesítve
2	.....	Fedél	58	C45	36x30x4	Nemesítve
2	.....	Csap visszajárataához	57	C45	Ø13x46	Nemesítve
2	.....	Központosító csap	56	C45	Ø23x43	Nemesítve
1	.....	Trapez orsó Tr22x5	55	C45	Ø38x100	Nemesítve
2	.....	Retesz DIN6885 B16x10x100-C45	54	C45	16x10x100	Nemesítve
1	.....	Trapez persely	53	CuZn40	Ø68x40	
1	.....	Archimédesi spirál Spirale	52	Boehler.M200	Ø42x95	Nitriddálva
1	.....	Menesztő tömb	51	C45	91x91x90	Nemesítve
1	.....	Szorító oszlop	50	C45	51x51x207	Nemesítve
1	.....	Szorító oszlop	49	C45	192x192x50	Nemesítve
2	.....	Fedél	48	C45	194x194x32	Nemesítve
1	.....	Alaplap	47	C45	283x283x50	Nemesítve
2	.....	Ülek	46	C45	91x91x109	Nemesítve
2	.....	Szorító ív	45	C45	91x91x67	Nemesítve
2	.....	Retesz DIN6885 B16x10x86-C45	44	C45	16x10x86	Nemesítve
2	.....	Retesz DIN6885 B16x10x86-C45	43	C45	16x10x86	Nemesítve
1	.....	Ülek magasító	42	C45	Ø64x73	Nemesítve
2	.....	Merevítő lap	41	C45	202x96x36	Nemesítve
1	.....	Ütőkő ház	40	C45	69x121x50	Nemesítve
1	.....	Ütőkő ház	39	C45	101x121x50	Nemesítve
1	.....	Szorító oszlop 2	38	C45	69x121x50	Nemesítve
1	.....	Szorító oszlop 1	37	C45	69x121x50	Nemesítve
2	.....	Szorítócsavar	36	C45	Ø33x96	Nemesítve
1	.....	Szorító elfordulás ellen	35	C45	182x46x36	Nemesítve
5	.....	Hatszög	34	C45	Ø69x35	Nemesítve
2	.....	Tekerő	33	C45	Ø69x35	Nemesítve
2	.....	Szorító fedél	32	C45	194x69x27	Nemesítve
5	.....	Fedél hatszöghöz	31	C45	Ø25x10	Nemesítve
2	.....	Szorító ív	30	C45	91x91x67	Nemesítve
2	.....	Ülek	29	C45	56x91x47	Nemesítve
1	.....	FELFOGÓ LAP	28	C45	216x216x50	Nemesítve
1		ZYLINDERSTIFT m.G. nlm03325-16x60	27		Ø16x60	Norelem
1		ZYLINDERSTIFT m.G. nlm03325-12x70	26		Ø12x70	Norelem
8		ZYLINDERSTIFT m.G. nlm03325-12x40	25		Ø12x40	Norelem
18		ZYLINDERSTIFT m.G. nlm03325-10x32	24		Ø10x32	Norelem
1		ZYLINDERSTIFT m.G. nlm03325-08x24	23		Ø8x24	Norelem
4		ZYLINDERSTIFT m.G. nlm03325-06x16	22		Ø6x16	Norelem
2		ZYLINDERSTIFT m.G. nlm03325-05x16	21		Ø5x16	Norelem
1		ZYLINDERSTIFT nlm03320-08X24	20	100CR6	Ø8x24	NORELEM
13		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M10X55	19			
2		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M16X100	18			
12		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M16X55	17			
2		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M16X50	16			
20		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M5X12	15			
8		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M16X35	14			
8		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M10X35	13			
16		ZYLINDERSCHRAUBE ISO4762 M10X30	12			
1		SKT.MUTTER m. KUGELPF. 405-204 M16	11		M16	GENOMA
4		SENKSCHRAUBE m.INSKT. DIN7991 M8x20	10		M8x20	
8		SENKSCHRAUBE m.INSKT. DIN7991 M5x12	9		M5x12	
5		SENKSCHRAUBE m.INSKT. DIN7991 M4x12	8		M4x12	
1		SEEGER RING f. WELLE DIN471-A20 Ø20	7	FSt	Ø20	
4		RINGSCHRAUBE DIN580-12 DIN580-M12	6	C15	M12	
10		Retesz DIN6885 B4x4x17.5	5	C45	4x4x18	Nemesítve
4		Nyomórugó Df1570 Ø.6/Ø8.6/37	4			BIÓTEK
1		Griffstange NLM06360-110-80	3			Norelem
1		AUGENSCHRAUBE DIN444B M16x90	2		M16x90	
3		AUFLAGEBOLZEN NLM02010-081	1			Norelem

Suitable for:

Edition
Date
Unspec. Tolerances
Surf. fin.
Scale 1:2
Weight 180,872 kg
Made from

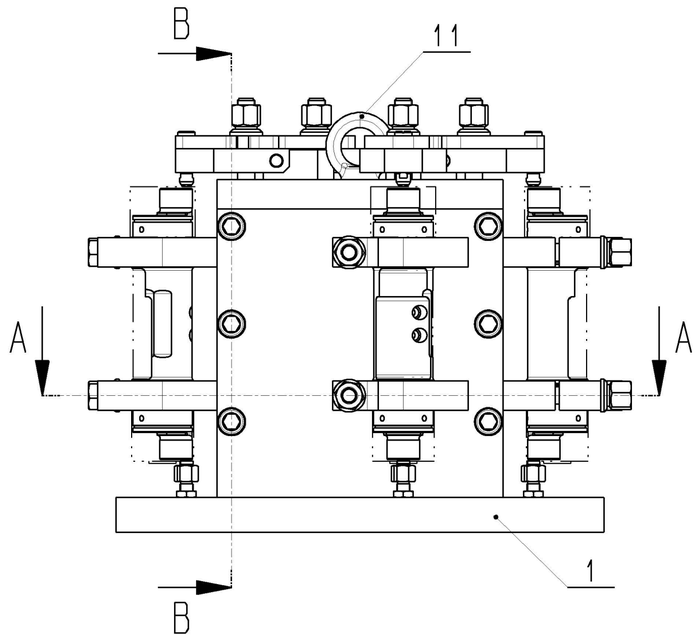
	Date	Name
Creat.		
Check.		
Rel.		
...		Prof/ENGINEER

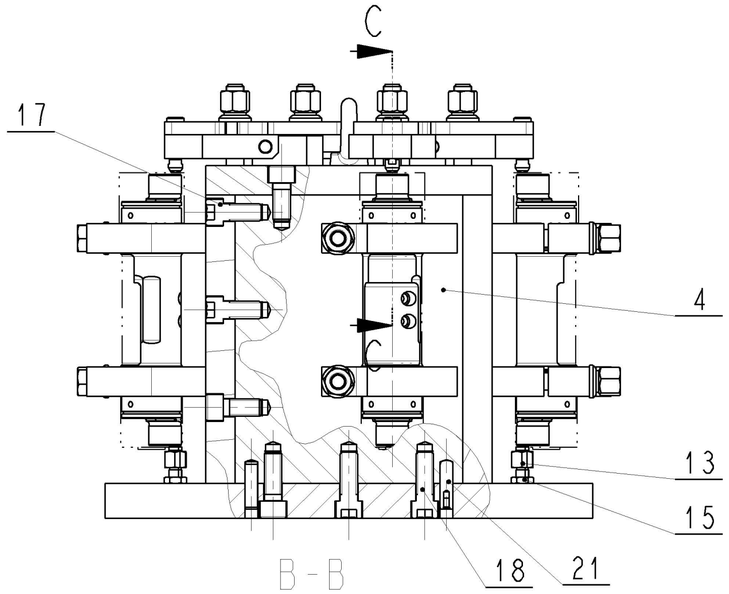
Felfogó készülék

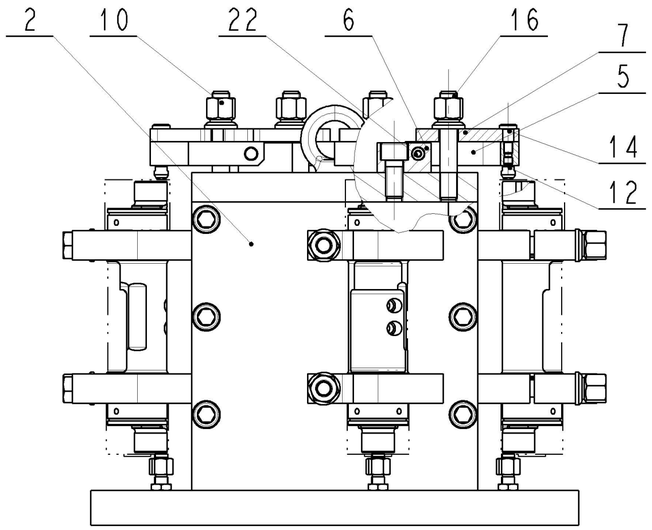
Sheet 1 EN 1 Sh.

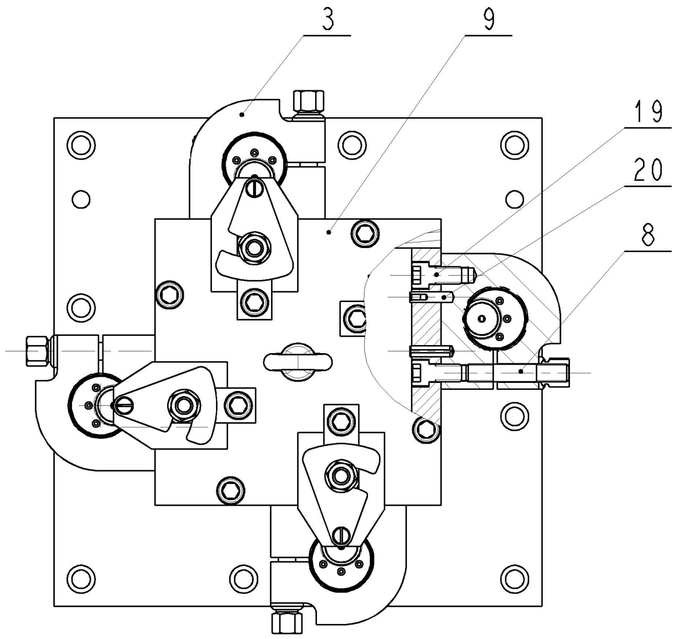
Rev.	Change	Date	Name	Origin :	Supers. :	Sup. by :

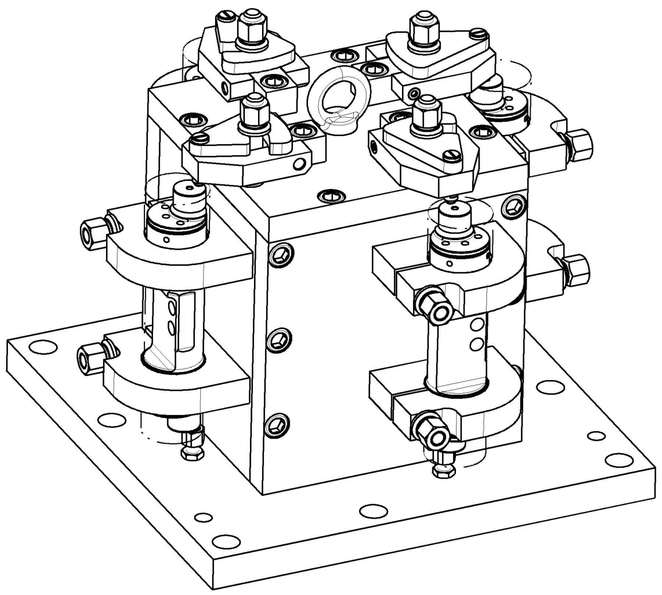
Az alkatrészrajzzal rendelkező tételekre a rajzszámot kérem beírni!











Teil	BM-Nr.	Benennung | Zusatztext | Nennmass	Stck.	Werkstoff	Rohmaß	Bemerkung
22		ZYLINDERSTIFT m.G. | nlm03325-12x80 |	4	.	∅12x80	Norelem
21		ZYLINDERSTIFT m.G. | nlm03325-12x45 |	4	.	∅12x45	Norelem
20		ZYLINDERSTIFT m.G. | nlm03325-10x40 |	16	.	∅10x40	Norelem
19		ZYLINDERSCHRAUBE | ISO4762 | M16X30	16			
18		ZYLINDERSCHRAUBE | ISO4762 | M16X45	12			
17		ZYLINDERSCHRAUBE | ISO4762 | M16X35	24			
16		STIFTSCHRAUBE | NLM07020-216 |	4	8.8	M16x100	NORELEM
15		SECHSKANTMUTTER NDG. | ISO4035 | M12	4	.	M12	.
14		Flachkopfschraube | NLM07530-08 |	4			Norelem
13		PENDELAUFLAGE | NLM02007-112X040 |	4	.		Norelem
12		PENDELAUFLAGE | NLM02000-308 |	4	-		Norelem
11		RINGSCHRAUBE | DIN580-16 | DIN580-M16	1	C15	M16	-
10		SKT.MUTTER m. KUGELPF. | 408-204 | M16	12	.	M16	GENOMA
9		Fedel |	1	Fe235	35x66x66	
8		STIFTSCHRAUBE |	8	8.8	M16x95	NORELEM
7		RÖGZÍTŐ ELEM |	4	C45	70x50x12	.
6		Leszortarto |	4	C45	28x32x50	
5		Villa |	4	C45	22x35x70	
4		Felfogólap |	2	Fe275B	27x210x266	
3		Kengyel |	8	Boehler_M200	125x110x27	
2		Felfogólap |	2	Fe275B	27x264x266	
1		Alaplap |	1	Fe235B	32x450x450	

Suitable for:

Edition
Date

Unspec. Tolerances

Surf. fin.

Scale 1:4 | Weight 174.173 kg

Made from

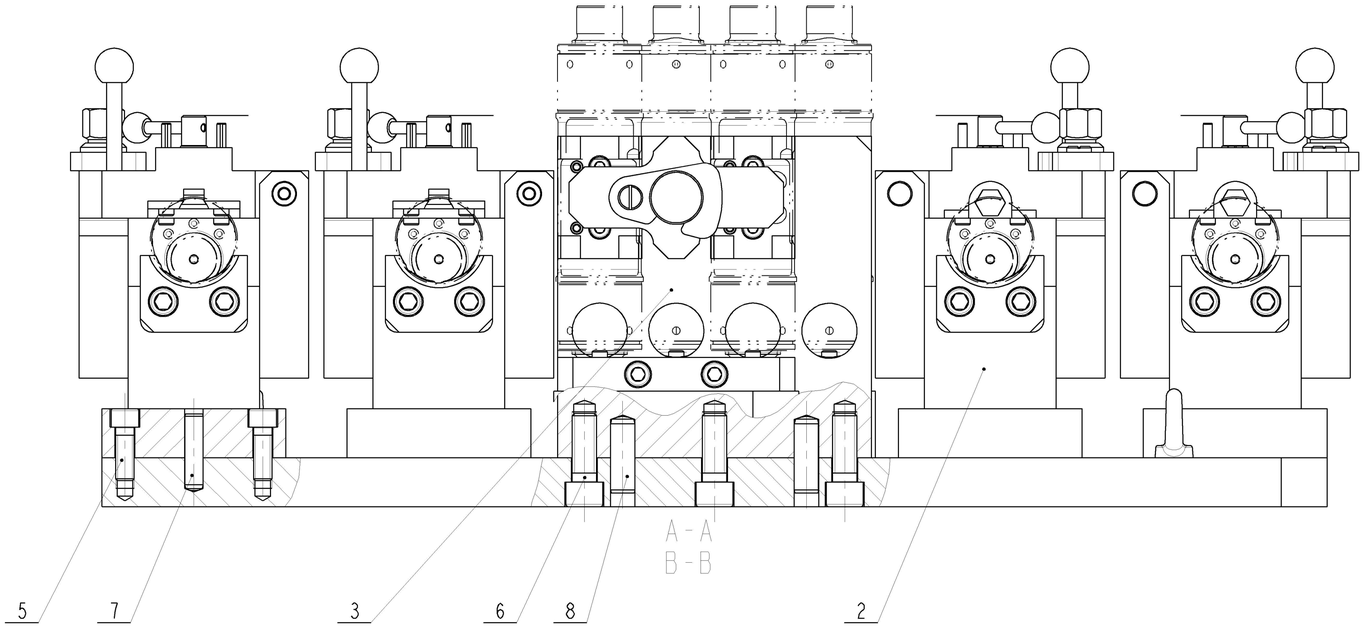
	Date	Name
Creat.		
Check.		
Rel.		
		Pro/ENGINEER

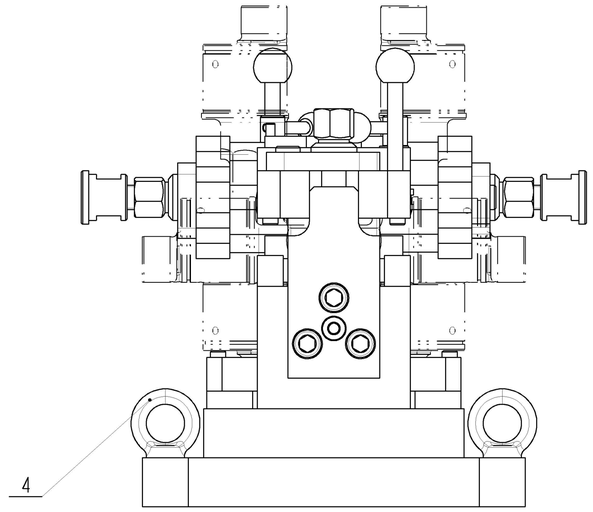
KÉSZÜLÉK_I.FF

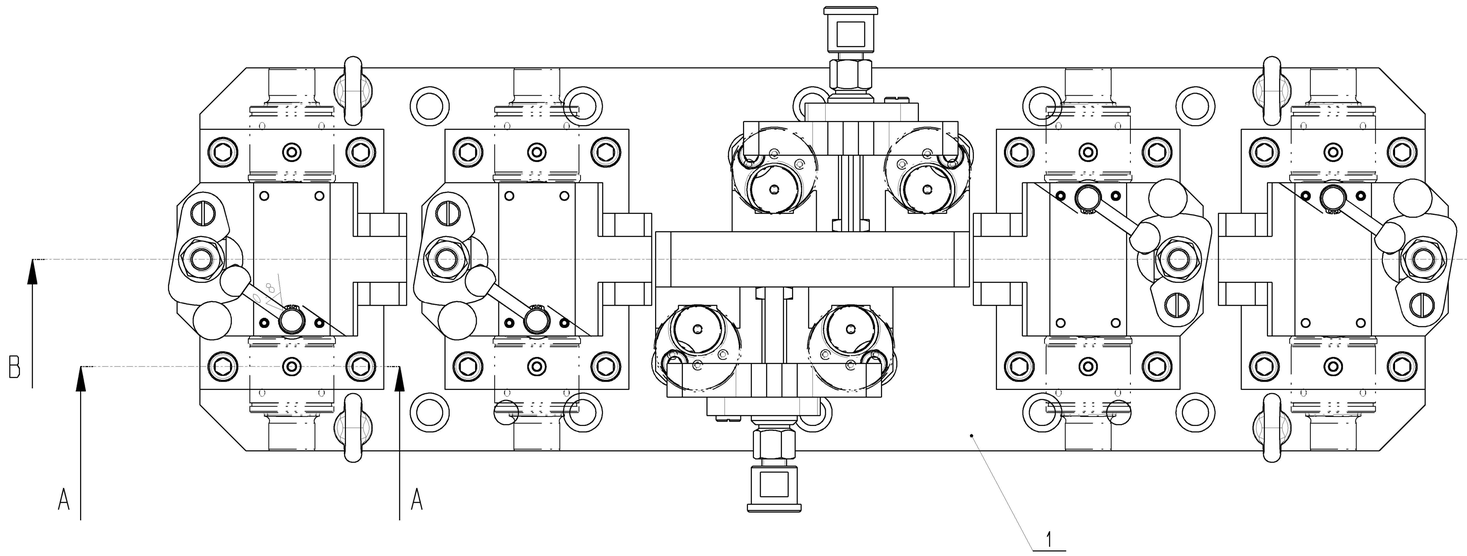
Sheet 1

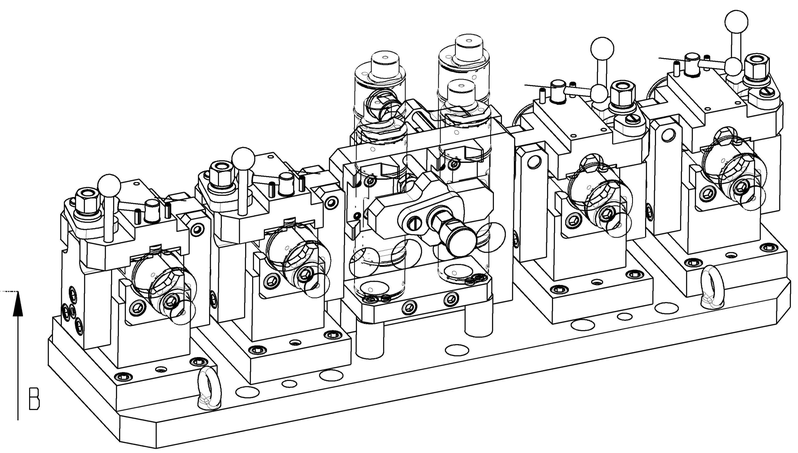
HU 1 Sh.

Rev.	Change	Date	Name	Origin	Supers.	Sup. by
0						









3:10

Teil	BM-Nr.	Benennung | Zusatztext | Nennmass	Stck.	Werkstoff	Rohmaß	Bemerkung
8		ZYLINDERSTIFT m.G. | nlm03325-16x50 |	2	.	∅16x50	Norelem
7		ZYLINDERSTIFT m.G. | nlm03325-12x50 |	8	.	∅12x50	Norelem
6		ZYLINDERSCHRAUBE | ISO4762 | M16X45	3			
5		ZYLINDERSCHRAUBE | ISO4762 | M12X35	16			
4	.....	RINGSCHRAUBE | DIN580-10 | DIN580-M10	4	C15	M10	-
3	.....	Készülékelem_III.ff | ..... | -	1			
2	.....	Készülékelem_II.ff | ..... | -	4			
1	.....	Alaplap | ..... |	1	Fe275B	32x250x800	

Suitable for:

Unspec. Tolerances

Surf. fin.

Edition

Date

Scale 1:2 | Weight 165.573 kg

Made from

	Date	Name
Creat.	.....	
Check.		
Rel.		
.....		Pro/ENGINEER

KÉSZÜLÉK

-

-

....

Sheet 1

HU 1 Sh.

Rev.	Change	Date	Name	Origin	Supers.	Sup. by