



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Konfigurálható célgép tervezése kézi menetmetsző hajtóvashoz



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Hegymegi Richárd
Szakdolgozat száma: SZD22052513069712
Törzskönyvi száma: T009858/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

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

A dolgozat címe: Konfigurálható célgép tervezése kézi menetmetsző hajtóvashoz

A dolgozat címe angolul: Designing customizable machinery for manufacturing die stock

A feladat részletezése:

1. Röviden mutassa be és ismertesse a megoldandó feladatot!
2. Végezzen kutatást a szakirodalomban a megoldandó feladattal kapcsolatban!
3. Mutassa be és dokumentálja a jelenlegi megoldást a feladaton keresztül!
4. Készítse el a megoldás tervezetét, javasoljon megfelelő eljárást és dokumentálja a megoldást!
5. Foglalja össze az eredményeket, hasonlítsa össze a régi és a javasolt megoldást, fogalmazzon meg további fejlesztési javaslatokat!

Intézményi konzulens neve: Dr. Czifra György

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

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 21.

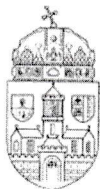


Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találok.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022.12.05

.....
Megyemegyi Richard
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Feladat ismertetése.....	7
2.	Szakirodalom elemző feldolgozása	9
2.1	Gyártás során figyelembe vett szempontok	9
2.1.1	Minőség	9
2.1.2	Költség.....	12
2.1.3	Idő.....	13
2.2	Gyártási eljárások csoportosítása tömegszerűség és rugalmasság alapján	13
2.3	CNC technológia rövid bemutatása	15
2.3.1	A technológia történelme.....	15
2.3.2	A CNC technológia tulajdonságai	15
2.3.3	A technológiával járó előnyök.....	15
2.3.4	A technológiával járó hátrányok.....	15
2.4	Célgép technológia bemutatása.....	16
2.4.1	Bevezetés a célgépek technológiájába.....	16
2.4.2	A célgépek léptető mechanizmusai.....	16
2.4.3	A célgépek fajtái	17
2.4.4	A célgépek irányítása.....	18
3.	Jelenlegi megoldás bemutatása.....	20
3.1	A munkadarab ismertetése	20
3.2	Az előgyártmány ismertetése	21
3.3	Elvégzendő műveletek meghatározása	23
3.4	Felületkomplexumokra bontás	24
3.4.1	Kötelező sorosodások	24
3.4.2	Komplexumokon belüli párhuzamosítás	24
3.4.3	Komplexumokon közötti párhuzamosítás	24
3.4.4	Lehetséges idő kiosztások.....	24
3.5	Forgácsolási paraméterek meghatározása.....	25
3.5.1	Felhasznált jelölések és mértékegységek.....	25
3.5.2	Felhasznált képletek, összefüggések és kapott adatok.....	26

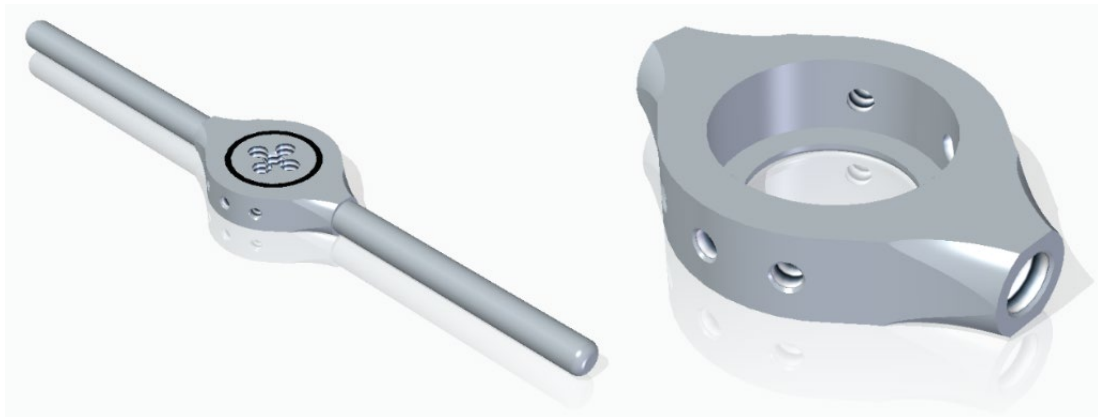
3.6	Ütemidő elemzés	27
3.7	Főidők, mellékidők, szerszám által megtett távolság.....	28
3.8	Választott szerszámok és befogók	29
3.9	Felfogások számának meghatározása	30
3.9.1	Altalános elgondolások.....	30
3.9.2	Első felfogás	30
3.9.3	Második felfogás.....	31
3.10	CNC gép választásának szempontjai.....	32
3.10.1	Tengelyek száma.....	32
3.10.2	Fordulatszám, igénybevételek, teljesítmény	33
3.10.3	Választott berendezés	33
4.	Javasolt megoldás bemutatása	34
4.1	A munkadarab, az előgyártmány és az elvégzendő műveletek ismertetése.....	34
4.2	Munkadarab orientáció.....	35
4.3	Nehezen hozzáférhető furatok megmunkálása.....	36
4.3.1	A-verzió: Suhner rugalmas tengely alkalmazása.....	36
4.3.2	B-verzió: Az egymással szemben elhelyezkedő furatok egy fűrésszel való kialakítása	37
4.3.3	C-verzió: A készülék elforgatás.....	37
4.4	Forgácsolási paraméterek meghatározása.....	38
4.5	Ütemidő elemzés	39
4.6	Sorrendterv variációk	40
4.6.1	Megmunkálási sorrend terv, A-verzió	40
4.6.2	Megmunkálási sorrend terv, B-verzió	41
4.6.3	Megmunkálási sorrend terv, C-verzió	42
4.6.4	Választás	43
4.7	Körasztal	44
4.7.1	Körasztal funkciója, méreteinek meghatározása	44
4.7.2	Szilárdságtani elgondolások	44
4.7.3	Asztalon fellépő erők és nyomatékok ismertetése.....	44
4.7.4	Erők összegzése	45
4.7.5	Csavaró nyomatékok összegzése	46

4.7.6	Hajlító nyomatékok összegzése	47
4.7.7	Súlyerők meghatározása	47
4.7.8	Nyomaték meghatározása	48
4.7.9	Körasztal megfelelőségének vizsgálata	49
4.8	Vendégasztal	50
4.9	Választott aggregát egységek, adatlapok és asztalok	51
4.10	A megmunkáláshoz szükséges kiegészítő elemek	52
4.10.1	BBK/ BBG szerszámtörést érzékelő detektor	52
4.10.2	LUB 25 kenést biztosító rendszer	53
4.10.3	Rugós persely	54
4.11	Készülékek	55
4.11.1	Készülékkel kapcsolatos általános elvárások	55
4.11.2	Készülék, A-verzió	56
4.11.3	Készülék, B-verzió	57
4.11.4	Készülék mozgatása, szorítása	59
4.12	Állványzat	60
4.13	A választott manipulátor	61
4.14	Összeállítás	62
5.	Az eredmények összefoglalása	63
6.	Summary	65
7.	Irodalomjegyzék	67
7.1	Felhasznált szabványok	67
7.2	Felhasznált szoftver	67
7.3	Felhasznált források	67
8.	Mellékletek	69

1. Feladat ismertetése

A dolgozat témája egy kézi menetmetszőhöz tartozó, CSN 1520 ELKO 38-as (1. ábra) típusú hajtóvas gyártása, célgép segítségével. A dolgozat alapjául szolgáló szerszám nagyságrendileg 30 éves lehet, emiatt műszaki leírás vagy bármilyen más műszaki dokumentum nem állt rendelkezésre, így az alkatrész valós gyártástechnológiája és a feltételezett technológia között lehetnek eltérések.

Azt feltételezzük, hogy az alkatrész eredetileg CNC megmunkálással készült, ezt szeretnénk kiváltani egy célgéppel. Alapvetően mindkét eljárás által elkészíthető a kívánt alkatrész, a döntés, hogy melyik kerül megvalósításra elsősorban a kívánt darabszámtól függ. A CNC megmunkálás kisebb darabszámnál gazdaságos, míg a célgéppel történő tömeggyártás nagyobb darabszámnál célravezető.



1. ábra. A munkadarab CAD-modellje

A gyártási eljárással kapcsolatban megfogalmazott követelmények, célok:

- termelékenység növelése;
- a tervezett berendezés legyen helytakarékos;
- a forgácsolási paraméterek kerüljenek úgy megválasztásra, hogy az órában kifejezett várható szerszám élettartamok, négy vagy annak többszörösei legyenek, ezzel megkönnyítve és praktikussá téve a szerszámcserék időzítését.

A feladat során megfontolt elgondolások a teljesség igénye nélkül:

- kívánt anyagminőség;
- kívánt darabszám;
- előgyártmány gyártási módja;
- előgyártmány méretei kialakítása;
- kívánt tűrések/illesztések;
- előgyártmány orientációja;
- különböző készülék kialakítások;
- szerszámválasztás;
- megmunkálási sebességek, szerszám élettartamok;
- aggregátegységek választása;
- körasztal és vendégasztal választás;

2. Szakirodalom elemző feldolgozása

2.1 Gyártás során figyelembe vett szempontok

2.1.1 Minőség

A gyártási eljárás által elkészített alkatrész minőségét többféleképpen lehet megbecsülni. Jelen esetben a minőséget két szempontból fogom vizsgálni, a szabványos ISO tűrésrendszer szempontjából, illetve minőségbiztosítási szempontból.

A becslés egyik lehetséges módja a szabványos (ISO) tűrésrendszer, amelynek létrejöttét az alkatrészek cserélhetősége és a gazdaságos tömeggyártás tették szükségessé. Célja a tűrések egy rendszerbe foglalása és szabványosítása, kidolgozó pedig a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Organization for Standardization). A rendszer úgy került felépítésre, hogy az figyelembe veszi a névleges méret nagyságát, az alkalmazott technológiát, valamint számol a mért méret mérhetőségével. (1. táblázat). A tűréstényező (jelölése: i vagy I) fejezi ki a mérettől és a mérhetőségtől való függést. [1]

A tűréstényező értéke, ha $D \leq 500$ mm [1]:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 D [\mu\text{m}] \quad (1.1)$$

A tűréstényező értéke, ha $500 < D \leq 3150$ mm [1]:

$$i = 0,004 D + 2,1 [\mu\text{m}] \quad (1.2)$$

ahol: D : a névleges méret [mm]

i : tűréstényező [-]

1.táblázat: Szabványos ISO tűrésrendszer [1]

Minőség	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Minőségi tényező: q	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000
Felhasználás	Illesztésekhez							Nem csatlakozó méretekhez				
Mégmunká- lási mód	Köszö- rtülés	Esztergálás						Húzás, hengerlés, mélyhúzás				
					Üregelés		Gyalulás, vésés					
					Marás							
				Dörzsölés			Fúrás				Vágás, kivágás	

A minőség vizsgálható továbbá, a minőségbiztosítás szempontjából. Dr Joseph Moses Juran, román származású amerikai mérnök szerint a minőségnek öt dimenziója van: Dizájn, megfelelőség, elérhetőség, biztonság, valamint a felhasználhatóság. A dizájn írja le, hogy az adott termék vagy szolgáltatás milyen funkciót lát el. A megfelelőség arról szól, hogy a tervezett és valós felhasználás mennyire feleltethető meg egymásnak. Az elérhetőség azt mutatja, hogy az eszköz mennyire alkalmas a használatra. A biztonság címszó alatt azt vizsgáljuk, hogy különböző kockázatok és veszélyek mennyire jelentkeznek a használat során. Felhasználhatóság dimenzió a csomagolás, tárolás és az eladás utáni szolgáltatások minőségét írja le. Röviden összefoglalva a minőség a használatra való alkalmasságot jelöli.

A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Organization for Standardization) szerint a minőség előírt értékek és meglévő karakterisztikák összehasonlításával. Ha a meglévő karakterisztikák megfelelnek minden előírt értéknek, akkor a termék kiváló minőségű. Amennyiben a karakterisztikák nem felelnek meg minden előírt értéknek, a termék rossz minőségű.

E szerint a definíció szerint a minőség relatív. Az ISO 9000 szabvány leírja, a minőség és az előírt értékek kapcsolatát. A szabvány szerint a minőség nem állhat önmagában, vákuumban, hanem mindig relatív, mindig előírásokhoz kell viszonyítani. [2]

A minőségnek a 9M modell szerint kilenc tényezője van (2. táblázat):

2.táblázat: A 9M-modell [2]

Piac (Market)	- Diktálja a követelményeket; - Itt történik meg az értékesítés. A piac igényeinek kielégítése jelenti a sikerességet és a profitot.
Pénz (Money)	- A rossz minőség csökkenti, a jó minőség növeli a bevételt; - A kutatás-fejlesztés pénzt igényel.
Menedzsment (Management)	- A menedzsment fel van hatalmazva módosítások végrehajtására; - A menedzsment elhivatottsága kiemelkedően fontos az alkalmazottak számára.
Munkavállalók (Men)	Megfelelő képességekkel, kellő motivációval, tapasztalattal és háttértudással rendelkező munkavállalók nagy hatással vannak a minőségre.
Gépek (Machinery)	Gyártórendszer elemei, amik segítségével a gyártás megtörténik.
Alapanyagok (Materials)	Az alapanyagok minősége alapjaiban határozza meg a késztermék minőségét. Amennyiben az alapanyagok minősége nem állandó, a késztermék minősége is változhat.
Motiváció (Motivation)	Az állandó elhivatottság alapfeltétele a megfelelő minőségnek.
Modern informatikai rendszerek (Modern information systems)	A gyártás során különböző paraméterek vizsgálatával nyomon lehet követni a

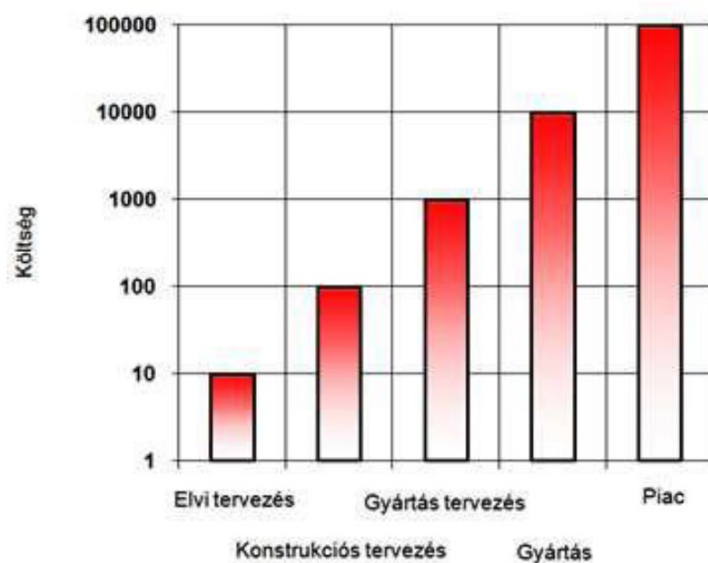
	minőséget. A megfigyelés és a vezérlés alapja a gyors információ gyűjtés és információfeldolgozás.
Kornak megfelelő termék követelmények	A képesség, hogy ma minőségi terméket tudunk gyártani, nem jelenti, hogy ezt a jövőben is meg fogjuk tudni tenni, hiszen a vevő igényei változhatnak, amit nyomon kell követni és alkalmazkodni.

2.1.2 Költség

A költség több tényezőből tevődik össze:

- tervezés költsége;
- üzembe helyezés költsége;
- alapanyag költség;
- gyártás költsége;
- amortizációs költség.

A költség függ a gyártás és tervezés során elkövetett hibáktól (2.ábra), amiknek kiszűrése elsődleges fontosságú. A hibák kijavításának várható költsége jelentősen nagyobb a gyártás és tervezés későbbi szakaszaiban. [3]



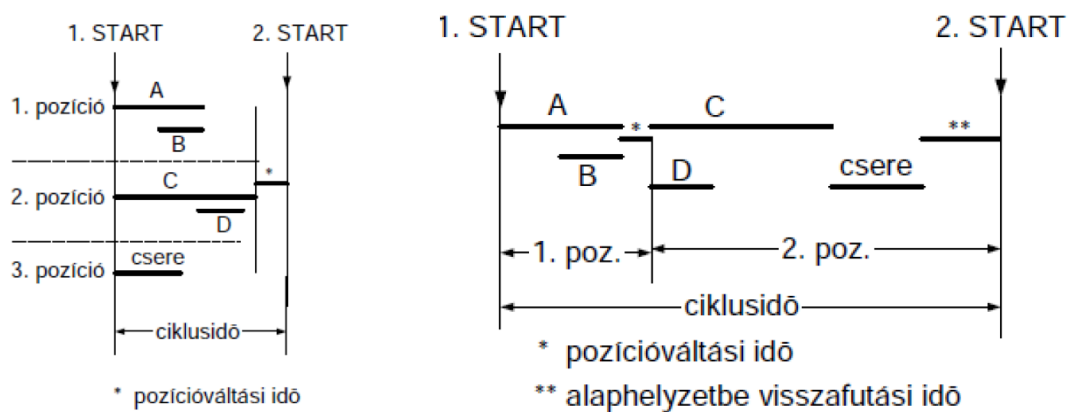
2. ábra. Egy átlagos tervezési hiba kijavításának költsége [3]

2.1.3 Idő

A termelékenység biztosításának érdekében, alapvető fontosságú a gyártási idő redukálása, ugyanakkor az egyes műveletek műveleti ideje nem csökkenthető tetszőleges mértékben, hiszen figyelembe kell venni a megmunkálás során ébredő erőket és nyomatékokat. Túl nagy igénybevétel esetén eltörhet a szerszám vagy tönkre mehet a mozgást végző aggregát. A szerszámélettartamot úgyszintén figyelembe kell venni gazdaságossági szempontból. A különböző megmunkálási eljárások időigénye ciklogrammok segítségével ábrázolható és optimalizálható:

Az időciklogramoknak két fajtája van (3. ábra), ezek:

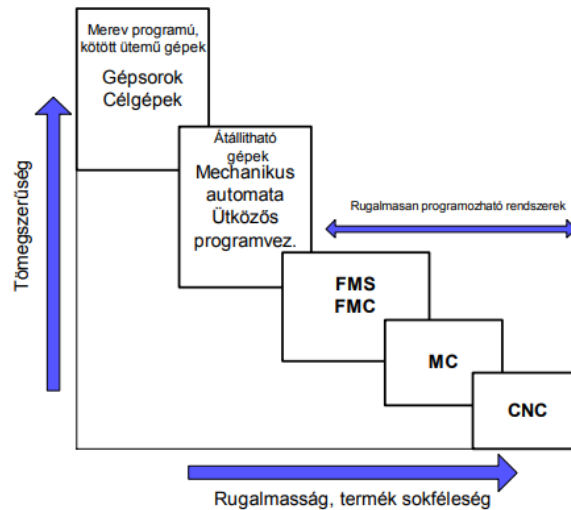
- párhuzamos időciklogram;
- soros időciklogram.



3. ábra. Példa egy célgép párhuzamos és soros időciklogrammjára [4]

2.2 Gyártási eljárások csoportosítása tömegszerűség és rugalmasság alapján

A gyártási eljárás meghatározásakor alapvető szempont a gyártandó munkadarabok száma, a munkadarab komplexitása, illetve az, hogy a munkadarab milyen anyagcsaládba tartozik, elvégre vannak anyagspecifikus gyártási eljárások, mint például a háromdimenziós nyomtatás. Ezen paraméterek kapcsolatát láthatjuk a következő ábrán (4. ábra). A legtöbb feladat több gyártási módszerrel is megoldható, ugyanakkor törekedni kell, hogy a feladat a lehető legegyszerűbb technológiával kerüljön elvégzésre.



4. ábra. Gyártástechnológia választása rugalmasság és tömegszerűség alapján [5]

Tömeggyártás esetén kötött programú, merev kötött ütemű gépsorokat és célgépeket gazdaságos alkalmazni. Ezek sajátossága, hogy költséghatékonyan, nagy tételszámban lehet velük gyártani. Hátrányuk a kis komplexitás, a nagy kezdeti beruházási költség, valamint a rugalmasság hiánya, ami miatt ez a módszer a piac változásainak lekövetésére nem alkalmas, így kiemelkedően fontos a vevői igények pontos felmérése.

Ennél rugalmasabbak az ütközős programvezérlésű gépek és a mechanikus autómáták. Ezek kis mértékben már állíthatók, de nem újra programozhatók szigorú értelemben.

A rugalmas gyártó rendszerek (Flexible Manufacturing System) és a rugalmas gyártócellák (Flexible Manufacturing Cell) sajátossága, hogy működésüket egy előre megírt program szabályozza, ami tartalmaz olyan bemenő információkat, mint a megmunkálandó alkatrész geometria vagy a felhasználandó technológia. Hatékonyan lehet vele lekövetni a vevői igények változását, gyakran alkalmazzák Just in time (JIT) gyártásszervezés esetében, ami nagyban csökkenti a raktározási költséget.

A megmunkáló központok (Manufacturing Cell) és a CNC (Computerized Numerical Control) szerszámgépek jellemzően kis darabszám és nagy komplexitás esetén használandók. Több művelet elvégzésére is felhasználhatók, mint például lemezalakítás, fúrás-marás és esztergálás. [5]

2.3 CNC technológia rövid bemutatása

2.3.1 A technológia történelme

Az NC technológia megjelenése a második világháború után 1948-1949-re tehető, amikor az Amerikai Egyesült Államok légierijének, új gyártórendszerre volt szüksége, amely bonyolult alkatrészeket olcsó és a konvencionális technológiáknál nagyobb pontossággal tudott előállítani, első sorban automatikus kontúr kivágó képek formájában. 1952-ben az MIT-vel (Massachusetts Institute of Technology) közösen készítették el az első prototípust. Az NC technológia három hullámban terjed el. A hatvanas években kezdetben az űrkutatás számára gyártottak alkatrészeket NC technológiával. A hetvenes és nyolcvanas években jelent meg a második hullám, egyidőben a CAD, CNC és CAM/CAM szoftverek elterjedésével. A kilencvenes években a személyi számítógépek elterjedésével, a technológia még inkább elterjedt. [6]

2.3.2 A CNC technológia tulajdonságai

- a programbevitel számítógéppel történik;
- szabadon programozható, akár helyszínen is;
- az megmunkáló programok tárolhatóak;
- szimuláció.

2.3.3 A technológiával járó előnyök

- nagy komplexitású alkatrészek is gyárthatóak;
- gyors termelés, rövid mellékidővel;
- konzisztens minőség;
- a felfogások száma csökkenthető;
- rendszerbe szervezhetőség;
- nagyobb mértékű tervezési szabadság lehetséges.

2.3.4 A technológiával járó hátrányok

- képzettebb személyzet szükséges az üzemeltetéshez;
- nagy pontosságú előgyártmány szükséges, ami növeli a költséget;
- nagy beruházási költség és fenntartási költség. [7]

2.4 Célgép technológia bemutatása

2.4.1 Bevezetés a célgépek technológiájába

A célgépek olyan gépek, amely egy adott alkatrész gyártására alkalmasak, ezért az egyes gépek kis mennyiségben vannak jelen, mint multifunkciós berendezések, mint CNC gépek. Ennek megfelelően, a tervezésük is eltér a nagy mennyiségben gyártott gyártóberendezésektől.

A célgépek mozgás szempontjából két csoportba oszthatóak. Az első csoportban olyan gépek vannak, amik esetében a munkadarab egyhelyben áll. Ebben az esetben egy vagy több műveletet is elvégezhet a célgép. A második esetben a munkadarab a mozgást végez. Ez a mozgás lehet folyamatos, (például porszórás vagy fényezés) vagy szakaszos. Utóbbi az elterjedtebb, különösen a rotációs szakaszos gyártóberendezések alkalmazása gyakori.

Az ilyen gépek központja a vendégasztal, amelynek a szélére kerülnek az előgyártmányokat tartó készülékek. A vendégasztalt az alá illesztett mozgató mechanizmus, a körasztal mozgatja. A körasztal általában függőleges tengelye körül forog. A forgás végig szabályozott, tehát a gyorsulás, a lassulás és a pontosság, amivel felveszi az új pozíciót is kiemelkedően fontos.

Az körasztal egy állványzaton áll, aminek szélén találhatóak, stacionárius helyzetben az aktuátorok, amik összehangolt mozgásukkal alakítják ki a munkadarabot. A szerszámok előtoló mozgását az aktuátor vagy szükség esetén előtoló asztal végzi. A forgó mozgás biztosítása az aktuátor feladata. Minden szerszámnak be kell fejeznie a megmunkálást és az aktuátoroknak vissza kell húznia ezeket, mielőtt az asztal fordulni kezd. Ugyanígy az asztalnak is be kell fejeznie a forgó mozgást és nagy pontossággal megállnia a következő helyzetben, mielőtt az aktuátorok megkezdik a szerszámok megfelelő pozícióba mozgását. [8]

2.4.2 A célgépek léptető mechanizmusai

Számtalan léptető mechanizmus elérhető, a választást mindig az adott feladat sajátosságaihoz kell igazítani. Különböző léptetés használandó mélyhúzásnál,

fűrőgépeknél és más célgépeknél. Választásnál figyelembe vet szempontok a pozíciók száma, a léptetés megkívánt minimum sebessége.

Hidraulikai elven működik, és racsní mechanizmust használ, tehát a forgás az egyik irányban gátolt. Egy munkahenger mozgatja a fogaskerék-fogasléc összeállítást, ami kapcsolatban áll a fogaskerékkel, ami az asztal forgatását végzi. Tehát a cylinder egyenes vonalú mozgatása forgatja az asztalt egy előre meghatározott mennyiséggel, egészen a következő pozícióig.

A fogasléc összeállításban a fogaskerékhez két darab egymással párhuzamos fogasléc kapcsolódik a kerék két külön oldalán. Egyszerre egy fogasléc kapcsolódik a fogaskerékhez. Egy másik, megfelelően elhelyezett munkahengerrel, megoldható, hogy bármelyik, de egyszerre csak egy lécc mozgassa a fogaskereket. Így a lécc előre és hátra mozgása is egyaránt alkalmazható a kerék egy bizonyos irányba való forgásához. [8]

2.4.3 A célgépek fajtái

Általánosságban véve elmondható, hogy forgó elrendezésű berendezéseket használunk kisebb alkatrészek gyártásához. Az előgyártmányok készülékekben vannak rögzítve, amiknek oldása és szorítása hidraulikus módon történik. Biztonsági okokból az indítás, két egymástól távol elhelyezkedő gomb egyszerre történő megnyomásával történik. A mellékmozgások jellemzően rövidek, gyorsak, és paramétereik precízen meg vannak választva a fölösleges tartózkodási időt minimalizálva, a termelékenység maximalizálásának érdekében.

Nagyobb méretű munkadarabok előállításához lineáris mozgatást használunk. Ebben az esetben az előgyártmányok és az ezeket rögzítő készülékek egyenes síneken haladnak előre, a különböző megmunkáló állomások között.

Néhány gyártó, készít moduláris elemeket, amiből szükség szerint összeállítható a feladat elvégzésére szolgáló berendezés. Ilyenek például a multidrill fejek, amik egyszerre két

vagy párhuzamos, hasonló átmérőjű, illetve mélységű furat egy időben történő elkészítésére alkalmasak.

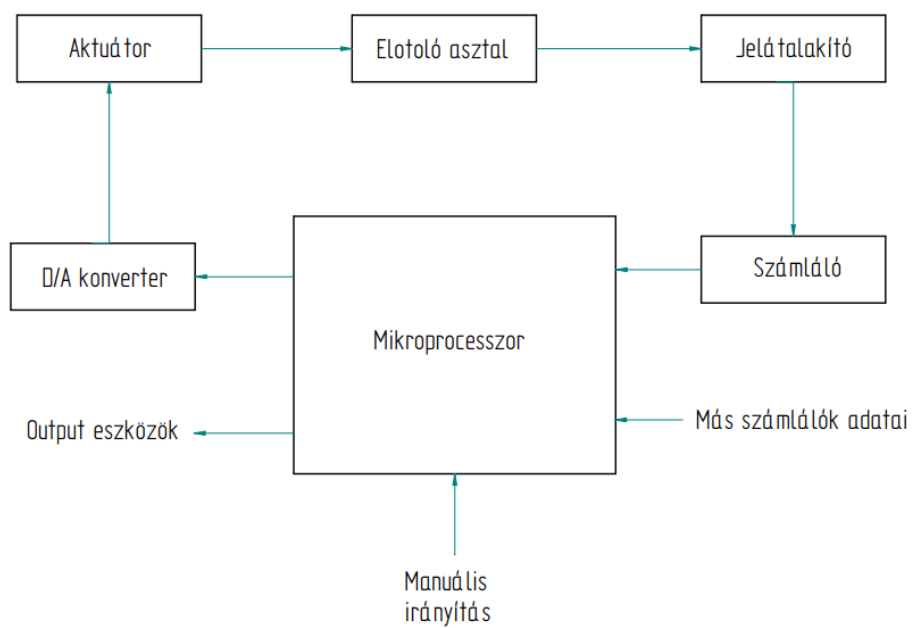
Számtalan egyéb szabványosított elem áll rendelkezésre, amik tetszőlegesen beépíthetők bármilyen célgépbe. Ilyenek például a hűtőfolyadék csövek, szerszámtartók, előtoló asztalok, körasztalok, manipulátorok stb. .

Minden mozgásért és rögzítésért felelős eszköz jellemzően hidraulikus berendezés. [8]

2.4.4 A célgépek irányítása

A célgépek kis mennyiségben készülnek, speciálisan egy adott munkadarab gyártásához. Több különböző munkadarabon több szerszám dolgozik egy időben, így a szerszámok egymástól független, precíz irányítása elengedhetetlen, ami NC és CNC gépek során fel nem merülő probléma.

A fő irányító panelen az eszközök pozíciója és azok sebessége egymástól függetlenül kerülnek vezérlésre. A fő irányító panel az interface a felhasználó és a gép között. A programozási és irányítási rendszer moduláris, tehát könnyen programozható az aktuális feladatra. Az egyes paraméterek a program megírása után kerülnek megadásra. A programozás elvégezhető a helyszínen, nyomógombok segítségével. A programozást előre elkészített alprogramok segítik. Az irányítás blokk diagrammja látható az alábbi ábrán (5. ábra). A pontos pozíciót forgó vagy lineárisan inkrementáló jelátalakító állapítja meg, például egy rezolver. [8]



5. ábra. Irányítás blokk diagrammja [8]

3. Jelenlegi megoldás bemutatása

3.1 A munkadarab ismertetése

- Munkadarab elnevezése: CSN 1520 ELKO 38;
- Befoglaló méretek: $\varnothing 55 \times 80 \times 16$ mm;
- Anyag: C45;
- Általános felületi érdesség: $Ra=3,2 \mu\text{m}$;
- Lokális felületi érdesség: $\varnothing 40$ mm-es H7-es furat esetében $Ra=1,6 \mu\text{m}$.

A munkadarabot kialakítása a következő ábrán látható: (1. ábra)

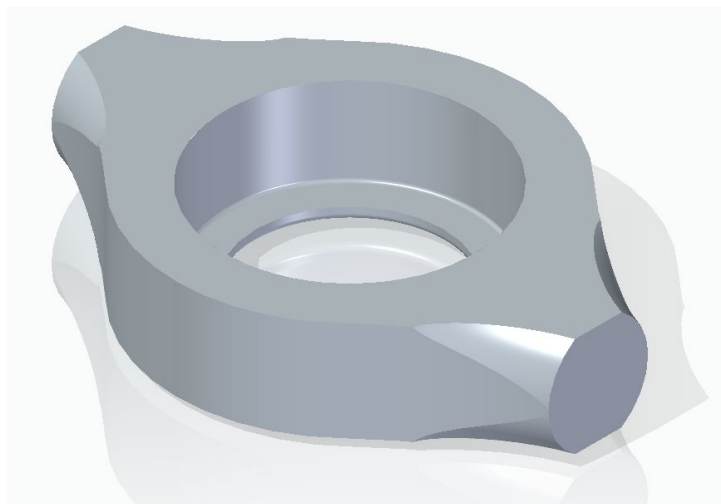


1. ábra. A munkadarab CAD-modellje

1. sz. melléklet: Az alkatrész műhelyrajza.

3.2 Az előgyártmány ismertetése

Az előgyártmány kialakítása a következő ábrán látható: (6. ábra)



6. ábra. Az előgyártmány CAD-modellje

- Befoglaló méretek: $\varnothing 55 \times 80 \times 16$ mm;
- Általános felületi érdesség: $Ra = 3,2 \mu m$;
- Lokális felületi érdesség: $\varnothing 40$ mm-es H7-es furat esetében $Ra = 1,6 \mu m$.
- Választott anyag: C45-ös ötvöztelen szénacél. A kézi menetmetsző használata során csavaró és nyíró igénybevételek fognak ébredni. Az ébredő igénybevételek nagysága a menetmetszést végző személy erejétől függ, de általánosságban elmondható, hogy nagyságrendjét tekintve ezek kis igénybevételek, így magas széntartalom vagy különleges hőkezelés nem szükséges. A költséghatékonyság érdekében közönséges C45 a célszerűen választott anyag;
- Technológia: Az előgyártmány öntéssel készül, a $\varnothing 39$ mm átmérőjű átmenő furat esztergálással készül, 1 mm ráhagyással, ezt fogjuk a továbbiakban $\varnothing 40$ mm-re csökkentetni és a H7-es tűrést kialakítani. A nagy pontosságra azért van szükség, hogy a menetmetsző betét pontosan tudjon ebbe a furatba illeszkedni;
- A kémiai összetételt az alábbi táblázat (3. táblázat) tartalmazza.
- A fizikai összetételt az alábbi táblázat (4. táblázat) tartalmazza.

3. táblázat: A C45-ös acél kémiai összetétele [9]

	Ci	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cr+Mo+Ni
Min	0,42		0,50						
Max	0,50	0,40	0,80	0,045	0,045	0,4	0,4	0,1	0,63

4. táblázat: A C45-ös acél fizikai tulajdonságai [9]

Fajlagos ütőmunka:	15 KV
Folyáshatár:	430/mm ²
Szakítószilárdság:	650N/mm ²
Nyúlás:	16%
Keménység:	207 HB

2. sz. melléklet: Az előgyártmány műhelyrajza.

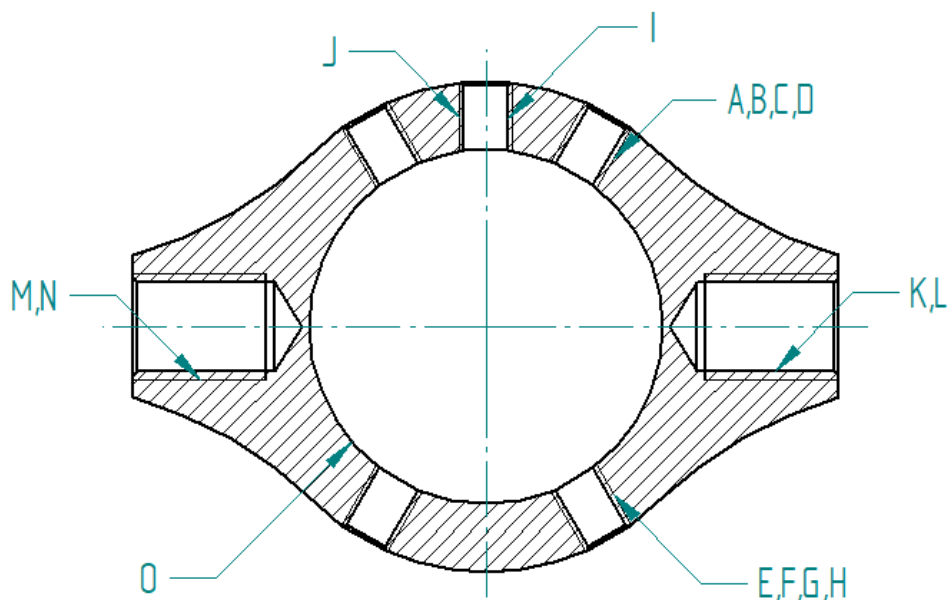
3.3 Elvégzendő műveletek meghatározása

Az alkatrész kialakításához elvégzendő műveleteket a következő táblázat tartalmazza. (5. táblázat). A felületek jelölést a következő ábra mutatja be. (7. ábra)

5.táblázat. Elvégzendő műveletek, megmunkálendő felületek

Sorszám	Jelölés	Művelet	Méret	Mennyiség
1.	-	Készülékbe helyezés	-	-
2.	A, B, C, D	Fúrás	ø5 mm	4 db
3.	E, F, G, H	Menetfúrás	M6	4 db
4.	I	Fúrás	ø5 mm	1 db
5.	K	Menetfúrás	M6	1 db
6.	K, L	Fúrás	ø10 mm	2 db
7.	M, N	Menetfúrás	M12	2 db
8.	O	Kiesztergálás	40 H7	1 db
9.	-	Forgácseltávolítás	-	-
10.	-	Készülékből kivétel	-	-

Megjegyzés: A menetmetsző bélyeget öt csavar tartja a helyén, ebből négy darab pozíciónál, egy pedig a végleges helyére szorítja a bélyeget. Az ötödik furat a másik négytől külön kerül megmunkálásra. Ennek oka, hogy a másik négy furat egymástól kell távolságban van, hogy egyszerre kerüljenek megmunkálásra, de ez az ötödik furat túl közel van két másik furathoz az egy időben történő biztonságos megmunkáláshoz.



7.ábra: elvégzendő műveletek, megmunkálendő felületek

3.4 Felületkomplexumokra bontás

3.4.1 Kötelező sorosodások

$A \Rightarrow E$
 $B \Rightarrow F$
 $C \Rightarrow G$
 $D \Rightarrow H$

$I \Rightarrow J$
 $K \Rightarrow M$
 $L \Rightarrow N$
 $A\text{-től } H\text{-ig} \Rightarrow O$

Megjegyzés: A menetvágásoknak mindig fúrás után kell következnie. A kiesztergálásnak mindenképpen az A-D fúrások és az E-H menetvágások után kell következnie.

3.4.2 Komplexumokon belüli párhuzamosítás

Nincsen.

3.4.3 Komplexumokon közötti párhuzamosítás

$A \parallel E$

$I \parallel J$

$B \parallel F$

$K \parallel M$

$C \parallel G$

$L \parallel N$

$D \parallel H$

3.4.4 Lehetséges idő kiosztások

$A, B, C, D, I \Rightarrow E, F, G, H, J \Rightarrow K, N \Rightarrow M, L \Rightarrow O$

$A, B, C, D, I \Rightarrow E, F, G, H, J \Rightarrow K, N \Rightarrow O \Rightarrow M, L$

$A, B, C, D, I \Rightarrow E, F, G, H, J \Rightarrow O \Rightarrow K, N \Rightarrow M, L$

$A, B, C, D, I \Rightarrow K, N \Rightarrow M, L \Rightarrow E, F, G, H, J \Rightarrow O$

$A, B, C, D, I \Rightarrow K, N \Rightarrow E, F, G, H, J \Rightarrow M, L \Rightarrow O$

$K, N \Rightarrow M, L \Rightarrow A, B, C, D, I \Rightarrow E, F, G, H, J \Rightarrow O$

$K, N \Rightarrow A, B, C, D, I \Rightarrow M, L \Rightarrow E, F, G, H, J \Rightarrow O$

3.5 Forgácsolási paraméterek meghatározása

3.5.1 Felhasznált jelölések és mértékegységek

A forgácsolási számítások során felhasznált jelöléseket a következő táblázat tartalmazza.

(6. táblázat)

6.táblázat. Számolás során felhasznált jelölések és mértékegységek

Jelölés	Jelentés	Mértékegység
L	Megmunkálás hossza	mm
D	Megmunkálási átmérő	mm
n	Fordulatszám	1/min
f	Előtolás	mm/min
f_c	Fordulatonkénti előtolás	mm/ford
v_c	Vágó sebesség	m/min
$t_{fő}$	Főidő	s
v_{gy}	Gyorsjárat sebesség	m/min
s_{lm}	Lassú megközelítés	mm
$s_{túl}$	Túlfutás	mm
s_{gy}	Gyorsjárat távolság	mm
t_m	Mellékidő	s
t_{teljes}	Teljes idő	s
F_c	Forgácsolási erő	N
M_c	Nyomaték	Nm
κ	Szerszám csúcshégyesszöge	°
$t_{élet}$	Szerszám élettartama	min
k_c	Kienzle-konstans	N/mm^2
P	Teljesítmény	W

3.5.2 Felhasznált képletek, összefüggések és kapott adatok

$$f_e = \frac{f}{n} \left[\frac{mm}{ford} \right] \quad (3.1)$$

$$v_c = \frac{D\pi n}{1000} \left[\frac{m}{min} \right] \quad (3.2)$$

$$t_{f\ddot{o}} = \frac{60*L}{f} [s] \quad (3.1)$$

$$t_m = \frac{60*2*(S_{lm}+S_{t\ddot{u}l})}{1000*f} + \frac{60*2*S_{gym}}{1000*v_{gy}} [s] \quad (3.3)$$

$$t_{teljes} = t_{f\ddot{o}} + t_m [s] \quad (3.1)$$

$$F_e = \frac{k_c * D * f_e * \sin \kappa}{4} [N] \quad (3.4)$$

$$P = \frac{f_e * v_c * D * k_c}{8000} [W] \quad (3.5)$$

$$M_c = \frac{f_e * f_e * v_c * D * k_c}{24000} [Nm] \quad (3.6)$$

7.táblázat. Forgácsolási paraméterek – CNC megmunkálás esetén

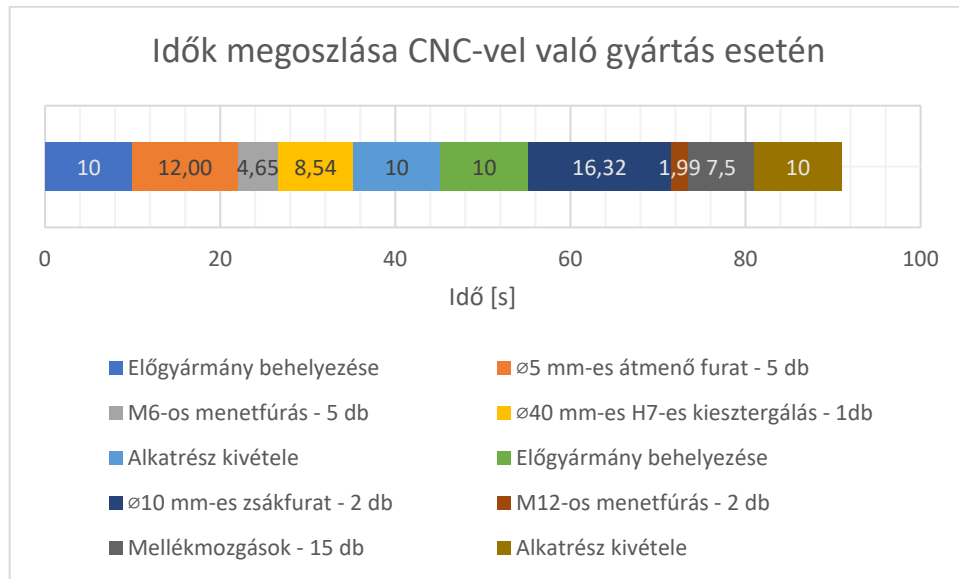
Művelet	Dszerszám [mm]	n [1/min]	f [mm/min]	v _c [m/min]	t _{teljes} [s]	Szerszámcseré szükséges [perc]
Átmenő furat	ø5 mm	3000	125	47,10	3,60	25
Menetfűrés	M6	500	500	9,42	2,13	45
Zsákfurat	ø10 mm	3000	125	103,62	9,36	20
Menetfűrés	M12	500	875	18,84	2,19	25
Kiesztergálás	-	1500	97	188,40	9,74	15

Megjegyzések:

- A táblázat (7. táblázat) egy kivonat a részletes forgácsolási számításból, aminek célja a legfontosabb adatok kiemelése. A mellékletben található a részletes számítás.
- Ahol lehetséges, a számolás manuálisan történt. Egyes erők, nyomatékok és a szerszám élettartamok meghatározása Sandvik Coromant program segítségével történt, így a valóságtól eltérhetnek.

3. sz. melléklet: Forgácsolási számítások, CNC megmunkálás esetén, részletes számítás

3.6 Ütemidő elemzés



8. ábra. Idők megoszlása CNC-vel való gyártás esetén

CNC-vel való gyártás esetén az egyes műveletek egymás után kerülnek elvégzésre, ezért a ciklusidő, ami alatt egy alkatrész elkészül, az egyes részeit összegeként adódik. Jelen esetben az alkatrész gyártása 91 másodperc alatt megy végbe, mint az az ábrán látható (8. ábra)

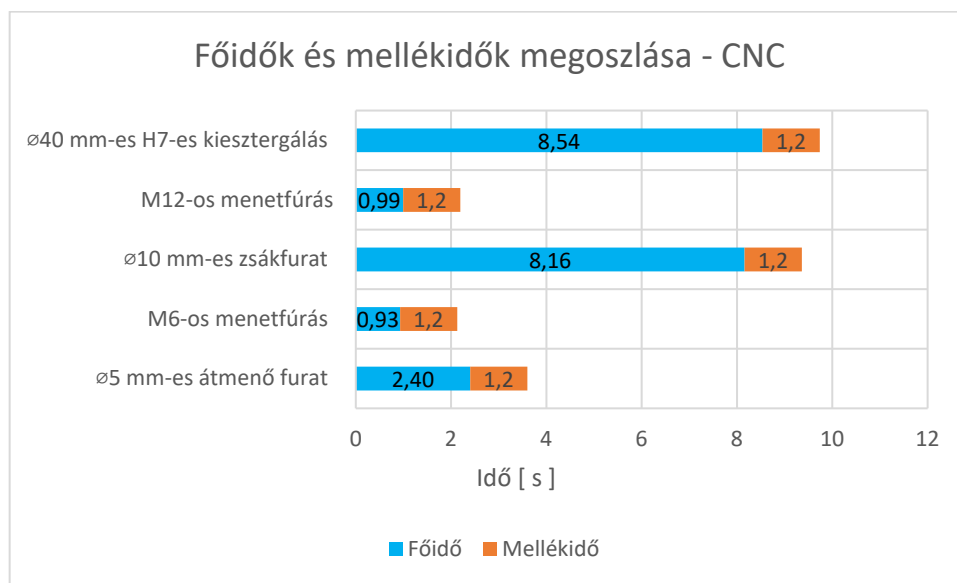
Az ábrából kiderül, hogy a leghosszabb folyamat a két darab zsákfurat elkészítése. A termelékenység növelhető lenne, ha ezt a folyamatot gyorsítani tudnánk, az előtolás sebességének növelésével. Szintén jó megoldás lenne, ha egy komplexebb gép választásával növelnénk az egyszerre dolgozó tengelyek számát, ezáltal egyes műveletek egy időben lennének kivitelezve.

A számolás során azt feltételeztük, hogy a munkadarab két felfogással fog készülni. Ennek az indoklását 3.9-es pont fogja ismertetni.

A mellékmozgásokra szánt idő nehezen becsülhető, függ a választott géptől. Műveletelemenként 0,5 másodperccnek becsültem. A ki-és behelyezés 10 másodperccnek lett becsülve, függ a cserét elvégző operátortól, tehát emberi tényezőtől.

3.7 Főidők, mellékidők, szerszám által megtett távolság

A következő ábrán (9. ábra) a főidők és mellékidők megoszlása látható. A mellékidők nagy mértékben függenek a berendezés kialakításától, így pontos értéket nehéz mondani. A leghosszabb művelet a várakozásnak megfelelően, kis előtolás miatt a kiesztergálás.



9. ábra. Főidők és mellékidők megoszlása, CNC-vel való megmunkálás esetén

3.8 Választott szerszámok és befogók

8.táblázat. Választott szerszámok, patronok és patron befogók

Művelet	Méret	Szükséges mennyiség	Szerszám	Kép	Rögzítés
Átmenő furat	ø5 mm	5 db	860.1-0500-015A1-GM X1BM	 <i>10. ábra: T1 [10]</i>	ER patron: 393.14-11 0600 Patron befogó: 392.41014-100 20 100
Menetfűrés	M6	5 db	T300-XM100DA-M6 B125	 <i>11. ábra: T2 [11]</i>	ER patron: 393.14-20 D080X063 Patron befogó: 392.41014-100 20 100
Zsákfurat	ø10 mm	2 db	Fúróhegy: 870-1000-6-MM 2334	 <i>12. ábra: T3 [12]</i>	Befogó szerszám: 870-1000-6LX063-3 Csatlakozó elem: C6-A391.23-15 065
Menetfűrés	M12	2 db	T300-XM101DA-M12 B125	 <i>13. ábra: T4 [13]</i>	ER patron: 393.14-20 D090X071 392.41014-100 20 100
Kiesztergálás	ø40 mm H7	1 db	Lapka: TR-DC1312-M 1125	 <i>12. ábra: T5 [14]</i>	Befogó szerszám: TR-SL-D13UCR-25 Csatlakozó elem: SL-2C 25 200

3.9 Felfogások számának meghatározása

3.9.1 Általános elgondolások

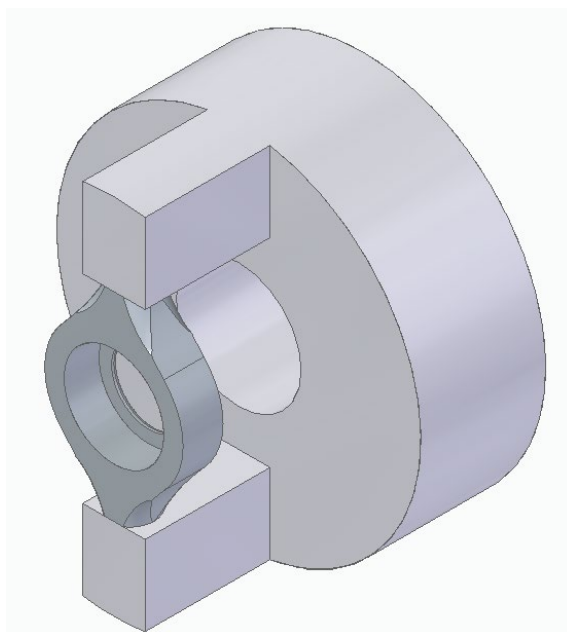
Általánosságban elmondható, hogy törekszünk a felfogások számának csökkentésére. Minden egyes új felfogás növeli a gyártás pontatlanságát, mivel a felfogás pontossága véges, ezen felül növeli a megmunkálási időt, ezzel csökkentve a termelékenységet.

A felfogások száma függ a munkadarab alakjától, az elvégzendő műveletektől, a tokmány típusától, de közre játszik a munkadarab mérete is.

Ebben az esetben a gyártandó alkatrész komplex alakja és kis mérete miatt az egy felfogással való megmunkálás nem kivitelezhető, a munkadarab két felfogásból készül. A felfogások sorrendje ebben az esetben nem cserélhető fel. Amennyiben a zsákfuratok készülnének el az első felfogásban, úgy a második felfogásban a kétpofás tokmány felfekvő felülete nem lenne kellően nagy.

3.9.2 Első felfogás

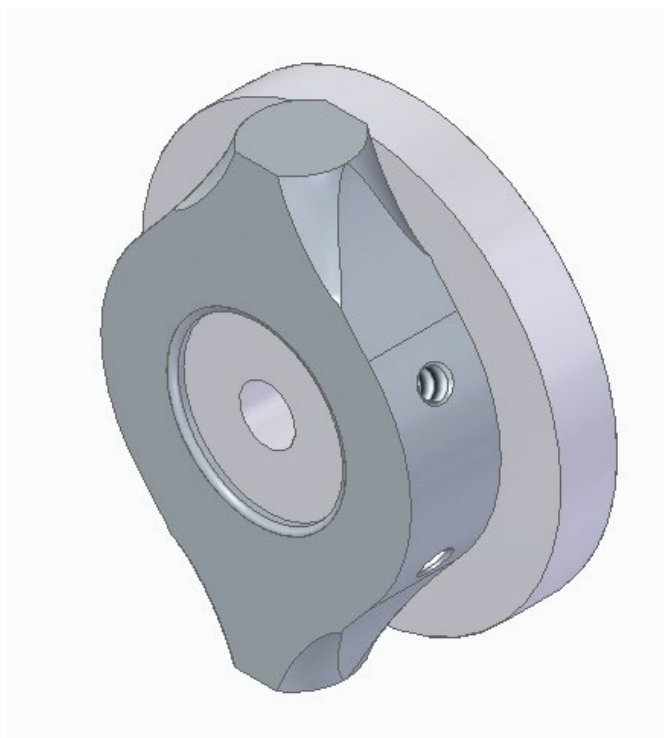
- Felfogás során elvégzendő műveletek:
 - 1) 5 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furatfúrása
 - 2) 5db M12-es menet elkészítése
 - 3) $\varnothing 40$ -es H7-es furat kiesztérigálása
- Sorrendterv variációk: A műveletek sorrendje nem cserélhető fel! A furatok fúrása meg kell, hogy előzze a menetek kialakítását. Az átmenő furatok elkészítése meg kell, hogy előzze a kiesztérigálást, különben a H7-es palástfelület sérülhet;
- Megfogás módja: közönséges kétpofás tokmány, mint azt az ábra mutatja (13. ábra);
- Megfogás helye: Az előgyártmány két véglapja;
- Mozgás: $\varnothing 39$ -es zsákfurat palástfelülete körüli elfordulás. A kiesztérigálás során a munkadarab az előírt fordulatszámmal forog. A másik két művelet esetében az előgyártmány áll, a forgás csak műveletek között pozicionál;
- Megjegyzés: A munkadarabot meg kell tisztítani a forgácstól, mielőtt újra felfogásba kerül.



13. ábra. Az első felfogásban elvégzett műveletek

3.9.3 Második felfogás

- Felfogás során elvégzendő műveletek:
 - 1) 2 db $\varnothing 10$ mm-es zsákfurat fúrása
 - 2) 2db M12-es menet elkészítése
- Sorrendterv variációk: A műveletek sorrendje nem cserélhető fel;
- Megfogás módja: közönséges hárompofás vagy négypofás tokmány, mint azt az ábra mutatja (14. ábra);
- Megfogás helye: $\varnothing 39$ -es zsákfurat palástfelülete;
- Mozgás: $\varnothing 39$ -es zsákfurat palástfelülete körüli elfordulás. A műveletek elvégzése közben a munkadarab áll, a forgás csak pozícionál, műveletek között;
- Megjegyzés: A felfogási felület tűrt felület, ezért a megszorító erőt úgy kell megválasztani, hogy a korábban elkészített palástfelület ne sérüljön! A megszorítás mértékének megválasztása, az operátor feladata. A megmunkálás után a palástfelület jóságáról meg kell győződni. A munkadarabot a kivétel után meg kell tisztítani a forgácstól.



14. ábra. A második felfogásban elvégzett műveletek

3.10 CNC gép választásának szempontjai

3.10.1 Tengelyek száma

A háromtengelyű gépek esetében a munkadarab pozíciója végig azonos, mozgást kizárólag a szerszám végez X, Y és Z síkokon. Egyszerűbb alkatrészek gyártásához használható, egyszerűbb műveletek valósíthatók meg vele, mint például a marás, fúrás vagy éles sarkok kialakítása. Ez a leginkább elterjedt változat. A szóban forgó alkatrész oldalán furatok helyezkednek el, ezek megmunkálásához egy negyedik tengelyre van szükség, ami körül a munkadarab elfordulhat. Az azért is előnyös mert így a befogott munkadarab mindkét oldala megmunkálható. Jelen esetben a munkadarab mindkét oldalán elkészítendő 1-1 menetes zsákfurat, így a negyedik tengely mindenképpen szükséges. A gép tehát minimum négy forgástengellyel kell, hogy rendelkezzen, ugyanakkor nem szükséges, hogy mind a négy tengely egyszerre legyen aktív. [9]

3.10.2 Fordulatszám, igénybevételek, teljesítmény

A választott berendezésnek képesnek kell lennie a technológia leírásban meghatározott forgácsolási paraméterek biztosítására. Ilyen például az előtolás vagy a fordulatszám. Jelen esetben az előírt fordulatszám 5000 1/perc.

A választott berendezésnek el kell viselnie a forgácsolás során fellépő igénybevételeket. Jelen esetben a legnagyobb nyomaték 9,5 Nm.

A választott berendezésnek továbbá képesnek kell lennie a szükséges teljesítmény leadására. Ebben az esetben ez 8,3 kW.

3.10.3 Választott berendezés

A választott berendezés a Haas ST-10Y, ami megfelel minden, korábban megfogalmazott elvárásnak.

4. Javasolt megoldás bemutatása

4.1 A munkadarab, az előgyártmány és az elvégzendő műveletek ismertetése

Bármilyen legyártandó munkadarab kialakítása a leendő felhasználástól függ, a választandó gyártási eljárástól független állandó. Ennél az alkatrésznel is hasonlóan járunk el. A 3.1, 3.2, 3.3 és 3.8 pontokban már kellően megvizsgáltuk ezen témákat, minden korábbi megállapítás továbbra is fennáll ennél a részfeladatnál.

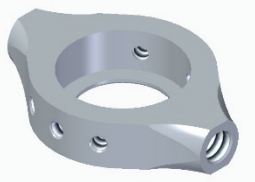
Az egyik különbség a CNC-vel való és célgépszerű megmunkálások között a forgácsolási paraméterekben lesz. Általánosságban elmondható, hogy egy modern CNC-vel, durvább paramétereket, például: nagyobb vágósebességeket is megengedhetünk magunknak.

Egy másik különbség az egyes részfeladatok időbeli elhelyezkedése. Célgépszerű gyártás során az összes művelet, a körasztal több pontján egy időben történik megvalósulásra, ami azzal jár, hogy az időben leghosszabb részfeladat művelet fogja meghatározni a ciklusidőt, tehát ciklus időnként fog elkészülni egy alkatrész. Ezzel szemben CNC megmunkálás során, a műveletek időben egymást követik, ezáltal a ciklusidő az egyes részfeladatok összege lesz.

4.2 Munkadarab orientáció

A táblázat a lehetséges munkadarab orientációk előnyeit és hátrányait hivatott bemutatni.
(9. táblázat)

9. táblázat. Munkadarab orientációk

Elrendezés	Pozitívumok	Negatívumok	Értékelés
A: Stabil orientáció  15. ábra: Stabil orientáció	Futószalagról így kell, hogy megérkezzen az előgyártmány, de ez nem probléma, hiszen ez a legstabilabb elrendezés, ezáltal a leggyakoribb.	A kiesztergálás függőleges síkban történik, ezért a szilárdságtani tervezése során ez külön figyelmet igényel. Két átmenő furat megmunkálása nehézkes.	A pozitívum nagyobb jelentőséggel bír, mint a negatívumok. Ez az orientáció kerül megvalósításra.
B: Oldalt fekvő orientáció  16. ábra: Oldalt fekvő orientáció	Várhatóan a legnagyobb nyomatékok a nagyobb furat fúrásakor vagy a kiesztergáláskor ébred. Ilyenkor a megmunkálás vízszintes síkban ébred, ami a szilárdságtani méretezés szempontjából előnyös.	Az alkatrész komplex alakja miatt a készülék tervezése rendkívül nagy feladat. A kiesztergálás függőleges síkban történik, ezért a szilárdságtani tervezése során ez külön figyelmet igényel.	A negatívumok nagyobb jelentőséggel bírnak, mint az előnyök, ezért nem ez az orientáció kerül megvalósításra.

C: Álló orientáció  17. ábra: Álló orientáció	Az két menetes zsákfurat megmunkálása ez esetben könnyebb, a hozzáférhetőség nem jelent komoly akadályt, közönséges, kör alakú körasztal is megfelel.	Az alkatrész komplex alakja miatt a készülék tervezése rendkívül nagy feladat. A zsákfurat készítése függőleges síkban történik, ezért a szilárdságtani tervezése során ez külön figyelmet igényel.	A negatívumok nagyobb jelentőséggel bírnak, mint az előnyök, ezért nem ez az orientáció kerül megvalósításra.
--	--	--	--

4.3 Nehezen hozzáférhető furatok megmunkálása

A munkadarab kialakításából adódóan, mindenképpen lesznek olyan alaksajátosságok, amiknek nehéz a hozzáférhetősége, ez a választott stabil orientációs esetében sincs másként. Feltételezzünk, hogy a 15. ábrán látható módon helyezzük be a munkadarabot a készülékben és a három furatot tartalmazó oldal néz a körasztal közepétől kifelé. Ekkor a két kis átmenő furat nehezen lesz hozzáférhető. Ennek kiküszöbölésére több megoldás is lehetséges.

4.3.1 A-verzió: Suhner rugalmas tengely alkalmazása

A rugalmas tengely (18. ábra) egy energia átvivő elem a motor és az anyagtávolítást végző szerszám között. Nagy előnye, hogy tetszőlegesen hajlíthatósága miatt, nehezebben hozzáférhető alaksajátosságok is kialakíthatóak ezzel. A Suhner által forgalmazott tengelyekkel akár 25000 1/perces fordulatszám is elérhető. Az eszköz saját előtolással is rendelkezik.

Az egyik lehetséges megoldás, a hajlítható, rugalmas tengelyek alkalmazása. Amennyiben rugalmas tengelyt alkalmazunk a többi furat elkészítése során is, a berendezés mérete csökkenthető, hiszen az aktuátorok egymáshoz viszonyított helyzete jóval kevésbé kötött. Ez lehetővé teszi a kisebb vendégasztal alkalmazását, ami lehetővé teszi, hogy kisebb körasztalt alkalmazzunk, ezzel növelve a hely takarékoságát. Nem ez a megoldás kerül megvalósításra.



18. ábra. Suhner rugalmas tengely

4.3.2 B-verzió: Az egymással szemben elhelyezkedő furatok egy fúrással való kialakítása

Egy másik lehetséges megoldás, ami megvizsgálásra került, hogy a két furatot a velük koncentrikusan szemben elhelyezkedő furatokkal együtt alakítjuk ki. A furatok kis mérete és egymástól való nagy távolsága miatt a szerszám kihajlása problémás lehet, így nem ez a megoldás került megvalósításra.

4.3.3 C-verzió: A készülék elforgatás

A készülék elforgatásával a nehezen hozzáférhető furatok is könnyen hozzáférhetővé válnak. A munkadarabok elforgatásával az aggregátok elhelyezése jelentős mértékben egyszerűsödne, hiszen így minden aggregát elhelyezhető lenne radiálisan, ezzel növelve a helytakarékoságát. Ezen felül a fellépő erők és nyomatékok számítása jelentős mértékben egyszerűsödne.

Negatívum, hogy a forgató mechanizmusok plusz tömeget jelentenek, amit a körasztalnak tudnia kell mozgatni. A pozitívumok nagyobb jelentőséggel bírnak, mint a megfogalmazott negatívum, ezért ez a megoldás került megvalósításra.

4.4 Forgácsolási paraméterek meghatározása

10. táblázat. Forgácsolási paraméterek – Célgépszerű gyártás esetén

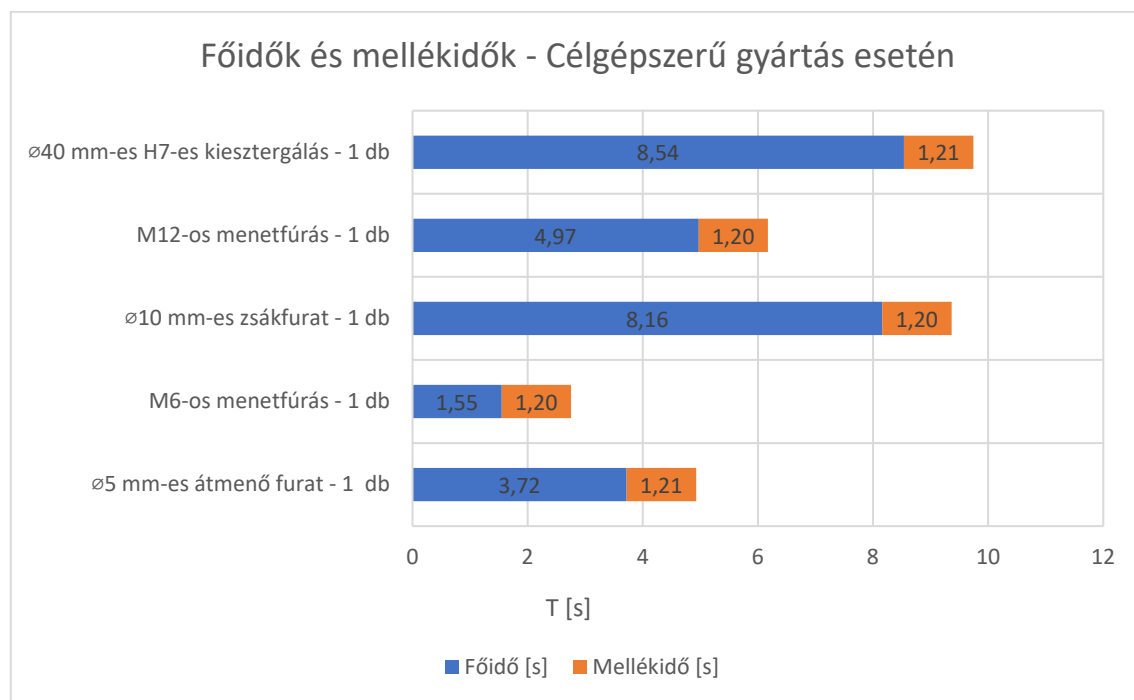
Művelet	Dszerszám [mm]	n [1/min]	f [mm/min]	v _c [m/min]	t _{teljes} [s]	Szerszámcseré szükséges [műszak]
Átmenő furat	ø5 mm	750	125	11,78	4,93	1,0
Menetfűrés	M6	300	300	5,65	2,75	1,5
Zsákfurat	ø10 mm	750	125	25,91	9,36	1,0
Menetfűrés	M12	100	175,5	3,77	6,17	1,0
Kiesztérgálás	-	500	97	62,80	9,74	0,5

Megjegyzések:

- A táblázat (10. táblázat) egy kivonat a részletes forgácsolási számításból, aminek célja a legfontosabb adatok kiemelése. A mellékletben található a részletes számítás.
- Ahol lehetséges, a számolás manuálisan történt. Egyes erők, nyomatékok és a szerszám élettartamok meghatározása Sandvik Coromant segítségével történt, így a valóságtól eltérhetnek.
- Az egyes feladatok rendre ugyanazzal a szerszámmal kerültek elvégzésre, mint azt a 3.5 pontban kifejtésre került, a különbség a fordulatszámokban és ebből adódóan a szerszám élettartamokban van.

4. sz. melléklet: Forgácsolási számítások, célgépszerű gyártás esetén, részletes számítás

4.5 Ütemidő elemzés



19. ábra. Főidők és mellékidők megoszlása célgépszerű gyártás esetén

Célgépszerű gyártás esetén az egyes művelet elemek, időben párhuzamosan, egy időben történnek elvégzésre. Ekkor a ciklusidőt a leghosszabb részfeladat elvégzési ideje adja meg. Ebben az esetben a kiesztergálás a leghosszabb folyamat, $T=9,74$ másodperccel. Ugyanakkor az alkatrészt kivétele és az előgyártmány behelyezése 10 másodperc alatt fog megtörténni, így a ciklusidő 10 másodperc lesz, amin az látható az ábrán. (19. ábra)

A termelékenység növelhető lenne, ha a munkadarab ki-és behelyezését gyorsítani tudnánk, ugyanakkor a kiesztergálás zsákfuratok elkészítése is hasonló mennyiségű időt vesz igénybe, így ennek csökkentésére is szükséges.

4.6 Sorrendterv variációk

4.6.1 Megmunkálási sorrend terv, A-verzió

- 1) Elkészült munkadarab forgácstalanítása sűrített levegővel. Kivétel a készülékből, majd előgyártmány behelyezése a készülékbe.
- 2) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.1)
- 3) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása hátulról (C1.1)
- 4) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.2)
- 5) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.3)
- 6) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása hátulról (C1.3)
- 7) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.1)
- 8) 1 db M6-os menetes furat elkészítése hátulról (C1.1)
- 9) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.2)
- 10) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.3)
- 11) 1 db M6-os menetes furat elkészítése hátulról (C1.3)
- 12) 1 db $\varnothing 10$ mm-es zsákfurat megfúrása (C2.1)
- 13) 1 db $\varnothing 10$ mm-es zsákfurat megfúrása (C2.2)
- 14) 1 db M12-es menetes furat elkészítése (C2.1)
- 15) 1 db M12-es menetes furat elkészítése (C2.2)
- 16) 1 db 40 H7-es furat kiesztergálása (C3.1)

4.6.2 Megmunkálási sorrend terv, B-verzió

- 1) Elkészült munkadarab forgácsolása sűrített levegővel. Kivétel a készülékből, majd előgyártmány behelyezése a készülékbe.
- 2) 1 db $\varnothing 10$ mm-es zsákfurat megfúrása (C2.1)
- 3) 1 db $\varnothing 10$ mm-es zsákfurat megfúrása (C2.2)
- 4) 1 db M12-es menetes furat elkészítése (C2.1)
- 5) 1 db M12-es menetes furat elkészítése (C2.2)
- 6) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.1)
- 7) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása hátulról (C1.1)
- 8) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.2)
- 9) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.3)
- 10) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása hátulról (C1.3)
- 11) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.1)
- 12) 1 db M6-os menetes furat elkészítése hátulról (C1.1)
- 13) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.2)
- 14) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.3)
- 15) 1 db M6-os menetes furat elkészítése hátulról (C1.3)
- 16) 1 db 40 H7-es furat kiesztergálása (C3.1)

4.6.3 Megmunkálási sorrend terv, C-verzió

- 1) Elkészült munkadarab forgácstalanítása sűrített levegővel. Kivétel a készülékből, majd előgyártmány behelyezése a készülékbe.
- 2) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.1)
- 3) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.1)
- 4) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása hátulról (C1.1)
- 5) 1 db M6-os menetes furat elkészítése hátulról (C1.1)
- 6) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.2)
- 7) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.2)
- 8) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása előlről (C1.3)
- 9) 1 db M6-os menetes furat elkészítése előlről (C1.3)
- 10) 1 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furat megfúrása hátulról (C1.3)
- 11) 1 db M6-os menetes furat elkészítése hátulról (C1.3)
- 12) 1 db $\varnothing 10$ mm-es zsákfurat megfúrása (C2.1)
- 13) 1 db $\varnothing 10$ mm-es zsákfurat megfúrása (C2.2)
- 14) 1 db M12-es menetes furat elkészítése (C2.1)
- 15) 1 db M12-es menetes furat elkészítése (C2.2)
- 16) 1 db 40 H7-es furat kiesztergálása (C3.1)

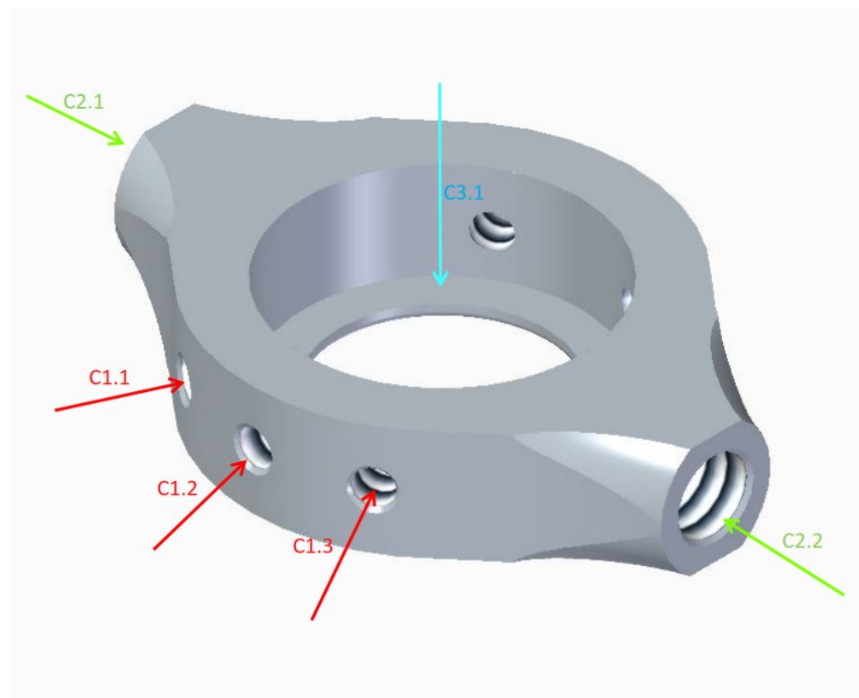
4.6.4 Választás

A sorrendtervben említett irányokat a mellékelt ábra mutatja. (20. ábra)

Az A-verzió kerül megvalósításra. Ennek az előnye, hogy ugyanazok a szerszámok egymás melletti berendezéseken kerülnek felhasználásra, ami segíti a szerszámcserét végző személy munkáját, csökkentve annak az esélyét, hogy rossz szerszám kerül a valamelyik gépbe.

Megjegyzés:

Az egyes műveletek, mint például az 5 db $\varnothing 5$ mm-es átmenő furatok fúrása nem összevonható, kialakításuk időben és pozícióban nem történhet egy helyen, aminek oka az előgyártmány kis mérete. Mivel a megmunkálandó furatok nem síkfelületen találhatóak, rugós persely használata célszerű, ami miatt még kevesebb hely állhat rendelkezésre.



20. ábra. A sorrendtervben felhasznált megmunkálási irányok

4.7 Körasztal

4.7.1 Körasztal funkciója, méreteinek meghatározása

A körasztal feladata az állványzat és a vendégasztal összekötése, valamint a vendégasztal és a rajta álló készülékek rotációs mozgása, alátámasztása.

A körasztal mérete a fellépő igénybevételektől, tehát erőktől, súlyerőtől és nyomatékoktól függ. Költséghatékonysági szempontok miatt célszerű a lehető legkisebb asztalt választani, amivel a feladat még megoldható.

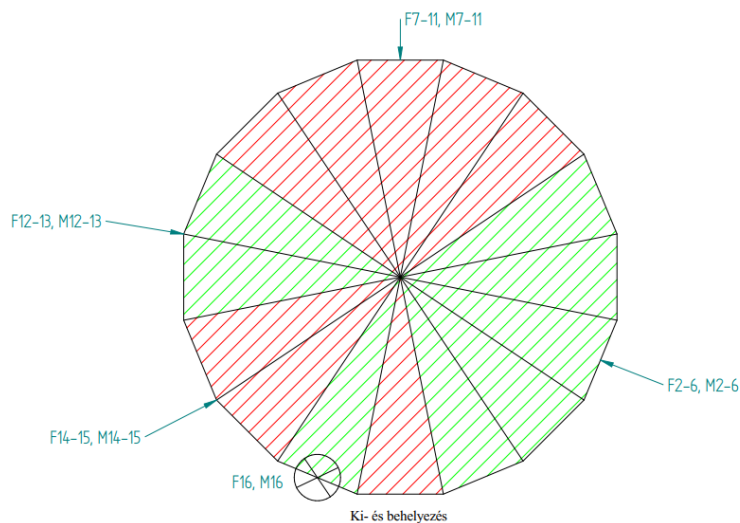
4.7.2 Szilárdságtani elgondolások

A munkadarab orientációja úgy került megválasztásra, hogy a kiesztergálást és az előgyártmány behelyezését kivéve minden művelet vízszintes síkban kerül elvégzésre. Ezekben az esetekben a szerkezetben fellépő erők hajlító hatása sokkal kisebb lesz mintha lenne függőleges tengelyű megmunkálás. A méretezés így jelentős mértékben egyszerűsödik. A gyártó által elvégzett méretezés elegendő.

A kiesztergálás során fellépő erők és nyomatékok egy része függőleges síkban ébred, ezekre külön figyelmet kell fordítani a szilárdsági méretezés során.

4.7.3 Asztalon fellépő erők és nyomatékok ismertetése

Az asztalon fellépő erőket és nyomatékokat az alábbi ábra (21. ábra) illusztrálja:



21. ábra. A vendégasztalon ébredő erők és nyomatékok iránya

11. táblázat. A megmunkálás során fellépő erők és nyomatékok abszolút értéke

Pozíciók	2-6	7-11	12-13	14-15	16
F [kN]	0,51	0,79	0,68	1,57	1,2
F _e [kN]	2,55	3,95	1,36	3,14	1,2
M [Nm]	13,09	0,10	63,35	0,21	7,70
M _e [Nm]	65,45	0,50	126,70	0,42	7,70

Amint azt a táblázat mutatja, (11. táblázat) 5 db $\varnothing 5$ mm-es furatok kialakítása, illetve az 5 db M6-os menetek kialakítása során rendre ugyanakkora erők és nyomatékok ébrednek egy időben, ezért ezeket az erőket és nyomatékokat összevonjuk, irányukat az eredő erő irányának vesszük. A 2 db $\varnothing 10$ mm-es furatok fúrása, illetve az M12-es menetek kialakítása során is rendre ugyanakkora erők és nyomatékok ébrednek, itt is ugyanígy járunk el.

Az előgyártmány függőleges méretei a gép méretéhez képest elhanyagolhatóan kicsik, és nincs jelentős különbség köztük, ezért ezeket is elhanyagoljuk. A három egy oldalon lévő furat állása között néhány fok eltérés van, de ettől ebben az esetben eltekintünk.

4.7.4 Erők összegzése

A körasztal síkját tekintjük xy síknak, akkor az itt ébredő erő:

$$F_{eredő,xy} = F_{2-6} + F_{7-11} + F_{12-13} + F_{14-15} \quad (4.1)$$

$$F_{eredő,xy} = \begin{pmatrix} -\cos 33,75 \\ \sin 33,75 \end{pmatrix} F_{2-6} + \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} F_{7-11} + \\ + \begin{pmatrix} \cos 11,25 \\ -\sin 11,25 \end{pmatrix} F_{12-13} + \begin{pmatrix} \cos 33,75 \\ \sin 33,75 \end{pmatrix} F_{14-15} \quad (4.2)$$

ahol: $F_{eredő}$ az eredő erő;

$F_{1,2,...16}$ rendre az adott körcikkekben ébredő erők.

A körasztal xy síkjára merőleges, z irányú erő abszolút értéke ekkor:

$$|F_{eredő,z}| = |F_{16}| \quad (4.3)$$

Így a teljes eredő erő:

$$|F_{eredő}| = \sqrt{(F_{eredő,xy}^2 + F_{eredő,z}^2)} \quad (4.4)$$

Azt, hogy a megmunkálás melyik pillanatában, melyik erő aktív, a következő táblázat foglalja össze. (12. táblázat)

12.táblázat. Aktív erők és az eredő erő az idő függvényében

T [s]	Aktív erők	$ F_{eredő} $ [N]
$T < 2,75$	$F_{2-6}, F_{7-11}, F_{12-13}, F_{14-15}, F_{16}$	2410
$2,75 < T < 4,93$	$F_{2-6}, F_{12-13}, F_{14-15}, F_{16}$	3620
$4,93 < T < 6,17$	$F_{12-13}, F_{14-15}, F_{16}$	4380
$6,17 < T < 9,36$	F_{12-13}, F_{16}	1810
$9,36 < T$	F_{16}	1200
Maximális fellépő erő: $F_{max} = 4380$ N		

4.7.5 Csavaró nyomatékok összegzése

A körasztal síkját tekintjük xy síknak, akkor az itt ébredő nyomaték:

$$M_{eredő,xy} = M_{2-6} + M_{7-11} + M_{12-13} + M_{14-15} \quad (4.5)$$

$$M_{eredő,xy} = \begin{pmatrix} -\cos 33,75 \\ \sin 33,75 \end{pmatrix} M_{2-6} + \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} M_{7-11} + \\ + \begin{pmatrix} \cos 11,25 \\ -\sin 11,25 \end{pmatrix} M_{12-13} + \begin{pmatrix} \cos 33,75 \\ \sin 33,75 \end{pmatrix} M_{14-15} \quad (4.6)$$

ahol: $M_{eredő}$ az eredő nyomaték;

$M_{1,2...16}$ rendre az adott körcikkekben ébredő nyomatékok.

Megjegyzés: Az M_{7-11} és M_{14-15} és M_{15} nyomatékok két nagyságrenddel kisebbek a többi nyomatéknál ezért az egyszerűsítés végett elhanyagoljuk ezeket.

Azt, hogy a megmunkálás melyik pillanatában, melyik erő aktív, a következő táblázat foglalja össze. (13. táblázat)

13.táblázat. Aktív csavaró nyomatékok az idő függvényében

T [s]	Aktív erők	$M_{\text{eredő}}$ [Nm]
$T < 4,93$	$M_{2-6}, M_{12-13},$	71,23
$4,93 < T$	M_{12-13}	126,70
Maximális fellépő csavaró nyomaték: $M_{\text{max}} = 126,70 \text{ Nm}$		

4.7.6 Hajlító nyomatékok összegzése

Az F_{16} -os erő hatásvonala nem megy át a középponton, így fellép egy hajlító hatás:

$$M_{\text{hajlító}, F16} = F_{16} \frac{D}{2} = 900 \text{ Nm} \quad (4.7)$$

ahol: F_{16} A 16-os körcikkekben ébredő erő;

D : a vendégasztal átmérője.

4.7.7 Súlyerők meghatározása

A vendégasztal iterációs folyamattal meghatározott mérete $\varnothing 1500 \text{ mm}$

A vendégasztal feltételezett anyaga ötvöztelen acél, így a sűrűség $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

A vendégasztal vastagsága legyen $h = 50 \text{ mm}$

A vendégasztal becsült tömege:

$$m = \frac{D \cdot D \cdot \pi \cdot h \cdot \rho}{4} = 693,6 \text{ kg} \quad (4.8)$$

ahol: D : vendégasztal átmérője;

h : vendégasztal vastagsága;

ρ : a vendégasztal sűrűsége.

A választott készülék összeállítások tömege: 10 kg

Készülékek száma: 16 db

Össztömeg:

$$m_{\text{össz}} = 693,6 + 16 * 10 = 853,6 \text{ kg (4.9)}$$

Ébredő erő:

$$G = m_{\text{össz}} * g = 8374 \text{ N (4.9)}$$

ahol: $m_{\text{össz}}$: az össztömeg;

g : nehézségi gyorsulás.

Szükség esetén a vendégasztal tömegét jelentős mértékben lehetne csökkenteni kivágások és kikönnyítések alkalmazásával. Jelen esetben ezzel az egyszerűsített nehezebb tömeggel számolunk.

4.7.8 Nyomaték meghatározása

Feltételezés: Suhner RT 320-as körasztalt fogunk alkalmazni.

A körasztal magassága $H = 50 \text{ mm}$

A vendégasztal magasságának fele: $h = 25 \text{ mm}$

Az erőkar hossza így $R = 75 \text{ mm}$:

$$R = H + h \text{ (4.10)}$$

A maximális fellépő erő: $F_{\text{max}} = 4380 \text{ N}$

Így a maximális hajlító nyomaték: $M_{h\text{max}} = 329 \text{ Nm}$

$$M_{h\text{max}} = F_{\text{max}} R \text{ (4.11)}$$

Az F16-os erő hajlító hatása: $M_{\text{hajlító, F16}} = 900 \text{ Nm}$

Így az eredő hajlító nyomaték maximum:

$$|M_{eredő,hmax}| = \sqrt{(M_{hmax}^2 + F_{hajlító,F16}^2)} = 960 \text{ Nm} \quad (4.12)$$

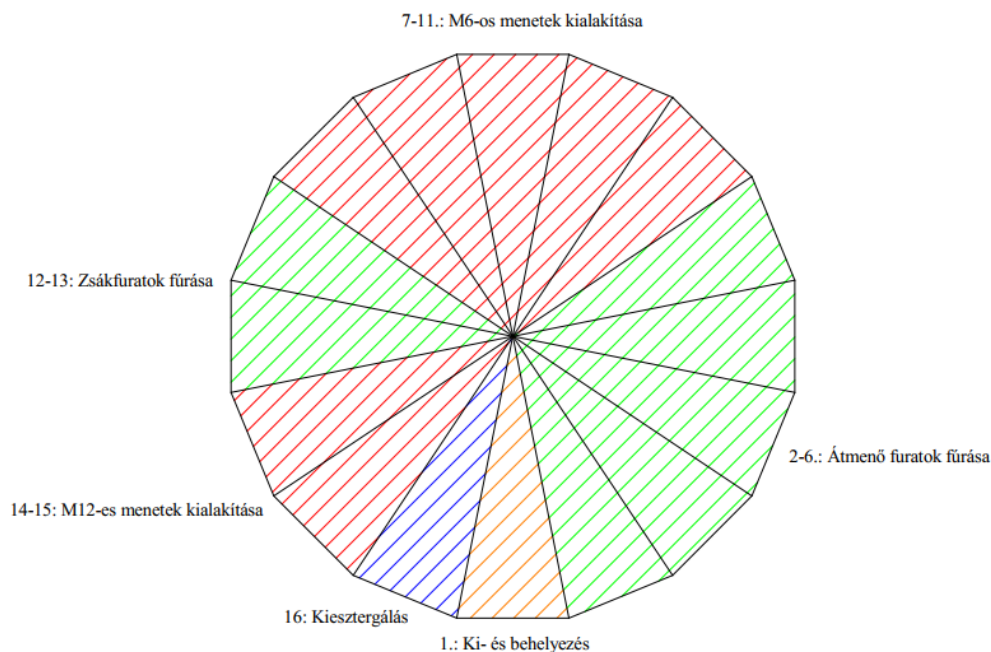
4.7.9 Körasztal megfelelőségének vizsgálata

A 4.7.8-as pont során azt feltételeztük, hogy Suhner RT 320-as körasztalt fogunk alkalmazni a feladat megoldása során, ennek megfelelőségét kívánjuk megvizsgálni. (14. táblázat)

14.táblázat. A választott Suhner RT 320-as körasztal megfelelőségének vizsgálata

Paraméter	Gyártó által meghatározott maximum	Fellépő erő /nyomaték	Megfeleléses
Súlyerő [N]	20 000	8374	Megfelel!
Csavaró nyomaték [Nm]	2300	126,70	Megfelel!
Hajlító nyomaték [Nm]	1280	960	Megfelel!
Értékelés: A feltételezett Suhner RT 320-as körasztal minden elvárásnak megfelel, tehát a feladat megoldására valóban megfelelő! Ennél kisebb körasztal ennél a szériánál már nem lenne megfelelő, a súlyerő és a hajlító nyomaték is túl nagy lenne.			

4.8 Vendégasztal



22. ábra. A vendégasztal elvi elrendezése

Amint azt az ábrán is (22. ábra) megfigyelhető, a vendégasztal 16 egyenlő körszelvényre lesz osztva, a központi szög $22,5^\circ$. A készülékek a vendégasztal szélén kerülnek elhelyezésre. Az alátámasztást és a mozgatót a koncentrikusan középre, a vendégasztal alá elhelyezett körasztal biztosítja.

A vendégasztal méretét úgy kell megválasztani, hogy az aggregátok el tudjanak férni egymástól, de a túl nagy méretet is kerülni kell mert a nagyméretű vendégasztal mozgatásához költséges körasztal lehet szükséges. A tömeg csökkentése érdekében kikönnyítések kerülhetnek elhelyezésre. A nagyobb merevség javítja a gyártandó alkatrész pontosságát, így bordák is elhelyezésre fognak kerülni. Iterációs folyamattal megállapítottuk, hogy a szükséges vendégasztal méret az általunk választott gépek esetében $\varnothing 1500$ milliméteres. A CAD modellekből készült összeállítás igazolta az elképzelésünket. A továbbiakban $\varnothing 1500$ milliméteres vendégasztallal számolunk.

5. sz. melléklet: A vendégasztal műhelyrajza

4.9 Választott aggregát egységek, adatlapok és asztalok

15. táblázat. A választott aggregát egységek és tartozékaik

Művelet	Aggregát	Motor	Előtoló asztal	Cserekerékek, Ékszíj	Kimenő fordulatszám [1/min]
Előfűrés 5 db ø5 mm-es telibefűrés	BEM 25 H-ISO 30	50Hz/1,5kW, 970 min ⁻¹ BEM 25 ISO 38 Order No. : 59 922 38	nem szükséges	1. kerék: ø 80 Order No. : 58 640 05 2. kerék: ø 80 Order No. : 58 641 0 Ékszíj: J15 762 Order No. : 50 900 01	750
5 db menetfűrés M6-re	GEM 12 B 26	50-60Hz/1,5kW/1500 min ⁻¹ Speed range: 200-2500 min ⁻¹	nem szükséges	p=1,0 mm 1. kerék: z=80 Order No. : 30000020 2. kerék: z=60 Order No. : 30000033 Ékszíj: HTD 420 / 3M 9 Order No. : 30000068	750
Előfűrés 2 db ø10 mm-es telibefűrés	BEM 25 H-ISO 30	50Hz/1,5kW, 970 min ⁻¹ BEM 25 ISO 38 Order No. : 59 922 38	nem szükséges	1. kerék: ø 80 Order No. : 58 640 05 2. kerék: ø 80 Order No. : 58 641 0 Ékszíj: J15 762 Order No. : 50 900 01	750
2 db menetfűrés M12-re	GEM 12 B 26	50-60Hz/1,5kW/1500 min ⁻¹ Speed range: 200-1250 min ⁻¹	nem szükséges	p=1,75 mm 1. kerék: z=80 Order No. : 30000020 2. kerék: z=45 Order No. : 30000041 Ékszíj: HTD 396 / 3M 9 Order No. : 0000069	750
ø40H7 kiesztergálás	BEX 15 ISO	60Hz/1,5kW, 1450 min ⁻¹ Order No. 30 004 93	UA15	1. kerék: z=51 Order No. : 30 002 419 2. kerék: z=22 Order No. : 30 005 251 Ékszíj: Timing belt 530 Order No. : 30 005 217 27,5 Nm	500

Az aggregátok típusát (BEM, GEM és BEX) az elvégzendő művelet jelölte ki. Az adott termékcsaládon belül, a választás az egyes típusokra, a szükséges erő és teljesítmény alapján történt.

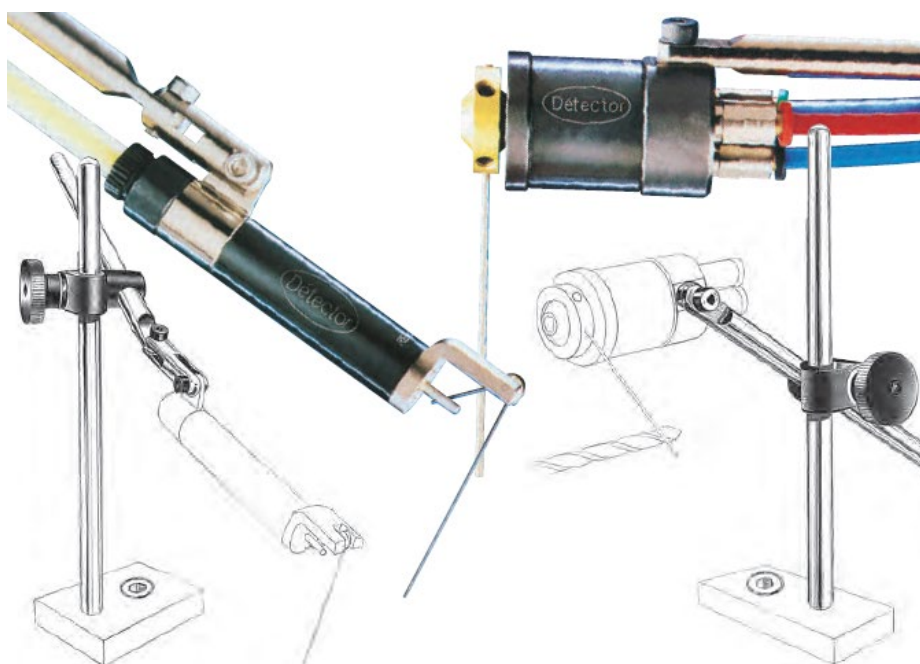
A BEM és GEM aggregátok rendelkeznek a számunkra szükséges előtolással, így ezekben az esetekben nem volt szükség előtoló asztalra. A BEX aggregáthoz, az előtoló asztal úgy került megválasztásra, hogy tudja mozgatni az aggregátot függőleges síkban. A szükséges úthosszt úgyszintén figyelembe vettem, de a követelmények ilyen szempontból minimálisak voltak.

A cserekerekek és ékszíjak úgy kerültek megválasztásra, hogy a 4.4-es fejezetben meghatározott fordulatszámokon tudjanak megfelelően működni.

A megrendeléshez szükséges termékkódok feltüntetésre kerültek a táblázatban. (15. táblázat)

4.10 A megmunkáláshoz szükséges kiegészítő elemek

4.10.1 BBK/ BBG szerszámtörést érzékelő detektor



23. ábra. Szerszámtörést érzékelő eszköz

Az ábrán (23. ábra) látható Suhner BBK/BBG eszközök feladata a szerszámtörés érzékelése. Pneumatikus eszközök, karbantartást nem igényelnek. Az érzékelőt egy pneumatikus szolenoid szelep amikor a szerszám visszahúzott állapotban található. A munkahengerben lévő nyomás fogja indítani a dugattyú-tű összeállítás elfordulását. A tű és a szerszám kontaktusa fogja fenntartani a folyamatot. Ennek hiányában a szerszámtörésre figyelmeztető üzenet fogja leállítani a megmunkálást.

A BBK $\varnothing 0,3$ mm-es szerszámokig bezárólag működik. A BBG 1,5 $\varnothing 1,5$ mm-es szerszámtátmérőtől használható. Ennél a berendezésnél BBG-t fogunk alkalmazni.

A berendezést a sikeres próbaüzem után kell felszerelni. A gyűrű alakú asztallap kialakítása lehetővé teszi, hogy a szükséges vezetékeket az állványzat alatt, az asztallap furatán át lehessen vezetni. Az összeállítási modell nem tartalmazza ennek a modelljét. [16]

4.10.2 LUB 25 kenést biztosító rendszer



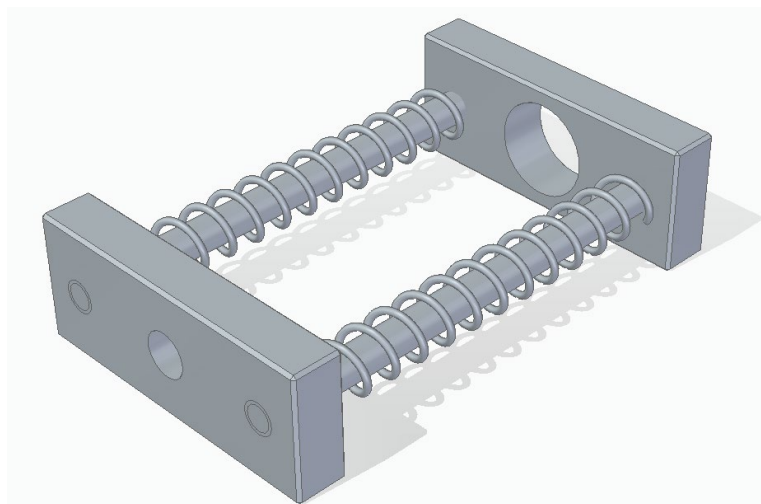
24. ábra. Szerszámkenő rendszer

Az ábrán (24. ábra) látható a LUB 25 egy levegő nélküli kenést biztosító rendszer, ami rendszeres intervallumonként biztosít kenést. A kenőanyag a tartályból a dugattyú munkaterébe folyik. A sűrített levegő által mozgatott dugattyú juttatja ki a kenőanyagot, nagy nyomással a szórófejen keresztül. A kilőtt mennyiség szabályozható, a távolságot és a szórásképet a nyomás állításával szabályozhatjuk. A nagynyomású levegő löket indítható egy szolenoid szelepet tartalmazó aktuátorral. Több szórófej kialakítás elérhető.

A berendezést a sikeres próbaüzem után kell felszerelni. A gyűrű alakú asztallap kialakítása lehetővé teszi, hogy a szükséges vezetékeket az állványzat alatt, az asztallap furatán át lehessen vezetni. Az összeállítási modell nem tartalmazza ennek a modelljét. [17]

4.10.3 Rugós persely

Az $\varnothing 5$ mm-es átmenő furatok és az M6-os menetek kialakítása görbült felületen fog megtörténni, ezért a szerszámot rugós persely alkalmazásával meg kell vezetni. A rugós perselyt az alábbi ábra mutatja: (25. ábra)



25. ábra. Rugós persely

Alaplap tömege: $m_{alaplapp} = 0,55 \text{ kg}$

Ennek a súlya:

$$G_{alaplapp} = g * m_{alaplapp} = 0,55 \text{ N} \quad (4.13)$$

ahol: g: a nehézségi gyorsulás

Az acél súrlódási együtthatója: $\mu_{acél} = 0,165$

A súrlódási erő:

$$F_{súrlódási} = \mu_{acél} * G_{alaplapp} = 0,091 \text{ N} \quad (4.13)$$

A súrlódási erő és a súlyerő összege:

$$F_{súrlódási} + G_{alaplapp} = 0,9615 \text{ N} \quad (4.14)$$

A választott rugó: C0240-016-1250-M, anyaga ötvözetlen rugóacél

A tengelyek mérete: $d=\varnothing 5 \text{ mm}$, $l=60 \text{ mm}$

A véglapokon lévő furatok méretét úgy kell megválasztani, hogy a szerszám és az adapter átférjenek. A furatok méretei: $\varnothing 5 \text{ mm}$ és $\varnothing 15 \text{ mm}$. A tengelyek szilárd illesztéssel kapcsolódnak a véglapokhoz.

4.11 Készülékek

4.11.1 Készülékkel kapcsolatos általános elvárások

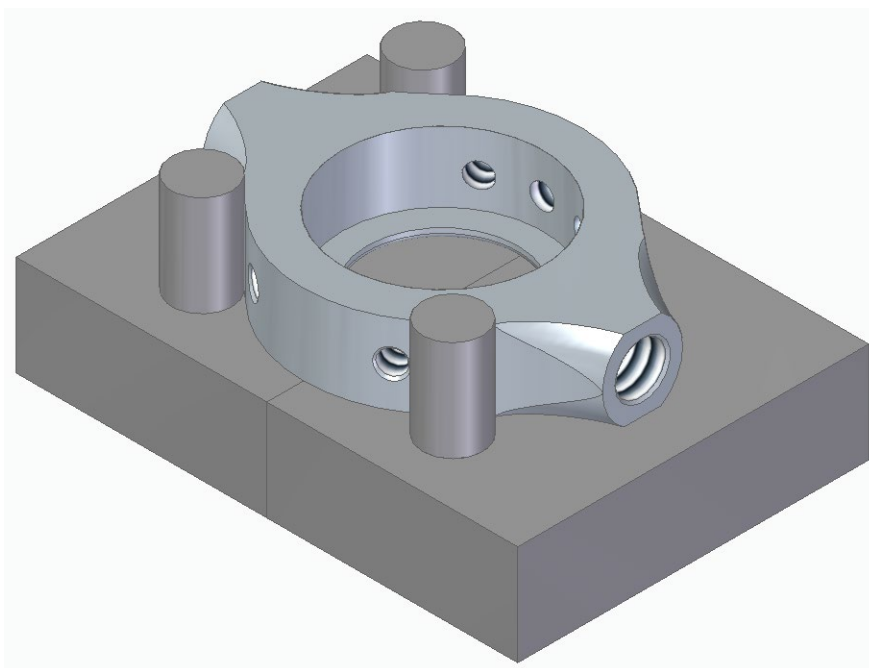
A készüléknek az alábbi feltételeknek kellett kötelezően megfelelnie:

- meg tudja tartani a munkadarabot a legnagyobb erők esetén is
- a munkadarab pozicionálása önbeálló legyen
- ne legyen a megmunkáló szerszámok útjában sem a belépő, sem pedig a kilépő oldalon
- ne legyen az aggregátok, szerszám befogók útjában sem
- tegye lehetővé az automatikus manipulátoros behelyezést
- szerelhető legyen nagy pontosságú forgácsolással elkészíthető lehessen (hegesztés stb. kizárva)

Egyéb lehetséges pozitívumok:

- ha lehetséges a munkadarab kötöttségeit minél kevésbé határozza túl
- a munkadarab legalább két irányból bele helyezhető legyen
- minél egyszerűbb kialakítása legyen
- robosztus felépítésű legyen lehetőleg minél alacsonyabb súllyal

4.11.2 Készülék, A-verzió



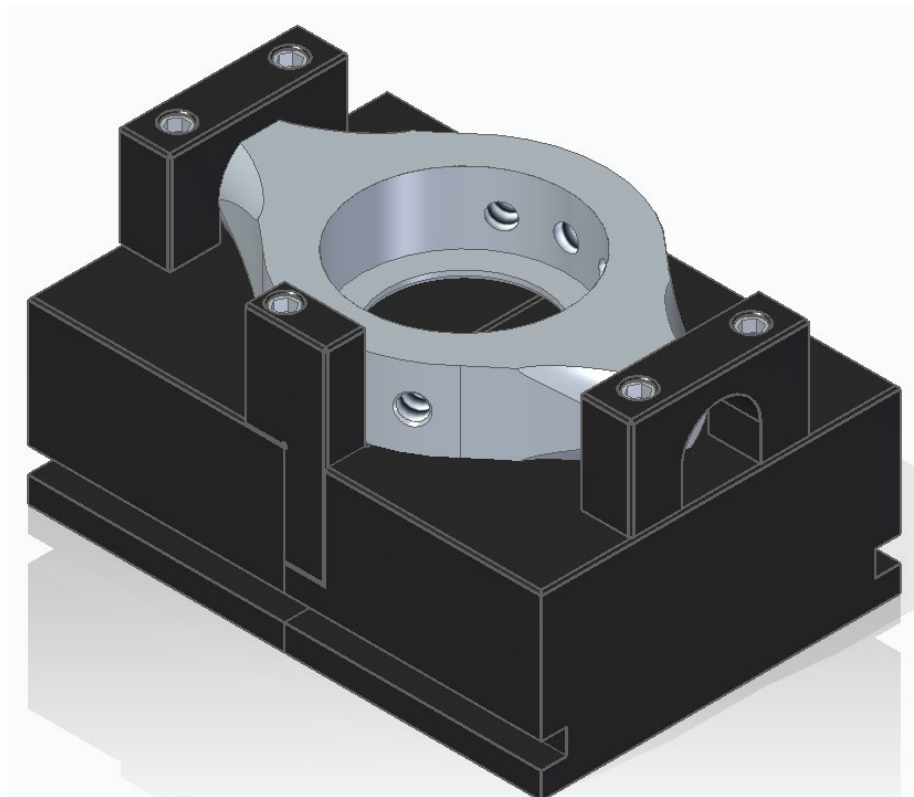
26. ábra. Készülék, A-verzió, egyszerűsített ábrázolás

Véleményezés:

- Amint azt a fenti ábra (26. ábra) mutatja, az alkatrész oldallapján található egyetlen rövid egyenes felületen fog történni a felfekvés, csapok segítségével. A jobb oldali pofán egy csap van csak, hogy elkerüljük a túlhatározottságot;
- robosztus kialakítás, kellő merevség;
- szerelhető, könnyen legyártható alkatrészek;
- az alátámasztás három szabadsági fokot köt meg, a bal pofán lévő két csap központosít, a harmadik csap rögzít, így teljesül a hatpont szabály;
- a vendégasztal belseje felé néző 2 db $\varnothing 5$ mm-es menetes átmenő furatok hozzáférhetősége problémás;
- a felfekvő felületek kicsik, az itt ébredő erők miatt emiatt nagy lesz a nyomás. A csapok átmérőjének mérete nem növelhető, különben az oldalsó furatok nem lesznek hozzáférhetőek.

Értékelés: Nem ez a verzió kerül megvalósításra.

4.11.3 Készülék, B-verzió



27. ábra. Készülék, B-verzió, egyszerűsített ábrázolás

Véleményezés:

- Amint azt a fenti ábra (27. ábra) mutatja, A megtámasztás a munkadarab két végpontján fog történni. A véglapokon elhelyezett furatok biztosítják az ott található furathoz való hozzáférhetőséget. A Véglapok 2-2 M4-es, belső kulcsnyílású csavarral kerülnek rögzítésre;
- az oldallapon lévő felület fogja vezetni a munkadarabot a zárás során. Az oldallap mérete korlátozott, nem növelhető tetszőleges mértékben mert akadályozná az ott található 2 db furat hozzáférhetőségét. Az oldallap 2 db M4-es, belső kulcsnyílású csavarral kerül rögzítésre a bal pofához. Az egyik csavar forgástengelye függőleges, a másiké vízszintes;
- robosztus kialakítás, kellő merevség;
- az alátámasztás három szabadsági fokot köt meg, az oldallap vezet, a két véglap rögzíti a munkadarabot;

- a vendégasztal belseje felé néző 2 db $\varnothing 5$ mm-es menetes átmenő furatok hozzáférhetősége problematikus;
- a felfekvő felületek nagyobbak, mint az A-verzióban;
- a munkadarab készülékbe való behelyezése felülről fog történni;
- a készülék nyitása és zárása, gépi, pneumatikus satuval fog történni;
- az összes elem rögzítés ugyanolyan, szabványos, M4-es belső kulcsnyílású csavarral kerül rögzítésre, ami egyszerűsíti az összeszerelést, hiszen nem kell az összeszerelést végző személyzetnek gondolkodnia, hogy melyik rögzítő elem hova fog csatlakozni.

Értékelés: A pozitívumok jelentősebbek, mint a negatívumok, ezért ez a verzió kerül megvalósításra.

Adatok:

- Kritikus keresztmetszet: 500 mm^2 ;
- Ti-3Al-2,5V folyáshatára = 520 MPa; méretezés: 450 MPa-ra;
- maximális szorítóerő kritikus keresztmetszeten = 112 500 N;
- tapadási súrlódási együttható: 0,15;
- maximális erő = 1800 N, méretezés 2000 N-ra;
- szükséges szorítóerő: 12000 N.

Ekkor nem fog történni maradó alakváltozás. Az ötvöztött acél használatára azért van szükség mert különben túl nagy feszültség ébredne a kis felfekvő felületben. A felfekvő felület növelése az alkatrész kis mérete és komplex alakja miatt nem megoldható.

6. sz. melléklet: A készülék alkatrész rajzai

7. sz. melléklet: A készülék összeállítási rajza

4.11.4 Készülék mozgatása, szorítása

A 4.3. fejezetben kifejtésre került, hogy a készülék forgatása célszerű, a nehezen hozzáférhető furatok kialakításához.

Általános elvárások a forgató mechanizmussal kapcsolatban:

- Nagy pontosság;
- legalább 16 különböző pozíciót fel tudjon venni;
- kis méret a helytakarékosság miatt;
- a munkadarab és készülék együttes tömegét el kell bírnia.

Választott berendezés: DHTG-90-24-A

16.táblázat. A forgató mechanizmus ellenőrzése

Paraméter	Gyártó által meghatározott maximum	Fellépő erő	Megfeleléses
Súlyerő [N]	2000	981	Megfelel!
Max radiális statikus erő [N]	5000	1570	Megfelel!

Értékelés: Amint azt a táblázat (16. táblázat) mutatja, a választott DHTG-90-24-A-as forgató mechanizmus minden elvárásnak megfelel, tehát a feladat megoldására valóban megfelelő! Ennél kisebb eszköz ennél a szériánál már nem lenne megfelelő, a súlyerő túl nagy lenne.

A készülék pófáinak összeszorítása kétpofás pneumatikus satuval fog megtörténni. A választott berendezés: Schunk KSP3 100.

17. táblázat. A satu ellenőrzése

Paraméter	Gyártó által meghatározott maximum	Megkövetelt érték	Megfeleléses
Szükséges nyomás [N]	18 000	12 000	Megfelel!

Értékelés: A választott Schunk KSP3 100-as satu minden elvárásnak megfelel, tehát a feladat megoldására valóban megfelelő! Ennél kisebb eszköz ennél a szériánál már nem lenne megfelelő, a szükséges nyomást nem tudnák biztosítani. Amint azt a táblázat (16. táblázat) mutatja.

4.12 Állványzat

Az állványzat építőelemeit a következő táblázat részletezi: (18. táblázat)

18. táblázat. A választott állványzat alkotóelemei

Alkatrész	Típus, cikkszám	Mennyiség
Bázis modul	Suhner GK 8	1 db
Láb	Suhner SK 4	8 db
Tartó elem	Suhner KS 3	16 db
Készülék alátét	Suhner SH 10	16 db
Függőleges panel kiesztörgáláshoz	Suhner SV 20	1 db

Állvány rögzítése: A pontos beállítás után az állványok lecsavarozásra kerülnek a padlólemezbe.

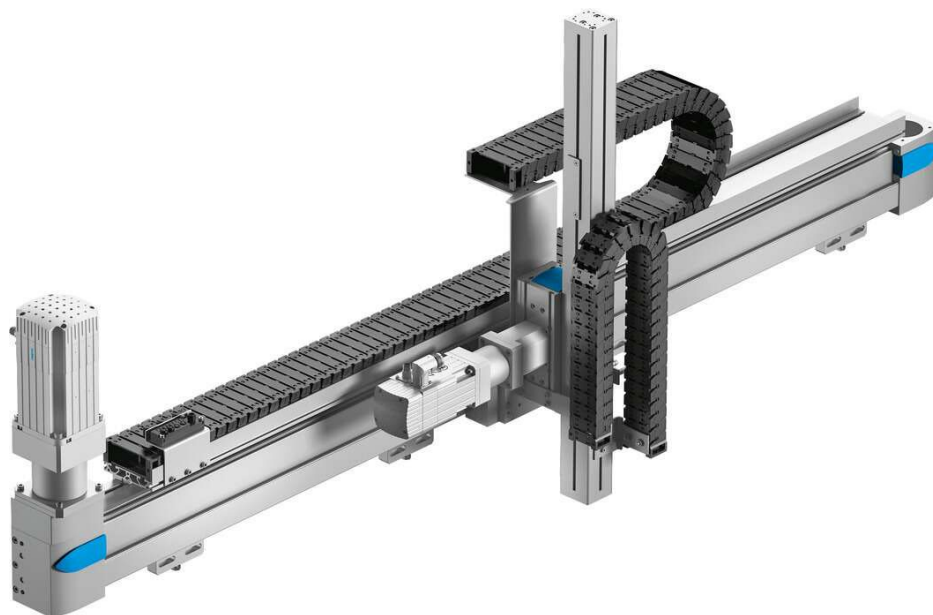
Megjegyzés: A nagyobb szilárdság érdekében célgépek esetében elterjedt, gyakori, hogy vázszerkezet az asztallap fölött területen is folytatódik. Jelen esetben az asztallapra nem helyezhető el további függőleges vázszerkezet mert akkor a szerszámcsere nem lenne elvégezhető, túlságosan nehézkes lenne. A kiesztörgálás az egyetlen függőleges síkban végrehajtott művelet, az itt keletkező erőket a Suhner SV 20 panel képes elvezetni.

4.13 A választott manipulátor

A manipulátor feladata az előgyártmány behelyezése a készülékbe és az elkészült alkatrész kivétele onnan. A munkadarab ki-és behelyezése a készülékbe felülről fog megtörténni. A készülék zárását és nyitását össze kell hangolni a manipulátor mozgásával. A forgácsolási paraméterek meghatározásával megállapított ciklusidő 10 másodperc, enni ideje van a manipulátornak, hogy elvégezze a cserét.

A manipulátor egy futószalagról veszi el az előgyártmányokat és ugyanide helyezi vissza az elkészült alkatrészt.

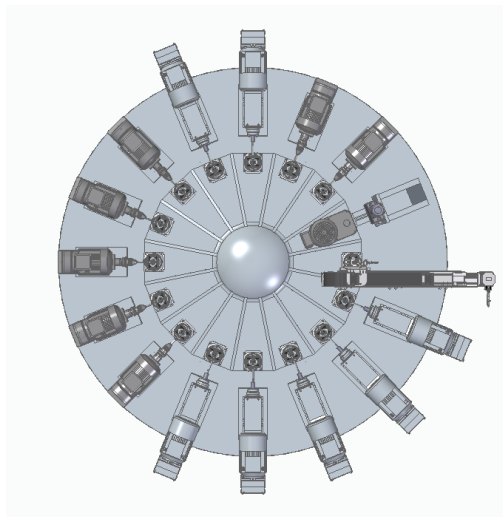
A választott manipulátor az YXCL-3. (28. ábra) A választás első sorban azért erre a lineáris manipulátorra esett a választás mert rendelkezik kellően nagy munkatérrel, ami a célgép nagy mérete miatt elengedhetetlen. Formája és kialakítása olyan, hogy illeszkedik az asztalon rendelkezésre álló területhez.



28. ábra. A választott YXCL-3 manipulátor

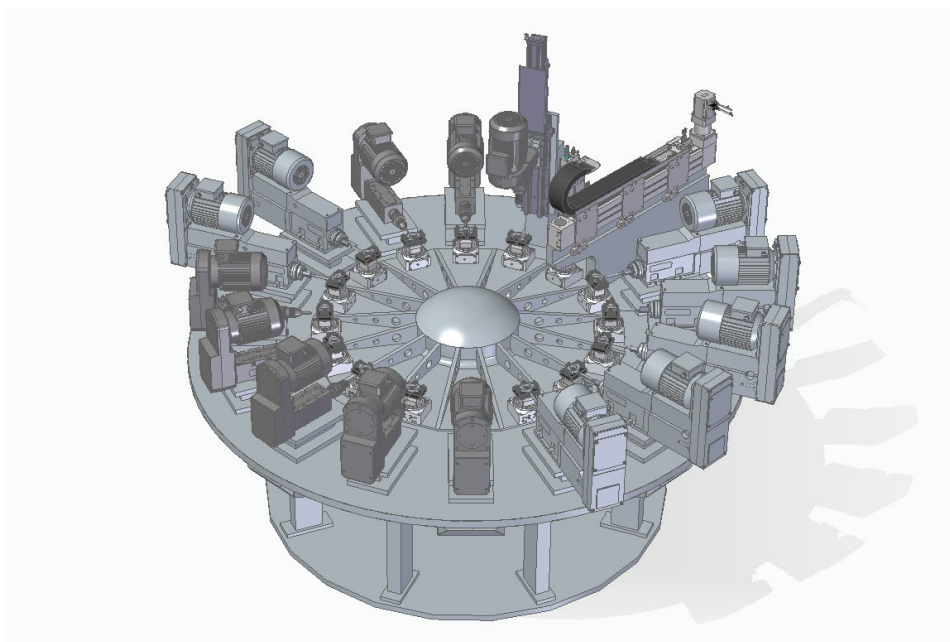
4.14 Összeállítás

Az összeállítás felülnézeti képe (29. ábra):



29. ábra. Az összeállítás felülnézetben

Az összeállítás izometrikus nézetben (30. ábra):



30. ábra. Az összeállítás izometrikus nézetben

7. sz. melléklet: Összeállítási rajz

5. Az eredmények összefoglalása

A dolgozat első részében, elmagyarázom, hogy az alkatrész korából adódóan, nem lehet pontos információt szerezni a gyártás módjáról, de azzal a feltételezéssel éltem, hogy CNC technológiával készült. Ezt szándékozom kiváltani célgépszerű gyártással.

A második fejezetben az irodalomkutatás eredményéről számolok be. Vizsgáltam a kapcsolatot az idő, a költség és a minőség között, bemutattam a gyártási eljárások csoportosítását, illetve részletesen ismertettem a CNC-vel és a célgéppel való gyártás sajátosságait.

A harmadik részben megvizsgáltam a CNC-vel való gyártás lehetőségét. Meghatároztam a 15 részfolyamatot, amik a késztermék elkészítéséhez szükségesek. Szerszámválasztás és a forgácsolási paraméterek megválasztása után, megállapítottam, hogy a munkadarab gyártása nagyságrendileg 91 másodpercbe telik. Sajnálatos módon a folyamat több felfogásból kell, hogy elkészüljön, ami lassítja a folyamatot. A munkadarab oldalán furatok helyezkednek el, aminek következménye, hogy az alkatrész gyártásához minimum négytengelyes gép szükséges, ami növeli a beruházási és üzemeltetési költséget.

A negyedik fejezetben megvizsgáltam célgépszerű gyártás lehetőségét. Az előgyártmány több lehetséges orientációjának megvizsgálása rávilágított, hogy a fekvő elrendezés használata a legcélszerűbb. A tervezett berendezés nagyságrendileg 10 másodpercenként tud elkészíteni egy alkatrészt a korábban említett 91 másodperc helyett, ami komoly előrelépés. Készülék forgató mechanizmusok alkalmazásával egy kompakt berendezést sikerült tervezni. Célgép alkalmazásával sikerült elkerülni a több felfogással készült CNC megmunkálást, ami egy praktikusabb megoldás. A forgácsolási paraméterek úgy kerültek megválasztásra, hogy a várható szerszámélettartam négy óra vagy annak többszöröse legyen, ezzel megkönnyítve a műszakok közötti, praktikus szerszámcsereét. Ezek a számítások pusztán becslések, a valóság eltérhet, ezért célszerű lenne egy prototípus megépítése, hogy a pontos forgácsolási adatok, iterációs folyamattal, megállapításra

kerüljenek. A vendégasztal és az állványzat kialakítása, optimalizálása további részletezés és fejlesztés tárgya lehet.

6. Summary

In the first part of the thesis, I explained, that due to the age of the workpiece, it's hard to say how it was actually manufactured, but I made the assumption that it was manufactured using CNC technology. My aim is to subsidize this with a dedicated single purpose machine.

In the second part of the thesis I researched the topic related literature, both Hungarian and English. The topics discussed include the correlation between time, cost and quality, about manufacturing processes in general. I also presented the typical features of CNC technology as well as single purpose machine technology.

In the third section of the thesis I examined how the workpiece could be manufactured using CNC technology. I figured that the manufacturing is a 15 step process. After choosing suitable tools as well as cutting parameters, I came to the conclusion that manufacturing a single piece, takes approximately 91 seconds. Unfortunately this process can not be complete with placing the workpiece in the machine only once, the machine has to be stopped and orientation of the part has to be changed to complete the process, which is inconvenient. Due to the workpiece has to be drilled on its sides, a four-axis machine is required which increases the cost significantly.

In the fourth section of the thesis I examined how the workpiece could be manufactured using single purpose machine technology. I examined multiple orientations and came to the conclusion that the most stable orientation is the most convenient. Manufacturing like this means, a new part can be produced every 10 seconds, which means, I increased productivity, approximately eleven times. By using devices that rotate the tool holder, the machinery that have been designed is decently compact. By using a single purpose machine, the inconvenience of having to halt the production to change the orientation in the case of CNC manufacturing have been avoided which is a huge positive. The cutting parameters have been chosen in a way that tool lifespans are increments of 2 hours to make tool changes more convenient. It has to be stated that these calculated lifespans are simple estimations. A prototype of this machine should be built and change parameters in

accordence to the measured lifespans. Further improvements of the upper rotary table aswell as the support structure could be done.

7. Irodalomjegyzék

7.1 Felhasznált szabványok

- ISO 128 – Műszaki ábrázolás általános előírásai
- ISO 129 – Méretmegadás műszaki rajzokon
- ISO 1101 – Műszaki rajzok alak és helyzetűrései
- ISO 1302 – Felületi érdesség jelölések
- ISO 2768 – Jelöletlen tűrések
- ISO 8015 – Műszaki rajzok, tűrésjelölés alapelvei
- ISO 5459 – Alak és helyzetűrések, bázisok, bázisrendszerek

7.2 Felhasznált szoftver

- Solid Edge 2022

7.3 Felhasznált források

[1] Dr. Házkötő István: Műszaki 2D-s ábrázolás. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kara. 2015, p. 68-69

[2] László Berényi: Fundamentals of Quality Management. Lambert Academic Publishing. 2013. p.12-14 & 17

[3] Takács György: Gyártóeszközök módszeres tervezése. Nemzeti Tankönyvkiadó 2011, p.6

[4] Dr. Czifra György: Gyártóberendezések és rendszerek II., első előadás diasor, p. 37-38

[5] Dr. Makó Ildikó - Dr. Zsiga Zoltán: Forgácsolástechnológia számítógépes tervezése II.. Miskolci Egyetem. p. 7-8

[6] Heinrich Arnold: The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change. 2001. p. 25-35

[7] Dr. Makó Ildikó - Dr. Zsiga Zoltán: Forgácsolástechnológia számítógépes tervezése II.. Miskolci Egyetem. p. 11-12

[8] Vivek C.: Special Purpose Machine Tools: Types and Control.
<https://www.engineeringenotes.com/industrial-engineering/machine-tools/special-purpose-machine-tools-types-and-control-industrial-engineering/27112>

[9] Saerstahl anyag katalógus
<https://blog.rgbsi.com/what-is-cnc-machining>

[10] Sandvik Coronmant szerszámkatalógus.
<https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/product-details?c=860.1-0500-015a1-gm%20x1bm>

[12] Sandvik Coronmant szerszámkatalógus.
<https://www.sandvik.coromant.cn/sv-se/product-details?c=T300-XM100DA-M6%20%20%20%20%20%20B125>

[13] Sandvik Coronmant szerszámkatalógus.
<https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/product-details?c=870-1000-6-mm%20%20%20%20%20%20%20%202334>

[14] Sandvik Coronmant szerszámkatalógus.
<https://www.sandvik.coromant.cn/en-us/product-details?c=T400-XM101DA-M12%20%20%20%20%20B125>

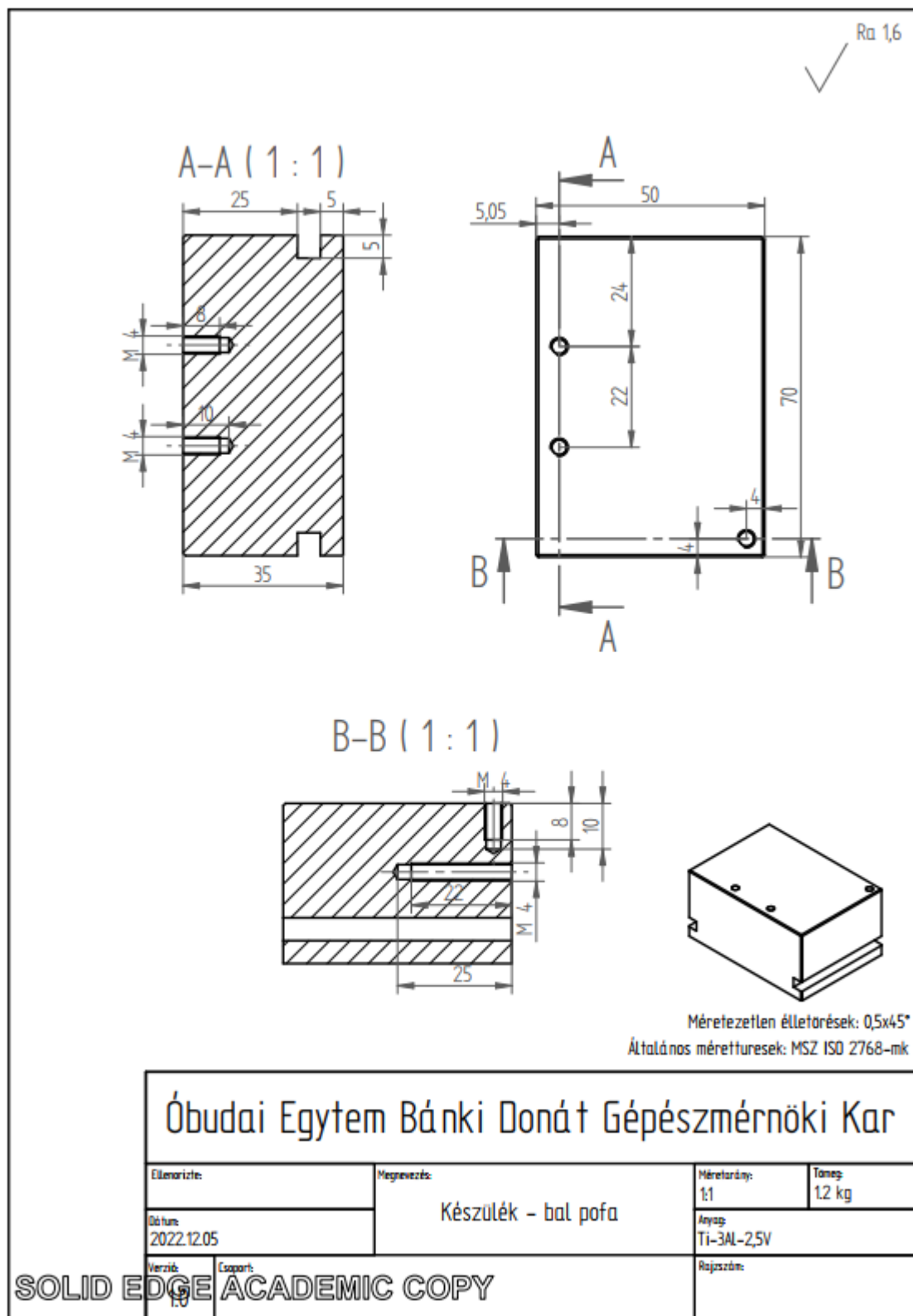
[15] Sandvik Coronmant szerszámkatalógus.
<https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/product-details?c=tr-dc1312-m%201125>

[16] Suhner Machine Components, online katalógus, 2015, p. 14

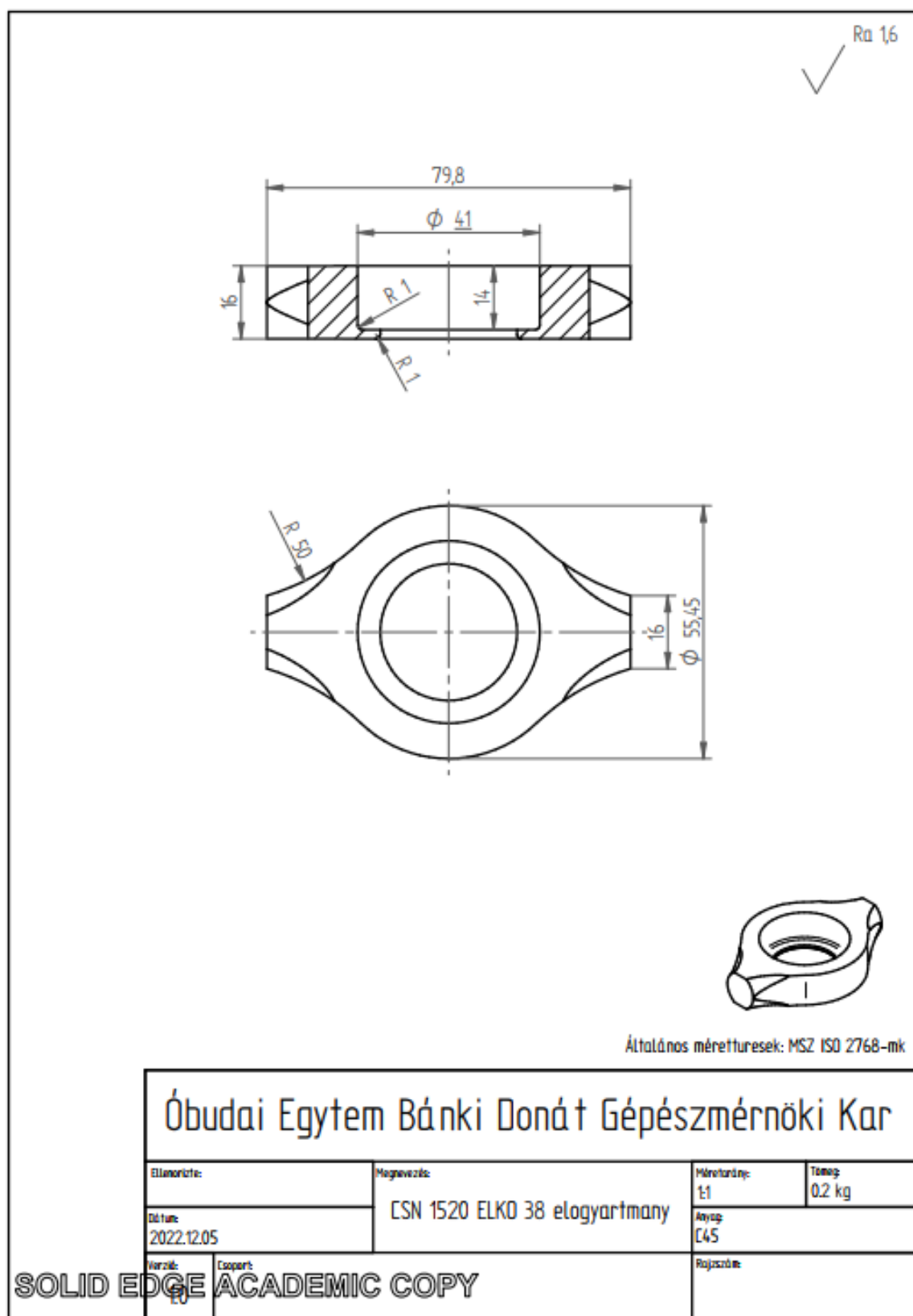
[17] Suhner Machine Components, online katalógus, 2015, p. 15

8. Mellékletek

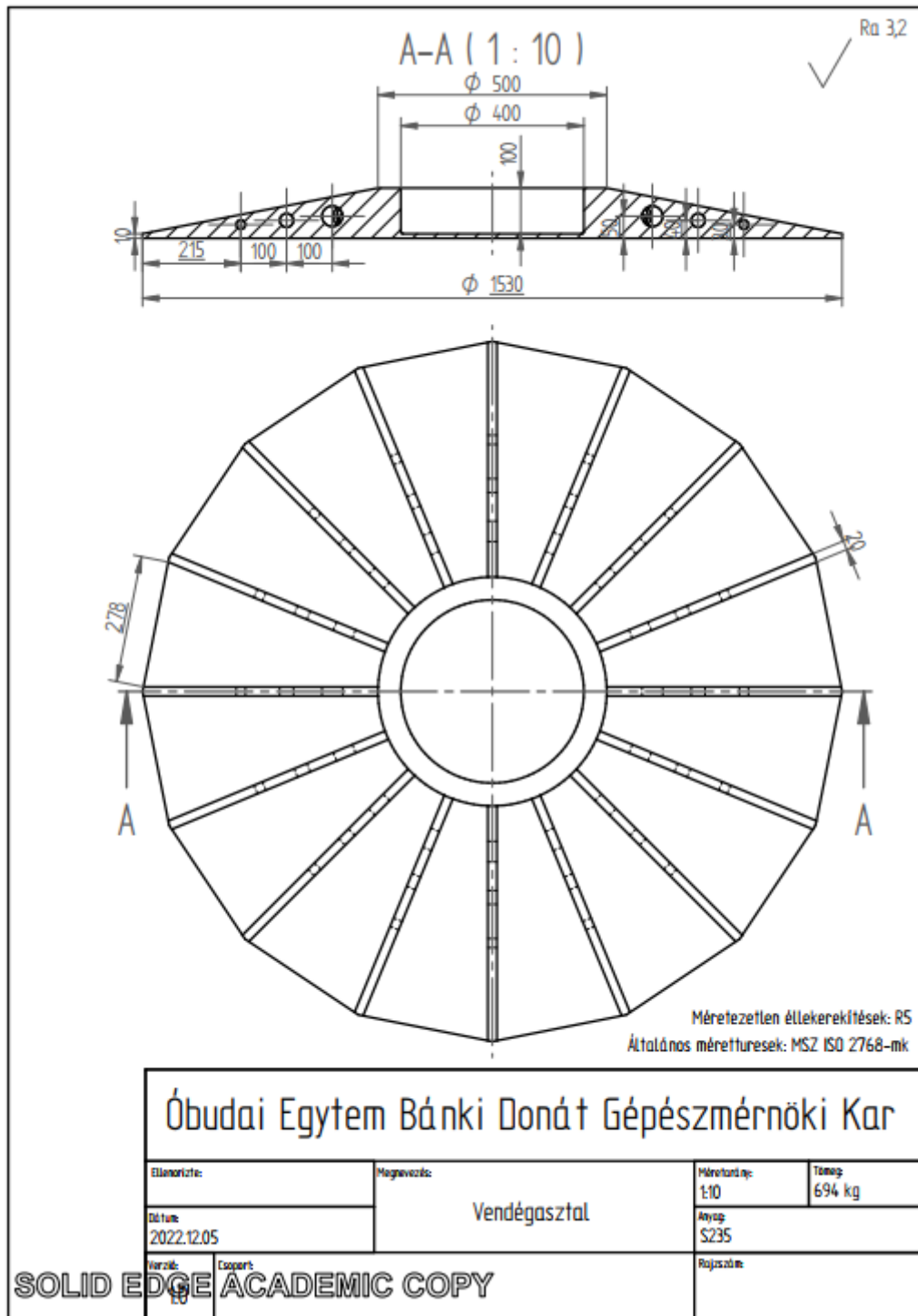
1. sz. melléklet: Az alkatrész műhelyrajza.



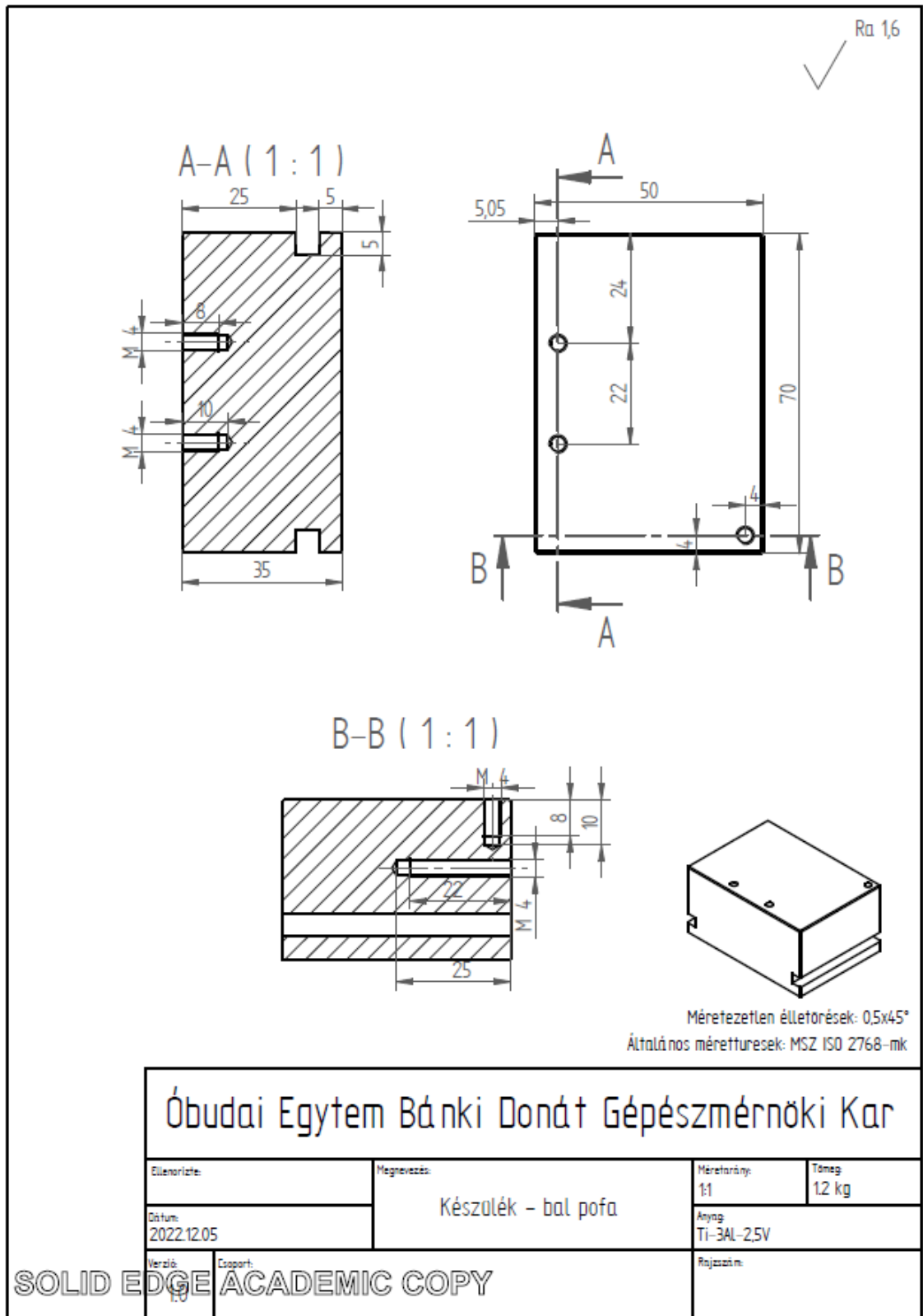
2.. sz. melléklet: Az előgyártmány műhelyrajza.

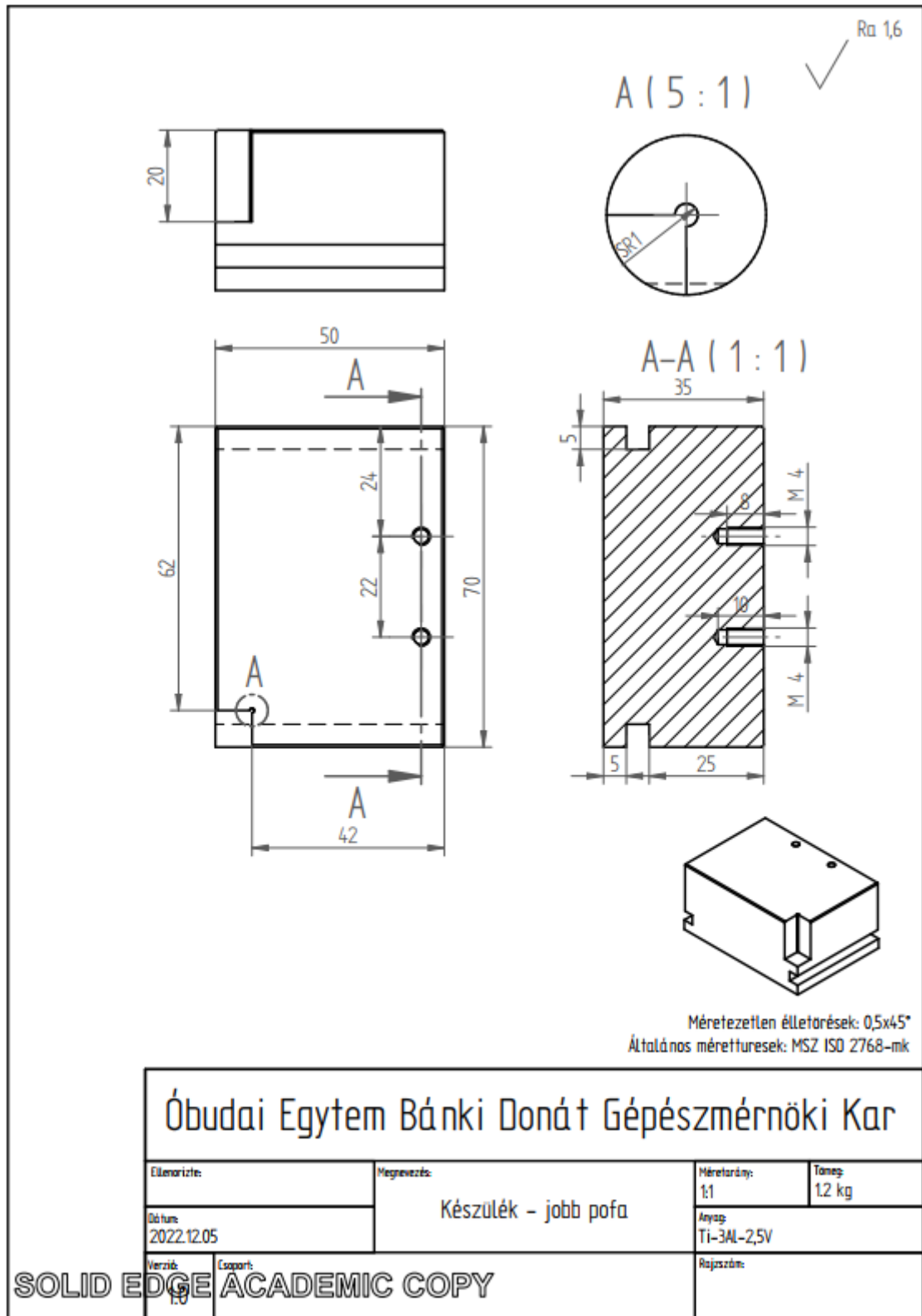


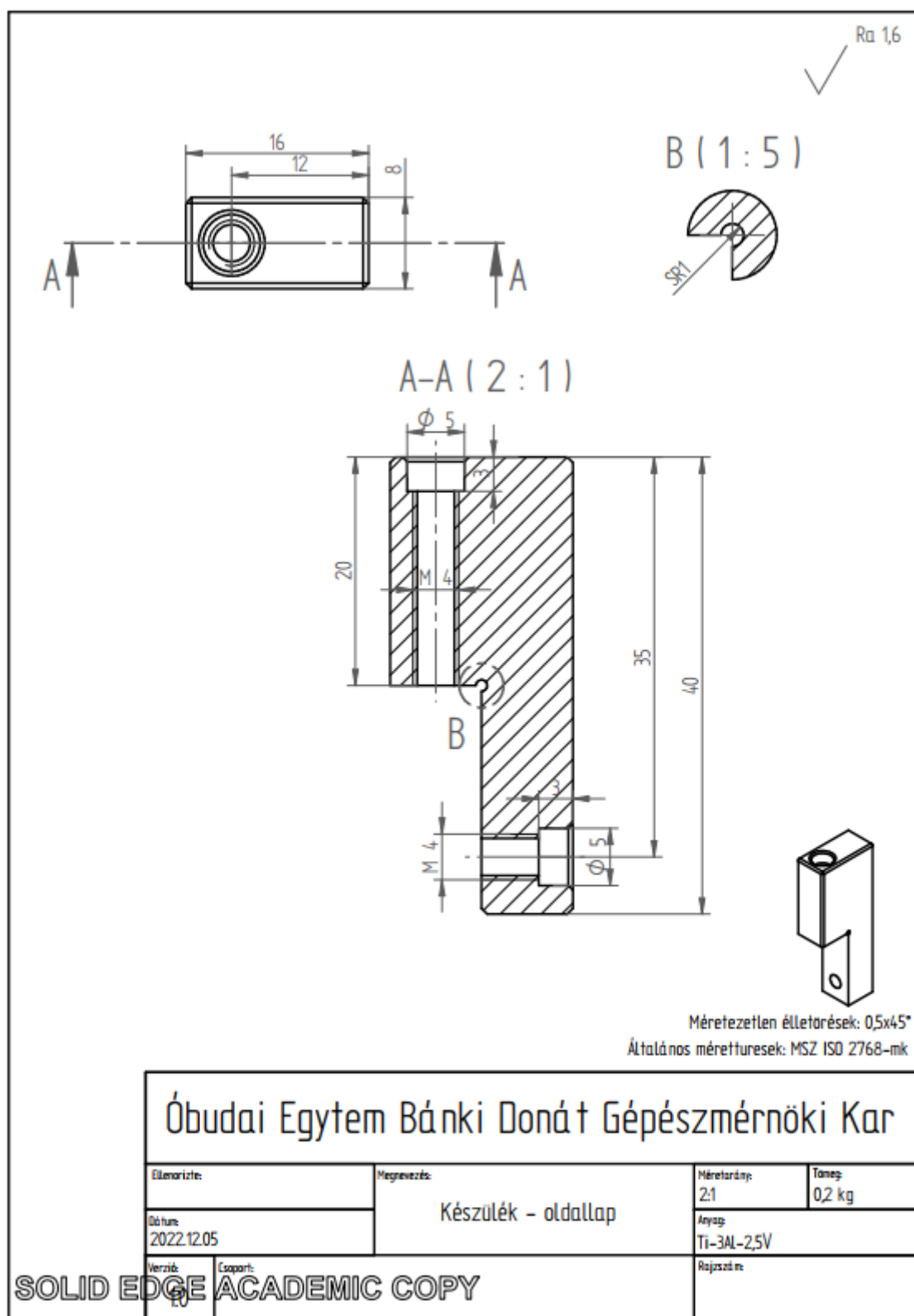
5. sz. melléklet: A vendégasztal műhelyrajza

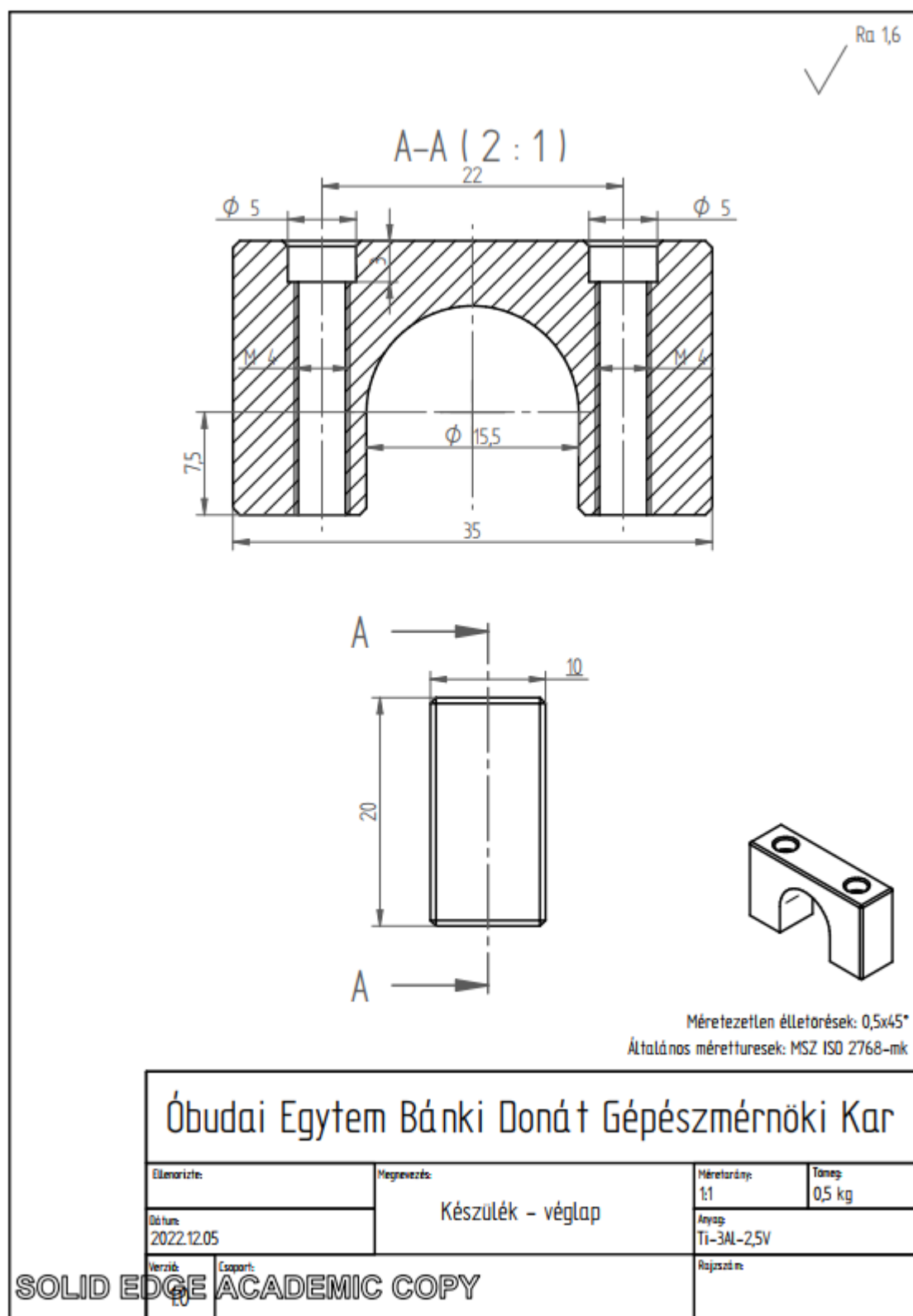


6. sz. melléklet: A készülék alkatrész rajzai



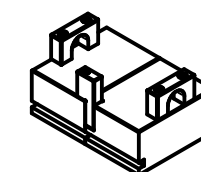
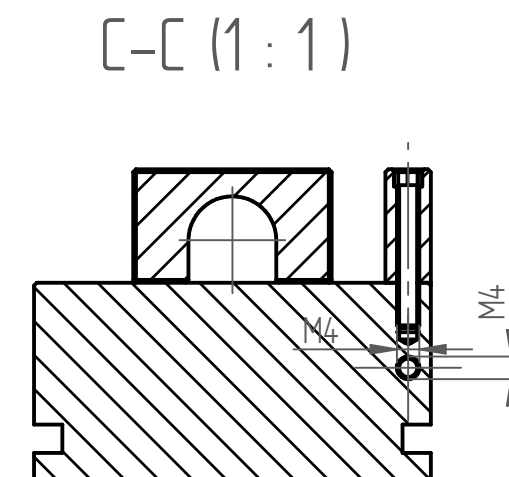
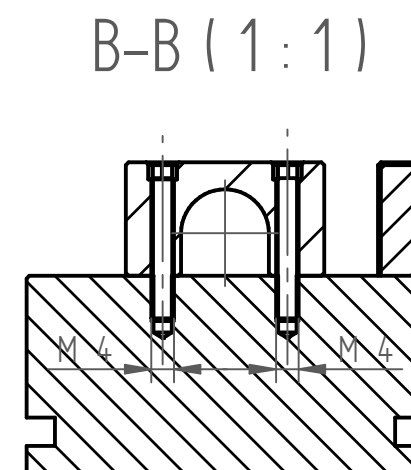
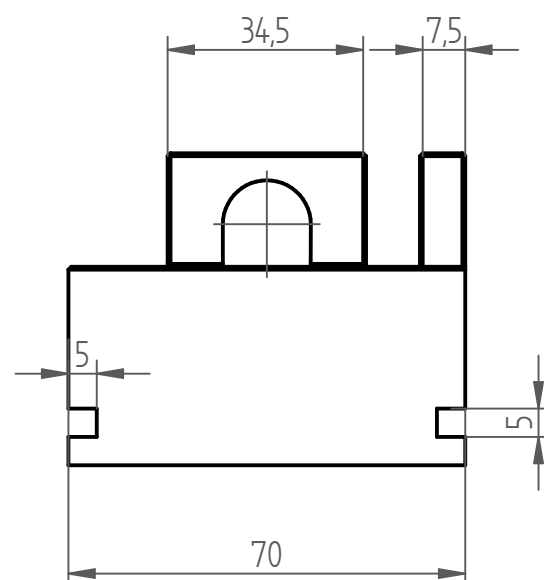
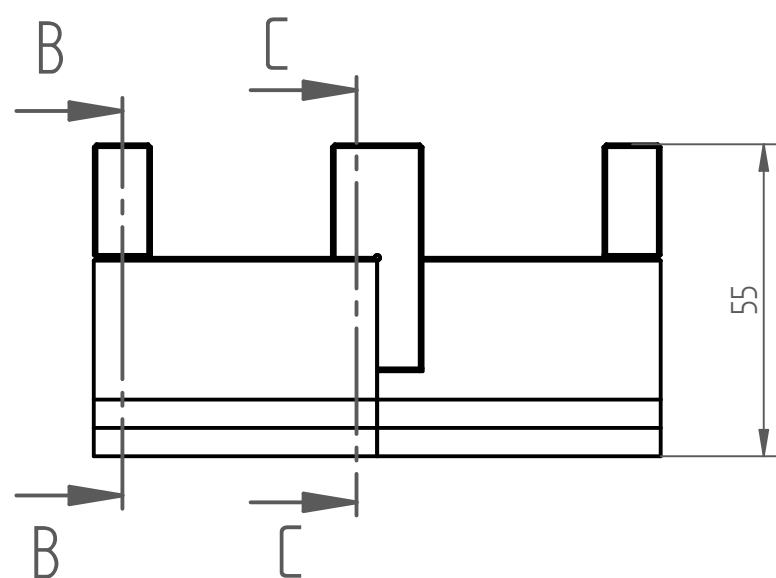






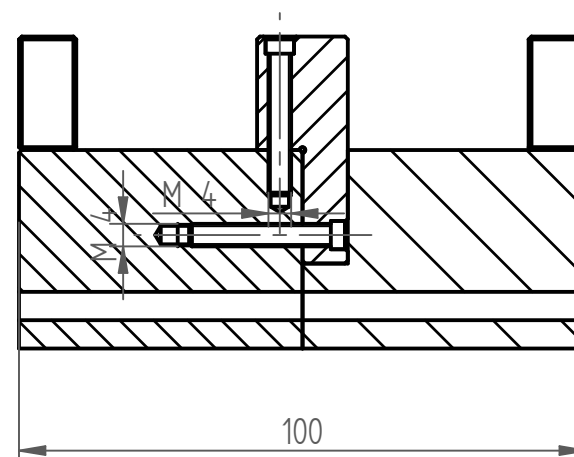
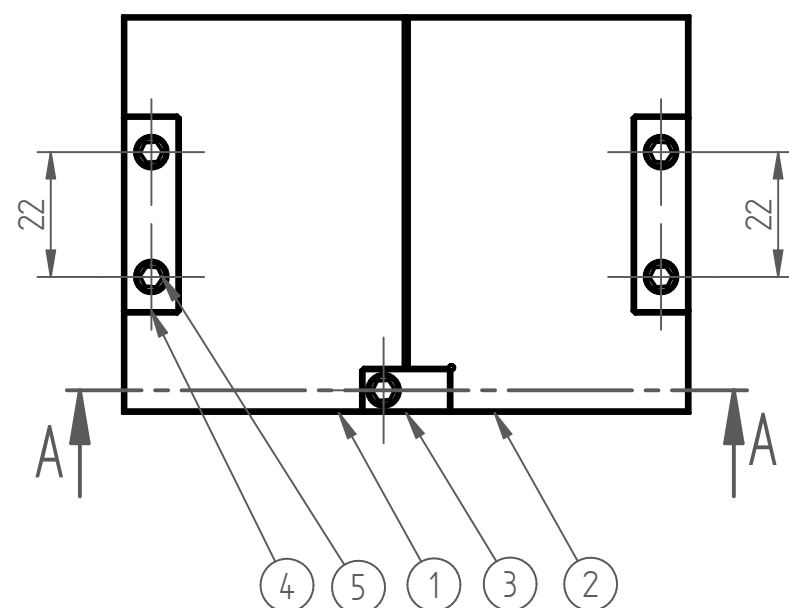
7. sz. melléklet: A készülék összeállítási rajza (A3)

8. sz. melléklet: Az összeállítási rajz (A2)



Általános mérettűresek: MSZ-ISO-2768-mk

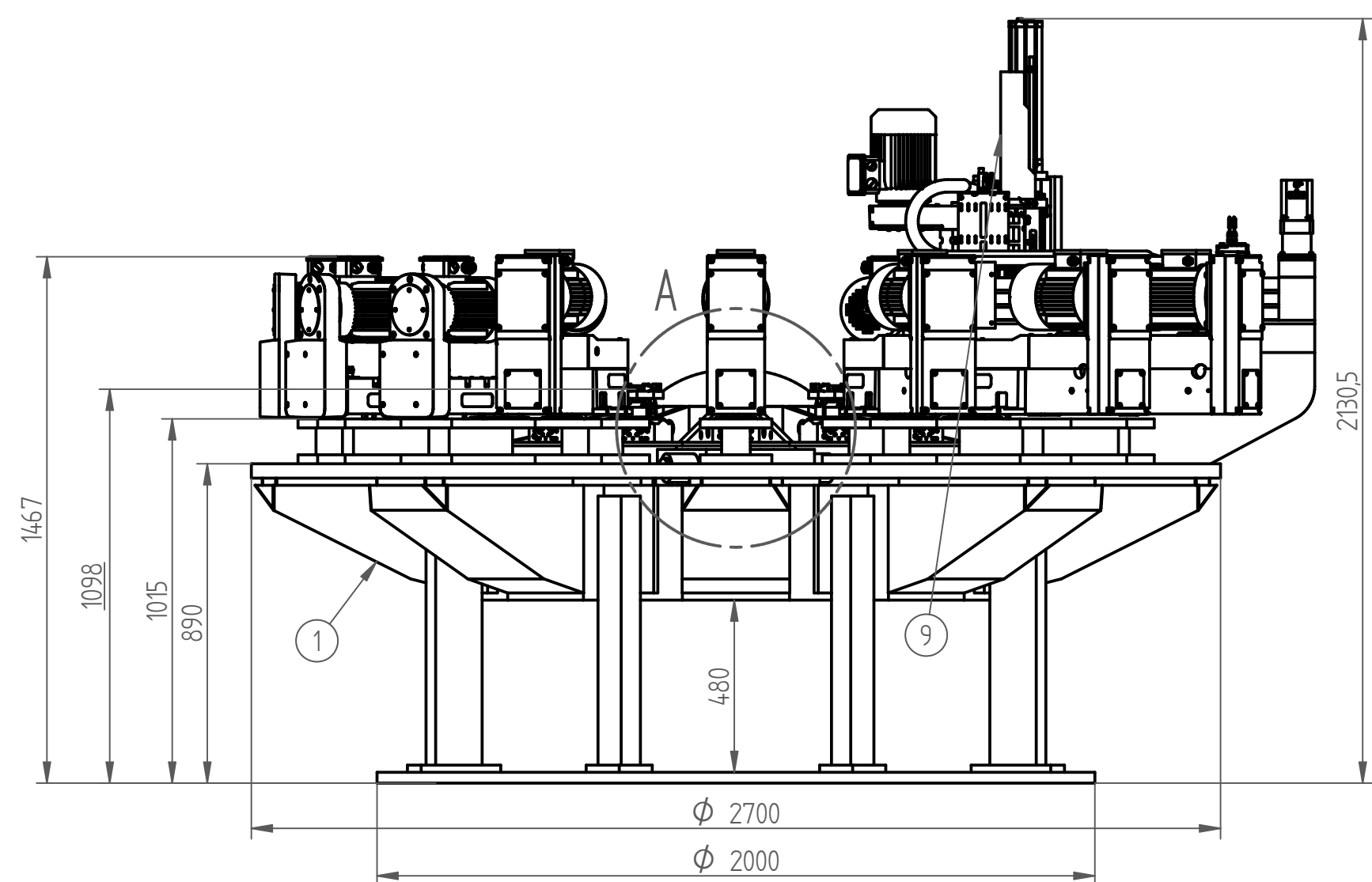
A-A (1:1)



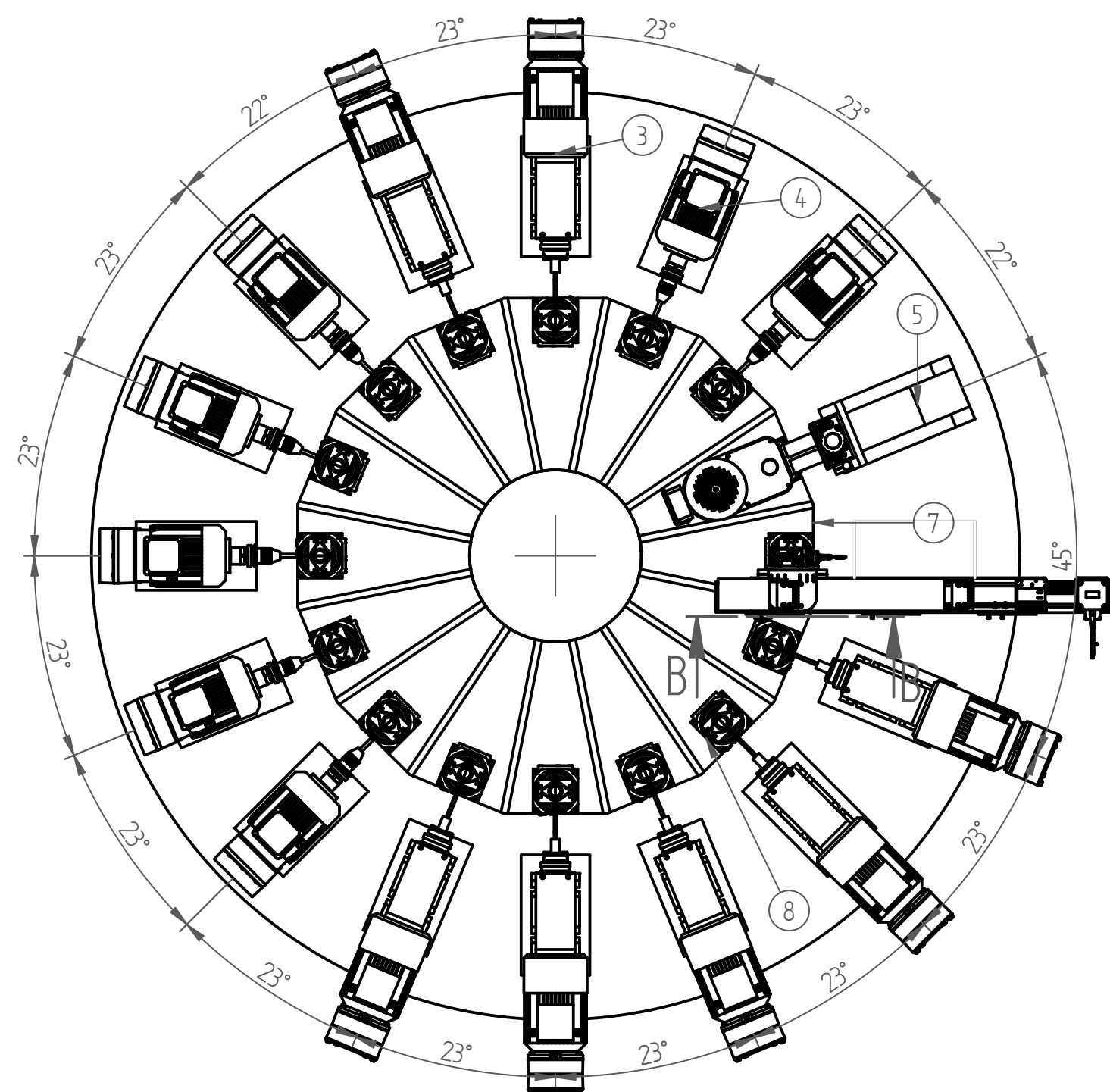
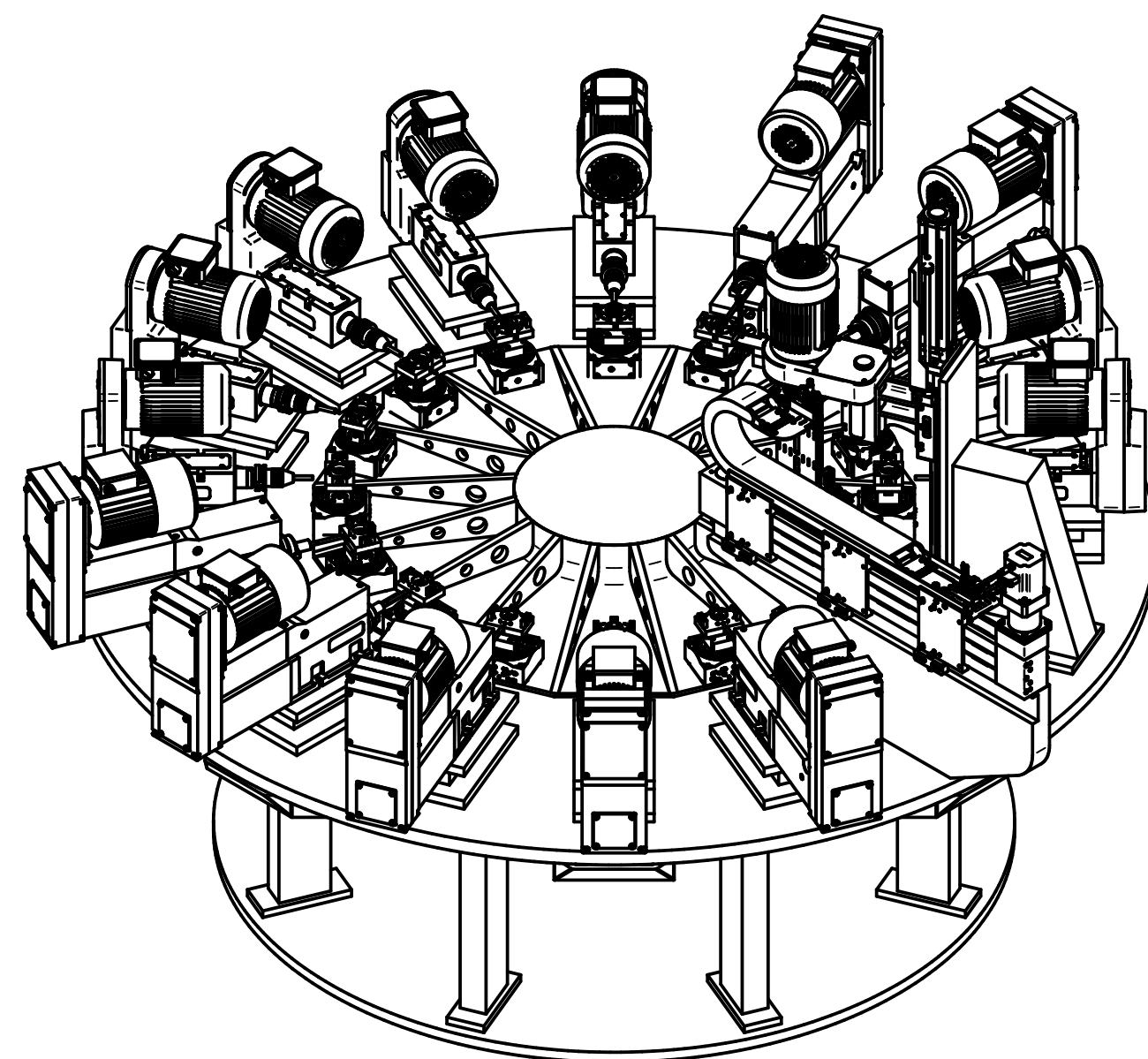
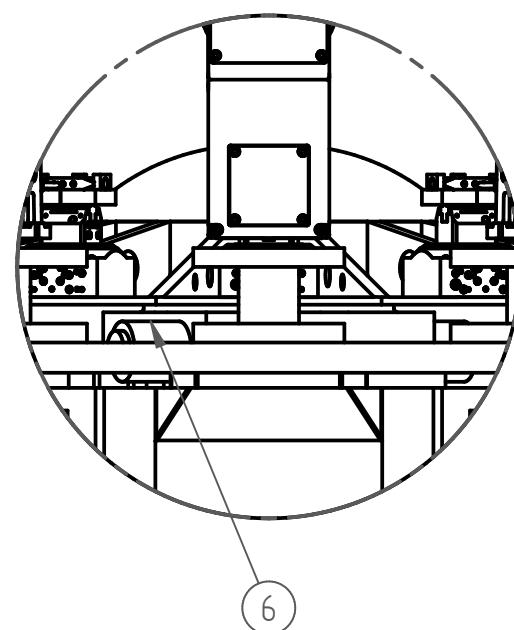
5	6	Belso kulcsnyílású csavar	30xM4		S235	0,1 kg	
4	2	Véglap	35x10x20		Ti-3AL-2V	0,5 kg	
3	1	Oldallap	16x8x40		Ti-3AL-2V	0,2 kg	
2	1	Jobb pofa	50x70x35		Ti-3AL-2V	1,2 kg	
1	1	Bal pofa	50x70x35		Ti-3AL-2V	1,2 kg	
Tsz	Db	Megnevezés	Méret	Rajzszám	Anyag	Tömeg	Megjegyzés

Óbudai Egytem Bánki Donát Gépészmérnöki Kar

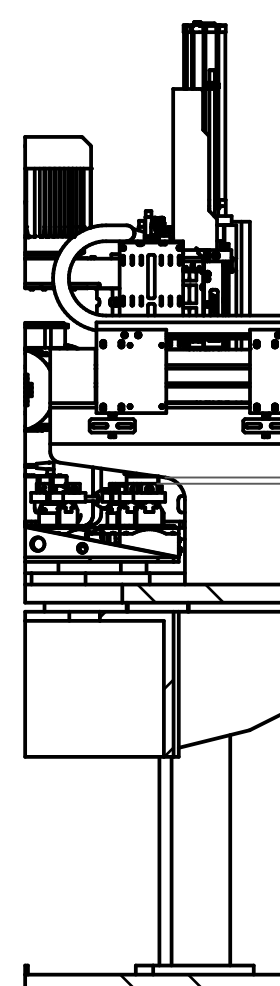
Ellenozite:	Megnevezés:	Méretarány:	Tömeg:
Dátum: 2022.12.05	Készülék összeállítás	1:1	3,2 kg
Verzió: 1.0	Csoport:	Rajzszám:	



A (1 : 10)



B-B (1 : 10)



A készülék elfér a
manipulátor állványa
alatt!

Rögzítés: Az állványt a megfelelő elhelyezés
után a padlólemezhez kell csavarozni!

9	1	UA 15 eltoló asztal	900x140x130	4,9	1 db	25 kg	
8	16	Készülékek	120x89x80	4,11	16 db	8 kg	
7	1	Vendégasztal	Φ1450x150	4,8	1 db	695 kg	
6	1	Körasztal Suhner RT320	460x320x160	4,7	1 db	50 kg	
5	1	BEX 15 ISO 30 004 931	172x800x450	4,9	7 db	20 kg	
4	7	GEM 12 B 26	155x693x448	4,9	7 db	38 kg	
3	7	BEM 25 H-ISO 30	140x685x442	4,9	1 db	68 kg	
2	1	Manipulátor	1500x800x300	4,13	1 db	50 kg	
1	1	Körasztal állványa	Φ2200x1500	4,12	1 db	4,2 t	
Tsz	Db	Megnevezés	Méret	Fejezet	Mennyiség	Tömeg	Megjegyzés

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépészmérnöki Kar

Ellenőrizte:	Megnevezés:	Méretarány:	Tömeg:
Dátum:	Összeállítás	1:20	8544 kg
2022.12.05		Anyag:	
Verzió:	Csoport:	Rajzszám:	
1.0			

SOLID EDGE ACADEMIC COPY