

SZAKDOLGOZAT

NAGY DÁVID
Gépészmérnök

Gödöllő
2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

Mezőgazdasági vontató kardántengely csapágházának
gyártástechnológiája hagyományos szerszámgépekre

Belső konzulens:	Dr. Kári-Horváth Attila egyetemi docens
Külső konzulens:	Bánhegyi József termelési vezető
Készítette:	Nagy Dávid M0XIJ7 nappali
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet

Gödöllő
2025



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépgyártó specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Nagy Dávid (M0XIJ7)

részére

A szakdolgozat címe:

**Mezőgazdasági vontató kardántengely csapágházának gyártástechnológiája
hagyományos szerszámgépekre**

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozás, probléma bemutatása, előgyártmány tervezés, süllyesztékes kovácsszerszám tervezés, gyártástechnológiai tervezés, készülék tervezés, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: Bánhegyi József, termelési vezető, Go-Metall Kft.

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila, egyetemi docens, MATE Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2025. november 04

Gödöllő, 2025. szeptember 08

Jóváhagyom

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2025. 10. 16.

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS.....	5
2.	CÉG BEMUTATÁSA	6
3.	SZAKIRODALOM FELDOLGOZÁS	7
3.1	A csapágysak elterjedésének történelme.....	7
3.2	Előgyártmány tervezés kovácsolt előgyártmányra vonatkozóan	8
3.2.1	Süllyesztékes kovácsolás	10
3.2.2	Kovácsolás anyagai.....	10
3.2.3	Nyomókúpok keletkezése.....	11
3.2.4	Kovácsdarab tervezése	11
3.3	Forgácsolás	12
3.3.1	Esztergálás	12
3.3.2	Marás	14
3.3.3	Fúrás	15
3.4	Kenőanyagok	16
3.4.1	Hűtő-kenő folyadékok	16
3.5	Készülékezés alapjai, hatpont szabály.....	17
4.	PROBLÉMA BEMUTATÁSA	21
4.1	Kardántengely és TLT szerepe.....	21
4.2	Működési körülmények.....	21
4.3	A probléma és megoldása	23
5.	TERVEZÉS	24
5.1	Koncepció kiválasztása, alapanyag meghatározás.....	24
5.2	Előgyártmány tervezés	26
5.2.1	A kovácsdarab tervezése.....	26
5.2.2	Az alapanyag előkészítése.....	34
5.2.3	Süllyesztékszorszám tervezése.....	35
5.3	Forgácsolás művelettervezése és gyártástechnológiai számításai.....	37
5.3.1	Forgácsolási paraméterek meghatározása	38
5.4	Készüléktervezés.....	59
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	62
7.	SUMMARY	63
8.	NYILATKOZATOK	64
9.	IRODALOMJEGYZÉK	68
10.	MELLÉKLETEK JEGYZÉKE.....	70

1. BEVEZETÉS

A gépészetben nagyon sok helyen találkozhatunk forgó alkatrészekkel, testekkel, szerszámokkal. Ezek közül a legismertebb és legtöbbet használt gépelem a tengely. Ennek hatékony megtámasztása egy igen fontos feladat, hiszen a tengelyek nyomatékátadó rendszerek, melyek támaszainak minimális veszteségűnek kell lennie. Ezek megvalósítására használnak csapágyazásokat. Ezek az aktív támasztóelemek csapágyházakban helyezkednek el, melyek célja, hogy a biztosítsák a kenést, csillapítsák a rezgéseket, segítsék a statikus és dinamikus terhelések egyenletes elosztását, illetve védjék a csapágyat a környezeti hatásoktól.

Az egyetemi évek során gyakorlaton vettem részt a GO-METALL Kft-nél. Tökéletes lehetőség volt a számomra, hiszen tapasztalt mérnökök körében tehettem szert sokszínű szakmai ismeretre. Szakrajzokat készítettem 3D tervezőszoftverrel, majd végig követhettem egyes gépalkatrészek gyártását ezen rajzok alapján, részt vettem öntvények tervezési folyamataiban, de ezek mellett szerelési feladatokat is végeztem.

Ezekre a tapasztalatokra alapozva választottam ki a szakdolgozatom témáját. A szakdolgozatomat a hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintésével kezdem (előgyártmány tervezés kovácsolt előgyártmányra vonatkozóan, forgácsolás, hűtő kenő folyadékok, készüléktervezés alapjai), majd bemutatom a problémát.

A tervezés előtt előkalkulációt készítek, melyben kiválasztom a cég számára az ideális megoldást az előgyártmány vonatkozásában. A tervezési folyamat során a kiválasztott előgyártmány vonatkozásában az egyes fázisokhoz szükséges műszaki számításokat elvégzem, melyek az egyes munkafázisok paramétereit határozzák meg, illetve irányt mutatnak a különböző forgácsolószerszámok kiválasztásához. Ezen számítások alapján műveleti sorrendet, műveleti utasításokat, és szükség esetén szerszámkérő lapot készítek, melyek alapján a gyártási folyamatok végrehajthatók lesznek.

A dolgozatban található szakrajzokat, és 3D-s modelleket az Autodesk Inventor Professional 2023 tervezőprogrammal készítettem el DIN és ISO szabványok szerint. A szoftver által végzett modellezési folyamat magában foglalja az alkatrész fizikai tulajdonságainak meghatározását is.

2. CÉG BEMUTATÁSA

A GO-METALL Kft. egy budapesti (2.1. ábra) és tabi telephelyű, precíziós fémmegmunkálással foglalkozó vállalat, mely 1990 óta nyújt magas szintű szolgáltatást a gépészeti ipar területén. A vállalat a működése során elérte, hogy az általuk gyártott termékek túlnyomó része külföldi exportként kerül eladásra.

A cég fő tevékenységi körébe tartozik a műszaki rajzok alapján történő gépalkatrészgyártás, ahol legtöbb esetben öntvények gyártása szerepel az öntőminta készítésétől az öntésen át a komplett megmunkált és szerelt darabok kiszállításáig. Az öntési technológiákon kívül hegesztett acélszerkezetek beszerzését, hegesztését és készre munkálását is vállalják. Nem csak a gyártás a fő profil, hiszen a szerkezetek szerelése és összeállítása is a profilukhoz tartozik.

Mint ahogy azt már korábban említettem, a vállalat által gyártott alkatrészek és termékek 20 %-a kerül belföldi értékesítésre, a többi 80 % eladás pedig a külföldi exportot teszi ki. A cég már sok éve beszállítója vezető nyugat-európai gépgyártó vállalatoknak (például Belgiumnak, Ausztriának, Franciaországnak stb.). A partnerek rendszeres megrendeléseai pedig bizonyítják a kft. által nyújtott minőséget, árat és a szállítási határidők európai elvárásoknak való megfelelését.

Néhány terméket kiemelnék melyeket a cég gyárt, és az élelmiszeri gépiparban, szerszámgépiparban, illetve az olaj- és gáziparban alkalmaznak: keresztfejek, orsószekrények, gépágyak, pumpaházak, csapágyházak, csapágyfedelek.

A cég történetében egy nagy mérföldkő volt a bővülés, ugyanis Tabon egy új telephelyet sikerült megnyitni 2014-ben. Ez az új létesítmény szintén fémmegmunkálással foglalkozik, így mára már 600 m² gyártási területtel nagyobb helyen zajlik a termelés.

2.1. ábra: A cég budapesti telephelye



3. SZAKIRODALOM FELDOLGOZÁS

3.1 A csapágyak elterjedésének történelme

Mint ahogy azt már a bevezetőmben is említettem, a csapágyházaknak nagy jelentősége van a gépészetben, ugyanis ezek biztosítják a védelmet és egyéb feltételeket a csapágyak számára, melyek a tengelyek kis veszteségű megtámasztását biztosítják. Továbbá a csapágyházak biztosítanak kapcsolatot a környezet és a forgó mozgást biztosító aktív támaszok között. [26], [27]

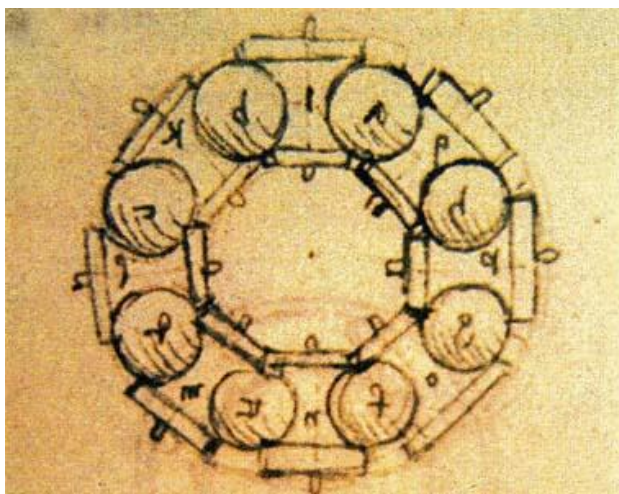
Mielőtt részletesen belekezek a csapágyház gyártási folyamatának bemutatásához és előtervezéséhez, előtte ismertetem azt a gépelemet, ami miatt egyáltalán ezeket a házakat alkalmazzuk. A csapágy szó hallatán mindenki a mélyhornyú golyóscsapágyra asszociál, ami nem is véletlen, hiszen ez az egyik legtöbbet alkalmazott típus. A csapágy legegyszerűbben úgy ismertethető, mint 2 darab gyűrű, melyek közé elhelyezett gördülőelemek futnak, ezáltal megvalósítva a forgó mozgás és az álló helyzet közötti állapotot. Leginkább arra gondolhatunk, hogy a csapágy az 1900-as évek nagy találmánya lehet, de ebben az esetben nagyot tévedünk. Történelmünk első nagy fordulatszámon forgó eszköze a kerék volt, aminél már szintén szükség volt csapágy használatára. Már időszámításunk előtt 100-ban a gótok és a vandálok már használták a csapágyat, melyekkel az akkori kor legfejlettebb kocsijait készítették el. [26], [27]

A kezdetleges gördülőcsapágyak eleinte fából készültek, és megjelenésükkor hatalmas innovációnak számítottak. Annak ellenére, hogy mennyire pozitív fogadtatásban részesültek, az elterjedésük nem volt robbanásszerű. Sok időbe telt, mire ezen gépelemek kapcsán újabb forradalmi erejű újítások születtek. Leonardo da Vinci számos tervet dolgozott ki (3.1. ábra), melyek meglehetősen nagy hasonlóságot mutattak a ma használt csapágyakhoz. Tervei közül csupán csak néhány valósult meg, de a ma modern világban alkalmazott csapágyak megvalósulásában elévülhetetlen érdemeket szerzett. [26], [27]

Az első komolyabb csapágyfelhasználás E.A. Cowper nevéhez köthető, aki a kerékpárok kerekeinél, pedáljánál, hajtókarjánál és fékeinél alkalmazta a csapágyat. Ezt követően az újonnan tervezett autók sok áttörő tervet vettek át a biciklitektől, ilyen volt a csapágyazás is.

Ez volt az a pillanat, ahonnan kezdve nagyütemben elkezdett elterjedni ez a gépészeti megoldás. Henry Timken szabadalmaztatta a kúpgörgős csapágyat, ami után megalapította a Timken Roller Bearing Axle Company céget. Sven Wingquist svéd feltaláló pedig a beálló görgőscsapágyat tervezte meg, mely után pedig megalapította a mai is létező világhírű csapágy márkát, az SKF-et. [26], [27]

3.1. ábra: Leonardo da Vinci csapágyterve [26]



Ezek után egyre több csapágytípust kezdtek kidolgozni különféle igénybevételekhez, melyekhez már szabványokat is dolgoztak ki, melyeket a mai napig alkalmaznak. Adott csapágytípusokhoz ezek alapján tudunk például csapágyházakat is kiválasztani, a szabványos házak kiválasztását követően pedig védelem céljából például tömítőgyűrűket rendelni. [26], [27]

3.2 Előgyártmány tervezés kovácsolt előgyártmányra vonatkozóan

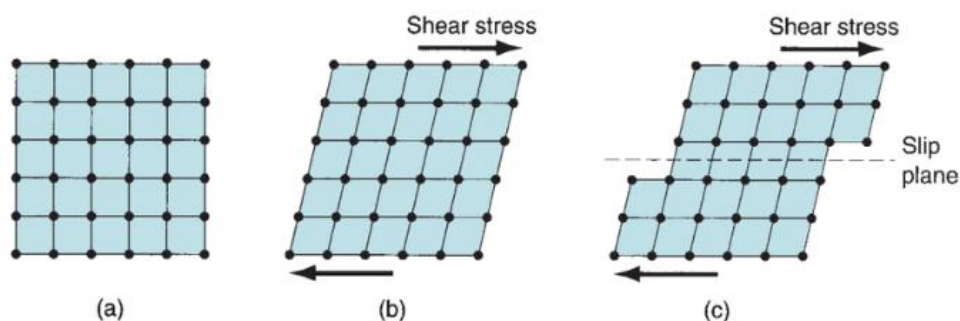
A gyártás során a folyamat tárgyát képező alkatrészt munkadarabnak hívjuk, amelynek kiinduló formája az előgyártmány. Ennek alakja, mérete, anyagszerkezete az alakítás során folyamatosan változik, amíg el nem nyeri a végső, előírt tulajdonságait. Az előgyártmány többféle gyártástechnológiával készülhet, ilyen például az öntés, sajtolás, hengerlés vagy a kovácsolás. Esetemben az utóbbi előgyártás-technológia által készült előgyártmány tervezésével foglalkozok. [2], [9], [10], [13]

Az előgyártmány megválasztásakor figyelembe kell venni az alkatrész alakját, méretét és tömegét. Az előgyártmány anyagának ki kell elégítenie az alkatrészt előírt követelményeket. [2], [9], [10], [13]

Megválasztás során meg kell határozni az előállítás módját és méretét. Ezt a kiválasztási folyamatot nagyban befolyásolja a technológia felszerszámozásának előkészítési ideje, a szükséges technológiai berendezések felhasználhatósága és a gyártás automatizáltsági foka. Végül, de nem utolsó sorban az előállítási költség is fontos, hiszen törekedni kell a legkisebb költség megvalósítására. [3], [6], [7]

A csapágyházhoz készített előgyártmány kovácsolással készül, ami egy képlékeny alakítási technológia. A fémek képlékeny alakítása során csak a munkadarab alakja változik meg, tömege, térfogata és folytonossága változatlan marad. Ha egy fémkristály (3.2./a ábra) rugalmassági határát meghaladó igénybevételnek van kitéve, akkor a kristály alakja maradandóan megváltozik (3.2./b ábra). A további alakváltozás úgy megy végbe, hogy a fémkristály egyes részei kristálytanilag meghatározott csúszási síkok mentén bizonyos irányban egymáson elcsúsznak anélkül, hogy a két kristályrész elválna egymástól. Ezt nevezik transzlációnak (3.2./c ábra). A csúszás síkja és iránya a legtöbb fémnél az a kristálytani sík, illetve irány, amelyben az atomok a rácsszerkezetben a legsűrűbben fordulnak elő, hiszen ez a legkedvezőbb csúszási irány. A transzláció feltétele, hogy a működésben levő csúszási síkban a fémre jellemző nagyságú csúsztatófeszültség ébredjen. A kristályok alakváltozása az előbb említett folyamatokon felül még ikerképződés útján is végbemehet. Ennek lényege az, hogy a kristálynak két párhuzamos sík közé eső része az eredeti tükörképének megfelelő helyzetbe kerül. A rácshibák (diszlokációk) megkönnyítik a fémek képlékeny alakítását. [6], [7], [11], [28]

3.2. ábra: A fémkristály különféle alakváltozásainak elvi vázlata [28]



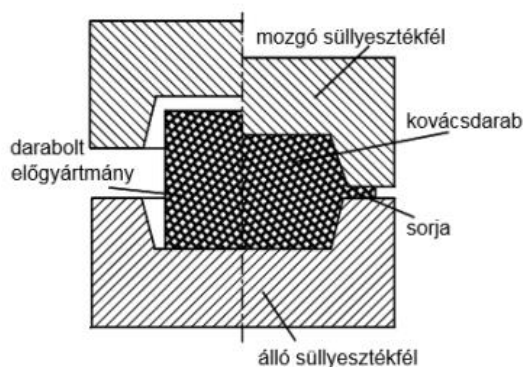
Kovácsoláskor az anyagban olyan alakváltozás megy végbe, amely az öntéskor keletkezett kristályszerkezet átalakulásához vezet. Az egyenletes, finom szövetszerkezet elérése megkívánja, hogy a kovácsdarab teljes keresztmetszetében lehetőleg egyenletes legyen az alakváltozás.

A kész alkatrész alakját és méreteit jól megközelíthető, kívánt mechanikai tulajdonságokkal rendelkező előgyártmányok készíthetők ütéssel vagy nyomással. A kovácsolásnak két csoportját különböztetjük meg: szabadalakító kovácsolás és süllyesztékes kovácsolás. [11], [15], [21]

3.2.1 Süllyesztékes kovácsolás

Süllyesztékes kovácsoláskor a két szerszámfélben lévő üreg alakítja a munkadarabokat. A süllyesztéküregben az anyag áramlását az osztófelületen kifolyó sorja szabályozza. A munkadarabnak meg kell felelnie a kovácsolás technológiai jellemzőinek (megfelelően kialakított osztófelület, oldalak ferdesége, élek lekerekítése, legkisebb falvastagság). Alámetszett munkadarabokat nem lehet ilyen eljárással gyártani. A süllyesztékes kovácsolás elvi ábrája a 3.3. ábrán látható. [6], [7], [10], [11], [21]

3.3. ábra: Süllyesztékes kovácsolás elvi ábrája [11]



Süllyesztékes kovácsolás technológiai lépései: darabolás, hevítés, előalakítás, készre alakítás, sorjázás, kalibrálás, hőkezelés, revétlenítés, minőségvizsgálat. [21]

3.2.2 Kovácsolás anyagai

Az acélok kovácsolhatósága elsősorban a kémiai összetételtől és a hőmérséklettől függ. Legjobban kovácsolható a szénvas. Minden ötvöző- és szennyezőelem rontja a kovácsolhatóságot. Ezen ötvözők határát 0,8 % széntartalomnál szabták meg. A szénvas mellett a vörösréz is jól kovácsolható. A réz-ón, réz-alumínium ötvözetek, a bronzok és az alumíniumbronzok is kovácsolhatók. [8], [11], [21]

Az alumínium és ötvözetek is jó kovácsolhatósággal rendelkeznek. Viszont ezeknél követelmény a kovácsolási hőmérséklet betartása, ugyanis alacsony hőmérsékleten repedeznek, túl magas hőmérsékleten viszont káros szövetszerkezeti átalakulások valósulnak meg. Az acélok kovácsolási hőmérséklete 800-1300 °C, az alakítás nagyobb részét a lehető legmagasabb hőmérsékleten kell végezni. [8], [11], [21]

3.2.3 Nyomókúpok keletkezése

Kovácsoláskor az alakváltozás a nyomókúpok mentén megy végbe. Ezek az alakító-erő hatására alakulnak ki a szerszám és a kovácsdarab érintkezési felületeiből kiindulva 45°-50°-os szögben. A nyomókúpok a szerszám és a vele érintkező anyagréteg közötti súrlódás hatására alakul ki, ugyanis az anyag mindig a kisebb ellenállás irányában terjed jobban, így csak a nyomókúpon kívül eső anyagrész szenved képlékeny alakváltozást. A kovácsolás csak úgy érheti el a célját, ha a nyomókúpok a munkadarab egész keresztmetszetében keletkeznek, ha ezek az alakítás folyamán záródnak. [9], [10], [11], [21]

3.2.4 Kovácsdarab tervezése

Tervezésnél a legfontosabb az, hogy a munkadarab forgácsolással megmunkálendő felületeit megmunkálási ráhagyással meg kell növelni, és a rajzon fel kell tüntetni a kovácsolási tűréseket. A rajzokon mind a megmunkálendő, mind pedig a nyersen maradó felületeket meg kell jelölni. A ráhagyások értékét szabványok írják elő egyszerűbb darabokra, ugyanis a bonyolultabb gyártmányoknál a tűréseket külön állapítják meg. [6], [9], [10], [15]

A szabadalakító kovácsolás jellege megkívánja, hogy a darab alakját leegyszerűsítsék. A kisebb lépcsőket, bevágásokat, lyukakat, a nehezen kialakítható mélyedéseket a szomszédos darabrészek méretére kovácsolják. [10], [11], [21]

A kovácsrajzon a kovácsdarabot folyamatos vonallal rajzolják meg, benne a forgácsolt készdarab kontúrját vékony pontvonallal jelölik. A kovácsdarab méreteinél feltüntetik a tűréseket is, alatta pedig zárójelben a készdarab méretét. [9], [10], [15]

A kovácsdarab tömegét a kovácsrajz méretei alapján számítással határozzák meg. Az ötvöztelen acélok felöntési hulladéka a tuskó tömegének 20-25 %-a, ötvözött szerkezeti acéloknál 25-35 %, erősen ötvözött acéloknál 50 % körül van. A tuskó láb részének hulladéka

ötvöztelen acéloknál 5-7 %, ötvözött acéloknál 7-10 %. [6], [8], [15]

A kovácsdarabon általában az 50 mm-nél kisebb, vagy egy perem vastagságának kétharmadával kisebb furatokat nem lyukasztják. Vállak és peremek kialakításakor a vállazó szerszámok alakja, elcsúszása és a darabtorzulások miatt 10°-os ferdeséggel számolnak. [10], [11], [21]

A sülylesztékes kovácsdaraboknak a tömegük mellett vannak olyan kritikus mérethatáraik, melyek elérésekor a gyártás gazdaságtalanná válik, vagy el sem készíthető a munkadarab. Ezek a következők: a kovácsdarab falára és bordáira vonatkozó vastagság/magasság viszony, a csapokra vonatkozó átmérő/hosszúság viszonyszám, a darabon kialakított fenékrészek vastagság/átmérő, illetve vastagság/szélesség viszonyszáma, a kovácsdarab lekerekítései sugarai, a kovácsdarab oldalferdeségei. Ezeket a 3.4. ábra szemlélteti. [6], [7], [8], [21]

3.4. ábra: Kovácsdarab tervezése [10]



3.3 Forgácsolás

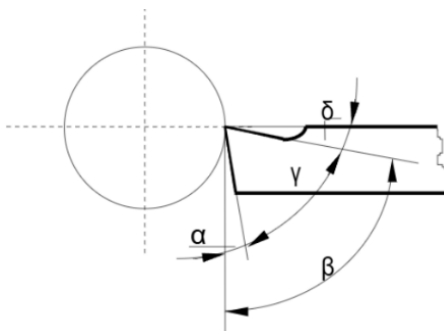
Forgácsolás során az alakítandó előgyártmányról mechanikus úton anyagrészeket távolítanak el. Az anyagot közvetlenül alakító, forgácsoló eszközt szerszámnak nevezzük. A szerszámmal eltávolított anyagrészeket pedig forgácsnak nevezzük. Szabadforgácsolásról akkor beszélünk, ha a szerszám csúcsa nem, csak az élének egy része forgácsol azonos körülmények között. Kötött forgácsolás esetén pedig mindkét szerszámelem végez anyagleválasztást. [1], [2], [12]

3.3.1 Esztergálás

Az esztergálás egyélű szerszámmal, állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásával végzett forgácsolási eljárás. Esztergáláskor a munkadarab végzi a forgó főmozgást, a szerszám pedig az egyenes vonalú előtoló mellékmozgást. [1], [2]

A forgácsoláshoz használt egyélű szerszám az esztergakés, melyet a munkadarab alakjától, az elvégzendő művelettől, illetve az üzemi adottságoktól függően kell megválasztani. A szerszám két fontos eleme a késszár, amellyel a kést befogjuk a szerszámgépbe, és a dolgozó rész, amelyik közvetlenül a forgácsolást végzi. A dolgozó rész készülhet keményfémből, kerámiából vagy gyorsacélból. A keményfémlapkás kések esetében a dolgozó részt utólag erősítik fel a késszárra, jellemzően forrasztással vagy csavarozással. Ennek hátránya, hogy a lapka sérülhet a felfogatás során. Az esztergakés élszögeit a 3.5. ábra szemlélteti. Itt az α a hátszög, ami a kés hátlapja és az érintősík által bezárt szög, melynek feladata a munkadarab és a szerszám közötti súrlódás csökkentése. β az ékszög, ez a kés hátlapja és a homloklapja által bezárt szög, mely a kés szilárdságát befolyásolja. γ a homlokszög, az alapsík és a kés homloklapja által bezárt szög, a forgácsoló erő nagyságát és a forgács elvezetését befolyásolja. δ pedig a metszőszög, mely az érintősík és a homloklap által bezárt szög. [3], [8], [16], [22]

3.5. ábra: Az esztergakés élszögei [1]



Esztergálás során a befogás feladata a munkadarabok helyzetének meghatározása, illetve menesztése. A befogott darabokat hossz/átmérő (l/d) függvényében két nagy csoportra oszthatjuk: tárcsaszerű ($l/d < 3 \dots 4$) és tengelyszerű ($l/d > 3 \dots 4$) munkadarabok. A megmunkáló gépeken számos befogókészüléket alkalmazhatunk: síktárcsa, esztergacsúcsok, esztergabáb, patronos befogók, menesztőtárcsa stb. [1], [2], [18]

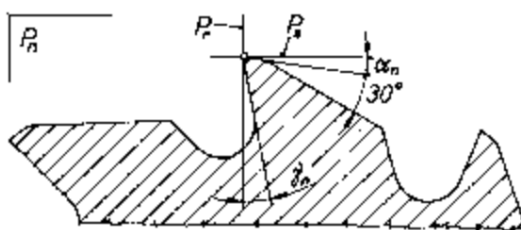
Az esztergálási műveletek elvégzésére az egyik leggyakrabban használt gép az egytetemes csúcseszterga. Ezek külső és belső hengeres, valamint kúpos, sík stb. felületek megmunkálására alkalmasak. Felépítésük szerint különféle menetek készítésére is alkalmasak. A csúcsesztergák mellett használnak még síkesztergákat (karusszel eszterga, fejeszterga), revolveresztergákat (toronyrevolver-, dobrevolver eszterga), automata esztergákat (mechanikus vezérlésű-, számjegyvezérlésű eszterga), illetve különleges esztergákat (másoló eszterga, hátraeszterga). Ezeken különleges forgácsolási műveletek elvégzésére van lehetőség. [2], [3]

3.3.2 Marás

Marás sík vagy alakos felületek megmunkálására alkalmas forgácsoló eljárás. A forgácsoló főmozgást a tengelye körül forgó, szerszám végzi, amelynek palást- vagy homlokfelületén szabályosan elhelyezett forgácsolóélek helyezkednek el. Az előtoló mellékmozgást pedig a munkadarab végzi. Alapvetően kétféle eljárást különböztetünk meg: a palástmarást és a homlokmarást. [1], [3], [10]

Palástmarás esetén a marótengely párhuzamos a megmunkált felülettel. Ezen eljárással síkfelületek, hornyok és alakos felületek készíthetők. A palástmarók származtatása egy hengeres testből és annak a palástfelületén elhelyezett forgácsoló élekből történik, ahol az élek annyi esztergakésből származtathatók, amennyi éle van a késnek. A 3.6. ábrán egy palástmaró látható az élszögeivel együtt. Mivel a maró esztergakésekből származtatható, ezért az élszögek is megegyeznek az esztergálásnál említettekkel. Kemény anyagokhoz sűrű, lágyabb anyagokhoz pedig ritkább fogú marókat alkalmaznak. Általában a marási irányt tekintve beszélhetünk egyenirányú, illetve ellenirányú marásról. Egyenirányú marás esetén a fellépő erő a munkadarabot az asztalra szorítja. Ellenirányú marásnál a munkadarabra ható erő igyekszik felemelni a gépasztalt. A gyakorlatban általában az ellenirányút alkalmazzák. [1], [6], [7], [10]

3.6. ábra: Palástmaró élszögei [10]



Homlokmarás alkalmazásakor a maró tengelye merőleges a megmunkált felületre. Ilyen marási eljárással síkfelületek készíthetők. A nagy teljesítményű homlokmarók betétkéses vagy betétlapkás kivitelűek. [10]

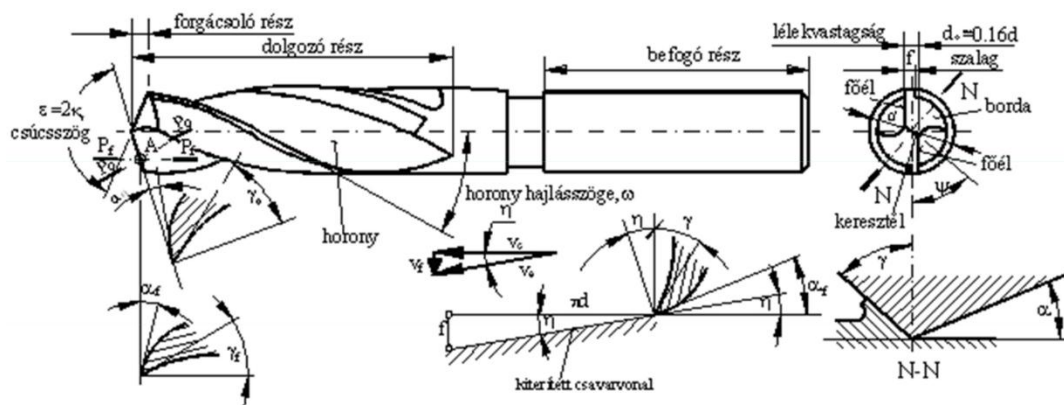
A marógépek sík és alakos felületek, valamint ezek kombinációinak előállításaira használhatók. Termelékenységük nagyobb, pontosságuk jobb, mint a gyalugépeké, bonyolult alakzatok készítésére is alkalmazhatók. A marószerszámok befogása és forgatása speciálisan kiképzett maróorsóval történik. A maróorsó helyzete vízszintes és függőleges is lehet. A munkadarab a szánszerkezetek segítségével végzi a mellékmozgásokat. A mellékmozgások egyenes vonalú vagy forgómozgások lehetnek. Megkülönböztetünk konzolos, sík-, másoló, menet-, fogazó és különleges marógépeket, valamint maró egységeket. [2], [12], [18]

3.3.3 Fúrás

A fúrás az egyik leggyakrabban alkalmazott forgácsoló művelet, amely sok tekintetben lényegesen eltér az egyélű szerszámokkal végzett megmunkálásoktól. A furatok megmunkálásának két jellegzetes lépése van: fúrás, illetve furatbővítés. Fúrás az a munkafolyamat, amikor tömör anyagba készítünk furatot, furatbővítés pedig az, amikor már meglévő furatot nagyobb átmérőjű furattá alakítjuk. [16], [18], [22]

A legáltalánosabban használt fúrószerszám a csigafúró, amely tömör anyagba készít furatot, vagy már előfúrt anyagban furatot bővít. Hengeres szárral csak 30 mm-nél kisebb átmérőjű csigafúrók készülnek, ezen szerszámok befogása hagyományos fúrótokmányba történik. 30 mm-nél nagyobb átmérőjű szerszámok kúpos véggel készülnek, befogásuk a fúróorsóban közvetlenül, illetve redukáló-hüvely segítségével történik. A 3.7. ábra szemlélteti egy csigafúró részeit és élszögeit. Az élszögek elnevezése az esztergáláshoz és maráshoz hasonlóan α hátszög, β ékszög és γ homlokszög. [1], [18]

3.7. ábra: A csigafúró részei és élszögei [1]



A fúrógépek jellemzője, hogy a forgácsoló főmozgást és az előtoló mellékmozgást is a gép orsójába fogott szerszám végzi. Sokféle fúrógépet különböztethetünk meg a megmunkálandó anyagok méretének és egyéb szempontoknak a figyelembevételével. Kisebb furatok készítésére kézi, vagy asztali fúrógépeket alkalmaznak, közepes és nagyobb méretű furatok megmunkálására állványos-, oszlopos-, vagy sugárfúrógépeket használnak. [2], [9], [10], [12]

3.4 Kenőanyagok

3.4.1 Hűtő-kenő folyadékok

A CNC megmunkáló gépek a mai modern gyártás meghatározó elemei. Ezek a gépek rendkívül nagy pontossággal dolgoznak nagy megmunkáló sebesség mellett, így hatékonyságuk kiválónak mondható. Ezeknek a gépeknek egyik kulcsfontosságú eleme a hűtő-kenő folyadékok alkalmazása. A folyadékok nem csak a termelést optimalizálják, hanem nagyban hozzájárulnak a gépek és szerszámok élettartamának meghosszabbításához és az elkészített munkadarabok minőségének javításához. [3], [5]

A működés közben a szerszám és a munkadarab nagy sebességű érintkezése következtében jelentős mértékű hő keletkezik a felületek súrlódása következtében. Ezért a hő elvezetésére különféle hűtőfolyadékokat alkalmaznak, melyek megakadályozzák a túlmelegedést, ennek következtében pedig a hatékony működést elősegítik. A hűtőfolyadékoknak 3 típusát különböztethetjük meg: a víz alapú-, olaj alapú- illetve szintetikus hűtőfolyadékok. [14], [16], [23]

A megmunkálások során alkalmazott kenőanyagok csökkentik a szerszám és a munkadarab közötti súrlódást, ezzel pedig elérhető a szerszám élettartamának növelése és a megmunkálási folyamat hatékonyságának fenntartása. Ezen anyagokat két csoportra oszthatjuk: vágóolajok és kenőzsírok. A vágóolajok közvetlenül a munkadarab és a szerszám közötti súrlódást csökkentik. Elősegítik a sima vágást, és emellett minimalizálják a szerszámkopást. Jellemző alkalmazási területük az esztergálás, marás, illetve a mélyfúrás. A kenőzsírok sűrűbb állagú kenőanyagok, melyek jobban megmaradnak a gép felületein és kiváló védelmet nyújtanak a szerszámkopással szemben. Ezeket jellemzően kisebb sebességű megmunkálásoknál alkalmazzák, vagy ott, ahol hosszabb ideig szükséges a kenés fenntartása. [22], [23], [24], [25]

Az emulziók és keverékek egyben biztosítják a hűtési és kenési tulajdonságokat. Ezek víz és olaj keverékéből állnak, és ezekhez még valamilyen adalékanyagokat is szoktak hozzáadni, melyek növelik a hatékonyságot és meghosszabbítják a gépek élettartamát. [24], [25]

Az olaj-víz keverék lehetővé teszi a két anyag tulajdonságainak kombinálását, így mind a hőelvezetés mind pedig a kenés optimális lesz. Jellemzően alacsony koncentrációjú olajat tartalmaznak, aminek a célja az, hogy a hűtőtéljesítményt javítsa a kenési hatékonyság

csökkenése nélkül. Az alkalmazott adalékanyagok pedig lehetnek korróziógátlók, habzástgátlók és biocidok, melyek megelőzik a baktériumok és gombák elszaporodását. [5], [24], [25]

A CNC gépek hűtő- és kenő folyadékeinak rendszeres karbantartása elengedhetetlen a gépek zavartalan működésének érdekében. A megfelelő minőségű karbantartás meghosszabbítja a folyadékok élettartamát, ennek következtében pedig minden előnyös tulajdonságuk tovább fennmarad. Az egyik ilyen karbantartási tevékenység a folyadékcseré és tisztítás. A hűtő- és kenőanyagokat időnként cserélni kell, mert a használat során szennyeződhetnek forgácsokkal, olajmaradványokkal vagy egyéb anyagokkal. Egy bevált tisztítási folyamat, hogy a mosóberendezésen átfolyó hűtőfolyadék egy rövid időre közel 95 °C-ra hevül, ezáltal a folyadékba került baktériumok elpusztulnak. Mindemellett pedig a folyadékok rendszeres cseréje, szűrése és a folyadéktartályok tisztítása segít elkerülni a lerakódásokat és eltömődéseket. A CNC gépeken szűrőrendszeren tér vissza a folyadék, ami segítségével kiszűrjük a hűtő-kenő anyaggal visszatérő szennyeződéseket, például a forgácsot. [5], [6], [10], [12], [14]

A további felhasználásra nem alkalmas hűtő-kenő folyadékokat veszélyes hulladékként kell kezelni, ugyanis számos olyan anyagot tartalmazhat, ami a környezet számára káros: olajokat, nehezen lebomló adalékanyagokat, fémrészeket, szennyeződéseket, baktériumokat, illetve gombákat. Ártalmatlanítani kell tehát őket, majd ezután lehet csak megsemmisíteni. Első lépésben már nem használt folyadékot le kell szűrni, majd ezt követően kémiaiilag lebontani, illetve biológiailag kezelni kell, végül pedig egy erre a célra szakosodott hulladékkezelő cégnek adjuk le. [5], [25]

3.5 Készülékezés alapjai, hatpont szabály

A gépgyártás alapvető tárgyi feltételei közé tartoznak a gyártóeszközök. Ezek hiánya nélkül a gyártás nem valósulhatna meg. A gyártóeszközök csoportjába sorolhatók az alakításban részt vevő elemek között kapcsolatot teremtő készülékek, az alakítást végző szerszámok, de ide tartoznak még a mérési eredményeket ellenőrző mérőeszközök. [12], [13]

Készülékeknek nevezzük az egyetemes szerszámgépeken alkalmazott olyan kiegészítő szerkezeteket, melyek a gyártást pontosabbá, termelékenyebbé és gazdaságosabbá teszi, kiküszöbölik a gép hiányosságait. Utóbbi szempont miatt mondhatjuk, hogy az egyetemes gépeken mintegy célgép jelleget kölcsönöznek.

Az ilyen szerkezetekkel felszerelt szerszámgépet MKGS rendszernek szokták nevezni. Jelentése: munkadarab-készülék-gép-szerszám. [4], [17], [20]

A készülékeket többféle szempont szerint csoportosíthatjuk, és a technológia szerinti osztályozás megkönnyíti, hogy kiválasszuk azt a készülék-fajtát, amely a számunkra a legmegfelelőbb. A készülékek tehát lehetnek: forgácsoló készülékek (esztergakészülék, marókészülék, fűrőkészülék...), forgácsnélküli alakítás készülékei (hajlító-készülékek, hegesztő-készülékek, hőkezelő készülékek...), szerelő készülékek, mérőkészülékek/ellenőrzőkészülékek. [4], [10], [19]

Munkadarab befogó készülékeket alapvetően 2 csoportra bonthatjuk:

- *általános készülékek:*

Ezen készülékekre az jellemző, hogy többféle alakú és méretű munkadarab befogására alkalmasak. A kereskedelembe szerszámgép tartozékként vagy önállóan beszerezhetők. Például ilyen az esztergatókormány vagy a gépsatu.

- *különleges készülékek:*

Csak egy adott alkatrész megmunkálásához alkalmazhatók. Az új alkatrész gyártásának megkezdése előtt a különleges munkadarabbefogó készülékeknek a megtervezéséről és gyártásáról is gondoskodni kell. Ide tartoznak például a fűrő- és egyes marókészülékek.

A készülékelhelyezés megtervezésekor hasonló elvet kell alkalmazni, mint a munkadarabok helyzetmeghatározásakor tettük. Mivel egy előre megadott szerszámgépen dolgozunk, így a készüléket a géphez készítjük, nem pedig a gépet a készülékhez. A tervezést megkönnyíti, hogy a szerszámgépek szabványos felfogató egységekkel rendelkeznek (főorsók, gépasztalok), így viszonylag kevés csatlakozó-elem változatot kell alkalmaznunk a készüléktervezés során. [3], [12], [17]

A forgácsolás során alkalmazott munkadarab-befogó készülékeket két nagy csoportra oszthatjuk: egyenes vonalú mozgást végző vagy álló készülékek (maró- vagy fűrőkészülékek), illetve forgó mozgást végző készülékek (esztergálás során). [18], [20]

A készülékelhelyezési módok is ehhez igazodnak, ugyanis az alternáló mozgást végző készülékek során a munkadarabot ütköztetéssel hozzuk megfelelő pozícióba a gép asztalán, míg forgó mozgású készülék esetén központosítással csatlakoztatjuk a szerszámgép főorsójához.

Egyenes vonalú mozgás esetén az ütköztetést kiegészíthetjük tájolással is. [4], [17]

Ütköztetéssel való helyezéskor egyirányú ütköztetést alkalmazunk, ami tulajdonképpen a sík helyzetének meghatározását/lekötését jelenti. Ez a síkfelület a készülék alapjának felfekvő legnagyobb felülete, ami a gép asztalára fekszik fel. A későbbiekben ismertetett hatpont-szabály értelmében egy sík teljes határozottá tételéhez 3 ponton kellene lekötni. Viszont ettől a későbbiekben eltérhetünk, hiszen a gépasztal pontosan megmunkált, alakhú felület. [19], [20]

Álló készülékek esetében az idegen anyag jelenléte komoly gondot okozhat, ezért ebben az esetben a felfektetést nem egy síkfelületen, hanem a pontszerűhöz kell közelíteni. Ezt a legtöbb esetben készüléklábak alkalmazásával valósítják meg, melyekből készülékenként 4 darabot használnak. Ezzel a hatpont-szabály felborul, de a 4 láb esetén egy esetleges billegés jelzi a forgács miatti hibás helyzetet, míg 3 láb esetén a készülék helyzete továbbra is pontosnak tűnik. [4], [19]

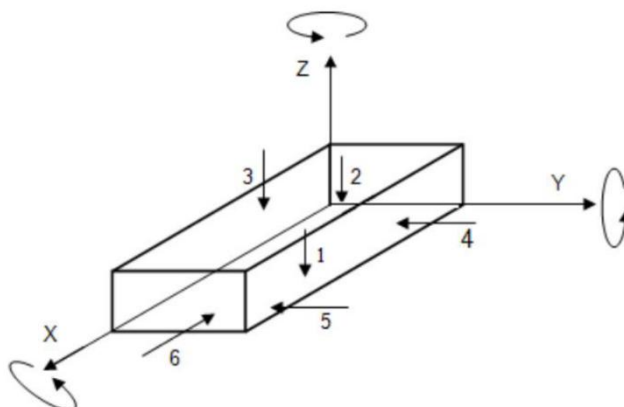
Ha az ütköztetéssel helyezett készülékek mozgást is végeznek (pl. marás esetén) a megmunkálás közben, akkor a készüléket mozgás irányához képest tájolni szükséges, ami a gyakorlatban a merőleges tengely körüli elforgás megakadályozását jelenti. A maróasztalba készített T-hornyokba a készülék rögzítésére szolgáló T-csavarok helyezhetők, mely segítségével a lekötés megvalósítható. [17], [20]

A megmunkálás közbeni forgó mozgást végző készülékek esetében a központosítás a középvonal meghatározása, amit a legtöbb esetben tengelyirányú ütköztetéssel is kiegészítenek. A leggyakrabban alkalmazott ilyen készülékeket vagy közvetlenül, vagy pedig síktárcsa közbeiktatásával a főorsóra fogják fel. [4], [18]

A helyzet-meghatározás a munkadarabnak a szerszámgéphez, a szerszámhoz és a forgácsolási mozgások irányához viszonyítva mindig azonos helyzetbe állítása, az ütköztetés módszerének a felhasználásával. A helyzet-meghatározás a készülékek legfontosabb feladata. Helyzet-meghatározáskor a tárgyat/munkadarabot meg kell fosztani elmozdulási lehetőségeitől, amit szabadságfokoknak nevezünk. Azt a szabályt, amely szerint a munkadarab teljes helyzet-meghatározásához hat geometriai ponton történő ütköztetése szükséges, hatpont szabálynak nevezik. [10], [13]

A hatpont szabály abból alakult ki, hogy minden test 6 olyan szabadsági fokkal rendelkezik, amelyeket le lehet kötni. Ezek közül 3 db elmozdulás a koordináta rendszer egyes tengelyei mentén (x, y, z tengelyek), 3 db pedig elfordulás. Ezeket az elmozdulási lehetőségeket a 3.8. ábra mutatja be. [6], [10], [17]

3.8. ábra: A hat szabadsági fok [10]



A test elmozdulásának megakadályozása úgy történik, hogy a felületeit a térben rögzített pontokhoz érintjük. Ügyelni kell arra, hogy biztosítsuk, hogy a felületek a pontokkal mindig érintkezzenek. Ha ezek a feltételek teljesülnek, akkor az egyes pontok az alábbi elmozdulási, illetve elfordulási lehetőségeket kötik le: [4], [10]

1. pont: z tengely menti elmozdulás,
2. pont: y tengely körüli elfordulás,
3. pont: x tengely körüli elfordulás,
4. pont: y tengely menti elmozdulás,
5. pont: z tengely körüli elfordulás,
6. pont: x tengely menti elmozdulás.

7. ülék alkalmazására már nincs szükség, hiszen abban az esetben már a helyzet-meghatározás túlhatározottá válna. [4], [10]

4. PROBLÉMA BEMUTATÁSA

4.1 Kardántengely és TLT szerepe

A mezőgazdaság világában az erőgépek és munkagépek, vagyis a traktorok és a hozzájuk kapcsolt munkát végző szerkezetek fontos szerepet töltenek be. A traktor egyik legfontosabb eleme, amely megkönnyíti a sokoldalúságát, az a teljesítmény leadó tengely (továbbiakban TLT) rendszere. A TLT létfontosságú mechanizmus, ugyanis ez szolgál a teljesítmény átvitelére a traktor motorjától a segédberendezésekre vagy munkaeszközökre és tartozékokra, ezzel lehetővé téve számukra, hogy különböző funkciókat hajtsanak végre. A TLT elhelyezkedését a 4.1. ábrán jelöltem.

4.1. ábra: A csapágyház helyzete a traktorban [29]



A TLT és a munkagép között a kardántengely létesít kapcsolatot. A kardántengely egy nagy teljesítményű mechanikus alkatrész, amely akadálytalanul továbbítja a nyomatékot és forgást két olyan tengely között, melyek nem egy tengelyvonalba esnek.

4.2 Működési körülmények

A megfelelő működéshez elengedhetetlen, hogy a TLT, és ezáltal a kardántengely is megfelelő fordulatszámmal forogjon. Ez az érték 540-1000 fordulat/perc szokott lenni, melyet a motor megfelelő fordulatszámon való pörgetésével érnek el.

A kardántengely ideális működéséhez az is elengedhetetlen tényező, hogy ne legyen túlságosan nagy szögben elhajlítva. A gyakorlatban alkalmazott hajlítás mértéke körülbelül 15° - 30° között alakul. Ennél nagyobb szög esetén már túl éles szögről beszélünk, ami pedig rezgéseket/rezonanciát okoz a működésben, ez pedig a gyors kopást hozza magával.

Mivel mechanikus kapcsolódásról van szó, ezért a súrlódás is jelen van a működés közben. Hogy ezen fizikai hatás káros következményeit elkerüljük -vagyis a túlmelegedés, illetve a kopás mértékét csökkentjük-, kenést kell alkalmazni. Legcélszerűbb kenőanyag erre a célra a kenőzsír, ugyanis azt szeretnénk elérni, hogy a kenés sokáig a csuklók, illetve csúszó felületek között jelen legyen. Figyelembe véve a traktor használatát, fontos szempont a környezet hőmérséklete. Hideg idő esetében ugyanis a kenőanyag besűrűsödhet, ami pedig az indítás során fokozott súrlódást okozhat. Meleg környezet esetében viszont ez a kenőanyag elvékonyodhat, ami pedig azt hozza magával, hogy a kenés nem nyújt megfelelő védelmet. De a hőmérséklet és kenőanyag kapcsolatát vizsgálva fontos még a szezonális használat, hiszen, ha az évnek csak egy adott időszakában üzemel a traktor, akkor a csapágyházban leülepedhet a kenőanyag, vagy pára képződhet, ami következtében pedig korrózió ütheti fel a fejét.

Nagyon fontos igénybevételi és működési szempontok még a külső terhelések. Mivel a traktorok olyan területeken dolgoznak, ahol a talaj és a növények védelme érdekében különféle szennyezőanyagokkal és vegyszerekkel kezelik a földeket, ezért a munka során a csapágyház is szennyeződhet ezekkel a kemikáliákkal. De ezek mellett természetesen a por, homok, sár és víz is szennyezőként hathat magára az egész szerkezetre.

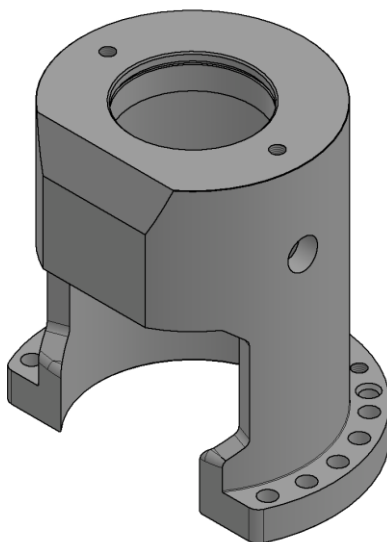
A szántóföldek, ahol a traktor a munkáját végzi, nem egy közút. Ami azt jelenti, hogy nem egy egyenletes síkfelület, hanem olyan terep, ahol az egyenetlenségek mellett más akadályok (pl.: kövek) is megtalálhatók, melyeken áthaladva az erő- illetve munkagép ütésekert kap. Ezek komoly igénybevételek, melyek olyan aszimmetrikus erőket hozhatnak létre, melyek a csapágyház törését okozhatják, ugyanis ezek az erők hirtelen változásokat és fokozott vibrációkat okozhatnak.

Végül, de nem utolsó sorban a csapágyház és a csapágy közötti illesztésnek tökéletesnek kell lennie, hiszen a nem megfelelő illesztés egyrészt zajokat, másrészt pedig a csapágyak nem megfelelő működését, ebből adódóan pedig a gyors kopást, illetve a tönkremenetelt erősítik.

4.3 A probléma és megoldása

A 4.2. ábrán látható a szóban forgó csapágyház, melynek a komplett gyártástechnológiája kerül kidolgozásra a dolgozatomban. A megrendelt termék műszaki rajza az 1. számú mellékletben található meg.

4.2. ábra: Mezőgazdasági traktor kardántengely csapágyháza [saját ábra]



Esetemben ez a csapágyház került megrendelésre, melyből 30 darabot kell legyártani. Ez a szám már elég magas, tehát nem mintadarabot szeretnénk előállítani, és nem is egyedi gyártásról beszélünk, hanem sorozatgyártásra szánt, nagyobb volumenű termékről van szó. Ebből következik az, hogy az alkatrész legyártásához szükséges dokumentumnak a rendelkezésünkre kell állnia. Ilyen dokumentum például az anyagbizonyítvány, mérési utasítás, technológiai utasítás vagy esetlegesen karbantartási terv. A probléma viszont az, hogy jelen helyzetben ezek a dokumentációk hiányoznak.

A feladatom tehát, hogy egy alkatrészirajz alapján elkészítsem ennek a csapágy védelmére szolgáló alkatrésznek a gyártástechnológiáját. A tervezési folyamat során figyelembe veszem a korábban felsorolt működési körülményeket, és ez alapján választom ki az előgyártmány anyagát (a műhelyrajzon megadott St52-3 figyelembevételével) és az elkészítéséhez megfelelő gyártási eljárásokat.

5. TERVEZÉS

A tervezési folyamat legelső (vagy mondhatni nulladik) lépése az előgyártmány kiválasztása. Ez lesz az egész gyártási folyamat alapja, ugyanis a továbbiakban ezen darab tulajdonságainak figyelembevételével történik a gyártási lépések kidolgozása, a szerszámok, illetve szerszámgépek kiválasztása és a technológiai paraméterek számítása.

Az elkészítendő csapágyház 3D-s modelljét már a problémabemutatás résznél szemléltettem a 4.3. ábrán, az alkatrész műhelyrajza pedig a mellékletek között találhatóak meg.

5.1 Konceptió kiválasztása, alapanyag meghatározás

Csapágyházak gyártásához többféle előgyártmány is szóba jöhet, ezért a gyártástechnológiai tervezés kezdő lépéseként fontos ezek elemzése a legmegfelelőbb konceptió kiválasztása miatt. Előgyártmány típusként alkalmazhatunk tömör acélrudat, öntvényt vagy kovácsolt anyagot is. Ezen csoportokon belül is különféle gyártási technológiákkal készülhetnek a gyártmányok, ebből pedig az következik, hogy típusonként más és más jellemzőkkel bírnak. Minden alternatíva így különféle műszaki és gazdasági előnyöket, illetve hátrányokat kínál számunkra, így ezeket figyelembe véve kell döntést hozni.

A tömör acélrúd egyszerűen és könnyen beszerezhető kiinduló anyag, melyet legjellemzőbben hengerléssel állítanak elő. Előnye, hogy egy jó minőségű és homogén anyagszerkezetű alapanyagot biztosít számunkra. A hátrányok közé sorolható, hogy a végső forma kialakítása rengeteg forgácsolási műveletet és ezáltal munkát igényel. Ebből az következik, hogy nem csak jelentős anyagvesztéssel kell számolnunk, hanem még a gyártási idő, illetve a szerszámköltség is növekszik.

Öntött előgyártmány lehetőséget kínál a bonyolultabb külső formák, illetve belső üregek kialakítására nagy pontosság mellett. Ebben az esetben az öntési művelet után kevés forgácsolási művelettel is el lehet érni a kívánt geometriát. Összehasonlítva a kovácsolt, illetve hengerelt változatokkal, az öntött anyagok rosszabb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Előfordulhatnak az anyagon belül zárványok, porozitás vagy éppen repedés, melyek rontják a szerkezeti és terhelhetőségi tulajdonságokat.

A csapágyház jellemzően dinamikus terhelésnek van kitéve, melyből következik, hogy fontos a kiváló szilárdság és a kifáradással szembeni ellenállás, melyet az öntvények kevésbe valósítanak meg.

A kovácsolt előgyártmányokról azt tudjuk elmondani, hogy kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. A képlékeny alakítás során az anyagszemcsék átrendeződnek, és a szálirány az alkatrész formáját követi, ami nagyban elősegíti a jó terhelhetőséget és a nagy szilárdságot. A kovácsolási technológiák közül a süllyesztékes kovácsolás alkalmas arra, hogy pontos előalakot hozzon létre amellet, hogy csökkentse az anyagkiforgácsolást. A süllyesztékes kovácsolás műveletéből adódóan közepes vagy nagy gyártási volumen esetén már megtérül, hiszen a szerszámköltség nagy, ugyanakkor hosszabb távon kedvező az, hogy az alkatrész kontúrja már a szerszámban kialakítható, ezáltal nagy hatékonyságot okozva.

A csapágyház alkalmazásából adódóan olyan követelményeknek kell megfelelnie, mint a nagy szilárdság, méretpontosság és a megbízható szerkezeti kialakítás. A különféle anyagok összehasonlítása után tehát azt lehet mondani, hogy a süllyesztékes kovácsolással készült előgyártmány a legmegfelelőbb. A kiváló szilárdsági tulajdonságok, a hatékony anyagkihasználás és a forgácsolásra alkalmas előalak mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a műszaki követelmények mellett a gazdasági szempontokat is figyelembe véve kedvező alapanyag legyen a csapágyház elkészítéséhez.

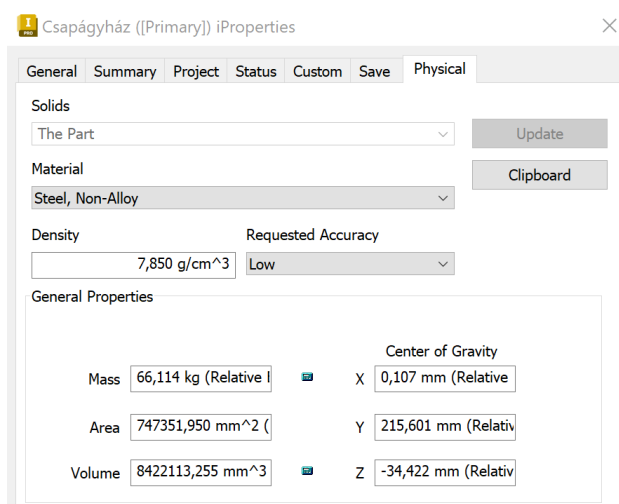
A rendelkezésre álló műhelyrajzon 1.0570/St52-3 van feltüntetve anyagminőségként. EN szabvány szerint ezen anyag megfelelője a S355J2 acélminőség. Ez az anyag nemesítetlen, szén-mangán alapú szerkezeti acél, melyet széles körben alkalmaznak a gépipari alkatrészek, hegesztett és kovácsolt alkatrészek előállításához. Folyáshatára 355 MPa, szakítószilárdsága 510-680 MPa. Ezen tulajdonságok lehetővé teszik alkalmazását olyan alkatrészeknél, ahol a dinamikus igénybevétel egy fontos szempont. Kiváló alakíthatóságának köszönhetően kiválóan alkalmas melegalakításra, ebből következően pedig süllyesztékes kovácsolásra is. Melegalakítási tartománya 850-1050 °C. Az anyag homogén szerkezete, jó szilárdsága és szívóssága miatt kiválóan alkalmas csapágyházszerű alkatrészek gyártásához, ahol fontos a hosszútávú terhelhetőség. A felsorolt tulajdonságok mellett jól hegeszthető, illetve forgácsolható is, így a gyártás során a furatok, csapágyfészkek kialakítása is gazdaságosan elvégezhető.

Ezen tulajdonságok alapján tehát tényleg a süllyesztékes kovácsolás a legmegfelelőbb a csapágyház elkészítésére.

5.2 Előgyártmány tervezés

A gépészeti darab a készre legyártott munkadarabot foglalja magába, aminek a 3D-s modelljét a 4.3. ábra szemlélteti. Az St52-3 anyag sűrűsége szinte azonos a vas sűrűségével, de egy minimális értékkel mégis eltér tőle: $\delta_{Fe} = 7,874 \frac{kg}{dm^3}$, $\delta_{St52-3} = 7,85 \frac{kg}{dm^3}$. A gépészeti darab 3D modellje a bevezetésben említettek szerint az Autodesk Inventor Professional 2023 nevű tervezőprogrammal készült. Így az test fizika tulajdonságait is a program segítségével állapítottam meg, mely adatok az 5.1. ábrán láthatók.

5.1. ábra: A gépész darab fizikai tulajdonságai [saját ábra]



A kovácsdarab geometriájának meghatározásakor meg kell határozni, hogy a darab mely részeit nem tudjuk kialakítani kovácsolással. Ezen csapágyház során ezek a részek az átmenő furatok lesznek.

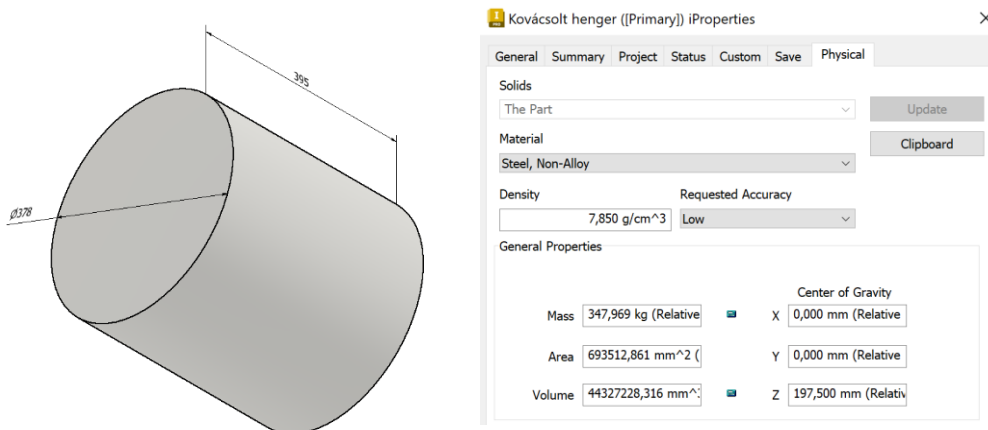
5.2.1 A kovácsdarab tervezése

Magyarországon a kovácsdarabok tervezésével az MSZ 5745 szabvány foglalkozik. Ezen szabványon belül az MSZ 5745-84 foglalkozik a forgácsolási hozzáadásokkal. A bonyolultsági fok azt fejezi ki, hogy mennyire összetett a darab alakja, mérete, részletgazdagsága és gyárthatósága a kovácsolási technológiával. Ennek meghatározásához szükség van a kovácsdarab tömegére (m_{kd}), illetve a kovácsdarab legnagyobb méretei által meghatározott henger tömegére (m_b), melyet az 5.2. ábra szemléltet. Mindkét értéket kilogrammban adjuk meg.

Bonyolultsági fok:

$$S = \frac{m_{kd}}{m_b} = \frac{66,114}{347,969} = 0,19 \rightarrow S3$$

5.2. ábra: A kovácsolt henger fizikai jellemzői [saját ábra]



A kovácsdarab bonyolultsági csoportja S3, hiszen a szabvány szerint $0,16 < S \leq 0,32$ tartományba esik.

A kovácsdarab anyagminőség szempontjából az M1-es csoportba tartozik. Ez onnan tudható, hogy az 5.1. táblázat alapján a szénttartalom nem haladja meg a 0,65 %-ot, és a bennük található ötvözőelemek összmenyisége nem haladja meg az 5 %-ot (Mn, Cr, Ni, Mo, V és W).

5.1. táblázat: Az St52-3 anyag vegyi összetétele [8]

1.0570 S355J2G3	C	Si	Mn	P	S	Kr	Mo	Ni	Al
perc									0,020
max.	0,22	0,55	1,60	0,035	0,035	0,30	0,08	0,30	

- Anyagminőség: **M1**
- Pontossági fokozat: **II. – normál**
- Egyenességi fokozat: **II.**

Forgácsolási hozzáadás

A kovácsdarab várható legnagyobb méret- és alakeltérései határozzák meg alapvetően a forgácsolási hozzáadást. Kiszámolása az alábbi összefüggés szerint történhet:

$$H_f = A \cdot \left(\frac{T}{6} + c + g \right) [\text{mm}]$$

ahol:

H_f - a forgácsolási hozzáadás értéke felületenként [mm];

$\frac{T}{6}$ - az egy oldalra jutó alsó határeltérés, ami egyben a tűrésnagyság 1/6-a [mm];

c - a megengedett süllyeszték-elcsúszás [mm];

g - az egyenesség tűrése [mm];

A - korrekciós tényező, amelyet a szerződő felek alakítanak ki ($A = 1$).

Egyenesség

Az egyenességtűrés értékét az 5.2. táblázat alapján határozom meg. A tűrés értékét 2 érték határozza meg: a kovácsdarab hossza, illetve az egyenességi fokozat értéke.

Mivel a $\frac{D}{H} \leq 5$, így a táblázatbeli értéket nem szükséges felszorozni konstanssal.

5.2. táblázat: Az egyenességtűrés értékei [21]

Egyenességi fokozat	A kovácsdarab hossza															
	-tól	0	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
	-ig	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Egyenességtűrés, g***																
I.		0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
II.		0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2
III.		0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2	3,4	3,6

Mivel $315 \text{ mm} \leq D_{\max} \leq 400 \text{ mm} \rightarrow g = 1,2 \text{ mm}$

Süllyeszték-elcsúszás

A süllyeszték-elcsúszás a süllyesztékfelek helytelen beállításából, vagy rossz vezetéséből adódó hiba. A süllyeszték-elcsúszás megengedett értékét (c) adott esetben a forgácsolási hozzáadás nagyságának megállapításakor figyelembe kell venni, a meghatározható értékeket az 5.3. táblázat tartalmazza.

5.3. táblázat: A süllyeszték-elcsúszás megengedett értéke [21]

Pontossági fokozat	A kovácsdarab tömege, kg											
	-tól	0	0,2	0,4	1,0	1,8	3,2	5,6	10	20	50	120
	-ig	0,2	0,4	1,0	1,8	3,2	5,6	10	20	50	120	250
Süllyeszték-elcsúszás, c^* , legfeljebb												
I.		0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
II.		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0

$$50 \text{ kg} \leq m_{\text{kovács}} \leq 120 \text{ kg} \rightarrow c = 1,7 \text{ mm}$$

Határeltérés, módosított átmérők

A süllyesztéküreg méretei által meghatározott (üregalakhoz kötött) méretek azok, amelyeket az egyes süllyesztékrészek egymáshoz képest elmozdulni nem tudó részei határoznak meg (5.4. táblázat). A szerszám mozgásától (zárásától) függően változó (üregalakhoz nem kötött) méretek azok, amelyeket két vagy több, egymáshoz képest elmozduló süllyesztékrész határoz meg (5.5. táblázat).

5.4. táblázat: Üregalakhoz kötött ráhagyások [21]

i	d_i [mm]	f_{di} [mm]	c [mm]	H_{fdi} [mm]	D_i [mm]
1	378	1	1,7	2,7	383,4
2	301	1	1,7	2,7	306,4
3	165	1	1,7	2,7	159,6
4	160	1	1,7	2,7	154,6
5	253	1	1,7	2,7	247,6
6	251	1	1,7	2,7	245,6

5.5. táblázat: Üregalakhoz nem kötött ráhagyások [21]

i	h_i [mm]	f_{hi} [mm]	g [mm]	H_{fhi} [mm]	H_i [mm]
1	395	1,2	1,2	2,4	399,8
2	350	1,2	1,2	2,4	354,8
3	230	1,2	1,2	2,4	234,8
4	74	1,2	1,2	2,4	78,8
5	45	1,2	1,2	2,4	49,8

ahol: d_i – a gépészeti darab átmérője [mm];
 h_i – a gépészeti darab magasság mérete [mm];
 f_{di} , f_{hi} – a határeltérés [mm];
 D_i – a kovácsdarab átmérője [mm];
 H_i – a kovácsdarab magassági mérete [mm].

Oldalferdeség meghatározása

A süllyesztéküregből való kiemelhetőség végett kovácsoláskor a függőleges irányú felületeket ferdeséggel kell ellátni. Ezt nevezzük oldalferdeségnek. Ezek nagysága és alkalmazásának helye a gép, illetve a szerszám sajátosságai, a munkadarab alakja és a technológia határozza meg. Az 5.6. táblázat alapján tehát a meghatározott oldalferdeségek: $\alpha = 5^\circ$ (külső felületre), illetve $\beta = 7^\circ$ (belső felületre).

5.6. táblázat: Oldalferdeségek értékei [21]

Kalapácson vagy sajton	Külső felületre α	Belső felületre β
Kilökő nélkül	5-10°	7-12°
Kilökővel	1-3°	1-4°

Lekerekítési sugár meghatározása

Az anyagáramlás könnyítése és a megfelelő üregkitöltés érdekében lekerekítési sugarakat kell alkalmazni. Ezek a kovácsdarab legnagyobb átmérőjétől vagy hosszától függenek, mely esetemben 378 mm, illetve 395 mm. Ennek függvényében az 5.7. táblázat alapján a külső lekerekítési sugár értéke $R_{\text{külső}} = 7 \text{ mm}$, a belső lekerekítési sugarak értéke pedig $R_{\text{belső}} = 40 \text{ mm}$.

5.7. táblázat: Lekerekítési sugarak értékei [21]

A kovácsdarab magassága		A kovácsdarab hossza vagy átmérője					
-tól	-ig	100		100 400		400	
		R_k	R_b	R_k	R_b	R_k	R_b
0	25	2	4	3	5	4	6
25	40	2	5	3	6	4	8
40	63	3	6	4	8	5	10
63	100	3	8	4	10	6	16
100	160	4	10	5	16	7	25
160	250	5	16	6	25	8	40
250	400	5	25	7	40	10	63

Lyukasztási hártya

MI-05 29.584-82 szerint az alábbi összefüggés alkalmazásával tudjuk a lyukasztási hártya méreteit kiszámítani:

$$S_l = 0,45 \cdot (d - 0,25 \cdot h - 5)^{0,5} + 0,6 \cdot h^{0,5}$$

ahol: d – a lyukasztási hárttyát tartalmazó üreg legnagyobb átmérője;

h – a lyukasztási hárttyát tartalmazó üreg mélysége

$$S_l = 0,45 \cdot (154,6 - 0,25 \cdot 49,8 - 5)^{0,5} + 0,6 \cdot 49,8^{0,5} = \mathbf{15,1 \text{ mm}}$$

Kovácsolható üregmélység

MI-05 29.584-82 szerint, ha a kovácsdarabot kilökő távolítja el, akkor a kovácsolandó üreg mélységének és átmérőjének viszonya:

$$0,7 \geq \frac{h}{d} = \frac{h - \frac{S}{2}}{d} = \frac{49,8 - \frac{9,5}{2}}{154,6} = \mathbf{0,29 \rightarrow megfelelő}$$

Ez azt jelenti, hogy ebben az esetben kilökő alkalmazása indokolt!

Mérettűrés

A mérettűrések az MSZ 5475-84 szabvány alapján kerültek meghatározásra.

$$\text{Üregalakhoz kötött méretek tűrése: } T_{\ddot{u}k} = \mathbf{5,6 \text{ mm} \begin{pmatrix} +3,7 \\ -1,9 \end{pmatrix}}$$

A mérettűrések meghatározásakor a gépészdarab tömegéből kiindulva az 50-120 kg tartományból indultam ki, névleges méretnél pedig a legnagyobb átmérő alapján a 250-400 mm intervallumot vettem figyelembe. A felhasznált táblázatokat a 3. és 4. számú melléklet tartalmazza.

$$\text{Üregalakhoz kötött méretek tűrése: } T_{\ddot{u}nk} = \mathbf{9 \text{ mm} \begin{pmatrix} +6 \\ -3 \end{pmatrix}}$$

A nem kötött tűrések meghatározásakor a kovácsdarab tömegéből kiindulva az 200-250 kg tartományból indultam ki, névleges méretnél pedig a legnagyobb átmérő alapján a 250- mm intervallumot vettem figyelembe.

A lekerekítési sugarak tűrését az 5.8. táblázat alapján határoztam meg. Ennek értéke
tehát: $T_r = \begin{matrix} +0,5R \\ -0,25R \end{matrix}$

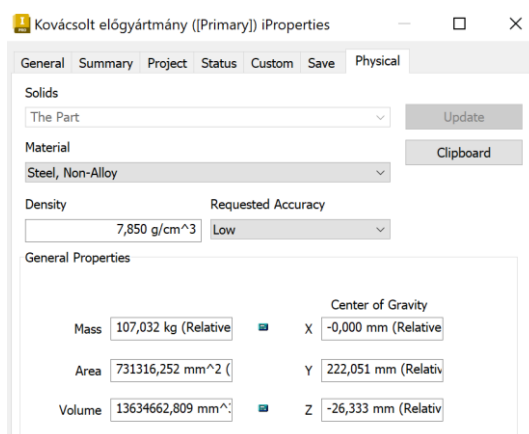
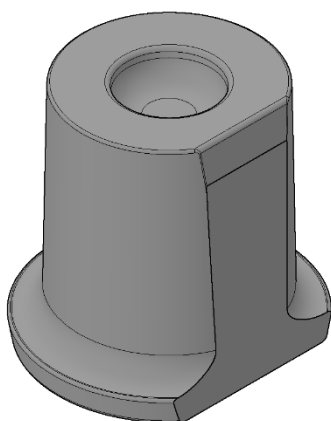
5.8. táblázat: Lekerekítési sugarak értékei [21]

Lekerekítési sugár, R	Határeltérések
10-ig	$+0,5 \cdot R$ $-0,25 \cdot R$
10-től 32-ig	$+0,4 \cdot R$ $-0,2 \cdot R$
32 felett	$+0,32 \cdot R$ $-0,15 \cdot R$

A kovácsdarab geometriája

A fent kiszámolt ráhagyások, oldalferdeségek és egyéb kovácsdarab tervezési paraméterek figyelembevételével elkészítettem a kovácsdarab 3D-s modelljét, melynek fizikai jellemzőit is feltüntettem az 5.3. ábrán. Az darab műszaki rajza a 2. számú mellékletben található meg.

5.3. ábra: A kovácsdarab geometriája [saját ábra]



Méreték ellenőrzése

A kapott geometriai méretekkel módosított kovácsdarab:

$$m_{kovács} = 107,032 \text{ kg} \rightarrow \text{megfelelő}$$

$$S = \frac{m_{kovács}}{m_b} = \frac{107,032}{347,969} = 0,308 \rightarrow S3 \rightarrow \text{megfelelő}$$

Süllyeszték elcsúszás:

$$50 \text{ kg} \leq m_{kovács} \leq 120 \text{ kg} \rightarrow \text{megfelelő}$$

Egyenesség:

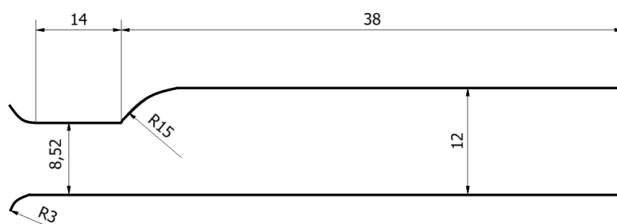
$$315 \text{ mm} \leq D_{max} = 398,26 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelelő}$$

A kovácsdarab visszaellenőrzött méreteinek és a korábban meghatározott jellemzőknek az összevetése után azt láthatjuk, hogy az előtervezés során feltételezett értékek ugyanabba a tartományba esnek, mint a módosítottak, ezáltal nincs szükség további módosításokra.

Sorjacsatorna

Mivel a süllyesztékes kovácsoláshoz útkarakterisztikájú mechanikus sajtót vettem alapul, a 5.4. ábrán bemutatott nyitott sorjacsatorna került kialakításra a CSMSZ.2500 szabvány előírásai szerint. Az 5. számú mellékletben csatoltam a lehetséges sorjacsatorna kialakításokat, melyből a kovácsolási folyamat során az "a" típusú nyitott sorjacsatorna alkalmazása mellett döntöttem, mivel ez egyszerű kialakítású, jól vezeti az alakítás közben kiszoruló anyagot, így biztosítva a megfelelő feltöltődést a kovácsolóüregben. Emellett könnyen gyártható és gazdaságos megoldás, különösen alkalmas kisebb és közepes méretű sorozatokhoz.

5.4. ábra: A sorjacsatorna kialakítása [saját ábra]



A sorjahíd magasságát az alábbi képlettel számítottam ki a kovácsdarab tömegének függvényében:

$$h_s = 1,13 + 0,89 \cdot \sqrt{m_{\text{kovács}}} - 0,017 \cdot m_{\text{kovács}} \text{ [mm]}$$

$$h_s = 1,13 + 0,89 \cdot \sqrt{107,032} - 0,017 \cdot 107,032 = \mathbf{8,518 \text{ mm}}$$

ahol:

h_s – a sorjahíd magassága [mm];

$m_{\text{kovács}}$ – a kovácsdarab tömege [kg].

5.2.2 Az alapanyag előkészítése

Az alapanyag hevítése gázkemencében történik 1100 °C-ra, így 3 % leégési veszteséggel kell számolni. A leégési veszteség miatt az alakításra kerülő anyag megváltozott térfogata:

$$V_{\text{darab}} = 13634662,809 \cdot 1,03 = 14043702,69 \text{ mm}^3 = 14,044 \text{ dm}^3$$

Mivel esetemben a munkadarab legnagyobb átmérője bőven meghaladja a 40 mm-t, ezért az alapanyagot melegen szükséges darabolni. A süllyesztékes kovácsszerszám tervezésekor fontos szempont a hőtágulás figyelembevétele, ugyanis a teljes lehűlés után az anyag zsugorodik. Ezért tapasztalatok alapján a tervezett szerszámot úgy kell kialakítani, hogy az általa alakított munkadarab méretei 1,5-2 %-kal meg vannak növelve a hőtágulás jelensége miatt. Ezzel a lépéssel az érhető el, hogy a kovácsszerszámból kivett darab ugyan minimálisan nagyobb az elvártnál, de a környezeti hőmérsékletre való lehűléssel már a kívánt méretek állnak rendelkezésünkre.

5.2.3 Süllyesztékszerszám tervezése

A fentebb kiszámított méretek és jellemzők alapján megtervezem a süllyesztékszerszámot. A süllyesztéküreg elhelyezkedése egy négyzet alapú szerszámtömbben valósul meg. Ennek anyaga H13 szerszámacél (X40CrMoV5-1), mely nagyon jó melegkeménységgel, hőállósággal, illetve ütésállósággal rendelkezik, ezért nagyon elterjedt anyag a melegalakító szerszámok készítéséhez, ezáltal süllyesztékes kovácsszerszámhoz is.

A kovácsoláshoz mechanikus sajtó kerül alkalmazásra, ez is volt az oka annak, hogy nyitott sorjacsatorna került kialakításra a szerszámban. A szerszámon tehát helyet kell kapnia fecskefaroknak is, amin keresztül a kovácsszerszám felfekszik a medvére. Ennek méretezéséhez az 5.9. táblázatot használtam. A táblázatból kiolvasott „b” érték a fecskefarok szélességét, a „h” érték pedig a magasságát jelenti.

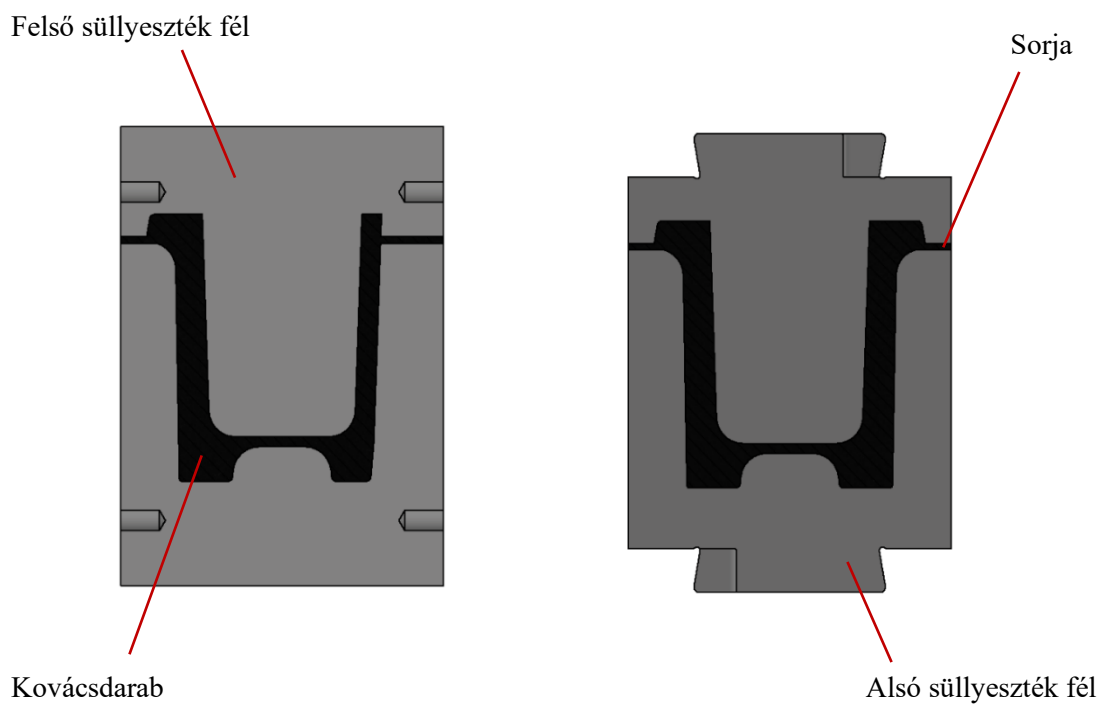
5.9. táblázat: A fecskefarok és a reteszhorony méretei [21]

A medve tömege, t		b mm	h mm	k mm
-tól	-ig			
0	0,5	100	45,5	45
0,75	2	200	50,5	50
2,5	6	300	65,5	75
8,0	15	400	80,5	100

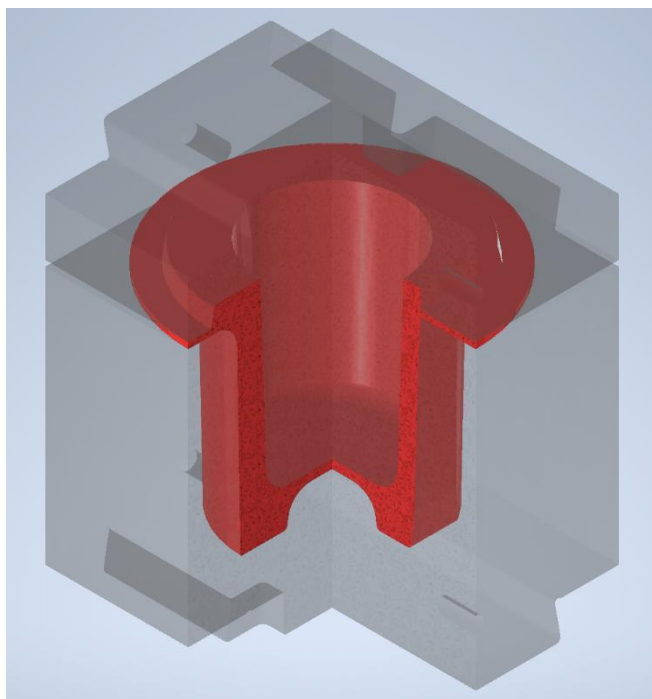
Az 5.5. ábrán, illetve az 5.6. ábrán szemléltetem a kovácsdarab elhelyezkedését a kovácsszerszámban. A munkadarab pozíciója mellett a sorjacsatorna kialakítása is látható. Az 5.5. ábrán szürke színnel a kovácsszerszámot, fekete színnel pedig a kovácsdarabot jelöltem. A 3D-s ábrán pedig piros színű a kovácsdarab, és áttetsző fehér a kovácsszerszám.

A felső süllyeszték fél műszaki rajzát a 6. számú melléklet, az alsó süllyeszték fél dokumentációját a 7. számú melléklet, a teljes szerszám összeállítási rajzát a 8. számú melléklet tartalmazza.

5.5. ábra: A kovácsdarab elhelyezkedése a szerszámban [saját ábra]



5.6. ábra: A kovácsdarab szerszámban elfoglalt helye 3D-s szemléltető ábrával [saját ábra]



5.3 Forgácsolás művelettervezése és gyártástechnológiai számításai

Ebben a részben a csapágyház elkészítésének művelein (9. számú melléklet) keresztülhaladva elvégzem a forgácsoláshoz szükséges paraméterek meghatározását. A számítások során alkalmazott jelölések és táblázatok használatához forrásként segítségül használtam a Műszaki táblázatok, illetve a Gépgyártástechnológia példatár és segédlet című könyveket. Ezen jelölések jelmagyarázatát a 10. számú melléklet tartalmazza. A teljes számítás a 21. számú mellékletben található, az egyes műveletelemek esetén a számított technológiai paraméterek eredményeit csak táblázatos formában közöltem a dolgozat terjedelmének korlátjai miatt.

Az alkalmazott előgyártmány:

Típusa: nemesítetlen, szén-mangán alapú szerkezeti acél

Anyagminősége: St52-3

Szakítószilárdsága: $R_m = 510-680 \text{ N/mm}^2$

Folyáshatára: 355 N/mm^2

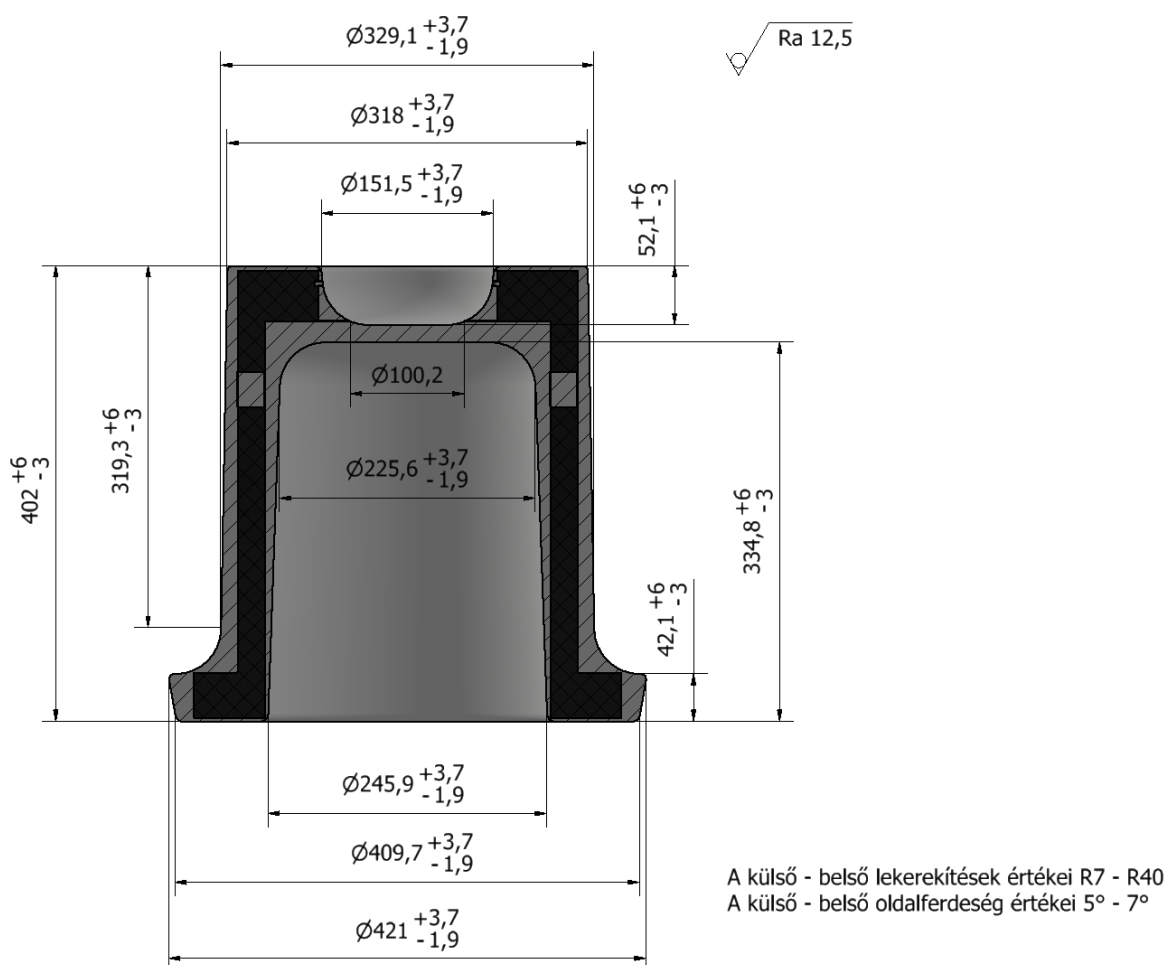
Nyersmérete: Ø396x400

5.3.1 Forgácsolási paraméterek meghatározása

1. művelet: Kovácsolás

Az 5.2.1. fejezetben segédletek és táblázatok alkalmazásával meghatároztam a kovácsdarab méreteit és geometriáját. Az 5.7. ábrán a kovácsdarab geometriáját szemléltetem a gépészdarabhoz képest. Fekete színnel jelöltem a kész csapágyházat, szürke színnel pedig a kovácsdarabot.

5.7. ábra: A kovácsolt előgyártmány és a gépészdarab viszonya [saját ábra]



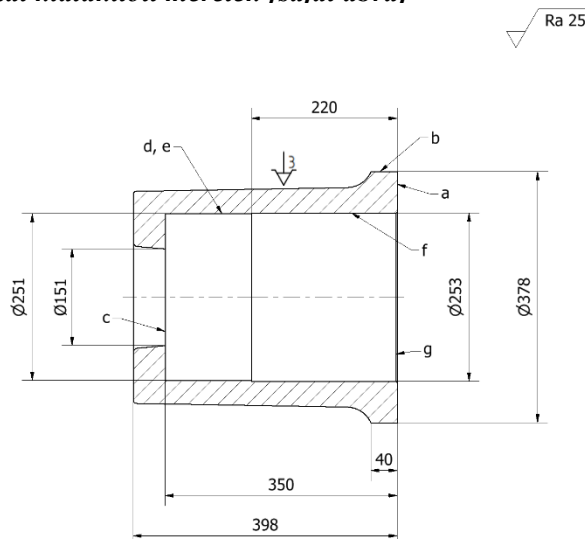
Az 10. számú melléklet tartalmaz minden egyes olyan forgácsolási paramétert, melyeket a számításaim során alkalmazni fogok. A betűs jelölések mellett szerepel ezen jellemzők megnevezése, illetve a műszaki gyakorlatban alkalmazott mértékegységük is.

2. művelet: MEO

3. művelet: Esztergálás I.

Az 5.8. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.10., 5.11., 5.12., 5.13., 5.14., 5.15., 5.16. táblázat), a műveleti utasítást a 11. számú melléklet tartalmazza.

5.8. ábra: A 3. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

A választott szerszámgép: EU 630 egyetemes csúcseszterga

Főorsó furata: Ø82 mm

Fokozati tényező: $\varphi = 1,25$

Fordulatszám-határok: $20 - 1000 \frac{1}{min}$

A késtartóba befogható készár maximális keresztmetszete: 32 x 40 mm

A hajtó motor teljesítménye: 14 kW

A munkadarab befogás módja: készülékbe

A főforgácsoló erő kiválasztása:

I. A szerszámra megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 2570 \text{ N}$

II. A gépre megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 25000 \text{ N}$

III. A munkadarab befogási módjától függő megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 10000 \text{ N}$

A technológiai adatok meghatározásához a három érték közül a legkisebb értéket $F_f = 2570 \text{ N}$ kell figyelembe venni.

3.1. Oldalazás tisztára (simítás – Ø421 x 398) [a]

A választott forgácsoló szerszám: Homlokélű esztergakés P20 32 x 32 J III. MSZ 1903

5.10. táblázat: A 3.1.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/fog]	a [mm]	i
144,156	112	0,1	4	1

3.2. Palástnagyolás (Ø378 x 40) [b]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

5.11. táblázat: A 3.2.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
148,132	112	0,4	2,5	9

3.3. Furatesztergálás I. nagyolás (lyukasztási hártya eltávolítása - Ø151 x 15,1) [c]

Az alkalmazott szerszám: Szúró esztergakés HS18 0 1 25 x 40 J III. MSZ 1294

5.12. táblázat: A 3.3.-as művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
85,671	180	0,114	15,1	1

3.4. Furatesztergálás II. nagyolás (Ø250 x 350) [d]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz (Szerszámkérő lap megtalálható a 19. számú mellékletben)

5.13. táblázat: A 3.4.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
141,372	180	0,4	2,5	5

3.5. Furatesztergálás III. simítás (Ø251 x 350) [e]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz (Szerszámkérő lap megtalálható a 19. számú mellékletben)

5.14. táblázat: A 3.5.-ös művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
141,937	180	0,1	0,5	1

3.6. Furatesztergálás IV. simítás (Ø253 x 220) [f]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz (Szerszámkérő lap megtalálható a 19. számú mellékletben)

5.15. táblázat: A 3.6.-os művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
143,068	180	0,1	1	1

3.7. Belső élettörés (2x45°) [g]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergákés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

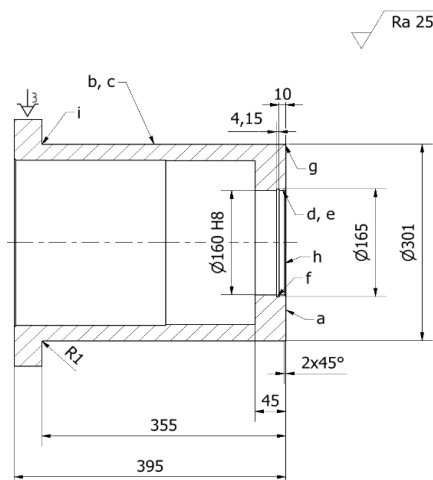
5.16. táblázat: A 3.7.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
89,02	112	0,1	2	1

4. művelet: Esztergálás II.

Az 5.9. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.17., 5.18., 5.19., 5.20., 5.21., 5.22., 5.23., 5.24., 5.25. táblázat), a műveleti utasítást a 12. számú melléklet tartalmazza.

5.9. ábra: A 4. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

A választott szerszámgép: EU 630 egyetemes csúcseszterga

Főorsó furata: Ø82 mm

Fokozati tényező: $\varphi = 1,25$

Fordulatszám-határok: $20 - 1000 \frac{1}{\text{min}}$

A késtartóba befogható késszár maximális keresztmetszete: 32 x 40 mm

A hajtó motor teljesítménye: 14 kW

A munkadarab befogás módja: tokmányba

A főforgácsoló erő kiválasztása:

I. A szerszámra megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 2570 \text{ N}$

II. A gépre megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 25000 \text{ N}$

III. A munkadarab befogási módjától függő megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 10000 \text{ N}$

A technológiai adatok meghatározásához a három érték közül a legkisebb értéket $F_f = 2570 \text{ N}$ kell figyelembe venni.

4.1. Oldalazás méretre (395 mm) [a]

A választott forgácsoló szerszám: Homlokélű esztergakés P20 32 x 32 J III. MSZ 1903

5.17. táblázat: A 4.1.-es művelet paraméterei

v_{cm} [m/min]	$n_{\text{gépi}}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
139,864	140	0,1	3	1

4.2. Palástnagyolás I. (Ø301 x 319,3) [b]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

5.18. táblázat: A 4.2.-es művelet paraméterei

v_{cm} [m/min]	$n_{\text{gépi}}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
144,746	140	0,4	2,5	6

4.3. Palástnagylás II. (lekerekítés eltávolítása- Ø301 x 355) [c]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergákész P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

5.19. táblázat: A 4.3.-as művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
166,253	140	0,4	2,5	16

4.4. Furatesztergálás I. nagyolás (Ø158 x 45) [d]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkész SZ001 egyedi gyártóeszköz (Szerszámkérő lap megtalálható a 19. számú mellékletben)

5.20. táblázat: A 4.4.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
139,984	280	0,4	2,5	12

4.5. Furatesztergálás II. simítás (Ø160 x 45) [e]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkész SZ001 egyedi gyártóeszköz (Szerszámkérő lap megtalálható a 19. számú mellékletben)

5.21. táblázat: A 4.5.-ös művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
140,743	280	0,1	1	1

4.6. Beszúrás ($\varnothing 165 \times 4,15$) [f]

Az alkalmazott szerszám: Furat-beszúrókés P20 12 x 12 x 180 x 4 DIN 263

5.22. táblázat: A 4.6.-os művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
58,057	112	0,4	2,5	1

4.7. Külső élettörés ($2 \times 45^\circ$) [g]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

5.23. táblázat: A 4.7.-os művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
105,909	112	0,1	2	1

4.8. Belső élettörés ($2 \times 45^\circ$) [h]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

5.24. táblázat: A 4.8.-as művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
56,297	112	0,1	2	1

4.9. Lekerekítés (R1) [i]

Az alkalmazott szerszám: SZ002 egyedi gyártóeszköz (Szerszámkérő lap megtalálható a 20. számú mellékletben)

5.25. táblázat: A 4.9.-es művelet paraméterei

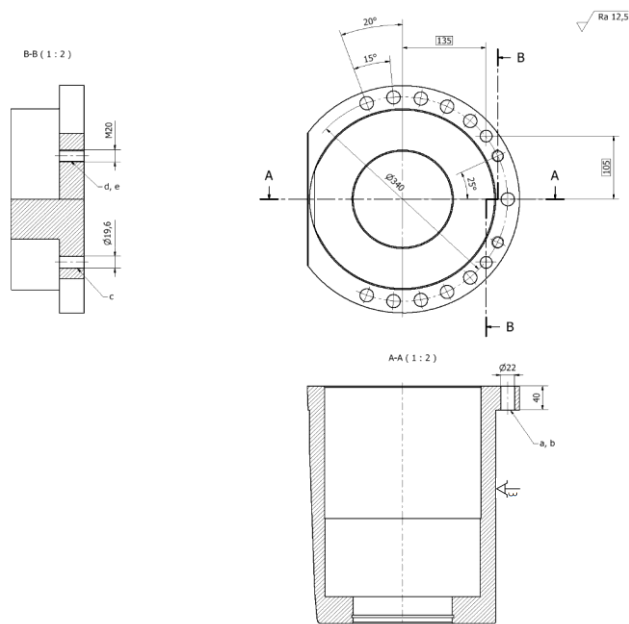
V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
105,909	112	0,1	1	1

5. művelet: MEO

6. művelet: Fúrás I.

Az 5.10. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.26., 5.27., 5.28., 5.29., 5.30. táblázat), a műveleti utasítást a 13. számú melléklet tartalmazza.

5.10. ábra: A 6. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Az választott szerszámgép: RF-30 sugárfűrőgép

A fűrőorsó fúrási mélysége: 350 mm

$$\text{Fokozati tényező: } \varphi = \sqrt[i-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[12-1]{\frac{1900}{37,5}} = 1,41$$

Fordulatszám-határok: $n = 37,5\text{-}1900$ [1/min]

Befogás módja: fűrőkészülékbe

Szerszámbefogó: fűrőtokmány

6.1. Fúrás I. ($\varnothing 20 \times 40$) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafűrő $\varnothing 20$ HS18 0 1 MSZ3985

5.26. táblázat: A 6.1.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{\text{gépi}}$ [1/min]	f [mm/fog]	a [mm]	i
22,305	355	0,25	10	1

6.2. Fúrás II. ($\varnothing 22 \times 40$) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigafűrő $\varnothing 22$ HS18 0 1 MSZ3985

5.27. táblázat: A 6.2.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{\text{gépi}}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
24,536	355	0,25	1	1

6.3. Fúrás III. ($\varnothing 19,6 \times 40$) [c]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró $\varnothing 19,6$ HS18 0 1 MSZ3985

5.28. táblázat: A 6.3.-as művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
21,859	355	0,25	9,8	1

6.4. Fúrás IV. ($\varnothing 17,3 \times 40$) [d]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró $\varnothing 17,3$ HS18 0 1 MSZ3985

5.29. táblázat: A 6.4.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
19,294	355	0,25	8,65	1

6.5. Menetfúrás (M20) [e]

Az alkalmazott szerszám: Gépi menetfúró M20 K HS18 0 1 MSZ3920

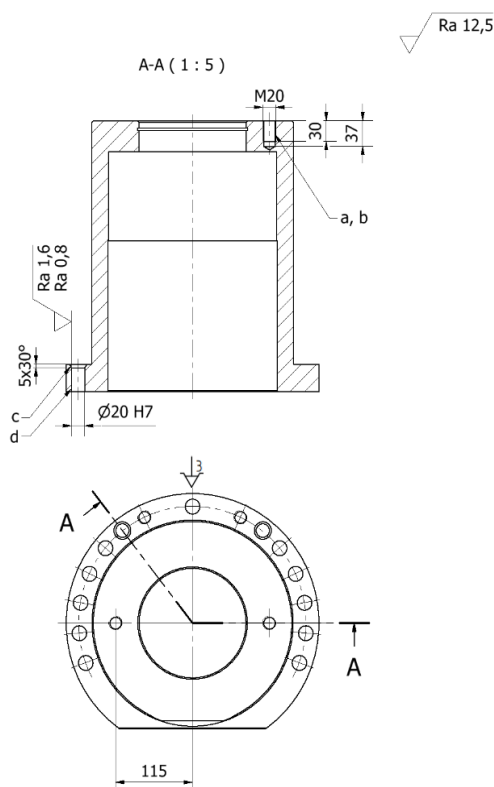
5.30. táblázat: A 6.5.-ös művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
3,958	63	2,5	1,35	1

7. művelet: Fúrás II.

Az 5.11. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.31., 5.32., 5.33., 5.34. táblázat), a műveleti utasítást a 14. számú melléklet tartalmazza.

5.11. ábra: A 7. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Az választott szerszámgép: RF-30 sugárfúrógép

A fúróorsó fúrási mélysége: 350 mm

$$\text{Fokozati tényező: } \varphi = \sqrt[i-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[12-1]{\frac{1900}{37,5}} = 1,41$$

Fordulatszám-határok: $n = 37,5-1900$ [1/min]

Befogás módja: fúrókészülékbe

Szerszámbefogó: fúrótokmány, gép orsója

7.1. Fúrás I. (Ø17,3 x 37) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø17,3 HS18 0 1 MSZ3985

5.31. táblázat: A 7.1.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
19,294	355	0,25	8,65	1

7.2. Menetfúrás (M20) [b]

Az alkalmazott szerszám: Gépi menetfúró M20 K HS18 0 1 MSZ3920

5.32. táblázat: A 7.2.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
3,958	63	2,5	1,35	1

7.3. Süllyesztés (5x30°) [c]

Az alkalmazott szerszám: Csúcssüllyesztő Ø35 x 60° HS18 0 1 MSZ3993

5.33. táblázat: A 7.3.-as művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
39,034	355	0,63	-	1

7.4. Dörzsárazás (Ø20H7 x 35) [d]

Az alkalmazott szerszám: Állítható betétkéses gépi dörzsár Ø20 HS18 0 1 MSZ4411

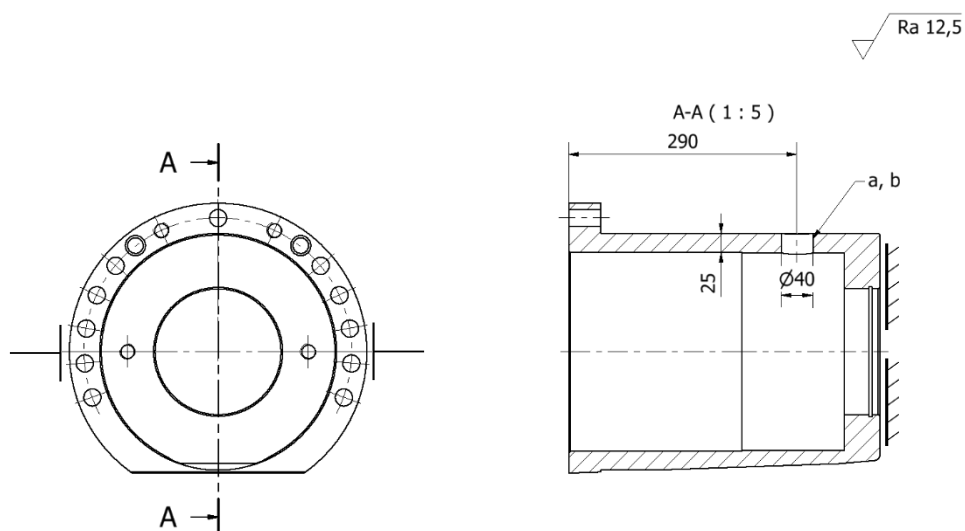
5.34. táblázat: A 7.4.-es művelet paramétereit

v_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
15,708	250	0,63	0,2	1

8. művelet: Fúrás III.

Az 5.12. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.35., 5.36. táblázat), a műveleti utasítást a 15. számú melléklet tartalmazza.

5.12. ábra: A 8. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Az választott szerszámgép: RF-30 sugárfúrógép

A fúróorsó fúrási mélysége: 350 mm

$$\text{Fokozati tényező: } \varphi = \sqrt[i-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[12-1]{\frac{1900}{37,5}} = 1,41$$

Fordulatszám-határok: $n = 37,5\text{-}1900$ [1/min]

Befogás módja: satuba

Szerszámbefogó: fúrótokmány, gép orsója

8.1. Fúrás I. (Ø20 x 25) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigaűró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985

5.35. táblázat: A 8.1.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
22,305	355	0,25	10	1

8.2. Fúrás II. (Ø40 x 25) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigaűró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986

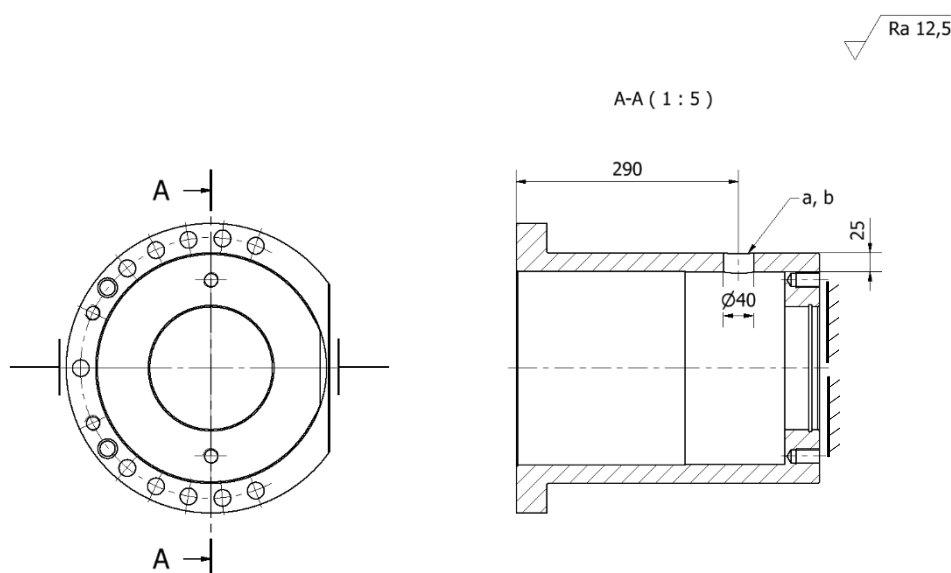
5.36. táblázat: A 8.2.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
22,619	180	0,32	10	1

9. művelet: Fúrás IV.

Az 5.13. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.37., 5.38. táblázat), a műveleti utasítást a 16. számú melléklet tartalmazza.

5.13. ábra: A 9. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Az választott szerszámgép: RF-30 sugárfúrógép

A fúróorsó fúrási mélysége: 350 mm

$$\text{Fokozati tényező: } \varphi = \sqrt[i-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[12-1]{\frac{1900}{37,5}} = 1,41$$

Fordulatszám-határok: $n = 37,5-1900$ [1/min]

Befogás módja: satuba

Szerszámbefogó: fúrótokmány, gép orsója

9.1. Fúrás I. (Ø20 x 25) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985

5.37. táblázat: A 9.1.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
22,305	355	0,25	10	1

9.2. Fúrás II. (Ø40 x 25) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986

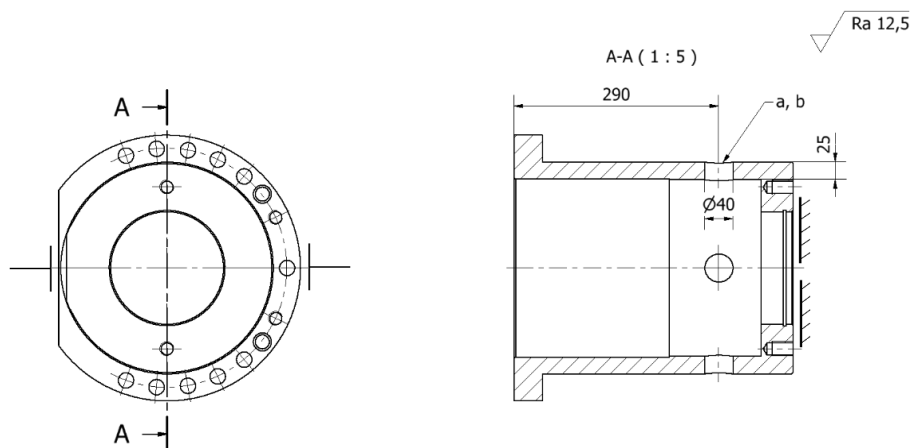
5.38. táblázat: A 9.2.-es művelet paraméterei

V_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
22,619	180	0,32	10	1

10. művelet: Fúrás V.

Az 5.14. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.39., 5.40. táblázat), a műveleti utasítást a 17. számú melléklet tartalmazza.

5.14. ábra: A 10. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Az választott szerszámgép: RF-30 sugárfúrógép

A fúróorsó fúrási mélysége: 350 mm

$$\text{Fokozati tényező: } \varphi = \sqrt[i-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[12-1]{\frac{1900}{37,5}} = 1,41$$

Fordulatszám-határok: $n = 37,5-1900$ [1/min]

Befogás módja: satuba

Szerszámbefogó: fúrótokmány, gép orsója

10.1. Fúrás I. (Ø20 x 25) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985

5.39. táblázat: A 10.1.-es művelet paramétereit

v_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
22,305	355	0,25	10	1

10.2. Fúrás II. (Ø40 x 25) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986

5.40. táblázat: A 10.2.-es művelet paraméterei

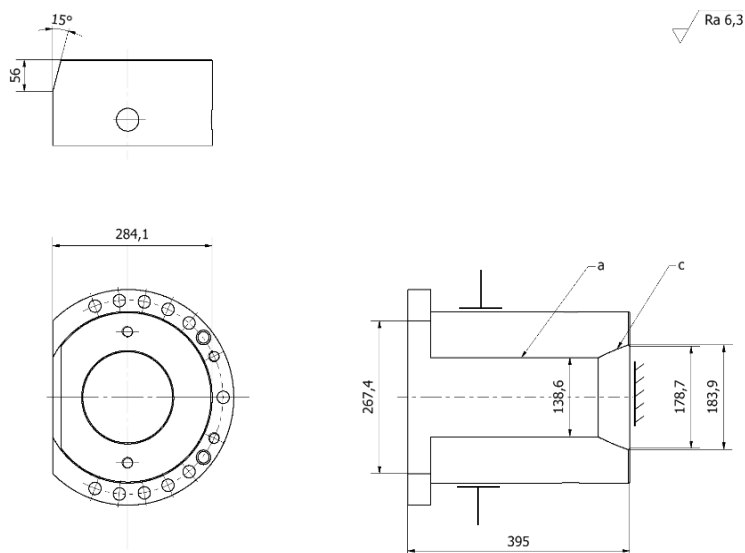
v_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f [mm/ford]	a [mm]	i
22,619	180	0,32	10	1

11. művelet: MEO

12. művelet: Marás I.

Az 5.15. ábra szemlélteti az ebben a műveletben készre munkált felületeket és méreteit, a megfelelő technológiai jelölésekkel kiegészítve. A műveletben elvégzett technológiai számítások eredményeit táblázatos formában jelenítem meg (5.41., 5.42. táblázat), a műveleti utasítást a 18. számú melléklet tartalmazza.

5.15. ábra: A 12. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Az választott szerszámgép: VF-221 függőleges marógép

A fokozati tényező: $\varphi = 1,25$

Fordulatszám határok: $n = 19-1500$ [1/min]

Munkadarab befogása: satuba

Szerszámbefogó: gép orsója

12.1. Síkmarás (395 x 267,4) [a]

Az alkalmazott szerszám: Homlokmaró HS18 0 1 Ø100 x 50 J III. MSZ3852

5.41. táblázat: A 12.1.-es művelet paraméterei

v_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f_z [mm/fog]	a [mm]	i
35,186	112	0,08	5	4

12.2. Maróorsófej elforgatása 15°-kal [b]

12.3. Síkmarás (183,9 x 56) [c]

Az alkalmazott szerszám: Homlokmaró HS18 0 1 Ø100 x 50 J III. MSZ3852

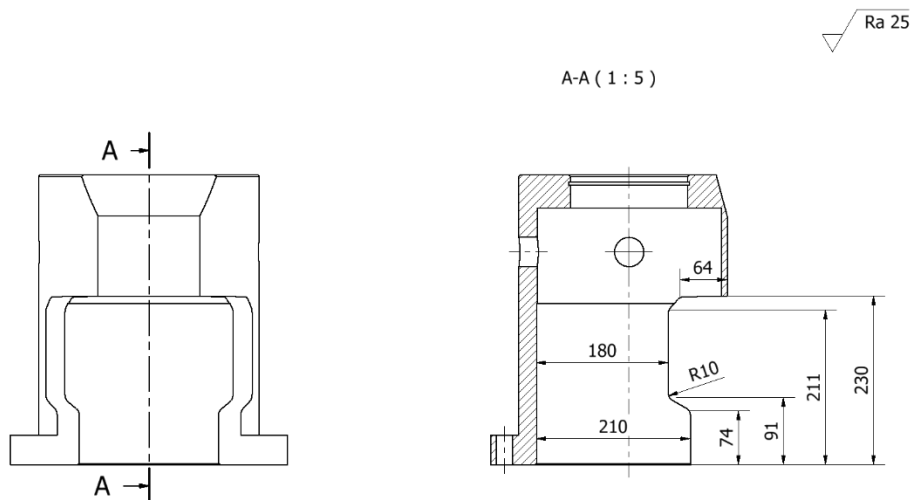
5.42. táblázat: A 12.3.-as művelet paraméterei

v_{cm} [m/min]	$n_{gépi}$ [1/min]	f_z [mm/fog]	a [mm]	i
35,186	112	0,08	3	5

13. művelet: MEO

14. művelet: Marás II.

5.16. ábra: A 14. művelet által kialakított méretek [saját ábra]



Mivel a dolgozatom témájából kiindulva a gyártástechnológiai terv alapelve az, hogy a megmunkálási műveleteket hagyományos szerszámgépeken kell végrehajtani. A munkadarabom végleges geometriája (az 5.16. ábrán látható felület) olyan összetett, és bonyolult kontúrokat tartalmaz, amit hagyományos marógépen nem lehet megvalósítani. Ezen geometriai jellemzők olyan megmunkálást igényelnek, ami CNC megmunkálóközponton végezhető el. Ennek megfelelően a munkadarab ezen felületeinek megmunkálását külső megbízásként kell elvégezni.

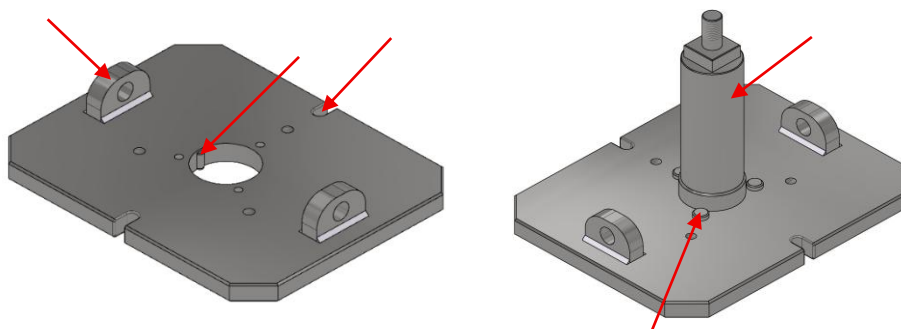
15. művelet: MEO, Végellenőrzés

5.4 Készüléktervezés

A fúrókészülék elkészítésére a kissorozatú gyártás miatt van szükség, ugyanis a gyártandó 30 db csapágyház már nem minősül egyedi gyártásnak. Sorozatgyártás során fontos olyan készüléket alkalmazni, amely elősegíti a selejtszám és a gyártási idő csökkenését. Ebben a fejezetben a csapágyház fúrókészülékének tervezési lépéseit mutatom be.

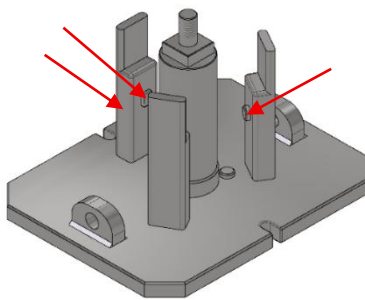
A fúrókészülék alapjául szolgáló alaplap anyaga S235, ami egy könnyen megmunkálható szerkezeti acél, műszaki rajza a 22. számú mellékletben található. A lap befoglaló mérete 825 x 655 mm, ami szükséges a rajta elhelyezendő nagy tömegű és magas munkadarab stabil megtartásához, nagy tömeg elviselésére alkalmas, amit a munkadarab és a rá épülő készülékelemek jelentenek, illetve elég hely áll rendelkezésre az emelőfüleknek a lap két oldalán. Az alaplapon elhelyezésre kerül egy vezetőoszlop, melynek feladata, hogy a csapágyház Ø160-as tűrésezett furatán illeszkedve lekösse a csapágyház x-y elmozdulásának lehetőségét, illetve a menetes végének segítségével pedig megvalósítsa a fúrólap szorítását. Ennek a vezetőoszlopnak az anyaga S355, az illesztőszegé pedig 60 HRC keménységű edzett acél. A vezetőoszlop műhelyrajzát a 24. számú melléklet tartalmazza. A gazdaságos gyártás szempontjait figyelembe véve a vezetőoszlop szilárd illesztéssel kerül összeszerelésre az alaplappal, elfordulás ellen pedig egy illesztőszeg kerül beépítésre az oszlop és az alaplap közé. A vezetőoszlop köré 3 db DIN 6321 szabványnak megfelelő csapos üléket (Ø40) szoros illesztéssel helyezek el, mely a csapágyház felületének pontos felfekvését biztosítja. Az alaplapon kialakításra kerül még 2 hornyolt rész is, ami a fúróasztalra való lefogatást segíti, ugyanis a lefogató csavarokat itt lehet pozicionálni. A 2 db emelőfülre azért van szükség, mert a készülék súlya túl nagy, így mozgatása daruval történik. Anyaga S355, rögzítése az alaplaphoz hegesztéssel történik, műhelyrajza a 23. számú mellékletben található. Az 5.17. ábrán látható az alaplap a ráhegesztett emelőfülrel, a vezetőoszloppal és az elfordulást gátló illesztőszeggel.

5.17. ábra: A fúrókészülék alaplapja az emelőfülrel, az illesztőszeggel, a vezetőoszloppal [saját ábra]



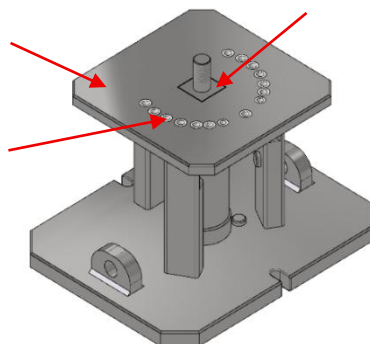
Az alaplapra felkerülő oldalfalak csavarozással vannak rögzítve, mely során 3 db DIN 912 szabványnak megfelelő hengeres fejű csavart alkalmazok. Az oldalfal műhelyrajza a 25. számú mellékletben található meg. A hátul elhelyezkedő oldalfalba szoros illesztéssel kerül egy egyedi tájoló csap, mely a csapágyház még ferde részén fekszik fel, ezzel megakadályozva a z tengely menti forgást, illetve biztosítva a munkadarab pontos pozícióba állását a készülékbe behelyezés során. Műhelyrajzát a 26. számú melléklet tartalmazza. A másik két oldalfalba pedig kerül egy ülék, mely a munkadarab magassága miatt támaszként szolgál. Az oldalfalak anyaga S235 szerkezeti acél, a csapok pedig 60 HRC keménységű edzett acél anyagminőséggel rendelkeznek. Az oldalfalak és ülékek felszerelését az 5.18. ábra tartalmazza.

5.18. ábra: A felfogatott oldalfalak és a bennük elhelyezett ülékek [saját ábra]



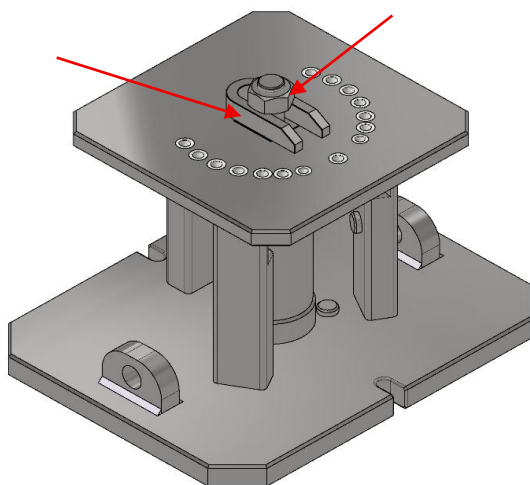
A fűrőlap tervezésénél fontos szempont volt a fűrőperselyek helyének kialakítása, ugyanis ezek fogják a fűrőt megvezetni forgácsoláskor. Így a furatok pozícióinak megfelelően a DIN 172 szabvány alapján készült fűrőperselyek méreteit figyelembe véve kerülnek kialakításra a furatok a fűrőlapon, ami az oldalfalak és a vezetőoszlop felső felületén fekszik fel (ezzel biztosítva 5 mm távolságot a fűrőlap alsó felülete és a munkadarab között), továbbá a vezetőoszlop négyszög alakú váll része biztosítja a fűrőlap helyes pozicionálását. A fűrőlap anyaga S235 szerkezeti acél, a fűrőperselyek anyaga pedig C45E minőségű betétben edzett acél, melynek keménysége 65 HRC. A fűrőlap illesztése az 5.19. ábrán látható, rajza a 27. számú mellékletben található.

5.19. ábra: A helyére illesztett fűrőlap [saját ábra]



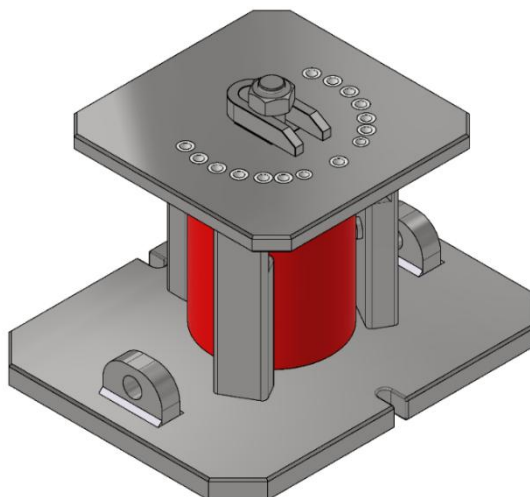
A fúrólap rögzítését egy villás szorítóvas segítségével valósítom meg, ami a fúrólap felső felületére fekszik fel. Anyagminősége C45 nemesített acél, aminek mérete a készülék és a vezetőoszlop méreteinek függvényében lett kialakítva, a legyártásához szükséges rajz a 28. számú mellékletben található. A szorítóvas szorítását 1 db M48-as, ISO 4032 szabványú, hatlapfejű csavaranyával hozom létre. A munkadarabok gyors cseréje megvalósítható ezzel a megoldással, ugyanis a csavarbiztosítás kilazítása és a szorítóvas eltávolítása után a fúrólap leemelhető a felfekvő felületekről és a csere megvalósítható. A megvalósított fúrólap szorítást az 5.20. ábra szemlélteti.

5.20. ábra: A gyors cserét biztosító villás szorítóvas és csavaranya rögzítése [saját ábra]



Az 5.21. ábrán pedig a teljesen összeszerelt fúrókészülék látható a benne pozícióban elhelyezett munkadarabbal. A fúrókészülék minden eleme fémes, szürke színű, a forgácsolandó munkadarabot pedig piros színnel jelöltem.

5.21. ábra: A kész fúrókészülék a benne elhelyezett munkadarabbal [saját ábra]



6. ÖSSZEFOGLALÁS

A gépészetben nagyon sok helyen találkozhatunk forgó alkatrészekkel, testekkel, szerszámokkal. Ezek közül a legismertebb és legtöbbet használt gépelem a tengely. Ennek hatékony megtámasztása egy igen fontos feladat, hiszen a tengelyek nyomatékátadó rendszerek, melyek támaszainak minimális veszteségűnek kell lennie. Ezek megvalósítására használnak csapágyazásokat. Ezek az aktív támasztóelemek csapágyházakban helyezkednek el, melyek célja, hogy a biztosítsák a kenést, csillapítsák a rezgéseket, segítsék a statikus és dinamikus terhelések egyenletes elosztását, illetve védjék a csapágyat a környezeti hatásoktól.

Dolgozatomban feladatom egy ilyen csapágyház teljes műszaki dokumentációjának elkészítése volt az előgyártmány tervezésétől a kész alkatrész gyártásáig. A darabszám 30, amely kissorozat gyártásnak minősül, így a tervezésnél erre külön figyelmet fordítottam.

A bevezetésben ismertettem a dolgozat felépítését, a tervezési folyamatokat, valamint röviden bemutattam a gyakorlati helyet biztosító céget. Áttekintettem a feladat szempontjából releváns szakirodalmat, különösen a kovácsolt előgyártmány és süllyesztékes szerszám tervezését, a forgácsolási műveleteket (esztergálás, fúrás, marás), a hűtő-kenő folyadékok alkalmazását, valamint a készülékezés alapjait.

Ezt követően bemutattam a problémát, amely alapján kidolgoztam a gyártási technológiát és a szükséges dokumentációkat. A technológiai fejezetben a kovácsolt előgyártmánytól a forgácsolási paraméterekig végeztem számításokat, és ezek alapján készítettem el a műveleti utasításokat, szerszámkérő lapokat és műszaki rajzokat, melyek a teljes alkatrész elkészítéséhez elengedhetetlenek.

Mivel 30 db csapágyház gyártása volt szükséges, a fúráshoz speciális fúrókészüléket terveztem, amely csökkenti a megmunkálási időt. A költségek mérséklése érdekében törekedtem a szabványos alkatrészek alkalmazására.

Összegzésként a dolgozat bemutatja, hogy a gondos tervezés és a gyártási folyamat előkészítése jelentősen javíthatja a kis sorozatú gyártás hatékonyságát, megbízhatóságát és költséghatékonyságát.

7. SUMMARY

In mechanical engineering, rotating components, bodies, and tools are encountered in numerous applications. Among these, the most well-known and widely used machine element is the shaft. The effective support of shafts is a critical task, as they serve as torque-transmitting systems whose supports must operate with minimal loss. To achieve this, bearings are employed. These active support elements are housed in bearing housings, whose purpose is to ensure lubrication, dampen vibrations, facilitate uniform distribution of static and dynamic loads, and protect the bearing from environmental effects.

The objective of this thesis was to develop a complete technical documentation of such a bearing housing, from the design of the preform to the manufacturing of the finished component. The required quantity of 30 units qualifies as small-batch production, which required special attention during the design process.

In the introduction, the structure of the thesis, the design processes, and a brief presentation of the company providing the practical training were described. Furthermore, relevant literature was reviewed, focusing on the design of forged preforms and die tools, as well as machining operations (turning, drilling, milling), the application of cutting fluids, and the fundamentals of tooling.

Following the problem definition, the manufacturing technology was developed, and the necessary documentation prepared. The technological chapter included calculations from the forged preform design to the machining parameters, based on which the process instructions, tool request sheets, and technical drawings were created—essential elements for manufacturing the finished part.

Given the need to produce 30 bearing housings, a special drilling fixture was designed to significantly reduce machining time. To optimize production costs, the use of standardized components was emphasized.

In conclusion, this thesis demonstrates that careful design and thorough preparation of manufacturing processes can substantially improve the efficiency, reliability, and cost-effectiveness of small-batch production.

8. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: NAGY DÁVID
A Hallgató Neptun kódja: MOXIJ7
A dolgozat címe: MEZŐGAZDASÁGI VONTATÓ KARDANTENGELY
CSAPÁGYHAZÁNAK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA
HAGYOMÁNYOS SZERSZÁMGÉPEKRE
A megjelenés éve: 2025
A tanszék neve: ANYAGTUDOMÁNYI-ÉS GÉPIPARI
FOLYAMATOK TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: Gödöllő, 2025. év 10 hó 16 nap

Nagy Dávid
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Alulírott NAGY DÁVID, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, SZENT ISTVÁN Campus, GEPE'SZME'RNÖKI szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő, 2025. év 10 hó 16 nap

Nagy David
Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő, 2025. év 10 hó 16 nap

[Signature]
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	NAGY DAVID
Neptun-kódja:	MOX1J7
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	☒ BSc/BA ☐ MSc/MA ☐ Doktori (PhD) ☐ Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	SZAKDOLGOZAT KÉSZÍTÉS 2.
A munka címe:	MEZŐGAZDASÁGI VONATOS KÖRNYEZETÉNY CIAPÁNGYHÁZNAK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

HAGYOMÁNYOS SZERZÁMGEPEKRE

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

- ☒ A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)
- ☐ B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

--	--	--	--

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Gödöllő....., 2025. 10..... hó 16..... nap

.....Nagy Dániel.....

Hallgató aláírása

.....Dr. Kovács Anikó.....

Konzulens/Témavezető aláírása

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Ambrusné Dr. Alady, M., Dr. Árva, J., Dr. Nagy, P. S. (2017). Forgácsoló eljárások. 14. kiadás. Budapest. Műszaki Könyvkiadó
- [2] Bakondi, K., & Kardos, Á. (1972). A gépgyártás technológiája I.-Forgácsolás. Budapest: Tankönyvkiadó.
- [3] Bálint, L. (1967). Forgácsoló megmunkálás tervezése; Műszaki Könyvkiadó; Budapest
- [4] Dr. Molnár, J., & Dr. Szabó, S. (1995). Készüléktervezés. Miskolc: ME Kiadó.
- [5] Dr. Vámos, E. (dátum nélk.). Tribológia kézikönyv. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- [6] Dudás, I. (2000). Gépgyártástechnológia I.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc
- [7] Dudás, I. (2001). Gépgyártástechnológia II.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc
- [8] Fenyvessy, T., Fuch, R., & Plósz, A. (2008). Műszaki táblázatok. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.
- [9] Firstner Stevan, D. (2008). Gyártástechnológia. Dunaújváros: Egyetemi Kiadó.
- [10] Fledrich, G., Kakuk, G., Zsidai, L., & Kári-Horváth, A. (2016). Gépgyártástechnológia. Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar.
- [11] Fledrich, G., Kári-Horváth, A., Pataki, T., & Zsidai, L. (2017). Mechanikai technológiák. Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar.
- [12] Kakuk, G., Kári-Horváth, A., Szakál, Z., & Dr. Zsidai, L. (2008). Forgácsoló eljárások tervezése. Budapest: NSZFI.
- [13] Kakuk, G., Kári-Horváth, A., Szakál, Z., & Dr. Zsidai, L. (2008). Gyártástervezés. Budapest: NSZFI.
- [14] Kári-Horváth, A. (2009). A forgácsolásnál alkalmazott minimálkenés (MMS) hatásmechanizmusa és hatékonyságának növelése. Gödöllő.
- [15] Kári-Horváth, A., Dr. Pellényi, L., Szabó, L., & Dr. Zsidai, L. (2006). Gépgyártástechnológia példatár és segédlet. Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar.

-
- [16] Kári-Horváth, A., (2013). The effect of MQL to the tool life; Mechanical Engineering Letters: R and D: Research and Development; 9 pp. 90-97., 8 p.
 - [17] Kun, K., Dr. Liska, J., Nagy, J., &.. (2019). Készüléktervezés. Kecskemét: Neumann János Egyetem.
 - [18] Mikó Balázs, Dr. (2015). Forgácsolástechnológia alapjai, Bázisok és készülékek. Egyetemi jegyzet. Óbudai Egyetem.
 - [19] Molnár, J., Szabó, S.; (1995). Készüléktervezés; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc
 - [20] Rábel, G. (1968). Készüléktervezés. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
 - [21] Szabó, L., (1997). Süllyesztékes kovácsolás; Elektronikus jegyzet; Miskolc

Elektronikus források:

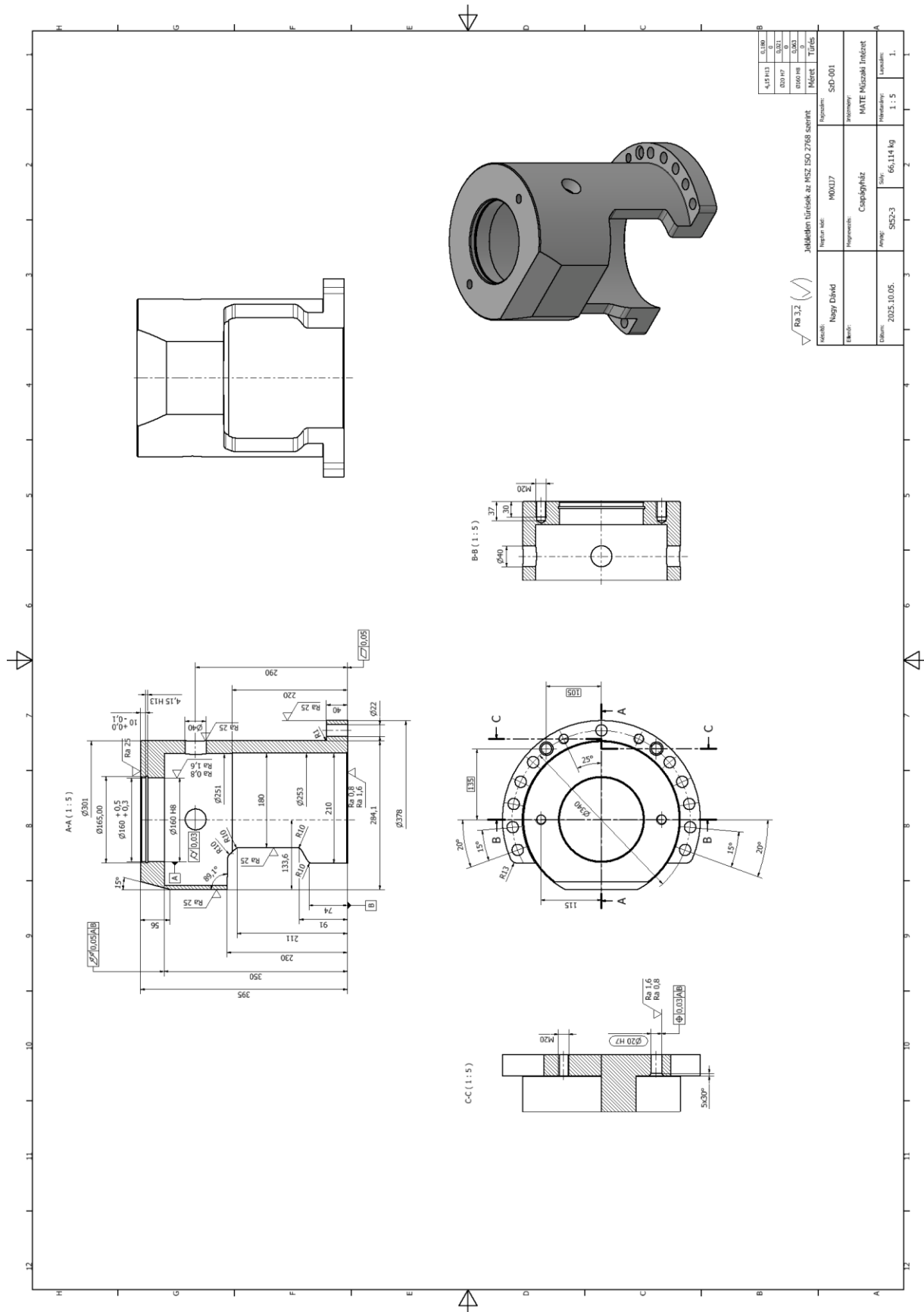
- [22] Kári-Horváth, A., & Dr. Valesek, I. (2010). Demand of energy of chip removal. MATERIALS SCIENCE FORUM 659 pp. 489-497. , 9 p. .
- [23] Kári-Horváth, A., & Pataki, T. (2020). Analysis of temperature in different cooling methods. IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 749 Paper: 012017, 8 p.
- [24] Kári-Horváth, A., & Valesek, I. (2011). Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban. TECHMONITOR 1 : 2 pp. 22-24. Paper: ISSN2062-9044, 3 p.
- [25] Valesek, I., & A., K.-H. (2011). The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency. TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58 : 3 pp. 34-47., 14 p.
- [26] https://csapagy.blog.hu/2014/05/29/csapagy_tortenelem_1_resz (Hivatkozva: 2025.09.20.)
- [27] https://csapagy.blog.hu/2014/06/05/csapagy_tortenelem_2_resz_a_csapagyak_elterjedese (Hivatkozva: 2025.09.20.)
- [28] https://www.researchgate.net/figure/Deformation-of-a-crystal-structure-a-original-lattice-belastical-deformation-with-no_fig12_325178996 (Hivatkozva: 2025.09.20.)
- [29] <https://tractor.info/tractors/john-deere-8400r/> (Hivatkozva: 2025.10.01.)

10. MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

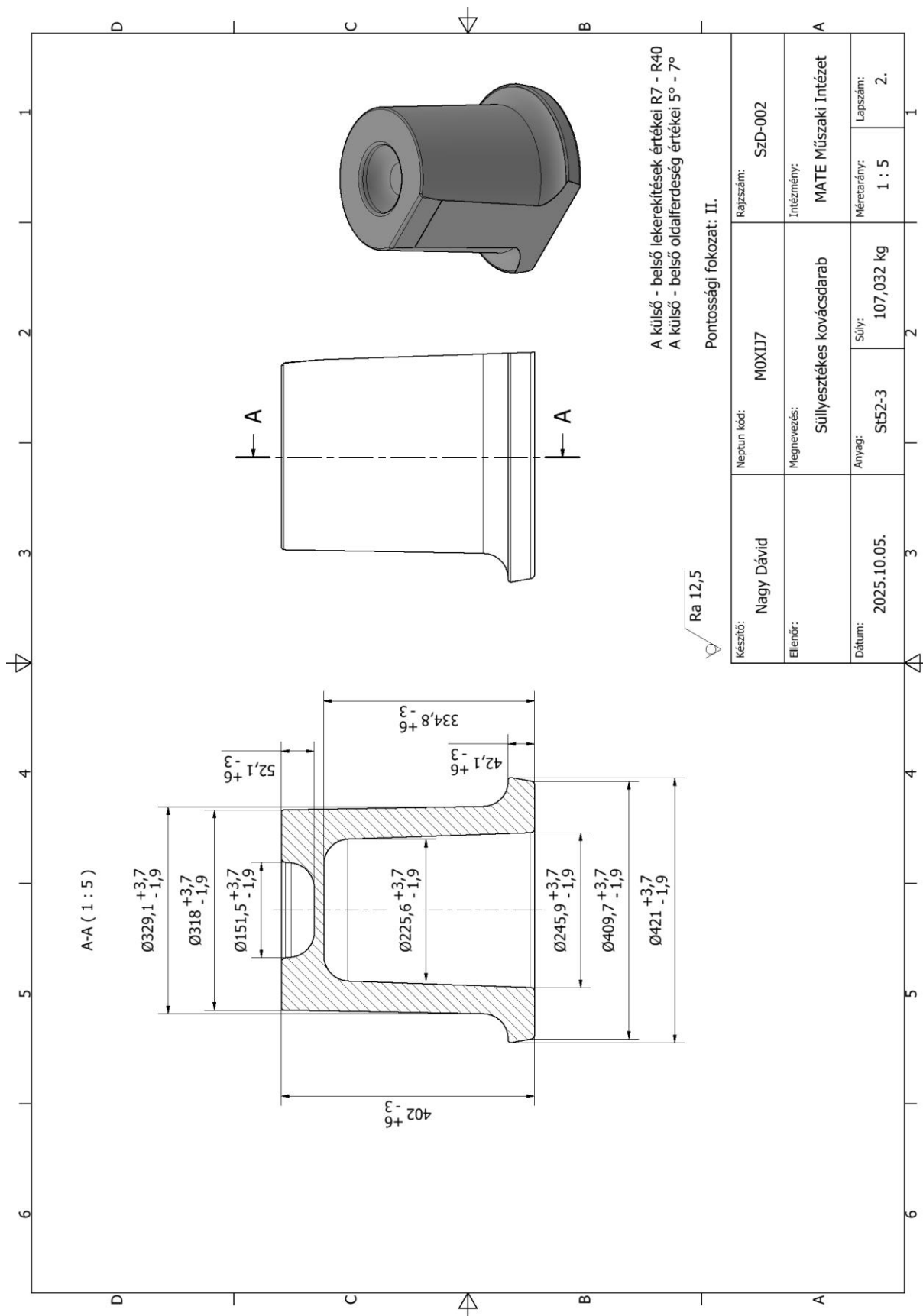
- | | |
|---------------------|---|
| 1. számú melléklet | A gépészeti darab műhelyrajza |
| 2. számú melléklet | A kovácsdarab műhelyrajza |
| 3. számú melléklet | Üregalakhoz kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései |
| 4. számú melléklet | Üregalakhoz nem kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései |
| 5. számú melléklet | Sorjacsatorna kialakítási típusok |
| 6. számú melléklet | A felső süllyeszték fél műhelyrajza |
| 7. számú melléklet | Az alsó süllyeszték fél műhelyrajza |
| 8. számú melléklet | Süllyesztékes kovácsszerszám összeállítási rajza |
| 9. számú melléklet | Művelet és műveletelőzési sorrend |
| 10. számú melléklet | Forgácsolási paraméterek jelmagyarázata |
| 11. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Esztergálás I. |
| 12. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Esztergálás II. |
| 13. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Fúrás I. |
| 14. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Fúrás II. |
| 15. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Fúrás III. |
| 16. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Fúrás IV. |
| 17. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Fúrás V. |
| 18. számú melléklet | Műveleti utasítási lapok – Marás I. |
| 19. számú melléklet | Szerszámkérő lap – Fenéklyukkés |
| 20. számú melléklet | Szerszámkérő lap – Profilkés |
| 21. számú melléklet | Gyártástechnológiai számítások |
| 22. számú melléklet | A készülék alaplapijának rajza |
| 23. számú melléklet | A készülék emelőfülének rajza |
| 24. számú melléklet | A készülék vezetőoszlopjának rajza |
| 25. számú melléklet | A készülék oldalfalának rajza |
| 26. számú melléklet | A készülék egyedi ülékének rajza |
| 27. számú melléklet | A készülék fúrólapjának rajza |
| 28. számú melléklet | A készülék villás szorítóvasának rajza |

Mellékletek

1. számú melléklet A gépészeti darab műhelyrajza



2. számú melléklet A kovácsdarab műhelyrajza



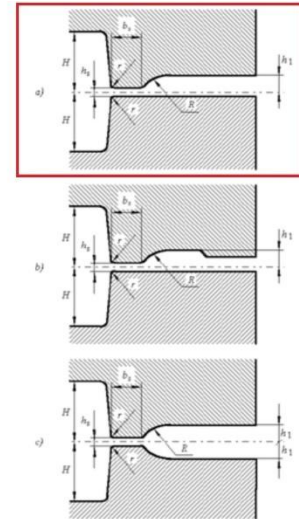
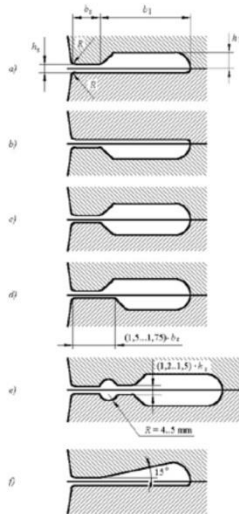
3. számú melléklet Üregalakhoz kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései

Tömeg kg	Minő- ségi csoport <i>M</i>	Bonyolultsági csoport <i>S</i>		Pontosság fokozat		Névleges méret																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
						-tól -ig	0 32	32 100	100 160	160 250	250 400	400 630	630 1000	1000 1600	1600 2500																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						Tűrésnagyság és határeltérések																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
-tól -ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

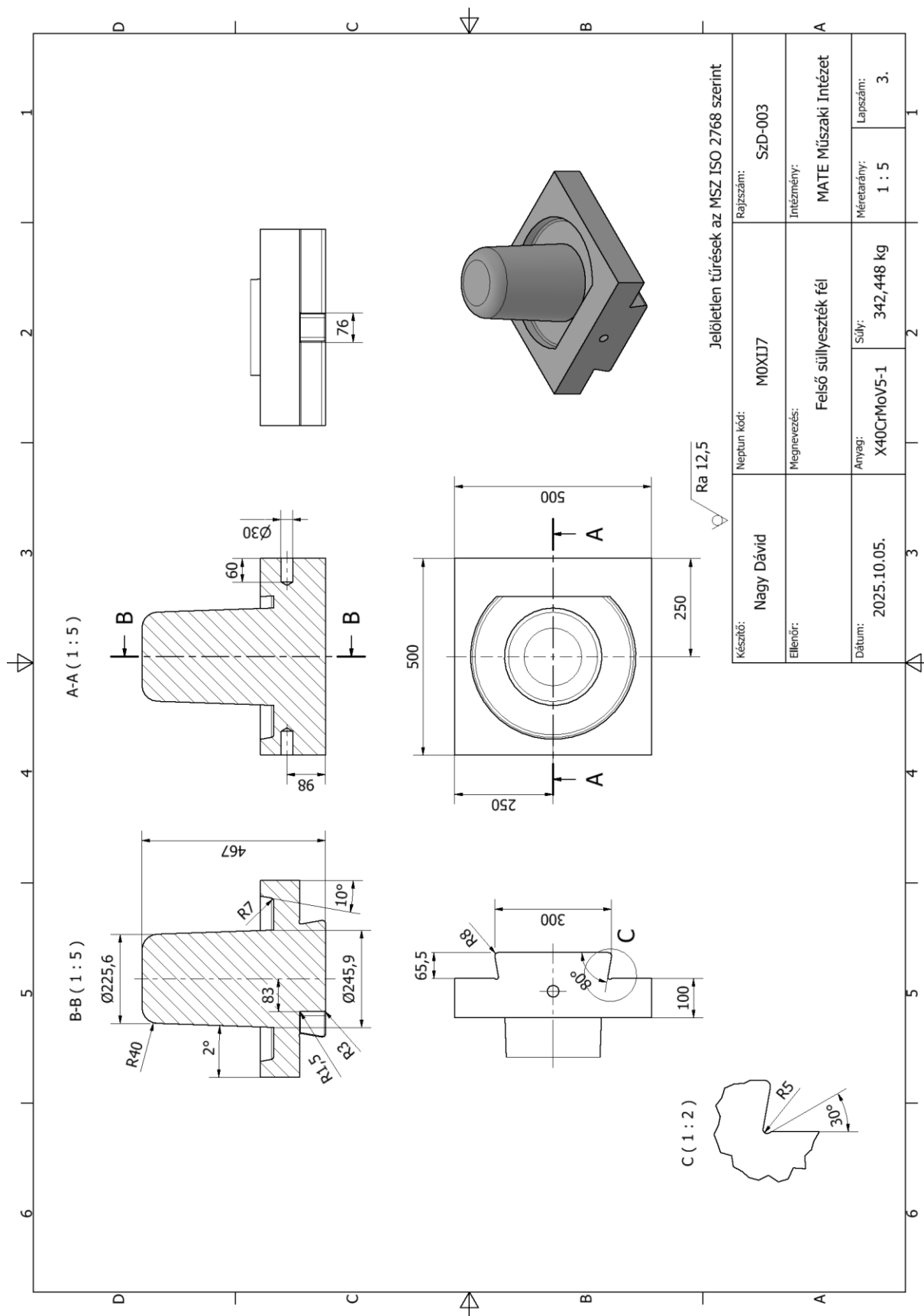
4. számú melléklet Üregalakhoz nem kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései

Tömeg kg	Minő- ségi csoport <i>M</i>	Bonyolultság csoport <i>S</i>						Pontosság fokozat		Névleges méret							
										-101 -ig	0 16	16 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250
		M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II	Tűrésnagyság és határeltérések							
0	0,2									0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,9 -0,5	0,8	+0,9 -0,5
0,2	0,4									0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5
0,4	1,2									0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3
1,2	2,5									0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,3
2,5	5									0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4
5	8									1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5
8	12									1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
12	20									1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6
20	36									1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7
36	63									1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,8
63	110									1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,8	2,5	+1,7 -0,8
110	200									2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,8	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9
200	250									2,2	+1,5 -0,8	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1
										2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
										2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3
										3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
										3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,6	+3,3 -1,7
										4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,6	+3,3 -1,7	6,3	+4,2 -2,1
										4,5	+3,0 -1,5	5,6	+3,3 -1,7	6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3
										5	+3,3 -1,7	6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3	8	+5,3 -2,7
										5,6	+3,3 -1,7	7	+4,7 -2,3	8	+5,3 -2,7	9	+6 -3
										6,3	+4,2 -2,1	8	+5,3 -2,7	9	+6 -3	10	+6,7 -3,3
										7	+4,7 -2,3	9	+6 -3	10	+6,7 -3,3	11	+7,3 -3,7
										8	+5,3 -2,7	10	+6 -3	11	+7,3 -3,7	12	+8,0 -4,0

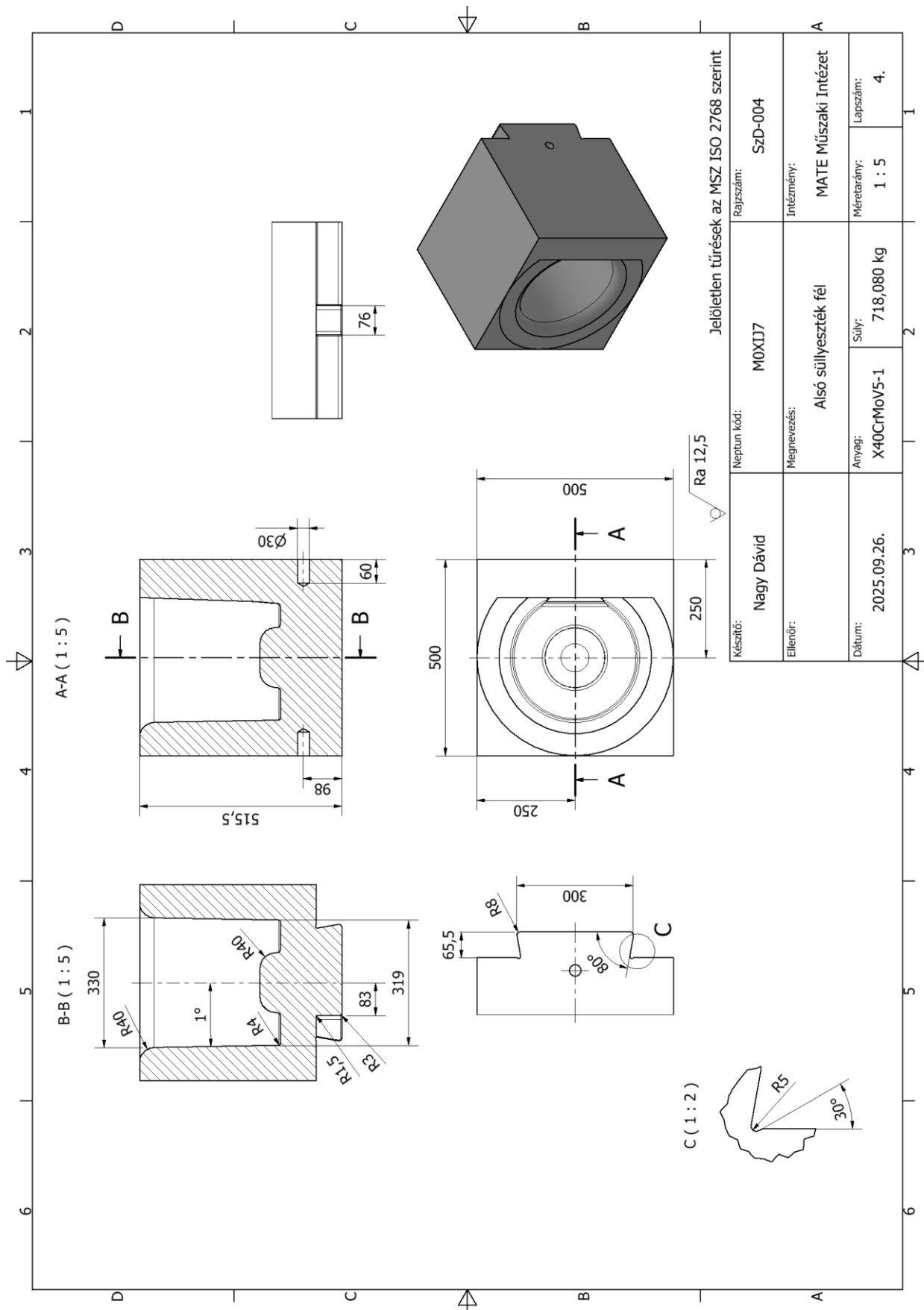
5. számú melléklet Sorjacsatorna kialakítási típusok



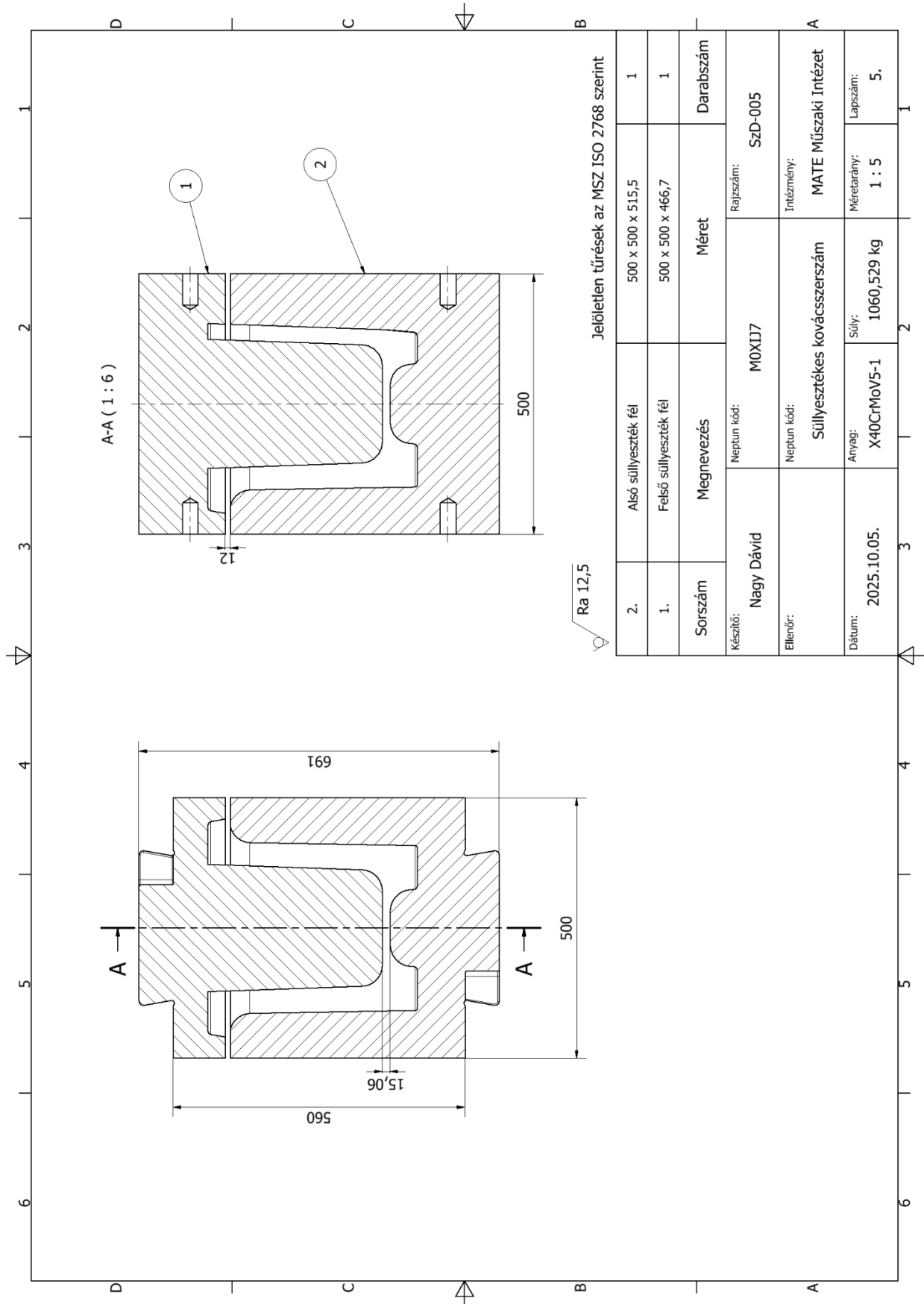
6. számú melléklet A felső süllyeszték fél műhelyrajza



7. számú melléklet Az alsó süllyeszték fél műhelyrajza



8. számú melléklet Süllyesztékes kovácsszerszám összeállítási rajza



9. számú melléklet Művelet és műveletelőzési sorrend

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék					Művelet és műveletelőzési sorrend					Induló típus				
Rajzsorszám: SzD-006					Munkadarab megnevezése: Csapágyház									
v. k.h.	Anyag kódex				Anyagmegnevezés, méret, minőség					ME.	Bruttó 30 db		Nettó 30 db	
					Anyag: St52-3									
					Előgyártmány: süllyesztékben kovácsolt szerkezeti acél									
					Nyersméret: Ø421 x 402									
Műv. sorr.	Lap sz.	Költs hely	Hom. ker	Műv. sz.	Művelet megnevezése					Nor. t.	Norm. 30 db		Norm. 30 db	
											perc			Ft
1				1	Kovácsolás									
2					MEO									
3	1			7	Esztergálás I.									
4	2			9	Esztergálás II.									
5					MEO									
6	4			5	Fúrás I.									
7	5			4	Fúrás II.									
8	6			2	Fúrás III.									
Kiállította		Kelt	Ellenőrizte		Kelt	Főtechnológus		Kelt	Anyagnormás		Kelt	Időelemző		Kelt
Nagy Dávid		2025. 10.05.												
Jel	Javította		Kelt	Ellenőrizte		Kelt	Jel	Javította		Kelt	Ellenőrizte		Kelt	

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék					Művelet és műveletelőzési sorrend					Induló típus									
Rajzszám: SzD-007					Munkadarab megnevezése: Csapágyház														
v. k.h.	Anyag kódex				Anyagmegnevezés, méret, minőség					ME.	Bruttó 30 db		Nettó 30 db						
					Anyag: St52-3														
					Előgyártmány: súllyesztékben kovácsolt szerkezeti acél														
					Nyersméret: Ø421 x 402														
Műv. sorr.	Lap sz.	Költs hely	Hom. ker	Műv. sz.	Művelet megnevezése					Nor. t.	Norm. 30 db		Norm. 30 db						
											perc			Ft					
9	7			2	Fúrás IV.														
10	8			2	Fúrás V.														
11					MEO														
12	9			3	Marás I.														
13					MEO														
14					Marás II.														
15					MEO, Végellenőrzés														
Kiállította		Kelt		Ellenőrizte		Kelt		Főtechnológus		Kelt		Anyagnormás		Kelt		Időelemző		Kelt	
Nagy Dávid		2025. 10.05.																	
Jel	Javította		Kelt		Ellenőrizte		Kelt		Jel	Javította		Kelt		Ellenőrizte		Kelt			

10. számú melléklet Forgácsolási paraméterek jelmagyarázata

<i>Jelölés</i>	<i>Megnevezés</i>	<i>Mértékegység</i>
a	fogásmélység	$[mm]$
i	fogások száma	$[db]$
f	előtolás	$[mm/ford]$
R_a	átlagos felületi érdesség	$[\mu m]$
r_ε	esztergakés csúcssugara	$[mm]$
v_c	forgácsolási sebesség	$[m/min]$
v_{cm}	megváltozott forgácsolási sebesség	$[m/min]$
v_0	forgácsolási sebesség alapértéke	$[m/min]$
K_K	munkadarab felületéről, kérgétől függő módosító tényező	$[-]$
K_{sz}	szerszámtól függő módosító tényező	$[-]$
K_m	forgácsolás módjától függő módosító tényező	$[-]$
K_h	anyag állapotától függő módosító tényező	$[-]$
K_k	munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$[-]$
K_T	éltartamtól függő módosító tényező	$[-]$
K_l	furat hossz és átmérőjének viszonyától függő módosító tényező	$[-]$
K_a	munkadarab anyagától függő módosító tényező	$[-]$
n	fordulatszám	$[min^{-1}]$
$n_{gépi}$	szerszámgépen beállítható legközelebbi fordulatszám	$[min^{-1}]$
d	megmunkált átmérő	$[mm]$
D	kiinduló átmérő/ fúrószár átmérő	$[mm]$
t_g	forgácsolás időtartama	$[min]$
$l_1; l_2$	rá- és túlfutás mértéke	$[mm]$
M	forgatónyomaték	$[Nm]$
k_c	fajlagos forgácsoló erő	$[N/mm^2]$
P_c	forgácsolás teljesítményszükséglete	$[kW]$
P_h	hajtáshoz szükséges teljesítmény	$[kW]$
η_G	szerszámgép hatásfoka	$[-]$
F_{fv}	forgácsolóerő nagysága	$[N]$

11. számú melléklet Műveleti utasítási lapok – Esztergálás I.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/1				
Rajzszám: SzD-008		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Művelet száma: 3.				
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø421 x 402	Művelet megnevezése: Esztergálás I.		Műveleti ut. száma: 7				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befog készülékbe							
3.1.	Oldalaz tisztára Ø421 x 398 mm-re	a	Homlokélű esztergakés P20 32 x 32 J III. MSZ 1903	144,16	112	0,1	4	1
3.2.	Palástot nagyol Ø378 x 40 mm-re	b	Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904	148,13	112	0,4	2,5	9
3.3.	Furatot esztergál Ø151 x 15,1 mm-re	c	Szűrő esztergakés HS18 0 1 25 x 40 J III. MSZ 1294	85,67	180	0,11	15,1	1
3.4.	Furatot esztergál Ø250 x 350 mm-re	d	Feneklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz	141,37	180	0,4	2,5	5
3.5.	Furatot esztergál Ø251 x 350 mm-re	e	Feneklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz	141,94	180	0,1	0,5	1
3.6.	Furatot esztergál Ø253 x 220 mm-re	f	Feneklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz	143,07	180	0,1	1	1
3.7.	Belső élt letör 2 x 45°-ban	g	Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904	89,02	112	0,1	2	1
	Hűtés		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Tolómérce (500/1/50 DIN862)					
			Felületi érdességmérő (DIN4772 Class 2)					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészítési idő:		Érv.darabszáma:
Nagy Dávid		2025.10.05.			norm. i.	pótídő	norm. i.	pótídő
Javítások								
Jel	Javitotta:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a EU 630
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
Műhely:	Forgácsoló							
oszt:	Esztergályos							

12. számú melléklet Műveleti utasítási lapok – Esztergálás II.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/2				
Rajzszám: SzD-009		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Művelet száma: 4.				
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø378 x 398	Művelet megnevezése: Esztergálás II.		Műveleti ut. száma: 9				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befog tokmányba							
4.1.	Oldalaz méretre (395 mm)	a	Homlokéli esztergakés P20 32 x 32 J III. MSZ 1903	139,86	140	0,1	3	1
4.2.	Palástot nagyol Ø301 x 319,3 mm-re	b	Oldaléli esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904	144,75	140	0,4	2,5	6
4.3.	Palástot nagyol Ø301 x 355 mm-re	c	Oldaléli esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904	166,25	140	0,4	2,5	16
4.4.	Furatot esztergál Ø158 x 45 mm-re	d	Feneklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz	139,98	280	0,4	2,5	12
4.5.	Furatot esztergál Ø160 x 45 mm-re	e	Feneklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz	140,74	280	0,1	1	1
4.6.	Furatba beszur Ø165 x 4,15 mm-re	f	Furat-beszúrókés P20 12 x 12 x 180 x 4 DIN 263	58,06	112	0,4	2,5	1
4.7.	Külső élt letör 2 x 45°-ban	g	Oldaléli esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904	105,91	112	0,1	2	1
4.8.	Belső élt letör 2 x 45°-ban	h	Oldaléli esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904	56,29	112	0,1	2	1
4.9.	Lekerekítést készít	i	Profilkés SZ002 egyedi gyártóeszköz	105,91	112	0,1	1	1
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészítési idő:	Érv.darabszáma:	
Nagy Dávid		2025.10.05.			norm. i.	pótido	norm. i.	pótido
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
Műhely:	Forgácsoló							
oszt:	Esztergályos							

13. számú melléklet Műveleti utasítási lapok – Fúrás I.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/4	
Rajkszám: SzD-011		Munkadarab megnevezése: Csapágház		Művelet száma: 6.	
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø378 x 395	Művelet megnevezése: Fúrás I.		Műveleti ut. száma: 5	

Vázlat:

Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befogás készülékbe							
6.1.	Fúr Ø20 x 40 mm-re	a	Csigafúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985	22,31	355	0,25	10	1
6.2.	Fúr Ø22 x 40 mm-re	b	Csigafúró Ø22 HS18 0 1 MSZ3985	24,54	355	0,25	1	1
6.3.	Fúr Ø19,6 x 40 mm-re	c	Csigafúró Ø19,6 HS18 0 1 MSZ3985	21,86	355	0,25	9,8	1
6.4.	Fúr Ø17,3 x 40 mm-re	d	Csigafúró Ø17,3 HS18 0 1 MSZ3985	19,29	355	0,25	8,65	1
6.5.	Menetet fúr M20 x 2,5	e	Gépi menetfúró M20 K HS18 0 1 MSZ3920	3,958	63	2,5	1,35	1
	Hűtés		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Dugós idomszer (M20 x 2,5)					
			Furatmikrométer					
			Menetfésű					

Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészítési idő:	Érv.darabszáma:
Nagy Dávid	2025.10.05.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól -ig
Javítások						

Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	gép l.sz.
							norm.	a RF-30
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
								d

14. számú melléklet Műveleti utasítási lapok – Fúrás II.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/5				
Rajzsám: SzD-012		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Művelet száma: 7.				
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø378 x 395	Művelet megnevezése: Fúrás II.		Műveleti ut. száma: 4				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befogás készülékbe							
7.1.	Fúr Ø17,3 x 37 mm-re	a	Csigafúró Ø17,3 HS18 0 1 MSZ3985	19,29	355	0,25	8,65	1
7.2.	Menetet fúr M20 x 2,5	b	Gépi menetfúró M20 K HS18 0 1 MSZ3920	3,96	63	2,5	1,35	1
7.3.	Süllyeszt 5 x 30°-ban	c	Csúcssüllyesztő Ø35 x 60° HS18 0 1 MSZ3993	39,03	355	0,63	-	1
7.4.	Dörzsár Ø20H7 x 35 mm-re	d	Állítható betétkéses gépi dörzsár Ø20 HS18 0 1 MSZ4411	15,71	250	0,63	0,2	1
	Hűtés		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Dugós idomszer (M20 x 2,5)					
			Furatmikrométer					
			Menetfésű					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészítési idő:		Érv.darabszámra:
Nagy Dávid		2025.10.05.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő		-tól -ig
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	gép l.sz.
							norm.	a RF-30
							b	
							c	
							d	
							d	
Műhely:	Forgácsoló						szükség szerinti változat	
oszt:	Fúró							
	Fúró							

15. számú melléklet Műveleti utasítási lapok – Fúrás III.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/6				
Rajzsám: SzD-013		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Művelet száma: 8.				
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø378 x 395	Művelet megnevezése: Fúrás III.		Műveleti ut. száma: 2				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befogás satuba							
8.1.	Fúr Ø20 x 25 mm-re	a	Csigafűrő Ø20 HS18 0 1 MSZ3985	22,31	355	0,25	10	1
8.2.	Fúr Ø40 x 25 mm-re	b	Csigafűrő Ø40 HS18 0 1 MSZ3986	22,62	180	0,32	10	1
	Hűtés		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Tolómérce (150/1/50 DIN862)					
			Furatmikrométer					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszáma:	
Nagy Dávid		2025.10.05.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a RF-30
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
Műhely:	Forgácsoló							
oszt:	Fűrő							

16. számú melléklet Műveleti utasítási lapok – Fúrás IV.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/7				
Rajzszám: SzD-014		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Művelet száma: 9.				
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø378 x 395	Művelet megnevezése: Fúrás IV.		Műveleti ut. száma: 2				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befogás satuba							
9.1.	Fúr Ø20 x 25 mm-re	a	Csigafúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985	22,31	355	0,25	10	1
9.2.	Fúr Ø40 x 25 mm-re	b	Csigafúró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986	22,62	180	0,32	10	1
	Hűtés		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Tolómérce (150/1/50 DIN862)					
			Furatmikrométer					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Nagy Dávid		2025.10.05.			norm. i.	pótídő	norm. i.	pótídő
							-tól	-ig
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a RF-30
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
Műhely:	Forgácsoló							
oszt:	Fúró							

17. számú melléklet Mellékleti utasítási lapok – Fúrás V.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/8				
Rajzszám: SzD-015		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Művelet száma: 10.				
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø378 x 395	Művelet megnevezése: Fúrás V.		Műveleti ut. száma: 2				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befogás satuba							
10.1.	Fúr Ø20 x 25 mm-re	a	Csigafúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985	22,31	355	0,25	10	1
10.2.	Fúr Ø40 x 25 mm-re	b	Csigafúró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986	22,62	180	0,32	10	1
	Hűtés		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Tolómérce (150/1/50 DIN862)					
			Furatmikrométer					
Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészítési idő:	Érv.darabszámra:		
Nagy Dávid	2025.10.05.			norm. i.	pótídő	norm. i.	pótídő	-tól -ig
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a RF-30
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
Műhely: oszt:	Forgácsoló Fúró							

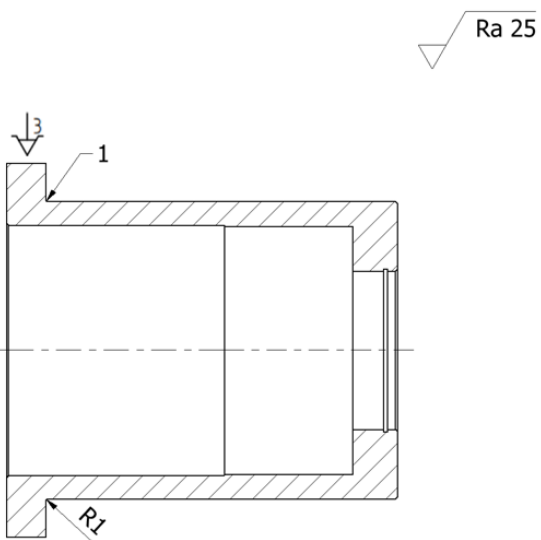
18. számú melléklet Műveleti utasítási lapok – Marás I.

MATE, Szent István Campus, MI, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 11/9				
Rajkszám: SzD-016		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Művelet száma: 12.				
Anyag: St52-3	Nyersméret: Ø378 x 395	Művelet megnevezése: Marás I.		Műveleti ut. száma: 3				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/fog	a mm.	i
	Befogás satuba							
12.1.	Síkot mar 395 x 267,4 mm-en	a	Homlokmaró HS18 0 1 Ø100 x 50 J III. MSZ3852	35,19	112	0,08	5	4
12.2.	Maróorsófejet elforgat 15°-kal	b						
12.3.	Síkot mar 183,9 x 56 mm-en	c	Homlokmaró HS18 0 1 Ø100 x 50 J III. MSZ3852	35,19	112	0,08	3	5
	Hűtés		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Tolómérce (500/1/50 DIN862)					
			Egyetemes szögmérő					
Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszáma:		
Nagy Dávid	2025.10.05.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig	
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a VF-221
							szükség szerinti változat	b
								c
Műhely: oszt:	Forgácsoló Marós							d

19. számú melléklet Szerszámkérő lap – Fenéklyukkés

Vállalat: MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		Munkadarab megnevezése: Csapágyház		Műveletterv száma: 11/10	
Rajzszám: SZD-017					
Művelet jele: 3.		Művelet megnevezése: Esztergálás I.		Gyártási jel:	
Szerszám vagy készülék neve: Fenéklyukkés					
Vázlat:					
Műszaki előírás, magyarázat:					
Az 1 jelű Ø251x350 és a 2 jelű Ø253x220 furatok esztergálásához, fenéklyukkés					
elkészítése szükséges (anyaga HS18 0 1), amelyet EU 630 egyetemes					
csúcsesztergán történő megmunkálásra használunk.					
Munkagép		Szerszám vagy készülék rajzszáma:		Egyszerre befogott darabok száma:	
Megnevezés		SZ001		1 db	
Leltári szám					
EU 630		Készülék jele:		Összes munkadarab száma:	
				30	
				Készítendő készülék(db):	
				1 db	
				Mérési eljárás:	

20. számú melléklet Szerszámkérő lap – Profilkés

Vállalat: MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék	Munkadarab megnevezése: Csapágyház	Műveletterv száma: 11/11
Rajzszám: SZD-018		
Művelet jele: 4.	Művelet megnevezése: Esztergálás II.	Gyártási jel:
Szerszám vagy készülék neve: Profilkés		
Vázlat: 		
Műszaki előírás, magyarázat:		
Az 1 jelű R1 sugarú lekerekítés esztergálásához, profilkés elkészítése szükséges (anyaga HS18 0 1), amelyet EU 630 egyetemes csúcsesztergán történő megmunkálásra használunk.		
Munkagép	Szerszám vagy készülék rajzszáma:	Egyszerre befogott darabok száma:
Megnevezés Leltári szám	SZ002	1 db
EU 630	Készülék jele:	Összes munkadarab száma:
		30
		Mérési eljárás:

21. számú melléklet Gyártástechnológiai számítások

1. művelet: Kovácsolás

2. művelet: MEO

3. művelet: Esztergálás I.

3.1. Oldalazás tisztára (simítás – Ø421 x 398) [a]

A választott forgácsoló szerszám: Homlokélű esztergakés P20 32 x 32 J III. MSZ 1903

A fogásmélység: $a = 4 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

A simítási követelményeket csak akkor lehet kielégíteni, ha kis forgácsolóerővel, illetve kis fogásmélységgel és előtolással végezzük forgácsolást.

Az előtolás értékének meghatározása:

$$f = \sqrt{13 \cdot R_a \cdot r_e} = \sqrt{13 \cdot (0,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 1} = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$$
$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = 144,495 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{409,7 \cdot \pi} = 112,263 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 112 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolási sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{409,7 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 144,156 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A forgácsolás időtartama:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + \left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2}\right) + l_2}{f \cdot n_{\text{gépi}}} \cdot i = \frac{2 + \left(\frac{409,7}{2} - \frac{245,9}{2}\right) + 2}{0,1 \cdot 112} \cdot 1 = 7,669 \text{ min}$$

3.2. Palástnagyolás ($\emptyset 378 \times 40$) [b]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{421 - 378}{2} = 21,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_f = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{2570}{21,5 \cdot 1500} = 0,079 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{21,5}{0,079}$ viszony 272,152:1. Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 6:1, tehát a fogásokat esetemben meg kell osztani. A fogások száma $i = 9$, az ehhez tartozó ideális fogásmélység $a_i = 2,5 \text{ mm}$, a hozzá tartozó ideális előtolás értéke $f_i = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$. Az ideális előtolás alapján a megválasztott forgácsolási ellenállás értéke: $k_{cv} = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a_i = 1886 \cdot 0,4 \cdot 2,5 = \mathbf{1886 \text{ N}}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_{\kappa} \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = \mathbf{144,495 \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{421 \cdot \pi} = \mathbf{109,249 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{112 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{421 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = \mathbf{148,132 \frac{m}{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1886 \cdot 148,132}{60 \cdot 10^3} = 4,656 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

Mivel a gyártó nem ad meg komplett hatásfokot a szerszámgépre; irodalmi források és technológiai ismeretek alapján reális tartomány 75–90 %.

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{4,656}{0,8} = 5,82 \text{ kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f_i \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + 40 + 2}{0,4 \cdot 112} \cdot 9 = 8,839 \text{ min}$$

3.3. Furatesztergálás I. nagyolás (lyukasztási hártya eltávolítása - Ø151 x 15,1) [c]

Az alkalmazott szerszám: Szúró esztergakés HS18 0 1 25 x 40 J III. MSZ 1294

A fogásmélység nagysága (a lyukasztási hártya vastagsága):

$$a = 15,1 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_c = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{2570}{15,1 \cdot 1500} = 0,114 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 104 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = 77,064 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 77,064}{151,5 \cdot \pi} = 161,916 \frac{1}{min}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = 180 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{151,5 \cdot \pi \cdot 180}{1000} = 85,671 \frac{m}{min}$$

3.4. Furatesztergálás II. nagyolás (Ø250 x 350) [d]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{250 - 225,6}{2} = 12,2 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_c = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{2570}{12,2 \cdot 1500} = \mathbf{0,140 \frac{mm}{ford}}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{12,2}{0,140}$ viszony 87,143:1. Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 6:1, tehát a fogásokat esetemben meg kell osztani. A fogások száma $i = 5$, az ehhez tartozó ideális fogásmélység $a_i = 2,5 \text{ mm}$, a hozzá tartozó ideális előtolás értéke $f_i = 0,4 \frac{mm}{ford}$. Az ideális előtolás alapján a megválasztott forgácsolási ellenállás értéke: $k_{cv} = 1886 \frac{N}{mm^2}$.

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a_i = 1886 \cdot 0,4 \cdot 2,5 = \mathbf{1886 \text{ N}}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_k \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = \mathbf{144,495 \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{250 \cdot \pi} = \mathbf{183,977 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{180 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{250 \cdot \pi \cdot 180}{1000} = \mathbf{141,372 \frac{m}{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1886 \cdot 141,372}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{4,444 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{4,444}{0,8} = \mathbf{5,555 kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f_i \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + 350}{0,4 \cdot 180} \cdot 5 = \mathbf{24,444 min}$$

3.5. Furatesztergálás III. simítás (Ø251 x 350) [e]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{251 - 250}{2} = \mathbf{0,5 mm}$$

Az előtolás értéke az $F_c = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot R_a \cdot r_\varepsilon} = \sqrt{13 \cdot (0,8 \cdot 10^3) \cdot 1} = \mathbf{0,1 \frac{mm}{ford}}$$

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a = 2667 \cdot 0,1 \cdot 0,5 = \mathbf{133,35\ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = \mathbf{144,495\ \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{251 \cdot \pi} = \mathbf{183,244\ \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{180\ \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{251 \cdot \pi \cdot 180}{1000} = \mathbf{141,937\ \frac{m}{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{133,35 \cdot 141,937}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{0,316\ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,316}{0,8} = \mathbf{0,395\ kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f_i \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + 350}{0,1 \cdot 180} \cdot 1 = \mathbf{19,556\ min}$$

3.6. Furatesztergálás IV. simítás (Ø253 x 220) [ff]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{253 - 251}{2} = \mathbf{1\ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_c = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot R_a \cdot r_\varepsilon} = \sqrt{13 \cdot (0,8 \cdot 10^3) \cdot 1} = \mathbf{0,1\ \frac{mm}{ford}}$$

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a = 2667 \cdot 0,1 \cdot 1 = \mathbf{266,7\ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = \mathbf{144,495 \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{253 \cdot \pi} = \mathbf{181,795 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{180 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{253 \cdot \pi \cdot 180}{1000} = \mathbf{143,068 \frac{m}{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{266,7 \cdot 143,068}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{0,636 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,636}{0,8} = \mathbf{0,795 kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f_i \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + 220}{0,1 \cdot 180} \cdot 1 = \mathbf{12,333 min}$$

3.7. Belső élettörés (2x45°) [g]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

A fogásmélység: $a = 2 \text{ mm}$

Az előtolás: $f = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

A fordulatszám: $n = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{253 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 89,020 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

4. művelet: Esztergálás II.

4.1. Oldalazás méretre (395 mm) [a]

A választott forgácsoló szerszám: Homlokélű esztergakés P20 32 x 32 J III. MSZ 1903

A fogásmélység: $a = 3 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékének meghatározása:

$$f = \sqrt{13 \cdot R_a \cdot r_e} = \sqrt{13 \cdot (0,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 1} = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = \mathbf{144,495 \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{318 \cdot \pi} = \mathbf{144,636 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{140 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolási sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{318 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = \mathbf{139,864 \frac{m}{min}}$$

A forgácsolás időtartama:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + \left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2} \right) + l_2}{f \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + \left(\frac{318}{2} - \frac{151,5}{2} \right) + 2}{0,1 \cdot 140} \cdot 1 = \mathbf{6,232 min}$$

4.2. Palástnagyolás I. ($\emptyset 301 \times 319,3$) [b]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{329,1 - 301}{2} = 14,05 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_f = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{2570}{14,05 \cdot 1500} = 0,122 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{14,05}{0,122}$ viszony 115,164:1. Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 6:1, tehát a fogásokat esetemben meg kell osztani. A fogások száma $i = 6$, az ehhez tartozó ideális fogásmélység $a_i = 2,5 \text{ mm}$, a hozzá tartozó ideális előtolás értéke $f_i = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$. Az ideális előtolás alapján a megválasztott forgácsolási ellenállás értéke: $k_{cv} = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a_i = 1886 \cdot 0,4 \cdot 2,5 = 1886 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_k \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = 144,495 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{329,1 \cdot \pi} = \mathbf{139,758 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{140 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{329,1 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = \mathbf{144,746 \frac{m}{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1886 \cdot 144,746}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{4,549 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{4,549}{0,8} = \mathbf{5,686 kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f_i \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + 319,3}{0,4 \cdot 140} \cdot 6 = \mathbf{34,425 min}$$

4.3. Palástnagyolás II. (lekerekítés eltávolítása- Ø301 x 355) [c]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{378 - 301}{2} = 38,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_f = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{2570}{38,5 \cdot 1500} = 0,045 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{38,5}{0,045}$ viszony 855,56:1. Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 6:1, tehát a fogásokat esetemben meg kell osztani. A fogások száma $i = 16$, az ehhez tartozó ideális fogásmélység $a_i = 2,5 \text{ mm}$, a hozzá tartozó ideális előtolás értéke $f_i = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$. Az ideális előtolás alapján a megválasztott forgácsolási ellenállás értéke: $k_{cv} = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a_i = 1886 \cdot 0,4 \cdot 2,5 = 1886 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_k \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = 144,495 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{378 \cdot \pi} = 121,678 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 140 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{378 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = 166,253 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1886 \cdot 166,253}{60 \cdot 10^3} = 5,226 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{5,226}{0,8} = 6,533 \text{ kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f_i \cdot n_{\text{gépi}}} \cdot i = \frac{2 + 35,7}{0,4 \cdot 140} \cdot 16 = 10,771 \text{ min}$$

4.4. Furatesztergálás I. nagyolás ($\emptyset 158 \times 45$) [d]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{158 - 100,2}{2} = 28,9 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_c = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{2570}{28,9 \cdot 1500} = 0,059 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{28,9}{0,059}$ viszony 489,831:1. Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 6:1, tehát a fogásokat esetemben meg kell osztani. A fogások száma $i = 12$, az ehhez tartozó ideális fogásmélység $a_i = 2,5 \text{ mm}$, a hozzá tartozó ideális előtolás értéke $f_i = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$. Az ideális előtolás alapján a megválasztott forgácsolási ellenállás értéke: $k_{cv} = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a_i = 1886 \cdot 0,4 \cdot 2,5 = 1886 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = 144,495 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{158 \cdot \pi} = \mathbf{291,103 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{280 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{158 \cdot \pi \cdot 280}{1000} = \mathbf{138,984 \frac{m}{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1886 \cdot 138,984}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{4,369 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{4,369}{0,8} = \mathbf{5,461 kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f_i \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + 45 + 2}{0,4 \cdot 280} \cdot 12 = \mathbf{19,286 min}$$

4.5. Furatesztergálás II. simítás (Ø160 x 45) [e]

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés SZ001 egyedi gyártóeszköz

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{160 - 158}{2} = 1 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_c = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot R_a \cdot r_\varepsilon} = \sqrt{13 \cdot (0,8 \cdot 10^3) \cdot 1} = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a = 2667 \cdot 0,1 \cdot 1 = 266,7 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = 144,495 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 144,495}{160 \cdot \pi} = 287,464 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = 280 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{160 \cdot \pi \cdot 280}{1000} = 140,743 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{266,7 \cdot 140,743}{60 \cdot 10^3} = 0,625 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,625}{0,8} = 0,781 \text{ kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f_i \cdot n_{gépi}} \cdot i = \frac{2 + 45 + 2}{0,1 \cdot 280} \cdot 1 = 1,75 \text{ min}$$

4.6. Beszúrás (Ø165 x 4,15) [f]

Az alkalmazott szerszám: Furat-beszúrókés P20 12 x 12 x 180 x 4 DIN 263

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{165 - 160}{2} = 2,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_f = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{2570}{2,5 \cdot 1500} = 0,685 \frac{mm}{ford}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{2,5}{0,685}$ viszony 3,649:1. Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 6:1, tehát a fogásokat esetemben nem szükséges megosztani. A fogások száma $i = 1$, az ehhez tartozó ideális fogásmélység $a_i = 2,5 mm$, a hozzá tartozó ideális előtolás értéke $f_i = 0,4 \frac{mm}{ford}$. Az ideális előtolás alapján a megválasztott forgácsolási ellenállás értéke: $k_{cv} = 1886 \frac{N}{mm^2}$.

A keletkező forgácsolóerő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f_i \cdot a_i = 1886 \cdot 0,4 \cdot 2,5 = 1886 N$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_k \cdot K_T \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 195 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 0,75 \cdot 1 = 36,263 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 36,263}{165 \cdot \pi} = 69,957 \frac{1}{min}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{165 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 58,057 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1886 \cdot 58,057}{60 \cdot 10^3} = 1,825 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{1,825}{0,8} = 2,281 \text{ kW}$$

A forgácsolás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f_i \cdot n_{g\acute{e}pi}} \cdot i = \frac{2 + 5}{0,4 \cdot 112} \cdot 1 = 0,156 \text{ min}$$

Mivel a kés forgácsoló éle 4 mm széles, a horony pedig 4,15 mm, ezért az imént kiszámított, 1 fogásra vonatkozó gépi főidőt még meg kell szorozni 2-vel, hiszen így lehet a horony teljes szélességét elkészíteni.

A megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,156 \cdot 2 = 0,312 \text{ min}$$

4.7. Külső élettörés (2x45°) [g]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergákés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

A fogásmélység: $a = 2 \text{ mm}$

Az előtolás: $f = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

A fordulatszám: $n = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{301 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 105,909 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

4.8. Külső élettörés (2x45°) [g]

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergákés P20 32 x 32 J II. MSZ 1904

A fogásmélység: $a = 2 \text{ mm}$

Az előtolás: $f = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

A fordulatszám: $n = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{160 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 56,297 \frac{m}{min}$$

4.9. Lekerekítés (R1) [i]

Az alkalmazott szerszám: SZ002 egyedi gyártóeszköz

A fogásmélység: **$a = 1 \text{ mm}$**

Az előtolás: **$f = 0,1 \frac{mm}{ford}$**

A fogások száma: **$i = 1$**

A fordulatszám: **$n = 112 \frac{1}{min}$**

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{301 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 105,909 \frac{m}{min}$$

5. művelet: MEO

6. művelet: Fúrás I.

6.1. Fúrás I. (Ø20 x 40) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 22,23 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{20 \cdot \pi} = 353,801 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 355 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 22,305 \frac{m}{\text{min}}$$

A fűró nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 2121 \cdot \frac{20^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = \mathbf{26,513 Nm}$$

A fűrás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{26,513 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{0,986 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,986}{0,8} = \mathbf{1,233 kW}$$

A fűrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 40 + 2}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = \mathbf{0,496 min}$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 11 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,496 \cdot 2 = \mathbf{5,456 min}$$

6.2. Fúrás II. (Ø22 x 40) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø22 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{22-20}{2} = 1 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 22,23 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{22 \cdot \pi} = 321,638 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 355 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{22 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 24,536 \frac{m}{\text{min}}$$

A fűró nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{(D-d) \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2 \cdot 10^3} \text{ [Nm]}$$

$$M = 2121 \cdot \frac{(22-20) \cdot 0,25}{4} \cdot \frac{22}{2 \cdot 10^3} = \mathbf{2,916 \text{ Nm}}$$

A fűrés teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{2,916 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{0,108 \text{ kW}}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,108}{0,8} = \mathbf{0,135 \text{ kW}}$$

A fűrés időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 40 + 2}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = \mathbf{0,496 \text{ min}}$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 11 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,496 \cdot 11 = \mathbf{5,456 \text{ min}}$$

6.3. Fúrás III. (Ø19,8 x 40) [c]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø19,8 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{19,6}{2} = 9,8 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 22,23 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{19,6 \cdot \pi} = 361,022 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 355 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{19,6 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 21,859 \frac{m}{\text{min}}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 2121 \cdot \frac{19,6^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = 25,463 Nm$$

A fúrás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{25,463 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = 0,947 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,947}{0,8} = 1,184 kW$$

A fúrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 40 + 2}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = 0,496 min$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 2 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,496 \cdot 2 = 0,992 min$$

6.4. Fúrás IV. (Ø17,3 x 40) [d]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø17,3 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{17,3}{2} = 8,65 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$$
$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 22,23 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{17,3 \cdot \pi} = 409,019 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 355 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{17,3 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = \mathbf{19,294 \frac{m}{min}}$$

A fűrő nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 2121 \cdot \frac{17,3^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = \mathbf{19,837 Nm}$$

A fűrás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{19,837 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{0,738 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,738}{0,8} = \mathbf{0,923 kW}$$

A fűrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 40 + 2}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = \mathbf{0,496 min}$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 2 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,496 \cdot 2 = \mathbf{0,992 min}$$

6.5. Menetfűrés (M20) [e]

Az alkalmazott szerszám: Gépi menetfűró M20 K HS18 0 1 MSZ3920

A fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{20-17,3}{2} = \mathbf{1.35\ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,4 \frac{mm}{ford}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség az anyag függvényében: $v_c = 4 \frac{m}{min}$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 4}{20 \cdot \pi} = \mathbf{63,662 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{63 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 63}{1000} = \mathbf{3,958 \frac{m}{min}}$$

A fúrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 40 + 2}{0,4 \cdot 63} \cdot 1 = \mathbf{1,746 \text{ min}}$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 2 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 1,746 \cdot 2 = \mathbf{3,492 \text{ min}}$$

7. művelet: Fúrás II.

7.1. Fúrás I. (Ø17,3 x 37) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø17,3 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{17,3}{2} = \mathbf{8,65 \text{ mm}}$

Az előtolás értéke: $f = \mathbf{0,25 \frac{mm}{ford}}$

A fogások száma: $i = \mathbf{1}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = \mathbf{22,23 \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{17,3 \cdot \pi} = 409,019 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 355 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{17,3 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 19,294 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [\text{Nm}]$$

$$M = 2121 \cdot \frac{17,3^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = 19,837 \text{ Nm}$$

A fúrás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{60 \cdot 10^3} = \frac{19,837 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = 0,738 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,738}{0,8} = 0,923 \text{ kW}$$

A fúrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 37}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = \mathbf{0,439 \text{ min}}$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 2 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,439 \cdot 2 = \mathbf{0,878 \text{ min}}$$

7.2. Menetfúrás (M20) [b]

Az alkalmazott szerszám: Gépi menetfúró M20 K HS18 0 1 MSZ3920

A fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{20-17,3}{2} = \mathbf{1.35 \text{ mm}}$

Az előtolás értéke: $f = \mathbf{0,4 \frac{mm}{ford}}$

A fogások száma: $i = \mathbf{1}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség az anyag függvényében: $v_c = \mathbf{4 \frac{m}{min}}$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 4}{20 \cdot \pi} = \mathbf{63,662 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{g\acute{e}pi} = 63 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 63}{1000} = 3,958 \frac{m}{min}$$

A fúrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 30}{0,4 \cdot 63} \cdot 1 = 1,269 min$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 2 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 1,269 \cdot 2 = 2,538 min$$

7.3. Süllyesztés (5x30°) [c]

Az alkalmazott szerszám: Csúcssüllyesztő Ø35 x 60° HS18 0 1 MSZ3993

Az előtolás értéke: $f = 0,63 \frac{mm}{ford}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 30 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 34,2 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 34,2}{35 \cdot \pi} = 311,034 \frac{1}{min}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = 355 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{35 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 39,034 \frac{m}{min}$$

A fűrő nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 1684 \cdot \frac{35^2 \cdot 0,63}{8 \cdot 10^3} = 162,453 Nm$$

A fűrés teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{162,453 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = 6,039 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{6,039}{0,8} = 7,549 \text{ kW}$$

A fűrés időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 5}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = 0,079 \text{ min}$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 2 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,079 \cdot 2 = 0,158 \text{ min}$$

7.4. Dörzsárazás (Ø20H7 x 35) [d]

Az alkalmazott szerszám: Állítható betétkéses gépi dörzsár Ø20 HS18 0 1 MSZ4411

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{20-19,6}{2} = 0,2 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,63 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 15,8 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = \mathbf{18,012 \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 18,012}{20 \cdot \pi} = \mathbf{286,669 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{250 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 250}{1000} = \mathbf{15,708 \frac{m}{min}}$$

A fűrő nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{(D - d) \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$\mathbf{M = 1684 \cdot \frac{(20 - 19,6) \cdot 0,63}{4} \cdot \frac{20}{2 \cdot 10^3} = 1,061 Nm}$$

A fűrés teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1,061 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 250}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{0,028 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,028}{0,8} = \mathbf{0,035 \text{ kW}}$$

A fúrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 35 + 2}{0,63 \cdot 250} \cdot 1 = \mathbf{0,248 \text{ min}}$$

Az imént elvégzett számítás 1 furat elkészítésére vonatkozik, viszont ebből a furatípusból 2 db található a csapágyházon, így ezt az időtartamot meg kell szorozni a furatok számával, így kapom meg az összes azonos típusú furat megmunkálásának időtartamát, így a megváltozott forgácsolási időtartam:

$$t_{g,m} = 0,248 \cdot 2 = \mathbf{0,496 \text{ min}}$$

8. művelet: Fúrás III.

8.1. Fúrás I. (Ø20 x 25) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csiga-fúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{20}{2} = \mathbf{10 \text{ mm}}$

Az előtolás értéke: $f = \mathbf{0,25 \frac{mm}{ford}}$

A fogások száma: $i = \mathbf{1}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 22,23 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{20 \cdot \pi} = 353,801 \frac{1}{min}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = 355 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 22,305 \frac{m}{min}$$

A fűrő nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 2121 \cdot \frac{20^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = 26,513 Nm$$

A fűrés teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{26,513 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = 0,986 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,986}{0,8} = 1,233 \text{ kW}$$

A fűrés időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 25 + 2}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = 0,327 \text{ min}$$

8.2. Fűrés II. (Ø40 x 25) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigafűró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986

A fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{40-20}{2} = 10 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,32 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 20,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 23,37 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 23,37}{40 \cdot \pi} = 185,973 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{g\acute{e}pi} = 180 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 180}{1000} = 22,619 \frac{m}{min}$$

A fűrő nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{(D - d) \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 1994 \cdot \frac{(40 - 20) \cdot 0,32}{4} \cdot \frac{40}{2 \cdot 10^3} = 63,808 Nm$$

A fűrés teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{63,808 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 180}{60 \cdot 10^3} = 1,203 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{1,203}{0,8} = 1,504 kW$$

A fűrés időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 25 + 2}{0,32 \cdot 180} \cdot 1 = 0,504 min$$

9. művelet: Fúrás IV.

9.1. Fúrás I. (Ø20 x 25) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 22,23 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{20 \cdot \pi} = 353,801 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{\text{gépi}} = 355 \frac{1}{\text{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 22,305 \frac{m}{\text{min}}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 2121 \cdot \frac{20^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = \mathbf{26,513 Nm}$$

A fúrás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{26,513 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{0,986 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,986}{0,8} = \mathbf{1,233 kW}$$

A fúrás időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 25 + 2}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = \mathbf{0,327 min}$$

9.2. Fúrás II. (Ø40 x 25) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986

A fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{40-20}{2} = \mathbf{10 mm}$

Az előtolás értéke: $f = \mathbf{0,32 \frac{mm}{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 20,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 23,37 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 23,37}{40 \cdot \pi} = 185,973 \frac{1}{min}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = 180 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 180}{1000} = 22,619 \frac{m}{min}$$

A fűrő nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{(D - d) \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 1994 \cdot \frac{(40 - 20) \cdot 0,32}{4} \cdot \frac{40}{2 \cdot 10^3} = 63,808 Nm$$

A fűrés teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{63,808 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 180}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{1,203 \text{ kW}}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{1,203}{0,8} = \mathbf{1,504 \text{ kW}}$$

A fűrés időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 25 + 2}{0,32 \cdot 180} \cdot 1 = \mathbf{0,504 \text{ min}}$$

10. művelet: Fűrés V.

10.1. Fűrés I. (Ø20 x 25) [a]

Az alkalmazott szerszám: Csigafűró Ø20 HS18 0 1 MSZ3985

A fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{20}{2} = \mathbf{10 \text{ mm}}$

Az előtolás értéke: $f = \mathbf{0,25 \frac{mm}{ford}}$

A fogások száma: $i = \mathbf{1}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = 22,23 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,23}{20 \cdot \pi} = 353,801 \frac{1}{min}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = 355 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 355}{1000} = 22,305 \frac{m}{min}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$M = 2121 \cdot \frac{20^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = 26,513 Nm$$

A fúrás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{26,513 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 355}{60 \cdot 10^3} = 0,986 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{0,986}{0,8} = \mathbf{1,233 \text{ kW}}$$

A fűrés időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 25 + 2}{0,25 \cdot 355} \cdot 1 = \mathbf{0,327 \text{ min}}$$

10.2. Fűrés II. (Ø40 x 25) [b]

Az alkalmazott szerszám: Csigafűró Ø40 HS18 0 1 MSZ3986

A fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{40-20}{2} = \mathbf{10 \text{ mm}}$

Az előtolás értéke: $f = \mathbf{0,32 \frac{mm}{ford}}$

A fogások száma: $i = \mathbf{1}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min} \right]$$

$$v_c = 20,5 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1 = \mathbf{23,37 \frac{m}{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 23,37}{40 \cdot \pi} = \mathbf{185,973 \frac{1}{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = \mathbf{180 \frac{1}{min}}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 180}{1000} = \mathbf{22,619 \frac{m}{min}}$$

A fűrő nyomatékigénye:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{(D-d) \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2 \cdot 10^3} [Nm]$$

$$\mathbf{M = 1994 \cdot \frac{(40-20) \cdot 0,32}{4} \cdot \frac{40}{2 \cdot 10^3} = 63,808 Nm}$$

A fűrés teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{63,808 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 180}{60 \cdot 10^3} = \mathbf{1,203 kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta_G} = \frac{1,203}{0,8} = \mathbf{1,504 kW}$$

A fűrés időtartamának meghatározása:

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i = \frac{l_1 + l + l_2}{f \cdot n} \cdot i = \frac{2 + 25 + 2}{0,32 \cdot 180} \cdot 1 = \mathbf{0,504 min}$$

11. művelet: MEO

12. művelet: Marás I.

12.1. Síkmarás (395 x 267,4) [a]

Az alkalmazott szerszám: Homlokmaró HS18 0 1 Ø100 x 50 J III. MSZ3852

Az alkalmazott szerszám fogszáma: $z = 16$

Fogásmélység meghatározása:

$$a = D - d = 301 - 284,1 = 16,9 \text{ mm} \rightarrow a_i = 5 \text{ mm} \rightarrow i = 4$$

A fogankénti előtolás: $f_z = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{fog}}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_k \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$v_c = 34 \cdot 0,77 \cdot 0,85 \cdot 1 = 22,253 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,253}{100 \cdot \pi} = 70,834 \frac{1}{\text{min}}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{100 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 35,186 \frac{m}{min}$$

Az asztal előtolás meghatározása:

$$v_f = f_z \cdot n_{g\acute{e}pi} \cdot z = 0,08 \cdot 112 \cdot 16 = 143,36 \frac{mm}{min}$$

A beállított asztal előtolás értéke:

A megmunkálás a VF-221 típusú hagyományos marógépen történik, amelynek fokozati táblázata alapján a beállítható asztal előtolás a legközelebbi, gyárilag megadott érték:

$$v_{fbe} = 140 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,08}{100}} = 0,0283 \Rightarrow \varphi = 3,243^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360}{16} = 22,5^\circ$$

Kapcsolószám:

$$\psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{3,243}{22,5} = \mathbf{0,1441}$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_i}{D}} = 0,08 \cdot \sqrt{\frac{5}{100}} = \mathbf{0,0179 \frac{mm}{fog}}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$k_c = 1700 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{maró} = \psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a_i = 0,1441 \cdot 1700 \cdot 0,0179 \cdot 5 = \mathbf{21,925 N}$$

A maráshoz szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cm} = 21,925 \cdot 0,589 = \mathbf{12,914 W}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_{mh} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{12,914}{0,8} = \mathbf{16,143 W}$$

12.2. Maróorsófej elforgatása 15°-kal [b]

12.3. Síkmarás (183,9 x 56) [c]

Az alkalmazott szerszám: Homlokmaró HS18 0 1 Ø100 x 50 J III. MSZ3852

Az alkalmazott szerszám fogszáma: **$z = 16$**

Fogásmélység meghatározása:

$$a = 56 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 15 \text{ mm} \rightarrow a_i = 3 \text{ mm} \rightarrow i = 5$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_k \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{\min} \right]$$
$$v_c = 35 \cdot 0,77 \cdot 0,85 \cdot 1 = 22,908 \frac{m}{\min}$$

A fogankénti előtolás: **$f_z = 0,08 \frac{mm}{fog}$**

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 22,908}{100 \cdot \pi} = 72,918 \frac{1}{\min}$$

A legközelebb álló gépen beállítható fordulatszám:

$$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\min}$$

A megváltozott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{100 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = \mathbf{35,186 \frac{m}{min}}$$

Az asztal előtolás meghatározása:

$$v_f = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,08 \cdot 112 \cdot 16 = \mathbf{143,36 \frac{mm}{min}}$$

A beállított asztal előtolás értéke:

$$v_{fbe} = \mathbf{140 \frac{mm}{min}}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,08}{100}} = 0,0283 \Rightarrow \varphi = \mathbf{3,243^\circ}$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360}{16} = \mathbf{22,5^\circ}$$

Kapcsolószám:

$$\psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{3,243}{22,5} = \mathbf{0,1441}$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_i}{D}} = 0,08 \cdot \sqrt{\frac{3}{100}} = \mathbf{0,0139 \frac{mm}{fog}}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$k_c = 1700 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{maró} = \psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a_i = 0,1441 \cdot 1700 \cdot 0,0139 \cdot 3 = \mathbf{10,215\ N}$$

A maráshoz szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cm} = 10,215 \cdot 0,586 = \mathbf{5,986\ W}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_{mh} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{5,986}{0,8} = \mathbf{7,483\ W}$$

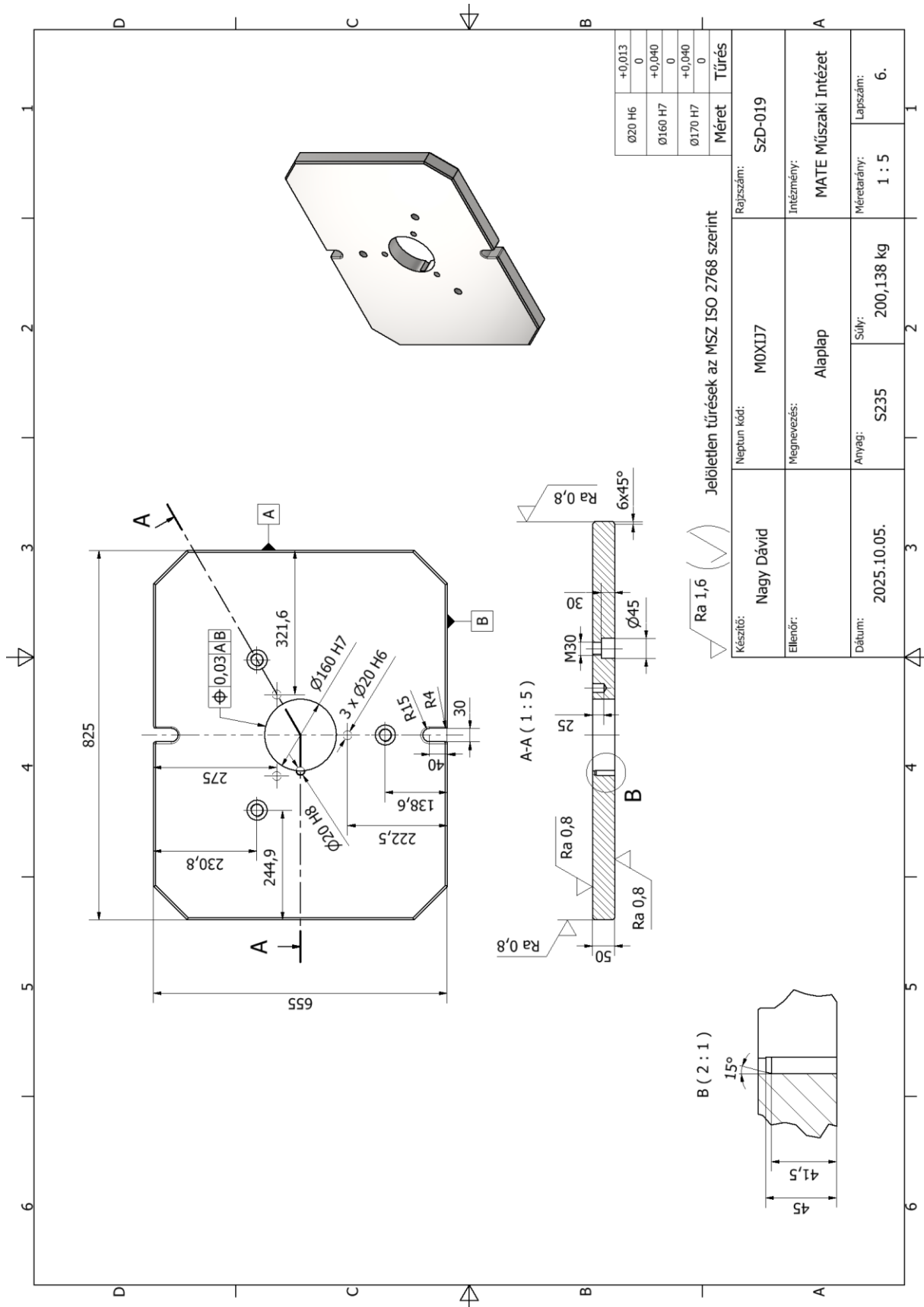
13. művelet: MEO

14. művelet: Marás II.

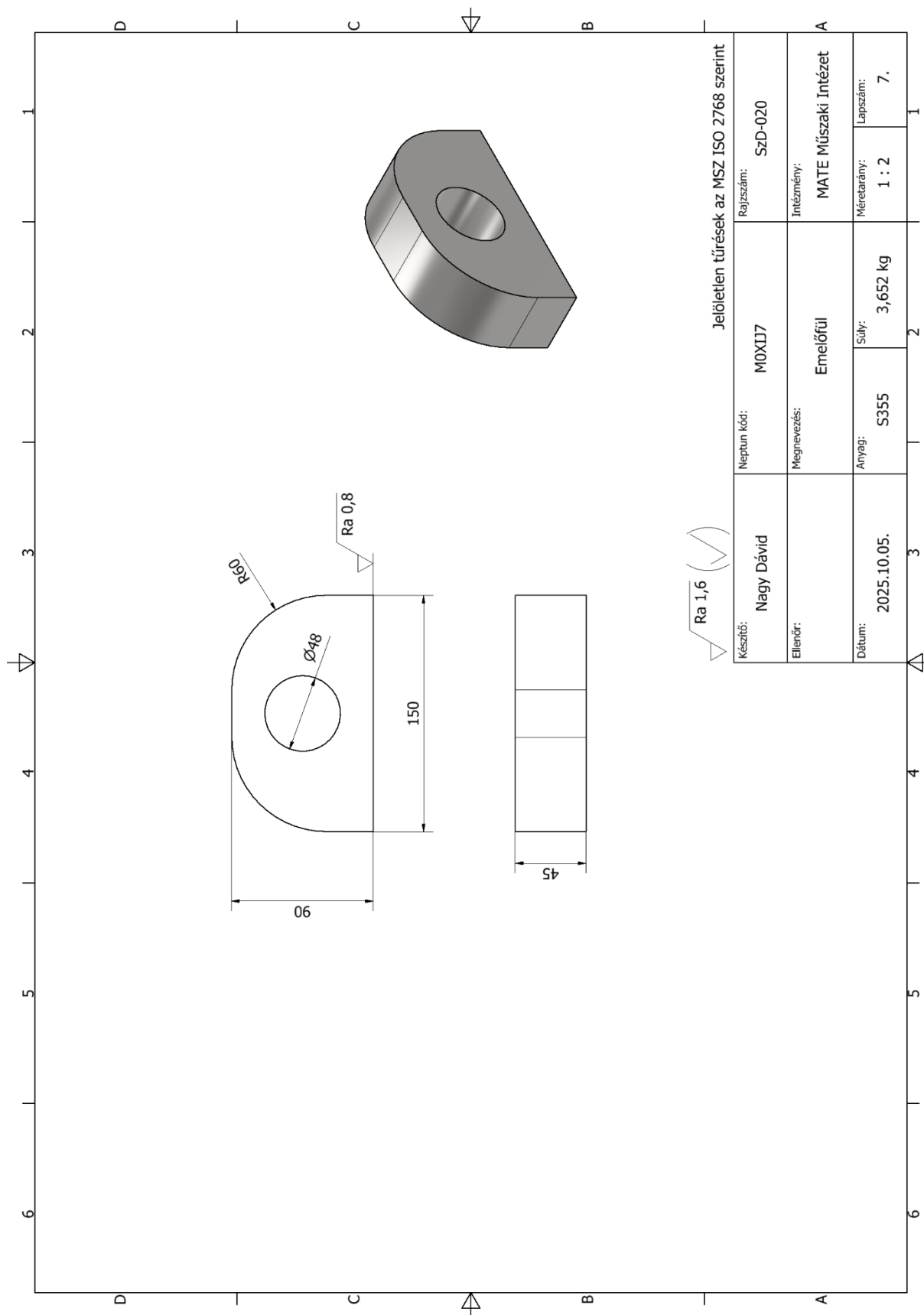
Mivel a dolgozatom témájából kiindulva a gyártástechnológiai terv alapelve az, hogy a megmunkálási műveleteket hagyományos szerszámgépeken kell végrehajtani. A munkadarabom végleges geometriája (az 5.16. ábrán látható felület) olyan összetett, és bonyolult kontúrokat tartalmaz, amit hagyományos marógépen nem lehet megvalósítani. Ezen geometriai jellemzők olyan megmunkálást igényelnek, ami CNC megmunkálóközponton végezhető el. Ennek megfelelően a munkadarab ezen felületeinek megmunkálását külső megbízásként kell elvégezni.

15. művelet: MEO, Végellenőrzés

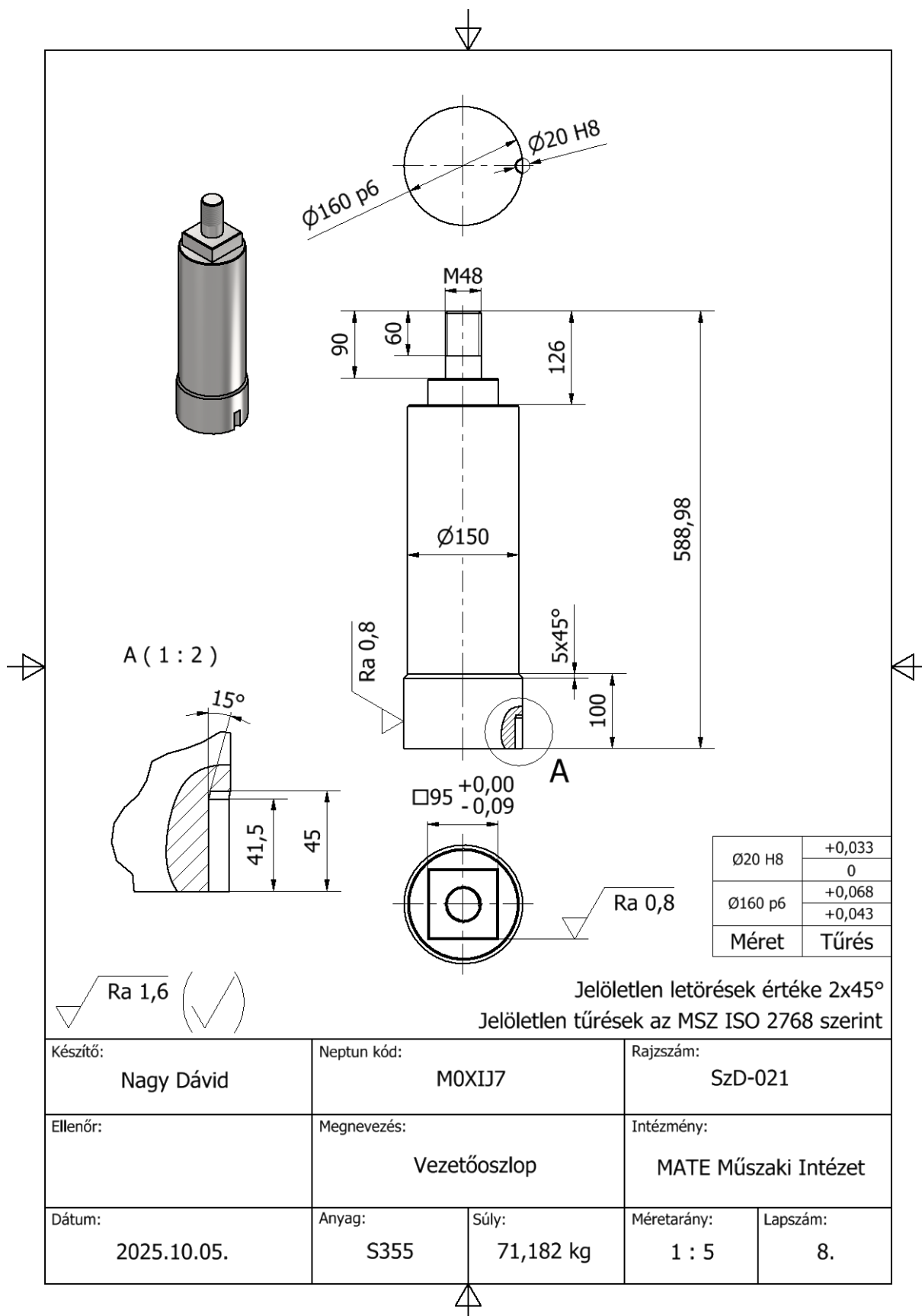
22. számú melléklet A készülék alaplapjának rajza



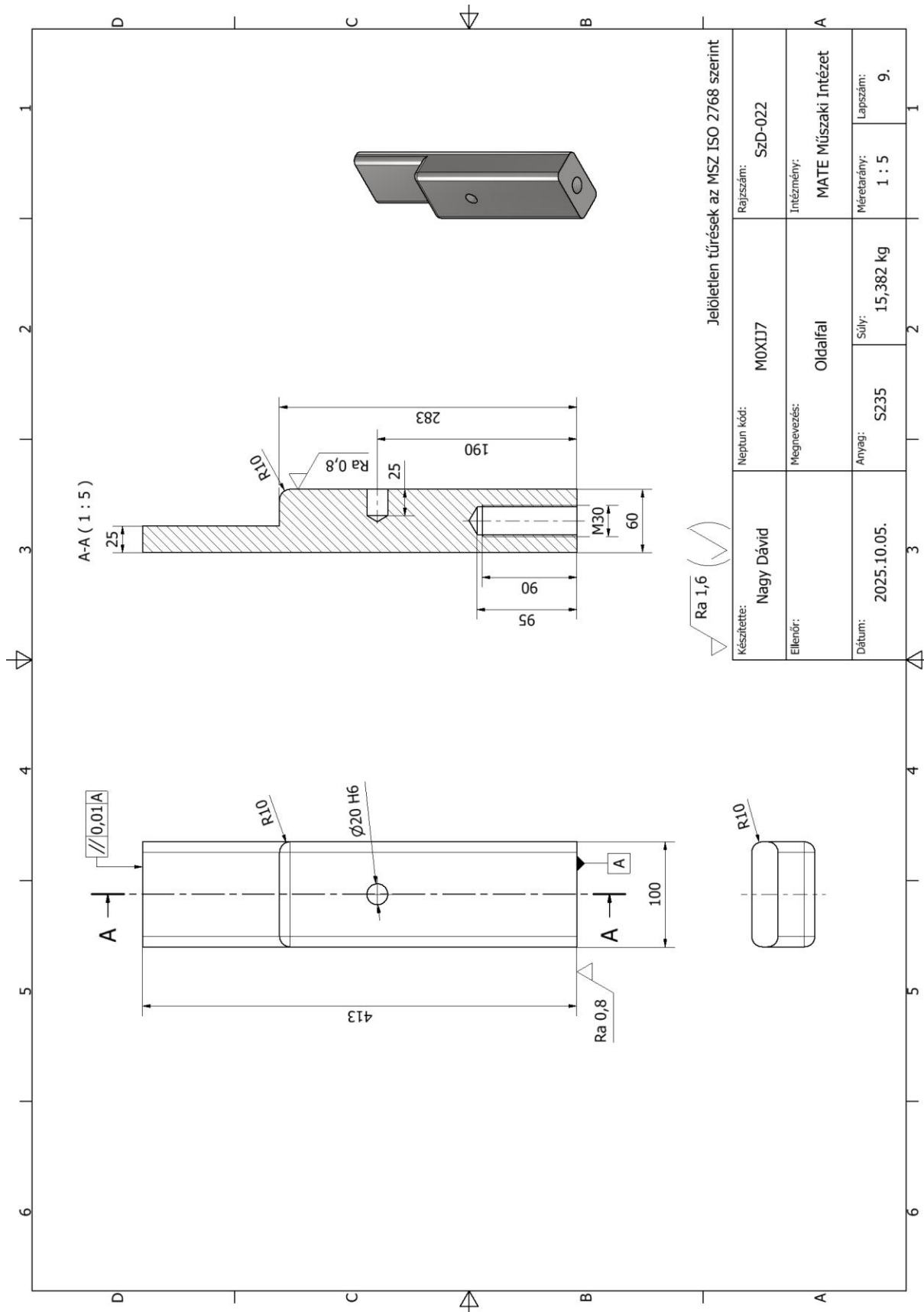
23. számú melléklet A készülék emelőfülének rajza



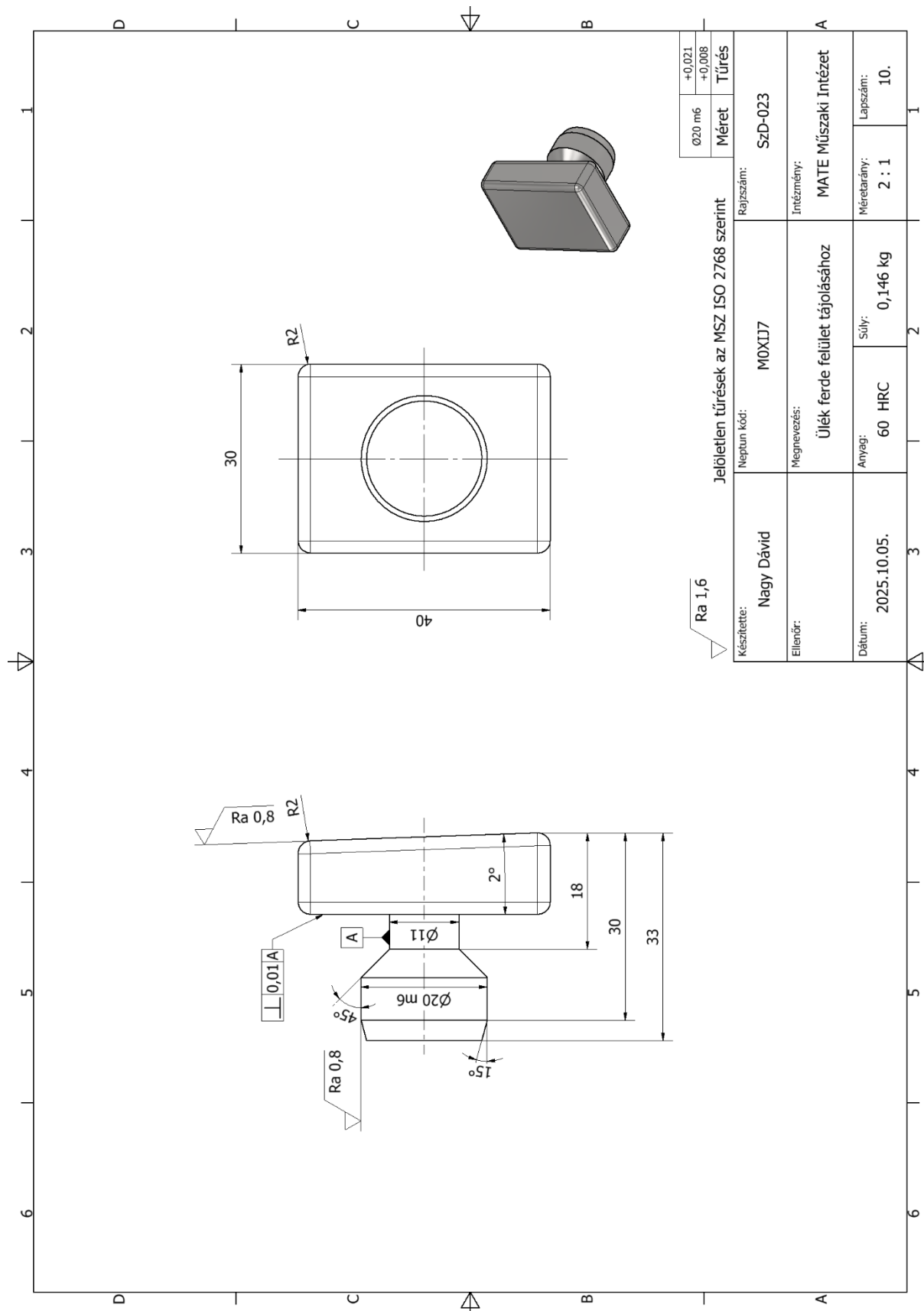
24. számú melléklet A készülék vezetőoszlopának rajza



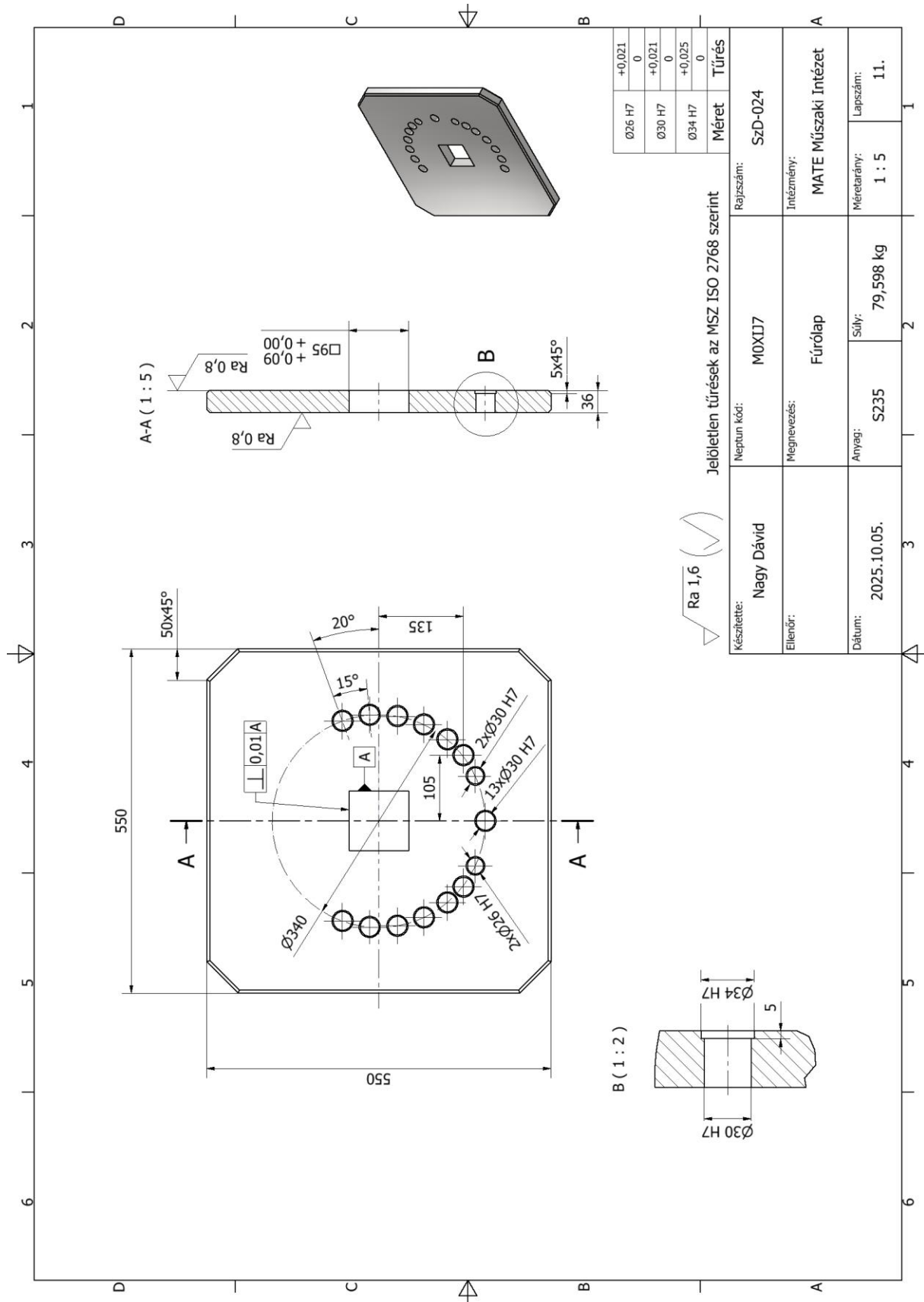
25. számú melléklet A készülék oldalfalának rajza



26. számú melléklet A készülék egyedi ülékének rajza



27. számú melléklet A készülék fúrólapjának rajza



28. számú melléklet A készülék villás szorítóvasának rajza

