



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Gépészmérnöki Szak

**BDV motorvonat hajtóműház gyártás-technológiájának
tervezése CNC szerszámgépekre**

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila
egyetemi docens

Külső konzulens: Bánhegyi József
termelési vezető

Készítette: Czene Dániel
REOKVZ
nappali

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet/AGFO

Kaposvár
2025

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépgyártó specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Czene Dániel (REOKVZ)

részére

A szakdolgozat címe:

**BDV motorvonat hajtóműház gyártás-technológiájának tervezése CNC
szerszámgépekre**

Feladatkiírás:

Bevezetés, Cégbemutató, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, A hajtóműház perselyezési megoldásának kidolgozása, a szükséges perselyek 3D-s modellezése Autodesk Inventorban, a gyártás előkészítése CNC esztergálásra, valamint a szükséges számítások a persely elkészítéséhez, Gazdasági számítás, Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

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

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2025. november 04

Gödöllő, 2025. szeptember 08

Jóváhagyom

Átvettem

(tanszékvezető) (szakfelelős) *Czene Dániel*
(hallgató)

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

Gödöllő, 2025.

Bánhegyi József
(külső konzulens)

Tartalom

1. Bevezetés	4
2. Cégbemutató	5
3. Szakirodalom feldolgozása	6
3.1 Előgyártmány tervezés	6
3.1.1 Öntött előgyártmányok.....	6
3.2 Forgácsolás technológia.....	9
3.2.1 Fúrás.....	9
3.2.2 Marás.....	12
3.3 Hűtő-kenő folyadékok	15
3.4 Készüléktervezés alapjai	17
4. Probléma bemutatása	21
4.1 A BDV motorvonalat ismertetése.....	21
5. Technológiai tervezés	24
5.1 Süllyesztékes kovácsolás tervezése.....	24
5.2 Forgácsolás művelettervezése	36
5.3 Fúrókészülék tervezése	70
6. Gazdaság számítás.....	76
7. Összefoglalás	77
8. Summary	79
9. Nyilatkozat.....	81
10. Felhasznált irodalom jegyzék	83
11. Mellékletjegyzék	85

1. Bevezetés

A vasúti közlekedés megbízhatóságának fenntartása érdekében a járművek rendszeres karbantartása és felújítása elengedhetetlen. A BDV motorvonatok hajtóműháza az egyik legfontosabb szerkezeti elem, amelynek pontos megmunkálása alapvető követelmény a hosszú távú működés biztosítása érdekében. A hajtóműház az erőátvitel szempontjából kritikus alkatrész, így a furatsorok megfelelő kialakítása, az egytengelyűség fenntartása és az illesztések pontossága jelentős hatással van a teljes rendszer élettartamára és hatékonyságára.

A modern ipari megmunkálási folyamatokban egyre nagyobb szerepet kap a CNC technológia, amely lehetővé teszi a precíz, automatizált gyártást és felújítást. A CNC szerszámgépekkel végzett megmunkálás csökkenti a gyártási hibák esélyét, növeli a termelékenységet, valamint biztosítja a műszaki rajzokon meghatározott tűrések és geometriai követelmények betartását. A hajtóműház felújítása során a CNC technológia alkalmazása nélkülözhetetlen az optimális illeszkedés és működés szempontjából.

A dolgozat célja, hogy bemutassa a BDV motorvonat hajtóműházának felújítását és a CNC szerszámgépekkel történő megmunkálási folyamatot. A vizsgálat során részletes elemzésre kerül: a munkadarab állapota a beérkezéskor, a furatsorok megmunkálásának technológiai folyamata, a szerszámgépek és szerszámok kiválasztása, a felfogási és rögzítési módok, valamint a minőségbiztosítás és az ellenőrzési eljárások.

A dolgozat felépítése a következőképpen alakul: az első fejezetben bemutatom a Go-Metall Kft.-t, ezt követően a szakirodalmi áttekintés során ismertetem az előgyártmány-tervezés alapjait, különös tekintettel az öntött darabokra vonatkozó tervezési szempontokra. Részletesen bemutatom a forgácsolási eljárásokat, ezen belül kiemelve a fúrás és marás technológiáját, valamint a hűtő-kenő folyadékok szerepét és alkalmazási lehetőségeit. A dolgozat további részében a készüléktervezés alapelveit tárgyalom. A gyakorlati megvalósítás fejezetben ismertetem a megmunkálási lépéseket, a megfelelő szerszámok kiválasztásának szempontjait, valamint az egytengelyűség biztosításának módszereit.

Végezetül értékelem az elért eredményeket, javaslatokat fogalmazok meg a gyártási folyamat optimalizálására, és gazdasági számításokat is végzek a hatékonyság növelése érdekében és a dolgozatomban az Autodesk Inventor szoftvert fogom alkalmazni.

A dolgozat végső célja, hogy részletes képet adjon a BDV motorvonat hajtóműházának megmunkálási folyamatáról, a CNC technológia alkalmazási lehetőségeiről, valamint annak előnyeiről és kihívásairól.

2. Cégbemutató

A Go-Metall Kft. (2.1. ábra) 1990-ben alapított magyar tulajdonú vállalat, amely gépkatrészgyártással, öntvénymegmunkálással, acélszerkezet-gyártással és CNC forgácsolással foglalkozik. Székhelye Budapesten, telephelye Tabon található. A cég 30-35 főt foglalkoztat, és évi 80.000 megmunkálási órát teljesít. Az MSZ EN ISO 9001:2015 minőségirányítási rendszer biztosítja a magas színvonalú gyártást.

A vállalat egyedi és kis- illetve közepes szériás gépkatrészeket gyárt, amelyek közé tartoznak pumpaházak, forgattyús házak, hajtóműházak és csapágyházak. Termékei a szerszámgépipar, élelmiszeripari gépgyártás, olaj- és gázipar, valamint kompresszorgyártás területén hasznosulnak. A gyártási mennyiségek jellemzően néhány száz kilogrammos tételek, házak esetében 5-10, kisebb alkatrészeknél 30-50 darabos sorozatok.

A cég bevételeinek 80%-a exportból származik, főbb piaci Németország, Belgium, Hollandia, Ausztria, Svédország, az USA és Franciaország. Meghatározó partnerei között található az SPX Flow Technology, Abel GmbH, Siemens Zrt., MÁV-START Zrt. és Ganz Motor Kft. A folyamatos fejlesztések révén korszerű CNC megmunkáló központokkal, esztergagépekkel és karusszeleszterga gépekkel rendelkezik, így képes nagy pontosságú és hatékony gyártásra.

A Go-Metall Kft. célja piaci pozíciójának erősítése, nemzetközi jelenlétének bővítése és az iparági elvárásoknak való megfelelés. Innovációval és fenntartható technológiai fejlődéssel biztosítja versenyképességét és megbízhatóságát a jövőben is.

2.1. ábra A Go-Metall Kft. Budapesti épülete



3. Szakirodalom feldolgozása

3.1 Előgyártmány tervezés

Az előgyártmányok gyártási folyamatának megtervezése akkor válik szükségessé, ha a forgácsolási megmunkáláshoz nem egy szabványosan előállított, kereskedelmi forgalomban elérhető hengerelt, húzott vagy más előre gyártott terméket választunk.

Az előgyártási technológia és az előgyártmány típusának meghatározásakor mindig az alkatrész előállításának teljes költségét kell mérlegelni. Az olyan magas energiaigényű eljárásokat, mint az öntés vagy a kovácsolás, akkor érdemes alkalmazni, ha a kezdeti többletköltségek a csökkentett forgácsolási költségek révén megtérülnek. Mivel a gyártási költségek minden technológia esetében függenek a gyártási mennyiségtől, a tervezés során a fajlagos költségeket és a kritikus darabszámot is figyelembe kell venni.

Az alkatrészgyártás technológiai tervezésének következő lépése a forgácsolási és hőkezelési eljárásokhoz kapcsolódó gyártási dokumentáció elkészítése. A kohászati üzemekben előállított fémek öntvényként, kovácsolt vagy hengerelt áruként kerülnek a gépipari üzemekbe feldolgozásra. [1., 2., 18., 33.]

3.1.1 Öntött előgyártmányok

A gépiparban az öntött előgyártmányok tömege széles skálán mozog, néhány grammos daraboktól egészen több száz tonnás öntvényekig. Ezek különböző pontossággal készülnek öntöttvasból, acélból vagy színesfémekből. A leggyakrabban alkalmazott öntvények öntöttvasból készülnek, míg az acélöntvények kiemelkedő mechanikai szilárdsággal rendelkeznek. A színesfémek alkalmazásának célja lehet a tömeg csökkentése (például alumíniumöntvények esetében), a kiváló hő- és villamosvezető képesség (mint a rézüntvényeknél), valamint egyéb speciális tulajdonságok biztosítása vagy gazdaságossági szempontok figyelembevétele.

A gyártás tervezése során az öntési technológiák által biztosított lehetőségek ismeretében határozható meg az öntvény és annak további mechanikai megmunkálása. Az öntvények méretpontossága és felületi érdessége elsősorban az alkalmazott öntési módszertől

függ. Az alábbiakban néhány jellemző öntési eljárásra vonatkozó tájékoztató adatot mutat be a 3.1. táblázat.

3.1. táblázat: Az öntési eljárásokkal megvalósítható méretpontosság és felületi minőség

Öntés	Súly (kg)	Önthető		Öntvények mérete- inek pontos- sága (IT)	Öntvények felületének érdessége $R_a(\mu\text{m})$															
		min. furat (mm)	min. falvas- tagság (mm)		100	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8								
homok- formában	0,5- től	20-50	3-8	14 <	x	x	x	x	x	x										
kokillában	0,01- 7000	20	2-6	13-15			x	x	x	x	x	x	x	x						
héjformában	100- ig	8	1-5	11-14				x	x	x	x									
precíziós	0,001 -500	0,8	0,15	11-13							x	x	x	x	x	x	x			
fröccs	-	-	1,5	9-11							x	x	x	x	x	x	x	x	x	

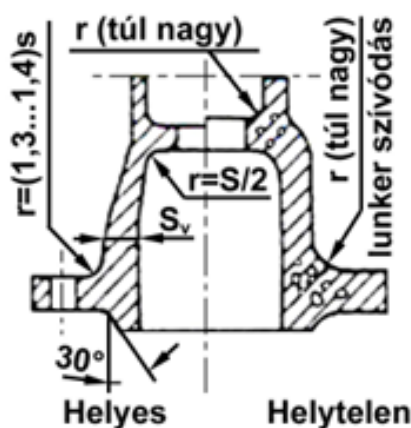
Az öntvények egyenlőtlen zsugorodása, valamint az esetleges egyenlőtlen fázisátalakulás következtében maradó feszültségek keletkezhetnek az anyagban. Ezek a feszültségek a későbbi mechanikai megmunkálás során vetemedéshez vezethetnek, ami hátrányosan befolyásolhatja a munkadarab méretpontosságát és alakhelyességét. Éppen ezért az öntött munkadarabot először alaposan meg kell vizsgálni annak érdekében, hogy öntéstechnológiai szempontból megfelelőnek minősíthető-e. [10., 11., 17., 33.]

Az öntéstechnológia tervezésekor több fontos tényezőt is figyelembe kell venni. Az egyik legkedvezőbb kialakítás az egyenletes falvastagság, amely segít minimalizálni a zsugorodásból eredő hibákat. Emellett az öntvény külső és belső felületeit enyhén ferdére kell kiképezni annak érdekében, hogy a formából könnyen eltávolítható legyen.

Az alámetszett részek kialakítása bizonyos esetekben mozgó magokkal megoldható, azonban ezek alkalmazása lehetőség szerint kerülendő, mivel bonyolultabbá teszik a kokilla szerkezetét és növelik a gyártási költségeket. Az öntvény végső szilárdsága nagymértékben függ a tömörségétől. Ahhoz, hogy megfelelő tömörséget érjünk el, fontos, hogy a fémforma jó hővezető képességgel rendelkezzen, mivel ez elősegíti a finomszemcsés kristályképződést. Nagy falvastagság esetén viszont megnő a szívódási üregek kialakulásának veszélye, amelyeket megfelelő felöntések elhelyezésével lehet megelőzni.

Továbbá, az öntvények tervezése során kerülni kell az éles sarkok alkalmazását, mivel ezek akadályozhatják a formaüreg egyenletes kitöltését, valamint örvénylest és lunkerosságot idézhetnek elő. A megfelelő lekerekítési sugarak alkalmazása elengedhetetlen a minőségi öntvények előállításához, amelyet a 3.1. ábra is szemléltet.

3.1. ábra Az öntött munkadarabnak lekerekítései



A további megmunkálást igénylő felületek esetében fontos meghatározni a szükséges forgácsolási ráhagyást. Ha ezeket a szempontokat figyelembe vettük, elkészíthetjük az öntvényrajzot. [3., 10., 11., 12.]

Az osztófelület kialakításánál törekedni kell arra, hogy sík legyen, az öntőforma minél kevesebb részből álljon, és a formaüregek egyszerűen létrehozhatók legyenek. Az öntvény kialakításának meg kell könnyítenie a forma eltávolítását, valamint biztosítani kell, hogy az osztásból eredő sorja könnyen eltávolítható legyen. Az alámetszések elkerülése szintén lényeges szempont.

Kokillaöntés esetén a falvastagság szabályozása különös jelentőséggel bír. A kokilla hővezető tulajdonságai révén befolyásolható az öntvény dermedési sebessége és szerkezete. Az előmelegített kokilla kezdetben erős hűtőhatást biztosít, ami tömör, szilárd öntvény eredményez. Azonban folyamatos használat során a kokilla felmelegszik, ami lassabb

dermedést és durvább kristályszerkezetet okozhat, így időnként hűtésre van szükség. A vékonyfalú kokillák gyorsan felmelegednek, ezért túlságosan vékony falvastagság esetén nem garantálható megfelelő minőségű öntvény. Az optimális dermedési folyamat érdekében minden keresztmetszetnek egyszerre és egyenletesen kell megszilárdulnia.

A formaüregből a levegő elvezetése elengedhetetlen. Az egyik legelterjedtebb módszer az osztósíkban kialakított, sekély és keskeny levegőztető csatornák alkalmazása. Homoköntés esetén, ha az öntvényben üreg szükséges, álló vagy mozgó magokat használunk. Az álló magot az alaplaphoz rögzítve, enyhén kúposra alakítva készítik el az eltávolítás megkönnyítése érdekében. A hosszú furatok kialakítására mozgó magokat alkalmaznak, amelyeket még a forma szétnyitása előtt eltávolítanak az öntvényből. A megfelelő működés érdekében a mozgó magvezető hosszának a magátmérőhöz viszonyított arányát is figyelembe kell venni. [3., 5., 9., 33.]

3.2 Forgácsolás technológia

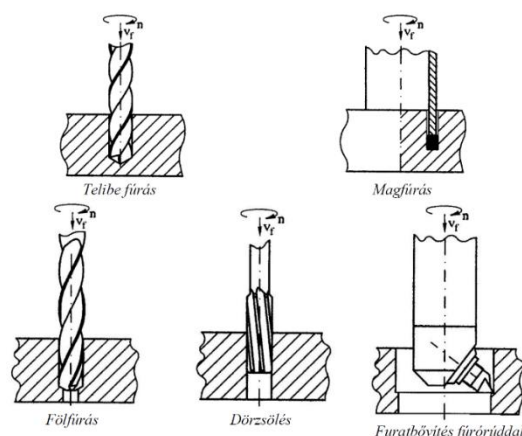
A forgácsolás a gépipar egyik alapvető megmunkálási eljárása, amely során a munkadarabból anyagot választanak le egy éles élű szerszám segítségével. Célja a kívánt alak, méret és felületi minőség elérése, ezért kiemelten fontos a precíziós gyártásban. Előnye a nagy pontosság és az automatizálhatóság, hátránya viszont a magas anyagveszteség és energiaigény. A folyamat az ékhatás elvén működik: a szerszám behatol a munkadarabba, és képlékeny vagy rideg módon forgácsot választ le. A végeredményt a munkadarab anyaga, a mozgások jellege, a szerszám anyaga és a forgács típusa határozza meg. Gyakori szerszámanyagok a gyorsacél, keményfém, kerámia forgácsolás során jelentős hő keletkezik, amely szerszámkopást okozhat, ezért a hűtő-kenő folyadékok alkalmazása elengedhetetlen. A hatékonyságot a megfelelő technológiai paraméterek, korszerű szerszámok és gépek biztosítják. A folyamatos fejlesztések révén a forgácsolás ma már nagy pontosságot és termelékenységet kínál a modern ipar számára. [7., 18., 23., 28.]

3.2.1 Fúrás

A furatmegmunkálás olyan forgó főmozgású forgácsoló eljárás, ahol a szerszám forgástengelye megegyezik a készítendő furat tengelyével, és az előtolás iránya is ebbe az

irányba esik. A furatok különböző átmérőinek kialakításához minden esetben külön szerszám szükséges. A fúrás során hengeres belső felületet hozunk létre. A szerszám és a munkadarab kapcsolata alapján megkülönböztetünk telibe fúrást, magfúrást, fölfúrást, dörzsölést és furatbővítést fúróruddal (3.2. ábra). Telibe fúráskor előfurat nélküli anyagba készítünk furatot, jellemző szerszáma a csigafúró. Az elérhető méretpontosság IT12–IT13, a felületi érdesség $Ra > 12$. Magfúrásnál a forgácsolás csak egy körgyűrű mentén történik, közepén hengeres mag marad vissza. Szerszáma a magfúró (koronafúró). Fölfúrás során egy meglévő furat átmérőjét növeljük. Pontossága IT11–IT10, felületi érdessége $Ra = 1,6–6,4$. Dörzsölés esetén kis anyagraetet választunk le a furat méretpontosságának, alakhűségének és felületminőségének javítására. Szerszáma a dörzsár, pontossága IT8–IT7, $Ra = 0,8–1,6$. Fúróruddal történő bővítést nagyobb (≥ 25 mm) átmérőjű furatokhoz alkalmaznak. A forgácsleválasztás hasonlít a furatesztergáláshoz, de a mozgásrendszer alapján fúrásnak minősül. Elérhető pontosság simításnál IT7–IT6. [1., 7., 23., 30.]

3.2. ábra Fúrás típusai

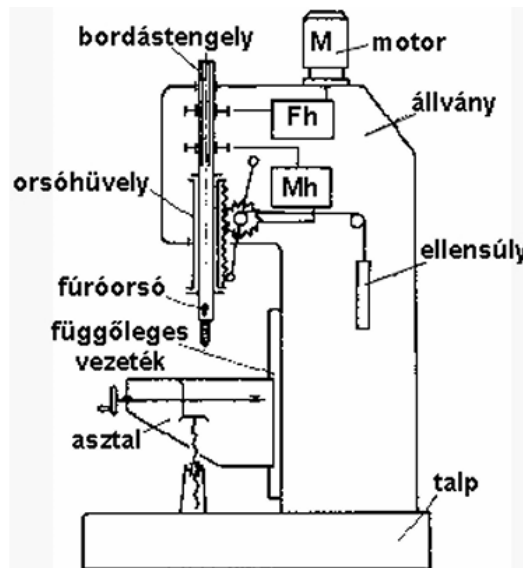


A fúrógépek megfelelően kialakított szerszámmal tömör anyagba végzett fúrásra, előfúrt, előöntött, előkovácsolt, vagy előlyukasztott furatok bővítésére, illetve alakos furatok megmunkálására alkalmasak egyedi és sorozatgyártásban. A fúrógépek jellemzője, hogy a forgácsoló mozgást (fő mozgás) és az előtolómozgást (mellékmozgás) is a gép orsójába fogott szerszám végzi.

Az állványos fúrógépek (3.3. ábra) közepes és nagyobb méretű munkadarabok fúrására alkalmasak, 40-60 mm maximális furatátmérőig. Az állvány négyzet keresztmetszetű üreges öntvény. Ebben helyezik el a főhajtóművet (Fh), a mellékajtóművet (Mh), az orsóhüvelyt a fúróorsóval és az ellensúlyt. Az asztal magassági irányban állítható és tetszés szerinti helyzetben rögzíthető. T-alakú hornyaiban rögzíthető a munkadarab vagy

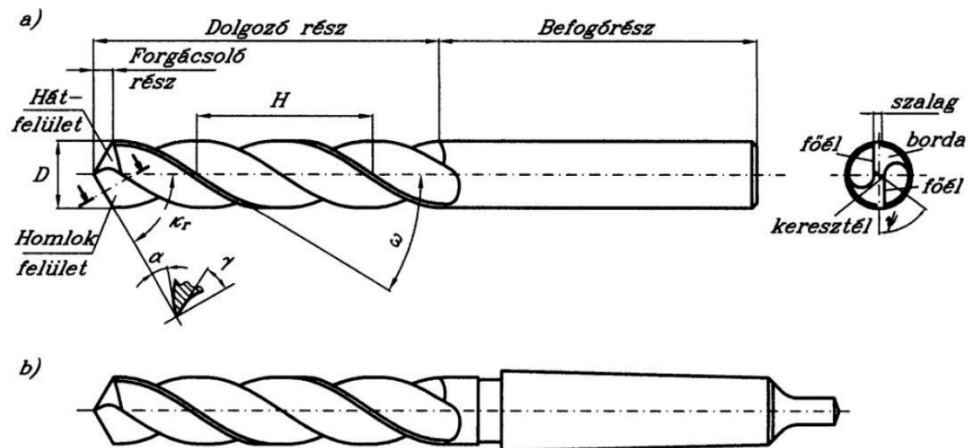
a készülék. A főhajtómű fogaskerekes fokozathajtómű, amely a motortól kapott forgómozgást módosítja, és az orsóhüvelyen keresztül a főorsónak továbbítja. A mellékajtómű ugyancsak fogaskerekes fokozathajtómű, amely a főhajtásról levezetett forgómozgást lelassítja, és a fogaslécen keresztül a fúróorsónak továbbítja.

3.3. ábra Az állványos fúrógép



A furatmegmunkálás változatainak sokfélesége folytán a szerszámok is igen sokfélék lehetnek. Anyaguk leggyakrabban gyorsacél, esetenként TiN bevonattal, de vannak váltólapkás fúrószerszámok is. Kis átmérők esetén készülnek fúrószerszámok tömör keményfémből is. A szerkezeti elemek és az élgeometria részletes ismertetésénél a csigafúró esetére szorítkozunk, a többi szerszám általában egyszerűbb kialakítású, élgeometriája a csigafúró estére vezethető vissza. Csigafúró. A leggyakoribb fúrószerszám, amelyet telibe fúráshoz és esetenként fölfúráshoz alkalmazunk. Kialakítását és fő részeit a 3.4. ábra szemlélteti. Készülhet hengeres vagy Morse kúpos szárral, az átmérőt illetően 0,2 ... 100 mm tartományban készül (a 25 mm -nél nagyobb átmérőket felfúráshoz használják). A két horony jelentősen gyengíti a keresztmetszet-ét, ezért kis merevsége van. A furat pontos helyzetének biztosítása érdekében csigafúróval történő fúrás előtt egy egészen csekély mélységű kezdőfuratot kell készíteni, vagy fúrókészülékben kell a fúrót vezetni. [7., 30., 31.]

3.4. ábra Csigafúró kialakítása és fő részei (a- hengeres szárral; b- kúpos szárral)

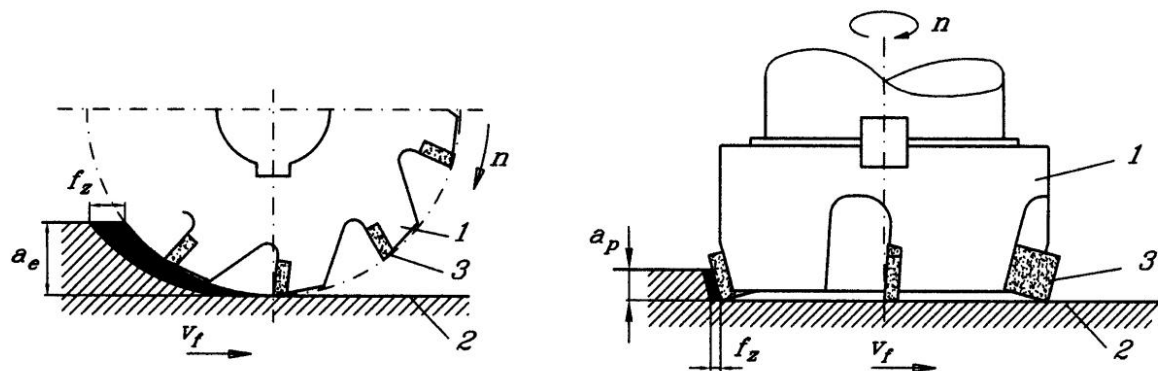


3.2.2 Marás

A marás egy többélű szerszámmal végzett forgácsolási eljárás, ahol a szerszám forgó, a munkadarab pedig haladó mozgást végez. A forgács leválasztása szakaszosan történik. Síkok, hornyok, kontúrok, illetve bonyolultabb felületek megmunkálására is alkalmas. Nagy pontossága és jó termelékenysége miatt széles körben alkalmazzák.

A marás több változatát különböztetjük meg a felület, a szerszám és a mozgásviszonyok alapján. Alapvető típusai a palástmarás és a homlokmarás (3.5. ábra). Palástmarásnál a felületet a szerszám palástján lévő főélek alakítják ki, míg homlokmarás esetén a forgácsolás a paláston történik, de a végső felületet a homlokélek formálják. [1., 4., 7., 18. 27.]

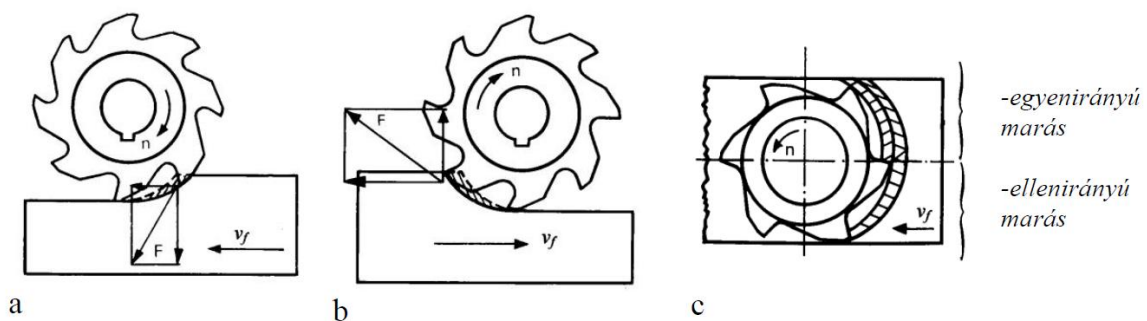
3.5. ábra A palástmarás és a homlokmarás összevetése: (bal) palástmarás; (jobb) homlokmarás



1- szerszám, 2- munkadarab, 3- forgácsolóél

Az előtoló- és a főmozgás viszonyának alapján a marás lehet ellenirányú (hagyományos) vagy egyenirányú (3.6. ábra). Az egyenirányú marás esetében a munkadarabbal kapcsolat-ban lévő élek kerületi sebességének iránya és a mellékmozgás iránya „megegyeznek” (van azonos irányú komponensük). Itt élbélépésnél a legnagyobb a forgácsvastagság. Egyenirányú marásnál jobb a felületminősége, a szerszám éltartama hosszabb, de csak olyan gépeken alkalmazható, ahol biztosított a hézagmentesség a mellékmozgás kinematikai láncában. Ellen-irányú marás esetén élbélépésnél a forgácsvastagság $h=0$, ezért a kezdeti fázisban az anyag rugalmasan deformálódik és a szerszám hátfelületén jelentős súrlódás jelentkezik. Homlok-marásnál a szerszám és a munkadarab viszonylagos helyzetétől függően egyidejűleg fellephet ellenirányú- és egyenirányú marás is (kombinált marás).

3.6. ábra Egyenirányú- és ellenirányú marás: a) egyenirányú; b) ellenirányú; c) kombinált homlokmarás

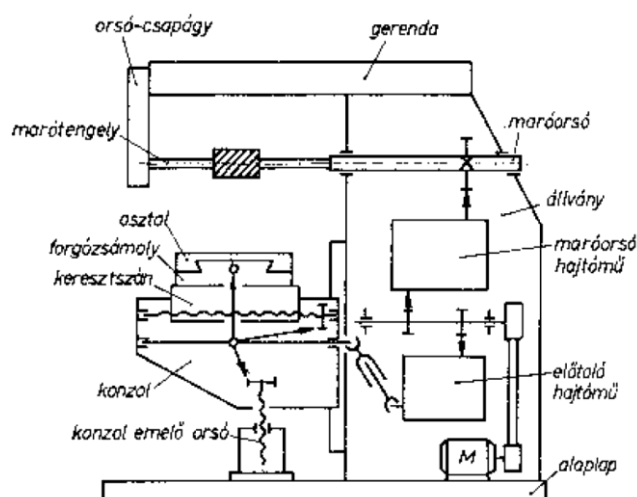


A marógépek sík és alakos felületek, valamint ezek kombinációinak előállítására használhatók. Termelékenységük általában nagyobb, pontosságuk jobb, mint a hasonló feladatok ellátására szolgáló gyalugépeké, és bonyolultabb alakzatok készítésére is alkalmasak. A marószerszámok befogása és forgatása (főmozgás) a speciálisan kiképzett maróorsóval történik. A maróorsó helyzete vízszintes és függőleges lehet. A mellékmozgásokat általában a munkadarab végzi szánrendszerek segítségével. A mellékmozgások egyenes vonalú vagy forgómozgások lehetnek. Megkülönböztetünk konzolos, sík-, másoló, menet-, fogazó és különleges marógépeket, valamint maró egységeket. [4., 7., 17., 18.]

Egyetemes marógépről beszélünk (3.7. ábra), ha a maróorsó vízszintesen helyezkedik el. A marótengely végét a gerendán elhelyezett, állítható helyzetű orsó-csapágy (bak) támasztja meg. A konzol az állvány homloklapján lévő síkvezetéken csúszik, és egy emelőorsóval függőlegesen mozgatható. A konzol felső részén lévő vezetéken mozog a

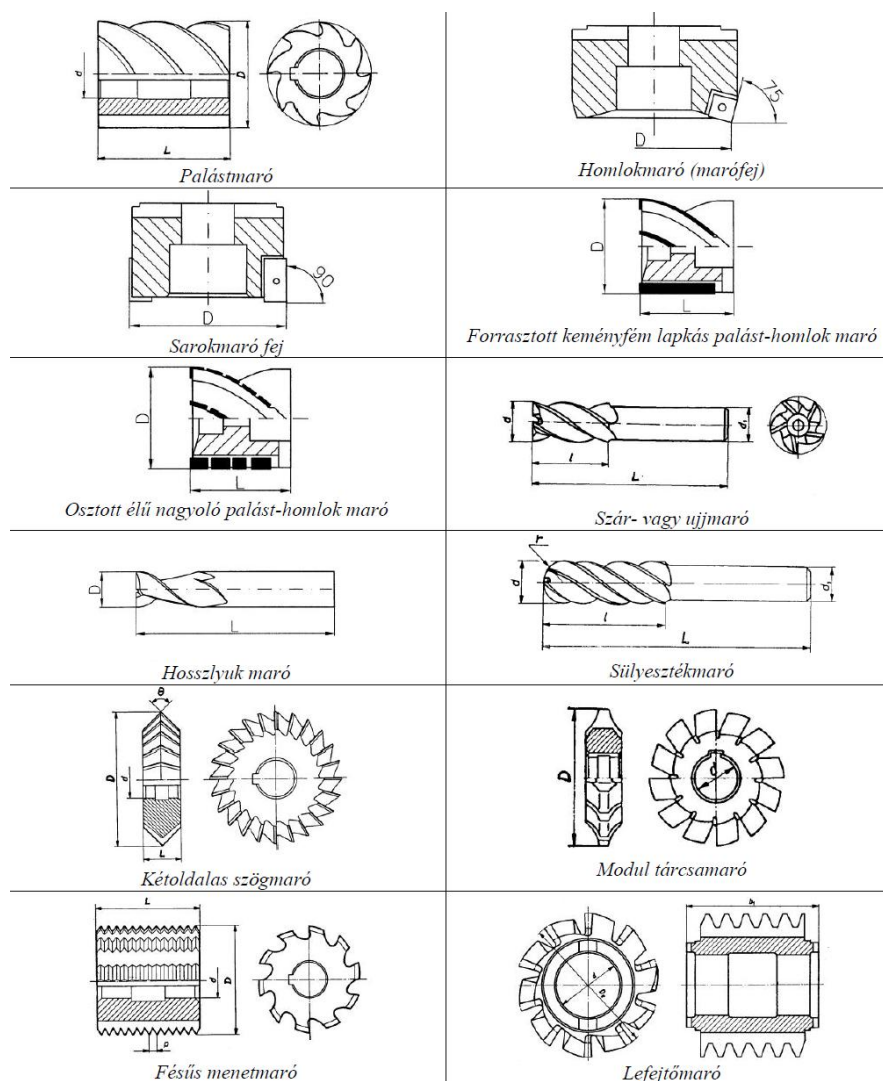
keresztcsán, amely az asztalt hordozza. A keresztcsánon található forgózsámoly lehetővé teszi az asztal $\pm 30^\circ$ -os elfordítását a függőleges tengely körül. Az asztal ezen vezetéken csúszva biztosítja a munkadarab mozgását mindhárom koordinátaírányban. A konzol és a csánok a megmunkálás során rögzíthetők, véghelyzetüket ütközők határolják, vezetékeik kopása betétlécekkel utánállítható. Az asztal felső síklapján T-hornyok találhatók a munkadarab vagy készülékek (pl. gépsatu, osztófej, szegnyereg) rögzítésére. Az asztal homloklapjának T-hornya az ütközők vezetését és rögzítését szolgálja. Az egyetemes marógép felszerelhető függőleges tengelyű marófejjel is. Ilyenkor a maróorsó végére kúpkerék kerül, a függőleges fejet az állvány homlokvezetékére rögzítik. A maróorsó ekkor függőleges, $\pm 45^\circ$ -ban dönthető, kézi előtolással, a tengelyével párhuzamosan mozgatható. Ilyen esetben a gerendát hátra kell tolni.

3.7. ábra Egyetemes marógép



A marószerszámoknak nincs egységes szempont szerinti osztályozása. Szerkezeti és felhasználási jellemzők szerint az alábbi marótípusokat különböztetjük meg (3.8. ábra). [1., 2., 4., 7.]

3.4. ábra Jellemző marószerszám típusok



3.3 Hűtő-kenő folyadékok

A korszerű gépgyártási folyamatokban a hűtő-kenő folyadékok (HKF) alkalmazása alapvető fontosságú a forgácsolási eljárások során. Ezek a folyadékok nem csupán a szerszámok és a munkadarabok közötti kenést biztosítják, hanem aktívan hozzájárulnak a forgácsolás közben keletkező hő elvezetéséhez és a keletkező forgácsok eltávolításához is. A modern megmunkálási műveletek során jelentkező hőterhelés és a nagy felületi nyomás miatt a szerszámok és munkadarabok élettartama és minősége nagymértékben függ a megfelelő hűtő-kenő rendszer alkalmazásától. [3., 20., 25., 32.]

A hűtő-kenő folyadékok elsődleges feladata a hőmérséklet csökkentése a forgácsolási zónában, hiszen a szerszám és a munkadarab közötti intenzív súrlódás és a leváló forgács

deformációja jelentős hőfejlődéssel jár. Ha ezt a hőt nem vezetjük el hatékonyan, az a szerszám gyorsabb kopását, a munkadarab felületének roncsolódását, és végső soron a termelékenység csökkenését eredményezi. Emellett a kenési funkció szintén kiemelt jelentőségű, különösen akkor, ha nagyobb felületek csúsznak egymáson, például fúrás vagy marás esetén. A kenőhatás csökkenti a súrlódást, ezáltal mérsékli a szerszám éleire ható mechanikai igénybevételt, ami hosszabb élettartamot és jobb felületi minőséget eredményez.

A hűtő-kenő folyadékok kiválasztásánál figyelembe kell venni a megmunkált anyag típusát, a megmunkálási módszert, valamint a kívánt felületi minőséget és méretpontosságot. Az alkalmazott folyadékok jellemzően három fő csoportba sorolhatók: emulziók, tiszta olajok, valamint szintetikus és félszintetikus hűtő-kenő folyadékok (3.9. ábra). Az emulziók víz és olaj keverékei, melyek kiváló hőelvezető képességgel rendelkeznek, így különösen a nagysebességű forgácsolásnál előnyösek. A tiszta olajok elsősorban kenési tulajdonságaik révén jelentősek, hiszen vékony kenőfilm kialakításával hatékonyan csökkentik a súrlódást, és kiválóan alkalmazhatók finommegmunkálásokhoz vagy szívós anyagok, például rozsdamentes acélok megmunkálásához. A szintetikus és félszintetikus hűtő-kenő folyadékok pedig kombinálják a jó hűtő- és kenőhatást, miközben gyakran környezetbarátabb összetevőkből készülnek, és hosszabb élettartamúak.

A hűtő-kenő folyadékok alkalmazása nem csupán technológiai, hanem gazdasági és környezetvédelmi kérdés is. A megfelelő folyadék kiválasztásával csökkenthető a szerszámok cseréjének gyakorisága, javítható a felületi érdesség, valamint mérsékelhető az energiafogyasztás is. Ezen túlmenően az iparban egyre nagyobb figyelmet fordítanak arra, hogy a hűtő-kenő anyagok biológiailag lebomlóak legyenek, és minimalizálják a környezeti terhelést, valamint a munkavállalók egészségét veszélyeztető kockázatokat. [14. 20., 25., 26.]

3.9. ábra Hűtő-kenő folyadékok legfontosabb tulajdonságai

A hűtő-kenő folyadékok legfontosabb tulajdonságai	Hűtő-kenő folyadék			
	Olaj	Emulzió -tejszerű -tanszparens	Félszintetikus	Szintetikus
KENŐHATÁS				
HŰTŐHATÁS				
MOSÓHATÁS				

3.4 Készüléktervezés alapjai

A befogó készülékek tervezési folyamatát jellemző szakaszokra tagolhatjuk és ezáltal a kezdő tervezők sikerét is biztosítani lehet. Befogókészüléket mindig a gyártási folyamat egy konkrét műveletéhez kell tervezni. A tervezés végső célja a készülék szerelési rajzának és a nem szabványos alkatrészek műhelyrajzainak elkészítése. E feladat megoldásához természetesen egész sor bemenő információra van szükség, amelyeket a gyártási folyamattervezés eredményeiből merítünk. A készülék tervezését megelőzően már rendszerint ismertek a következő információk:

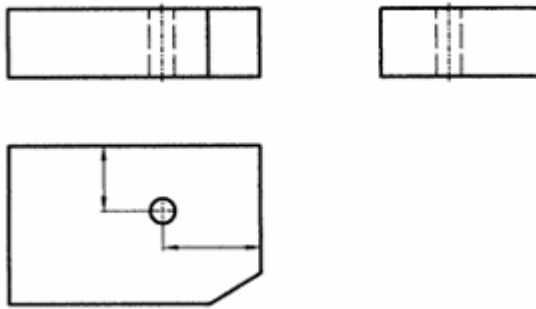
- az előgyártmány rajza,
- a gyártási folyamat műveletekre tagolása és a műveletek tartalmi behatárolása,
- a műveletek sorrendje,
- a szerszámgép minden művelethez,
- a munkadarab befogásának elvi megoldása minden művelethez. (az alkatrész helyzete a gép munkaterében, a bázisfelületek, a felfekvés- és oldalpozicionálás típusa, a szorítás típusa és a szorítófelületek.)

A tervezés szakaszai fúrókészülékek esetén példával mutatok be, mivel ennél minden jellemző készülékelem megtalálható. A jobb áttekinthetőség érdekében a készülék rajzának részleteit az ide vonatkozó ábrák nem mutatják.

Fúrókészülékek tervezésénél célszerű a következő munkamentet követni:

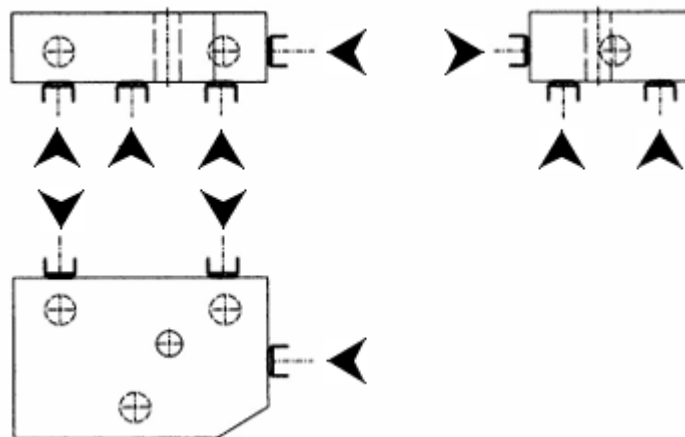
1. Első lépés a munkadarab elemzése, a bázisfelületek azonosítása. A munkadarab helyzete a gép munkaterében a műveleti sorrendterv már rendszerint meghatározza.
2. Először a munkadarabot rajzoljuk le három nézetben. Ezt célszerűen vékony vonallal rajzolni vagy „két pont-vonal” vonaltípust is használhatunk. Jó megoldás az is, ha a munkadarab rajzolását egy kiválasztott színnel végezzük (3.10. ábra).

3.10. ábra Munkadarab vázlata



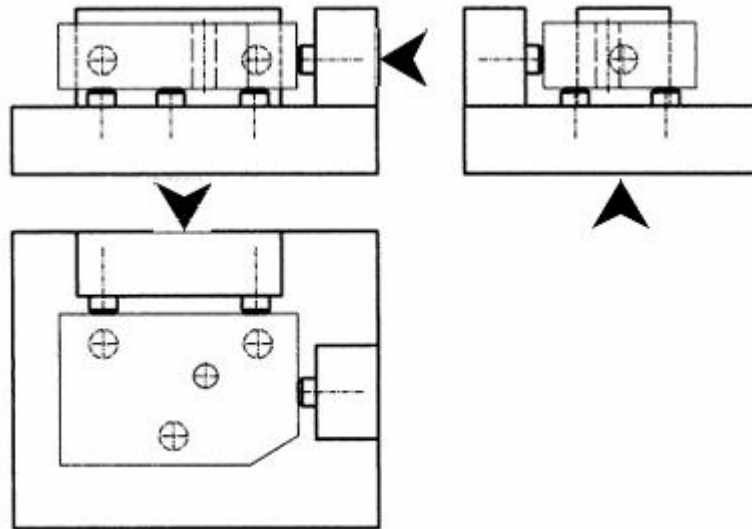
3. A munkadarab kiválasztott bázisfelületeire berajzoljuk a helyzetmeghatározó ülékeket mindhárom vetületben. Elsőnek a felfekvést határozzuk meg, majd ezt követően az oldalpozicionálást (vezetés és ütköztetés) (3.11. ábra). A nyers (megmunkálatlan) felületet kötelezően három ponton, csapos ülékre kell felfektetni, míg a megmunkált alakhű felületeket lapos ülékekre is felfektethetjük.

3.11. ábra A helyzetmeghatározó elemek berajzolása



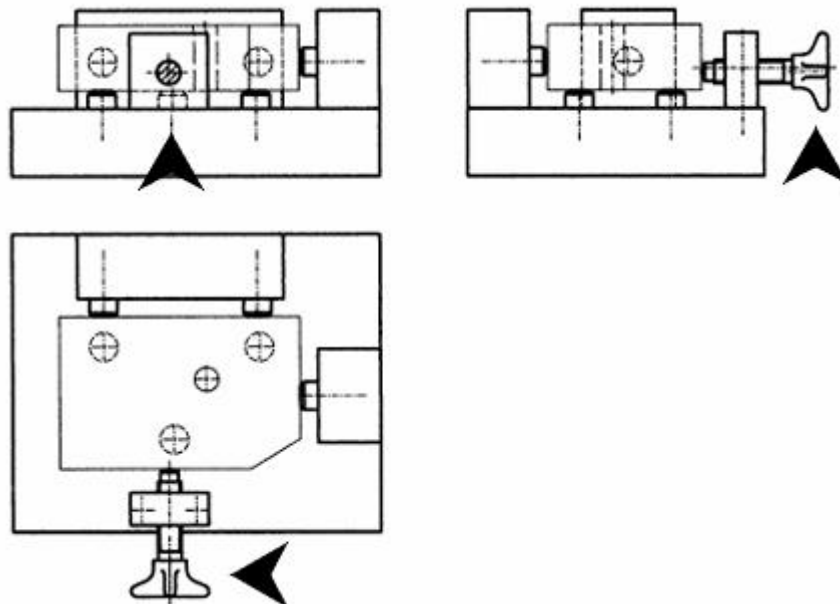
4. Az ülékek berajzolása után már körvonalazható a készüléktest, amely a készülék összes elemét egybefoglalja (3.12. ábra). Ügyelni kell arra, hogy a forgács- és a hűtőfolyadék elvezetése ne ütközzön akadályba. Ellenőrizzuk, hogy a munkadarab helyzete nem túlhatározott-e. A munkadarab behelyezésének ill. kiemelkedésének akadálymentesnek kell lennie. Csak a helyzetmeghatározás korrekt megoldása után térhetünk rá a szorítás módjának meghatározására.

3.12. ábra A helyzetmeghatározó elemek és a készüléktest vázlata



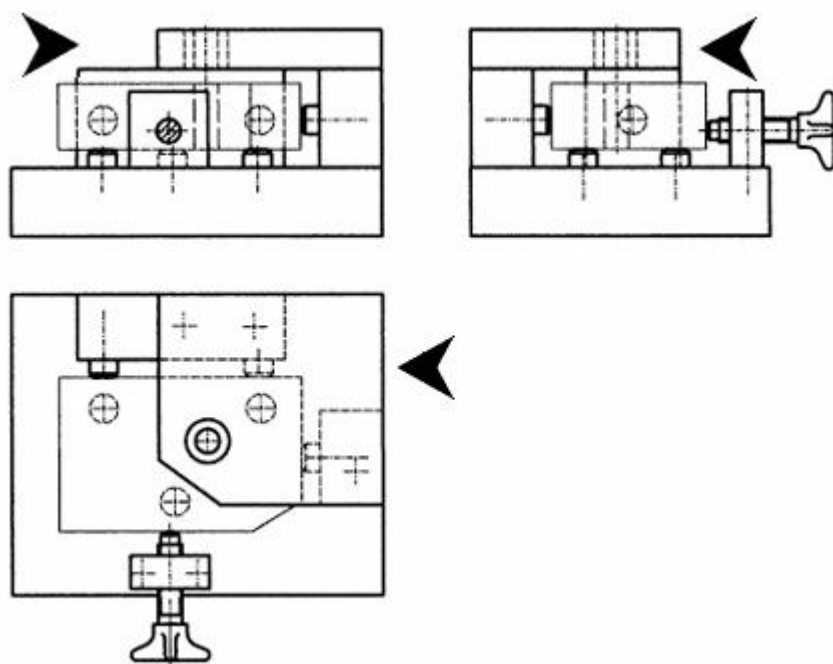
5. A szorítóelemek berajzolása (3.13. ábra). A szorítás megtervezésénél szem előtt kell tartani, hogy a szorítási idő közvetlenül befolyásolja a gyártási költséget. Ezért olyan megoldást kell találni, amellyel a szorítás minél rövidebb idő alatt végrehajtható. Ellenőrizni kell, hogy a szorítóelemek és a már berajzolt ülések egymás működését nem zavarják-e.

3.13. ábra Szorítóelemek berajzolása



6. A szorítóelemek berajzolása után elhelyezhetők a fűróperselyek is a rajz megfelelő vetületein (3.14 ábra).

3.14. ábra Fúrólap és fúróperselyek berajzolása



Ezzel a készülék elvi vázlata elkészült. Hátra van azonban a készüléktest és a szerszám gép asztala közötti csatlakozó felületek kialakítása. T hornyos gépasztaloknál tájolótuskókat kell beépíteni és szorítófüleket kell kialakítani. Fúrókészülékek esetén, ha a furatátmérő 8mm alatt van, a fúrókészüléket rendszerint kézzel is meg lehet tartani és ilyenkor nem szükséges a készülék rögzítése a gépasztalhoz, csak a felfekvést kell biztosítani. Kisméretű fúrókészülékeknel gyakran készüléklábakat helyeznek el felfekvő felületként. [8., 15., 16., 21., 22., 24.]

4. Probléma bemutatása

4.1 A BDV motorvonat ismertetése

A BDVmot típusú motorvonatok (4.1. ábra) két áramnemű, villamos üzemű járművek, amelyeket elsősorban elővárosi és regionális személyszállítási feladatokra alkalmaznak. A járművek képesek mind váltakozó áramú (25 kV 50 Hz), mind egyenáramú (3000 V) üzemmódban működni, így alkalmasak hátrameneti vagy különböző áramnemű hálózatok közötti közlekedésre is.

A jármű hajtása a forgóvázakba épített vontatómotorokkal történik, amelyek a hajtóművön keresztül adják át a nyomatékot a kerékpárok felé. A motorvonat forgóváza GH250 típusú, amely kialakításánál fogva tartalmazza a vontatómotort és a TK2019-30 típusú kétfokozatú tengelyhajtóművet is. A hajtómű a forgóház alsó részén, közvetlenül a tengelyvonal felett helyezkedik el.

4.1. ábra A BDVmot működésben



A hajtómű és a hibás alkatrész ismertetése

A GH250 típusú forgóházban (4.2. ábra) alkalmazott TK2019-30 típusú kétfokozatú tengelyhajtómű homlokfogaskerekes áttétellel valósítja meg a nyomatékátvitelt a vontatómotor és a kerékpár között. A hajtómű belső kialakítása csapágyperselyezéssel történik, amely biztosítja a tengelyek megfelelő megtámasztását és beállítását a hajtóműházon belül.

4.2. ábra A TK2019-30 típusú kétfokozatú tengelyhajtóműház és az alkatrész (nyíllal jelölve)



Egy javítási ciklus során az egyik hajtóműegységnél megközelítőleg 1 mm-es tengelytáv-eltolódást tapasztaltak a homlokfogaskerek között. A gyári kialakítás szerint a fogaskerek közötti tengelytávot a csapágyperselyek pozíciója határozza meg. A feltárt eltérés hibás fogkapcsolódást eredményezett, amely fokozott fogkopáshoz, zajos működéshez és üzemi megbízhatósági problémákhoz vezetett.

A hajtóműház újra gyártása öntéssel és gépi megmunkálással jelentős költséget jelentene. A hajtómű tervezési részlege ezért úgy döntött, hogy az alkatrész módosítása helyett perselyezéssel kívánja korrigálni a tengelytávot. A hajtóműház működése szempontjából a legfontosabb a két tengely közötti távolság. Ez a tengelytáv a rajzon $325 +0,032 / -0,032$ mm. A kopás következtében a tengely egytengelyűsége 0,02 mm helyett közel 1 mm lett.

A javítás során felfúrták a kopott furatokat a persely fogadásához, tartva a tengelytáv méretet. 2db perselyt gyártanak le, melyeket szoros illesztéssel helyeznek a hajtóműházba, ezeket csavarokkal rögzítik. Ezután a tengelytáv tartásával esztergálják készre a persely belső furatait.

Az üzemi körülmények és hibajelenség értelmezése

A TK2019-30 típusú tengelyhajtómű zárt házban működik, a belső fogaskerekek kenése olajfürdőben történik. A fogaskerekre a hajtóművön belül jelentős nyomaték és tengelyirányú, valamint sugárirányú erőhatások érvényesülnek. Az ilyen típusú mechanikai terhelések hosszabb távon szerkezeti deformációt vagy illesztési hibát is okozhatnak, különösen, ha az öntvényvázban feszültségek vagy pontatlanságok keletkeznek.

A homlokfogaskerekek közötti 1 mm-es eltérés jelentős a fogazott kapcsolat szempontjából. A gyári kialakítás nem tartalmaz állítható elemet a tengelytáv finombeállítására, ezért szükségessé vált olyan műszaki megoldás bevezetése, amely lehetővé teszi a fogaskerekek optimális kapcsolódását, a hajtóműház cseréje nélkül.

A CNC megmunkálásra való átvitel előkészítése

A korrigált tengelytávot biztosító csapágyperselyt egyedi gyártással szükséges előállítani. A tervezési szakaszban a persely 3D modellje CAD szoftverrel készül, mint pl. az Autodesk Inventor. A gyártás megvalósítása CNC esztergálással történik, amely biztosítja az koncentricitás pontos kivitelezését és az illesztések megfelelő tűrését.

A gyártás előkészítése során szükséges:

- a megfelelő géptípus kiválasztása (pl. hajtott szerszámos CNC eszterga),
- a szerszámok meghatározása (külső és belső megmunkáló kések, fúrók),
- a technológiai paraméterek rögzítése, mint pl.: forgácsoló sebesség (v), előtolás (f), fordulatszám (n), fogásmélység (ap).

A gyártástechnológia részét képezi a megmunkálási sorrend meghatározása is, mely tartalmazza a felfogások számát, az excentrikus furat kialakításának módját, valamint a méretellenőrzési pontokat.

A dolgozat további részében részletesen bemutatásra kerül a persely tervezése.

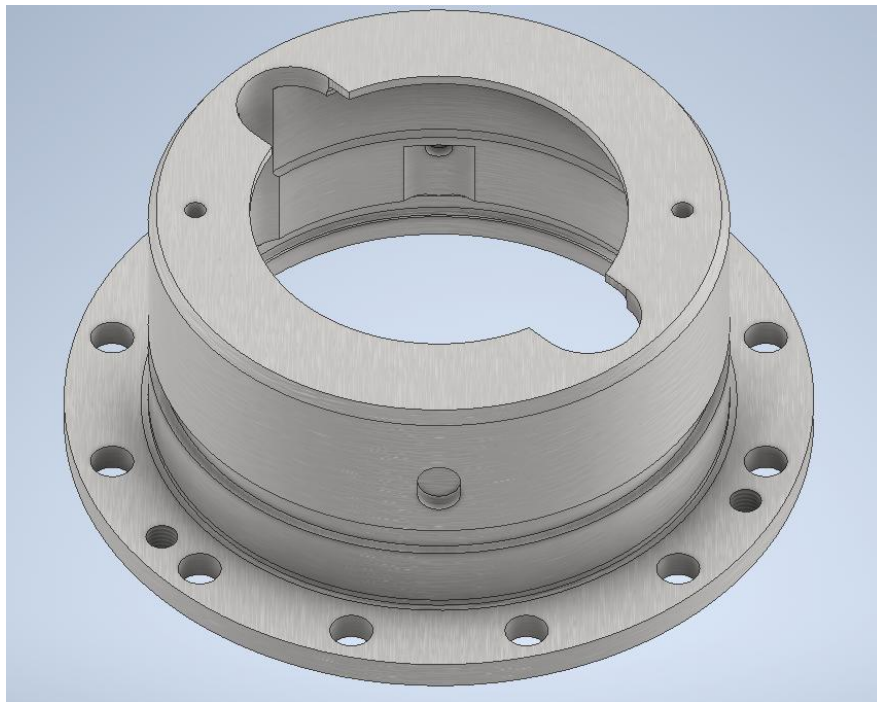
5. Technológiai tervezés

5.1 Süllyesztékes kovácsolás tervezése

A gépész darab

A gépészeti darab a végleges, készre gyártott munkadarabot jelenti, amelyet az 5.1. ábrán látható 3D modell szemléltet. Az alkatrész műhelyrajzát az 1. mellékletben csatoltam, a műszaki rajzot az Autodesk Inventor 2025 program segítségével készítettem el.

5.1. ábra A gépészeti darab



Az alkatrész C35-ös anyagminőségű szénacélból készül. Ez az anyag jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, különösen a szilárdság, a megmunkálhatóság és a hegeszthetőség szempontjából. A C35 acél közepes széntartalmú, hőkezelhető szerkezeti anyag, amely nemesítés esetén nagyobb szilárdságot és szívósságot biztosít. Az anyagválasztás indokolt volt a vevői elvárások, valamint az alkatrész szerkezeti és technológiai követelményei alapján.

A C35 anyagból jól megmunkálható, szilárd, általános gépipari célra használt alkatrészek készíthetők. A választott acél sűrűsége szobahőmérsékleten $\rho_{C35} = 7,85 \frac{kg}{dm^3}$, amely megegyezik az ötvözetlen acélok és a tiszta vas közelítő sűrűségével ($\rho_{Fe} \approx 7,874 \frac{kg}{dm^3}$).

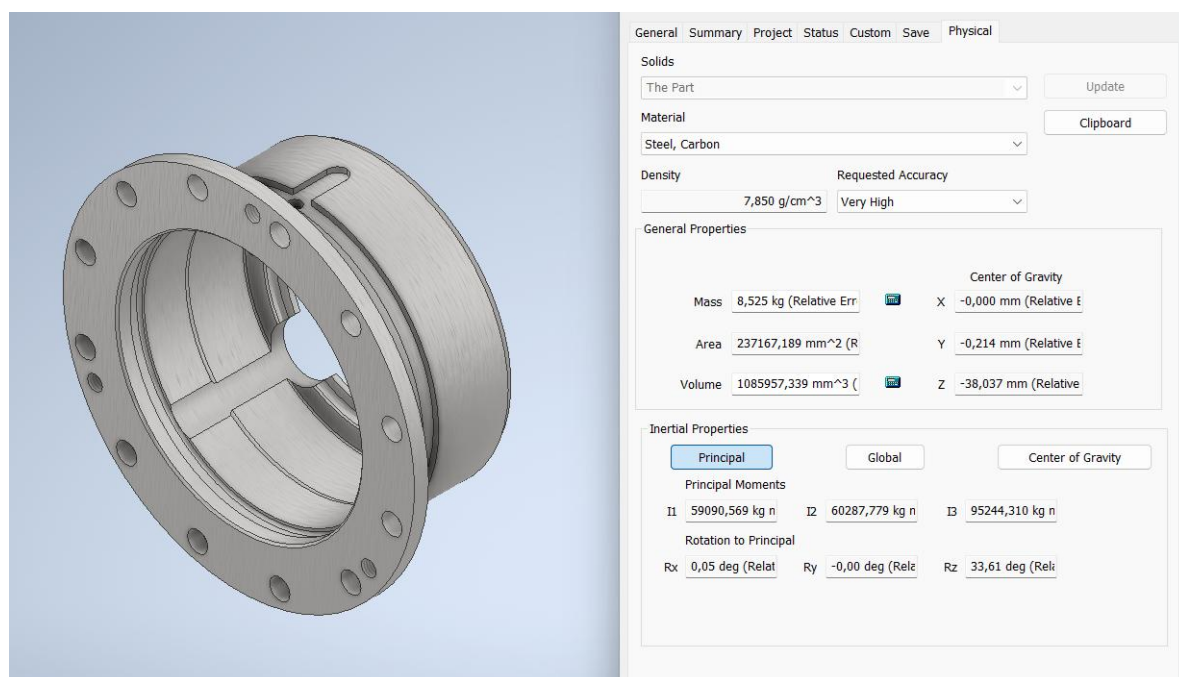
A C35-ös jelölésű szénacél vegyi összetételét az 5.1.-es táblázat segítségével mutatom be. Az ötvözők sorrendjét a táblázatban a szénacél jelölésének megfelelően készítettem. A táblázatban szereplő számok az ötvözőelemek százalékos arányának középértékét jelenti, kerekítve a közelebbi egész számra.

5.1. táblázat A C35 anyagminőség főbb alkotói

Ötvözők	C (szén)	Si (Szilícium)	Mn (Mangán)	Ni (Nikkel)	P (Foszfor)	S (Kén)	Cr (Króm)	Mo (Molibdén)
%	0.32 - 0.39	max 0.4	0.5 – 0.8	max 0.4	max 0.045	max 0.045	max 0.4	max 0.1

Az Autodesk Inventor 2025-ös CAD programban készítettem el a gépészeti darabot és a szoftver segítségével meg tudtam határozni a térfogatát és a tömegét, amely az 5.2. ábrán látható.

5.2. ábra A gépészeti darab fizikai tulajdonságai



$$V_{gépészeti} = 1,086 \text{ dm}^3$$

$$\rho = 7,85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$m_{gépészeti} = 8,525 \text{ kg}$$

A kovácsdarab geometriájának kialakítása

Kovácsolással ki nem alakíthatók geometriák:

Ahhoz, hogy ki tudjuk alakítani a kovácsdarab geometriáját, meg kell határozni a gépészeti darabon, hogy mi nem alakítható ki kovácsolással. Adott helyzetnél, amit nem tudunk kialakítani kovácsolással az a Ø16x12, Ø8H7x2, M14x3, Ø10 furatok.

Kovácsdarab besorolása:

A kovácsdarab tervezésével a magyar szabványban az MSZ 5745 foglalkozik. A bonyolultsági fok meghatározásához szükség van a gépészeti darab tömegére, illetve a kovácsdarab legnagyobb méretei által meghatározott henger tömegére, amit az 5.3. ábra szemléltet.

— Bonyolultsági fok:

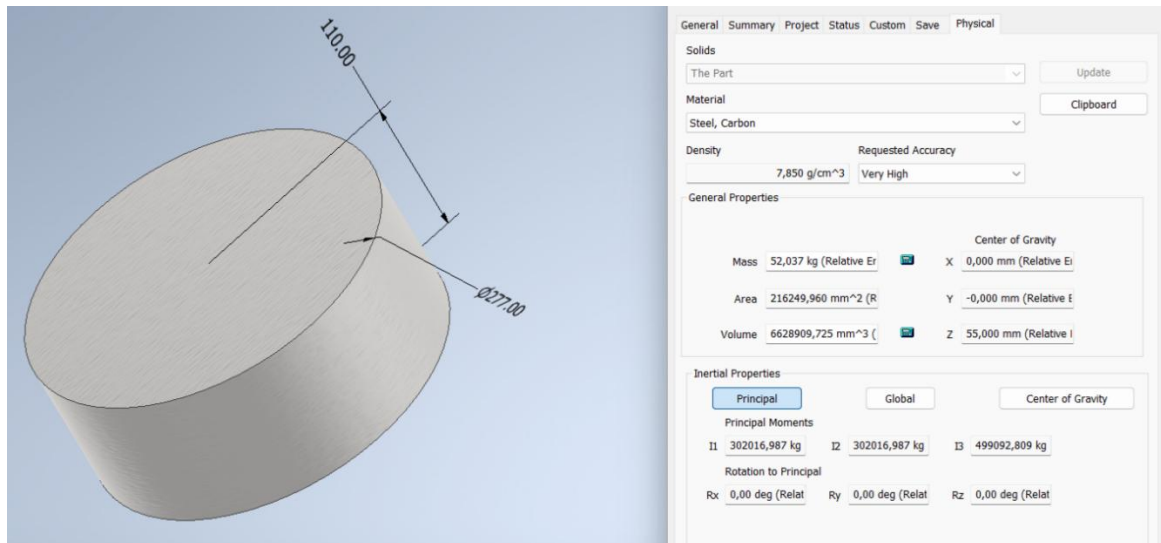
$$S = \frac{m_{kd}}{m_b} = \frac{8,525}{52,037} = 0,164 \rightarrow \text{S3}$$

ahol:

m_{kd} – a kovácsdarab tömege [kg];

m_b – a kovácsdarab legnagyobb méretei által meghatározott henger tömege [kg].

5.3. ábra Az m_b fizikai jellemzői



A kovácsdarab bonyolultsági csoportja S3, mivel $0,16 < S < 0,32$ értékek közé esik. Az egyenlet felírásakor a gépészeti darab befoglaló méreteit helyettesítettem be, így a kész kovácsdarab geometria méreteivel szükséges ellenőrizni a kapott eredményt.

A kovácsdarab anyagminőség szempontjából az M1 csoportba tartozik. Ennek oka a választott anyagom vegyi összetétele. Az M1 csoport tagjai a legfeljebb 0,65 % C-t tartalmazó acél, amelyben a Mn, Cr, Ni, Mo, V és W ötvözőelemek összmenyisége nem haladja meg az 5 %-ot. Az 5.1. táblázat segítségével megállapítható, hogy az M1 csoportba tartozik.

— Anyagminőség: **M1**

A lentebb ismertetett adatok szerződő felek által meghatározott értékek, ezek alapján végzem el a számolásokat.

— Pontossági fokozat: **II. – normál**

— Egyenességi fokozat: **II.**

Forgácsolási hozzáadás:

A kovácsdarab várható legnagyobb méret- és alakeltérései határozzák meg alapvetően a forgácsolási hozzáadást. A forgácsolási hozzáadást az alábbi összefüggés alapján határozzuk meg:

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

ahol:

H_f – a forgácsolási hozzáadás értéke felületenként [mm];

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

c – a megengedett süllyeszték-elcsúszás [mm];

g – az egyenességi tűrése [mm];

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

– Egyenesség

Az egyenességtűrés értékét az 5.2 táblázat alapján választom ki. A tűrést, az egyenességi fokozat és a kovácsdarab [mm] határozzák meg.

5.2 táblázat Az egyenességtűrés értékei [5]

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

$$250 \text{ mm} \leq D_{max} \leq 315 \text{ mm} \rightarrow g = 1,1 \text{ mm}$$

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

– Süllyeszték-elcsúszás

A süllyeszték-elcsúszás megengedett értékét, az 5.3. táblázat alapján határoztam meg. A megengedett értéket a kovácsdarab várható tömege és a pontossági fokozat határozzák meg.

5.3. táblázat A süllyeszték-elcsúszás megengedett értéke [9.]

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

$$20 \text{ kg} \leq m_{\text{kovács}} \leq 50 \text{ kg} \rightarrow c = 1,4 \text{ mm}$$

Az itt kapott eredményt a kovácsdarab tömeg végleges kiszámítása után, a feltételezés helyességét ellenőrizni szükséges.

- Határeltérés módosított átmérők

Az üregalakhoz kötött méretek forgácsolási ráhagyásának értékei az 5.4. táblázat tartalmazza.

5.4. táblázat Üregalakhoz kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései [9.]

Tömeg kg	Minő- ség csoop. <i>M</i>	Bonyolultsági csoport <i>S</i>						Pontosság fokozat		Névtelen méret																		
								-tól	0	32	100	160	250	400	630	1000	1600	2500										
		-ig	32	100	160	250	400	630	1000	1600	2500																	
-tól	-ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II	Tűrésnagyság és határeltérések																		
0	0,2									0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	—	—	—	—	—	—	—	—			
0,2	0,4									0,7	+0,8 -0,4	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	—	—	—	—	—	—			
0,4	1									0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	—	—	—	—			
1	1,2									0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,7	1,8	+1,2 -0,8	—	—			
1,2	3,2									1,0	+0,7 -0,4	1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,7	1,8	+1,2 -0,8	2	+1,3 -0,9	2,2	+1,5 -1,1			
3,2	5,6									1,1	+0,7 -0,4	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,7	1,8	+1,2 -0,8	2	+1,3 -0,9	2,2	+1,5 -1,1	2,5	+1,7 -1,3			
5,6	10									1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,7	1,8	+1,2 -0,8	2	+1,3 -0,9	2,2	+1,5 -1,1	2,5	+1,7 -1,3	2,8	+1,8 -1,4			
10	20									1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,7	1,8	+1,2 -0,8	2	+1,3 -0,9	2,2	+1,5 -1,1	2,5	+1,7 -1,3	2,8	+1,8 -1,4	3,2	+1,9 -1,5			
20	50									1,6	+1,1 -0,6	1,8	+1,2 -0,8	2	+1,3 -0,9	2,2	+1,5 -1,1	2,5	+1,7 -1,3	2,8	+1,8 -1,4	3,2	+1,9 -1,5	3,6	+2,0 -1,6			
50	120									1,8	+1,2 -0,6	2	+1,3 -0,9	2,2	+1,5 -1,1	2,5	+1,7 -1,3	2,8	+1,8 -1,4	3,2	+1,9 -1,5	3,6	+2,0 -1,6	4	+2,1 -1,7			
120	250									2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -1,1	2,5	+1,7 -1,3	2,8	+1,8 -1,4	3,2	+1,9 -1,5	3,6	+2,0 -1,6	4	+2,1 -1,7	4,5	+2,3 -1,9			
										2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,5 -0,9	2,8	+1,6 -1,0	3,2	+1,7 -1,1	3,6	+1,8 -1,2	4	+1,9 -1,3	4,5	+2,0 -1,4	5	+2,1 -1,5			
										2,5	+1,5 -0,9	2,8	+1,6 -1,0	3,2	+1,7 -1,1	3,6	+1,8 -1,2	4	+1,9 -1,3	4,5	+2,0 -1,4	5	+2,1 -1,5	5,6	+2,2 -1,6			
										2,8	+1,6 -0,9	3,2	+1,7 -1,1	3,6	+1,8 -1,2	4	+1,9 -1,3	4,5	+2,0 -1,4	5	+2,1 -1,5	5,6	+2,2 -1,6	6,3	+2,3 -1,7			
										3,2	+1,7 -1,0	3,6	+1,8 -1,2	4	+1,9 -1,3	4,5	+2,0 -1,4	5	+2,1 -1,5	5,6	+2,2 -1,6	6,3	+2,3 -1,7	7	+2,4 -1,8			
										3,6	+1,8 -1,1	4	+1,9 -1,3	4,5	+2,0 -1,4	5	+2,1 -1,5	5,6	+2,2 -1,6	6,3	+2,3 -1,7	7	+2,4 -1,8	8	+2,5 -1,9			
										4	+1,9 -1,2	4,5	+2,0 -1,4	5	+2,1 -1,5	5,6	+2,2 -1,6	6,3	+2,3 -1,7	7	+2,4 -1,8	8	+2,5 -1,9	9	+2,6 -2,0			
										4,5	+2,0 -1,3	5	+2,1 -1,5	5,6	+2,2 -1,6	6,3	+2,3 -1,7	7	+2,4 -1,8	8	+2,5 -1,9	9	+2,6 -2,0	10	+2,7 -2,1			
										5	+2,1 -1,4	5,6	+2,2 -1,6	6,3	+2,3 -1,7	7	+2,4 -1,8	8	+2,5 -1,9	9	+2,6 -2,0	10	+2,7 -2,1	11	+2,8 -2,2			
										5,6	+2,2 -1,5	6,3	+2,3 -1,7	7	+2,4 -1,8	8	+2,5 -1,9	9	+2,6 -2,0	10	+2,7 -2,1	11	+2,8 -2,2	12	+2,9 -2,3			
										6,3	+2,3 -1,6	7	+2,4 -1,8	8	+2,5 -1,9	9	+2,6 -2,0	10	+2,7 -2,1	11	+2,8 -2,2	12	+2,9 -2,3	14	+3,1 -2,5			

Az üregalakhoz nem kötött méretek forgácsolási ráhagyásának értékeit az 5.5. táblázat tartalmazza.

5.5. táblázat Üregalakhoz nem kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései [9.]

Tömeg		Minőségi csoport	Bonyolultsági csoport				Pontosság fokozat		Névleges méret														
									-10l	0	16	40	63	100	160	160	250	250					
kg		M	S				I	II	Tűrésnagyság és határeltérések														
-10l	-ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II														
0	0,2									0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,2 -0,2	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,8 -0,4
0,2	0,4									0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,2 -0,2	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,8 -0,4	1,2	+0,9 -0,4
0,4	1,2									0,7	+0,2 -0,2	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,8 -0,4	1,2	+0,9 -0,4	1,4	+0,9 -0,5
1,2	2,5									0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,8 -0,4	1,2	+0,9 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
2,5	5									0,9	+1,1 -0,5	1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,8 -0,4	1,2	+0,9 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+0,9 -0,5
5	8									1,0	+0,7 -0,3	1,1	+0,8 -0,4	1,2	+0,9 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,7	2	+1,3 -0,7
8	12									1,1	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,7	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,8
12	20									1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,7	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,8	2,5	+1,7 -0,8
20	36									1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,7	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,8	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9
36	63									1,6	+1,1 -0,5	1,8	+1,2 -0,7	2	+1,3 -0,7	2,2	+1,5 -0,8	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1
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	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
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	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3
200	250									2,2	+1,5 -0,7	2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
										2,5	+1,7 -0,8	2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7
										2,8	+1,9 -0,9	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
										3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
										3,6	+2,4 -1,2	4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3
										4	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3	8	+5,3 -2,7
										4,5	+3,0 -1,5	5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3	8	+5,3 -2,7	9	+6,0 -3,0
										5	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3	8	+5,3 -2,7	9	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3
										5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3	8	+5,3 -2,7	9	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3	11	+7,5 -3,7
										6,3	+4,2 -2,1	7	+4,7 -2,3	8	+5,3 -2,7	9	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3	11	+7,5 -3,7	12	+8,0 -4,0

Az üregalak között méretek forgácsolási ráhagyásának kalkulálását az 5.6. táblázat tartalmazza.

5.6. táblázat Üregalakhoz kötött méretek

i	d_i [mm]	f_{di} [mm]	c [mm]	H_{fdi} [mm]	D_i [mm]
1	277	3,6	1,4	5	282
2	215	3,6	1,4	5	220
3	180	3,6	1,4	5	175
4	130	3,6	1,4	5	125

Üregalakhoz nem kötött méretek forgácsolási ráhagyásának kalkulálását az 5.7. táblázat tartalmazza.

5.7. táblázat Üregalakhoz nem kötött méretek

i	h_i [mm]	f_{hi} [mm]	g [mm]	H_{fhi} [mm]	H_i [mm]
1	110	3,6	1,1	4,7	119,4
2	100	3,6	1,1	4,7	100
3	11	3,6	1,1	4,7	20,4

Oldalferdeség:

A süllyesztékből való kiemelhetőség végett kovácsoláskor a függőleges felületeket oldalferdeséggel kell ellátni. Ezek alkalmazását és nagyságát a gép és a szerszám sajátosságai, a munkadarab alakja és az alkalmazott technológia határozza meg. Az oldalferdeségek értékét, az 5.8. táblázatnak megfelelően kilökö nélküli szerszám esetében lettek meghatározva.

5.8. táblázat Az oldalferdeségek értékei [9.]

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

A meghatározott oldalferdeségek:

$$\alpha = 2^\circ - \text{külső felületre}$$

$$\beta = 2^\circ - \text{belső felületre}$$

Lekerekítési sugár:

A forgácsolásra kerülő felületek esetében a külső lekerekítési sugarak meghatározásakor figyelembe kell venni a forgácsolási ráhagyásokat is. Az anyagáramlás könnyítése és a megfelelő üregkitöltés érdekében, az 5.9. táblázatnak megfelelően határoztam meg az alkalmazandó lekerekítési sugarakat.

5.9. táblázat A lekerekítési sugarak értékei [9.]

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

A kovácsdarab legnagyobb hosszától [mm] függenek, ebben az esetben:

$$H_{maxgépész} = 110 \text{ mm},$$

így előre láthatólag a technológiai ráhagyásokkal is benne marad majd a változott

$$250 \text{ mm} \leq D_{max} \leq 315 \text{ mm}$$

kategóriában.

$$R_{külső} = 5 \text{ mm}$$

$$R_{belső} = 16 \text{ mm}$$

Lyukasztási hártya:

MI-05 29.584-82 szerint, a kiszámított lyukasztási hártya méreteihez használt összefüggés:

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

ahol:

d – a lyukasztási hártát tartalmazó üreg legnagyobb átmérője [mm];

h – a lyukasztási hártát tartalmazó üreg mélysége [mm].

$$S = 0,45 \cdot (125 \cdot 0,25 \cdot 62,1 - 5)^{0,5} + 0,6 \cdot 62,1^{0,5} = 9,327798 \text{ mm} \approx 9,3 \text{ mm}$$

Kovácsolható üregmélység:

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

$$0,7 \geq \frac{h}{d} = \frac{h - \frac{S}{2}}{d} = \frac{62,1 - \frac{9,3}{2}}{125} = 0,4596 \rightarrow \text{megfelelő},$$

tehát ebben az esetben szükséges kilökőt alkalmazni.

Mérettűrés:

A mérettűréseket az MSZ 5745-84 szerint kerültek meghatározására, amelyeknek táblázatait a 2. és a 3. mellékletekben csatoltam.

$$\text{Üregalakhoz kötött méretek tűrése: } T_{ük} = 3,6 \text{ mm } \left(\begin{smallmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{smallmatrix} \right)$$

Az érték kiválasztásakor a 20-50 kg közti kovácsdarab tömeget, illetve a 250-400 mm közti legnagyobb kovácsdarab átmérőt feltételeztem, amelyek a gépészeti darabhoz

viszonyítva megfelelőnek bizonyulnak. A geometria kialakítása után szükséges ellenőrizni a feltételezések helyességét.

Üregalakhoz nem kötött méretek tűrése: $T_{ük} = 3,6 \text{ mm} \left(\begin{smallmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{smallmatrix} \right)$

Az érték kiválasztásakor a 36-63 kg közti kovácsdarab tömeget, illetve a 100-160 mm közti legnagyobb kovácsdarab magasságot feltételeztem. A tömeg és a legnagyobb gépészeti darab magasságához viszonyítva a feltételezéseim megfelelőnek bizonyultak. A geometria kialakítása után szükséges ellenőrizni a feltételezések helyességét.

A lekerekítési sugarak mérettűrése, az 5.10. táblázat alapján került meghatározásra.

5.10. táblázat A lekerekítési sugarak határeltérései [9.]

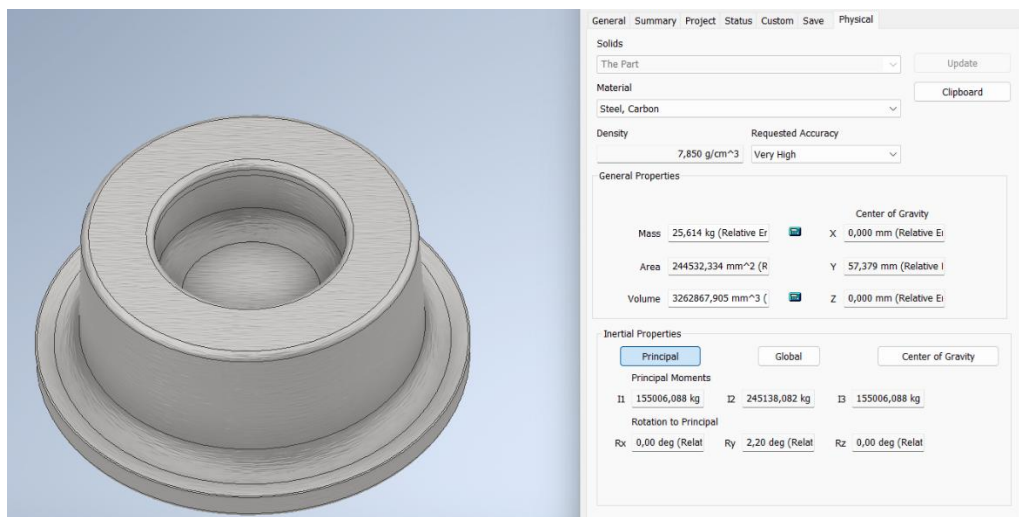
Lekerekítési sugár, R	Határeltérések
10-ig	$+0,5 \cdot R$ $-0,25 \cdot R$
10-től 32-ig	$+0,4 \cdot R$ $-0,2 \cdot R$
32 felett	$+0,32 \cdot R$ $-0,15 \cdot R$

$$T_r = \begin{matrix} +0,4 R \\ -0,2 R \end{matrix}$$

A kovácsdarab geometriája:

A fentiekben meghatározott értékek alapján az 5.4. ábrán látható a kovácsdarab 3D-s nézete a fizikai jellemzőivel. A darab kovácsrajzát majd feltöltöm.

5.4. ábra A kovácsdarab geometriája



Méreték ellenőrzése:

A kapott geometriai méretekkel módosított kovácsdarab:

$$m_{kovács} = 25,614 \text{ kg} \rightarrow \text{megfelelő}$$

$$S = \frac{m_{kovács}}{m_{Bkovács}} = \frac{25,614}{52,037} = 0,49 \rightarrow S2 \rightarrow \text{nem felel meg}$$

Süllyeszték-elcsúszás:

$$20 \text{ kg} \leq m_{kovács} = 25,614 \text{ kg} \leq 50 \text{ kg} \rightarrow \text{megfelelő}$$

Egyenesség:

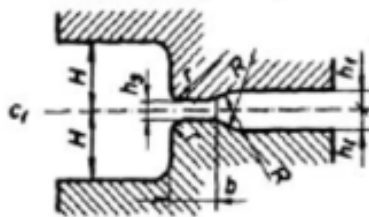
$$250 \text{ mm} \leq D_{max} = 282 \text{ mm} \leq 315 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelelő}$$

A fenti ellenőrzések alapján megállapítható, hogy az előtervezés során feltételezett értékek nagyjá ugyanazokba a kategóriába esnek, mint a módosítottak. Amit javítani kell az a bonyolultsági fok, de ez nem befolyásol konkrét értéket számításom során, az érintett táblázatokban ezt zöld színnel javítom ki.

Sorjacsatorna:

A süllyesztékes kovácsoláshoz alkalmazott mechanikus kovácssajtó útkarakterisztikájú gép, ezért az 5.5. ábrán látható nyitott sorjacsatornát alkalmaztam, amelyet a CSMSZ.2500 szabvány szerint alakítottam ki.

5.5. ábra A sorjacsatorna kialakítása



Az alapanyag előkészítése:

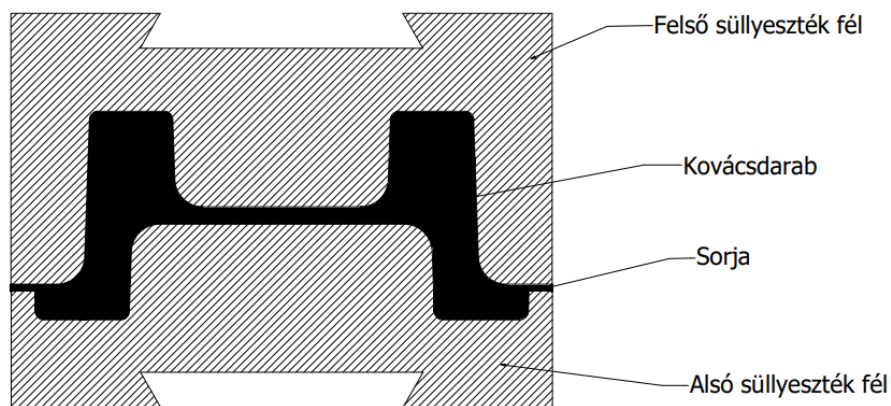
Az alapanyag hevítése gázkemencében történik 1200 °C-ra, így 3 % leégési veszteséggel kell számolni. A leégési veszteség miatt az alakításra kerülő anyag megváltozott térfogata:

$$V_{befoglalt} = 6628909,725 \text{ mm}^3 \cdot 1,03 = 6827777,017 \text{ mm}^3 = 6,82778 \text{ dm}^3$$

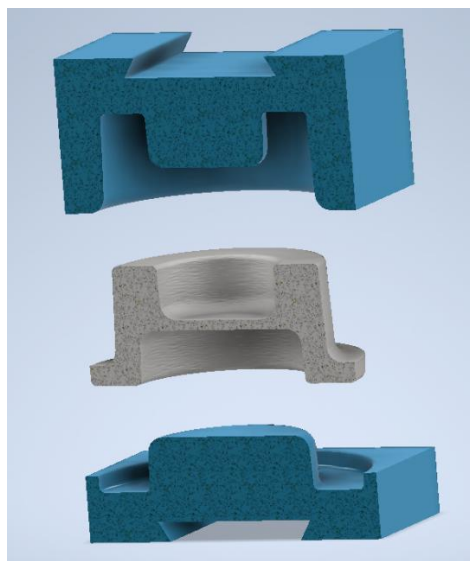
A legnagyobb átmérő meghaladja a 40 mm-t, ezért az alapanyagot melegen szükséges darabolni. A süllyesztékes kovácsszerszám tervezésénél elengedhetetlen továbbá a hőtágulással számolni. A tapasztalatok alapján a valóságban a szerszám kialakítása közben minden méretet meg kell növelni 2 %-kal a hőtágulás jelenségének okán. A megnövelt méretek garantálják, hogy a kihűlt munkadarab a valódi előírt méreteket biztosítja.

Az 5.6. elmetszett 3D-s ábrán figyelhető meg a kovácsdarab és a szerszám elhelyezkedése. Az ábrákon sötéttel a kovácsdarabot, míg világosabb színnel a szerszámot érzékeltetem. Az 5.7. ábrán pedig a felső és az alsó süllyeszték fél látható 3D modellben. Az alábbi ábrákhoz készült rajzdokumentációkat a 4., 5., 6., és 7. mellékletek tartalmazzák.

5.6. ábra A kovácsdarab és a szerszám viszonya



5.7. ábra A kovácsdarab és a szerszám viszonya 3D-s modellje



5.2 Forgácsolás művelettervezése

A forgácsolási műveletsorrendjét a 36. sz. melléklet tartalmazza.

Forgácsolási adatok

A forgácsolás művelettervezéshez felhasznált adatokhoz, jelölésekhez és a táblázatokhoz a Gépgyártástechnológia példatár és segédletet, illetve a Műszaki táblázatok című könyvet alkalmaztam forrásként.

Előgyártmány: Süllyesztékben kovácsolt szénacél

Anyagminőség: C35

Szakítószilárdság: $R_m = 550 \text{ MPa}$

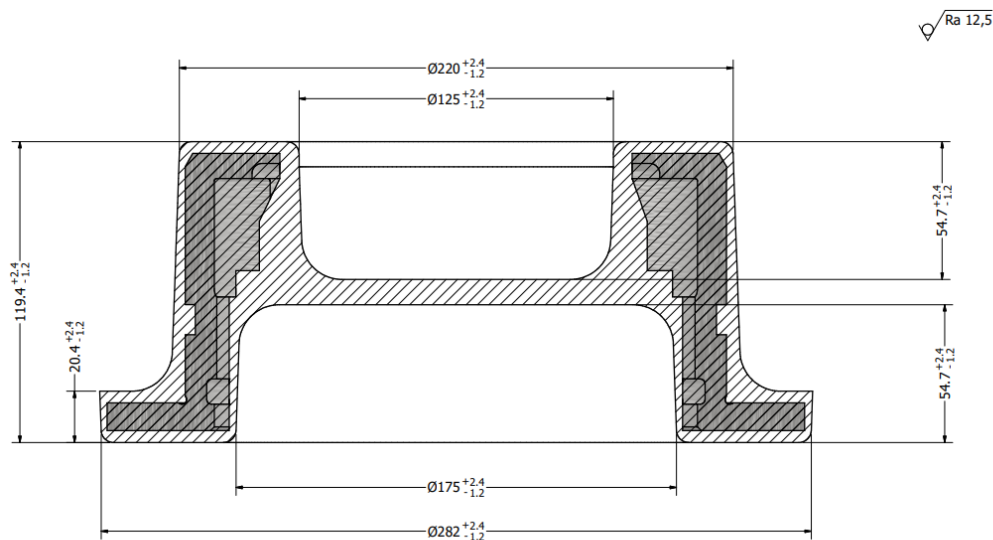
Nyersméret: $\varnothing 283.1 \times 119,4 \text{ mm}$

A forgácsolási paraméterek meghatározása

Kovácsolás

Az előírt pontossági fokozat (II oszt.) alapján, a táblázatok segítségével határoztam meg a kovácsdarab méreteit. Az 5.8. ábrán látható a munkadarab metszett kovácsrajza, amelyen világossal a kovácsrajz látható és sötétebb színnel pedig a munkadarab.

5.8. ábra A munkadarab és a kovácsdarab viszonya



A rajzon látható külső - belső oldal ferdeségek értéke $2^\circ - 2^\circ$
A rajzon látható külső - belső lekerekítések értéke R5 - R16

A számítások során alkalmazott összefüggésekben (esztergálás, fúrás, marás) szereplő tényezők megnevezését az 5.12. táblázat tartalmazza

5.12. táblázat Jelmagyarázat

Jelölés	Megnevezés	Mértékegység
a	fogásmélység	[mm]
i	fogások száma	[db]
f	előtolás	[mm/ford]
R_a	átlagos felületi érdesség	[μm]
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_{kr}	munkadarab felületéről, kergétől függő módosító tényező	[-]
K_{sz}	szerszámtól (fúrásnál a szerszám anyagától) függő módosító tényező	[-]
K_m	forgácsolás módjától függő módosító tényező	[-]
K_h	anyag állapotától függő módosító tényező	[-]
K_k	munkadarab felületétől, kergétől függő módosító tényező	[-]
K_T	éltartamtól függő módosító tényező	[-]
K_l	furat hosszának 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/a fúrószár átmérő	[mm]
t_g	forgácsolás időtartama	[min]
$l_1; l_2$	rá- és túlfutás mértéke (2 mm)	[mm]
M	forgatónyomaték	[Nm]
k_c	fajlagos forgácsolási ellenállás	[N/mm^2]
P_c	forgácsolás teljesítményszükséglete	[kW]
P_h	hajtáshoz szükséges teljesítmény	[kW]
η_G	szerszámgép hatásfoka (0,8)	[-]
F_{fv}	forgácsolóerő nagysága	[N]

1. Művelet: Esztergálás I.

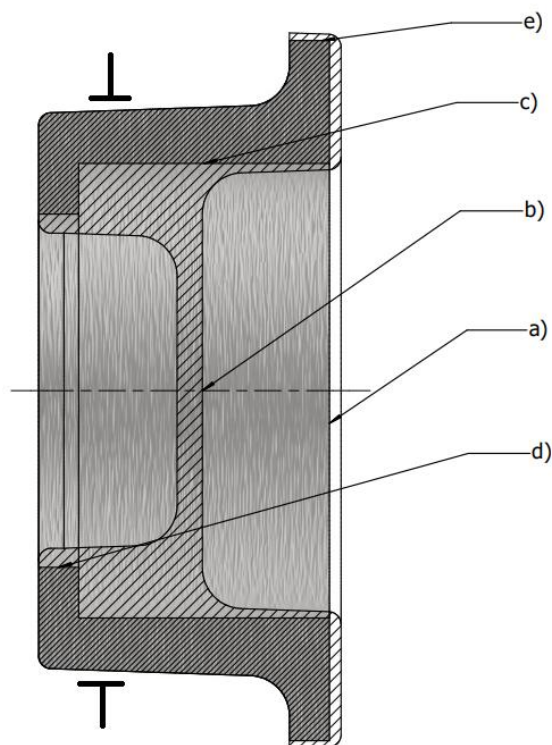
Az esztergálás I. műveleti utasítás lapja a 37. sz. mellékletben található.

A szerszámgép kiválasztása: WHN-13 CNC HORIZONTÁL.

A befogás módja: Befogókészülékbe (a készülékkérő lap a 8. sz. mellékletben található)

A megmunkálendő felületek az 5.9. ábrán láthatók.

5.9. ábra Esztergálás I. felületei



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Főorsó furata: 130 mm

Fordulatszám-határok: 25 – 1500 [1/min]

Fokozat tényező: 1,25 [-]

A késtartóba befogható késszár keresztmetszet: 32 x 32 mm

A főforgácsoló erő kiválasztása:

- I. A szerszámra megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 9000 \text{ N}$
- II. A gépre megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 20000 \text{ N}$
- III. A munkadarab befogási módjától függő megengedett legnagyobb főforgácsolóerő:
 $F_F = 900000 \text{ N}$

A technológiai adatok meghatározásához a három érték közül a legkisebb értéket $F_f = 9000$ N kell figyelembe venni.

Homloknagyolás – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű esztergakés DIN 4977 ISO 5 R 20x20 P30

A forgácsolási ráhagyás a felületen: 4,7 mm

Simítási ráhagyás a felületen: 1 mm

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a = 4,7 - 1 = 3,7$ mm

A fogások száma: $i = 1$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{3,7 \cdot 1500} = 1,62 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{3,7}{1,62} = 2,28$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $2,28 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 3,7$ mm

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{3,7}{12,5} = 0,3 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácsolóerő értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

— K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 3,7 = 2791,3 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.13. táblázat tartalmazza.

5.13. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{282 \cdot \pi} = 70,95 \frac{1}{min}$$

Ahol D – a kiinduló átmérő a ráhagyással együtt: $D = 277 + 5 = 282 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{282 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 99,22 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{2791,3 \cdot 99,22}{60 \cdot 10^3} = 4,62 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{4,62}{0,8} = 5,78 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A kiszámított adatok összegzését az 5.14. táblázat tartalmazza:

5.14. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 3,7 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 2791,3 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 99,22 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 4,62 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 5,78 \text{ kW}$

Furatnagylválás ($\emptyset 125 \times 54,7 \text{ mm} - t\ddot{o}l$) – b) felület

Alkalmazott szerszám: Átmenő lyukkés K10 20x20 mm MSZ1912

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D}{2} = \frac{175 - 125}{2} = 25 \text{ mm}$$

D – a legnagyobb kiinduló átmérő: $D = 175 \text{ mm}$

d – a megmunkált átmérő: $d = 125 \text{ mm}$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{25 \cdot 1500} = 0,24 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$\text{Az } \frac{a}{f} \text{ viszony nagysága: } \frac{a}{f} = \frac{25}{0,24} = 104,2$$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást meg kell osztani, mivel $104,2 > 12,5$

A fogások száma: $i = 5$

$$\text{Ezek alapján a fogásmélység: } a = \frac{175 - 125}{2 \cdot 5} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke } f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{5}{12,5} = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

A szerszámgépen beállítható legközelebbi előtolás értéke: $f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácsolóerő értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

— K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 1886 \frac{N}{mm^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 5 = 3772 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.15. táblázat tartalmazza.

5.15. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{175 \cdot \pi} = 114,34 \frac{1}{min}$$

— Ahol D – a kiinduló átmérő. $D = 175 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 140 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{175 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = 76,97 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{3772 \cdot 76,97}{60 \cdot 10^3} = 4,84 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{4,84}{0,8} = 6,05 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A kiszámított adatok összegzését az 5.16. táblázat tartalmazza:

5.16. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 5$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 3772 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 76,97 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 140 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 4,84 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 6,05 \text{ kW}$

Furatnagylválás ($\emptyset 179 \times 99 \text{ mm}$) – c) felület

Alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számolásokat a 9. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.17. táblázat tartalmazza:

5.17. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5,4 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 5$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 4073,8 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 62,98 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 4,28 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 5,35 \text{ kW}$

Furatnagyolás (Ø139 x 99 mm – től) d) felület

Alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 10. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.18. táblázat tartalmazza:

5.18. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 7 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,6 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 7072,8 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 61,14 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 140 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 7,21 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 9,01 \text{ kW}$

Palástnagyolás (Ø278 x 11 mm) – e) felület

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés DIN 4980 ISO 6 R 20x20 P30

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: 2,65 mm

(Mivel az előgyártmány kovácsolással készült, a felület oldalferdeséggel rendelkezik ezért a forgácsolási ráhagyás a felületen nem állandó.)

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre: 1 mm)

Forgácsolási ráhagyás a felületen:

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{283,1-278}{2} = 2,55 \text{ mm}$$

D – a legnagyobb kiinduló átmérő: $D = 283,1 \text{ mm}$

d – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyással: $d = 277 + 1 = 278 \text{ mm}$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{2,55 \cdot 1500} = 2,35 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{2,55}{2,35} = 1,09$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $1,09 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 2,55 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{f} = \frac{2,55}{12,5} = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácselő értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_K = 0,25 \cdot \sin 90^\circ = 0,25 \text{ mm}$$

— K_K – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_K = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácselő: $k'_c = 2121 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácselő erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 2121 \cdot 0,25 \cdot 2,55 = 1352,14 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácselősebesség meghatározása:

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

A v_c forgácselősebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.19. táblázat tartalmazza.

5.19. táblázat A forgácselősebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácselés módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kergétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{278 \cdot \pi} = 71,97 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{278 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 97,82 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1352,14 \cdot 97,82}{60 \cdot 10^3} = 2,20 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{2,20}{0,8} = 2,75 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A kiszámított adatok összegzését az 5.20. táblázat tartalmazza:

5.20. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 2,55 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,25 \frac{mm}{ford}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 1352,14 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 97,82 \frac{m}{min}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 2,20 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 2,75 \text{ kW}$

Homloksimítás – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű esztergakés DIN 4977 ISO 5 R 20x20 P30

Simítási ráhagyás a felületen: 1 mm

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

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 1,6 \mu m = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}} = 0,129 \frac{mm}{ford}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,15 \frac{mm}{ford}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.21. táblázat tartalmazza.

5.21. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{282 \cdot \pi} = 70,95 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{282 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 99,22 \frac{m}{min}$$

A kiszámított adatok összegzését az 5.22. táblázat tartalmazza:

5.22. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 1 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,15 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 70,95 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

Furatsimítás (Ø180 x 99 mm) – c) felület

Alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 11. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.23. táblázat tartalmazza:

5.23. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 0,5 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 63,33 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{\text{gépi}} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

Furatsimítás ($\emptyset 140 \times 99 \text{ mm} - t\acute{o}l$) – d) felület

Alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 12. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.24. táblázat tartalmazza:

5.24. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 0,5 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 61,57 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{\text{gépi}} = 140 \frac{1}{\text{min}}$

Palásztimítás ($\emptyset 277 \times 11 \text{ mm}$) – e) felület

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergakés DIN 4980 ISO 6 R 20x20 P30

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre: 1 mm)

Fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{278-277}{2} = 0,5 \text{ mm}$

D – a legnagyobb kiinduló átmérő: $D = 278 \text{ mm}$

d – a megmunkált átmérő: $d = 277 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 3,2 \mu\text{m} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} = 0,182 \frac{mm}{ford}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,2 \frac{mm}{ford}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.25. táblázat tartalmazza.

5.25. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{278 \cdot \pi} = 71,97 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{278 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 97,81 \frac{m}{min}$$

A kiszámított adatok összegzését az 5.26. táblázat tartalmazza:

5.26. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 1 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 71,97 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

2. művelet: Esztergálás II.

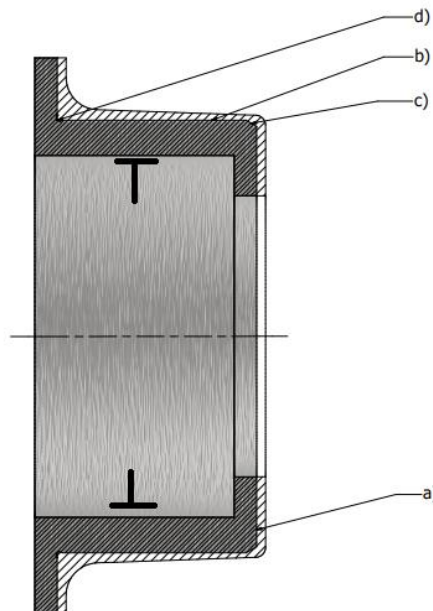
Az esztergálás II. műveleti utasítás lapja a 38. sz. mellékletben található.

A szerszám gép kiválasztása: WHN-13 CNC HORIZONTÁL.

A befogás módja: Tokmányba

A megmunkálandó felületek az 5.10. ábrán láthatók.

5.10. ábra Esztergálás II. felületei



A főforgácsoló erő kiválasztása:

IV. A szerszámra megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 9000 \text{ N}$

V. A gépre megengedett legnagyobb főforgácsolóerő: $F_f = 20000 \text{ N}$

VI. A munkadarab befogási módjától függő megengedett legnagyobb főforgácsolóerő:

$$F_F = 900000 \text{ N}$$

A technológiai adatok meghatározásához a három érték közül a legkisebb értéket $F_f = 9000 \text{ N}$ kell figyelembe venni.

Homloknagyolás – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű esztergákés DIN 4977 ISO 5 R 20x20 P30

A részletes számításokat a 13. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.27. táblázat tartalmazza:

5.27. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 3,7 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 2791,3 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 90,95 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 3,60 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 4,5 \text{ kW}$

Palástnagyolás ($\emptyset 216 \times 99 \text{ mm}$) – b) felület

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergákés DIN 4980 ISO 6 R 20x20 P30

A részletes számításokat a 14. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.28. táblázat tartalmazza:

5.28. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 6,71 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 5$
Előtolás	$f = 0,5 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 5985,32 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 76 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 7,58 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 9,48 \text{ kW}$

Homloksimítás – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű esztergákés DIN 4977 ISO 5 R 20x20 P30

A részletes számításokat a 15. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.30. táblázat tartalmazza:

5.30. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 1 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 77,41 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

Palástsimítás (Ø215 x 99 mm) – b) felület

Az alkalmazott szerszám: Oldalélű esztergákés DIN 4980 ISO 6 R 20x20 P30

A részletes számításokat a 16. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.31. táblázat tartalmazza:

5.31. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 1 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 76 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

Letörés 3x30° - c) felület

Az alkalmazott szerszám: Hajlított esztergákés DIN 4972 ISO 2 R 20x20 P30

A letöréshez tartozó átmérő: $D = 215 \text{ mm}$

A fogásmélység a letörés mérete alapján: $a = 3 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értéke: $f = 0,1 \frac{mm}{ford}$ (kézi)

Beszúrás – d) felület

Az alkalmazott szerszám: Sarok esztergakés R2-es profillal DIN 4978 ISO 3 R 20x20 P30

A részletes számítások a 17. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.33. táblázat tartalmazza:

5.33. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 0,5 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,1 \frac{mm}{ford} \text{ (kézi)}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 75,65 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

3. művelet: Marás I.

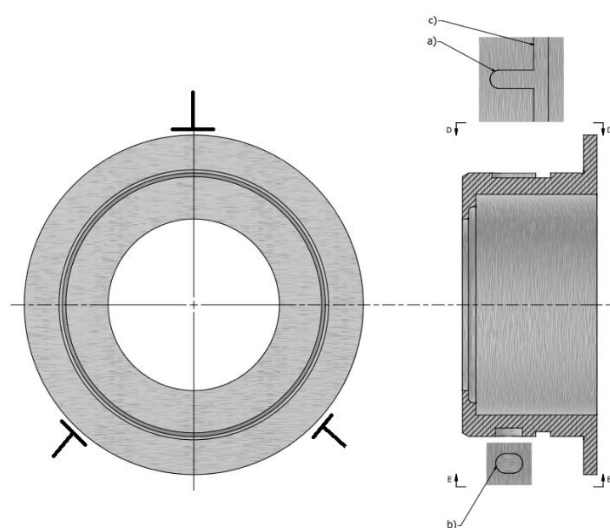
A marás I. műveleti utasítás lapja a 39. sz. mellékletben található.

A szerszám gép kiválasztása: WHN-13 CNC HORIZONTÁL.

A befogás módja: Tokmányba

A megmunkálendő felületek az 5.11. ábrán láthatók.

5.11. ábra Marás I. felületei



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Főorsó furata: 130 mm

Fordulatszám-határok: 25 – 1500 [1/min]

Fokozat tényező: 1,25 [-]

Zsebmarás – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Ø12 Ujjmaró, hengeres szárral HS18 01 12 III. MSZ3869

Fogszám: 4

Fogankénti előtolás: $f_z = 0,04 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_a \cdot K_{sz}$$

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.34. táblázat tartalmazza.

5.34. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 23 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_\kappa = 0,77$
Anyagminőség szerinti sebességkorrekció	$K_a = 1,03$
Szerszámanyag szerinti sebességkorrekció	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 23 \cdot 0,77 \cdot 1,03 \cdot 1 = 18,24 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 18,24}{12 \cdot \pi} = 483,83 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 450 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{12 \cdot \pi \cdot 450}{1000} = 16,96 \frac{m}{min} = 0,2827 \frac{m}{sec}$$

Az előtolás meghatározása:

$$V_f = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,04 \cdot 450 \cdot 4 = 72 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,04}{12}} = 0,058 \text{ innen } \varphi = 6,65^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

Kapcsolószám: $\Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{6,65^\circ}{90^\circ} = 0,074$

A közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,04 \cdot \sqrt{\frac{3}{12}} = 0,02 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,074 \cdot 1500 \cdot 0,02 \cdot 3 = 6,66 \text{ N}$$

– A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P = F_{maró} \cdot v_{cm} = 6,66 \cdot 0,2827 = 1,88 \text{ W}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{1,88}{0,8} = 2,35 \text{ W}$$

– Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A kiszámított adatok összegzését az 5.35. táblázat tartalmazza:

5.35. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 3 \text{ mm}$
Fogankénti előtolás	$f = 0,04 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 16,96 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 450 \frac{1}{min}$
Forgácsolás teljesítményszüksége	$P = 1,88 \text{ W}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 2,35 \text{ W}$

Zsebmérés – b) felület

Az alkalmazott szerszám: Ø50 Tárcsamaró HS18 0 1 MSZ3856

A részletes számításokat a 18. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.36. táblázat tartalmazza:

5.36. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5 \text{ mm}$
Fogankénti előtolás	$f = 0,05 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 35,19 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 224 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszüksége	$P = 7,17 \text{ W}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 8,96 \text{ W}$

Horonymarás – c) felület

Az alkalmazott szerszám: Ø125 Tárcsamaró HS18 0 1 MSZ3856

(A megmunkálás során figyelembe kell venni a tárcsamaró átmérőjét, a külső perem (Ø277 mm) és a horony mélységének megfelelő belső átmérő (Ø207 mm) alapján. A kialakítandó horony szélessége így Ø70 mm, amelyhez a legközelebbi Ø80-as tárcsamaró nem megfelelő, mivel csak Ø10 mm-es befogóval használható. A következő méret a Ø125 mm-es tárcsamaró, amely Ø40 mm-es szerszámbefogóval alkalmazható, ezért a megmunkáláshoz ez a méret szükséges.)

A részletes számításokat a 19. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.39. táblázat tartalmazza:

5.39. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5 \text{ mm}$
Fogankénti előtolás	$f = 0,05 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 43,98 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszüksége	$P = 6,29 \text{ W}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 7,86 \text{ W}$

4. Művelet: Marás II.

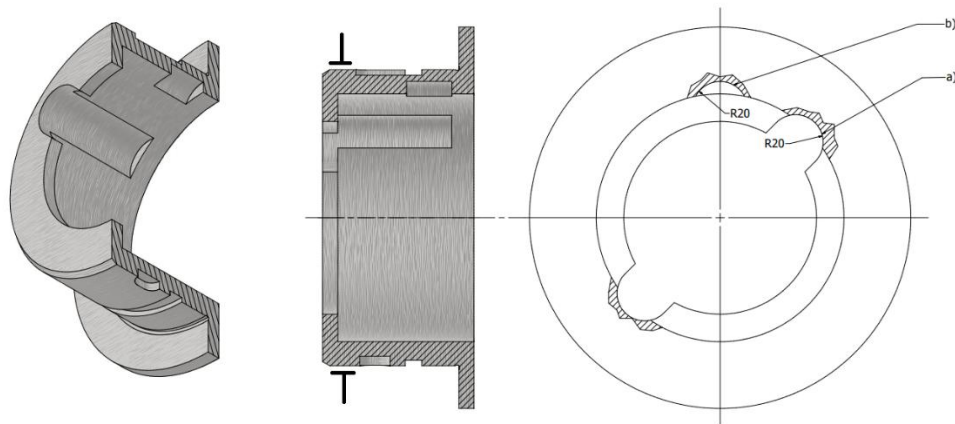
A marás II. műveleti utasítás lapja a 40. sz. mellékletben található.

A szerszámgép kiválasztása: WHN-13 CNC HORIZONTÁL.

A befogás módja: Tokmányba

A megmunkálendő felületek az 5.12. ábrán láthatók.

5.12. ábra Marás II. felületei



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Főorsó furata: 130 mm

Fordulatszám-határok: 25 – 1500 [1/min]

Fokozat tényező: 1,25 [-]

Zsebmarás (2xR20) – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Ø16 Ujjmaró, hengeres szárral HS18 01 12 III. MSZ3869

A részletes számolásokat a 20. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.37. táblázat tartalmazza:

5.37. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 3 \text{ mm}$
Fogankénti előtolás	$f = 0,04 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 16,96 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 450 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 1,88 \text{ W}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 2,35 \text{ W}$

Horonymarás (R20 x 33 mm) – b) felület

Az alkalmazott szerszám: Ø50 Tárcsamaró HS18 0 1 MSZ3856

A részletes számításokat a 21. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.39. táblázat tartalmazza:

5.39. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5 \text{ mm}$
Fogankénti előtolás	$f = 0,05 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 35,19 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{\text{gépi}} = 224 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszüksége	$P = 7,17 \text{ W}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 8,96 \text{ W}$

5. Művelet: Fúrás I.

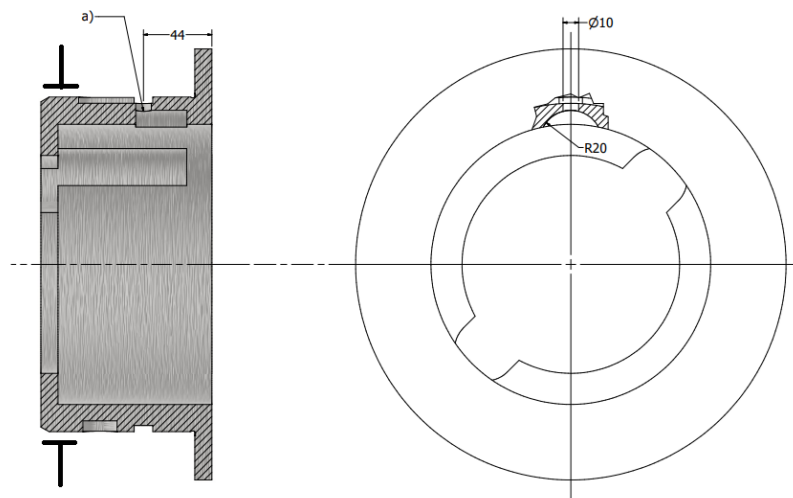
A Fúrás I. műveleti utasítás lapja a 41. sz. mellékletben található.

A szerszám gép kiválasztása: WHN-13 CNC HORIZONTÁL.

A befogás módja: Tokmányba

A megmunkálandó felület az 5.13. ábrán látható.

5.13. ábra Fúrás I. felülete



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Főorsó furata: 130 mm

Fordulatszám-határok: 25 – 1500 [1/min]

Fokozat tényező: 1,25 [-]

Fúrás I. (Ø10 x 13,5 mm) – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø10 h8 HS18 0 1 MSZ3985

Furatátmérő: $D = 10 \text{ mm}$

Fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,16 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok az 5.40. táblázat tartalmazza.

5.40. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 25,5 \frac{m}{min}$
A furat hosszának és átmérőjének viszonyától függő módosító tényező	$K_l = 1$
A munkadarab anyagától függő módosító tényező	$K_a = 1,32$
A szerszám anyagától függő módosító tényező	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 25,5 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 = 33,66 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 33,66}{10 \cdot \pi} = 1071,43 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámgépen fokozati

tényezője alapján: $n_{gépi} = 900 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{10 \cdot \pi \cdot 900}{1000} = 28,27 \frac{m}{min}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3}$$

$$M = 1500 \frac{10^2 \cdot 0,16}{8 \cdot 10^3} = 3 \text{ Nm}$$

Ahol:

— F_1 – az egy élre eső főforgácsoló erő $F_1 = k_c \cdot A \text{ [N]}$

— k_c – a fajlagos forgácsolóerő $\left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$

A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

— A – a forgácskeresztmetszet $A = \frac{D \cdot f}{4} \text{ [mm}^2\text{]}$

A fúráshoz szükséges teljesítmény:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 900}{60 \cdot 10^3} = 0,2827 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,2827}{0,8} = 0,3533 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott szerszámgépbe beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A kiszámított adatok összegzését az 5.41. táblázat tartalmazza:

5.41. táblázat A kiszámított adatok

Előtolás	$f = 0,16 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 28,27 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 900 \frac{1}{\text{min}}$
Fúró nyomatékigénye	$M = 3 \text{ Nm}$
Fúráshoz szükséges teljesítmény	$P_c = 0,2827 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 0,3533 \text{ kW}$

6. Művelet: Fúrás II.

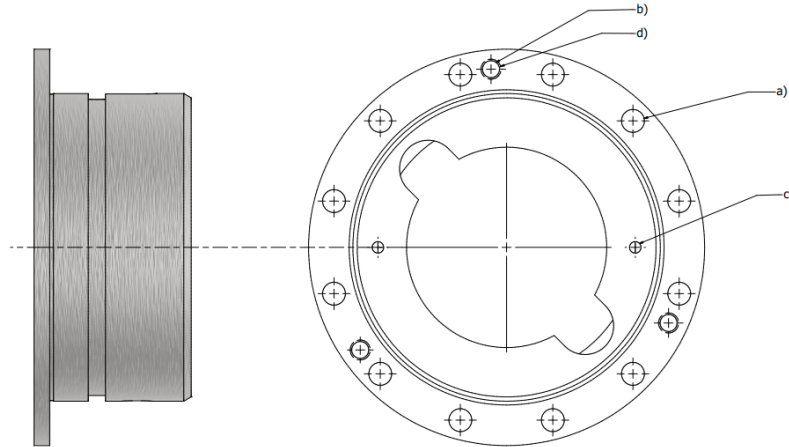
A Fúrás I. műveleti utasítás lapja a 42. sz. mellékletben található.

A szerszámgép kiválasztása: WHN-13 CNC HORIZONTÁL.

A befogás módja: Fúrókészülékbe

A megmunkálandó felületei az 5.14. ábrán láthatók.

5.14. ábra Fúrás II. felületei



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Főorsó furata: 130 mm

Fordulatszám-határok: 25 – 1500 [1/min]

Fokozat tényező: 1,25 [-]

Fúrás (Ø16 x 11 mm) (12x) – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø16 h8 HS18 0 1 MSZ3985

A részletes számításokat a 22. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.42. táblázat tartalmazza:

5.42. táblázat A kiszámított adatok

Előtolás	$f = 0,25 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 22,62 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 450 \frac{1}{min}$
Fúró nyomatékigénye	$M = 12 Nm$
Fúráshoz szükséges teljesítmény	$P_c = 0,5654 kW$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 0,7068 kW$

Fúrás (Ø12 x 11 mm) (3x) – b) felület

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø12 h8 HS18 0 1 MSZ3985

A részletes számításokat a 23. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.43. táblázat tartalmazza:

5.43. táblázat A kiszámított adatok

Előtolás	$f = 0,2 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 33,93 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 900 \frac{1}{min}$
Fúró nyomatékigénye	$M = 5,4 Nm$
Fúráshoz szükséges teljesítmény	$P_c = 0,5089 kW$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 0,6361 kW$

Fúrás (Ø7,8 x 11 mm) (2x) – c) felület

Az alkalmazott szerszám: Csigafúró Ø7,8 h8 HS18 0 1 MSZ3985

A részletes számításokat a 24. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.44. táblázat tartalmazza:

5.44. táblázat A kiszámított adatok

Előtolás	$f = 0,15 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 22,05 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 900 \frac{1}{min}$
Fúró nyomatékigénye	$M = 1,71 Nm$
Fúráshoz szükséges teljesítmény	$P_c = 0,1611 kW$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 0,2014 kW$

Menetfúrás (M14 x 11 mm) (3x) – d) felület

Az alkalmazott szerszám: Gépi menetfúró M14 DIN376 HSS

Menet hossza a furatban: 11 mm

Menetemelkedés: $P = 2 mm$

Az előtolás értéke: $f = 1,25 \frac{mm}{ford}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása: $v_c = 3 \frac{m}{min}$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 3}{14 \cdot \pi} = 68,21 \frac{1}{min}$$

– Névleges átmérő: $D = 14 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszám gép fokozati tényező

alapján: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{14 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 4,93 \frac{m}{min}$$

A kiszámított adatok összegzését az 5.45. táblázat tartalmazza:

5.45. táblázat A kiszámított adatok

Előtolás	$f = 1,25 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 4,93 \frac{m}{min}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

Dörzsárazás (Ø8H7 x 11 mm) (2x) – c) felület

Az alkalmazott szerszám: Hengeres szárú egyenes hornyú gépi dörzsár Ø8 HS18 0 1 MSZ 4408

A részletes számításokat a 25. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.46. táblázat tartalmazza:

5.46. táblázat A kiszámított adatok

Előtolás	$f = 0,5 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 22,61 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 900 \frac{1}{min}$
Fúró nyomatékigénye	$M = 6 \text{ Nm}$
Fúráshoz szükséges teljesítmény	$P_c = 0,5655 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 0,7069 \text{ kW}$

7. művelet: Szerelés

A hajtóműház felfogása sík asztalos vízszintes szerszámgépen történik. A munkadarab az asztalra két darab, körülbelül 50 mm magas, precízen köszörült hasábra van fektetve, amelyek biztosítják az alsó sík párhuzamosságát a gépasztal síkjával. A ház egyik oldalán állítható magasságú alátámasztás található, amelyet ipari környezetben gyakran „Jancsi”-nak neveznek. Ez az elem lehetővé teszi a ház precíz szintezését és biztosítja a szükséges alátámasztást a szerelés során.

A munkadarab síkbeli és szöghelyzetének pontos beállításához három ponton történik az alátámasztás: egy fix ponton és két állítható támaszon, melyek az asztalon elhelyezett T-hornyokba illesztett M16-os csavarokkal, valamint hozzájuk tartozó T-anyakkal kerülnek rögzítésre. A T-anyák a szabványos gépasztal-hornyokba illeszkednek, lehetővé téve a gyors és megbízható rögzítést. Az így kialakított hárompontos alátámasztás segítségével a munkadarab pozíciója – az egytengelyűséget is figyelembe véve – $\pm 0,02$ mm-es tűrésen belül precízen beállítható.

A beállítást követően a hajtóműházat felülről, az alsó furaton keresztül rögzítik, a két hasáb között. A pozícióbiztosítást oldalirányú megtámasztások is segítik, amelyek megakadályozzák a ház elmozdulását a megmunkálás során jelentkező oldalirányú erőhatásokkal szemben. A ház pozíciójának ellenőrzése és fixálása után történhet meg a perselyek furatainak megmunkálása.

A beállítás során különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a megmunkálandó furatok tengelye egybeessen a hajtóműház geometriai tengelyével. A jó felfogás biztosítja a szerelési pontosságot és a későbbi csapágý- és perselyillesztések megfelelő működését.

8. művelet: Esztergálás, marás

Az utolsó műveletnél alkalmazott esztergálás, marás célja, hogy biztosítsuk a két furatsor egytengelyűségét. A pontos megmunkálás lehetővé teszi a darab II. állásában történő egyszerű és pontos beállítást, valamint a nullpont felvételét. Ez a megoldás elősegíti a furatok közötti geometriai összhang fenntartását és a szerelés pontosságát.

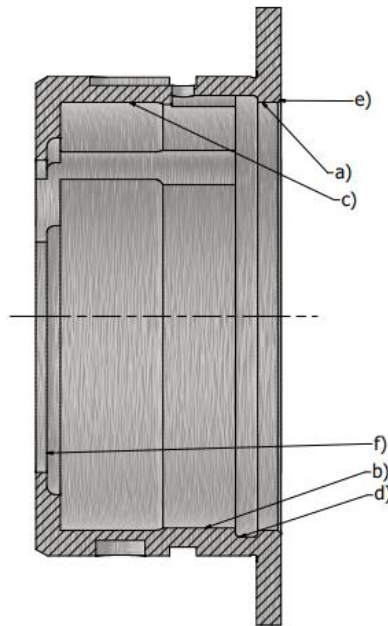
Az Esztergálás, marás műveleti utasítás lapja a 43. sz. mellékletben található.

A szerszámgép kiválasztása: WHN-13 CNC HORIZONTÁL.

A befogás módja: Tokmányba

A megmunkálandó felületei az 5.15. ábrán láthatók.

5.15. ábra Esztergálás, marás felületei



Minden forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

Főorsó furata: 130 mm

Fordulatszám-határok: 25 – 1500 [1/min]

Fokozat tényező: 1,25 [-]

Furatnagylás (Ø191,5 x 20,5 mm) – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számítások a 26. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.46. táblázat tartalmazza:

5.46. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5,75 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 4337,8 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 63,33 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszüksége	$P = 4,58 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 5,73 \text{ kW}$

Furatnagyolás (Ø189,5 x 32,5 mm) – b) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számolásokat a 27. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.47. táblázat tartalmazza:

5.47. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 4,75 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 3583,4 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 63,33 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszüksége	$P = 3,78 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 4,73 \text{ kW}$

Furatnagyolás (Ø191,5 x 46 mm) – c) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 28. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.48. táblázat tartalmazza:

5.48. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5,75 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 4337,8 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 63,33 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszüksége	$P = 4,58 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 5,73 \text{ kW}$

Horonymarás (Ø196 x 10 mm) – d) felület

Az alkalmazott szerszám: Ø80 Tárcsamaró HS18 0 1 MSZ3856

A részletes számításokat a 29. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.49. táblázat tartalmazza:

5.49. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5 \text{ mm}$
Fogankénti előtolás	$f = 0,05 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 35,19 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 140 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 6,38 \text{ W}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 7,98 \text{ W}$

Furatnagylválás ($\varnothing 198 \times 10 \text{ mm}$) – d) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés forrasztott lapkás R2 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 30. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.50. táblázat tartalmazza:

5.50. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 1 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 225,5 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 68,96 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 0,26 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 0,33 \text{ kW}$

Furatnagylválás ($\varnothing 161 \times 6 \text{ mm}$) – f) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés forrasztott lapkás R4 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 31. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.48. táblázat tartalmazza:

5.48. táblázat Kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 5,25 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 2$
Előtolás	$f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsoló erő	$F_{fv} = 3960,6 \text{ N}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 70,81 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítható fordulatszám	$n_{gépi} = 140 \frac{1}{\text{min}}$
Forgácsolás teljesítményszükséglete	$P = 4,67 \text{ kW}$
Hajtáshoz szükséges teljesítmény	$P_h = 5,84 \text{ kW}$

Furatsimítás ($\varnothing 192H7 \times 10,5 \text{ mm}$) – a) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 32. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.51. táblázat tartalmazza:

5.51. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 0,25 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 67,38 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

Furatsimítás ($\varnothing 190K6 \times 32,5 \text{ mm}$) – b) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 33. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.52. táblázat tartalmazza:

5.52. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 0,25 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 66,68 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

Furatsimítás (Ø192 x 46 mm) – c) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 34. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.53. táblázat tartalmazza:

5.53. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 0,1 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 67,52 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

Furatsimítás (Ø162 x 6 mm) – f) felület

Az alkalmazott szerszám: Fenéklyukkés forrasztott lapkás R4 20x20 MSZ1913

A részletes számításokat a 35. sz. melléklet tartalmazza.

A kiszámított adatok összegzését az 5.53. táblázat tartalmazza:

5.53. táblázat A kiszámított adatok

Fogásmélység	$a = 0,5 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 71,25 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{g\acute{e}pi} = 140 \frac{1}{\text{min}}$

Letörés 1,5x45° - e) felület

Az alkalmazott szerszám: Hajlított esztergakés DIN 4972 ISO 2 R 20x20 P30

A letöréshez tartozó átmérő: $D = 192 \text{ mm}$

A fogásmélység a letörés mérete alapján: $a = 1,5 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

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

A tervezési számításokat a rendelkezésre álló szakirodalmi és gyakorlati segédletek alapján készítettem el, amelyek iránymutatást nyújtottak az esztergálás, marás és fúrás műveleteinek megfelelő paramétereinek meghatározásához, biztosítva ezzel a számítások pontosságát és a megmunkálás optimális kivitelezhetőségét. [1., 3., 6., 13., 14., 23.]

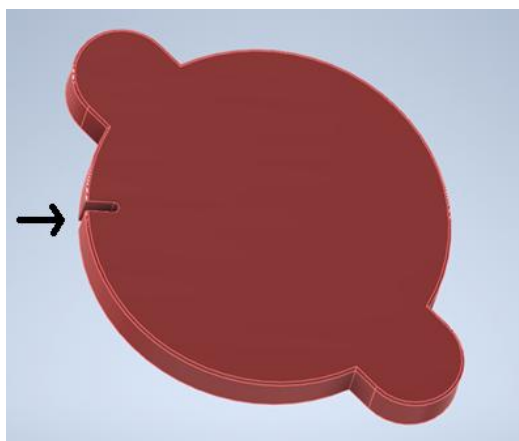
5.3 Fúrókészülék tervezése

A fúrókészülék feladata, hogy pontosan meghatározza a munkadarab helyzetét, rögzítse azt, valamint biztosítsa a szerszám megfelelő irányítását. Ez a készülék tehát egyszerre szolgál munkadarab-befogóként és szerszámvezetőként. Használata növeli a megmunkálás pontosságát, és lerövidíti az időtartamát, mivel megkönnyíti a munkadarab rögzítését és a szerszám irányítását.

Munkadarab központosítása

A csapágypersely henger formájú, forgásszimmetrikus test, ezért használatakor szükséges a központosítás. A persely felületeit megvizsgálva megállapítható, hogy kevés olyan rész van rajta, amely pontos központosításra alkalmas. A központosító tárcsa, amelynek anyaga 100MnCrW4 és a befoglaló mérete 195.5 x 18 mm, további jelöléssel (marat) van ellátva, amely a tárcsa helyes és egyértelmű elhelyezését az alaplapba való beépítés során biztosítja – ezt egy fekete nyíllal jelöltem. Ez a jelölés a persely oldalán található egyetlen furat helyzetét jelzi, amely az illesztés során referencia pontként szolgál. A központosító tárcsa 3D-s modellje az 5.16. ábrán látható. A központosító tárcsa műhelyrajza a 44. sz. mellékletben található.

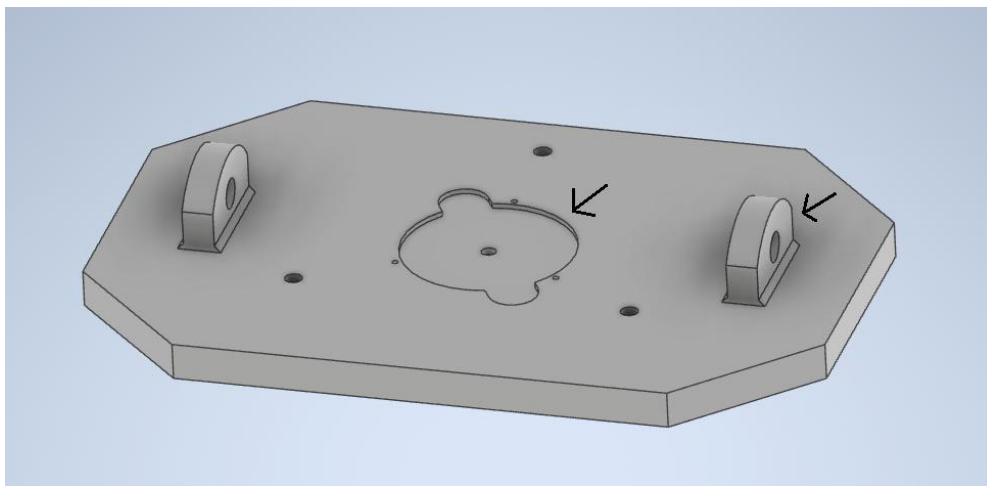
5.16. ábra Központosító tárcsa



Az alaplap

Az alaplap mérete $600 \times 400 \times 30$ mm, anyaga S235JR szerkezeti acél (5.17. ábra). Középső részén kialakításra került a központosító tárcsa besüllyesztése, amely a stabil és rögzített pozíció biztosítását szolgálja, valamint megakadályozza a persely bármilyen elfordulását (a rajzon fekete nyíllal jelölve). A központosító tárcsa H7/p6 szoros illesztéssel került beépítésre, továbbá egy illesztőcsappal is rögzítve van, amely növeli a szerkezet üzembiztonságát és a pontos pozicionálást. A központosító tárcsa környezetében három darab ülék helyezkedik el, amelyek a munkadarab megfelelő felfekvését biztosítják. Az alaplapon ezen kívül három darab M16×1,5 menetes furat is kialakításra került a rögzítési feladatok ellátására. Emellett az alaplapra két darab hegesztett emelőszem is felkerült, amelyek a készülék biztonságos emelését és mozgását teszik lehetővé (szintén fekete nyíllal jelölve). Az emelőszem műhelyrajzát a 45. sz. melléklet tartalmazza. Az alaplap négy sarka $100 \times 45^\circ$ -os letöréssel van kialakítva, amely egyrészt esztétikai, másrészt biztonsági és kezelhetőségi szempontból előnyös. Az alaplap műhelyrajzát a 46. sz. melléklet tartalmazza.

5.17. ábra Az alaplap



Munkadarab bázisfelülete

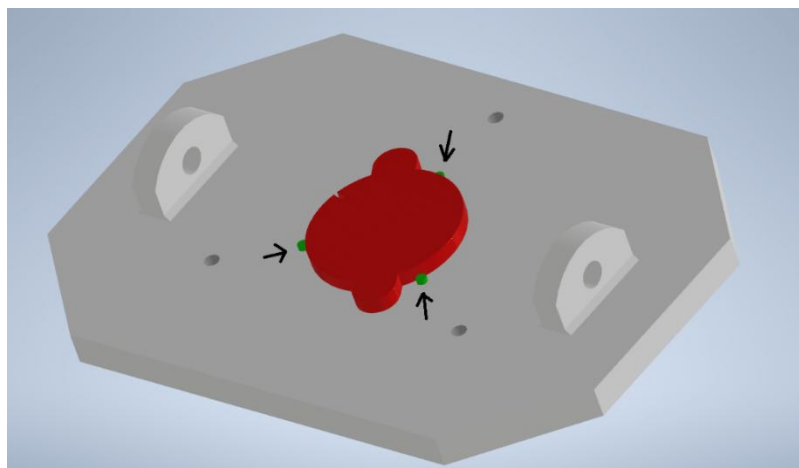
A munkadarab alaplapon való pontos felfekvését hárompontos bázis biztosítja, melyet csapos ülékek hoznak létre. A csapos ülékek és a központosító tárcsa H7/p6 szoros illesztéssel kerülnek beépítésre az alaplapba. A felhasznált csapos ülékek szabványos, kereskedelemben kapható elemek. Az 5.18. ábrán látható a csapos ülék 3D-s modellje, míg az 5.19. ábra az

alaplapba szerelt zöld színű csapos üléket és a vörös színnel jelölt központosító tárcsát mutatja be (fekete nyíllal jelölve).

5.18. ábra Csapos ülék

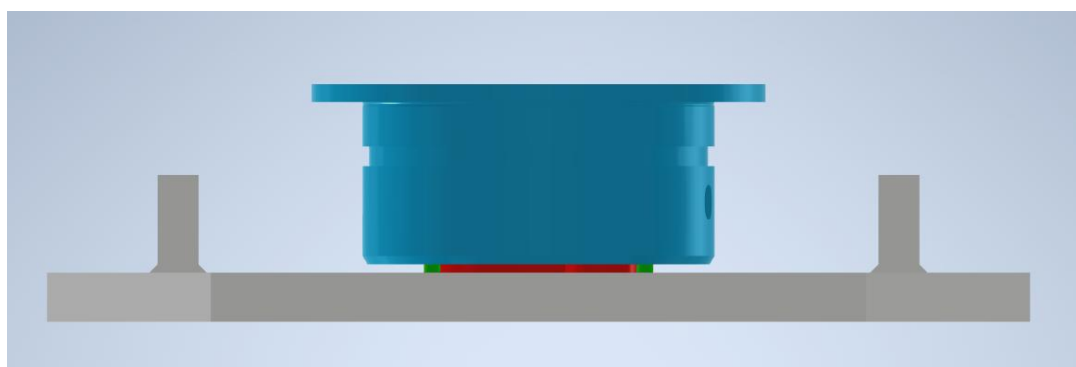


5.19. ábra Csapos ülékek és a központosító tárcsa az alaplapban.



A csapágypersely (kék színnel) felfekvése a csapos üléceken az 5.20. ábrán látható.

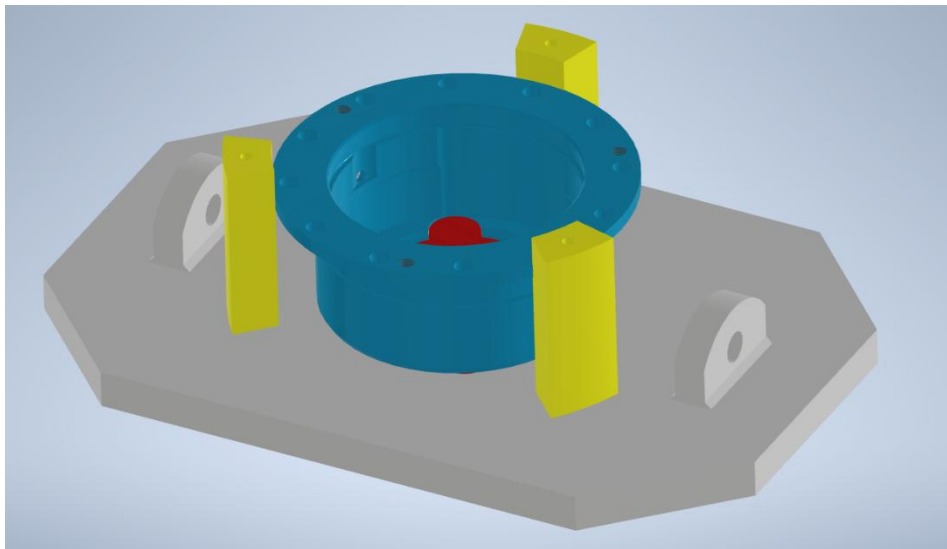
5.210. ábra A csapágypersely felfekvése a csapos üléceken



Az oszlopok felépítése

Az oszlopok szerelt kialakításúak, tehát különálló elemekből épülnek fel. A szerkezet három darab hengeres oszlopból áll, amelyek az alaplaphoz csatlakoznak. Az oszlopoknak az anyaga S235JR és a befoglaló mérete 60 x 35,2 x 140 mm. Az oszlopok alsó részén kialakított M16x1,5 menetes furat szolgál a rögzítésre, amely stabil kapcsolatot biztosít az alaplappal. Az oszlopok felső végén illesztőcsapok kerültek kialakításra, amelyek a fűrőlap pontos és ismételhető pozicionálását teszik lehetővé. Az illesztőcsapok H7/p6 szoros illesztéssel kerülnek a fűrőlapba beépítésre, így a kapcsolat nemcsak az axiális, hanem a radiális elmozdulásokat is kizárja, biztosítva a rendszer nagyfokú stabilitását. A három oszlop tehát egyszerre látja el a rögzítés és a vezetés funkcióját: alsó végükön a menetes kötés révén, felső végükön pedig az illesztőcsapos megoldással kapcsolódnak a szerkezet többi eleméhez. Az 5.21. ábra az oszlopok (sárga színnel) elhelyezkedését, valamint a rögzítéshez és szereléshez szükséges elemeket szemlélteti. Az oszlopok műhelyrajza a 47. sz. mellékletben található.

5.11. ábra Az oszlopok az alaplagra szerelve

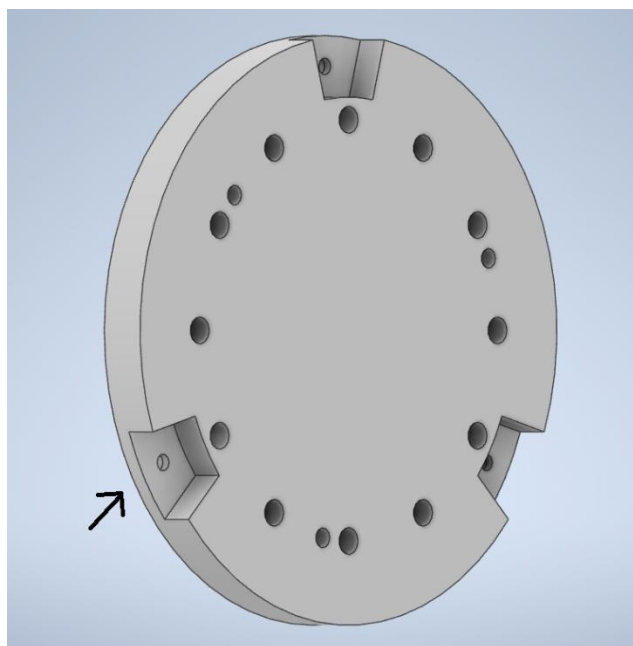


A fűrőlap kialakítása

A fűrőlap pozicionálására szolgáló illesztőcsap szoros H7/p6 illesztéssel kerül beszerelésre az oszlopokba. A fűrőlap anyag S235JR és a befoglaló mérete 350 x 30 mm. A fűrőlap és az illesztőcsap a gyakori illesztés miatt laza H7/g6 illesztéssel kerül kialakításra. A szerszám vezetése a fűrőlapban kialakított vezetőfurat segítségével történik, amely

biztosítja a furatok pontos helyzetét és a furattengelyek irányát. Fontos megjegyezni, hogy az oszlopok pontosan illeszkednek a fúrólapba. Ez a kialakítás a lehetséges elmozdulások megakadályozását szolgálja, biztosítva az oszlopok stabil és fix rögzítését a fúrólapon ezt nyíllal jelöltem. A fúrólapban elhelyezkednek az alapperselyek is, melyeknek illesztése H7/p6. A fúrólapot az 5.22. ábra szemlélteti. A műhelyrajzát a 48. sz. melléklet tartalmazza.

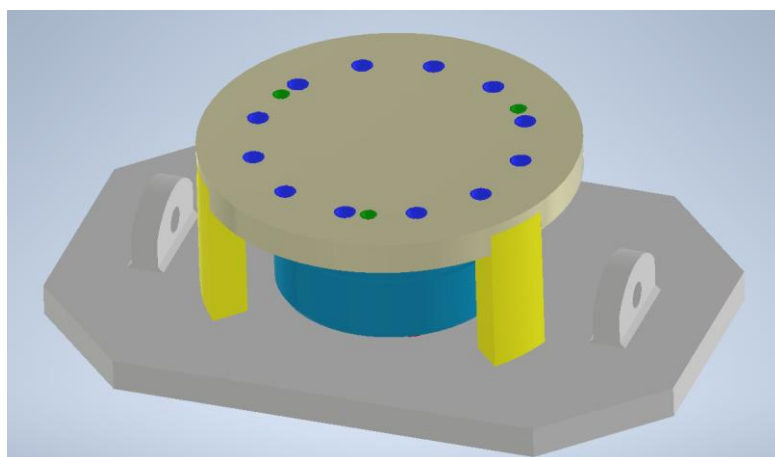
5.12. ábra A fúrólap



Az összeszerelt fúrókészülék

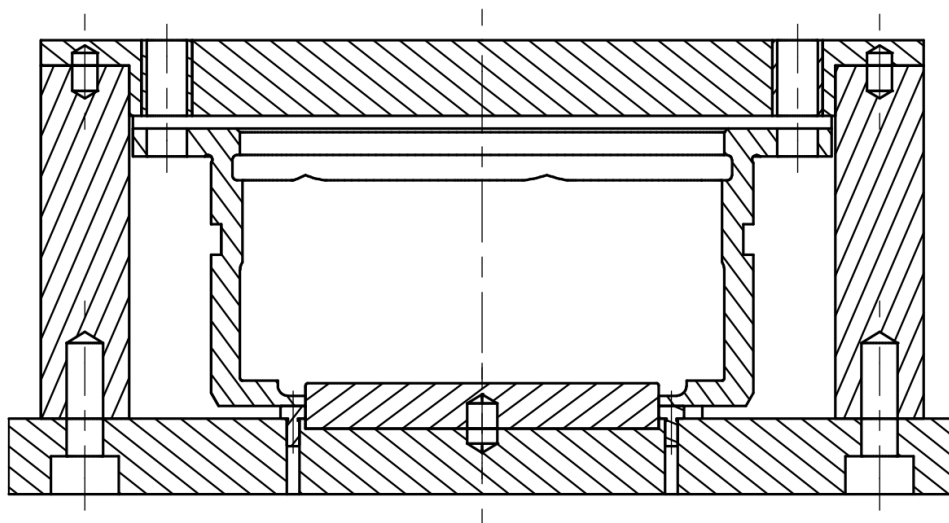
Az oszlopokra szerelt fúrólap, így a teljes összeszerelt fúrókészülék az 5.23. ábrán látható.

5.13. ábra Az összeszerelt fúrókészülék



A teljes összeszerelt fúrókészülék a benne elhelyezkedő csapágypersellyel az 5.24. ábrán látható metszeti ábrázolásban.

5.14. ábra Az összeszerelt fúrókészülék metszeti rajza



A persely másik felületén van 2x 8H7-es furat, ez egy másik készülékkel lesz elkészítve.

6. Gazdaság számítás

A gazdasági számítás célja az alkatrész teljes gyártási költségének meghatározása, az alapanyag beszerzésétől kezdve egészen az összeszerelésre kész állapotig.

A csapágypersely legyártásának költségeit 1 db-ra, valamint 500 db-ra viszonyítva az 6.1. táblázat részletezi.

6.1. táblázat A csapágypersely legyártásának költségei

A csapágypersely gyártási költsége	1 db	500 db
Felhasznált C35 anyag ára	11.708,- Ft	5.854.000,- Ft
Süllyesztékes kovácsszerszám tervezésének ára	120.000,- Ft	120.000,- Ft
Süllyesztékes kovácsszerszám legyártásának ára	180.000,- Ft	180.000,- Ft
Süllyesztékes kovácsolás ára	8.500,- Ft	4.250.000,- Ft
A kovácsdarab befogásához szükséges befogókészülék ára	56.000,- Ft	56.000,- Ft
Esztergálás költségei	3.650,- Ft	1.825.000,- Ft
Marás költségei	2.150,- Ft	1.075.000,- Ft
Fúrás költségei	145,- Ft	72.500,- Ft
Fúrókészülék tervezésének költsége	60.000,- Ft	60.000,- Ft
Fúrókészülék alapanyagának ára	27.000,- Ft	27.000,- Ft
A készülék megmunkálásnak ára	126.000,- Ft	126.000,- Ft
<u>Összesen</u>	<u>595.153,- Ft</u>	<u>13.645.500,- Ft</u>

1 db csapágypersely gyártásának költsége: 595.153,- Ft + ÁFA

500 db csapágypersely gyártásának költsége: 13.645.500,- Ft + ÁFA

7. Összefoglalás

A szakdolgozat a BDV motorvonat hajtóműházának gyártás-technológiáját mutatja be CNC szerszámgépekre tervezve, különös tekintettel egy javítási probléma megoldására. A vasúti járművek megbízható működéséhez elengedhetetlen a hajtóműház precíz kialakítása, mivel a tengelyek egytengelyűsége és a furatok pontos illesztése alapvetően meghatározza a hajtómű élettartamát.

A vizsgált probléma egy javítási ciklus során merült fel, amikor a GH250 típusú forgóházban alkalmazott TK2019-30 tengelyhajtómű homlokfogaskerekei között közel 1 mm-es tengelytáv-eltolódást tapasztaltak. Ez a gyári 0,02 mm-es tűréshez képest jelentős eltérés, amely hibás fogkapcsolódást, fokozott kopást, zajos működést és megbízhatósági problémákat okozott. A hajtóműház újra gyártása költséges megoldás lett volna, ezért a hiba korrigálását perselyezéssel tervezték meg.

A gyártás-technológiai részben elsőként a hajtóműház előgyártmányának süllyesztékes kovácsolással történő tervezése szerepel. Az alkalmazott C35-ös szénacél jó szilárdsági és megmunkálhatósági tulajdonságai miatt ideális választás. A kovácsdarab kialakítása során figyelembe lettek véve a technológiai ráhagyások, oldalferdeségek, lekerekítési sugarak és mérettűrések.

A forgácsolási művelettervezésben a műveleti sorrend, a szerszámgépek kiválasztása és a technológiai paraméterek meghatározása kapott kiemelt szerepet. A perselyek CNC technológiával készültek, esztergálási, marási és fúrási műveletek kombinációjával. Ezek a megmunkálások biztosították a $\pm 0,02$ mm pontosságot és az illesztések precizitását. A hajtóműházon a kopott furatok felfúrása után a perselyek szoros illesztéssel kerültek beépítésre, majd készre munkálással érték el a megfelelő tengelytávot. A munkadarab rögzítéséhez külön befogókészülékeket terveztek, amelyek garantálták a furatok egytengelyűségét és a stabil felfogást.

A technológiai folyamatot részletes dokumentáció támasztja alá, amely magában foglalja az alkatrész és a kovácsdarab műhelyrajzait, a kovácsszerszámok (felső és alsó süllyesztékfél) terveit, valamint a fúrókészülék rajzait. A mellékletben megtalálhatók továbbá a teljes műveleti utasításlapok (esztergálás, marás, fúrás stb.), amelyek tartalmazzák a szerszámgépek beállításait, a szerszámok adatait, valamint a fogásmélységeket, előtolásokat és fordulatszámokat. E dokumentáció elkészítése biztosítja, hogy a megmunkálás

egységesen, a gyártási előírásoknak megfelelően történjen, és a jövőbeni javítások, illetve gyártások során is közvetlenül felhasználható legyen.

A dolgozat végén gazdasági számítások igazolják, hogy a perselyezéssel történő javítás lényegesen költséghatékonyabb és gyorsabb megoldás a hajtóműház teljes újra gyártásánál. Az eredmények rávilágítanak arra, hogy a korszerű CNC megmunkálás, a részletes technológiai dokumentáció és a precíz gyártástervezés nemcsak a javítás, hanem a jövőbeni karbantartási és gyártási folyamatokban is kulcsszerepet játszik.

8. Summary

This thesis presents the manufacturing technology of the BDV motor train gearbox housing, designed for CNC machine tools, with particular focus on solving a repair-related problem. The reliable operation of railway vehicles requires the precise design of the gearbox housing, as the coaxial alignment of the shafts and the accurate fitting of the bores fundamentally determine the service life of the gearbox.

The investigated problem arose during a repair cycle, when an axial distance displacement of nearly 1 mm was detected between the spur gears of the TK2019-30 axle drive used in the GH250 bogie. Compared to the factory tolerance of 0.02 mm, this deviation was significant, causing incorrect gear meshing, increased wear, noisy operation, and reliability issues. Manufacturing a new gearbox housing would have been costly; therefore, the error was corrected using bushing.

In the manufacturing technology section, the design of the gearbox housing preform by die forging is presented first. The selected C35 carbon steel was an ideal choice due to its good strength and machinability properties. During the design of the forging, allowances, draft angles, fillet radii, and dimensional tolerances were taken into account.

In the machining process planning, emphasis was placed on defining the operation sequence, selecting machine tools, and determining technological parameters. The bushings were manufactured using CNC technology, combining turning, milling, and drilling operations. These machining processes ensured an accuracy of ± 0.02 mm and precise fits. After boring the worn holes in the gearbox housing, the bushings were installed with an interference fit, and the final machining achieved the correct shaft spacing. To secure the workpiece, special clamping fixtures were designed to guarantee coaxial alignment of the bores and stable fixturing.

The technological process is supported by detailed documentation, which includes the workshop drawings of the part and the forging, the designs of the forging dies (upper and lower halves), as well as the drilling fixture drawings. The appendix also contains the complete operation sheets (turning, milling, drilling, etc.), which provide the machine tool settings, tool data, cutting depths, feeds, and spindle speeds. Preparing this documentation ensures that machining is carried out consistently in compliance with manufacturing standards, and it can also be directly applied in future repair and production processes.

Finally, economic calculations demonstrate that the bushing-based repair is significantly more cost-effective and faster than manufacturing a completely new gearbox housing. The results highlight that modern CNC machining, detailed technological documentation, and precise production planning play a key role not only in repairs but also in future maintenance and manufacturing processes.

9. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Czene Dániel
A Hallgató Neptun kódja: REOKVZ
A dolgozat címe: BDV motorvonat hajtóműház gyártás-
technológiájának tervezése CNC szerzőgépekre
A megjelenés éve: 2025
A tanszék neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan 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 mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2025 év 09 hó 12 nap

Czene Dániel
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Alulírott Czene Dániel, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, gépészmérnök 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 Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom 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: 2025 év 09 hó 12 nap

Czene Dániel
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 javaslok / nem javaslok*.

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

Kelt: 2025 év 09 hó 12 nap

Dr. Kovács Károly
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

10. Felhasznált irodalom jegyzék

- [1] Bakondi K., Kardos Á.; A gépgyártás technológiája I. - Forgácsolás; Tankönyvkiadó; Budapest, 1972
- [2] Bali J.; Forgácsolás, Tankönyvkiadó; Budapest, 1985
- [3] Dr. Fledrich Gellért, Dr. Kári-Horváth Attila, Dr. Kakuk Gyula, Dr. Pálinkás István, Dr. Zsidai László.: Gépgyártástechnológia, Gödöllő, Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 2013
- [4] Dr. Hornung, A.: Marás. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1972
- [5] Dr. Mikó Balázs, Dr. Sipos Sándor, Hervay Péter, Dr. Zentay Péter.: Forgácsolás Technológia alapjai, Budapest, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2014
- [6] Dr. Sipos Sándor, Dr. Palásti-Kovács Béla, Horváth Richárd.: Forgácsoló technológiák és szerszámai, Budapest, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2015
- [7] Dr. Stampfer Mihály.: Forgácsolás Gépipari technológiák I 2. kiadás, Pécs, Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar, 2012
- [8] Dr. Stampfer Mihály.: Gépipari Technológiák II Készülékek Gyártási folyamatok tervezése, Pécs, Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki Kar, 2008
- [9] Dr. Szabó László: Süllyesztékes kovácsolás Miskolc, 1997
- [10] Dudás I.; Gépgyártástechnológia I., Műszaki Könyvkiadó Kft.; Budapest, 2011
- [11] Dudás I.; Gépgyártástechnológia II.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc, 2001
- [12] Dudás I.; Gépgyártástechnológia III.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc, 2003
- [13] Fenyvessy, T., Fuch, R., & Plósz, A. (2008). Műszaki táblázatok. Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.
- [14] G. Diószegi, Gépszerkezetek példatár, Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft., 1996.
- [15] G. Rábel, Készülékszerkesztés, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1968.
- [16] G. Rábel, Készülékszerkesztés, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1968.
- [17] Horváth M.; Markos S. Gépgyártástechnológia, Műegyetemi Kiadó; Budapest, 2001
- [18] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Zsidai L.; Forgácsoló eljárások tervezése, Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest, 2008
- [19] Kalotai T. – Kucher J. – Szele T. – Tihanyi J Szerszámgéptartozékok és készülékek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969

- [20] Kalászi, I.: Hűtő-kenő folyadékok alkalmazása a forgácsolásnál különös tekintettel az újabb hazai és külföldi tapasztalatokra, Budapest: Mérnöki Továbbképző Intézet. 1962
- [21] Kardos Á., Percze J., Rábel Gy., Sasi Nagy I.; Készüléktervezés; Műszaki Könyvkiadó; Budapest, 1973
- [22] Kun Krisztián, Dr. Liska János, Nagy József.: Készüléktervezés, Kecskemét, Neumann János Egyetem, 2019
- [23] Kári-Horváth A., Dr. Pellényi L., Szabó L., Dr. Zsidai L.; Gépgyártástechnológia példatár és segédlet, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő; 2006
- [24] Kári-Horváth A., Pataki T. I.; Szerszámok és készülékek, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2017
- [25] Kári-Horváth, A ; Pataki, T :Analysis of temperature in different cooling methods IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 749 Paper: 012017 , 8 p. (2020)
- [26] Kári-Horváth, A.: A forgácsolásnál alkalmazott minimálkenés (MMS) hatásmechanizmusa és hatékonyságának növelése, Gödöllő, 2009
- [27] L. D. Szabó, Forgácsolás, hegesztés. Egyetemi jegyzet., Miskolci Egyetem, 2000.
- [28] Mikó Balázs, Dr.: Forgácsolástechnológia alapjai, Bázisok és készülékek, Egyetemi jegyzet, Óbudai Egyetem, 2015
- [29] Molnár J., Dr. - Szabó S., Dr. : Készüléktervezés, ME Kiadó, Miskolc, 1995
- [30] Szalayné, K. E. (dátum nélk.). Fúrás. Budapest: NSZFI.
- [31] Szám, J. (dátum nélk.). Oszlopos fúró, sugárfúró. Budapest: NFSZI.
- [32] Valasek, I ; A, Kári-Horváth :The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency, TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58 : 3 pp. 34-47. , 14 p. (2011)
- [33] Zsidai, L ; Kakuk, Gy ; Kári-Horváth, A ; Szakál, Z ; Pálincás, I (szerk.) Előgyártmány és képlékeny alakítási tervezési gyakorlat, Budapest, Magyarország: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet (NSZFI) (2008) , 9 p. ISBN: 9789637469992

11. Mellékletjegyzék

1. sz. melléklet: Az alkatrész műhelyrajza
2. sz. melléklet: Üregalakhoz kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései
3. sz. melléklet: Üregalakhoz nem kötött méretek és tűrésnagyságok határeltérései
4. sz. melléklet: A kovácsdarab műhelyrajza
5. sz. melléklet: A kovács szerszám műhelyrajza
6. sz. melléklet: A kovács szerszám alsó süllyesztékfele
7. sz. melléklet: A kovács szerszám felső süllyesztékfele
8. sz. melléklet: Készülékkérő lap befogókészülékhez
9. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\varnothing 179 \times 99 \text{ mm}$) – c) felület”-hez tartozó számítások
10. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\varnothing 139 \times 99 \text{ mm} - \text{től}$) – d) felület”-hez tartozó számítások
11. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\varnothing 180 \times 99 \text{ mm}$) – c) felület”-hez tartozó számítások
12. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\varnothing 140 \times 99 \text{ mm} - \text{től}$) – d) felület”-hez tartozó számítások
13. sz. melléklet: „Homloknagyolás – a) felület”-hez tartozó számítások
14. sz. melléklet: „Palástnagyolás ($\varnothing 216 \times 99 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások
15. sz. melléklet: „Homloksimítás – a) felület”-hez tartozó számítások
16. sz. melléklet: „Palástsimítás ($\varnothing 215 \times 99 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások
17. sz. melléklet: „Beszúrás – f) felület”-hez tartozó számítások
18. sz. melléklet: „Zsebmarás – b) felület”-hez tartozó számítások
19. sz. melléklet: „Horonymarás – c) felület”-hez tartozó számítások
20. sz. melléklet: „Zsebmarás ($2 \times R20$) – a) felület”-hez tartozó számítások
21. sz. melléklet: „Horonymarás ($R20 \times 33 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások
22. sz. melléklet: „Fúrás ($\varnothing 16 \times 11 \text{ mm}$) ($12x$) – a) felület”-hez tartozó számítások
23. sz. melléklet: „Fúrás ($\varnothing 12 \times 11 \text{ mm}$) ($3x$) – b) felület”-hez tartozó számítások
24. sz. melléklet: „Fúrás ($\varnothing 7,8 \times 11 \text{ mm}$) ($2x$) – c) felület”-hez tartozó számítások
25. sz. melléklet: „Dörzsárazás ($\varnothing 8H7 \times 11 \text{ mm}$) ($2x$) – c) felület”-hez tartozó számítások
26. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\varnothing 191,5 \times 10,5 \text{ mm}$) – a) felület”-hez tartozó számítások

27. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\varnothing 189,5 \times 32,5 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások
28. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\varnothing 191,5 \times 46 \text{ mm}$) – c) felület”-hez tartozó számítások
29. sz. melléklet: „Horonymarás ($\varnothing 196 \times 10 \text{ mm}$) – d) felület”-hez tartozó számítások
30. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\varnothing 198 \times 10 \text{ mm}$) – d) felület”-hez tartozó számítások
31. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\varnothing 159 \times 6 \text{ mm}$) – f) felület”-hez tartozó számítások
32. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\varnothing 192H7 \times 10,5 \text{ mm}$) – a) felület”-hez tartozó számítások
33. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\varnothing 190K6 \times 32,5 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások
34. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\varnothing 192 \times 46 \text{ mm}$) – c) felület”-hez tartozó számítások
35. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\varnothing 160 \times 6 \text{ mm}$) – f) felület”-hez tartozó számítások
36. sz. melléklet: Művelet és műveletelőzési sorrend
37. sz. melléklet: Esztergálás I. műveleti utasítás
38. sz. melléklet: Esztergálás II. műveleti utasítás
39. sz. melléklet: Marás I. műveleti utasítás
40. sz. melléklet: Marás II. műveleti utasítás
41. sz. melléklet: Fúrás I. műveleti utasítás
42. sz. melléklet: Fúrás II. műveleti utasítás
43. sz. melléklet: Esztergálás, Marás műveleti utasítás
44. sz. melléklet: A központosító tárcsa műhelyrajza
45. sz. melléklet: Emelőszem műhelyrajza
46. sz. melléklet: Fúrókészülék alaplap műhelyrajza
47. sz. melléklet: Fúrókészülék oszlopok műhelyrajza
48. sz. melléklet: Fúrólap műhelyrajza

1. sz. melléklet: Az alkatrész műhelyrajza



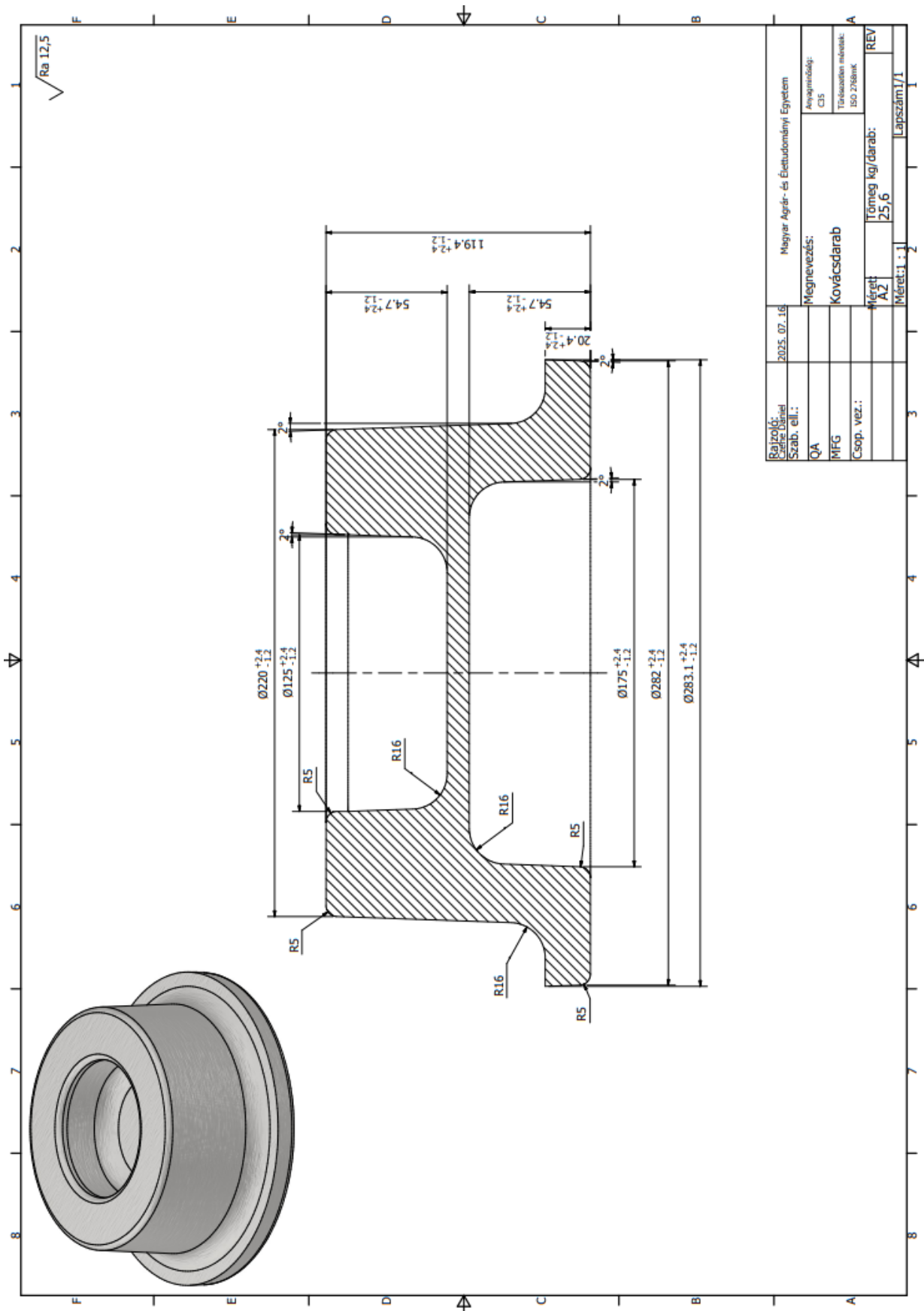
2. sz. melléklet: Üregalakhoz kötött méretek és tűrésnagyságok határelterései [5]

Tömeg kg	Minőség csoport M	Bonyolultság csoport S						Pontosság fokozat		Névtelen méret													
		-tól	-ig	32	100	160	250	400	630	1000	1600	2500											
Tűrésnagyság és határelterések																							
-tól	-ig	M1	M2	S1	S2	S3	S4	I	II	0,6	+0,7 -0,4	0,7	+0,8 -0,5	0,8	+0,9 -0,5	0,9	+1,1 -0,5	—	—	—	—	—	—
0	0,2																						
0,2	0,4																						
0,4	1																						
1	1,8																						
1,8	3,2																						
3,2	5,6																						
5,6	10																						
10	20																						
20	50																						
50	120																						
120	250																						

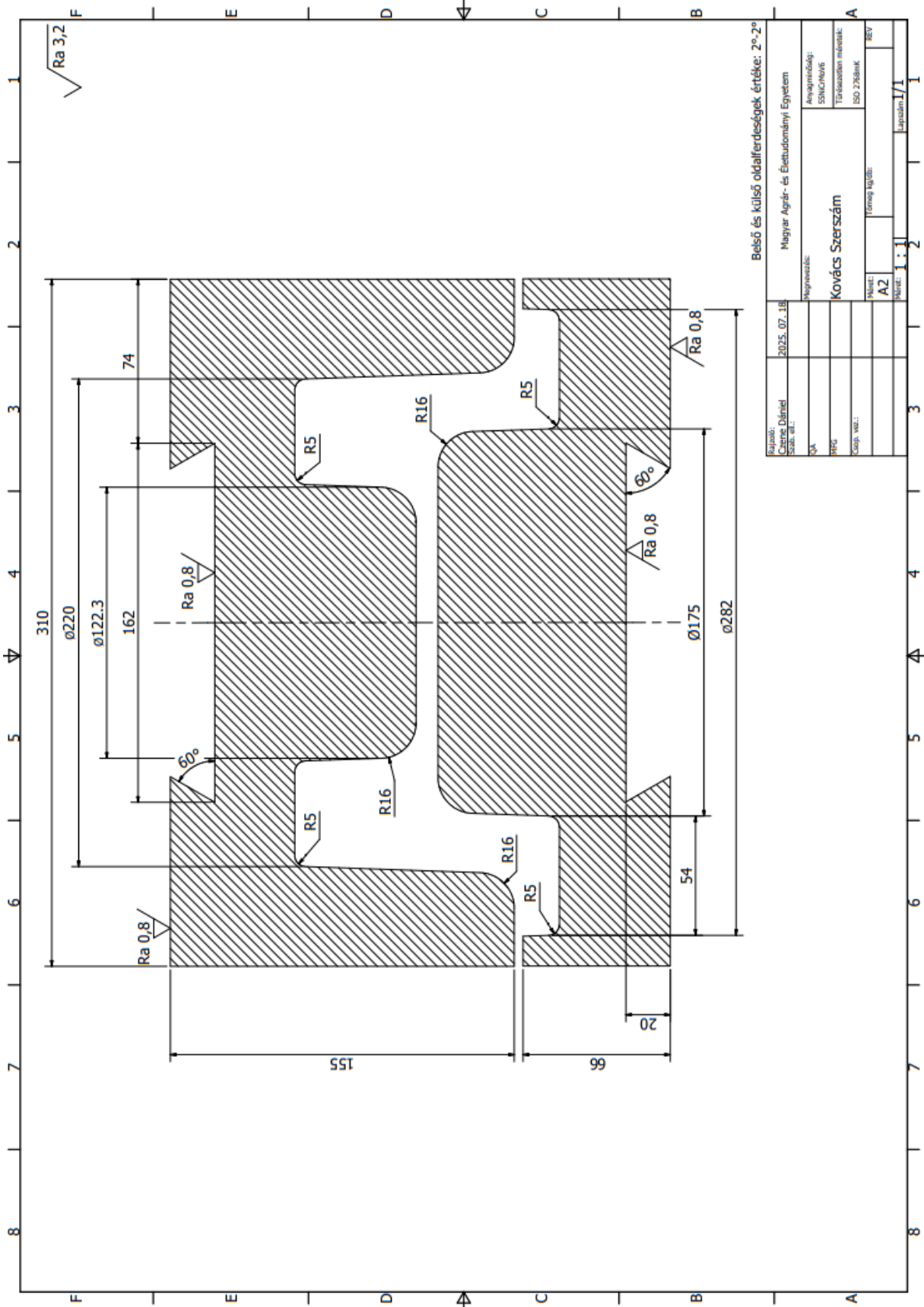
3. sz. melléklet: Üregalakhoz nem kötött méretek és tűrésnagyságok határelterései [5]

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

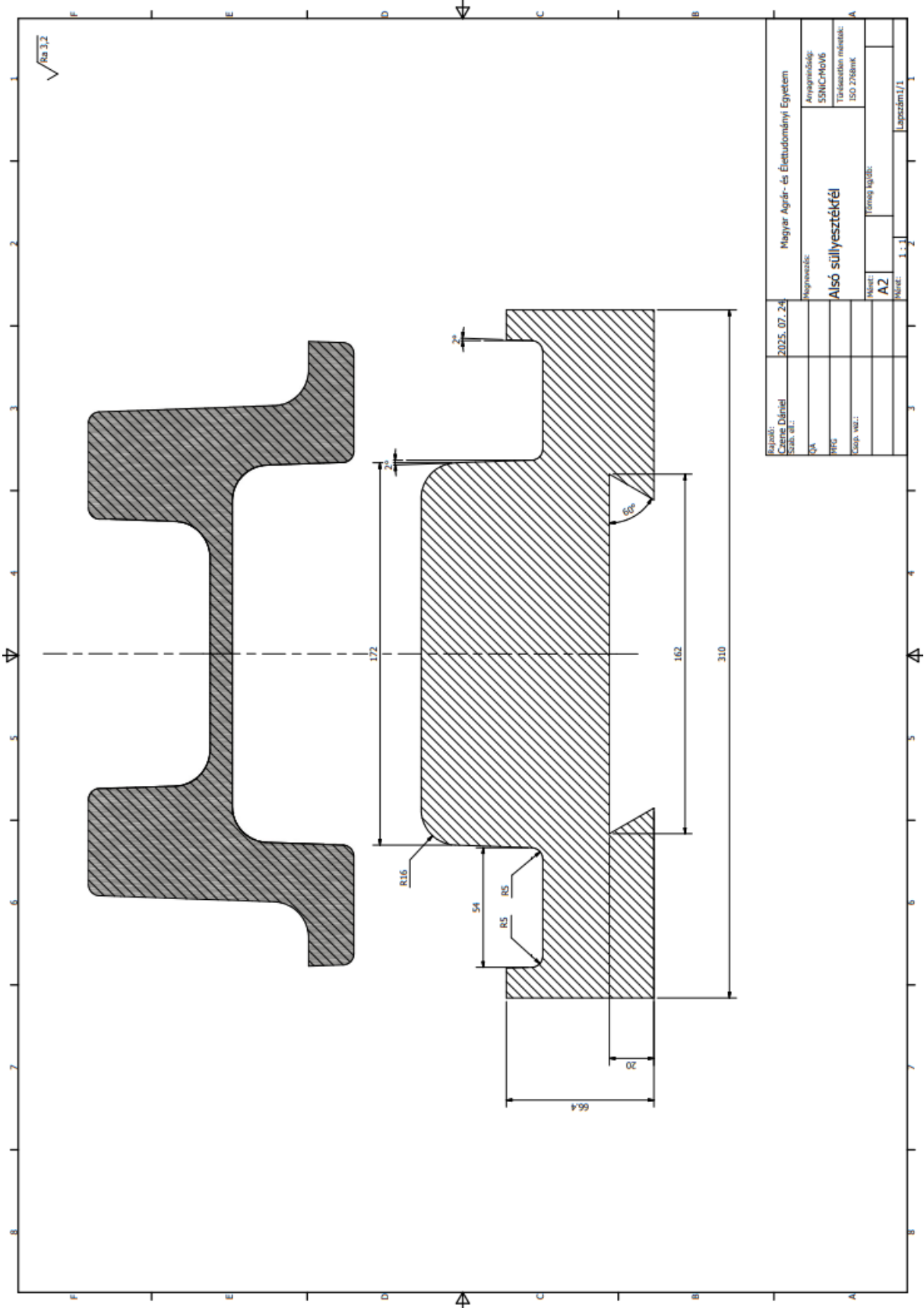
4. sz. melléklet: A kovácsdarab műhelyrajza



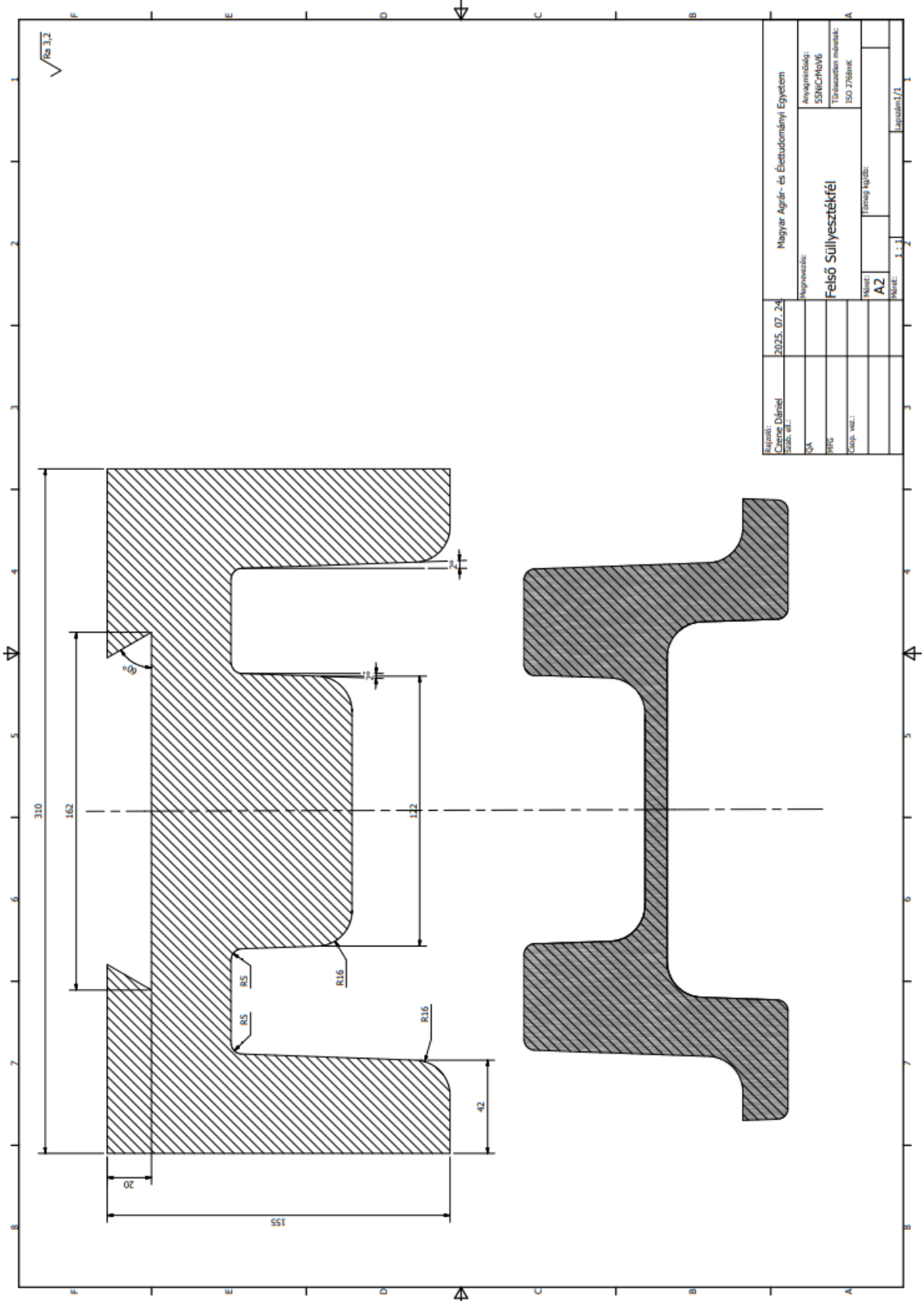
5. sz. melléklet: A kovács szerszám műhelyrajza



6. sz. melléklet: A kovács szerszám alsó súllyesztékfele



7. sz. melléklet: A kovács szerszám felső süllyesztékfele



8. sz. melléklet: Készülékkérő lap befogókészülékhez

Szerszám vagy készülékkérő lap

Vállalat: SZIE-GÉK-GÉTI	Munkadarab megnevezése: Csapágyersely	Műveletterv száma:	
Rajzsám:			
Művelet jele:	Művelet megnevezése: Esztergálás I.	Gyártási jel:	
Szerszám vagy készülék neve: Befogókészülék			
Vázlat:			
Műszaki előírás, magyarázat:			
Az ábrán látható kovácsdarab WHN-13 típusú szerszám gép, tokmányos rögzítéssel történő felfogásához szükséges befogókészülék tervezése.			
Munkagép	Szerszám vagy készülék rajzszáma:	Egyszerre befogott darabok száma:	Készítendő készülék(db):
Megnevezés Leltári szám		1 db	1 db
WHN-13 Horizontál			
	Készülék jele:	Összes munkadarab száma:	Mérési eljárás:
		500 db	

9. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\emptyset 179 \times 99 \text{ mm}$) – c) felület”-hez tartozó számolások

Furatnagyolás ($\emptyset 179 \times 99 \text{ mm}$) – c) felület

Megmunkálás a munkadarab teljes hosszában +4,7 mm. A munkadarab teljes hossza a forgácsolási ráhagyással együtt 114,7 mm. Így a megmunkálási hossz: 119,4 mm

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: 27,5 mm (Mivel az előgyártmány kovácsolással készült, a felület oldalferdeséggel rendelkezik ezért a forgácsolási ráhagyás a felületen nem állandó. A legnagyobb forgácsolási ráhagyás a felületen 27,5 mm: a furat átmérője $D_1 = 180 \text{ mm}$, a furatesztergáláshoz lévő átmérő $D_2 = 125 \text{ mm}$. $\frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{180 - 125}{2} = 27,5 \text{ mm}$)

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre 1 mm)

Fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{179-125}{2} = 27 \text{ mm}$

d – a kiinduló átmérő: d = 125 mm

D – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyás alapján: $D = 180 - 1 = 179 \text{ mm}$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{27 \cdot 1500} = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

– A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{27}{0,2} = 135$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $135 > 12,5$

A fogások száma: $i = 5$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2 \cdot i} = \frac{179-125}{2 \cdot 5} = 5,4 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{5,4}{12,5} = 0,432 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácselőerő értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_k = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

— K_k – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_k = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 1886 \frac{N}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 5,4 = 4073,8 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.17. táblázat tartalmazza.

5.17. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{179 \cdot \pi} = 111,78 \frac{1}{\text{min}}$$

— Ahol D – a kiinduló átmérő. $D = 179 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{179 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 62,98 \frac{m}{\text{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{4073,8 \cdot 62,98}{60 \cdot 10^3} = 4,28 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{4,28}{0,8} = 5,35 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

10. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\emptyset 139 \times 99 \text{ mm} - t\acute{o}l$) – d) felület”-hez tartozó számítások

Furatnagyolás ($\emptyset 139 \times 99 \text{ mm} - t\acute{o}l$) – d) felület

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: $\frac{D-d}{2} = \frac{139-125}{2} = 7 \text{ mm}$

d – a kiinduló átmérő: $d = 125 \text{ mm}$

D – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyás alapján: $D = 140 - 1 = 139 \text{ mm}$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{7 \cdot 1500} = 0,86 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{7}{0,86} = 8,14$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $8,14 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 7 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{7}{12,5} = 0,56 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,6 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácselőerő értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,6 \cdot \sin 90^\circ = 0,6 \text{ mm}$$

— K_K – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_K = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 1684 \frac{N}{mm^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1684 \cdot 0,6 \cdot 7 = 7072,8 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.19. táblázat tartalmazza.

5.19. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kergétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{139 \cdot \pi} = 143,94 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 140 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{139 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = 61,14 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{7072,8 \cdot 61,14}{60 \cdot 10^3} = 7,21 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{7,21}{0,8} = 9,01 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszám gép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

11. sz. mellélet: „Furatsimítás ($\varnothing 180 \times 99 \text{ mm}$) – c) felület”-hez tartozó számítások

Furatsimítás ($\varnothing 180 \times 99 \text{ mm}$) – c) felület

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre: 1 mm)

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{180-179}{2} = 0,5 \text{ mm}$$

d – a kiinduló átmérő a simítási ráhagyás alapján: $d = 180 - 1 = 179 \text{ mm}$

D – a megmunkált átmérő: $D = 180 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 3,2 \mu\text{m} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,5 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,5 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} = 0,144 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.23. táblázat tartalmazza.

5.23. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{180 \cdot \pi} = 111,16 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{\text{gépi}} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{180 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 63,33 \frac{m}{\text{min}}$$

12. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\emptyset 140 \times 99 \text{ mm} - t_{\text{ól}}$) – d) felület”-hez tartozó számítások

Furatsimítások ($\emptyset 140 \times 99 \text{ mm} - t_{\text{ól}}$) – d) felület

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre: 1 mm)

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{140-139}{2} = 0,5 \text{ mm}$$

d – a kiinduló átmérő a simítási ráhagyás alapján: $d = 140 - 1 = 139 \text{ mm}$

D – a megmunkált átmérő: $D = 140 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 3,2 \mu\text{m} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,5 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,5 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} = 0,144 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás

értéke: $f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.21. táblázat tartalmazza.

5.21. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{140 \cdot \pi} = 142,92 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 140 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{140 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = 61,57 \frac{m}{min}$$

13. sz. melléklet: „Homloknagyolás – a) felület”-hez tartozó számítások

Homloknagyolás – a) felület

A forgácsolási ráhagyás a felületen: 4,7 mm

Simítási ráhagyás a felületen: 1 mm

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a = 4,7 - 1 = 3,7 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{3,7 \cdot 1500} = 1,62 \frac{mm}{ford}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{3,7}{1,62} = 2,28$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $2,28 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 3,7 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{3,7}{12,5} = 0,3 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácselőtolás értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

— K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácselőtolási erő: $k'_c = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácselőtolási erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 3,7 = 2791,3 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácselőtolási sebesség meghatározása:

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

A v_c forgácselőtolási sebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.13. táblázat tartalmazza.

5.14. táblázat A forgácselőtolási sebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácselőtolási módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{220 \cdot \pi} = 90,95 \frac{1}{\text{min}}$$

Ahol D – a kiinduló átmérő a ráhagyással együtt: $D = 215 + 5 = 220 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{220 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 77,41 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{2791,3 \cdot 77,41}{60 \cdot 10^3} = 3,60 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{3,60}{0,8} = 4,5 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

14. sz. melléklet: „Palástnagymolás ($\varnothing 216 \times 99 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások

Palástnagymolás ($\varnothing 216 \times 99 \text{ mm}$) – b) felület

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: 33,65 mm

(Mivel az előgyártmány kovácsolással készült, a felület oldalferdeséggel rendelkezik ezért a forgácsolási ráhagyás a felületen nem állandó.)

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre: 1 mm)

Forgácsolási ráhagyás a felületen:

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{283,1-216}{2} = 33,55 \text{ mm}$$

D – a legnagyobb kiinduló átmérő: $D = 283,1 \text{ mm}$

d – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyással: $d = 215 + 1 = 216 \text{ mm}$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{33,55 \cdot 1500} = 0,18 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{33,55}{0,18} = 186,38$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $186,38 > 12,5$

A fogások száma: $i = 5$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2 \cdot i} = \frac{283,1-216}{2 \cdot 5} = 6,71 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{6,71}{12,5} = 0,54 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,5 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácselő értéke az előtólástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_K = 0,5 \cdot \sin 90^\circ = 0,5 \text{ mm}$$

— K_K – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_K = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácselőerő: $k'_c = 1784 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácselő erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1784 \cdot 0,5 \cdot 6,71 = 5985,32 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácselősebesség meghatározása:

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

A v_c forgácselősebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.27. táblázat tartalmazza.

5.27. táblázat A forgácselősebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácselő módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{216 \cdot \pi} = 92,63 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{216 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 76 \frac{m}{\text{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{5985,32 \cdot 76}{60 \cdot 10^3} = 7,58 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{7,18}{0,8} = 9,48 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

15. sz. melléklet: „Homloksimítás – a) felület”-hez tartozó számítások

Homloksimítás – a) felület

Simítási ráhagyás a felületen: 1 mm

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

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 1,6 \mu\text{m} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}} = 0,129 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.21. táblázat tartalmazza.

5.21. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{220 \cdot \pi} = 90,95 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{220 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 77,41 \frac{m}{min}$$

16. sz. melléklet: „Palástsímítás ($\varnothing 215 \times 99 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások

Palástsímítás ($\varnothing 215 \times 99 \text{ mm}$) – b) felület

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre: 1 mm)

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{216-215}{2} = 0,5 \text{ mm}$$

D – a legnagyobb kiinduló átmérő: D = 216 mm

d – a megmunkált átmérő: d = 215 mm

A fogások száma: i = 1

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 3,2 \mu m = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} = 0,182 \frac{mm}{ford}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,2 \frac{mm}{ford}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.32. táblázat tartalmazza.

5.32. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{216 \cdot \pi} = 92,63 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{216 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 76 \frac{m}{min}$$

17. sz. melléklet: „Beszúrás – d) felület”-hez tartozó számítások

Beszúrás – d) felület

A beszúráshoz tartozó átmérő: $D = 215 \text{ mm}$

A fogásmélység a beszúrás mérete alapján: $0,5 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

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

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.21. táblázat tartalmazza.

5.21. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{215 \cdot \pi} = 93,06 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{215 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 75,65 \frac{m}{min}$$

A kiszámított adatok összegzését az 5.22. táblázat tartalmazza:

Fogásmélység	$a = 0,5 \text{ mm}$
Fogások száma	$i = 1$
Előtolás	$f = 0,1 \frac{mm}{ford}$
Forgácsolósebesség	$v_c = 75,65 \frac{m}{min}$
Beállítandó fordulatszám	$n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

18. sz. melléklet: „Zsebmarás – b) felület”-hez tartozó számítások

Zsebmarás – b) felület

Fogszám: 10

Fogankénti előtolás: $f_z = 0,05 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_k \cdot K_a \cdot K_{sz}$$

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.15. táblázat tartalmazza.

5.15. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 46 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_k = 0,77$
Anyagminőség szerinti sebességkorrekció	$K_a = 1,03$
Szerszámanyag szerinti sebességkorrekció	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 46 \cdot 0,77 \cdot 1,03 \cdot 1 = 36,48 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 36,48}{50 \cdot \pi} = 232,24 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 224 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{50 \cdot \pi \cdot 224}{1000} = 35,19 \frac{m}{min} = 0,5865 \frac{m}{sec}$$

Az asztal előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,05 \cdot 224 \cdot 10 = 112 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,05}{50}} = 0,032 \text{ innen } \alpha \varphi = 3,67^\circ$$
$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{10} = 36^\circ$$

Kapcsolószám: $\Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{3,67^\circ}{36^\circ} = 0,1019$

A közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{5}{50}} = 0,016 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,1019 \cdot 1500 \cdot 0,016 \cdot 5 = 12,228 N$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P = F_{maró} \cdot v_{cm} = 12,228 \cdot 0,5865 = 7,17 W$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{7,17}{0,8} = 8,96 W$$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

19. sz. melléklet „Horonymarás – c) felület”-hez tartozó számítások

Horonymarás – c) felület

Fogsám: 18

Fogankénti előtolás: $f_z = 0,05 mm$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.38. táblázat tartalmazza.

5.38. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 46 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_\kappa = 0,77$
Anyagminőség szerinti sebességkorrekció	$K_a = 1,03$
Szerszámanyag szerinti sebességkorrekció	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 46 \cdot 0,77 \cdot 1,03 \cdot 1 = 36,48 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 36,48}{125 \cdot \pi} = 92,9 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{125 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 43,98 \frac{m}{min} = 0,733 \frac{m}{sec}$$

Az asztal előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,05 \cdot 112 \cdot 18 = 100,8 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,05}{125}} = 0,02 \text{ innen } \varphi = 2,29^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{18} = 20^\circ$$

$$\text{Kapcsolószám: } \Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{2,29^\circ}{20^\circ} = 0,1145$$

A közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{5}{125}} = 0,01 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,1145 \cdot 1500 \cdot 0,01 \cdot 5 = 8,5875 N$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P = F_{maró} \cdot v_{cm} = 8,5875 \cdot 0,733 = 6,29 W$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{6,29}{0,8} = 7,86 W$$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

20. sz. melléklet: „Zsebmarás (2xR20) – a) felület”-hez tartozó számítások

Zsebmarás (2xR20) – a) felület

Fogszám: 4

Fogankénti előtolás: $f_z = 0,04 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_\kappa \cdot K_a \cdot K_{sz}$$

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.15. táblázat tartalmazza.

5.15. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 23 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_\kappa = 0,77$
Anyagminőség szerinti sebességkorrekció	$K_a = 1,03$
Szerszámanyag szerinti sebességkorrekció	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 23 \cdot 0,77 \cdot 1,03 \cdot 1 = 18,24 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 18,24}{12 \cdot \pi} = 483,83 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 450 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{12 \cdot \pi \cdot 450}{1000} = 16,96 \frac{m}{min} = 0,2827 \frac{m}{sec}$$

Az asztal előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,04 \cdot 450 \cdot 4 = 72 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,04}{12}} = 0,058 \text{ innen } \varphi = 6,65^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

Kapcsolószám: $\Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{6,65^\circ}{90^\circ} = 0,074$

A közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,04 \cdot \sqrt{\frac{3}{12}} = 0,02 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,074 \cdot 1500 \cdot 0,02 \cdot 3 = 6,66 \text{ N}$$

– A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P = F_{maró} \cdot v_{cm} = 6,66 \cdot 0,2827 = 1,88 \text{ W}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{1,88}{0,8} = 2,35 \text{ W}$$

21. sz. melléklet: „Horonymarás – b) felület”-hez tartozó számítások

Horonymarás (R20 x 33 mm) – b) felület

Fogsám: 10

Fogankénti előtolás: $f_z = 0,05 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.38. táblázat tartalmazza.

5.38. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 46 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_k = 0,77$
Anyagminőség szerinti sebességkorrekció	$K_a = 1,03$
Szerszámanyag szerinti sebességkorrekció	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 46 \cdot 0,77 \cdot 1,03 \cdot 1 = 36,48 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 36,48}{50 \cdot \pi} = 232,24 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 224 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{50 \cdot \pi \cdot 224}{1000} = 35,19 \frac{m}{min} = 0,5865 \frac{m}{sec}$$

Az asztal előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,05 \cdot 224 \cdot 10 = 112 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,05}{50}} = 0,032 \text{ innen } \varphi = 3,67^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{10} = 36^\circ$$

$$\text{Kapcsolószám: } \Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{3,67^\circ}{36^\circ} = 0,1019$$

A közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{5}{50}} = 0,016 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,1019 \cdot 1500 \cdot 0,016 \cdot 5 = 12,228 \text{ N}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P = F_{maró} \cdot v_{cm} = 12,228 \cdot 0,5865 = 7,17 \text{ W}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{7,17}{0,8} = 8,96 \text{ W}$$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszám gépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

22. sz. melléklet: „Fúrás I. ($\varnothing 16 \times 11 \text{ mm}$) (12x) – a) felület”-hez tartozó számítások

Fúrás I. ($\varnothing 16 \times 11 \text{ mm}$) (12x) – a) felület

Furatátmérő: $D = 16 \text{ mm}$

Fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ mm}$

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

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok az 5.40. táblázat tartalmazza.

5.42. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 19,5 \frac{m}{\text{min}}$
A furat hosszának és átmérőjének viszonyától függő módosító tényező	$K_l = 1$
A munkadarab anyagától függő módosító tényező	$K_a = 1,32$
A szerszám anyagától függő módosító tényező	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 19,5 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 = 25,74 \frac{m}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 25,74}{16 \cdot \pi} = 512,08 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszám gépen fokozati

tényezője alapján: $n_{\text{gépi}} = 450 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{16 \cdot \pi \cdot 450}{1000} = 22,62 \frac{m}{min}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3}$$

$$M = 1500 \frac{16^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = 12 Nm$$

Ahol:

— F_1 – az egy élre eső főforgácsoló erő $F_1 = k_c \cdot A [N]$

— k_c – a fajlagos forgácsolóerő $\left[\frac{N}{mm^2} \right]$

A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

— A – a forgácskeresztmetszet $A = \frac{D \cdot f}{4} [mm^2]$

A fúráshoz szükséges teljesítmény:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{12 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 450}{60 \cdot 10^3} = 0,5654 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,5654}{0,8} = 0,7068 kW$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka.

A választott szerszámgépbe beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

23. sz. melléklet: „Fúrás ($\emptyset 12 \times 11 mm$) (3x) – b) felület”-hez tartozó számítások

Fúrás ($\emptyset 12 \times 11 mm$) (3x) – b) felület

Furatátmérő: $D = 12 mm$

Fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{12}{2} = 6 mm$

Az előtolás értéke: $f = 0,2 \frac{mm}{ford}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok az 5.40. táblázat tartalmazza.

5.42. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 27 \frac{m}{min}$
A furat hosszának és átmérőjének viszonyától függő módosító tényező	$K_l = 1$
A munkadarab anyagától függő módosító tényező	$K_a = 1,32$
A szerszám anyagától függő módosító tényező	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 27 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 = 35,64 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 35,64}{12 \cdot \pi} = 945,38 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámgépen fokozati

tényezője alapján: $n_{gépi} = 900 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{12 \cdot \pi \cdot 900}{1000} = 33,93 \frac{m}{min}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3}$$

$$M = 1500 \frac{12^2 \cdot 0,2}{8 \cdot 10^3} = 5,4 Nm$$

Ahol:

— F_1 – az egy élre eső főforgácsoló erő $F_1 = k_c \cdot A [N]$

— k_c – a fajlagos forgácsolóerő $\left[\frac{N}{mm^2} \right]$

A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

— A – a forgácskeresztmetszet $A = \frac{D \cdot f}{4} [mm^2]$

A fúráshoz szükséges teljesítmény:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{5,4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 900}{60 \cdot 10^3} = 0,5089 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,5089}{0,8} = 0,6361 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka.

A választott szerszámgépbe beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

24. sz. melléklet: „Fúrás ($\varnothing 8 \times 11 \text{ mm}$) ($2x$) – c) felület”-hez tartozó számítások

Fúrás ($\varnothing 7,8 \times 11 \text{ mm}$) ($2x$) – c) felület

Furatátmérő: $D = 7,8 \text{ mm}$

Fogásmélység: $a = \frac{D}{2} = \frac{7,8}{2} = 3,9 \text{ mm}$

Az előtolás értéke: $f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok az 5.40. táblázat tartalmazza.

5.42. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 24,5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A furat hosszának és átmérőjének viszonyától függő módosító tényező	$K_l = 1$
A munkadarab anyagától függő módosító tényező	$K_a = 1,32$
A szerszám anyagától függő módosító tényező	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 24,5 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 = 32,34 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 32,34}{7,8 \cdot \pi} = 1319,76 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámgépén fokozati

tényezője alapján: $n_{gépi} = 900 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{7,8 \cdot \pi \cdot 900}{1000} = 22,05 \frac{m}{min}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3}$$

$$M = 1500 \cdot \frac{7,8^2 \cdot 0,15}{8 \cdot 10^3} = 1,71 Nm$$

Ahol:

— F_1 – az egy élre eső főforgácsoló erő $F_1 = k_c \cdot A [N]$

— k_c – a fajlagos forgácsolóerő $\left[\frac{N}{mm^2} \right]$

A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

— A – a forgácskeresztmetszet $A = \frac{D \cdot f}{4} [mm^2]$

A fúráshoz szükséges teljesítmény:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1,71 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 900}{60 \cdot 10^3} = 0,1611 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,1696}{0,8} = 0,2014 kW$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka.

A választott szerszámgépbe beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

25. sz. melléklet: „Dörzsárazás ($\emptyset 8H7 \times 11 mm$)($2x$) – c) felület”-hez tartozó számítások

Dörzsárazás ($\emptyset 8H7 \times 11 mm$)($2x$) – c) felület

A fogásmélység a ráhagyás alapján: 0,2 mm

Az előtolás értéke: $f = 0,5 \frac{mm}{ford}$

A fogások száma: $i = 1$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok az 5.46. táblázat tartalmazza.

5.42. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 24,5 \frac{m}{min}$
A furat hosszának és átmérőjének viszonyától függő módosító tényező	$K_l = 1$
A munkadarab anyagától függő módosító tényező	$K_a = 1,32$
A szerszám anyagától függő módosító tényező	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 24,5 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 = 32,34 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 32,34}{8 \cdot \pi} = 1286,77 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámgépen fokozati

tényezője alapján: $n_{gépi} = 900 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{8 \cdot \pi \cdot 900}{1000} = 22,61 \frac{m}{min}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3}$$
$$M = 1500 \cdot \frac{8^2 \cdot 0,5}{8 \cdot 10^3} = 6 Nm$$

Ahol:

— F_1 – az egy élre eső főforgácsoló erő $F_1 = k_c \cdot A [N]$

— k_c – a fajlagos forgácsolóerő $\left[\frac{N}{mm^2} \right]$

A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

— A – a forgácskeresztmetszet $A = \frac{D \cdot f}{4} [mm^2]$

A fúráshoz szükséges teljesítmény:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{6 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 900}{60 \cdot 10^3} = 0,5655 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,5655}{0,8} = 0,7069 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka.

A választott szerszámgépbe beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

26. sz. melléklet: „Furatnagylás ($\varnothing 191,5 \times 10,5 \text{ mm}$) – a) felület”-hez tartozó számítások

Furatnagylás ($\varnothing 191,5 \times 10,5 \text{ mm}$) – a) felület

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: 5,75 mm

Simítási ráhagyás a felületen: 0,25 mm (átmérőre 0,5 mm)

Fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{191,5-180}{2} = 5,75 \text{ mm}$

d – a kiinduló átmérő: d = 180 mm

D – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyás alapján: D = 192 – 0,5 = 191,5 mm

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{5,75 \cdot 1500} = 1,04 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{5,75}{1,04} = 5,53$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $5,53 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 5,75 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{f} = \frac{5,75}{12,5} = 0,46 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácsoló értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

— K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 5,75 = 4337,8 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.17. táblázat tartalmazza.

5.17. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kergétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{180 \cdot \pi} = 111,16 \frac{1}{\text{min}}$$

— Ahol D – a kiinduló átmérő. $D = 180 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{180 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 63,33 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{4337,8 \cdot 63,33}{60 \cdot 10^3} = 4,58 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{4,58}{0,8} = 5,73 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

27. sz. melléklet: „Furatnagyalás ($\varnothing 189,5 \times 32,5 \text{ mm}$) – b) felület”-hez tartozó számítások

Furatnagyalás ($\varnothing 189,5 \times 32,5 \text{ mm}$) – b) felület

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: 5,75 mm

Simítási ráhagyás a felületen: 0,25 mm (átmérőre 0,5 mm)

Fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{189,5-180}{2} = 4,75 \text{ mm}$

d – a kiinduló átmérő: d = 180 mm

D – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyás alapján: $D = 190 - 0,5 = 189,5 \text{ mm}$

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{4,75 \cdot 1500} = 1,26 \frac{mm}{ford}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{4,75}{1,26} = 3,77$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $3,77 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 4,75 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{f} = \frac{4,75}{12,5} = 0,38 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácsoló értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

— K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 4,75 = 3583,4 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.17. táblázat tartalmazza.

5.17. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kergétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{180 \cdot \pi} = 111,16 \frac{1}{\text{min}}$$

— Ahol D – a kiinduló átmérő. $D = 180 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{180 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 63,33 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{3583,4 \cdot 63,33}{60 \cdot 10^3} = 3,78 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{3,78}{0,8} = 4,73 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

28. sz. melléklet: „Furatnagyolás ($\emptyset 191,5 \times 46 \text{ mm}$) – c) felület”-hez tartozó számítások

Furatnagyolás ($\emptyset 191,5 \times 46 \text{ mm}$) – c) felület

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: 5,75 mm

Simítási ráhagyás a felületen: 0,25 mm (átmérőre 0,5 mm)

Fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{191,5-180}{2} = 5,75 \text{ mm}$

d – a kiinduló átmérő: d = 180 mm

D – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyás alapján: D = 192 – 0,5 = 191,5 mm

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{5,75 \cdot 1500} = 1,04 \frac{mm}{ford}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{5,75}{1,04} = 5,53$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $5,53 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 5,75 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{f} = \frac{5,75}{12,5} = 0,46 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácsoló értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

— K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 5,75 = 4337,8 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.17. táblázat tartalmazza.

5.17. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kergétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{180 \cdot \pi} = 111,16 \frac{1}{\text{min}}$$

— Ahol D – a kiinduló átmérő. $D = 180 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{180 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 63,33 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{4337,8 \cdot 63,33}{60 \cdot 10^3} = 4,58 kW$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{4,58}{0,8} = 5,73 kW$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

29. sz. melléklet: „Horonymarás ($\varnothing 198 \times 10 mm$) – d) felület”-hez tartozó számítások

Horonymarás ($\varnothing 196 \times 10 mm$) – d) felület

Fogsám: 14

Fogankénti előtolás: $f_z = 0,05 mm$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.38. táblázat tartalmazza.

5.38. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 46 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_\kappa = 0,77$
Anyagminőség szerinti sebességkorrekció	$K_a = 1,03$
Szerszámanyag szerinti sebességkorrekció	$K_{sz} = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 46 \cdot 0,77 \cdot 1,03 \cdot 1 = 36,48 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 36,48}{80 \cdot \pi} = 145,14 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 140 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{80 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = 35,19 \frac{m}{min} = 0,5865 \frac{m}{sec}$$

Az asztal előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,05 \cdot 140 \cdot 14 = 98 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,05}{80}} = 0,025 \text{ innen } \alpha \varphi = 2,87^\circ$$
$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{14} = 25,71^\circ$$

$$\text{Kapcsolószám: } \Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{2,87^\circ}{25,71^\circ} = 0,1116$$

A közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{5}{80}} = 0,013 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,1116 \cdot 1500 \cdot 0,013 \cdot 5 = 10,881 N$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{N}{mm^2}$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P = F_{maró} \cdot v_{cm} = 10,881 \cdot 0,5865 = 6,38 W$$

A hajtáshoz szükséges teljesítményszükséglet:

$$P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{6,38}{0,8} = 7,98 W$$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

30. sz. melléklet: „Furatnagymű (Ø198 x 10 mm) – d) felület”-hez tartozó számítások

Furatnagymű (Ø198 x 10 mm) – d) felület

A forgáskeresztmetszet meghatározása:

Forgácsolási ráhagyás a felületen: 1 mm

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{198-196}{2} = 1 \text{ mm}$$

d – a kiinduló átmérő: d = 196 mm

D – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyás alapján: D = 198 mm

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{1 \cdot 1500} = 6 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

— A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{1}{6} = 0,17$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $0,17 < 12,5$

A fogások száma: $i = 1$

Ezek alapján a fogásmélység: $a = 1 \text{ mm}$

A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke $f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{1}{12,5} = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A szerszámgépen beállítható érték: $f = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Mivel a fajlagos forgácsolóerő értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,08 \cdot \sin 90^\circ = 0,08 \text{ mm}$$

— K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

A módosult fajlagos forgácsolóerő: $k'_c = 2820 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 2820 \cdot 0,08 \cdot 1 = 225,6 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.17. táblázat tartalmazza.

5.17. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{196 \cdot \pi} = 102,09 \frac{1}{min}$$

— Ahol D – a kiinduló átmérő. $D = 196 \text{ mm}$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{196 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 68,96 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{225,6 \cdot 68,96}{60 \cdot 10^3} = 0,26 \text{ kW}$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{0,26}{0,8} = 0,33 \text{ kW}$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

31. sz. melléklet: „Furatnagylás ($\emptyset 159 \times 6 \text{ mm}$) – f) felület”-hez tartozó számítások

Furatnagyolás (Ø161 x 6 mm) – f) felület

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

$$\text{Forgácsolási ráhagyás a felületen: } \frac{D-d}{2} = \frac{161-140}{2} = 10,5 \text{ mm}$$

d – a kiinduló átmérő: d = 140 mm

D – a megmunkált átmérő a simítási ráhagyás alapján: D = 162 – 1 = 161 mm

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

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{9000}{10,5 \cdot 1500} = 0,57 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

– A fajlagos forgácsolóerő: $k_c = 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Az $\frac{a}{f}$ viszony nagysága: $\frac{a}{f} = \frac{10,5}{0,57} = 18,42$

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 12,5:1

A fogást nem kell megosztani, mivel $18,42 > 12,5$

A fogások száma: $i = 2$

$$\text{Ezek alapján a fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2 \cdot i} = \frac{161-140}{2 \cdot 2} = 5,25 \text{ mm}$$

$$\text{A fogásmélységhez tartozó ideális előtolás értéke } f = \frac{a}{\frac{a}{f}} = \frac{5,25}{12,5} = 0,42 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

$$\text{A szerszámgépen beállítható érték: } f = 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Mivel a fajlagos forgácselő értéke az előtolástól függ, a megváltozott előtolás függvényében táblázatból választjuk ki a módosult k'_c értékét a h forgácsvastagság függvényében.

$$h = f \cdot \sin K_\kappa = 0,4 \cdot \sin 90^\circ = 0,4 \text{ mm}$$

– K_κ – a szerszám főél elhelyezési szöge. $K_\kappa = 90^\circ$

$$\text{A módosult fajlagos forgácsolóerő: } k'_c = 1886 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k'_c \cdot f \cdot a = 1886 \cdot 0,4 \cdot 5,25 = 3960,6 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.19. táblázat tartalmazza.

5.19. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{161 \cdot \pi} = 124,28 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 140 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{161 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = 70,81 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete: $P = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{3960,6 \cdot 70,81}{60 \cdot 10^3} = 4,67 kW$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása: $P_h = \frac{P}{\eta} = \frac{4,67}{0,8} = 5,84 kW$

— Ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka

A választott WHN-13 CNC HORIZONTÁL szerszámgépben beépített 10 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

32. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\emptyset 192k6 \times 10,5 mm$) – a) felület”-hez tartozó számítások

Simítási ráhagyás a felületen: 0,05 mm (átmérőre: 0,1 mm)

Fogásmélység: $a = \frac{D-d}{2} = \frac{192-191,5}{2} = 0,25 mm$

d – a kiinduló átmérő a simítási ráhagyás alapján: $d = 191,5 mm$

D – a megmunkált átmérő: $D = 192 mm$

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 1,6 \mu m = 1,6 \cdot 10^{-3} mm$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 mm$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}} = 0,13 \frac{mm}{ford}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,15 \frac{mm}{ford}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.23. táblázat tartalmazza.

5.23. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{191,5 \cdot \pi} = 104,48 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 112 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{191,5 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 67,38 \frac{m}{min}$$

33. sz. melléklet: „Furatsimítás ($\emptyset 190K6 \times 32,5 mm$) – b) felület”-hez tartozó számítások

Furatsimítás (Ø190K6 x 32,5 mm) – b) felület

Simítási ráhagyás a felületen: 0,05 mm (átmérőre: 0,1 mm)

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{190-189,5}{2} = 0,25 \text{ mm}$$

d – a kiinduló átmérő a simítási ráhagyás alapján: d = 189,5 mm

D – a megmunkált átmérő: D = 190 mm

A fogások száma: i = 1

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 0,8 \mu\text{m} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} = 0,09 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.23. táblázat tartalmazza.

5.23. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{189,5 \cdot \pi} = 105,59 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{g\acute{e}pi} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{189,5 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 66,68 \frac{m}{min}$$

34. sz. melléklet: „Furatsimítás (Ø192 x 46 mm) – c) felület”-hez tartozó számítások

Simítási ráhagyás a felületen: 0,05 mm (átmérőre: 0,1 mm)

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{192-191,5}{2} = 0,25 \text{ mm}$$

d – a kiinduló átmérő a simítási ráhagyás alapján: d = 191,5 mm

D – a megmunkált átmérő: D = 192 mm

A fogások száma: i = 1

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 1,6 \mu m = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}} = 0,13 \frac{mm}{ford}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,15 \frac{mm}{ford}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.23. táblázat tartalmazza.

5.23. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{min}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{191,5 \cdot \pi} = 104,48 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{\text{gépi}} = 112 \frac{1}{\text{min}}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{\text{gépi}}}{1000} = \frac{191,5 \cdot \pi \cdot 112}{1000} = 67,38 \frac{m}{\text{min}}$$

35. sz. melléklet: „Furatsimítás (Ø160 x 6 mm) – f) felület”-hez tartozó számítások

Furatsimítás (Ø162 x 6 mm) – f) felület

Simítási ráhagyás a felületen: 0,5 mm (átmérőre: 1 mm)

$$\text{Fogásmélység: } a = \frac{D-d}{2} = \frac{162-161}{2} = 0,5 \text{ mm}$$

d – a kiinduló átmérő a simítási ráhagyás alapján: $d = 162 - 1 = 161 \text{ mm}$

D – a megmunkált átmérő: $D = 162 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 1$

Az előtolás értékét az átlagos felületi érdesség $R_a = 1,6 \mu\text{m} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

és az esztergakés csúcssugarának $r = 0,8 \text{ mm}$ figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}} = 0,128 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az előtolás megfelel a szabványnak és az szerszámgépen a legközelebbi beállítható előtolás értéke: $f = 0,15 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

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

A v_c forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatokat az 5.23. táblázat tartalmazza.

5.23. táblázat A forgácsolósebesség meghatározásához szükséges adatok

Alapsebesség	$v_0 = 100 \frac{m}{\text{min}}$
A főél elhelyezési szögétől függő módosító tényező	$K_K = 0,81$
A szerszámtól függő módosító tényező	$K_{sz} = 0,97$
A forgácsolás módjától függő módosító tényező	$K_m = 1$
Az anyag állapotától függő módosító tényező	$K_h = 1$
A munkadarab felületétől, kérgétől függő módosító tényező	$K_k = 0,8$
Az éltartamtól függő módosító tényező	$K_T = 1$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 62,86 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 62,86}{162 \cdot \pi} = 123,51 \frac{1}{min}$$

A gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 140 \frac{1}{min}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{162 \cdot \pi \cdot 140}{1000} = 71,25 \frac{m}{min}$$

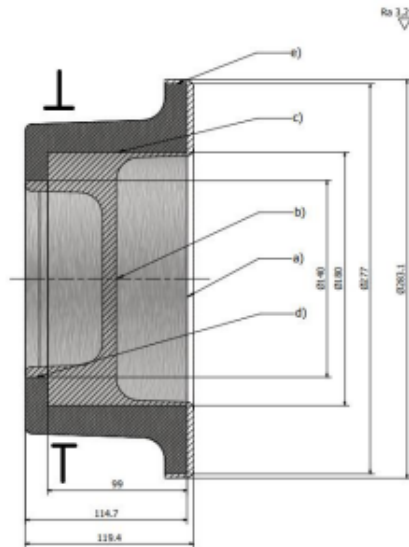
36. sz. melléklet: Művelet és műveletelőzési sorrend

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológia Tanszék					Művelet és műveletelőzési sorrend					Induló típus		
Rajzsám:					Munkadarab megnevezése: Csapágy persely							
v. k.h.	Anyag kódex				Anyagmegnevezés, méret, minőség				ME.	Bruttó 1000 db	Nettó 1000 db	
					Anyag: C35							
					Előgyártmány: Süllyesztékes kovácsolással készült előgyártmány							
					Nyersméret: Ø283.1 x 119,4 mm							
Műv. sorr.	Lap sz.	Költs. hely	Hom. ker	Műv. sz.	Művelet megnevezése				Norm. f.	Norm. 1000 db perc	Norm. 1000 db Ft	
1.	1.				Esztergálás I.							
2.	2.				Esztergálás II.							
3.	3.				Marás I.							
4.	4.				Marás II.							
5.	5.				Fúrás I.							
6.	6.				Fúrás II.							
7.					Szerelés							
8.	7.				Esztergálás, Marás							
9.					Végellenőrzés							
Kiállította		Kelt	Ellenőrizte		Kelt	Főtechnológus		Kelt	Anyagnormás	Kelt	Időelemző	Kelt
Czene Dániel		2025.08.04.										
Jel	Javította		Kelt	Ellenőrizte		Kelt	Jel	Javította		Kelt	Ellenőrizte	Kelt

37. sz. melléklet: Esztergálás I. Műveleti utasítás

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnol Tanszék	MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:
Rajzsám: 001	Munkadarab megnevezése: Csapágypersely		Művelet száma: 1.
Anyag: C35	Nyersméret: Ø281.1 x 119,4 mm	Művelet megnevezése: Esztergálás I.	Műveleti ut. száma:

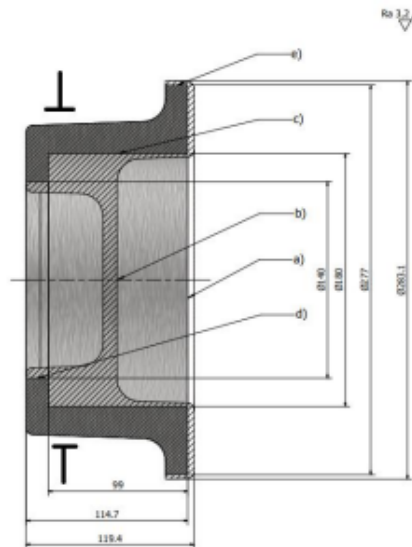
Vázlat:



Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befog készülékbe							
1.1	Homloknyagolás	a	Homlokélű esztergakés DIN 4977 ISO 5 R 2 P30	99,22	112	0,4	3,7	1
1.2	Furatnyagolás Ø125 x 54,7 mm -től	b	Átmenő lyukkés K10 20x20 mm MSZ1912	76,97	140	0,4	5	5
1.3	Furatnyagolás Ø179 x 99 mm	c	Feneklyukkés 20x20 MSZ1913	62,98	112	0,4	5,4	5
1.4	Furatnyagolás Ø139 x 99 mm-től	d	Feneklyukkés 20x20 MSZ1913	61,14	140	0,6	7	1
1.5	Palástnyagolás Ø278 x 11 mm	e	Oldalélű esztergakés DIN 4980 ISO 6 R 20x P30	97,82	112	0,25	2,55	1
1.6	Homloksimítás	a	Homlokélű esztergakés DIN 4977 ISO 5 R 2 P30	70,95	112	0,15	0,5	1
1.7	Furatsimítás Ø180 x 99 mm	c	Feneklyukkés 20x20 MSZ1913	63,33	112	0,15	0,5	1
1.8	Furatsimítás Ø140 x 99 mm-től	d	Feneklyukkés 20x20 MSZ1913	61,57	140	0,15	0,5	1
1.9	Palástsimítás Ø277 x 11 mm	e	Oldalélű esztergakés DIN 4980 ISO 6 R 20x P30	71,97	112	0,2	1	1
	Hűtés:		Olajemulzió					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Czene Dániel		2025.08.04.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások							1	500
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
Kapja: péld								
oszt:								

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológiai Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra	Lapszám:
Rajzsám: 001	Munkadarab megnevezése: Csapágy persely		Művelet száma: 1.
Anyag: C35	Nyersméret: Ø281.1 x 119,4 mm	Művelet megnevezése: Esztergálás I.	Műveleti ut. száma:

Vázlat:

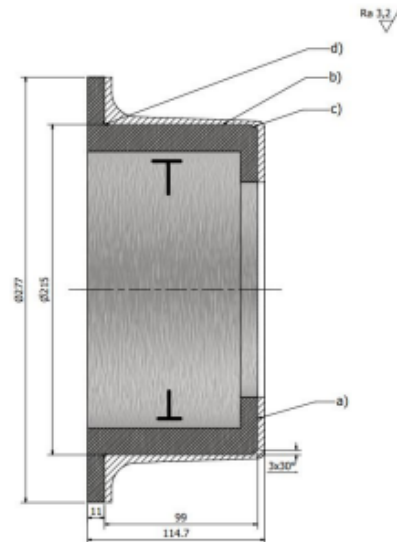


Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Ellenőrzés		Digitális Tolómérő DIN 862 0-300/0,01 Furatmikrométer DIN 863 d 150-200 /0,01 Felületi érdességmérő DIN 4772 class 2					

38. sz. melléklet: Esztergálás II. műveleti utasítás

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnol Tanszék	MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:
Rajzsám: 002	Munkadarab megnevezése: Csapágypersely		Művelet száma: 2.
Anyag: C35	Nyersméret: Ø277 x 119,4 mm	Művelet megnevezése: Esztergálás II.	Műveleti ut. száma:

Vázlat:



Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befog tokmányba							
2.1	Homloknagyolás	a	Homlokélű esztergakés DIN 4977 ISO 5 R 20x20 P30	90,95	112	0,4	3,7	1
2.2	Palástsagyolás Ø216 x 99 mm	b	Oldalélű esztergakés DIN 4980 ISO 6 R 20x20 P30	76	112	0,5	6,71	5
2.3	Homloksimítás	a	Homlokélű esztergakés DIN 4977 ISO 5 R 20x20 P30	77,41	112	0,15	1	1
2.4	Palástsimitás Ø215 x 99 mm	b	Oldalélű esztergakés DIN 4980 ISO 6 R 20x20 P30	76	112	0,2	1	1
2.5	Letörés 3x30°	c	Hajlított esztergakés DIN 4972 ISO 2 R 20x20 P30	76	112	0,1	3	1
2.6	Beszúrás	d	Sarok esztergakés R2-es profillal DIN 4978 ISO 3 R 20x20 P30	75,65	112	0,1	0,5	1
	Hűtés:		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Digitális Tolómérő DIN 862 0-300/0,01 Furatmikrométer DIN 863 d 150-200 /0,01 Felületi érdességmérő DIN 4772 class 2					

Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Czene Dániel	2025.08.04.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások						1	500
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus
							norm.
							a
							WHN
							-13
							b
							c
Kapja: péld oszt:							d

39. sz. melléklet: Marás I. műveleti utasítás

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológiai Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:	
Rajzsám: 003		Munkadarab megnevezése: Csapágypersely		Művelet száma: 3.	
Anyag: C35	Nyersméret: Ø277 x 110 mm	Művelet megnevezése: Marás I.		Műveleti ut. száma:	

Vázlat:

Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befog tokmányba							
3.1	Zsebmarás	a	Ø12 Ujjmaró, hengeres szárral HS18 01 12 III. MSZ3869	16,96	450	0,04	3	1
3.2	Zsebmarás	b	Ø50 Tárcsamaró HS18 0 1 MSZ3856	35,19	224	0,05	5	1
3.3	Horonymarás	c	Ø125 Tárcsamaró HS18 0 1 MSZ3856	43,98	112	0,05	5	1
	Hűtés:		Olajemulzió					
	Ellenőrzés:		Digitális Tolómérő DIN 862 0-300/0,01 Felületi érdességmérő DIN 4772 class 2 Furatmikrométer DIN 863 d 150-200 /0,01					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Czene Dániel		2025.08.06.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások							1	500
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	gép l.sz
							norm.	a WHN-13
							szükség szerinti változat	b
								c
Kapja: péld.								d
oszt:								

40. sz. melléklet: Marás II. műveleti utasítás

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnol Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:	
Rajzsám: 004		Munkadarab megnevezése: Csapágypersely		Művelet száma: 4.	
Anyag: C35	Nyersméret: Ø277 x 110 mm	Művelet megnevezése: Marás II.		Műveleti ut. száma:	

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	Zsebmarás 2xR20	a	Ø16 Ujjmaró, hengeres szárral HS18 01 12 III. MSZ3869	16,96	450	0,04	3	1
4.2	Horonymarás R20 x 33 mm	b	Ø50 Tárcsamaró HS18 0 1 MSZ3856	35,19	224	0,05	5	1
	Hűtés:		Olajemulzió					
	Ellenőrzés:		Digitális Tolómérő DIN 862 0-300/0,01 Felületi érdességmérő DIN 4772 class 2 Furatmikrométer DIN 863 d 150-200 /0,01					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Czene Dániel		2025.08.06.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások							1	500
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	gép l.sz
							norm.	a WHN-13
							szükség szerinti változat	b
Kapja: péld.								c
oszt:								d

41. sz. melléklet: Fúrás I. műveleti utasítás

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnika Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:				
Rajzszám: 005		Munkadarab megnevezése: Csapágy persely		Művelet száma: 5.				
Anyag: C35	Nyersméret: Ø277 x 110 mm	Művelet megnevezése: Fúrás I.		Műveleti ut. száma:				
Vázlat:								
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befog tokmányba							
5.1	Fúrás I. Ø10 x 13,5 mm	a	Csigafúró Ø10 h8 HS18 0 1 MSZ3985	28,27	900	0,16		1
	Hűtés:		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Digitális Tolómérő DIN 862 0-300/0,01 Furatmikrométer DIN 863 d 8-10 /0,01 Felületi érdességmérő DIN 4772 class 2					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszáma:	
Czene Dániel		2025.08.04.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások							1	500
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	gép l.sz
							norm.	a WHN-13
							szükség szerinti változat	b
								c
Kapja: péld:								d
oszt:								

42. sz. melléklet: Fúrás II. műveleti utasítás

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnika Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:	
Rajkszám: 006		Munkadarab megnevezése: Csapágypersely		Művelet száma: 6.	
Anyag: C35	Nyersméret: Ø277 x 110 mm	Művelet megnevezése: Fúrás II.		Műveleti ut. száma:	

Vázlat:

Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befogó furókészülékbe							
6.1	Fúrás Ø16 x 11 mm (12x)	a	Csigafúró Ø16 h8 HS18 0 1 MSZ3985	22,62	450	0,25		1
6.2	Fúrás Ø12 x 11 mm (3x)	b	Csigafúró Ø12 h8 HS18 0 1 MSZ3985	33,93	900	0,2		1
6.3	Fúrás Ø7,8 x 11 mm (2x)	c	Csigafúró Ø7,8 h8 HS18 0 1 MSZ3985	22,05	900	0,15		1
6.4	Menetfúrás M14 x 11 mm (3x)	d	Gépi menetfúró M14 DIN376 HSS	4,93	112	1,25		1
6.5	Dörzsárazás Ø8H7 x 11 mm (2x)	c	Hengeres szárú egyenes hornyú gépi dörzsár Ø8 HS18 0 1 MSZ 4408	22,61	900	0,5		1
	Hűtés:		Olajemulzió					
	Ellenőrzés		Digitális Tolómérő DIN 862 0-300/0,01 Furatmikrométer DIN 863 d 12-16 / 0,005 Furatmikrométer DIN 863 d 8-10 / 0,005 Metrikus, kétoldalú dugós idomszer, 6H M14x2 mm Felületi érdességmérő DIN 4772 class 2					

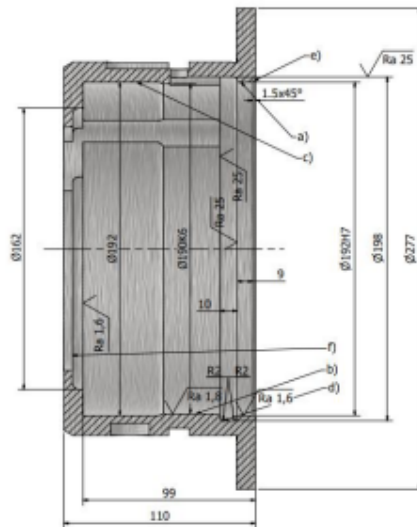
Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:
Czene Dániel	2025.08.04.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól -ig
Javítások						1 500

Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	gép l.sz
							norm.	a WHN-13
							szükség szerinti változat	b
								c
Kapja: péld.								d
oszt:								

43. sz. melléklet: Esztergálás, Marás műveleti utasítás

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnol Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:
Rajzsám: 007		Munkadarab megnevezése: Csapágypersely		Művelet száma: 8.
Anyag: C35	Nyersméret: Ø277 x 110 mm	Művelet megnevezése: Esztergálás Marás		Műveleti ut. száma:

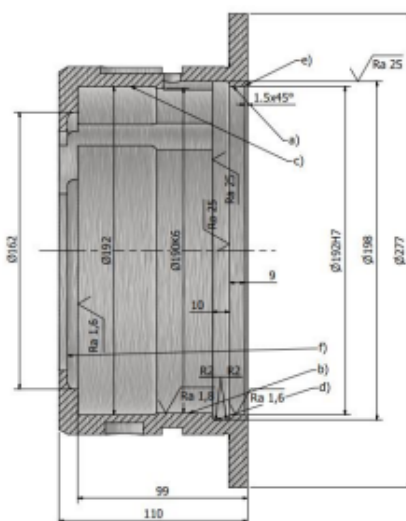
Vázlat:



Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/t	a mm.	i
	Szerelés							
9.1	Furatnagylás Ø191,5 x 20,5 mm	a	Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913	63,33	112	0,4	5,75	1
9.2	Furatnagylás Ø189,5 x 32,5 mm	b	Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913	63,33	112	0,4	4,75	1
9.3	Furatnagylás Ø191,5 x 46 mm	c	Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913	63,33	112	0,4	5,75	1
9.4	Horonymarás Ø196 x 10 mm	d	Ø80 Tárcsamáró HS18 0 1 MSZ3856	35,19	140	0,05	5	1
9.5	Furatnagylás Ø198 x 10 mm	d	Fenéklyukkés forrasztott lapkás R2 20x20 MSZ1913	68,96	112	0,08	1	1
9.6	Furatnagylás Ø161 x 6 mm	f	Fenéklyukkés forrasztott lapkás R4 20x20 MSZ1913	70,81	140	0,4	5,25	2
9.7	Furatsimítás Ø192H7 x 10,5 mm	a	Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913	67,38	112	0,15	0,25	1
9.8	Furatsimítás Ø190K6 x 32,5 mm	b	Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913	66,68	112	0,08	0,25	1
9.9	Furatsimítás Ø192 x 46 mm	c	Fenéklyukkés 20x20 MSZ1913	67,52	112	0,15	0,1	1
9.10	Furatsimítás Ø162 x 6 mm	f	Fenéklyukkés forrasztott lapkás R4 20x20 MSZ1913	71,25	140	0,15	0,5	1
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Czene Dániel		2025.08.06.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások							1	500
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a
							szükség szerinti változat	b
								c
Kapja: péld oszt:								d

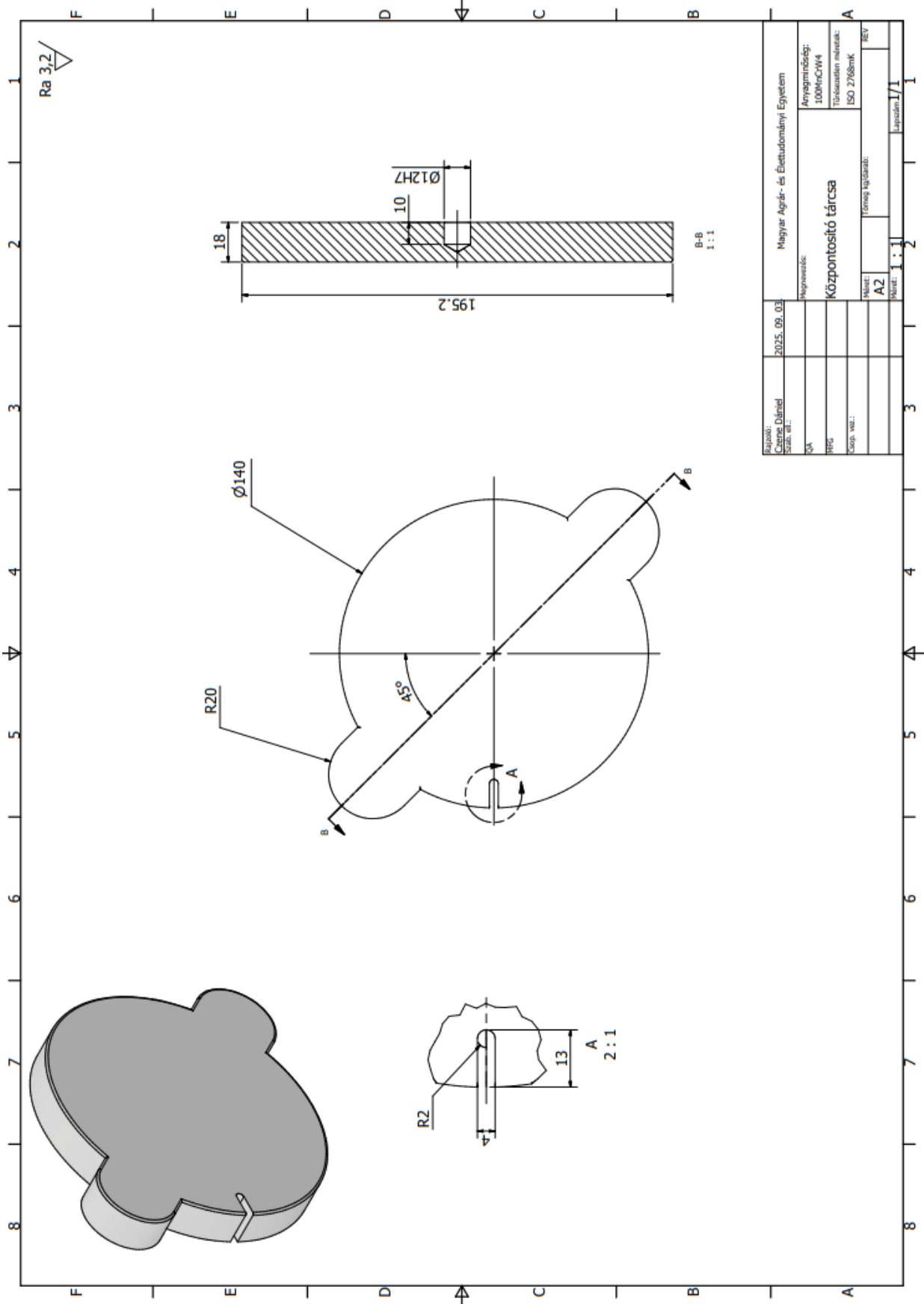
SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnol Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám:
Rajzsám: 007		Munkadarab megnevezése: Csapágypersely		Művelet száma: 8.
Anyag: C35	Nyersméret: Ø277 x 110 mm	Művelet megnevezése: Esztergálás, Marás		Műveleti ut. száma:

Vázlat:

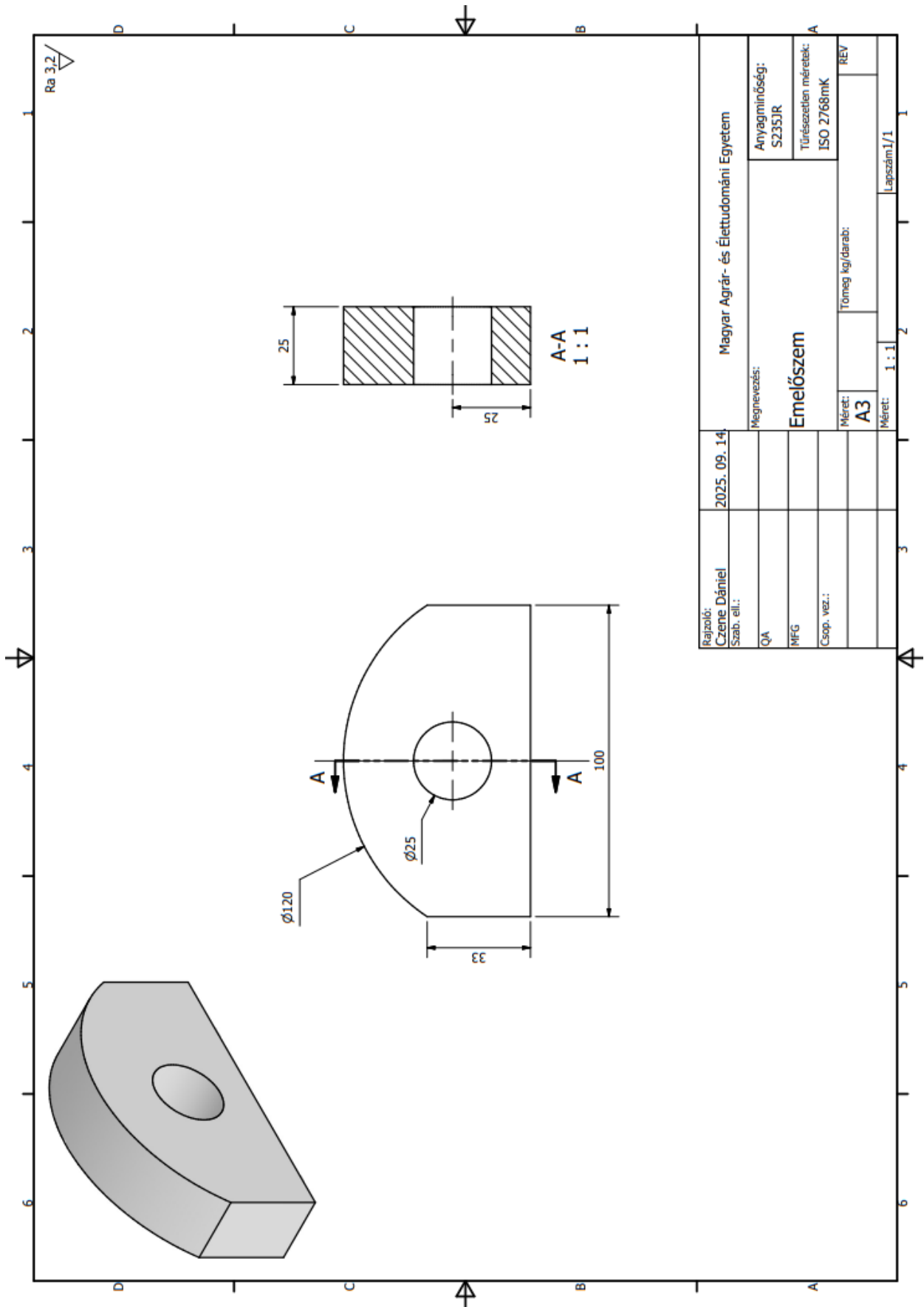


Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
9.11	Letörés 1,5x45°	e	Hajlított esztergakés DIN 4972 ISO 2 R 20x20 P30	62,86	224	0,1	1,5	1
	Hűtés:		Olajemulzió					
	Ellenőrzés:		Digitális Tolómérő DIN 862 0-300/0,01 Furatmikrométer DIN 863 d 150-200 /0,01 Felületi érdességmérő DIN 4772 class 2					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Czene Dániel		2025.08.06.			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások							1	500
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus	
							norm.	a
							szükség szerinti változat	b
								c
								d
Kapja: péld								
oszt:								

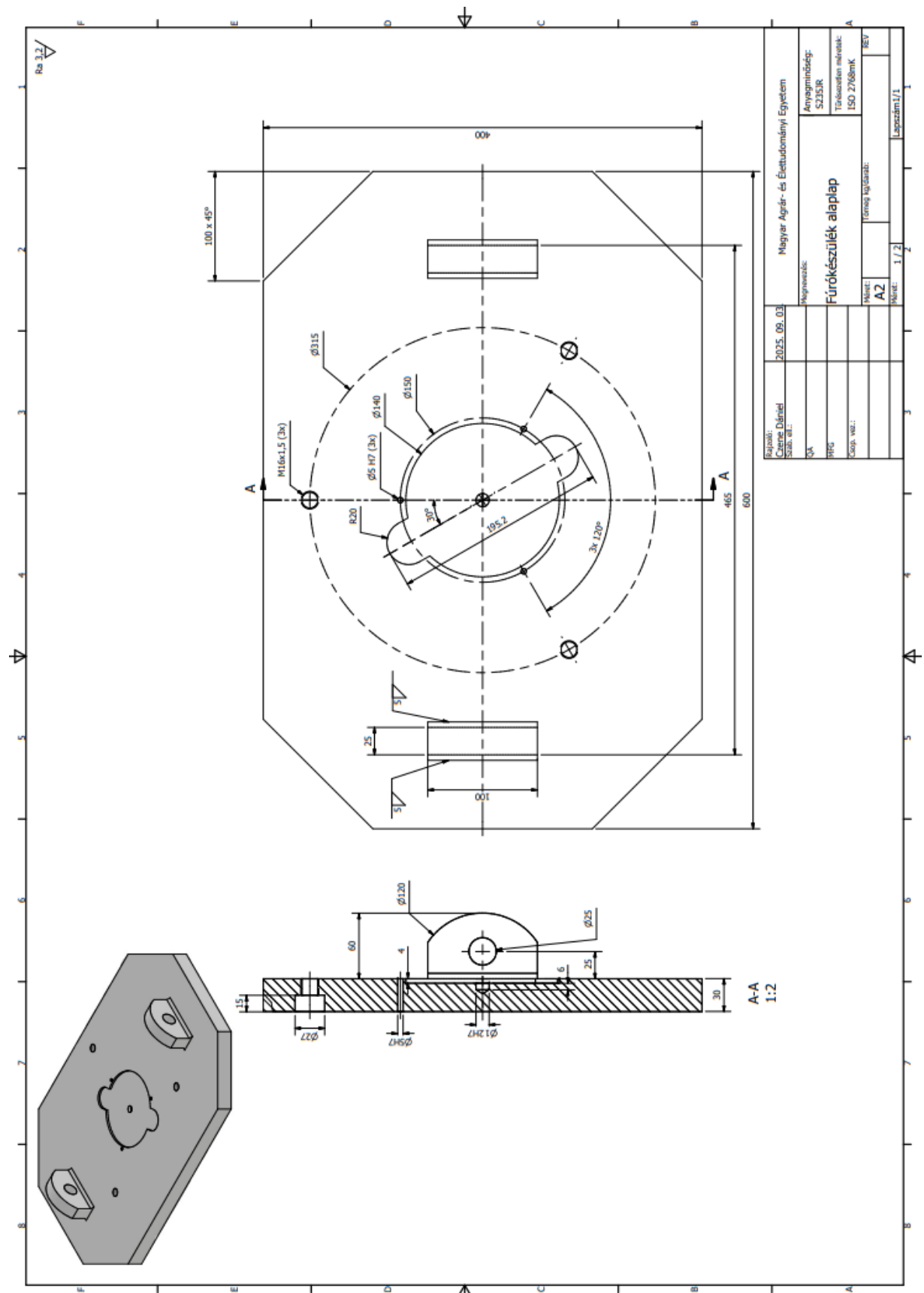
44. sz. melléklet: Központosító tárcsa műhelyrajza



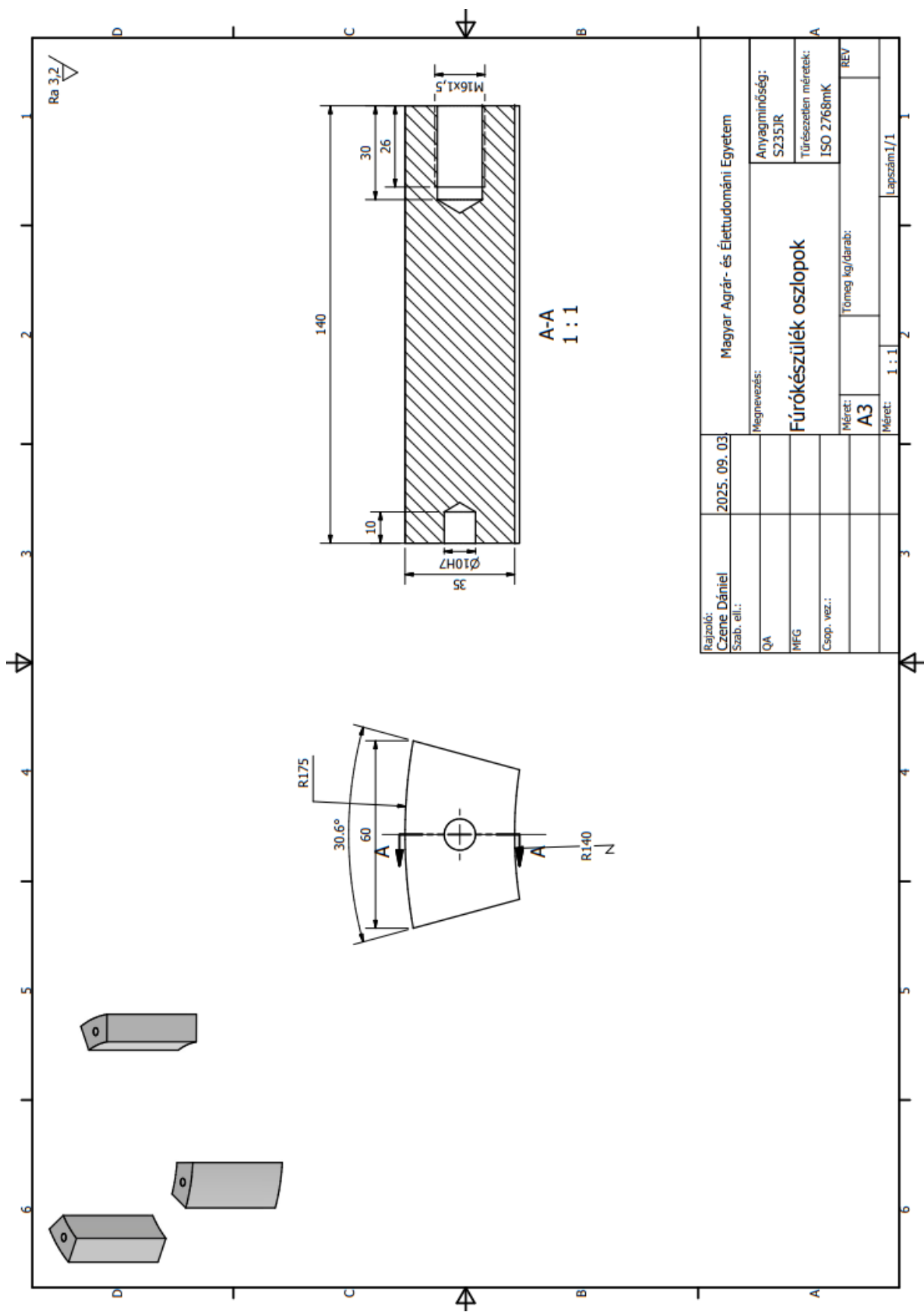
45. sz. melléklet: Emelőszem műhelyrajza



46. sz. melléklet: Fúrókészülék alaplap műhelyrajza



47. sz. melléklet: Fúrókészülék oszlopok műhelyrajza



48. sz. melléklet: Fúrólap műhelyrajza

