



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK**

**Gépgyártó specializáció**

**Bányagép féktárcsájának újragyártása  
kovácsolt előgyártmányból**

**Belső konzulens:** Dr. Kári-Horváth Attila  
egyetemi docens

**Külső konzulens:** Bánhegyi József  
ügyvezető igazgató

**Készítette:** **Márkó Hunor Levente**  
ALPCQD  
tagozat, nappali)

**Intézet/Tanszék:** Műszaki Intézet/  
Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

**Gödöllő  
2023**



---

## Tartalom

1. Bevezetés .....	5
1.1. Célkitűzés.....	6
2. Cégbemutató.....	7
3. Szakirodalmi áttekintés.....	8
3.1. A bányászat és gépei .....	8
3.2. Fémek súrlódásos kopása, kifáradása .....	10
3.3. Kovácsolás .....	13
3.4. Hőkezelés .....	18
3.5. Forgácsolás .....	19
4. Probléma bemutatása .....	23
5. Tervezés.....	27
5.1. Anyagválasztás .....	27
5.2. Újramodellezés .....	28
6. A gyártás tervezése .....	30
6.1. Előgyártmány tervezés.....	30
6.2. Nagyoló esztergálás .....	31
6.3. Kikönnnyítések kifúrása .....	34
6.4. Hőkezelés .....	36
6.5. Simító esztergálás .....	37
6.6. A rögzítő furatok elkészítése.....	41
6.7. Minőség-ellenőrzés .....	42
7. Gazdasági számítások.....	43
8. Összefoglalás .....	45
9. Summary.....	47
10. Köszönetnyilvánítás .....	49

---

11.	Szakirodalom jegyzék.....	50
12.	Mellékletek .....	54

---

## 1. Bevezetés

Napjainkban az ipar és gazdaság elengedhetetlen összetevői a különféle, földből kinyert alapanyagok. Ezen anyagok hiányában a civilizáció mai szintjének elérése gyakorlatilag lehetetlen lenne. A bányászat eleinte a föld felszínéhez legközelebb álló anyagokat jelentette, ahol akár agyagot, kovakövet, később fémeket is bányásztak. A legrégebbi feltárt bánya a körülbelül 43 ezer éves dél-afrikai Ngwenya bánya [44], de hasonló korú bányákat fedeztek fel már Magyarországon is [12]. Természetesen ekkor a korra jellemző módszerekkel végezték a bányászatot, gyakorlatilag kézi erővel történő külszíni fejtés történt.

A mai külszíni bányászat ettől jelentősen eltér. Az emberiség fémes és egyéb, bányászott alapanyagigénye jelentősen nagyobb, mint azt kézi erővel kielégíteni lehet. A különböző kotró és rakodógépek nagy méretbeli választékban állnak rendelkezésre a bányászathoz. Ezek gyakran nagy, dízelüzemű motorokkal hajtott, hidraulikus vezérlésű lánctalpas vagy gumikerekes járművek, amelyek erős markoló kanalakkal rendelkeznek. A teljesen hidraulikus vezérlésű gépek esetén a kanál teljes mozgását a hidraulikus rendszer végzi, míg a dobókanalas, vonó vedres gépek esetén a kanál nincs közvetlen kapcsolatban a gép karjával, azt acélsodronyok kötik hozzá.

A két géptípus felépítése nem tér el sokban egymástól. Akár lánctalpas, akár gumikerekes építésű a kotrógép, a legtöbb esetben az alvázára épített felépítmény körbe tud forogni úgy, hogy a futómű és az alváz mozdulatlanul egyhelyben marad. Ekkor a kabin, a hidraulikus rendszer, a gép karja és az aggregát is egyként fordul el az alsó és felső géprészt összekötő forgósámolyon. Ezt a forgást gyakran egy fékező mechanizmus is kíséri, amely a mozgás végi fékezést és a rögzítést szolgálja. Ez a legtöbb esetben egy, a forgósámolyra rögzített valamilyen karimás, tárcsafékes megoldás.

Mint azt a mindennapi életünkben a személyautóinkkal is tapasztalhatjuk, a fékberendezés a használat során idővel elkopik és azt cserélni szükséges. Ez a kotrógépek forgómozgásának fékezését segítő fékberendezések esetén sincs másként. A használat módja, a szennyeződések mértéke és mérete, a különböző környezeti tényezők és a gép felépítése is befolyásoló tényező lehet a fék kopásában, tönkremenetelének módjában. Mindezekről függően változhat a csere szükségességének ideje is. Néhány típusnál opció lehet a javítás is, néha azonban csak az alkatrész cseréje nyújt megoldást. Utóbbi esetében pozitív, ha a gyártótól beszerezhetők a

---

rendszer elkopott elemei, azonban előfordul, hogy ez már nincs így, vagy egyáltalán nem is volt kapható a múltban sem. Ekkor csak az egyedi újragyártás jöhet szóba.

Az egyedi újragyártás során komoly tervezési munkákat kell elvégezni a gyártás menetét illetően. Például kiemelkedő szerepet kap az alkatrész mérete okán az előgyártmány beszerzése vagy esetleg annak legyártása is, hiszen olyan nagy alkatrészekről is szó eshet. Az alkatrészek újragyártása persze minden területen előfordul, legyen az egy bútor fogantyúja, egy autó napellenzőjének patentje, vagy egy kotrógép karimás féktárcsája.

### 1.1. Célkitűzés

Az egyedileg újragyártott pótalkatrészekre tehát akkor van szükség, ha a gyártó már nem árulja a hiányzó, kopott, vagy sérült alkatrészt, amely a különböző terhelések és hatások eredményeképp vált használhatatlanná. Egy egyedi alkatrész pótlása során sokat segíthet a régi alkatrész is, hiszen a méreteket, a modellt, esetleg az anyagminőséget is meg lehet ismerni róla, így a tervezés során elég újra alkotni a modelljét, és az esetleges pozitív változtatásokat elvégezni rajta. Ezután a munka orozslánrészét a gyártástervezés, előgyártmány tervezés és persze maga a gyártás jelenti majd.

Egyedi újragyártás esetén a leggyakrabban alkalmazott gyártási eljárások a forgácsolás, legtöbbször lemezből vagy rúdanyagból, a különböző lemezalakító eljárások, illetve a különböző gyorsprototípus gyártó eljárások. A gyártási módszer választása természetesen nagyban függ a termék méretétől, igénybevételétől, az eredeti alkatrész anyagától, valamint a gyártás gazdasági vonzatától.

A dolgozatom témájaként egy vonóvedres kotrógép felépítményének forgatását fékező rendszer felújításának keretein belül tervezem meg annak féktárcsáját újragyártásra. Ehhez a szükséges szakirodalmakat áttekintésem és kielemezem, bemutatom az alkatrész tönkremenetelét okozó problémát. A cserealkatrészt a megrendelő által igényelt formában tervezem meg úgy, hogy a lehetőségekhez mérten ellenállóbb legyen a korábbi darab tönkremeneteli formáinak, valamint megtervezem az alkatrész gyártását is a rendelkezésre álló megmunkáló gépek és külső szolgáltatók felhasználásával, a kívánt mennyiségre optimális módon. A munka végén egy gazdasági számítást is elvégzek, amely mintegy árajánlat is jellemezheti a munkát, amennyiben az elvégzésre kerül. A modell újra tervezéséhez SolidWorks és Solid Edge programot használlok.

---

## 2. Cégbemutató

A dolgozat témájául szolgáló alkatrész megtervezését, illetve legyártását a Go-Metall Kft. végezte. A gyakorlatom során lehetőségem nyílt, aktívan részt vállalni a folyamatok kivitelezésében

A Go-Metall Kft. egy 100%-ban magyar tulajdonban levő családi kisvállalkozás. A vállalat 1990-ben kezdte meg pályafutását. Eleinte három saját géppel, továbbá kettő bérelt géppel, illetve két alkalmazottal kezdte meg a gyártási munkálatokat. A vállalat fő profilját az induláskor a gép- és gépkatrész gyártás, gépszerelési, illetve fémmegmunkálási tevékenységek adták.

1992-ben a cég új bérleménybe költözött és ide telepítette át a székhelyét. Az új székhely a most is ismert, Csepel Művek Ipari Park-ban található. Az új üzemcsarnokot közel 2000 m<sup>2</sup>-nyi üzemi terület. 1994-ben a vállalatnak sikerült megvásárolnia a telephelyet, ezáltal saját tulajdonba kerülhetett az üzemi csarnok. 2012-ben sor kerülhetett a második telephely megnyitására, Tab településén.

A Go-Metall Kft. nagy hangsúlyt fektet a hosszú távú partnerek kiépítésére. Hosszú évek óta beszállítója vezető nyugat-európai gépgyártó vállalatoknak. Annak érdekében, hogy a partnerek igényeit kielégítsék a vállalat folyamatosan bővíti a technológiai felszereltségét és ennek finanszírozásába rendszeresen állami, uniós forrásokat vonnak be.

Napjainkban a cég fő tevékenységi köre a forgácsolás, fémmegmunkálás. A fő profilt az egyedi gyártású kis és közép szériás gépkatrészek gyártása, illetve tervezése teszi ki, a megrendelők gyártáshoz szükséges műszaki dokumentációjának megfelelően.

A munkálatok az egész gyártás folyamatát felölelik, az öntőminta elkészítésétől kezdve, az öntésen keresztül a teljes körű megmunkáláson át a szereléssel bezárólag.

A gyártás folyamán egészen 5 tonna súlyhatárig van lehetőség a gépkatrészek forgácsolására, gyártására. A gépkatrészek forgácsolására CNC megmunkáló gépekkel X=2.000 mm és Y=2.000 mm nagyságban van lehetőség. Az alkatrészek gyalulását 4.500 mm hosszúságban lehet megmunkálni. A CNC eszterga gépen Ø660 mm-ig, a CNC karusszel eszterga gépen Ø2.250 mm-ig van lehetőség elvégezni a megmunkálást.

---

## 3. Szakirodalmi áttekintés

### 3.1. A bányászat és gépei

A bányászat jelentése szerint alapvetően a föld felszíne alól történő, értékes alapanyagok vagy más minták felszínre juttatása, kivonása későbbi felhasználásra vagy vizsgálati célokra. Az ilyen anyagok a különféle ércek, szenek, vagy kőzetek. A kibányászott anyagok más formában vagy forrásból nem elérhetők, mert azok a föld alatti nyomás és körülmények hatására alakulnak csak ki.

A bányászat során a bányászni kívánt anyag a legtöbb esetben nem tiszta formájában fordul elő, hanem jelentős mértékben keveredik más kőzetekkel is, így gyakran hatalmas mennyiségű kőzetet kell megmozgatni, elszállítani és feldolgozni ahhoz, hogy relatív kis mennyiségű terméket elő lehessen állítani belőle. Ez jelentős talajrombolással is járhat, amely akár sok évtizeden át is megmaradhat, kiváltképp, ha a bánya bezárása után nem fordítottak figyelmet a környezeti viszonyok helyreállítására [4, 33]. További ellentmondásos témakör a bányászattal kapcsolatban, hogy gyakran emberi jogok tömkelege sérül a fejlődő országokban embertelen körülmények között – néha gyermekek által – végezett munka során [18].

A bányászatra utaló legelső leletek körülbelül 43 ezer évvel ezelőttről származhatnak, amelyek dél-afrikai vagy akár magyarországi területületeken is felfedezésre került [12, 44]. Különböző agyagokat, kovakövet vagy más, kezdetleges technológiai alapanyagokat bányásztak legelőször. Az ókori egyiptomiak idején már a rézbányászat is teret hódított [17].

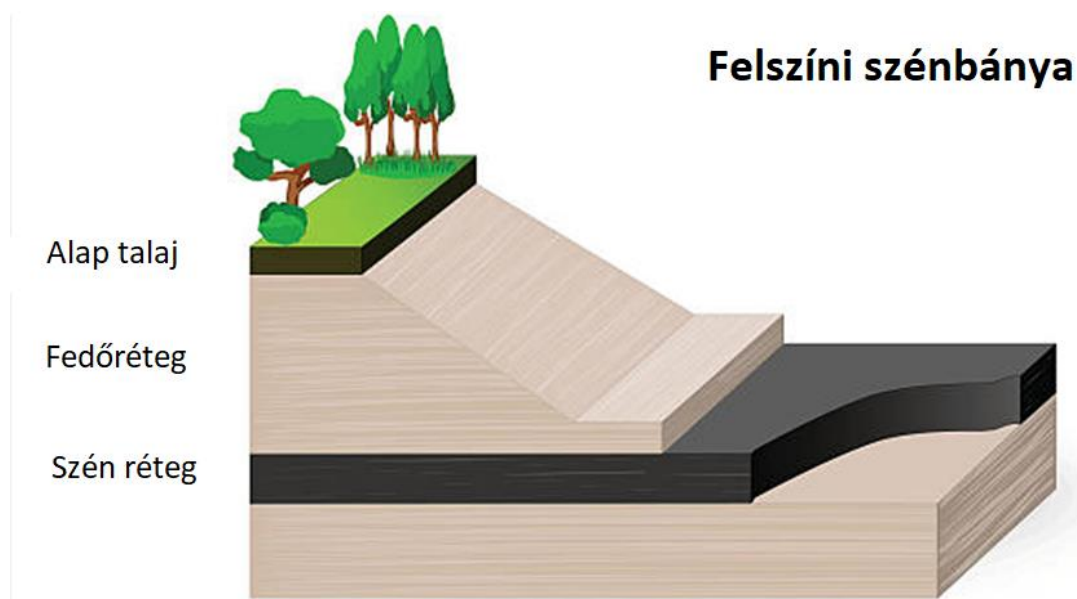
Kétféle fő bányászati módszert lehet elkülöníteni. A külszíni fejtés az egyik típus (*1. ábra*), ahol a bányászat a szabad ég alatt történik, egyszerűen eltávolítják a nemkívánatos fedő réteget a kibányászni kívánt alapanyagokról, majd szabadon elszállítják azt (*2. ábra*). A másik típus a felszín alatti bányászati módszer, ahol föld alatti járatokon keresztül, gyakran vasútszerű csillerendszereken keresztül szállítják ki a kibányászott alapanyagot, a leggyakrabban hegyek belsejéből. A külszíni fejtés jelentősen elterjedtebb módszer, a fémek 98%-a, míg az összes bányászott alapanyag 85%-a származik ilyen bányászati eljárásokból [14].





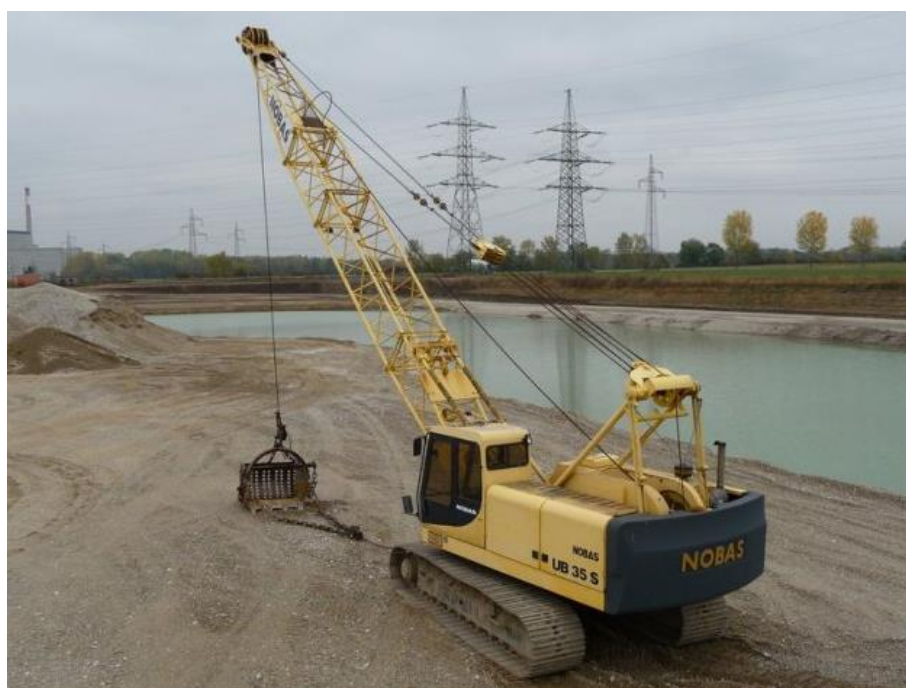
*1. ábra: A külszíni fejtőbánya*

A külszíni fejtés egyik előnye, hogy gépei nincsenek méretben egy szűk alagútra korlátozva, így hatalmas kotró és egyéb gépekkel lehet kifejezetten termelékenyen bányászni. Az egyik ilyen gyakran alkalmazott gép a vonóvedres kotrógép. Ezek a gépek egy kotró merítéssel képesek akár több tonna, több köbméter kőzetet is kimerni és eltávolítani [27].



*2. ábra: A külszíni szénbánya felépítése*

A vonóvedres gépek (3. ábra) a működés során a kanalat leengedik a kimerni kívánt anyagra, majd ahogy a gép behúzza a kanalat, úgy torlódik be a közet a kanál belsejébe. A hidraulikus működésű gépek esetén a gép képes a kanalat erővel belenyomni a talajba, azzal elvégezni a merítést is, majd behúzza a kanalat. A kanál behúzása után a gép elfordul és a kívánt helyre önti a bányászott anyagot. A legtöbb esetben a gép alsó része nem fordul tovább, csak a felépítmény. Ezt egy forgózsámolyon elfordulva teszi meg. Ezt követően kezdődhet az újabb merítés [15].



3. ábra: A vonóvedres kotrógép

### 3.2. Fémek súrlódásos kopása, kifáradása

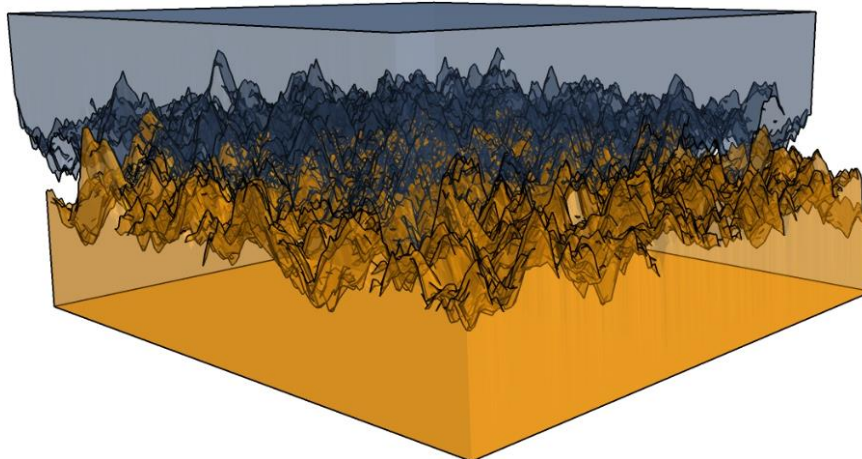
A fémek már évezredek óta szerves részét képezik az emberiség iparának és mindennapi életének. Idővel egyre erősebb és tartósabb, jobb mechanikai tulajdonságokkal bíró fémeket alkottak meg. Ezen javuláshoz hozzájárult a fémek terhelés és használat alatti viselkedésének vizsgálata is.

A fémek alapvetően szívós anyagok, jól bírják a dinamikus és statikus terheléseket is. Ezért fordulhat elő, hogy a legtöbb tartó vagy mozgó szerkezet, mint például hidak vagy munkagépek valamilyen fémből készült erőviselő elemekkel épülnek. Ennek ellenére a fémek a különféle terhelések hatására számtalan módon tönkremehetnek. A leggyakoribb ilyen hatás a korrózió okozta anyagelfogyás, de más módon is képes a korrózió károkat

okozni egy fémes szerkezetben. Ismételt terhelések hatására történő rugalmas alakváltozások hatására a fémek bizonyos ismétlés után kifáradnak, amely repedéshez, töréshez vezethet. Egy másik gyakori ok az anyagelfogyásra a kopás. Az egymáson surlódó felületek a fémek esetén is kopást fejtenek ki.

A funkcionális surlódó felületek különösen kitettek a kopásnak, mivel az anyag jelentős része még meglehet, azonban a szerkezet működését olyan mértékben befolyásolhatja a kopás általi deformáció, hogy már nem a megfelelő módon működik tovább. Külön tudományág, a tribológia foglalkozik a kopással, annak csökkentésével és a kenési módszerekkel, mivel jelentős, akár 1-4% többlet költséget tud okozni egy-egy szerkezet fenntartásában és üzemeltetésében [19]. A kopás és a leváló szemcsék nagysága függ az érintkező testek relatív keménységétől [48]. Például egy erős acélötvözetben csúszó egyszerű műanyag alkatrész az esetek nagy részében nem hagy szemmel látható nyomot a fémen, míg a polimer darab akár teljesen el is kophat. További befolyásoló tényező a kopást kiváltó behatás. A gördülés, csúszás, ütések és még a hőmérséklet is más-más módon befolyásolják a kopás formáját és mértékét.

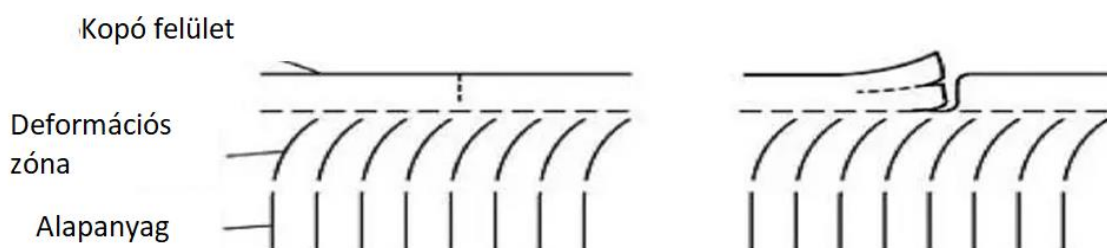
Az abrazív kopás során két szilárd test csúszik el egymáson, ahol legtöbb esetben a kopás a puhább felszínű testen keletkezik [2]. A kiváltó erő maga a súrlódás és az összenyomódó testek között fennálló nyomás. A fő résztvevői a felületi egyenetlenségek, amelyeket a 4. ábra szemléltet. A két test felületi egyenetlenségei „összeakadnak” egymással, és az összenyomó erő hatására elmozduláskor „letörnek” egymást. Kisebb összenyomó erő esetén kisebb mértékű a letöredezés.



4. ábra: A súrlódásban résztvevő felületi egyenetlenségek

A súrlódás során hő fejlődik, ezzel a mozgási energia hőenergiává konvertálódik. Ezen az elven működik a súrlódásos tűzgyújtás is, valamint a különböző járművek súrlódó fékei is. A gyorsan forgó féktárcsára a fékbetét rászorít, ezzel hatalmas nyomást kialakítva a betét és a tárcsa között, amelyek súrlódnak egymáson. A folyamat során a mozgási energiát hőenergiává alakítja a fék, azaz felmelegíti a fékeket [51]. A súrlódás és a hőhatás is a fékek elhasználódásához vezet majd idővel.

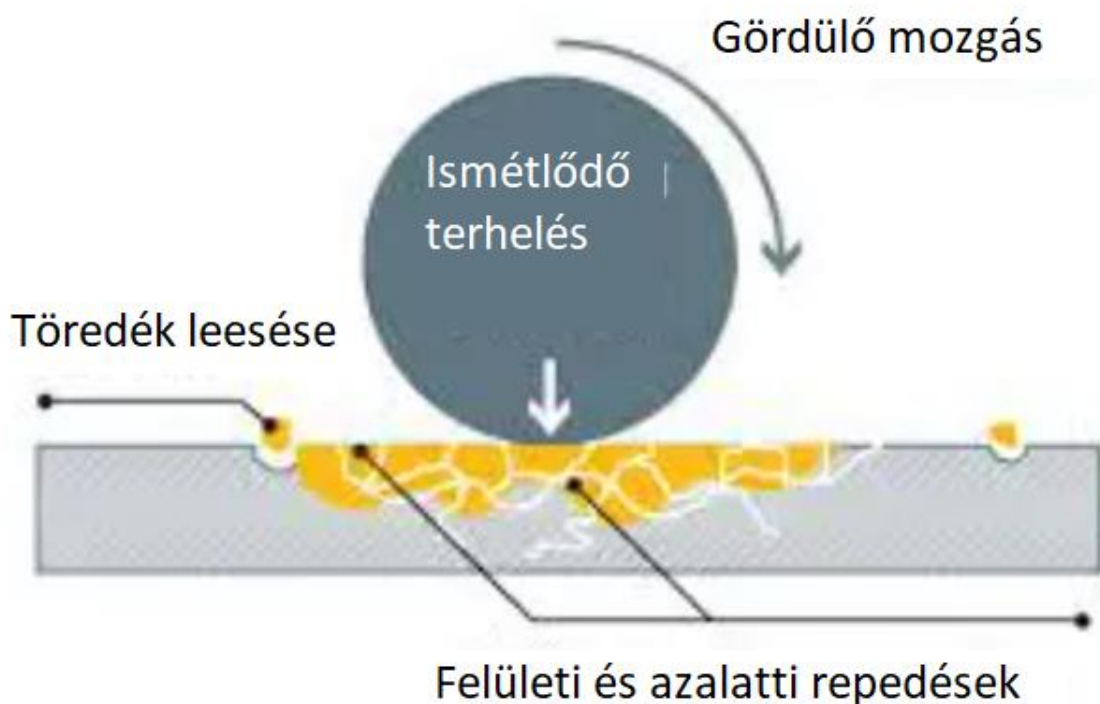
Az erős súrlódó igénybevétel során a felület alatti réteg deformálódik el, amely idővel repedések kialakulásához vezethet (5. ábra). Ezen repedések felszínre kerülésekor akár anyagdarabok is leválhatnak a felületről.



5. ábra: A súrlódás okozta kifáradás

Az anyagtudományban a kifáradás jelentése szerint egy anyag ismétlődő terheléssel szembeni tönkremenetele hosszú idő után. A kifáradás során megjelennek (leggyakrabban) felületi repedések, amelyek apró mértékben minden egyes terhelés ciklusban növekednek tovább, majd idővel bekövetkezik a tönkremenetel [36]. Ezen repedések leggyakrabban az igénybevétel által keltett feszültségcsúcsokban indulnak el. A megindult repedések megfékezésére gyakran behegesztést vagy furatot alkalmaznak. Megoldást jelenthet egy ilyen problémára másik anyag választása, különböző hőkezelési eljárások alkalmazása, valamint más geometria alkalmazása is.

A felületi kifáradást okozhatja a felületen keletkező nagy nyomás ismétlődő előállása, valamint a magas felületi érdesség is. Felületi kifáradás során felkeményedik az anyag a felszínen, majd kis darabok válnak le belőle, ez az úgynevezett gödrösödés (6. ábra) [20].



6. ábra: Felületi kifáradás a nyomás hatására

### 3.3. Kovácsolás

A bányászat során szert tesz ember többek között a fémek előállításához szükséges ércekre. Az ércből ezután különböző kémiai és más módszerekkel elkészítik a nyers fémes előgyártmányt. Ez az előgyártmány ezután további öntésre, forgácsolásra, extrudálásra alkalmas. Ezekon kívül kovácsolási alapanyagként is alkalmazhatók. Az ilyen nyers, megmunkálás nélküli féltermék a kovácsolásban a buga nevet kapta.

A kovácsolás egy alakító eljárás, amelyben képlékeny fémeket, gyakran izzításig hevített állapotban nyomás vagy dinamikus ütések sorozatával alakítanak tovább. Az eljárással a legtöbb esetben mindössze félkésztermékek vagy előgyártmányok készülnek el. A kovácsolással készített tárgyak mérete a néhány kilogrammostól a több száz tonnásig terjed [10, 52].

A kovácsoláshoz vezető út első lépése a tűz felfedezése volt. Később, amikor már a különböző lágú fémek elérhetővé váltak, hamar felfedezték, hogy a tűzben megolvaszthatók azok. A kovácsolás csaknem 6000 éves múltra tekint vissza, az ókori Mezopotámiába [11].

A kovácsolás során az öntött vagy forgácsolt eljárással készülhöz képest erősebb termék jön létre. A megmunkálás során az alakváltozást nagyrészt követi az alapanyag belső szemcseszerkezete, és a kovácsolás utáni termék alakját veszi fel (7. ábra). Ez azt jelenti, hogy az alakítás során nem szakadnak meg a szemcserendszerek – ellenben a forgácsolással, a termék egészében egy finomabb, homogén szemcserendszer jelenik meg. Nem alakulnak ki az öntészetben megismerhető hibák, zárványok sem. Összességében magasabb terhebírási lesz az alkatrész [10, 21, 40].

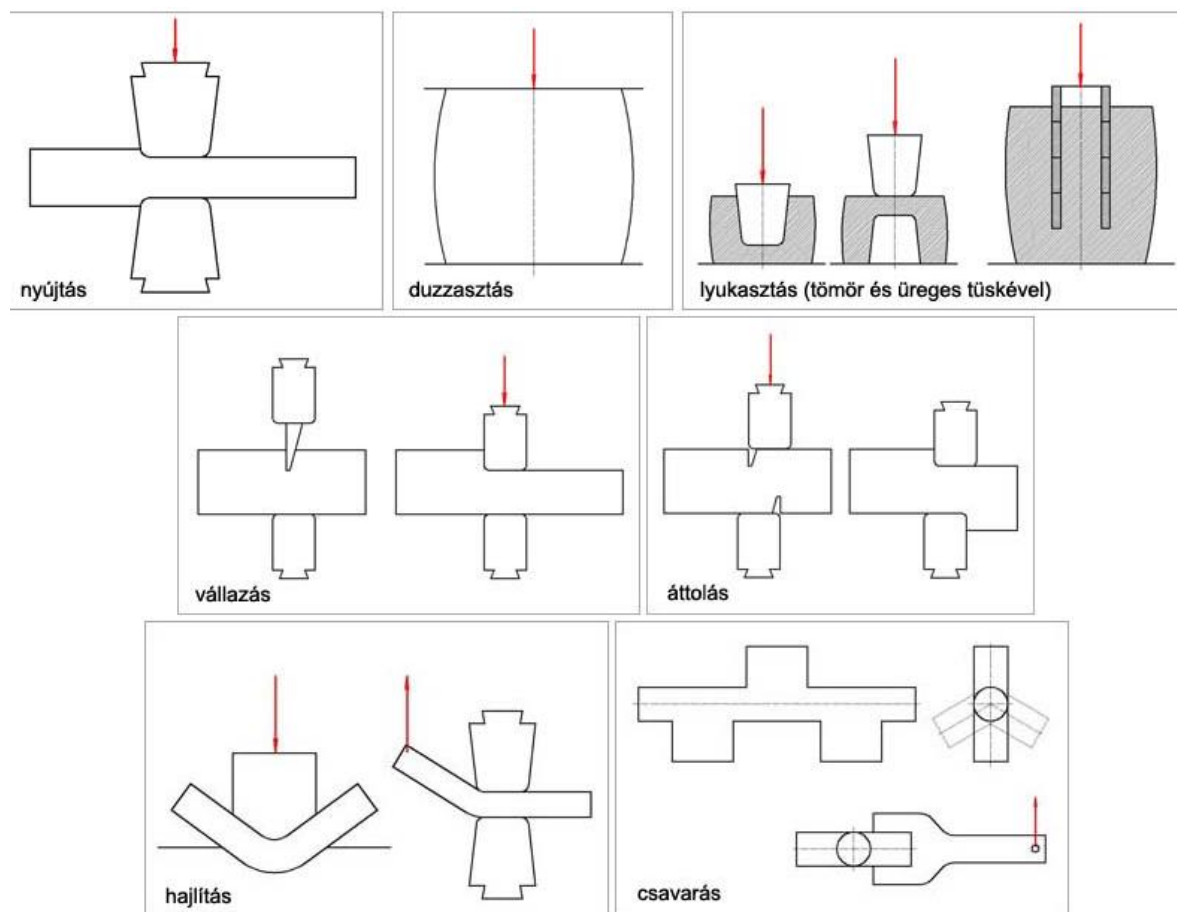


7. ábra: Egy kovácsolt tengelycsenk belső szerkezete [21]

Meleg kovácsolásról beszélünk, amikor a kovácsolási hőmérséklet az alapanyag kristályosodási hőmérséklete felett történik. Az acélok esetében ez már izzított állapotot jelent. A kezdetleges, kézi kovácsolási eljárások esetén a kovácsdarabot kemencében, kohóban melegítették fel, majd azt egy kézi kalapáccsal, esetleg kiegészítő eszközökkel kovácsüllőn vagy satuban alakították. A kézi kovácsolás egy szabadalakító kovácsolási eljárásnak számít [13].

A szabadalakító kovácsolás egy nagyobb csoportot jelent. Része a kézi kovácsolás is, de a legtöbb esetben nagy méretű, gépekkel történő kovácsolt termékek gyártását jelenti. Az előgyártmány általában valamilyen öntött vagy előkovácsolt tárgy, amely gyakran valamilyen rúdanyag, tuskó vagy buga. A szabadalakító kovácsolásnak több alap művelete is van, amelyek a nyújtás, vagy annak ellentéte, a duzzasztás; a lyukasztás, csavarás,

kovácshegesztés vagy hajlítás. Ezekben mind a képlékeny alapanyagot a megfelelő segédszerszámokkal az eljárásnak megfelelő módon alakítják, azaz nyújtáskor például egy vékonyabb, szélesebb darabot kapnak eredményül (8. ábra) [34].



8. ábra: A szabadalakító kovácsolás műveletei [34]

Szabadalakító kovácsolás során a berendezés kalapácsa egy nagy, mozgó tömeg, amely úgymond ráejtésre kerül a kovácsolni kívánt munkadarabra (9. ábra). A kalapács a medve megnevezést kapta. Olyan berendezések is léteznek, amelyek aktívan gyorsítják a medve zuhanását, nem csak a földi gravitációra hagyatkoznak. Léteznek olyan berendezések is, amelyekben egy hajtóművön keresztül mozog a kalapács, és egy laprugós köteg biztosítja a rugalmas rögzítését [29].



9. ábra: Szabadalakító, gravitációs elven működő kalapács-berendezés

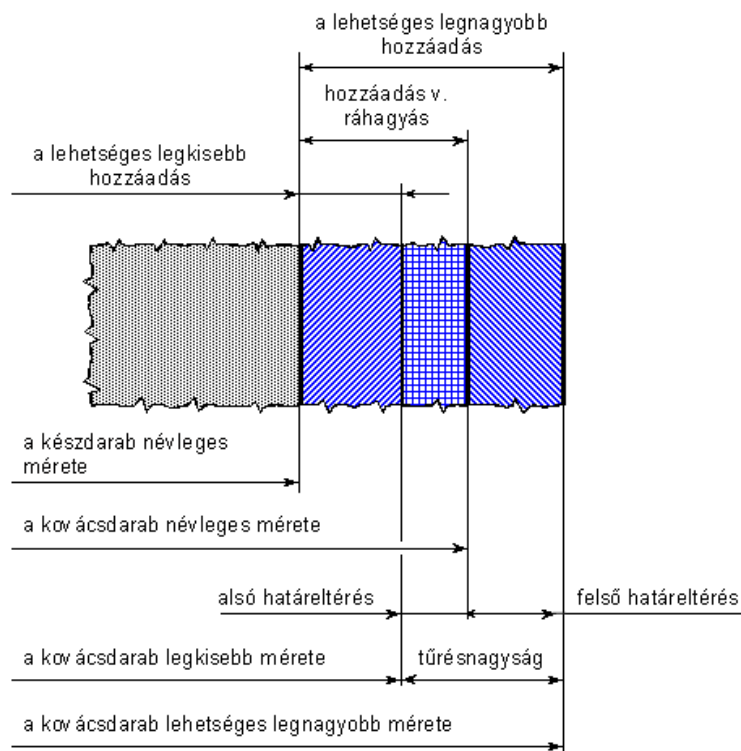
További kovácsolási eljárások is léteznek még, mint például a süllyesztékes kovácsolás, amely során valamilyen formába préselik és kovácsolják be az alapanyagot. Legtöbb esetben több lépcsőben, több formán keresztül alakul ki a munkadarab végső formája, ezzel irányítható az alak [29]. A görgős kovácsolás során egy görgőpáron vagy görgősoron halad át a hosszúkás alapanyag. A forma a görgő palástfelületén található, a gördítés során veszi fel fokozatosan a munkadarab az kívánt alakot [47].

Vannak olyan acélcsoportok, amelyeket kifejezetten alkalmasak kovácsolási felhasználásra, mivel azok ötvözése és gyártása olyan összetételelt és szerkezet alakít ki. Ilyen például a DIN 17100 szerinti ST52-3 megnevezésű acél [5]. Ez egy általános szerkezeti acél, amelyet előszeretettel alkalmaznak kovácsolási feladatokra is.

A kovácsolt előgyártmány tervezése során az előgyártmánynak mindig magába kell foglalnia a készterméket mind méretileg, mind anyagmennyiségi szempontból, amennyiben később anyaghozzáadás nem történik, csak például különböző forgácsolások. A kovácsolás egy relatíve pontatlan eljárás, különösen igaz ez a szabadalakító eljárásokra. Ebből kifolyólag jelentős ráhagyásokat kell alkalmazni annak érdekében, hogy a pontatlanság ne vezessen selejt keletkezéséhez. A ráhagyások tervezését és rajzi megjelölési módszereit az MSZ 5744, DIN 7527 foglalja magába (10. ábra) [6, 32]. Előfordul, hogy a készterméken marad olyan

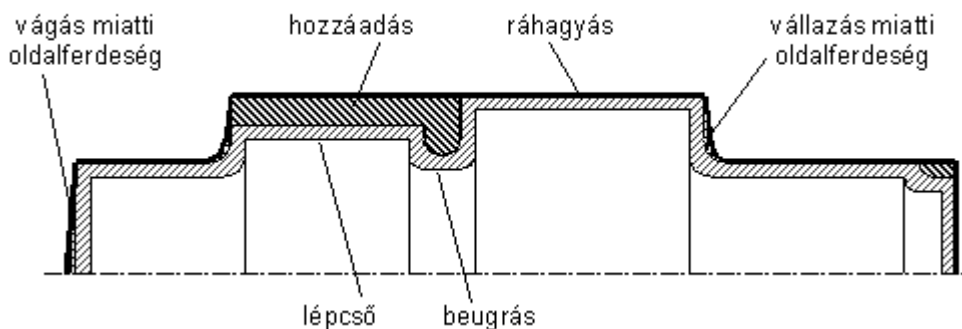


felület, amely már a kovácsolás során létrejött. Erre a felületre nem szükséges ráhagyást tervezni [45].



10. ábra: A kovácsolt felület ráhagyási és tűrése rendszere [45]

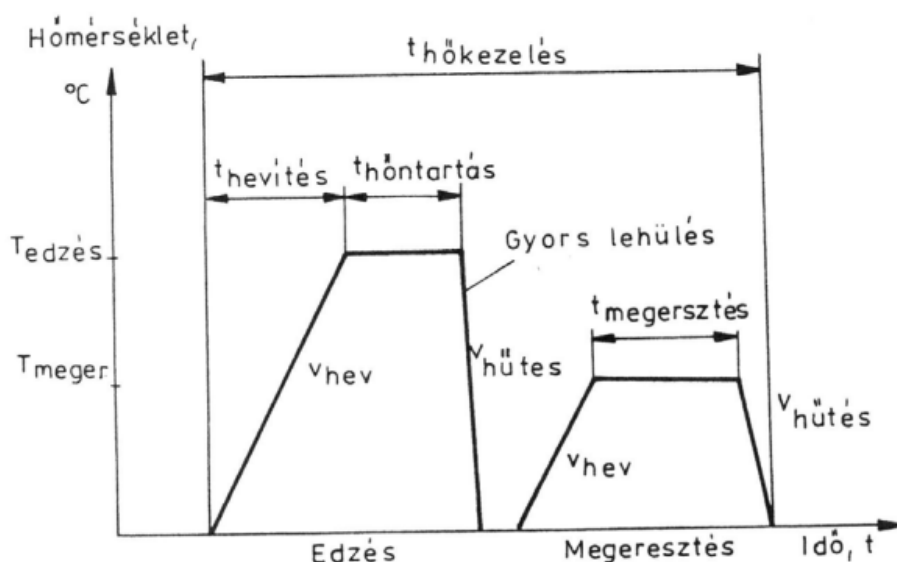
Mivel a szabadalakító kovácsolási eljárás által kialakítható alaksajátosságok minősége erősen korlátozott, egy erősen egyszerűsített formát szükséges megtervezni, amely a furatok jelentős részét, hornyokat, bevágásokat egyáltalán nem képes tartalmazni az esetek döntő többségében (11. ábra). Általában az 50 mm-nél kisebb, vagy peremen  $2/3 D/L$  (átmérő/hossz) értéknél kisebb furatokat már nem készítik el a kovácsolás során [10, 45, 53].



11. ábra: A szabadalakító kovácsoláshoz tervezett egyszerűsítés

### 3.4. Hőkezelés

A hőkezelés egy olyan ipari eljárás, amellyel különböző anyagú munkadarabok belső anyagszerkezetét változtatják meg hő hatására. A hőkezelésben részt vehetnek fémek, polimerek vagy akár kerámiák is. A belső anyagszerkezet leggyakrabban valamilyen fizikai jellegű változást szenved el, azonban nem ritka a kémiai átmenet is. A hőkezelési folyamat irányított hevítések és hűtések sorozatából tevődik össze (12. ábra). Fontos paraméterek ilyen esetben, hogy a hevítés és a hűtés milyen sebességgel történik és mekkora hőfokról indul, mekkora végponttal. Például az acélok gyors hűtése esetén jellemzően jóval keményebb, ridegebb anyagot kapunk, mint egy lassan, szabad levegőn hűtött anyag esetében.



12. ábra: Egy hőkezelési eljárás, a nemesítés Hőmérséklet-Idő grafikonja [1]

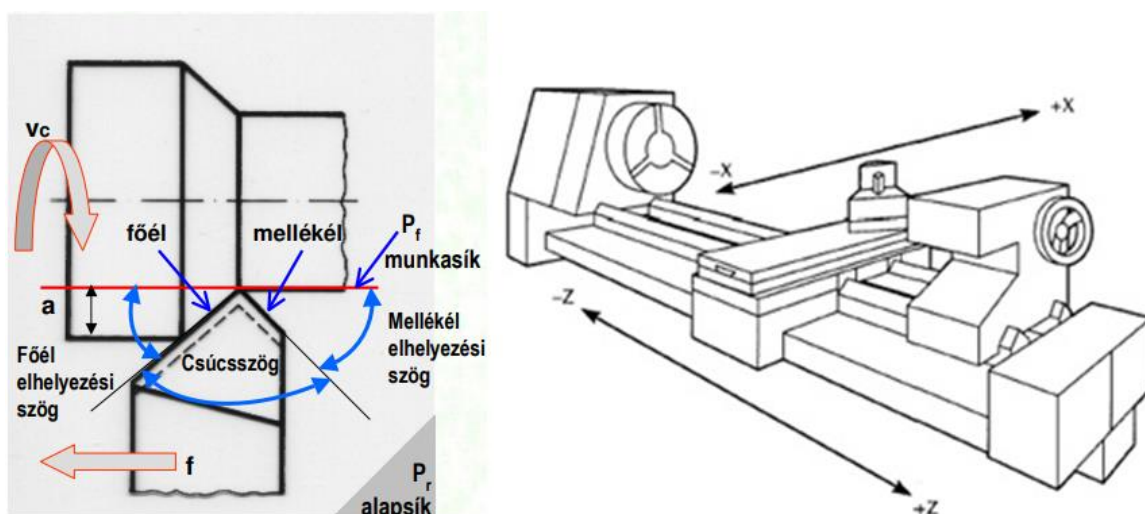
A hőkezelés céljai közé sorolhatók a feszültségmentesítő kezelések. A feszültségmentesítő kezelést leggyakrabban képlékeny alakítások után szokás alkalmazni, mivel az belső feszültségeket kelt a munkadarabban, csökkentve annak mechanikai teherbírását. Hasonló feszültségeket képes kelteni a hegesztési is az anyagok belsejében. A feszültségcsökkentés során a meleg anyagban a szerkezet könnyebben fel tud alkalmazkodni és átalakulni az alkatrész új formájához [3, 22].

Vannak olyan hőkezelési eljárások is, amelyek célja az inhomogén anyagszerkezet létrehozása. Az olyan alkatrészek, amelyek kopásnak vannak kitéve, de dinamikus terhelés

is éri őket, nem lehetnek kemények teljes terjedelmükben, mert az töréshez vezetne, azonban, ha lágyak lennének, akkor a kopás miatt következne be a rövid időn belüli tönkremenetel. A felület edzésekor csak a külső felület keményedik fel, ezzel ellenállóbbá válik a darab a kopással szemben, míg az anyag belseje lágyabb marad, ezáltal a dinamikus terheléseknek is jobban ellenáll [22].

### 3.5. Forgácsolás

A forgácsolás olyan alakító eljárás, amely során (az alakítani kívánt alapanyaghoz képest) kemény szerszámokkal lokális képlékeny alakítást végeznek el, aminek eredményeként a képlékenyen alakított, felgyűrt alapanyag darabka leesik az előgyártmányról. Anyag leválasztásos, szubtraktív eljárásnak hívják [7, 30]. Első sorban fémeket szokás forgácsolni, de az eljárás a legtöbb fára, polimerre alkalmazható. Az anyagleválasztás segítségével hoznak létre tömör előgyártmány blokkokból alakos tárgyakat, mint például fogaskerekeket vagy dugattyúkat.

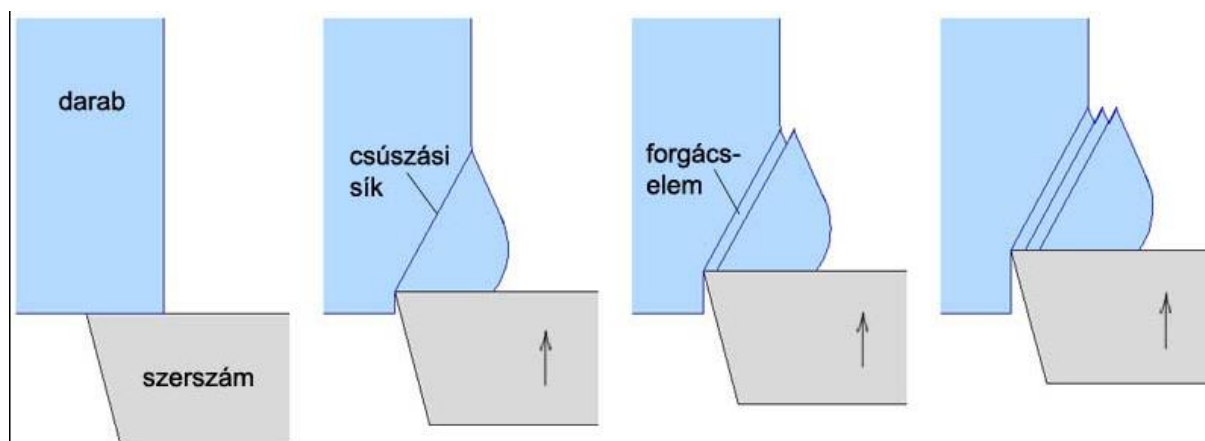


13. ábra: a: Az esztergálás folyamata a főorsóra merőlegesen tekintve.; b: Az egytetemes eszterga mozgásviszonyai [38]

A forgácsolás sokféle különböző eljárást foglal magába a csiszolástól kezdve az esztergálásig. A dolgozatban jelenleg az esztergálás és a fúrás dominál majd. Az esztergálás egy olyan, alapesetben 2 tengely mentén mozogni képes berendezés által működtetett eljárás, ahol a jellemzően egy foggal vagy vágóéllal ellátott szerszám mozog egyidejűleg, vagy egyenként akár mindegyik tengely irányában is. A forgácsoló főmozgást a munkadarab forgása végzi (13/a ábrán piros nyíl), míg a mellékmozgást a munkadarab és a szerszámtest

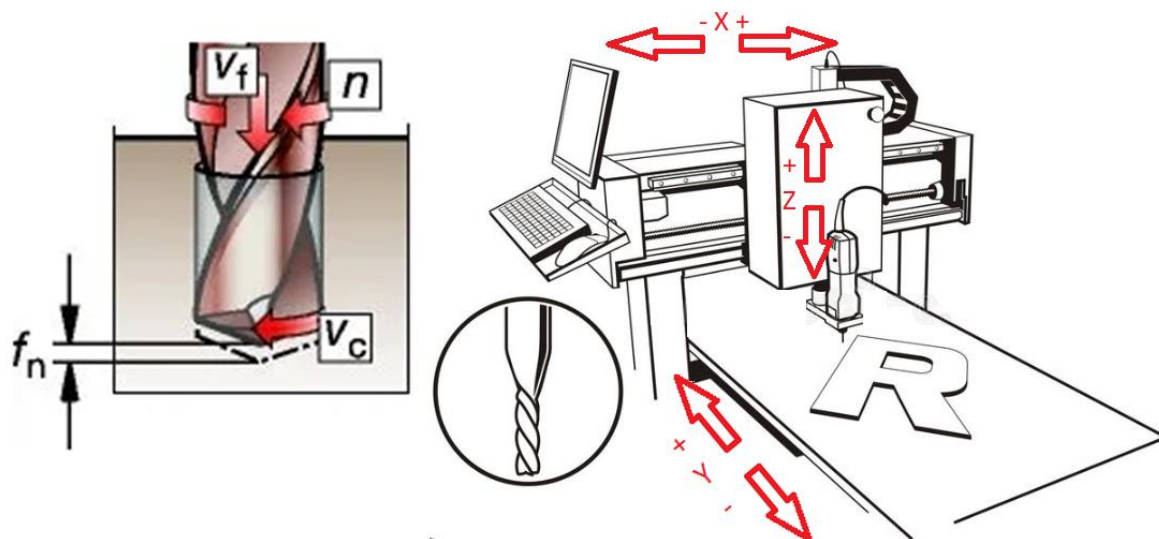
közötti relatív elmozdulást maga a szerszám végzi (13/b ábra). A 13/a ábrán az esztergálás folyamat látható a főorsóra merőlegesen tekintve, ahol a betű jelöli a fogásvételt, f betű pedig az előtolást. A szerszám szögei is megtalálhatók az ábrán. Legnagyobb jelentőséggel a főél elhelyezési szög bír, mert annak a legnagyobb a befolyása a művelettel járó erőviszonyokra [7, 8, 41].

A forgácsképződés során tehát a szerszám először elkezd rugalmas alakváltozáson keresztül gyűrni a munkadarabot. Mikor a keletkező feszültség eléri az alapanyag folyáshatárát, egy csúszási sík mentén a felgyűrt mennyiség elcsúszik, a feszültség lecsökken. A folyamat pedig kezdődik újra és újra (14. ábra). A sok elgyűrt forgács darabka a legtöbb esetben nem törik le egyesével, hanem valamilyen szalag vagy folyam formájában távozik. Ezt a szerszám a legtöbb esetben képes adott időközönként megtörni, vagy pedig a forgácsolás folyamatát meg kell szakítani egy rövid időre.



14. ábra: A forgácsképződés

A fűrés olyan művelet, amellyel hengeres vagy más, forgástest jellegű kivágásokat lehet elkészíteni. Az eljárás során a főmozgást és mellékmozgást is a szerszám végzi el. A szerszám főmozgása annak forgása, míg mellékmozgása a szerszám előtolását jelenti a forgás tengelyével párhuzamosan. A 15/a ábrán megtekinthető a fűrés folyamata, valamint a 15/b ábrán a fűrés mozgásviszonyai.  $v_f$  jelenti az előtolási sebességet,  $n$  a fordulatszámot,  $f_n$  a fordulatonkénti előtolást és  $v_c$  a vágási sebességet. Az ábrán látható egy fűrészerszám is. Ez jellemzően egy  $118^\circ$  vagy  $90^\circ$  elszögű, kétélű, spirális, forgó szerszám, amelynek csúcsán és élein található a forgácsképzés helye [9].

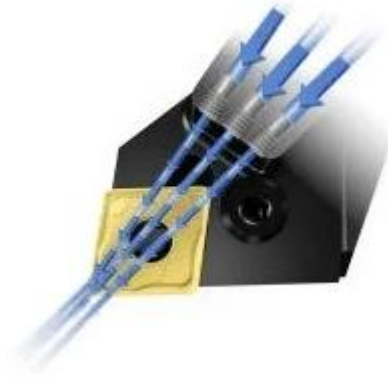


15. ábra: a: A fúrás folyamata [39]; b: A marógép és abban elvégezhető fúrás mozgásviszonyai

A forgácsolás folyamata egy képlékeny alakítással járó folyamat. Az alakítás jelentős hőtermelést okoz, amelyet el kell vezetni, mert a szerszám élettartamára jelentősen negatív hatással lehet. A jól parametrizált forgácsolás során a hő nagy része a forgáccsal együtt távozik, azonban szükség lehet további hűtésre is. Ezt a különböző hűtőkenő folyadékokkal érik el a leggyakrabban, azonban sűrített levegős fúvatással is lehetséges. A hűtésen kívül jelentősen hozzájárulnak a forgács elvezetésében is.

A folyadékos hűtés alapanyaga valamilyen emulzió, gyakran víz és olaj keveréke, ahol az olaj kb. 5-10%-ot tesz ki. A folyadék hozzávezetésének nyomása különböző okokból kifejezetten tág tartományokban változhat. Például a 7-10 bar nyomáson adott szerszámfajtánál már jelentősen megemelhető a forgácsolás sebessége, mert nem okoz gondot a hőmérséklet és a forgácsmennyiség sem. Néhány anyaghoz akár 150-200 bar nyomást is alkalmazhatnak, amely nyomás már képes gond nélkül eltörni a forgácsot is [26, 37].

A munkadarabhoz vezetés többféle módon is működhet. Vannak olyan megoldások, ahol mindössze csepegtetik az emulziót a szerszám élére. A nagyobb teljesítményű berendezésekben azonban szinte bizonyosan található nagy nyomású emulzió sugár a szerszámtesten belül elvezetve, vagy a befogón átfolyatva, a szerszám élére irányítva (16. ábra). Ezen kívül gyakori megoldás még az esőztető kiegészítő folyadékpótlás is, ahol a gép burkolatára szerelt fúvókákból hullik le az emulzió a munkadarabra és környékére.

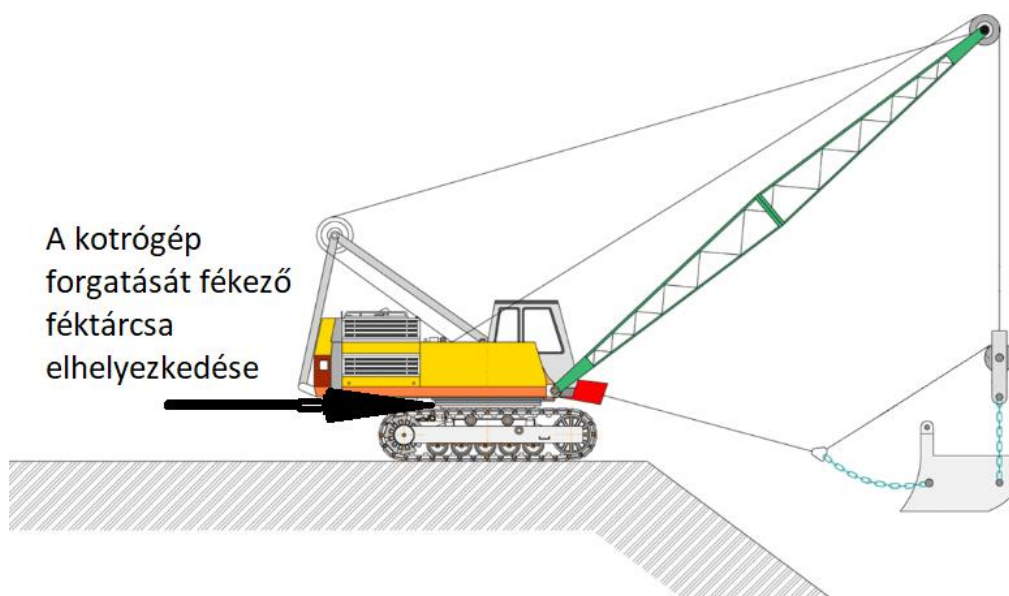


*16. ábra: A szerszám élére irányított emulziósugár [37]*

## 4. Probléma bemutatása

A bányászat során rengeteg mennyiségű kőzetet és bányászott anyagokat mozgatnak meg és szállítanak el. Egy ilyen folyamat közben elkerülhetetlen a por és egyéb törmelék jellegű szennyeződések keletkezése is, hiszen az lényegében maga a mozgatott anyag. Szennyeződésként akkor tekinthetünk rá, ha az nem kívánatos helyre kerül, ahol lerakódik vagy akadályozza egy rendszer mozgását vagy működését. Ilyen esetnek minősül az is, amikor a rakodás során a kanál mozgásából adódóan annak tartalmának egy része ráhullik a rakodógép alvázára. Onnan akár könnyen be is juthat egy ennek könnyen teret engedő burkolat kialakítás esetén a mozgó alkatrészekhez, mint például a forgó felépítmény fékrendszere közé.

Mivel a kőzetek nagy része keményebb, mint a fémek, ezért súrlódás esetén erősen erodálja a fémeket. Nagy nyomás esetén képes deformálni is a fémek felületét is. Az ismétlődő felületi deformáció kifáradáshoz, idő előtti tönkremenetelhez vezethet, képes darabokat kiszakítani a fém felületéből. Amennyiben a kotrógéppel mozgatott alapanyagok bejutnak annak fékrendszerébe (17. ábra), és beszorul egy-egy törmelék darab a féktárcsa és a fékbetét közé, úgy ezen kőzetek által okozott kifáradásos, eróziós hatások elkerülhetetlenül megjelennek a féktárcsa felületén.



17. ábra: A féktárcsa elhelyezkedése a kotrógépen belül

A fékrendszerek a szennyeződésektől eltekintve is elkopnak, hiszen eredendően is ez a fékezési feladatuk járuléka. A fékezés során történő erős súrlódási erők is kifáradást, kirepedezést okoznak idővel. A korrózió szintén egy fontos szempont lehet akár a kotrógépek szóban forgó fékrendszerét illetően is, hiszen könnyen lehet, hogy olyan nedves környezetben dolgozik a kotró, amelyből rengeteg nedvesség kerül a fékre. A tárcsa szélein elindul a korrózió, amely a felület letöredezését is eredményezheti, hiába fényes a kopó felület a használatból (18. ábra). Mind a szennyeződések, a korrózió, mind a fékezéssel járó erők hatása azt eredményezi, hogy ezen féktárcsák tönkremennek idővel. Ez a tönkremenetel felületi kitöredezések és repedések formájában jelentkezik. A kitöredezések és repedések elfedése, feltöltése, valamint utóbbiak terjedésének megakadályozása érdekében néha az üzemeltetők a féktárcsa kopó felületének felhegesztését választják. Ekkor a hegesztési varratot a lehető legnagyobb beolvadási mélységgel az említett anyaghibákba, és hibákra helyezik el, a negatív hibákat felöltve ezzel. A hegesztés azonban pozitív hibát okoz, ami a fékbetét kopását gyorsítaná fel jelentősen, így a felhegesztett tárcsát szabályozni szükséges egy eszterga berendezésen.



18. ábra: Az elhasznált, kitöredezett kopófelületű féktárcsa egy személyautóból



Előfordul azonban az is, hogy a felhegesztéses javítási eljárásokkal már nem lehetséges tovább bővíteni a féktárcsa üzemidejét, vagy annak túlzott kopásából, vagy anyagszerkezetének túlzott elhasználódásából adódóan. Ekkor egy új féktárcsa beszerzése válhat esedékessé. A kényelmesebb esetet az jelenti, ha a kotró berendezés gyártójától megvásárolható az adott alkatrész. Ez azonban sajnos sok esetben nincs így, mivel az ipari felhasználású berendezések és gépek élettartama kifejezetten hosszú, több évtizedes is lehet, a megfelelő karbantartás és ésszerű felhasználás mellett. Egy gyártótól sem várható el, hogy az évtizedekkel korábban kifutott kotrógépekhez biztosítsanak alkatrészeket.

Ekkor merül fel az a lehetőség, mely szerint az alkatrészt nem megvásárolni kell, hanem újra legyártani, az eredeti alkatrészt mintának felhasználva. Mivel az eredeti alkatrész is rendelkezésre áll (19. ábra), ezért az az alapján készített műhelyrajzok, CAD modellek vagy vázlatok segítségével elkezdhető az új alkatrész tervezése. Sajnos jelen esetben is az a szituáció állt elő, ahol a szóban forgó kotrógéphez már nem kapható a kívánt alkatrész, azt nekünk szükséges újra legyártanunk a régi alkatrészt felhasználva mintaként.



*19. ábra: Az eredeti féktárcsa egy cikkelye*

A megrendelői követelmények alapján 2 darabra lenne szükség az alkatrészből, tehát egyedi gyártásra lesz szükség, amely jelentősen korlátozza a felhasználható technológiák sorát. Egyedi gyártás esetén nem alkalmaznak süllyesztékes kovácsolást, sem öntészetet, mivel az

---

jelentősen megnövelné az alkatrész előállítási költségét. Nekünk egy gazdaságos megoldást kell találnunk két darab féktárcsa legyártásához.

A tárcsát szabadalakító kovácsolással előállított előgyártmányból fogjuk elkészíteni. Ennek az az oka, hogy a kovácsolás a belső anyagszerkezetre jótékony, erősítő hatással van, valamint a megfelelő eljárásokat használva a kívánt alkatrész alakját is tudja közelíteni az előgyártmány, ezzel a fogácsolás idejét jelentősen csökkentve. A kovácsolt előgyártmány tehát ezután többek között eszterga berendezésen nyeri majd el végleges formáját.

---

## 5. Tervezés

A féktárcsák újra legyártásához elengedhetetlen tervezés során megtörténik az anyagválasztás, a 3D modellezés, valamint a gyártás megtervezése, szerszámválasztással és technológiai paraméterek kiszámításával.

### 5.1. Anyagválasztás

Az alapanyag választása egy fontos lépés a gyártás szempontjából. A folyamat azon gondolon alapult, hogy a projektnek költséghatékonynak kell lennie, tehát a költségek jelentős hányadát kitevő alapanyag költségeket, ha lehet, meg kell próbálni alacsonyan tartani. Az eredeti féktárcsák 37, illetve 41 évet szolgáltak a kotrógépekben, mielőtt azok javíthatatlanul tönkrementek volna. Azt feltételezem, hogy a gépek már legalább elérték a várható szolgálati idejük felét, vagy még inkább a kétharmadát, így ha az eredeti alapanyaghoz hasonló tulajdonságú kerül alkalmazásra, úgy a megrendelő teljesen elégedett lesz a féktárcsákkal. Ez nagy segítség lehet abban, hogy nem szükséges speciális elkészítésű és ötvöztetett acélokat felhasználni, ezzel az alapanyag költsége alacsonyan tartható.

Az eredeti alapanyag valamilyen egyszerű, lágyabb acél. A pontos anyagminőséget természetesen nem állt módunkban meghatározni. Ez alapján úgy gondolom, hogy a legtöbb szénacél, amely alkalmas kovácsolási megmunkálásokra is, megfelelő lehet az alkatrész előállításához. Szűkíti a kört azon beszállítók csoportja, akik a kovácsolt előgyártmányokat már a múltban is biztosították. A JFS-Steel kínálatában általános, kovácsolási célokra alkalmazható szénacélok közül is DIN szabvánnyal rendelkező került kiválasztásra, hiszen Európai felhasználásra kerül a termék.

Az elérhető acélok az St37-3, St44-3 és az St52-3 [23]. A lehetőségek közül az St52-3 némileg több szénrel és kénnel rendelkezik, mint a másik két acél, az St37-3 több foszfort tartalmaz, mint a másik két társa [5]. A magasabb széntartalom miatt az St52-3 acél egy némileg merevebb, erősebb alapanyag, mint a két másik. A magasabb széntartalmú acélokat keményebbre lehet edzeni [42]. A magasabb foszfortartalom azonban némileg növeli az alapanyag törékenységét [35]. A magas kéntartalom is törékenységhez vezet, azonban egy bizonyos mennyiségig jelentősen javítja az acél forgácsolhatóságát [43].

Az St 52-3 acél kéntartalma még nem olyan magas, amely törékenységhez vezetne, viszont forgácsolást javító hatása miatt előnyös lehet a kéntartalom. A magasabb széntartalma

előnyös lesz a felület edzésekor, mivel keményebbre lehet majd elkészíteni azt. Mivel foszfortartalma ennek a legkevesebb, törékenységre kevésbé hajlamos. A felsorolt acélok szennyezőanyag tartalma közötti eltérés alacsony, tehát a viselkedésük is hasonlatos lehet, azonban mivel árban nem volt eltérés, így a DIN 17100 St52-3 acél került kiválasztásra az előgyártmány elkészítéséhez.

## 5.2. Újramodellezés

Az újratervezés folyamatára akkor lehet szükség, amikor az eredeti alkatrész meghibásodik, használhatóságát elveszíti. Ilyenkor az eredeti alkatrészt leméretezve jó közelítést kaphatunk a kívánt termékről. Természetesen számolni kell a használat során keletkezett hibákkal, kopásokkal és deformációkkal, ekkor a lemért alkatrész a legtöbb esetben még átméretezéseken kell átessen, mielőtt gyártásba kerülhet. Jelen esetben sincs másként, egy elhasználdott féktárcsa az elhasznált alkatrész. Ezen repedések, korrózió és kopások figyelhetők már meg, amelyek esetén mind szükség lehet az átméretezésekre. Ez legfőképpen a kopó felületre vonatkozik majd.

Az eredeti féktárcsa rögzítésre használt alakcsapátosságain némi felületi korrózió található mindössze, így azok az eredeti gyártmányrajzok ismeretének hiányában a mért névleges méretre tervezhetők a felületek tisztítása után. Ebbe beletartozik a karima belső és külső átmérője, a vastagsága, illetve a furatok méretei és osztása is. A karimán található egy perem is, amely a féktárcsa illeszkedő felülete. Ezen perem válla felelős az alkatrész központosításáért. Ez a méret nem a régi alkatrészről származik, a megrendelő kérése a 800 mm átmérőhöz tartozó  $\pm 0,05$  mm tűrés, amellyel biztosítják az alkatrész egészének radiális ütés mentes beszerelését.

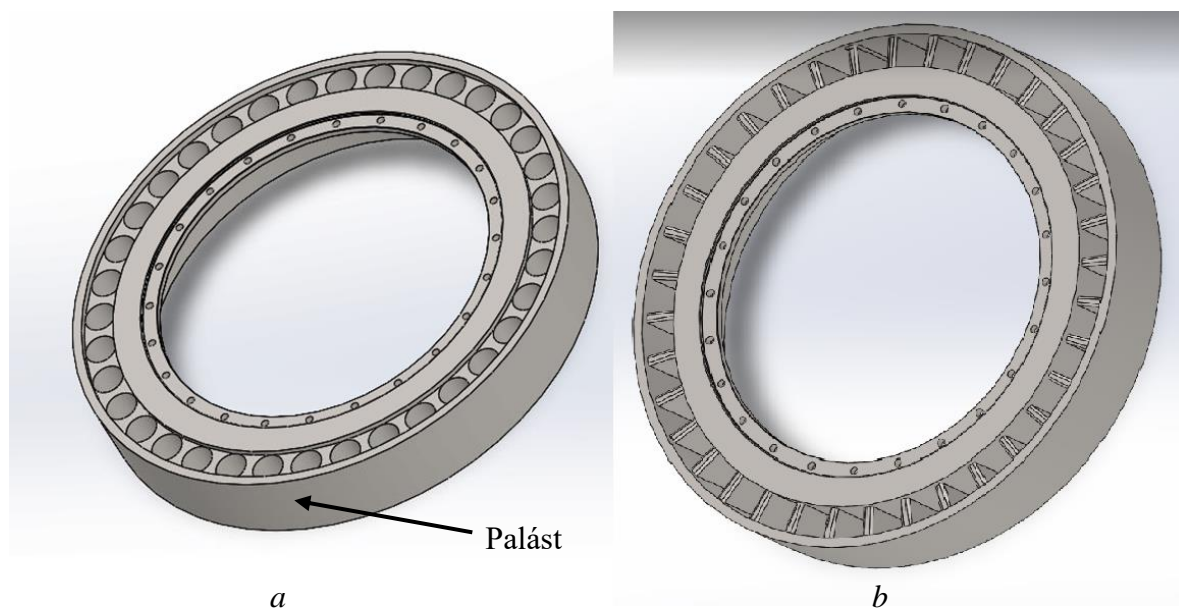
A kopó felület alatt található kikönnyítések, amelyek némi hűtést is biztosíthatnak a féktárcsa hőtermelésének elvezetéséhez, olyan geometriák, amelyek kialakítását gyakorlatilag nem szükséges lemásolni. A rendelkezésre álló gyártástechnológia és a költséghatékonysági célok alapján a kazettás alakú kikönnyítéseket furatok fogják helyettesíteni, amely a megrendelő szerint is jó meglátás. Ezek közel kerülnek a kopó felület tervezett legkisebb átmérőjéhez.

A kopó felületet adó palást (20. ábrán nyíllal jelölve) vastagságát a lehető legnagyobbra szükséges tervezni a maximális élettartam érdekében. Ezt a radiális irányú vastagsági méretet

a megrendelő a fékmunkahenger mozgástartománya és a fékbetét új és elhasznált állapotú vastagságából számította ki.

A további felületelemek méretei megfelelőek lesznek a régi alkatrésztől lemérhető méretre gyártva. A nem illeszkedő felületekre nem szükséges szigorú tűréseket és felületi minőségeket előírni. A karima sík illeszkedő felületére síkklapúság, merőlegesség és felületi érdesség írható elő, míg a hengerpalást felületére hengeresség és felületi érdesség. A külső kopó felületre ugyancsak a hengeresség és felületi érdesség is előírható, azonban fontos még az egytengelyűség is a belső karima hengerpalástjához képest.

Az újratervezett féktárcsa (20/a ábra) alkatrészsrajza az 1. számú mellékleten (FT-1-MH) tekinthető meg. Az eredeti féktárcsa CAD modellje a 20/b ábrán látható. A végtermék tömege közelítőleg 266 kg lesz.



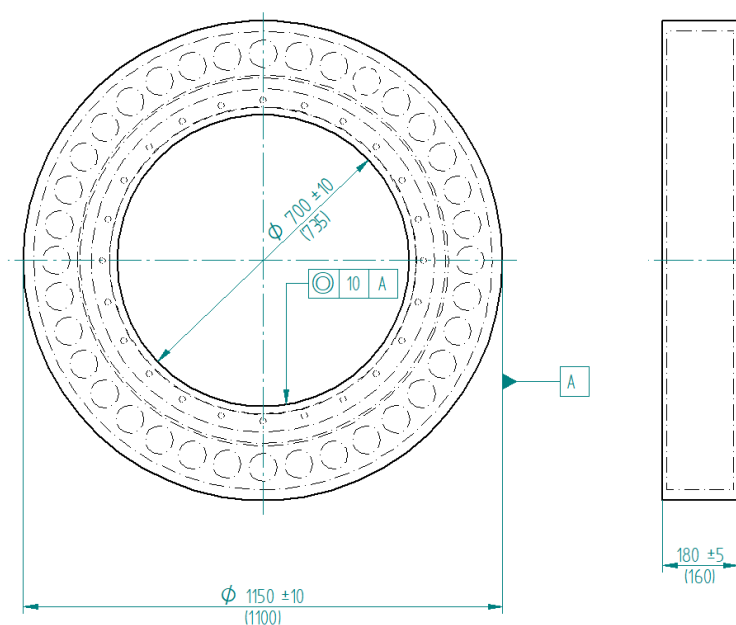
20. ábra: a: Az újramodellezett féktárcsa; b: Az eredeti féktárcsa

## 6. A gyártás tervezése

### 6.1. Előgyártmány tervezés

A megrendelt termékek kovácsolt előgyártmányból kerülnek kimunkálásra. Az előgyártmány kialakítása nem lehet túlzottan részletes, mivel az alacsony darabszám miatt szabadalakító eljárás segítségével készül majd el. Ez nagy ráhagyásokat igényel. A kész terméken megtalálható alaksajátosságok szinte egyike sem szerepelhet az előgyártmányon.

A kész terméket magába foglaló gyűrű mérete 1100 mm külső, valamint 735 mm belső átmérő, magassága pedig 160 mm. A szabadalakító kovácsolások esetén léteznek irányadó ráhagyási méretek, szabványokban kidolgozva [32], amelyek egy ekkora előgyártmány esetén a gyűrű átmérőire 35 mm ráhagyást javasolnak, amelynek tűrésmezője  $\pm 12$  mm. A gyűrű tengelyirányú méretére 55 mm ráhagyást javasolnak, amelynek tűrésmezője +19 és -12 mm között helyezkedik el. A kovácsolást végző céggel egyeztetve a költséghatékonyság céljából a számukra rendelkezésre álló géppark alapján a névleges méret 1150 mm külső átmérő, 700 mm belső átmérő, valamint 180 mm magasság. Ezzel a ráhagyás a külső átmérőn 50 mm az 55 mm helyett, a belső átmérőn 35 mm az 55 mm helyett, valamint a hosszán 20 mm az 55 mm helyett. Ezt a ráhagyást szükséges később lemunkálni majd. Az előgyártmány tömege 950 kg darabonként, műhelyrajzát a 2. számú mellékleten (FT-2-MH) és a 21. ábrán lehet megtekinteni.



21. ábra: A kovácsdarab

## 6.2. Nagyoló esztergálás

A szabadalakított, kovácsolt előgyártmány durva, egyenetlen felülettel érkezik be a gépműhelybe. Az első felfogás (22. ábra) során egy olyan karusszel esztergálás történik, amely során a felületek síklapúsága vagy hengeresség közelíthető. Azon belül is, a legfontosabb egy olyan sík felület kialakítása a gyűrűn, amely az ellenkező oldalra a maximális ráhagyást lehetővé teszi. Ez azt jelenti, hogy a homlokfelületről mindössze annyi anyagot kell eltávolítani, amíg a kovácsolt részek és felületi hibák eltűnnek. A megfogás belülről történik egy olyan tokmánnal, amelynek minden pofája egyedileg állítható, így a lehető legjobban a belső átmérő tengelyére illesztve a darabot. Ekkor megtörténhet a külső átmérő nagyolási ráhagyással megnövelt méretre esztergálása.

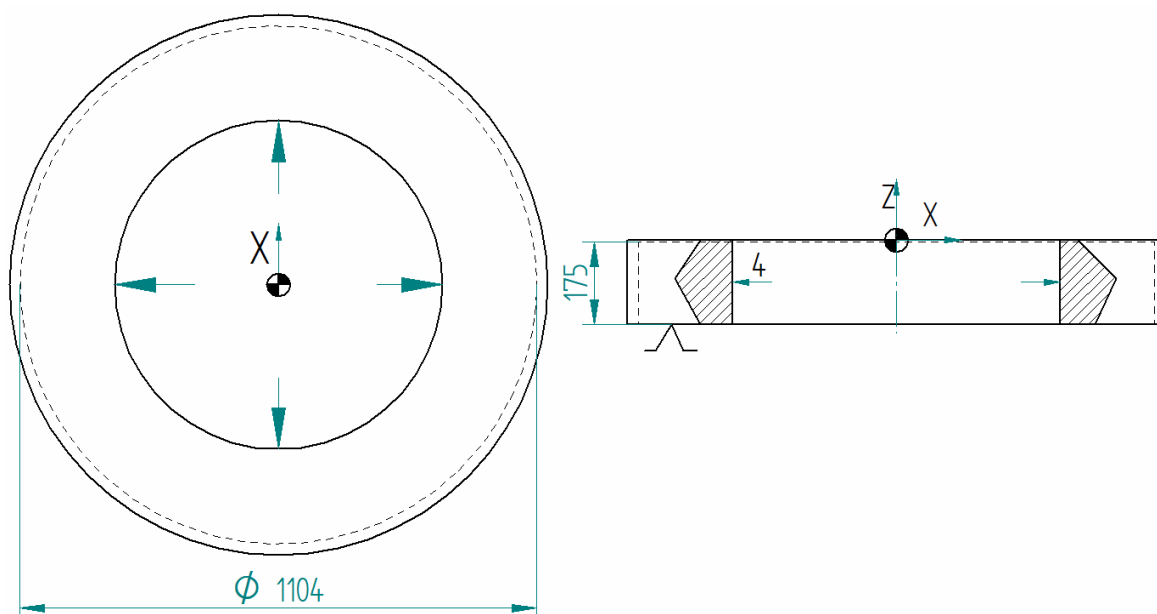
A rendelkezésre álló karusszel eszterga az SC-14 CNC berendezés. Legnagyobb megmunkálási átmérője 1450 mm, 16 kW hajtómotorral rendelkezik, legnagyobb fordulatszáma 500 ford/min, négyzetes készszárakat képes megfogni (16, 20, 25). A berendezés mindössze minimálkenés ellátására képes. A szerszámválasztások során javasolt értékeket a Walter katalógusban az alapanyaghoz tartozó csoport (P1 acélcsoport, P1.1 és P1.2 keménységi csoport), megmunkálási viszonyok, megmunkálási folyamat és megmunkálni való felület milyenségétől függően választottam ki [24, 50]. Befolyásoló tényező volt továbbá a befogható szerszám kialakítás, valamint az is, ha egy hasonló, szintén alkalmas szerszám már rendelkezésre állt a vállalatnál.

1. táblázat: A nagyoló esztergálás első felfogásában alkalmazott paraméterek [50]

Para- méter	Fogás- vétel [mm]	Forg. seb. [m/min]	Előtolás [mm/ford]	Fogá- sok száma [db]	Fordulat- szám [1/min]	Teljesítmény igény [kW]	Megmunk. idő [min]
Homlok felület	3,75 (2,5)	298	0,34	2	82-135	9,1	13
Külső átmérő	3,8	264	0,31	6	73-76	11,1	45
Horony	4	149 (119)	0,24	17	35-40	4,1	32

A homlokfelület megmunkálásához használandó szerszám (T1) a Walter SNMG120408-RP5 WPP20G lapka a DSSNL2525M12 testbe helyezve. A javasolt és számított megmunkálási paraméterek az 1. táblázatban láthatók világosabb kékkel a javasolt paraméterek, sötétebb kékkel a számított értékek. Amennyiben a javasolt értéktől eltérés történik, úgy azt zárójelben tüntettem fel. A nagyolás során alkalmazott számításokat a 3. melléklet – *Esztergálási számítások – Nagyolás alfejezetekben* lehet megtekinteni.

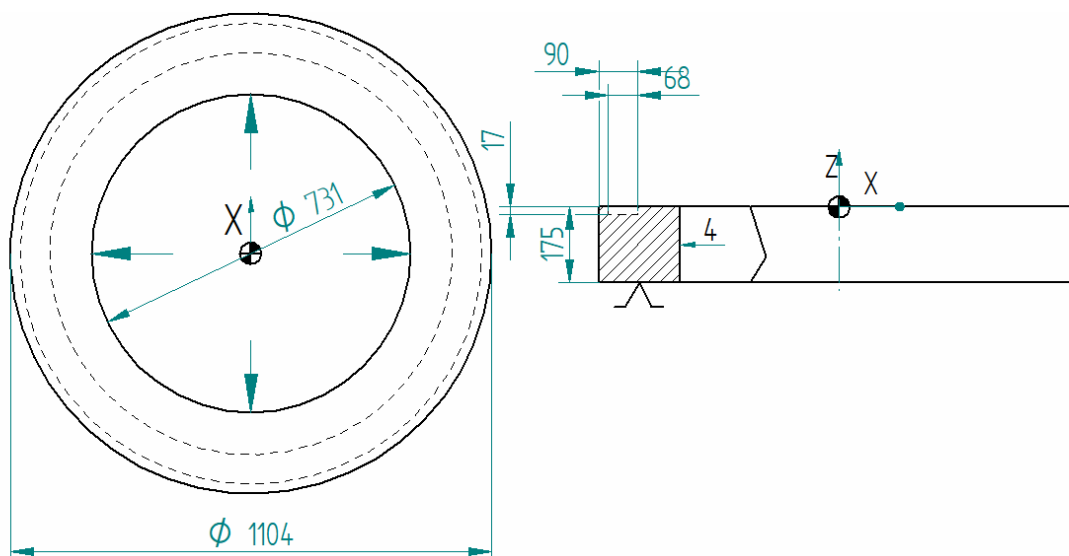
A külső hengeres felület nagyolásához választott (T2) szerszám a Walter CNMG120408-RP5 WPP30G lapkából és DCBNL2525M12 szerszámtestből áll. A paraméterek az 1. táblázatban találhatóak.



22. ábra: Az első felfogásban történő homloknagyolás és külső átmérő nagyolás

Az első felfogás utolsó lépésében a kikönnnyítéseknél található hornyot lehet elkészíteni még (23. ábra). Ehhez egy olyan szerszám kerül alkalmazásra, amely egy axiális beszúrókés némileg módosított változata. A szerszámtest (T3) G1111.2525L-5T25-175GX24 típusú, azonban ívbelső, alsó oldala részben leköszörülésre került, ezáltal a katalógusban megadott, maximális 500 mm beszúrási átmérőnél nagyobb átmérőbe is képes beszúrni. Ezt a kését már relatív régóta alkalmazza a Go-Metall Kft, tapasztalataik szerint 80%-os megmunkálási sebességgel a katalógusban javasolt értékhez képest tartós marad a kés. A késbe GX24-3E500L04-AF5 WSM33S lapka kerül. A javasolt és számított megmunkálási paraméterek az 1. táblázatban tekinthetők meg [50].





23. ábra: Az első felfogásban elkészített kikönnyítés

A második felfogásban a munkadarab kívülről kerül megfogásra, amelyhez egy egyszerű, 3 pofás, önbeálló tokmány is megfelelő (24. ábra). Itt a darab másik homlokfelülete kerül ráhagyással növelt méretűre esztergálásra, valamint a belső átmérő is a kívánt méretre nagyolható. Ezután elkészíthető a belső váll szerkezet nagyolása is.

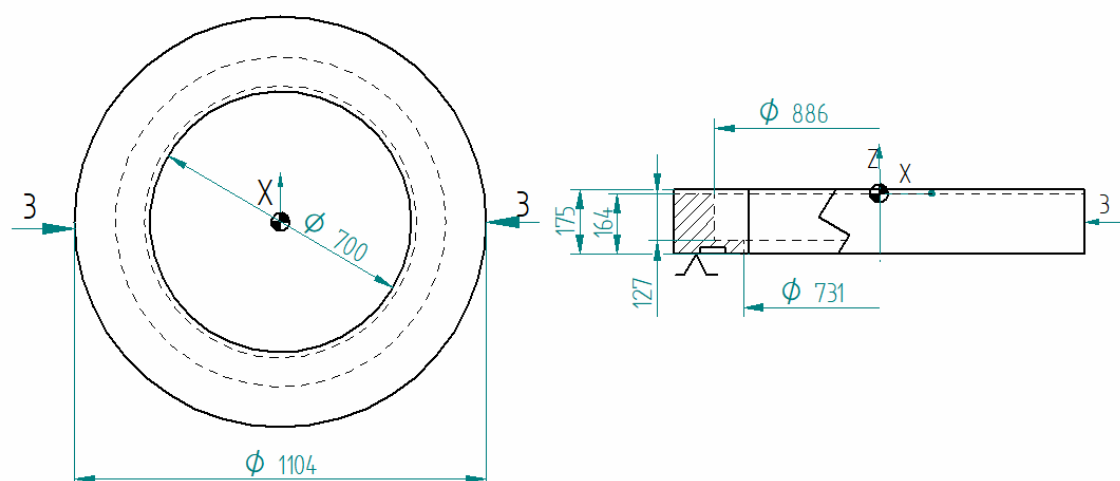
A homlokfelület esztergálásához ugyanazon paramétereket és T1 szerszámot lehet felhasználni, mint az első felfogásban.

A belső hengeres felület nagyolásához választott (T4) szerszám a Walter CNMG160612-RP5 WPP30G lapkából és A32U-DCLNL5 szerszámtestből áll. A hengeres szerszámtestet a Go-Metall Kft. lelapolta, így alkalmazható négyzetű kések befogására alkalmas befogóban. A javasolt és számított megmunkálási paramétereket a 2. táblázatban lehetséges megtekinteni [50].

A belső vállas felület nagyolása során a nagyfokú ráhagyás miatt csak egy lépcső kerül kialakításra. Ez a lépcső az eredeti, 731 mm belső átmérőt 886-ra bővíti fel, 127 mm hosszon. A (T5) szerszám a Walter E25T-SCLCL09-R utólag lelapolt szerszámtestbe helyezett CCMT09T308-RP4 WPP20G lapka. A megmunkálási paraméterek a 2. táblázatban láthatók [50]. A nagyolás során alkalmazott számításokat a 3. mellékletben – *Esztergálási számítások – Nagyolás alfejezetekben* lehet megtekinteni.

2. táblázat: A nagyoló esztergálás második felfogásában alkalmazott paraméterek [50]

Para- méter	Fogás- vétel [mm]	Forg. seb. [m/min]	Előtolás [mm/ford]	Fogá- sok száma [db]	Fordulat- szám [1/min]	Teljesítmény igény [kW]	Megmunk. idő [min]
Homlok felület	3,75 (2,75)	298	0,34	4	85-135	10	21
Belső átmérő	3,1	238	0,39	5	103-108	10	20
Belső váll	3,5 (3,37)	281	0,35	23	101-122	11,9	75



24. ábra: A második felfogásban elkészített homlok, belső átmérő és belső lépcső nagyolása

### 6.3. Kikönnnyítések kifűrása

A féktárcsán megtalálható kikönnnyítéseket egy függőleges, CNC megmunkológépben kerülnek kimunkálásra (25. ábra). Ezek ebben a műveletsorban teljesen elkészülnek. Az előgyártmány a megmunkológép asztalára kerül leszorításra a belső karima által. Az átmenő furatok elkészíthetők lesznek a féktárcsa egyik homloklfelületén kialakított axiális beszűrés miatt.

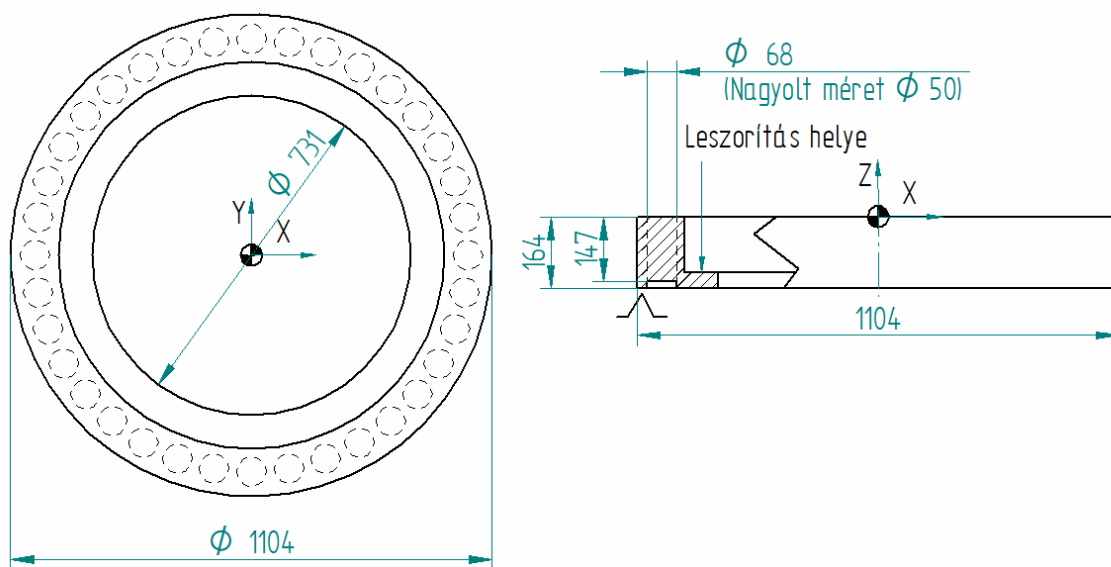
A rendelkezésre álló megmunkáló gép egy HCMC E15 szériás HCMC-1892 [16]. A szerszámefogója BT50 a DIN 69871 szerint. 15 kW teljesítménnyel rendelkezik, legnagyobb fordulatszáma 6000 ford/min.

Az első lépésben mindegyik furatot egy 50 mm átmérőjű telibe fúróval felnagyolják. Az ehhez használt T1 szerszám egy váltólapkás fúrótest. A külső lapka Walter P4840P-7R-E67 WKP25S, a belső lapka P4840C-7R-E67 WXP40, valamint a szerszámtest D4120-03-50.00F40-P47 típusú. A javasolt és számított megmunkálási paraméterek a 3. táblázatban láthatók [49]. A marások, fúrások során alkalmazott számításokat a 3. mellékletben – Fúrási számítások – Fúrások alfejezeteiben lehet megtekinteni.

3. táblázat: A kikönnnyítések kifúrásakor alkalmazott paraméterek [49]

Para- méter	Fogás- vétel [mm]	Forg. seb. [m/min]	Előtolás [mm/ford]	Fúrás- sok száma [db]	Fordulat- szám [1/min]	Teljesítmény igény [kW]	Megmunk. idő [min]
Elő- fúrás	50	305 (240)	0,14 (0,1)	36	1527	10,8	35
Ki- eszterg.	18	243	0,27	36	1137	10,6	17

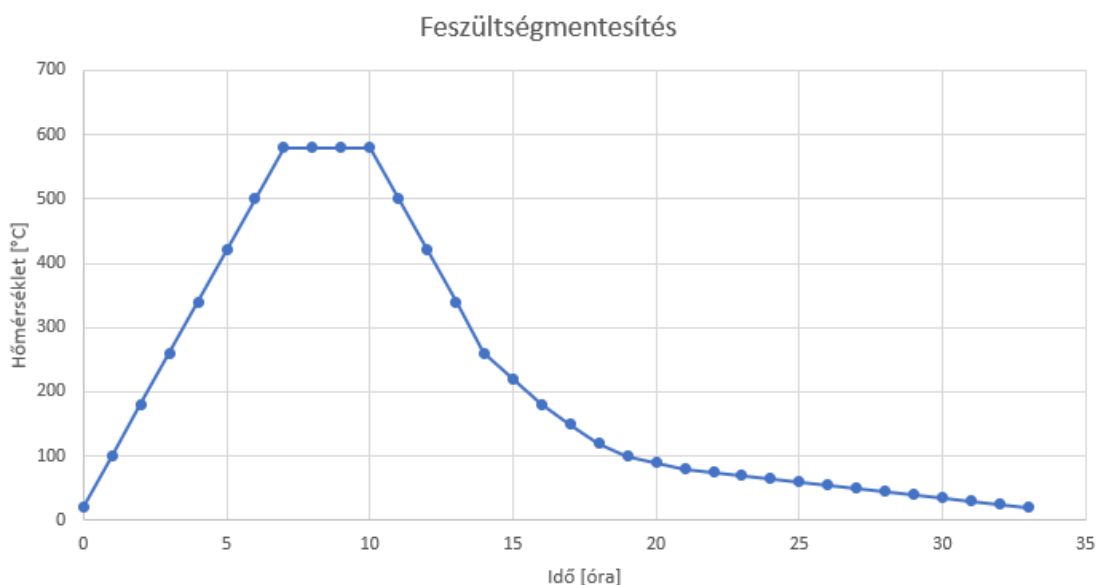
A második lépésben egy kiesztergálóval történik a furat feltágítása a 68 mm átmérőre. A választott szerszámtest a Walter B3220.N5.055-070.Z2.CC09, amelybe két darab CCMT09T308-RP4 WPP10G lapka kerül. A megmunkálási paramétereket a 3. táblázat tartalmazza [49].



25. ábra: A kikönnnyítések elkészítése

## 6.4. Hőkezelés

A nagyoló megmunkálások elvégezte után egy feszültségmentesítő hőkezelés következik a féktárcsák gyártásában. A feszültségmentesítés során a munkadarabot felhevítik egy anyagra jellemző, adott hőmérsékletre, majd azon a hőmérsékleten tartják adott ideig, és meghatározott sebességgel lehűtik.



26. ábra: A feszültségmentesítő eljárás közelítő hőmérsékleti grafikonja

A hőkezelési eljárást (26. ábra) egy külső cég végzi el, megbízás alapján. A féktárcsák esetében a hevítés sebesség  $80\text{ °C/óra}$ . A cél hőmérséklet, amelyen 2-3 órán át tartják a munkadarabokat,  $580\text{ °C}$ . A hűn tartás után a hevítés sebességével megegyező,  $80\text{ °C/óra}$  sebességgel hűtik le a munkadarabokat. A kemencéből a darabokat  $300\text{ °C}$  hőmérséklet alatt el lehet távolítani, amely után nyugvó levegőn hűlnek tovább. A művelet várhatóan 2-3 munkanapot vesz igénybe (27. ábra).



27. ábra: A féktárcsák a hőkezelés után

## 6.5. Simító esztergálás

A hőkezelés után következik a kész méretre forgácsolás. Ez a karusszel eszterga berendezésben a belső felület kimunkálásával kezdődik. Első felfogásban (28. ábra) a munkadarabok a külső hengerpalástjuknál kerülnek megfogásra, 3 pofás, önbeálló tokmánnal. Ekkor a felső homlokl felület, a belső lépcső nagy átmérője, valamint a lépcső alján található kis horony készül el.

Mivel a nagyolás és a simítás között több nap, akár hetek is eltelhetnek, ezért az esztergát újra fel kell szerszámozni ehhez az alkalmazáshoz. A homlokl felület simításához alkalmazott (T1) szerszám a nagyolás során is alkalmazott Walter DSSNL2525M12 szerszámtest kerül a berendezésbe. A szerszámtestbe az SNMG120408-RP5 WPP20G lapka kerül, ahogy a nagyolás során is történt. A javasolt és számított megmunkálási paraméterek a 4. táblázatban láthatók [50].

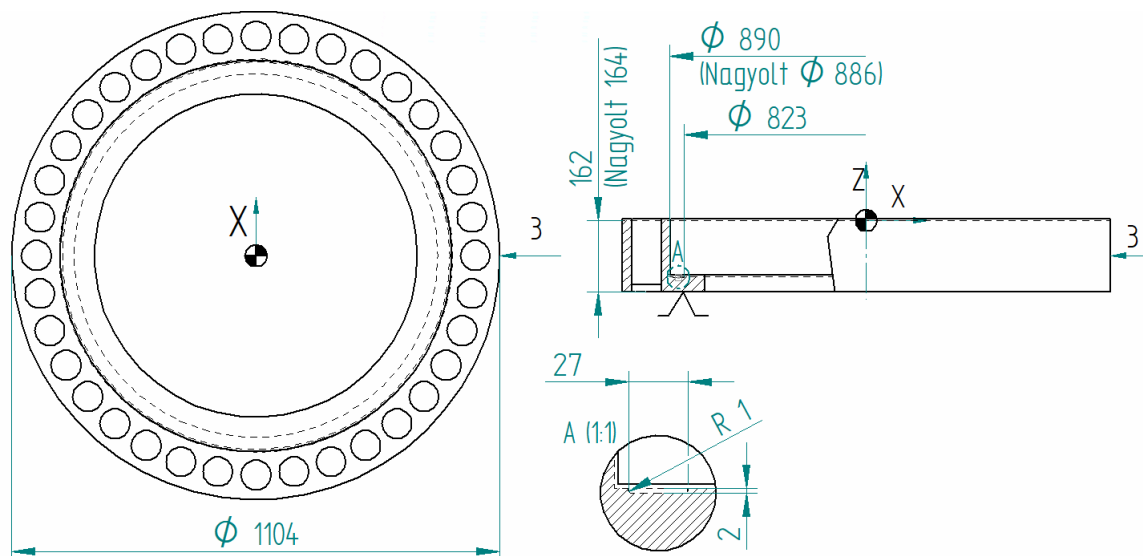
A belső lépcső simításához alkalmazott szerszám (T2) a 25 mm átmérőjű hengeres szárú Walter E25T-SDUCL11-R esztergakés lesz, amelynek alsó és felső felületét lelapolták, így 20x20-as négyzetes szárú késként alkalmazható. A késbe a DCMT11T308-RP4 WPP20G típusú lapka kerül. A megmunkálási paramétereket a 4. táblázat tartalmazza [50]. A simítás

során alkalmazott számításokat a 3. mellékletben – Esztergálási számítások – Simítás alfejezetekbenben lehet megtekinteni.

4. táblázat: A simító esztergálás első felfogásában alkalmazott paraméterek [39, 42]

Para- méter	Fogás- vétel [mm]	Forg. seb. [m/min]	Előtolás [mm/ford]	Fogás- sok száma [db]	Fordulat- szám [1/min]	Teljesítmény igény [kW]	Megmunk. idő [min]
Homlok felület	1	298	0,53	2	85-107	4,2	4
Belső váll	1	319	0,19	2	114-138	1,6	17
Horony	5	234	0,13	6	84-90	4,1	1

A lépcsőben található horony elkészítéséhez alkalmazott szerszám (T3) a Kennametal A4M65R0624A200-999 szerszámtest, valamint a A4G0605M06U08GMP KC5010 lapka. A szerszámot a Kennametal KGM45L2525M65C négyzetes szárú adapter tartja. A paraméterek a 4. táblázatban láthatók [28].



28. ábra: A simító esztergálás első felfogása

A simító esztergálás második felfogásában (29-30. ábra) a féktárcsák a belső lépcsőjük palástfelületén kerülnek megfogásra. Így elérhető lesz, hogy a külső, kopó palástfelület, valamint az illesztésért felelős lépcső is egy felfogásban készüljön el, ezzel csökkentve az

egytengelyűség csorbulásának esélyét. Ebben a felfogásban készre esztergálás történik, kezdve a külső palástfelület simításával, majd a homloklfelület következik. Ezután készül majd el az illesztésért felelős lépcsők sorozata, valamint a legkisebb belső átmérő is.

A homloklfelület simításához az első felfogásban is alkalmazott T1 szerszám kerül kiválasztásra. A megmunkálási paraméterek változatlanok.

Második lépésben a homloklfelület 5 mm-rel történő besüllyesztését lehet elvégezni. A felhasznált szerszám a homloklfelület simításához is alkalmazott T1 szerszám. A javasolt paraméterek: Az első és második fogásban nagyobb teljesítménnyel történik a forgácsolás, majd a végső besimítás finomabban történik. A megmunkálási paraméterek az 5. táblázatban láthatók [50]. A simítás során alkalmazott számításokat a 3. mellékletben – *Esztergálási számítások – Simítás alfejezetekbenben* lehet megtekinteni.

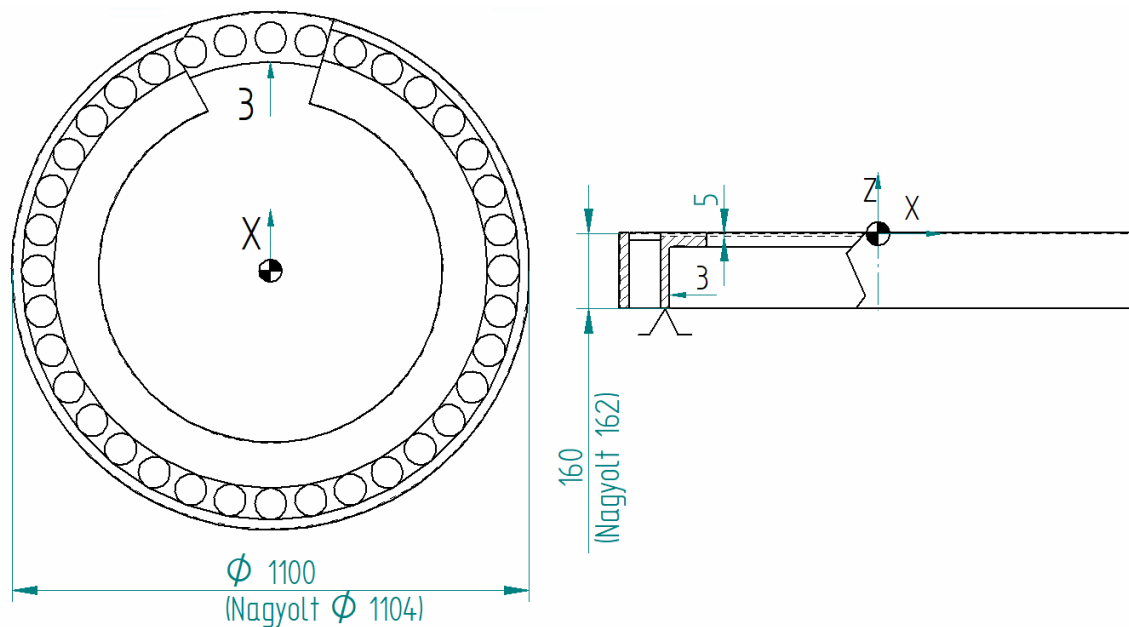
A harmadik lépésben a T1 szerszámmal el lehet készíteni a belső, legkisebb átmérő simítását. A javasolt és számított megmunkálási paramétereket az 5. táblázat tartalmazza [50].

5. táblázat: A simító esztergálás második felfogásában alkalmazott paraméterek [50]

Para- méter	Fogás- vétel [mm]	Forg. seb. [m/min]	Előtolás [mm/ford]	Fogá- sok száma [db]	Fordulat- szám [1/min]	Teljesítmény igény [kW]	Megmunk. idő [min]
Homlok felület	1	298	0,53	2	86-130	4,2	7
Homlok sülly.	1,9/1,2	298/326	0,53/0,4	2/1	102-130/ 112-142	8,1/4,2	3/2
Belső átmérő	1	285	0,24	2	124	1,8	2
Külső átmérő	1	305	0,54	2	88	4,5	7
Lépcső	1	319	0,19	8	127-138	1,6	11

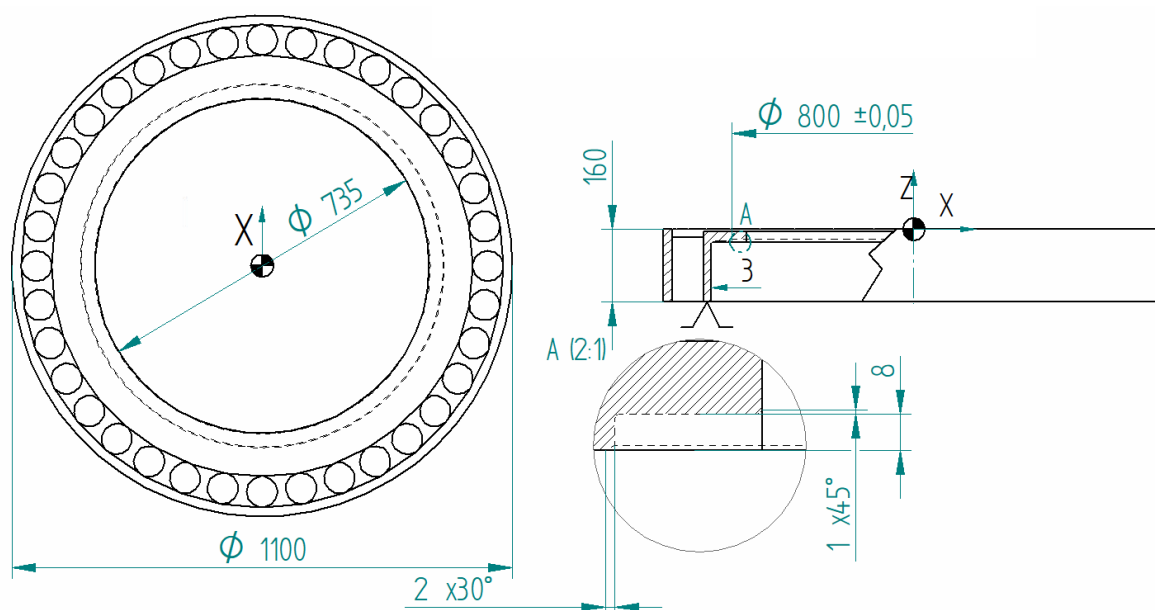
A negyedik lépésként a külső palástfelület simítása történik meg. A 2 mm sugárirányú ráhagyást két fogásban lesz eltávolítva. A kiválasztott T4 szerszám a külső felület nagyolása

során is alkalmazott Walter DCBNL2525M12 késszár. A lapka azonban egy másik típus, a Walter CNMG120416-RP5 WPP05S. A paraméterek az 5. táblázatban láthatók [50].



29. ábra: A simító esztergálás második felfogásának 4 lépése

A simítás utolsó lépése (30. ábra) az illeszkedő belső lépcső kialakítása. A lépcső kialakítását a másik felfogásban belső átmérő bővítéséhez alkalmazott T2 szerszámmal kell elvégezni. A javasolt forgácsolási paraméterek is megegyeznek az ott alkalmazottakkal.

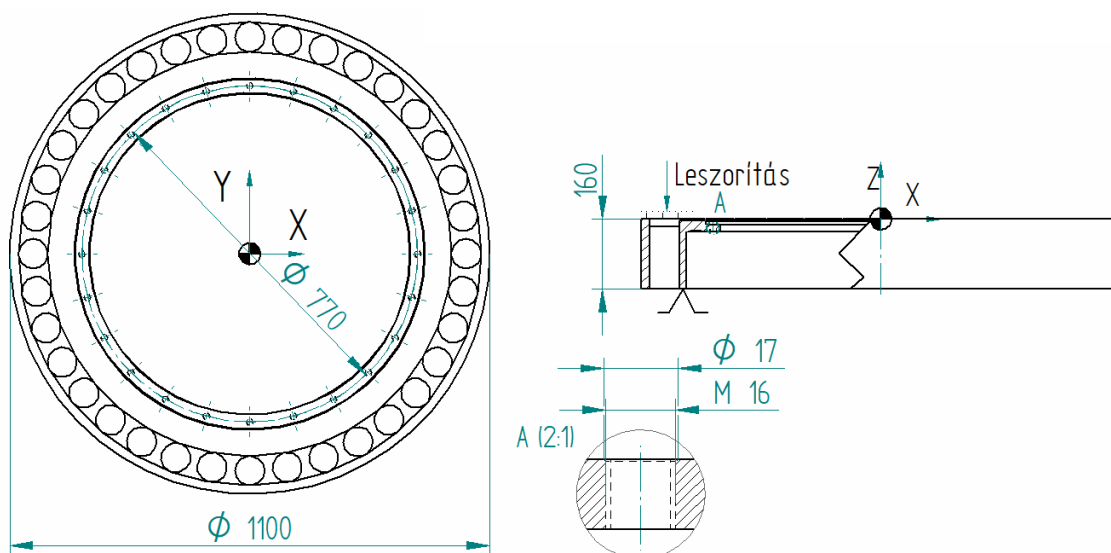


30. ábra: Az illeszkedő belső lépcső kialakítása



## 6.6. A rögzítő furatok elkészítése

A féktárcsákat 24 darab M16-os menettel rögzítik a kotrógépek belsejébe. Ezen furatok elkészítése az utolsó lépés a féktárcsák legyártásában (31. ábra). A munkadarabokat az illesztett lépcsővel a főorsó felé fordítva kell a megmunkáló gépekbe behelyezni, így azok lerögzíthetők a munkaasztalra anélkül, hogy megmunkálás során az asztal megsérüljön. Első lépésként az M16-os furatok előfúrását kell elkészíteni, ezután következhet a furat peremének megsüllyesztése, majd a menetfúrás.



31. ábra: A rögzítő furatok elkészítése

A furat előfúrása a Walter DC160-03-13.800A1-WJ30ET (T1) szerszámmal történik meg. Nincs központozás és további előfúrás, a műveletet telibe fúrással lehetséges végrehajtani. A számított és javasolt forgácsolási paramétereket a 6. táblázat tartalmazza [49].

A furat süllyesztését a Walter A1115S-18 (T2) szerszámmal lehetséges elvégezni. A megmunkálási paraméterek a 6. táblázatban láthatók [49].

Menet fúrása a Walter S2026302-M16 (T3) menetfúróval történik. A javasolt megmunkálási paraméterek a 6. táblázatban láthatók [49]. A marások, fúrások során alkalmazott számításokat a 3. mellékletben – Fúrási számítások – Fúrások alfejezeteiben lehet megtekinteni.

6. táblázat: A rögzítő furatok kimunkálásakor alkalmazott paraméterek [50]

Para- méter	Fogás- vétel [mm]	Forg. seb. [m/min]	Előtolás [mm/ford]	Fúrás- sok száma [db]	Fordulat- szám [1/min]	Teljesítmény igény [kW]	Megmunk. idő [min]
Elő- fúrás	13,8	122	0,3	24	2814	4,5	1
Furat sülly.	17	26,5	0,24	24	496	0,1	1
Menet fúrás	16	52,6	2	24	1046	1,5	1

### 6.7. Minőség-ellenőrzés

Az előző folyamatok során elkészültek a féktárcsák, amelyeken sokféle művelet lett végrehajtva az elmúlt hetekben. Több száz kilogramm forgács került eltávolításra, hőkezelésen is átettek a darabok, majd újabb forgácsolások sorozata következett. A minőség-ellenőrzés több lépcsőből áll.

El kell végezni egy anyagszerkezeti ellenőrzést a kovácsolt előgyártmány elkészítése után, amelyet még a kovácsolással megbízott cég végzett el.

A nagyolás utáni méreteket ellenőrizni szükséges, nehogy a kovácsolás pontatlanságából adódóan előfordulhasson az, hogy a kívánt terméket nem képes kiadni az előgyártmány. Ennél a lépcsőnél elegendő a főbb befoglaló méretek ellenőrzése, 1 mm széles tűrésmezővel megfelelhet a termék. A kézi mérésekhez felhasznált tolómérő egy Sandviken Fervi 1500 mm műhelytolómérce.

A hőkezelés után az azt végző megbízott elvégez egy ellenőrzést az anyag minőségére és a hőkezelés sikerességére vonatkozóan.

A simítási forgácsoló munkálatok után a rajzon és a szabványok által definiált méreteket ellenőrizni szükséges, kiváltképp az érintkező, kopó felületeken. Ez műhely tolómércével vagy akár koordináta mérőgéppel is kivitelezhető. Etalonnal ellenőrizhető a felületi érdesség minősége is. Az alak és helyzettűrések leginkább költséghatékony ellenőrzési módja a koordinátamérőgép lesz.

## 7. Gazdasági számítások

Az elkészült alkatrészek forgácsolási, gyártási, kezelési költségeit is szükséges kiszámolni ahhoz, hogy egy árajánlat vagy költségszámítás elkészülhessen. A termékek folyamatát tekintve először megrendelésre került a szerkezeti acél buga, amelyből két gyűrű alakot kellett kovácsolni. Ezen kovácsolt gyűrűket ezután forgácsolni kellett nagyolás formájában. A nagyolás után egy feszültségcsökkentő hőkezelés következett. A hőkezelés okozta néminemű vetemedés miatt a simító munkálatokat a hőkezelés utáni szakaszra tervezték, amely további forgácsolásokat jelentett. A folyamatok között szállítási költségek is felléptek. A számolások során egy darab termékre vetítve vezettem le a folyamatot.

A kovácsolást végző cég úgy állapította meg az árakat, hogy az elkészült, gyűrű jellegű előgyártmányra végösszeget mondott. Ez az összeg a 950 kg-os előgyártmányra 522 500 Ft, amelyhez 35 000 Ft vizsgálati költség, valamint 4000 Ft csomagolási költség (2 db raklap) tartozik. Az előgyártmány végösszege 561 500 Ft + ÁFA.

Amennyiben a szabványos kovácsolási ráhagyási értékekkel [32] készült volna az előgyártmány, úgy annak tömege 33%-kal több lenne, azaz 950 kg helyett 1265 kg lenne. Ez az előgyártmány árát darabonként 172 500 Ft + ÁFA értékkel növelte volna meg.

A forgácsolási költséget a Go-Metall Kft. gépi órában határozta meg, amely az esztergálás és a marás esetén is egyaránt 16 000 Ft/óra. A nagyoló esztergálások teljes megmunkálási ideje 206 perc. A kikönnnyítések kifűrása 52 percnyi megmunkálást vett igénybe. A simító esztergálás 54 perc, a rögzítő furatok elkészítése 3 perc aktív forgácsolás alatt készült el. Ez összesen 315 percnyi aktív forgácsolás, amelyet körülbelül 30%-kal növelni lehet a szerszámváltások, mellékmozgások és pozícionálások miatt. A 410 percnyi gépi idő 109 333 Ft összeget emészt fel.

A forgácsolások között elvégzett feszültségmentesítési eljárás összege 140 Ft/kg + ÁFA, amelyhez 1250 Ft/t + ÁFA vizsgálati díj tartozik. Ezzel a feszültségmentesítés összesen 37 578 Ft + ÁFA összeget emésztett fel.

Az összes szállítási díj a kovácsolás helyszínétől a Go-Metall Kft-be, majd onnan a hőkezelést végző céghez, majd vissza együttesen 35 000 Ft + ÁFA összegbe került.

Így tehát az egy darab féktárcsára vonatkozó előállítási költség a 7. táblázatban találhatókból épül fel. A féktárcsák előállítási költsége összesen tehát 730 343 Ft + ÁFA összegbe került darabonként.

7. táblázat: Egy darab féktárcsa gyártási költségei az ÁFA kihagyásával

Megnevezés	Mennyiség	Egységár	Összeg
Kovácsolt előgyártmány gyártása	1 db	522.500, - Ft	522.500, - Ft
Kovácsdarab ellenőrzése	1 db	35.000, - Ft	35.000, - Ft
Előgyártmány csomagolása raklapra	2 db	2000, - Ft	4000, - Ft
Forgácsolási költség: Nagyolás	3,43 óra (206 perc)	16.000, - Ft	54.933, - Ft
Forgácsolási költség: Kikönnyítések fúrása	0,866 óra (52 perc)	16.000, - Ft	13.866, - Ft
Forgácsolási költség: Simítás	0,9 óra (54 perc)	16.000, - Ft	14.400, - Ft
Forgácsolási költség: Rögzítés fúrása	0,05 óra (3 perc)	16.000, - Ft	800, - Ft
Forgácsolási korrekció (130%)	0,76 óra (95 perc)	16.000, - Ft	25.333, - Ft
Feszültségmentesítő hőkezelés	266 kg	140, - Ft	37.240, - Ft
Hőkezelés utáni ellenőrzés	0,27 t	125, -0 Ft	338, - Ft
Szállítási költségek	1 db	35.000, - Ft	35.000, - Ft
Végösszeg			743.410, - Ft + ÁFA

A fenti összeget kontextusba helyezi az, hogy mivel a régi berendezésekhez új féktárcsa már nem kapható, valamint a régi tárcsák több, mint két évtizedet kibírtak gond nélkül, azonban azóta két évente fel kell őket hegeszteni, amelyek költsége munkadíjban és állási időben mérve feljavításonként meghaladja az újragyártott tárcsa árát, utoljára 875 000 Ft-ba került.

---

## 8. Összefoglalás

A Go-Metall Kft. egy olyan vállalkozás, amely mechanikai megmunkálásokat végez egyedi és kisszériás megrendelésekre. Gyakran előfordulnak nagy méretű, akár tonna nagyságrendben mérhető súlyú megmunkálendő alkatrészek, termékek is. Ilyen megrendelés volt a vonóvedres kotrógépek féktárcsájának pótlása is, amelyet az itt töltött gyakornoki időm alatt gyártottunk le.

A féktárcsa a bányagép felső felépítményének függőleges tengelye körüli forgását és megállását segíti, azonban a nagy nyíró, surlódó, koptató és erodáló hatások, valamint az „idő vasfoga” képes tönkretenni ezeket a hatalmas alkatrészeket is. Mivel ezek kifejezetten tartós elemek, így előfordulhatott az az eset, hogy a féktárcsát az öreg bányagépekhez már nem lehet újonnan, készen beszerezni, valamint a felhegesztéses feljavítás is már fenntarthatatlanná vált, így új féktárcsák megrendelése mellett döntött az ügyfél. Két darab, egyforma féktárcsát kellett legyártanunk korosodó gépeikhez.

A megrendelés részét képezte az is, hogy a lehető legtartósabb féktárcsát tervezzük meg, amelyet a megrendelővel közösen módosítottunk az eredeti féktárcsa CAD újra-modellezése után. A módosítások magukba foglalták a kikönnyítések olcsóbb gyárthatóságú kialakítását, mivel az eredeti, öntött tárcsa szögletes kivágásait egyedi gyártásban reprodukálni költséges művelet lett volna. Ehelyett nagy átmérőjű furatok létrehozására esett a választás, amelyeket kiesztérgáló szerszámmal készítettünk el. A tartósság és a problémamentes üzemelés érdekében a külső átmérő és a kopó vastagság növelését is kérte a megrendelő, amely módosítás paramétereinek meghatározásában fontos szerepet játszott a rendelkezésre álló hely, a kopott és új fékbetétek méretei, valamint a fékmunkahenger mozgási intervalluma is.

A költséghatékonyság szempontját figyelembe véve a gépi szabadalakító kovácsolt előgyártmányra esett a választás, amely a gyártás végén a végösszeg körülbelül kétharmadát is felemésztette. A szakirodalom kutatása során megismert szabvány bemutatja, hogy mekkora előgyártmány készítése, kovácsolása esetén mekkora méretű ráhagyásokat és tűrésmezőket kellene alkalmazni. Ez az előgyártmány lapos korong jellegű alakja miatt jelentős többlet költséget jelentene ahhoz a mérethez képest, amelyet a kovácsolást végző céggel együtt sikeresen elértünk. Ez annak köszönhető, hogy a ráhagyások méretét egyes

---

irányokban jelentős mértékben kisebbre terveztük meg, ezzel az előgyártmány súlya és ára is jelentősen, körülbelül 33%-kal csökkent.

A kovácsolt felületű és nagy tűrésmezőkkel készült előgyártmányt ezután egy durva, nagy ráhagyású nagyolási munkálatnak vetettük alá. Ekkor minden felületen 2 mm ráhagyást hagytunk, leszámítva az aprólékosabb alaksajátosságokat. A nagyoló esztergálás 206 percet vett igénybe, darabonként. Ez a művelet mindent egybevetve egy napra lefoglalta a karusszel esztergát.

Amíg a második előgyártmány esztergálása folyt, addig az első darabot be lehetett helyezni a kikönnnyítések kialakítására a CNC marógépbe. A művelet során az alaksajátosságokat készre munkáltuk, ehhez két lépésre, egy telibe fűrésra és egy kiesztergálásra volt szükség.

A kovácsolás némi feszültséget is okoz a munkadarabban, így a nagy ráhagyásokkal dolgozó nagyolási forgácsolás után hőkezelés, feszültségcsökkentés következett, majd csak azután jöhetett a simító forgácsolások sora.

A simító forgácsolások során a 2 mm átlagos ráhagyást távolítottuk el, valamint a finomabb alaksajátosságokat hoztuk létre. Ezek közé tartozik a féktárcsát a kotrógépen belül illesztő lépcsőzet esztergálása is. Az esztergálási folyamatot úgy terveztük meg, hogy a külső, kopó felület és az illesztésért felelős lépcső ugyanazon felfogásban kerüljön esztergálásra, ezáltal a lehető legjobb egytengelyűséget elérve a két felület között.

A forgácsolások során több esetben is előfordult, hogy a rendelkezésre álló karusszel esztergába befogható négyzetes szárú szerszámokból nem volt elérhető a kívánt dolgozó részű szerszám. Ilyen esetekre a vállalatnál bevett szokássá vált a szerszámok igényeknek való átalakítása, például hengeres szárú szerszámok lelapolása. A felhasznált CNC karusszel eszterga és marógép esetében is több folyamatnál kihasználásra került a főorsó motor teljesítménye, míg a fordulatszám tartománynak maximum egyharmada.

A féktárcsák gyártása körülbelül kettő hét alatt fejeződött be, összesen darabonként 743 410 Ft + ÁFA áron készültek el.

## 9. Summary

Go-Metall Kft. is a company that performs mechanical machining for custom and small-series orders. They often have to work on large parts, some of which weigh several tons. One such order was the replacement of the brake discs of cable excavators, which we worked on during my internship there.

The brake disc helps control the rotation and stopping of the vertical axis of the upper structure of the mining machine, but due to the large cutting, abrasion, wear, erosion, and "time's teeth", these massive parts can also be damaged. Since these are particularly durable components, it can happen that brake discs for older mining machines can no longer be obtained new, and welded repairs have also become unsustainable, so the client decided to order new brake discs. We had to manufacture two identical brake discs for their aging machines.

The order also included designing the most durable brake disc possible, which was modified in collaboration with the customer after re-modeling the original brake disc via CAD. The modifications included designing the cutouts to be cheaper to manufacture, as reproducing the original, cast disc's square cutouts in custom production would have been costly. Instead, large diameter holes were created using a milling tool. To increase durability and ensure smooth operation, the customer also requested an increase in the external diameter and the wear thickness, which was important in determining the modification parameters such as available space, the size of worn and new brake pads, and the movement interval of the brake cylinder.

Taking cost efficiency into consideration, the choice was made for an open-die forged prework product, which at the end of production consumed about two-thirds of the final amount. Research in the literature shows how the size tolerances and allowances are to be applied to a given size of a product. This prefabricated product, due to its flat disk shape, would entail significant additional costs compared to the size that we successfully achieved with the forging company. This is due to the fact that the allowances were designed to be significantly smaller in certain directions, thus reducing the weight and cost of the prefabricated product by approximately 33%.

---

The prefabricated product with large tolerances and rough forged surface were then subjected to rough, large allowance roughing turning work. At this time, we left 2 mm allowance on all surfaces, except for the more detailed features. The roughing turning took 206 minutes per piece. This operation overall took up one day on the carousel lathe.

While the second pre-product was being turned, the first piece could be placed in the CNC milling machine for the creation of reliefs. During this operation, the shape features were finished, requiring two steps, a full drilling and a countersinking.

The forging caused some tension in the workpiece, so after roughing with large allowances, heat treatment, stress relief followed, only then could the series of finishing operations begin.

In the finishing milling operations, the 2 mm average allowance was removed, and the finer features were also created. These include the steps for fitting the brake disc within the excavator machine. The turning process was designed so that the outer, wearing surface and the step responsible for the fit would be turned in the same session, thus achieving the best possible one-axis alignment between the two surfaces.

During the milling, it happened more than once that the desired cutting tool with a square shank that could be clamped into the available carousel lathe was not available. In such cases, it has become a habit at the company to adapt the tools to the needs, for example, to grind down cylindrical shank tools to achieve a flat base surface. Both the used CNC carousel lathe and milling machine made use of most of the main spindle motor performance in several processes, while using only one third of the speed range at max.

The production of the brake discs took about two weeks to complete, totalling to an amount of 743 410 HUF, excluding taxes.



---

## 10. Köszönetnyilvánítás

Nagyon szépen köszönöm Dr. Kári-Horváth Attila egyetemi docens Úrnak a szakdolgozat során adott hasznos ötleteit, jó tanácsait, segítségét és értékes kritikáit, melyek hozzájárultak a dolgozatom sikeréhez.

Köszönöm szépen Bánhegyi József ügyvezető igazgató Úrnak, aki a dolgozat megírásakor jó tanácsaival, odafigyelésével és az elvégzéshez szükséges eszközökkel járult hozzá, hogy ez a dolgozat ilyen formában elkészülhessen.

Hálásan köszönöm szüleimnek a sok támogatást, ami végig elkísért a tanulmányaim során. Tisztaszívvvel köszönöm kedvesem kitartó türelmét, odaadását és a mindennapi feladatokban nyújtott segítségét.

## 11. Szakirodalom jegyzék

1. Aschenbrenner József (2008): *Fémötvözetek tulajdonságainak megváltoztatása hőkezeléssel*. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
2. ASTM G40-22a (1987): *Standard Terminology Relating to Wear and Erosion*. American Society for Testing and Materials
3. Bagyinszki G. Dr., Borossay B., Kári-Horváth A. Dr., Kovács-Coskun T., Zsidai L. Dr. (2012): *Anyagtechnológiák*. Typotex Kiadó.
4. C. G. Down, J. Stocks (1977): *Environmental impact of mining*. John Wiley & Sons.
5. DIN 17100 (1980): *Steels for general structural purposes*. Deutsches Institut für Normung
6. DIN 7527 (1971): *Steel Forgings Machininc Allowances and Permissible Variations for Open-die Forged Bars*. Deutsches Institut für Normung
7. Dudás I. (2011): *Gépgyártástechnológia I.*, Műszaki Könyvkiadó Kft.; Budapest
8. Dudás I. (2001): *Gépgyártástechnológia II.*; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc
9. Fledrich G., Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Zsidai L. (2016); *Gépgyártástechnológia*. Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő.
10. Fledrich G., Kári-Horváth A., Pataki T. I., Zsidai L. (2017); *Mechanikai technológiák*. Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő.
11. Francesco Grillo (2017): *The History of Steel Forging*. <https://www.steelavailable.com/en/history-steel-forging/>. 2023.01.12.
12. Glenn Mortin (1996): *Mining and Religion in Ancient Man*. <http://www2.asa3.org/archive/asa/199610/0067.html>. 2023.01.12.
13. Gulyás József, Mecseki István (1991): *Kohászati alapismeretek II*. Tankönyvkiadó.
14. H. L. Hartmann (2002): *Introductory Mining Engineering*. ISBN: 0471348511.
15. H. Mirabediny, E. Baafi (1998): *Dragline Digging Methods in Australian Strip Mines – A Survey*. Coal Operators' Conference.
16. Hartford Exclusive: *Intelligent Machining Center: HCMC Series*.
17. I. Shaw (2000): *The Oxford History of Ancient Egypt*. Oxford University Press, p. 108.
18. International Labour Organization (2019): *Child labour in mining and global supply chains*. Child Labour Platform. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/--ro-bangkok/---ilo-manila/documents/publication/wcms\\_720743.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/--ro-bangkok/---ilo-manila/documents/publication/wcms_720743.pdf). 2023.01.12.
19. J. R. Davis (2001): *Surface engineering for corrosion and wear resistance*. ISBN: 0871707004
20. J. W. Blake, H. S. Cheng (1991): *A surface pitting life model for spur gears*. ASME Journal of Tribology. DOI: 10.1115/1.2920683.

- 
21. John Walters, C.J. Van Tyne (2014): *Grain Flow in Forgings - The Basics*.  
<https://www.forgemag.com/articles/84265-grain-flow-in-forgings---the-basics>.  
2023. 01. 12.
  22. Jon L. Dossett, Howard E. Boyer (2006): *Practical Heat Treating*. ISBN:  
0871708299
  23. Ju Feng Special Steel: *Szénacél kovácsolások általános használatra*. <https://www.jfs-steel.com/hu/steelCat/Sznacl-kovcsolsok-ltalnos-hasznlatra/714.html>. 2022.12.09.
  24. Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Dr. Zsidai L. (2008); *Gyártástervezés;*  
Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest
  25. Kári Horváth Attila, Pellényi Lajos, Szabó Lajos, Zsidai László (2006):  
*Gépgyártástechnológia példatár és segédlet*. Szent István Egyetem, Gépészmérnöki  
Kar
  26. Kári-Horváth, A.; Valasek, I.: *Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban*.  
<https://www.techmonitor.hu/termek-megoldas/kornyezet-minoseg-rendszer/a-minimalkenes-jelentosege-a-forgacsolasban-20121112>
  27. Keith Haddoc (2001): *Extreme Mining Machines - stripping shovels and draglines*.  
MBI, ISBN: 0760309183
  28. Kennametal: *Master Catalog 2018 Vol. 1 Turning Tools*.  
<https://catalogs.kennametal.com/Master-Catalog-2018-Vol-1-Turning-Tools-English-Metric/C80/>. 2023. 01. 12.
  29. Kiss Ervin, Voith Márton (1977): *Kohógéptan*. Tankönyvkiadó. ISBN: 9631722570
  30. LokcAcél: S355J2. LokAcél Kereskedelmi Kft. 2023.01.28.
  31. MIT: *Machining*. "MAS.863/4.140J-P7",  
<http://fab.cba.mit.edu/classes/863.12/people/laia.mogassoldevila/projects/p7.html>,  
2022.10.02.
  32. MSZ 5744 (1988): *Szabadon alakított acél kovácsdarabok hozzáadásai és tűrései*.  
Magyar Szabványok.
  33. Neal R. Haddaway, Steven J. Cooke, Pamela Lesser, Biljana Macura, Annika E.  
Nilsson, Jessica J. Taylor, Kaisa Raito (2019): *Evidence of the impacts of metal  
mining and the effectiveness of mining mitigation measures on social–ecological  
systems in Arctic and boreal regions: a systematic map protocol*. Environmental  
Evidence 8, DOI: 10.1186/s13750-019-0152-8.
  34. Óvári Antal (1985): *Vaskohászati kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó. ISBN:  
9631059723

35. S. K. Chaurasia, Ujjwal Prakash, Vikram Dabhade (2017): *Effect of Phosphorus on Microstructure and Mechanical Properties of Iron-Based Alloys Processed Through Powder Forging*. DOI: 10.1007/s13632-017-0406-1
36. S. Suresh (2004): *Fatigue of Materials*. Cambridge University Press. ISBN: 9780521570466.
37. Sandvik Coromant: *Hűtő-kenő folyadék alkalmazása esztergálásban*. <https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/knowledge/general-turning/how-to-apply-coolant-and-cutting-fluid-in-turning>. 2022.12.09.
38. Sandvik Coromant: *Megmunkálási képletek és meghatározások: Általános esztergálás*, <https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/knowledge/machining-formulas-definitions/pages/milling.aspx>, 2022.11.01.
39. Sandvik Coromant: *Megmunkálási képletek és meghatározások: Fúrás*. <https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/knowledge/machining-formulas-definitions/drilling-formulas-definitions>, 2022.11.01
40. ScotForge: *Advantages of forgings & forging processes*. <https://www.scotforge.com/Customized-Solutions/Why-Forging/Advantages-Of-Forgings-Forging-Processes>. 2023. 01. 12.
41. Sipos Sándor: *Forgácsolás*. Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar.
42. Steel Forging: *Carbon Steel Forging*. <https://www.steelforging.org/carbon-steel-forging/>. 2022.12.09.
43. STI/SPFA: *Effect of chemical elements in steel*. <https://stispfa.org/pressure-vessels/effect-of-chemical-elements-in-steel/>. 2022.12.09.
44. Swaziland National Trust Commission: *Ancient Mining*. <https://web.archive.org/web/20160303221001/http://www.sntc.org.sz/cultural/malar-ch.asp>. 2023.01.12.
45. Szabó László (2001): Szabadalakító kovácsolás.
46. Szmejkál Attila (2007): *Járműszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II*. Budapesti Mérnöki és Gazdaságtudományi Egyetem. Közlekedésmérnöki Kar. Járműgyártás és – javítás Tanszék.
47. The Library of Manufacturing: *Roll Forging*. [https://thelibraryofmanufacturing.com/roll\\_forging.html](https://thelibraryofmanufacturing.com/roll_forging.html). 2023.01.12.
48. Valentin L. Popov (2018): *Is Tribology Approaching Its Golden Age? Grand Challenges in Engineering Education and Tribological Research*. *Frontiers in Mechanical Engineering*. DOI: 10.3389/fmech.2018.00016.

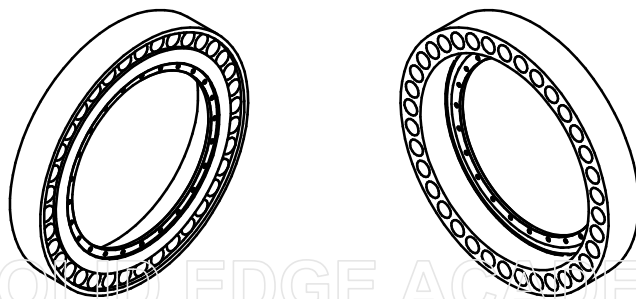
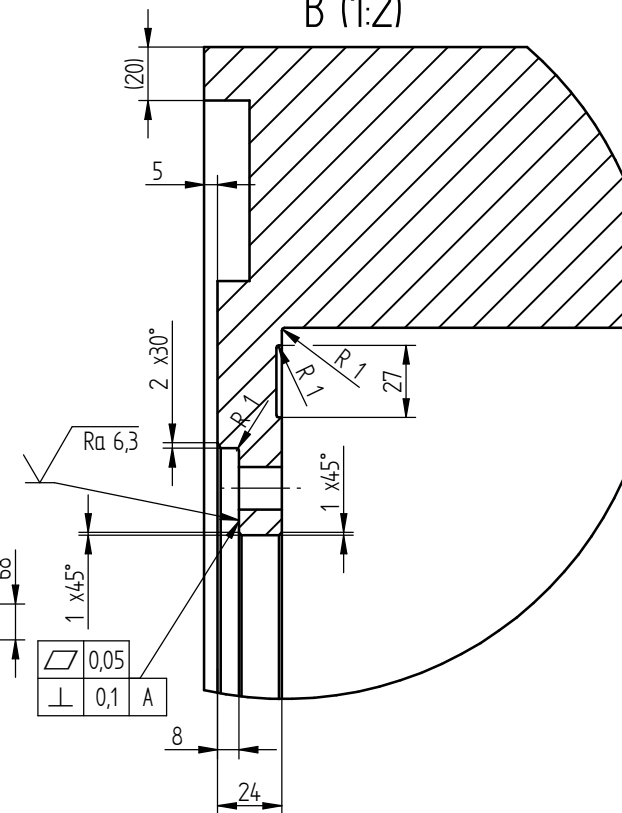
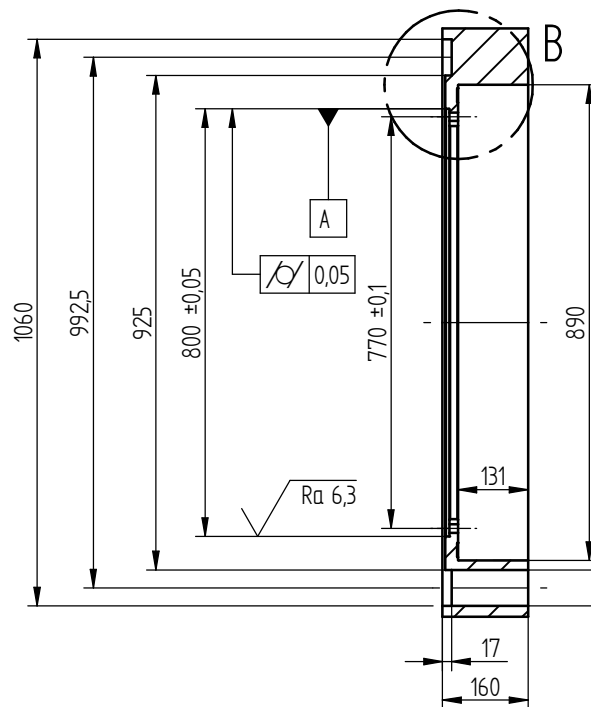
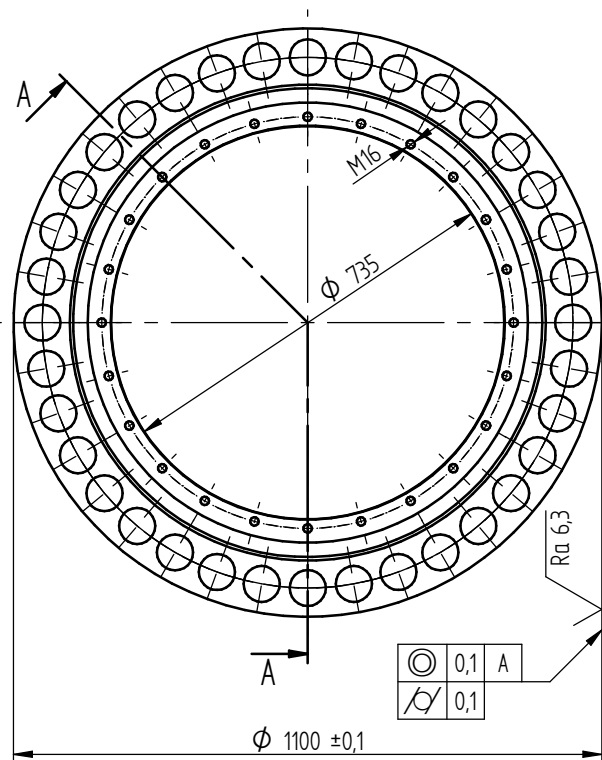
- 
49. Walter: *Tools for Holemaking. Catalogue B – Holemaking Edition 2022.* <https://cdn.walter-tools.com/files/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/en-gb/catalog-holemaking-2022-en.pdf>. 2023. 01. 12.
50. Walter: *Tools for Turning. Catalogue A – Turning Edition 2022.* <https://cdn.walter-tools.com/files/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/en-gb/catalog-turning-2022-en.pdf>. 2023.01.12.
51. Wonderopolis: *How Do Car Brakes Work?* <https://wonderopolis.org/wonder/how-do-car-brakes-work>. 2023.01.12.
52. World Nuclear Association (2010): *Heavy Manufacturing of Power Plants.* [https://web.archive.org/web/20101108062405/http://www.world-nuclear.org/info/inf122\\_heavy\\_manufacturing\\_of\\_power\\_plants.html](https://web.archive.org/web/20101108062405/http://www.world-nuclear.org/info/inf122_heavy_manufacturing_of_power_plants.html). 2023.01.12.
53. Zsidai, L ; Kakuk, Gy ; Kári-Horváth, A ; Szakál, Z ; Pálinkás, I (2008): *Előgyártmány és képlékeny alakítási tervezési gyakorlat.* Budapest,,: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet.

## 12. Mellékletek



√ Ra 12,6 (✓)

METSZET A-A

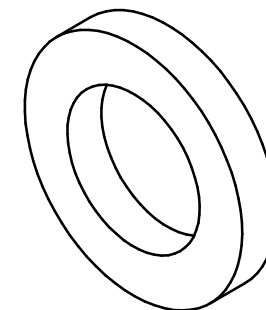
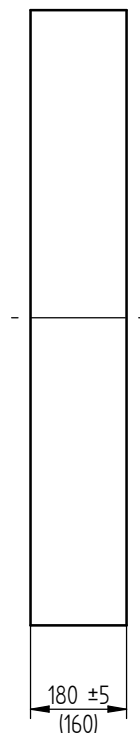
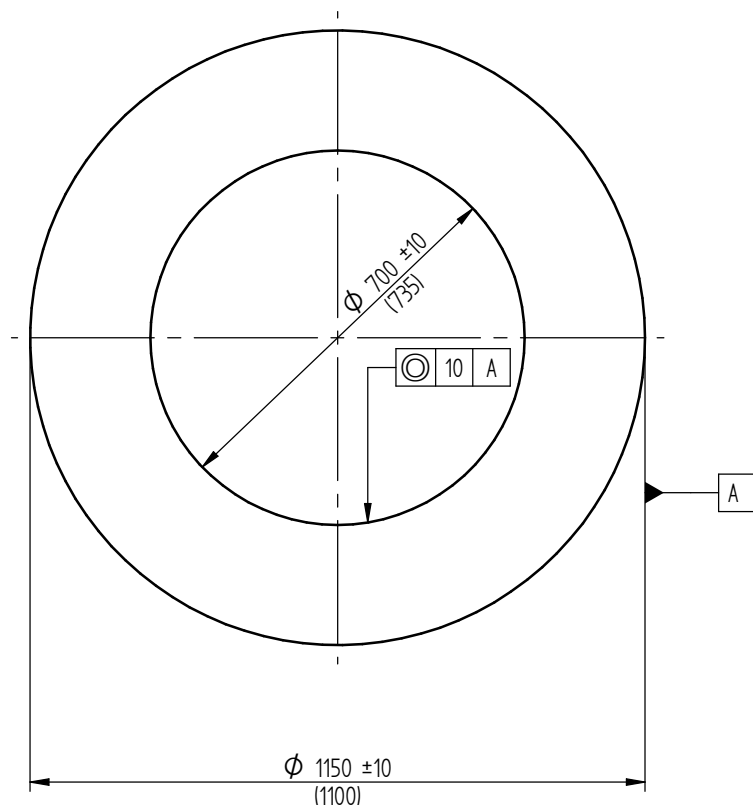
B (1:2)



Jelöletlen tűrések az MSZ ISO 2768fH szerint.

tervező: Márkó Hunor	Téma: Kotrógép féktárcsa	Méretarány: M1 : 10	 MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
Ellenőrző:	Megnevezés: Féktárcsa	Verifikációs mód:	
ÜSTum: 2022.03.12.	Anyag: St52.3	Darab: 2	Tömeg: 266 kg
			 FT-1-MH Lapszám: m: 1 / 1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Tervező: Márkó Hunor	Téma: Kotrógép féktárcsa	Méretarány: M1 : 10	
Ellenőrző:	Megnevezés: Féktárcsa kovácsdarab	Verifikáló mód:	
Üstűtő: 2022.03.12.	Anyag: St52.3	Darab: 2	Tömeg: 950 kg
			Lapszám: 1 / 1



## Melléklet 3

### Esztergálási számítások felvezetése

A forgácsolási sebesség ( $v_c$  [m/min]) is fontos paraméternek számít a folyamat méretezése során. Jellemzően ezt az adatot adja meg a forgácsoló szerszámokat gyártó cég, ebből lehet kiszámítani a fordulatszámot ( $n$  [1/min]). Ismerni kell hozzá a megmunkálás átmérőjét is ( $d$ ):

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

A  $k_c$  [N/mm<sup>2</sup>] egy anyagra jellemző érték, amelyet lehet közelíteni számítással kísérleti eredmények alapján a szívós anyagok esetén, felhasználva azok szakítószilárdságát ( $R_m$  [N/mm<sup>2</sup>]) [39]. Simításkor az intervallum tetejét, nagyoláskor az alját érdemes számításba venni.

$$k_c = [2,5 \dots 4,5] \cdot R_m$$

Kiszámítható az érintő irányú forgácsolóerő ( $F$  [N]) is, ahol a  $k_c$  egy anyagra jellemző fajlagos érték (N/mm<sup>2</sup>), befolyásolja a fogásvétel mértéke ( $a_p$ ), amely azt jelenti, hogy a szerszámot milyen mélyen toljuk bele a munkadarabba [34], illetve az előtolás, ami azt jelenti, hogy fordulatonként ( $f_n$  [mm/ford]) hány mm-t halad a megmunkálás irányába a szerszám:

$$F = a_p \cdot f_n \cdot k_c$$

A korábbi adatokból kiszámítható a forgácsolás teljesítményigénye ( $P$  [kW]):

$$P = \frac{f_n \cdot a_p \cdot v_c \cdot k_c}{60 \cdot 10^3} = \frac{F \cdot v_c}{60 \cdot 10^3}$$

Kiszámítható az folyamat során alkalmazott átlagos fordulatszám felhasználásával a megmunkálási idő is ( $T$  [min]), ahol  $l_m$  [mm] a megmunkálás hossza,  $i$  pedig a fogások száma:

$$T = \frac{l_m \cdot i}{f_n \cdot n}$$

### Esztergálási számítások

#### Nagyoló művelet – Első homlokfelület nagyolása

A megmunkálás során 5 mm vastagságú anyagot távolítunk el 1150 mm átmérőtől 700 mm átmérőig. A megmunkálási paramétereket az *1. táblázat* tartalmazza. Nagyoláshoz a  $k_c$  érték

kiszámításakor 4-es szorzót alkalmazok. Az St52.3 anyag közepes szakítószilárdsága 540 MPa [23]. A számítások az első homloklfelület nagyolásához alább láthatók:

$$n_{min} = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{1150 \text{ mm} \cdot \pi} = 82 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{700 \text{ mm} \cdot \pi} = 135 \frac{ford}{min}$$

$$k_{c,szorzo:4} = 4 \cdot R_m = 4 \cdot 540 \frac{N}{mm^2} = 2160 \frac{N}{mm^2}$$

$$F = a_p \cdot f_n \cdot k_c = 3,75 \text{ mm} \cdot 0,34 \frac{mm}{ford} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2} = 2754 \text{ N}$$

$$P = \frac{F \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} = \frac{2754 \text{ N} \cdot 298 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 13,7 \text{ kW}$$

Az eszterga berendezés legnagyobb motorteljesítménye 16 kW, amely nagyon közel áll a számított teljesítmény igényhez. Ez az igény csak egy közelítő érték, valamint nem tartalmazza a gép különböző hatásfokait, módosító tényezőit. Ebből kifolyólag a fogásvétel méretét úgy változtattam meg, hogy a két fogás egyenlő, 2,5 mm méretű legyen. Ezzel a forgácsolási idő nem változik meg, azonban a teljesítmény igénye igen. A módosított fogásvétellel történő forgácsolás paraméterei a következők:

$$F = 2,5 \text{ mm} \cdot 0,34 \frac{mm}{ford} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2} = 1836 \text{ N}$$

$$P = \frac{1836 \text{ N} \cdot 298 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 9,1 \text{ kW}$$

$$T = \frac{l_m \cdot i}{f_n \cdot n} = \frac{225 \text{ mm} \cdot 2 \text{ db}}{0,34 \frac{mm}{ford} \cdot 105 \frac{ford}{min}} = 12,2 \text{ min}$$

Ezzel a fogásvétellel már megfelelő a teljesítmény igény is.

#### Nagyoló művelet – Külső átmérő nagyolása

A megmunkálás során 46 mm-nyi átmérőt távolítunk el, 1150 mm-ről 1104 mm-re csökken a külső méret. A megmunkálási paramétereket az 1. táblázat tartalmazza. A megmunkálást a

megmaradó, 175 mm hosszon kell elvégezni. A számítások az külső átmérő nagyolásához alább láthatók:

$$n_{min} = \frac{264 \frac{m}{min} \cdot 1000}{1150 mm \cdot \pi} = 73 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{264 \frac{m}{min} \cdot 1000}{1104 mm \cdot \pi} = 76 \frac{ford}{min}$$

$$F = 3,8 mm \cdot 0,31 \frac{mm}{ford} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2} = 2544 N$$

$$P = \frac{2544 N \cdot 264 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 11,2 kW$$

$$T = \frac{175 mm \cdot 6 db}{0,31 \frac{mm}{ford} \cdot 74 \frac{ford}{min}} = 45 min$$

#### Nagyoló művelet – Kikönnyítések környéki horony

A művelet során egy homloklfelületben található horony készül el, amely horony 68 mm széles, 17 mm mély. Legkisebb átmérője 924 mm. A módosított szerszám miatt 80% forgácsolási sebességgel történik a megmunkálás

$$n_{min} = \frac{119 \frac{m}{min} \cdot 1000}{1060 mm \cdot \pi} = 35 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{119 \frac{m}{min} \cdot 1000}{924 mm \cdot \pi} = 40 \frac{ford}{min}$$

$$F = 4 mm \cdot 0,24 \frac{mm}{ford} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2} = 2073 N$$

$$P = \frac{2544 N \cdot 149 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 4,1 kW$$

$$T = \frac{175 mm \cdot 6 db}{0,31 \frac{mm}{ford} \cdot 74 \frac{ford}{min}} = 37 min$$

### Nagyoló művelet – Második homloklfelület nagyolása

A művelet során a második homloklfelület kerül nagyolásra, ezzel a munkadarab hossza a meghatározott ráhagyásokat tartalmazza mindössze. 175 mm átlagos hosszúságról 164 mm-re csökken a darab hossza. A megmunkálási paramétereket a 2. táblázat tartalmazza.

Mivel a javasolt megmunkálási paraméterek a homloklfelület nagyolásához megegyeznek az első homloklfelületéhez, így a teljesítményigény is azonos lenne. Azonban, ha 3 fogás helyett 4, egyenlő fogásban távolítanánk el a 11 mm átlagos eltávolítandó mennyiséget, úgy már jelentősen csökken a teljesítmény igény.

$$n_{min} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{1104 mm \cdot \pi} = 85 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{700 mm \cdot \pi} = 135 \frac{ford}{min}$$

$$F = 2,75 mm \cdot 0,34 \frac{mm}{ford} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2} = 2019 N$$

$$P = \frac{2019 N \cdot 298 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 10 kW$$

$$T = \frac{202 mm \cdot 4 db}{0,34 \frac{mm}{ford} \cdot 110 \frac{ford}{min}} = 22 min$$

### Nagyoló művelet – Belső átmérő nagyolása

A belső átmérő nagyolása során a 700 mm átmérőt 731 mm átmérőre bővíti az esztergapad. Ezt a megmunkálást 164 mm hosszon végzi el a berendezés.

$$n_{min} = \frac{238 \frac{m}{min} \cdot 1000}{731 mm \cdot \pi} = 103 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{238 \frac{m}{min} \cdot 1000}{700 mm \cdot \pi} = 108 \frac{ford}{min}$$

$$F = 3,1 mm \cdot 0,39 \frac{mm}{ford} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2} = 2611 N$$

$$P = \frac{2611 N \cdot 238 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 10 kW$$

$$T = \frac{164 \text{ mm} \cdot 5 \text{ db}}{0,39 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 105 \frac{\text{ford}}{\text{min}}} = 20 \text{ min}$$

#### Nagyoló megmunkálás – Belső váll

A belső váll kialakítása során egy 886 mm átmérőjű, 127 mm hosszú vállat alakítunk ki a kiinduló, 731 mm belső átmérőből. A számítások belső lépcső nagyoló esztergálásához alább láthatók:

$$n_{min} = \frac{281 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{886 \text{ mm} \cdot \pi} = 101 \frac{\text{ford}}{\text{min}}$$

$$n_{max} = \frac{281 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{731 \text{ mm} \cdot \pi} = 122 \frac{\text{ford}}{\text{min}}$$

$$F = 3,5 \text{ mm} \cdot 0,35 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 2160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2646 \text{ N}$$

$$P = \frac{2646 \text{ N} \cdot 281 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60 \cdot 10^3} = 12,4 \text{ kW}$$

A fogások számának megtartásával, a fogások méretének egyenlővé hozatalával a fogásvétel értéke 3,37 mm-re csökkenthető, ezzel a teljesítmény igény úgy csökkenthető, hogy a megmunkálási idő nem növekszik.

$$F = 3,37 \text{ mm} \cdot 0,35 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 2160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2547 \text{ N}$$

$$P = \frac{2547 \text{ N} \cdot 281 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60 \cdot 10^3} = 11,9 \text{ kW}$$

$$T = \frac{127 \text{ mm} \cdot 23 \text{ db}}{0,35 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 111 \frac{\text{ford}}{\text{min}}} = 75 \text{ min}$$

#### Simító esztergálás – Első homloklfelület

Az első homloklfelület simítása során 2 mm ráhagyást kell eltávolítani 1104 mm legnagyobb és 886 mm legkisebb átmérőjű homloklfelületen. A megmunkálási paraméterek a 4. táblázatban láthatók. A simításhoz a kc érték kiszámításakor 3-as szorzót alkalmazok.

$$n_{min} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{1104 mm \cdot \pi} = 85 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{886 mm \cdot \pi} = 107 \frac{ford}{min}$$

$$k_{c, szorzó:4} = 3 \cdot R_m = 3 \cdot 540 \frac{N}{mm^2} = 1620 \frac{N}{mm^2}$$

$$F = 1 mm \cdot 0,53 \frac{mm}{ford} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2} = 859 N$$

$$P = \frac{859 N \cdot 298 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 4,2 kW$$

$$T = \frac{109 mm \cdot 2 db}{0,53 \frac{mm}{ford} \cdot 101 \frac{ford}{min}} = 4 min$$

#### Simító esztergálás – Belső váll

A belső váll simítása során a 886 mm átmérőt 890 mm-re bővítjük a 731 mm legkisebb átmérőtől. A számítások belső lépcső simító esztergálásához alább láthatók:

$$n_{min} = \frac{319 \frac{m}{min} \cdot 1000}{890 mm \cdot \pi} = 114 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{319 \frac{m}{min} \cdot 1000}{731 mm \cdot \pi} = 138 \frac{ford}{min}$$

$$F = 1 mm \cdot 0,19 \frac{mm}{ford} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2} = 308 N$$

$$P = \frac{308 N \cdot 319 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 1,6 kW$$

$$T = \frac{207 mm \cdot 2 db}{0,19 \frac{mm}{ford} \cdot 126 \frac{ford}{min}} = 17 min$$

#### Simító esztergálás – Kis horony

A belső váll homloklfelületén található kis horony legkisebb átmérője 823 mm, szélessége 27 mm. A horony mindössze 2 mm mély. A számítások a kis horony simító esztergálásához alább láthatók:

$$n_{min} = \frac{234 \frac{m}{min} \cdot 1000}{877 mm \cdot \pi} = 84 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{234 \frac{m}{min} \cdot 1000}{823 mm \cdot \pi} = 90 \frac{ford}{min}$$

$$F = 5 mm \cdot 0,13 \frac{mm}{ford} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2} = 1053 N$$

$$P = \frac{1053 N \cdot 234 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 4,1 kW$$

$$T = \frac{2 mm \cdot 6 db}{0,13 \frac{mm}{ford} \cdot 87 \frac{ford}{min}} = 1 min$$

#### Simító esztergálás – Második homlokl felület

A második homlokl felület simítása során az 1104 mm legnagyobb átmérőtől a 731 mm legkisebb átmérőig esztergálunk, 2 mm ráhagyást. A megmunkálási paraméterek az 5. táblázatban láthatók.

$$n_{min} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{1104 mm \cdot \pi} = 84 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{731 mm \cdot \pi} = 130 \frac{ford}{min}$$

$$F = 1 mm \cdot 0,53 \frac{mm}{ford} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2} = 858 N$$

$$P = \frac{858 N \cdot 298 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 4,2 kW$$

$$T = \frac{187 mm \cdot 2 db}{0,53 \frac{mm}{ford} \cdot 108 \frac{ford}{min}} = 7 min$$

#### Simító esztergálás – A második homlokl felület besüllyesztése

A második homlokl felületen található egy süllyesztés, amely a nagy horony 925 mm kis átmérőjétől a 731 mm belső átmérőig húzódik. Ez a süllyesztés 5 mm mély. 3 fogásban történik meg a kialakítása, melyből az első kettő történik erőteljesebb megmunkálással, míg

az utolsó finomabb megmunkálással kerül elkészítésre. Az erősebb megmunkálás paramétereit:

$$n_{min} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{925 \text{ mm} \cdot \pi} = 102 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{298 \frac{m}{min} \cdot 1000}{731 \text{ mm} \cdot \pi} = 130 \frac{ford}{min}$$

$$F = 1,9 \text{ mm} \cdot 0,53 \frac{mm}{ford} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2} = 1631 \text{ N}$$

$$P = \frac{1631 \text{ N} \cdot 298 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 8,1 \text{ kW}$$

$$T = \frac{97 \text{ mm} \cdot 2 \text{ db}}{0,53 \frac{mm}{ford} \cdot 116 \frac{ford}{min}} = 3 \text{ min}$$

A finomabb megmunkálás paramétereit:

$$n_{min} = \frac{326 \frac{m}{min} \cdot 1000}{925 \text{ mm} \cdot \pi} = 112 \frac{ford}{min}$$

$$n_{max} = \frac{326 \frac{m}{min} \cdot 1000}{731 \text{ mm} \cdot \pi} = 142 \frac{ford}{min}$$

$$F = 1,2 \text{ mm} \cdot 0,4 \frac{mm}{ford} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2} = 777 \text{ N}$$

$$P = \frac{777 \text{ N} \cdot 326 \frac{m}{min}}{60 \cdot 10^3} = 4,2 \text{ kW}$$

$$T = \frac{97 \text{ mm} \cdot 1 \text{ db}}{0,4 \frac{mm}{ford} \cdot 127 \frac{ford}{min}} = 2 \text{ min}$$

Simító esztergálás – Belső átmérő

A belső legkisebb átmérő felbővítése 731 mm-ről 735 mm-re, 24 mm hosszúságon. A számítások a belső átmérő simító esztergálásához alább láthatók:

$$n = \frac{285 \frac{m}{min} \cdot 1000}{733 \text{ mm} \cdot \pi} = 124 \frac{ford}{min}$$



$$F = 1 \text{ mm} \cdot 0,24 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 1620 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 389 \text{ N}$$

$$P = \frac{389 \text{ N} \cdot 285 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60 \cdot 10^3} = 1,8 \text{ kW}$$

$$T = \frac{24 \text{ mm} \cdot 2 \text{ db}}{0,24 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 124 \frac{\text{ford}}{\text{min}}} = 2 \text{ min}$$

#### Simító esztergálás – Külső átmérő

A külső átmérő simításakor az 1104 mm-es nagyolt méret az 1100 mm kész méretre simítódik, a 160 mm hosszúságon.

$$n = \frac{305 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{1102 \text{ mm} \cdot \pi} = 88 \frac{\text{ford}}{\text{min}}$$

$$F = 1 \text{ mm} \cdot 0,54 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 1620 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 874 \text{ N}$$

$$P = \frac{874 \text{ N} \cdot 305 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60 \cdot 10^3} = 4,5 \text{ kW}$$

$$T = \frac{160 \text{ mm} \cdot 2 \text{ db}}{0,54 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 88 \frac{\text{ford}}{\text{min}}} = 7 \text{ min}$$

#### Simító esztergálás – Illeszkedő lépcső

Az illesztés alkalmazott lépcső egy 800 mm átmérőjű, 8 mm mély lépcső. Ennek simítási paramétereit alább láthatók:

$$n_{\min} = \frac{319 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{800 \text{ mm} \cdot \pi} = 127 \frac{\text{ford}}{\text{min}}$$

$$n_{\max} = \frac{319 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{735 \text{ mm} \cdot \pi} = 138 \frac{\text{ford}}{\text{min}}$$

$$F = 1 \text{ mm} \cdot 0,19 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 1620 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 308 \text{ N}$$

$$P = \frac{308 \text{ N} \cdot 319 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60 \cdot 10^3} = 1,6 \text{ kW}$$

$$T = \frac{33 \text{ mm} \cdot 8 \text{ db}}{0,19 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 132 \frac{\text{ford}}{\text{min}}} = 11 \text{ min}$$

### Fúrési számítások felvezetése

A fúrás folyamata is tervezhető különböző számítási értékekkel. A forgácsolási sebesség ( $v_c$  [m/min]) számítása megegyezik az esztergáláséval [31]. A felhasznált átmérő a fúró legnagyobb, forgácsoló átmérője. A fordulatonkénti előtolás ( $f_n$  [mm/ford]) és az előtolási sebesség ( $v_f$  [mm/min]) összefügg:

$$v_f = f_n \cdot n$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

A korábbi adatokból kiszámítható a forgácsolás teljesítményigénye ( $P$  [kW]):

$$P = \frac{f_n \cdot d \cdot v_c \cdot k_c}{240 \cdot 10^3}$$

Kiszámítható a megmunkálási idő is ( $T$  [s]):

$$T = \frac{l_m}{v_f}$$

### Fúrési számítások

#### Kikönnyítések előfúrása

Az előfúrás során 50 mm átmérővel telibe fúrunk 147 mm hosszúságon 36 alkalommal. A megmunkálási paraméterek a 3. táblázatban találhatóak.

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{305 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000}{50 \text{ mm} \cdot \pi} = 1941 \frac{\text{ford}}{\text{min}}$$

$$P = \frac{f_n \cdot d \cdot v_c \cdot k_c}{240 \cdot 10^3} = \frac{0,14 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} \cdot 50 \text{ mm} \cdot 305 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 2160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{240 \cdot 10^3} = 19,5 \text{ kW}$$

Mivel a rendelkezésre álló CNC berendezés főorsója 15 kW teljesítményű, így változtatni szükséges a megmunkálási paramétereken. A Go-Metall Kft. többi dolgozójával konzultálva arra az eredményre jutottunk, hogy az előtolásból minimálisan veszünk vissza, azonban a

fordulatszámából már jelentősebb mértékben. A választott előtolás 0,1 mm/ford, a választott forgácsolási sebesség 240 m/min.

$$n = \frac{240 \frac{m}{min} \cdot 1000}{50 mm \cdot \pi} = 1527 \frac{ford}{min}$$

$$P = \frac{0,1 \frac{mm}{ford} \cdot 50 mm \cdot 240 \frac{m}{min} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2}}{240 \cdot 10^3} = 10,8 kW$$

$$T = \frac{l_m \cdot i}{f_n \cdot n} = \frac{147 mm \cdot 36 db}{0,1 \frac{mm}{ford} \cdot 1527 \frac{ford}{min}} = 35 min$$

#### Kikönyvitések kiesztergálása

A 36 darab 50 mm átmérőjű, 147 mm hosszú furatot kell felbővíteni 68 mm átmérőre. A számítások a furatok bővítéséhez alább láthatók:

$$n = \frac{243 \frac{m}{min} \cdot 1000}{68 mm \cdot \pi} = 1137 \frac{ford}{min}$$

$$P = \frac{0,27 \frac{mm}{ford} \cdot 18 mm \cdot 243 \frac{m}{min} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2}}{240 \cdot 10^3} = 10,6 kW$$

$$T = \frac{147 mm \cdot 36 db}{0,27 \frac{mm}{ford} \cdot 1137 \frac{ford}{min}} = 17 min$$

#### Rögzítő furatok előfúrása

A 24 darab 13,8 mm átmérőjű előfúrást 24 mm hosszon kell elvégezni. A megmunkálási paramétereket a 6. táblázat tartalmazza. Az előfúrás során nagyolási kc értékkel számoltam.

$$n = \frac{122 \frac{m}{min} \cdot 1000}{13,8 mm \cdot \pi} = 2814 \frac{ford}{min}$$

$$P = \frac{0,3 \frac{mm}{ford} \cdot 13,8 mm \cdot 122 \frac{m}{min} \cdot 2160 \frac{N}{mm^2}}{240 \cdot 10^3} = 4,5 kW$$

$$T = \frac{24 mm \cdot 24 db}{0,3 \frac{mm}{ford} \cdot 2814 \frac{ford}{min}} = 1 min$$

### Rögzítő furatok süllyesztése

A rögzítő furatokat 17 mm átmérővel besüllyesztem, ez körülbelül 5 mm forgácsolási előtolási sebességgel történő mozgást jelent, 24 darab furathoz. Ehhez a megmunkáláshoz már simítási kc értékkel számoltam.

$$n = \frac{26,5 \frac{m}{min} \cdot 1000}{17 \text{ mm} \cdot \pi} = 496 \frac{ford}{min}$$

$$P = \frac{0,24 \frac{mm}{ford} \cdot 2 \text{ mm} \cdot 26,5 \frac{m}{min} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2}}{240 \cdot 10^3} = 0,1 \text{ kW}$$

$$T = \frac{5 \text{ mm} \cdot 24 \text{ db}}{0,24 \frac{mm}{ford} \cdot 496 \frac{ford}{min}} = 1 \text{ min}$$

### Rögzítő furatok menetfúrása

Az M16-os menetek menetfúrásához alkalmazott forgácsolási paraméterek alább láthatók:

$$n = \frac{52,6 \frac{m}{min} \cdot 1000}{16 \text{ mm} \cdot \pi} = 1046 \frac{ford}{min}$$

$$P = \frac{2 \frac{mm}{ford} \cdot 2,1 \text{ mm} \cdot 52,6 \frac{m}{min} \cdot 1620 \frac{N}{mm^2}}{240 \cdot 10^3} = 1,5 \text{ kW}$$

$$T = \frac{35 \text{ mm} \cdot 24 \text{ db}}{2 \frac{mm}{ford} \cdot 1046 \frac{ford}{min}} = 1 \text{ min}$$

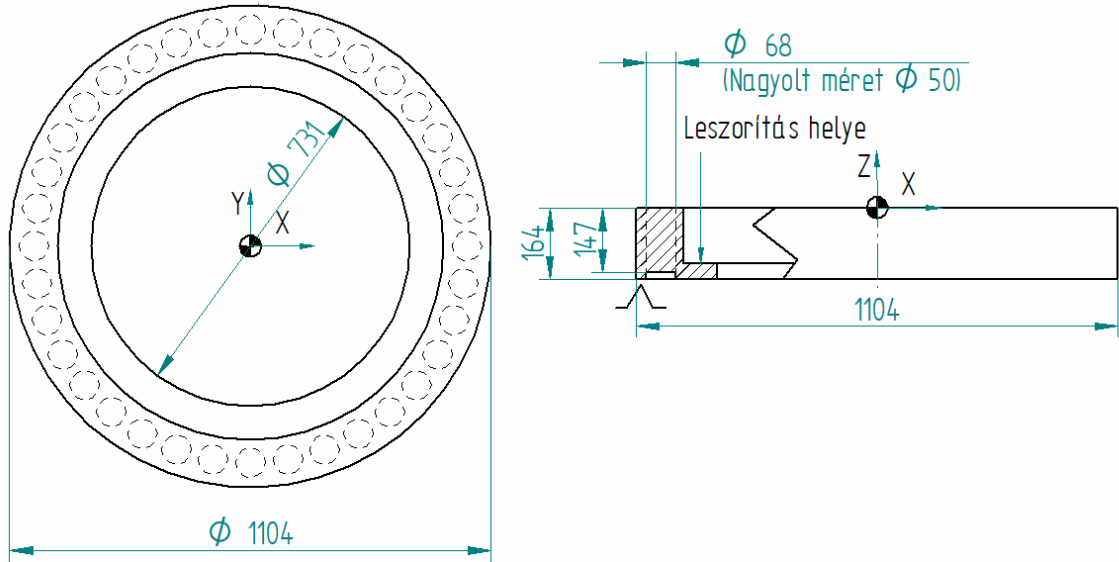
SZIE, GÉK,GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológia Tanszék					Művelet és műveletelőzési sorrend					Induló típus	
Rajzszám: FT-1-MH					Munkadarab megnevezése: <b>Féktárca</b>						
v. k.h.	Anyag kódex				Anyagmegnevezés, méret, minőség				ME.	Bruttó 1000 db	Nettó 1000 db
					Anyag: St52-3 (S355J2)						
					Előgyártmány: szabadalakító kovácsolt						
					Nyersméret: gyűrű (D*d*h; 1150*700*180)						
Műv. sorr.	Lap sz.	Költs hely	Hom. ker	Műv. sz.	Művelet megnevezése				Nor. f.	Norm. 1000 db perc	Norm. 1000 db Ft
1.					Kovácsolás						
2.	1.			3	Esztergálás I.						
3.	2.			3	Esztergálás II.						
4.					Mégmunkálás utánellenőrzés						
5.	3.			2	Marás I.						
6.					Mégmunkálás utánellenőrzés						
7.	-				Hőkezelés						
8.	4.			3	Esztergálás III.						
9.	5.			5	Esztergálás IV.						
10.					Mégmunkálás utánellenőrzés						
11.	6.			3	Marás II.						
12.	-				MEO, Végellenőrzés						
Kiállította	Kelt	Ellenőrizte		Kelt	Főtechnológus	Kelt	Anyagnormás	Kelt	Időelemző	Kelt	
<b>Márkó Hunor</b>	2022. 10.22										
Jel	Javította	Kelt	Ellenőrizte		Kelt	Jel	Javította	Kelt	Ellenőrizte		Kelt





SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológiai Tanszék		<b>MŰVELETI UTASÍTÁS</b> forgácsolásra		Lapszám:  6/3.
Rajkszám: FT-12-MH		Munkadarab megnevezése: <b>Féktárca</b>		Művelet száma: 3.
Anyag: St52-3	Nyersméret: D*d*h; 1104*731*164	Művelet megnevezése: Marás I.	Műveleti ut. száma: 03	

Vázlat:

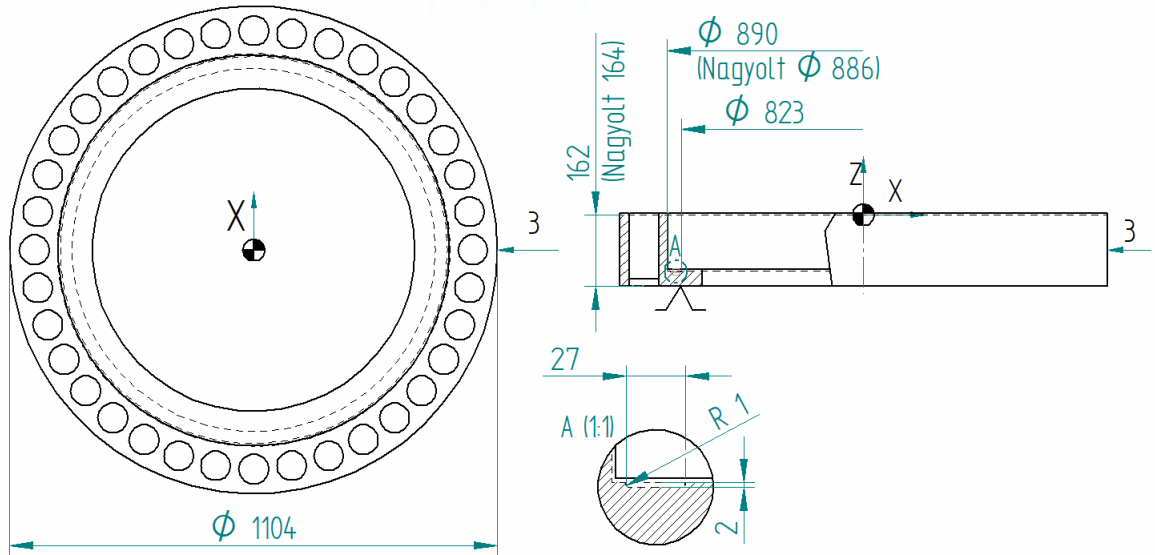


Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i	
	Asztalra leszorít								
1	Előfűr	a	Walter P4840P-7R-E67 WKP25S, P47R-E67 WXP40, D4120-03-50.00F40	240	1527	0,1		36	
2	Kiesztergál	b	Walter G1111.2525L-5T25-175GX24, GX24-3E500L04-AF5 WSM33S	243	1137	0,27	18	36	
			Hűtés: Belső szerszámkenés						
			Sandviken Fervi 1500 mm tolómérce						
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:		
Márkó Hunor		2022.10.24			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig	
Javítások									
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus		
					Forgácsoló	Maró	norm.	a 1892	
							szükség szerinti változat	b	
							c		
							d		
Kapja: péld. oszt:									



SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológiai Tanszék		<b>MŰVELETI UTASÍTÁS</b> forgácsolásra		Lapszám:  6/4.
Rajzsám: FT-13-MH		Munkadarab megnevezése: <b>Féktárcsa</b>		Művelet száma: 4.
Anyag: St52-3	Nyersméret: D*d*h; 1104*731*164	Művelet megnevezése: Esztergálás III.	Műveleti ut. száma: 04	

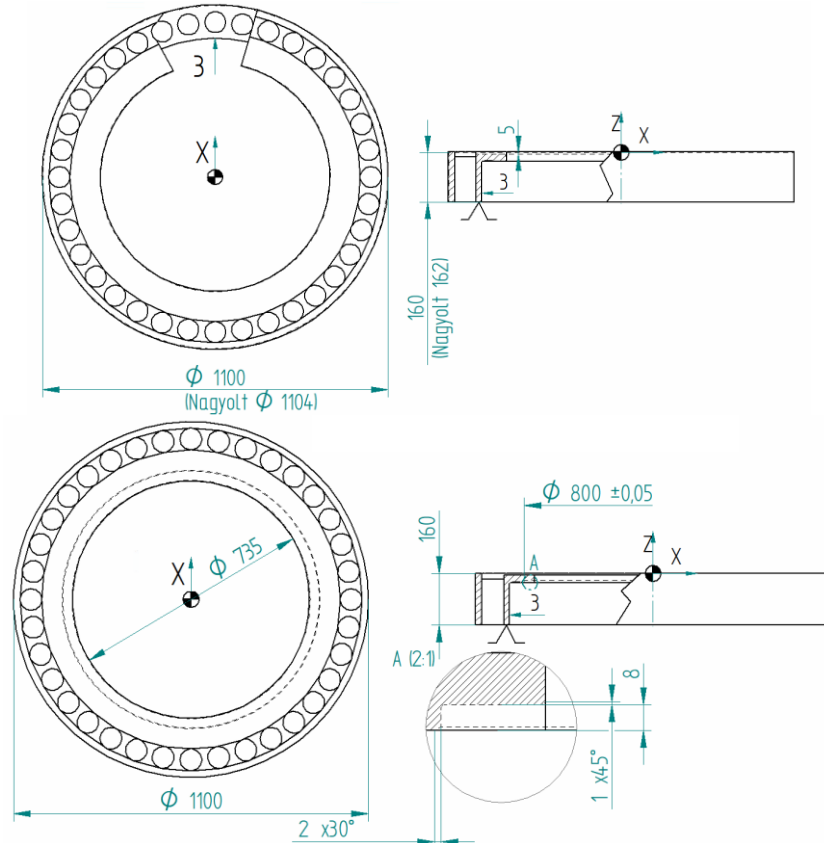
Vázlat:



Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i	
	Befog tokmányba								
1	Homlokot simít	a	Walter DSSNL2525M12, SNMG1204 RP5 WPP20G	298	85-107	0,53	1	2	
2	Belső vállat simít	b	Walter E25T-SDUCL11-R, DCMT11 RP4 WPP20G	319	114-138	0,19	1	2	
3	Hornyt esztergál	c	Kennametal A4M65R0624A200-999, A4G0605M06U08GMP KC5010	234	84-90	0,13	5	6	
			Hűtés: Minimálkenés						
			Sandviken Fervi 1500 mm tolómérce						
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:		
Márkó Hunor		2022.10.24			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig	
Javítások									
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus		
					Forgácsoló	Eszterga	norm.	a SC-14NC	
							szükség szerinti változat	b	
							c		
							d		
Kapja: péld. oszt:									

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológiai Tanszék		<b>MŰVELETI UTASÍTÁS</b> forgácsolásra		Lapszám:  6/5.
Rajzsám: FT-13-MH		Munkadarab megnevezése: <b>Féktárcsa</b>		Művelet száma: 5.
Anyag: St52-3	Nyersméret: D*d*h; 1104*731*162	Művelet megnevezése: Esztergálás IV.	Műveleti ut. száma: 05	

Vázlat:



Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Befog tokmányba							
1	Homlokot simít	a	Walter DSSNL2525M12, SNMG12 RP5 WPP20G	298	86-130	0,53	1	2
2	Homlokot süllyeszt	b	Walter DSSNL2525M12, SNMG12 RP5 WPP20G	298-326	102-130/ 112-142	0,53 /0,4	1,9/ 1,2	2/1
3	Belső átmérőt simít	c	Walter DSSNL2525M12, SNMG12 RP5 WPP20G	285	124	0,24	1	2
4	Külső átmérőt simít	d	Walter DCBNL2525M12, CNMG120416-RP5 WPP05S	305	88	0,54	1	2
5	Illesztett lépcsőt esztergál	e	Walter E25T-SDUCL11-R, DCMT11T308-RP4 WPP20G	319	127-138	0,19	1	8
			Hűtés: Minimálkenés					
			Sandviken Fervi 1500 mm tolómérc					

Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:
<b>Márkó Hunor</b>	2022.10.24			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól -ig

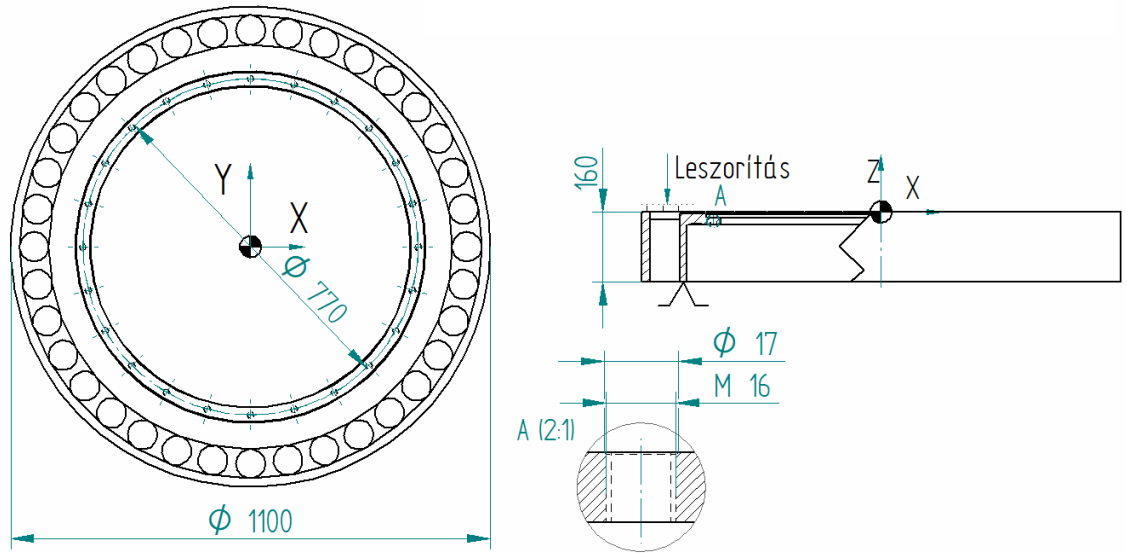
Javítások

Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus			gép l.sz
					Forgácsoló	Eszterga	norm.	a	SC-14N	
							szükség szerinti változat	b		
								c		
								d		

Kapja: péld.  
oszt:

SZIE, GÉK, GÉTI, Anyag- és Gépgyártástechnológiai Tanszék	<b>MŰVELETI UTASÍTÁS</b> forgácsolásra		Lapszám:  6/6.
Rajzszám: FT-15-MH	Munkadarab megnevezése: <b>Féktárcsa</b>		Művelet száma: 6.
Anyag: St52-3	Nyersméret: D*d*h; 1100*735*160	Művelet megnevezése: Marás II.	Műveleti ut. száma: 06

Vázlat:



Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i	
	Asztraleszorítás								
1	Előfűr	a	Walter DC160-03-13.800A1-WJ30ET	122	2814	0,3		24	
2	Furatot süllyeszt	b	Walter A1115S-18	26,5	496	0,24	2	24	
3	Menetet fűr	c	Walter S2026302-M16	52,6	1046	2	2	24	
			Hűtés: Belső szerszámkenés						
			Sandviken Fervi 1500 mm tolómérce						
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:		
Márkó Hunor		2022.10.24			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig	
Javítások									
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus		
					Forgácsoló	Maró	norm.	a 1892	
							szükség szerinti változat	b	
							c		
							d		
Kapja péld. oszt:									

## NYILATKOZAT

Alulírott Harkó Hunor Levente, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépeszemzők 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: Gödöllő 2023 év február hó 10. nap

Harkó Hunor

Hallgató

## NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatot/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom\*.

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

Kelt: Gödöllő 2023. év február hó 14. nap

Dr. Kovács Anikó

Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

**KONZULTÁCIÓS  
NYILATKOZAT**

A Múri Kó Hunor Levente (név) (hallgató Neptun azonosítója: ALPLQD) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

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

Kelt: Gödöllő 2023. év február hó 14. nap

Dr. Kovács Anikó

Belső konzulens