

SZAKDOLGOZAT

Bán Balázs
Gépészmérnök BSc



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

Gépészmérnök Szak

**Csigakerék-csigatengely hajtás elemeinek
gyártástechnológiai tervezése korszerű
szerszámgépekre**

Belső konzulens: Dr. Kári-Horváth Attila
Egyetemi docens

Belső konzulens Műszaki Intézet
intézete/tanszéke: Anyagtudományi és Gépipari
Folyamatok

Külső konzulens: Petheő József
Gépészmérnök
Szabó Fogaskerékgyártó Kft.

Készítette: **Bán Balázs**
(Y9BZIP)
Nappali tagozat

**Kaposvár
2024**

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépjárműtechnika specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Bán Balázs (Y9BZIP)

részére

A szakdolgozat címe:

**Csigakerék-csigatengely hajtás elemeinek gyártástechnológiai tervezése korszerű
szerszámgépekre**

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozás, probléma bemutatása, CNC programok írása (esztergagépre, marógépre, köszörű gépre) technológiai paraméterek meghatározása fogazásra, rajzdokumentáció, gazdasági számítás, összefoglalás.

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: *Petheő József*, Gépészmérnök, Szabó Fogaskerékgyártó Kft.

Belső konzulens: *Dr. Kári-Horváth Attila*, Egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MI

Beadási határidő: 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

Jóváhagyom

Zsolt Lőrinc
(tanszékvezető)

(szakfelelős)

Átvettem

M. M.
(hallgató)

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

Gödöllő, 2024.

Petheő József
(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés.....	4
2. Cég bemutatása.....	5
3. Szakirodalom feldolgozása.....	6
3.1. Bevezetés a fogaskerék-hajtások elméletébe	6
3.1.1. Fogaskerék-hajtások osztályozása.....	6
3.1.2. Csigahajtópár rövid jellemzése	8
3.1.3. Bevezetés a csigahajtások geometriájába.....	8
3.2. Globoid csigahajtópárok gyártása.....	9
3.2.1. A globoid csiga megmunkálása	9
3.2.2. Csigakerekek megmunkálása	9
3.2.3. Globoid csigakerekek fogazatának megmunkálása.....	10
3.3. Csigahajtások kenése.....	11
3.4. Fogaskerekek gyártástechnológiája	12
3.4.1. CNC Marás.....	12
3.4.2. CNC Esztergálás	13
3.4.3. CNC Köszörülés	15
3.5. Hűtő-kenő folyadékok	16
3.6. A készülékek	17
4. Probléma bemutatása	19
5. Tervezés	22
5.1. Az előgyártmány.....	22
5.2. Gyártástechnológiai tervezés	24
5.2.1. Esztergálás	24
5.2.2. Központfűrés.....	40
5.2.3. Menetvágó ciklus	41
5.2.4. Marás	43
5.2.5. Lefejtő marás	45
5.2.6. Hőkezelés.....	47
5.2.7. Köszörülés	49
5.3. Készüléktervezés.....	56
6. Gazdasági számítás	58
7. Összefoglalás	61
8. Summary.....	63
9. Felhasznált irodalomjegyzék.....	67
10. Mellékletek jegyzéke.....	71

1. Bevezetés, célkitűzés

A csiga-csigakerék hajtópárok teljesítmény és mozgásátvitele kitérő tengelyek közt jön létre. Nagy áttételeknek egy lépcsőben való megvalósítására szolgálnak. Nagy terhelésre is viszonylag kis méreteket tesznek lehetővé. A csigahajtóműveket 95 %-ban villanymotorral szerelve építik be. Működése csendes és gördülékeny, kisebb helyen is alkalmazhatóak, egy időben csökkenthető a sebesség és növelhető az átvitt nyomaték. (http1, 2024. 05. 10.) (Rohonyi, 1980)

A Szabó Fogaskerékgyártó Kft. nyújt helyszínt Duális Szakmai Gyakorlati éveim alatt. Itt lézer gravírozó programozásával, optimalizálásával foglalkozom, továbbá részt veszek a késztermékek kiszállításának koordinálásában, bejövő rajzok műszaki ellenőrzésében. Sokszor segítek be CNC megmunkálóközpont kezelésében, beállításában, papír alapú rajzok digitalizálásában Solid Edge rajzprogram segítségével.

A szakdolgozatomban először a hazai és nemzetközi szakirodalmat kell felkutatnom és áttanulmányoznom a témához kapcsolódóan. Ezek után a gyártáshoz kapcsolódó folyamatokat kell megnevezni, rangsorolni, bemutatni és kirészletezni. Az alkatrészhez a szükséges műhelyrajzot, 3D modellt készítek el, majd bemutatom annak felépítését, működését. Szükség lesz még a teljes dokumentáció elkészítésére is. Ezt követi a tervezési feladat, ami három részre osztható. Elsőként meg kell tervezni az alkatrészhez az előgyártmányt, az azt követő forgácsolási munkálatokhoz munkautasítást és sorrendi lapot kell készíteni, végül, de nem utolsó sorban a munkadarabon található hornyokhoz, a sorozatgyártás figyelembevételével készüléket kell tervezni. El kell készítenem a gyártáshoz szükséges költségszámítást is, amiben figyelembe kell venni az alkatrész anyagának az árát, a gépek munkaidejét, gépkezelő órabérét. Mindezen munka elkészítéséhez az Office 365-ben található Word, Excel programokat, a műhelyrajz és 3D modell készítéséhez a Solid Edge rajzolóprogramot fogom használni.

2. Cég bemutatása

A Szabó Fogaskerékgyártó Kft. (2.1. ábra) több mint 40 éve gyárt kiváló minőségű hajtóműveket. Eredetileg „egyszemélyes vállalkozásként” indult. Szervezetük úgy nőtt és fejlődött, hogy mára már 57 magasan képzett és tapasztalt alkalmazottat foglalkoztatnak, akik elkötelezettek a piac által megkövetelt legjobb minőség előállítása mellett. A szervezet hajtóműgyártásra specializálódott, fogaskerekes alkatrészek megmunkálását vállalják, ezeken, ha szükséges, hőkezelését is végzik.



2.1. ábra A cég homlokzati fala
(http2, 2024.05.12.)

Változatos ügyfélkörüket minőségi termékek széles választékával látják el. A kis szériás nagy pontosságú fogaskerektől, a nagyobb méretű fogaskerekes hajtásokon keresztül egészen a megújuló energia területéig. Nagyobb sorozatú, a mezőgazdasági gépiparban használt szabványos fogaskerek gyártása is hétköznapi. Szintén ellátják az autóipart, a bányaiipart, az építő- és papírgépipart és a vasútipart.

Kaposváron található, 2500 m²-es gyártóüzemükkel, magasan képzett munkaerővel és teljes mérnöki kapacitásukkal, valamint a folyamatos képzési és tökebefektetési elkötelezettségükkel törekszenek arra, hogy megfeleljenek az iparágban vezető minőségnek, szállításnak és vezető teljesítménynek, valamint általános gyártási szakértelemnek.

Büszkék termékeik minőségére, a legkorszerűbb gyártóberendezésekre és szerszámokra. Továbbra is elkötelezettek a folyamatos fejlesztés mellett. Megbízható, időben tesztelt és rugalmas folyamatok és minőségirányítási rendszer révén képesek optimálisan megtervezni és maximalizálni termelési kapacitásukat, és szilárd állapotot teremteni, amely megfelel globális piacuk igényeinek.

3. Szakirodalom feldolgozása

3.1. Bevezetés a fogaskerékhajtások elméletébe

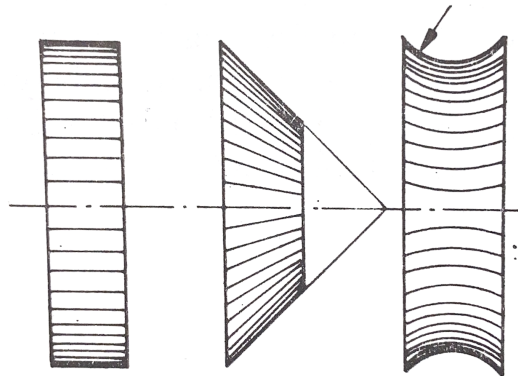
A fogaskerék napjaink egyik leggyakrabban alkalmazott gépeleme. Nagyon nehéz olyan gépet találni a világon, melynek hajtóművében ne találunk fogaskereket. Ma már a fogaskerékeometria olyan magas szintet ért el, hogy a lefejtő módszer bonyolult folyamatát is ki tudja fejezni a felsőbb matematika modern eszközeivel (mátrix-számítás). A kutatás a szilárdsági számítások megbízhatóságát hatalmas kísérleti anyaggal támogatja, valamint a modern technológia nagy pontosságú és nagy teljesítményű gépek segítségével igen szűk határok között mozgó tűréseket tud megvalósítani és ezeket megfelelő nagy pontosságú műszerekkel mérni is tudja. A fogaskereknek igen széleskörű a használata, ugyanis az egészen kisméretű játékfogaskerekektől kezdve megtalálható a nagy méretű, nagy sebességű és nagy teljesítményű hajtóművekben is. (Sztrakos, Millye, 1985, Rohonyi, 1980, Zsáry, 2003)

Fogaskerek alkalmazási területei:

Olcsó fogaskerek játékok számára, kis fogaskerek készülékek számára, szerszámgéphajtóművek, vezérlő-és irányítóberendezések fogaskerekei, járműhajtóművek, hajóhajtóművek, repülőgép-hajtóművek. (Zsáry, 2003, Rohonyi, 1980, Erney, 1983)

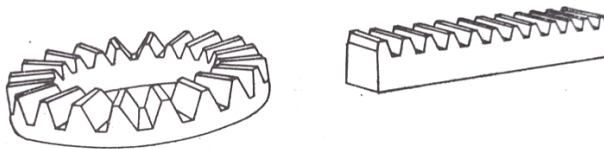
3.1.1. Fogaskerékhajtások osztályozása

Az alkalmazási területek ismertetése után térjünk át a felosztásra. Amikor fogaskereket osztályozunk, két fő szempontból indulhatunk ki: az egyik a leendő fogaskerék még meg nem fogazott alakja, a másik a fogaskerékpár tengelyeinek egymáshoz viszonyított helyzete. A fogaskeréktestek (kivéve a határesetet képző fogasléc) mindig forgásfelületek, tehát fogazatlanul esztergán megmunkálhatók. A fogaskeréktest külső felületét henger, kúp, vagy globoid felület képezheti (3.1. ábra) (Rohonyi, 1980, Litvin, 1972)

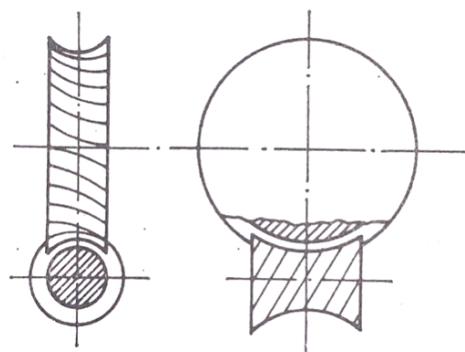


3.1. ábra Henger, kúp, globoid felület
(Rohonyi, 1980)

A globoid olyan forgásfelület, amelynek vezérgörbéje körív. Az elsőből, a hengerből lesznek a hengereskerekek, az egyenes-és ferde-vagy nyílfogazatú, külső és belső fogazatú hengereskerekek és a hengerescsigák. A másodikból, a kúpból lesznek a kúpos fogaskerekek vagy kúpkerekek, az egyenes, a ferde és íveltfogú kúpkerekek. A globoidból, a globoid csigahajtás csigája és a csigakerekek. Kivételt képeznek a határesetek. Ha valamely fogaskerék fogszámát végtelen nagyra növeljük, akkor fogasléc keletkezik. Ha pedig a kúpkerek felkúpszöge 90° -os, akkor síkkerék a neve (3.2. ábra). A hengeres és globoid keréktesteknek tengelyükre merőleges szimmetriasíkjuk van (3.3. ábra). (Rohonyi, 1980, Sztrakos, Millye, 1985)



3.2. ábra Síkkerék és fogasléc
(Rohonyi, 1980)



3.3. ábra Globoid csiga-csigakerékpár
(Rohonyi, 1980)

3.1.2. Csigahajtópár rövid jellemzése

Ezek a hajtópárok kitérő tengelyek közötti teljesítmény-és mozgásátvitelre alkalmasak. Nagy áttételeknek egy lépcsőben való megvalósítására szolgálnak ($i=80$ -ig). Hajtóművekbe általában 90° -os tengelyszöggel és szabványosított tengelytávval építik be. Hatásfokuk kisebb, mint a hengeres-és kúpkérékpárok hatásfoka. A csigák geometriája bonyolult kérdéseket vet fel. A csigákat általában esztergákon, a csigakerekeket pedig lefejtő marógépeken csigamaróval gyártják. A csigák általában köszörülhetők az erre a célra alkalmas különleges gépeken, a csigakerekek hántolhatók. A csiga és csigakerék kapcsolódása térbeli görbe vonalak mentén történik és felületi teherbírásuk jelentős. (Rohonyi, 1980, Litvin, 1972, Zsáry, 2008)

3.1.3. Bevezetés a csigahajtások geometriájába

A csigahajtás csigából és csigakerékből áll, amelyek közös házban vannak elhelyezve. A ház fontos része a csigahajtásnak, mert a ház gondoskodik a kenőolaj tarolásáról és a teljesítményvesztéséből származó hőmennyiség elvezetéséről. (Dudás, 2007, Zsáry, 2003, Zsáry, 2008)

Kétféle csigahajtópárt különböztetünk meg:

- Az egyszeresen burkolókat;
- és a kétszeresen burkolókat.

Az egyszeresen burkolónál a csigakerék burkolja a csigát, ezek a hengeres csigahajtópárok. A kétszeresen burkolóknál a csiga is burkolja a csigakerekeket: ezek az ún. globoid-csigahajtópárok. A csigahajtóművek nagy előnye abban rejlik, hogy segítségükkel egy lépcsőben nagy áttételeket lehet megvalósítani (egy házban, kis helyen, kevés alkatrésszel, olcsón), a lökésszerű terhelést igen jól bírja, kopási viszonyai is kedvezőbbek, ezzel szemben hatásfokuk általában lényegesen rosszabb, mint az azonos áttételű fogaskerék-hajtóműveké. (Rohonyi, 1980, Dudás, 2007)

3.2. Globoid csigahajtópárok gyártása

3.2.1. A globoid csiga megmunkálása

Az axiális metszetben egyenesprofilú globoid csiga fogazatát egyenes vágóélű szerszámokkal munkálják meg úgy, hogy a forgácsolóélek a csiga vízszintes tengelysíkjaiban a kerék fogalkotóinak megfelelően helyezkednek el. A megmunkálást lefejtő marógépen három lépésben végzik:

1. Radiális előtolással nagyolják a csigát úgy, hogy a szerszám a hajtópár névleges tengelytávolságáig közelíti meg a munkadarabot.
2. Ugyanezen a tengelytávon olyan köreltolással, amelyet a gép differenciálműve segítségével hoznak létre, felváltva az egyik és a másik irányban mindkét fogoldalt simítják.
3. A késtartófejbe szerelt három szerszámból kettő profilozókés, amelyek a menet oldalfelületeit munkálják meg, a harmadik a forgácsolás során deformálódott fejszalagot simítja. (Rohonyi, 1980, Zsáry, 2008, Maros, 1970)

3.2.2. Csigakerekek megmunkálása

Csigakerekek megmunkálását általában ütőkéssel vagy lefejtő maróval végzik. A csigakerekek megmunkálására alkalmas lefejtő marók méretei nem választhatók meg függetlenül a csigakerékkel kapcsolódó csigától. A lefejtő maró fő méretei megegyeznek a csiga méreteivel. A maró külső alakja hasonlít a homlokfogaskerekek gyártásához használt lefejtő marókhoz. A csigakerékmaró is készülhet nagyoló és simító kivitelben. A csigakerekeket általában nem szokták köszörülni, ezért nem készítenek (ellentétben a homlokkerék-lefejtő marókkal) köszörülési ráhagyással dolgozó csigakerékmarókat.

A csigakerékmaró szerkezeti kivitel szerint, a csiga méretétől függően lehet feltűzhető (furatos) vagy száras kivitelű. Megmunkálás szerint lehet radiális előtolással ($\gamma_0 = 8^\circ - ig$) vagy tangenciális előtolással dolgozó csigakerékmaró ($\gamma_0 > 8^\circ$). A maró típusát általában a csiga γ_0 emelkedési szöge határozza meg. Ha pontosan megmunkált csigakereket akarunk gyártani, akkor a simító csigakerékmarónak tangenciális előtolással kell dolgoznia, tehát kúpos bekezdő

résszel kell kialakítani. A csigakerékmarók (szemben a fogaskerék-lefejtő marókkal) csak annyi bekezdéssel készülhetnek, mint ahány bekezdése van a csigakerékkel kapcsolódó csigának. (Dudás, 2007, Zsáry, 2003, Rohonyi, 1980, Kakuk et. al. 2008)

3.2.3. Globoid csigakerekek fogazatának megmunkálása

Globoid csigakerekek megmunkálásánál a szerszámélek relatív mozgás során kialakuló burkolófelületének azonosnak kell lennie annak a valós csigának a burkolófelületével, amellyikkel a kerék kapcsolódni fog.

A legjobb konjugált felületeket a lefejtő globoid csigamaróval lehet elérni, mert a sok forgácsolóélel rendelkező lefejtő maró közelíti meg elméletileg jobban a kerékkel kapcsolódó globoid csiga helyettesítő csigáját.

A megmunkálást a csigához hasonlóan itt is három lépésben kell elvégezni:

1. A szerszám névleges tengelytávig megközelíti a munkadarabot.
2. Radiális előtolással történő nagyolás ráhagyással
3. A simító megmunkálásnál az előtolás csak a differenciálmű segítségével létrehozott kör előtolás lehet, mert a radiális előtolás a fog fejrészének nem kívánatos lenyesését okozza.

Ez a jelenség fokozott mértékben jelentkezik a nagyobb bekezdésszámú csigahajtópároknál. A simító megmunkáláshoz a szerszámot úgy kell megtervezni, hogy annak fogszélessége keskenyebb legyen a névleges fogszélességnél, ennek következtében a radiális előtolással történő nagyoláskor a kerék fogain megfelelő ráhagyást hagyjon, így a fejrészekben a lenyesett szakasz a simító kör előtolással teljesen eltűnik.

A csigakerék megmunkálásánál a csigakereket a lefejtő marógép asztalára fogatjuk fel, a szerszámot pedig a marótüske helyére. Beállító idomszerekkel biztosítani kell, hogy a szerszám tengelye a kerék középsíkjában helyezkedjék el, valamint azt, hogy a szerszám tengelyére merőleges középsík (ami megfelel a globoid csiga torokkörü metszősíkjának) átmenjen a kerék tengelyén. Az utóbbi beállítást nagyon pontosan kell elvégezni. (Maros, 1970, Dudás, 2007, Rohonyi, 1980, Kakuk et. al. 2008, Zsáry, 2008)

3.3. Csigahajtások kenése

A csigahajtóműveket a nagy csúszási sebesség és a nagy felszíni terhelés miatt nagyobb viszkozitású olajjal kell kenni, mint a fogaskerék-hajtóműveket. Az olaj viszkozitásának olyannak kell lennie, hogy az olajfürdő más hajtóműveknél megengedhetetlenül magas hőmérsékletén (max. 95° C) se veszítse el kenőképességét, az olaj ne szoruljon ki a kenőrésből. Meg kell jegyeznünk, hogy a csigahajtóműveknél sem a kenőrés geometriája, sem az ott fellépő nyomásokra, illetve hőmérsékletekre sem a villámhőmérsékletre nézve a kutatások még nem haladtak úgy előre, mint a fogaskerekeknél. (Kári-Horváth 2011, Kári-Horváth, 2016)

A kenés javítására az ásványi olajokat 5 – 10 % növényi zsiradékkal szokás aktiválni, de elterjedt a nagynyomású, ún. EP adalékok használata is. A csigahajtópárokat $v_t = 10 \text{ m/s}$ sebességig merülő-szóró olajzással kenjük. Ez úgy történik, hogy a csiga fogazata alsócsigás megoldásnál a fejmagasság vonaláig, esetleg az egész fogmagasságig belemerül az olajfürdőbe, illetve felsőcsigás megoldásnál ugyanez áll a csigakerékre vonatkozóan. Alsócsigás elrendezésnél a csigamenet két oldalán egy-egy szórógyűrű is segíti a kenést, ezek dobják fel az olajat a csigakerék fogazatára. A tervezés során gondoskodni kell az olaj keringéséről, visszafolyásáról, leeresztéséről és szintjelzéséről is. (Rohonyi, 1980, Kári-Horváth 2011, Kári-Horváth, 2016)

3.4. Fogaskerekek gyártástechnológiája

3.4.1. CNC Marás

A CNC marás egy szabályosan egy vagy több élű forgácsoló szerszámmal végzett forgácsoló eljárás (3.4.1. ábra).



3.4.1. ábra CNC maró szerszámtípusok
(<http3>, 2024. 05. 18.)

A forgó főmozgást a marószerszám, az előtoló mellékmozgást pedig vagy a munkadarab, vagy a szerszám végzi. A CNC marás esetében két alap eljárást különböztetünk meg. Az egyik a palástmarás a másik a homlokmarás. Napjainkban már az alkatrészek, főleg az egyedi alkatrészek 90%-a ilyen technológiával készül. Egy tömbből forgácsoljuk ki az alkatrészt úgy, hogy a felesleges anyagot eltávolítjuk róla egy forgó szerszámmal, a maróval. A CNC marás során használt marógépek (3.4.2. ábra) sík és alakos felületek, valamint ezek kombinációinak előállítására használhatók. Termelékenység szempontjából a hatásfokuk általában nagyobb, pontosságuk pedig jobb, mint a hasonló feladatok ellátására szolgáló gyalugépeké. További pozitívum, hogy bonyolultabb alakzatok készítésére is alkalmasak. A marószerszámok befogása és forgatása, vagyis a főmozgás egy speciálisan kiképzett maróorsóval történik. A maróorsó helyzete lehet vízszintes és függőleges egyaránt. A mellékmozgásokat pedig általában a munkadarab végzi az úgynevezett szánrendszerek segítségével. Ezek a mellékmozgások egyenes vonalú vagy forgómozgások is lehetnek. Általában a marógépek a rajtuk végzendő feladatok szerint specializálódtak. (Makádi, 1955, Firstner, 2008, Hornung, 1974, Kári-Horváth et. al. 2006, Fledrich et. al. 2016) (<http4>, 2024. 05. 22.)



3.4.2. ábra CNC Marógép
(http5, 2024. 05. 22.)

3.4.2. CNC Esztergálás

A CNC esztergálás a forgácsolás egyik fajtája, vagyis egy olyan forgácsolási eljárás, amit a forgástestek megmunkálásánál használunk. CNC esztergálás esetén különböző munkadarabokról beszélhetünk. Emeljük ki néhányat ezek közül.

- tengelyek,
- hüvelyek,
- tárcsák,
- perselyek,
- illetve az előbbiekhöz hasonló alakú munkadarabok.

Az, hogy a CNC esztergálás a forgácsolás egyik típusa, az abból is visszaköszön, hogy az esztergálás egyélű szerszámmal, állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásával végzett forgácsolás (3.4.3. ábra). (Walter, 1972, Dudás, Kakuk et. al. 2008, 2011, Mátis, 1987)



3.4.3. ábra Lapkás esztergakés
(http6, 2024. 05. 23.)

Az esztergálás során a munkadarab végzi a forgácsoló mozgást, a szerszám pedig az előtoló mozgást. Az esztergálást a pontosság és az elért felületi minőség szempontjából három csoportra oszthatjuk:

Ezek a

- nagyolás,
- fél simítás,
- és a simítás. (http7, 2024.05.23., Boza, Burunyi, 2021)

A CNC- vezérlésű esztergák szabadon programozható számítógéppel vezérelt korszerű szerszámgépek (3.4.4. ábra). Vezérlésük általában kéttengelyes, csak az esztergálás mellett más technológiákat is megvalósítani képes (fúrás, marás) típusok esetén három- vagy négytengelyes pályavezérlés. Jellemzőjük a nagy forgácsolóteljesítmény, a nagy merevség és pontosság, többféle technológia megvalósítása egy gépen belül, korszerű munkadarab- ellátás, korszerű szerszámellátás. Hátrányai viszont a drága berendezések és a költséges üzemeltetés miatt nagy sorozatú munkadarabok gyártása sem gazdaságos. (Walter, 1972, Kakuk et. al. 2008, Filemon, 1979)



3.4.4. ábra CNC Esztergagép
(http8, 2024. 05. 25.)

3.4.3. CNC Készörülés

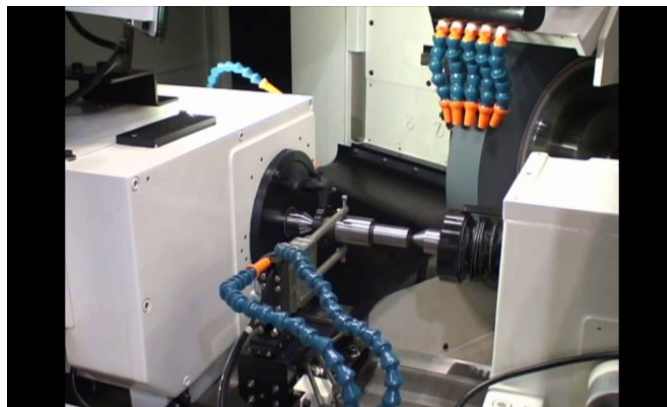
A készörülés szabálytalan élgeometriájú szerszámmal végzett forgácsolási művelet, amelynél mindig a szerszám végzi a forgó főmozgást. A készörüléssel nagy pontosságú, sima felületeket lehet előállítani. Főleg befejező megmunkálás, mely művelet palástfelületre, furatokba, illetve síkfelületre alkalmazható. (http9, 2024. 05. 27.) (Dudás, 2001, Kári-Horváth, 2010)

A készörülés előnyei:

- a munkadarab igen jó méret- és alakpontossága,
- a szigorú felületminőségi követelmények betarthatósága,
- nagy forgácsolási teljesítmény, rövid megmunkálási idő,
- kemény, nehezen forgácsolható anyagok megmunkálhatósága, amelyek más eljárásokkal lényegesen lassabban vagy egyáltalán nem munkálhatók meg.

A készörülés hátrányai:

- magas termikus (hő-) terhelés, amelyet a kedvezőtlen élgeometria mellett a nagy forgácsolósebesség és a hűtési problémák okoznak,
- dinamikus terhelések (rezgések), amelyekért a nagy forgácsolósebességen kívül a nagy forgácsleválasztási teljesítmény és a nehezen forgácsolható anyagok a felelősek. A rezgések következtében jelentősen romlik a munkadarab felületének a minősége, a szerszám élettartama és a készörűgép élettartama. (http10, 2024. 05. 27.) (Dudás, 2003, Horváth, 2001)



3.4.5. ábra CNC Készörűgép
(http11, 2024. 05. 27.)

3.5. Hűtő-kenő folyadékok

Ipari hajtóművek kenése

A hajtóművek a világon mindenhol, minden iparágban nélkülözhetetlenek. Változatos, gyakran szélsőséges körülmények között működnek. Nem véletlenül mondják, hogy "homok került a gépezetbe", ha valami nem megy. A hajtóműben döntő fontosságú a kenőanyag szerepe. A hajtóműolaj kiválasztása alapvető fontosságú feladat, amit a lehető legnagyobb körültekintéssel kell elvégezni.

Ennek során a következő szempontok játszanak alapvető szerepet:

- a hajtóműelemek építési és gyártási módja,
- üzemi feltételek és a hajtómű karbantartása,
- a kenőanyag viszkozitása, alapolaja és adalékolása.

Hajtóműveket minden iparágban használnak. Az adott alkalmazási feladattól függően különféle típusokat alkalmaznak. A hajtóműveket általában építési módjuk -például csiga-, homlok- vagy kúpfogaskerékes hajtómű - szerint osztályozzák. De a modern hajtóművek típustól függetlenül egyre nagyobb követelmények elé állítják kenőanyagaikat.

A modern ipari hajtóművek főbb változásai:

- Nagyobb teljesítmény,
- kisebb méretű hajtóművek,
- kevesebb olajmennyiséggel. (Kalászi, 1962, Kári-Horváth, 2011, Kári-Horváth, 2016)

A továbbfejlesztett hajtóművek kenőanyagokkal szemben támasztott követelményei

- Öregedésállóság,
- nagyobb termikus stabilitás,
- szürkefoltosodással / pittingesedéssel szembeni ellenállás,
- hosszabb olajélettartam,
- védelem a csapágykopással / korrózióval szemben,
- állandó teljesítmény,

- jobb vízleválasztó képesség,
- biztos szűrőképesség. (Kári-Horváth, 2016, Kalászi, 1962, Vámos, 1970)

Viszkozitás kiválasztása

Hajtóművek kenéséhez általában olajokat, néhány esetben zsírokat használnak. A hajtóműolaj viszkozitásának, illetve a zsír konzisztenciájának kiválasztásakor a következő paramétereknek van jelentősége:

- Kerületi sebesség (fordulatszám-tartomány, átmerő),
- alkalmazási hőmérséklettartomány,
- terhelés (erők és nyomatékok).

Általában az alábbi ökölszabályok érvényesek:

- Nagy kerületi sebesség és alacsony hőmérséklet = viszonylag alacsony viszkozitás,
- kis kerületi sebesség és magas hőmérséklet = viszonylag magas viszkozitás,
- nagyobb terhelés = magasabb viszkozitás.

(http12, 2024. 05. 30.) (Kári-Horváth, 2016, Kári-Horváth, 2011, Vámos, 1970)

3.6. A készülékek

A forgácsoló eljárásoknál alkalmazott készülékeket a munkadarab megfogására, a szerszám vezetésére vagy befogására szolgálnak. Feladatuk általában véve az, hogy az egyetemes szerszámgepeket - amennyire csak lehet - felruházzák a különleges szerszámgepek jó tulajdonságaival. Mindennek természetesen a termelékenység és a méretpontosság fokozása a célja.

A jól megtervezett készülék csökkenti a munkadarab be- és kifogásához szükséges időt, egyszerűbbé teszi a darab vagy a szerszám helyzetmeghatározását, főlegessé teszi a mérést. A készülékek alkalmazása tehát elsősorban a mellékidők csökkentésén keresztül növeli a termelékenységet. De csökkentheti a főidőt is, mivel a készülékbe szilárdan befogott

munkadarab lehetővé teszi kedvezőbb forgácsolási paraméterek megválasztását, a szerszámgép teljesítmények jobb kihasználását.

A készülékekben az alábbi főbb elemek találhatók meg:

- **meghatározó elemek:** a munkadarabok azonos és egyértelmű helyzetét biztosítják a készülékben,
- **szorító elemek:** a munkadarab meghatározott helyzetben való rögzítésére,
- **szerszámbeállító elemek:** a forgácsolószerszám pontos és gyors méretbeállításának biztosítására,
- **osztó berendezések:** a munkadarab vagy a szerszám egymáshoz viszonyított helyzetének változtatásával az egy befogásban végzett többhelyzetes megmunkálást biztosítják,
- **készülékelhelyező elemek:** a készüléknek a szerszámgépen való pontos elhelyezését biztosítják,
- **egyéb elemek:** pl. hidraulikus, pneumatikus és villamos alkatrészek.

(http13, 2024. 06. 01) (Dobrzanski, 1977, Hiram, 1970, Kalotai et. al. 1969)

4. Probléma bemutatása

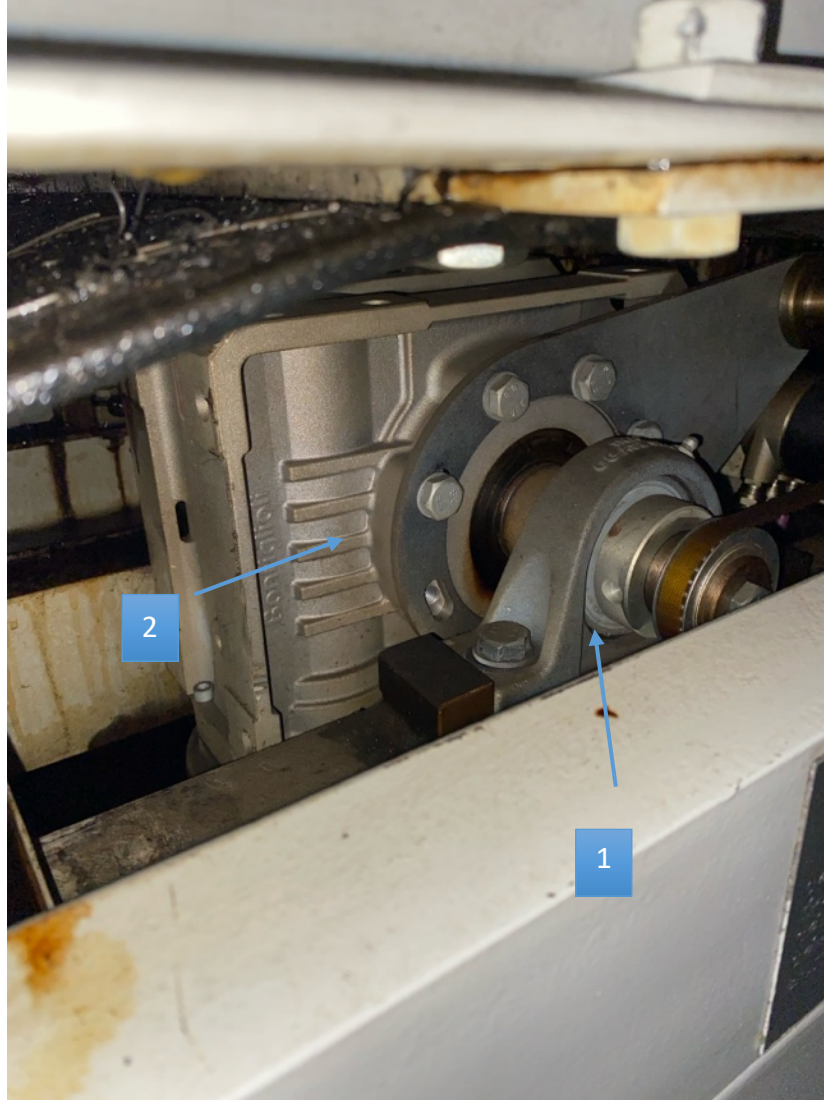
A szakdolgozatomban tárgyalt probléma egy pálcikás hajtóműben található csiga-csigakerékpár rekonstrukciós tervezéséről fog szólni.

Ezeket a hajtóműveket egy edzőkemencének a láncos továbbítószalagján alkalmazzák, feladatuk a már hőkezelt, vagy még éppen a hőkezelésre váró munkadarabok mozgatása, szállítása (4.1. ábra).



4.1. ábra Edzőkemence szállítószalagja

Az ábrán látható 1-es számú nyíl a csigatengely, a 2-es számú nyíl a csigakerék helyét jelöli.



4.2. ábra Csigatengely- csigakerék helye a hajtómű belsejében

Az előző csiga-csigakerékpár nem megfelelő anyagból készült és nem megfelelő edzési technológia volt rá alkalmazva. Ezek miatt sérültek, törtek a fogak, kifáradás jelei is megállapíthatók voltak. A hajtás sem volt megfelelő sebességű (lassú) a csigán található egy bekezdés miatt (4.3. ábra).



4.3. ábra Egy bekezdéses csigakerék-csigatengely és kapcsolatuk

A hibák kiküszöbölésére és elkerülése érdekében a szakdolgozatomban részletezni fogom, hogy egy jobb anyagminőség választásával, egy megfelelő edzési technológia alkalmazásával, és a csigán lévő bekezdések számának növelésével tökéletesíteni és gyorsítani tudjuk a hajtómű működését.

5. Tervezés

5.1. Az előgyártmány

Az előgyártmány megválasztásakor figyelembe veszem a munkadarab alakját, méreteit és súlyát, valamint az alkatrészeire előírt elvárásokat. Az előgyártmány megválasztásakor meg kell határozni minden megmunkálendő felületre a ráhagyást. A rudanyagokat általában kovácsolással, öntéssel, hengerléssel vagy húzással állítják elő, a mi esetünkben melegen hengerelt köracél lesz az előgyártmány.

Választott anyag: **42CrMo4 szerszámacél** (5.1. táblázat)

Ezt az anyagot általában magas szívóssággal rendelkező alkatrészek gyártásához alkalmazzák, mely nagyon széles felhasználási területet eredményez. Ebből a minőségből fogaskerekek, tengelyek, tengelycsuklók és akár formaszerszámok is készíthetők. Legelterjedtebb változata nemesített (QT) minőségben található meg a piacon.

5.1. táblázat 42CrMo4 szerszámacél vegyi összetétele és mechanikai tulajdonságai

VEGYI ÖSSZETÉTEL (AZ N10083 SZABVÁNYA SZERINT) [%]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38–0,45	≤ 0,4	0,6–0,9	≤ 0,025	≤ 0,035	0,9–1,2	0,15–0,3

TIPIKUS MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK

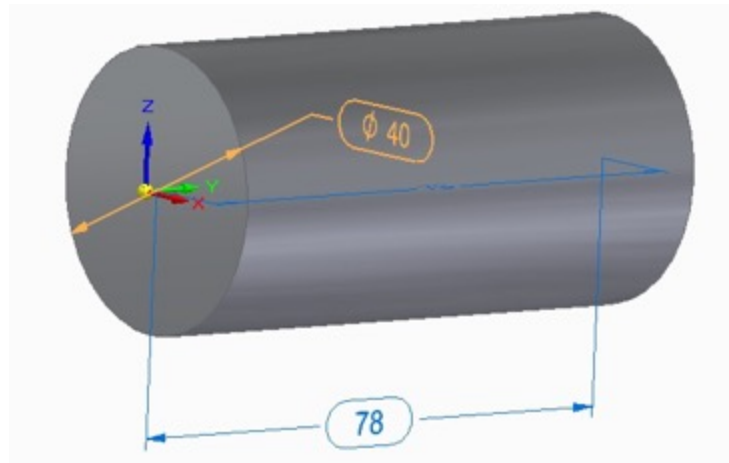
	Sűrűség (kg/dm ³)	Folyáshatár Rp0,2 (N/mm ²)	Szakítószilárdság Rm (N/mm ²)	Nyúlás A (%)
Minimum	7,83	550	1000	11
Maximum	7,83	800	1200	11

A csigakerék és csigatengely méreteiből adódóan lehetőség van az előgyártmányt külsős cégtől megrendelni. Ez meggyorsítja a munkadarabok megmunkálási folyamatát, mellyel sok időt lehet spórolni. A Thyssenkrupp csapatával egyeztettem a méretekkal kapcsolatban és a darabolási ráhagyások után, a szerszámgépeken lévő tokmányok méreteit szem előtt tartva, illetve a szükséges megfogási hossz kalkulálása után megállapítottam, hogy a méretek a következők legyenek:

Csigatengely: $\varnothing$ 40 mm, hossz: 78 mm (5.1. ábra),

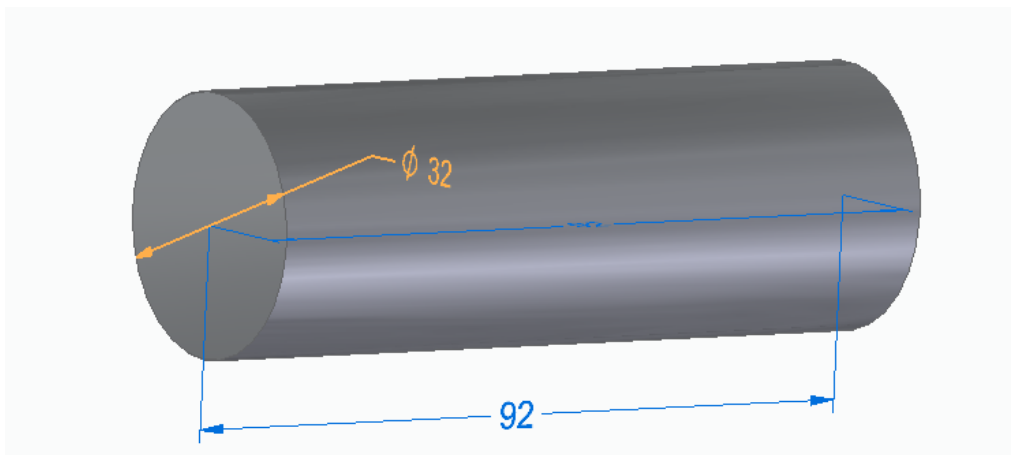
csigakerék: $\varnothing$ 32 mm, hossz: 92mm (5.2. ábra).

Anyag: 42CrMo4 melegen hengerelt köracél.



5.1. ábra Csigatengely méretei darabolás után

A csigatengely előgyártmányának műhelyrajza az 1. melléklet-ben tekinthető meg.



5.2. ábra Csigakerék méretei darabolás után

A csigakerék előgyártmányának műhelyrajza a 2. melléklet-ben tekinthető meg.

5.2. Gyártástechnológiai tervezés

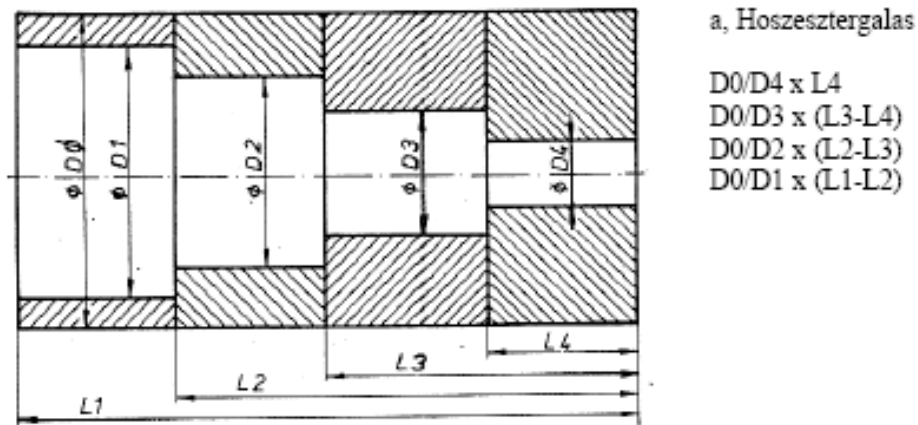
A gyártástechnológiai tervezést a műveleti sorrendnek megfelelően fogom részletezni, kidolgozni és bemutatni, melyek megtekinthetők a 3. és 4. melléklet-ben.

5.2.1. Esztergálás

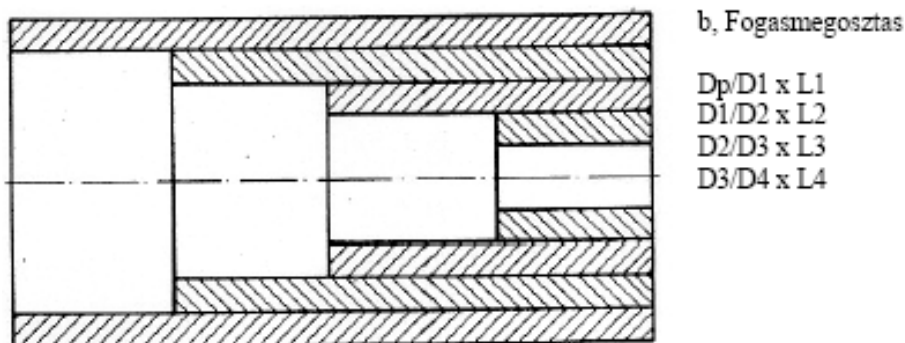
Csigatengely esztergálása

A példamegoldásoknál használt táblázatok a **Gépgyártástechnológia példatár és oktatási segédlet c. könyvből.**

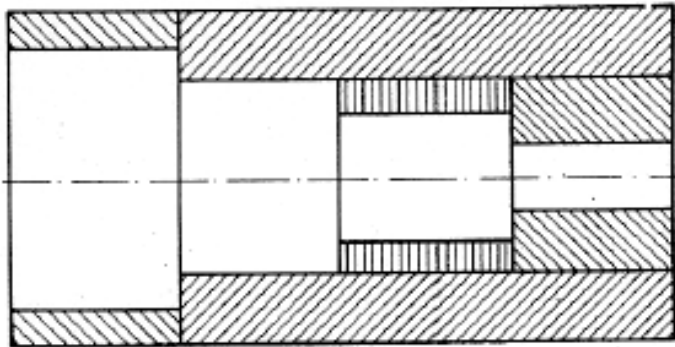
Az anyagleválasztási terv kialakításának módszerei nagyoló hosszesztergáláskor(5.3., 5.4., 5.5. ábra)



5.3. ábra Anyagleválasztás hosszesztergálással



5.4. ábra Anyagleválasztás fogásmegosztással (kiválasztott)



c, Hossz- és fogasmegosztas

D0/D2 x L2
D0/D1 x (L1-L2)
D2/D4 x L4
D2/D3 x (L3-L4)

5.5. ábra Anyagválasztás hossz-és fogasmegosztással

Esztergálás I.

A választott szerszámgép: Okuma LB4000EXII. CNC esztergagép

Fordulatszám határok: $5-4200 \text{ min}^{-1}$

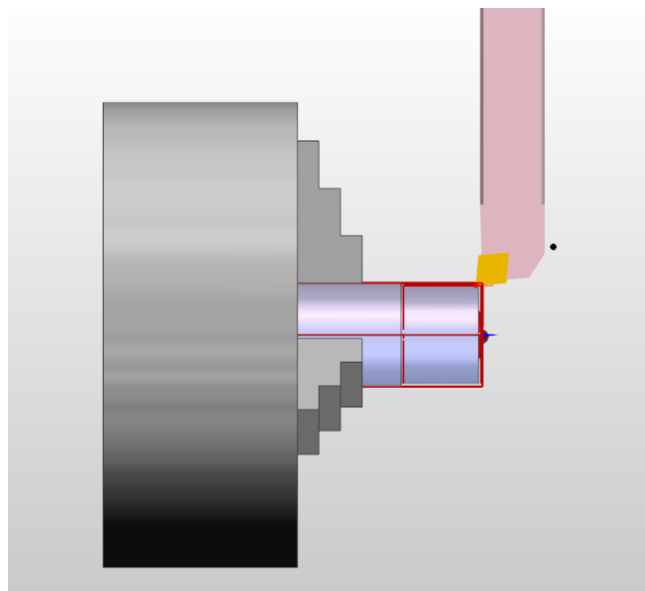
A munkadarab befogás módja: tokmányban

A tokmány maximális fordulatszám kapacitása: 3000 min^{-1}

Alapanyag: 42CrMo4

Bázis esztergálása ($\varnothing 38 \times 30 \text{ mm}$)(5.6. ábra)

A csigatengely bázis esztergálásának műveleti utasítása a 5. melléklet-ben tekinthető meg.



5.6. ábra Bázis felület esztergálása

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a = 0,5 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 2$

Az előtolás értéke: $f = 0,22 \frac{mm}{ford}$ (gépi)

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{m}{min} \text{ (94. tábl.)}, T = 150 \text{ min}, K_k = 0,81, K_{sz} = 1, K_m = 1, K_T = 1, K_h = 1, K_k = 0,8 \text{ (95 – 101. tábl.)}$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{40 \cdot \pi} = 515,66 \text{ min}^{-1},$$

(d: a kiinduló átmérő) a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámanyagot is figyelembe véve: $n_{g\acute{e}pi} = 560 \text{ min}^{-1}$ (189. tábl.)

általánosságban: amennyiben a szerszámanyag gyorsacél, akkor a kisebb fordulatszám a választandó, keményfémleapka esetében, választhatjuk a nagyobbat.

A megválasztott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 560}{1000} = 70,37 \frac{m}{min}$$

Oldalazás

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a = 0,5 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 3$

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

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{m}{min} (94. \text{ tábl.}), T = 150 \text{ min}, K_k = 0,81, K_{sz} = 1, K_m = 1, K_T = 1, K_h = 1, K_k = 0,8 (95 - 101. \text{ tábl.})$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{40 \cdot \pi} = 515,66 \text{ min}^{-1},$$

(d: a kiinduló átmérő) a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámanyagot is figyelembe véve:

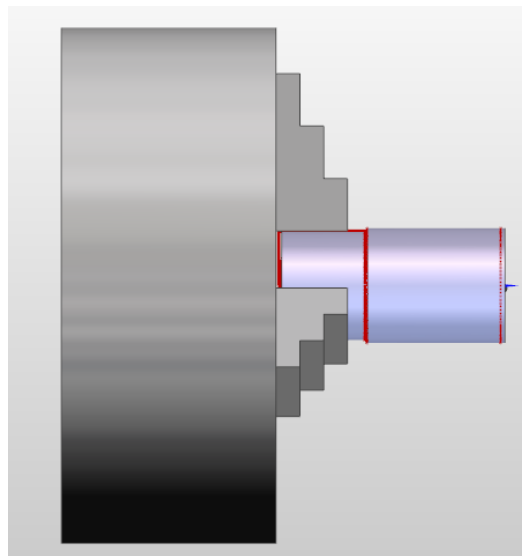
$$n_{gépi} = 560 \text{ min}^{-1} (189. \text{ tábl.})$$

általánosságban: amennyibe a szerszámanyag gyorsacél, akkor a kisebb fordulatszám a választandó, keményfémlapka esetében, választhatjuk a nagyobbat.

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 560}{1000} = 70,37 \frac{m}{min}$$

Miután elkészült a bázis felület és az oldalazás is, át kell fordítani a munkadarabot úgy, hogy a már elkészült bázis felületet fogjuk meg a tokmány 3 pofája közé (5.7. ábra)



5.7. ábra Bázis felület megfogása

Mivel a megmunkálási folyamatok CNC esztergagépen készülnek, ezért a fenti számolt paramétereket a gép automatikusan konvertálja, melyek megtekinthetők az 5.2-es táblázatban.

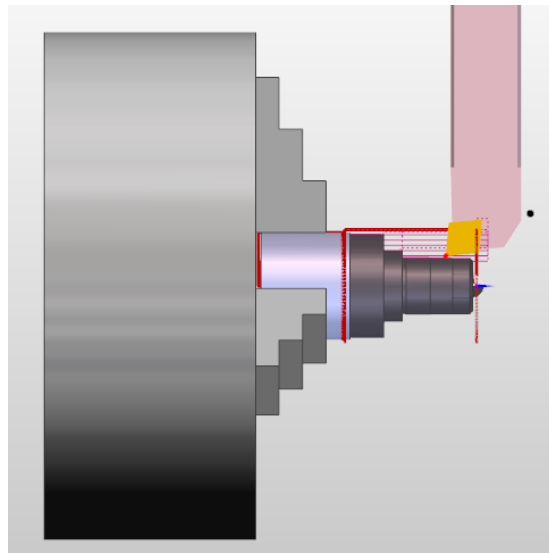
5.2. táblázat Bázis esztergálás gépi adatok

Művelet tagozódása	v m/min	n ford/perc	f mm/f	a	i
Bázis oldalazás	160	2000	0,22	0,5	2
Bázis palástonagyolás	160	2000	0,22	0,5	2

Palástonagyolás ($\varnothing 36,8 \times 44 \text{ mm}$) (5.8. ábra)

A csigatengely palástonagyolásának műveleti utasítása az 6. melléklet-ben található.

Az alkalmazott szerszám: Lapkás esztergakés CNMG120408PMG, CA 125p bevonat



5.8. ábra Palástonagyolás és szerszámpálya

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

A fogásmélység: $D = 40 \text{ mm}$ (kiinduló átmérő), $d = 36,8 \text{ mm}$ (megmunkált átmérő)

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{40 - 36,8}{2} = 1,6 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az $F_c = k_c \cdot f \cdot a$ összefüggés alapján, (a fajlagos forgácsoló erő:

$k_c = 1200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, 42CrMo4 alapanyag, $R_m = 550 - 800 \text{ Mpa}$) (94.tábl.):

$$f = \frac{F_c}{a \cdot k_c} = \frac{12000}{1,6 \cdot 1200} = 6,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{1,6}{6,25}$ viszony: 0,26:1

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 20:1 (103. tábl.),

tehát a fogást nem kell megosztani: $i = 1$, ezek alapján a fogásmélység:

$a = 0,8 \text{ mm}$, az ehhez tartozó ideális előtolás értéke:

$$f = \frac{0,8}{20} = 0,04 \frac{\text{mm}}{\text{ford}},$$

ez az érték, azonban nem szabványos! Ezért a 94. táblázat alapján: $f = 0,16 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$.

Az ideális előtolás alapján a megváltozott fajlagos forgácsoló erő értéke:

$$k_c = 3950 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (94. tábl.)}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{cv} = k_c \cdot f \cdot a = 3950 \cdot 0,16 \cdot 0,8 = 505,6 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ (94. tábl.)},$$

$$T = 150 \text{ min},$$

$$K_k = 0,81,$$

$$K_{sz} = 1,$$

$$K_m = 1,$$

$$K_T = 1,$$

$$K_h = 1,$$

$$K_k = 0,8 \text{ (95-101. tábl.)}$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{40 \cdot \pi} = 515,66 \text{ min}^{-1},$$

a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám $n_{g\acute{e}pi} = 560 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 560}{1000} = 70,37 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{cv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{505,6 \cdot 70,37}{60 \cdot 10^3} = 0,59 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,59}{0,8} = 0,74 \text{ kW}$$

ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka.

A választott Okuma LB4000EXII. típusú CNC esztergapadba beépített 22 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Esztergálás II. (simítás)

Az alkalmazott szerszám: PDJNL-2525-M15

lapka: DNMG 150408MP3WPP20S

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a=0,2\text{mm}$,

Az előtolás értéke az átlagos felületi érdesség (R_a) és az esztergakés csúcssugarának (r) figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$R_a = 3,2 \mu\text{m} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mm} , \text{ a csúcssugár: } r = 0,8 \text{ mm}, v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ (94. tábl.)}$$

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} = 0,18 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} ,$$

megfelel a 107. táblázat alapján

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ (94. tábl.)},$$

$$T = 150 \text{ min},$$

$$K_k = 0,81,$$

$$K_{sz} = 1,$$

$$K_m = 1,$$

$$K_T = 1,$$

$$K_h = 1,$$

$$K_k = 0,8 \text{ (95 – 101. tábl.)}$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{36,8 \cdot \pi} = 560,5 \text{ min}^{-1},$$

(d: a kiinduló átmérő) a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámanyagot is figyelembe véve: $n_{gépi} = 560 \text{ min}^{-1}$ (189. tábl.)

általánosságban: amennyibe a szerszámanyag gyorsacél, akkor a kisebb fordulatszám a választandó, keményfémlepként esetében, választhatjuk a nagyobbat.

A megváltozott forgácsoló sebesség:

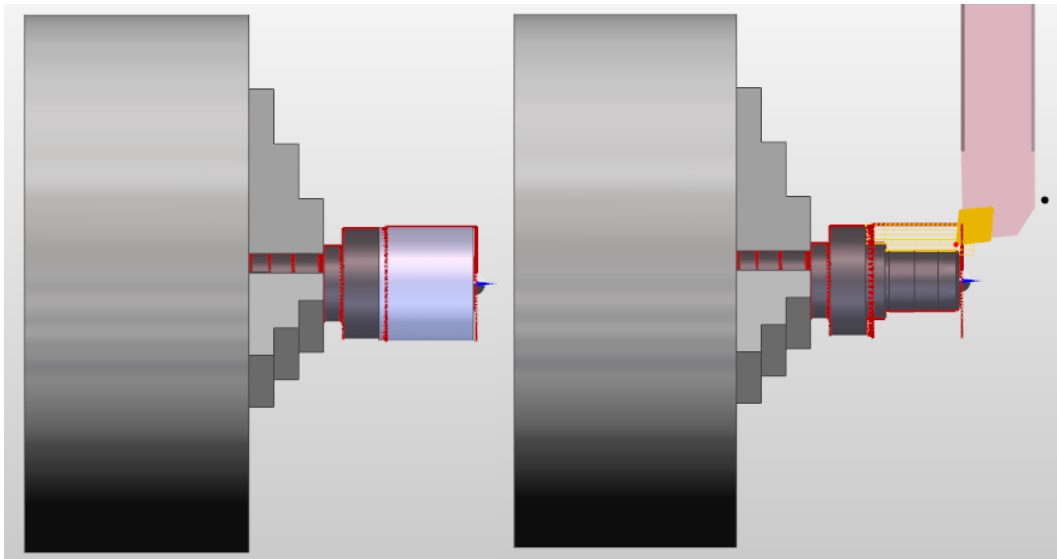
$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 560}{1000} = 70,37 \frac{m}{min}$$

Mivel a megmunkálási folyamatok CNC esztergagépen készülnek, ezért a fenti számolt paramétereket a gép automatikusan konvertálja, melyek megtalálhatók az 5.3-as táblázatban.

5.3. táblázat Palástnagyolás, simítás gépi adatai

Művelet tagozódása	v m/min	n ford/perc	f mm/f	a	i
Oldalazás méretre	160	2000	0,22	0,5	3
Palástnagyolás	160	2000	0,24	2	5
Simítás	200	2000	0,15	0,1	1

Mivel a munkadarab oldalai szimmetrikusak, ezért a palástnagyolás és simítás (5.10. ábra) után átfordított munkadarabra ugyan ezek a gépbeállítások alkalmasak mint az előzőekben felsorolt. Az átfordított darab felületi megfogását az 5.9-es ábra szemlélteti. Az átfordított darab palástnagyolásának műveleti utasításai az 7. melléklet-ben megtekinthető.



5.9. ábra Megmunkált rész megfogása

5.10. ábra Palástonagyolás és simítás átfordított darabon

A csigatengely műhelyrajza a 8. melléklet-ben található meg.

Csigakerék esztergálása

Az anyagleválasztás módszere azonos a csigatengelyre alkalmazott hosszesztergálással. (5.4. ábra)

Esztergálás I.

A választott szerszámgép: Okuma LB4000EXII. CNC esztergagép

fordulatszám határok: 5-4200 min⁻¹

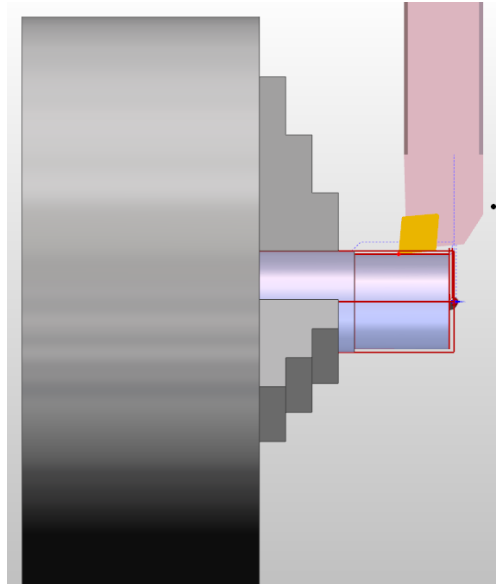
A munkadarab befogás módja: tokmányban

A tokmány maximális fordulatszám kapacitása: 3000 min⁻¹

Az alapanyag: 42CrMo4

Bázis esztergálása: ($\varnothing 30 \times 30 \text{ mm}$) (5.11. ábra)

A csigakerék bázis esztergálásának műveleti utasításai a 9. melléklet-ben található.



5.11. ábra Bázis esztergálása

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a = 0,5 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 2$

Az előtolás értéke: $f = 0,22 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$ (gépi)

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ (94. tábl.)},$$

$$T = 150 \text{ min},$$

$$K_k = 0,81,$$

$$K_{sz} = 1,$$

$$K_m = 1,$$

$$K_T = 1,$$

$$K_h = 1,$$

$$K_k = 0,8 \text{ (95 – 101. tábl.)}$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{32 \cdot \pi} = 644,58 \text{ min}^{-1},$$

(d: a kiinduló átmérő) a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámanyagot is figyelembe véve: $n_{gépi} = 710 \text{ min}^{-1}$ (189. tábl.)

általánosságban: amennyiben a szerszámanyag gyorsacél, akkor a kisebb fordulatszám a választandó, keményfémlemez esetében, választhatjuk a nagyobbat.

A megválasztott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{32 \cdot \pi \cdot 710}{1000} = 71,38 \frac{m}{min}$$

Oldalazás

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a = 0,5 \text{ mm}$

A fogások száma: $i = 3$

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

Az alkalmazott szerszám: Homlokélű lapkás esztergákész: CNMG120408PMG

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{m}{min} \text{ (94. tábl.)},$$

$$T = 150 \text{ min},$$

$$K_k = 0,81,$$

$$K_{sz} = 1,$$

$$K_m = 1,$$

$$K_T = 1,$$

$$K_h = 1,$$

$$K_k = 0,8 \text{ (95 – 101. tábl.)}$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{32 \cdot \pi} = 644,58 \text{ min}^{-1},$$

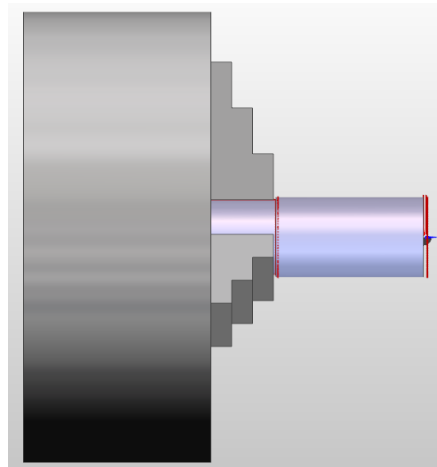
(d: a kiinduló átmérő) a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámanyagot is figyelembe véve: $n_{gépi} = 710 \text{ min}^{-1}$ (189. tábl.)

általánosságban: amennyibe a szerszámanyag gyorsacél, akkor a kisebb fordulatszám a választandó, keményfémlapka esetében, választhatjuk a nagyobbat.

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{32 \cdot \pi \cdot 710}{1000} = 71,38 \frac{m}{min}$$

Miután elkészült a bázis felület és az oldalazás is, át kell fordítani a munkadarabot úgy, hogy a már elkészült bázis felületet (5.13. ábra) fogjuk meg a tokmány 3 pofája közé.



5.13. ábra Bázis megfogása

Mivel a megmunkálási folyamatok CNC esztergagépen készülnek, ezért a fenti számolt paramétereket a gép automatikusan konvertálja, melyek az 5.4-es táblázatban megtekinthetők.

5.4. táblázat Bázis esztergálás gépi adatai

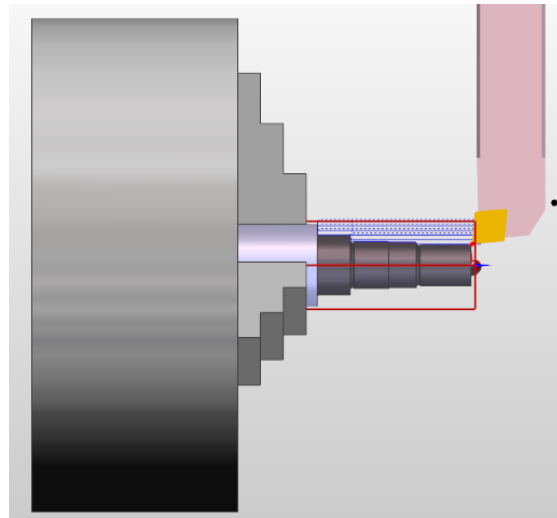
Művelet tagozódása	v m/min	n ford/perc	f mm/f	a	i
Bázis oldalazás	160	2000	0,22	0,5	2

Bázis palástnagyolás	160	2000	0,22	0,5	2
-------------------------	-----	------	------	-----	---

Palástnagyolás (Ø22 x 56 mm) (5.14. ábra)

A csigakerék palástnagyolásának műveleti utasítása a 10. melléklet-ben található.

Az alkalmazott szerszám: Lapkás esztergakés CNMG120408PMG, CA 125p bevonat



5.14. ábra Palástnagyolás és szerszám pálya

A forgácskeresztmetszet meghatározása:

A fogásmélység: $D = 32\text{ mm}$ (kiinduló átmérő), $d = 28,8$ (megmunkált átmérő)

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{32 - 28,8}{2} = 1,6 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az

$$F_c = k_c \cdot f \cdot a$$

összefüggés alapján, (a fajlagos forgácsoló erő:

$k_c = 1200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, 42CrMo4 alapanyag, $R_m = 550 - 800 \text{ Mpa}$) (94.tábl.):

$$f = \frac{F_c}{a \cdot k_c} = \frac{12000}{1,6 \cdot 1200} = 6,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az $\frac{a}{f} = \frac{1,6}{6,25}$ viszony: 0,26:1

Az ideális $\frac{a}{f}$ viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 20:1 (103. tábl.),

tehát a fogást nem kell megosztani: $i = 1$, ezek alapján a fogásmélység:

$a = 0,3 \text{ mm}$, az ehhez tartozó ideális előtolás értéke:

$$f = \frac{0,8}{20} = 0,04 \frac{mm}{ford},$$

ez az érték, azonban nem szabványos! Ezért a 94. táblázat alapján: $f = 0,16 \frac{mm}{ford}$. Az ideális előtolás alapján a megváltozott fajlagos forgácsoló erő értéke: $k_c = 3950 \frac{N}{mm^2}$ (94. tábl.)

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{cv} = k_c \cdot f \cdot a = 3950 \cdot 0,16 \cdot 0,8 = 505,6 N$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{m}{min} \text{ (94. tábl.)},$$

$$T = 150 min,$$

$$K_k = 0,81,$$

$$K_{sz} = 1,$$

$$K_m = 1,$$

$$K_T = 1,$$

$$K_h = 1,$$

$$K_k = 0,8 \text{ (95-101. tábl.)}$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{32 \cdot \pi} = 644,58 min^{-1},$$

a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám $n_{gépi} = 710 min^{-1}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{32 \cdot \pi \cdot 710}{1000} = 71,38 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{cv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{505,6 \cdot 71,38}{60 \cdot 10^3} = 0,6 kW$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény meghatározása:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75 \text{ kW}$$

ahol $\eta = 0,8$ a szerszámgép hatásfoka.

A választott Okuma LB4000EXII. típusú CNC esztergapadba beépített 22 kW-os villanymotor ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Esztergálás II. (simítás)

Az alkalmazott szerszám: PDJNL-2525-M15

lapka: DNMG 150408MP3WPP20S

A fogásmélység a ráhagyás alapján: $a=0,2\text{mm}$,

Az előtolás értéke az átlagos felületi érdesség (R_a) és az esztergakés csúcssugarának (r) figyelembevételével kell meghatározni a következő összefüggés alapján:

$$R_a = 3,2 \mu\text{m} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mm} ,$$

$$\text{a csúcssugár: } r = 0,8 \text{ mm},$$

$$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ (94. tábl.)}$$

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,8 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} = 0,18 \frac{\text{mm}}{\text{ford}},$$

megfelel a 107. táblázat alapján

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

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

ahol:

$$v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ (94. tábl.)},$$

$$T = 150 \text{ min},$$

$$K_k = 0,81,$$

$$K_{sz} = 1,$$

$$K_m = 1,$$

$$K_T = 1,$$

$$K_h = 1,$$

$$K_k = 0,8 \text{ (95 – 101. tábl.)}$$

Behelyettesítve:

$$v_c = 100 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64,8 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 64,8}{32 \cdot \pi} = 644,58 \text{ min}^{-1},$$

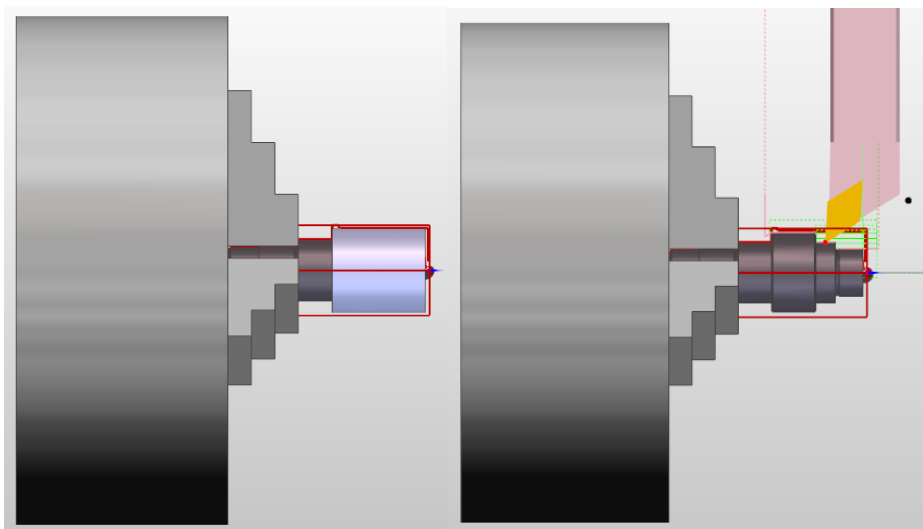
(d: a kiinduló átmérő) a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám a szerszámanyagot is figyelembe véve: $n_{gépi} = 710 \text{ min}^{-1}$ (189. tábl.)

általánosságban: amennyibe a szerszámanyag gyorsacél, akkor a kisebb fordulatszám a választandó, keményfémlemez esetében, választhatjuk a nagyobbat.

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{d \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{32 \cdot \pi \cdot 710}{1000} = 71,38 \frac{m}{min}$$

A munkadarab átfordítása után nem változik semmi a megmunkálási folyamatok alatt alkalmazott gépbeállításokon. A munkadarab megfogását az 5.15-ös ábra szemlélteti, az 5.16-os ábra pedig bemutatja a munkadarabon elvégzendő palástnagyolási és simítási forgácsolásokat. A csigakerék átfordított oldalán elvégzett palástnagyolásról szóló műveleti utasítás a 11. melléklet-ben tekinthető meg.



5.15. ábra Megmunkált rész megfogása

5.16. ábra Munkadarab másik oldalának megmunkálása

Mivel a megmunkálási folyamatok CNC esztergagépen készülnek, ezért a fenti számolt paramétereket a gép automatikusan konvertálja, melyeket az 5.5-ös táblázat szemléltet.

5.5. táblázat Palástnagyolás, simítás gépi adatai

Művelet tagozódása	v m/min	n ford/perc	f mm/f	a mm	i
Oldalazás méretre	160	2000	0,22	0,5	3
Palástnagyolás	160	2000	0,24	2	5
Simítás	200	2000	0,15	0,1	1

A csigakerék műhelyrajza a 12. melléklet-ben található meg.

5.2.2. Központfúrás

A választott szerszámgép: Okuma LB4000EXII. CNC esztergagép

fordulatszám határok: 5-4200 min⁻¹

A munkadarab befogás módja: tokmányban

A tokmány maximális fordulatszám kapacitása: 3000 min⁻¹

Az alapanyag: 42CrMo4

Szerszám: Garant 111105_4, A 2,5 központfűrő

A csigatengelyen és csigakeréken található központfúratokhoz tartozó számítási képletek a következők:

Fordulatszám:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_c \cdot \pi} = \frac{8,64 \cdot 1000}{2,5 \cdot \pi} = 1100 [\text{min}^{-1}]$$

Forgácsolási sebesség:

$$v_c = \frac{D_c \cdot \pi \cdot n}{1000} = \frac{2,5 \cdot \pi \cdot 1100}{1000} = 8,64 [m/min]$$

Fordulatonkénti előtolás:

$$f = f_z \cdot z = 0,018 \cdot 2 = 0,036 [mm]$$

Előtolási sebesség:

$$v_f = f \cdot n = 0,036 \cdot 1100 = 40 [mm/min]$$

Leválasztott anyagmennyiség (telibefúrás):

$$Q = \frac{v_f \cdot \pi \cdot D_c^2}{4 \cdot 1000} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 2,5^2}{4 \cdot 1000} = 0,2 [cm^3/min]$$

Teljesítményigény:

$$P_{mot} = \frac{Q \cdot k_c}{60000 \cdot \eta} = \frac{0,2 \cdot 6648}{60000 \cdot 0,7} = 0,03[kW]$$

Nyomaték:

$$M_C = \frac{D_C^2 \cdot k_c \cdot f}{8000} = \frac{P_c \cdot 9500}{n} = \frac{0,03 \cdot 9500}{1100} = 0,26[Nm]$$

Előtoló erő:

$$F_f = 0,63 \cdot \frac{f \cdot D_C \cdot k_c}{2} = 0,63 \cdot \frac{0,036 \cdot 2,5 \cdot 6648}{2} = 188,5[N]$$

Fajlagos forgácsoló erő:

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} = \frac{2500}{0,02^{0,25}} = 6648$$

Forgácsvastagság:

$$h = f_z \cdot \sin \kappa = 0,018 \cdot \sin 60^\circ = 0,02[mm]$$

5.2.3. Menetvágó ciklus

A választott szerszámgép: Okuma LB4000EXII. CNC esztergagép

fordulatszám határok: 5-4200 min⁻¹

A munkadarab befogás módja: patronban

A tokmány maximális fordulatszám kapacitása: 3000 min⁻¹

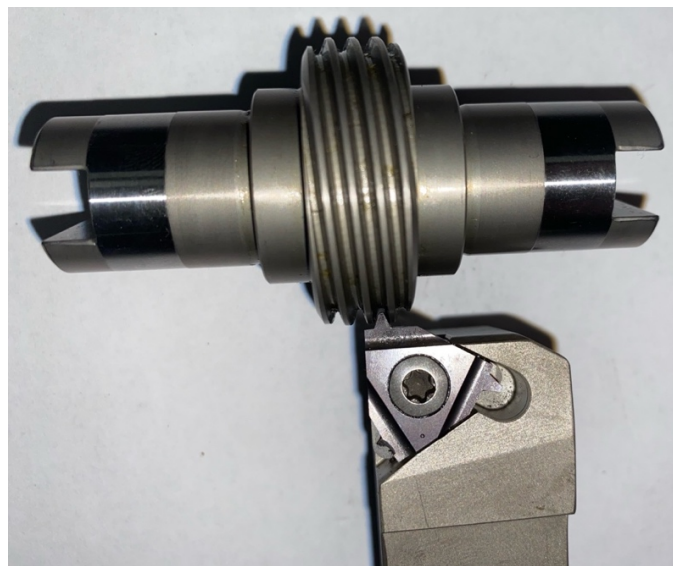
Az alapanyag: 42CrMo4

Szerszám: Egyedi keményfém lapka (5.17. ábra)

A keményfém lapka a csiga profiljának megfelelően van kiszikráztatási eljárással elkészítve huzalszikrán (5.18. ábra).



5.17. ábra Egyedi keményfémlelapka



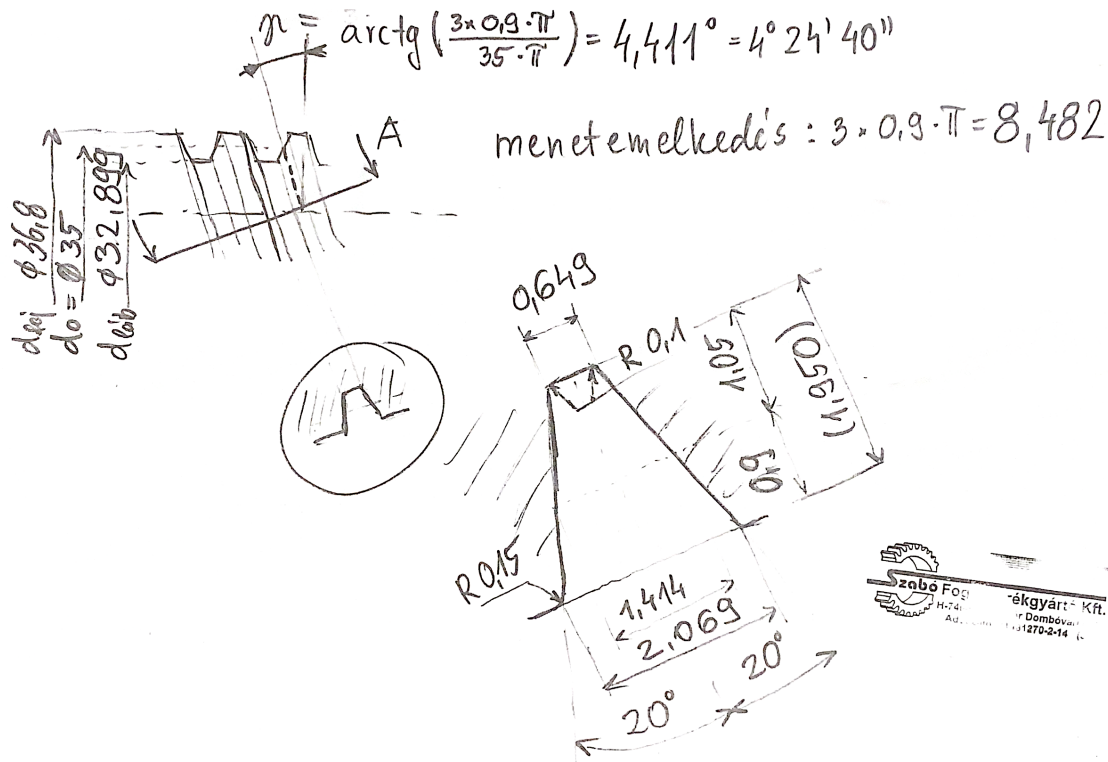
5.18. ábra Azonos csiga és lapka profil

A menetvágási ciklus kiválasztása után a gép automatikusan konvertálja az 5.6. táblázatban található adatokat.

5.6. táblázat Menetvágó ciklus gépi adatai

Művelet tagozódása	v m/min	n ford/perc	f mm/f	a mm	i
Menetvágás	60	1000	0,22	0,05	39
Simítás	60	1000	0,15	0,01	1

A menetvágáshoz szükséges számításaimat és rajzokat a könnyebb szemléltetés érdekében papír alapon részletezem (5.19. ábra).



5.19. ábra Menetvágáshoz szükséges dokumentációk

5.2.4. Marás

Csigatengely marása

Marás I. (horony marás)

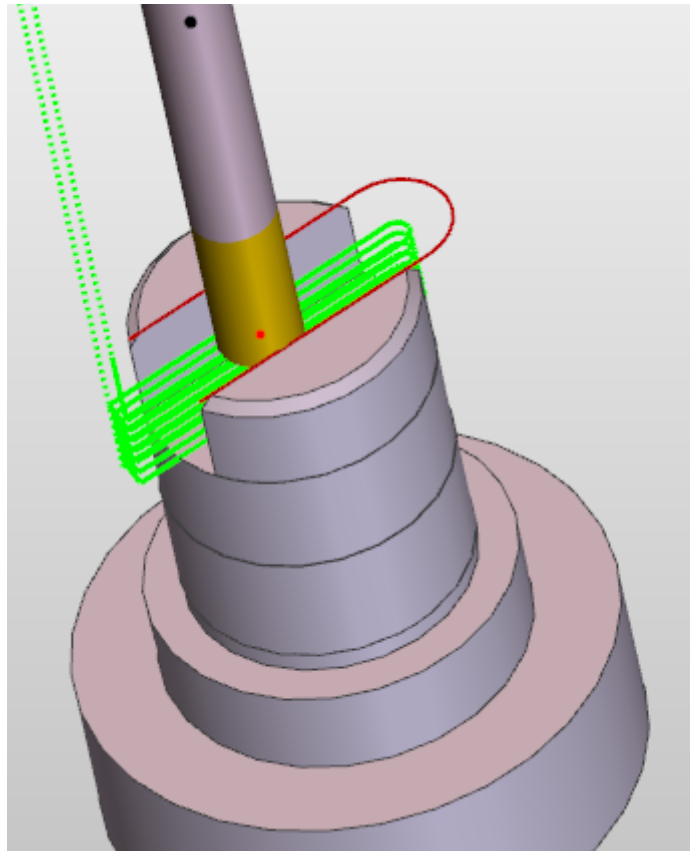
A választott szerszámgép: YCM MNV 106A

A beállítható fordulatszámok határai: $n = 44 - 12000 \text{ min}^{-1}$

A munkadarab befogása: patronos készülékbefogó

A választott szerszám: HS 18 01 6 MSZ 3873

A szerszámpályát a megmunkálás folyamán az 5.20-as ábra szemlélteti.



5.20. ábra Szerszámpálya

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot \left(\frac{D}{b}\right)^z \cdot K_k \cdot K_a \cdot K_{sz} \left[\frac{m}{min}\right]$$

ahol:

$$v_0 = 16 \frac{m}{min} \text{ (151. tábl., származó: 1 mm-es fogásmélység),}$$

$$T = 300 \text{ min,}$$

$$K_k = 0,77, \text{ (148. tábl.),}$$

$$K_a = 0,38 \text{ (154. tábl, Krómmolibdén-acél és R_m alapján),}$$

$$K_{sz} = 1,0 \text{ (155. tábl.),}$$

$$z = 4,$$

$$b = 8 \text{ mm (a horony szélessége),}$$

$$D=6\text{mm (a szerszám átmérője),}$$

Behelyettesítés után:

$$v_c = 16 \cdot \left(\frac{6}{8}\right)^4 \cdot 0,77 \cdot 0,38 \cdot 1 = 1,48 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 1,48}{6 \cdot \pi} = 774,93 \text{ min}^{-1},$$

a gépen a hozzá legközelebb álló beállítható fordulatszám: $n_{gépi} = 750 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsoló sebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 750}{1000} = 14,14 \frac{m}{min}$$

Az asztal előtolása:

$$s = f_z \cdot n_{gépi} \cdot z = 0,03 \cdot 750 \cdot 4 = 90 \frac{mm}{min},$$

a fogankénti előtolás (150. tábl.) fogásmélység 1 mm, szerszám átmérő 6 mm

a gépen a beállítható asztalelőtolás: $s_{be} = 80 \frac{mm}{min}$

Az időegység alatt leválasztott forgácsköbtartalom nagysága:

$$V_t = A_f \cdot v_f = B \cdot h \cdot s_{be} = 0,008m \cdot 0,007m \cdot 8 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s} = 4,48 \cdot 10^{-7},$$

ahol **B** a marás szélessége (8 mm), **h** a horony mélysége (7 mm).

A szükséges teljesítmény:

$$P_v = k_c \cdot V_t = 2,5 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2} \cdot 4,48 \cdot 10^{-7} \frac{m^3}{s} = 1120 \text{ W}$$

5.2.5. Lefejtő marás

Csigakerék lefejtő marása hagyományos gépen

Mivel az általános fogaskerekekre alkalmazott számítások használhatók a Pfauter lefejtő marás során is, ezért csak a gépen beállítható adatokat, illetve a szerszám tulajdonságait részletezem.

A választott szerszámgép: PFAUTER 403 (1979)

A beállítható fordulatszámok határai: $n = 71 - 400 \text{ min}^{-1}$

A választott marószerszám modulja: m 0,9

Átmérő: Ø 73,6

A maró szöge $1^\circ 10'$

Maró fordulatszáma: 200 [1/min]

A szerszám radiális előtolása: 0,1 – 0,6 mm/ford

A szerszám axiális eltolása: 0,4 – 2,4 mm/ford

A szerszám tangenciális előtolása: 0,18 – 1 mm/ford

Munkadarab radiális előtolás: 0,2 mm/ford

5.2.6. Hőkezelés

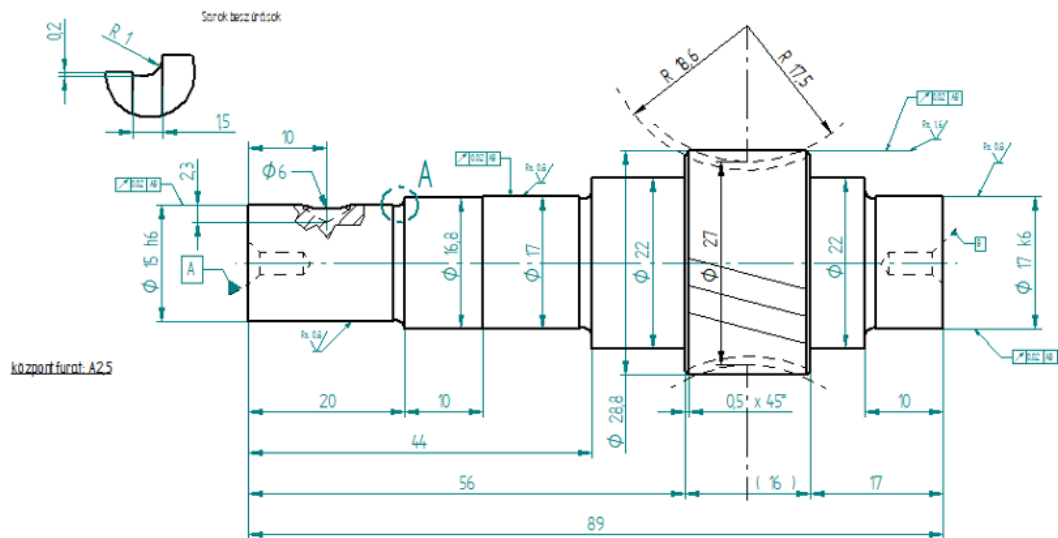
A hőkezelési eljárásokat az alábbi műveleti utasításlapokon ismertetném:

MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS Hőkezelésre		Lapszám: 1				
Rajzszám: 1		Munkadarab megnevezése: Csigatengely		Művelet száma: 4				
Anyag: 42CrMo4	Nyersméret: Ø36,8 x 75 mm	Művelet megnevezése: Nitridálás		Műveleti ut. száma: 1				
Vázlat: BÖHLER nitridáló kemence: NITREX								
Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
1.	Felpakolás		Szállítószalag					
2.	Nitridálás		Gáznitridáló kemence					
	Wickers keménység ellenőrzés		Qness Q10M					
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Bán Balázs		2024. 10. 29.	Petheő József	2024. 10. 29.	norm. i.	pótídő	norm. i.	pótídő
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus: Nitrex	gép l.sz
					Hőkezelő műhely	Hőkezelő csoport	norm.	a
							szükség szerinti változat	b
Kapja: péld. oszt:								c
								d

5.21. ábra Csigatengely hőkezelése

MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Főiskolai Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS Hőkezelésre		Lapszám: 1
Rajzsorszám: 2		Munkadarab megnevezése: Csigakerék		Művelet száma: 4
Anyag: 42CrMo4	Nyersméret: Ø28,8 x 89 mm	Művelet megnevezése: Nitridálás		Műveleti ut. száma: 1

Vázlat: BÖHLER nitridáló kemence: NITREX



Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék			v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
1.	Felpakolás		Szállítószalag							
2.	Nitridálás		Gáznitridáló kemence							
	Wickers keménység ellenőrzés		QNess Q10M							
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:		Elkészülési idő:		Érv.darabszámra:	
Bán Balázs		2024.10.28.	Petheő József	2024.10.28.	norm. i.	pótidő	norm. i.	pótidő	-tól	-ig
Javítások										
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely: Hőkezelő műhely	Csoport: Hőkezelő csoport	Géptípus: Nitrex			gép l.sz
							norm.	a		
							szükség szerinti változat	b		
								c		
Kapja: péld. oszt:							d			

5.22. ábra Csigakerék hőkezelése

5.2.7. Kőszőrülés

A választott szerszámgép: Kellenberger 100

A választott szerszám: sima alakú Tyrolit kőszőrűkő 500 x 50 x 203,2/ CS33A 120HH 6 V01A

A kőszőrűkő fordulatszáma: $n = 2400 \text{ min}^{-1}$

A munkadarab kerületi sebességének alapértéke: $v_{t0} = 15 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ (160.tábl. sima korong esetén)

A forgácsolási paraméterek meghatározása nagyoláskor:

Az előtolás meghatározása (munkadarab):

$$f = \left(\frac{f}{B}\right) \cdot B = 0,5 \cdot 63 = 31,5 \text{ mm}$$

fogásmélység: $a_p = 0,02 \text{ mm}$ (nagyoláskor) (175.tábl.-átmérő függvényében)

$\left(\frac{f}{B}\right)$: az előtolás és a kőszélesség hányadosa

A munkadarab kerületi sebességének meghatározása:

$$v_w = v_{t0} \cdot k_d \cdot k_f \cdot k_a \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

k_d : a korongátmérőtől függő tényező $k_d = 0,7$,

k_f : előtolás/kőszélesség hányadosától függő tényező $k_f = 1$,

k_a : fogásmélységtől függő tényező $k_a = 0,55$. (164,165,166,.tábl.)

Behelyettesítés után:

$$v_w = v_{t0} \cdot k_d \cdot k_f \cdot k_a = \frac{15 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,55}{60} = 0,09625 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5,775 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A másodpercenként leválasztott anyagterfogat meghatározása:

$$V = a \cdot f \cdot v_t = 0,02 \cdot 31,5 \cdot \frac{5,775}{60} \cdot 10^3 = 0,0606 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

A forgácsolás teljesítmény szükséglete:

$$P_c = \frac{k_c \cdot V}{10^3} = \frac{4 \cdot 10^4 \cdot 0,0606}{1000} = 2,42 \text{ kW}.$$

A fajlagos forgácsoló erő nagyoláskor

$$k_c = 4 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A munkadarab fordulatszáma:

$$n_w = \frac{10^3 \cdot 60 \cdot v_w}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 0,09625}{36,8 \cdot \pi} = 49,95 \text{ min}^{-1}$$

ahol D a munkadarab átmérője mm-ben

A köszörűkorong kerületi sebessége:

$$v_{kő} = D_{kő} \cdot \pi \cdot n_{kő} = 350 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 2400 = 2638,94 \frac{m}{min}$$

A kerületi erő nagysága:

$$F_{ker} = \frac{P_c}{v_{kő}} = \frac{2424 \cdot 60}{2638,94} = 55,11 \text{ N}$$

Forgácsoló erő meghatározása:

$$F_c = k_c \cdot f \cdot a \cdot \frac{n_w}{n_{kő}} = 4 \cdot 10^4 \cdot 31,5 \cdot 0,02 \cdot \frac{49,95}{2400} = 524,48 \text{ N}$$

A ráhagyás mértéke: 0,24 mm, ebből nagyoláskor $\frac{2}{3}$ részt munkálunk le, azaz 0,16 mm-t kell

az átmérőnél lemunkálni, tehát egy felületen 0,08 mm-t.

A nagyoló fogások száma:

$$i_n = \frac{0,16}{0,02} = 8$$

A forgácsolási paraméterek meghatározása simításkor:

Az előtolás meghatározása (munkadarab):

$$f = \left(\frac{f}{B}\right) \cdot B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ mm}$$

fogásmélység: 0,005 - 0,010 mm (simításkor), a választott fogásmélység-érték: 0,008 mm.

$\left(\frac{f}{B}\right)$: az előtolás és a köszélesség hányadosa 174.tábl. alapján: 0,3.

A munkadarab kerületi sebességének alapértéke: 15 – 25 m/min.

A választott sebesség-érték: 20 m/min.

A munkadarab kerületi sebességének meghatározása:

$$v_w = 0,325 \frac{m}{s} = 19,5 \frac{m}{min}$$

(a táblázatban a megadott irányértékek 0,25 – 0,4 m/s között van, a gépészti gyakorlatban a középértékekkel számolok tovább)

A másodpercenként leválasztott anyagterfogat meghatározása:

$$V = a \cdot f \cdot v_t = 0,008 \cdot 10^{-1} \cdot 18,9 \cdot 10^{-1} \cdot 0,325 \cdot 10^2 = 0,049 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

A forgácsolás teljesítmény szükséglete:

$$P_c = \frac{k_c \cdot V}{10^3} = \frac{9 \cdot 10^4 \cdot 0,049}{1000} = 4,42 \text{ kW}$$

A fajlagos forgácsoló erő simításkor

$$k_c = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A munkadarab fordulatszáma:

$$n_w = \frac{10^3 \cdot 60 \cdot v_w}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 0,09625}{36,64 \cdot \pi} = 50,17 \text{ min}^{-1}$$

ahol D a munkadarab átmérője mm-ben: $36,8 - (8 \cdot 0,02) = 36,64 \text{ mm}$

A köszörűkorong kerületi sebessége:

$$v_{kő} = D_{kő} \cdot \pi \cdot n_{kő} = 350 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 2400 = 2638,94 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A kerületi erő nagysága:

$$F_{ker} = \frac{P_c}{v_{kő}} = \frac{4420 \cdot 60}{2638,94} = 100,49 \text{ N}$$

Forgácsoló erő meghatározása:

$$F_c = k_c \cdot f \cdot a \cdot \frac{n_w}{n_{kő}} = 9 \cdot 10^4 \cdot 18,9 \cdot 0,008 \cdot \frac{50,17}{2400} = 284,46 \text{ N}$$

A simító fogások száma:

$$i_s = \frac{0,14 - (4 \cdot 0,02)}{0,008} \cong 8$$

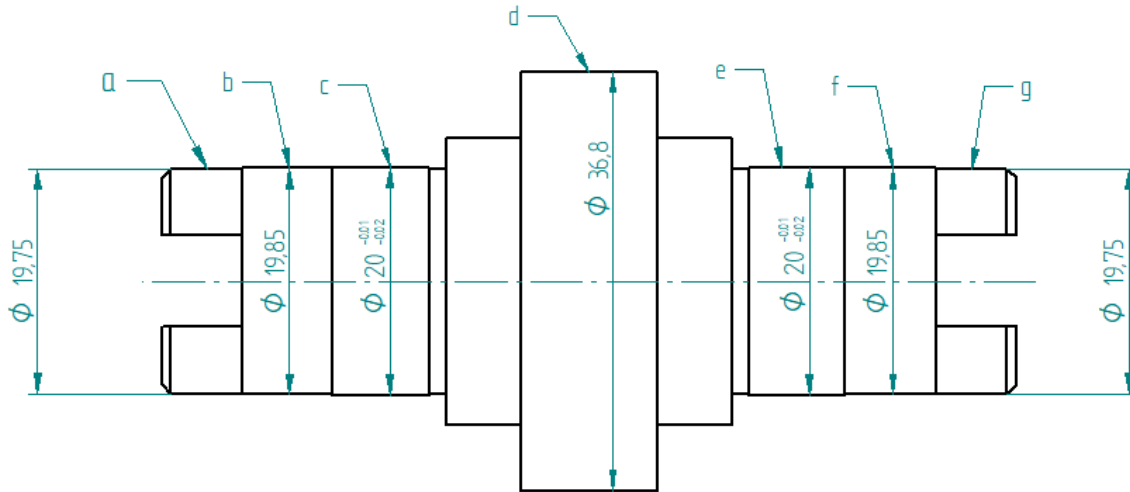
A ráhagyás mértéke: 0,24 mm, ebből nagyoláskor $\frac{1}{3}$ részt munkálunk le, azaz 0,08 mm-t, tehát egy felületen 0,04 mm-t. A középmeret 36,8 mm.

A kiszikráztató fogások száma: $i_x = 6$.

Mivel a megmunkálási folyamatok CNC köszörűgépen készülnek, ezért a fenti számolt paramétereket a gép automatikusan konvertálja, a munkadarabok megfogása két csúc között történik.

Csigatengely köszörülésének gépi adatai

A csigatengelyen köszörülendő felületeket (a, b, c, d, e, f, g) az 5.23-as ábra szemlélteti.



5.23. ábra Köszörülési felületek

Ø 36,8

5.7. táblázat Csigatengely 36,8 mm-es átmérőjének köszörülési adatai

Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0087	259	63
Simítás	0,0037	212	63

Ø 19,75

5.8. táblázat Csigatengely 19,75 mm-es átmérőjének köszörülési adatai

Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0097	483	63
Simítás	0,0042	395	63

Ø19,85

5.9. táblázat Csigatengely 19,85 mm-es átmérőjének köszörülési adatai

Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0097	480	63
Simítás	0,0042	393	63

^{-0,01} Ø20^{-0,02}

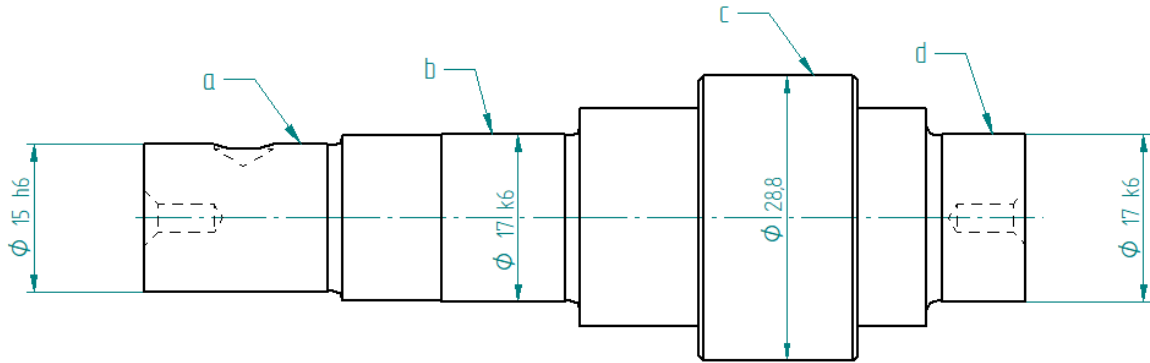
5.10. táblázat Csigatengely Ø20^{-0,01}_{-0,02} mm-es átmérőjének köszörülési adatai

Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0096	477	63
Simítás	0,0041	390	63

Mivel a csigatengely oldalai szimmetrikusak, ezért a munkadarab csúcsok közti átfordítása után ugyan ezekkel az adatokkal lett elvégezve a köszörülési folyamat, csak akkor már ki lett véve a programból az Ø 36,8-as felület.

Csigakerék köszörülésének gépi adatai

A csigakeréken köszörülendő felületeket (a, b, c, d) az 5.24-es ábra szemlélteti.



5.24. ábra Köszörülési felületek

$\phi 28,8$

5.11. táblázat Csigakerék 28,8 mm-es átmérőjének köszörülési adatai

Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0098	331	63
Simítás	0,0042	271	63

$\phi 17\text{k6}$

5.12. táblázat Csigakerék 17k6 mm-es átmérőjének köszörülési adatai

Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0088	561	63
Simítás	0,0038	459	63

Munkadarab átfordítása két csúcs között.

Ø17k6

5.13. táblázat Csigakerék 17k6 mm-es átmérőjének köszörülési adatai

Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0088	561	63
Simítás	0,0038	459	63

Ø15h6

5.14. táblázat Csigakerék 15h6 mm-es átmérőjének köszörülési adatai

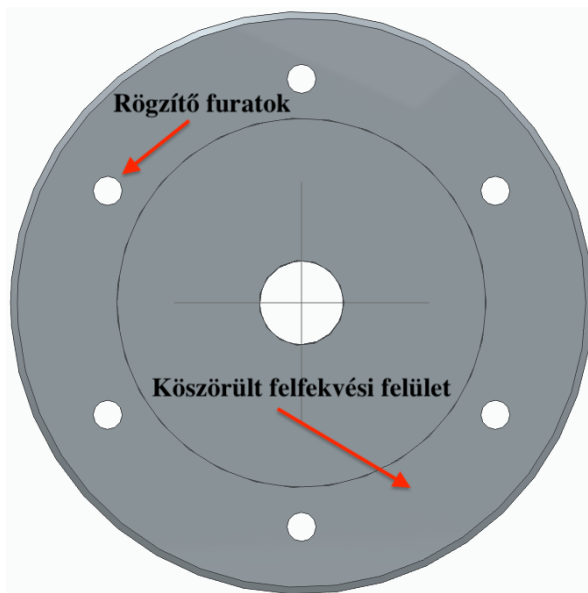
Művelet tagozódása	Fogásvételi sebesség mm/s	Munkadarab fordulatszám 1/min	Maximum vágósebesség m/s
Nagyolás	0,0075	636	63
Simítás	0,0032	520	63

5.3. Készüléktervezés

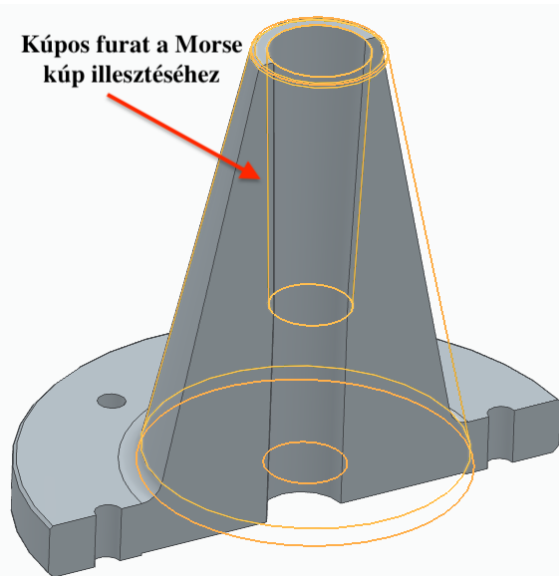
A sorozatgyártás idejének csökkentése érdekében tervezek egy megfelelő befogó készüléket. Mivel a csigatengely egy Morse kúpos patronban van megfogva a marási fázis ideje alatt, ezért megoldást kellett találni, hogy a patron megfelelően legyen rögzítve a CNC marógép asztalához. Erre alkalmas lehet egy olyan készülék, melybe tökéletes kúpossággal megszorul a Morse kúp, ezáltal egy biztonságos megmunkálást tudunk létrehozni.

Az anyag kiválasztás a legelső lépésfok a tervezés során, mely megalapozza a készülék iránti elvárásokat. Az előgyártmány a hajtómű elemeihez hasonlóan 42CrMo4 szerszámacélból lesz.

A 6db Ø13-as rögzítő furatok 200 mm-es osztóköron helyezkednek el, egymáshoz képest 60°-os szögeltolásban (5.3.1. ábra). A készüléket egyszerűen tudjuk rögzíteni a furatoknak köszönhetően az YCMMNV106A típusú CNC marógépen. A rögzítés folyamán az érintkező felületek (marógép asztala-készülék) kapcsolata miatt ajánlott egy köszörülési eljárás a kisebb felületi érdesség érdekében. Az MS5 szabványos Morse kúpot sajtolással csatlakoztatjuk a készülékbe, ahol az illesztés H7/n6. A készülék kúpossága (5.3.2. ábra) nagyon jól központosítja a Morse kúpot és ezáltal a munkadarabot is. A készülék műhelyrajza a 13. melléklet-ben tekinthető meg.



5.3.1. ábra. Készülék alap

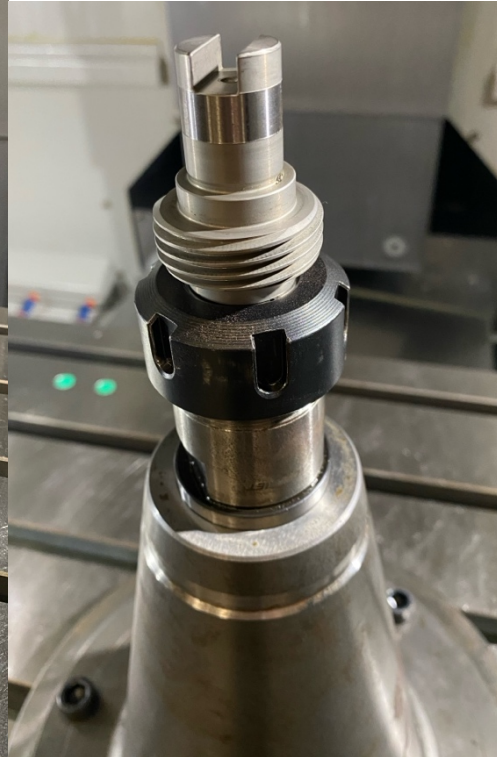


5.3.2. ábra A készülék kúpossága

A készülék felhelyezése (5.3.3. ábra) és pozicionálása a marógép asztalára úgy történik, hogy a talpon található 6 db furatból 4 db az asztal hornyaival síkban legyen. Ezzel a rögzítéssel kellő stabilitást tudunk elérni úgy, hogy a megmunkálás során ne történjen elmozdulás (5.3.4. ábra)



5.3.3. ábra A készülék rögzítése



5.3.4. ábra Készülék, Morse kúp, patron, csigatengely

Ez után a 4 db T anyát (5.3.5. ábra) az asztal oldaláról becsúsztatjuk a készülék alá, majd az M12-es rögzítőcsavarok (5.3.6. ábra) segítségével a készülék talpán keresztül rögzítjük az egész szerkezetet.



5.3.5. ábra T anyák és rögzítőcsavar



5.3.6. ábra Rögzítési mód

6. Gazdasági számítás

A készülék tervezése és gyártása folyamán figyelembe kellett vennem, hogy a gyártás költsége erősen függ az előállítandó készülék formai bonyolultságától, a gépi munkaidőktől és az alkalmazott megmunkálási folyamatok számától.

Elsősorban a tervezési részt tűztem ki célul, mely idő alatt a SolidEdge rajzprogram állt segítségemre. Fő szempont volt a készülék egyszerű alakja és a forgácsolási eljárások egyszerű véghezvitele. Ezeket szem előtt tartva gondoltam ki egy olyan készüléket, melybe könnyedén csatlakozik egy olyan szerszám, amibe a sorozatgyártás ideje alatt rövid időn belül cserélhető a munkadarab. A szerszám egy MS5 Morsekúp, amibe egy patron helyezek és a patronba kerül a munkadarab, mellyel tökéletes megfogás jön létre.

A tervezés után jött a készülék alapanyagának beszerzése, ami egy Ø270x250-es 42CrMo4 anyagú acéltömb volt. A megrendelést az ASS GmbH csapatával intéztem.

Az alapanyag érkezéséig megrendeltem a lefogatáshoz elengedhetetlen alkatrészeket a Hoffmann Group oldaláról, melyek felsoroltan megtalálhatók a 6.1. táblázatban.

Az alapanyag érkezése után elkezdődtek a forgácsolási eljárások, melyek részletezve vannak a 6.2. táblázatban.

A készülékezés, valamint a forgácsolási eljárások összegei az alábbi táblázatokban részletezve vannak.

6.1. táblázat A készülék költségei

	Mennyiség		Megnevezés	Egységár	Összeg
Készülék költségei					
	1	db	Ø270x250 Készülék alapanyag	2862 Ft	2862 Ft
	4	db	M12 rögzítőcsavar	3761 Ft/db	15044 Ft
	4	db	14/M12 T anya	2314 Ft/db	9256 Ft
	1	db	Patron	8096 Ft	8096 Ft
	1	db	MS5 Morse kúpos szerszámbefogó	40072 Ft	40072 Ft
	2	óra	CAD	6000 Ft/óra	12000 Ft
Összesen					87330 Ft

6.2. táblázat A forgácsolás költségei

	Mennyiség		Megnevezés	Egységár	Összeg
Forgácsolás					
	60	kWh	Esztergálás	50 Ft/kWh	3000 Ft
	15	kWh	Rögzítőfuratok marása	50 Ft/kWh	750 Ft
	11,5	kWh	Köszörülés	50 Ft/kWh	575 Ft
	3	fő	Munkás	2200 Ft/óra	13200 Ft
Összesen					17525 Ft

A gyártás és tervezés összesített költségét a 6.3. táblázat szemlélteti.

6.3. táblázat Összes költség

Készülék költségei	87330 Ft
Forgácsolás	17525 Ft
Összes költség	104855 Ft

Tehát a készülék előállítási költsége nettó **104855 Ft**.

7. Összefoglalás

A csigatengely-csigakerék hajtópárok napjaink egyik legelterjedtebb hajtástechnikai elemei. A teljesítmény és mozgásátvitelük kitérő tengelyek közt jön létre. Nagy áttételeknek egy lépcsőben való megvalósítására szolgálnak, nagy terhelésre is viszonylag kis méreteket tesznek lehetővé. Működésük csendes és gördülékeny, kisebb helyen is alkalmazhatók, egy időben csökkenthető a sebesség és növelhető az átvitt nyomaték.

A dolgozat során áttekintettem a hazai és nemzetközi szakirodalmat, különös figyelmet fordítva a fogaskerék-hajtások ismertetésére, a gyártástechnológiai tervezésre, a forgácsolási eljárásokra, a hűtő-kenő folyadékokra, valamint a készülékekre.

Ezután bemutattam az előzőekben alkalmazott csigatengely-csigakerékpárt, ahol kitértem a hajtópár rossz anyagminőségére és a rossz edzési technológia alkalmazására. Az ilyesfajta gyártási hibák miatt könnyen sérültek és törtek a fogak, élettartamuk jelentősen rövidült. A hajtás túl lassú volt a csigán található egy bekezdés miatt. Ahhoz, hogy ezeket a hibákat kiküszöböljük, választottam egy jobb anyagminőséget, megnöveltem a csigán lévő bekezdések számát, illetve megfelelő edzési technológiát alkalmaztam. A hőkezelési technológia megtalálható a mellékletek között.

Következő lépésben az előgyártmány kiválasztása volt a feladatom. Itt figyelembe vettem a munkadarab alakját, méreteit és súlyát, valamint az alkatrészeire előírt elvárásokat. Meghatároztam minden megmunkálandó felületre a ráhagyásokat.

A következő fejezetben a gyártmány gyártástechnológiáját készítettem el, ahol ismertettem az alkalmazott forgácsolóberendezéseket az esztergáláshoz, a maráshoz és köszörüléshez, valamint ezek forgácsoló szerszámain. Meghatároztam a forgácsolási paramétereket (előtolás, forgácsoló sebesség, fordulatszám, fogásmélység, forgácsoló erő, teljesítmény szükséglet, asztal előtolás, munkadarab kerületi sebesség, leválasztott anyagtérfogat). A számított és a CNC gépek konvertált értékeiből elkészítettem műveleti utasítási lapokat, melyek a mellékletek között találhatóak.

Ezután a sorozatgyártás idejének csökkentése érdekében terveztem egy megfelelő befogó készüléket. Mivel a csigatengely egy Morse kúpos patronban van megfogva a marási fázis ideje alatt, ezért megoldást kellett találni, hogy a patron és a kúp megfelelően legyen rögzítve a CNC marógép asztalához. Fő nézőpontom a biztonságos megmunkálás és a könnyű kivitelezés volt. A készülékemről elkészítettem a szükséges alkatrészrajzot, mely megtalálható a mellékletek között.

A dolgozat utolsó fejezetében elvégeztem a szükséges gazdasági számításokat a készüléktervezés során. A gazdasági számítások során táblázatba foglalva ismertettem a készülék költségeit és alkatrészeit (készülék alapanyag, rögzítőcsavarok, T anyák, patron, Morse kúpos szerszámbefogó, CAD modellezés), valamint a forgácsolások költségeit (esztergálás, rögzítőfuratok marása, köszörülés, munkás órabére). A számítások után közöltem az összes költséget és a nettó előállítási költséget.

8. Summary

Worm gear and worm shaft gear pairs are among the most commonly used drive components today. Their power and motion transmission occur between non-parallel axes. They are used to achieve high gear ratios in a single stage, allowing for compact sizes even under high loads. Their operation is quiet and smooth, making them suitable for use in limited spaces, where they simultaneously reduce speed and increase transmitted torque.

In this paper, I reviewed both domestic and international literature, with special attention to the description of gear drives, manufacturing process planning, machining techniques, cooling and lubrication fluids, and equipment.

I then presented the previously used worm gear-worm shaft pair, highlighting issues such as poor material quality and improper heat treatment technology. Due to these manufacturing flaws, the gear teeth were prone to damage and breakage, significantly shortening their lifespan. The drive was also too slow because of a single start on the worm shaft. To address these issues, I selected a better material quality, increased the number of starts on the worm shaft, and applied appropriate heat treatment technology, which is detailed in the appendices.

The next step was selecting the preform, taking into account the workpiece's shape, dimensions, and weight, as well as the requirements for the component. I determined the allowances for each machined surface.

In the following chapter, I developed the manufacturing technology for the product, describing the machining equipment used for turning, milling, and grinding, as well as the cutting tools for these processes. I specified the cutting parameters (feed rate, cutting speed, spindle speed, depth of cut, cutting force, power requirement, table feed, peripheral speed of the workpiece, and material removal volume). Using the calculated and

converted values for CNC machines, I created operation instruction sheets, which are included in the appendices.

Then, to reduce the time for mass production, I designed an appropriate clamping fixture. Since the worm shaft is clamped in a Morse taper collet during the milling phase, I needed a solution to properly secure the collet and taper to the CNC milling machine table. My main considerations were safe machining and ease of implementation. I created the necessary part drawing for the fixture, which is available in the appendices.

In the final chapter of the paper, I performed the required economic calculations for the fixture design. In these calculations, I listed the fixture's costs and parts in a table (including fixture materials, fastening screws, T-nuts, collet, Morse taper tool holder, and CAD modeling), as well as the machining costs (turning, milling of fastening holes, grinding, and labor wages). After the calculations, I summarized the total and net manufacturing costs.

NYILATKOZAT

Alulírott Bán Balázs, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Gépészmérnök szak nappali 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 Szakdolgozatom 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: 2024. év 11. hó 01. nap

Hallgató

NYILATKOZAT

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

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

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

Kelt: Gödöllő, 2024. év november 01. nap

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bán Balázs
A Hallgató Neptun kódja: Y9BZIP
A dolgozat címe: Csigakerék-csigatengely hajtás elemeinek gyártástechnológiai
tervezése korszerű szerszámgépekre
A megjelenés éve: 2024
A tanszék neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

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

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

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

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

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

Kelt: Kaposvár, 2024. év 11. hó 01. nap

Hallgató aláírása

9. Felhasznált irodalomjegyzék

- [1.] Szabó L., Dr., (2000) Forgácsolás, hegesztés. Egyetemi jegyzet. Miskolci Egyetem.
(1.10. A forgácsoló szerszámok)
- [2.] Rohonyi Vilmos, Fogaskerékajtások. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1980.
- [3.] Makádi András: Marás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955
- [4.] Walter Bartsch: Esztergálás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
- [5.] Valasek, I ; A, Kári-Horváth :The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency, TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58 : 3 pp. 34-47. , 14 p. (2011)
- [6.] Dobrzanski (1977) Munkadarab befogó készülékek a gépgyártásban, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [7.] Hiram E. Grant (1970) Munkadarab-befogó készülékek Példatár, Műszaki könyvkiadó, Budapest.
- [8.] Kalotai T. – Kucher J. – Szele T. – Tihanyi J (1969) Szerszámgéptartozékok és készülékek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [9.] Dr Konkoly Tibor (1963) Hőkezelés, kézirat, Budapesti Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki kar, Tankönyvkiadó Budapest
- [10.] A, Kári-Horváth: A forgácsolásnál alkalmazott minimálkenés (MMS) hatásmechanizmusa, Saarbrücken, Németország : GlobeEdit (2016) , 187 p. ISBN: 9783330806177
- [11.] Sztrakos Gyula, Millye Lajos - Fogaskerékajtások - Szabványkiadó - 1985 - Budapest
- [12.] Erney. Gy. Fogaskerekek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [13.] Litvin F. L., A fogaskerékkapcsolás elmélete. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [14.] Firstner Stevan, Dr.: Gyártástechnológia, Egyetemi Kiadó, Dunaújváros, 2008
- [15.] Dudás I.; 2011; Gépgyártástechnológia I., Műszaki Könyvkiadó Kft.; Budapest
- [16.] Dudás I.; 2001; Gépgyártástechnológia II.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc
- [17.] Dudás I.; 2003; Gépgyártástechnológia III.; Miskolci Egyetemi Kiadó; Miskolc

-
- [18.] Dr Dudás Illés, Csigahajtások elmélete és gyártása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2007.
- [19.] Maros Dezső, Csigahajtások, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970
- [20.] Filemon J.; 1979; Gépgyártástechnológia, kézirat; Tankönyvkiadó; Budapest
- [21.] Horváth M.; Markos S. 2001; Gépgyártástechnológia, Műegyetemi Kiadó; Budapest
- [22.] Hornung Andor, Dr.: Marás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974
- [23.] Boza Pál – Burunyi Pál, CNC Forgácsolás 1. , Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal, 2021
- [24.] Mátis István, CNC Esztergálás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987
- [25.] Kalászi István, Hűtő-kenő folyadékok alkalmazása a forgácsolásnál különös tekintettel az újabb hazai és külföldi tapasztalatokra, Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1962
- [26.] Dr Zsáry Árpád Gépelemek I. Nemzeti tankönyvkiadó, 2003
- [27.] Dr Zsáry Árpád Gépelemek II. Nemzeti tankönyvkiadó, 2008
- [28.] Dr. Vámos Endre, Elméleti kenéstechnika II., Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest , 1970
- [29.] Fledrich G., Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Zsidai L.; Gépgyártástechnológia, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő,2016;
- [30.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Dr. Zsidai L.; 2008; Gyártástervezés; Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest
- [31.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Zsidai L.; Forgácsoló eljárások tervezése, Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest,2008
- [32.] Kári-Horváth A., Dr. Pellényi L., Szabó L., Dr. Zsidai L.; 2006; Gépgyártástechnológia példatár és segédlet, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő
- [33.] Kári-Horváth, A ; Valasek, I :Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban, TECHMONITOR 1 : 2 pp. 22-24. Paper: ISSN2062-9044 , 3 p. (2011)

-
- [34.] Kári-Horváth, A ; Dr. Valasek, I :Demand of Energy for Chip Removal, MATERIALS SCIENCE FORUM 659 pp. 489-497. , 9 p. (2010)
- [35.] http1 (2024. 05. 10.) Online forrás:
[<https://www.iramko.com/diviziok/hajtastechnika/hajtomuvek/csigahajtomu#A04>]
- [36.] http2 (2024. 05. 12.) Online forrás:
[https://kapos.hu/hirek/gazdasag/2022-03-23/kaposvari_mernokhallgatok_gyakorlati_terepen.html]
- [37.] http3 (2024. 05. 18.) Online forrás:
[<https://www.hwlibre.com/hu/tipusu-cnc-gepeket-hasznal/>]
- [38.] http4 (2024. 05. 22.) Online forrás:
[<https://erforg.hu/cnc-maras/>]
- [39.] http5 (2024. 05. 22.) Online forrás:
[<https://www.optimum-hungaria.hu/termek/marogepek/cnc-oktatogepek/optimum-f105a-cnc-marogep.html>]
- [40.] http6 (2024. 05. 23.) Online forrás:
[<https://esztergaszerszam.hu/termek/mwlnr-16x16-h06-valtolapkas-esztergakes-cnc-satu/>]
- [41.] http7 (2024. 05. 23.) Online forrás:
[<https://erforg.hu/cnc-esztergalas/>]
- [42.] http8 (2024. 05. 25.) Online forrás:
[<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-2/esztergaszeru-szerszamgepek/cnc-vezerlesu-esztergak>]
- [43.] http9 (2024. 05. 27.) Online forrás:
[<https://fmlparts.com/szolgalattasok/cnc-forgacsolas/>]
- [44.] http10 (2024. 05. 27.) Online forrás:
[https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/0d0cc85d-f7b5-41fb-aec0-d1b8362c7ebf_e90c4562-46d5-4b3a-a5ed-d640f67b512a_1632497a-4975-4feb-ba4d-1dd363000ff7_a210225a-9394-4434-8c57-7b327932371d_ca96388c-0f3a-4092-85aa-bbfb517d9b9_5965e181-3926-4200-a27c-c07461db8098_ef65510c-ff0b-4987-9c14-74e991aea9ae]
- [45.] http11 (2024. 05. 27.) Online forrás:

[<https://www.muszaki-magazin.hu/2019/03/10/okuma-koszorugepek-evolucioja/>]

[46.] http12 (2024. 05. 30.) Online forrás:

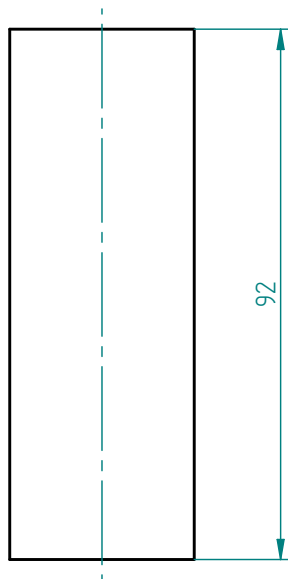
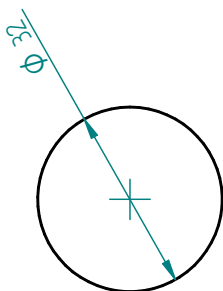
[https://olajshop.hu/ipari_hajtomuolajok]

[47.] http13 (2024. 06. 02.) Online forrás:

[https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eskozrendszerenek_kialakitasa/5_0227_008_101030.pdf]

10. Mellékletek jegyzéke

1. melléklet: Csigatengely előgyártmányának műhelyrajza
2. melléklet: Csigakerék előgyártmányának műhelyrajza
3. melléklet: Csigatengely műveleti sorrendje
4. melléklet: Csigakerék műveleti sorrendje
5. melléklet: Csigatengely bázis esztergálásának műveleti utasítása
6. melléklet: Csigatengely palástonagyolásának műveleti utasítása
7. melléklet: Csigatengely átfordított darab palástonagyolásának műveleti utasítása
8. melléklet: Csigatengely műhelyrajza
9. melléklet: Csigakerék bázis esztergálásának műveleti utasítása
10. melléklet: Csigakerék palástonagyolásának műveleti utasítása
11. melléklet: Csigakerék átfordított darab palástonagyolásának műveleti utasítása
12. melléklet: Csigakerék műhelyrajza
13. melléklet: Készülék műhelyrajza
14. melléklet: Csigatengely műveleti utasítása hőkezelésre
15. melléklet: Csigakerék műveleti utasítása hőkezelésre



	Név	Dátum	
TERVEZŐ	Bán Balázs	2024.10.02	
ELL:	Pethő József	2024.10.02	
ENG APPR			
MGR APPR			
Csigákerek elogyartmány			Lap m.: RAJZSZÁM
			A4
			2
			REV
Méretek: 1:1		Tömeg:	Lapok 1 / 2

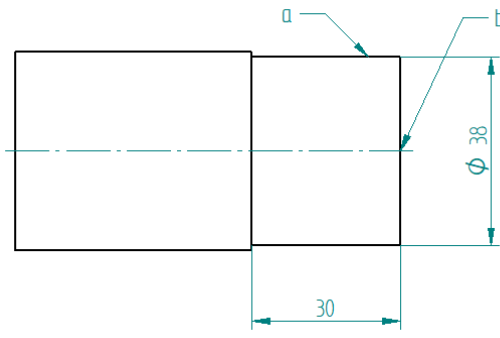
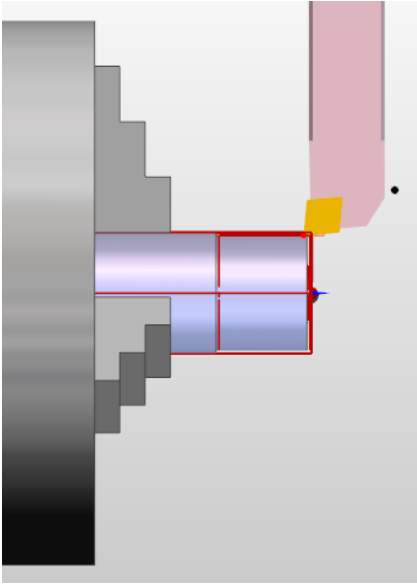
3. melléklet

[illegible]

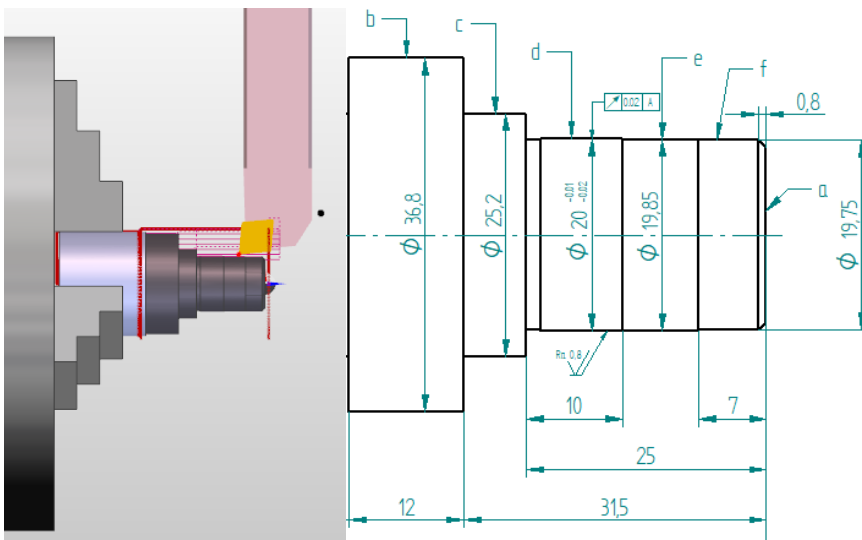
4. melléklet

MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék					Művelet és műveletelőzési sorrend					Induló típus									
Rajzszám:					Munkadarab megnevezése: Csigakerék														
v. k.h.	Anyag kódex				Anyagmegnevezés, méret, minőség				ME.	Bruttó 1000 db		Nettó 1000 db							
					Anyag: 42CrMo4														
					Előgyártmány: Melegen hengerelt köracél														
					Nyersméret: Ø 35 x 92 mm														
Műv. sorr.	Lap sz.	Költs hely	Hom. ker	Műv. sz.	Művelet megnevezése				Nö. t.	Norm. 1000 db perc		Norm. 1000 db Ft							
					Darabolás														
1				1															
					Esztergálás														
2				3															
					Lefejtő fogmarás														
3				1															
					Hőkezelés														
4				1															
					Köszörülés														
5				2															
					MEO, Végellenőrzés														
6.																			
Kiállította		Kelt		Ellenőrizte		Kelt		Főtechnológus		Kelt		Anyagnormás		Kelt		Időelemző		Kelt	
Bán Balázs		2020.10. 02.																	
Jel	Javitotta		Kelt		Ellenőrizte		Kelt		Jel	Javitotta		Kelt		Ellenőrizte		Kelt			

5. melléklet

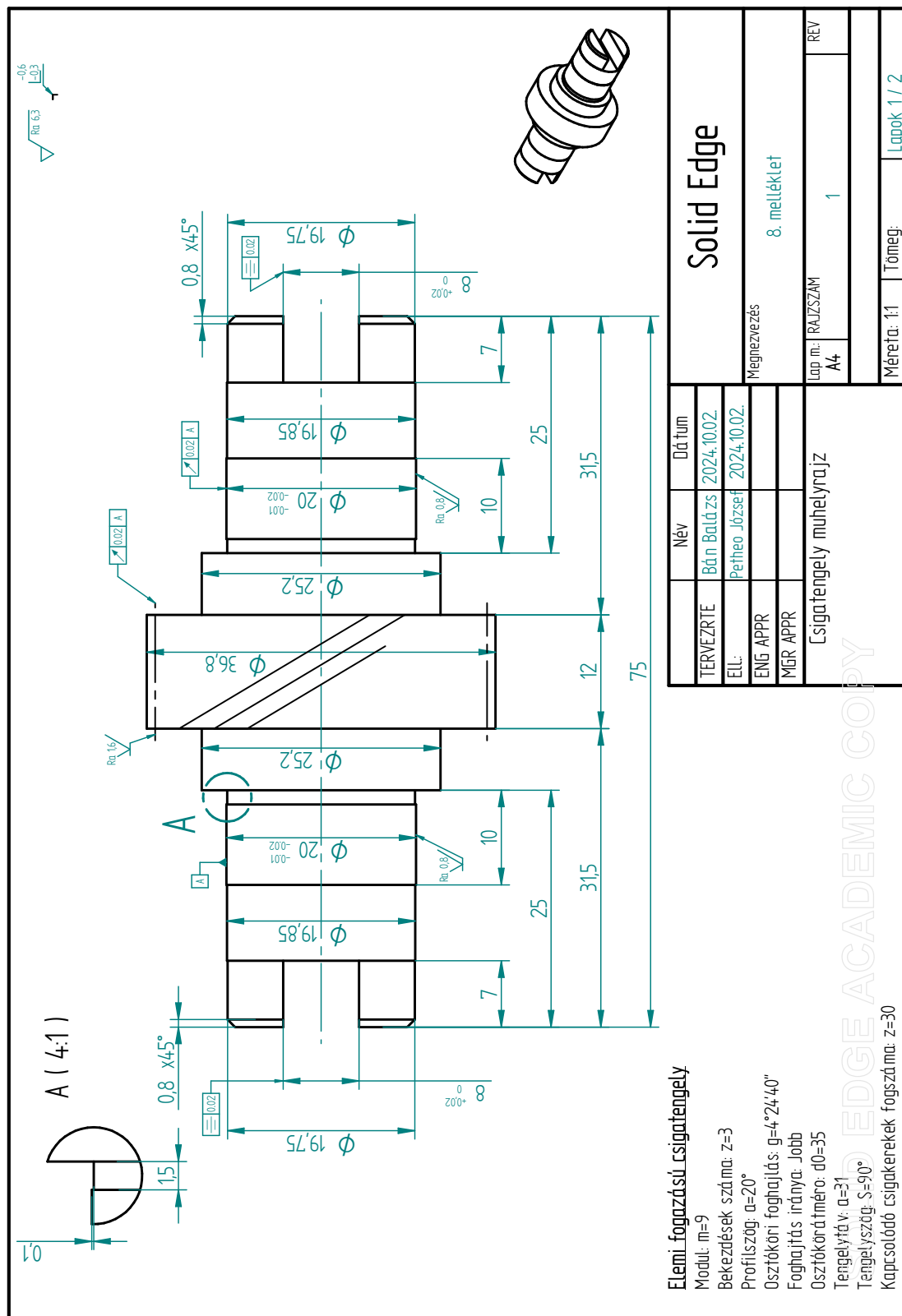
MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 1				
Rajzszám: 1		Munkadarab megnevezése: Csigatengely		Művelet száma: 2				
Anyag: 42CrMo4		Nyersméret: Ø 40 x 78 mm		Művelet megnevezése: Esztergálás				
				Műveleti ut. száma: 1				
Vázlat: Bázis esztergálás (Ø38 x 30 mm)								
								
Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Tokmányban megfogás		Kemény pófás tokmány					
1	Bázis oldalazás	b	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,22	0,5	2
2	Bázis palástnagyolás	a	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,22	0,5	2
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:	
Bán Balázs		2024.10.02	Petheő József	2024.10.10	norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól	-ig
Javítások								
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus:	Okuma gép l.sz
					Forgácsoló műhely	Esztergá-lyos csoport	LB4000EXII. CNC esztergagép	
							norm.	a
							szükség szerinti változat	b
								c
Kapja: péld.								d
oszt:								

6. melléklet

MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 1				
Rajzsám: 2		Munkadarab megnevezése: Csigatengely		Művelet száma: 2				
Anyag: 42CrMo4	Nyersméret: Ø 40 x 78 mm	Művelet megnevezése: Esztergálás		Műveleti ut. száma: 2				
Vázlat: Palástnagyalás								
								
Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Tokmányban bázis megfogása		Kemény pófás tokmány					
1	Oldalazás méretre	a	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,22	0,5	3
2	Palástnagyalás	b	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,24	2	1
	Palástnagyalás	c	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,24	2	1
	Palástnagyalás	d	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,24	2	1
	Palástnagyalás	e	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,24	2	1
	Palástnagyalás	f	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,24	2	1
3	Simitás	b	DNMG 150408MP3WPP20S	200	2000	0,15	0,1	1
	Simitás	c	DNMG 150408MP3WPP20S	200	2000	0,15	0,1	1
	Simitás	d	DNMG 150408MP3WPP20S	200	2000	0,15	0,1	1
	Simitás	e	DNMG 150408MP3WPP20S	200	2000	0,15	0,1	1
	Simitás	f	DNMG 150408MP3WPP20S	200	2000	0,15	0,1	1
4	Központfurat	a	A 2,5, 60°, HSS, DIN333	25	1100	40mm/ min	2	1
5	Hűtés-kenés		EMULG M-30F					

7. melléklet

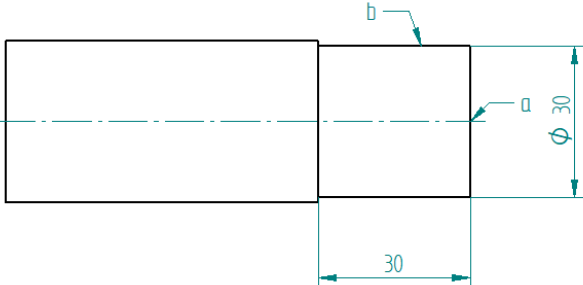
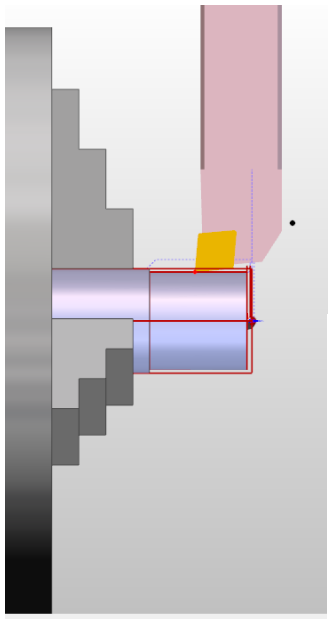
[illegible]



9. melléklet

MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 1	
Rajkszám: 1		Munkadarab megnevezése: Csigakerék		Művelet száma: 2	
Anyag: 42CrMo4		Nyersméret: Ø32 x 92 mm		Művelet megnevezése: Esztergálás	
				Műveleti ut. száma: 1	

Vázlat: Bázis esztergálása Ø 30 x 30 mm



Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
	Tokmányban megfogás		Keménypofás tokmány					
1	Bázis oldalazás	a	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,22	0,5	2
2	Bázis palástnagyolás	b	Homlokélű lapkás esztergakés: CNMG120408PMG	160	2000	0,22	0,5	2

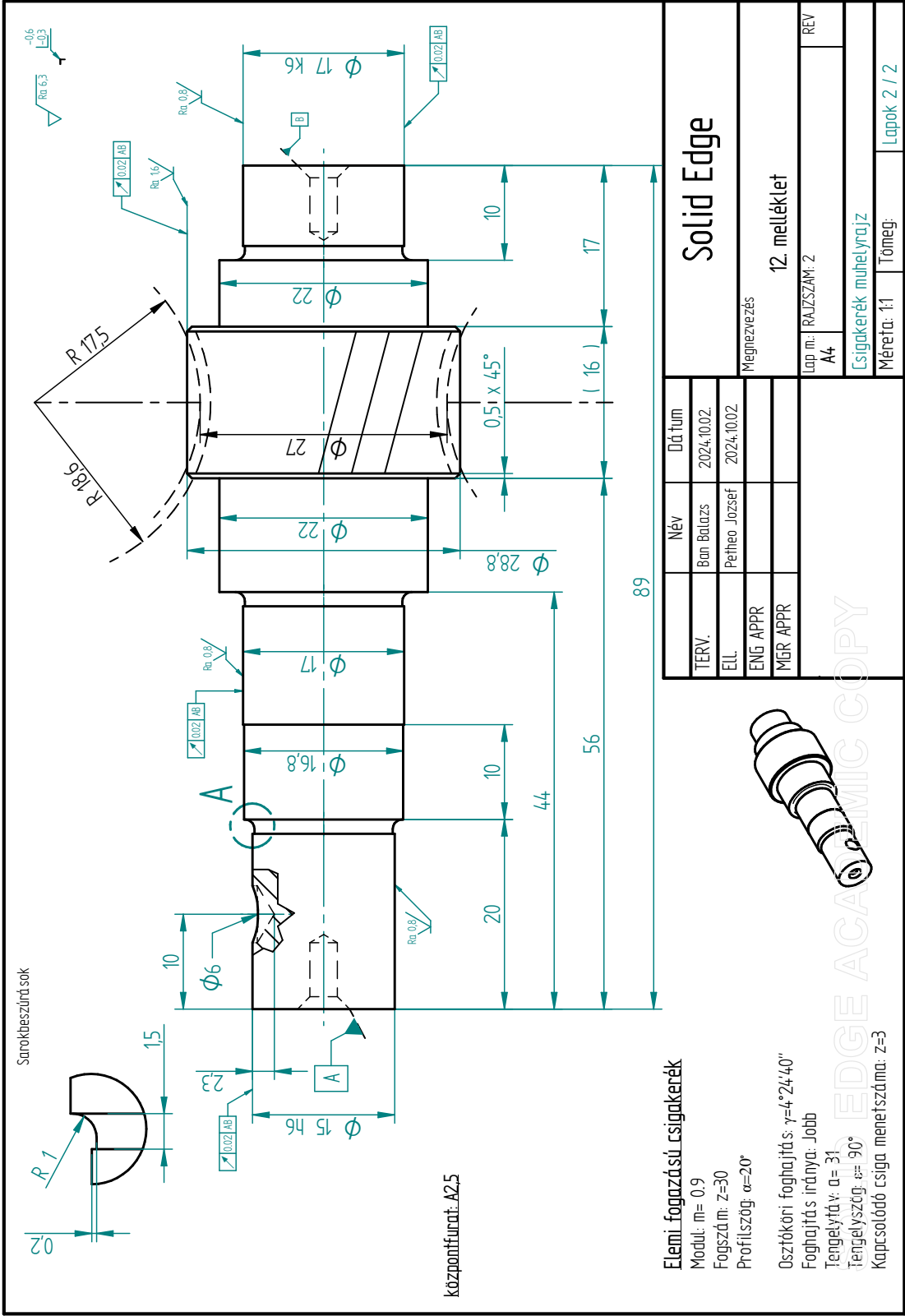
Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszáma:
Bán Balázs	2024.10.02	Petheő József	2024.10.10	norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól -ig
Javítások						
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:
					Forgácsoló műhely	Géptípus: LB4000EXII. Okuma CNC esztergagép
						norm. a
						b
Kapja: péld:						c
oszt:						d

10. melléklet

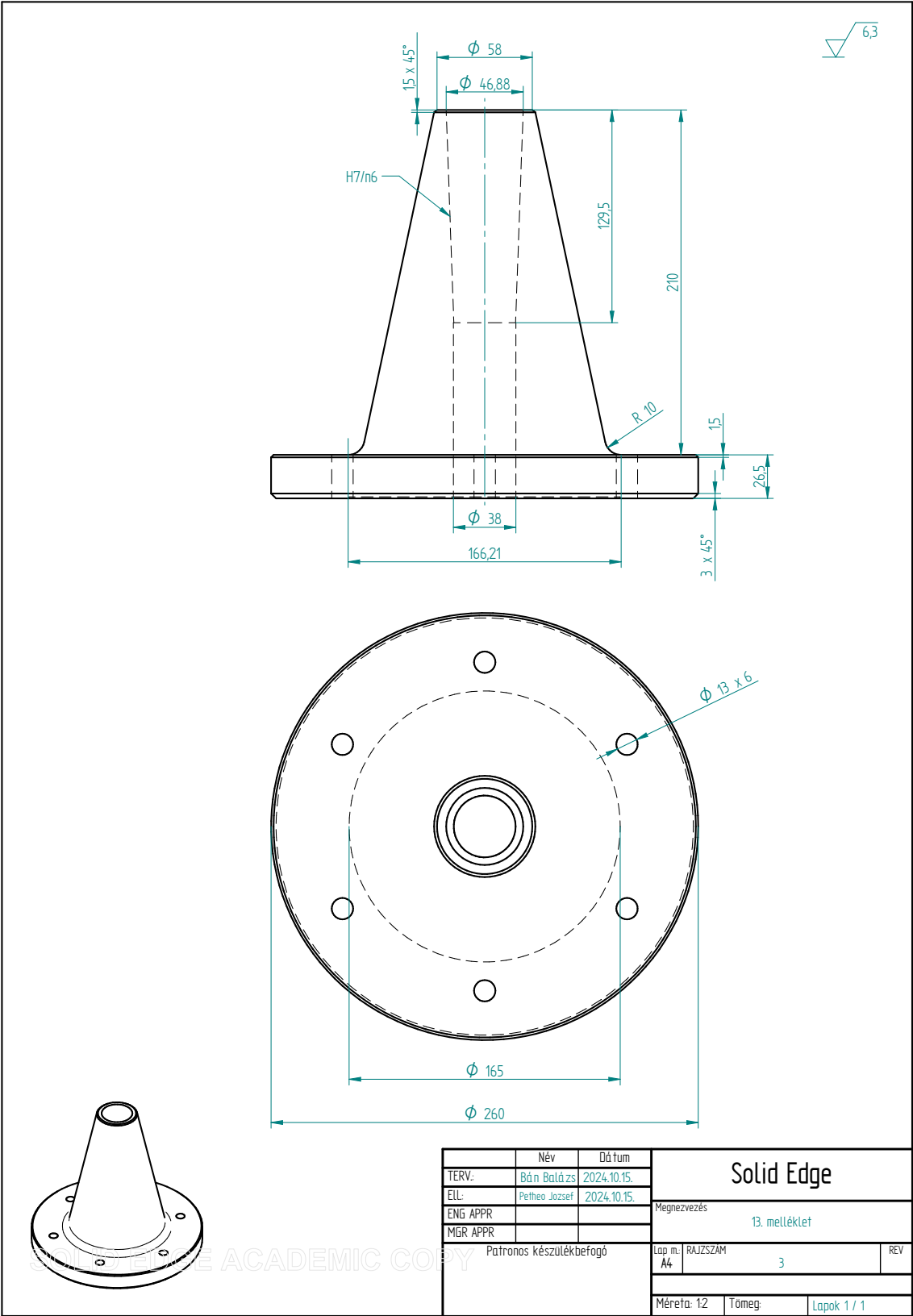
[illegible]

11. melléklet

[illegible]



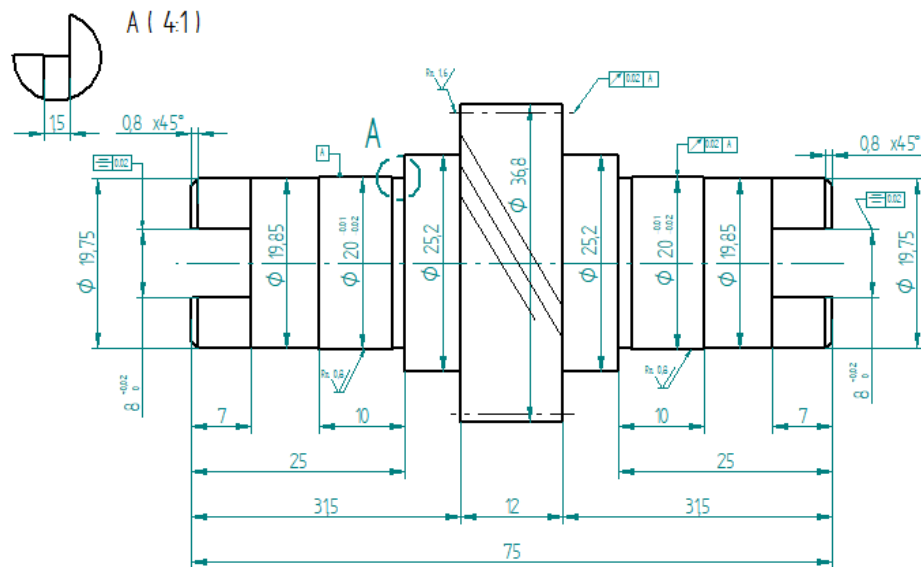
13. melléklet



14. melléklet

MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék		MŰVELETI UTASÍTÁS Hőkezelésre		Lapszám: 1	
Rajzszám: 1		Munkadarab megnevezése: Csigatengely		Művelet száma: 4	
Anyag: 42CrMo4	Nyersméret: Ø36,8 x 75 mm		Művelet megnevezése: Nitridálás		Műveleti ut. száma: 1

Vázlat: BÖHLER nitridáló kemence: NITREX



Sorsz.	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i			
1.	Felpakolás		Szállítószalag								
2.	Nitridálás		Gáznitridáló kemence								
	Wickers keménység ellenőrzés		QNESS Q10M								
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:		Elkészülési idő:		Érv.darabszáma:		
Bán Balázs		2024. 10. 29.	Petheő József	2024. 10. 29.	norm. i.	pótidő	norm. i.	pótidő	-tól	-ig	
Javítások											
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus: Nitrex			gép l.sz.	
					Hőkezelő műhely	Hőkezelő csoport	norm.		a		
							szükség szerinti változat			b	
Kapja: péld.: oszt:										c	
										d	

