



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki Szak

A ZJ-TAL 24 típusjelzésű tallérekészítő gép
hajtásláncának rekonstrukciós tervezése

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

Külső konzulens: Dr. Korzenszky Péter Emőd
beosztás: okl. mg. gépészmérnök,
élelmiszer-minőségbiztosítási szakmérnök

Készítette: **Dányi Máté**
WK52TF
Nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet
Anyagtudományi és Gépipari folyamatok
tanszék

Gödöllő
2025

Tartalomjegyzék

Bevezetés	5
1. Szakirodalom feldolgozás	6
1.1. Szabványok alkalmazása a tallérekészítő gép esetében	6
1.2. Anyagválasztást befolyásoló szabványok	7
1.3. Anyagválasztási lehetőségek	8
1.4. Kenőanyagok szerepe és szabályozása az élelmiszeriparban	8
1.5. Előgyártmány-tervezés	9
1.5.1 Alapanyagok és beszerzési formák	10
1.5.2 Előgyártmány esztergált alkatrészekhez	11
1.5.3 Előgyártmány mart alkatrészekhez	12
1.5.4 Ráhagyások és megmunkálási tartalékok	13
1.5.5 Tipikus hibák az előgyártmány-tervezésben	15
1.6. A forgácsolás	16
1.6.1 Esztergálás	17
1.6.2. Egyetemes esztergagép és nagyoló kés	17
1.6.3. Hűtő-kenő folyadék felhasználása esztergálásnál	18
1.7. Marás	19
1.7.1 Egyetemes marógép és alakos szerszám	20
1.7.2 Hűtő-kenő folyadékok marásnál	22
1.8. A Véges Elem Módszer (VEM)	22
1.9 Fogaskerek	23
1.9.1 Fogaskerek csoportosítása	24
2. Probléma bemutatása	26
2.1. Gép bemutatása	26
2.2. Alkatrész bemutatása	27
2.3. Problémák felmérése	27
3. Rekonstrukciós tervezés	29
3.1 Kúpfogaskerék méretei	29
3.2 Fogaskerék szilárdsági méretezése	31
3.3 Kúpfogaskerek tervezése	32
3.3.1 A keréktest és a fogazat méretei	34
3.4 Geometriai tervezés	35
3.4.1 Szilárdsági ellenőrzés	36
3.5 Tengelyen való rögzítés	37

3.6 Fogaskerék legyártásának lépései.....	38
3.6.1 Esztergálás számítások	39
3.7 Készülék tervezés.....	43
4. Szimulációs vizsgálat Ansys Workbench segítségével	46
4.1 Program beállítása	46
4.1.1. Rendszer típus kiválasztása	46
4.1.2. Anyagtípus beállítása	46
4.1.3. Geometria meghatározása	47
4.1.4. Modell felépítése	47
4.1.5. Szimuláció eredményei.....	48
4.2. Eredmények kiértékelése.....	50
Összefoglalás	51
Summary	52
Nyilatkozatok.....	53
Irodalomjegyzék	57
Mellékletek jegyzéke	59

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépgyártó specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Dányi Máté (WK52TF)

részére

A szakdolgozat címe:

A ZJ-TAL 24 típusjelzésű tallérekészítő gép hajtásláncának rekonstrukciós tervezése

Feladatkiírás:

Bevezetés, szakirodalom feldolgozás, probléma bemutatása, hajtáslánc tervezése, VEM, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: *Dr. Korzenszky Péter, okl. mg. Gépészmérnök, élelmiszer-minőségbiztosítási mérnök, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet*


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

Beadási határidő: 2025. november 04

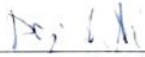
Gödöllő, 2025. szeptember 08

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

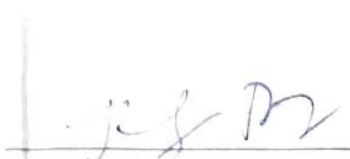

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

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

Gödöllő, 2025.


(külső konzulens)

Bevezetés

Az élelmiszeripari gépek tervezése és üzemeltetése során kiemelten fontos szempont a higiénia, a megbízhatóság és a tartós üzembiztonság biztosítása. Az ilyen berendezések gyakran működnek folyamatos vagy nagy igénybevételű üzemmódban, miközben rendszeres tisztításnak és vegyszeres fertőtlenítésnek vannak kitéve. Ennek megfelelően a felhasznált anyagokra, kenőanyagokra, felületkezelésekre és a gépelemek konstrukciójára szigorú szabványok és előírások vonatkoznak. Az élelmiszeripari környezet különleges elvárásokat támaszt, így az ott alkalmazott hajtáslánc elemek kialakításánál nemcsak a műszaki, hanem a higiéniai és gazdaságossági szempontokat is figyelembe kell venni. A nemzetközi és hazai szabályozás – mint például az EN 1672-2 vagy a HACCP-alapelvek – minden tervezési és karbantartási döntésnél irányadóként szolgál.

Jelen szakdolgozat célja egy adott élelmiszeripari gép hajtásláncának egy elemére vonatkozó rekonstrukciós terv kidolgozása. A vizsgált elem egy olyan kulcsfontosságú részegység, amely közvetlenül befolyásolja a gép teljesítményét, üzembiztonságát és karbantarthatóságát. A dolgozat első részében irodalomfeldolgozás keretében áttekintem az élelmiszeripari szabványokat, a megfelelő kenőanyagok kiválasztásának szempontjait, az előgyártmány-tervezés elveit, valamint a hajtáslánc-elemek gyártástechnológiáit – különös tekintettel a forgácsolásra – és a végeselemes módszer (VEM) alkalmazhatóságát a tervezés során.

A tervezési szakaszban a kiválasztott hajtáslánc-elem szerkezeti és méretezési újragondolása történik meg, figyelembe véve a gyártástechnológiai lehetőségeket, az üzemi körülményeket, valamint az anyagválasztás és felületkezelés szerepét. A végleges konstrukciós javaslat számítógépes modellezéssel és – ahol indokolt – végeselemes szimulációval kerül alátámasztásra.

A következő programokat használtam:

- Autodesk Inventor Professional 2024
- Ansys Workbench 2025

1. Szakirodalom feldolgozás

Az élelmiszeriparban működő gépek tervezése és üzemeltetése kiemelt figyelmet igényel a fogyasztók egészségének védelme, valamint a gyártási folyamatok biztonsága és hatékonysága szempontjából. A modern élelmiszer-előállítás nem képzelhető el olyan szabályozási háttér nélkül, amely biztosítja a higiénikus működést, a megfelelő minőséget és a vonatkozó jogszabályoknak való megfelelést. Ebben a szabályozási környezetben az élelmiszeripari szabványok kulcsszerepet töltenek be.

Jelen dolgozatomban egy tallérekészítő gép példáján keresztül mutatom be az élelmiszeripari szabványok gyakorlati jelentőségét. A tallér egy édesipari termék, amelynek gyártása során a készülék közvetlen kapcsolatba kerül az élelmiszerrel, ezért különösen fontos a higiéniai és biztonsági követelmények betartása. A szabványosítás nemcsak a termékbiztonságot szolgálja, hanem elősegíti a gyártási folyamatok egységesítését, a hatékonyság növelését, valamint a nemzetközi piacra lépés lehetőségét is.

A dolgozat célja, hogy áttekintést nyújtson azokra az alapvető élelmiszeripari és gépbiztonsági szabványokra, amelyek alkalmazása szükséges vagy ajánlott egy élelmiszeripari berendezés – jelen esetben egy tallérekészítő gép – tervezése, gyártása és üzemeltetése során. A bevezetés után bemutatásra kerülnek a legfontosabb vonatkozó szabványok, azok gyakorlati szerepe, és az is, hogy a vizsgált gép esetében ezek hogyan teljesülhetnek.

1.1. Szabványok alkalmazása a tallérekészítő gép esetében

A tallérekészítő gépek – mint édesipari célgépek – közvetlen kapcsolatba kerülnek az élelmiszerrel, így különösen szigorú higiéniai, gépbiztonsági és anyaghasználati követelményeknek kell megfelelniük. A szabványok alkalmazása ebben az esetben nemcsak az élelmiszerbiztonságot, hanem a berendezés hosszú távú megbízhatóságát, karbantarthatóságát és a szabályozási megfelelést is támogatja.

1.1.1. Higiéniai és élelmiszerbiztonsági szabványok

A gép élelmiszerrel érintkező felületeinek kiválasztásakor elsődleges szempont, hogy azok megfeleljenek az EU 1935/2004/EK rendeletnek, amely előírja, hogy az élelmiszerrel érintkező anyagok nem bocsáthatnak ki olyan összetevőket, amelyek veszélyeztetik az egészséget,

megváltoztatják az élelmiszer összetételét vagy rontják annak érzékszervi tulajdonságait. Jellemzően rozsdamentes acél (pl. EN 1.4301 / AISI 304) vagy élelmiszeripari minőségű hőálló műanyag használatos. [6]

A teljes élelmiszerláncra kiterjedő biztonsági szemléletet az ISO 22000:2018 szabvány írja le, amely integrálja a HACCP-elvet is. A tallérekészítő gép esetében ez azt jelenti, hogy az üzemi környezetnek, a gép kialakításának, tisztíthatóságának és működésének olyan módon kell megvalósulnia, hogy megelőzhető legyen a szennyeződés, idegen anyag bekerülése, vagy mikrobiológiai veszély. [1],[6]

1.2. Anyagválasztást befolyásoló szabványok

Az élelmiszeripari gépalkatrészek anyagválasztása során a szabványok kulcsfontosságú szerepet töltenek be, mivel közvetlenül befolyásolják az alkalmazható alapanyagok típusát, azok tisztíthatóságát, korrózióállóságát és biztonságát. A megfelelő szabványok betartása nemcsak a termékbiztonságot garantálja, hanem az üzemeltetés hosszú távú megbízhatóságát is biztosítja. Az élelmiszerrel közvetlenül érintkező gépelemek esetében kiemelten fontos, hogy az anyagok megfeleljenek az EU 1935/2004/EK rendelet előírásainak, amely kimondja, hogy az élelmiszerrel érintkező anyagok nem bocsáthatnak ki az egészségre káros anyagokat, és nem befolyásolhatják az élelmiszer érzékszervi tulajdonságait. E rendelethez kapcsolódóan a 10/2011/EU rendelet szabályozza a műanyag alapú anyagok engedélyezését, míg a fémek és ötvözetek használatát a harmonizált EN és ISO szabványok rögzítik. [7], [20]

A gép tervezését meghatározó másik alapvető szabvány az EN 1672-2, amely az élelmiszeripari gépek higiénikus kialakítására vonatkozó előírásokat tartalmazza. Ez előírja a sima, könnyen tisztítható felületek alkalmazását, a holtterek és éles sarkok elkerülését, valamint a korrózióálló, nem mérgező anyagok használatát. A szabvány közvetlenül hat az anyagválasztásra is, hiszen csak olyan fémek, ötvözetek és polimerek alkalmazhatók, amelyek hosszú távon ellenállnak a tisztítószereknek és az élelmiszersavaknak. Az alumínium és annak ötvözetei, valamint a POM-C típusú műanyagok e követelményeknek kiválóan megfelelnek. [11], [14]

A biztonságos géptervezés alapja az EN ISO 12100 szabvány, amely a kockázatértékelés és a biztonsági intézkedések általános keretrendszerét írja elő. Ez a szabvány előírja, hogy a konstrukció során figyelembe kell venni a várható terheléseket, a hőhatásokat és a kopásállósági igényeket is, ezáltal befolyásolja az anyagválasztás folyamatát. Az anyag tulajdonságainak ismerete (szilárdság, keménység, korrózióállóság, hőtágulás) elengedhetetlen a biztonságos

működéshez. Különösen élelmiszeripari környezetben, ahol magas páratartalom és vegyszeres tisztítás is előfordul, az anyagok kiválasztása nemcsak mechanikai, hanem higiéniai kérdés is. [24], [30]

1.3. Anyagválasztási lehetőségek

Az anyagválasztás döntően meghatározza a gépalkatrészek élettartamát, forgácsolhatóságát és karbantarthatóságát. A tallérekészítő gép hajtásláncának elemeihez olyan anyagokat kell választani, amelyek ellenállnak a kopásnak, a korróziónak és az élelmiszeripari vegyszereknek, miközben megfelelő szilárdsági és hőtani tulajdonságokkal rendelkeznek. Az alábbiakban két különböző anyag – egy műanyag (POM-C) és egy alumíniumötvözet (EN AW-6082 T6) – kerül bemutatásra és összehasonlításra. [15], [38]

A POM-C (poli-oximetilén kopolimer) egy kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkező műszaki műanyag, amely nagy merevséggel, jó kopásállósággal és alacsony súrlódási tényezővel rendelkezik. Ezek a tulajdonságok alkalmassá teszik csapágyak, vezetőelemek és fogaskerekek gyártására, különösen olyan esetekben, amikor az önkenő képesség és a zajcsökkentés is szempont. A POM-C anyag élelmiszeripari alkalmazásokban is elterjedt, mivel megfelel az FDA és az EU 10/2011/EU rendelet követelményeinek. Előnye, hogy korróziómentes és jó mérettartósságú, hátránya viszont a hőmérsékletre való érzékenység, ami korlátozza magas hőmérsékletű alkalmazásokban. [3]

Az EN AW-6082 T6 jelű alumíniumötvözet nagy szilárdságú, jól forgácsolható és kiváló korrózióállóságú anyag, amelyet gyakran alkalmaznak gépalkatrészek, keretek és hajtáslánc-elemek gyártására. A T6 hőkezelés javítja a mechanikai tulajdonságokat, különösen a szakítószilárdságot és a keménységet. Eloxálással a felület kopásállósága és korrózióállósága tovább növelhető, így az élelmiszeripari környezetben is tartósan alkalmazható. Az EN AW-6082 előnye a jó merevség és megmunkálhatóság, hátránya azonban, hogy keményebb, mint a POM-C, így a kenés és a hűtés fontos szerepet kap a forgácsolás során. [7], [11]

1.4. Kenőanyagok szerepe és szabályozása az élelmiszeriparban

Az élelmiszeripari gépek működése során elengedhetetlen a gépalkatrészek – például csapágyak, láncok, fogaskerekek – megfelelő kenése. A kenőanyagok biztosítják a súrlódó alkatrészek közötti tartós működést, csökkentik a kopást, növelik az élettartamot, valamint hozzájárulnak a zavartalan termelés fenntartásához. Azonban az élelmiszeriparban a

kenőanyagok kiválasztása fokozott figyelmet igényel, mivel fennáll annak a lehetősége, hogy az adott kenőanyag – akár kis mennyiségben is – érintkezik az élelmiszerrel. [33]

Ezért csak olyan anyagok alkalmazhatók, amelyek nem jelentenek veszélyt a fogyasztó egészségére, nem változtatják meg az élelmiszer ízét, illatát vagy összetételét, és megfelelnek a vonatkozó nemzetközi szabályozásoknak és szabványoknak. [33]

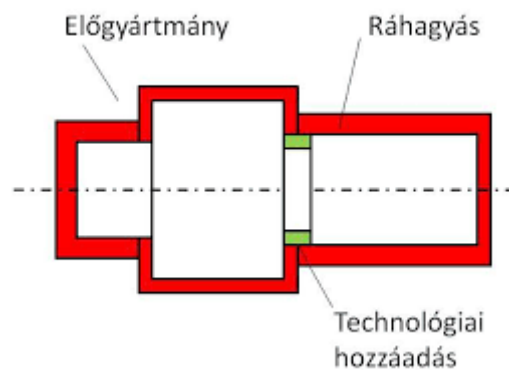
A kenőanyag-választás jelentősége. Az élelmiszeripari üzemekben a megfelelő kenőanyag kiválasztása stratégiai döntés. Nem csupán az élettartamot növeli, hanem elősegíti a hatósági megfelelést is. Egy H1 minősítésű kenőanyag használatával például elkerülhetőek a termékvisszahívások, bírságok és gyártási leállások.[35]

Emellett fontos a nyomon követhetőség, a helyes tárolás, valamint az is, hogy a dolgozók megfelelő oktatásban részesüljenek a kenőanyagok használatáról. A kenési pontokat sok esetben jelölni kell, és külön kezelőlapok segítik a dokumentált karbantartást. [33], [35]

1.5. Előgyártmány-tervezés

A forgácsolással készülő alkatrészek gyártása során az előgyártmány – azaz a kiinduló nyersdarab – megválasztása alapvető szerepet játszik a gyártás gazdaságosságában, pontosságában és hatékonyságában. Az előgyártmány a végleges alkatrész geometriai és méretbeli kiindulópontja, amelyből a felesleges anyag eltávolításával alakul ki a késztermék. A túl nagy vagy rosszul megválasztott előgyártmány felesleges megmunkálást, többletanyag-felhasználást és hosszabb gyártási időt eredményezhet, míg a túl kicsi vagy nem megfelelő geometriai kialakítás gyártási nehézségekhez és selejthez vezethet. [39]

1.1 ábra Előgyártmány és ráhagyások



Az előgyártmány tervezésének célja tehát az optimális nyersforma meghatározása úgy, hogy az megfelelő ráhagyást biztosítson a forgácsolási műveletekhez, ugyanakkor illeszkedjen az alapanyag-ellátáshoz és a megmunkálási lehetőségekhez. Különösen fontos ez esztergált (*lásd 1.1.ábrán*) és mart alkatrészek esetén, ahol a gyártási pontosság és a gazdaságos anyagleválasztás közvetlen összefüggésben áll a nyersdarab méretével és alakjával. A következőkben ezen két megmunkálási technológia – esztergálás és marás – szempontjából vizsgáljuk meg az előgyártmány-tervezés legfontosabb elveit és gyakorlati megfontolásait. [39]

1.5.1 Alapanyagok és beszerzési formák

Az előgyártmány-tervezés egyik első lépése az alapanyag és annak beszerezhető formájának meghatározása. A választott alapanyag nemcsak a kész alkatrész funkcióját és terhelhetőségét befolyásolja, hanem a forgácsolhatóságot, a gyártási időt, valamint a megmunkálás költségeit is. [3]

Az iparban leggyakrabban alkalmazott alapanyagok közé tartoznak az acélok, alumíniumötvözetek, rézötvözetek és különféle műanyagok. Ezen anyagok különféle szabványosított formákban állnak rendelkezésre, amelyek közül a forgácsolástechnikai szempontok szerint kell kiválasztani a megfelelőt.[24]

Esztergálás esetén a leggyakrabban alkalmazott előgyártmány-forma a hengeres rúdanyag. Ez lehet hengerelt, húzott vagy kovácsolt kivitelű, attól függően, hogy mekkora pontosságú, illetve mekkora átmérőjű kiinduló darabra van szükség. Fontos, hogy az előgyártmány átmérője minden esetben legyen nagyobb a kész alkatrész legnagyobb külső átmérőjénél, hogy biztosított legyen az anyagleválasztás.[24]

Marás esetén általában négyszögletes keresztmetszetű rudak, síklemezek vagy fűrészelt tömbök kerülnek felhasználásra. A marási folyamat során sík- és élfelületeket dolgozunk meg, így fontos, hogy a kiinduló forma jól rögzíthető legyen, és a megmunkálási ráhagyásokat egyenletesen lehessen elosztani rajta. Itt jellemzően a síkfelületek az előgyártmány legmeghatározóbb jellemzői. [23]

Az alapanyag beszerzése során törekedni kell arra, hogy a szabványos méretválasztékból történjen a kiválasztás, ezzel csökkentve a költségeket és egyszerűsítve a logisztikát. Ha az alkatrész bonyolult geometriájú, vagy anyagtakarékossági okokból szükséges, öntvény vagy

kovácsdarab is választható előgyártmányként – ilyen esetekben viszont nagyobb a tervezési ráfordítás, és előfordulhatnak öntési vagy alakítási hibák is, amikkel számolni kell a későbbi megmunkálás során. [3], [23], [24]

1.5.2 Előgyártmány esztergált alkatrészekhez

Az esztergálással készülő alkatrészek leggyakoribb előgyártmánya a hengeres keresztmetszetű rúdanyag, amelyet jellemzően hengerelt vagy hidegen húzott kivitelben szereznek be. A megfelelő előgyártmány kiválasztása során kulcsfontosságú, hogy a nyersdarab átmérője és hossza biztosítsa a teljes készfelület megmunkálhatóságát, miközben minimalizálja a felesleges anyagleválasztást és a selejt keletkezését. [4]

Átmérő és ráhagyás: Az előgyártmány átmérőjének minden esetben meg kell haladnia a kész alkatrész legnagyobb külső átmérőjét. Általános szabályként elmondható, hogy acél esetében 1–3 mm ráhagyás szükséges a külső felületeken, míg puhább anyagoknál (pl. alumínium) már 0,5–1 mm is elegendő lehet. A furatok esetén a fúrás és belső esztergálás miatt gyakran teljes keresztmetszeti megmunkálás történik, így ezekre külön belső ráhagyás nem szükséges, de a megfúrhatóságot figyelembe kell venni. [7]

Hosszméret és megfogás: Az előgyártmány hosszúságát úgy kell megválasztani, hogy a teljes alkatrész hossz mellett maradjon elegendő anyag a befogásra, illetve a leválasztásra (levágási hézag, beszúrás helye). Egy tipikus esztergált alkatrész esetén ez a többlet hosszirányban általában 5–10 mm. Automatizált esztergagépek használata esetén fontos a rúd szálhosszának és egyenességének vizsgálata is. [7]

Felületi minőség és tűrés: Az előgyártmány felületi minősége befolyásolhatja az esztergálás során elérhető pontosságot. Hidegen húzott alapanyag esetén például kedvezőbb felületi állapot és kisebb átmérő-ingadozás érhető el, ami különösen fontos szoros tűrések esetén (pl. csapágyhelyek, illesztett tengelyvégek). A végső alkatrészek tűrésrendszere (pl. ISO 2768) alapján kell meghatározni a ráhagyásokat és a megmunkálási tartalékokat. [4]

Példa: Ha egy Ø30 mm átmérőjű tengelyt kell gyártani, 150 mm hosszban, akkor tipikusan Ø32 mm átmérőjű, 160 mm hosszú rúdanyagot választanak előgyártmányként. Ez lehetővé teszi a teljes külső esztergálást, valamint biztosítja a megfelelő megfogást is. [4], [7]

Az esztergált alkatrészek előgyártmányának megtervezése során a fő cél az optimális átmérő és hossz meghatározása a gyártás egyszerűsítése és az anyagveszteség minimalizálása érdekében.

1.5.3 Előgyártmány mart alkatrészekhez

A marással előállított alkatrészek esetében az előgyártmányok formája és kialakítása nagyobb változatosságot mutat, mint az esztergált daraboknál, mivel a megmunkálás nem korlátozódik forgástestekre. A mart alkatrészek gyakran síkfelületekkel, zsebekkel, furatokkal, lépcsőkkel és komplex 3D kontúrokkal rendelkeznek, így az előgyártmány geometriájának meghatározása során különös figyelmet kell fordítani a befoghatóságra, a stabilitásra és a ráhagyások megfelelő elosztására. [11]

Alapanyag-formák: A mart alkatrészek leggyakoribb előgyártmányai a négyszög keresztmetszetű rudak, lapos rudak, síklemezek, illetve fűrészelt vagy darabolt tömbök. Nagyobb szilárdsági vagy alakbeli követelmények esetén öntvény vagy kovácsdarab is szóba jöhet, különösen, ha az alkatrész nagyobb méretű, vagy bonyolult kialakítású. A lapos és téglatest alakú előgyártmányok lehetővé teszik az alkatrész hatékony elrendezését és a szerszámgépen való biztonságos rögzítését. [11]

Ráhagyások: A maráshoz szükséges anyagtartalék (ráhagyás) mértékét a felület típusa, a megmunkálás pontossága és az alkalmazott szerszám határozza meg. Általánosságban elmondható, hogy egyenes, síkfelületek esetén 0,5–1 mm ráhagyás elegendő, míg nagy pontosságú vagy nagy felületű alkatrészeknél ez 1–2 mm is lehet. A ráhagyások nemcsak az anyagleválasztáshoz szükségesek, hanem kompenzálják az előgyártmányban meglévő méret- és síklapossági eltéréseket is. [11]

Befogás és stabilitás: A marás során gyakran több oldalról szükséges a megmunkálás, így a stabil és ismételhető befogás elengedhetetlen. Ennek érdekében az előgyártmány éleit és síkjait úgy kell megválasztani, hogy azok alkalmasak legyenek referenciafelületként, illetve könnyen megfoghatók legyenek satuval, vákuumos vagy mechanikus rögzítéssel. Célszerű az előgyártmányt minden oldalon néhány milliméterrel nagyobbra méretezni, hogy a teljes készalkatrész minden felülete megmunkálható legyen. [17]

Példa: Egy 100×60×20 mm-es készalkatrész gyártásához célszerű 105×65×24 mm-es nyersdarabot alkalmazni, amelyet lapos rudakból vagy fűrészelt tömbből lehet kivágni. Így

biztosítható a 2-2 mm-es ráhagyás minden irányban, amely a megmunkálás során egyenletesen eltávolítható. [11]

Speciális előgyártmányok: Ha az alkatrész alakja nem illeszkedik a szabványos rudak vagy lemezek geometriájához, vagy anyagmegtakarítás céljából szükséges, választható öntvény vagy kovácsdarab is. Ezek azonban többletköltséget és hosszabb gyártási előkészítést igényelnek, valamint jellemző rájuk a nagyobb méret- és alakeltérés, amit a forgácsolás során ki kell egyenlíteni.

Összességében a mart alkatrészek előgyártmány-tervezése során a praktikum, a stabilitás és a megmunkálhatóság az elsődleges szempontok, melyek mentén a geometria és az alapanyag-típus összehangolásával hatékony gyártás érhető el. [17]

1.5.4 Ráhagyások és megmunkálási tartalékok

A forgácsolással történő alkatrészgyártás során a nyersdarab soha nem pontosan a végleges méretű és formájú. A kívánt geometria eléréséhez szükséges bizonyos többlet anyag – ezt nevezzük ráhagyásnak. A ráhagyás célja, hogy a megmunkálási folyamat során elegendő anyag álljon rendelkezésre a kívánt méret, alak és felületi minőség kialakításához.

A ráhagyás fogalma

Ráhagyás alatt azt a többletet értjük, amelyet az előgyártmány méretei a készalkatrészhez képest pluszban tartalmaznak, hogy a forgácsolás során az eltávolítással elérhető legyen a megfelelő pontosság és felületi minőség. (1. táblázat)

A ráhagyás értéke függ:

- a gyártási technológiától (esztergálás, marás, köszörülés stb.),
- az alapanyag típusától,
- a kész alkatrész tűréseitől,
- a szerszám és gép pontosságától,
- valamint a korábbi gyártási lépések (pl. öntés, kovácsolás) pontosságától.

A ráhagyás típusokat megkülönböztethetjük:

- külső és belső méretű ráhagyásra (pl. külső hengeres felület, furat),
- durva és simító megmunkálási ráhagyásra, ha több művelet során történik az anyag eltávolítása.

A jellemző ráhagyás értékeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Jellemző ráhagyások táblázat

Anyag típusa	Megmunkálási mód	Ráhagyás külső felületre (mm)	Ráhagyás furatra (mm)
Acél	Esztergálás	1–3 mm	0,5–1 mm
Alumínium	Esztergálás	0,5–1 mm	0,3–0,5 mm
Acél	Marás	0,5–2 mm	0,3–1 mm
Alumínium	Marás	0,3–1 mm	0,2–0,5 mm
Öntvény (nyers)	Bármely	2–5 mm	1–3 mm
Kovácsdarab	Bármely	1–3 mm	0,5–2 mm

A fenti értékek irányadóak, de a konkrét esetben a gyártó technológiájához és a gépparkhoz kell igazítani. [9]

Ráhagyás optimalizálása

A túl nagy ráhagyás felesleges megmunkálási időt és szerszámkopást eredményez, növeli a gyártási költségeket. A túl kicsi ráhagyás viszont nem biztosít elegendő tartalékot a hibák eltüntetésére, így selejthez vezethet. Ezért fontos a gyártási tapasztalatokon és próbákon alapuló, optimalizált ráhagyás meghatározása. [9]

Megmunkálási tartalékok szerepe

A megmunkálási tartalék fogalma részben átfedi a ráhagyását, de gyakran külön értelmezik, különösen akkor, ha több lépcsős megmunkálás történik (pl. durvamarás → félkész állapot → simítómarás). Ilyenkor minden megmunkálási lépésre külön tartalékot terveznek, melyek összege adja a teljes ráhagyást. [9]

1.5.5 Tipikus hibák az előgyártmány-tervezésben

Az előgyártmány-tervezés során elkövetett hibák nemcsak a gyártás hatékonyságát csökkenthetik, hanem selejtes termékekhez, szerszámtörésekhez és megnövekedett költségekhez is vezethetnek. Az alábbiakban a leggyakoribb hibákat ismertetjük.

Túlzott ráhagyás

A túl nagy ráhagyás feleslegesen növeli a megmunkálandó anyagmennyiséget, aminek több negatív következménye is van. Hosszabb gépidő akkor több anyagot kell eltávolítani, ami növeli a ciklusidőt. Szerszámkopás a felesleges forgácsolás gyorsabb szerszám elhasználódást eredményez. Túlmelegedés és alakhibák, a nagy anyagleválasztás miatt nő a hőbevitel, ami méret- és alakhűségi problémákat okozhat. Nagyobb selejtarány, a túlzott megmunkálás közben könnyebb túlhaladni a tűréshatárokon, vagy deformációt okozni. [9]

Alulméretezett előgyártmány

Az alulméretezett nyersdarab szintén kritikus hiba, hiszen nem biztosítható a teljes megmunkálás, a készméret nem érhető el, mivel nincs elegendő anyag a megfelelő felület kialakításához. Befogási problémák, nem marad elég anyag a rögzítéshez, ami gyártás közbeni elmozdulást okozhat. Furatráhagyás hiánya. Ha például egy furat már a nyersdarabban túl nagy, nem lehet belőle pontos belső átmérőt esztergálni. [9]

Nem megfelelő geometriai forma

Az előgyártmány alakja kulcsfontosságú a stabil rögzítés és az ütköztetés szempontjából. A hibás geometria az alábbi problémákat okozhatja: Megfogási nehézségek. Hiányoznak a párhuzamos vagy derékszögű felületek, amelyek szükségesek a stabil rögzítéshez satuval, pofákkal vagy más szorítóeszközökkel. Vibráció, rezgések. Ha az előgyártmány nem támaszkodik megfelelően, a rezgések miatt romlik a felületi minőség és a méretpontosság. Pontatlan kiindulási pozíció. Hibás vagy egyenetlen referenciacsúszlapok miatt a megmunkálás geometriai alapja is hibás lehet. [9]

Egyéb gyakori hibák

Anyaghibák figyelmen kívül hagyása. Az előgyártmányban lévő repedések, zárványok vagy feszültségek a megmunkálás során nyilvánvalóvá válhatnak. Túl rövid előgyártmány hosszirányban. Nem marad elegendő anyag levágáshoz vagy megfogáshoz. Előgyártmány és

gyártástechnológia összhangjának hiánya. Például mart alkatrészt köracélból kiindulva akarnak gyártani, ami feleslegesen bonyolítja a megmunkálást. [9]

1.6. A forgácsolás

A forgácsolás a legelterjedtebb megmunkálási mód az alkatrészgyártásban, melynek során az anyagfelesleget forgács formájában távolítják el. A módszer lényege, hogy az anyagból egy szerszám segítségével – amely lehet éles élű (pl. kés, maró, fűrő) – meghatározott alakú és méretű darabot választunk le. A forgácsolás mechanikai energiát használ, és a művelet során jellemzően hő is keletkezik, amely befolyásolhatja a megmunkált felület minőségét, a szerszám élettartamát és az alakpontosságot. [4]

A forgácsolási eljárások három fő csoportba sorolhatók: esztergálás, marás és fűrész (valamint ezek kombinációi), emellett ide tartoznak a köszörülési és precíziós megmunkálási módszerek is. A választott eljárás függ az alkatrész alakjától, az elérni kívánt pontosságtól, a darabszámtól, az anyag tulajdonságaitól és a gazdaságossági szempontoktól. [4]

A forgácsolás előnyei közé tartozik a magas méret- és alakhűség, a jó felületi minőség, valamint a rugalmasan alkalmazható gyártás – akár egyedi darab, akár tömeggyártás esetén. Hátránya lehet a viszonylag magas anyagvesztés és a keletkező hő, illetve forgács elszállításának szükségessége. A modern CNC gépek azonban jelentős mértékben csökkentették ezeket a problémákat, és automatizált rendszerek segítségével nagy pontosságú, sorozatgyártásra is alkalmas megmunkálást tesznek lehetővé. [31]

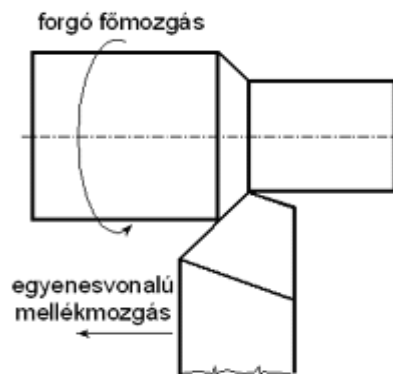
A forgácsolás során az optimális eredmény érdekében figyelembe kell venni a szerszám anyagát (pl. gyorsacél, keményfém, kerámia), a forgácsolási sebességet, előtolást, és a kenés- illetve hűtéstechnológiát. Az ISO 3002 szabványsorozat például a forgácsolási geometriák, szerszámszögek és erőhatások rendszerezését segíti, míg az ISO 13399 a szerszám adatok digitális kezelhetőségét teszi lehetővé. [31]

A technológia fejlődésével megjelentek az intelligens szerszámgépek, amelyek képesek valós idejű adatfeldolgozásra, szerszámkopás követésre és önálló beavatkozásokra is. Ez a tendencia a precíziós gyártás irányába tolja a forgácsolást, amely ma már nem csupán „anyagleválasztás”, hanem kulcsfontosságú eleme az ipari digitalizáció és automatizálás korszerű rendszereinek.

1.6.1 Esztergálás

Az esztergálás olyan forgácsolási eljárás, amelyet elsősorban forgástest alakú alkatrészek – például tengelyek, perselyek, hüvelyek vagy tárcsák – megmunkálására alkalmaznak. A művelet során egyélű szerszám segítségével történik az anyagleválasztás, ahol a forgács folyamatosan, állandó keresztmetszettel válik le a munkadarabról. (1.2. ábra)

1.2. ábra Esztergárga mozgás viszonyai



1.6.2. Egyetemes esztergagép és nagyoló kés

Az egyetemes esztergagépek a hagyományos forgácsológépek legelterjedtebb típusai, amelyek alkalmasak hengeres, kúpos és menetes felületek megmunkálására. E gépek előnye a sokoldalúság és a könnyű átállíthatóság, ami különösen fontos az egyedi és kis sorozatú gyártásban. A leggyakrabban alkalmazott típusok közé tartozik például az E1N, az SN 400 (1.3. ábra) vagy a C6250 esztergagép, amelyek kézi és automatikus előtolással is működtethetők. A gép fő részei közé tartozik a gépágy, a főorsóház, a szánszerkezet, valamint a tokmány, amely a munkadarab rögzítésére szolgál. A főmozgást a munkadarab forgása, az előtolást pedig a kés lineáris mozgása biztosítja. [3], [7], [38]

1.3. ábra SN 400-as egyetemes eszterga

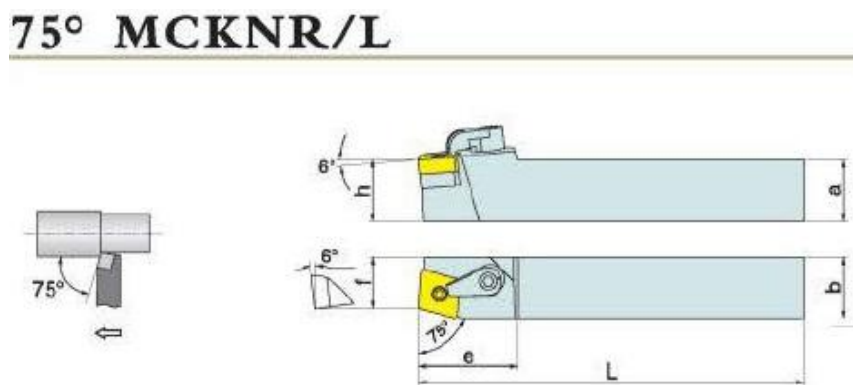


A nagyoló esztergálás célja a felesleges anyag gyors eltávolítása, így a szerszám kialakítása és élszögei ennek megfelelően durvább megmunkálásra optimalizáltak. A nagyoló kés jellemző élszögei a következők: homlokszög $\gamma = 6^\circ$, hátlap-szög $\alpha = 6^\circ$, vágóélszög $\beta = 75^\circ$. A beállítási szög (κ) 75° , ami lehetővé teszi a megfelelő forgácsleválasztást és a szerszám stabilitását. A

nagyoló kés anyaga keményfém lapkás kivitel, amely nagy kopásállóságot biztosít. A forgácsolási sebesség és előtolás értékét az anyag keménysége és a kívánt felületi minőség határozza meg. [5],[7], [38]

Az alumínium és POM-C megmunkálása esetén a nagyoló kés pozitív homlokszöge különösen előnyös, mivel segíti a forgács eltávolítását és csökkenti a tapadást a szerszámélen. A forgács rövid szakaszokban válik le, így kisebb a rezgésveszély, ami javítja a felületi minőséget. A nagyoló megmunkálás után a simító esztergálás kisebb előtolással és nagyobb sebességgel történik a pontos méret és sima felület eléréséhez. (1.4. ábra)

1.4. ábra Pozitív élszögű keményfém lapka, lapkatartóval



1.6.3. Hűtő-kenő folyadék felhasználása esztergálásnál

A forgácsoló megmunkálások során – különösen esztergálásnál – kiemelten fontos szerepet játszanak a hűtő-kenő folyadékok. Ezek az anyagok több funkciót is betöltenek egyszerre: egyrészt hűtik a szerszámot és a munkadarabot, másrészt csökkentik a súrlódást, kenést biztosítanak a vágóél és a munkadarab között, valamint elősegítik a forgács eltávolítását a vágási zónából. Ezen hatások révén jelentősen javítják a felületi minőséget, meghosszabbítják a szerszám élettartamát és csökkentik a termikus deformációk kockázatát. [33]

Alumínium megmunkálása során különösen előnyös a hűtő-kenő folyadékok alkalmazása, mivel az anyag hajlamos a szerszám éléhez tapadni, valamint jó hővezető képessége ellenére érzékeny a túlmelegedésre. E célra leggyakrabban vízbázisú emulziókat használnak, amelyek kis százalékban (5–10%) olajtartalmat is tartalmaznak. Ezek az emulziók kiváló hűtőhatást biztosítanak, és megfelelő kenőképességgel is rendelkeznek. Kisebb darabszámú, egyszerűbb megmunkálások esetén gyakran elegendő a felszintetikus vagy speciális alumíniumhoz kifejlesztett kenőolajok alkalmazása, melyeket permetezéssel vagy ecseteléssel lehet felvinni a

vágási zónába. Ezek előnye, hogy célozottabban adagolhatók, nem igényelnek zárt hűtőrendszert, és csökkentik a folyadékelvezetés szükségességét. [22], [33]

A hűtő-kenő folyadék kiválasztásánál figyelembe kell venni a megmunkált anyag típusát, a megmunkálási paramétereket (fordulatszám, előtolás, fogásmélység), a szerszámanyag típusát, valamint a technológiai célkitűzéseket (például felületminőség vagy mérettűrés). Fontos továbbá a megfelelő mennyiség és irány biztosítása: a folyadékot közvetlenül a vágási pontra kell juttatni, mérsékelt, de folyamatos áramlással, elkerülve a túlzott permetezést vagy elárasztást, különösen nyitott gépeken történő egyedi gyártás esetén. [22]

A jól megválasztott hűtő-kenő anyag jelentősen hozzájárul a megmunkálás minőségéhez, a gazdaságossághoz és a gépkezelő biztonságához is, ezért szerepe a korszerű forgácsolástechnológiában megkerülhetetlen. [33]

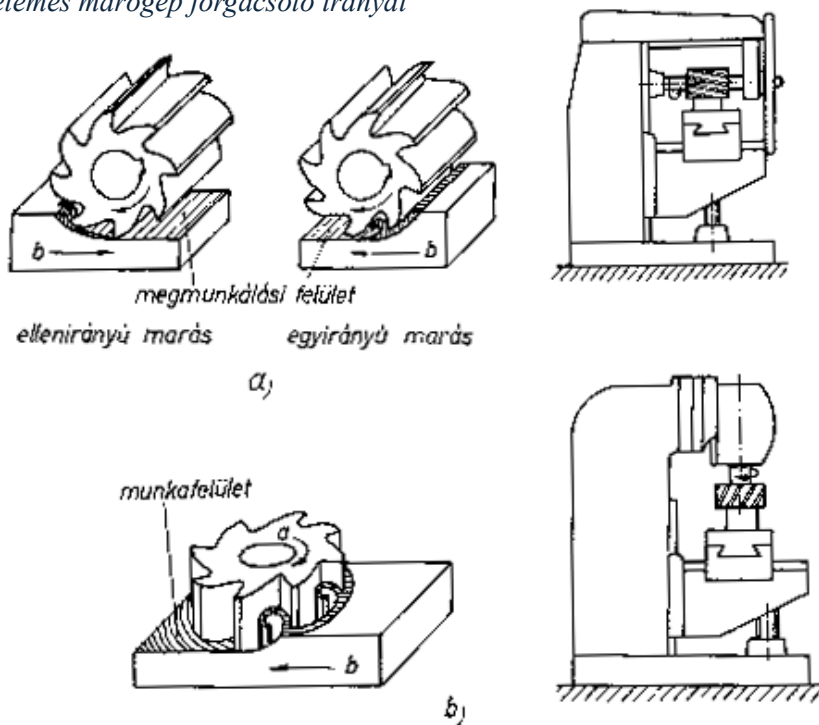
1.7. Marás

A marás egy sokélű forgácsolási eljárás, amely során a forgó mozgást végző szerszám (maró) leválasztja az anyagot a rögzített vagy mozgó munkadarabról. A forgácsoló élek szakaszosan érintkeznek az anyaggal, így a hőterhelés és a vágóerők egyenletesebben oszlanak el. A marással sík, hornyolt, ívelt vagy akár bonyolult térbeli felületek is előállíthatók. A főmozgást a szerszám forgása, az előtoló mozgást pedig általában a munkadarab végzi, CNC-gépek esetében ezt szervomotorok irányítják. A marási eljárások közé tartozik a síkmarás, homlokmarás, végmarás és profilmarás. Nagy pontossága és sokoldalúsága miatt a marás elterjedt eljárás az alkatrészgyártásban, különösen a szerszám- és gépgyártás területén. [31]

1.7.1 Egyetemes marógép és alakos szerszám

Az egyetemes marógépek a fémmegmunkálás alapgépei közé tartoznak, mivel különböző sík, horony és profilfelületek megmunkálására is alkalmasak. (5. ábra)

1.5. ábra Egyetemes marógép forgácsoló irányai



A gép főorsója forgatja a marószerszámot, miközben a munkadarab az asztalon három irányban mozgatható: hossz-, kereszt- és függőleges irányban. Az egyetemes marógépek (pl. FU-251, UWF 3) fő előnye a szerszámfej dönthetősége, amely lehetővé teszi a ferde vagy kúpos felületek megmunkálását. (1.6. ábra)

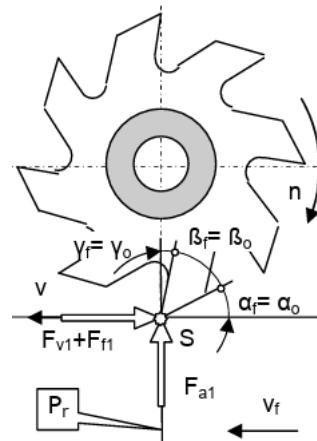
1.6. ábra UWF 3-as egyetemes marógép



A fogaskerekek, különösen a kúpfogaskerekek gyártása során gyakran alkalmaznak alakos szerszámokat. Az alakos maró olyan szerszám, amelynek profilja megegyezik a munkadarabon

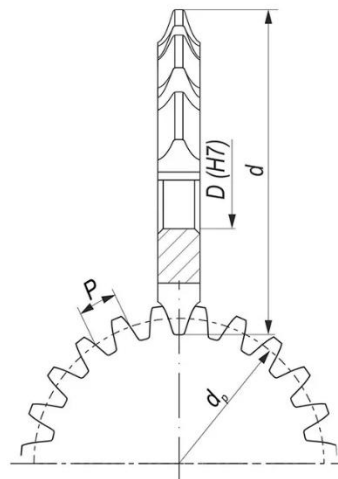
kialakítandó fog alakjával. A 3as modulú GOST 9140 – 3M No.5 szerszám élszögei: homlokszög $\gamma = +15^\circ$, a hátlap-szög $\alpha = 10^\circ$, a vágóélszög $\beta = 65^\circ$. Ezek az értékek biztosítják a jó forgácslefutást és a megfelelő felületi minőséget. Az alakos marószerszámok gyorsacélból vagy keményfém bevonattal készülnek, ami növeli élettartamukat és pontosságukat. (1.7. ábra)

1.7. ábra Több fogas alakos maró élszögei és a ráható erők



A marási folyamat során a forgácsleválasztás szakaszosan történik, ezért a hőterhelés kisebb, mint esztergálásnál, viszont a vágóéleknek ellen kell állniuk az ismétlődő igénybevételnek. Az alakos marásnál különösen fontos a precíz befogás, a megfelelő előtolás és hűtés biztosítása. Az alumínium megmunkálásánál hűtő-kenő emulziókat vagy minimálkenéses rendszert alkalmaznak a szerszám éltapadásának elkerülésére. [31]

1.8. ábra Alakos szerszám fogásban



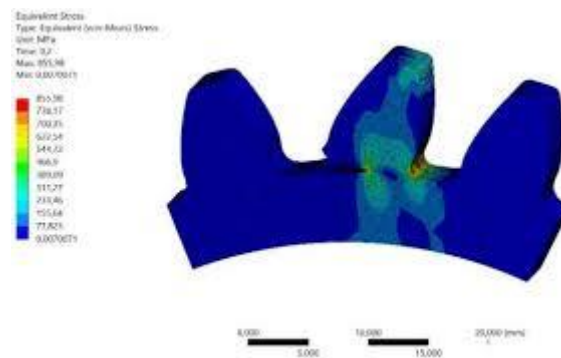
1.7.2 Hűtő-kenő folyadékok marásnál

A hűtő-kenő folyadékok szerepe ilyen megmunkálásnál is fontos. Alumínium esetében jellemzően vízbázisú, emulziós hűtőfolyadékot alkalmazunk, amely segít a hőelvezetésben, csökkenti a szerszámkopást és javítja a felületi minőséget. Az egytetemes marógépeken a hűtőfolyadék kézi vagy egyszerű szivattyús rendszerrel kerül a forgácsolási zónába.

1.8. A Véges Elem Módszer (VEM)

A Véges Elem Módszer (angolul *Finite Element Method*, FEM vagy FEA) egy numerikus eljárás, amelynek célja bonyolult geometriai formákon, anyagokon vagy terhelési körülmények között fellépő fizikai jelenségek – elsősorban mechanikai feszültségeloszlások, hővezetés, rezgések – közelítő megoldása. A módszer az analitikus megoldásokkal ellentétben lehetővé teszi összetett testek viselkedésének vizsgálatát, ezért a gépészeti tervezés és gyártás egyik legfontosabb eszközévé vált. (1.9. ábra)

1.2. ábra Végeselem módszer alkalmazása fogaskerekeknél



A VEM lényege, hogy a vizsgált kontinuumot (pl. egy gépelem térfogatát) kis, diszkrét elemekre bontják fel. Ezek az ún. „véges elemek” (háromszög, négyszög, tetraéder, stb.) a geometria egyszerűsített darabjai, amelyekre a fizikai törvényeket (pl. Hooke-törvény, Fourier-törvény) matematikai úton felírják, majd összekapcsolják őket egy globális egyenletrendszerrel. A végső eredmény a teljes test viselkedésének közelítő numerikus leírása. [34.]

A módszert először a repülőgépiparban fejlesztették ki az 1950-es–60-as években, de mára az autópiparban, építőiparban, orvostechikában, energetikában és az élelmiszeripari gépek tervezésében is széles körben alkalmazzák.

Az elemzés során tipikusan a következő lépéseket hajtják végre:

1. Geometria modellezés (CAD)
2. Hálózás – a test felosztása véges elemekre
3. Peremfeltételek és terhelések megadása
4. Számítás futtatása
5. Eredmények kiértékelése (feszültség, elmozdulás, biztonsági tényező stb.)

A VEM egyik legnagyobb előnye, hogy előzetesen képes kimutatni kritikus feszültséggyűjtő helyeket (9. ábra), ezzel segítve a megbízhatóbb és költséghatékonyabb alkatrésztervezést. Ugyanakkor a módszer nagy számítási teljesítményt igényel, és pontossága erősen függ a háló finomságától, az alkalmazott anyagmodell helyességétől és a peremfeltételek precizitásától. [34]

A gépipari gyakorlatban gyakran használatos programok a SolidWorks Simulation, ANSYS, Abaqus, COMSOL és Autodesk Inventor Nastran. E szoftverek segítségével gyorsan és vizuálisan is értelmezhető módon lehet szimulálni az alkatrészek működését és várható élettartamát. [

Összességében a VEM mára a korszerű műszaki tervezés szerves része, amely lehetővé teszi, hogy a termék még a prototípus gyártása előtt digitálisan bevizsgálható és optimalizálható legyen.

1.9 Fogaskerek

A fogaskerékhajtásban a fogaskerek fogazata hozza létre a tengelyek közötti kényszerkapcsolatot. A hajtás fő feladata a mozgás (például forgás vagy hosszirányú elmozdulás) és a nyomaték átvitele, illetve szükség esetén azok átalakítása. A mozgásátvitel az érintkező fogak révén alakul ki, tehát alakzárással valósul meg. Ennek során a hajtás nemcsak a mozgás irányát és formáját, hanem a kimeneti fordulatszámot is módosíthatja a bemenetihez képest. A fogazatból adódó kényszerkapcsolat miatt az áttétel a két tengely között pontosan meghatározott

1.9.1 Fogaskerekek csoportosítása

A fogaskerekeket alakjuk és fogazatuk, valamint tengelyük relatív helyzete szerint csoportosíthatjuk:

Geometriai alakjuk szerint:

- hengeres
- kúpos
- globoid
- Fogazatuk szerint:
 - egyenes
 - ferde
 - ívelt
 - nyílt fogazású

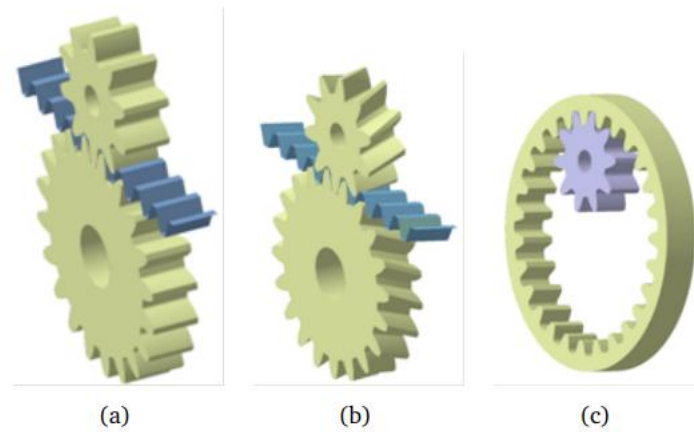
Tengelyük relatív helyzete szerint:

- párhuzamos
- kitérő
- metsző tengelyű

Párhuzamos tengelyelrendezés esetén, ha a fogazat a hengeres kerekek külső palástján helyezkedik el, külső fogazatú kerekekről beszélünk. Az ilyen fogazat tengellyel párhuzamos kialakítása miatt a fogak nem alkalmasak tengelyirányú (axiális) erők felvételére. Ebben az esetben a kapcsolódó kerekek ellentétes irányban forognak. A hengeres fogaskerekek készülhetnek ferde fogazattal is, ahol a fogak nem párhuzamosak a tengely tengelyével, hanem bizonyos szöveget zárnak be vele. Ennél a kialakításnál a fogak vonal mentén érintkeznek, és a ferdeség következtében axiális erők is fellépnek. A ferde fogazás egyenes fogazással szemben nyugodtabb és halkabb működést eredményez. (3.1. ábra)

Mi esetünkben is metsző tengelyeink vannak a tengely mindkét végén. Metsző tengelyelrendezés esetén a tengelyek közötti kapcsolat kialakítására kúpkerékeket alkalmazunk, amelyek többnyire külső fogazattal készülnek. A fogazat lehet egyenes, ferde, nyíl- vagy ívelt vonalvezetésű. A tengelyek által bezárt szög leggyakrabban 90° , de ettől eltérő értékek is előfordulhatnak. [24]

1.10.3. ábra a) egyenes fogazat, b) ferde fogazat, c) belső fogazat



2. Probléma bemutatása

2.1. Gép bemutatása

A rekonstrukciós terv alapjául szolgáló berendezés egy ZJ-TAL 24 típusjelzésű tallérekészítő gép (2.1.ábra). A gép a Szent István Campus Gépészmérnöki kar tulajdona. A gép több okból adódóan nem üzemelt már huzamosabb ideje. Én ezek a problémák közül a hajtásról vezérelt adagoló mechanizmus vezérmű tengelyét, illetve fogaskerék kapcsolatát választottam. A vezérmű tengely egy lassító kúp fogaskerék kapcsolattal, a főtengely felől van meghajtva. Ez a tengely átnyúlik a gépezet alatt és ott még 2 db tengely segítségével kapcsolódik az adagoló mechanizmushoz. A gép működése egyszerű szakaszos körmozgás. A gép közepén elhelyezkedő főtengely 2 másodperceként fordul 15° . A tengelyt egy állandó sebességgel forgó villanymotor hajtja. A 24db fűtött sütőpár egy teljes kör alatt 48 darab készterméket gyárt. Egy mechanikus úton, egy sínparra felfutó felsőlap felnyílik és egy kotró lap segítségével elválasztjuk a fémlaptól a kész tallért. Majd ez a képen látható csúszdán egy gyűjtő kosárba kerül. A sütő lapok üzemi hőmérséklete körül belül $120-160\text{ C}^\circ$. Ez a tézta sűrűségétől függ.

2.1 ábra ZJ-TAL 24 -es tallérekészítő gép (forrás: saját kép)



2.2. Alkatrész bemutatása

A vizsgált alkatrészt egy 16 mm átmérőjű, alumíniumból készült tengely alkotja (2.2..ábra), amelyhez két darab fogaskerék kapcsolódik. Ezek az elemek együtt alkotják a gép azon szerkezeti egységét, amely forgómozgás továbbítására és erőátvitelre szolgál az adott működési folyamat során. Hogy megvizsgálhassuk meghibásodásának okait szétválasztjuk a tengelyt a fogaskerekektől.

2.2. ábra Alkatrész elhelyezkedése a gépben



A tengely egy egyszerű kialakítás. Mivel alacsony fordulatszámon minimális nyomatékot visz át, illetve a tengely átmérőjének mérete se engedi meg hogy szabványos hornyot készítsünk így egy keresztirányú csavar is megteszi a nyomaték átvitelt. Két golyóscsapágy a feltámasztást biztosítja. A tengely anyaga EN AW-5754 (AlMg₃) szerkezeti elemekhez alkalmazott alumínium ötvözet. A gépelem közvetlen hőhatásnak nincs kitéve.

2.3. Problémák felmérése

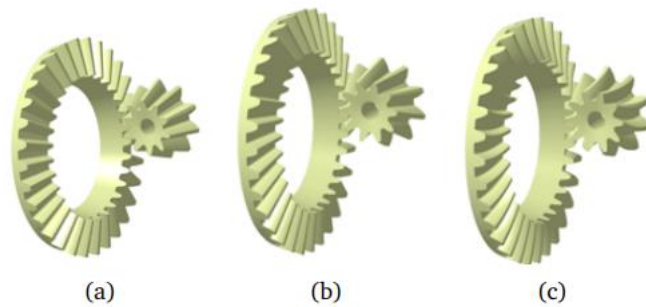
A tengely mivel a főtengellyel ellentétben nem szakaszosan mozog az általa megtett fordulatok száma sokszoros. Így fontos, hogy ennek az állapotát gyakran ellenőrizzük. A pontos működése azért fontos mivel, ha késik, avagy kopott a fogaskerék akkor nem jó időpontban fog adagolni, azaz „mellényomja” a tésztát. A tengelyen pedig a csapágyazás mentén kialakuló problémákat vesszük figyelembe. Ugyanis az alumínium jó hővezető képessége révén minimálisan, de tágul. Ez a csapágyak illesztésénél előjöhet de csak ingadozó vagy szakaszos működtetés mellett. Rendszeres használatnál mivel a gép folyton üzemihőmérsékleten van nem alakul ki az illesztéseknél hézag. Ezeket kritikus pontokat vizsgáljuk és tekintjük meg a kopás nyomait.

Szennyeződés gyakori lehet természetesen takarva vannak a hajtáslánc elemei, de az emberi hibát, valamint a tészta kiszámíthatatlan viszkozitás változása okozhat szennyeződése, a por és egyéb porállagú termékek, mint például a liszt mind hozzájárulnak az abráziós kopáshoz. Ugyanis a szilárd szemcsék egy zsírozott környezetben kitűnő abráziós közeget hoznak létre az eleve kopás érzékeny alkatrészeknél.

3. Rekonstrukciós tervezés

3.1 Kúpfogaskerék méretei

Ebben a fejezetben kizárólag azt az esetet tárgyaljuk, amikor a kúpfogaskerek tengelyei egymásra merőlegesen, azaz 90° -os szöget zárnak be. (3.2. ábra) A kerek kapcsolatát az 3.1. ábra Kapcsolódás metsző tengelyek esetén. Kúpfogazás a) egyenes, b) ferde, c) ívelt fogirány vonalú.



osztókúpok felülete biztosítja, ezen a felületen gördülnek el egymáson. Az osztókúpok félkúpszögeit δ_1 és δ_2 jelöli, és mivel a tengelyek derékszöget zárnak be, ezek összege:

$$\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ.$$

Az osztókörök, d_1 és d_2 , a C főpontban érintkeznek. A közös alkotójuk hossza R_e , amely megegyezik az OC szakasz hosszával. Az osztókörök átmérője a következőképpen alakul:

$$d_1 = m \cdot z_1 = 3 \cdot 17 = 51 \text{ mm}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 3 \cdot 29 = 87 \text{ mm}$$

A 6. ábra alapján felírható:

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{m \cdot z_2}{m \cdot z_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{29}{17} = u = i = 1,7$$

A nagykerék félkúp szöge:

$$\delta_1 = 90^\circ - \delta_2 = \arctan \left(\frac{z_1}{z_2} \right) \approx 30,38^\circ$$

A kúpfogaskerék fogfelületének gördülése visszavezethető egy hengeres fogaskerékpár gördülésére. A helyettesítő hengeres fogaskerek középpontjai O_1 és O_2 , osztókörsugaraik pedig r_{v1} és r_{v2} . Ez a 6. ábra beforgatott részén látható, és ezeket a köröket segédosztóköröknek nevezzük. Az alámetszés ellenőrzése ezek alapján egyszerűen elvégezhető. Egyenes fogazat és 20° -os kapcsolószög esetén a határfogszám 17. Az ellenőrzéshez először meghatározzuk a helyettesítő hengeres kis kerék fogszámát, majd ezt összevetve a 17-es értékkel eldönthető,

hogy az adott kúpfogaskerék alámetszett-e. A 6. ábra alapján a segédosztókörök sugarai az alábbi módon adhatók meg:

$$r_{v1} = \frac{r_1}{\cos \delta_1} = \frac{m \cdot z_1}{2 \cdot \cos \delta_1} = \frac{3 \cdot 17}{2 \cdot \cos 30,38^\circ} = 29,56 \text{ mm}$$

$$r_{v2} = \frac{r_2}{\cos \delta_2} = \frac{m \cdot z_2}{2 \cdot \cos \delta_2} = \frac{3 \cdot 29}{2 \cdot \cos 59,62^\circ} = 86,01 \text{ mm}$$

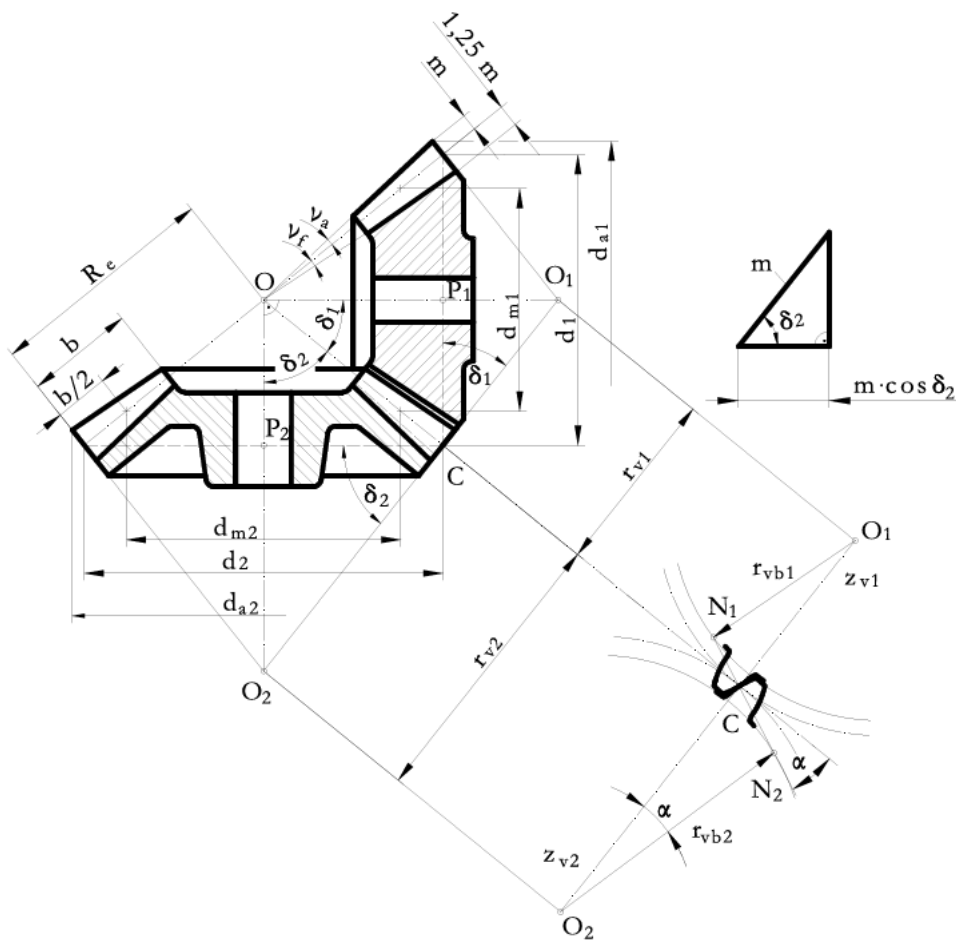
Modul meghatározása fogszámok segítségével:

$$r_{v1} = \frac{1}{2} m \cdot z_{v1} = \frac{3 \cdot 19,7}{2} = 29,56 \text{ mm}$$

$$r_{v2} = \frac{1}{2} m \cdot z_{v2} = \frac{3 \cdot 57,3}{2} = 86,01 \text{ mm}$$

ahol z_{v1} és z_{v2} kiegészítő fogszámok.

3.2. ábra Kúpfogaskerék hajtás jellemző méretei



Kisebb kúpfogaskerék kiegészítő fogszáma:

$$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} = \frac{17}{\cos 30,38^\circ} = 19,7$$

Egyszerű, elemi fogazat esetén a kúpfogaskerék alámetszettnek tekinthető, ha a helyettesítő fogsám, z_{v1} , kisebb mint 17. A kúpfogaskerek a fogazat iránya szerint lehetnek egyenes, ferde vagy ívelt fogazásúak. Az ilyen típusú fogazással rendelkező kerekeket gyakran alkalmazzák gépjárművek és vontatók differenciálműveiben, például a tányérkerekekénél. Legfőbb előnyeik közé tartozik a csendes működés, valamint a nagy áttétel biztosítása, amely kis fogsámú kerekekkel is könnyen elérhető. [5.sz.m.]

3.2 Fogaskerék szilárdsági méretezése

A szilárdsági méretezés a fogaskerekre ható mechanikai igénybevételek figyelembevételével történik, és összetett számítási feladatot jelent. Ennek során meghatározható a tengelytávolság, valamint a szükséges legkisebb modul értéke. A kiindulópontot a számításokhoz az átviendő névleges teljesítmény (P), illetve a bemeneti (n_1) vagy kimeneti (n_2) fordulatszám adja.

A csavaró nyomaték a bemenő tengelyen M_1 és a kimenő tengelyen M_2 :

$$M_1 = \frac{P}{\omega_1} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{250W}{2 \cdot \pi \cdot \frac{41 \frac{1}{min}}{60}} = 58,3 Nm$$

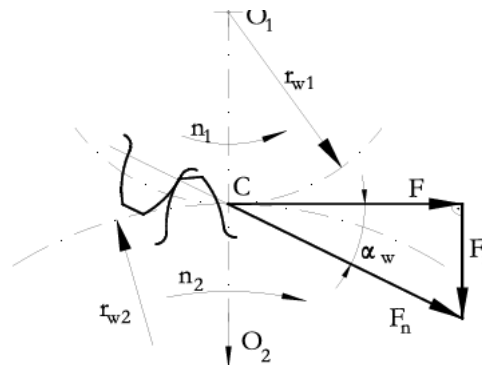
$$M_2 = \frac{P}{\omega_2} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n_2} = \frac{250W}{2 \cdot \pi \cdot \frac{24 \frac{1}{min}}{60}} = 99,5 Nm$$

Gördülő körön ébredő erő:

$$F = \frac{M_1}{r_{\omega 1}} = \frac{M_2}{r_{\omega 2}} = \frac{2 \cdot 58,3 Nm}{0,051} = 2286,3 N$$

A fogaskerek közötti erőátadás a kapcsolóvonal mentén történik, mégpedig a normálfogatóerő (F_n) révén. Ennek az erőnek egyik összetevője a kerületi erő, míg a másik komponens a radiális

3.3. ábra Egyenes fogazattal készült henger fogaskerék erőviszonyai



erő (F_r), ahogy az a 3.4. ábrán is látható.

Kerületi erőből kifejezve:

$$F = \frac{F_n}{\cos \alpha_w} \rightarrow F \cdot \cos \alpha_w = F_n = 2286,3 \cdot \cos 20^\circ = 2148,42 \text{ N}$$

$$F_r = F \cdot \tan \alpha_w = 2286,3 \cdot \tan 20^\circ = 832,15 \text{ N}$$

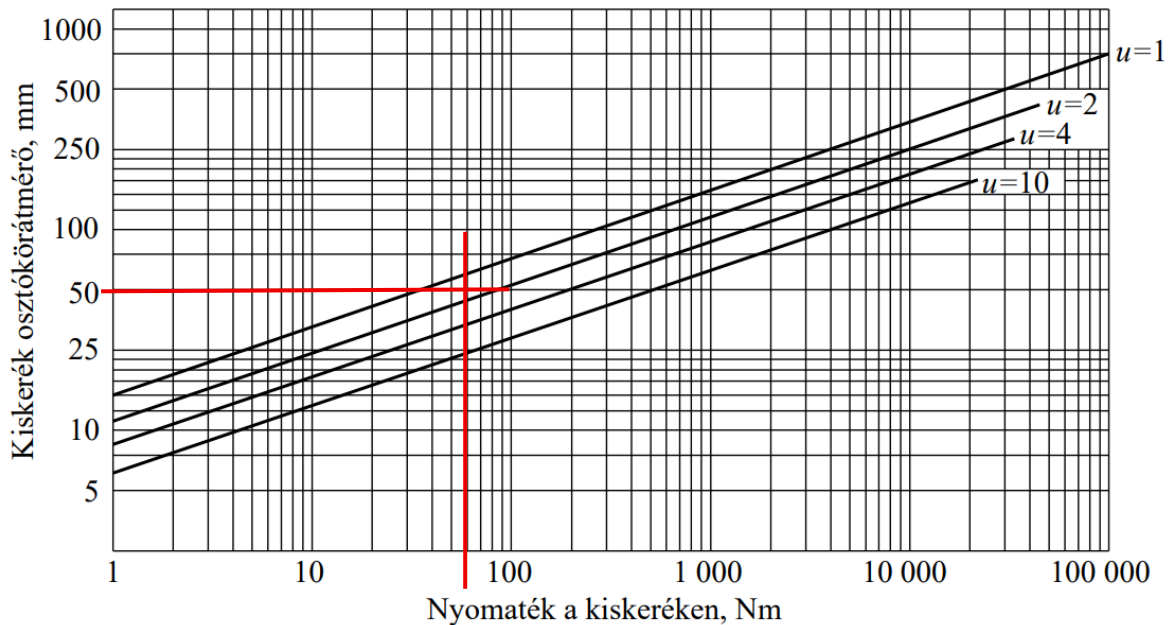
3.3 Kúp fogaskerek tervezése

Egyenes fogazatú kúpkerék esetében a minimális megengedett fogszám 12. A kúpkeréknél a kapcsolószög jellemzően 20 fok. Ha a kapcsolószög kisebb, az növeli a kapcsolószámot, csökkenti az axiális és radiális erőket, valamint vastagabb fejszalagot és szélesebb lábszalagot eredményez. Ugyanakkor a kisebb kapcsolószög fokozza az alámetszés kockázatát, növeli a fogtőfeszültséget, miközben csökkenti az érintkezési feszültséget.

Egyenes fogazat esetén az alámetszés elkerülhető 20° vagy nagyobb kapcsolószög mellett, ha a kiskerék legalább 14–16 foggal rendelkezik. 25°-os kapcsolószög esetén már 12 és 13 fogszám is elegendő lehet.

A kiskerék ajánlott osztókörmérete egy erre a célra készült diagram alapján választható ki. A megfelelő méretet elsősorban az érintkezési feszültség vagy a fogtőfeszültség határozza meg. A diagramok ívelt fogazatú kúpkerékekre vonatkoznak, és a méret meghatározása a nyomaték függvényében történik. Ezek az adatok 90 fokos tengelyszög esetén érvényesek. Az alkalmazott anyag 55 HRC keménységű, betétedzett acél.

3.4. ábra Kiskerék osztókörméret meghatározására alkalmas diagram



Betétedzett, ívelt fogazatú kúpkerékek esetén a kiskerék osztókörmérete a vonatkozó diagram alapján határozható meg. Amennyiben egyenes fogazatú típusú kúpkerékekről van szó, az osztókörméret növelni szükséges. Egyenes fogazatnál a diagram alapján kapott értéket 1,2-es szorzóval kell felszorozni.

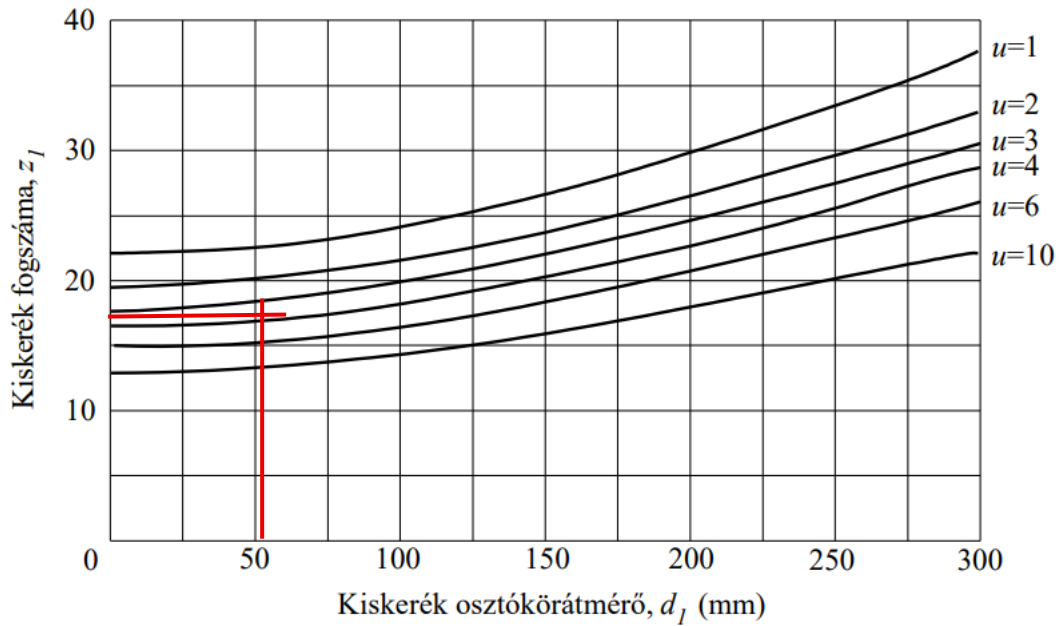
Statikus terhelésű fogaskerekek esetén jellemzően a fogtőhajlítás jelenti a legkritikusabb igénybevételt. Ha a fogaskerék statikus terhelés mellett rezgésnek is ki van téve, akkor a második diagram alapján leolvasott értéket 0,7-es szorzóval kell módosítani. Amennyiben a statikus terhelés nem jár rezgéssel, a szorzó értéke 0,6.

Ha a betétedzett fogaskerekek keménysége eltér az 55 HRc-től, a kiskerék osztókörmérete a megfelelő diagram alapján határozható meg, majd az értéket egy anyagtényezővel kell korrigálni.

- **CM = 0,85** betétedzett acél esetén, ha a keménység 60 HRc,
- **CM = 1,05 – 1,45** közötti érték, ha acélról van szó és a keménység 55 HRc-nél alacsonyabb,
- **CM = 1,95 – 2,1**, ha a nagykerék öntöttvasból, a kiskerék pedig acélból készül,

- **CM = 3,1**, ha mindkét fogaskerék anyaga öntöttvas.

3.5. ábra Fogszám meghatározására alkalmas diagram egyenes fogazású kúpfogaskerékhez



Homlokmodul meghatározása az osztókörátmérő és a fogszám segítségével:

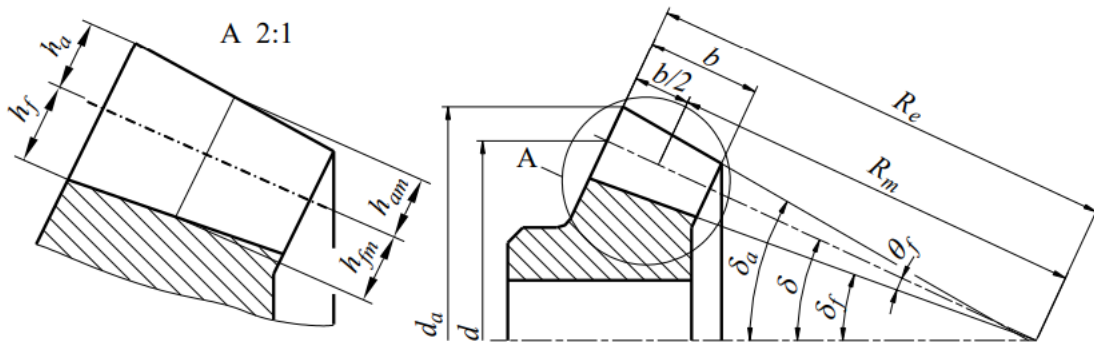
$$m_t = \frac{d_1}{z_1}$$

A modul értéke nem szabványos, mivel a fogazószerszámokat nem a szabványos modulsorozat alapján gyártják.

3.3.1 A keréktest és a fogazat méretei

Kúpfogaskerekeknél fontos figyelembe venni, hogy a fog magasság változik a szélesség mentén. θ szög meghatározása fontos, hogy a legkisebb fog magasságnál is megegyen az illesztési hézag, illetve elbírja a terhelést. (3.7.ábra)

3.6. ábra A keréktest és a fogazat méretei



3.4 Geometriai tervezés

A kúpfogaskerekek geometriai számításai során figyelembe kell venni az osztókúp méreteit, a tengelyek által bezárt szöget, valamint a fogazat jellemzőit, például a modult, fogszámot és kapcsolószöget. Az osztókúp félkúpszögei (p_1 és p_2) a tengelyszög alapján határozhatók meg, és ezekből következtethetünk az osztókörök átmérőjére is. További fontos geometriai paraméterek a fejkúp- és lábkúpszög, a fogmagasság, valamint a fog szélessége, melyek mind szükségesek a pontos gyártási és szilárdsági méretezéshez.

Osztókörátmérők számítása:

$$d_1 = m_t \cdot z_1$$

$$d_2 = m_t \cdot z_2$$

Külső osztókúphossz meghatározása:

$$R_e = \frac{d_1}{2 \cdot \sin \delta_1} = \frac{51 \text{ mm}}{2 \cdot \sin 30,38^\circ} = 50,42 \text{ mm}$$

Középső osztókúphossz számítása:

$$R_m = R_e - \frac{b}{2} = 50,42 - \frac{10}{2} = 45,42 \text{ mm}$$

Középső közös fogmagasság:

$$h_{wm} = k_1 m_t \frac{R_m}{R_e} \cos \beta_m = 2 \cdot 3 \cdot \frac{45,42}{50,42} \cos 0^\circ = 5,4 \text{ mm}$$

Fogmagasságtényező: $k_1=2$,

Lábhézag:

$$c = k_2 \cdot h_{wm} = 0,125 \cdot 5,4 = 0,675, \text{ ahol } k_2 = 0,125$$

Középső fejmagasság tényező:

$$c_1 = 0,21 + \frac{0,29 \cdot z_1 \cos \delta_2}{z_2 \cos \delta_1} = 0,21 + \frac{0,29 \cdot 17 \cdot \cos 59,62^\circ}{29 \cdot \cos 30,38^\circ} = 0,31$$

Középső fejmagasság:

$$h_{am1} = (1 - c_1) h_{wm} = (1 - 0,31) \cdot 5,4 = 3,726 \text{ mm}$$

$$h_{am2} = c_1 h_{wm} = 0,31 \cdot 5,4 = 1.674 \text{ mm}$$

Középső fogmagasság:

$$h_m = c + h_{wm} = 0,125 + 5,4 = 5,525 \text{ mm}$$

Középső lábmagasság:

$$h_{fm1} = h_m - h_{am1} = 5,525 - 3,726 = 1,8 \text{ mm}$$

$$h_{fm2} = h_m - h_{am2} = 5,525 - 1,674 = 3,851 \text{ mm}$$

Főlábszög:

$$\theta_{f1} = \arctg\left(\frac{h_{fm1}}{R_m}\right) = \arctg\left(\frac{1,8}{45,42}\right) = 2,27^\circ$$

$$\theta_{f2} = \arctg\left(\frac{h_{fm2}}{R_m}\right) = \arctg\left(\frac{3,851}{45,42}\right) = 4,86^\circ$$

Fejkúpszög:

$$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{f2} = 30,379 + 2,27 = 33,78^\circ, \quad \delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{f1} = 59,62 + 4,86 = 63,02^\circ$$

Lábkupszög:

$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1} = 30,379 - 2,27 = 26,29^\circ, \quad \delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2} = 59,62 - 4,86 = 55,53^\circ$$

3.4.1 Szilárdsági ellenőrzés

A fogaskerek szilárdságát leggyakrabban az érintkezési feszültség vagy a fogtőfeszültség korlátozza. Lassan forgó fogaskerek esetén, amikor a kerületi sebesség nem haladja meg a 0,5 m/s értéket, a kopás jellemző károsodási forma. Ezzel szemben a nagy fordulatszámú és erősen terhelt fogaskerek esetében gyakori meghibásodási ok a berágódás.

Érintkezési feszültség számítása:

$$\begin{aligned} \sigma_c &= C_p C_b \sqrt{\frac{2000 T_D C_a}{C_v} \cdot \frac{1}{b d_1^2} \cdot \frac{C_s C_m C_{xc} C_f}{I} \left(\frac{T_1}{T_D}\right)^z} \\ &= 0,1918 \cdot 1 \sqrt{\frac{2000 \cdot 99,5 \cdot 10^3}{1} \cdot \frac{1}{10 \cdot 51^2} \cdot \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{0,09} \left(\frac{99,5 \cdot 10^3}{99,5 \cdot 10^3}\right)^1} = 55,9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ahol,

σ_c – érintkezési feszültség, [MPa]

C_p – rugalmassági tényező, [MPa^{1/2}]

C_b – feszültség-kiegyenlítési tényező [-],

$C_b = 0,634 TD$ = tervezési nyomaték, [Nm] (Optimális hordképet adó nyomaték)

T_1 – működő nyomaték a kiskeréken, [Nm].

Feltételezzük, hogy $T_1 = TD$

C_a – külső dinamikus tényező

C_v – belső dinamikus tényező

b – fogszélesség, [mm]

d_1 – kiskerék osztókörátmérője, [mm]

C_s – mérettényező, $C_s = 1$.

C_m – terhelés-eloszlási tényező

C_{xc} – foghossz-menti korrekciós tényező,

$C_{xc} = 1,5$ lokalizált hordkép esetén.

C_f – felületminőségi tényező, $C_f = 1$ jó minőségű felületek, bejáratott fogazat esetén.

I – geometriai tényező.

z – terhelési kitevő, $z = 1$ lokalizált hordképre, $T_1 = TD$ feltételezéssel

3.5 Tengelyen való rögzítés

Több problémába is ütközünk a fogaskerék rögzítésénél. Az eredeti darab elkészítése rengeteg anyag felesleggel lenne kialakítva így átdogozott fogaskerék méretei megváltoztak így új rögzítés kellett kitalálni. Az új rögzítés egy kúpos rögzítést melyet egy 2 kúpos acélgyűrűs betéttel rögzítünk a tengelyen. Ennek a következő képen folyt a méretezése és számítása.

Adatok a következő képen állnak elő:

Nyomaték: $M_1 = 99,5 Nm$

Kúpszög: $\alpha = 11,31^\circ \rightarrow \tan(\alpha) \approx 0,200$

Effektív súrlódás: $\mu = 0,15 \rightarrow \mu_{eff} = \mu + \tan(\alpha) = 0,350$

Acélgyűrűk átlagos átmérője: $d_m = \frac{13+15}{2} = 14 mm = 0,014 m$

Csavarok száma: 4 db

Szükséges teljes axiális erő:

$$F_a = \frac{2M_1}{\mu_{eff}d_m} = \frac{2 \cdot 99,5}{0,350 \cdot 0,014} \approx 40,5 \text{ kN}$$

Ez a teljes erő amit a kúpokra kell kifejteni tengely irányba, hogy átvigyék a nyomatékot. mivel szerencsére nem egy csavarral kell kifejteni ezt az erőt ezért ez megoszlik.

Csavaronkénti erő:

6 csavar esetén

$$F_{csavar} = \frac{F_a}{6} = \frac{40,5 \text{ kN}}{6} \approx 6,77 \text{ kN/csavar}$$

Ez megadja, hogy csavaronként mekkora erőt fejtünk ki a rendszerre, ez egy nagy erő így nagyobb csavarokat kellene alkalmaznunk például 8.8 M5-M8.

Csavar meghúzási nyomaték:

$$M_{cs} = K \cdot F_{csavar} \cdot d = 0,2 \cdot 6,77 \cdot 10^3 \cdot 0,005 = 6,77 \text{ Nm}$$

Itt fontos figyelni, hogy a meghúzási rend mindig keresztbe kell megtenni:

$$1 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 3 \rightarrow 6$$

Így elkerülve, hogy a fogaskerék ne feszüljön meg a tengelyen felhelyezéskor és merőleges maradjon a tengellyel.

3.6 Fogaskerék legyártásának lépései

Most megtervezem lépésről lépésre, hogy hogyan készítem el a fogaskereket. A kezdő munkadarab tömböt a legnagyobb külső határozza meg. Jelenleg az 90,03 mm átmérő tehát ráhagyással egy 95 mm átmérőjű kör acéllal már megfelelő vagyok. Ebből egy 35mm vastag anyagot vágok le. Amit majd megtudok esztergálni. 3 pofás tokmány pofával befogom a darabot 15 mm-es kilógással. A nagyolt felület Ø91 mm a kívánt felület pedig Ø90,03 mm. A felületi érdesség Ra=3,2 µm. Az anyagom EN AW-6082 T6 alumínium ezért olyan szerszámot kell választanom, ami megfelel az anyag megmunkálásához. A lapkának jó forgácstörő képességgel kell lennie és polírozottnak ugyanis az alumínium hajlamos, hogy feltapadjon a szerszám élére

és ezzel elzárja a forgácsoló élt. SNMG120408 típusú lapkát használok, amit tipikusan alumínium megmunkálására használnak. $V_c=250$ m/min az alumíniumhoz megfelelő.

3.6.1 Esztergálás számítások

Előtolás kiszámítása:

$$f = \sqrt{13 \cdot Ra \cdot r_\epsilon} = \sqrt{13 \cdot 0,0032 \cdot 0,4} = 0,129 \text{ mm/ford}$$

Ez az érték a simítás utáni felületi minőséghez tartozik. Így nagyolásakor akár a duplája is beállítható.

Fordulat számítása a forgácsoló sebességhez:

Nagyoláshoz:

$$N_1 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} = \frac{250 \cdot 10^3}{\pi \cdot 95} = 837,65 \frac{1}{\text{min}} \approx 840 \text{ 1/min}$$

A gépen beállítható legközelebbi sebesség a 900 1/min szóval az újra számolt forgácsoló sebesség:

$$N_1 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} \rightarrow V_c = \frac{N_{\text{gépi}} \cdot \pi \cdot d}{10^3} = \frac{900 \cdot \pi \cdot 95}{10^3} = 268,6 \text{ m/min}$$

Simításhoz:

$$N_2 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} = \frac{300 \cdot 10^3}{\pi \cdot 91} = 1049,37 \frac{1}{\text{min}} \approx 1050 \text{ 1/min}$$

A gépen beállítható legközelebbi sebesség a 900 1/min szóval az újra számolt forgácsoló sebesség:

$$N_2 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} \rightarrow V_c = \frac{N_{\text{gépi}} \cdot \pi \cdot d}{10^3} = \frac{900 \cdot \pi \cdot 91}{10^3} = 257,29 \text{ m/min}$$

Most, hogy ki alakítottam a palást felületet egy központ fúrót használva kialakítom egy bekezdést majd egy 13-as fúróval kialakítom a furatot. Ezt egy 15-ös fúróval kibővíttem. Majd egy dörzsárral végső méretre dolgozom. A fúrást ugyan azon a fordulatszámon fogom megtenni, mint a nagyolást a palást felületen. A dörzsárazáshoz pedig növelt fordulatszámmal kézi előtolással végzem el.

Most, hogy van egy belső furatom, a kést úgy fogom be, hogy a furat felől kifelé választok le anyagot. A furat segíti, hogy könnyebb legyen megmunkálnom a homlok felületet. Ám mivel

közel járok már az anyag közepéhez. Ahhoz, hogy meglegyen a megfelelő forgácsoló sebesség, meg kell növelnem a fordulatszámot. Mivel ezen a felületen nincs előírt felületi érdesség, ezért csak nagyolok és csak a végleges méretre összpontosítok.

Nagyolás fordulatszámának kiválasztása:

$$N_3 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} = \frac{250 \cdot 10^3}{\pi \cdot 15} = 5305,17 \frac{1}{min} \approx 5300 \frac{1}{min}$$

Mivel ekkora sebességet nem tudok beállítani a gépen, így fontos, hogy csökkentsem az előtolást, illetve a fogásmélységet. A gép terhelés túlzott nagyságának elkerülése érdekében 900 1/min fordulatszámot alkalmazom.

A valós forgácsoló sebesség a követe kéztőképpen jön ki:

$$N_3 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} \rightarrow V_c = \frac{N_{g\acute{e}pi} \cdot \pi \cdot d}{10^3} = \frac{900 \cdot \pi \cdot 15}{10^3} = 42,41 \text{ m/min}$$

Ez természetes jóval kevesebb int az ajánlott így fontos elővigyázatosan dolgozni.

Most, hogy megvagyok az alapbeállításokkal és elkészítettem a felületet, át kell állítanom a kéziszánomat a félkúpszög értékére. A fogaskerék külső félkúpszöge 62,95°, ezt 63°-ra kerekítem. A kéziszánt fel kell lazítanom, majd a beosztások szerint beállítanom a kívánt szöget, végül ismét lerögzítenem. A kúp belső legkisebb átmérője Ø72,18 mm, a külső legnagyobb átmérője Ø90,03 mm. A kisebbik értékkel számolva biztosíthatom, hogy a forgácsoló sebesség mindig elegendő lesz.

Fordulatszám meghatározása.

$$N_4 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} = \frac{250 \cdot 10^3}{\pi \cdot 72,2} = 1102,18 \frac{1}{min} \approx 1100 \frac{1}{min}$$

Ehhez a fordulatszám értékhez a gépet 900 1/min fordulatszámra állítom. Így változik a forgácsoló sebesség:

$$N_4 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} \rightarrow V_c = \frac{N_{g\acute{e}pi} \cdot \pi \cdot d}{10^3} = \frac{900 \cdot \pi \cdot 72,2}{10^3} = 204,14 \text{ m/min}$$

Most, hogy kész az alkatrészem, eltávolítom a maradék anyagot és leválasztom a kész terméket. A leszúrás lesz az esztergálás utolsó mozzanata. Ez egy kritikus folyamat, mivel a szerszám vékony, és ha a lapka már nem megfelelő, eltörheti nem csak a lapkát, hanem a lapkatartót is. A folyton változó átmérő szintén nehezíti a megmunkálást.

Leszúrás lépés számítása:

Előtolás: $f=0,15$ mm/ford

Szerszám szélessége: $b=2,2$ mm

Keresztmetszet:

$$A_c = b \cdot f = 2,2 \text{ mm} \cdot 0,15 = 0,33 \text{ mm}^2$$

Fajlagos forgácsolóerő: $K_c = 100-120$ N/mm²(anyag függő)

$$F_c = K_c \cdot A_c = 120 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,33 \text{ mm}^2 = 39,6 \text{ N}$$

Forgácsoló sebesség meghatározása:

$$N_5 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} \rightarrow V_c = \frac{N_{g\acute{e}pi} \cdot \pi \cdot d}{10^3} = \frac{900 \cdot \pi \cdot 15}{10^3} = 42,41 \text{ m/min}$$

Ez a forgácsolóerő a vágás legutolsó pillanatában hirtelen nő meg, ugyan is csökken a sebesség és ez által egyre nehezebben halad a kés. [1.sz.m.]

Ezek után az alkatrészt kézzel lesorzajom, majd áthelyezem a marógépbe. Egy 3 pofás satut elhelyezek a gépasztalon. Egy főorsóba befogható mérőórával megkeresem az alkatrész közepét. Ezután X irányban az asztalon pozitív irányba 15 mm-t elmozdulok és fúrok egy 4,2-es furatot. Ez fogja biztosítani, hogy a munkadarabom ne forogjon el a készülékben.

A készüléket a gépben úgy állítom be, hogy a fogmeder félkúpszögének megfelelő szögben álljon. Két oldalról bemérem egy ismert méretű fúróval és egy cigarettalappal vagy hézagoló lemezzel. Fontos figyelembe venni, hogy mindkét segédanyagnak van vastagsága, ezért azt is bele kell számolnom a beállításba. Az első érintés után megadom, hogy a főorsó hol helyezkedik el a készülék középvonalától. Itt lenullázom az asztal helyzetét. Ez nem más, mint a szerszám sugara és a segédanyag vastagsága mínuszban. Ezután átemelem a szerszámot a készülék másik oldalára és megismétlem a mérést. Az adott értékből kivonom a szerszám átmérőjét és a segédanyag vastagságát kétszer, majd a maradékot elosztom kettővel, és oda állok be, ahol ismét lenullázom az asztal helyzetét. Így a készülék középvonala felel meg a nulla pozíciónak. [3.sz.m.]

A készülék tehát a helyén van, most elhelyezem rajta a munkadarabomat. A rögzítést egyszerűen végzem: a munkadarabot felfűzöm a készülék csapjára, majd a rögzítőcsavarral forgás ellen rögzítem, ezután a csap felől egy rugós alátéttel és egy M12-es anyával

tengelyirányban is rögzítem. Most, hogy a munkadarabom a készülékben van, a készülék pedig bemérve a helyén, megkezdhetem a megmunkálást. A fogakat egyesével egy profilmaróval fogom elkészíteni. A technológiai számításnál a szerszám átmérőjét veszem figyelembe. A fordulatszámot tehát ahhoz számolom ki. [4.sz.m.]

Fordulatszám meghatározása:

Szerszám átmérője $d=71$ mm

Fogak száma: $z=12$

Forgácsoló sebesség: $V_c=120$ m/min (szerszám HSS)

$$N_6 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} = \frac{120 \cdot 10^3}{\pi \cdot 71} = 537,98 \frac{1}{\text{min}} \approx 550 \frac{1}{\text{min}}$$

Biztos munkavégzés érdekében 550 1/min fordulatszámra állítva fogom elvégezni a megmunkálást:

$$N_6 = \frac{V_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} \rightarrow V_c = \frac{N_{g\acute{e}pi} \cdot \pi \cdot d}{10^3} = \frac{550 \cdot \pi \cdot 71}{10^3} = 122,7 \text{ m/min}$$

Ez még mindig a megfelelő gyártás technológia követelmények között van.

Fogankénti előtolás megengedett mennyisége: nagyolásnál $f_z = 0,06$ mm/fog, az utolsó fogásnál pedig 0,04 mm/fog előtolást alkalmazok. A fogásmélység 2 mm lesz, a simítási fogás pedig 0,53 mm. Olajkenést érdemes biztosítanom, mert ez jelentősen megnöveli a szerszám élettartamát, megkönnyíti a jó felületi minőség elérését, és a káros rezgések kialakulása ellen is véd. [2.sz.m.]

Nagyolás gépi asztalelőtolás:

$$f_n = z \cdot f_z = 12 \cdot 0,06 = 0,72 \text{ mm/ford}$$

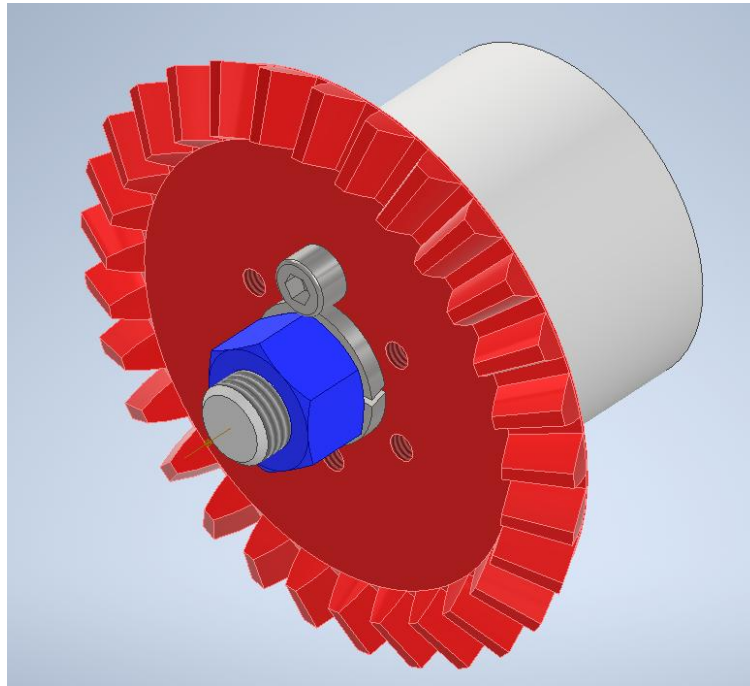
Simítás gépi asztalelőtolás:

$$f_s = z \cdot f_z = 12 \cdot 0,04 = 0,48 \text{ mm/ford}$$

3.7 Készülék tervezés

A készülék célja, hogy egy kis egyedi fogaskerék legyártását elősegítse. A fogaskerék geometriája megnehezíti a gyártását egyetem gépeken. Így szükségünk van készülékre, hogy pontos és biztosabb legyen a gyártás. A cél hogy a fogaskereket belehessen fogni egy 3 pofályú tokmánnal ellátott osztóműbe.

3.7. Összeállított készülék alkatrészrel.



Műszaki követelmények:

Funkcionális követelmények: A készüléknek pontosan kell rögzíteni és magába foglalni a fogaskereket és lehetőleg legkevesebb mozgásteret adni neki. Mivel nagy felületen fekszik fel a hát lapon és egy illesztett tőrészelt csapon csatlakozik a rendszeren.

Geometriai követelmények: A csap H7-es tűrést kapott, illetve a felületi minősége is finom esztergált legyen. A csap és a felfekvő felület merőlegeségét is előírtam, hogy 0,05 mm eltérés lehet a merőlegestől.

Anyagtechnológia követelmények: A készülék maga tömör szén acélból készül. Ez jó rezgés elnyelés és keménységet ad ahhoz, hogy többször is használható legyen. Hőkezelést nem igényel ugyanis az anyagpárosítás nem igényel ekkora felületi keménységet.

Gyártástechnológia követelmények: A gyártást egy egyetem esztergán ellehet végezni. A homlok felületen lévő furat egyetem maró vagy oszlopos fűrőgéppel lehet elkészíteni. Majd kézi menetmaróval ellehet készíteni a furatot benne. Finom esztergálással kell elkészíteni a

felfekvő homlok felületet, illetve a tűrésezett csapot. ISO 2768 szabvány alapján a többi méretnek is az alaptűrésnek meg kell felelnie.

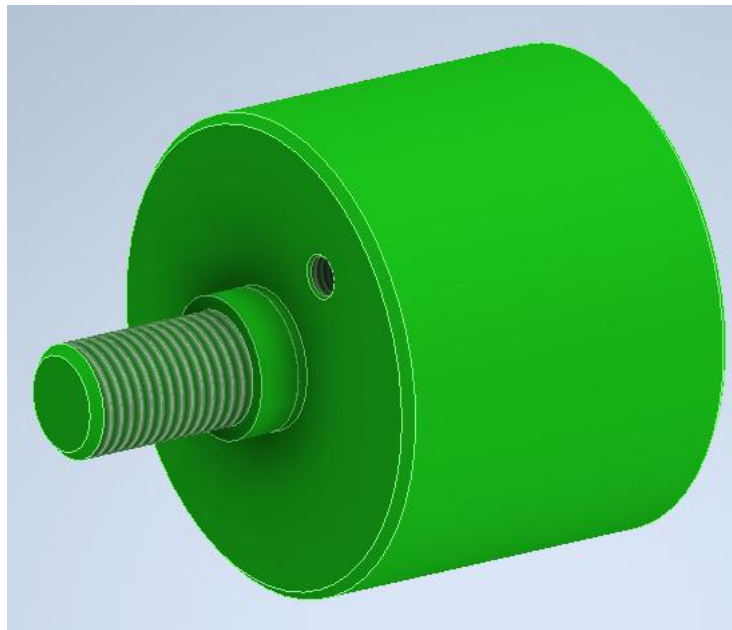
Készülék alkalmazása:

A készüléket egy osztóműben kell elhelyezni egy 3 pofás tokmányban. A készüléken a munkadarabot a következőképpen kell rögzíteni. A dörzsárazott munkadarabot a középső furatán keresztül kell felfűzni. Majd, hogy a forgást megakadályozzuk tengely irányban az egyik rögzítő furaton keresztül behajtunk egy M5s csavart. Miután fixáltuk a munkadarabot forgás ellen egy rúgós alátét és egy M12 es anya rögzíti tengelyirányú mozgás ellen. Miután ez megtörtént akkor, ha lehetséges az osztóművet döntöm meg a megfelelő szögben. Ha ez nem lehet akkor a marógép gépasztalát kell megdönteni.

Készülék:

A készüléktervezés alapelve, hogy a készülék biztosítsa a munkadarab pontos, ismételhető és stabil rögzítését, megfelelve a megmunkálás pontossági igényeinek. A szerkezet legyen merev,

3.8. ábra Készülék test



megbízható és biztonságosan kezelhető. Fontos a gazdaságos, egyszerű felépítés, a szabványos elemek alkalmazása és a könnyű karbantarthatóság. A kezelhetőségnek ergonomikusnak, a működésnek gyorsnak és üzembiztosnak kell lennie. A tervezés során a pontossági, szerkezeti és biztonsági szempontokat egyaránt figyelembe kell venni.

Biztonsági előírás:

A marókészülék biztonságos használata érdekében a kezelőnek minden esetben meg kell győződnie a munkadarab és a készülék stabil rögzítéséről a megmunkálás megkezdése előtt. A készüléket csak megfelelően működő, hibátlan alkatrészekkel szabad üzemeltetni. A forgó szerszám közelében tilos a kézzel történő beavatkozás, a beállítást és a munkadarab cseréjét csak a gép leállítása után szabad végezni. A kezelőnek kötelező a védőfelszerelés (védőszemüveg, kesztyű, munkaruházat) viselése. A készülék környezetét tisztán, akadálymentesen kell tartani a balesetek megelőzése érdekében.

4. Szimulációs vizsgálat Ansys Workbench segítségével

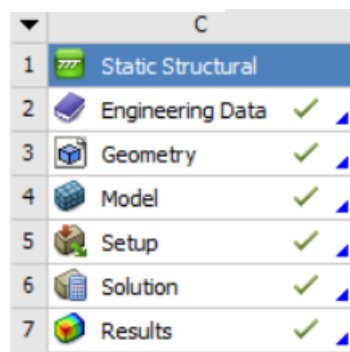
Ez a vizsgálat megkönnyíti és bizonyítja, hogy a méretezésünk helyénvaló, illetve megadja a lehetőséget, hogy megvizsgáljuk a rendszerünk gyenge pontjait. Fontos figyelembe vennünk hogy a program is csak akkor ér valamit, ha a felhasználó képes felismerni, hogy a program hibájából vagy a beállításaival vannak a problémák. Hibás beállítás valótlant is állíthat. Megfelelő rálátás nélkül és a programba beépített segéd funkciók félre vezetőek is lehetnek. Esetenként a szimuláció felnagyítja a torzulásokat, amik hatalmasnak tűnhetnek, ám ez csupán csak segít, hogy megértsük a rendszer deformációját.

4.1 Program beállítása

4.1.1. Rendszer típus kiválasztása

Először meg kell határoznunk, hogy a vizsgálandó esemény milyen típusú. Mivel egy szerkezeti elem torzulását és a benne fellépő feszültségekre vagyunk kíváncsiak így a „Static Structural” (4.1. ábra) típusú rendszert választjuk. Ne zavarjon minket, hogy statikus a rendszer elnevezése ennek ellenére mozgó rendszereket is vizsgálhatunk benne.

4.1. ábra "Static structural" rendszer felépítése



4.1.2. Anyagtípus beállítása

Második lépésként az „Engineering Data” fülben beállíthatjuk az anyagunk mechanikai tulajdonságait. Az anyagunknak meg kell adnunk a sűrűségét, a Young modulusát és Poisson

4.2. ábra EN AW-6082 T6 anyag adatlapja

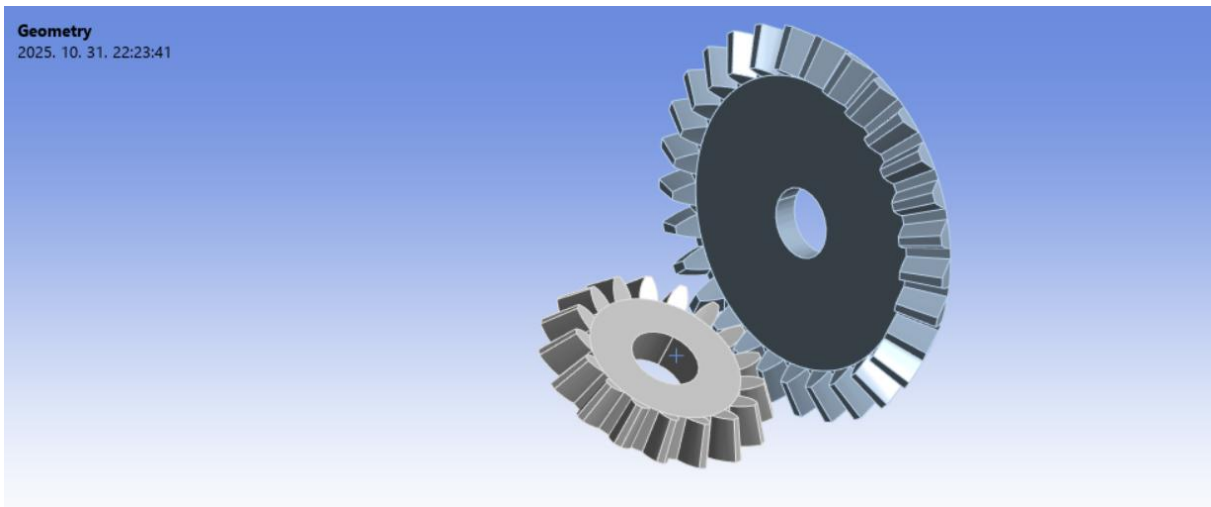
Properties of Outline Row 3: EN AW-6082 T6				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	2700	kg m ⁻³	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's Modulus an...		
6	Young's Modulus	70	GPa	
7	Poisson's Ratio	0,33		
8	Bulk Modulus	6,8627E+10	Pa	
9	Shear Modulus	2,6316E+10	Pa	

tényezőjét kell megadni. Mivel a konkrét anyagunk nincs benne a rendszerben ezért mi készítünk neki egy adat lapot. (4.2. ábra)

4.1.3. Geometria meghatározása

Most, hogy megvan az anyagunk meg kell határozni a geometriát. Az Inventor programban létre hozott 3Ds modellt (4.3.ábra) „stp(STEP)” formátumban exportáltuk majd importáljuk a programba. Ezzel több feladatunk nincs is megyünk tovább a modellhez és annak beállításához ugyanis itt történik a rendszert érő terhelések és kikötések meghatározása.

4.3. ábra Nyers modell

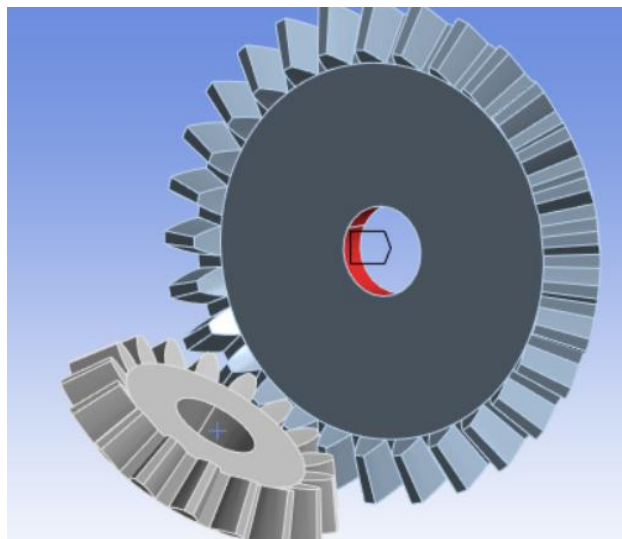


4.1.4. Modell felépítése

Most először meghatározom a pontokat és felületek, amiken elhelyezem terheléseket és a kikötéseim. A nagyobbik fogaskerék belső furatának a középpontjában elhelyezek egy „Remote

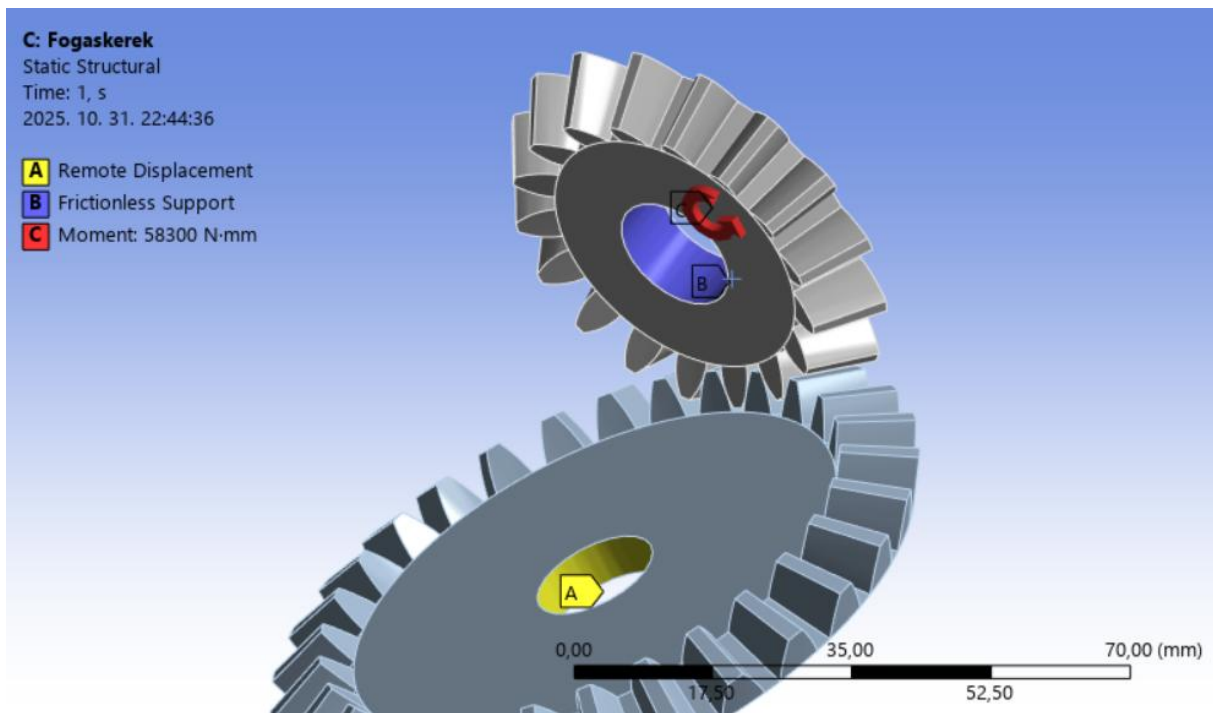
4.4. ábra "Remote point" legyezése a furat középpontjában

Points” pontot. Ez szolgál arra hogy a nem feltüntet tengely által kifejtett kikötésüket rá tudjam egyszerűbben tenni.



Ezután a jöhetnek a kikötések. Három darab kikötéssel az egész rendszert képes voltam szimulálni. Egy „Remote Displacement”, egy „Frictionless Support”, és egy „Moment” beállításával kész is volt a rendszer mozgásai és kikötését meghatároznom. A „Displacement” segített hogy a tengely befolyásoló hatását és a tengelyen való rögzítést szimuláljam. A „Support” a behajtó tengely csapágyazását hivatott biztosítani. A „Moment” pedig a nyomaték értékét és irányát tárolja magában. Mivel kiszámítottam, hogy a behajtó oldalon fellépő nyomaték értéke 58,3 Nm, így azt elhelyeztem a rendszerben.

4.5. ábra Kikötések elhelyezése a rendszerben



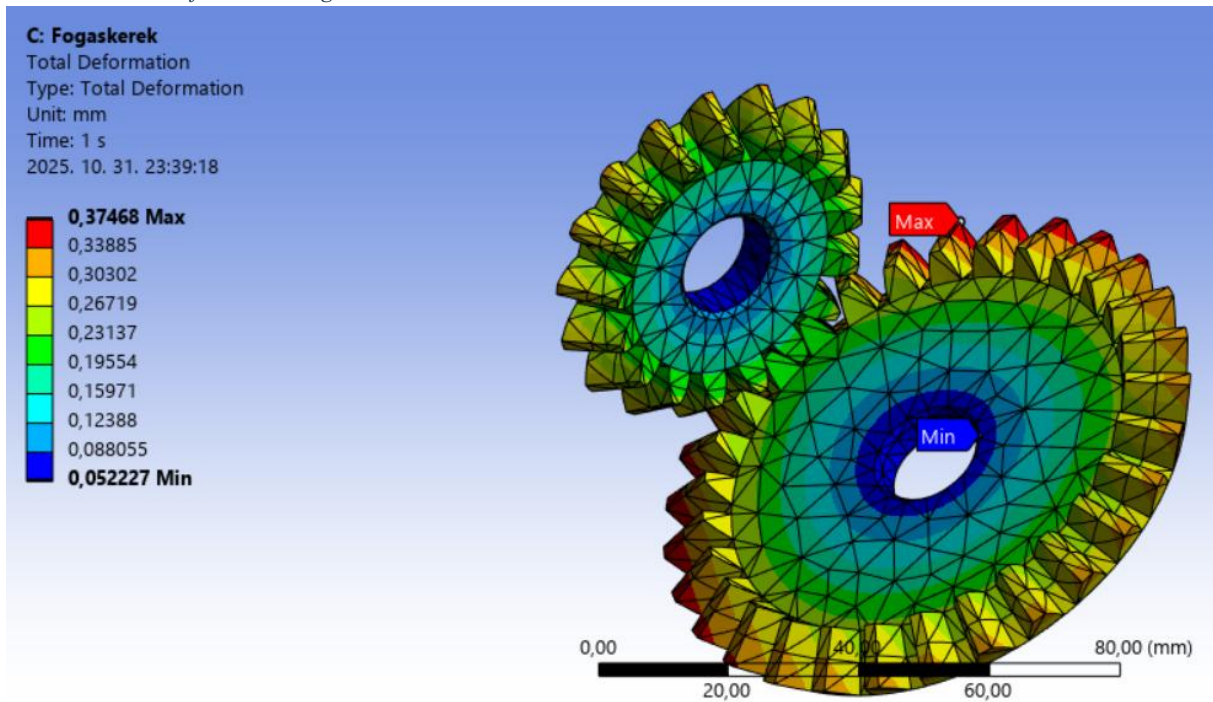
4.1.5. Szimuláció eredményei

Most, hogy már a rendszer működik már csak le kell kérdezni, hogy mire vagyok kíváncsi. Kettő dolog, amit szeretnék kérdezni, az a deformáció és a fellépő legnagyobb feszültség az anyagon belül ebből tudok ellenőrizni, hogy valóban jól számoltam-e és tényleg képes az anyag elviselni a terhelést.

Elsőként a deformáció mértékét értékeltem. A szimuláció eredményei alapján az ábrán (4.6. ábra) egyértelműen megfigyelhető, hogy a legnagyobb alakváltozás a nagyobb fogaskerék fogzatának külső részén alakul ki. A maximális deformáció értéke 0,375 mm, amely rendkívül csekély, szabad szemmel nem érzékelhető. Mivel ez az elmozdulás rugalmas tartományon belül

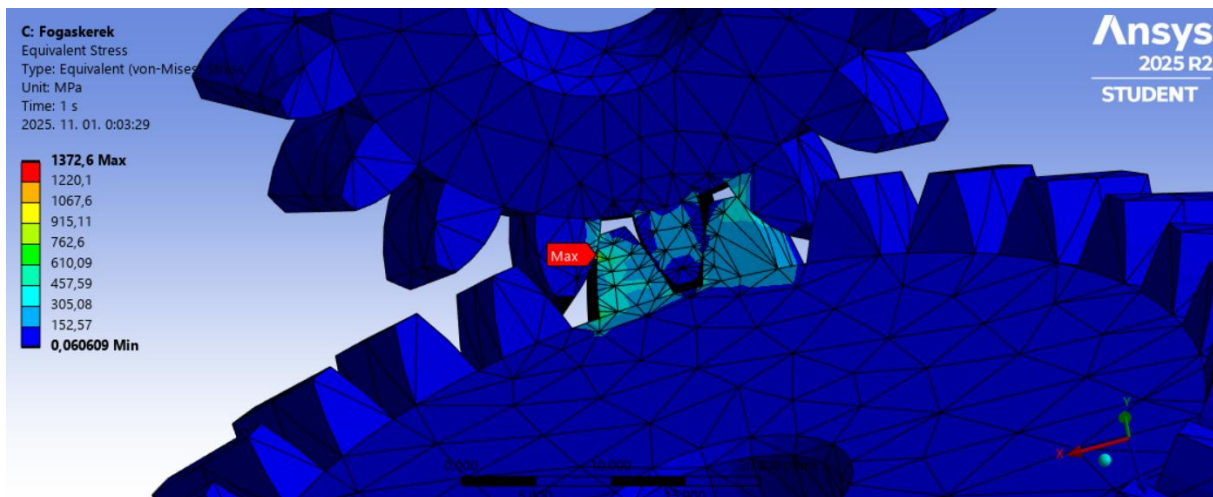
marad, maradandó alakváltozás nem következik be, így az alkatrész szerkezeti szempontból megfelelően viselkedik.

4.6. ábra Totális deformáció vizsgálata



Az anyagválasztás indokoltságát a végeselemes vizsgálatok eredményei is alátámasztják. A szimulációk során a fogaskerék legnagyobb igénybevételi pontján 1372 MPa feszültségérték adódott, amely az EN AW-6082 T6 alumíniumötvözet esetében — figyelembe véve annak

4.7. ábra Fellépő feszültségek kimutatása



mintegy 250–280 MPa folyáshatárát — lokális, de nem tartós igénybevételként értelmezhető. A terhelés elsősorban a fogak érintkezési felületén, kis területen jelentkezik, ezért az anyag nem szenved maradandó alakváltozást, a fogaskerék szerkezeti épsége megmarad.

4.2. Eredmények kiértékelése.

Az anyagválasztás során az EN AW-6082 T6 alumíniumötvözet alkalmazása a végeselemes vizsgálatok eredményei alapján is indokoltnak bizonyult. A szimulációk szerint a szerkezetben fellépő maximális feszültség 1372 MPa, illetve a legnagyobb deformáció 0,375 mm volt. Ezek az értékek az alumíniumötvözet esetében nem okoznak maradandó alakváltozást, az anyag a rugalmas tartományon belül marad, és a fogazat geometriája megőrződik.

Ezzel szemben, ha POM anyagból készült volna a fogaskerék, a lényegesen alacsonyabb Young-modulus (~3 GPa) és folyáshatár (~70 MPa) miatt a szimulált terhelés hatására nagyobb deformáció és alakpontatlanság jelentkezett volna. Ez hosszú távon pontatlanságot, zajos működést és gyorsabb kopást eredményezne.

Tehát a szimuláció szerint a lokális feszültség jelentősen meghaladja az anyag folyáshatárát. Ez azt jelenti, hogy ha valódi fizikai körülmények között a fogaskerék teljes felülete így terhelődne, maradandó alakváltozás valószínű.

Viszont van egy nagyon fontos részlet: a számított Hertz-feszültség csak lokális kontakterhelés, azaz nagyon kis felületen koncentrálódik. A fogaskerék egészét nézve a többi terhelési rész sokkal alacsonyabb, így a fogaskerék teljes szerkezete nem szenved globális képlékeny deformációt, de a legjobban igénybevett pontokon lokális alakváltozás előfordulhat. Ez a kontaktfeszültség valós működéskor kopásban vagy kis "fognyomásos" alakváltozásban jelenik meg, nem feltétlenül a fog egészének deformációjaként.

Összességében tehát a végeselemes próbák azt igazolták, hogy az EN AW-6082 T6 anyag mechanikai tulajdonságai megfelelő biztonsági tartalékokat biztosítanak, míg a POM nem nyújtana kellő merevséget és szilárdságot a vizsgált terhelési feltételek mellett.

Összefoglalás

A szakdolgozat célja a ZJ-TAL 24 típusjelzésű tallérekészítő gép hajtásláncának rekonstrukciós tervezése, különös tekintettel a kúpfogaskerék újratervezésére és gyártástechnológiai dokumentálására. Az élelmiszeripari gépek tervezése során kiemelten fontos a higiéniai, biztonsági és megbízhatósági követelmények teljesítése, ezért a dolgozatban bemutatásra kerültek a vonatkozó nemzetközi és hazai szabványok (pl. EN 1672-2, HACCP, ISO 22000), valamint az anyagválasztás és a kenőanyagok szerepe.

A tervezés során a kúpfogaskerék méretezése az EN AW-6082 T6 alumíniumötvözet tulajdonságainak figyelembevételével történt. A gyártástechnológiai folyamatokat - esztergálás, marás, furatmegmunkálás - részletesen ismertettem, figyelembe véve az ISO 2768 mK tűrésrendszert és a gazdaságos előgyártmány-tervezést. Ezek mellett a gyártásnak fontos alap alkatrészeként a készülék tervezésbe is betekintést nyertem. A tervezett alkatrész mechanikai ellenőrzését végeसेlemes szimulációval (Ansys Workbench 2025) végeztem el, amely igazolta, hogy a konstrukció biztonsággal elviseli a működés során fellépő 58,3 Nm nyomatékot. A maximális elmozdulás 0,375 mm, míg a legnagyobb feszültség 1372 MPa volt, ami az anyag megengedett határértékein belül maradt. Tervezett alkatrészek készülékek egyaránt, hogy 3D s testet öltöttek, de műszaki személyek által értelmezhető műszaki rajzok is készültek. [3.sz.m.], [5.sz.m.]

A számítások és szimulációk eredményei alapján a módosított fogaskerék megfelel a szilárdsági, funkcionális és higiéniai követelményeknek, ezáltal biztosítja a gép megbízható és tartós működését. A dolgozat bemutatja, miként integrálható a korszerű CAD/CAM és VEM technológia az élelmiszeripari gépfejlesztés folyamatába, elősegítve a hatékonyság és a gyárthatóság javítását.

Summary

The aim of this thesis is the reconstruction design of the drive system of the ZJ-TAL 24 wafer-making machine, with special attention to the redesign and manufacturing documentation of the bevel gear. During the design of food industry machinery, meeting hygiene, safety, and reliability requirements is of paramount importance; therefore, the paper presents the relevant international and national standards (e.g. EN 1672-2, HACCP, ISO 22000), as well as the role of material selection and lubricants.

During the design process, the bevel gear was dimensioned considering the properties of the EN AW-6082 T6 aluminium alloy. The manufacturing processes – turning, milling, and drilling – were described in detail, taking into account the ISO 2768 mK tolerance system and the principles of cost-efficient preform design. In addition, as an essential part of the production process, I also gained insight into fixture design. The mechanical verification of the designed component was carried out using finite element analysis (Ansys Workbench 2025), which confirmed that the structure safely withstands the 58.3 Nm torque occurring during operation. The maximum displacement was 0.375 mm, while the maximum stress reached 1372 MPa, remaining within the permissible limits of the material. Both the designed parts and the fixtures were modelled in 3D and supplemented with technical drawings interpretable by engineering professionals [Annex 3], [Annex 5].

Based on the results of the calculations and simulations, the modified bevel gear meets the strength, functional, and hygienic requirements, thereby ensuring the machine's reliable and durable operation. The thesis demonstrates how modern CAD/CAM and FEM technologies can be integrated into the development process of food industry machinery, promoting improved efficiency and manufacturability.

Nyilatkozatok



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

NYILATKOZAT

Alulírott Dinya Máté, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépeszmérnök szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

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

Kelt: 2025 év 10 hó 23 nap

Dinya Máté
Hallgató

NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: 2025 év 10 hó 23 nap

Dr. Kovács Anikó

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Dányi Máté
Neptun-kódja:	WK52TF
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdoga 1., Szakdoga 2.
A munka címe:	A ZJ-TAL 24 típusjelzésű tallérekészítő gép hajtásláncának rekonstrukciós tervezése

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

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

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Szakirodalmi fordítás	ChatGPT 5.0	

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

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

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

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....
.....
.....
.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt: Gödöllő, 2025. 10 hó 25 nap

Dr. M. M. M.

Hallgató aláírása

Dr. Kovács Anikó

Konzulens/Témavezető aláírása

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

**a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és
eredetiségéről**

A hallgató neve: Dányi Máté

A Hallgató Neptun kódja: WK52TF

A dolgozat címe: A ZJ-TAL 24 típusjelzésű tallérekészítő gép
hajtásláncának rekonstrukciós tervezése

A megjelenés éve: 2025

A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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

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

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 11. hó 03 nap


Hallgató aláírása

Irodalomjegyzék

- [1.] Adolf F., Günter K., Klaus G., Werner H., Wilhelm D. (1997): Fémtechnológiai táblázatok; B+V Lap- és Könyvkiadó Kft.; Budapest.
- [2.] A, Kári-Horváth (2016): A forgácsolásnál alkalmazott minimálkenés (MMS) hatásmechanizmusa, Saarbrücken, Németország, GlobeEdit, 187 p.
- [3.] Bagyinszki Gyula, Borossay Béla, Kári-Horváth Attila, Kovács-Coskun Tünde, Mucsi András, Németh Árpád, Pálinkás István, Szakál Zoltán, Zsidai László (2012): Anyagtechnológiák, Typotex Kiadó, H.n., ...pp
- [4.] Bakondi K., Kardos Á.; 1972; A gépgyártás technológiája I. - Forgácsolás.
- [5.] Dallos, György – Forgácsoláselemélet és szerszámgépek I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2001.
- [6.] Rónai, L. (1979). Szerszámgépek. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- [7.] Dudás I.; 2011; Gépgyártástechnológia I., Műszaki Könyvkiadó Kft.; Budapest.
- [8.] Fábrián, Tibor – CNC gépek és programozásuk alapjai. Bánki Donát Gépészeti Kar, Budapest, 2017.
- [9.] Fenyvessy T., Fuchs R., Plósz A.; 2008; Műszaki táblázatok, Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest.
- [10.] Firstner Stevan, Dr.: Gyártástechnológia, Egyetemi Kiadó, Dunaújváros, 2008.
- [11.] Fledrich G., Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Zsidai L.; Gépgyártástechnológia, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2016.
- [12.] Gáti, J. (1980). Fogaskerek gyártása és ellenőrzése. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- [13.] Hargitai, László Dr. – Gépelemek. Széchenyi István Egyetem Kiadó, Győr, 2013.
- [14.] Horváth Árpád: Gépelemek gyártása és megmunkálása. BME Gépészmérnöki Kar, Budapest, 2015.
- [15.] Horváth, Miklós – Megmunkálások technológiája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2006.
- [16.] Józsa, László Dr. – Gépgyártástechnológia. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2009.
- [17.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Dr. Zsidai L.; 2008; Gyártástervezés; Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest.
- [18.] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Zsidai L.; Forgácsoló eljárások tervezése, Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest, 2008.
- [19.] Kári-Horváth A., Pataki T. I.; Szerszámok és készülékek, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő, 2017.
- [20.] Kári-Horváth, A ; Dr. Valasek, I :Demand of Energy for Chip Removal, MATERIALS SCIENCE FORUM 659 pp. 489-497. , 9 p. (2010).
- [21.] Kári-Horváth, A ; Pataki, T :Analysis of temperature in different cooling methods IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 749 Paper: 012017 , 8 p. (2020).
- [22.] Kári-Horváth, A ; Valasek, I :Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban, TECHMONITOR 1 : 2 pp. 22-24. Paper: ISSN2062-9044 , 3 p. (2011).
- [23.] Keresztes László – Kovács László: Forgácsolási alapismeretek. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2011.

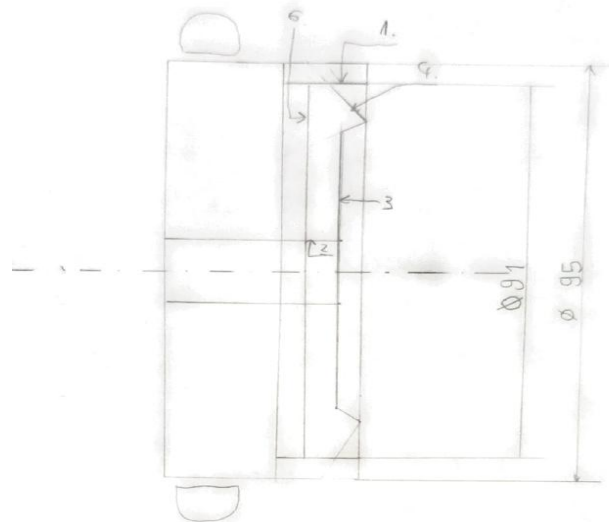
- [24.] Keresztes, Béla Dr. – Gépgyártástechnológia I-II. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2010.
- [25.] Kéri, G., & Viharos, Z. J. (2022). Digital twin approach for gear manufacturing process optimization. IFAC-PapersOnLine, 55(2), 583–588.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.03.098>.
- [26.] Kovács, Zoltán – Szerszámgépek és gyártórendszerek. BME Gépészmérnöki Kar, 2012.
- [27.] Kovács, N. (2005). Fogazott elemek gyártása. Győr: Széchenyi István Egyetem, Gépészmérnöki Tanszék.
- [28.] Kránitz László: Gépipari számítási módszerek. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2018.
- [29.] László, Béla Dr. – Fogaskerékgyártás és ellenőrzés. Gépipari Tudományos Egyesület (GTE), Budapest, 2002.
- [30.] Magyar Szabványügyi Testület (MSZT): Élelmiszeripari szabványgyűjtemény. MSZT, Budapest, 2020.
- [31.] Mikó Balázs, Dr. (2015) Forgácsolástechnológia alapjai, Bázisok és készülékek. Egyetemi jegyzet. Óbudai Egyetem.
- [32.] Nagyné Dr. Bányai, É., & Dr. Viharos, Z. J. (2020). Gyártási rendszerek digitális átalakulása. Debrecen: Debreceni Egyetem Műszaki Kar.
- [33.] Németh, Sándor – Hűtő-kenő folyadékok alkalmazása a fémgörácsolásban. GTE Füzetek, 2015.
- [34.] Szabó István – B. Benedek László: A véges elemek módszere. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.
- [35.] Töröcsik Mária: Élelmiszeripari minőségbiztosítás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2012.
- [36.] 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).
- [37.] Varga János – Univerzális marógépek és technológiájuk. Pécsi Tudományegyetem Kiadó, Pécs, 2016.
- [38.] Varga József: Gépgyártástechnológia I–II. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2003.
- [39.] Zsidai, L ; Kakuk, Gy ; Kári-Horváth, A ; Szakál, Z ; Pálinkás, I (szerk.) Előgyártmány és képlékeny alakítási tervezési gyakorlat, Budapest, Magyarország: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet (NSZFI) (2008) , 9 p. ISBN: 9789637469992.

Mellékletek jegyzéke

1. sz melléklet Esztergálás műveleti utasítás

MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék	MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra	Lapszám: 1	
Rajzszám:	Munkadarab megnevezése: Fogaskerék alap	Művelet száma:	
Anyag: EN AW- 6082 T6	Nyersméret: Ø95 mm	Művelet megnevezése: Esztergálás I	Műveleti ut. száma: 16

Vázlat:

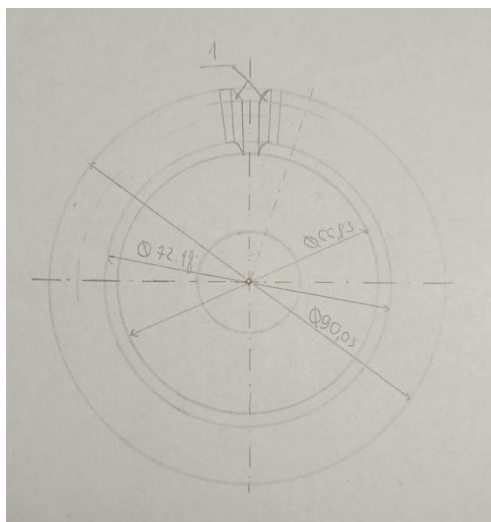


Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
1.	Befog 3 pofás tokmányba							
2.	Nagyolás paláston	1	Esztergakés: MCKNR/L2020K12 20x20x120 lapka:SNMG120408	268,68	900	0,2	2	2
3.	Simítás	1	Esztergakés: MCKNR/L2020K12 20x20x120 lapka: SNMG120408	257,29	900	0,101	0,97	1
4.	Mérés	1	Tolómérő 0-150mm					
5.	Központ fúrás	3	Befogó: ER 32 Morse 2 befogó Központfúró: Dormer A003 HSS	40	710	kézi		1
6.	Fúrás	2	Befogó: ER 32 Morse 2 befogó Fúrósár: HSS 13	28,9	710	0,08		1
7.	Fúrás	2	Befogó: ER 32 Morse 2 befogó Fúrósár: HSS 15	33,45	710	0,1		1

8	Mérés	2	Mikrométeres furatmérő						
9	Homlok eszterálás	3	Esztergakés: MCKNR/L2020K12 20x20x120 lapka: SNMG120408	42,41	900	0,1	2	2	
10	Homlok eszterálás	3	Esztergakés: MCKNR/L2020K12 20x20x120 lapka: SNMG120408	42,41	900	0,1	0,56	1	
11	Gépátállítás		A keresztzánon a kéziszán atállítása 63°ra						
12	Kúpesztergálás	4	Esztergakés: MCKNR/L2020K12 20x20x120 lapka: SNMG120408	204,14	900	0,2	1,75	2	
13	Kúpesztergálás	4	Esztergakés: MCKNR/L2020K12 20x20x120 lapka: SNMG120408	204,14	900	0,1	0,55	2	
14	Mérés	4	Tolómérő 0-150mm						
15	Leszúrás	5	lapka: SP200 PC5300 Koroly Lapkataró:KSPB 2026 Leszúrólapkakés tartó: SMBB3232	42,41	900	0,05	76	1	
16	Mérés	3	Mikrometer 0-25mm tartóval						
Kiállította:		Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:		Elkészülési idő:		Érv.darabszámra:
Dányi Máté		2025.10.23			norm. i.	pótidő	norm. i.	pótidő	-tól -ig
Javítások									
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:	Géptípus SN-400		gép l.sz
							norm.	a	
							szükség szerinti változat	b	
Kapja: péld								c	
oszt:								d	

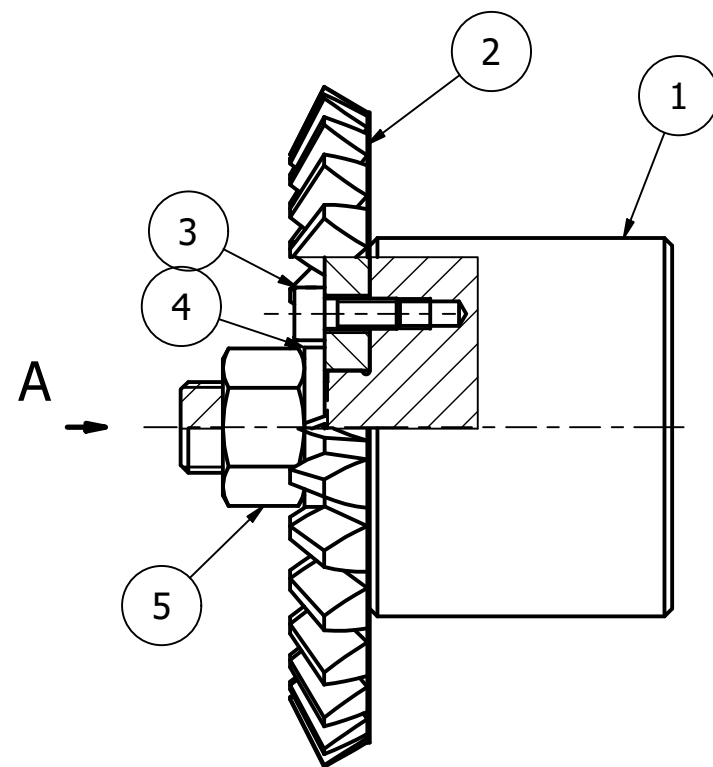
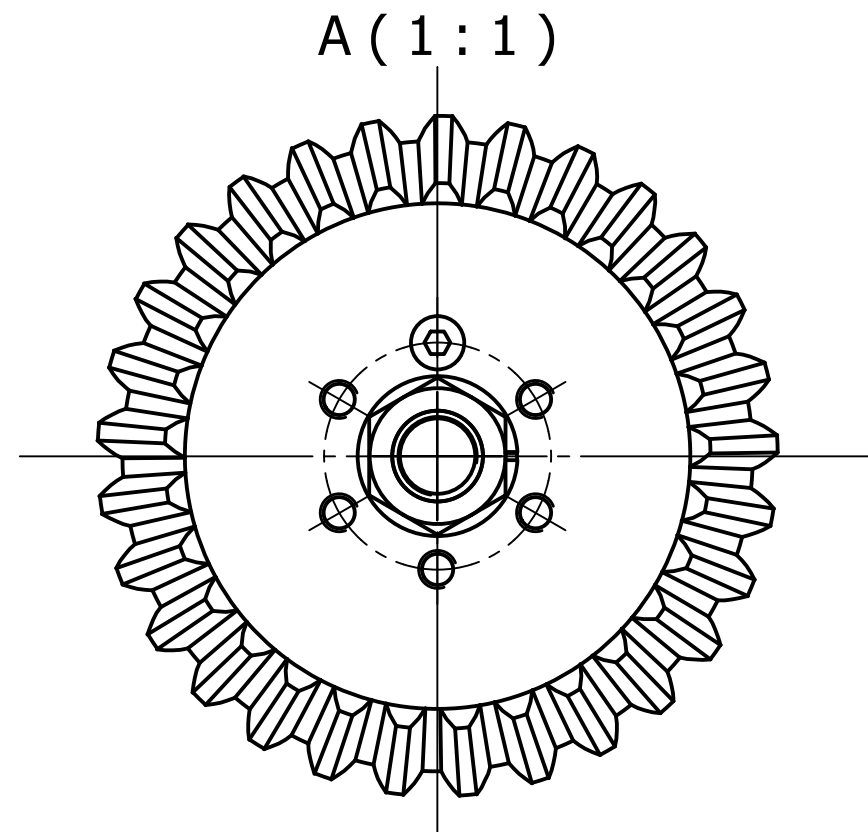
MATE, Szent István Campus, MI Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék	MŰVELETI UTASÍTÁS forgácsolásra		Lapszám: 1
Rajzsám:	Munkadarab megnevezése: Fogaskerék alap		Művelet száma:
Anyag: EN AW- 6082 T6	Nyersméret: Ø90,03 mm	Művelet megnevezése: Fogazás	Műveleti ut. száma: 9

Vázlat:



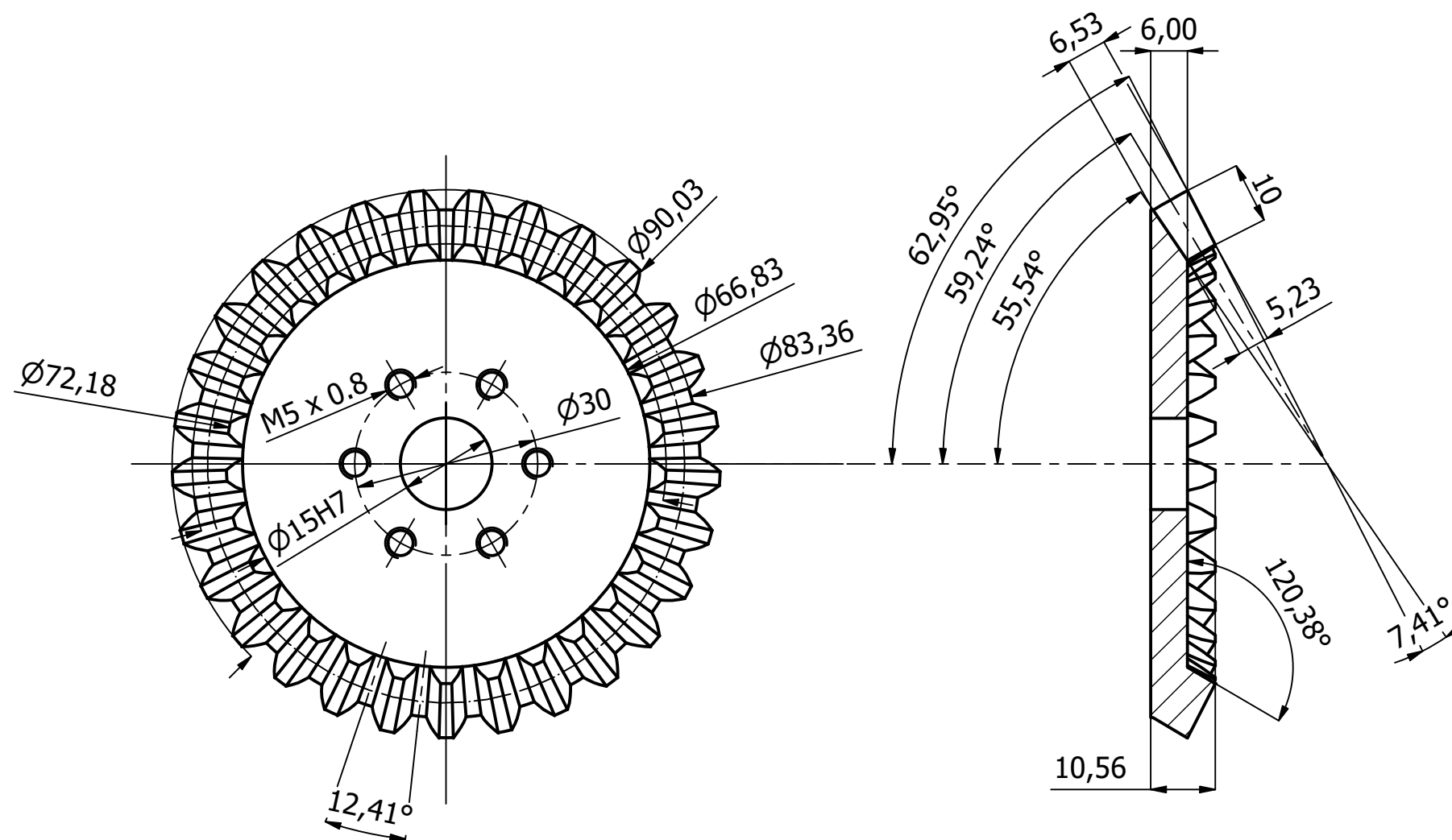
Sorsz	Művelet tagozódása	Megm. felület	Szerszám, mérőeszköz., készülék	v m/min	n ford/p	f mm/f	a mm.	i
1.	Készülék elhelyezése a gépben							
2.	Készülékbe helyezés							
3.	Dőlésszög beállítása az osztóműben							
4.	Mérés	1	Szögmérő, mérőóra					
5.	Fogazás	1	Fogaskerék alakmaró, m3 modulmaró, HSS Fenes	122,7	550	0,72	2	3
6.	Fogazás	1	Fogaskerék alakmaró, m3 modulmaró, HSS Fenes	122,7	550	0,48	0,53	1
7.	Mérés		Foghézagmérő, Mikrométer 0-25 mm-es tartóval					
8.	Osztómű elforgatása 12,41°-kal							
9.	Ismétlés a 5. lépéstől 29x							

Kiállította:	Kelte:	Ellenőrizte:	Kelte:	Darabidő:	Elkészülési idő:	Érv.darabszámra:
Dányi Máté	2025.11.03			norm. i. pótidő	norm. i. pótidő	-tól -ig
Javítások						
Jel	Javította:	Kelte:	Ellenőr.:	Kelte:	Műhely:	Csoport:
						Géptípus UWF-3
						norm. a
						szükség szerinti változat b
						c
Kapja: péld oszt:						d
						gép l.sz



Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám	Anyag	Megjegyzés
5	1	M12				
4	1	12			Rugó acél	
3	1	M4 x 10				
2	1	Nagyfogaskepek			6601 E	
1	1	Készüléktest			C15E	
Tételjegyzék						

Név <i>Dányi Máté</i>	Megnevezés <i>Készülék tervezés feladat</i>				
Méretarány <i>1:1</i>	Létesítmény <i>MATE</i>	Neptun kód <i>WK52TF</i>	Anyag <i>C15E</i>	Lapok sz. <i>1</i>	Lap sz. <i>1</i>

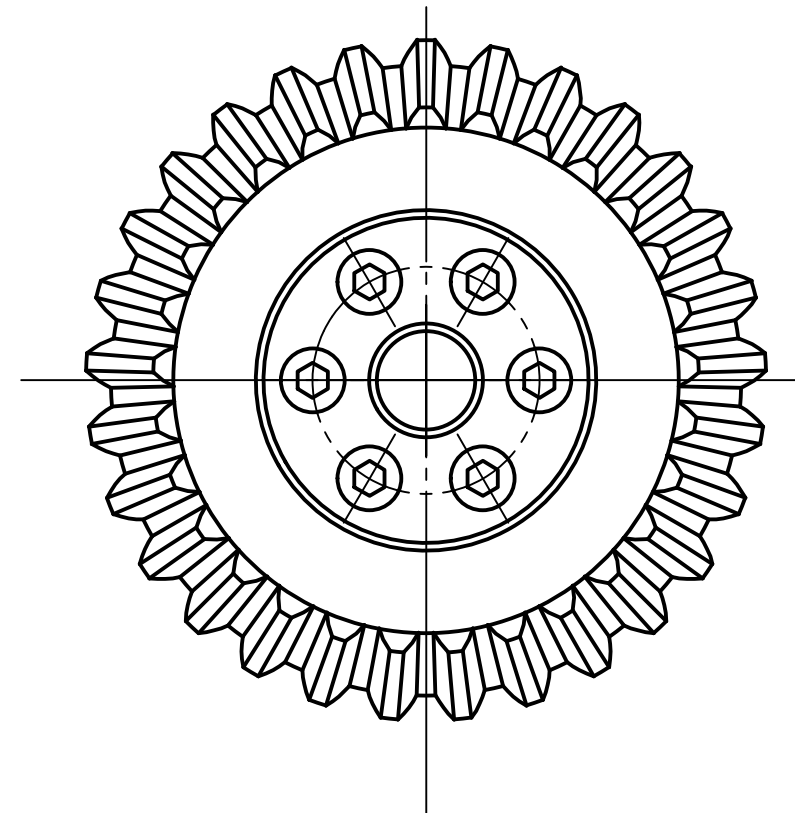
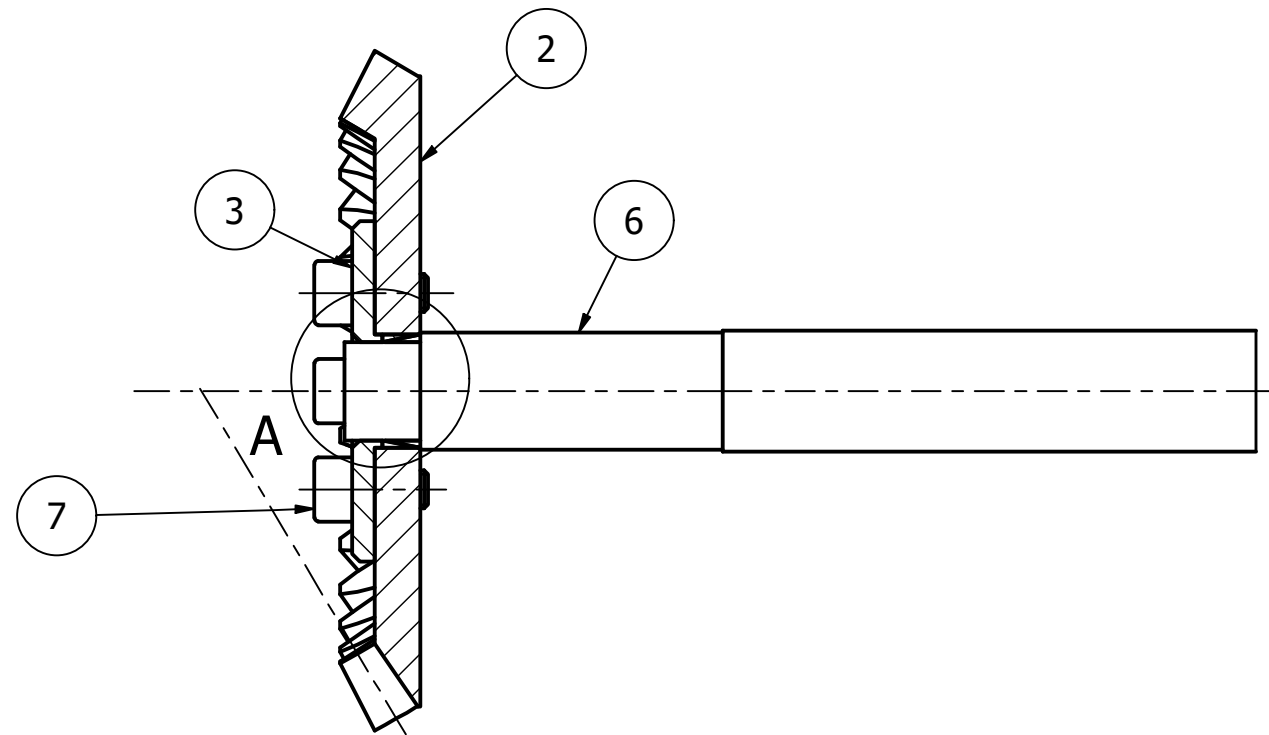


Modul	m	3
Fogszám	z	29
Kúpszög	δ_1	62,95°
Osztókúpszög	δ	59,62°
Külsőátmérő	d_{e1}	90,03mm
Belső kúpátmérő	d_{i1}	72,18mm
Fogszélesség	b	10mm
Tengelyszög	Σ	90°
Nyomáásszög	α	20°

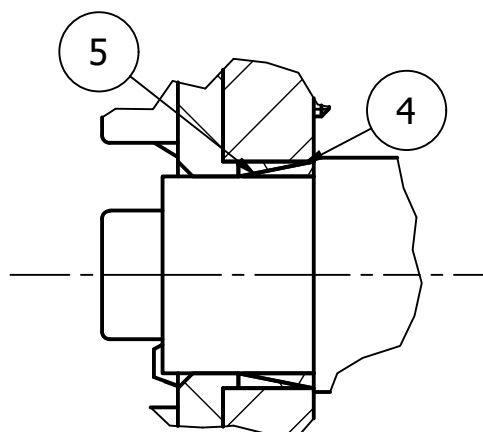
15H7	+0.018
	0

ISO 2768-mK

Név <i>Dányi Máté</i>	Megnevezés Nagyfogaskerék				
Méretarány 1:1	Létesítmény MATE	Neptun kód WK52TF	Anyag C15E	Lapok sz. 1	Lap sz. 1



A (2 : 1)



7	6	M5 x 10	8.8		acél	
6	1	Tengely			Aluminu m 6061	
5	1	Szorító gyűrű külső			Rozsda mentes acél	
4	1	Szorító gyűrű belső			Rozsda mentes acél	
3	1	Gyűrűrögzítő			Acél	
2	1	Nagyfogaskerék	z=29		AW 6082 T6	
1	1	Kisfogaskerék	z=17		AW 6082 T6	
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám	Anyag	Megjegyzés

Tételjegyzék

Név	Megnevezés				
Dányi Máté	Fogaskerék-tengely kapcsolat				
Méretarány	Létesítmény	Neptun kód	Anyag	Lapok sz.	Lap sz.
1:1	MATE	WK52TF	C15E	1	1