



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsoló, mint tansegédeszköz tervezése és gyártása

**OE-BGK
2022.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

**Kovács Gábor Krisztián
T009454/FI12904/B**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kovács Gábor Krisztián

Szakedolgozat száma: SZD22052513062626

Törzskönyvi száma: T009454/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsoló, mint tansegédeszköz tervezése és gyártása

A dolgozat címe angolul: Designing and manufacturing of Oldham coupling integrated with universal joint as a teaching aid

A feladat részletezése:

1. Dolgozza fel és prezentálja a témával kapcsolatos szakirodalmat!
2. Mutassa be a tansegédeszközök jelentőségét, vizsgálja meg didaktikai szempontból a kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsolót, mint oktatási segédeszközt!
3. Tervezze meg a kardáncsuklóval kibővített Oldham-tengelykapcsolót, majd készítse el a CAD-modelleket!
4. Vigye véghez az előtervezés, műveleti sorrendtervezés, művelettervezés, műveletelemtervezés folyamatát, végezze el a posztprocesszálást!
5. Gyártsa le az alkatrészeket, majd végezze el az összeszerelést!

Intézményi konzulens neve: Dr. Czifra György

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 21.




Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találem.

Dr. Czifra György

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



Digitálisan aláírta: Dr. Czifra György
DN: cn=Dr. Czifra György, o=BGK, AGI, ou=Óbudai Egyetem, BGK, email=czifra.gyorgy@bgk.uni-obuda.hu, c=HU
Dátum: 2022.12.05 21:37:24 +01'00'



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. 12. 05.

István Gábor Krisztián
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	6
2.	Szakirodalom elemző feldolgozása	8
2.1	Tengelykapcsolók	8
2.2	Tengelykapcsolók csoportosítása.....	9
2.3	Kiegyenlítő tengelykapcsolók.....	11
2.4	Az Oldham tengelykapcsoló története, konstrukciója	12
2.5	Az Oldham mechanizmus működése	15
2.6	Oldham tengelykapcsoló anyaga.....	16
2.7	Oldham tengelykapcsoló alkalmazási lehetőségei	17
2.8	Oldham tengelykapcsoló beállítása, karbantartása	17
2.9	Oldham tengelykapcsoló előnyei és hátrányai	19
2.10	A kardáncsukló története	20
2.11	A kardáncsukló felépítése.....	20
2.12	A kardáncsukló beépítési módok.....	21
2.13	A kardáncsukló kialakítása.....	22
2.14	Kettős kardáncsukló	23
2.15	Szinkroncsukló	23
2.16	Kardáncsukló - alkalmazott anyagok	25
3.	A kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló mint tansegédeszköz.....	26
3.1	Az oktatási tansegédeszköz fogalma; tansegédeszközünk rövid ismertetése ..	26
3.2	A tansegédeszközök szerepének bemutatása saját példával illusztrálva.....	27
3.3	A didaktikai „háttér” taneszközünk vonatkozásában	28
3.4	A tansegédeszközök felosztása, oktatási segédeszközünk elhelyezkedése a Wilbur Schramm diagram-rendszerben	29
3.5	A Pedagógiai Kézikönyv szerinti további felosztási lehetőségek.....	31
3.6	Didaktikai alapelvek és megjelenésük taneszközünk esetében.....	32
3.7	Tansegédeszközünk megfeleltetése a didaktikai feladat tükrében.....	33

3.8 A kardáncsuklóval integrált Oldham-mechanizmus, az oktatási tansegédeszközök helyes kiválasztásának tükrében	34
3.9 Didaktikai összefoglaló	40
4. A kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló Solid Edge szoftver segítségével elkészített CAD-állományainak bemutatása	42
4.1. A CAD-állomány elemei.....	42
4.2 3D modellek kialakítása Solid Edge szoftver alkalmazásával	43
4.2.1 Kapcsolófél megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:.....	43
4.2.2 Közvetítő elem megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:	45
4.2.3 Tengely horonnyal megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:.....	47
4.2.4. Tartóbak megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:	48
4.2.5. Talp megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:.....	50
4.2.6. Kardáncsukló 3D modelljének elkészítése.....	52
4.2. 7 Kötőelemek, rögzítőelemek	53
4.3.Összeszerelés – Assembly	54
4. 4 Műhelyrajz	57
5. Az előtervezés, műveleti sorrendterv, művelettervezés, műveletelem tervezés, posztprocesszáls technológiai folyamata	59
5.1 A kapcsolófél technológiai tervezésének folyamata.....	59
5.2 A talp technológiai tervezésének folyamata	63
5.3 A kardáncsukló/tengelykapcsolófél technológiai tervezésének folyamata	67
6. Összefoglalás	73
7. Idegennyelvi összefoglalás/Zusammenfassung	73
8. Felhasznált irodalom.....	76
9. Mellékletek	79

1. Bevezetés

Szakedolgozatom témája a Kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsoló, mint tansegédeszköz tervezése és gyártása, mely tartalmazza a kardáncsukló és az Oldham tengelykapcsoló rövid történetét, továbbá kitér a kardáncsukló és az Oldham-kuplung felépítésére, valamint besorolására a tengelykapcsolókon belül. Emellett tartalmazza a használati, alkalmazási lehetőségeiket és az alkalmazott anyagok témakörét.

A szakdolgozat részét fogja képezni a kardáncsuklóval kibővített Oldham tengelykapcsoló megtervezése, és a CAD modellek elkészítése, (alkatrészmodell, összeállítás-modell, továbbá alkatrészarajzok, összeállítási rajzok, robbantott ábra) valamint a technológiai tervezés folyamata, melynek lépései az előtervezés, műveleti sorrendtervezés, művelettervezés, műveletelemtervezés, posztprocesszálás, és a gyártás szintén tárgyalásra kerülnek. Dolgozatom tartalmaz majd CAM állományokat, valamint szimulációról készített képeket.

Dolgozatom célja egy olyan 3 dimenziós modell és a hozzá kapcsolódó technológiai dokumentáció megalkotása, amellyel prezentálni lehet a hallgatóknak a sugárirányú eltéréssel rendelkező, párhuzamos tengelyek egytengelyűségi hibájának kiküszöbölését Oldham-tengelykapcsoló segítségével. Ez a megoldás alkalmas csekély radiális eltérésű tengelyek összekapcsolására.

A modell segítségével bemutatatható, hogy az Oldham-kapcsoló három tárcsából tevődik össze: az egyik tárcsa a hajtó, míg a másik a hajtott tengelyhez kapcsolódik, a középső tárcsa egy-egy egymásra merőleges retesz segítségével, esetleg a saját anyagából kialakított bordával kapcsolódik a másik két tárcsának a hornyába.

Az Oldham-kuplung azáltal egyenlíti ki a két tengely egytengelyűségi hibáját, hogy a hajtó tengely körbeforgatásakor a középső tárcsa bordája elcsúszik a horonyban.

Az Oldham-tengelykapcsoló mechanikája egy kézzel hajtható kar használatával demonstrálható, ahol a forgatónyomatékokat egy kardáncsukló továbbítja. Utóbbi bármely tengelyszög eltérésnél alkalmas a nyomaték átvitelére.

A kardáncsukló lényege, hogy a két tengelykapcsoló fél villaszerű végei összekapcsolódnak egy kereszt alakú elemmel. Ezt nevezzük kardánkeresztnek.

A kardántengely a kitérő tengelyek között biztosítja a nyomatékátvitelt, ennek működése szintén bemutatható az elkészült 3D modell segítségével, az Oldham-mechanizmussal összekapcsolva.

Kézzel fogható modell létrehozása dolgozatom célja, továbbá a szerkezet technológiai dokumentációjának elkészítése, annak illusztrálása, hogy a tansegéd eszköz hogyan gyártható le.

Mivel oktatási segédeszközzről van szó, ezért mindenképpen szükséges megjegyezni, hogy semmilyen mechanikai igénybevételnek nincsen kitéve, emiatt jelen szakdolgozatnak nem témája a szilárdsági méretezési számítás.

2. Szakirodalom elemző feldolgozása

2.1 Tengelykapcsolók

A nyomatékátvivő elemek csoportosítása az alábbi rend szerint történik: megkülönböztetünk tengelyeket, tengelykapcsolókat, vonóelemes hajtásokat, gördülőelemes hajtásokat, továbbá különleges hajtásokat.[1]

Az alábbiakban a tengelykapcsolók témakörét ragadnám ki, hiszen ez a nyomaték átvivő elem kapcsolódik legszorosabban dolgozatom témájához.

A tengelykapcsoló két tengelyvég összekötésére szolgáló gépelem, szerkezet, mely forgatónyomaték átvitelére alkalmas. [2]

Két fő funkcióval rendelkezik: az egyik a forgó mozgásnak a közvetítése, míg a másik funkciója a szükséges nyomaték közvetítése.

A tengelykapcsolókra jellemző néhány járulékos rendeltetés is: az egyik a szabályozhatóság, amely az átviteli sajátosságok változtathatóságán keresztül manifesztálódik. A másik paraméter a biztonság, amely a maximális igénybevételek korlátozásával realizálódhat. De ide tartozik még a kapcsolhatóság is, a tengelyek összekapcsolhatósága, valamint szétválaszthatósága által. Végül említeném még a csillapítást, mint járulékos funkciót, mely csökkenti a különböző rezgéseket, gerjesztések hatásait, valamint a kiegyenlítés funkciót is, mely a nevéből adódóan kiküszöböli a kapcsolt tengelyek geometriai eltéréseit. [3]

A tengelykapcsoló kiválasztásánál az alábbi paramétereket kell figyelembe venni: maximális fordulatszám, egytengelyűségi és szöghiba tűrés, átvihető forgatónyomaték, a hajtó és hajtott oldali fordulatszám különbség és ennek nyomaték és fordulatszámfüggése, csavarólengés- és rezgésátviteli jellemzők, szöghelyzettől függő szögsebesség-átviteli karakterisztika.

2.2 Tengelykapcsolók csoportosítása

A tengelykapcsolókat sokféle szempontból csoportosíthatjuk.

Erőátvitel szerint három csoportba sorolhatjuk őket: mechanikus, hidraulikus és elektromos.

Szelektálható, kapcsolható és állandó kapcsolatú típus szerint. A kapcsolható kategórián belül található ki- és bekapcsolható, továbbá csak kikapcsolható és önműködő tengelykapcsoló. Az állandó kapcsolatú típus fajtái a merev, a kiegyenlítő és a rugalmas kuplung.

Az üzem közben ki-, bekapcsolható típuson belül felsorolhatók a dörzskapcsolók, (kúpos, tárcsás, lemezes) villamoskapcsolók (mágneporos, indukciós), hidraulikus kapcsolók (hidrodinamikus, hidrosztatikus). [4]

Az üzem közben kikapcsolható tengelykapcsolók csoportjába tartozik a körmös, fogazott és csapos típus.

További csoportosítási lehetőség van az önműködő típuson belül: megemlítendő a nyomaték kapcsolású, (ide tartozik a biztonsági csúszó kuplung és a törőelemes kuplung) valamint a fordulatszám kapcsolású, (ennek altípusai a hidrodinamikus, röpsúlyos tengelykapcsoló és a porkapcsoló) továbbá a forgásirány kapcsolású (szabadonfutók) kuplungok.

A merev tengelykapcsolók közé a héjas, tárcsás, tányérkerék fogazatú, kúpos kapcsolóhévely, görgőkoszorús, tokos tartozik.

A kiegyenlítők az alábbi módon csoportosíthatók tovább: léteznek a rugalmas elemmel kiegyenlítő tengelykapcsolók, ezen belül a gumitárcsás, szalagrugós, gumidugós, gumituskós, gumiabroncsos, acéltűs fajták, továbbá a forgó- vagy csúszótag által kiegyenlítő típusok is, melynek alcsoportjai a következők: fogasgyűrűs kapcsoló, körmös, valamint a kardáncsukló és az Oldham-kapcsoló, mellyel meg is érkeztünk dolgozatom témájához. [5]

A tengelykapcsolók tervezése igen nagy körültekintést igényel, és számos területen szükséges az alapos, mindenre kiterjedő szakmai odafigyelés. Ezek közül csupán néhányat említenék meg: a mi esetünket – vagyis a kiegyenlítő kapcsolókat – leszámítva gondosan ügyelni kell a két kapcsolófélf egytengelyűségének biztosítására, mindez a tengelytörés, valamint a csapágytörés kiküszöbölése érdekében lényeges.

A kapcsoló agy tengelyirányban történő megtámasztására szintén nagy figyelmet kell fordítani a tengelyre szerelés közben, ez akár egy tengelyváll alkalmazásával is megoldható.

Szintén körültekintően kell eljárni a szerelés során a kiegyensúlyozás alkalmazásakor.

Emellett nem lehet elégszer említeni a munkavédelmi és balesetvédelmi szempontok hangsúlyos alkalmazását, hiszen a forgórészek nagy veszélyt jelenthetnek a gép kezelőjére.

Érdemes és szükséges a burkolatok alkalmazása, erre kellő figyelmet kell fordítani a tervezés során.

Végül, de nem utolsósorban gondoskodni kell az olaj- és zsírkenésről, továbbá az érintkező felületek szennyeződéstől történő védelméről egyaránt.

Az Oldham tengelykapcsoló, valamint a kardáncsukló egyaránt mechanikus, állandó kapcsolatú, vagyis nem oldható, tengelyek összekapcsolása szerint pedig a kiegyenlítő kapcsolók közé sorolható.

A kiegyenlítő tengelykapcsolót abban az esetben alkalmazzák, ha nem biztosított az összekapcsolandó tengelyvégek egytengelyűsége. Utóbbi lényeges követelmény a merev kapcsolók esetében, mely igen sok esetben nem realizálható.

Létezik olyan eset, amikor két olyan egységet kell összekapcsolni, amely külön alaplemezre szereltek össze, és ezek az alapok eltolódással rendelkeznek. Ezt tengelykapcsoló segítségével tudjuk kiegyenlíteni.

Továbbá szükség van tengelykapcsolós megoldásra, amikor a motor és az alvázon felfüggesztett differenciálmű tengelycsonkja között kell kapcsolatot létesíteni. Ebben az esetben a tengelykapcsolónak össze kell kötni a szöghajlással rendelkező tengelyeket, a szögeltérést kiegyenlítve.

Szintén kapcsoló által tudjuk kiegyenlíteni a hosszirányú eltolódást, amely hosszú tengelyek esetében alakul ki, hőtágulás következtében.

Két tengelyvég egymáshoz viszonyított helyzete többféle lehet:

- a két tengelyvég között egytengelyűség-kapcsolat áll fent,
- a két tengelyvég között hosszirányú elmozdulás lép fel,
- a két tengelyvég között párhuzamos eltolódás figyelhető meg,
- a két tengelyvég között szöghajlás tapasztalható,

- a két tengelyvég között együttesen lép fel hosszirányú elmozdulás, párhuzamos eltolódás, valamint szögelhajlás.

2.3 Kiegyenlítő tengelykapcsolók

Ezekben az esetekben célszerű a kiegyenlítő tengelykapcsoló alkalmazása.

A kiegyenlítő kapcsolók feladatát látják el a rugalmas kapcsolók, melyek a rugalmas elemük jóvoltából fel tudnak venni csekély mértékű tengelyhibákat.

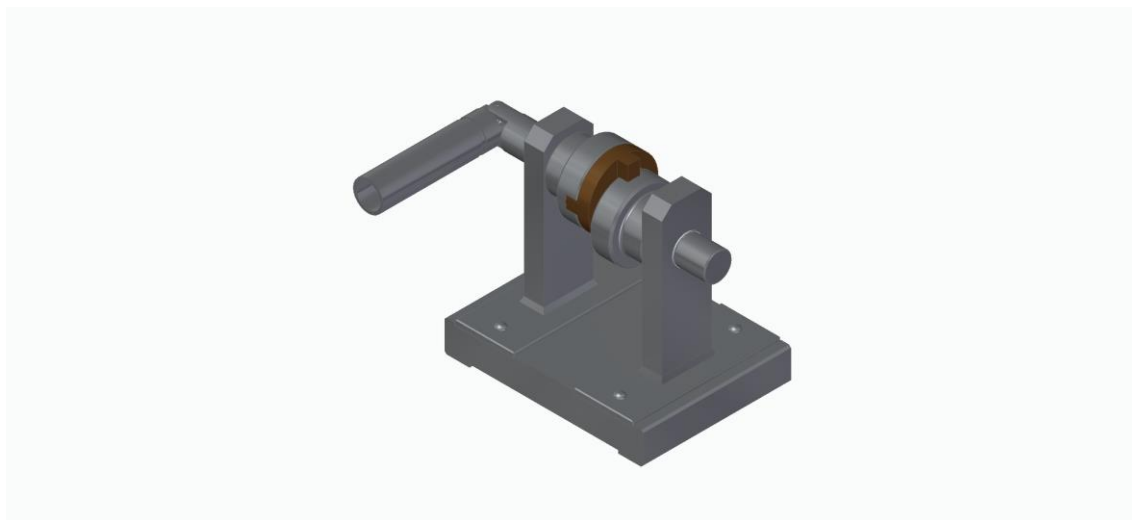
Rugalmasságuknak köszönhetően csillapító funkciójuk van a hajtó és hajtott gép között a lökésszerű terhelések esetén.

Léteznek olyan tengelykapcsoló-típusok, amelyek egyszerre több csoportba is beletartoznak, ilyen például a Hardy-tárcsa, amely kettős funkcióval bír: egyrészt nagymértékű szögelhajlás kiegyenlítésére is alkalmas, másrészt rugalmas kötést biztosít.

A kiegyenlítő kapcsolók az alábbi alosztályokba sorolhatók:

- radiális,
- axiális,
- szögirányú,
- általános irányú.

A fent említett típusok közül a radiális kiegyenlítő kapcsolókra térnék ki röviden, ugyanis az Oldham-kapcsoló is ebbe a csoportba tartozik.



1. ábra: Solid Edge szoftver segítségével készített összeállítási modell

Ezen tengelykapcsolók segítségével kapcsolat létesíthető az egymással párhuzamos, de egymástól adott távolságra elhelyezkedő tengelyek között.

Három elemből épülnek fel, kettő darab tengelyvégekre illeszkedő tengelytárcsából, valamint a köztük elhelyezkedő közvetítő elemből, amely lehet körömvezetéses, tuskóvezetéses és korongvezetéses típusú.

E három tárcsa olyan módon illeszkedik össze, hogy a középen elhelyezkedő tárcsa a másik két tárcsa hornyába egy-egy egymásra merőleges retesszel vagy saját anyagából kialakított bordával kapcsolódik.

2.4 Az Oldham tengelykapcsoló története, konstrukciója

A leggyakrabban alkalmazott megoldás a korongvezetéses Oldham-kapcsoló. [6]

Az Oldham tengelykapcsoló John Oldham ír mérnök nevéhez fűződik. Ő alkalmazta először ezt a megoldást egy kerekas gőzhajó tervezése kapcsán 1820-ban. [7]

Bár nincs bizonyíték arra, hogy John Oldham ezt az eszközt külön szabadalmaztatta, nyilvánvalóan szerepelt az általa a Bank of Ireland nyomdája számára kifejlesztett gépezetben is.

Az eredeti tengelykapcsoló konfigurációjában a hajtó és a hajtott tagokat egy kereszt köti össze, amely a tengelykapcsoló felületén lévő, egymáshoz illeszkedő hornyokba illeszkedik.

Kinematikailag az Oldham-kuplung voltaképpen egy 'RPPR' mechanizmus.

Reuleaux mutatta be az Oldham-kuplung egy olyan változatát, amelyben a köztes tag korong alakot vesz fel.

Ez a konfiguráció megtalálható a jelenlegi ipari alkalmazásokban.

Az Oldham tengelykapcsoló 1:1 szögsebesség-arányt biztosít a hajtóművek és a hajtott tagok között, továbbá képes párhuzamos eltolásra, a motorok és a szivattyúk vagy más csatlakoztatott tengelyek, forgó berendezések között.

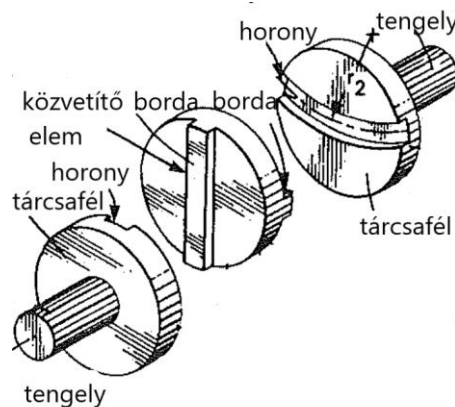
A szakirodalomban általában az alábbiakkal találkozunk: az Oldham-kuplung működési sebessége korlátozott az összetett mozgás miatt fellépő dinamikus kiegyensúlyozatlanság miatt, amely voltaképpen a köztes tagból adódik. A

közelmúltban kimutatták, hogy ezt az inherens kiegyensúlyozatlanságot előnyösen ki lehet használni.

Freudenstein és tervezőtársai 1984-ben korszerűsítették az általános Oldham kapcsolót. Újításuk lényege, hogy változtattak a 1:1-es szögsebességarányon.

Ez úgy lehetséges, hogy megszüntették a régebbi konfiguráció azon kötöttségeit, hogy a köztes tagon lévő reteszek és a tengelykapcsolón lévő megfelelő hornyok egyenesek legyenek, és egymáshoz képest derékszögben helyezkedjenek el.

Freudensteinék koncepciója, hogy az összekötő elemeket ívelté tették a bemeneti és a kimeneti tárcsán. További innovációjuk, hogy a köztes elemen lévő bordák nem derékszögben metszik egymást. [8]

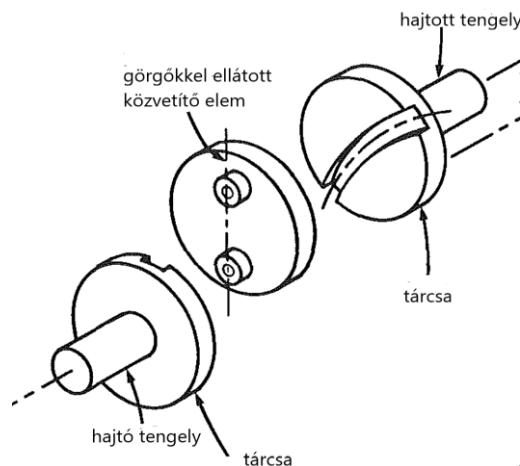


2. ábra. Ívelt kötő elemű Oldham-tengelykapcsoló [9]

A klasszikus Oldham-kapcsolással ellentétben potenciálisan alkalmazható számos olyan eszközben, amelyeknél ciklikus, nem egyenletes mozgást igényel az átvitel.

Amint az ábrán látható, az Oldham-innováció sok tekintetben hasonlít a klasszikus Oldham-kuplunghoz. Három mozgó részből áll: bemeneti tárcsa, közvetítő („lebegő”) tárcsa és kimeneti tárcsa. A bemeneti és kimeneti tárcsák párhuzamos eltolt tengelyek körül forognak, míg a „lebegő” tárcsalemez ezeket a két megfelelő borda, „vetület” segítségével köti össze. A közvetítő elem mindkét, ellentétes oldalán elhelyezkedő bordák kör alakúak. A nyúlványok vagy hornyok középvonalának R_X és R_2 sugara általában nagy az összekapcsolt tengelyek közötti eltoláshoz képest. A sugár értékeknek nem szükséges egyenlőnek lenniük. Az ívelt hornyok középvonalai úgy vannak kialakítva a bemeneti és kimeneti tárcsalemezekben, hogy lehetőleg metsszék a forgástengelyeiket.

A továbbfejlesztett Oldham-kapcsolás alkalmas az egyenletes forgás ciklikusan változó forgómozgássá alakítására, akár egy közönséges vonórúd-összeköttetés esetében. A kinematikai egyenértékűségük miatt a tervezési eljárások nagy része alkalmazható az általánosított Oldham-csatlakozásra. Például, az optimális kapcsolódási szöget biztosító vonószerkezetek tervezése nemrégiben történt meg Freudenstein tervezőtársa, Tsai által. Az új konstrukciónak azonban született egy másik is változata is: a közvetítő tárcsán lévő illeszkedő bordákat görgőkkel helyettesítik a lemez mindkét oldalán. A görgők lehetőleg (de nem feltétlenül) a tárcsa tengelyével egy vonalban helyezkednek el. Ha a hornyok a bemeneti és a kimeneti tárcsán kör alakúak, a tengelykapcsoló úgy működik, mint a továbbfejlesztett Oldham-kuplung körkörös vetületekkel és hornyokkal.



3. ábra. Görgőkkel ellátott közvetítő elemmel rendelkező Oldham-tengelykapcsoló [10]

Ha azonban a hornyok nem kör alakúak, akkor egészen általános mozgástípusokat kapunk. A hornyok alakja testre szabható a különböző ciklikusan változó fázisváltozási követelményekhez. [11]

Az Oldham-kapcsoló hasonló funkciót tölt be, mint a Hardy tárcsa, valamint a kardántengely. Radiális és axiális hibák kiegyenlítésére is alkalmas.

Lényeges különbség viszont, hogy az Oldham tengelykapcsoló sokkal kisebb helyet foglal el. Működésének lényege, hogy képes nyomatékot származtatni olyan tengelyek között, melyek kissé sugárirányban eltolódtak vagy egymáshoz viszonyítva párhuzamosan helyezkednek el.

2.5 Az Oldham mechanizmus működése

Ahogy már fentebb részletesen taglaltam, a kapcsoló két tárcsa alakú kapcsolófélből és egy tárcsaszerű kiegyenlítőelemből áll. Az utóbbit nevezzük Oldham-tárcsának. Egyik kapcsolófélfél a hajtó tengelyhez, másik a hajtott tengelyhez kapcsolódik.

Az Oldham-tárcsa folyamatos alakzárása miatt a nyomaték a tengelyek közt átszarmazik, a kiegyenlítőelem ugyanis forog és kering az ezen eltolódásnak megfelelő átmérőn, vagyis bolygómozgást végez.

Fellép a két tengely végét terhelő, és a kiegyenlítőelemre ható centrifugális erő az Oldham-tárcsa forgó és keringő mozgása következtében.

Mivel a bolygómozgás $2n$ fordulatszámú, a centrifugális erő növekedésével jár, ezért az ilyen kapcsolónál a fordulatszámot többnyire szükséges korlátozni.

Az m tömegre ható centrifugális erő $F_c = m r \omega^2 = 2\pi^2 e m n^2 [N]$, ahol $r = \frac{e}{2} [m]$ és $\omega = 2\pi n [rad]$

(n a tengely fordulatszáma, az e a két tengely távolsága, a ω vagyis omega a szögsebesség nagysága, az r a sugár)

Az excentricitás legnagyobb értéke $e_{max} = 0,04 D [\mu m]$ lehet. [12]

A felületek kenése és a megfelelő anyagpárosítás rendkívül lényeges, ugyanis a tengelykapcsoló alkatrészei erősen kopnak a két kiegyenlítőelem hornyainak és a kapcsolófélfél bordáinak súrlódása miatt, mely a kapcsolón átvitt nyomaték következtében lép fel.

Fontos szempont, hogy az Oldham-tárcsa anyaga kis sűrűségű legyen a nagy fordulatszámú tengelyek esetén, ezáltal érhető el a járulékos dinamikus erők minimalizálása.

A közvetítő elem mindkét oldalán egymásra merőlegesen egy-egy vezetőléc található, amelyek a tengelytárcsák vezető hornyaiba illeszkednek bele.

Létezik olyan megoldás is, melynek során a hornyok a középső, közvetítő tárcsán vannak, és a két szélső kapcsolófélfél rendelkezik vezetőlécekkel.

Minden esetben megegyezik a két tengely szögsebessége, még a két tengely közötti adott eltolódás mértékének változása során is.

A vezetéken létrejövő csúszás miatt kopás és hőfejlődés alakul ki, emiatt ez a megoldás csak és kizárólag kisebb teljesítményátvitel esetében alkalmazható.

Érdemes még megjegyezni, hogy a kiegyenlítőelem vezetőlécei H8/d10 illeszkedéssel helyezkednek el a hornyokban.

A méretezés folyamán az egyenletesen változó felületi nyomással szükséges kalkulálni. A horonyvezetéses kialakításhoz hasonló a tuskóvezetéses megoldás. Annyi csupán az eltérés, hogy a horonyvezetéses kialakítás esetében a középső elem egy négyszögletes hasáb, és nem egy önálló tárcsa. A körömvezetéses típust nagyobb nyomatékok átvitelére is használják.

2.6 Oldham tengelykapcsoló anyaga

Az Oldham-kapcsoló alkatrészei A50-ből (melegen hengerelt finomszemcsés szerkezeti acél), esetleg ötvözött acélból készíthetők. Az együtt dolgozó felületeket a kopás csökkentése érdekében különböző felületi keménységűre kell hőkezelní. Érdemes keménygumiból vagy műanyagból készíteni a középső, közvetítő elemet.

További lehetőség a kapcsolófelek esetében, hogy acélt alkalmaznak, míg az Oldham-tárcsa anyaga bronz vagy öntöttvas is lehet.

De az alumínium kapcsolófél párosítása a szilikon közvetítő elemmel szintén jó megoldás. Az alumínium szilikonbetétes tengelykapcsolók a két tengely közötti nyomaték holtjáték nélküli átvitelére alkalmasak. A szilikonbetét a hajtó és a hajtott fél között helyezkedik el, kiváló rezgéscsillapító hatással bír.

Orvosi technológiában használatos Oldham-kapcsoló esetén rozsdamentes acél és polioximetilén, vagy más néven poliacetál (szintetikus, hőre lágyuló műszaki műanyag) párosítás a gyakori. A rozsdamentes acélt alávetik egy ún. elektropolírozási folyamatnak, melynek eredményeképpen meggátolja felszínén a baktériumok megtapadását.

Létezik olyan kombináció is, hogy a tárcsákhoz 2014A T651 alumínium-ötvözetet választanak, a közvetítő elem anyaga pedig polioximetilén.

Ha a kisebb tömeg és a zajtalan működés szempontját részesítik előnyben, akkor a kiegyenlítőelemet műanyagból esetleg gumiból készítik. Ezt úgy valósítják meg, hogy ebben az esetben a kapcsolófeleken alakítják ki a léceket, az Oldham-tárcsán pedig a

hornyokat. Ennek a megoldásnak az a hátránya, hogy nagyobb mérvű kopással kell számolnunk.[13]

2.7 Oldham tengelykapcsoló alkalmazási lehetőségei

Az Oldham-kuplung számtalan alkalmazási lehetőséget biztosít: többek között belső égésű motorok segédberendezésének hajtására használható, továbbá gyakran alkalmazzák szervomechanizmusokban is. Léteznek speciális alkalmazási területei a kapcsolónak: megemlíthetjük akár a csillagászati távcsöveket, vagy Lung-Wen Tsai General Motors laboratóriumában kifejlesztett kiegyensúlyozó gép prototípusát, melyben a két tengelykapcsolót egy ellenkező irányban forgó fogaskerék pár köti össze.[14]

További alkalmazási lehetőségét a scroll kompresszorban figyelhetjük meg, ahol két egymással szembe fordított archimédeszi spirál vonalban kialakított csiga kapcsolódik össze, melynek mozgása orbitális oszcilláló mozgás. Valójában soha nem fordul el. Megfigyelhető, hogy az Oldham-kapcsoló villával csatlakozik a mozgó csigaház a rögzített csigához. Meggátolja a bolygóspirál elfordulását és az esetleges folyadékütés esetén nyit a szerkezeten, ezáltal hagyja távolodni a bolygócsigát az álló csigától. E módon megakadályozza a kompresszor mechanikus sérülését. Mivel nagyok az üzem közben összekapcsolódó felületek, emiatt szükség van speciális olajozásra. [15]

Az Oldham szintén kompresszoros alkalmazását találjuk a GE dugattyús kompresszorok esetében is, ahol a kenőolajszivattyút általában közvetlenül a kompresszor tengelye hajtja meg egy Oldham-kuplungon keresztül, amely a dugattyús kompresszor forgattyús tengelyéről a nyomatékot a kenőolajszivattyúra továbbítja. A nagyobb fordulatszámú (>700 RPM) kompresszoroknál a kenőolajszivattyú által felvett teljesítmény jelentős, ezért a tengelykapcsoló fontos elem a kompresszor megbízhatósága szempontjából.

2.8 Oldham tengelykapcsoló beállítása, karbantartása

Fontos, hogy a tengelykapcsolónak könnyen csatlakoztathatónak, vagy szétkapcsolhatónak kell lennie. Igaz, a két szomszédos tengely forgástengelye között megenged némi eltérést a kapcsoló, viszont a cél, hogy a maradék elhajlást a lehető

legkisebbre csökkentjük működés közben, emellett maximalizáljuk a teljesítményátvitelt, és hosszabbítsunk a gép üzemidején (a tengelykapcsoló, a csapágycsukló és a tömítések élettartama). Lényeges továbbá, hogy ne legyenek kiálló részei.

A tengelykapcsolók karbantartása általában egyszerű feladat, amelyhez minden egyes tengelykapcsoló rendszeres időközönkénti ellenőrzésére van szükség. Ez a következőkből áll:

- ✓ Szemrevételezéses ellenőrzések elvégzése, a kopás vagy fáradás jeleinek ellenőrzése, valamint a csatlakozófelületek rendszeres tisztítása.
- ✓ A kenőanyag rendszeres ellenőrzése és cseréje. Ez a karbantartás a legtöbb tengelykapcsoló esetében évente, kedvezőtlen környezetben, szélsőséges üzemi körülmények között működő tengelykapcsolók esetében pedig gyakrabban szükséges.
- ✓ Az egyes tengelykapcsolókon elvégzett karbantartások dokumentálása a dátummal együtt.

A csatlakozók azonban még megfelelő karbantartás mellett is meghibásodhatnak.

A meghibásodás hátterében a karbantartástól eltérő okok állnak:

- helytelen szerelés,
- a rossz tengelykapcsoló kiválasztása,
- a tervezési képességeket meghaladó üzemeltetés.

A tengelykapcsoló élettartama optimalizálásának egyetlen módja, ha megértjük, hogy mi okozta a meghibásodást, és még az új tengelykapcsoló beszerelése előtt kijavítjuk azt.

Néhány külső jel, amely a tengelykapcsoló lehetséges meghibásodására utal:

- rendellenes zaj, például csikorgás vagy csattogás,
- túlzott rezgés vagy imbolygás,
- meghibásodott tömítések, amelyeket kenőanyag-szivárgás vagy szennyeződés jelez.

A tengelykapcsolókat szállítás előtt általában gyárilag kiegyensúlyozzák, de működés közben időnként előfordul, hogy kibillen az egyensúlyuk. A kiegyensúlyozás nehéz és költséges lehet, általában csak akkor végzik el, ha mindez kellőképpen indokolt. A bármely rendszer által tolerálható kapcsolási kiegyensúlyozatlanság mértékét az adott csatlakoztatott gépek jellemzői diktálják, és azt részletes elemzéssel vagy tapasztalatokkal lehet meghatározni.

2.9 Oldham tengelykapcsoló előnyei és hátrányai

Előnyök:

- ✓ Védi a meghajtott alkatrészt, mechanikus "biztosítékként" szolgálva,
- ✓ Védi a támasztócsapágycsapatokat azáltal, hogy még nagy eltérések esetén is alacsony reaktív erőt fejt ki,
- ✓ Homokinetikus erőátvitel - a hajtó és a hajtott tengelyek mindig pontosan azonos sebességgel forognak,
- ✓ Nulla holtjáték és nagy torziós merevség,
- ✓ Nagy radiális eltéréseket is képes elviselni,
- ✓ Gazdaságos ára van más, hasonló teljesítményjellemzőkkel rendelkező tengelykapcsolókhoz képest,
- ✓ Olcsó, cserélhető kopóelemeket tartalmaz,
- ✓ Alacsony tehetetlenségi nyomaték,
- ✓ Nincs sebességváltozás, mint a kardáncsuklóknál,
- ✓ Nagy oldalirányú eltolódások lehetségesek,
- ✓ Nagy nyomatékkapacitás,
- ✓ Könnyű szétszerelhetőség.

Hátrányok:

- A tengelyek korlátozott szögelfordulása,
- A relatív csúszó mozgás miatt időszakos kenésre van szükség, kivéve, ha nejlonszalag gumiszerkezetet alkalmaznak,
- A laza elemek esetleges elvesztése a szétszerelés során. [16]

2.10 A kardáncsukló története

A szögkiegyenlítő kapcsolók két fajtáját különböztethetjük meg. Az egyik típus esetén gumirugós vagy acélrugós elem egyenlíti ki a szögeltérést és kis szöghajlások esetén működik. Ebbe a csoportba sorolható a Hardy-tárcsa.

A másik típusba a kardáncsukló vagy más néven kardánkereszt sorolható, mely képes nyomatékot átvinni tengelyszöghajlás esetén.

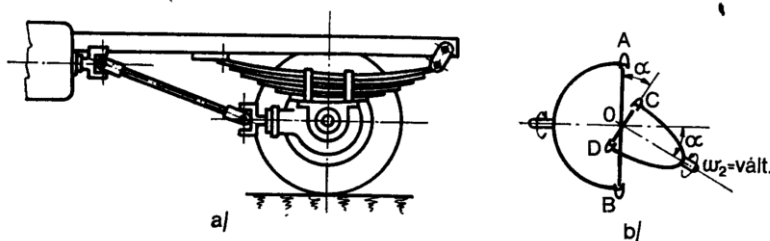
A kardáncsukló első, ismert említése egészen a Kr. e. 2000 évvel ezelőtti Kínáig nyúlik vissza. Ezt követően Kr.e. 300-ból találunk rá utalást az ókori Görögországból, ahol ostromgépekben használták. A 16. században Geronimo Cardano olasz fizikus (1501-1576) fejlesztette tovább, és arra alkalmazta a szerkezetet, hogy a hajókon vízszintesen tartsa az iránytűt.

A "kardáncsukló" elnevezés megmaradt, viszont amikor Robert Hooke (1635-1703, a Hooke-törvényről híres) a 17. században továbbfejlesztette az alapvető konstrukciót, megpróbálta a nevet "Hooke-csuklóra" változtatni. [17]

Több mint 200 évvel később Henry Ford (1863-1947) és Clarence W. Spicer (1875-1939) autóiipari szabadalmában köszön vissza a kardáncsukló ismét. [18]

2.11 A kardáncsukló felépítése

Leggyakoribb alkalmazási területe az autóiipar. Fő szerkezeti eleme egy – többnyire – kovácsolással készült, kereszt alakú alkatrész, amelynek A és B csapjaihoz a hajtótengelyre szerelt villa kapcsolódik, míg a C és D csapjaihoz a hajtott tengelyre szerelt villa csuklói illeszkednek.



4. ábra. Kardánkapcsoló beépítési vázlata [19]

Szükséges megemlíteni, hogy a hajtott tengely szögsebessége változó, ha a hajtótengely állandó szögsebességgel forog. Minél nagyobb a szögeltérés, annál nagyobb a szögsebesség-eltérés, mely változik a szögelfordulás függvényében. A hajtott villa kisebb vagy nagyobb szögelfordulása tartozik a hajtóoldali villa szögelfordulásához. Tömegeroőt és szöggyorsulást eredményez a létrejövő szögsebesség-ingadozás. Mivel a csapokat és a tengelyeket váltakozó, többlet erővel terheli mindez, ezért nem előnyös jelenség.

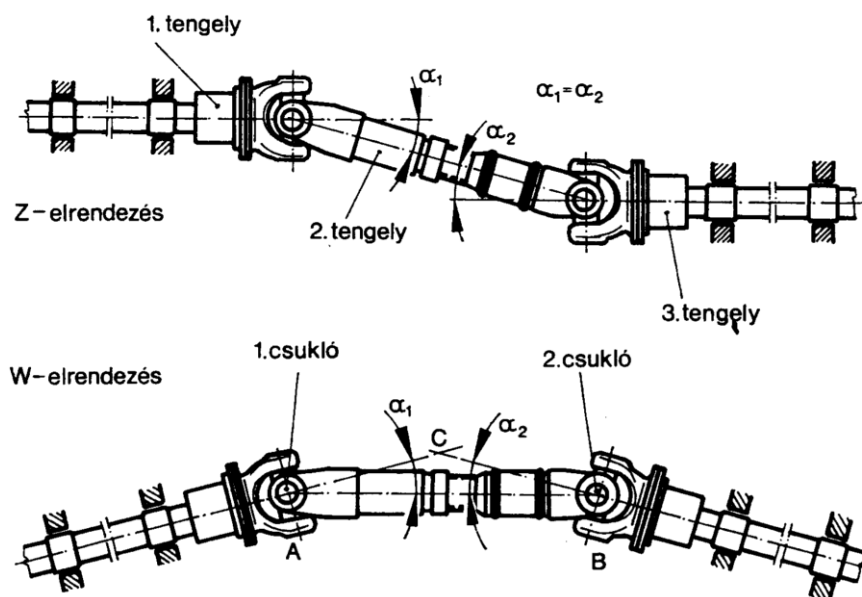
A hajtás egyenlőtlenség és a szögsebesség ingadozás miatt nem érdemes nagy súllyal terhelni a kardáncsuklóhoz kapcsolódó tengelyt, emellett lényeges a komplett egység kiegyensúlyozása is, mindez főleg nagy fordulatszám esetén ajánlott.

Két, egymás után beépített kardáncsukló alkalmazásával oldható meg a szögsebesség-változás problematikája. A beépítés során figyelembe kell venni, hogy a hajtótengely, a kardántengely, valamint a hajtott tengely egyaránt egy síkban legyen, továbbá, hogy egyforma szöget zárjon be a kardántengelynek a hajtott, illetve a hajtótengellyel alkotott szöge. Mindemellett ügyelni kell a csuklók beépítésénél, hogy a közbenső tengelyen, a kardántengelyen egy síkba essenek a két végén lévő villák.

2.12 A kardáncsukló beépítési módozatai

A szögsebesség-ingadozás elkerülése érdekében kétféle beépítési módozat ismert a kardánhajtás esetében: az egyik a Z elrendezés, amelynél az első és a harmadik tengely egymással párhuzamosan helyezkedik el, míg a W elrendezés esetében az első és a harmadik tengely metszi egymást.

A bemenő és a kimenő tengelyek csapágyterhelését a tengelyen átvitt csavarónyomatékból számolhatjuk ki.



5. ábra. Kardánelhajlás alapelrendezései [20]

2.13 A kardáncsukló kialakítása

Néhány lényeges szempontot érdemes szem előtt tartani. Többek között a hideghengerléssel vagy üregelemmel kellő pontosságúvá alakítható evolvens fogazattal érdemes a bordázott részt elkészíteni. Szintén lényeges a súrlódási tényező csökkentése érdekében a műanyagbevonat használata a hosszkiegyenlítő bordázott rész esetében.

Célszerű tartós kenéssel ellátni a komplett kardáncsuklót, továbbá érdemes jól tömítő szerkezettel óvni a görgőket, melyek a csapokat veszik körül.

A kardáncsukló középső, kiegyenlítő alkatrésze a kardánkereszt, amelynek több fajtája létezik.

Az egyik változat a golyóskardán-kapcsoló, melyet mozgás átvitelére alkalmaznak, főleg vezérlőszerkezeteknél és kapcsolószerkezeteknél használják őket.

Ebben az esetben hasáb alakú vagy gömbből kialakított változatú lehet a középső tag, és a tengelyvégekre felszerelt villák csapjai a bele készített furatokba illeszkednek. Ennél a változatnál a csapok a tengelyvégekhez tartoznak.

A kardánkereszt csukló gyártására az autópárházban, a mezőgazdasági gépek területén mutatkozik a legnagyobb igény, de a gépipar számos részén alkalmazzák előszeretettel ezt a megoldást. Az ezen a területen alkalmazott típus annyiban tér el az előzőtől, hogy itt a központi tag kereszt alakú, a végén pedig csapkiképzés található. A csap tűgörgős csapágyazással, villákba kerül beszerelésre.

A villavégekbe helyezett sapka belső furata a tűgörgők belső pályája, a golyóscsapágy acélból készült, gondosan köszörült helyzetét a villa furatába beszerelve rugós biztosító karika rögzíti. A szerelés első lépéseként a villákat ráhúzzák a keresztre, ezt követően a sapkák behelyezése zajlik.

Gépjárművek esetében az egyik villa tengelyre történő rögzítése bordástengely kötés által manifesztálódik. A bordázott rész burkolattal való szennyeződés elleni védelmére, valamint a megfelelő kenésre nagy hangsúlyt kell fordítani, ezáltal elkerülhető a hajtó, a hajtott egység, továbbá a kardáncsukló sérülése.

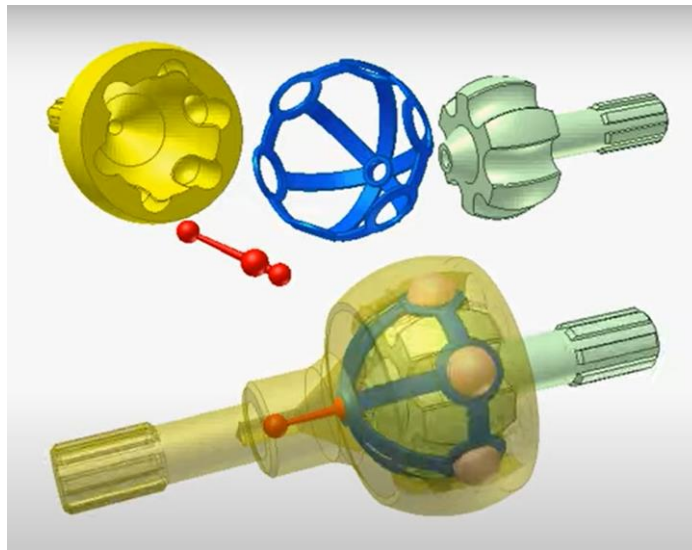
2.14 Kettős kardáncsukló

Gyakori alkalmazás a kettős kardáncsukló a gépjárművek kormányzott és hajtott tengelyének esetében, mely rendkívül előnyös erősen változó nyomaték átvitel és rövid építési hossz esetén. Problémát okozhat viszont a két kardáncsukló közötti hosszú tengely megtámasztása. Ennek kiküszöbölésére jelenthet megoldást a gumibakszerű felfüggesztés.

2.15 Szinkroncsukló

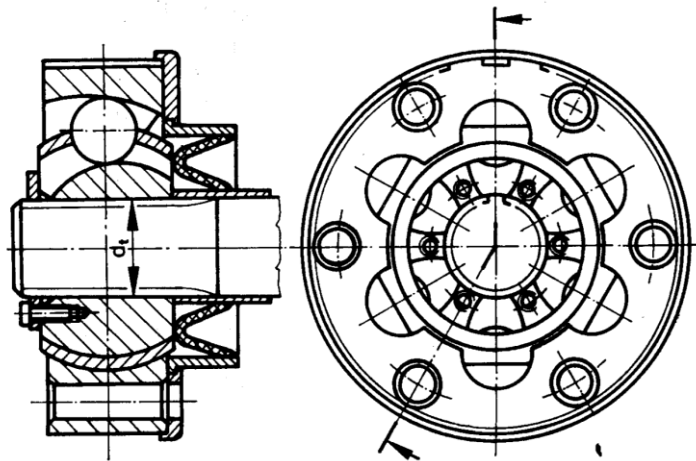
A szögsebesség állandó értékének biztosítása érdekében kétféle típusú szinkroncsukló született. Az egyik a rögzített csukló, amely elfordulásra és szögelhajlásra egyaránt alkalmas, a másik az elmozduló csukló, amely mindezeken túl még hosszirányú elmozdulást is képes megvalósítani.

Ilyen konstrukció az úgynevezett Rzeppa-féle (Alfred Rzeppa, 1885-1965, sziléziai származású amerikai mérnök) kardán. A tengelyvégre egy gömb alakú alkatrész csatlakozik, melyen 6 db, félkör szelvényű horony helyezkedik el, melyben golyók vannak, ezeket kosár tartja.



6. ábra. Rzeppa-csukló [21]

A másik konstrukció, az úgynevezett korong alakú kardáncsukló. Ezen alkalmazás során korong alakú alkatrészekben ülnek a golyópályák. A kapcsoló korong külső palástján bordázat található, melyhez tárcsa vagy tengelyvég csatlakozik, a másik tengelyvég pedig a belső darab furatához kapcsolódik. [22]



7. ábra. Korong alakú kardáncsukló [23]

2.16 Kardáncsukló - alkalmazott anyagok

Végezetül röviden kitérnék az alkalmazott anyagok kérdéskörére. A kardáncsukló ipari alkalmazása során számos lehetőség választható. A készülékgyártás, gépgyártás és az automatizálás területén gyakran alkalmazzák a 11SMnPb automata acélt, (1.0718) de találkozunk acél-ötvözetekkel is, pl. Króm-vanádium acél. Míg a hajóipar és az autóipar előszeretettel használja a rozsdamentes acél alapanyagot, addig az alumínium kardáncsukló is fellelhető a felhasználási palettán, pl. a tekerőkaros működtetésű előtétredőny esetében. [24]

3. A kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló mint tansegédeszköz

3.1 Az oktatási tansegédeszköz fogalma; tansegédeszközünk rövid ismertetése

Minden olyan tárgy taneszköz, amely a tanítás céljainak elérése érdekében használható fel, vagyis az oktatási segédeszköz nem más, mint az a tárgy, ami segít elérni az oktatási célkitűzéseket. [25]

A kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló mint tansegédeszköz elkészített 3D modellje és a hozzá kapcsolódó technológiai dokumentációjának oktatási célja, hogy demonstrálhatóvá váljon a hallgatók számára a sugárirányú eltéréssel rendelkező, párhuzamos tengelyek egytengelyűségi hibájának kiküszöbölése Oldham-tengelykapcsoló segítségével.

A modell által könnyen prezentálható, hogy az Oldham-kapcsoló három tárcsából áll: az egyik tárcsa a hajtó, míg a másik a hajtott tengelyhez kapcsolódik, a középső tárcsa egy-egy egymásra merőleges retesz által, esetleg a saját anyagából kialakított bordával kapcsolódik a másik két tárcsa hornyába.

Az Oldham-kuplung azáltal egyenlíti ki a két tengely egytengelyűségi hibáját, hogy a hajtó tengely körbeforgatásakor a középső tárcsa bordája elcsúszik a horonyban.

Az Oldham-tengelykapcsoló mechanikája egy kézzel hajtható kar segítségével demonstrálható, ahol a forgatónyomatékot egy kardáncsukló továbbítja. Utóbbi bármely tengelyszög eltérésnél alkalmas a nyomaték átvitelére.

A kardántengely a kitérő tengelyek között biztosítja a nyomatékátvitelt, ennek működése szintén bemutatható az elkészült 3D modell segítségével, az Oldham-mechanizmussal összekapcsolva.

A kardáncsukló lényege, hogy a két tengelykapcsoló fél villaszerű végei összekapcsolódnak egy kereszt alakú elemmel. Ezt nevezzük kardánkeresztnek.

3.2 A tansegédeszközök szerepének bemutatása saját példával illusztrálva

A tudomány által megtervezett és életre hívott tansegédeszközök szerepe rendkívül fontos a didaktikában: hozzájárulnak ugyanis a tanulás eredményességéhez, továbbá a tanítás színvonalának emelkedéséhez, a megértés, és a rendszerekbe tagolás folyamatának zökkenőmentes megvalósulásához.

Ezért lényeges fokmérő a tansegédeszköz minősége, hiszen csupán a kellő minőség esetén tudja betölteni hivatott funkcióját.

Ezen eszközök funkciója számottevő és szerteágazó: legfőbb szerepük abban nyilvánul meg, hogy a tanulói megértést és a tanári magyarázatot segítve szemlélteti az egyes tananyag részben foglaltakat, méghozzá elmélyítve, rendszerezve, gyakorolva a hallgatókat.

Másik fontos szerepük, hogy az adott didaktikai feladatokat szimulálhatják, továbbá segíthetik, valamint kiegészíthetik.

Végül, de nem utolsósorban a hallgatói munka irányításában, ellenőrzésében is szerepet vállal a jól megválasztott tansegédeszköz. [26]

A megtervezett és legyártott kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló mint tansegédeszköz 3D modellje kézzelfogható szerepet tölt be a megértés folyamatában, hiszen a hallgatók nemcsak közelről szemlélhetik, hanem saját maguk kipróbálhatják annak működési elvét.

Ezáltal a tanulás, valamint a tanítás eredményesebbé válik, didaktikai szempontból tehát az eszköznek ebben rejlik a jelentősége. A 3D modellhez készült műszaki dokumentáció elősegíti a rendszerbe tagolás folyamatának beépülését, azáltal, hogy nemcsak az elkészült rajzokat, továbbá a technológiai folyamatokat tartalmazza, hanem ezen felül egy nagy egységen belül helyezi el a legyártott alkatrészeket, így a hallgatók el tudják helyezni az Oldham-kapcsolót a tengelykapcsolók rendszerében, valamint a kardáncsukló típusairól és működési elvéről, felhasználási lehetőségeiről is kapnak útmutatást.

Nyilván a médium minősége lényeges szempont, ahogy azt Rózsa Skabela is hangsúlyozza írásában, ezért törekedtem a lehető legprecízebb kivitelezésre, továbbá mindhárom, fentebb felsorolt didaktikai szerep – tanulói megértés, didaktikai feladat szimulációja, hallgatói munka ellenőrzése - maximális betöltésére.

Ahogy az előbb ismertettem, úgy gondolom, hogy a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló alkalmas a hallgatói megértés elérésére.

Didaktikai feladat szimuláció kritériumát szintén kimeríti, hiszen használatával prezentálni tudjuk az Oldham-kapcsoló és a kardáncsukló működési mechanizmusát.

A diákok munkájának ellenőrzésére abból a szempontból alkalmas, hogy jelen oktatási eszköz alkalmazásával tudjuk kontrollálni, hogy a tanulók kellő mértékben megértették-e a működési elvet, kiegészítve mindezt a mellékelt dokumentáció elsajátításával, átolvasásával.

3.3 A didaktikai „háttér” taneszközünk vonatkozásában

Akkor a legcélravezetőbb a használata, ha az oktató által történő alkalmazása sokrétű módszerrel zajlik. Fontos, hogy mindig az optimális tansegédeszközt alkalmazzuk szemléltetéseink során.

Evidens, hogy az olyan oktatási intézményekben, ahol kellőképpen magas a technikai felszereltség, és az oktatóknak nagyszámú tansegédeszköz áll rendelkezésre a tananyag szemléltetésére, ott sokkal könnyebb a tudás átadása, és a hallgatói oldalról az ismeretanyag megértése szintén kevesebb akadályba ütközik.

Hangsúlyozni érdemes az eszközök tárházának széles repertoárjának fontosságát, hiszen különböző tanítási metódusok alkalmazása során eltérő tansegédeszköz alkalmazandó. [27]

Véleményem szerint a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló egy ideális megoldás ezen speciális gépelemek működésének prezentálására.

Sokrétűségének lényege viszont abban rejlik, hogy dokumentációja által képes elhelyezni a hallgató egy nagyobb rendszerben az itt tárgyalt szerkezeteket. Gyakorlati és elméleti alkalmazás: eme kettősség teszi lehetővé a jobb megértést és elmélyülést.

Szerencsére Egyetemünk rendkívül jól felszerelt oktatási segédeszközök vonatkozásában is, ezért számos médium áll az oktatók rendelkezésére az ismeretanyag átadása céljából.

Az Oldham-tengelykapcsoló viszont eléggé ritka alkalmazás, emiatt nincsen jelentős szakirodalma, illetve prezentációs tárháza. Jelen munka egyik fő célja, hogy bővítse a tárgykörhöz kapcsolódó gyakorlati szemléltető eszközök és dokumentációk repertoárját.

3.4 A tansegédeszközök felosztása, oktatási segédeszközünk elhelyezkedése a Wilbur Schramm diagram-rendszerben

A didaktikai apparátus fogalmába eltérő megjelenésű, felhasználhatóságú eszközök tartoznak bele. Különböző szempontrendszer alapján történik a tansegédeszközök felosztása. Wilbur Schramm diagramja történeti nézőpontból közelíti meg a felosztást. [28]

Nemzedékek	Jellemző eszközök, anyagok
Valóságos tárgy vagy verbális, vizuális megjelenése (vizuális vagy taktilis eszközök)	Természeti tárgyak (ásvány, kőzet, stb.) Képek, térképek, makettek, modellek, stb. Kísérleti eszközök, táblák, stb
Nyomtatott taneszközök	Tankönyvek, munkafüzetek, kézikönyvek, szótárak, lexikonok, stb
Audiovizuális eszközök és információhordozók	<u>Auditív</u> : lemezjátszó – hanglemez; magnó – hangszalag; rádió – rádióműsor; CD-lejátszó – audio CD <u>Vizuális</u> : diakép – diavetítő; transzparens – írásvetítő; epizskóp, néma mozgófilm – vetítő <u>Audiovizuális</u> : hangos dia- és mozgófilm-vetítő – hangosított diasor, hangosfilm; televízió – tv-műsor; videomagnó – videofelvétel; projektorok
Programozott oktatás és eszközrendszere	Oktatóprogramok, oktató- és vizsgáztató gépek, nyelvi laboratórium, számítógépek és programok (CD-I, multimédia, stb.)

8. ábra. Wilbur Schramm diagram-rendszere

Mindemellett további csoportosítási lehetőségek vannak, például létezik a szoftveroldali és hardveroldali megközelítés. Nevéből adódóan a hardveres csoportba sorolhatjuk a különféle gépeket, szerkezeteket és eszközöket, melyek az átadni kívánt ismereteket közvetítik a hallgatóság számára. A szoftveroldal képviseli a különféle információhordozókat.

További csoportosítási kategóriát képeznek a személyek és a taneszközök, másnéven médiumok. [29]

Ha megvizsgáljuk Wilbur Schramm diagramjának felosztását, könnyedén el tudjuk helyezni benne a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló 3D modelljét továbbá annak műszaki dokumentációját.

Ahogy a fenti táblázatban prezentálom, Schramm két fő kategóriát különböztet meg: a Nemzedékek, illetve a Jellemző eszközök, anyagok csoportját.

Nemzedékek tárgykörön belül a „Valóságos tárgy vagy verbális, vizuális megjelenése (vizuális vagy taktilis eszközök)” illetve a Jellemző eszközök, anyagok csoport legelső kategóriájában a „Természeti tárgyak (ásvány, kőzet, stb.) Képek, térképek, makettek, modellek, stb. Kísérleti eszközök, táblák, stb.” csoportba illeszthető bele a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló kézzelfogható modellje.

Schramm diagrammjának második csoportosítási lehetősége a Nemzedékeken belül a „Nyomtatott taneszközök”, illetve a Jellemző eszközök, anyagok kategóriába illeszkedő „Tankönyvek, munkafüzetek, kézikönyvek, szótárak, lexikonok, stb.” tartoznak.

Ha megvizsgáljuk a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló műszaki dokumentációját, láthatjuk, hogy teljes mértékben beleillik ebbe a kategóriába.

Ezen kívül Wilbur Schramm további két kategorizálási alternatívát vázol fel számunkra (Audiovizuális eszközök és információhordozók, továbbá a Programozott oktatás és eszközrendszere), de könnyen belátható, hogy ezen tárgykörök nem ölelik fel sem a jelen esetben tárgyalt 3D modellt, sem annak írott specifikációját.

Ha a további csoportosítási eshetőségeket vizsgáljuk, arra a megállapításra juthatunk, hogy kézzelfogható taneszközünk a hardver oldali, míg annak műszaki dokumentációja a szoftver oldali kategóriába sorolható.

Más szempontrendszer szerint alkalmazható kategorizálás, amelyet a tansegédeszközt felhasználó személyek csoportosításával hívunk életre: eszerint különbséget tehetünk

oktatók, valamint diákok számára készült eszközök között, illetve bizonyos esetekben fellelhetők tanulók – tanárok részére gyártott tanulást/tanítást segítő eszközök.

Létezik érzékszervi szempontból történő rendszerezés is, ide tartozik a vizuális, audiovizuális, auditív, taktilis, illetve komplex tansegédeszközök. [30]

Ha a fenti csoportosítást alkalmazzuk eszközünkre, megállapíthatjuk, hogy a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló hallgatók számára készült. Az érzékszervi szempontból történő megközelítés során pedig könnyen konstataálható, hogy médiumunk tartalmaz vizuális és taktilis elemeket egyaránt, ezáltal a komplex tansegédeszközök kategóriájába sorolnám.

3.5 A Pedagógiai Kézikönyv szerinti további felosztási lehetőségek

Részletesebb kategóriákat mutat be a Pedagógiai Kézikönyv, amely kilenc csoportra osztja a taneszközöket:

- tanuló-kísérleti eszközök (modellek, játékok, manipulációs eszközök, kísérleti felszerelések, logikai készletek, stb.),
- oktatástechnikai eszközök (számítógép),
- auditív információhordozók (CD, hangoskönyv, internet, iskolarádió stb.),
- vizuális információhordozók (internet, diáképek stb.),
- oktatócsomagok (multimédia-rendszerek tanuláshoz),
- nyomtatott taneszközök (szakkönyvek, tankönyvek, munkafüzetek, módszertani segédkönyvek stb.),
- tanári demonstrációs eszközök (gyűjtemények, tárgyak stb.),
- audiovizuális információhordozók (internet, DVD, iskolatelevízió stb.),
- nyomtatott grafikai eszközök (fényképek, táblázatok). [31]

Ha tanulmányozzuk a Pedagógiai Kézikönyv kilenc kategóriáját, megállapíthatjuk, hogy a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló 3D modellje rögtön az első csoportosítási lehetőséget /tanuló-kísérleti eszközök (modellek, játékok, manipulációs eszközök, kísérleti felszerelések, logikai készletek, stb.)/ fedi le, továbbá ha figyelmesen megvizsgáljuk a hetedik kategóriát /tanári demonstrációs eszközök (gyűjtemények, tárgyak stb.)/, szintén leszögezhetjük, hogy ezen körbe is készséggel besorolható.

Az írott dokumentációnkkal eltérő a szituáció, hiszen csak és kizárólag a hatodik csoportba/nyomtatott taneszközök (szakkönyvek, tankönyvek, munkafüzetek, módszertani segédkönyvek stb./, illeszthető be.

3.6 Didaktikai alapelvek és megjelenésük taneszközünk esetében

Comenius számos hasznos didaktikai alapelvet fogalmazott meg, melyek alkalmazhatóak a taneszközökkel történő oktatás során, ezek pedig a következők:

- Szemléletesség elve: hangsúlyos, hogy nem feltétlen könyvekből kell elsajátítani az ismereteket, hanem a dolgok természetének valódi megismeréséből. Szükséges a közvetlen tapasztalat, hogy megértsük és kellőképpen megtanuljuk az anyagot.
- Tudatosság elve: az ismeretek értelmes elsajátítását tűzi ki célul. Meg kell ismerni a szemlélt tárgyak összefüggéseit, működését, kapcsolatát.
- Teljesítőképeség: adott szintnek megfelelően tárja a hallgatók elé az ismereteket az oktató.
- Fokozatosság elve: az ismert részletektől induljon a magyarázat és úgy haladjon tovább az ismeretlenig
- Szilárdság elve: a szükséges megértéshez mélyebb alapokat kell szolgáltatni, mindez kellő megvilágítással, szükséges demonstrációs eszközzel érhető el. [32]

Ha megvizsgáljuk a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsolót mint tansegédeszközt Comenius didaktikai alapelveinek tükrében, arra a megállapításra jutunk, hogy mind az öt észrevétel megjelenik oktatási segédeszközünkben.

Kezdjük a Szemléletesség elvével: ahogy Comenius javasolta, nem kimondottan könyvekből érdemes az ismeretanyagainkat bővíteni, hanem közvetlen tapasztalás útján, erre pedig a legjobb megoldás egy kézzelfogható tansegédeszköz didaktikai alkalmazása. Mindez elengedhetetlen a megértéshez és az ismeretek alapos elsajátításához.

Eszközünk szépen manifesztálódik a második alapelvben is, ugyanis, amint a tudatosság elve kimondja, hogy meg kell ismerni az összefüggéseket, a tárgyak, eszközök működését. Utóbbi megvalósítására törekszik a kardáncsuklóval integrált Oldham-

tengelykapcsoló kézzelfogható modellje, a korrelációk identifikálására viszont az írott dokumentáció a legalkalmasabb.

Comenius harmadik didaktikai elve a teljesítőkéesség, mely nagyon fontos mérőfoka az oktatásnak. Megfelelő háttértudás birtokában elsajátítható az itt tárgyalt ismeretanyag. Érdemes elsőként az írott anyagot átolvasni, megérteni, mielőtt a 3D modellt megismerjük.

Ahogy már az előbb felvázoltam Comenius teljesítőkéesség alapelvébe ágyazva a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló tematikáját, könnyen észrevehető a negyedik didaktikai elv (fokozatosság) tanulmányozásánál, hogy hasonló az előzőhöz.

Ugyanis a fokozatosság és a teljesítőkéesség comeniusi vetülete kéz a kézben járnak, hiszen az adott szintnek megfelelő oktatás megkívánja előzményeként a fokozatosság elvét.

Ez utóbbihoz szintén érdemes ugyanazt a meglátást hozzáfűzni, amit már az előbb megtettem: erősen ajánlott a dokumentáció áttanulmányozása, mielőtt a gyakorlati bemutatóra kerülne sor.

Az utolsó didaktikai alapelv megismerése során el is érkeztünk 3D modellünk lényegéhez és céljához: segítségével mélyebb tudáshoz, biztosabb alapokhoz juttatjuk a hallgatókat, hiszen a vizuális élmény sokkal maradandóbb és kristálytisztább megértést és bevésoódést eredményez.

3.7 Tansegédeszközünk megfelelősége a didaktikai feladat tükrében

Milyen a megfelelő tansegédeszköz? Először is meg kell vizsgálnunk, hogy mi a konkrét didaktikai feladat és mit tartalmaz. Az adott témakör reprezentáláshoz milyen eszköz, modell, makett szükséges, ezeket a fogalmakat milyen érzékszerv segítségével lehet a legegyszerűbben, legszemléletesebben bemutatni. Nyilván azzal a tényezővel is számolni kell, hogy a hallgatói csoport összetétele tudás szint szempontjából változó lehet, ezért mindenképpen figyelembe kell venni a diákok egyéni sajátosságait is a megközelítési mód megválasztása során.

Ha az oktatót is, mint egy faktort nézzük a megfelelő tansegédeszköz megválasztásának szempontrendszerében, akkor mindenképpen azokat a demonstrációs eszközöket szükséges kellőképpen preferálni, melyek használatában az oktató eléggé jártas, ezáltal

képes hatékonyan bemutatni az eszköz működését, s rajta keresztül az adott témakört. [33]

Jelen esetben didaktikai feladatunk annak prezentálása, hogy mi módon oldható meg Oldham-tengelykapcsoló segítségével a sugárirányú eltéréssel rendelkező, párhuzamos tengelyek egytengelyűségi hibájának kiküszöbölése, továbbá, hogyan valósíthatjuk meg kardántengellyel a kitérő tengelyek közötti nyomatékátvitel biztosítását.

Utóbbi működési mechanizmusa szintén bemutatható az elkészült 3D modell segítségével, az Oldham-mechanizmussal összekapcsolva.

Mindemellett további célkitűzés a hallgatók ismeretanyagának bővítése a különféle tengelykapcsoló típusokról, illetve a kardáncsukló alkalmazásának, működésének, lényegének bemutatása.

Nyilván a hallgatói csoport összetétele nem egységes, ezért célszerű a már sokat emlegetett comeniusi elvek figyelembevételével haladni a tudásanyag átadásában: az ismert területekről a kevésbé köztudott tematikák irányába.

Oktatói oldalról fontos megjegyezni, hogy érdemes előadás/szeminárium előtt kipróbálni az adott tansegédeszköz működőképességét, annak érdekében, hogy az esetleges hibákra a tanóra megkezdése előtt fény derüljön, és legyen idő kiküszöbölni, áthidalni, korrigálni azt.

Egy tökéletesen működő taneszköz látványa az órán kellőképpen reprezentálja a tanár jártasságát, felkészültségét a hallgatóság előtt.

3.8 A kardáncsuklóval integrált Oldham-mechanizmus, az oktatási tansegédeszközök helyes kiválasztásának tükrében

Nem egyszerű egy tansegédeszköz megtervezése és legyártása, viszont segítségével az oktatás-élmény sokkal színvonalasabb, a tanítás eredményesebbé, élményszerűbbé válik általa.

Az optimális eszköz megválasztása az oktatás megtervezésének egyik nélkülözhetetlen jelentőségű momentuma. Egy bizonyos oktatási szituáció során több fontos faktort szükséges szem előtt tartani, amikor döntést akarunk hozni a legcélravezetőbb tansegédeszköz kiválasztása mellett.

A demonstrációs eszközök jelentősen támogatják az oktatói munkát, legyen szó motiválásról, szemléltetésről vagy akár tanulásirányításról és vizsgáztatásról. Viszont annak a módszernek a kiválasztása, hogy hogyan és mikor illeszti be a tanár az oktatás menetébe a tansegédeszközt, továbbra is az oktató tevékenységének hangsúlyos részét képezi. [34]

Tagadhatatlanul fontos momentum a megfelelő tansegédeszköz kiválasztása, lényeges szempont, hogy mit és hogyan szeretnénk oktatni.

A sugárirányú eltéréssel rendelkező, párhuzamos tengelyek egytengelyűségi hibájának kiküszöbölésének bemutatására kétségtelenül egy Oldham-kapcsoló modell a legalkalmasabb, továbbá a kitérő tengelyek közötti nyomatókátvitel biztosítását érdemes egy kardáncsuklós megoldással bemutatni a hallgatóságnak.

Báthory Zoltán véleménye szerint a didaktika egyik leghangsúlyosabb kérdésköre, hogy az adott taneszköz hogyan illeszthető bele a tananyag struktúrájába, mennyire passzol az oktatás céljaihoz, követelményrendszeréhez. Egy optimális tansegédeszköz megtervezése, fejlesztése hozzájárulhat az eredményesebb tanításhoz, az ismeretek mélyebb elsajátításához. [35]

Báthory szavai Comenius utolsó didaktikai alapelvét, a szilárdság elvét idézi fel bennem:

a megértéshez mélyebb alapokat kell szolgáltatni, mindez kellő megvilágítással, szükséges demonstrációs eszközökkel. Ere törekszünk a 3D modell által: mely biztosabb alapokhoz, mélyebb tudáshoz juttatja a hallgatókat, ugyanis sokkal maradandóbb és kristálytisztább megértést és bevésoedést érhetünk el egy vizuális élmény segítségével.

Ahhoz, hogy a megfelelő tansegédeszköz mellett tudjunk dönteni, ismernünk kell az eszközrepertoárt, továbbá azt a tényt, hogy használata által milyen hatást kelt a hallgatóságban. Bizonyos esetekben hasznos a különféle eszközkombináció alkalmazása.

Földesi Zoltán néhány jelentős észrevételt tett a taneszközök kiválasztásával összefüggésben: az oktatási segédeszköz nem a tanárt hivatott helyettesíteni, hanem kiszélesíti az oktatói kompetencia által nyújtott lehetőségeket.

Az oktatási médium által nyújtott alábbi paraméterek kiválóan bővíthetik a tanári potenciált:

Idő: például mozgáselemzés segítségével lehetőség nyílik az adott szimuláció gyorsítására, illetve lassítására.

Távolság: hallgatói közegbe hozhatóak a különféle események, esetleg távoli objektumok.

Méret: nagyíthatjuk vagy kicsinyíthetjük az általunk megfigyelt tárgyakat, jelenségeket.

Beállítás, szín: segítségével fókuszálhatjuk a hallgatók figyelmét, kiemelhetünk hangsúlyos részeket.

Dokumentumszerűség: segítségével rögzíthetünk tárgyakat, jelenséget, illetve fel is idézhetjük azt.

Sokszorosíthatóság: bármennyi reprodukció előhívható, ezáltal minél több hallgatóhoz eljuthat az átadni kívánt információ

Manipulálhatóság: különféle események, jelenségek, valamint a tárgyak térbeli és időbeli vonatkozásának transzformációja.

A kellőképpen szükséges médium, vagyis tansegédeszköz kiválasztása során nagy jelentősége van az intuíciónak.

Az oktatónak sokszor nagy fejtörést okoz, hogy adott oktatási szituációban milyen típusú médium alkalmazható sikeresen. Az intuíció viszont tapasztalás útján fejlődik, jó pár alkalom szükséges hozzá, hogy az oktató kitapasztalja, hogy adott helyzetben melyik oktatási segédeszközt alkalmazza a tanultak szemléltetésére és a megértés, imprinting elősegítésére.

Nincs kőbe vésett szabály, sablon-szituáció, amely alapján előírhatjuk adott médium használatának kötelező jogosultságát. Oktatói rutin által hívjuk életre, hogy mikor mit alkalmazunk.

Ennek ellenére vannak törekvések, miszerint különféle algoritmusok, valamint szempontsorok segítségével közelebb kerülhetünk az adott szituációban alkalmazandó ideális tansegédeszköz használatához, viszont ezek a kutatások sem nyújtanak az adott körülményhez 100%-ban megfelelő receptet.

Fontos azonban szem előtt tartani, hogy az oktatási médium csupán egy eszköz, és mint eszköznek szükségszerűen illeszkednie kell a tanítási-tanulási folyamat rendszerébe, ezáltal támogatva a tanár munkáját. [36]

Vizsgáljuk meg Földesi Zoltán felvetéseit az oktatási segédeszközünk vonatkozásában: azzal mindannyian egyetértünk, hogy a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló esetében is igaz az a megállapítás, hogy nem az oktatót kívánja helyettesíteni, hanem bővíteni próbálja a tanári kompetencia által nyújtott lehetőségeket az idő, a beállítás, a sokszorosíthatóság, a dokumentumszerűség, a manipulálhatóság szempontjából.

Idő vonatkozásában megjegyezhetjük, hogy a 3D modell alkalmas a reprezentálandó mechanikai folyamatok lassabb, illetve gyorsabb demonstrálására egyaránt.

A megfelelő beállítás által a kellően lényeges részletek mutathatók be az oktatók által.

A dokumentumszerűség és a sokszorosíthatóság nem a kézzelfogható modellünkre, hanem inkább a hozzá mellékelt műszaki dokumentációra vonatkozik: míg az előbbi tartalmazza a szerkezet elkészített technológiai dokumentációját, illetve annak illusztrálását, hogy a tansegéd eszköz hogyan gyártható le, addig az utóbbi, vagyis a sokszorosíthatóság azt taglalja, hogy a műszaki dokumentáció sokszorosíthatósága révén minél több hallgatóhoz eljuttatható.

A manipulálhatóság nem más a kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló esetében, hogy transzformáljuk a szerkezet időbeli és térbeli vonatkozását.

Ahogy általában minden médium esetében igaznak mondható, hogy tapasztalati úton lehet kiválasztani legtökéletesebben az adott célnak megfelelő oktatási tansegédeszközt, úgy jelen szerkezetünk szintén nem az első oktatási alkalom egyikén találja meg a legtökéletesebb prezentációs helyét az oktatási szituációk berkeiben.

A megfelelő médium helyes megválasztásának kritériumai az alábbi módon definiálhatóak:

Tanulók: Megemlítendő, hogy a diákok ismeretanyag-elsajátítás módjának viszonylatában is rendkívül nagy jelentősége van az életkornak. Míg fiatalabb életkorban inkább a gyakorlati és vizuális elemek kerülhetnek előtérbe az eredményes oktatómunka során, addig a később életszakaszban már elegendő egy-egy verbális magyarázat a tananyag kellő elsajátításának elősegítéséhez.

Személyes tapasztalatom és véleményem az, hogy meglátásom szerint bármely életszakaszban eredményesebbé tehető a tanulási folyamat egy vizuális élményt nyújtó oktatási segédeszköz segítségével.

Ennek okán terveztem meg a kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsolót, mely vizuális demonstrációs eszköz lévén elősegíti az ismeretanyag-elsajátítás gördülékenyebbé tételét.

Nádasi András szerint a figyelem tartóssága szintén eltérő lehet a különböző életkorokban, emiatt szükségesnek látja, hogy megvizsgálja azt a tényt, hogy az adott oktatási médium megfelelő-e a hallgatók figyelmének megtartására. [37]

Ismét csak személyes véleményt fűznék hozzá röviden: a pandémia okozta bezártság hozzájárult a megnövekedett szorongáshoz, a befelé forduláshoz, továbbá a digitális világban történő nagyfokú elmerüléshez.

Az okoseszközök túlzott használata minden korosztály vonatkozásában néminemű figyelemzavart, koncentrációs képesség csökkenést eredményezett.

Ezek ok miatt is válik fontossá a kézzel fogható tansegédeszközök életre hívása, hiszen segítségükkel utat mutathatunk a digitális világból a realitás talajára történő visszalépésre.

Fontos, hogy érdekes és jól használható legyen az általunk tervezett és gyártott médium, hiszen vetekednie kell a digitális világ sokszínűsége és bűvölete által nyújtott szédítő kavalkáddal, és le kell kötnie a hallgatók figyelmét, ami a fenti megállapítás tükrében nem csekély feladatot ró a tervezőre.

De visszatérve Nádasi András megállapításaihoz a megfelelő médium helyes megválasztásának kritériumaival kapcsolatban:

Nádasi rendkívül lényegesnek tartja a koncepciót, a *pedagógus személyi lehetőségeinek* vonatkozásában: hangsúlyos elvárás a tanártól, hogy képes legyen beilleszteni az oktatás menetébe a tansegédeszközt, illetve szintén fontos, hogy tudja kezelni, demonstrálni azt.

Célkitűzés: legelső feladat a megfelelő oktatási tansegédeszköz kiválasztásához a tanítási célok analizálása, majd miután ez megtörtént, az oktatási médiumok kiválasztása. [38]

Jelen esetben egyik fő célunk, hogy prezentáljuk a hallgatóság számára a sugárirányú eltéréssel rendelkező, párhuzamos tengelyek egytengelyűségi hibájának kiküszöbölésének lehetőségét Oldham-tengelykapcsoló segítségével. Bemutatjuk általa, hogy ez a megoldás alkalmas csekély radiális eltérésű tengelyek összekapcsolására.

Másik kulcsfontosságú célkitűzésünk, hogy demonstráljuk a kardántengely lényegét, miszerint a kitérő tengelyek között biztosítja a nyomatékátvitelt, ennek működése szintén bemutatható az elkészült 3D modell segítségével, az Oldham-mechanizmussal összekapcsolva.

Eredményesség: meghatározott célkitűzéshez, meghatározott oktatási médium szükséges, csupán ezáltal lehet produktív oktatásról beszélni. [39]

A fentebb ismertetett két fő cél egy sikeresen elkészült 3D modellben manifesztálódott, mely megpróbál hozzátenni a tanítás produktív sikeréhez az aktuális tárgykörben.

Tartalom: voltaképpen milyen oktatási médium passzol a szóban forgó tantárgyhoz? Első lépés, hogy az oktatandó ismeretanyagból ki kell választani a hangsúlyos részleteket, melyhez be kell kategorizálnunk a tartalom releváns esszenciáját, mint pl vizuális vagy akár auditív ismeretanyagról van-e szó.

Nézzünk erre egy konkrét példát: képi tudásanyag átadása esetén döntést kell hoznunk, hogy ábra esetleg fénykép vagy mozgókép által segítjük elő a hallgatóknak a tananyagrészt elsajátítását. [40]

A kardáncsuklóval integrált Oldham kapcsoló esetében többszörösen vizuális ismeretanyag átadása válik szükségessé, ugyanis a kézzelfogható szerkezet-modell valamint a műszaki dokumentáció egyaránt a látásközpontú ismerettár kategóriájába sorolható.

Szervezeti formák és módszerek: meg kell határozni a hallgatói csoport létszámát, ugyanis nem mindegy, hogy az oktatás előadás formájában zajlik nagyobb tanulói létszám mellett, vagy szemináriumi órára kerül sor, mindössze egytucat résztvevővel, esetleg egyéni tanulás során történik a tananyag elsajátítása. A hallgatói létszám megállapítása azért lényeges, mert más és más módszereket alkalmazunk eltérő létszámok esetén. Például frontális oktatás során, egy nagyelőadóban zajló óra keretében inkább preferáljuk a képek kivetítését mint azok körbeadását. [41]

Véleményem szerint jelen tematikánk bemutatása főként a kiscsoportos oktatási forma által eredményesebb, hiszen egy kisebb teremben, csekélyebb létszámú tanulói közösség előtt prezentálva modellünk működését valóban gyorsabb és alaposabb megértést érhetünk el.

Nagyobb létszám esetén kénytelenek vagyunk további segédeszközöket alkalmazni, hogy a széleskörű közönség nyomon tudja követni az ismeretek átadásának folyamatát.

Az utóbbi esetben elsősorban projektor/kamera továbbá egy vetítövászón használata válhat szükségessé, de mindemellett érdemes körbeadni a 3D modellt, hogy minden hallgató közlelről szemlélhessen és kipróbálhassa annak működési mechanizmusát.

Gyakorlati tényezők: fontos azt is megállapítani, hogy egyáltalán léteznek-e azok az infrastrukturális kritériumok, melyek elengedhetetlenek ahhoz, hogy tansegédeszközünket demonstrálni tudjuk. [42]

Különösen akkor lényeges mindezek megléte, hogyha egy nagyobb létszámú előadás keretében mutatjuk be tansegédeszközünkkel illusztrált modellünket, hiszen ilyenkor – mint már említettem – fontosak a minket segítő technikai eszközök.

Gazdaságossági tényezők: két hasonlóan demonstratív oktatási médium közül érdemesebb mindig a kedvezőbb árfekvéssel rendelkező eszközt választanunk. [43]

Amennyiben szükséges további oktatási eszköz alkalmazása, törekedjünk az olcsóbb, de egyúttal megfelelő minőségű, tartósabb használatot eredményező taneszköz vásárlására. Jómagam a 3D modell megtervezése során igyekeztem szem előtt tartani ezeket a kritériumokat is.

3.9 Didaktikai összefoglaló

Mindezt összefoglalva konstatálhatjuk, hogy taneszközünk tervezési szempontjai rendkívül összetettek, számos funkciónak szükséges megfelelniük: többek között, fontos, hogy egyértelmű és könnyen elsajátítható legyen a használata, emellett a tetszetősség szintén hangsúlyos követelmény, megvalósulása esetén szívesebben használják a diákok.

További kritérium, hogy tartalmazzon önellenőrző funkciót, ezáltal hatékonyabb a tanulás, megértés, bevéésődés folyamata.

Mindemellett rendeltetése még, hogy összeszedett munkavégzésre sarkallja a hallgatókat, és hasznos diagnosztikai jelzőrendszer az oktatónak a diák munkatempója és munkamódszere vonatkozásában.

Végül, de nem utolsósorban praktikus, ha rendelkezik egy ún. gyakorló funkcióval, melynek lényege, hogy inspirálja a hallgatót a tansegédeszköz többszöri kipróbálására.

Nagy segítség, ha a demonstrációs eszköz tovább bővíthető, így jelentős könnyebbség hozzákapcsolni vagy felhasználni más témakörök során. [44]

Láthatjuk tehát, hogy nagyon sok követelménynek kell megfelelnünk, ha csupán a didaktikai szempontrendszereket vesszük figyelembe. De nézzük meg, mi mindent kell megvalósítanunk, ha a műszaki kritériumoknak is eleget szeretnénk tenni az eszköz tervezése során.

4. A kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló Solid Edge szoftver segítségével elkészített CAD-állományainak bemutatása

4.1. A CAD-állomány elemei

A kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló az alábbi elemekből tevődik össze:

1 db talp, 2 db tartóbak, 2 db tengely, horony kialakítással, 2 db kapcsolófél, 1 db kiegyenlítőelem, 1 db kardáncsukló, 2 db fészkes retesz, 4 db gömbfejű szegecs.

A Solid Edge 2021 Student Version tervezőszoftver segítségével a következő állományokat készítettem el:

- Alkatrészmodell: talp, 2 db tartóbak, tengely horonnyal, középső kiegyenlítőelem, kapcsolófél 1, kapcsolófél 2, kardáncsukló (kardánvilla-1; kardánvilla-2, karral; kardánkereszt)
- Összeállítási modell: Oldham tengelykapcsoló és kardáncsukló komplett modell
- Robbantott ábra: Oldham-tengelykapcsoló
- Alkatrészrajz: talp, retesz, tengely horonnyal, tartóbak 1-2, kiegyenlítő elem, kapcsolófél 1-2, kardáncsukló
- Összeállítási rajz: kardáncsuklóval integrált Oldham-tengelykapcsoló

Első lépésben szükségszerű volt az alkatrészmodellek elkészítése, többek között a talpat, tartóbakokat, továbbá a tengelyeket horonnyal, a kiegyenlítőelemet, valamint a kapcsolófeleket és kardáncsuklót terveztem meg a szoftverrel.

Mindez úgy zajlik, hogy kétdimenziós asszociatív és módosítható vázlatot készítünk, amely a 3D geometriák létrehozásának előkészítésére szolgál.

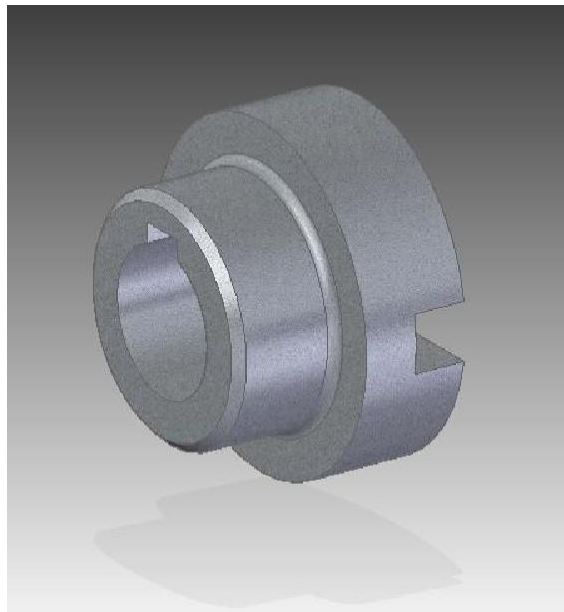
Ezt követően létrehoztam a 3D modellek alapgeometriáját, majd kidolgoztam azok részletes alakelemeit.

A további művelet a 3D alkatrészek összeillesztése volt assembly, vagyis szerelés környezetben, majd összeállítottam a 3D szereléseket. Végül a 3D-s környezet adottságait kiaknázva elvégeztem a modell fotorealistikus renderelését.

Végül az ISO metrikus műhelyrajz funkció segítségével a megtervezett alkatrészekből, valamint szerelésekből létrehoztam hagyományos műhelyrajzokat és összeállítási rajzokat.

4.2 3D modellek kialakítása Solid Edge szoftver alkalmazásával

4.2.1 Kapcsolófél megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:



9. ábra. Kapcsolófél 3D modellje

Első lépésként kiválasztom az ISO alkatrész sablont, ugyanis ebben a környezetben tudom létrehozni a **kapcsolófél** háromdimenziós modelljét.

A rajzolást szinkronmodellezés környezetben végeztem, melyet néhány szóban az alábbiakban ismertetek:

a szinkronmodellezés nem modelltörténet alapú, ebben a rajzkészítési környezetben a vázlat nem vezeti a modellt, csupán csak arra funkcionál, hogy létrehozzuk a 3D-s testet.

Amennyiben kitöröljük a vázlatelemet, a hagyományos modellezési környezettel ellentétben nem omlik össze a modell. További eltérés a hagyományos modellezéssel szemben, hogy nincs külön vázlatkörnyezete.

Megjegyezném még, hogy a szinkronmodellezés sokkal közelebb áll a gyártáshoz, mert ebben az esetben magával a háromdimenziós modellel dolgozunk, nem pedig a modellt megelőző vázlatokkal kell operálnunk.

Nézzük konkrétan a rajzolás folyamatát: a kezdőlapon a vázlatlétrehozási csoportokból választunk ki test létrehozási parancsokat. A menüszalag *vázlat* menüpontjában további lehetőségeket találunk.

Kiválasztottam a *kör középpontjával* parancsot. Kijelöltem az adott síkot, amire rajzolni szeretnék egyúttal rákattintottam a lakat jelre, ezáltal rögzítésre kerül, hogy bármilyen *vázlat* elemet hozok létre az elkövetkezőkben, az erre a síkra fog kerülni. Azonban, ha a lakat helyett az F3 gyorsbillentyűt nyomom meg, szintén szintén ugyanerre az eredményre jutok.

Ezt követően szükséges leellenőrizni, hogy a jobb felső sarokban megjelent-e a *sík rögzítése* ikon, amely megmutatja azt a síkot, amire amire éppen rajzolni szeretnék.

Érdemes bekapcsolni a *vázlat* menüponton belül a *rács mutatása* opciót, amely segítségével könnyebben nyomon tudjuk követni, hogy melyik síkon dolgozunk.

Választom tehát a *kör középpontjával* parancsot, és megadom a szükséges paramétereket, jelen esetben 70 mm $\varnothing$, majd a koordináta rendszer null pontjára kattintok, el is készült a vázlatelem.

Ezt követően merőleges betekintést állítok be az adott síkra ahol dolgozom, ezt a *vázlat készlet* parancs segítségével tudom beállítani. Ha még mást is rajzolok a vázlatra, akkor utána használom a kényszereket, majd méretezek.

Jelen esetben megadok még egy vázlatot, ismét kiválasztom a *kör középpontjával* parancsot, és ugyanerre a síkra rajzolok egy 50 mm $\varnothing$ kört, ami az agy átmérője.

Ezután rákattintok a *kihúzás* parancsra. Amint ezt megtettem, rögtön megváltozik a hozzá tartozó szalag sor: megadhatjuk neki, hogy egyes elemből, élláncból vagy felületből szeretnénk létrehozni a műveletet, továbbá a kihúzás mértékét, ami 22 mm.

Az immár létrehozott test felületére is rajzolhatunk, méghozzá a *téglalap középpontjával* parancs kiválasztásával.

Rajzolok tehát egy 12 mm széles téglalapot, melynek a szimmetriatengelye egybeesik az eredeti körünk szimmetriatengelyével, majd a kihúzást indító fogót mínusz irányba húzom, 11 mm mélységig.

Ha ugyanis rákattintok a *vázlat* régióra, majd megfogom a kihúzását indító fogót és elkezdem felfelé húzni akkor anyagot adunk hozzá, ha elkezdem lefelé húzni akkor lehetőségünk van anyagot eltávolítani a testből. Mindezt szimmetrikusan is elvégezhetjük, erre az opcióra a shift menü gomb segítségével válthatunk.

Folytatom a modell rajzolását: ezúttal a test túloldalán végzem el a vázlat megalkotását, majd a kihúzást:

leveszem a vázlat rögzítését és meg tudok adni egy másik síkot, ahova szeretnék dolgozni. Ebben az esetben kiválasztom ismét a *kör középpontjával* parancsot és kijelölöm, hogy melyik síkra szeretnék rajzolni.

Rákattintok a lakatra és befordítom a síkot, majd egy 30 mm és egy 50 mm átmérőjű körökből álló vázlatot rajzolok. Majd kiválasztom a *kihúzás* parancsot és rákattintással jelölöm, hogy melyik régiókból jöjjön létre a test. Mindezt jobb gomb vagy enter segítségével elfogadjuk, ezt követően kihúzzuk testté a vázlatot megadjuk a szükséges méreteket, jelen esetben 22 mm-t.

Baloldalt az alakelem gyűjtőbe be is kerül *kihúzás*, mint alakelem.

Ugyanennek a felületnek a síkjára vetített újabb vázlat segítségével kialakítom a reteshornyot, majd a *letörés*, valamint a *lekerekítés* parancs segítségével 2 mm, illetve 5 mm-es lekerekítéseket, továbbá $2 \times 45^\circ$ -os letöréseket helyezek a modellre.

4.2.2 Közvetítő elem megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:



10. ábra. Közvetítő elem 3D modellje

Kiválasztom ismét az ISO alkatrész sablont, itt hozom létre a **közvetítő elem** háromdimenziós modelljét.

A rajzolást ezúttal is szinkronmodellezés környezetben végeztem.

A kezdőlapon a *vázlatlétrehozási csoportokból* választunk ki test létrehozási parancsokat.

Kiválasztottam a *kör középpontjával* parancsot. Kijelöltem az adott síkot, amire rajzolni szeretnék egyúttal rákattintottam a lakat jelre, ezáltal rögzítésre kerül, hogy bármilyen vázlat elemet hozok létre az elkövetkezőkben, az erre a síkra fog kerülni.

Majd leellenőrzöm, hogy megjelent-e a *sík rögzítése* ikon, egyúttal bekapcsolom a *rács mutatója* opciót, annak érdekében, hogy nyomon tudjam követni, melyik síkon dolgozom.

Választom tehát a *kör középpontjával* parancsot, és megadom a szükséges paramétereket, jelen esetben 70 mm $\varnothing$, majd a koordináta rendszer null pontjára kattintok, el is készült a vázlatelem.

Ezt követően merőleges betekintést állítok be az adott síkra ahol dolgozom, ezt a *vázlat készlet* parancs segítségével tudom beállítani.

Ezután rákattintok a *kihúzás* parancsra. Amint ezt megtettem, rögtön megváltozik a hozzá tartozó szalag sor: megadhatjuk neki, hogy egyes elemből, élláncból vagy felületből szeretnénk létrehozni a műveletet, továbbá a kihúzás mértékét, ami 12 mm.

Az immár létrehozott test felületére is rajzolhatunk, még hozzá a *téglalap középpontjával* parancs kiválasztásával.

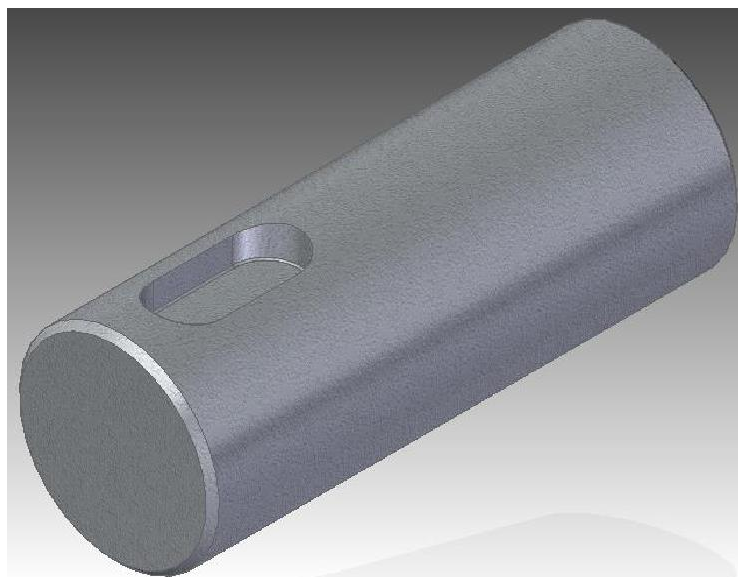
Rajzok egy 12 mm széles téglalapot, melynek a szimmetriatengelye egybeesik az eredeti kör szimmetriatengelyével, majd a kihúzást indító fogót pozitív irányba húzom, egészen 11 mm-ig.

Folytatom a modell rajzolását: ezúttal a test túloldalán végzem el a vázlat megalkotását, majd a kihúzást: leveszem a vázlat rögzítését és meg tudok adni egy másik síkot, ahova szeretnénk dolgozni. Ebben az esetben kiválasztom a *téglalap középpontjával* parancsot és kijelölöm, hogy melyik síkra szeretnék rajzolni.

Rákattintok a lakatra és befordítom a síkot.

Rajzok egy 12 mm széles téglalapot, melynek a szimmetriatengelye egybeesik az eredeti kör szimmetriatengelyével, majd kiválasztom a *kihúzás* parancsot és rákattintással jelölöm, hogy melyik régióból jöjjön létre a test. Mindezt jobb gomb vagy enter segítségével elfogadjuk, ezt követően kihúzzuk testté a vázlatot megadjuk a szükséges méreteket, jelen esetben 11 mm-t.

4.2.3 Tengely horonnyal megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:



11. ábra. Tengely 3D modellje

Újra ráklikkelek az ISO alkatrész sablon ikonra, itt hozom létre a **tengely horonnyal** háromdimenziós modelljét.

A rajzolás ismét szinkronmodellezés környezetben történik.

Kiválasztom a *kör középpontjával* parancsot. Kijelöltem az adott síkot, amire rajzolni szeretnék egyúttal rákattintottam a lakat jelre, ezáltal rögzítésre kerül, hogy bármilyen vázlat elemet hozok létre az elkövetkezőkben, az erre a síkra fog kerülni.

Ezt követően leellenőrzöm, hogy megjelent-e a *sík rögzítése* ikon.

Rákklikkelek a *kör középpontjával* parancsot szimbolizáló ikonra, és megadom a szükséges paramétereket, jelen esetben 28 mm $\varnothing$, majd a koordináta rendszer null pontjára kattintok, el is készült a vázlatelem.

Ezt követően merőleges betekintést állítok be az adott síkra ahol dolgozom.

Ezután rákattintok a *kihúzás* parancsra. Amint ezt megtettem, rögtön megváltozik a hozzá tartozó szalag sor: megadhatjuk neki, hogy egyes elemből, élláncból vagy felületből szeretnénk létrehozni a műveletet, továbbá a kihúzás mértékét, ami 80 mm.

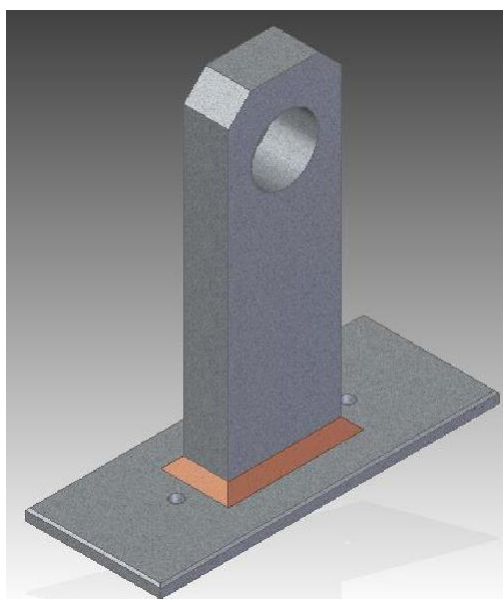
A **tengely** háromdimenziós modelljének hangsúlyos eleme a reteszhorony, melynek kialakítása a következőképpen történik:

elsőként az érintősíkot jelöljük ki, majd *téglalap középpontjával* parancs alkalmazásával megadjuk a horony párhuzamos oldalpárját, továbbá érintőleges körív parancs használatával, 5 mm sugarú ív rajzolásával fejezzük be a vázlat kialakítását. A reteszhorony hossza 22 mm, a szélessége 8 mm.

A vázlat elkészülését követően a kihúzást indító fogót mínusz irányba húzom, 4 mm mélységig.

A *letörés* parancs használatával $1 \times 45^\circ$ -os letöréseket helyezek el a modellen, a két tengelyvégre kattintva.

4.2.4. Tartóbak megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:



12. ábra. Tartóbak

Először rákattintok az ISO alkatrész sablon ikonra, itt hozom létre a **tartóbak** háromdimenziós modelljét.

A rajzolást az előzőekhez hasonlóan szintén szinkronmodellezés környezetben végzem. Kiválasztom a *téglalap középpontjával* parancsot. Kijelöltem az adott síkot, amire rajzolni szeretnék egyúttal rákattintottam a lakat jelre, ezáltal rögzítésre kerül, hogy bármilyen vázlat elemet hozok létre az elkövetkezőkben, az erre a síkra fog kerülni.

Ezt követően leellenőrzöm, hogy megjelent-e a *sík rögzítése* ikon.

Ráklíkkelek a *téglalap középpontjával* parancsot szimbolizáló ikonra, és megadom a szükséges paramétereket, jelen esetben 150 mm x 50 mm, majd a koordináta rendszer null pontjára kattintok, el is készült a vázlatelem.

Ezt követően merőleges betekintést állítok be az adott síkra ahol dolgozom.

Majd klikkelek a *kihúzás* parancsra, és beállítom a kihúzás mértékét, ami 20 mm.

A továbbiakban a létrehozott test felületére rajzolunk, méghozzá a *kör középpontjával* parancs kiválasztásával.

Rajzoló tehát egy 30 mm átmérőjű kört, melynek a szimmetriatengelye egybeesik az eredeti téglalapunk szimmetriatengelyével, majd a kihúzást indító fogót mínusz irányba húzom, ezáltal furat keletkezik a téglalap testen.

Ezután a **tartóbak** talpát tervezzük meg, amit a nyitott profil elv segítségével is elvégezhetünk.

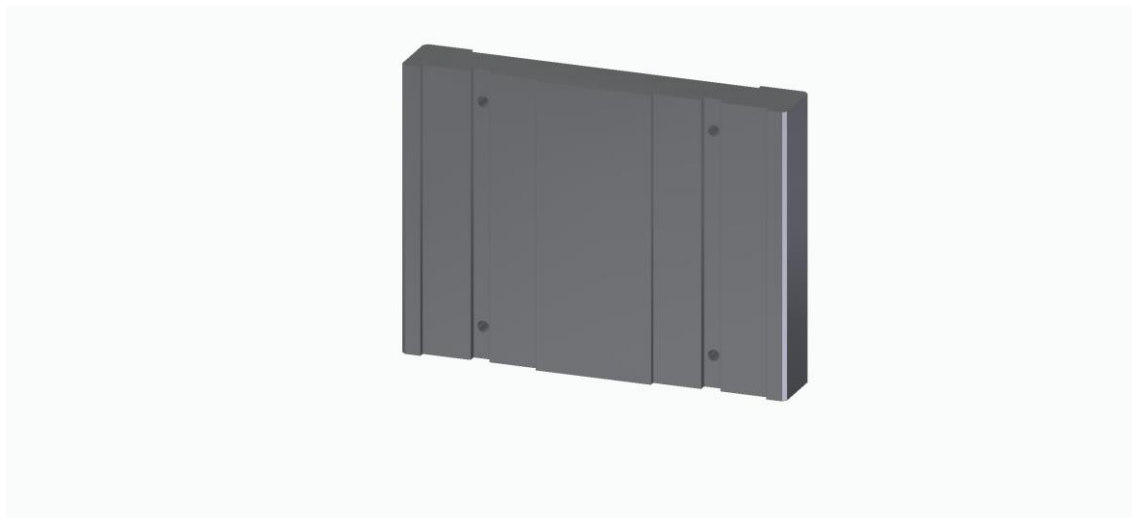
A nyitott profil lehetőséget biztosít számunkra, hogy a vázlatelemeket kijelölve rögtön meg tudom indítani valamely alakelem elkészítését. Meg kell adni az anyag létrehozásának az irányát az iránymutató nyíl segítségével, ezt követően szükséges rögzíteni a távolság nagyságát is.

Jelen esetben a **tartóbak** talpa 60 mm széles, valamint magassága 6 mm, ezt a vázlatelemet 150 mm-re szükséges kihúzni testté, két irányban, szimmetrikusan.

Végezetül letöréseket helyezünk el a **tartóbak** felső élein.

Megjegyezném, hogy mivel az Oldham-kapcsoló célja a radiális eltérések kiküszöbölése, ezért az eltérés demonstrálása érdekében az egyik tartóbak furatát a másik tartóbak modellétől eltérő magasságba helyezem.

4.2.5. Talp megtervezése a Solid Edge alkalmazásban:



13. ábra. Talp 3D modellje

Az ISO alkatrész sablon kiválasztásával kezdem meg a **talp** háromdimenziós modelljének elkészítését, az előbbiekhöz hasonlóan szintén a szinkronmodellezés környezetet használom.

A menüszalag *vázlat* menüpontjában kiválasztom a *téglalap középpontjával* parancsot. Kijelöltem az adott síkot, amire rajzolni szeretnék egyúttal rákattintottam a lakat jelre, ezáltal rögzítésre kerül.

Megadom a szükséges paramétereket, jelen esetben 200 mm x 149 mm nagyságú oldalhosszokat, majd a koordináta rendszer nullpontjára kattintva el is készült a vázlatelem.

Ezt követően merőleges betekintést állítok be az adott síkra ahol dolgozom.

Ezután rákattintok a *kihúzás* parancsra. Amint ezt megtettem, rögtön megváltozik a hozzá tartozó szalag sor: megadhatjuk neki, hogy egyes elemből, élláncból vagy felületből szeretnénk létrehozni a műveletet, továbbá a kihúzás mértékét, ami 32 mm.

Az immár létrehozott test felületére is rajzolhatunk, méghozzá a *téglalap középpontjával* parancs kiválasztásával.

Rajzolok két darab 60 mm x 149 mm-es téglalapot, majd a kihúzást indító fogót mínusz irányba húzom, 6 mm mélységig.

Szükséges továbbá a 6,5 mm átmérőjű átmenő furatok elhelyezése a talpon.

A Solid Edge 2021 újdonsága, hogy optimalizált táblakiosztásokat hozhatunk létre a *lemeztábla kiosztás* (nesting) segítségével.

Ha azonban maradunk a megszokott metódusnál, akkor ismét a *vázlat* parancs alkalmazásához kell folyamodnunk, kijelölve azt a felületet, ahova rajzolni szeretnénk, majd a *kör középpontjával* parancs használatával elkészítjük a furatok vázlatát. Természetesen ebben az esetben bonyolultabb a megvalósítás, hiszen segédvonalak alkalmazására is szükség lesz a furatok pontos helyének kijelölésének érdekében.

Végezetül a *kihúzás* parancs segítségével eltávolítjuk az anyagfelesleget.

Folytatom a modell rajzolását: ezúttal a test túloldalán végzem el a vázlat megalkotását, majd a kihúzást: leveszem a vázlat rögzítését és meg tudok adni egy másik síkot, ahova szeretnénk dolgozni. Ebben az esetben kiválasztom a *téglalap középpontjával* parancsot és kijelölöm, hogy melyik síkra szeretnénk rajzolni.

Rákattintok a lakatra és befordítom a síkot.

Rajzolok egy 150 mm x 190 mm -es téglalapot, majd a kihúzást indító fogót mínusz irányba húzom, 6 mm mélységig.

Balesetvédelemi célból hossz mérettel és szögértékkel rendelkező letörésekkel – jelen esetben $2 \times 45^\circ$ – látom el a talp éleit.

4.2.6. Kardáncsukló 3D modelljének elkészítése



14. ábra. Kardánvilla 3D modellje

Első lépésként kiválasztom az ISO alkatrész sablont, mivel ebben a környezetben hozom létre a **kardáncsukló** háromdimenziós modelljét.

Elsőként az egyik villa megrajzolása történik, melyet ezúttal is szinkronmodellezés környezetben végzek.

A kezdőlapon a *vázlatlétrehozási csoportokból* választunk ki test létrehozási parancsokat. A menüszalag *vázlat* menüpontjában további lehetőségeket találunk.

Kiválasztom a *kör középpontjával* parancsot. Kijelöltem az adott síkot, amire rajzolni szeretnék egyúttal rákattintottam a lakat jelre, ezáltal rögzítésre kerül, hogy bármilyen *vázlat* elemet hozok létre az elkövetkezőkben, az erre a síkra fog kerülni.

Választom tehát a *kör középpontjával* parancsot, és megadom a szükséges paramétereket, jelen esetben 24,8 mm-es átmérőt, majd a koordináta rendszer null pontjára kattintok, el is készült a vázlatelem.

Ezt követően merőleges betekintést állítok be az adott síkra ahol dolgozom, ezt a *vázlat készlet* parancs segítségével tudom beállítani.

Jelen esetben megadok még egy vázlatot, ismét kiválasztom a *kör középpontjával* parancsot, és ugyanerre a síkra rajzolok egy 30 mm átmérőjű kört, ezáltal készül el a köracél vázlata.

Ezután rákattintok a *kihúzás* parancsra. Amint ezt megtettem, rögtön megváltozik a hozzá tartozó szalag sor: megadhatjuk neki, hogy egyes elemből, élláncból vagy felületből szeretnénk létrehozni a műveletet, továbbá a kihúzás mértékét, ami 30 mm. Az immár létrehozott test felületére is rajzolhatunk, még hozzá a *téglalap középpontjával* parancs kiválasztásával.

Rajzoló tehát egy 22,5 mm x 26,50 mm nagyságú téglalapot, melynek a szimmetriatengelye egybeesik az eredeti körünk szimmetriatengelyével, majd a kihúzást indító fogót mínusz irányba húzom, teljes mélységig. A keletkezett füleket 6 mm-es lekerekítésekkel látom el. Végül elhelyezem rajta a 2 db 2 mm átmérőjű furatot, melyet vázlatelem rajzolásával, majd negatív irányú kihúzással valósítok meg.



15. ábra. Kardánvilla karral 3D modellje

A másik kardán villa megrajzolásához ismét nyitok egy új ISO alkatrész sablont, és a fentiekhez hasonlóan alkotom meg a modellt, annyi különbséggel, hogy a a 30 mm és a 24,5 mm átmérőjű köracélt további kihúzással meghosszabbítom, ezáltal hajtókarként fog funkcionálni, így a modell teljes hossza 135 mm nagyságú lesz.

4.2. 7 Kötőelemek, rögzítőelemek

Solid Edge Standard Parts (Szabványos elemtár) moduljának telepítését követően a szabványos alkatrésztár adminisztrátor segítségével kiválaszthatjuk és letölthetjük a számunkra szükséges elemeket az adatbázislistából.

Azonban ha nem rendelkezünk hozzáféréssel, egyszerűsített változatban meg is rajzolhatjuk az elemeket.

A szegecs 6 mm átmérőjű kör kihúzásával, majd a érintősíkra történő negyed kör-vázlat rajzolásával, végül a *forgáskihúzás* parancs alkalmazásával készíthető el.

A kardánkereszt sematikus modellje két, egymásra merőleges 1,8 mm átmérőjű hengerré kihúzott kör megalkotásával hozható létre.

4.3. Összeszerelés – Assembly



16/a. ábra. A kardáncsuklóval integrált Oldam-kapcsoló összeállítási modellje



16/b. ábra. A kardáncsuklóval integrált Oldam-kapcsoló összeállítási modellje

Ha egy új szerelést, assemblyt szeretnénk létrehozni, akkor a kezdőképernyőn az ISO metrikus szerelés lehetőséget választjuk.

Ezt megnyitva a modelltérben láthatjuk, hogy egészen más eszközkörnyezet fogad minket, mint amit korábban megszoktunk.

Itt az alkatrészek egyetlen nagy közös térben vannak/lesznek elhelyezve, mely rendelkezik egy saját koordináta rendszerrel. Ezenfelül az alkatrészek is rendelkeznek önálló koordináta rendszerrel, amelyben a modellezést korábban elvégeztük. Azonban miután importáljuk a testeket az assembly környezetbe, a szerelés saját koordináta rendszere válik aktívvá a számukra.

Fontos elem a lebegő eszköztár is, itt a *kiválasztás – alakelem definíció szerkesztése* gombra érdemes kitérni, ennek alkalmazása megegyezik az *összeszerelés* ikon használatával. A másik lényeges gomb a *kiválasztás – szerkesztés szerelésen belül* opció, amely szerelési környezetben belül átvált alkatrész modellezési környezetbe.

Első lépésként a bal oldali Alkatrészkönyvtárból előkeressük a szerelés bázisalkatrészét, - jelen esetben a **közvetítő elemet** - majd a bal egérgomb lenyomásával behúzzuk azt a modelltérbe. Erre a testre automatikusan a *földhöz köt* kényszer fog vonatkozni.

Mivel összeállítási modellünk kissé összetett, ezért alszerelést alkalmazok, melyet az összeállítást követően importálok be a jelenlegi modelltérbe.

Az alszerelést szintén az ISO metrikus szerelés környezetben végzem, ezen opció megnyitásával. Elsőként behívom bázismodellként a **tengely** nevű alkatrészünket, majd a **reteszt**, és a *gyorsillesztés* eszköz használatával illesztem őket össze. A beillesztendő felületre kattintok, jobb gombbal előhívjuk a QuickPick menüt, ahol kiválasztom a megfelelő síkot, rákattintok, majd a bázisalkatrészen jelölöm ki az illeszkedés pontos helyét. Miután ez megtörtént, importálok a **kapcsolófél** modelljét, melyet a **tengely** és a **kapcsolófél** furat forgástengelyének összeillesztésével, *hengeres illesztés* parancs segítségével szerelünk össze.

Miután ez megtörtént visszatérünk a korábbi assembly modellkörnyezetbe, ahova már beillesztettük bázisalkatrészként a **közvetítő elemet**.

Új alkatrészt vagy alszerelést a *komponens beillesztése* gombbal tudok behozni a modelltérbe, mely által megjelennek az Alkatrészkönyvtár tartalmának az elemei, ahonnan be tudjuk importálni alszerelésünket, a tengellyel és retesszel integrált

kapcsolófelet. Drag and drop művelettel behúzom a modelltérbe, ezt követően tudom rá szerelni a **közvetítő elemre**.

Ekkor feljön a lebegő eszköztár, melynek első eleme az *előfordulás tulajdonságai* opció, ahol a listázási és megjelenítési tulajdonságokat módosíthatunk. A második eleme a konstrukció megjelenítésének és elrejtésének lehetőségeit foglalja magában. (koordináta tengelyek, referenciasíkok, vázlatok stb.) A következő opció a lebegő eszköztáron belül a *kényszerek típusai*, ahol alaphelyzetben a *gyorsillesztés* parancs aktív.

Számos hasznos ikon található továbbá a lebegő eszköztár lehetőségei között, megemlíteném még a *beállítások*, valamint az *offset beállításokat*, melynek segítségével megadható a két illesztés közötti távolságok nagysága, de ugyanúgy hangsúlyos a *forgatható/nem forgatható* beállítás. A *fordít* gomb síkillesztés során átfordítja az ellentétes oldalára az illesztendő alkatrész orientációját.

Láthatjuk azt is, hogy bal oldalt a modellezési családfa helyett úgynevezett *szerelés történet* található, itt is tételek szerepelnek, mint az alkatrész modellező környezetben, viszont itt nem alak sajátosságok vannak felsorolva, továbbá módosítási tulajdonságok, hanem maguk az alkatrészek. A checkboxban lévő pipa eltávolításával az assembly eleméül szolgáló alkatrész elemek eltüntethetők.

Ha mozgatom a kurzort az adott alkatrész felett, akkor megfigyelhetjük, hogy nemcsak az alkatrész, hanem a szerelési történetben felsorolt megnevezése is sárgán villan fel.

Amennyiben kijelölöm a darabot, azt a program zöld színnel jelzi, mind a modelltérben, mind a szerelési történetben.

Ismét gyorsillesztést alkalmazok az elhelyezés során. A beillesztendő felületre kattintok, jobb gombbal előhívjuk a QuickPick menüt, ahol kiválasztom a megfelelő síkot, rákattintok, majd a bázisalkatrészen jelölöm ki az illeszkedés pontos helyét.

A modelltér bal alsó régiójában folyamatosan nyomon tudjuk követni a szerelés során létrehozott kényszereket, melyek szükség esetén el is távolíthatóak.

Következő lépésként a tartóbakot importálom a modelltérbe, melyet a *hengeres illesztés* parancs alkalmazásával rögzítek a **tengely-retesz-kapcsolófél alszereléshez**.

A következő lépés a **kardáncsukló alszerelés** létrehozása, melyet szintén az ISO metrikus szerelés környezetben végzek el, ezen opció megnyitásával. Elsőként behívom bázismodellként a **kardánvilla** nevű alkatrészt, majd a **kardánkeresztet**, és a

gyorsillesztés eszköz használatával illesztem őket össze. A beillesztendő felületre kattintok, jobb gombbal előhívjuk a QuickPick menüt, ahol a tengelykapcsoló fél furatának és a **kardánkereszt** forgástengelyének összeillesztésével, *hengeres illesztés* parancs segítségével szerelem össze őket, kattintással a bázisalkatrészen jelölöm ki az illeszkedés pontos helyét. Miután ez megtörtént, importálom a **kardáncsukló/tengelykapcsolófél_2_kar** elnevezésű modellpárját, amelyet a *gyorsillesztés* eszköz használatával illesztek hozzá a többi elemhez.

Végezetül visszatérünk a korábbi assembly modellkörnyezetbe, és a fent leírtakhoz hasonlóan beimportáljuk az újonnan létrehozott alszerelés a modelltérbe, majd a **kardáncsukló alszerelés**-assembly modellt a *hengeres illesztés* parancs segítségével a **tengely – retesz – kapcsolófél** alszereléshez rögzítjük.

Ezt követően a modelltérbe hozzuk a Seeger-gyűrűket, melyeket a tengelyvégekre szerelünk, közvetlenül a tartóbakok mellé.

Ezután a **talpat** hívom be a modelltérbe, melyet a rajta és a **tartóbak** talpán található furatok *hengeres illesztés* parancs által történő szinkronizációjával hozok fedésbe, illetve illeszték össze, végezetül 4 db 6 mm átmérőjű szegecs segítségével rögzítem a konstrukciót az alábbi módon: szegecs felületének és a fogadó felület kijelölésével párba állítjuk, majd *hengeres illesztés* parancs által rögzítjük az elemeket.

4. 4 Műhelyrajz

Végezetül a műhelyrajz és az összeállítási rajz elkészítésének fázisait ismertetném röviden.

Első lépésként ráklikkelek a kezdőképernyő ISO metrikus műhelyrajz lehetőségre.

A munkaterületen szövegmezővel és revíziótörténettel ellátott műszaki rajzlapot látunk rajzterületként.

Első lépésként a Rajzlap1 fülre kattintva jobb gombbal a Rajzlapjellemzők lehetőség segítségével be tudjuk állítani a rajzlapméretet és a háttérrel, majd kitöltjük a szövegmezőt.

A rajzlapméret a műhelyrajzaink esetében A/3, összeállítási rajznál pedig A/2, fekvő méret.

Alkatrészeink műhelyrajzát, továbbá a háromdimenziós modell összeállítási rajzát az alább felvázolt módon fogjuk elkészíteni:

A *kezdőlap* fölön a *rajznézet készítés varázsló* ikon használatával beimportáljuk a 3D modellt, mely egy adott vetületi nézet formájában jelenik meg a rajztérben, melyet a lebegő eszköztár lenyíló menüjének segítségével tetszőlegesen módosíthatok, változtathatom az arányokat is, továbbá több rajznézetet is elhelyezhetek a virtuális rajzlapra.

Miután ez megtörtént, escape-el kilépek, és elkezdem méretezni a rajzot, felhelyezem a méretszámokat, amely meghatározza az alkatrészt a méretcsoport eszközeit használva, illetve elhelyezem a szimmetriatengelyeket, melyet a *jelölések eszközcsoport/középvonal* ikon alkalmazásával tudok megtenni.

A feliratokat a szöveges mutatóvonal segítségével importálom a rajzlapra.

A tengely alkatrészrajzán kitörést szükséges alkalmazni, melyet a *kitörés* parancs használatával tudok megvalósítani az alábbi módon: elsőként meg kell rajzolnom azokat a körvonalakat, melyek által határolt terület szeretnék metszetben ábrázolni, legegyszerűbb az alkatrész felezőpontjától téglalapot rajzolni, majd kattintok azon a rajznézetben, ahol a kitörést szeretném létrehozni.

A **tengely** alkatrészrajzán és a kardáncsuklóval integrált Oldham-kapcsoló összeállítási rajzán egyaránt alkalmazunk metszeti ábrázolást, melyet az alábbi módon valósítunk meg:

az eszköztáron keressük meg a *metszősík* ikont. A *vonat* parancs segítségével rajzoljuk meg a metszősík vonalát, zárjuk be a parancsot, majd adjuk meg a metszet irányát a megjelenő mutatónyílra történő rákattintás által. Ezt követően kattintsunk a *metszet* ikonra, majd az előzőleg rajzolt metszősíkra, végül helyezzük el a metszetet a rajznézet alatt.

A komplett műszaki rajzi dokumentáció a Szakdolgozat 1. számú mellékletében található.

5. Az előtervezés, műveleti sorrendterv, művelettervezés, műveletelem tervezés, posztprocesszálás technológiai folyamata

A tartalmi korlátok miatt jelen dolgozat csupán három alkatrészt vizsgál meg a technológiai tervezés különböző szintjein: elsőként a **kapcsolófél**, majd a **talp**, végül a **kardáncsukló alkatrész kardánvilla** elemének bemutatása kerül sorra.

A technológiai tervezéshez tartozó táblázatok, rajzok (műveleti utasítás, szerszámterv, felfogási terv, műveletelem tervezés - forgácsolási paraméterek meghatározása, leválasztási terv, CNC rajz, NC program, NC kód grafikai megjelenítése szimulációs szoftver segítségével, vizuális CAM állományok, gépi főidő számítás) a mellékletben található meg. A fejezet célja, hogy átfogó, lényegre törő szöveges ismertetést nyújtson a kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsoló fent említett 3 alkatrészének technológiai tervezésének lépéseiről.

5.1 A kapcsolófél technológiai tervezésének folyamata

A kapcsolófél komplett technológiai tervezési dokumentációja a Szakdolgozat 2. számú mellékletében található.

Előgyártmány típusa: Melegen hengerelt köracél Ø72 mm x 45 mm

Anyaga: 42CrMo4

Szabványcím, acélcsoport: nemesíthető acélok, nitridálható acélok

Anyagszám: 1.7225

Régi MSZ: CMo4, CMo4Z

Vegyi összetétele:

C	Si	Mn	Cr	Mo
0,41	0,3	0,7	1,1	0,2

Mechanikai tulajdonságok:

Ø [mm]	min. folyáshatár [N/mm ²]	szakítószilárdság [N/mm ²]
40-100	650	900-1100

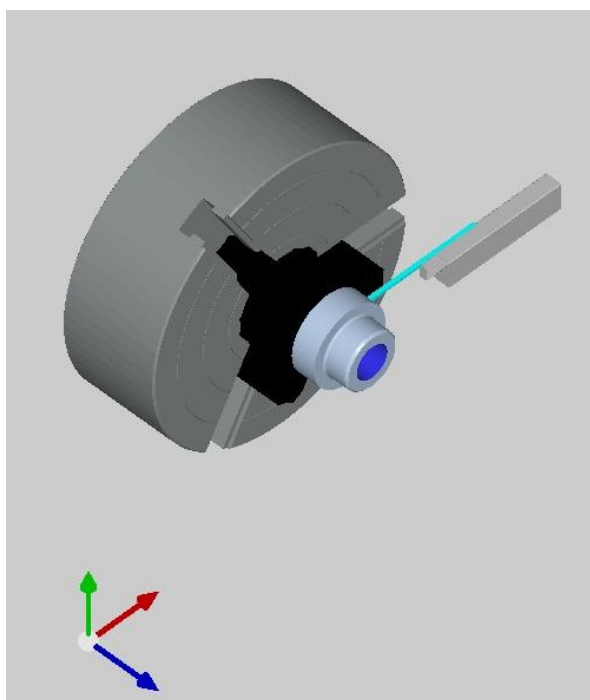
Jellemzők:

króm-molibdén ötvöztetésű nemesíthető acél, amely nagy szívóssági és szilárdsági követelmények esetén alkalmazható, közepes és nagyobb nemesített keresztmetszetekhez megfelelő. Jellemzője továbbá, hogy nitridálható, felületi edzésre alkalmas.

Alkalmazási terület:

jármű-, motor- és hajtóműgyártás alkatrészeinek alapanyagául szolgál, mint pl. dugattyúrúdak, hajtókarok, tengelyek, továbbá hidegen folytatott alkatrészek, fogaskerekek esetén. [45]

A **kapcsolófél** esetében a **műveleti sorrendterv** az alábbi elemekből tevődnek össze:



17. ábra. Kapcsolófél megmunkálásának szimulációja EdgeCam szoftver segítségével

elsőként a nagyoló esztergálás műveletére kerül sor, melyet a külső simító esztergálás követ. Ezt követően az alkatrészen fúrást végzünk, az elkészült furatot nagyoljuk, továbbá szükség van a furat simítására. Végül a leszúrás művelettel zárjuk a megmunkálás folyamatát.

Megjegyezném, hogy a terjedelemre való tekintettel jelen dolgozat **kizárólag az esztergálással történő megmunkálásra** terjed ki a **kapcsolófél** vonatkozásában.

A **kapcsolófél** elkészítését NCT200 vezérlésű CNC esztergagépen végezzük el, az alkatrész befogásául tokmány szolgál, a megmunkálás egy felfogással történik.

A **művelettervezés** során a műveletelemek sorrendjét és a választott szerszámokat részletezzük:

- A nagyoló és a simító esztergálás szerszáma egyaránt a CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime, melyhez mindkét esetben CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapkát használjuk.

A lapka csúcssugara: 0,8 mm, a főél elhelyezkedési szög: 95°. További érdekessége, hogy 4425-ös acélesztergálási minőséggel rendelkezik, mely biztosítja a fokozott kopásállóságot, hőállóságot és szívósságot.

- A fűrés műveletet HSS csigafúróval végezzük, HSS-Drill lapka alkalmazásával. (átmérője: 24 mm, csúcsszöge: 118°)

- A furat nagyolására és simítására a A20S-SDXCR 11-R CoroTurn® 107 fűrórud szerszámot használjuk DCMT 11 T3 12-PR 4425 CoroTurn® 107 lapkával, melyhez 1,191 mm-es csúcssugar tartozik, és 93°-os főél elhelyezkedési szöggel rendelkezik.

- A leszúrás művelethez a 4,0 mm Wide Part-Off Tool szerszámot alkalmazzuk IC428 Groove lapkával, mely 0,3-as csúcssugárral rendelkezik, továbbá főél elhelyezkedési szöge 90°.

A **művelet elem tervezés** a művelet elvégzéséhez szükséges szerszámokon kívül tartalmazza a forgácsolási paramétereket is. (Az alkatrész vázlatrajza a mellékletben található meg.)

- A nagyoló esztergálás a T0101-es jelzésű szerszámmal az alábbi forgácsolási paraméterekkel történik:

a fogásmélységet 2 mm-ben határozzuk meg, míg az előtolás $f=0,3$ mm/ford. A forgácsolási sebesség nagysága $V_c=1000$ m/perc, a fordulatszám mértéke $n=7961$ 1/min, továbbá az előtolási sebességnek 2388 mm/min-t választunk.

- Ugyanezt a szerszámot használjuk a simító megmunkáláshoz, a forgácsolási paramétereken viszont változtatnunk kell. A fogásmélység változatlanul $a=2$ mm lesz, viszont az előtolás $f=0,1$ mm/ford-ra módosul, a forgácsolási sebesség marad 1000 m/perc és a fordulatszám szintén $n=7961$ 1/min, viszont az előtolási sebességet csökkentjük 796 mm/min-re.

- A harmadik művelet, a fúrás, melynek során a T0202-es jelzésű szerszámot alkalmazzuk az alábbi paraméterekkel: az előtolást $f=0,15$ mm/ford-ra választjuk meg, míg a forgácsolási sebesség jóval kisebb lesz, mint a másik szerszám esetében végzett nagyolási és simítási művelet során, fúrásnál mindössze 160 m/perc-el számolunk. Szintén kisebb értéket tapasztalunk a fordulatszám $n=2133$ 1/min, valamint az előtolási sebesség 319 mm/min esetén.

- A következő művelet a furat nagyolása, melyet a T0404-es COROTURN 107 jelzésű szerszámmal végzünk, az alábbi beállításokkal:

a fogásmélységet 2 mm-ben határozzuk meg, az előtolás értéke 0,3 mm/ford, a forgácsolási sebesség jelen esetben 1000 m/perc, a fordulatszám 1282 percenként, míg az előtolási sebesség 384 mm/min.

- Ugyanezt a szerszámot használjuk a furat simítása során. A fogásmélység nagyságán nem változtatunk, továbbra is 2 mm, viszont az előtolási értéket módosítunk 0,1 mm/ford-ra, míg a forgácsolási sebesség 1000 m/perc és a fordulatszám 1282 1/min nagysága változatlan marad. Az előtolási sebesség nagyságát csökkentjük 128 mm/min-re.

- A záró műveletként a leszúrást alkalmazzuk, melyhez a T0505-ös jelzésű 4,0 mm Wide Part-Off Tool szerszámot használjuk 0,2 mm/ford-os előtolással, 220 m/perc forgácsolási sebességgel, 1751 1/min fordulatszámmal és 350 mm/min előtolási sebességgel.

A technológiai számítások során az EdgeCam Szerszámtár ajánlott értékeit vettem figyelembe. Így jártam el a forgácsolási sebesség és az előtolás nagyságának meghatározásakor.

A fordulatszám kiszámításához az alábbi képletet használtam:

$$v_c = \frac{D \pi n}{1000} \left[\frac{m}{min} \right]$$

átalakítva:

$$n = \frac{1000 v_c}{D \pi} \left[\frac{1}{min} \right]$$

Az előtolási sebesség értékét ezen képlet alapján határoztam meg:

$$v_f = f n \left[\frac{mm}{min} \right]$$

(ahol a v_c a forgácsolási sebesség, az n a fordulatszám, a D az átmérő, a v_f az előtolási sebesség, az f az előtolás jele)

Az utolsó lépés a **posztprocesszálás** folyamata, mely az NC program elkészítését és gyártórendszerhez illesztését foglalja magában. A **kapcsolófél** elkészített NC kódját a melléklet tartalmazza.

5.2 A talp technológiai tervezésének folyamata

A talp komplett technológiai tervezési dokumentációja a Szakdolgozat 3. számú mellékletében található.

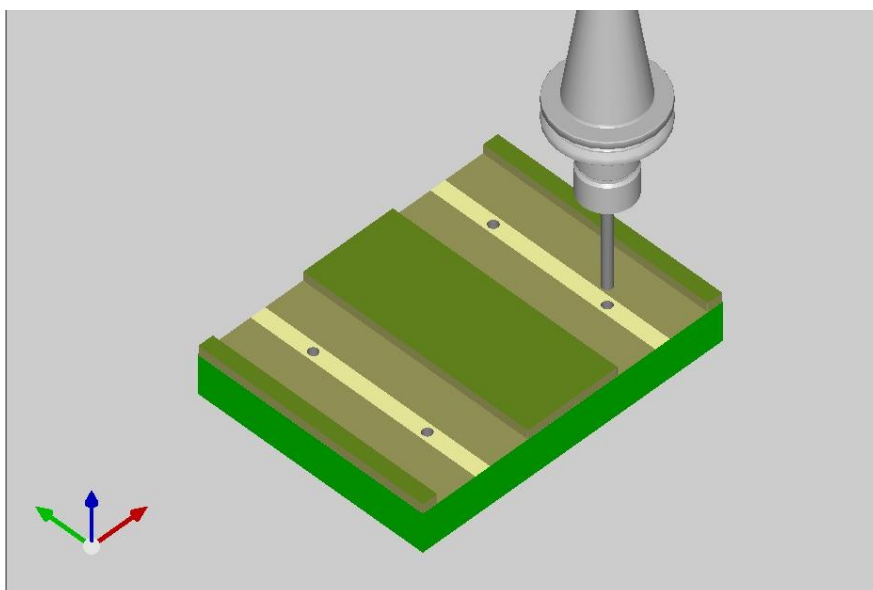
Előgyártmány típusa:

precíziós laposacél, DIN 59350 szerint fűrészelt, csiszolt, 205 mm x 195 mm x 35 mm

Anyaga: 42CrMo4

A **talp** esetében a **műveleti sorrendterv** az alábbi elemekből tevődnek össze: a megmunkálást két felfogásban végezzük el: az első felfogás során a **talp** felső oldalának megmunkálása történik NCT200 vezérlésű marón, MSN 500 szerszámgépen, a befogás eszközeül gépsatu szolgál.

Az **első felfogás** 7 műveletből áll: elsőként síkmarással indítjuk a megmunkálást,



18. ábra. Talp megmunkálásának szimulációja EdgeCam szoftver segítségével

melyet a nyitott kontúr kialakítása követ nagyolás megmunkálási mód segítségével. A kialakított kontúrt ezt követően simítással alakítjuk, majd folytatjuk az alkatrész elkészítését a következő folyamatszakasszal, a nyitott zseb kialakításával, nagyoló majd simító megmunkálási mód alkalmazásával. Végül a **talpon** található furatok kialakítása történik: ez a folyamatszakasz központosítást és fúrást tartalmaz.

A **második felfogás** során a **talp** hátsó oldalának megmunkálása zajlik, szintén NCT200 vezérlésű marón, MSN 500 szerszámgépen, a befogás eszközeül ugyancsak gépsatu szolgál.

A második felfogás 4 műveletből áll: a megmunkálást ismét síkmarással indítjuk, majd a nyitott kontúr nagyolását és simítását végző folyamatszakasz következik, végül éllétörés művelettel zárjuk a második felfogást.

A **művelettervezés** során a műveletelemek sorrendjét és a választott szerszámokat részletezzük:

- Az **első felfogásban** végrehajtott kezdőművelet a síkmarás, amelyet a 345-050Q22-13H CoroMill® 345 homlokmaró szerszámmal és 345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapkával valósítunk meg. A szerszám forgácsoló élszöge 45°, átmérője 50 mm. a marólapka sarokrádiusza 0,8 mm, anyagminősége 4330.
- A nyitott kontúr nagyolása a R300-32EH25-10H CoroMill® 300 homlokmaró 22 mm forgácsolási átmérőjű szerszámmal történik, melynek forgácsoló éleinek száma 4. R300-1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapkát alkalmazunk, melynek sarokrádiusza 5 mm.
- A nyitott kontúr simítására szintén ezt a szerszámot használjuk, a nagyolásnál megadott forgácsolási paraméterektől eltérő értékekkel.
- A nyitott zseb nagyolása és simító megmunkálása egyaránt a N331.35C-125S40EM100 CoroMill® 331 egész palást és homlok tárcsamaró 10 mm-es forgácsolási szélességű szerszám segítségével történik. A maró lapka N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 típusú, a forgácsoló élek száma 4, a sarokrádiusz 0,8 mm.
- A következő folyamatszakasz a központosítás, melynek kivitelezéséhez a 10 mm átmérőjű 10.0 MM DIA X90 POINT SPOT DRILL szerszámot választottam.

- A fúrás művelettel zárom az első felfogás során végrehajtott műveletsorozatot, melyet a 6 mm átmérőjű 860.1-0600-037A1-PM P1BM CoroDrill® 860-PM tömör keményfém fúrószerszámmal valósítok meg, melynek csúcsszöge 147° .
 - A **második felfogás** kezdőművelete a síkmarás, melyet 345-050Q22-13H CoroMill® 345 homlokmaró szerszámmal és 345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapkával valósítunk meg. A szerszám forgácsoló élszöge 45° , átmérője 50 mm, a marólapka sarokrádiusza 0,8 mm, anyagminősége 4330.
 - A nyitott kontúr nagyolása a 419-063Q22-14L CoroMill® 419 homlokmaróval és 419R-1405M-PM 4330 CoroMill® 419 marólapkával történik. A szerszám forgácsoló élszöge 19° , átmérője 63 mm, a marólapka sarokrádiusza 0,8 mm, anyagminősége 4330.
 - A nyitott kontúr simítására ugyanezt a szerszámot használjuk, a műveletelem tervezésénél látni fogjuk, hogy eltérő forgácsolási paraméterek segítségével tudjuk megvalósítani a simító megmunkálási módot ugyanazon szerszám használata mellett.
 - Végezetül az élettörés művelete következik, melyhez a 20.0 MM DIA X 45 DEG CHAMFER MILL szerszámot alkalmazzuk, HSCO Mill Solid Cutter lapkával. Jelen esetben a szerszám átmérő 20 mm, a fogszám pedig szintén 4.
- A **műveletelem tervezés** a művelet elvégzéséhez szükséges szerszámokon kívül tartalmazza a forgácsolási paramétereket is. (Az alkatrész vázlatrajza a mellékletben található meg.)
- Az **első felfogásnál** a síkmarás a T0101-es jelzésű szerszámmal az alábbi marási paraméterekkel történik: az előtolás nagysága $f=0,04$ mm/fog, míg a forgácsolási sebességet 600 m/perc-ben határoztuk meg, a fordulatszám $n= 2390$ 1/min, továbbá előtolási sebesség 573 mm/min-et választunk.
 - A nyitott kontúr nagyolása lesz a következő műveletünk, itt az előtolás értéke 0,08 mm/fog, míg forgácsolási sebességnek 220 m/perc-et állítunk be, a fordulatszám 2802 1/min lesz, továbbá az előtolási sebesség 896 mm/min.
 - A nyitott kontúr simítása során változtatunk a marási paramétereken: az előtolás nagysága 0,08 mm/fog-ról 0,1 mm/fog-ra módosul, a forgácsolási sebességet növeljük 250 m/perc-re. A fordulatszám nagysága szintén növekszik 2802 1/min-ről 3184 1/min-re, az előtolási sebesség értéke szintén emelkedik 1273 mm/min.

- A zseb nagyolása során előtolás értéke 0,08 mm/fog, míg forgácsolási sebességnek 220 m/perc-et határozunk meg. A fordulatszám értékének 3492 1/min lesz beállítva, az előtolási sebesség nagysága 1117 mm/min.

- Láthatjuk, hogy a simítás alkalmával ugyanazt a szerszámot használva más marási paraméterek beállítása szükséges:

az előtolás nagysága 0,08 mm/fog-ról 0,1 mm/fog-ra módosul, a forgácsolási sebességet növeljük 250 m/perc-re. A fordulatszám szintén emelkedik 3492 1/min-ről 3980 1/min-re, az előtolási sebesség értékét ugyanúgy növeljük 1117 mm/min-ről 1592 mm/min-re módosulnak a paraméterek.

- A központozás során 0,15 mm/fog előtolással számolunk, az előző megmunkálásokhoz képest kisebb forgácsolási sebességet alkalmazunk, melynek értéke 160 m/perc. A fordulatszám nagysága ezúttal 2547 1/min lesz. Az előtolási sebesség lényegesebb kisebb: 764 mm/min.

- Fúrás során ugyanakkora előtolást (0,15 mm/fog) és forgácsolási sebességet (160 m/perc) alkalmazunk, mint központozás esetén, viszont a fordulatszám értékét nagyban megnöveljük (8500 1/min). Ugyanígy járunk el az előtolási sebesség esetén is (2550 mm/min).

A **második felfogásnál** a síkmarás a T0101-es jelzésű szerszámmal az alábbi marási paraméterekkel történik: az előtolás nagysága $f=0,04$ mm/fog, míg a forgácsolási sebességet 600 m/perc-ben határoztuk meg, a fordulatszám $n= 2390$ 1/min, továbbá előtolási sebesség 573 mm/min-et választunk.

- A nyitott kontúr nagyolása lesz a következő műveletünk, itt az előtolás értéke 0,08 mm/fog, míg forgácsolási sebességnek 220 m/perc-et állítunk be, a fordulatszám 2802 1/min lesz, továbbá az előtolási sebesség 896 mm/min.

- A nyitott kontúr simítása során változtatunk a marási paramétereken: az előtolás nagysága 0,08 mm/fog-ról 0,1 mm/fog-ra módosul, a forgácsolási sebességet növeljük 250 m/perc-re. A fordulatszám nagysága szintén növekszik 2802 1/min-ről 3184 1/min-re, az előtolási sebesség értéke szintén emelkedik 1273 mm/min.

- Az élettörés művelet alkalmazása során az alábbi beállítások szükségesek: az előtolás nagysága 0,025 mm/fog, míg a forgácsolási sebesség értéke is jóval kisebb, mint az előző megmunkálások esetén: 170 m/perc. A művelet jellege miatt az előtolási

sebesség jóval kisebb lesz, mint az előző szerszámok esetében: 270 mm/min, a fordulatszám értéke is csekélyebb: 2707 1/min.

A technológiai számítások során az EdgeCam Szerszámtár ajánlott értékeit vettem figyelembe. Így jártam el a forgácsolási sebesség és az előtolás nagyságának meghatározásakor.

A technológiai számításokhoz az alábbi képleteket alkalmaztam:

$$v_c = \frac{D \pi n}{1000} \left[\frac{m}{min} \right]$$

átalakítva:

$$n = \frac{1000 v_c}{D \pi} \left[\frac{1}{min} \right]$$

Az előtolási sebesség értékét ezen képlet alapján határoztam meg:

$$v_f = f z n \left[\frac{mm}{min} \right]$$

A fogankénti előtolás meghatározása:

$$f_z = \frac{v_f}{z n} \left[\frac{mm}{z} \right]$$

(ahol a v_c a forgácsolási sebesség, az n a fordulatszám, a D az átmérő, a v_f az előtolási sebesség, az f az előtolás, f_z a fogankénti előtolás, a z a fogszám jele)

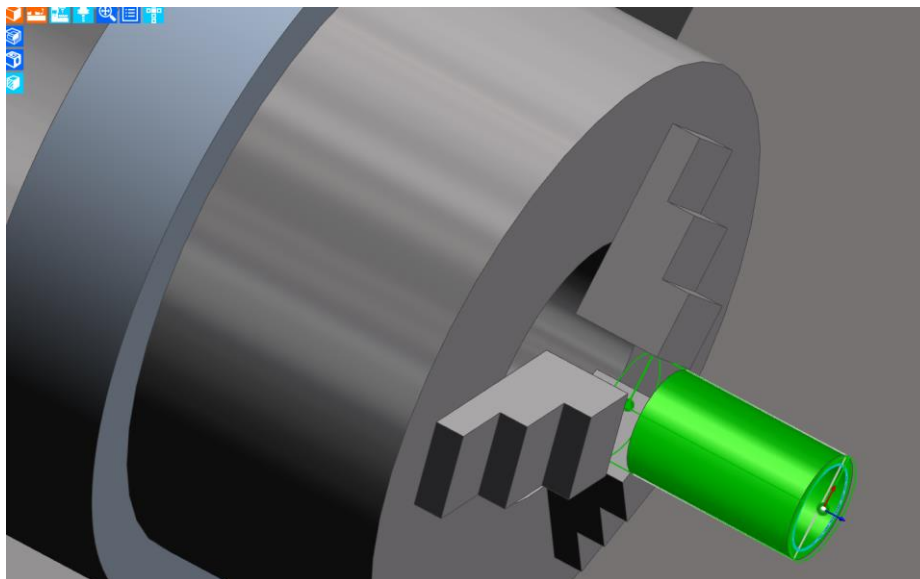
Az utolsó lépés a **posztprocesszálas** folyamata, mely az NC program elkészítését és gyártórendszerhez illesztését foglalja magában. A **talp** elkészített NC kódját a melléklet tartalmazza.

5.3 A kardáncsukló/tengelykapcsolófél technológiai tervezésének folyamata

A kardáncsukló/tengelykapcsolófél komplett technológiai tervezési dokumentációja a Szakdolgozat 4. számú mellékletében található.

Előgyártmány típusa: Melegen hengerelt köracél Ø32 mm x 35 mm

Anyaga: 42CrMo4



19. ábra. Kardánvilla esztergával történő megmunkálásának szimulációja EdgeCam szoftver segítségével

A kardánvilla esetében a **műveleti sorrendterv** az alábbi elemekből tevődnek össze: első felfogásban a nagyoló esztergálás műveletére kerül sor, melyet a külső simító esztergálás követ. Ezt követően az alkatrészen fúrást végzünk, az elkészült furatot nagyoljuk, továbbá szükség van a furat simítására. Végül a leszúrás művelettel zárjuk a megmunkálás folyamatát. Második felfogásban a nyitott kontúr kialakítása, majd a kardánvilla lekerekítése és a furat kialakítása történik marógépen.

A kardánvilla első felfogásban történő megmunkálását NCT200 vezérlésű CNC esztergagépen végezzük el, az alkatrész befogásául tokmány szolgál. A második felfogás NCT200 vezérlésű marón, MSN 500 szerszámgépen zajlik, a befogás eszköze a gépsatu.

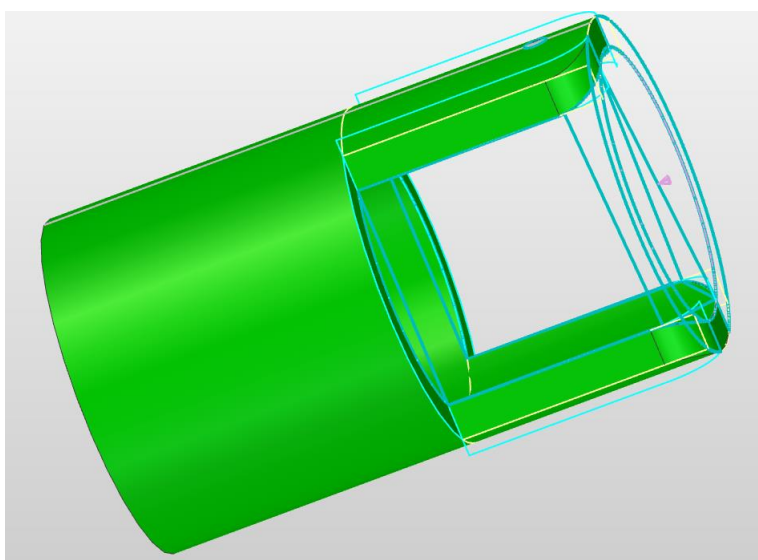
A **művelettervezés** során a műveletelemek sorrendjét és a választott szerszámokat részletezzük:

Első felfogás:

- A nagyoló és a simító esztergálás szerszáma egyaránt a CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz, melyhez mindkét esetben a CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapkát használjuk.

A lapka csúcssugara: 0,8 mm, a főél elhelyezkedési szög: 95°. További érdekessége, hogy 4425-ös acélesztergálási minőséggel rendelkezik, mely biztosítja a fokozott kopásállóságot, hőállóságot és szívósságot.

- A fúrás műveletet HSS csigafúróval végezzük, HSS-Drill lapka alkalmazásával. (átmérője: 24 mm, csúcsszöge: 118°).
- A furat nagyolására és simítására a A16R-SVUBR 11-ERB1 CoroTurn® 107 fúrórúd esztergáláshoz szerszámot használjuk VBMT 11 03 12-PF 4425 CoroTurn® 107 esztergálólappal, melynél a forgácsoló élek száma 4, a sarokrádiusz 0,8 mm.
- A leszúrás művelethez a 4,0 mm Wide Part-Off Tool szerszámot alkalmazzuk IC428 Groove lappal, mely 0,3-as csúcssugárral rendelkezik, továbbá főél elhelyezési szöge 90°.



20. ábra. Kardánvilla marással történő megmunkálásának szimulációja EdgeCam szoftver segítségével

Második felfogás megmunkálása marással történik, a nyitott kontúr N331.32C-100S32EM CoroMill® 331 tárcsamaró és N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 lapka alkalmazásával, melynek forgácsoló éleinek száma 4, sarokrádiusz értéke 0,8 mm.

- Ezt követően a kardánvilla lekerekítése következik, RA300-019M25-10L CoroMill® 300 homlokmaró és R300-1032M-PH 4330 CoroMill® 300 marólapka segítségével.

- Végül a furat megmunkálása zárja a műveletsort: önközpontozó keresztélezésű, 135° csúcshöggel rendelkező, $\varnothing 2$ mm HSS csigafúró alkalmazásával.

A **műveletelem tervezés** a művelet elvégzéséhez szükséges szerszámokon kívül tartalmazza a forgácsolási paramétereket is. (Az alkatrész vázlatrajza a mellékletben található meg.)

Az első felfogásban történő nagyoló esztergálás a T0101-es jelzésű szerszámmal az alábbi forgácsolási paraméterekkel zajlik:

a fogásmélységet 2 mm-ben határozzuk meg, míg az előtolás $f=0,3$ mm/ford. A forgácsolási sebesség nagysága $V_c=1000$ m/perc, a fordulatszám mértéke $n=7961$ 1/min, továbbá az előtolási sebességnek 2388 mm/min-t választunk.

- Ugyanezt a szerszámot használjuk a simító megmunkáláshoz, a forgácsolási paramétereken viszont változtatnunk kell. A fogásmélység változatlanul $a=2$ mm lesz, viszont az előtolás $f=0,1$ mm/ford-ra módosul, a forgácsolási sebesség marad 1000 m/perc és a fordulatszám szintén $n=7961$ 1/min, viszont az előtolási sebességet csökkentjük 796 mm/min-re.

- A harmadik művelet, a fúrás, melynek során a T0202-es jelzésű szerszámot alkalmazzuk az alábbi paraméterekkel: az előtolást $f=0,15$ mm/ford-ra választjuk meg, míg a forgácsolási sebesség jóval kisebb lesz, mint a másik szerszám esetében végzett nagyolási és simítási művelet során, fúrásnál mindössze 160 m/perc-el számolunk. Szintén kisebb értéket tapasztalunk a fordulatszám $n=2133$ 1/min, valamint az előtolási sebesség 319 mm/min esetén.

- A következő művelet a furat nagyolása, melyet a T0404-es COROTURN 107 jelzésű szerszámmal végzünk, az alábbi beállításokkal:

a fogásmélységet 2 mm-ben határozzuk meg, az előtolás értéke 0,3 mm/ford, a forgácsolási sebesség jelen esetben 1000 m/perc, a fordulatszám 1282 percenként, míg az előtolási sebesség 384 mm/min.

- Ugyanezt a szerszámot használjuk a furat simítása során. A fogásmélység nagyságán nem változtatunk, továbbra is 2 mm, viszont az előtolási értéket módosítunk 0,1 mm/ford-ra, míg a forgácsolási sebesség 1000 m/perc és a fordulatszám 1282 1/min nagysága változatlan marad. Az előtolási sebesség nagyságát csökkentjük 128 mm/min-re.

- A záró műveletként a leszúrást alkalmazzuk, melyhez a T0505-ös jelzésű 4,0 mm Wide Part-Off Tool szerszámot használjuk 0,2 mm/ford-os előtolással, 220 m/perc forgácsolási sebességgel, 1751 1/min fordulatszámmal és 350 mm/min előtolási sebességgel.

A **második felfogás** alkalmazásával a nyitott kontúr nagyolása során az előtolás értéke 0,08 mm/fog, míg forgácsolási sebességnek 220 m/perc-et határozzunk meg. A fordulatszám értékének 3492 1/min lesz beállítva, az előtolási sebesség nagysága 1117 mm/min.

- Láthatjuk, hogy a simítás alkalmával ugyanazt a szerszámot használva más marási paraméterek beállítása szükséges:

az előtolás nagysága 0,08 mm/fog-ról 0,1 mm/fog-ra módosul, a forgácsolási sebességet növeljük 250 m/perc-re. A fordulatszám szintén emelkedik 3492 1/min-ről 3980 1/min-re, az előtolási sebesség értékét ugyanúgy növeljük 1117 mm/min-ről 1592 mm/min-re módosulnak a paraméterek.

- A lekerekítés művelete 0,6 mm/fog előtolást, 373 m/perc forgácsolási sebességet, 6340 1/min fordulatszámmal és 8030 mm/min-es előtolási sebességet kíván.

- Fúrás során 0,15 mm/fog előtolást és 160 m/perc forgácsolási sebességet alkalmazunk, a fordulatszám értékét 8500 1/min-ben határozzuk meg, az előtolási sebesség 2550 mm/min.

A technológiai számítások során az EdgeCam Szerszámtár ajánlott értékeit vettem figyelembe. Így jártam el a forgácsolási sebesség és az előtolás nagyságának meghatározásakor.

A technológiai számításokat a **kapcsolófél** és a **talp** esetében részletezett képletekkel végeztem el.

Az utolsó lépés a **posztprocesszálas** folyamata, mely az NC program elkészítését és gyártórendszerhez illesztését foglalja magában. A **kardánvilla** elkészített NC kódját a melléklet tartalmazza.

5.4 EdgeCam, avagy a forgácsoló megmunkálást tervező szoftver

Az elkészült 3D-s alkatrészeinket importáljuk testmodellként az EdgeCam szoftverbe az Új marási/esztergálási alkatrész opció, *fájl* menü, *beszúrás* lehetőség kiválasztásának segítségével.

Az EdgeCam egy integrálható CAM rendszer, melyet esztergálási és marási stratégiákhoz egyaránt sikeresen alkalmazhatunk, továbbá ipari verzió esetén alkalmas a szoftver a modell alapú NC kód generálásra.

Zárójelben megjegyezném, hogy az EdgeCam képes az összes ismertebb CAD rendszerből az importálandó modellfájlok beolvasására (Autodesk Inventor, SolidWorks, Solid Edge, CATIA V5, Creo).

Miután az alkatrészt importáltuk, elkezdjük a lehetséges beállítások kivitelezését:

első lépésként az *előgyártmány illesztése* parancsot alkalmazzuk, itt megadjuk az előgyártmány méretét, beállítjuk a ráhagyás nagyságát. Ha ez megtörtént, kiválasztjuk a megmunkáláshoz szükséges készülékeket.

Az *új esztergáló/maró program elkészítése* opcióval folytatjuk tovább a beállítást, ahol kiválasztjuk a megmunkáláshoz legoptimálisabb szerszámgépet.

Ezt követően az *alaksajátosságok* menüt belül az *alaksajátosságok keresése* opciót választjuk ki. Itt attól függően, hogy marási vagy esztergálási stratégiát alkalmazunk, felajánlja a lehetséges alaksajátosság opciókat, melyet checkbox segítségével választhatunk ki. (Marásnál pl.: 2D zseb, 2D sziget, nyitott kontúr, síkfelületek, függőleges furatok, felületválasztás)

Itt fontos megjegyezni, hogy két lépésből áll minden műveletelem: szerszámválasztásból és megmunkálási stratégia választásból. Elsőként kiválasztjuk a szerszámot a szerszámtárból. Ezt úgy tudjuk megtenni, hogy a *megmunkálás* fülön belül kiválasztjuk az adott megmunkálási műveletet, majd a felugró párbeszédablak segítségével kiválaszthatjuk a szoftver által felkínált szerszámok egyikét.

Nagy előnyt jelent, hogy automatikusan kitöltésre kerülnek a szerszámhoz társított, előre deklarált technológiai paraméterek, amelyeket igény esetén mi is változtathatunk.

Miután nyugtázzuk a párbeszédablakot, legenerálódik a szerszámpálya és megjelenik a kiválasztott szerszám.

Végül a *megmunkálás* menün belül a szimuláció opció alkalmazásával modellezhetjük a teljes megmunkálást, ahol meg tudjuk jeleníteni a szerszámpályát és a szerszámmozgást is. Nyomon követhetjük a megmunkálás főbb paramétereit is, pl. szerszám geometriai méretei, szerszámpozíció, előtolás, főorsó sebessége, megmunkálási idő.

CNC kód generálás opció által készíthetünk NC kódokat is, abban az esetben, ha nem diák, hanem ipari verzió áll rendelkezésünkre.

6. Összefoglalás

Jelen dolgozat nagyvonalakban mutatott be egy rendkívül szerteágazó és összetett témát, amelyről szakkönyvek, folyóiratok és dokumentációk sokasága szól. Főként a kardáncsukló esetében jellemző mindez, az Oldham-kapcsoló népszerűsége többnyire a külföldi szakirodalomban érhető tetten. Emellett igyekeztem felvonultatni a tansegédeszközökről szóló szakirodalmak széles spektrumát is, melynek tükrében elemeztem a kardáncsuklóval integrált Oldham-kapcsolót, mint oktatási segédeszközt.

A szakirodalom bemutatása mellett dolgozatom fő célja volt egy olyan 3 dimenziós modell és a hozzá kapcsolódó technológiai dokumentáció megalkotása, amellyel prezentálni lehet a hallgatóknak a sugárirányú eltéréssel rendelkező, párhuzamos tengelyek egytengelyűségi hibájának kiküszöbölését Oldham-tengelykapcsoló segítségével.

Az Oldham-tengelykapcsoló mechanikája egy kézzel hajtható kar használatával demonstrálható, ahol a forgatónyomatékokat egy kardáncsukló továbbítja.

A szakdolgozat harmadik egységének részét képezi a kardáncsuklóval kibővített Oldham tengelykapcsoló megtervezése, a CAD modellek elkészítése, valamint az eszköz technológiai tervezésének folyamata.

Összességében elmondható, hogy a tervezetnek megfelelően sikerült a kitűzött célokat elérnem, az eszköz működőképes. Továbbfejlesztési lehetőségként szóba jöhet a motoros hajtás alkalmazása, vagy akár a kitérés szögét mutató skálabeosztás, amellyel nyomonkövethető, hogyan változik a szögsebesség a kardáncsukló törés függvényében.

7. Idegen nyelvű tartalmi összefoglaló/Zusammenfassung

Das Thema meiner Diplomarbeit ist die Erstellung eines 3D Modells und der zugehörigen technischen Dokumentation, um Studenten die Beseitigung von Einachsigkeitsfehlern paralleler Achsen mit radialem Versatz mit Hilfe eines Oldham-Kupplung zu präsentieren.

Im ersten Teil der Arbeit habe ich die Literatur über Kupplungen und insbesondere über die Oldham-Kupplung und das Kreuzgelenk analysiert.

Im nächsten Teil der Arbeit habe ich versucht, ein breites Spektrum an Literatur über Lernhilfsmittel heranzuziehen, in deren Lichte ich die Oldham-Kupplung mit dem Kardangelenk als Lernhilfsmittel analysiert habe.

Der folgende Teil der Arbeit ist das Design der Oldham-Kupplung mit einem Kardangelenk erweitert, die Erstellung von CAD-Modellen und den Prozess der Fertigungsplanung des Gerätes.

In der ersten Einheit meiner Arbeit habe ich mich auf eine analytische Überprüfung der Literatur zu diesem Thema konzentriert. Ich halte es für wichtig, eine Zusammenfassung der Kupplungsgruppe, der Geschichte der Oldham-Kupplung und des Kreuzgelenks, ihres Funktionsmechanismus, der Werkstoffe, der Anwendungen und der Wartung zu geben.

Der zweite Teil meiner Arbeit befasst sich mit der Bildungstheorie. In dieser Einheit analysiere ich die Oldham-Kupplung mit dem Kardangelenk als pädagogisches Hilfsmittel im Lichte der didaktischen Literatur. Zunächst werde ich das Gerät in das System der Lernhilfsmittel einordnen, dann werde ich die didaktischen Prinzipien und ihre Darstellung im Fall unseres Lehrmittels untersuchen und auch seine didaktische Angemessenheit darlegen.

Im dritten Teil meiner Arbeit stelle ich die CAD-Dateien der Oldham-Kupplung mit integriertem Kardangelenk vor, die mit der Software Solid Edge erstellt wurden, und beschreibe die einzelnen Schritte der CAD-Konstruktion, die Erstellung des Modells der Basis, der Halterungen, der Welle, des Riegels, der Kupplung, des Zwischenelements, des Kardangelenks und des Kardangelenks mit Hebel, dann stelle ich den Prozess der

Montagemodellierung der aufgeführten Elemente vor und schließlich die Schritte der Erstellung der Werkstattzeichnung und der Zusammenbauzeichnung, die aus den 3D-Modellen generiert werden.

In der vierten Einheit meiner Arbeit stelle ich den technologischen Planungsprozess der drei Komponenten der Lernhilfsmittel vor.

In diesem Teil meiner Arbeit wird der technologische Prozess der Vorplanung, der Arbeitsablaufplanung, der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitselementplanung und Postprocess für alle drei Teile dargestellt. Die Simulation des Bearbeitungsprozesses im virtuellen Raum wurde mit der Software EDGECAM durchgeführt, und die Prüfung und grafische Darstellung des manuell erstellten NC-Programms wurde mit der Simulationssoftware NCT200 gelöst.

8. Felhasznált irodalom

- [1] Török István: Jármű- és hajtáselemek I. tengelykapcsoló. BME jegyzet. Budapest, 2021. p. 3-4. (Továbbiakban: Török István, 2021.)
- [2] Dr Bencsik Attila: Mechatronika alapjai. Budapest, 2014. p. 22.
- [3] (Török István, 2021. p. 3-4.)
- [4] Pattantyús Gépész- és Villamosmérnökök Kézikönyve 3. kötet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961. p. 357.
- [5] Borbás Lajos: Tengelykapcsolók. BME jegyzet. Budapest. p. 3-18.
- [6] Zsáry Árpád: Gépelemek I., Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest, 1989. p. 421-424. (Továbbiakban: Zsáry Árpád, 1989.)
- [7] Dr Bencsik Attila: Mechatronika alapjai. Budapest, 2014.
- [8] F. Freudenstein, L.W.Tsai, E.R., Maki: The Generalized Oldham coupling. Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in Design. 1984., p. 1-4.
(A továbbiakban: F. Freudenstein, L.W.Tsai, E.R., Maki. 1984.)
- [9] F. Freudenstein, L.W.Tsai, E.R., Maki. 1984. p. 2.
- [10] F. Freudenstein, L.W.Tsai, E.R., Maki. 1984., p. 6.
- [11] Tsai, L. W., "Cyclic Phase Change Coupling," Application Serial No. USSN 383, 472, June 1982.
- [12] Szendrő Péter: Gépelemek. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 2007.
- [13] Alkalmazott anyagok ismertetése a gyártók honlapjáról, letöltés 2022. április 14:
 - ORBIT GmbH Antriebstechnik, (Wilhelm-Mast-Straße 15, 38304 Wolfenbüttel, Germany) www.orbit.antriebstechnik.de
 - Utassy-Vas-Ker Kereskedelmi és szolgáltató Kft., (3300 Eger, Kistályai u. 8.) www.utassy.hu
 - Bervina Kft. (Fót, Bánki Donát útca 3, 1145) www.bervina.com
 - Farnell | Electronic Component Distributors, www.farnell.com
- [14] L. W. Tsai: "Oldham Coupling Second-Harmonic Balancer. The ASME Mechanisms Conference. Boston, Mass., October 7-10. 1984. p. 3-4.
- [15] Carrier Corporation: Scroll compressors, High efficiency compression for commercial and industrial applications, 2004. p. 4.

- [16] Yogi V.: Design and Fabrication of Oldham coupling. p. 20-25.
- [17] <https://www.princeton.edu/~timeteam/universal.html> [Letöltés: 2022. április 20.]
- [18] <https://www.machineservice.com/products/universal-joints/history-behind-the-universal-joint/> [Letöltés: 2022. április 22.]
- [19] Zsáry Árpád, 1989.p. 424.
- [20] Zsáry Árpád, 1989.p.426.
- [21] <https://www.youtube.com/watch?v=6thw8xPt6ro> [Letöltés: 2022. április 24.]
- [22] Zsáry Árpád, 1989. p. 421-431.
- [23] Zsáry Árpád, 1989. p. 431.
- [24] Alkalmazott anyagok ismertetése a gyártók honlapjáról:
- Haberkorn Fairtool Kft., (Budapest, Tündérfürt u. 3.) www.haberkorn.hu
 - Jako Modell-Makett Webáruház, (Budapest, Mihálkovics u. 20.) www.jakomodell.hu
 - Kelet-Agro Kft., (Nyíregyháza, Tokaji út 4/b,) www.keletagro.hu
 - HELLA Hungária Kft, (Budapest, Forgách u. 17.) www.hella.hu
- [25] Nagy Sándor: Az oktatás folyamata és módszerei. Budapest, Volos Bt., 1993. p. 143.
- [26] Rózsa Skabela: Tvorba a aplikácia didaktických hier a učebných pomôcok na prvom stupni základnej školy s vyučovacím jazykom maďarským. Bratislava, 2014. p. 46.
- [27] Falus István: Didaktika. Budapest, Nemzeti tankönyvkiadó, 1998. p. 324.
- [28] Forrás: Rózsa Skabela: Tvorba a aplikácia didaktických hier a učebných pomôcok na prvom stupni základnej školy s vyučovacím jazykom maďarským. Bratislava, 2014. p. 45.
- [29] Nagy Sándor: Az oktatás folyamata és módszerei. Budapest, Volos Bt., 1993. p. 143.
- [30] Celler Zsuzsanna: A tanulási forrásközpontok. Tanulmányok a neveléstudomány köréből 1979–1984. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1985. p. 211-231.
- [31] Birta-Székely Noémi - Fóris-Ferenczi Rita: Pedagógiai kézikönyv - Az oktatás pedagógiaelméleti alapjai. Bp., 2007. p. 27.
- [32] Geréb György: Comenius didaktikai alapelvei. Bp., 1958., p. 32-50.

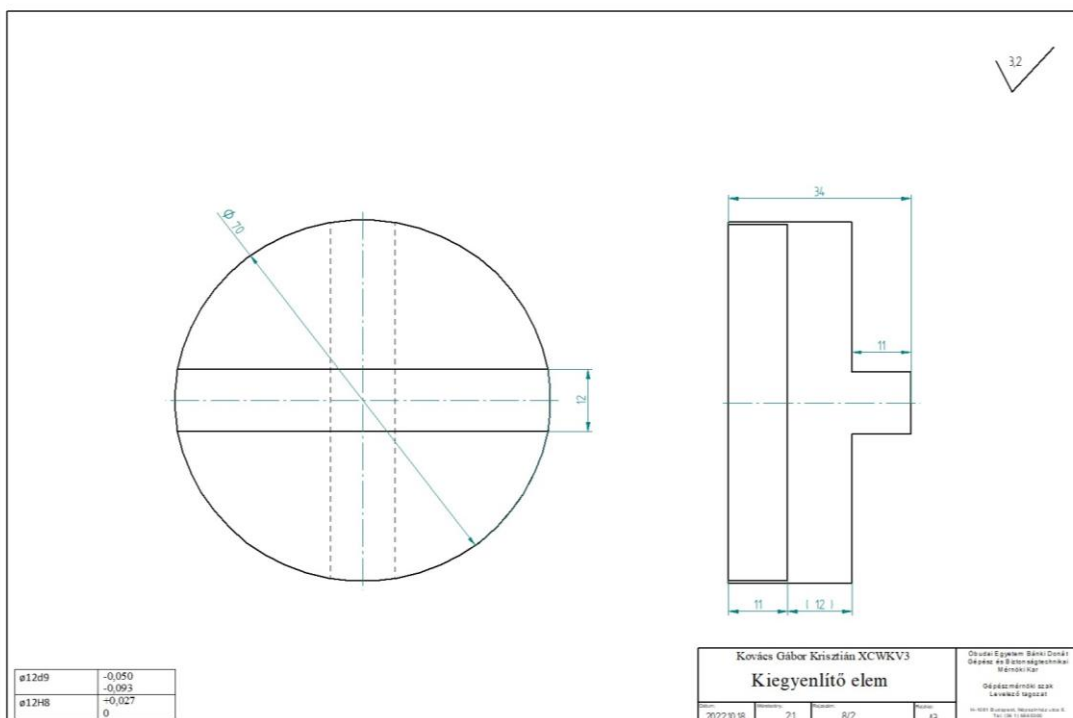
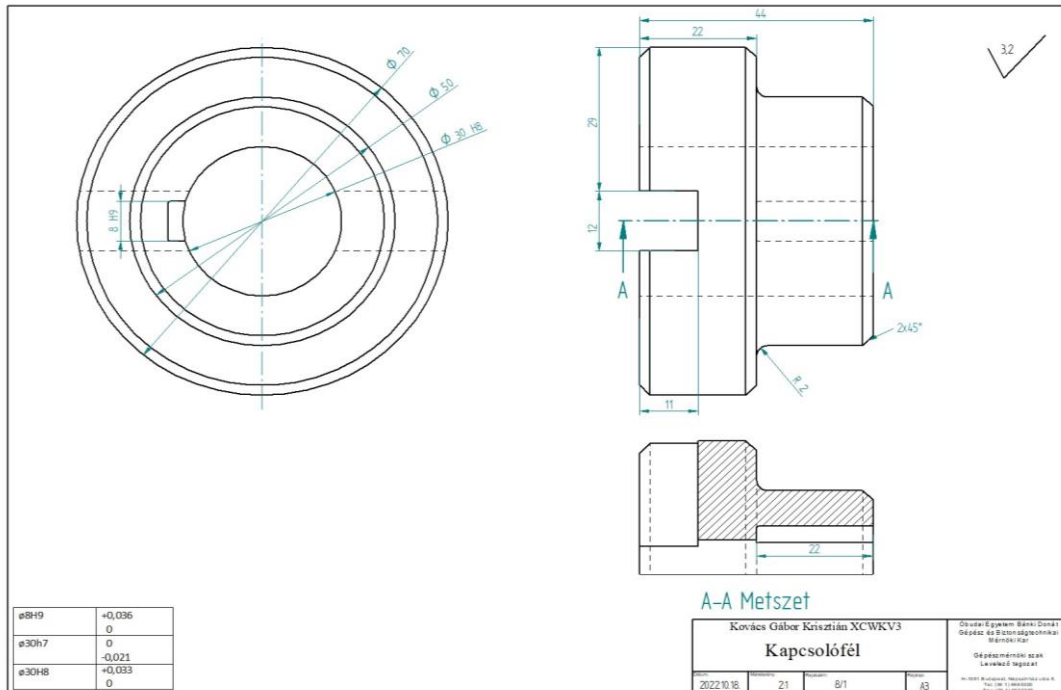
- [33] Nagy Sándor: Az oktatás folyamata és módszerei. Budapest, Volos Bt., 1993. p. 153-154.
- [34] Falus István (szerk.): Didaktika – Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003. p. 279.
- [35] Báthory Zoltán: Tanulók, iskolák – különbségek. Egy differenciális tanításelmélet vázlata. Budapest, OKKER Oktatási Kiadó. p. 218.
- [36] Földes Z.-Vásárhelyi Zs.: Oktatástechnológia, Főiskolai jegyzet, SZIF, Győr, 1997.
- [37] Nádas, András: Oktatáselmélet és technológia (elektronikus jegyzet) EKF, 2010. p. 16-22. (A továbbiakban: Nádas András, 2010.)
- [38] Nádas András, 2010. p. 16.
- [39] Nádas András, 2010. p. 18.
- [40] Nádas András, 2010. p. 18.
- [41] Nádas András, 2010. p. 20.
- [42] Nádas András, 2010. p. 21.
- [43] Nádas András, 2010. p. 22.
- [44] Rózsa Skabela: Tvorba a aplikácia didaktických hier a učebných pomôcok na prvom stupni základnej školy s vyučovacím jazykom maďarským. Bratislava, 2014. 50.
- [45] Böhler Kereskedelmi Kft.: Szerszámacélok, nemesacélok katalógusa. 101.

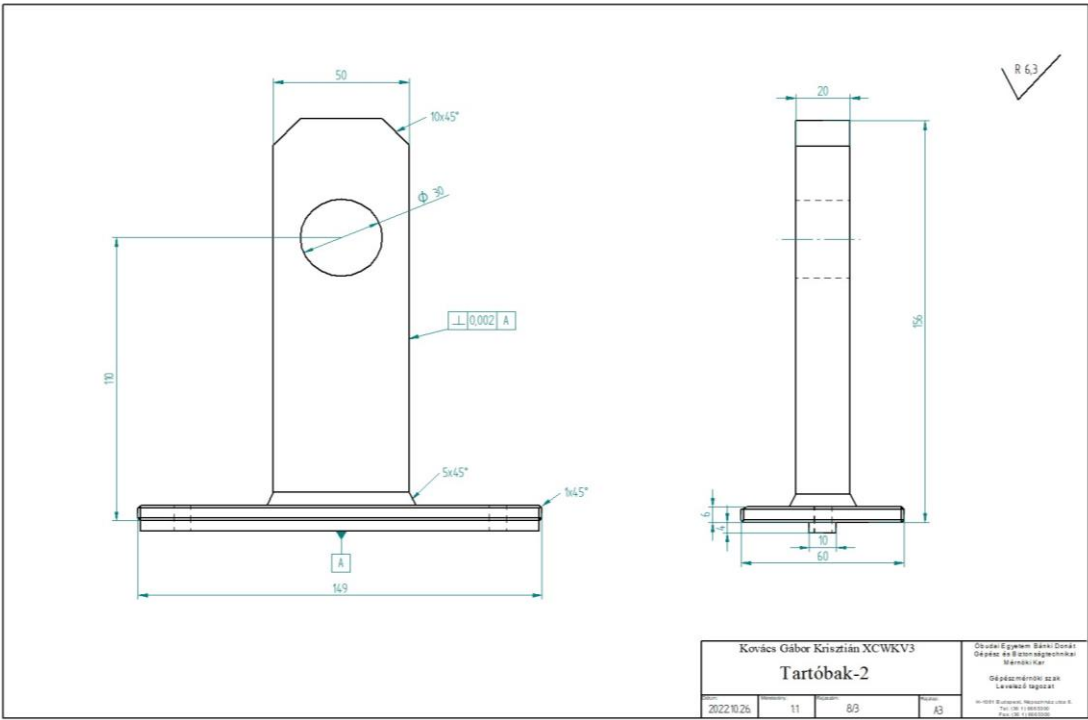
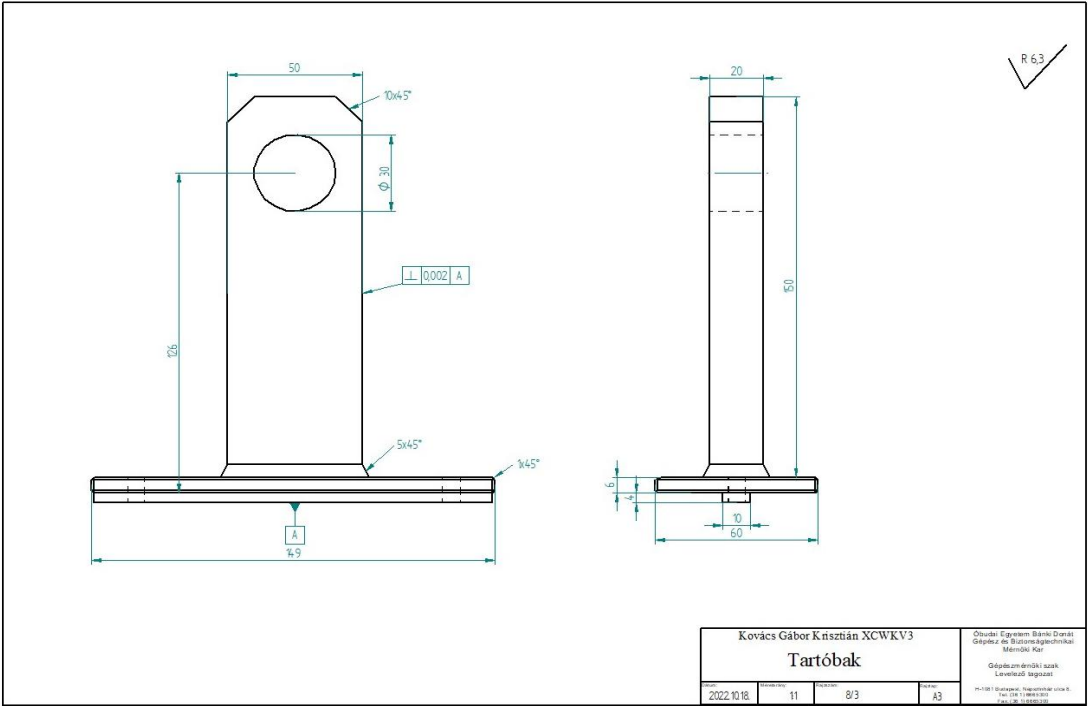
9. Mellékletek

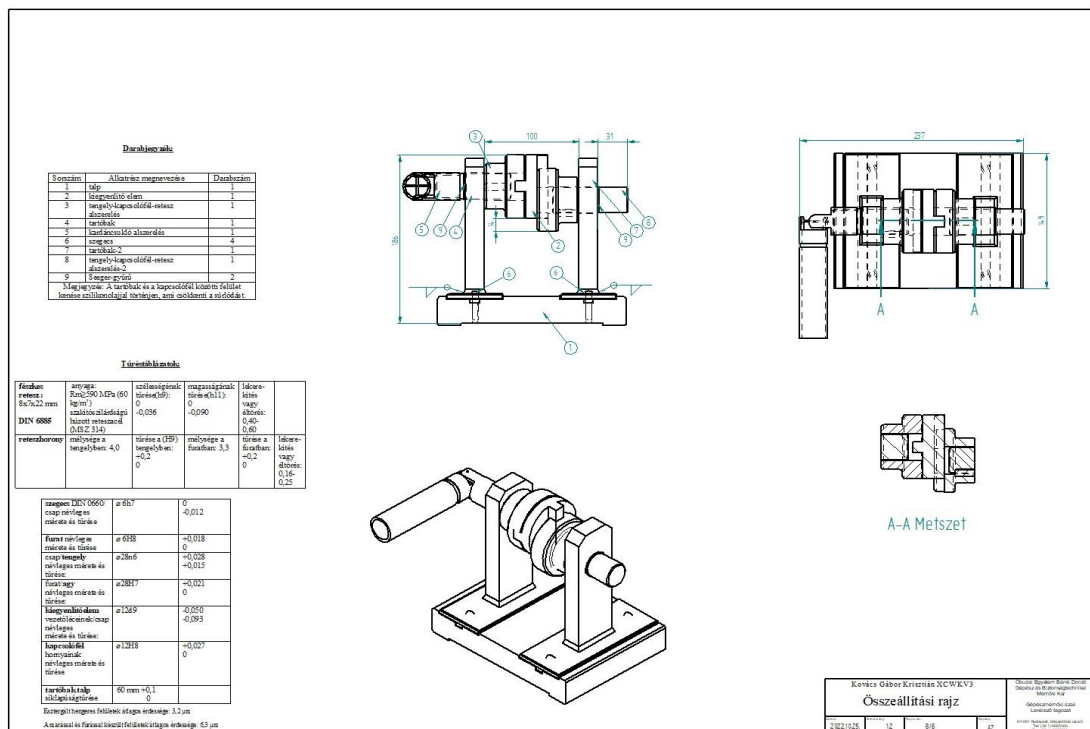
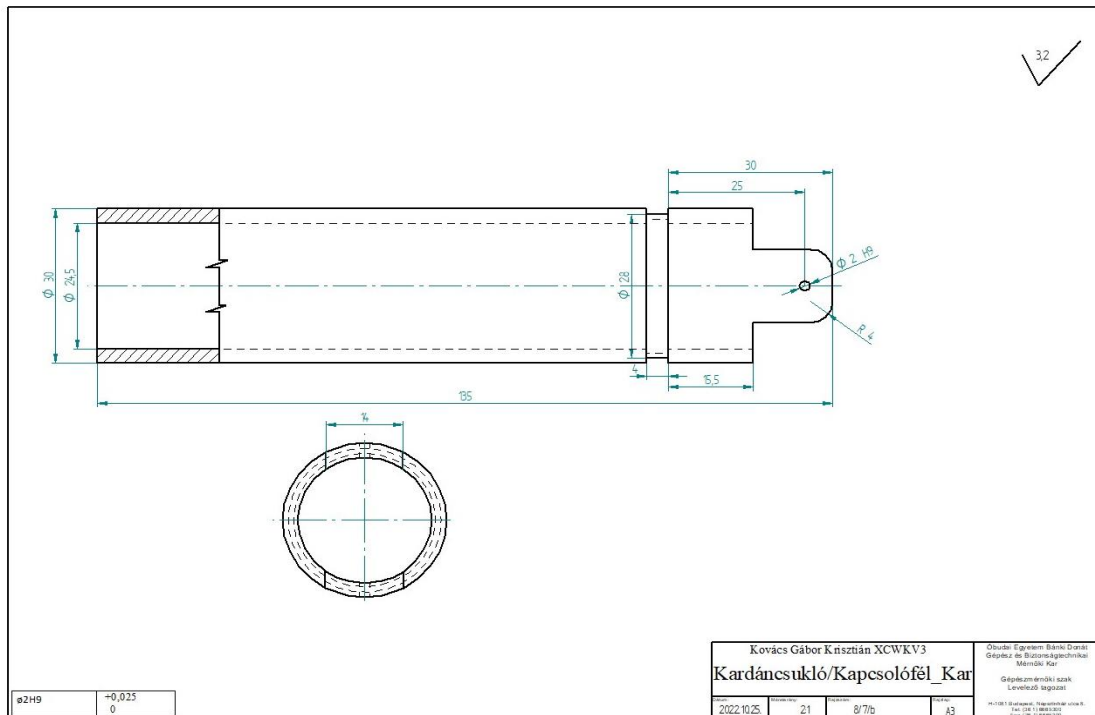
1. sz. melléklet: Rajzi dokumentációk.
2. sz. melléklet: Technológiai dokumentáció /Kapcsolófél/.
3. sz. melléklet: Technológiai dokumentáció /Talp/.
4. sz. melléklet: Technológiai dokumentáció /Kardáncsukló-Tengelykapcsolófél/.

1. sz. melléklet: Rajzi dokumentációk.

A mellékletben szereplő rajzok illusztrációként szolgálnak!







Alkatrészek anyaga és súlya:

1 db talp	42CRMO4	bruttó súlya 1 x 310 g
2 db tartóbak	42CRMO4	bruttó súlya 2 x 125 g
2 db tengely	42CRMO4	bruttó súlya 2 x 240 g
2 db kapcsolófél	42CRMO4	bruttó súlya 2 x 350 g
1 db kiegyenlítőelem	CuZn21Si3P	bruttó súlya 1 x 95 g
1 db kardáncsukló (1 db kardánvilla, 1 db kardánvilla hajtókarral, kardánkereszt)	42CRMO4	bruttó súlya 1 x 295 g
2 db fészkes retesz	nemesíthető acél C45K	bruttó súlya 2 x 6 g
4 db gömbfejű szegecs	42CRMO4	bruttó súlya 4 x 0,21 g
2 db Seeger-gyűrű	CuSn8	bruttó súlya 2 x 0,15 g
Összesített bruttó súly:	1847,84 g	1.87739 kg

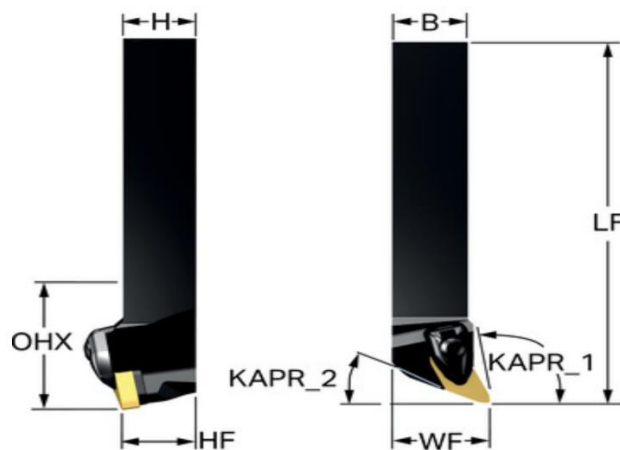
2. sz. melléklet: Technológiai dokumentáció /Kapcsolófél/.

Műveleti utasítás a Kapcsolófél esztergálással
történő megmunkálásához:

1. nagyoló esztergálás T0101-es szerszám	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz; CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka	fogásmélység $a=2$ mm előtolás $f=0,3$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc fordulatszám $n=7961$ 1/min előtolási sebesség $V_f=2388$ mm/min
2. külső simító esztergálás T0101-es szerszám	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz; CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka	fogásmélység $a=2$ mm előtolás $f=0,1$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc fordulatszám $n=7961$ 1/min előtolási sebesség $V_f=796$ mm/min
3. fúrás T0202-es szerszám	HSS csigafúró	előtolás $f=0,15$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=160$ m/perc fordulatszám $n=2133$ 1/min előtolási sebesség $V_f=319$ mm/min
4. furat nagyolása T0404-es szerszám	A20S-SDXCR 11-R CoroTurn® 107 fúrórúd esztergáláshoz; DCMT 11 T3 12-PR 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka	fogásmélység $a=2$ mm előtolás $f=0,3$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc fordulatszám $n=1282$ 1/min előtolási sebesség $V_f=384$ mm/min
5. furat simítása T0404-es szerszám	A20S-SDXCR 11-R CoroTurn® 107 fúrórúd esztergáláshoz; DCMT 11 T3 12-PR 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka	fogásmélység $a=2$ mm előtolás $f=0,1$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc fordulatszám $n=1282$ 1/min előtolási sebesség $V_f=128$ mm/min
6. leszúrás művelete T0505-ös szerszám	4,0 mm Wide Part-Off Tool	előtolás $f=0,2$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc fordulatszám $n=1751$ 1/min előtolási sebesség $V_f=350$ mm/min

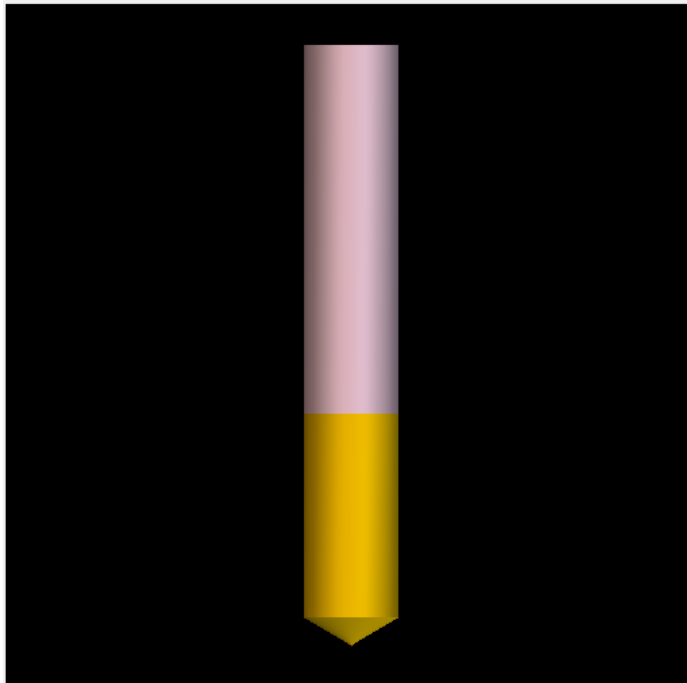
Szerszámterv a Kapcsolófél esztergálással
történő megmunkálásához:

1. szerszám – Külső nagyolás
CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz
CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka
lapka csúcssugár: 0,8
főél elhelyezkedési szög: 95°
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,3$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc



2. szerszám – Külső simító esztergálás
CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz
CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka
csúcssugár: 0,8
főél elhelyezési szög: 95°
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,1$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc

3. szerszám - Fúrás
HSS-Drill lapka
átmérő: 24 mm
csúcsszög: 118°
előtolás $f=0,15$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=160$ m/perc

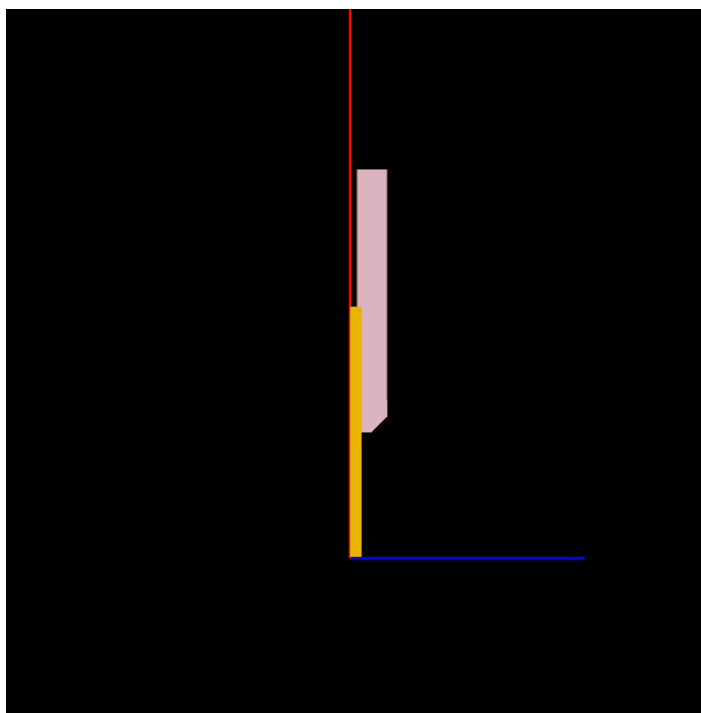


4. szerszám – Furat nagyolása
A20S-SDXCR 11-R CoroTurn® 107 fúrórúd esztergáláshoz
DCMT 11 T3 12-PR 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka
csúcssugár: 0,8
főél elhelyezési szög: 95°
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,3$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc



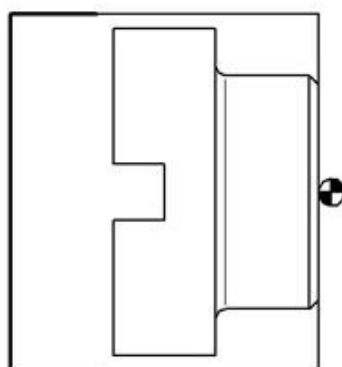
5. szerszám – Furat simítása
A20S-SDXCR 11-R CoroTurn® 107 fúrórúd esztergáláshoz
DCMT 11 T3 12-PR 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka
csúcssugár: 0,8
főél elhelyezési szög: 95°
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,1$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc

6. szerszám – Leszúrás művelete
Esztergakés: 4,0 mm Wide Part-Off Tool
IC428 Groove lapka
csúcssugár: 0,3
főél elhelyezési szög: 90°
előtolás $f=0,2$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc

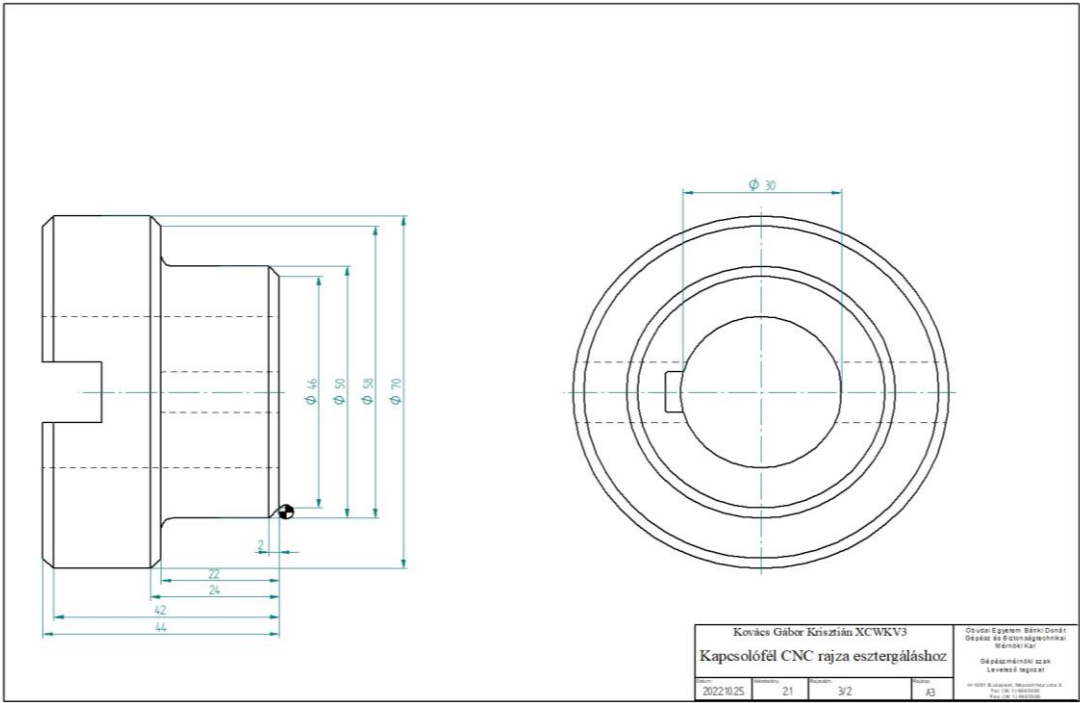
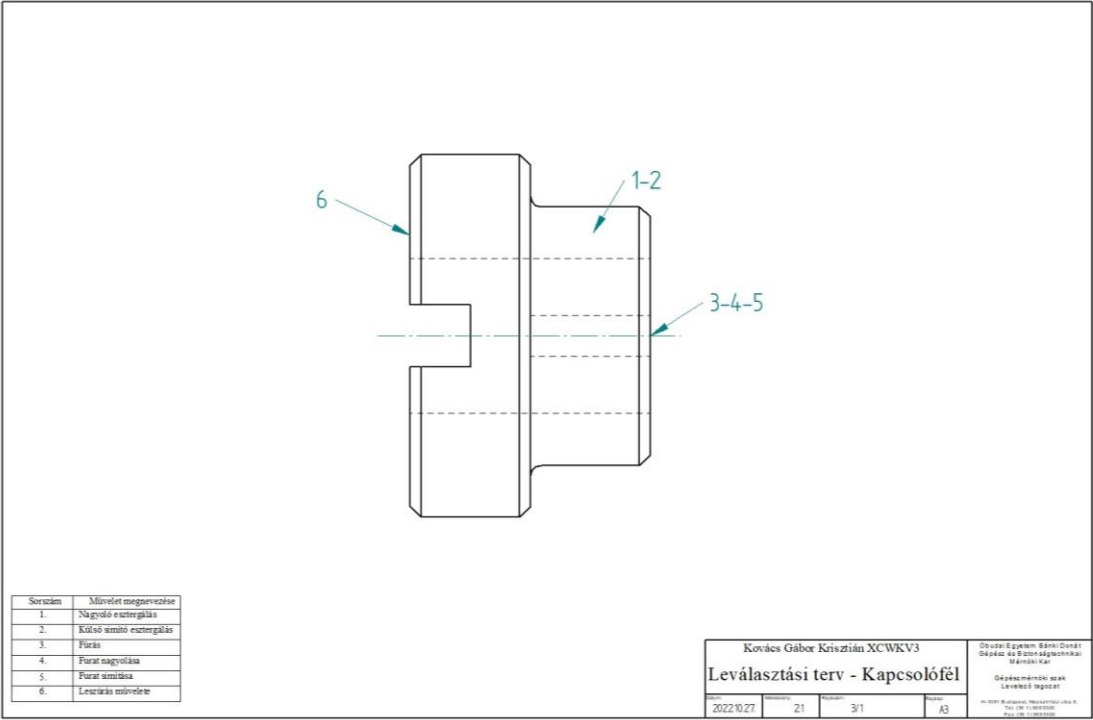


Esztergálással elkészítendő alkatrész (kapcsolófél) felfogási terve:

Program száma: O0001
Vezérlés: NCT200 Eszterga
Alkatrész neve: kapcsolófél
Előgyártmány típusa: Melegen hengerelt köracél Ø72 mm x 45 mm
A befogás eszköze: tokmány
A megmunkálás egy felfogással történik.



Sorsz.	Művelet megnevezése	Szerszám	Lapka típusa			
1.	Nagyoló esztergálás	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime	CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime			
2.	Külső simító esztergálás	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime	CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime			
3.	Fúrás	HSS csigafűrő	HSS-Drill lapka			
4.	Furat nagyolása	A20S-SDXCR 11-R CoroTurn® 107 fűrőrúd	DCMT 11 T3 12-PR 4425 CoroTurn® 107			
5.	Furat simítása	A20S-SDXCR 11-R CoroTurn® 107 fűrőrúd	DCMT 11 T3 12-PR 4425 CoroTurn® 107			
6.	Leszúrás művelete	4,0 mm Wide Part-Off Tool	IC428 Groove lapka			
	Forgácsolási adatok					
Művelet sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Forgácsolási sebesség [m/min]	1000	1000	160	1000	1000	220
Fordulatszám [1/min]	7961	7961	2133	1282	1282	1751
Előtolási sebesség [mm/min]	2388	796	319	384	128	350



A kapcsolófél esztergálással történő megmunkálásának NC programja:

```
% O0001 (ESZTERGA PROGRAM)
N10 G90 G21 G54
N20 G95 G18
N30 G0 X150 Z150
N40 T0101 (külső nagyolás)
N50 G92 S3000 F0.3 M4 M8
N60 G96 S130
N70 G0 X74 Z3
N75 G79 X-1 Z0
N76 G0 Z3
N80 G71 U2 R1
N90 G71 P160 Q200 U1 W0.3
N100 G0 X150 Z200
N110 T0101 (ugyanazzal a szerszámmal külső simítás)
N120 G92 S3000 F0.15 M4 M8
N130 G96 S145
N140 G0 X40 Z3
N150 G1 Z0
N160 G42 X45
N170 X50,C2
N180 Z-28, R2
N190 X71
N195 Z-45
N200 G1 G40 X74
N210 G0 X150 Z200
```

N220 T0202 (fúrás)
N230 G97 S1000 F0.15 M4 M8
N240 G0 X0 Z3
N250 G17 G81 Z-45 R3
N260 G80
N270 G0 X150 Z150 G18
N280 T0404 (furat nagyolása)
N290 G92 S3000 F0.1 M4 M8
N300 G96 S100
N310 G0 X22 Z3
N320 X26 G41
N330 Z-45
N331 X25
N332 G0 Z2
N340 G1 X28
N341 Z-45
N341 X26
N342 G0 Z2
N350 G1 X29
N360 Z-45
N361 X28
N365 G0 G40 Z2
N370 X150 Z150
N375 T0404 (furat simítása)
N370 G97 S700 F0.1
N380 G0 X30 Z3
N390 G1 Z-45
N391 X29
N392 G0 Z100
N393 X150

N395 T0505 (leszúrókés)

N400 G0 X76 Z-48

N410 G1 X26 F0.15

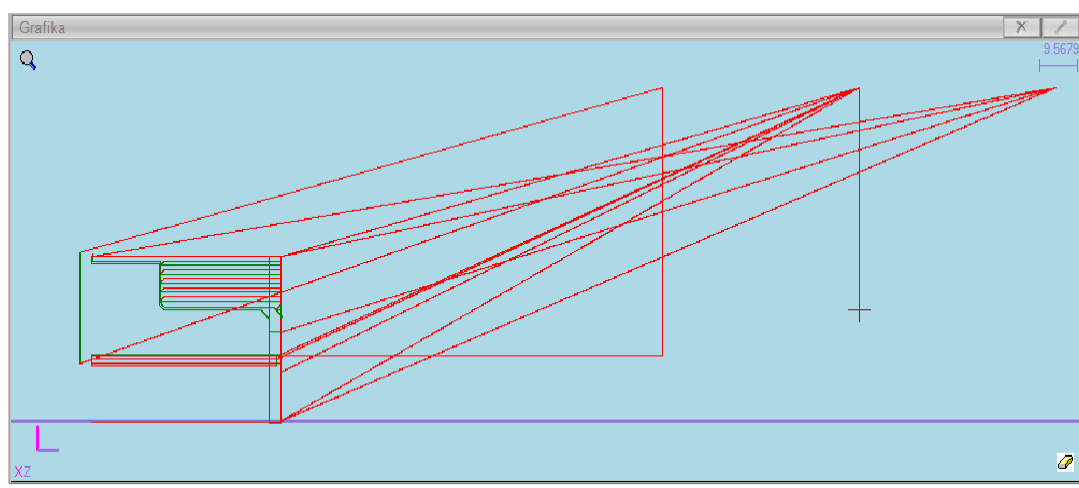
N420 G0 X150 Z150

N430 X50

N440 M30

%

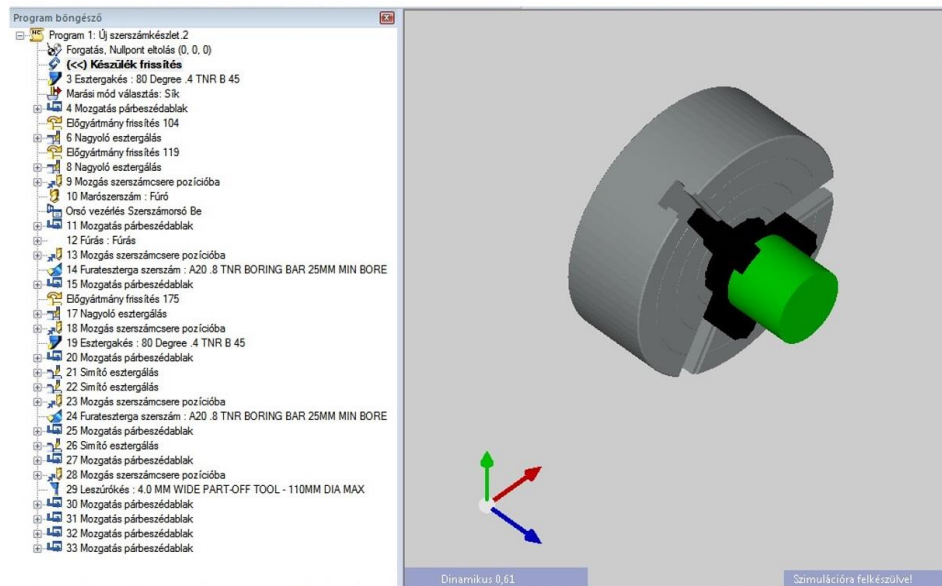
A O0001 ESZTERGA PROGRAM grafikai megjelenítése az NCT200 szimulációs szoftver segítségével:



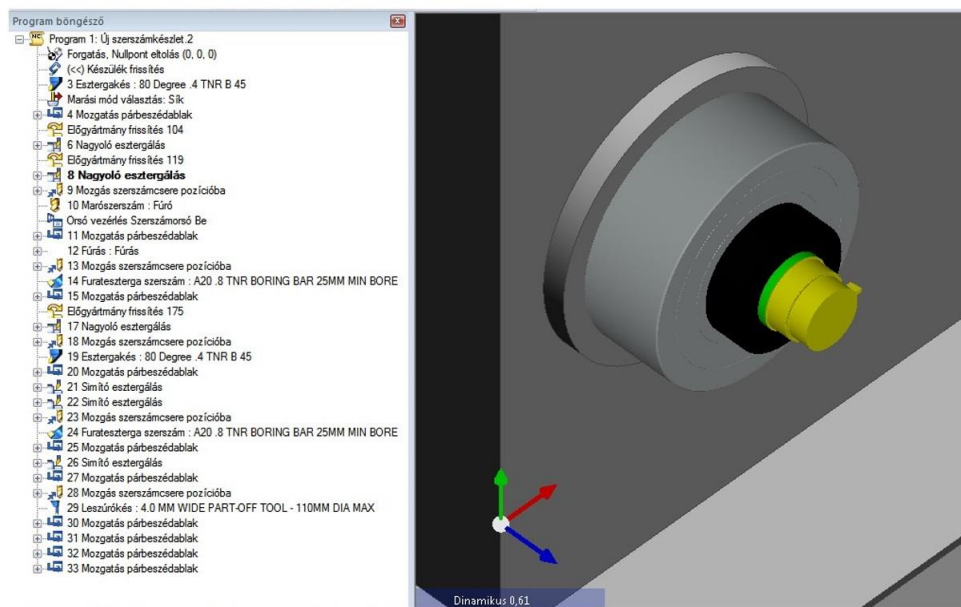
Esztergálással elkészítendő alkatrész (Kapcsolófél)
megmunkálását tartalmazó Cam állományok:

A megmunkálás folyamata:

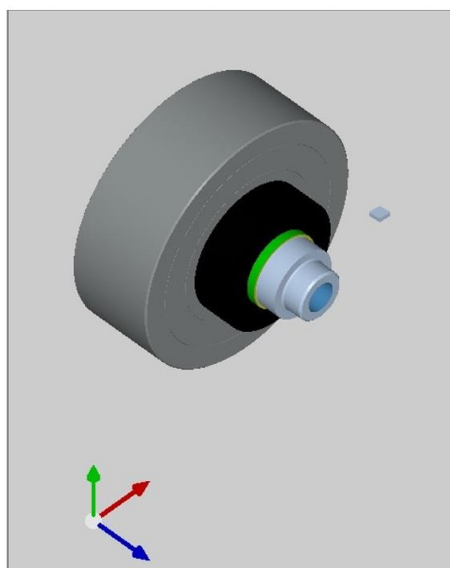
**A gyártást megelőző tevékenységek pl. szerszámbemérés,
programbevitel,tesztelés**



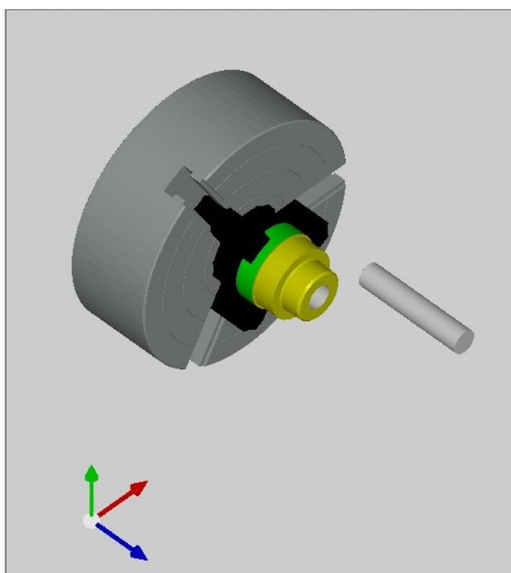
A külső nagyolás művelete:



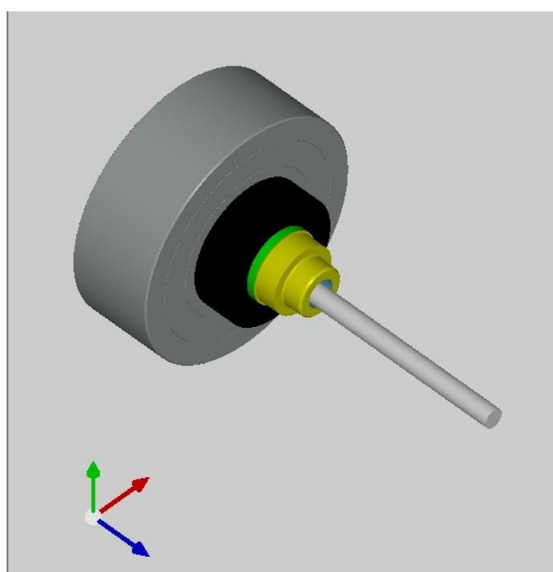
A külső simítás művelete:



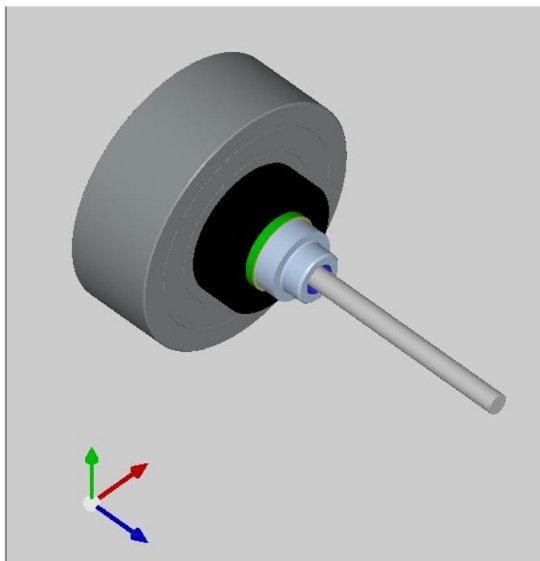
A fúrás művelete:



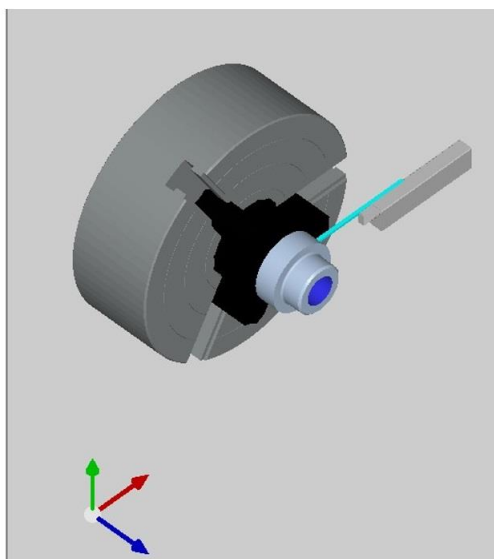
Furat nagyolása:



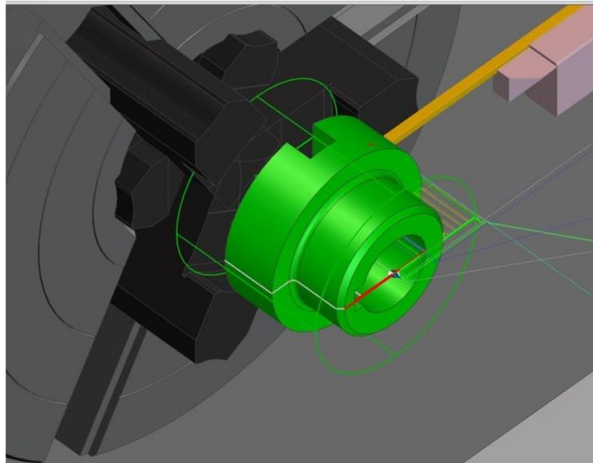
Furat simítása:



Leszúrás művelete:



A megmunkálás eredménye:



Gépi főidő számítás - Kapcsolófél:**Főidő**

Műveletelem	vf [mm/min]	i [-]	L [mm]	t [min]
1	2388	1	22	0,16
2	796	1	22	2,0452
3	319	1	22	3,062
4	324	1	22	0,78
5	128	1	22	1,943
6	220	1	70	0,9235
Tg Σ				9,2849 min

$$(t=L*i/f)$$

Mellékidő:

Szerszámcsere /Szcs/: 1,084 min

Összekötő mozgások /Gyj/: 1,95 min

Teljes darabidő:

$T_d = \text{Szum } T_g + \text{Szcs} * 6 + \text{GYj} = 9,2849 + 1,084 \text{ min} * 6 + 1,95 \text{ min} = 17,7389 \text{ perc}$

3.sz. melléklet: Technológiai dokumentáció /Talp/.

Műveleti utasítás a talp marással történő megmunkálásához:

Első felfogás:

1. szerszám- síkbamarás	345-050Q22-13H CoroMill® 345 homlokmaró; 345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapka	előtolás $f=0,04$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=600$ m/perc fordulatszám $n=2390$ 1/min fogszám: 6 előtolási sebesség $V_f=573$ mm/min
2. szerszám-nagyolás	R300-32EH25-10H CoroMill® 300 homlokmaró; R300-1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapka	előtolás $f=0,08$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc fordulatszám $n=2802$ 1/min fogszám: 4 előtolási sebesség $V_f=896$ mm/min
3. szerszám-simítás	R300-32EH25-10H CoroMill® 300 homlokmaró; R300-1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapka	előtolás $f=0,1$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc fordulatszám $n=3184$ 1/min fogszám: 4 előtolási sebesség $V_f=1273$ mm/min
4. szerszám-nagyolás	N331.35C- 125S40EM100 CoroMill® 331 egész palást és homlok tárcsamaró; N331.1A-08 45 08M- PM4330 CoroMill® 331 lapka palást- és homlokmaráshoz	előtolás $f=0,08$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc fordulatszám $n=3492$ 1/min fogszám: 4 előtolási sebesség $V_f=1117$ mm/min
5. szerszám-simítás	N331.35C- 125S40EM100 CoroMill® 331 egész palást és homlok tárcsamaró; N331.1A-08 45 08M- PM4330 CoroMill® 331 lapka palást- és homlokmaráshoz	előtolás $f=0,1$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc fordulatszám $n=3980$ 1/min fogszám: 4 előtolási sebesség $V_f=1592$ mm/min

6. szerszám- fúrás, központozás	10.0 MM DIA X90 POINT SPOT DRILL	előtolás $f=0,15$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=160$ m/perc fordulatszám $n=2547$ 1/min fogsám: 2 előtolási sebesség $V_f=764$ mm/min
7. szerszám- fúrás	860.1-0600-037A1- PM P1BM CoroDrill® 860- PM tömör keményfém fúró	előtolás $f=0,15$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=160$ m/perc fordulatszám $n=8500$ 1/min fogsám: 2 előtolási sebesség $V_f=2550$ mm/min

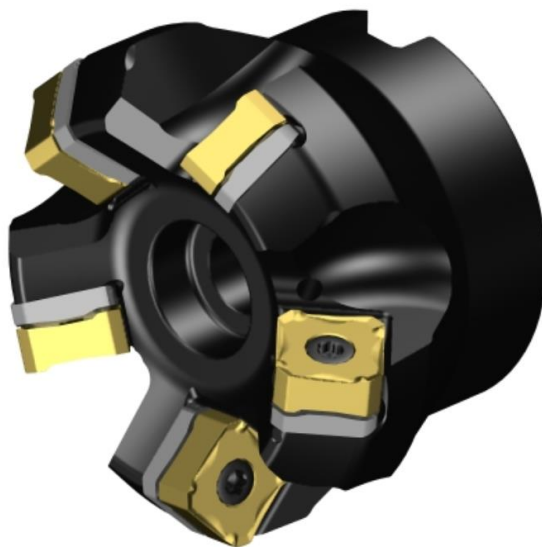
Második felfogás:

1. szerszám- síkbamarás	345-050Q22-13H CoroMill® 345 homlokmaró; 345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapka	előtolás $f=0,04$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=600$ m/perc fordulatszám $n=2390$ 1/min fogsám: 6 előtolási sebesség $V_f=573$ mm/min
2. szerszám-nagyolás	419-063Q22-14L CoroMill® 419 nagyelőtolású homlokmaró; 419R-1405M-PM 4330 CoroMill® 419 marólapka	előtolás $f=0,08$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc fordulatszám $n=2802$ 1/min fogsám: 4 előtolási sebesség $V_f=896$ mm/min
3. szerszám-símitás	419-063Q22-14L CoroMill® 419 nagyelőtolású homlokmaró; 419R-1405M-PM 4330 CoroMill® 419 marólapka	előtolás $f=0,1$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc fordulatszám $n=3184$ 1/min fogsám: 4 előtolási sebesség $V_f=1273$ mm/min
4. szerszám-életörés	20.0 MM DIA X 45 DEGCHAMFER MILL	előtolás $f=0,025$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=170$ m/perc fordulatszám $n=2707$ 1/min fogsám: 4 előtolási sebesség $V_f=270$ mm/min

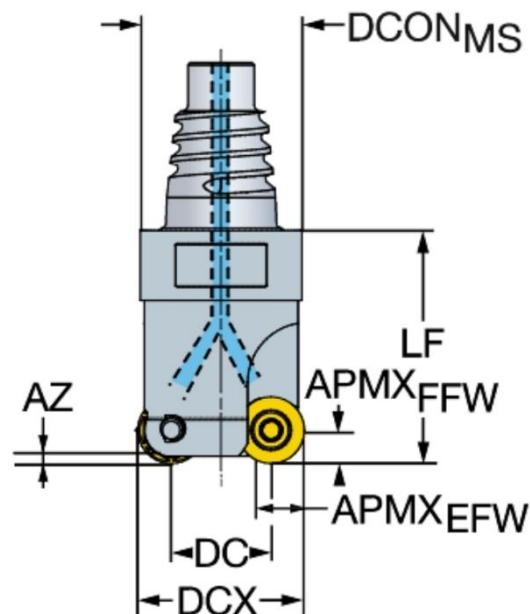
Szerszámterv a talp marással történő megmunkálásához:

Az első felfogás során használt szerszámok:

1. szerszám – síkbamarás
345-050Q22-13H CoroMill® 345 homlokmaró
345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapka
szerszám átmérő: 50 mm
marólapka sarokrádiusza: 0,8 mm
előtolás $f=0,04$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=600$ m/perc

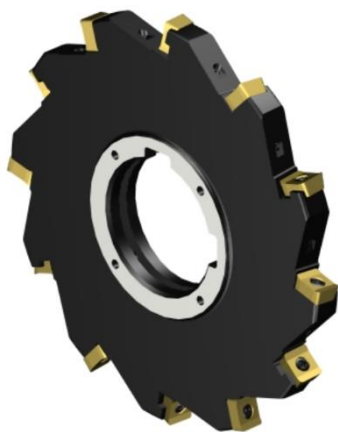


2. szerszám – nagyolás
R300-32EH25-10H CoroMill® 300 homlokmaró
R300-1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapka
szerszám forgácsolási átmérő: 22 mm
forgácsoló élek száma: 4
előtolás $f=0,08$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc



3. szerszám – simítás
R300-32EH25-10H CoroMill® 300 homlokmaró
R300-1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapka
szerszám forgácsolási átmérő: 22 mm
forgácsoló élek száma: 4
előtolás $f=0,1$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc

4. szerszám – nagyolás
N331.35C-125S40EM100 CoroMill® 331
N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331
szerszám forgácsolási átmérő: 10 mm
forgácsoló élek száma: 4
előtolás $f=0,08$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc



5. szerszám – simítás
N331.35C-125S40EM100 CoroMill® 331
N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331
szerszám forgácsolási átmérő: 10 mm
forgácsoló élek száma: 4
előtolás $f=0,1$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc

6. szerszám – fúrás, központosítás
marókés: 10.0 MM DIA X90 POINT SPOT DRILL
maró lapka: HSS Drill
átmérő: 10
előtolás $f=0,15$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=160$ m/perc
fogszám: 2

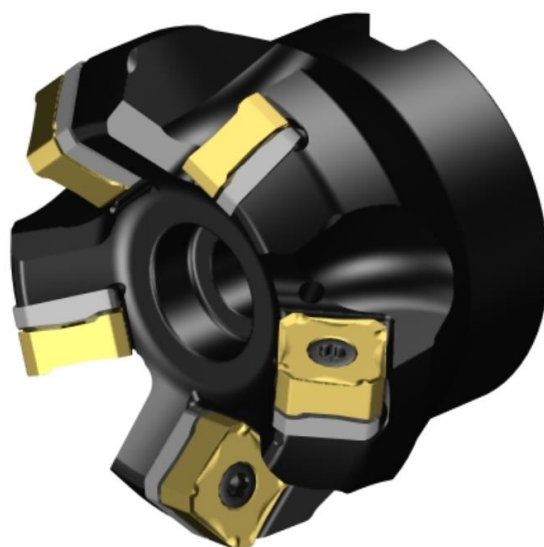


7. szerszám – fúrás
860.1-0600-037A1-PM P1BM CoroDrill® 860-PM
Csúcsszöge: 147°
szerszám átmérő: 6 mm
előtolás f=0,15 mm/fog
forgácsolási sebesség Vc=160 m/perc

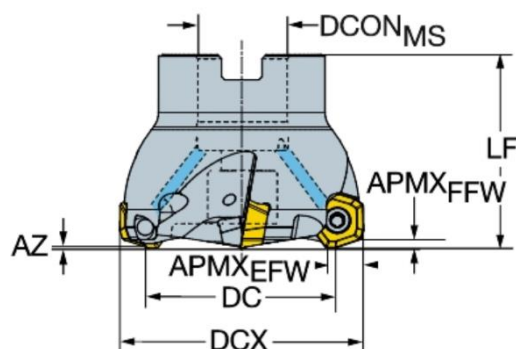


A második felfogás során használt szerszámok:

1. szerszám – síkbamarás
345-050Q22-13H CoroMill® 345
345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapka
szerszám átmérő: 50 mm
marólapka sarokrádiusza: 0,8 mm
előtolás $f=0,04$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=600$ m/perc

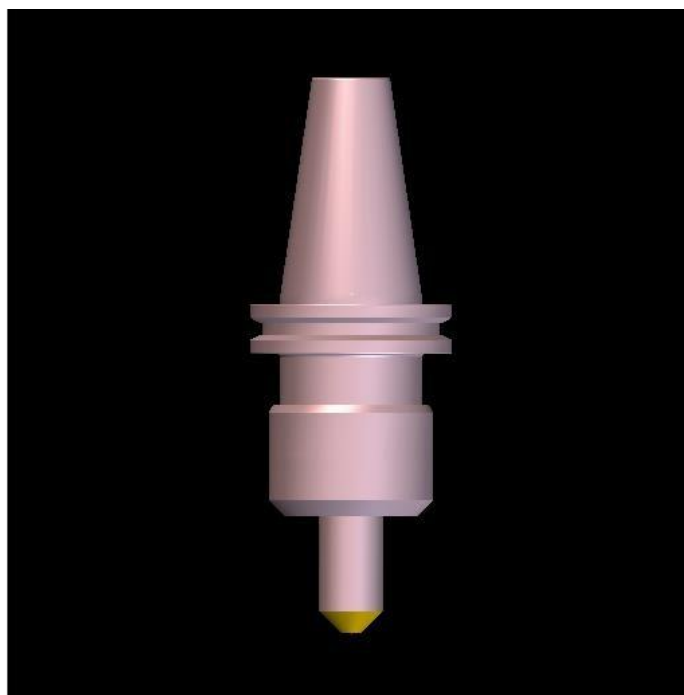


2. szerszám – nagyolás
419-063Q22-14L CoroMill® 419 homlokmaró
419R-1405M-PM 4330 CoroMill® 419 marólapka
szerszám átmérő: 63 mm
marólapka sarokrádiusza: 0,8 mm
előtolás $f=0,08$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc



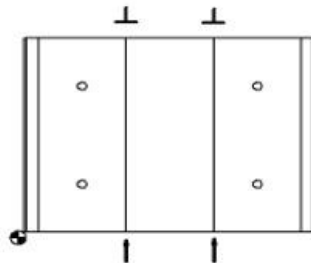
3. szerszám – simítás
419-063Q22-14L CoroMill® 419 homlokmaró
419R-1405M-PM 4330 CoroMill® 419 marólapka
szerszám átmérő: 63 mm
marólapka sarokrádiusza: 0,8 mm
előtolás $f=0,1$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc

4. szerszám – élettörés
20.0 MM DIA X 45 DEG CHAMFER MILL
HSCO Mill Solid Cutter lapka
előtolás $f=0,025$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=170$ m/perc
átmérő: 20
fogszám: 4



Marással elkészítendő alkatrész (talp) felfogási terve:**Első felfogás:**

Program száma: O0002
Szerszámgép, vezérlés: MSN 500, NCT200 Maró
Alkatrész neve: talp
Előgyártmány típusa: precíziós laposacél, DIN 59350 szerint fűrészelt, csiszolt, 205 mm x 195 mm x 35 mm
A befogás eszköze: gépsatu

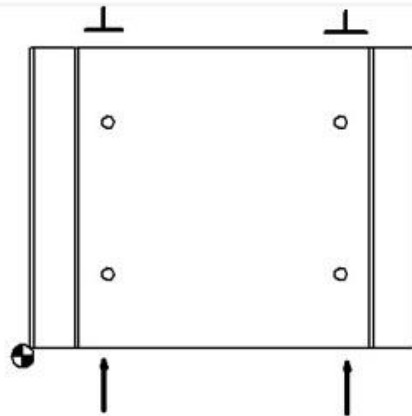


Sorsz.	Művelet megnevezése	Szerszám	Lapka típusa
1.	Síkbamarás	345-050Q22-13H CoroMill® 345 homlokmáró szerszám	345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapka
2.	Nagyolás	R300-32EH25-10H CoroMill® 300 homlokmáró	R300-1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapka
3.	Simitás	R300-32EH25-10H CoroMill® 300 homlokmáró R300- 1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapka	300-1032E-PM 1130 CoroMill® 300 marólapka
4.	Nagyolás	N331.35C-125S40EM100 CoroMill® 331 egész palást és homlok tárcsamáró	N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331
5.	Simitás	N331.35C-125S40EM100 CoroMill® 331 egész palást és homlok tárcsamáró	N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331
6.	Fúrás, központozás	10.0 MM DIA X90 POINT SPOT DRILL	
7.	Fúrás	860.1-0600-037A1-PM P1BM CoroDrill® 860-PM tömör keményfém fűrészszerszám	

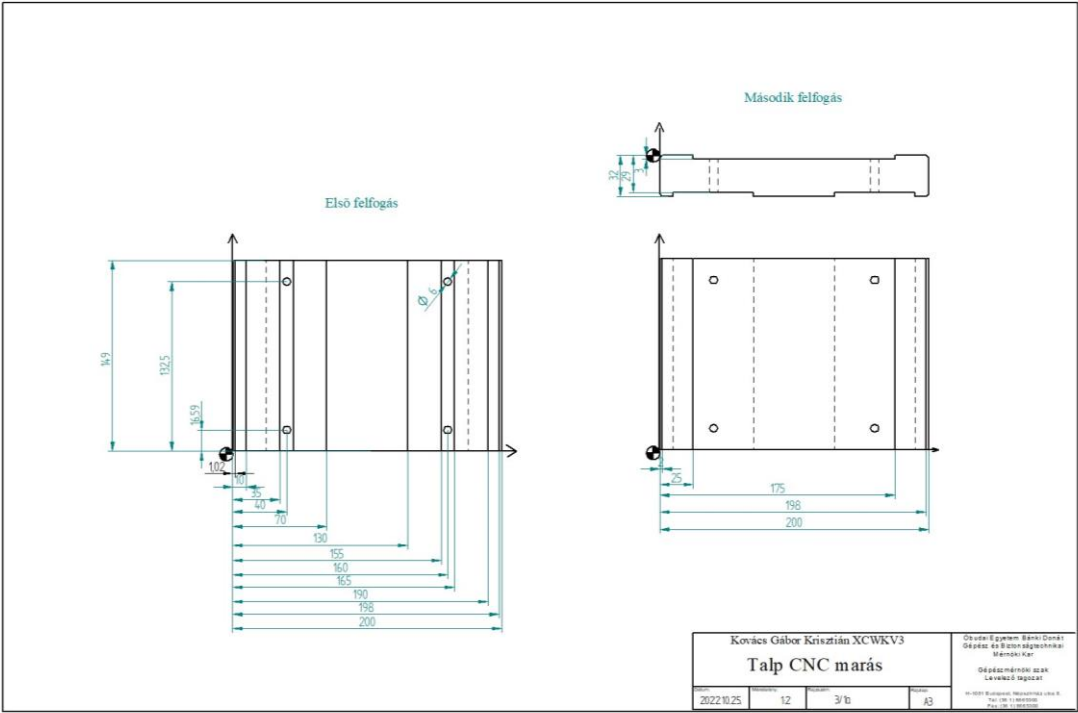
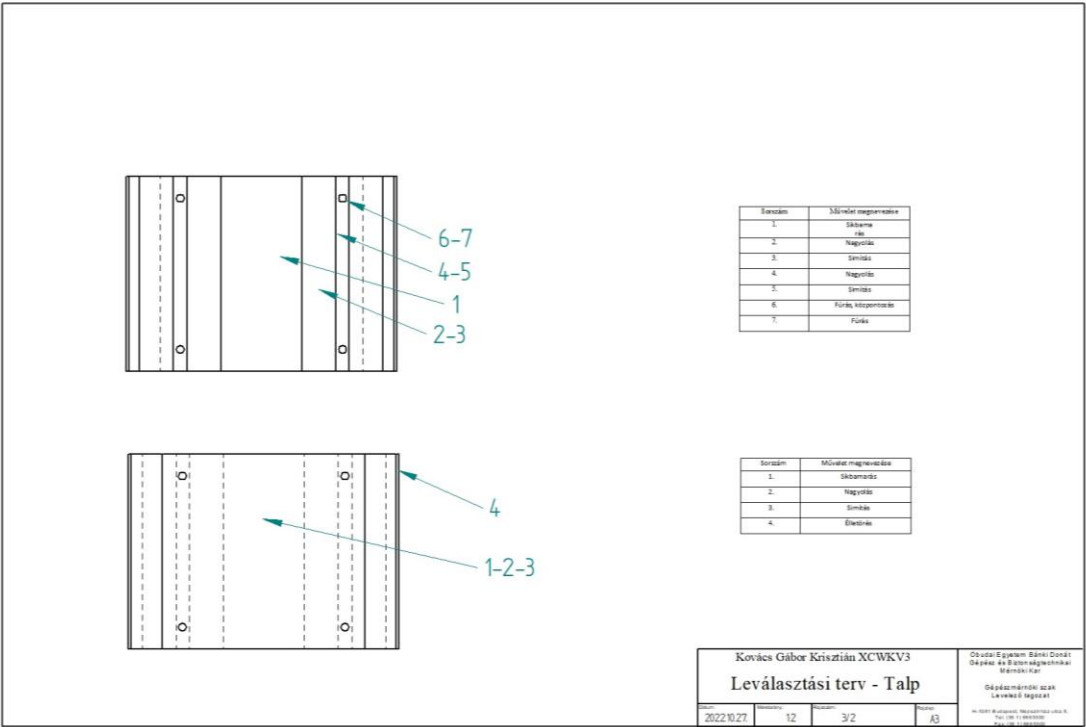
	Forgácsolási adatok						
Művelet sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Forgácsolási sebesség [m/min]	600	220	250	220	250	160	160
Fordulatszám [1/min]	2390	2802	3184	3492	3980	2547	8500
Előtolási sebesség [mm/min]	573	896	1273	1117	1592	764	2550

Második felfogás:

Program száma: O0003
Szerszámgép, vezérlés: MSN 500, NCT200 Maró
Alkatrész neve: talp
A befogás eszköze: gépsatu
Második felfogás: talp hátsó oldalának megmunkálása



Sorsz.	Művelet megnevezése	Szerszám	Lapka típusa					
1.	Síkbararás	345-050Q22-13H CoroMill® 345 homlokmaró szerszám	345R-1305M-PH 4330 CoroMill® 345 marólapka					
2.	Nagyolás	419-063Q22-14L CoroMill® 419 homlokmaró	419R-1405M-PM 4330 CoroMill® 419					
3.	Símitás	419-063Q22-14L CoroMill® 419 homlokmaró	419R-1405M-PM 4330 CoroMill® 419					
4.	Élletörés	20.0 MM DIA X 45 DEG CHAMFER MILL	HSCO Mill Solid Cutter lapka					
Forgácsolási adatok								
Művelet sorszáma	1.	2.	3.	4.				
Forgácsolási sebesség [m/min]	600	220	250	170				
Fordulatszám [1/min]	2390	2802	3184	2707				
Előtolási sebesség [mm/min]	573	896	1273	270				



A talp felső oldalának marással történő megmunkálásának NCprogramja:

% O0002 (MARÓ PROGRAM1)

N10 G21 G17 G54 G94 G90

N20 T1

N30 G0 G43 H1 Z40

N40 S1000 F0.04 M3 M8

N50 G0 X-45 Y-45

N60 Z0

N70 Z-1

N80 G41 D1 G1 X0 Y0

N90 Y150 X0,C2

N100 Y150 X200,C2

N110 Y0 X200,C2

N120 Y0 X0,C2

N130 Y12

N131 G40 G0 Z30

N132 T2

N134 G43 H2 G0 Z35

N136 S2900 F1300 M3 M8

N138 G0 X-45 Y-45

N139 Z0

N140 G1 X10 Y0

N150 Z-6

N160 Y150

N170 X70

N180 Y0

N190 X130 Y0

N200 Z-6

N210 Y150

N220 X190

N230 Y0

N235 G0 X-45 Y-45 Z0

N240 T3

N250 G0 G43 H3 Z40

N260 S4000 F0.15 M3 M8

N270 G0 X40 Y-39 Z3

N280 G81 G99 YI76 R3 Z-32 L2

N282 G80

N283 G0 X160 Y-39 Z3

N285 G81 G99 YI76 R3 Z-32 L2

N290 G80

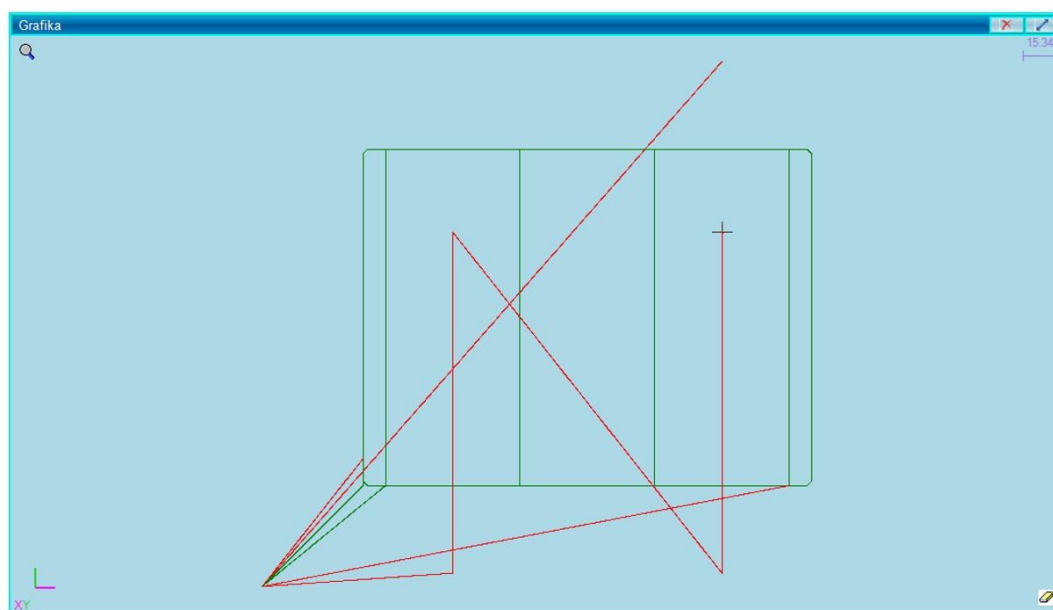
N295 G15

N296 G52 X0 Y0

N300 M30

%

A O0002 MARÓ PROGRAM grafikai megjelenítése az NCT200 szimulációs szoftver segítségével



A talp alsó oldalának marással történő megmunkálásának NCprogramja:

% O0003 (MARÓ PROGRAM2)

N10 G21 G17 G54 G94 G90

N20 T1

N30 G0 G43 H1 Z40

N40 S1000 F0.04 M3 M8

N50 G0 X-45 Y-45

N60 Z0

N70 Z-1

N80 G41 D1 G1 X0 Y0

N90 Y150 X0,C2

N100 Y150 X200,C2

N110 Y0 X200,C2

N120 Y0 X0,C2

N130 Y12

N131 G40 G0 Z30

N132 T2

N134 G43 H2 G0 Z35

N136 S2900 F1.3 M3 M8

N138 G0 X-45 Y-45

N139 Z0

N140 G1 X25 Y0,C2

N150 Z-6

N160 Y150

N170 X175,C2

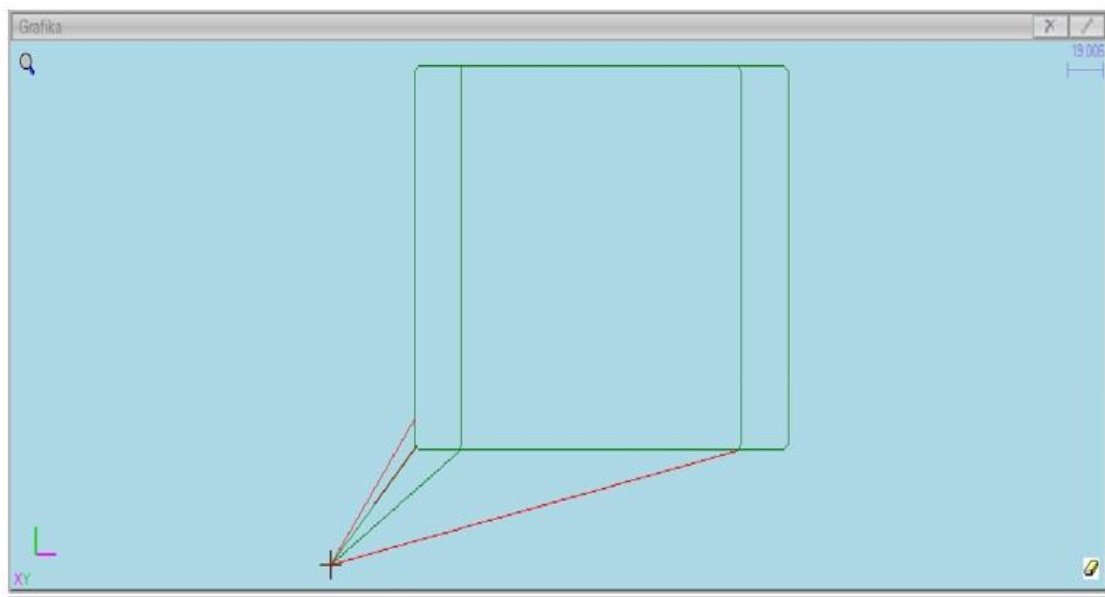
N178 Y0,C2

N180 N235 G0 X-45 Y-45 Z0

N190 M30

%

Az O0003 MARÓ PROGRAM grafikai megjelenítése az NCT200 szimulációs szoftver segítségével

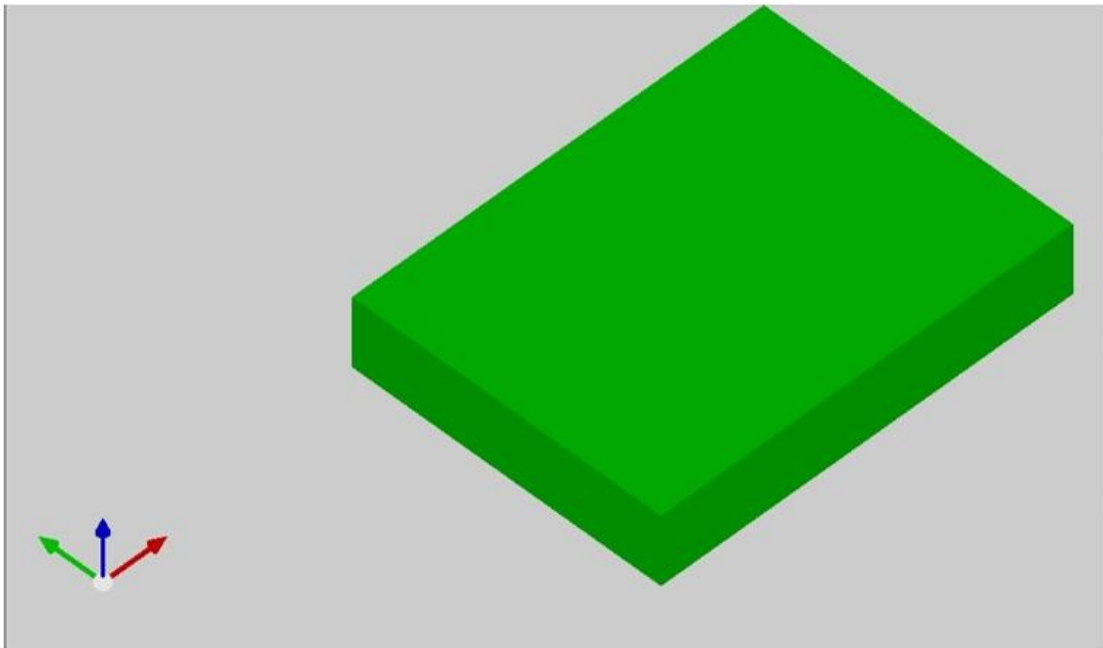


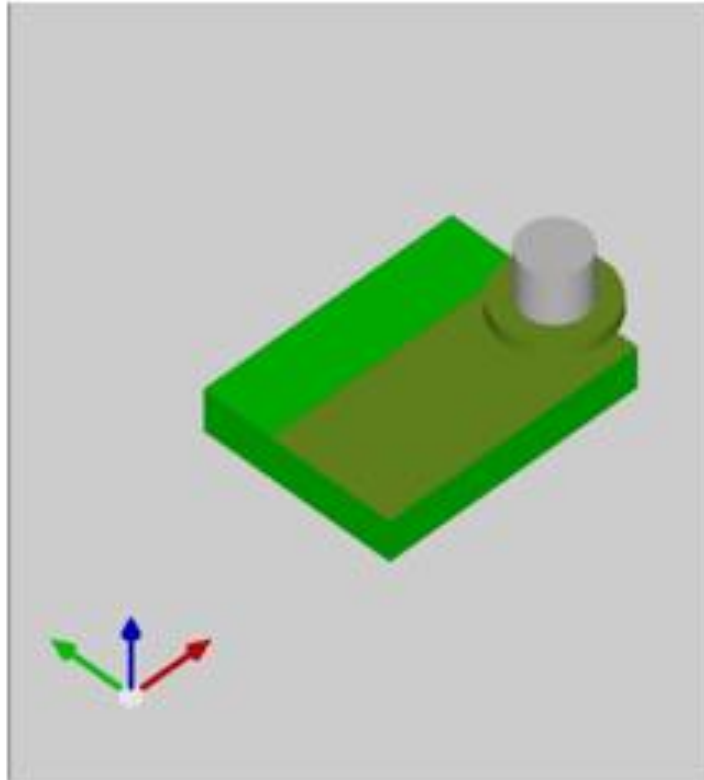
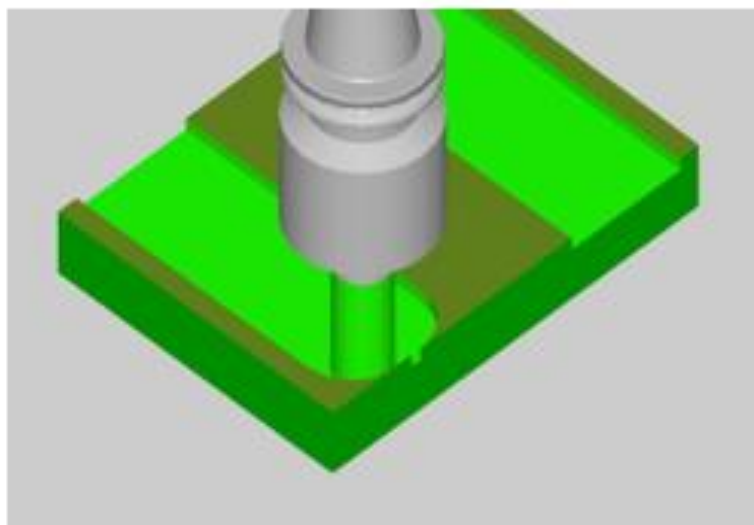
Marással elkészítendő alkatrész megmunkálását tartalmazó Cam állományok:

Részlet az első felfogás műveleteiből, melynek során a talp felső oldala készül el

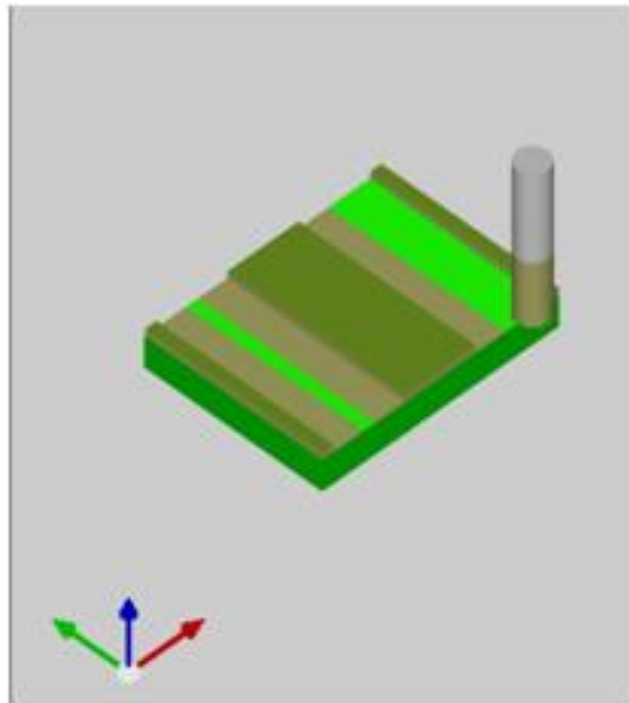
A megmunkálás folyamata:

A gyártást megelőző tevékenységek pl. szerszámbemérés, programbevitel, tesztelés

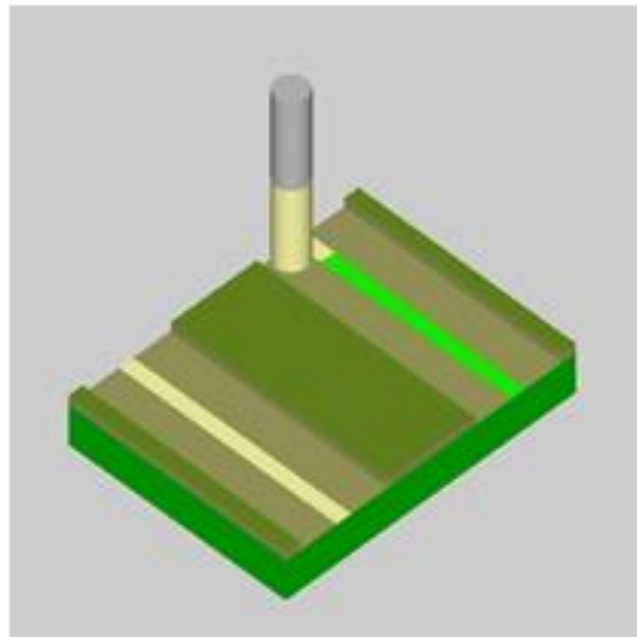


Síkfelület nagyolása:**Nagyolás művelete:**

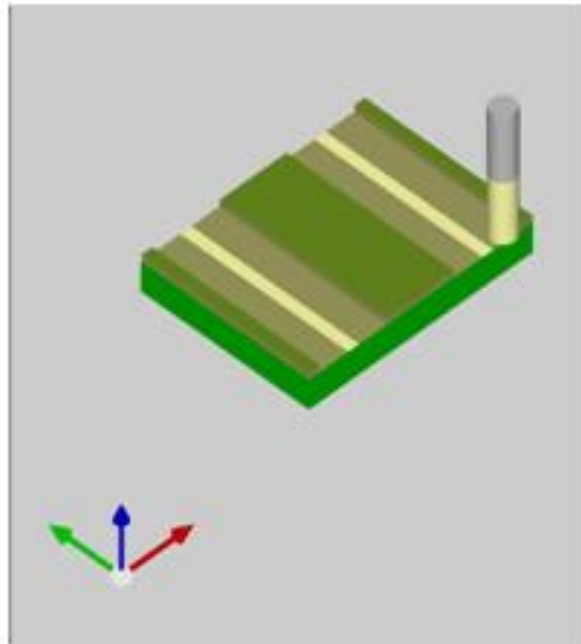
Simítás művelete:



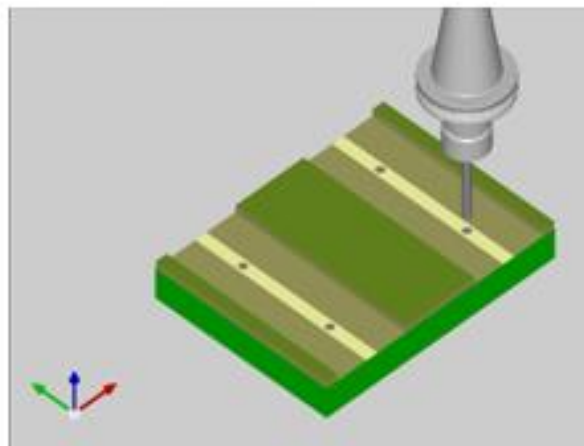
Nagyolás művelete:



Simítás:

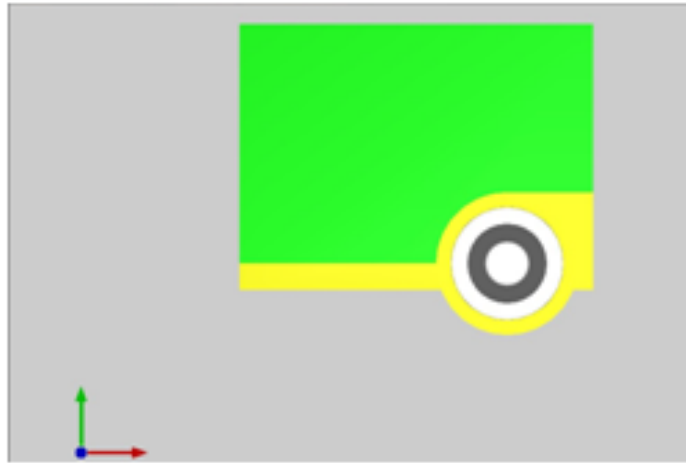


Fúrás művelete:

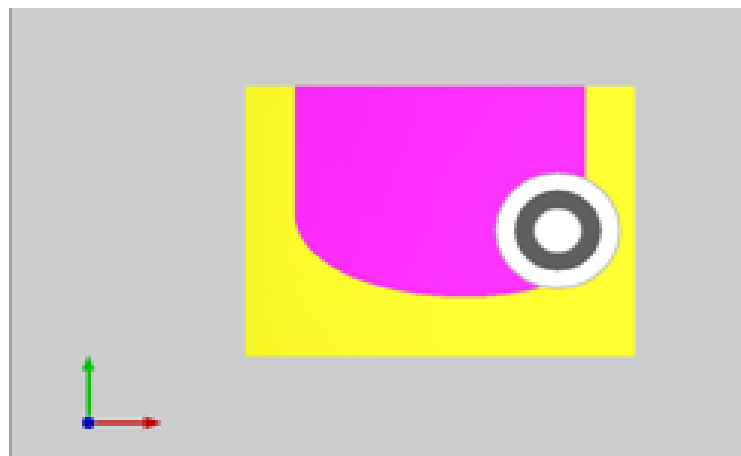


Részlet a második felfogás műveleteiből, melynek során a talp alsó oldala készül el

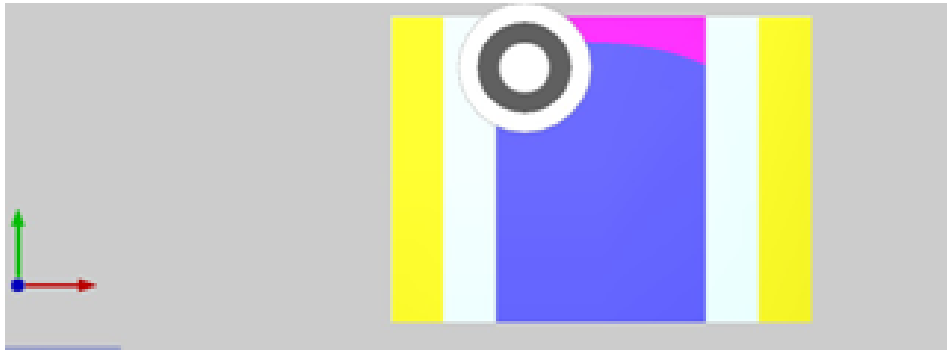
Síkmarás:



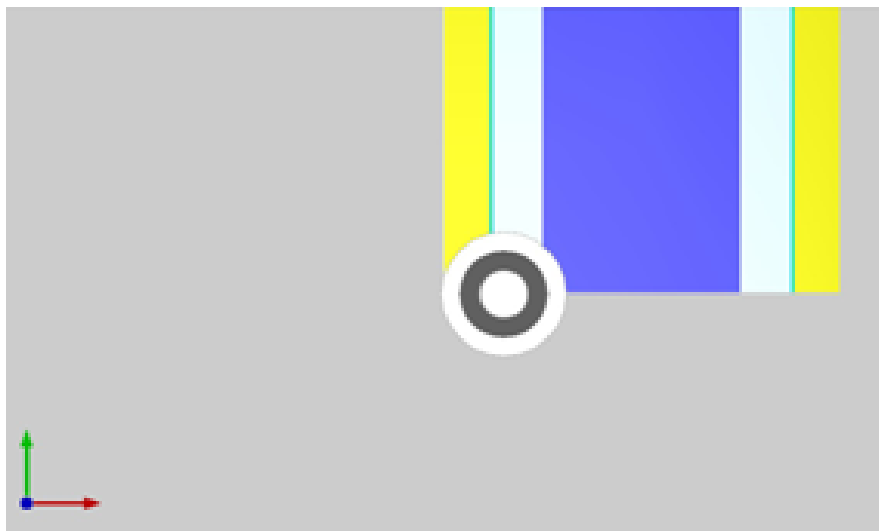
Nyitott kontúr nagyolása:



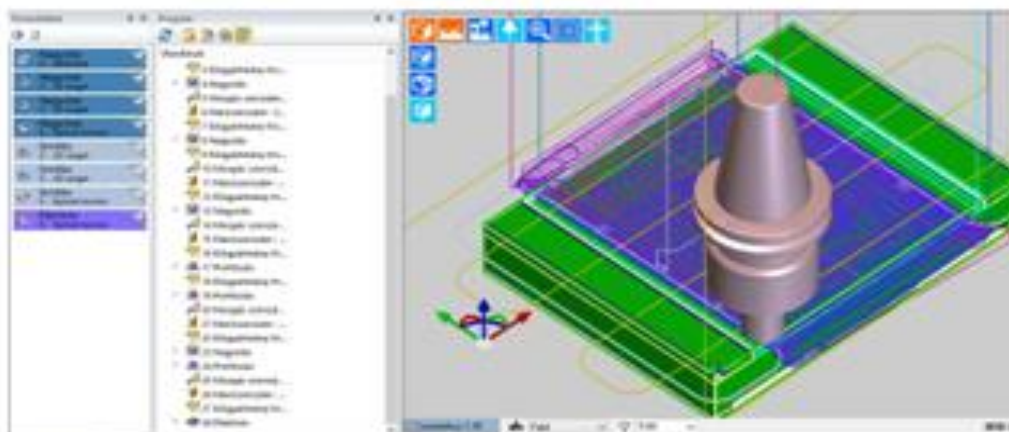
Nyitott kontúr simításának művelete:



Élletörés kialakítása:



A megmunkálás eredménye:



Gépi főidő számítása - Talp első felfogás:**Főidő**

Műveletelem	vf [mm/min]	i [-]	L [mm]	t [min]
1	573	1	200	0,79
2	896	1	60	1,338
3	1273	1	60	0,997
4	1117	1	149	0,1483
5	1592	1	149	0,0888
6	764	1	6	0,22512
7	2550	7	6	0,08743
Tg Σ				7,643min

$$(t=L*i/f)$$

Mellékidő:

Szerszámcsere /Szcs/: 1,15 min

Összekötő mozgások /Gyj/: 1,875 min

Teljes darabidő:

$$T_d = \text{Szum } T_g + \text{Szcs} * 6 + GY_j = 7,643 + 1,15 \text{ min} * 6 + 1,875 \text{ min} = 16,418 \text{ perc}$$

Talp második felfogás:**Főidő**

Műveletelem	vf [mm/min]	i [-]	L [mm]	t [min]
1	573	1	150	0,983
2	896	1	149	1,232
3	1273	1	149	1,675
4	270	1	149	0,351
T_g Σ				4,145 min

$$(t=L \cdot i / f)$$

Mellékidő:

Szerszámcsere /Szcs/: 0,8705 min

Összekötő mozgások /Gyj/: 0,765 min

Teljes darabidő:

$$T_d = \sum T_g + Szcs \cdot 6 + GYj = 4,145 + 0,8705 \text{ min} \cdot 6 + 0,765 \text{ min} = 10,133 \text{ perc}$$

4. sz. melléklet: Technológiai dokumentáció
/Kardáncsukló-Tengelykapcsolófél/.

**Műveleti utasítás a kardáncsukló/tengelykapcsolófél
esztergálással és marással történő megmunkálásához:**

Első felfogás:

1. nagyoló esztergálás T0101-es szerszám	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz; CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka	fogásmélység a=2 mm előtolás f=0,3 mm/ford forgácsolási sebesség Vc=1000 m/perc fordulatszám n=7961 1/min előtolási sebesség Vf=2388 mm/min
2. külső simító esztergálás T0101-es szerszám	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz; CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka	fogásmélység a=2 mm előtolás f=0,1 mm/ford forgácsolási sebesség Vc=1000 m/perc fordulatszám n=7961 1/min előtolási sebesség Vf=796 mm/min
3. fúrás T0202-es szerszám	HSS csigafúró	előtolás f=0,15 mm/ford forgácsolási sebesség Vc=160 m/perc fordulatszám n=2133 1/min előtolási sebesség Vf=319 mm/min
4. furat nagyolása T0404-es szerszám	A16R-SVUBR 11-ERB1 CoroTurn® 107 fúrórúd; VBMT 11 03 12-PF 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka	fogásmélység a=2 mm előtolás f=0,3 mm/ford forgácsolási sebesség Vc=1000 m/perc fordulatszám n=1282 1/min előtolási sebesség Vf=384 mm/min
5. furat simítása T0404-es szerszám	A16R-SVUBR 11-ERB1 CoroTurn® 107 fúrórúd; VBMT 11 03 12-PF 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka	fogásmélység a=2 mm előtolás f=0,1 mm/ford forgácsolási sebesség Vc=1000 m/perc fordulatszám n=1282 1/min előtolási sebesség Vf= 128 mm/min

6. leszúrás művelete T0505-ös szerszám	4,0 mm Wide Part-Off Tool	előtolás $f=0,2$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc fordulatszám $n=1751$ 1/min előtolási sebesség $V_f= 350$ mm/min
---	---------------------------	---

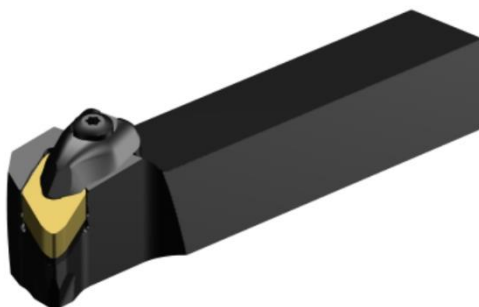
Második felfogás:

1. nagyolás	N331.32C-100S32EM CoroMill® 331 tárcsamáró; N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 lapka	előtolás $f=0,08$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc fordulatszám $n=3492$ 1/min előtolási sebesség $V_f=1117$ mm/min
2. simítás	N331.32C-100S32EM CoroMill® 331 tárcsamáró; N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 lapka	előtolás $f=0,1$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc fordulatszám $n=3980$ 1/min előtolási sebesség $V_f=1592$ mm/min
3. nagyolás	RA300-019M25-10L CoroMill® 300 homlokmaró R300-1032M-PH 4330 CoroMill® 300 marólapka	előtolás $f=0,6$ mm/fog forgácsolási sebesség $V_c=373$ m/perc fordulatszám $n=6340$ 1/min előtolási sebesség $V_f=8030$ mm/min
4. fúrás	HSS csigafúró	előtolás $f=0,15$ mm/ford forgácsolási sebesség $V_c=160$ m/perc fordulatszám $n=8500$ 1/min előtolási sebesség $V_f=1275$ mm/min

Szerszámterv a kardánvilla
esztergálással és marással történő megmunkálásához:

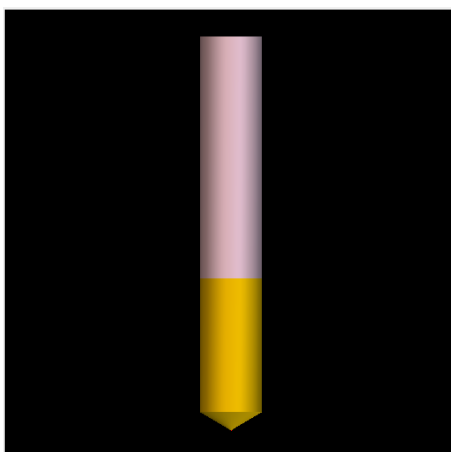
Első felfogás:

1. szerszám – nagyoló esztergálás
CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz
CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka
lapka csúcssugár: 0,8
főél elhelyezkedési szög: 95°
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,3$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc



2. szerszám – Külső simító esztergálás
CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime száras szerszám esztergáláshoz
CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka
csúcssugár: 0,8
főél elhelyezési szög: 95°
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,1$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc

3. szerszám - Fúrás
HSS-Drill lapka
átmérő: 24 mm
csúcsszög: 118°
előtolás f=0,15 mm/ford
forgácsolási sebesség Vc=160 m/perc

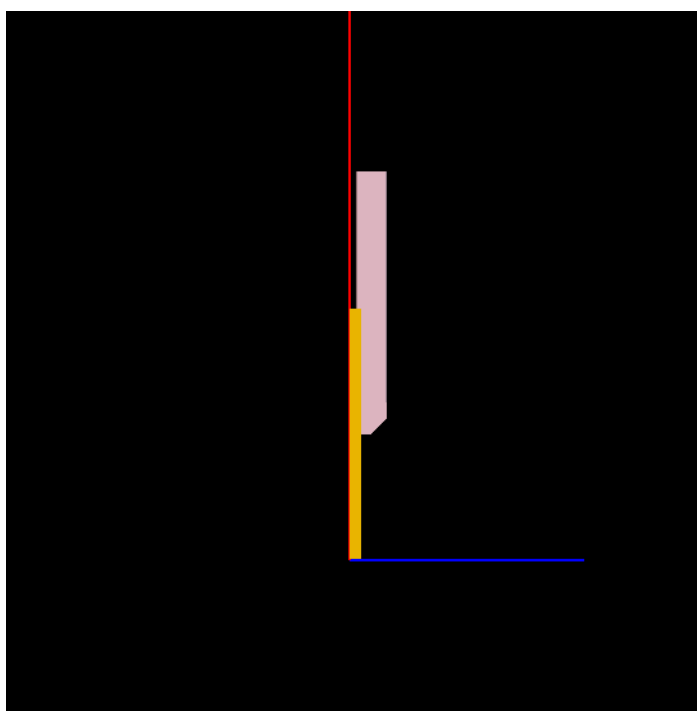


4. szerszám – Furat nagyolása
A16R-SVUBR 11-ERB1 CoroTurn® 107 fúrórúd
VBMT 11 03 12-PF 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka
sarokrádiusz: 0,8 mm
forgácsoló élek száma: 4
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,3$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc



5. szerszám – Furat simítása
A16R-SVUBR 11-ERB1 CoroTurn® 107 fúrórúd
VBMT 11 03 12-PF 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka
sarokrádiusz: 0,8 mm
forgácsoló élek száma: 4
fogásmélység $a=2$ mm
előtolás $f=0,1$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=1000$ m/perc

6. szerszám – Leszúrás művelete
Esztergakés: 4,0 mm Wide Part-Off Tool
IC428 Groove lapka
csúcssugár: 0,3
főél elhelyezési szög: 90°
előtolás f=0,2 mm/ford
forgácsolási sebesség Vc=220 m/perc



Második felfogás:

1. szerszám – Nagyolás művelete
N331.32C-100S32EM CoroMill® 331 tárcsamáró
N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 lapka
fogásmélység = 2 mm
előtolás $f=0,08$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=220$ m/perc

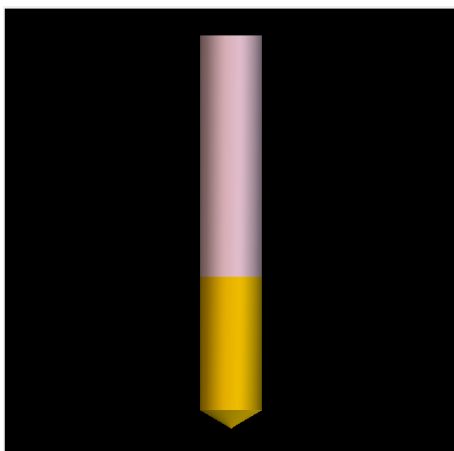


2. szerszám – Simítás művelete
N331.32C-100S32EM CoroMill® 331 tárcsamáró
N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 lapka
fogásmélység = 2 mm
előtolás $f=0,01$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=250$ m/perc

3. szerszám – Nagyolás művelete
RA300-019M25-10L
CoroMill® 300 homlokmaró
R300-1032M-PH 4330
CoroMill® 300 marólapka
fogásmélység: 0,7 mm
előtolás $f=0,6$ mm/fog
forgácsolási sebesség $V_c=373$ m/perc

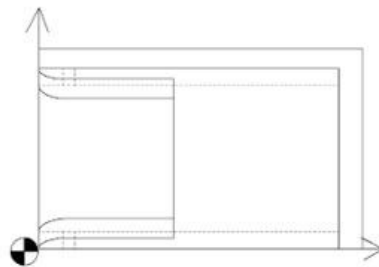


4. szerszám – Fúrás művelete
HSS csigafúró
szerszám átmérője: 2 mm
csúcsszög: 135°
előtolás $f=0,15$ mm/ford
forgácsolási sebesség $V_c=160$ m/perc



Esztergálással és marással elkészítendő alkatrész (kardáncsukló/tengelykapcsolófél)**felfogási terve:**

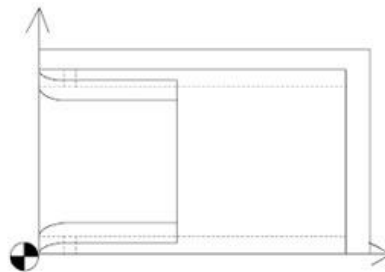
Program száma: O0004
Vezérlés: NCT200 Eszterga
Alkatrész neve: kardáncsukló/tengelykapcsolófél
A befogás eszköze: tokmány
Előgyártmány típusa: Melegen hengerelt köracél Ø32 mm x 35 mm



Sorsz.	Művelet megnevezése	Szerszám	Lapka típusa			
1	Nagyoló esztergálás	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime szárasszerszám	CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka			
2	Külső simító esztergálás	CP-25BR-2020-12 CoroTurn® Prime szárasszerszám	CP-B1208D-M5 4425 CoroTurn® Prime esztergálólapka			
3	Fúrás	HSS csigafűrő	HSS-Drill lapka			
4	Furat nagyolása	A16R-SVUBR 11-ERB1 CoroTurn® 107 fűrőrúd	VBMT 11 03 12-PF 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka			
5	Furat simítása	A16R-SVUBR 11-ERB1 CoroTurn® 107 fűrőrúd	VBMT 11 03 12-PF 4425 CoroTurn® 107 esztergálólapka			
6	Leszúrás művelete	4,0 mm Wide Part-Off Tool	IC428 Groove lapka			
Forgácsolási adatok						
Művelet sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Forgácsolási sebesség [m/min]	1000	1000	160	1000	1000	220
Fordulatszám [1/min]	7961	7961	2133	1282	1282	1751
Előtolási sebesség [mm/min]	2388	796	319	384	128	350

Esztergálással és marással elkészítendő alkatrész (kardáncsukló/tengelykapcsolófél)**felfogási terve:**

Program száma: O0005
Szerszámgép, vezérlés: MSN 500, NCT200 Maró
Alkatrész neve: kardáncsukló/tengelykapcsolófél
A befogás eszköze: gépsatu



Sorsz.	Művelet megnevezése	Szerszám	Lapka típusa			
1	Nagyolás	N331.32C-100S32EM CoroMill® 331 tárcsamaró	N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 lapka			
2	Símitás	N331.32C-100S32EM CoroMill® 331 tárcsamaró	N331.1A-08 45 08M-PM4330 CoroMill® 331 lapka			
3	Nagyolás	RA300-019M25-10L CoroMill® 300 homlokmaró	R300-1032M-PH 4330 CoroMill® 300 marólapka			
4	Fúrás	HSS csigafűrő	HSS-Drill lapka			
Forgácsolási adatok						
Művelet sorszáma	1.	2.	3.	4.		
Forgácsolási sebesség [m/min]	220	250	373	160		
Fordulatszám [1/min]	3492	3980	6340	8500		
Előtolási sebesség [mm/min]	1117	1592	8030	2550		

**A kardánvilla esztergálással történő megmunkálásának
NC programja:**

% O0004 (ESZTERGA PROGRAM)
N10 G90 G21 G54
N20 G95 G18
N30 G0 X150 Z150
N40 T0101 (külső nagyolás)
N50 G92 S3000 F0.3 M4 M8
N60 G96 S130
N70 G0 X34 Z3
N75 G79 X-1 Z0
N76 G0 Z3
N80 G71 U2 R1
N90 G71 P160 Q200 U1 W0.3 N100 G0 X150 Z200
N110 T0101 (ugyanazzal a szerszámmal külső simítás)
N120 G92 S3000 F0.15 M4 M8
N130 G96 S145
N140 G0 X30 Z3
N150 G1 Z0
N160 G42 X50
N190 X65
N195 Z-60
N200 G1 G40 X35
N210 G0 X150 Z200
N220 T0202 (fúrás)
N230 G97 S1000 F0.15 M4 M8 N240 G0 X0 Z3
N250 G17 G81 Z-50 R3
N260 G80
N270 G0 X150 Z150 G18
N280 T0404 (furat nagyolása)

N290 G92 S3000 F0.1 M4 M8

N300 G96 S100

N310 G0 X52 Z3

N320 X24,5 G41

N330 Z-50

N332 G0 Z2

N365 G0 G40 Z2

N370 X150 Z150

N375 T0404 (furat simítása)

N370 G97 S700 F0.1

N380 G0 X30 Z3

N390 G1 Z-50

N391 X24,5

N392 G0 Z100

N393 X150

N395 T0505 (leszúrókés)

N400 G0 X30 Z-50

N410 G1 X30 F0.15

N420 G0 X150 Z150

N430 X50

N440 M30

%

A kardánvilla marással történő megmunkálásának

NC programja:

% O0005 (MARÓ PROGRAM)

N10 G21 G17 G54 G94 G90

N20 T1

N30 G0 G43 H1 Z40

N40 S1000 F0.04 M3 M8

N50 G0 X-45 Y-45

N60 Z0
N70 Z-1
N80 G41 D1 G1 X0 Y0
N90 X28
N100 Y22,5
N110 Y26,45 X0, R2
N120 Y2,75 X0, R2
N131 G40 G0 Z30
N132 T2
N200 G97 S1000 F0.15 M4 M8
N240 G0 X0 Z3
N250 G17 G81 X5 Y2,75 R2
N255 Y29,2 R2
N260 G80
N270 G0 X150 Z150 G18
M30
%

Gépi főidő számítása - Kardáncsukló első felfogás:**Főidő**

Műveletelem	vf [mm/min]	i [-]	L [mm]	t [min]
1	2388	1	50	0,765
2	796	1	50	1,349
3	319	1	50	1,1762
4	384	1	50	0,651
5	128	1	50	0,984
6	350	1	30	0,698
Tg Σ				5,235 min

$$(t=L*i/f)$$

Mellékidő:

Szerszámcseré /Szcs/: 2,18 min

Összekötő mozgások /Gyj/: 1,985 min

Teljes darabidő:

$$T_d = \text{Szum } T_g + \text{Szcs} * 6 + GY_j = 5,235 + 2,18 \text{ min} * 6 + 1,985 \text{ min} = 20,3 \text{ perc}$$

Kardáncsukló második felfogás:**Főidő**

Műveletelem	vf [mm/min]	i [-]	L [mm]	t [min]
1	1117	1	22,5	0,574
2	1592	1	22,5	0,792
3	8030	1	26,45	0,683
4	1275	1	6	0,451
Tg Σ				2,287 min

$$(t=L*i/f)$$

Mellékidő:

Szerszámcsere /Szcs/: 0,805 min

Összekötő mozgások /Gyj/: 0,72 min

Teljes darabidő:

$$T_d = \text{Szum } T_g + \text{Szcs} * 6 + \text{GYj} = 2,287 + 0,805 \text{ min} * 6 + 0,72 \text{ min} = 7,837 \text{ perc}$$

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástudományi Intézet



SZINOPSZIS

Név, Neptun kód: Kovács Gábor Krisztián, XCWKV3

Szakdolgozat címe: Kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsoló, mint tansegédeszköz tervezése és gyártása

Szakdolgozatom tárgya egy olyan oktatási segédeszköz tervezése és gyártása, amellyel prezentálni lehet a hallgatóknak a sugárirányú eltéréssel rendelkező, párhuzamos tengelyek egytengelyűségi hibájának kiküszöbölését Oldham-tengelykapcsoló segítségével. Az Oldham-tengelykapcsoló mechanikája egy kézzel hajtható kar használatával demonstrálható, ahol a forgatónyomatékot egy kardáncsukló továbbítja.

A dolgozat első részében ismertettem a tengelykapcsolókról, majd konkrétan az Oldham-kapcsolóról és a kardáncsuklóról szóló szakirodalmat, ezt követően a tansegédeszközök elméleti hátterét részleteztem, mindezt jelen oktatási segédeszköz vonatkozásában tettem meg. Dolgozatom utolsó szakaszában bemutattam a modell CAD tervezésének eljárását, valamint 3 alkatrészének gyártástechnológiai tervezésének folyamatát.

Dolgozatom első egységében a témával kapcsolatos szakirodalom elemző feldolgozására helyeztem a hangsúlyt. Fontosnak tartottam egy olyan összegző bemutatást, amely a tengelykapcsolók csoportosítását taglalja, továbbá amelyben helyet kap az Oldham-tengelykapcsoló és a kardáncsukló története, működési mechanizmusa, anyaga, alkalmazási lehetőségei, karbantartása.

Szakdolgozatom második része oktatás elméleti tematikájú. Ezen egységben a didaktikai szakirodalmak tükrében elemzem a kardáncsuklóval integrált Oldham-kapcsolót, mint oktatási segédeszközt. Elsőként elhelyezem a szerkezetet a tansegédeszközök rendszerében, majd a didaktikai alapelveket és megjelenésüket vizsgálom taneszközünk esetében, emellett részletezem didaktikai szempontok szerinti megfelelőségét.

Munkám harmadik részét képezi a Kardáncsuklóval integrált Oldham tengelykapcsoló Solid Edge szoftver segítségével készített CAD-állományainak bemutatása, részletezem a CAD tervezés lépéseit, a talp, a tartóbakok, a tengely, a retesz, a kapcsolófél, a közvetítő elem, a kardáncsukló valamint a kardáncsukló karral modelljének elkészítését, majd bemutatom a felsorolt elemek összeállítási modellbe rendezésének folyamatát, végül a 3D modellekből generált műhelyrajz és összeállítási rajz elkészítésének lépéseit.

Szakdolgozatom negyedik egységében a tansegédeszköz három alkatrészének technológiai tervezési folyamatát mutatom be. Részletezem a kapcsolófél esztergálással, a talp marással, a kardánvilla esztergálással és marással történő megmunkálásának folyamatát. Dolgozatom ezen része taglalja az előtervezés, műveleti sorrendterv, művelettervezés, műveletelem tervezés valamint a posztprocesszálas technológiai folyamatát mindhárom alkatrész esetében. A forgácsoló megmunkálás virtuális térben történő szimulációját EDGE CAM szoftver segítségével végeztem, továbbá a manuálisan elkészített NC program tesztelését, grafikai megjelenítését NCT200 szimulációs szoftver használatával oldottam meg.

Óbuda - Universität

Bánki Donát Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik

Institut für Material- und Fertigungstechnik



SYNOPSIS

Name, Neptun-Code: Kovács Gábor Krisztián, XCWKV3

Titel der Diplomarbeit: Die Konstruktion und Herstellung der Oldham-Kupplung mit Kreuzgelenk als Lernhilfsmittel

Das Thema meiner Diplomarbeit ist die Erstellung eines 3D Modells und der zugehörigen technischen Dokumentation, um Studenten die Beseitigung von Einachsigkeitsfehlern paralleler Achsen mit radialem Versatz mit Hilfe eines Oldham-Kupplung zu präsentieren.

Im ersten Teil der Arbeit habe ich die Literatur über Kupplungen und insbesondere über die Oldham-Kupplung und das Kreuzgelenk analysiert.

Im nächsten Teil der Arbeit habe ich versucht, ein breites Spektrum an Literatur über Lernhilfsmittel heranzuziehen, in deren Lichte ich die Oldham-Kupplung mit dem Kardangelenk als Lernhilfsmittel analysiert habe.

Der folgende Teil der Arbeit ist das Design der Oldham-Kupplung mit einem Kardangelenk erweitert, die Erstellung von CAD-Modellen und den Prozess der Fertigungsplanung des Gerätes.

In der ersten Einheit meiner Arbeit habe ich mich auf eine analytische Überprüfung der Literatur zu diesem Thema konzentriert. Ich halte es für wichtig, eine Zusammenfassung der Kupplungsgruppe, der Geschichte der Oldham-Kupplung und des Kreuzgelenks, ihres Funktionsmechanismus, der Werkstoffe, der Anwendungen und der Wartung zu geben.

Der zweite Teil meiner Arbeit befasst sich mit der Bildungstheorie. In dieser Einheit analysiere ich die Oldham-Kupplung mit dem Kardangelenk als pädagogisches Hilfsmittel im Lichte der didaktischen Literatur. Zunächst werde ich das Gerät in das System der Lernhilfsmittel einordnen, dann werde ich die didaktischen Prinzipien und ihre Darstellung im Fall unseres Lehrmittels

untersuchen und auch seine didaktische Angemessenheit darlegen.

Im dritten Teil meiner Arbeit stelle ich die CAD-Dateien der Oldham-Kupplung mit integriertem Kardangelenk vor, die mit der Software Solid Edge erstellt wurden, und beschreibe die einzelnen Schritte der CAD-Konstruktion, die Erstellung des Modells der Basis, der Halterungen, der Welle, des Riegels, der Kupplung, des Zwischenelements, des Kardangelenks und des Kardangelenks mit Hebel, dann stelle ich den Prozess der Montagemodellierung der aufgeführten Elemente vor und schließlich die Schritte der Erstellung der Werkstattzeichnung und der Zusammenbauzeichnung, die aus den 3D-Modellen generiert werden.

In der vierten Einheit meiner Arbeit stelle ich den technologischen Planungsprozess der drei Komponenten der Lernhilfsmittel vor.

In diesem Teil meiner Arbeit wird der technologische Prozess der Vorplanung, der Arbeitsablaufplanung, der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitselementplanung und Postprocess für alle drei Teile dargestellt. Die Simulation des Bearbeitungsprozesses im virtuellen Raum wurde mit der Software EDGECAM durchgeführt, und die Prüfung und grafische Darstellung des manuell erstellten NC-Programms wurde mit der Simulationssoftware NCT200 gelöst.