

DIPLOMADOLGOZAT

Kéri Gábor
Gépészmérnök szak

Gödöllő
2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

EMCO VMC 300 típusú CNC marógép felújítása

Belső konzulens:	Dr. Kári-Horváth Attila egyetemi docens
Külső konzulens:	Pszilosz György okl. Gépészmérnök Ügyvezető igazgató
Készítette:	Kéri Gábor FM8IBF levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet / Anyagtudományi és Gépipari folyamatok

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK
Gépészeti mechatronika specializáció

DIPLOMAMUNKA
feladatlap

Kéri Gábor (FM8IBF)

részére

A diplomamunka címe:

EMCO VMC 300 típusú CNC marógép felújítása

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozása, Egy CNC maróközpont felújításának bemutatása lépésekben. Felmerülő műszaki problémák meghatározása, adott alkatrészek cseréjének megállapítása, a megfelelő eszközök kiválasztásának folyamatai. Amennyiben szükséges hidraulikai, vagy pneumatikai vizsgálat végzése. Minőségbiztosítás, Gazdasági számítás, A felújítás végén teszt végzése a CNC gépen.

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Pszilosz György* *Ügyvezető igazgató, Pszilosz Kft.*

Belső konzulens: *Dr. Kári-Horváth Attila* *egyetemi docens, MATE Műszaki Intézet/ Anyagtudományi és Gépipari folyamatok tanszék*

Beadási határidő: 2024. április 22

Gödöllő, 2024. február 12

Jóváhagyom

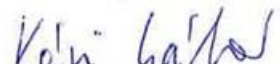


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

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

Gödöllő, 2024.



PSZILOSZ
Alkatrészgyártó Kft.
1215 Budapest, Duna u. 49-51.
Adószám: 12175703-2-43
www.pszilosz.hu
(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés.....	6
2.	Cégbemutató 7	7
3.	Szakirodalom feldolgozása	8
3.1.	Forgácsolási sebesség növekedése.....	8
3.2.	Megmunkálási pontosság növekedése	10
3.3.	A korszerű szerszámgépek fajtái	11
3.3.1.	CNC eszterga.....	11
3.3.2.	CNC maró.....	14
3.4.	Kenőanyagok	19
3.4.1.	Kenési állapotok	19
3.4.2.	Kenőanyagok fajtái.....	20
3.4.3.	Gördülőcsapágyak kenése	23
3.5.	Hidraulikai, Pneumatikai egység	28
4.	Probléma bemutatása.....	32
5.	Szerszámgép felújítása	34
5.1.	A megmunkáló gép bemutatása	34
5.2.	A meghajtás felújítása.....	34
5.2.1.	Golyósorsó, golyós anya.....	34
5.2.2.	Csapágyazások.....	46
5.2.3.	Kenőanyagok kiválasztása.....	56
5.2.4.	A villamoshajtások kiválasztása	58
5.3.	A Pneumatikus egység felújítása	66
6.	Minőségbiztosítás.....	69
7.	Gazdasági számítás	71

8.	Felújítás ellenőrzése	72
9.	Összefoglalás.....	77
10.	Summary.....	78
11.	Nyilatkozat.....	79
12.	Irodalomjegyzék	81
13.	Köszönet nyilvánítás.....	87
14.	Mellékletek	88
14.1.	Melléklet	89
14.2.	Melléklet	90
14.3.	Melléklet	91

1. Bevezetés

A mai felgyorsult világban az egyre növekedő minőségi és mennyiségi igények, az egyre bonyolultabb alkatrészek egyre pontosabb megmunkálásához nélkülözhetetlenek a CNC gépek. Ezekkel a szerszámgépekkel az egy adott időszak alatt legyártható termékek száma jelentősen megnőtt a hagyományi gépekhez viszonyítva, valamint a megmunkálási pontosság is nagyobb lett, hisz a gép az előre megírt paraméterek alapján dolgozik, így az emberi hiba kiküszöbölhető.

A CNC (Computer Numeric Control) gépek a megmunkáló ipar szerves részei lettek, a megmunkálási pontosság 0,001-0,0001 mm között változik. A megmunkálható méretek a pár milliméteres nagyságtól a 300 mm-es nagyságig terjedhet egy átlagos CNC gépen. A megmunkálható anyagok tekintetében fémet és műanyagot egyaránt lehet forgácsolni.

Jelenleg a Pszilosz Kft alkalmazásában állok, mint Minőségbiztosítási mérnök. Főbb feladataim, a gyártási folyamatok felügyelete, a projektek indításának engedélyezése, mérési módszerek kidolgozása, mérőprogramok készítése, műszaki rajzok készítése.

A munkahelyem fém és műanyagforgácsolással foglalkozik. Egy új projekt részeként, egy üzemén kívüli CNC marót szeretnénk ismét üzembe állítani.

A nemzetközi és a hazai szakirodalmakat áttekintve, arra a következtetésre jutottunk, hogy a feladat sikeres megvalósítása céljából a következő irodalmakat kell tanulmányozni:

- tengelyek
- csapágyak
- kenőanyagok
- arányos hidraulika és pneumatika
- villamos hajtások

Mivel a szerszámgép évekig nem volt használva, a forgó alkatrészek, tengelyek, csapágyak, erős, statikus igénybevételnek voltak kitéve, ami kárt okozhatott a szerkezetükben. A kenőanyag nem volt forgatva, így az anyagok leülepedtek, a mechanikai tulajdonságai nagy valószínűséggel már nem lesznek megfelelőek a feladatuk ellátására. A mechatronikai rendszer szűrői várhatóan eltömődtek, a rendszer elemeit ellenőrizni kell.

Egy általános gazdasági számítás után arra a következtetésre jutott a cég, hogy gazdaságosabb, a szükséges alkatrészek cseréje, mintha egy új CNC gépet vennénk.

A feladat eredményes elvégzéséhez a pneumatika beállításánál a FluidSIM szoftver használata ajánlott.

2. Cégbemutató

A Pszilosz Kft egy 100%-ig magyar tulajdonban lévő fém és műanyag megmunkálással foglalkozó családi kisvállalkozás, ami több, mint 50 éves múltat tekint vissza. 1969-ben alapították.

A cég jogelődje az id, Pszilosz György egyéni vállalkozás volt, aminek a telephelye egy IX. kerületi pince volt. Eleinte esztergálási munkákat végzett. A folyamatos munkának köszönhetően a vállalkozás fejlődött, bővült, 1985-ben egy újabb műhelyt nyitottak meg.

Jelentős változás 1996-ban történt, amikor is a vállalkozás Kft-vé alakult. Ekkor már a cég alkalmazásában állt ifj. Pszilosz György okl. Gépészmérnök is, aki később a cég tulajdonos-ügyvezető igazgatója lett. A cég telephelye ekkor már a XXI. kerületben Csepelre került. Itt már CNC gépekkel történő megmunkálás is a repertoárba került.

A cég gépparkjában megtalálhatók mind a hagyományos megmunkálást végző szerszámgépek, mind a CNC szerszámgépek.

A hagyományos gépparkban megtalálhatóak a maró, eszterga, köszörű, fűrő, vágó, véső, fűrészgépek

A CNC gépparkban olyan gépeket találunk, mint a 2-3 tengelyes CNC esztergák, ellenorsós CNC esztergák, valamint 3-4-5 tengelyes CNC marógépek. Tovább egy mérőgép is a termékek pontos bemérésére.

A Pszilosz Kft jellemző munkavállalói létszáma 15 fő.

3. Szakirodalom feldolgozása

Az első számjegyekkel vezérelt NC (Numeric Control) megmunkáló gépet az 1950-es években fejlesztették ki. Ebből fejlődtek tovább a számítógéppel támogatott NC gépek (CNC = Computer Numeric Control). A CNC gépek ma már nélkülözhetetlenek az ipar számára.

A CNC gépek fejlődéstörténetében több szempont mellett érdemes kiemelni két fontos jellemzőt:

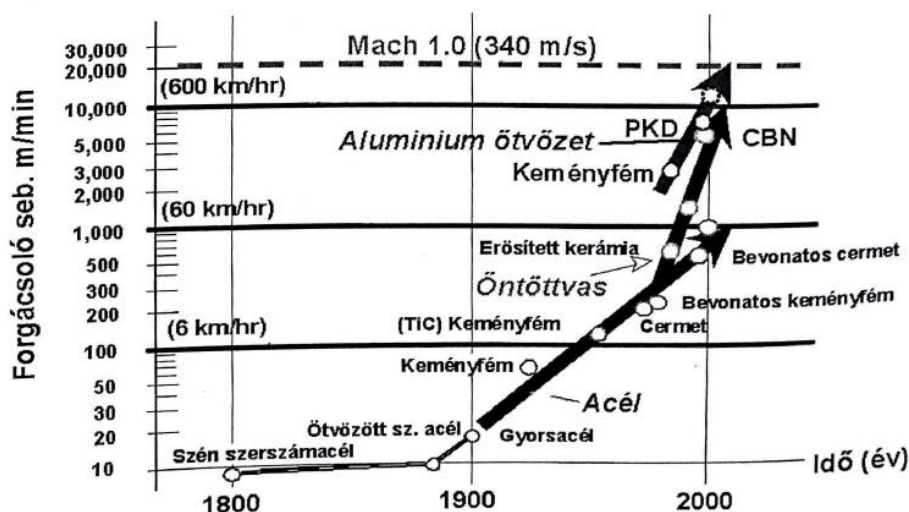
- A forgácsolási sebesség növekedése
- Megmunkálási pontosság növekedése

Ezen jellemzők nem függetlenek egymástól, szoros kapcsolatban állnak.

3.1. Forgácsolási sebesség növekedése

A forgácsolási sebesség az egyik legfontosabb technológiai jellemző. Az alkalmazandó forgácsolási sebesség felső határa alapvetően a megmunkálandó anyag minőségétől, valamint a megmunkáló szerszám teherbírásától függ. Ezen technikai jellemzőnél maga a fordulatszám kapacitás kevésbé releváns, mivel ezen technológiának a műszaki háttere már egy jó ideje adott.

Az (3.1) ábra mutatja be a forgácsolási sebesség változását az elmúlt 200 évben

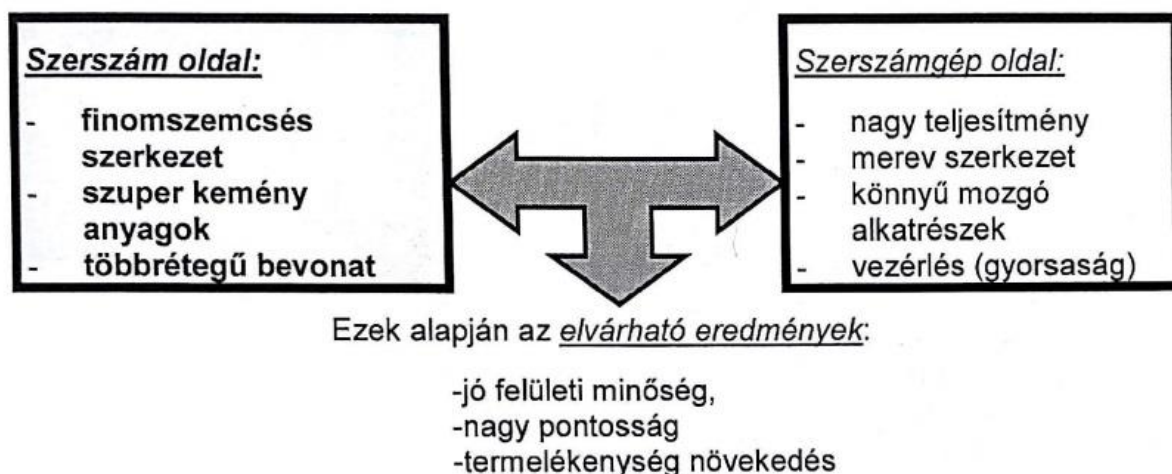


3.1. ábra A forgácsolási sebesség változása az elmúlt 200 évben; Forrás: [3]

Az ábrán jól látszik, hogy az 1900-as évekig a forgácsolási sebesség maximuma 20 m/min volt. Az 1900-1950 -es évekig a forgácsolási sebesség elérte a 100 m/min határt, ami az acélszerszámok hőterhelhetőségén alapult. Innentől elkezdett ugrásszerűen nőni és a 2000-es években elérte a 20.000 m/min fordulatszámot. Ezt a hatalmas ugrást, a forgácsolási sebesség ilyen mértékű növelését a korszerű szerszámanyagok tették lehetővé.

Érdemes megemlíteni, hogy a megmunkálásban a forgácsolási sebesség növekedett, a szerszámok terhelése nem változott számottevően. Ebből fakadóan alakultak ki a merev vázszerkezetek a megmunkáló gépekben. Forrás: [3]

A (3.2) ábrán a forgácsolási sebesség növekedéséből adódó szerszám és szerszámgép követelményeket láthatjuk



3.2. ábra Forgácsolási sebesség növekedése miatti szerszám és szerszámgép követelmények;
Forrás: [3]

Mind a forgácsolási sebesség, mind a megmunkálási pontosság növelése esetén jelentős szerepet játszanak a megfelelő megmunkáló szerszámok. Akkor jó a szerszám és alapanyag kapcsolata, ha megmunkáláskor apró forgácsok válnak le a munkadarabról. Nagyon fontos, hogy adott előgyártmányhoz, megfelelő szerszámot válasszunk. Napjainkban a HSS és a keményfém fúrók és marók játszanak szerepet a megmunkálásoknál.

A HSS (High Speed Steel) szerszám gyorsacél. A szerszámacélhoz képest 3-4-szer gyorsabb sebességű munkára képes. Ezen szerszámoknak az egyik lényeges eleme a szén. A fúrószerszámok végső tulajdonságait a vágórészen található bevonatok alakítják ki.

Leggyakrabban volfrám (W), króm (Cr), molibdén (Mo), és kobalt (Co) bevonat kerül a fűrészsírokra. Így a szerszám tulajdonságai 500-600 °C-ig megfelelőek. Ezekkel a szerszámokkal lágy fémeket, mint pl. alumíniumot lehet megmunkálni. Forrás: [2]

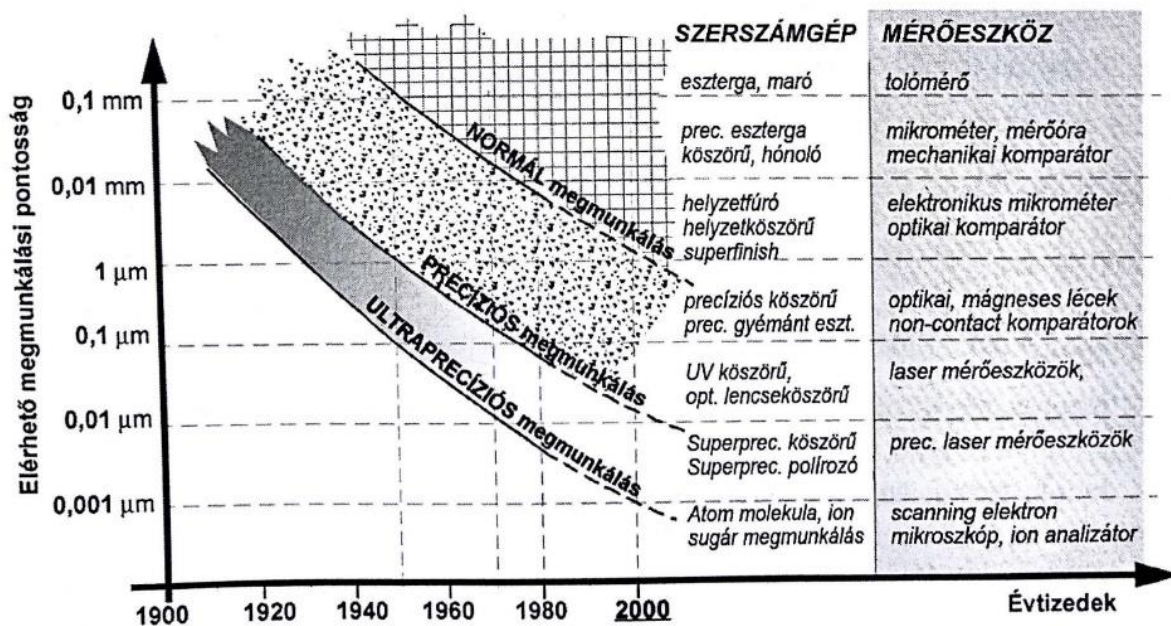
A keményfém szerszámok anyaga a HSS szerszámokkal szemben nem vas, hanem wolfram-karbid (WC), amelyet további karbidokkal (TiC, TaC) egészíthetnek ki. A kobalt az összekötő elem lesz. Ez a szerszámtípus nagyobb nyomószilárdsággal rendelkezik, keményebb, kopásállóbb, ellenben ridegebb, törékenyebb, mint a HSS, hajlítási szilárdsága kisebb.

A szerszám minőségét, tulajdonságait az összetevők aránya befolyásolja. Több kobalt nagyobb szívósságot és kisebb keménységet ad. Forrás: [1,2,3,27,28,29,30,31,32,38]

3.2. Megmunkálási pontosság növekedése

A technológiák fejlődése magával hozta a megmunkálási pontosság növekedését, az egyre bonyolultabb alkatrészek, egyre finomabb megmunkálását.

A (3.3)-as ábrán a technológiai fejlődéssel elérhető megmunkálási pontosságok láthatók különböző technológiák esetén



3.3. ábra Megmunkálási pontosság növekedése különböző technológiák esetén; Forrás: [3]

Az ábrán jól látható, hogy az 1950-es években a normál megmunkálás a 0,1 mm pontosságot jelentette. Precíziós megmunkálásnál elérhető volt a 0,001 mm-es pontosság is. A 2000-es évektől kezdve a pontosság jelentősen nőtt, ma már általánosnak tekinthető az 1 µm-es (0,001) pontosság. A mai CNC ipar mindennapjai közé tartozik a túrt furatok készítése, ami pl. egy 6H7-es furat esetén 0 és +0,012 mm között kell lennie az adott átmérőnek. Napjaink precíziós és ultraprecíziós megmunkálása a 0,1 µm és a 0,01 µm tartományokban mozog.

A nagy megmunkálási pontosság a következő követelményeket támasztja a megmunkáló gépekkel szemben:

- nagy sebesség
- különleges ágyazások
- merev szerkezet
- nagy memóriaszerkezet és hardversebesség
- nagy pontosságú mérőrendszer és vezérlés Forrás: [3,4,27,28,29,30,31,32,33,38]

3.3. A korszerű szerszámgépek fajtái

Amikor CNC gépekről beszélünk, alapvetően 2 fő típust különböztetünk meg:

- CNC eszterga
- CNC maró

3.3.1. CNC eszterga

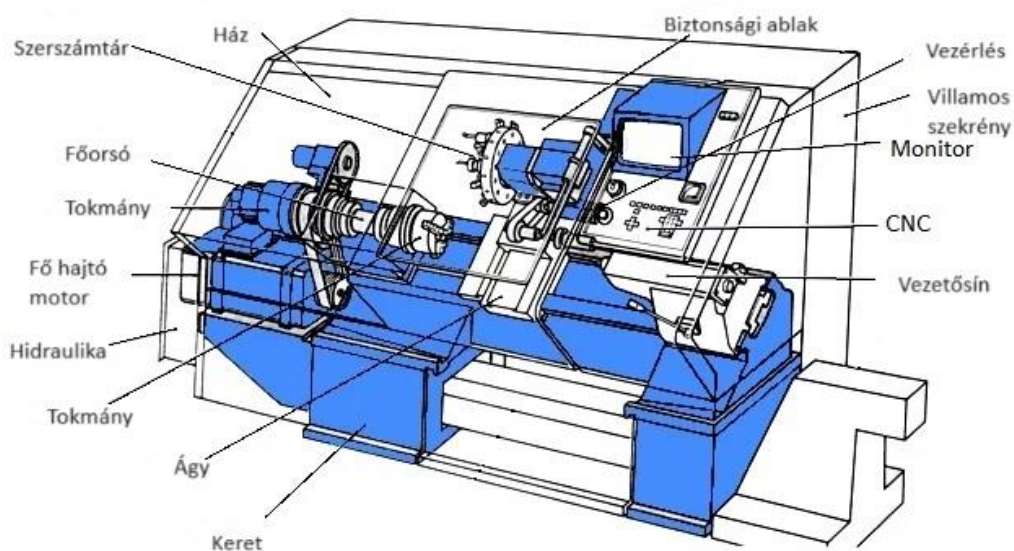
A CNC eszterga központoknál a tengelyek száma szerint megkülönböztetünk hajtott szerszámos 2 tengelyes (X; Z), valamint hajtott szerszámos 3 tengelyes (X; Z; Y) megmunkáló gépeket.

A **2 tengelyes** hajtott szerszámos CNC gép, egy hagyományos esztergának feleltethető meg. A rúdanyagokat előről adagoljuk, szükség szerint szegnyereggel támasztjuk meg a megmunkálni kívánt darabot. A (3.4) ábrán egy 2 tengelyes CNC eszterga látható



3.4. ábra 2 tengelyes CNC eszterga; Forrás: [8]

A **3 tengelyes** hajtott szerszámos CNC gép annyiban különbözik a 2 tengelyestől, hogy itt található egy Y tengely is, amivel a megmunkálandó darab palást felületén alakíthatunk ki furatokat, hornyokat, valamint egyéb felületeket. Az (3.5). ábrán egy 3 tengelyes CNC eszterga látható

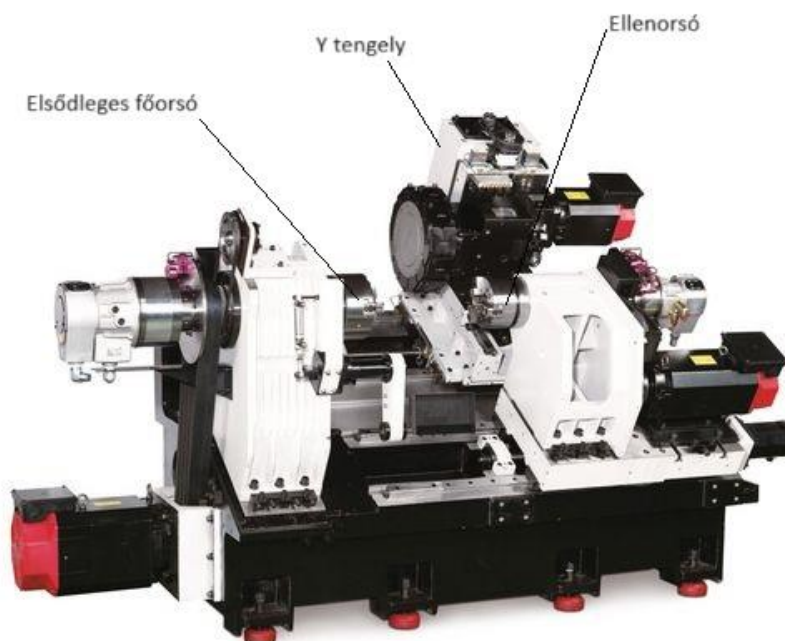


3.5. ábra: 3 tengelyes CNC eszterga; Forrás: [9]

Megmunkálás szempontjából megkülönböztetünk hajtott szerszámos elől adagolós, valamint hajtott szerszámos ellenorsós CNC esztergákat. Az előbbi megegyezik a 4. ábrán látható konstrukcióval.

A hajtott szerszámos, **ellenorsós eszterga** gépeket olyankor alkalmazzuk, amikor a termék mindkét oldalán találhatóak furatok és ezek egytengelyűségét biztosítani kell. Ilyenkor a megmunkálás egy felfogásban történik, amint az első rész elkészült, az ellenorsó előáll, átveszi a terméket, majd a megmunkálás a másik oldallal folytatódik.

A (3.6). ábrán egy ellenorsós eszterga elvi konstrukciója látható



3.6. ábra Ellenorsós CNC eszterga elvi konstrukciója; Forrás: [10]

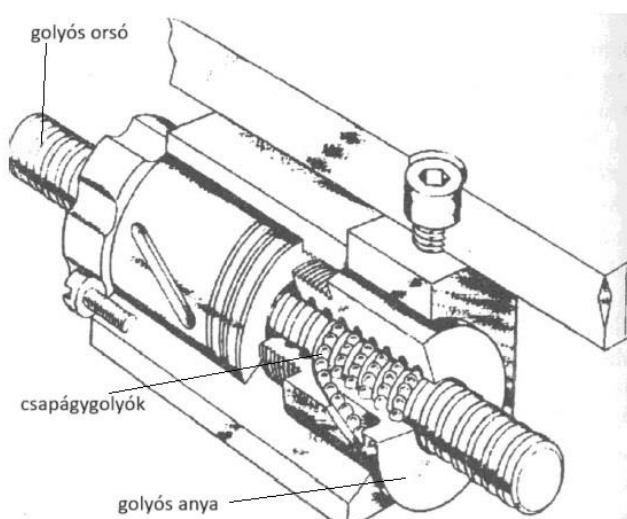
A CNC eszterga működési elve, hogy a főorsó a rúdanyagok pörgeti meg, míg a megmunkáló szerszám nem végez forgó mozgást, a szerszámtár csak előtolást végez és fogásmélységet végez.

Ez a 3 tengelyes esztergaközpont annyiban kivétel, hogy ott az Y tengely végez forgómozgást is, a palást megmunkáláshoz szükséges maró szerszámokat ez a tengely hajtja meg.

CNC esztergaközpont meghajtása

A CNC esztergák szerszámainak előtolását lineáris szánokkal oldják meg, amely egy golyósorsó-golyós anya párhoz kapcsolódik. A meghajtás szervó motorral történik, ami forgómozgásra készíti a golyósorsót, még a rácsatlakoztatott golyós anya a forgómozgást lineáris mozgássá alakítja át.

A (3.7). ábrán egy gördülőorsó-anya pár sematikus rajza látható



Gördülőorsó-anya pár

3.7. ábra Gördülő orsó-anya pár; Forrás: [11]

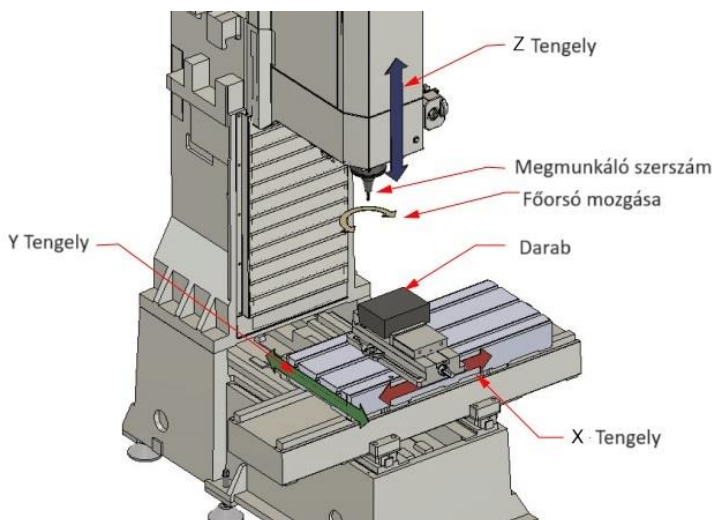
3.3.2. CNC maró

A CNC marók egyik legfőbb jellemzője, hogy míg az eszterga vízszintes megmunkálást végez, és a munkadarab forog, addig a marógépek esetén, a megmunkálást végző szerszám függőlegesen helyzetben van és végez forgómozgást, valamint a fogásvételhez függőleges irányú mozgást.

Maga a munkadarab az asztalhoz van rögzítve, nyugalmi helyzetben van, az asztal és a szerszám végzi a különböző mozgásokat.

Tengelyek száma szerint megkülönböztetünk 3; 4 és 5 tengelyes gépeket

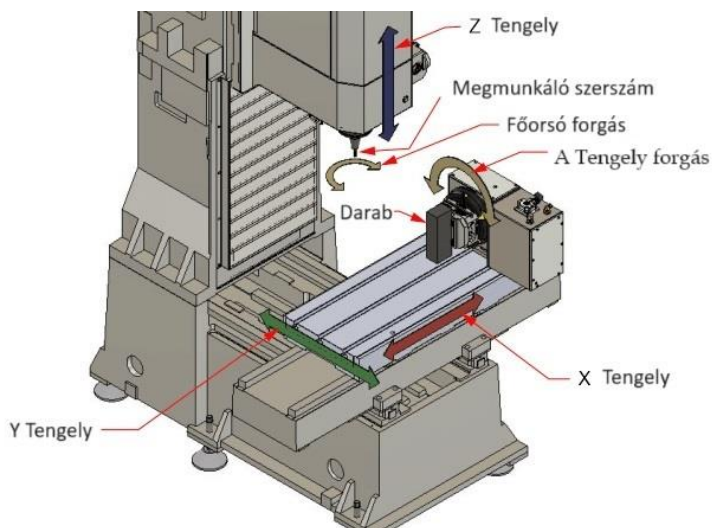
Alap konstrukcióban **3 tengelyes** marógép esetén a fő mozgásirányokat a (3.8). ábra mutatja.



3.8. ábra 3 Tengelyes marógép; Forrás: [4]

Ahogy az ábrán is látható, alap konstrukcióban, az asztal végzi az X és Y irányú mozgásokat, a főorsó pedig a Z irányú mozgást, valamint a forgómozgást.

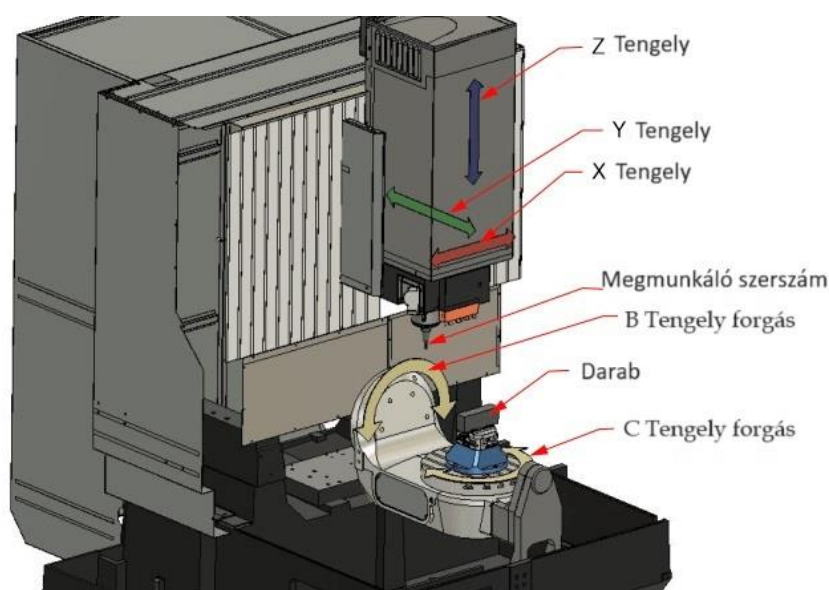
A **4 tengelyes** marógépek a marógépek egyel fejlettebb konstrukciói. A 3 tengelyes megoldáshoz képest is egy plusz forgómozgást megvalósító „A” tengely is található az X tengelyre szerelve. A (3.9). ábrán látható a 4 tengelyes marógép konstrukciós megoldása.



3.9. ábra 4 Tengelyes marógép; Forrás: [4]

4 tengelyes marógépekkel bonyolultabb alkatrészek gyártását lehet megvalósítani kevesebb megfogással és plusz készülék használata nélkül.

Az **5 tengelyes** marógépek kategóriájuk legfejlettebb gépei. Az alap 3 tengelyen kívül, két plusz forgó mozgást végző tengely is B és C tengelyek is megtalálhatóak. A (3.10). ábrán egy 5 tengelyes marógép konstrukciója látható.



3.10. ábra 5 tengelyes marógép; Forrás: [4]

Ahogy az ábrán is látható, az 5 tengelyes marógépnek a konstrukciója eltér a 3 illetve 4 tengelyes megmunkáló gépektől. Ennél a megoldásnál körasztalon történik a nyersanyag megfogása, az asztal körmozgást és billenő mozgást is végez. A főorsó végzi az X; Y; Z irányú mozgásokat.

Az 5 tengelyes szerszámgépekkel különösen pontos megmunkálást lehet megvalósítani. Hatalmas előnye, hogy egy megfogással és a munkadarab forgatásával sok műveletet lehet megvalósítani, nem kell a darabot kivenni a gépből és újabb megfogásokkal rögzíteni.
Forrás:[5]

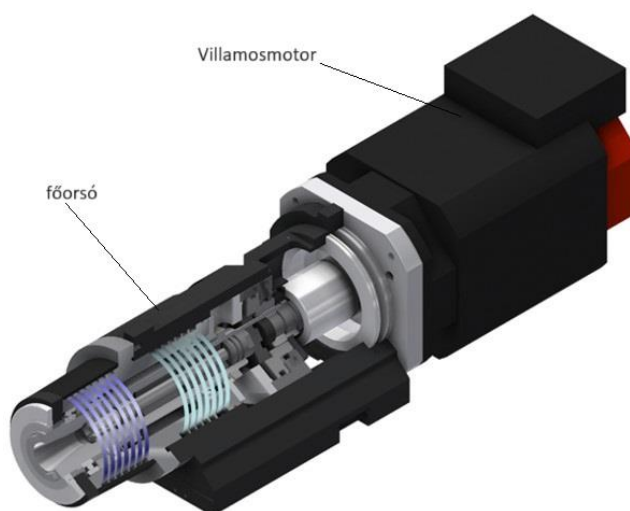
A főorsó meghajtása:

A CNC gépek főorsójának meghajtása AC aszinkron géppel vagy DC szinkron géppel történik.

A főorsó és a meghajtó villamosmotor elrendezésének két leggyakoribb módja:

- Direkt hajtással
- ékszíjjal, vagy hosszboardás szíjjal

A (3.11). ábrán látható direkt hajtásnál villamosmotor és a főorsó tengely egy tengelyen helyezkedik el. Ezt a megoldást alapvetően CNC maróknál, valamint ellenorsós CNC esztergák ellenorsójának meghajtására használják.



3.11. ábra Főorsó direkt hajtás; Forrás: [5]

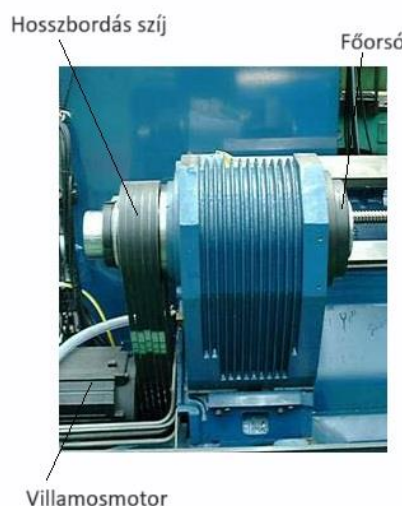
A direkt hajtás előnyei:

- hogy a kiküszöböli a különböző hajtásrendszerek hibáit
- hogy a villamosmotor által leadott fordulatszámot a rendszer áttudja vinni a szerszámra
- mivel nincs közvetítő elem, így magasabb fordulatszámot lehet elérni

A direkt hajtás hátrányai:

- mivel egy hosszú szerkezeti egységet alkot, így nagy terhelés hatására kihajolhat, így növelheti az excentricitást
- ütközések esetén a főorsó motorja is sérülhet
- a motor melegedése által az egész szerkezet hőtágulást szenved el, emiatt fokozottan figyelni kell a megfelelő hűtésre [5]

A (3.12). ábrán látható a szíjhajtásos megoldás. Ezt jellemzően CNC esztergagépeknél használják.



3.12. ábra Főorsó meghajtása szíjhajtással; Forrás: [5]

A szíjhajtás előnyei:

- A főorsó tengelyt és a főorsó motort csak a szíj köti össze, ezáltal főorsó tengely tehetetlenségére a hajtó motor kevésbé érzékeny
- Excentricitásra kevésbé érzékeny
- Ez a megoldás a hőhatásra kevésbé érzékeny
- Ütközés esetén a meghajót motor nem sérül

A szíjhajtás hátrányai:

- A szíj mozgásából fakadóan erőteljes hajlításnak van kitéve, ami egy idő után a szíj szakadásához vezet

-
- Alacsonyabb fordulatszám érhető el vele, mint a direkt hajtással. Egy ilyen konstrukciónál az átlagos fordulatszám 8000 fordulat/perc. Ez esetleg 12000 fordulat/percig növelhető Forrás: [5,29,30,32,33,34,35,38]

3.4. Kenőanyagok

Minden mozgó alkatrész mozgásának elősegítéséhez szükség van kenőanyag használatára. A kenőanyag a mozgó és álló felület között helyezkedik el, csökkenti a felületek közötti súrlódást.

Az egymással érintkező felületek között a következő súrlódási állapotokat különböztetjük meg:

- száraz súrlódás
- folyadéksúrlódás
- vegyes súrlódás
- határréteg súrlódás
- az előző esetek kombinációja

3.4.1. Kenési állapotok

- Határ kenésállapot

Ha a kenőanyag borítja a súrlódó felületeket, folyadékkenés viszont nem tud kialakulni, olyankor az érintkezési felületen a súrlódás a hozzátapadó kenőanyagrétegek közötti kölcsönhatás következtében alakul ki. Ezt nevezzük határ kenésállapotnak.

Ekkor a legfőbb jellemzők a kötési szilárdság, valamint a tapadóképesség.

- Folyadék kenésállapot

Amikor a kenőanyag teljesen elválasztja egymástól a súrlódó felületeket, olyankor folyadék kenésállapotról beszélünk. Ilyenkor a folyadék belsejében kialakuló nyírásból származik a súrlódási ellenállás.

Ez a kenésállapot a legoptimálisabb, ilyenkor a kopás elhanyagolható. A teherbírás nagysága a kenőfilmben kialakuló nyomás, valamint a terhelt felület nagyságától függ.

Folyadék kenésállapot Hidrosztatikai vagy hidrodinamikai hatással alakítható ki. Hidrosztatikus szerkezetben külső energiaforrás vagy tápegység segítségével alakítjuk ki a megfelelő vastagságú kenőanyagréteget és a terheléshez szükséges nyomást.

Hidrodinamikai kenésnél a mozgó súrlódó felületek egy adott fordulatszám felett automatikusan szállítják a megfelelő zónába a kenőanyagot. Így jön létre a folyadéksúrlódás, valamint a megfelelő nyomás

- Vegyes kenésállapot

Akkor beszélünk vegyes kenésállapotról, ha a felületek elválasztásához szükséges kenőfilm vastagsága nem megfelelő, így helyenként szilárdtest érintkezés alakul ki, így azonos időben egyszerre áll fent határkenés és folyadékkenés állapot is.

3.4.2. Kenőanyagok fajtái

A kenőanyagok: kenőzsírok vagy kenőolajok, állati, növényi vagy ásványi eredetűek lehetnek.

- Kenőolajok:

A csapágyciklus kenése szempontjából az ásványi eredetű kenőolajok a legfontosabb, leginkább alkalmazott kenőanyagok.

A kenőolajokkal szembeni legfontosabb követelmények:

- megfelelő viszkozitás
- alacsony dermedéspont
- jó tapadóképeség
- nyomás állóság
- magas viszkozitási index
- magas fokú tisztaság
- emulziót ne képezzen
- tűzállóság
- stabil szerkezet

-
- gépelemeket ne károsítsa
 - ellenálló legyen az oxidációval és egyéb vegyi hatásokkal szemben
 - korrózióvédő hatás
 - kis habzási hajlam

A kenőolajok felhasználási területüktől függően lehetnek:

- Gépolajok
- Kompresszorolajok
- Motorolajok
- Turbinaolajok
- Műszerolajok
- Szilikonolajok
- Aktivált kenőolajok

A kenőolajokhoz különféle adalékanyagokat adhatnak, hogy ezáltal javítsák a kenőanyag tulajdonságait. Ilyen adalékanyagok lehetnek:

- dermedési pont csökkentők
- korrózió gátlók
- kopáscsökkentők
- viszkozitás módosítók
- súrlódáscsökkentők
- demulgeátorok
- detergensdiszpergálók
- oxidáció gátlók
- habzás gátlók
- demulgeátorok
- nagynyomás állók
- kopás csökkentők

- Kenőzsírok:

Kenőzsírok előállításánál különböző minőségű ásványolajokhoz, különböző bázisú fémszappanokat kevernek. Az olaj biztosítja a megfelelő kenőképességet, a szappantartalom a zsír keménységéért és tapadóképességéért felel.

A kenőzsírok bázisa lehet:

- mész
- lítium
- alumínium
- nátrium

A kenőzsírok egy fontos tulajdonsága a konzisztencia (minőség tartóssága). Egy adott hőmérséklet alatt a viszkozitás nő, ezáltal a konzisztenciától függő τ_0 csúsztató feszültség szükséges, hogy a rétegek egymáson elcsúszhassanak.

Ennek meghatározásához a vizsgálandó zsírba 5 másodpercen keresztül adott súllyal egy kúpos felületet nyomnak. A keresett érték a penetráció, a benyomódás mélységének tizedmilliméterben kifejezett értéke.

A bárium és az alumínium zsírok igen lágyak, a cseppenéspontjuk alacsony. A legoptimálisabb a lítiumzsír, amelynek jó a tapadóképessége, a hőállósága és vízálló.

A kenőzsírokkal tiszta folyadéksúrlódást nem lehet megvalósítani. Viszont a következő esetekben jól alkalmazható:

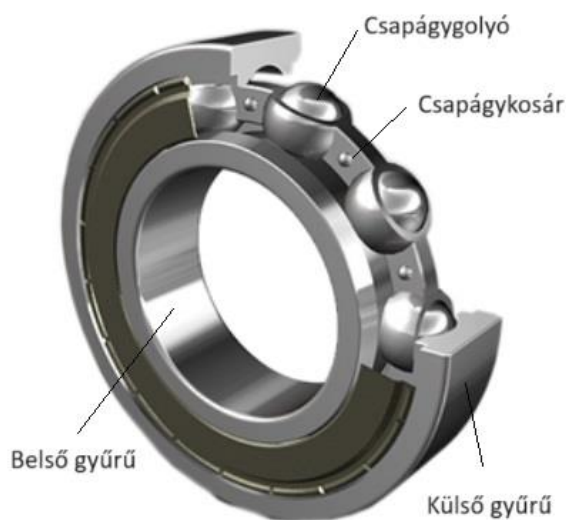
- egyszerű csapágszerkezeteknél, gördülőcsapágyaknál
- ahol olajkenés nem lehetséges
- kis kerületi sebesség és nagy fajlagos csapágyterhelés esetén
- nedvességnek, pornak kitett csapágyaknál, ahol kis fordulatszám van és a zsír porvédelem miatt is jó

A zsírkenés hátránya, hogy nehezen megvalósítható az automatikus önkenés, az után sajtolás a szűk csapágyhézagban különösen nehéz. A hőátadása lényegesen rosszabb, mint az olajkenésé, előfordulhat, hogy a zsírt kevesebb üzemidő után újra kell adagolni.

3.4.3. Gördülőcsapágyak kenése

Két féle csapágyazást különböztetünk meg. Siklócsapágyat és a gördülőcsapágyat. Az iparban és így a CNC gépeknél is, a nagy terhelés, illetve a magas fordulatszám miatt gördülőcsapágyakat használnak. Nagyon sokféle gördülőcsapágy létezik.

A (3.13). ábrán az egyik leggyakrabban alkalmazott mélyhornyú golyóscsapágyat láthatjuk.



3.13. ábra Mélyhornyú golyóscsapágy; Forrás: [12]

A csapágykenés feladat, a kopás és a súrlódás csökkentése, valamint a melegedés csökkentése, illetve a korrózióvédelem.

A megfelelő kenőanyag kiválasztásánál a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- fordulatszám
- csapágyterhelés
- csapágyméret
- szennyeződés
- üzemi hőmérséklet
- konstrukciós szempontok

Zsírkenés:

Kálciumszappanos zsírok mechanikai stabilitása jó, vízben nem oldódnak, alacsony hőmérsékleten (-50 °C...+60 °C) közepes fordulatszámig, kis terhelés mellett érdemes őket használni.

Nátriumszappanos zsíroknak jó a tapadási és a tömítő tulajdonságuk, ellenben vízben oldódnak. Magasabb hőmérsékleten (-50 °C...+120 °C) száraz helyen alkalmazhatók.

Lítiumszappanos zsírok tapadóképesége jó, mechanikai tulajdonságai magasabb hőmérsékleten is megfelelőek, vízben való oldhatóságuk elhanyagolható. Ezt a fajta kenőzsírt használják a legtöbb területen (-50 °C...+120 °C) hőmérséklet határok között.

Szintetikus zsírok összetétele szintetikus kenőolaj, valamint fémszappan, alumínium szilikát, vagy teflon sűrítőanyagként. Oxidációjuk lényegesen lassabb, mint az többi zsír, ezért szélesebb körben is használják. A kenőképességük jó, szélesebb hőmérséklet tartományban használhatóak. (-70 °C...+150 °C).

A kenőzsírokhöz további adalékanyagokat adva, tovább javíthatóak a tulajdonságaik:

- rozsdásodásgátló szerrel a fémszerkezetet védelmét növelik
- nagy nyomásállóságú adalékkal a kenőanyag teherbíró képessége növelhető
- oxidáció gátlószerrel a kenőzsír a magas hőmérséklettel szemben válik védetté

A csapágyakba feltöltött zsír mennyisége vagy elegendő a csapágy élettartama végéig, vagy után kell tölteni.

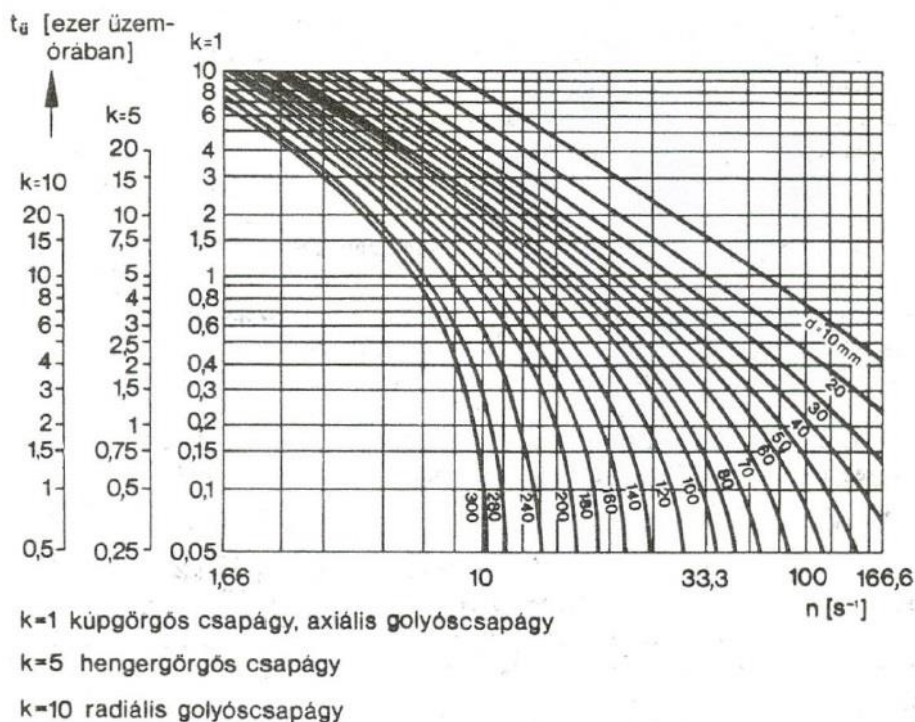
Az utánkenésnél szükséges zsírmennyiség meghatározásához a következő képletet használjuk:

$$G = 0,005 \cdot D \cdot B \text{ [g]}$$

ahol:

- G: a szükséges zsírmennyiség [g]
- D: a csapágy külső átmérője [mm]
- B: a csapágy gyűrűszélessége [mm]

Az utánkenéshez szükséges zsírmennyiség diagramból is meghatározható. A (3.14). ábrán különböző görgőscsapágyak utánkenési diagramját láthatjuk.



3.14. ábra Csapágy utánkenési diagram; Forrás: [6]

ahol:

k : csapágytípustól függő tényező

n : fordulatszám

d : furat átmérő

Olajkenés:

Olajkenést jellemzően magas fordulatszámnál és nagy üzemi hőmérsékletnél alkalmaznak kis súrlódási igénynél és olyan szerkezetek esetében, ahol a csapágyon kívül más gépelemet is kenni kell.

A legjellemzőbb olajkenési megoldások:

- merülő
- szóróolajos
- olajfürdős
- cirkulációs
- friss olajbevezetés

A kenőolajok vagy ásványi eredetűek, vagy szintetikusak. A görgőscsapágyak legjellemzőbb kenőolajai az ásványi olajok, amelyek paraffint, naftént vagy a kettő kombinációját tartalmazzák. A leggyakrabban alkalmazott kenőolaj az erősen finomított paraffinolaj.

A szintetikus olajokat alapvetően ritkán használják, azonban túl alacsony vagy túl magas üzemi hőmérsékletnél, valamint nagy terhelésnél elengedhetetlenek.

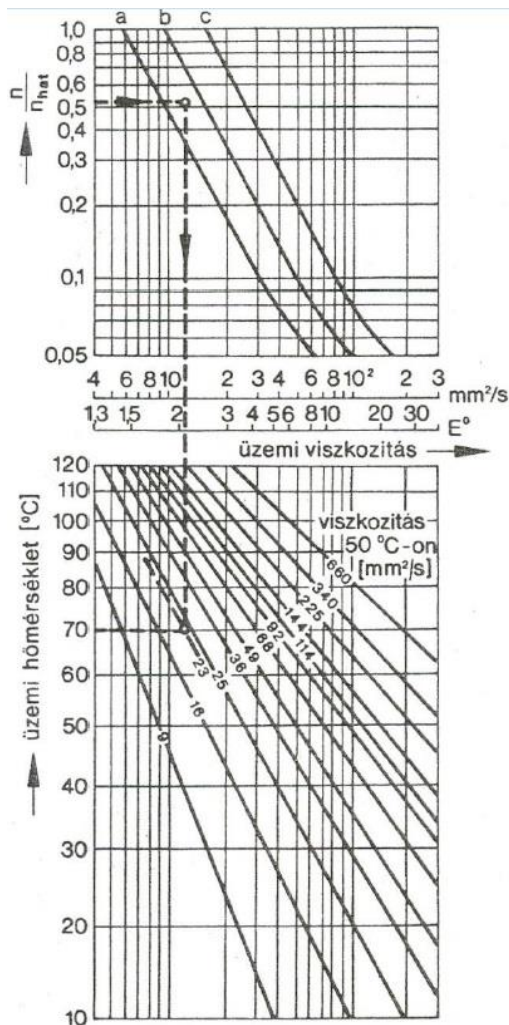
A kenőolajak kiválasztásának legfőbb szempontjai:

- terhelés
- hőmérséklet
- fordulatszám
- használati időtartam

A kenőolajakat, a kenőzsírokhoz hasonlóan adalékanyagokkal javíthatják. A legjellemzőbb javítási módok:

- oxidációt gátló
- rozsdásodást gátló
- kopást csökkentő
- nyomásállóságot növelő
- habzástgátló

A (3.15). ábrán látható diagram segítségével lehet meghatározni a megfelelő kenőolaj kiválasztását.



3.15. ábra Kenőolaj viszkozitás meghatározása; Forrás: [6]

Az adott üzemviszonyhoz szükséges kenőolaj-viszkozitás alapján kell kenőolajat választani. A kiválasztott csapágytípusnál az $n/n_{\text{határ}}$ szem előtt tartásával az alsó ábra segítségével a megfelelő viszkozitási érték tetszőleges hőmérsékletre átszámítható.

A diagramban felhasznált betűk értelmezése:

a görbe: mélyhornyú, hengergörgős és beálló golyóscsapágy

b görbe: beálló golyóscsapágy, mélyhornyú golyóscsapágy axiális terhelésre, kúpgörgős csapágy radiális terhelésre

c görbe: axiális golyóscsapágy és kúpgörgős csapágy axiális terhelésre

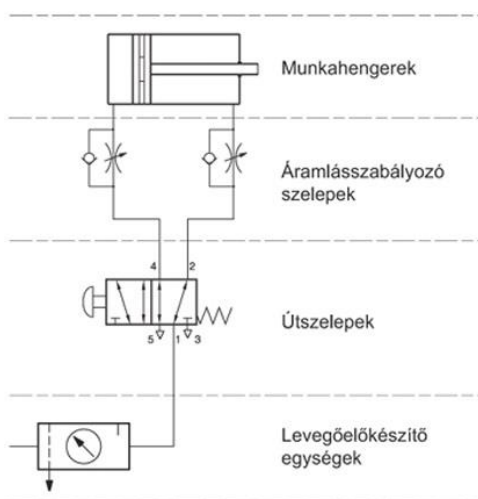
a-b mező: beálló golyóscsapágy, mélyhornyú golyóscsapágy összetett terhelésre

b-c mező: kúpgörgős csapágy összetett terhelésre Forrás: [6,36,37,40]

3.5. Hidraulikai, Pneumatikai egység

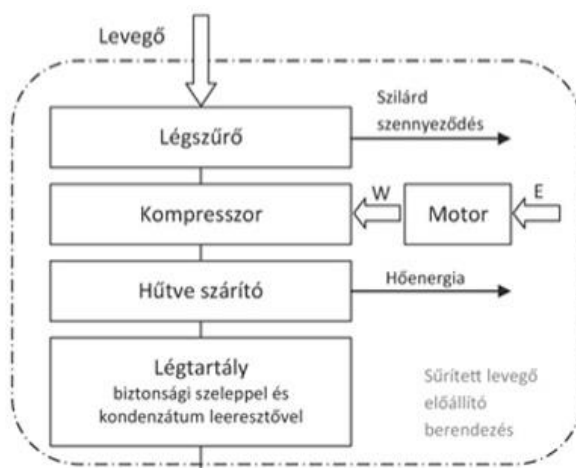
A szerszámgépekben az egyes szerkezeti egységek mozgására, a megmunkálandó darab megfogására hidraulikus vagy pneumatikus rendszert alkalmaznak. A pneumatikus és hidraulikus rendszerekben valamilyen közeg (pneumatika = sűrített levegő; hidraulika = hidraulika olaj) mozgási energiáját alakítjuk át mechanikai energiává. A felújítandó CNC marógép szerszámcsereelő rendszere pneumatikus rásegítéssel működik.

A pneumatikai rendszer általános felépítése az 5.20-as ábrán látható módon épül fel:



3.16. ábra Pneumatikus rendszer általános felépítése; Forrás: [15]

A sűrített levegő előkészítő egység sematikus felépítése:



3.17. ábra Sűrített levegőt előállító egység elvi felépítése; Forrás: [15]

Légszűrő:

A kompresszor szívóágában helyezkedik el. Feladata, hogy megakadályozza a környezetből beszívott levegőben lévő szennyeződések bejutását a kompresszorba.

Kompresszor:

Feladata, hogy megfelelő mennyiségű és nyomású sűrített levegőt állítson elő a rendszernek. A meghajtó motorban kialakult mechanikai munka a kompresszoron keresztül adódik át a sűrített levegőnek.

Hűtve szárító:

A kompresszorok a környezeti levegő nedvességtartalmának nagy részét a sűrítés utáni hűtés során különítik el, mely víz formájában jelenik meg a sűrített levegőben. Víz semmilyen formában nem lehet jelen a pneumatikus rendszerekben. A hűtve szárító berendezés gyors lehűtéssel kondenzálja és eltávolítja a vizet a levegőből. Emellett alkalmazzák az adszorpciós szárítót is, amely speciális anyag segítségével köti meg a levegő nedvességtartalmát.

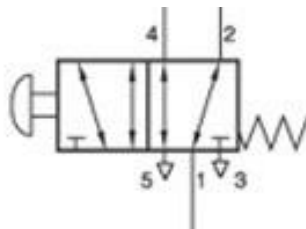
Légtartály:

A légtartály arra szolgál, hogy ideiglenesen tárolja a sűrített levegőt, így biztosítva az időszakosan megnövekedett levegőszükséglet kielégítését a pneumatikus berendezések számára. A légtartályban található kondenzátum-leeresztő szelep manuálisan vagy automatikusan szabályozza a tartályban esetlegesen felgyülemllett kondenzvizet, hogy fenntartsa a rendszer hatékony működését.

Útszelepek:

Az útszelepekkel tudjuk az áramló közeg útját szabályozni. Az útszelepeket egymásután rajzolt négyzetekkel jelöljük. A négyzetek száma megadja a szelep lehetséges működési helyzeteinek a számát, a négyzetekbe rajzolt nyilak az átfolyási irányokat mutatják. A vonalak azt mutatják meg, hogy a különböző működési helyzetekben a csatornák, hogyan vannak egymással összekötve. A csatlakozások jelölését vagy betűkkel P, T, A, B, L, vagy számokkal 1,2,3,4... jelölik. Az útszelepek helyes jelölésekor elsőként a csatornák számát adjuk meg, utána a működési helyzetek számát.

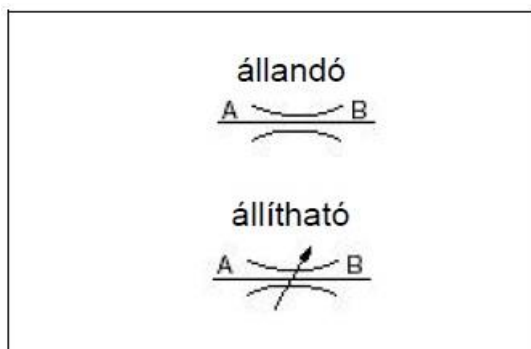
Ezek alapján az (5.22) ábrán látható útszelep egy nyomógombos, rugó visszahúzásos 5/2-es útszelep. Forrás: [14]



3.18. ábra Gombnyomásos, rugóvisszahúzásos 5/2-es pneumatikus szelep Forrás: [14]

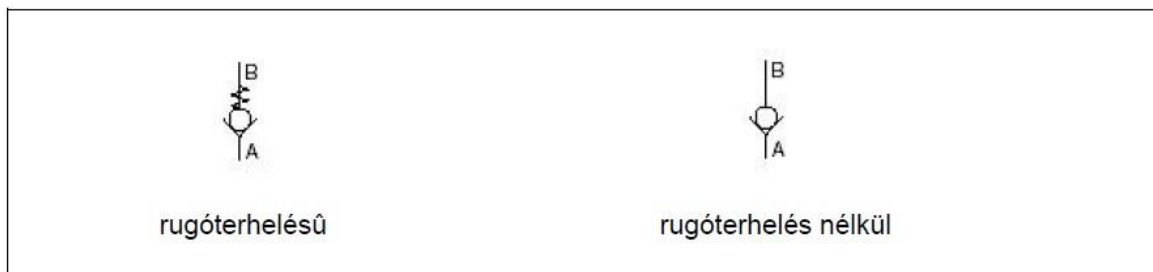
Áramlásszabályozó szelepek:

Az áramló közeg sebességét, irányát, nyomását szabályozzák. Egyik fajtája a fojtó, amely az áramlás sebességét szabályozza, lehet állandó vagy állítható fojtó.



3.19. ábra Fojtó; Forrás: [15]

Másik fajtája a visszacsapó szelep, amely az áramlást csak egy irányban engedi. Lehet rugós vagy rugó nélküli. A nyíl iránya a zárás irányát jelzi

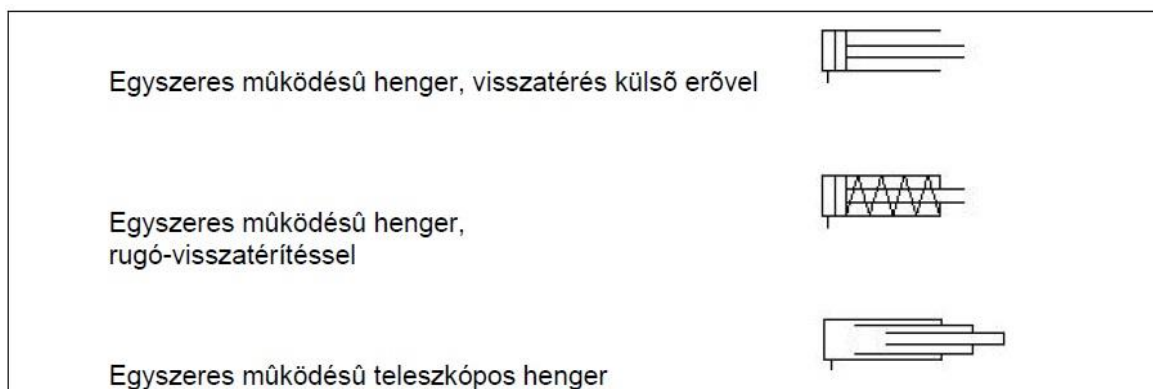


3.20. ábra Visszacsapó szelep Forrás: [15]

Munkahenger:

Mind a pneumatikában, mind a hidraulikában az áramló közeggel a munkahengerekre hatunk. Maga az eszköz van hozzacsatolva ahhoz az alkatrészhez, amit az adott rendszerrel mozgatni kívánunk.

Csatlakozó nyílás száma alapján megkülönböztetünk egyszeres és kettős működésű munkahengereket. Forrás: [15]



3.21. ábra Egyszeres működésű munkahenger; Forrás: [15]



3.22. ábra Kettős működésű munkahenger; Forrás: [15]

4. Probléma bemutatása

A Pszilosz Kft.-nél egy a (4.1). ábrán látható EMCO típusú 3 tengelyes CNC marógép van üzemben kívül helyezve.



4.1. ábra 3 tengelyes EMCO típusú CNC maró; Forrás: [13]

Egy próbajáratás és próba megmunkálás során a következőket tapasztaltuk:

- Az asztal és a főorsó mozgása lassú, nem egyenletes.
- A megmunkáló gép kimondottan zajos.
- A szerszámváltás nem gördülékeny, lassú.
- A szerszám fordulatszám felvétele lassú, és nem is éri el a megfelelő szintet.
- A szerszám fordulatszáma nem egyenletes.
- A gép se tűrt átmérőt, se tűrt pozíciót nem tud tartani.

A tapasztaltak alapján a következő megállapításokat hoztuk:

- Az X, Y, Z tengelyeket cserélni kell, különös tekintettel a golyósorsó-golyósanya minőségére.
- A tengelyek csapágyazását cserélni kell, érdemes magasabb üzemóra számban gondolkodni.
- Mivel pontatlan volt a pozicionálás, így a szervó motorokat cserélni kell. Érdemes lehet nagyobb leadott nyomatékú motort választani.
- Mivel a dolgozó szerszám nem tud megfelelő fordulatszámon dolgozni, így a főorsó AC aszinkron motorját cserélni kell.
- Kenőanyagok cseréje.
- A szerszám csere bizonytalansága miatt a pneumatikai rendszert felül kell vizsgálni.
- Az összes illesztést, tömítést átnézni, szükség esetén a tömítéseket cserélni.

Mint, ahogy a fentebb felsorolt jelenségekből látható, a várakozásainknak megfelelően a CNC maró gép jelen állapotában nem alkalmas megmunkálásra. A szükséges cserék után, a szerszámgép ismét üzemképes lesz.

A pneumatikát FluisSIM-el szeretném beállítani, hogy az alkatrészek mozgása megfelelő legyen.

5. Szerszámgép felújítása

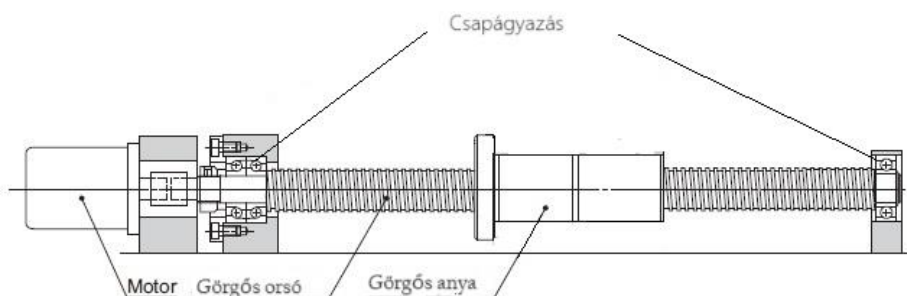
5.1. A megmunkáló gép bemutatása

Az EMCO VMC 300 típusú CNC marógép a Pszilosz Kft egyik legelső CNC gépe. A legnagyobb méretű megmunkálható nyersanyag 400 x 300 mm alapterületű. Vas, alumínium és műanyag megmunkálására egyaránt alkalmas. A főorsó maximális fordulatszáma 8000 fordulat/perc, maximális nyomatéka 78 Nm. A szerszámtár forgótáras, kétkarú szerszámcsereelővel. A szerszámtár 12 férőhelyes. Az eredeti állapotában maximálisan 8000 fordulat/perc-es sebességtartományra volt képes.

5.2. A meghajtás felújítása

5.2.1. Golyósorsó, golyós anya

A hajtások általános felépítése a (5.1). ábrán látható



5.1. ábra Hajtások általános felépítése; Forrás: [17]

Ahogy az ábrán is látható, alapvetően 4 elemből épül fel a meghajtás. Ezek a villamosmotor, a görgős orsó a görgős anyával, valamint a csapágyazások.

A megfelelő alkatrészek kiválasztását a golyósorsó-golyósanya párral kezdem, a régi villamos motor értékeinek felhasználásával. Második lépésben a golyósorsó csapágyazását választom ki, majd végül a villamos hajtást vizsgálom felül. A megfelelő alkatrészek kiválasztásához gépkönyvi adatokat, valamint általam mért adatokat használok fel. Először az asztal mozgatásához szükséges X és Y tengelyek golyósorsóit és golyósanyáit választom ki, utána a

főorsó hoz tartozó elemeket. A golyósorsókat két féle módon lehet előállítani. Hidegen hengereléssel, illetve forgácsolással. Az előbbi a jellemzőbb.

Asztal tömege: $m_1 = 75,5 \text{ kg}$ *	Biztonsági tényező: $f_s = 3$
Max össztömeg: $m_2 = 150 \text{ kg}$	Pozicionálási pontosság ismétlése: $0,002 \text{ mm}$
Löket hossz: $l_s = 420 \text{ mm}$ X tengely	Minimális előtolás mértéke: $s = 0,01 \text{ mm/min}$
Löket hossz: $l_s = 330 \text{ mm}$ Y tengely	Tervezett élettartam: $31\,500 \text{ üzemóra}$ *
Maximum sebesség: $V_{\max} = 1 \text{ m/s}$	Meghajtó motor: AC szervómotor fordulatszáma: $n = 5000 \text{ 1/min}$
Gyorsulási idő: $t_1 = 0,15 \text{ sec}$	Motor tehetetlenségi nyomatéka: $J_m = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Lassulási idő: $t_2 = 0,15 \text{ sec}$	Vezető felület súrlódási tényezője: $\mu = 0,003$
Holtjáték: $0,1 \text{ mm}$	Vezető felületi ellenállás: $f = 15 \text{ N}$
Pozicionálási pontosság: $0,004 \text{ mm} / 300 \text{ mm}$	Futás sebessége 70%

5.2. táblázat Az X és Y tengelyek meghatározásához szükséges paraméterek

*Az asztal öntött vasból készült, befoglaló méretei: $850 \cdot 320 \cdot 37,5 \text{ mm}$. Az öntött vas sűrűsége: $\rho = 7,4 \text{ kg/dm}^3$ Ezek alapján az asztal tömege:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7,4 \cdot 8,5 \cdot 3,2 \cdot 0,375 = 75,48 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad 75,5 \text{ kg}$$

*Élettartam meghatározása (H)

$$H = 12 \text{ h} \cdot 250 \text{ munkanap} \cdot 15 \text{ év} \cdot 0,7 \text{ futási sebesség} = 31500 \text{ üzemóra}$$

A vezetési szög pontosságának kiválasztása

A golyósorsók minőségi mutatója a C0-C5, valamint a C7, C8 és a C10. A legpontosabb megmunkálást a C0 típusú jelöli. Ez minőségi mutató egy szabvány, ami a hajtásrendszer beállási pontosságát, valamint az ütéseit-kotyogásait vizsgálja 300 mm-es szakaszon.

A gépkönyvi adatok alapján tudom, hogy a pozícionálási pontosság értéke: 0,004 mm / 300 mm.

Ez alapján a C0 típusú megmunkálással készült orsót választom.

Mértékegység : μm

Fokozat		C0		C1		C2		C3		C5		C7	C10	
Utazási hossz (mm)	Tól	-lg	±E	e	±E	e	±E	e	±E	e	±E	e	±e	e
		100	3	3	3.5	5	5	7	8	8	18	18	±50 / 300mm	±210 / 300mm
	100	200	3.5	3	4.5	5	7	7	10	8	20	18		
	200	315	4	3.5	6	5	8	7	12	8	23	18		
	315	400	5	3.5	7	5	9	7	13	10	25	20		
	400	500	6	4	8	5	10	7	15	10	27	20		
	500	630	6	4	9	6	11	8	16	12	60	23		
	630	800	7	5	10	7	13	9	18	13	35	25		
	800	1000	8	6	11	8	15	10	21	15	40	27		
	1000	1250	9	6	13	9	18	11	24	16	46	30		
	1250	1600	11	7	15	10	21	13	29	18	54	35		
	1600	2000			18	11	25	15	35	21	65	40		
	2000	2500			22	13	30	18	41	24	77	46		
	2500	3150			26	15	36	21	50	29	93	54		
	3150	4000			30	18	44	25	60	35	115	65		
	4000	5000					52	30	72	41	140	77		
	5000	6300					65	36	90	50	170	93		
	6300	8000							110	60	210	115		
	8000	10000									260	140		
	10000	12500									320	170		

5.3. ábra A görgősorsó minőségének meghatározása; Forrás: [17]

E = utazási eltérés vízszintes irányban

e = ingadozás

Axiális hézag kiválasztása

Az axiális hézag segítségével meghatározom, hogy milyen típusú golyósorsó (kicsi, közepes, nagy) kerüljön kiválasztásra.

A táblázatos adatokból tudjuk, hogy a holtjáték 0,1 mm lehet vagy kevesebb. Ezek alapján táblázatos adatok alapján a 15-40 mm közötti átmérő értéket választom.

Hézag a hengerelt és köszörült golyósorsó tengelyirányában		Mértékegység : mm
Tengelyátmérő	Hengerelt golyósorsó hézag tengelyirányban (max.)	Köszörült golyósorsó hézag tengelyirányban (max.)
04 - 14 miniatűr golyósorsó	0.05	0.015
15 - 40 közepes méretű golyósorsó	0.08	0.025
50 - 100 Nagy méretű golyósorsó	0.12	0.05

5.4. ábra Axiális hézag kiválasztása; Forrás [17]

A csavartengely kiválasztása:

A vezetési hossz meghatározása (l)

Vezetési hossz alatt azt a lineáris mozgást értjük, amit az anya egy csavarfordulat során megtesz. Ennek az értékét a motor fordulatszámának és a maximális sebességének a felhasználásával határozom meg:

$$l = \frac{\text{Gyors eltolási löket } \left(\frac{m}{\min}\right) \cdot 1000}{\text{Motor maximális fordulatszáma } \left(\frac{1}{\min}\right)} = \frac{60 \left(\frac{m}{\min}\right) \cdot 1000}{5000 \left(\frac{1}{\min}\right)} = 12 \text{ mm}$$

Ez alapján a vezetési hossz minimum 12 mm-nek kell lennie.

A görgősorsó állandó terhelésnek lesz kitéve.

Maximális axiális terhelés ($P_{\max}$)

$$P_{\max} = \mu \cdot (m1 + m2) \cdot g + f + (m1 + m2) \cdot a \text{ [kg]}$$

$$\text{Maximális gyorsulás } (\alpha) = \frac{v_{\max}}{t1} = \frac{1}{0,15} = 6,67 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\max} = 0,003 \cdot (75,5 + 150) \cdot g + 15 + (75,5 + 150) \cdot 6,67 = 1525,72 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 1525,72 \text{ kg} = 14835,2 \text{ N} \rightarrow 14.84 \text{ kN}$$

Maximális terhelés melletti erőszükséglet a hajtás üzembehozatalához

Szükséges névleges dinamikus terhelés (C_a)

$$C_a = \text{Átlagos terhelés (Pe)} \cdot \text{Biztonsági tényező (fs)} \text{ [N]}$$

$$P_e = 0,65 \cdot P_{\max} = 0,65 \cdot 14835,2 = 9642,88 \text{ N}$$

$$C_a = 9642,88 \cdot 3 = 28928.64 \text{ N} \rightarrow 28.93 \text{ kN}$$

Maximális terhelés alatti erő keletkezése a hajtásban

Szükséges névleges statikus terhelés (C_{oa})

$$C_{oa} = \text{Maximális axiális terhelés (Pmax)} \cdot \text{Biztonsági tényező (fs)} \text{ [N]}$$

$$C_{oa} = 14835,2 \cdot 3 = 44505.6 \text{ N} \rightarrow 44,51 \text{ kN}$$

Alacsony fordulatszámon keletkező erő a hajtásban

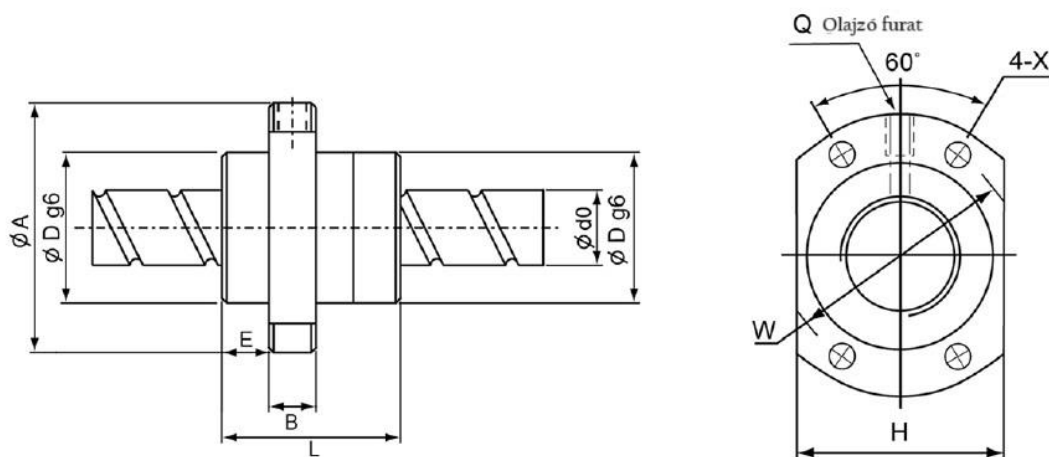
Anya típusának kiválasztása

$$C_a > 28928,64 \text{ N} \quad C_{oa} > 44505,6 \text{ N}$$

Ezek alapján az optimális anya típusa FSER 3232 katalógus adatok alapján

$$C_a = 35169 \text{ N} \text{ (47,2 kN)}$$

$$C_{oa} = 59557 \text{ N} \text{ (83,2 kN)}$$



Típus	Kompatibilis	Dinamikus terhelési értékek Ca (N)		Statikus terhelési értékek C0a (N)		Golyó átmérő		Fordulat x útvonal	
FSER3232	BKN25 / FKN25 / WBK25DF / BFN25 / FFN25	35169		59557		4.762		1.8 x 2	
Típus	A	B	D	E	H	L	Q	W	X
FSER3232	92	15	58	14	68	82	M6	74	9
Típus	d0 x vezetés								
FSER3232	32 x 32								

5.5. ábra Golyós anya rajza és adatai; Forrás: [17]

Az orsó hosszának meghatározása ($L_{\text{orsó}}$)

$L_{\text{orsó}} = \text{Maximális löket} + \text{anya hossz} + 2 \cdot \text{fenntartott hossz a tengely végén} \text{ [mm]}$

$L_{\text{orsó x tengely}} = 420 + 82 + 2 \cdot 100 = 702 \text{ mm}$

$L_{\text{orsó y tengely}} = 330 + 82 + 2 \cdot 100 = 612 \text{ mm}$

Maximális forgási sebesség meghatározása (n):

n = fordulatszám

$n = f \cdot \frac{dr}{L^2} \cdot 10^7 \text{ [min}^{-1}\text{]}, \text{ ahol}$

f = golyócsavaros rögzítéses módszerrel meghatározott együttható; mivel a golyósorsó mindkét végén csapággal megvan támasztva, így az f értéke

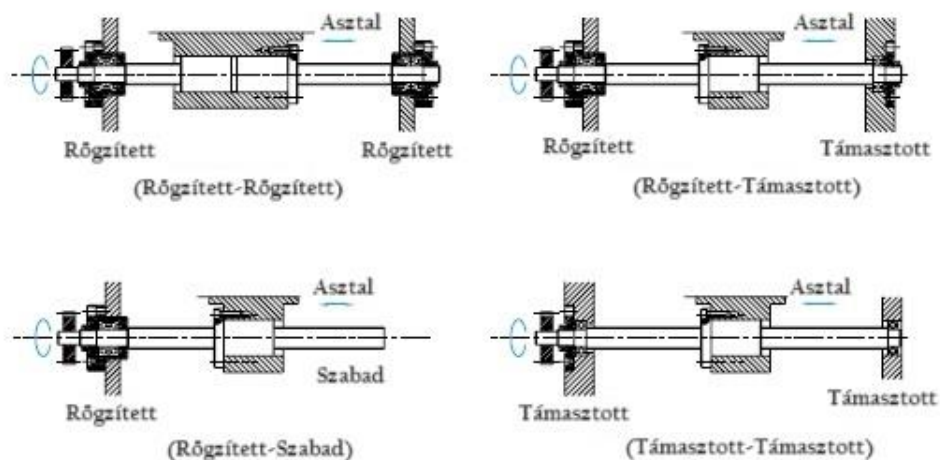
rögzített - támasztott: f = 15,1

dr = csavartengely gyökérátmérő;

$dr = d_0 - d_{\text{golyó}}; \rightarrow d_0 = \text{a tengely átmérője}, d_{\text{golyó}} = \text{csapágygolyó átmérő}$

$L^2 = \text{tengely hossz négyzete}$

a különböző rögzítési lehetőségek és f értéke lehet:



5.6. ábra Golyósorsó rögzítési lehetőségei; Forrás: [18]

rögzített - rögzített: $f = 21,9$

rögzített - támasztott: $f = 15,1$

rögzített - szabad: $f = 3,4$

támasztott - támasztott: $f = 9,7$

ezek alapján:

$$n = f \cdot \frac{dr}{L^2} \cdot 10^7 = 15,1 \cdot \frac{32-4,762}{702^2} \cdot 10^7 = 8346 \text{ min}^{-1}$$

Hőtágulási miatti alaktorzulás elleni védelem:

alakváltozás (Δl); előfeszítés (F_p)

$$\Delta l = \alpha \cdot t \cdot L \text{ [mm]}, \text{ ahol}$$

Δl = hőelmozdulás általi megnyúlás

α = hőtágulási együttható ($11,7 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ$)

t = hőmérséklet emelkedési a tengelynél (fok); tapasztalatok szerint $2-3 \text{ }^\circ\text{C}$ fok emelkedést lehet tapasztalni a görgősorsók üzeménél

L = csavartengely hossza

ezek alapján:

$$\Delta l = (11,7 \cdot 10^{-6}) \cdot 2 \cdot 702 = 0,0164 \text{ mm}$$

$$F_p = \frac{E \cdot A \cdot \Delta l}{L} \text{ [N], ahol}$$

F_p = előfeszítés

E = hosszirányú rugalmassági modulus ($2,06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

A = a csavartengely foggyökér átmérőjének a keresztmetszete (mm^2)

Δl = hőelmozdulás általi megnyúlás

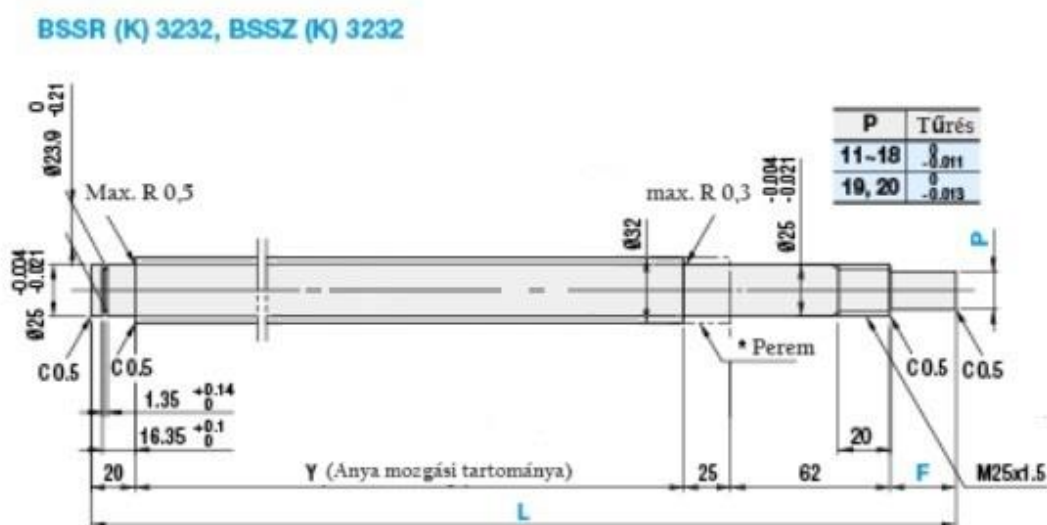
L = tengely hossz

ezek alapján:

$$F_p = \frac{E \cdot A \cdot \Delta l}{L} = \frac{2,06 \cdot 100000 \cdot \frac{\pi \cdot 27,238^2}{4} \cdot 0,0164}{702} = 2804,23 \text{ N}$$

Ezek alapján látható, hogy a görgős orsó üzemének biztosítása érdekében egy 2804,23 N mértékű előfeszítést célszerű alkalmazni.

Az FSER 3232 típusú golyósanyához tartozó golyósorsó:



Anya típusa	Pontossági fokozat	Cikkszám			Mérettartomány			Y	Golyó átmérő	Golyósor közp. átmérő	csavartó átmérő	Menet emelkedés	Alap terhelések		Axiális játék	Menet irány
		Típus	Csavar tengely átmérő	Vezetés	L	*F	*P						C (Dinamikus) kN	Co (Statikus) kN		
standard anya	C0	BSSR BSSZ	28	06	250~2000	27	15	L-118	3.175	28.8	(25.6)	2,5 fordulat 2 menet	12.1	42.3	max 0.10	Jobb
		BSSRK BSSZK				27~45	10~15	L- (91+F)								
		BSSR BSSZ	32	10	300~2000	33	20	L-140	6.35	33.8	(27.2)	14.6	38.9	max 0.20		
		BSSRK BSSZK				33~60	11~20	L- (107+F)								
		BSSR BSSZ	32			33	20	L-140	4.7625	33	(27.8)	1,5 fordulat 2 menet	32.8	86.7	max 0.15	
		BSSRK BSSZK				33~60	11~20	L- (107+F)								

5.7. ábra X, Y tengelyek rajza és adatai; Forrás: [18]

Az orsó anyaga: 1045 karbon acél

Jellemző nyíró szilárdsága: 80 GPa

Z tengely meghatározása:

A főorsó tömege: $m_1 = 60$ kg	Pozicionálási pontosság ismétlése: 0,002 mm
Egyéb tömeg: $m_2 = 40$ kg	Minimális előtolás mértéke: $s = 0,01$ mm/min
Lökett hossz: $l_s = 240$ mm Z tengely	Tervezett élettartam: 31 500 üzemóra *
Maximum sebesség: $V_{\max} = 1$ m/s	Meghajtó motor: AC szervómotor fordulatszám: $n = 5000$ 1/min
Gyorsulási idő: $t_1 = 0,15$ sec	Motor tehetetlenségi nyomatéka: $J_m = 1 \cdot 10^{-3}$ kg*m ²
Lassulási idő: $t_2 = 0,15$ sec	Vezető felület súrlódási tényezője: $\mu = 0,003$
Holtjáték: 0,1 mm	Vezető felületi ellenállás: $f = 15$ N
Pozicionálási pontosság: 0,004 mm / 300 mm	Futás sebessége 70 %
Biztonsági tényező: $f_s = 3$	

5.8. táblázat A Z tengely meghatározásához szükséges paraméterek

*Az X és Y tengelyek alapján

Az X és Y tengelyeknél meghatározott módon a Z tengely esetén is a következő megállapításokat teszem:

- A tengely minősége C0 legyen
- A vezetési hossz (l): min. 12 mm

Maximális axiális terhelés (P_{max})

$$P_{\max} = \mu \cdot (m1 + m2) \cdot g + f + (m1 + m2) \cdot \alpha \text{ [kg]}$$

$$\text{Maximális gyorsulás } (\alpha) = \frac{v_{\max}}{t1} = \frac{1}{0,15} = 6,67 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\max} = 0,003 \cdot (60 + 40) \cdot 9,81 + 15 + (60 + 40) \cdot 6,67 = 684,94 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 684,94 \cdot 9,81 = 6719,29 \text{ N}$$

Maximális terhelés melletti erőszükséglet a Z tengely hajtásának üzembehozatalához

Szükséges névleges dinamikus terhelés (Ca)

$$Ca = \text{Átlagos terhelés (Pe)} \cdot \text{Biztonsági tényező (fs)} \text{ [N]}$$

$$Pe = 0,65 \cdot P_{\max} = 0,65 \cdot 6719,29 = 4367,54 \text{ N}$$

$$Ca = 4367,54 \cdot 3 = 13102,62 \text{ N} \rightarrow 13,103 \text{ kN}$$

Maximális terhelés alatti erő keletkezése a hajtásban

Szükséges névleges statikus terhelés (Coa)

$$Coa = \text{Maximális axiális terhelés (P}_{\max}) \cdot \text{Biztonsági tényező (fs)} \text{ [N]}$$

$$Coa = 6719,29 \cdot 3 = 20157,87 \text{ N} \rightarrow 20,16 \text{ kN}$$

Alacsony fordulatszámon keletkező erő a hajtásban

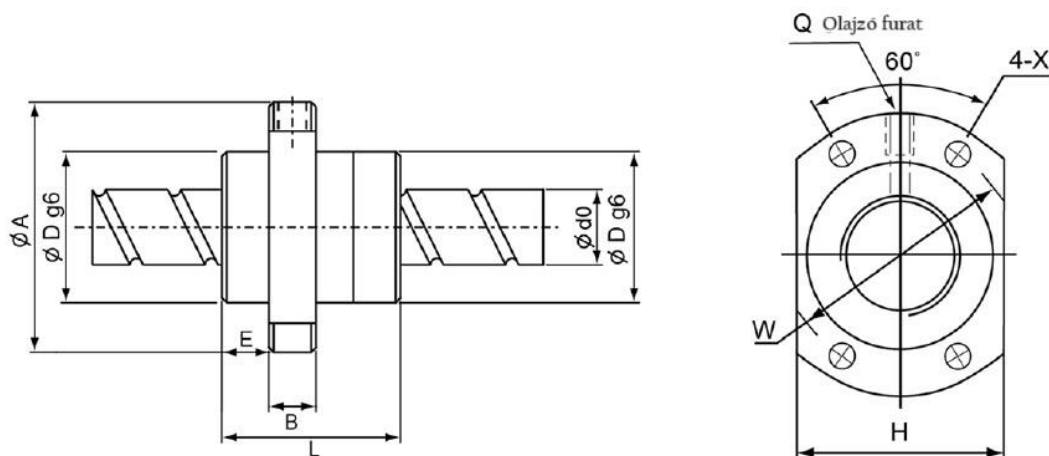
Anya típusának kiválasztása

$$Ca > 13102,62 \text{ N} \quad Coa > 20157,87 \text{ N}$$

Ezek alapján az optimális anya típusa FSER 2020 katalógus adatok alapján

$$Ca = 16275 \text{ N (16,27 kN)}$$

$$Coa = 24172 \text{ N (24,17 kN)}$$



Tipus	Kompatibilis		Dinamikus terhelési értékek Ca (N)		Statikus terhelési értékek C0a (N)		Golyó átmérő		Fordulat x útvonal	
FSER2020	BKN15 / FKN15 / BFN15 / FFN15		16275		24172		3.175		1.8 x 2	
Tipus	A	B	D	E	H	L	Q	W	X	
FSER2020	62	10	39	10.8	46	55	M6	50	5.5	
Tipus	d0 x vezetés									
FSER2020	20 x 20									

5.9. ábra Z tengelyhez tartozó golyósanya rajza és adatai; Forrás [17]

Az orsó hosszának meghatározása ($L_{\text{orsó}}$)

$L_{\text{orsó}} = \text{Maximális löket} + \text{anya hossz} + 2 \cdot \text{fenntartott hossz a tengely végén} \text{ [mm]}$

$$L_{\text{orsó z tengely}} = 240 + 55 + 2 \cdot 100 = 495 \text{ mm}$$

Maximális forgási sebesség meghatározása (n):

Az X és Y tengelyek alapján a fordulatszám (n) meghatározása:

$$n = f \cdot \frac{dr}{L^2} \cdot 10^7 = 15,1 \cdot \frac{20-3,175}{495^2} \cdot 10^7 = 10369 \text{ m}^{-1}$$

Hőtágulási miatti alaktorzulás elleni védelem:

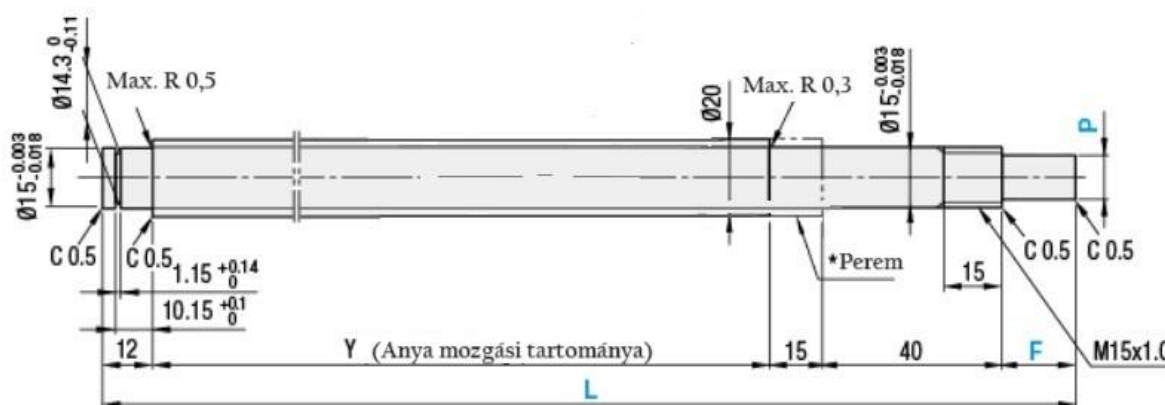
alakváltozás (Δl); előfeszítés (F_p)

$$\Delta l = \alpha \cdot t \cdot L = 11,7 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 495 = 0,0116 \text{ mm}$$

$$F_p = \frac{E \cdot A \cdot \Delta l}{L} = \frac{2,06 \cdot 100000 \cdot \frac{\pi \cdot 16,825^2}{4} \cdot 0,0164}{495} = 1073,30 \text{ N}$$

Ezek alapján látható, hogy a görgős orsó üzemének biztosítása érdekében egy 1073,3 N mértékű előfeszítést célszerű alkalmazni.

Az FSER 2020 típusú golyósanyához tartozó golyósorsó:



Anyá típusa	Pontossági fokozat	Cikkszám			Mérettartomány			Y	Golyó átmérő	Golyósor közp. átmérő	Csavartó átmérő	Menet emelkedés	Alap terhelések		Axialis játék	Menet irány										
		Típus	Csavar tengely átmérő	Vezetés	L	*F	*P						C (Dinamikus) kN	Co (Statikus) kN												
Standard anyá	C0	BSST	20	20	200~1200	20	12	L-87	3.175	20.8	(17.5)	2,5 fordulat 1 menet	16,27	24,17	Max. 0,03	Jobb										
	C3	BSSR			200~2000																					
		BSSZ																								
		BSSRK BSSZK			20~36	8~12	L- (67+F)	Max. 0,1																		

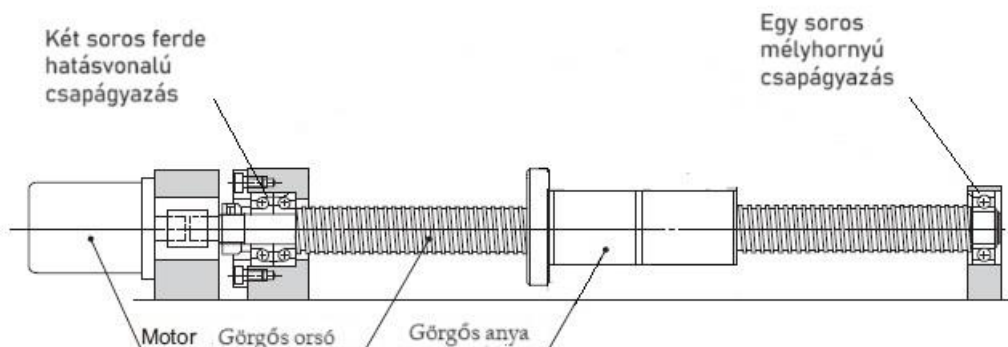
5.10. ábra Z tengely rajza és adatai; Forrás: [18]

Az orsó anyá: 1045 karbon acél

Jellemző nyíró szilárdsága: 80 GPa

5.2.2. Csapágyazások

Az alkalmazott golyósorsó rögzítés (rögzített-támasztott) konstrukciós rajza:



5.11. ábra Golyósorsó csapágyazás; Forrás: [19]

Ahogy az ábrán is látszik, a CNC marógép esetén az asztalt mozgató mechanizmus alapvetően tér el a hagyományos közlőműtengelyes mechanizmustoktól. Itt nincs szíjtárcsa, fogaskerék vagy egyéb tárcsa, ami a forgómozgást közvetíti. Nincs szíjhajtás húzásából származó erő. A fordulatszám tartósan nem halad meg magas értékeket, a golyós orsó jellemzően alacsony fordulatszámon forog, így nincs jelentős hőmérséklet emelkedés. A golyósorsó csak axiális terhelést vesz fel, így az őt meghajtó villamosmotor előtolási erejét veszem figyelembe a csapágyak kiválasztásánál. A meghajtással szemben támasztott követelmény, hogy minél pontosabban pozícionáljon, ezért a csapágykiválasztásnál a minél merevebb ágyazást keresem. Ezért a villamosmotorhoz csatlakozó oldalhoz két soros ferdehatásvonalú csapágyat választok, aminek a hatásvonala „O” betűt formál. Az X és az Y tengelyek előtolási ereje 6000 N, ezért a csapágykiválasztásnál a dinamikus igénybevételt fogom elsősorban figyelembe venni.

Mivel csak axiális terhelés lép fel, ezért az egyenértékű csapágyterhelés megegyezik az axiális terhelés nagyságával: $P = F$

A csapágyak névleges élettartamának meghatározása:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \text{ [millió körülfordulás]}, \text{ ahol}$$

L_{10} : a csapágy névleges élettartama

C: dinamikus alapterhelés (kN)

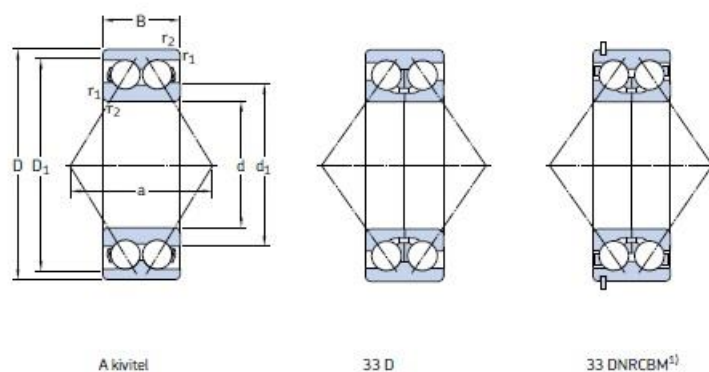
P: egyenértékű dinamikus csapágyterhelés (kN)

p: az élettartam egyenlet kitevője

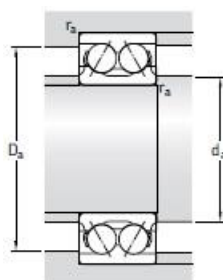
golyóscsapágy esetén: 3

görgőscsapágy esetén: 10/3

Az X és az Y tengelyekhez az SKF típusú csapágyakból a következőt választom:



Főméretek			Alapterhelés		Kifáradási	Fordulatszám		Tömeg	Jelölések ²⁾	
d	D	B	dinami- kus C	stati- kus C ₀	határ- terhelés P _u	Refe- rencia fordulat- szám	Határ- fordulat- szám	kg	Csapágyak fémkosárral	poliamid kosárral
mm			kN		kN	ford/min			–	
10	30	14	7,61	4,3	0,183	22 000	24 000	0,051	–	3200 ATN9
12	32	15,9	10,1	5,6	0,24	20 000	22 000	0,058	–	3201 ATN9
15	35	15,9	11,2	6,8	0,285	17 000	18 000	0,066	–	3202 ATN9
	42	19	15,1	9,3	0,4	15 000	16 000	0,13	–	3302 ATN9
17	40	17,5	14,3	8,8	0,365	15 000	16 000	0,096	–	3203 ATN9
	47	22,2	21,6	12,7	0,54	14 000	14 000	0,18	–	3303 ATN9
20	47	20,6	20	12	0,51	14 000	14 000	0,16	* 3204 A	* 3204 ATN9
	52	22,2	23,6	14,6	0,62	13 000	13 000	0,22	* 3304 A	* 3304 ATN9
25	52	20,6	21,6	14,3	0,6	12 000	12 000	0,18	* 3205 A	* 3205 ATN9
	62	25,4	32	20,4	0,865	11 000	11 000	0,35	* 3305 A	* 3305 ATN9



Méretek					Csatlakozó méretek		
d	d ₁	D ₂	r _{1,2}	a	d _a	D _a	r _a
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	17,7	23,6	0,6	16	14,4	25,6	0,6
12	19,1	26,5	0,6	19	16,4	27,6	0,6
15	22,1	29,5	0,6	21	19,4	30,6	0,6
	25,4	34,3	1	24	20,6	36,4	1
17	25,1	33,6	0,6	23	21,4	35,6	0,6
	27,3	38,8	1	28	22,6	41,4	1
20	27,7	40,9	1	28	25,6	41,4	1
	29,9	44,0	1,1	30	27	45	1
25	32,7	45,9	1	30	30,6	46,4	1
	35,7	53,4	1,1	36	32	55	1

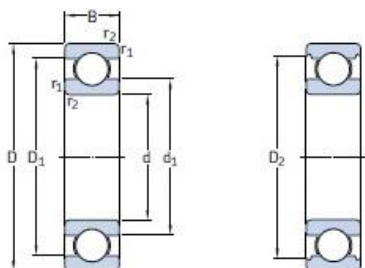
5.12. ábra Két soros ferdehatásvonalú golyóscsapágy rajza és adatai; Forrás: [19]

Csapágy névleges élettartamának meghatározása:

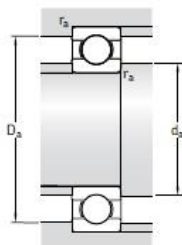
$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = \left(\frac{21,6}{6}\right)^3 = 46,656 \rightarrow 47 \text{ millió körülfordulás}$$

A golyósorsó túloldalára olyan csapágyat választok, ami mind radiális, mind axiális terheléseket egyaránt fel tud venni. Ezen megfontolás alapján egy egysoros, mélyhornyú golyóscsapágyat választok.

Ez a csapágytípus egyidejű radiális terhelés mellett axiálisan is terhelhető. SKF típusú csapágyat választok.



Főméretek			Alapterhelés		Kifáradási	Fordulatszám		Tömeg	Jelölés
d	D	B	dinami- kus C	stati- kus C ₀	határ- terhelés P _u	Referencia fordulat- szám	Határ fordulat- szám		
mm			kN		kN	ford/min		kg	–
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,060	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,080	* 6005
	52	9	10,6	6,55	0,28	28 000	18 000	0,078	98205
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,40	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,21	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,82	20 000	13 000	0,53	6405



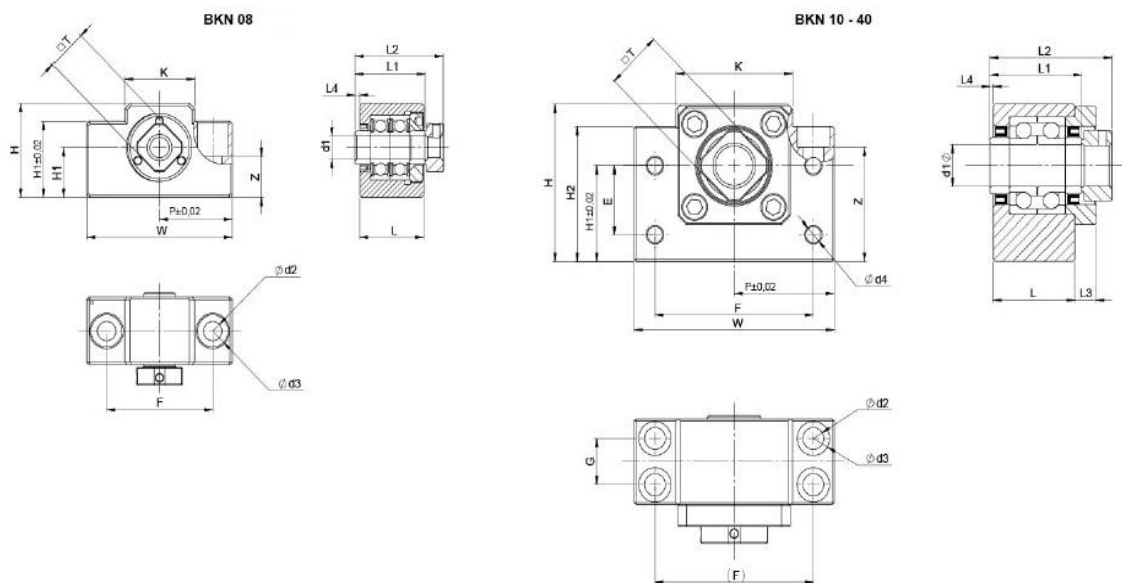
Méretek					Csatlakozó méretek			Számítási tényezők	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} min	d _a min	D _a max	r _a max	k _r	f ₀
mm	–	–	–		mm			–	
25	28,5	33,3	–	0,3	27	35	0,3	0,015	14
	30,2	36,8	–	0,3	27	40	0,3	0,02	15
	33,3	40,7	–	0,3	27	45	0,3	0,02	15
	32	40	42,2	0,6	28,2	43,8	0,6	0,025	14
	34,5	44	–	0,6	28,2	48,8	0,6	0,025	15
	34,4	44	46,3	1	30,6	46,4	1	0,025	14
	33,1	44,5	–	1	30,6	46,4	1	0,025	13
	36,6	50,4	52,7	1,1	32	55	1	0,03	12
	36,4	51,7	–	1,1	32	55	1	0,03	12
	45,4	62,9	–	1,5	34	71	1,5	0,035	12

5.13. ábra Egysoros mélyhornyú golyóscsapágy rajza és adatai; Forrás: [19]

Csapágy névleges élettartamának meghatározása:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = \left(\frac{23,4}{6}\right)^3 = 59,319 \rightarrow 60 \text{ millió körülfordulás}$$

Kétsoros ferdehatásvonalú csapágyhoz tartozó csapágyház. BKN típusú csapágyházat választok.



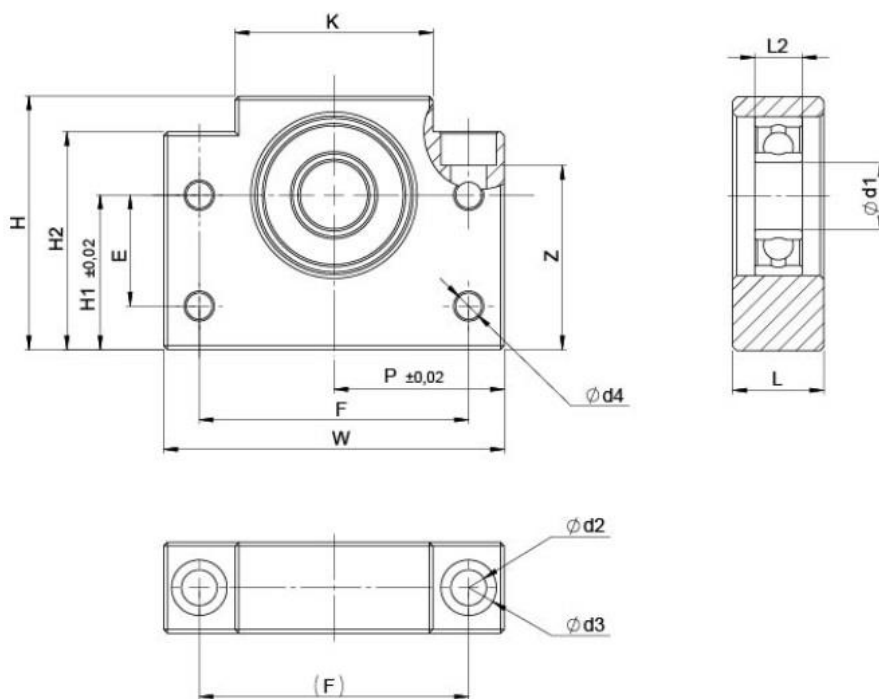
Típus	E	F	G	H	K	L	P	T	Z
BKN25	33	85	22	80	64	42	53	35	59

Típus	d1	d2	D3	D4	H1	H2	L1	L2	L3	L4
BKN25	25	11	17	9	48	70	48	63	12	0

Típus	W
BKN25	106

5.14. ábra BKN25 csapágyház rajza és adatai; Forrás: [17]

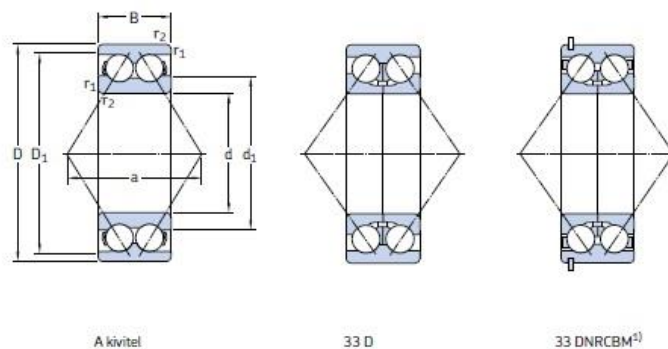
Egysoros mélyhornyú golyócsapágyhoz tartozó csapágyház. BFN típusú csapágyházat választok:



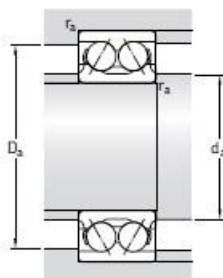
Típus	E	F	H	K	L	P	Z	d1	d2
BFN25	33	85	80	64	30	53	59	25	11
Típus	D3	D4	H1	H2	L2	W			
BFN25	17	9	48	70	15	106			

5.15. ábra BFN25 csapágyház rajza és adatai; Forrás: [17]

A Z tengely csapágyazását az X, Y tengelyekhez hasonlóan oldom meg. Az SKF típusú csapágyak közül a következőt választom:



Főméretek			Alapterhelés		Kifáradási	Fordulatszám		Tömeg	Jelölések ²⁾	
d	D	B	dinami- kus C	stati- kus C ₀	határ- terhelés P _u	Refe- rencia fordulat- szám	Határ- fordulat- szám	kg	Csapágyak fémkosárral	poliamid kosárral
mm			kN		kN	ford/min			–	
10	30	14	7,61	4,3	0,183	22 000	24 000	0,051	–	3200 ATN9
12	32	15,9	10,1	5,6	0,24	20 000	22 000	0,058	–	3201 ATN9
15	35	15,9	11,2	6,8	0,285	17 000	18 000	0,066	–	3202 ATN9
	42	19	15,1	9,3	0,4	15 000	16 000	0,13	–	3302 ATN9



Méretek					Csatlakozó méretek		
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} min	a	d _a min	D _a max	r _a max
mm					mm		
10	17,7	23,6	0,6	16	14,4	25,6	0,6
12	19,1	26,5	0,6	19	16,4	27,6	0,6
15	22,1	29,5	0,6	21	19,4	30,6	0,6
	25,4	34,3	1	24	20,6	36,4	1

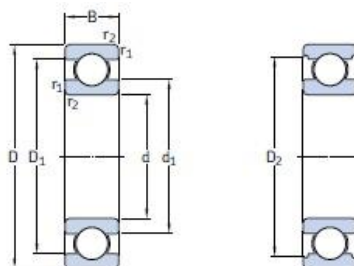
5.16. ábra Z tengelyhez tartozó két soros ferdehatásvonalú csapágy rajza és adatai;

Forrás:[19]

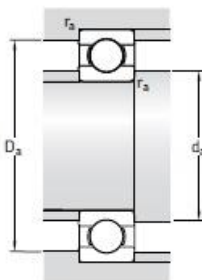
Csapágy névleges élettartamának meghatározása:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = \left(\frac{15,1}{6}\right)^3 = 15,940 \rightarrow 16 \text{ millió körülfordulás}$$

Egysoros mélyhornyú SKF csapágyak közül a következőt választom:



Méretek					Csatlakozó méretek			Számítási tényezők	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} min	d _a min	D _a max	r _a max	k _r	f ₀
mm					mm			–	
15	17,9	21,1	–	0,3	17	22	0,3	0,015	10
	18,4	24,7	25,8	0,3	17	26	0,3	0,02	14
	20,2	27	28,2	0,3	17	30	0,3	0,02	14
	20,5	26,7	28,2	0,3	17	30	0,3	0,025	14
	21,7	29	30,4	0,6	19,2	30,8	0,6	0,025	13
	23,7	33,7	36,3	1	20,6	36,4	1	0,03	12



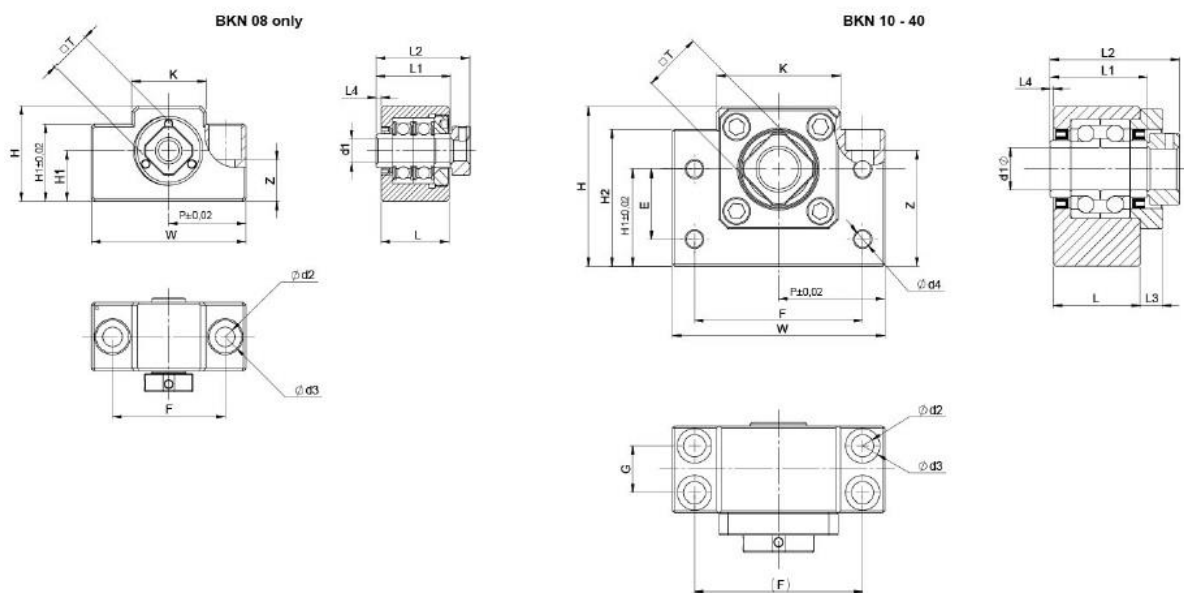
Főméretek			Alapterhelés		Kifáradási határterhelés	Fordulatszám		Tömeg	Jelölés
d	D	B	dinamikus C	statisztikus C ₀	P _u	Referencia fordulatszám	Határ fordulatszám	kg	–
mm			kN		kN	ford/min			
15	24	5	1,56	0,8	0,034	60 000	38 000	0,0074	61802
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	34 000	0,016	61902
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,025	*16002
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,030	*6002
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	*6202
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	*6302

5.17 ábra Z tengelyhez tartozó egysoros mélyhornyú csapágy rajza és adatai; Forrás: [19]

Csapágy névleges élettartamának meghatározása:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = \left(\frac{11,9}{6}\right)^3 = 7,80 \rightarrow 71 \text{ millió körülfordulás}$$

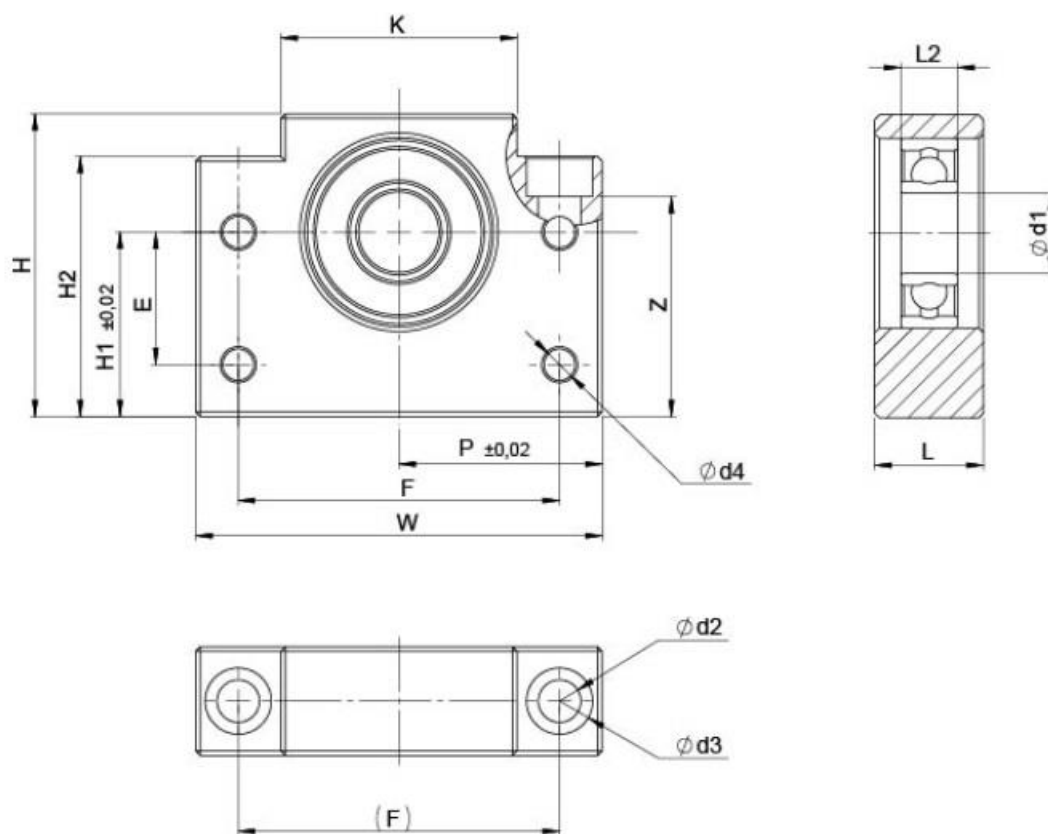
Kétsoros ferdehatásvonalú csapágyhoz tartozó csapágyház. BKN típusú csapágyházat választok:



Típus	E	F	G	H	K	L	P	T	Z	
BKN15	18	54	15	48	40	27	35	22	31.5	
Típus	d1	d2	D3	D4	H1	H2	L1	L2	L3	L4
BKN15	15	6.6	11	5.5	28	38	30	38	6	0
Típus	W									
BKN15	70									

5.18. ábra BKN15 típusú csapágyház rajza és adatai; Forrás [17]

Egysoros mélyhornyú golyócsapágyhoz tartozó csapágyház. BFN típusú csapágyházat választok.



Típus	E	F	H	K	L	P	Z	d1	d2
BFN15	18	54	48	40	20	35	31.5	15	6.6
Típus	D3	D4	H1	H2	L2	W			
BFN15	11	5.5	28	38	9	70			

5.19. ábra BFN15 típusú csapágyház rajza és adatai; Forrás: [17]

5.2.3. Kenőanyagok kiválasztása

A golyósorsók és a golyósanyák megfelelő működéséhez mind a csapágyakat, mind az anyákat kenőanyaggal kell ellátni.

Az X, Y és Z tengelyek esetében a golyósorsó viszonylag alacsony fordulatszámon dolgozik. Ezekhez a csapágyazásokhoz magas viszkozitású, ásványi olaj alapú Lítium szappanos zsírt választok. A DIN KPF2K-30 típusú kenőzsír kiválóan alkalmas ipari használatra, EP és szilárd adalékot tartalmaz, 2-es konzisztenciájú, 120 °C-ig alkalmazható, nedvességet jól tűri.

Tulajdonságai:

- növeli a menetbiztonságot
- jó korrózióvédelem
- forró és hidegvíznek egyaránt ellenáll
- gazdaságos
- univerzálisan alkalmazható
- maximális nyomásfelvételre képes
- nagyfokú öregedésállóság
- kiváló kenőképesség
- kifejezetten nagy igénybevételnek kitett szerkezeti elemekhez ajánlott
- csökkenti a súrlódást és a kopást
- központi kenőrendszerekben is alkalmazható

Az X és Y tengelyek csapágyainál felhasználandó zsír mennyisége:

$$G = 0,005 \cdot D \cdot B \text{ [g]}$$

ahol:

- G: a szükséges zsírmennyiség [g]
- D: a csapágy külső átmérője [mm]
- B: a csapágy gyűrűszélessége [mm]

Ez alapján:

A két soros ferdehatásvonalú golyóscsapágy kenési mennyisége:

$$G = 0,005 \cdot D \cdot B \text{ [g]}$$

$$G = 0,005 \cdot 52 \cdot 20,6$$

$$G = 5,356 \text{ g}$$

Az egysoros mélyhornyú golyóscsapágy kenési mennyisége:

$$G = 0,005 \cdot D \cdot B \text{ [g]}$$

$$G = 0,005 \cdot 62 \cdot 17$$

$$G = 5,27 \text{ g}$$

A Z tengely csapágynál felhasználandó zsír mennyisége:

A két soros ferdehatásvonalú golyóscsapágy kenési mennyisége:

$$G = 0,005 \cdot D \cdot B \text{ [g]}$$

$$G = 0,005 \cdot 42 \cdot 19$$

$$G = 3,99 \text{ g}$$

Az egysoros mélyhornyú golyóscsapágy kenési mennyisége:

$$G = 0,005 \cdot D \cdot B \text{ [g]}$$

$$G = 0,005 \cdot 42 \cdot 13$$

$$G = 2,73 \text{ g}$$

A mellékajtások üzeme változatos, a fordulatszám nem állandó, a pozícionálási pontosságuk fenntartása elengedhetetlen, ezért Tervszerű Megelőző Karbantartás (TMK) keretében a csapágysapkák és a kenőanyagok minősége 2 évente ellenőrizendő.

5.2.4. *A villamoshajtások kiválasztása*

Az X és Y tengelyek az asztal pozícionálására szolgálnak. Ez azt jelenti, hogy az asztalnak gyakran kell helyzetet változtatni, eltérő sebességgel kell mozognia. Helyzet váltáshoz gyorsan kell mozognia, megmunkálásnál lassú, egyenletes mozgása van szükség. A Z tengely mozgása szintén erősen változó, egy adott pozíció megmunkálásához egyhelyben tartás, vagy lassú előtolás szükséges, míg pozíció váltásnál, gyors kiállítás, majd visszaállítás szükséges.

Ezen feltételek biztosításához olyan villamoshajtásra van szükség, ami folyamatosan tud nagy nyomatékot szolgáltatni és finom helyzetváltoztatásra képes.

Ezek alapján az X, Y és Z tengelyek meghajtására, 3 fázisú AC aszinkron motort választok.

Az aszinkron motorok sajátossága, hogy a forgó rész fordulatszáma eltér az álló rész fordulatszámától, nem szinkronizál, ezáltal állandó nyomaték lép fel. Az aszinkron gépeknél az állórész több fázisú tekercselését tápláljuk villamos energiával, amiben így forgó mágneses mező jön létre. Ennek a mezőnek az erővonalai metszik a forgórész tekercselését, amiben így feszültség indukálódik. Mivel a forgórész tekercselése rövidre van zárva, benne áram indul meg. Ezáltal a forgó rész működésbe jön, forogni kezd. Próbálja felvenni azt a fordulatszámot, amivel a mágneses mező forog, hogy a forgó mágneses mező által létrehozott erőmetszést megakadályozza, ezt azonban nem lehetséges, mivel akkor az erőmetszés megszűnne. Ezt a jelenséget hívja a szakirodalom slipnek, vagyis csúszásnak. Az aszinkron motorban folyamatok során üzemideje alatt állandó forgató nyomaték keletkezik.

Az aszinkron motor ezen tulajdonsága miatt választom ezt a motor típust, mert így az asztal pozícionálása folyamatosan gördülékenyen, pontosan megy végbe.

A szervó motor legfőbb tulajdonsága, hogy lehetővé teszi a motor tengelyének pontos pozícionálását, valamint a fordulatszám és a gyorsulás irányítását.

Az AC szervó motor általános felépítését a következő ábra szemlélteti:

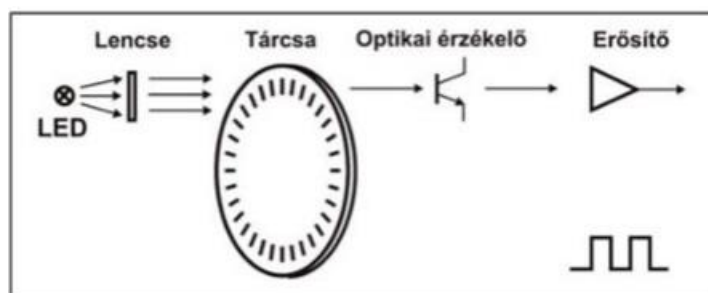


5.20. ábra AC aszinkron szervó motor általános felépítése; Forrás: [20]

1. Állórész: A forgó rész helyzetéből forgó mágneses mező jön létre, a nyomaték hatékony generálására
2. Tekercselés: Az áram a tekercsben forgó mágneses mezőt hoz létre
3. Csapágyazás: Általában mélyhornyú golyóscsapág
4. Tengely: Ez a rész közvetíti a motor kimeneti teljesítményét. A terhelést az átviteli mechanizmus (pl. egy tengelykapcsoló) hajtja meg
5. Forgó rész: A tengelyhez egy nagyteljesítményű ritkaföldfém, vagy más állandó mágnes van csatlakoztatva
6. Encoder (forgó jeladó): Az optikai kódoló folyamatosan figyeli a fordulatszámot és a tengely helyzetét

Az encoder (forgó jeladó) egy a motor sebességének és helyzetének érzékelésére szolgáló érzékelő eszköz. A fénykibocsátó dióda (LED) fénye áthalad a réslemezen elhelyezett helyzetérzékelő mintázaton és a fényvevő elem leolvassa azt. A fényvevő elem több tucat tranzisztort tartalmaz. Az abszolút helyzetérzékeléshez használt összes minta a kódoló forgási szögétől függ. A CPU a kódolóra van felszerelve az abszolút helyzetérzékelési minták elemzéséhez. Az aktuális pozíció adatokat soros átvittel továbbítja a szervóvezérlőhöz.

Az encoder (forgó jeladó) elvi felépítése:



5.21. ábra Forgó jeladó elvi felépítése; Forrás: [21]

Az encodert egy vezérlő egységgel irányítjuk, amely pontos adatokat küld az eszköznek, hogy mikor melyik irányban, mennyit forogjon el.

A főorsóban lévő szerszám munkálja meg a nyersanyagot, ezért olyan villamos motorra van szükségem, ami az állandó fordulatszám mellett a megmunkálás során keletkező erőket is leküzdi és stabil szerszám mozgást biztosít. Az AC aszinkron motor fentebb említett kedvező tulajdonságai, valamint a kopó alkatrészek hiánya miatti olcsósága és hosszú élettartama miatt főorsó meghajtására is alkalmas. Ezért a főorsó motorjának is ezt a motortípust választom.

Az X, Y és Z tengelyek meghajtásához elsődleges szempont a villamos motor indítónyomatékának a meghatározása.

$$M = F \cdot r \text{ [Nm]}, \text{ ahol}$$

M = forgató nyomaték

F = erő

r = erőkar

Villamosmotor esetén, az erő az adott test tömege lesz, amit a villamos hajtással megkívánunk mozdítani, míg az erőkar a villamosmotor tengelyére felhelyezett tárcsa sugara lesz.

Ezek alapján az X és Y tengelyekhez szükséges villamos motor nyomatéka

$$M = F \cdot r \quad [\text{Nm}]$$

$$M = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot r; \text{ ahol}$$

m_1 = az asztal tömege

m_2 = maximális terhelés

r = villamosmotor tengelyének sugara (7 mm = 0,007 m)

Tehát

$$M = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot r \quad [\text{Nm}]$$

$$M = (75,5 + 150) \cdot 9,81 \cdot 0,035$$

$$M = 15,49 \text{ Nm}$$

A teljes tömeg megmozdításához olyan erő kell, ami a golyóscsapágyak ellenállását legyőzi.
Ez jelen esetben:

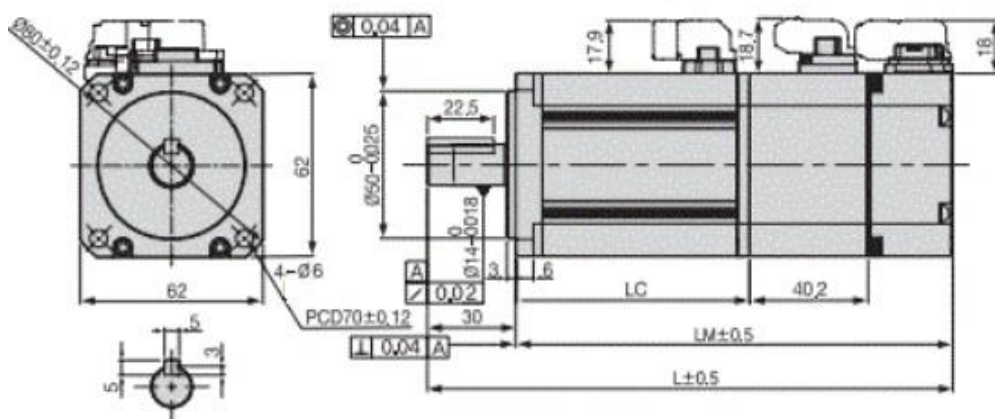
$$F = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \mu \quad [\text{N}]$$

$$F = (75,5 + 150) \cdot 9,81 \cdot 0,003 = 6,64 \text{ N}$$

Ezáltal megállapítható, hogy a villamosmotor nyomatéka által keltet erő, nagyobb, mint az asztal megmozdításához szükséges erő, így a kiválasztott villamosmotor jó lesz.



5.22. ábra APM-FF44GMK2 típusú AC aszinkron villamos motor; Forrás: [22]



5.23. ábra APM-FF44GMK2 típusú villamos motor műszaki rajz; Forrás: [22]

A motor műszaki adatai		
Tc	Névleges forgatónyomaték	15,94 Nm
Ic	Névleges áramerősség	12 A
Tp	Csúcsnyomaték (1 sec-ig)	43 Nm
Ip	Csúcsáram (1 sec-ig)	47,74 Aeff
nN	Névleges fordulatszám	1500 1/min
nmax	Maximális fordulatszám	3000 1/min
P	Névleges teljesítmény	4400 W
V	Névleges feszültség	230 V AC
KT	Forgatónyomaték-állandó	0,796 Nm/Aeff
R	Tekercselési ellenállás	0,264 Ohm
L	Tekercsinduktancia	2,825 mH
	Motor szigetelési osztálya	F osztály

5.24. ábra APM-FF44GMK2 típusú AC aszinkron motor műszaki adatai; Forrás: [22]

Az előzőek alapján a Z tengelyhez szükséges villamosmotor nyomatéka

$$M = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot r \text{ [Nm]}$$

$$M = (60 + 40) \cdot 9,81 \cdot 0,014$$

$$M = 13,734 \text{ Nm}$$

A Z tengelyen lévő össztömeg megmozdításához szükséges erő:

$$F = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \mu \text{ [N]}$$

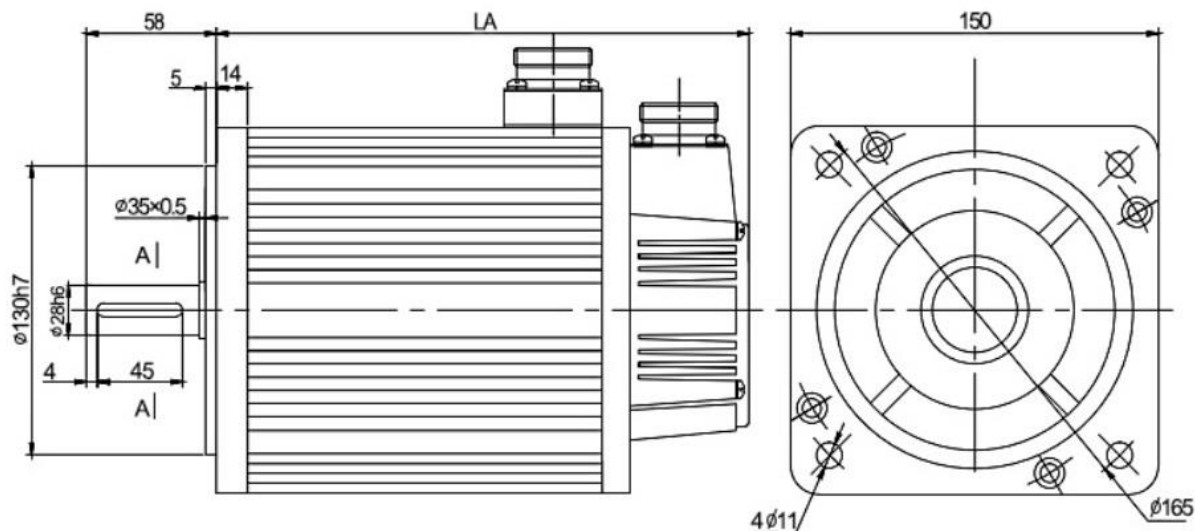
$$F = (60 + 40) \cdot 9,81 \cdot 0,003$$

$$F = 2,94 \text{ N}$$

Ezáltal megállapítható, hogy a villamosmotor nyomatéka által keltet erő, nagyobb, mint az asztal megmozdításához szükséges erő, így a kiválasztott villamosmotor jó lesz.



5.25. ábra ATO150CST-M18020 típusú AC aszinkron szervó motor; Forrás: [23]



5.26. ábra ATO150CST-M18020 típusú AC aszinkron motor műszaki rajz; Forrás: [23]

A motor műszaki adatai		
Tc	Névleges forgatónyomaték	18 Nm
Ic	Névleges áramerősség	17 A
Tp	Csúcsnyomaték (1 sec-ig)	36 Nm
Ip	Csúcsáram (1 sec-ig)	42 Aeff
nN	Névleges fordulatszám	2000 1/min
nmax	Maximális fordulatszám	5000 1/min
P	Névleges teljesítmény	2000 W
V	Névleges feszültség	220 V AC
KT	Forgatónyomaték-állandó	0,796 Nm/Aeff
R	Tekercselési ellenállás	0,264 Ohm
L	Tekercsinduktancia	2,825 mH
	Motor szigetelési osztálya	F osztály

5.27. ábra ATO150CST-M18020 AC aszinkron motor műszaki adatai; Forrás: [23]

A főorsót meghajtó villamos motor kiválasztása:

A CNC marót alapvetően alumínium megmunkálására szánjuk, ezért olyan villamos motort keresek, aminek magas a fordulatszáma. Az egyéb fémekkel és a műanyaggal ellentétben az alumínium ötvözeteket 16000-18000 -es fordulatszámon pörgetett megmunkáló szerszámokkal lehet marni, ezért olyan motort keresek, ami ezt a fordulatszámot tudja teljesíteni. Ezek alapján egy KZG1503020203R7 modellszámú AC aszinkron szervó motort választok.



5.28. ábra KZG1503020203R7 modellszámú Főorsó motor; Forrás: [24]

Műszaki adatok	
Modell	KZG1503020203R7
Folyamatos névleges teljesítmény	3,7 kW
Névleges feszültség	380V (opcionálisan: 200/220/400/415V)
Folyamatos névleges nyomaték	17,6 Nm
Névleges sebesség	3000 1/min
Maximális sebesség	20000 1/min
Motor tehetetlensége	0.0078 kg/m ²
Beépítés	IMB5 (opcionálisan IMB35)
Tengely magasság	100 mm
Tengely átmérő	28 mm

Karima vég átmérő	150 mm
Encoder (forgó jeladó)	Mágneses fogaskerék érzékelő
Hőmérséklet szenzor	KTY84
Hűtőventillátor	380V/50 Hz
Egyenleg szint	G0.4
Védelmi fokozat	IP55
Szigetelési osztály	F

5.29. ábra KZG1503020203R7 villamos motor műszaki paraméterei; Forrás: [24]

5.3. A Pneumatikus egység felújítása

A szerszámgép próbaüzeménél megállapítottuk, hogy a szerszámcseré nem megy gördülékenyen, lassú és bizonytalan. A rendszer elemeit megvizsgálva, azt tapasztaltuk, hogy a nyomásszabályzó szelep nem működik megfelelően, egyenetlen a szabályzása és nem a megfelelő nyomást engedi át, ezért azt cserélni kell. A többi rendszerelem megfelelően működik, így azok cseréje nem indokolt. A megfelelő rendszer működéshez 5-10 bar közötti nyomást kell előállítani.

A CNC maró szerszámcserélő berendezése két féle pneumatikus egységet tartalmaz. A Z mozgásért felelős hagyományos munkahengert, valamint a szerszámcserélő kar forgó mozgásáért felelős egységet. A próba üzemnél megállapított okok miatt, ezt az egyéget kell javítani, mert pontatlanul dolgozik.

A megfelelő nyomás szabályzáshoz a következő alkatrészt választom:



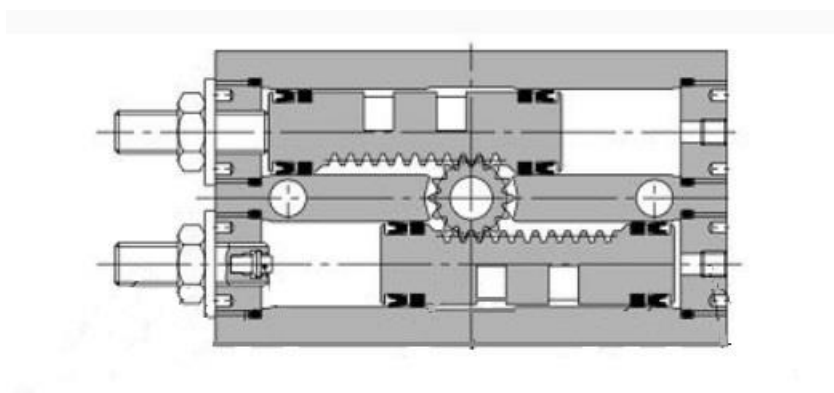
5.30. ábra Pneumatikus nyomásszabályozó szelep; Forrás: [25]

A Z tengelyt működtető munkahenger:



5.31. ábra Pneumatikus munkahenger; Forrás: [26]

A szerszámcsereelő kart működtető mechanizmus:



5.32. ábra Pneumatikus forgatóhenger; Forrás: [27]

A pneumatikus forgatóhengerben két fogazott munkahenger található, valamint középen egy fogaskerék. A fogaskerékhez van rögzítve a forgatandó eszköz, pl. szerszámcsereelő kar. A külső szelepekkel szabályozható a forgás iránya és erőssége.

A szerszámcsereelő mechanizmus pneumatikai modellje. A rendszer egy kompresszorból, csővezetékekből, áramlási útvonal választóból, nyomásszabályozóból, fojtásból, valamint munkahengerből áll. A nyomásszabályozó szelepet úgy állítom be, hogy 20%-os nyomásnál nyisson, így a munkahenger megfelelő ütemben és sebességgel fog dolgozni. A Pneumatikus szerszámcsereelő kar kapcsolási rajza a [14.1]-es mellékletben található.

A kompresszorból csővezeték rendszeren át jut el az adott CNC géphez a sűrített levegő, átlagosan 10 bar nyomáson.

Amikor az éppen futó CNC programban a szerszámcsere parancs jön, akkor a vezérlés jelet küld a megfelelő áramkörnek. A jel hatására az útválasztó szelep 1M1 jelű elektromágnessé mozgásba jön és a megfelelő állásba áll, hogy a sűrített levegő beáramolhasson a munkahengerbe.

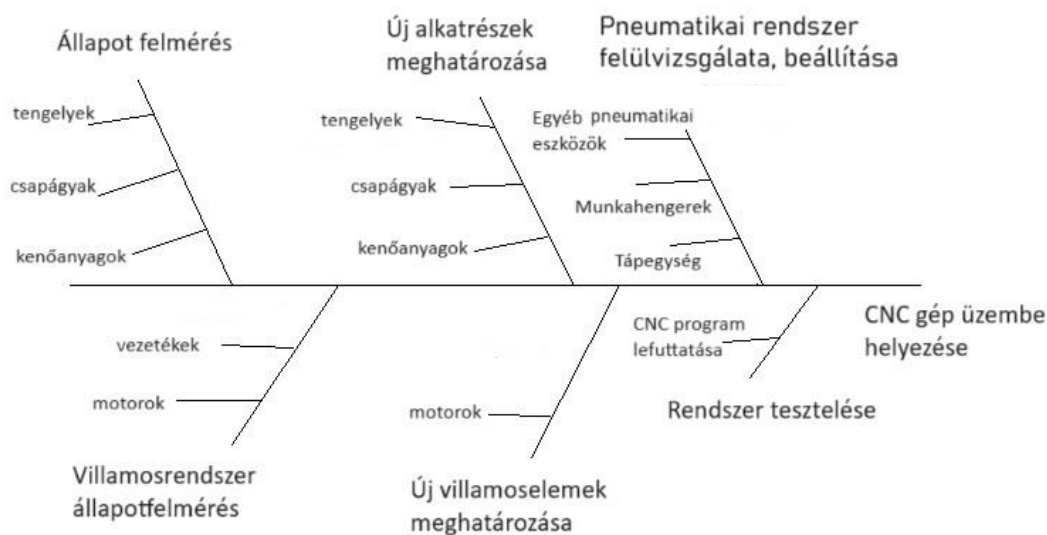
Eközben egy nyomás szabályzó szelepen halad keresztül, így megfelelő nyomásértékre változik a nyomó ereje. A munkahenger előre mozog, működésbe hozva a rácsatlakoztatott eszközt. A munkahengerben lévő érzékelő méri az utat, amit meg kell tennie.

Ezt a folyamatot a pneumatikus szerszámcsereelő kar munkájának első fázisát szemlélteti a [14.2]-es melléklet.

Amint a szerszámok megfogása megtörtént, az érzékelők jelzik, hogy megvannak a szerszámok, a rendszer jelet küld az áramkörnek, hogy az útválasztó szelep másik mágnessé az 1M2 jelű elektromágnes lépjen működésbe. A munkahenger ellentétes irányban elindul. E közben a Z tengely lefelé irányuló mozgást végez, így a szerszámok kikerülnek a helyükről és az új helyükre fognak kerülni. A művelet után a Z tengely visszaáll. A pneumatikus szerszámcsereelő kar munkájának második fázisát a [14.3]-as melléklet mutatja.

6. Minősbiztosítás

A CNC marógép sikeres felújításához a következő lépéseken kell végig menni, ahhoz, hogy a feladat sikeres legyen.



6.1. ábra A CNC marógép felújításának minősbiztosítási folyamatának Ishikawa diagramja [Saját forrás]

Állapot felmérés:

A CNC marógépet be kell indítani, hogy megállapíthatóak legyenek a problémák. Különös tekintettel kell figyelembe venni a meghajtáshoz szükséges tengelyek, csapágyak és kenőanyagok minőségi állapotát.

Villamosrendszer állapotfelmérés:

Meg kell vizsgálni, hogy az eredeti villamos motorok alkalmasak-e még a feladatuk ellátására. Megfelelő-e az áramfelvevő képességük, elegendő nyomatékot tudnak-e leadni, az encoder (forgó jeladó) megfelelően működik-e?

Új alkatrészek meghatározása:

Az állapotfelmérés után meg kell határozni, mely alkatrészek cseréje szükséges. Ezek után a megfelelő minőségi paramétereket kell meghatározni és ezek alapján lehet az új alkatrészeket kiválasztani.

Új villamoselemek meghatározása:

Az új villamosmotorok megfelelő kiválasztásához meg kell vizsgálni, hogy szinkron vagy aszinkron motorra van-e szükség, valamint az adott tengelynél meg kell határozni azt a minimum nyomatékot, amit a motornak le kell tudnia adni.

Pneumatikai rendszer felülvizsgálata, beállítása:

Meg kell vizsgálni, hogy a pneumatikus rendszer egyes elemei milyen minőségben dolgoznak. Amennyiben azt tapasztaljuk, hogy valamelyik alkatrész nem megfelelően dolgozik, azt cserélni kell, majd be kell állítani a rendszer paramétereit, hogy az adott géphez megfelelőek legyenek.

Rendszer tesztelése:

Amint a rendszer megfelelő alkatrészei ki lettek cserélve és minden beállítás helyes, tesztelni kell a CNC marógépet. Ezt legegyszerűbben egy erre a célra megírt CNC programmal lehet megoldani. Amennyiben a program lefutott és a megmunkált darab tökéletes minőségű, a CNC marógépet üzembe lehet helyezni.

7. Gazdasági számítás

A fentebb meghatározott alkatrészekre kalkulációt készítek, hogy lássam, hogy fognak alakulni a költségek.

A kalkuláció készítésekor az alkatrészek bruttó árával számolok, valamint a beszerzendő mennyiséggel. Ennek a két tényezőnek a szorzata fogja megadni az adott alkatrész beszerzési árát.

Megnevezés	Darabszám	Bruttó Ár
Golyós orsó + golyós anya	3 db	62 501 Ft/db
Egy soros mélyhornyú golyóscsapág	3 db	1348 Ft/db
Két soros ferdehatásvonalú golyóscsapág	3 db	5702 Ft/db
Csapágház	6 db	13 675 Ft/db
AC aszinkron szervó motor X, Y tengelyek	2 db	576 664 Ft/ db
AC aszinkron szervó motor Z tengely	1 db	338 033 Ft
AC aszinkron szervó motor Főorsó meghajtás	1 db	424 499 Ft
Pneumatikus nyomásszabályzó szelep	1 db	32 149 Ft
Összesen		2 238 712 Ft

7.1. ábra A CNC marógép felújításának gazdasági számításai

Egy új CNC marógép beszerzési költsége legkevesebb 10 000 000 Ft. Így látható, hogy a felújítás anyagilag jobban megéri.

A felújítás minőségi eredményét a legegyszerűbben egy megmunkáló programmal tudom ellenőrizni.

4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

22,50 ±0,02

7 ±0,02

15

7,50 ±0,02

15

26 ±0,02

40

12,00 ±0

24 ±0,02

30,00

3 ±0,02

R4

Ø4

Ø8H7

Ø6h7

R4

8,00

1

5

5 ±0,05

SECTION A-A

5 ±0,02

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TED

MATERIAL:

Aluminium

DWG NO.

Minta darab

A4

WGT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

72

A megmunkálási programot Siemens vezérlőben írtam:

```
N1 E_HEAD(272113663,-1,1,0.5,31,-41,-13,71,17,1,50,0,1,20,,1,7,0,0,1,,1);*RO*

N2 SOFTA(X,Y,Z)
;-----SIKOLAS-----
N3 E_CON("SIKOLAS",1,"E_LAB_A_SIKOLAS","E_LAB_E_SIKOLAS");*RO*
N4 E_MI_CON("SIKOLO_63_ROVID","NCKP_4",1,0.04,2,3000,1,1,0.5,90,0,90,0.5,0,0,0,0,41,0,0,0.1,0,0,0,91,,);*RO*

;-----ELOFURAS ES FURAS-----
N5 E_DR_SIN(1,0,0,"NCKP_4","FURO_4",1,0.08,3,3000,1,-1.6,91,0.5,1,8);*RO*

N6 E_DR_PEC(1,0,0,"FURO_4","NCKP_4",1,0.15,3,2500,1,40,-4.8,90,2.4,100,2,0,-1,0,0.3,100);*RO*

N7 E_P002: E_PS_SEQ(1,0,0,0,90,15,90,-32,90,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0);*RO*

N8 E_DR_SIN(1,0,0,"NCKP_4","FURO_4",1,0.08,3,3000,1,-1.6,91,0.5,1,8);*RO*

N9 E_DR_PEC(1,0,0,"FURO_4","MARO_8",1,0.15,3,2500,1,40,-10,90,2,100,2,0,-1,0,0.3,100);*RO*

N10 E_P001: E_PS_SEQ(1,0,0,0,90,7,90,-7.5,90,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0);*RO*

;-----NAGYOLAS-----
N11 E_CON("KULKONTUR",1,"E_LAB_A_KULKONTUR","E_LAB_E_KULKONTUR");*RO*

N12 E_MI_CON("MARO_8","MARO_4_NAGYOLO",1,0.05,2,18000,1,1,0,90,-9,90,9,0.1,0,0,0,41,0,0,0.1,0,0,0,91,,);*RO*

N13 E_CON("KIBONTAS",1,"E_LAB_A_KIBONTAS","E_LAB_E_KIBONTAS");*RO*

N14 E_CON("6H7",1,"E_LAB_A_6H7","E_LAB_E_6H7");*RO*
N15 E_CP_CO("MARO_4_NAGYOLO","MARO_6_NAGYOLO",1,0.04,2,18000,1,"202404091159110",129,,0,-5,90,20,2.4,0.1,0.2,30,0,0.02,0,1,,,,,0,,,,,1,,0,0,91);*RO*

;-----ATMERO 8H7 KORZSEB-----
N16 E_PO_CIR(4,0,0,"MARO_6_NAGYOLO","MARO_8",1,0.03,2,18000,1,1,1.2,2,0.5,0,90,-5,90,2.4,7,90,-7.5,90,8.008,0.1,0.2,9,15,20,1,1,1,2,91);*RO*
```

```
;-----NEGYSZOGZSEB-----
N17 E_PO_REC(4,0,0,"MARO_6_NAGYOLO","",1,0.05,2,18000,1,1,2,2,1,0,90,-5,90,2.4,0,15,90,-32,90,24,12,4,0,0.1,0.2,8,3,15,20,1,1,1,2,91);*RO*

N18 ;-----ATMERO 6h7 CSAP SIKJA-----
N19 E_CON("KICSISIK",1,"E_LAB_A_KICSISIK","E_LAB_E_KICSISIK");*RO*
N20 E_MI_CON("MARO_8","MARO_4",1,0.03,2,18000,1,1,0,90,-1,90,1,0,0,4,,40,0,0,0.1,0,0,0,91,,);*RO*

;-----SIMITAS-----
N21 E_CON("KULKONTUR",1,"E_LAB_A_KULKONTUR","E_LAB_E_KULKONTUR");*RO*

N22 E_MI_CON("MARO_8","",1,0.03,2,18000,1,1,0,90,-9,90,9,0,0,0,0,41,0,0,0.1,0,0,0,91,,);*RO*

N23 E_CON("KIBONTAS",1,"E_LAB_A_KIBONTAS","E_LAB_E_KIBONTAS");*RO*

N24 E_CON("6H7",1,"E_LAB_A_6H7","E_LAB_E_6H7");*RO*

N25 E_CP_CO("MARO_4","MARO_6",1,0.02,2,18000,1,"202404091235251",129,,0,-5,90,20,5,0.1,0,30,0,0.02,0,1,,,,,0,,,1,0,0,91);*RO*

N26 E_CON("KIBONTAS_SIMITAS",1,"E_LAB_A_KIBONTAS_SIMITAS","E_LAB_E_KIBONTAS_SIMITAS");*RO*

N27 E_MI_CON("MARO_4","",1,0.03,2,18000,1,1,0,90,-5,90,5,0,0,0,0,41,0,0,0.1,0,0,0,91,,);*RO*

N28 ;-----ATMERO 6h7 CSAP-----
N29 E_CON("6H7",1,"E_LAB_A_6H7","E_LAB_E_6H7");*RO*

N30 E_MI_CON("MARO_4","",1,0.03,2,18000,1,1,-1,90,-5,90,4,0,0,1,3,41,1,3,0.1,0,0,0,91,,);*RO*

;-----NEGYSZOGZSEB SIMITAS Z-BEN-----
N31 E_PO_REC(4,0,0,"MARO_6","LETORO_6_3",1,0.02,2,18000,1,1,2.5,2,1,0,90,-5,90,5,0,15,90,-32,90,24,12,4,0,0.05,0,8,3,15,45,1,1,1,2,91);*RO*

;-----NEGYSZOGZSEB SIMITAS-----
N32 E_PO_REC(4,0,0,"MARO_6","",1,0.02,2,18000,1,1,0.1,0,1,0,90,-5,90,5,0,15,90,-32,90,24,12,4,0,0,0,8,3,15,45,1,1,1,2,91);*RO*

N32 E_PO_REC(4,0,0,"MARO_6","",1,0.02,2,18000,1,1,0.1,0,1,0,90,-5,90,5,0,15,90,-32,90,24,12,4,0,0,0,8,3,15,45,1,1,1,2,91);*RO*

;-----ATMERO 8H7 KORZSEB SIMITAS Z-BEN-----
N33 E_PO_CIR(4,0,0,"MARO_6","",1,0.03,2,18000,1,1,2.5,2,0.5,0,90,-5,90,5,7,90,-7.5,90,8.008,0.05,0,9,15,20,1,1,1,2,91);*RO*

;-----ATMERO 8H7 KORZSEB SIMITAS-----
N34 E_PO_CIR(4,0,0,"MARO_6","",1,0.005,2,18000,1,1,0.1,0,0.5,0,90,-5,90,5,7,90,-7.5,90,8.008,0,0,9,15,20,1,1,1,2,91);*RO*

;-----LETORES-----
N35 E_CON("LETORES_KONTUR_1",1,"E_LAB_A_LETORES_KONTUR_1","E_LAB_E_LETORES_KONTUR_1");*RO*

N36 E_MI_CON("LETORO_6_3","",1,0.06,2,18000,1,1,0,90,-0.5,90,0.5,0,0,0,2,41,0,2,0.5,0,0,0,91,,);*RO*

N37 ;-----ATMERO 6h7 CSAP-----
N38 E_CON("6H7",1,"E_LAB_A_6H7","E_LAB_E_6H7");*RO*

N39 E_MI_CON("LETORO_6_3","",1,0.04,2,18000,1,1,-1,90,-1.8,90,0.8,0,0,1,3,41,1,3,0.1,0,0,0,91,,);*RO*

;-----NEGYSZOGZSEB SIMITAS-----
N40 E_PO_REC(4,0,0,"LETORO_6_3","",1,0.05,2,18000,1,4,0.1,0,1,0,90,-0.8,90,0.8,0,15,90,-32,90,24,12,4,0,0.5,0,8,3,15,45,1,1,1,2,91);*RO*

;-----ATMERO 8H7 KORZSEB SIMITAS-----
N41 E_PO_CIR(4,0,0,"LETORO_6_3","",1,0.04,2,18000,1,4,0.1,0,0.5,0,90,-0.8,90,0.8,7,90,-7.5,90,8.008,0.5,0,9,15,20,1,1,1,2,91);*RO*

N42 G0 G90 X0 Y0 Z200 ;#SM;*RO*
E_END(0,1,0);*RO*
```

M30

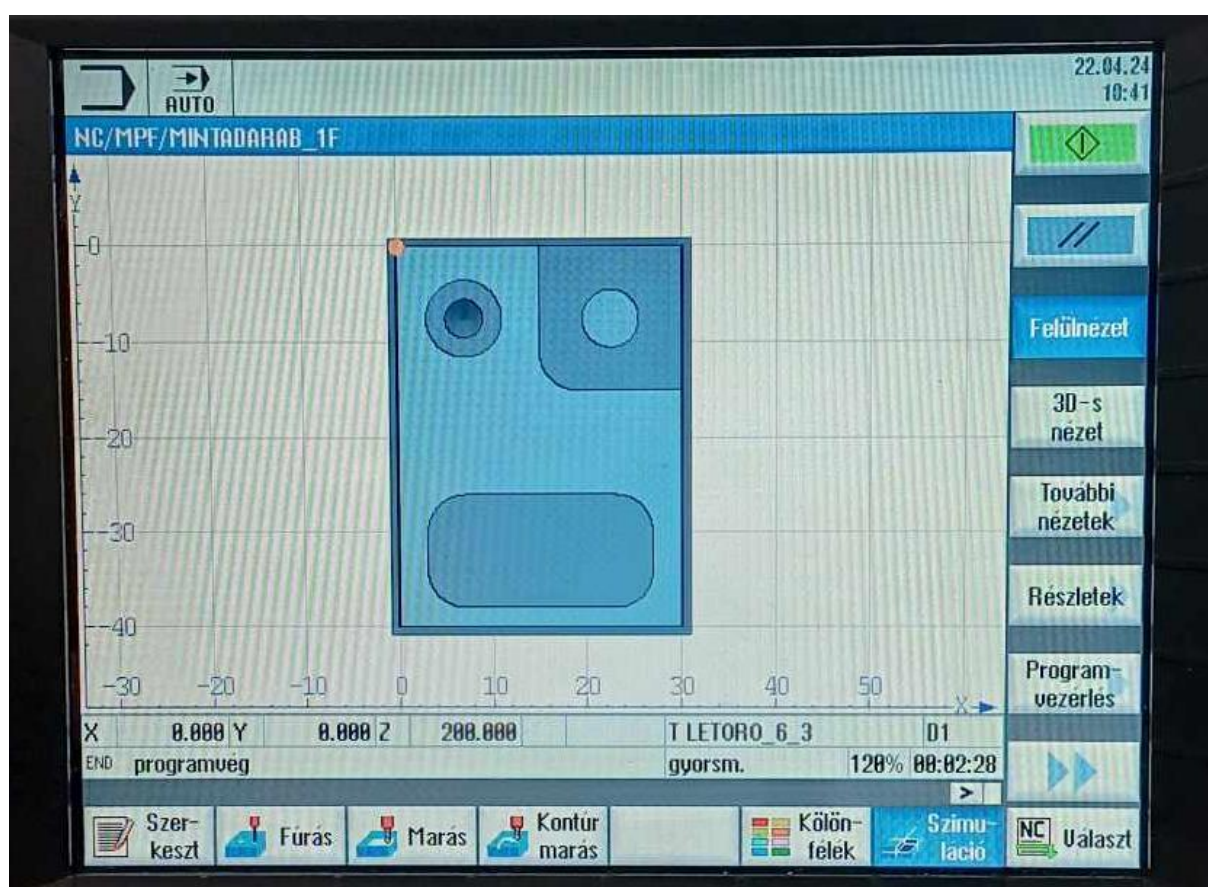
```
;#SM;*RO*
E_LAB_A_SIKOLAS: ;#SM Z:3
;#7_DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G17 G90 DIAMOF;*GP*
G0 X31 Y-45 ;*GP*
G1 Y5 ;*GP*
;CON,0,0.0000,0,0,MST:0,0,AX:X,Y,I,J,CYL:1,0,10,TRANS:1;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:31,EY:-45;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:5;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_SIKOLAS:
```

```
E_LAB_A_KULKONTUR: ;#SM Z:3
;#7_DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G17 G90 DIAMOF;*GP*
G0 X0 Y-45 ;*GP*
G1 Y0 ;*GP*
X30 ;*GP*
Y-40 ;*GP*
X-5 ;*GP*
```

```
;CON,0,0.0000,4,4,MST:0,0,AX:X,Y,I,J,CYL:1,0,10,TRANS:1;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:0,EY:-45;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:0;*GP*;*RO*;*HD*
;LR,EX:30;*GP*;*RO*;*HD*
;LD,EY:-40;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-5;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_KULKONTUR:
```

```
E_LAB_A_KIBONTAS: ;#SM Z:2
;#7_DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G17 G90 DIAMOF;*GP*
G0 X15 Y6 ;*GP*
G1 Y-15 RND=4 ;*GP*
X36 ;*GP*
Y6 ;*GP*
X15 ;*GP*
;CON,0,0.0000,4,4,MST:0,0,AX:X,Y,I,J,CYL:1,0,10,TRANS:1;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:15,EY:6;*GP*;*RO*;*HD*
;LD,EY:-15;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:4;*GP*;*RO*;*HD*
;LR,EX:36;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:6;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:15;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_KIBONTAS:
```

A CNC program megírása után lefuttattam egy szimulációt, hogy lássam minden paramétert jól adtam-e meg. Az eredmény a 8.2-es ábra mutatja. Ezek alapján megállapítható, hogy a megmunkáló program megfelelő lesz.



8.2. ábra CNC megmunkáló program szimulációs eredménye [Saját forrás]

9. Összefoglalás

Diploma munkámat a munkahelyemen a Pszilosz Kft.-nél írtam, ahol egy régi üzemen kívüli CNC marógép felújítását terveztem meg. Diploma munkám első részében irodalmi összefoglalást tettem a megmunkáló gépek fejlődéséről, valamint az megmunkáló szerszámokról. Ismertettem a CNC marók és a CNC eszterga gépek felépítését. Bemutattam a kenőanyagok fajtáit, lehetséges összetételeit, felhasználási területeit. Végül a szerszámgépek mechatronikai egységeit mutattam be.

A dolgozatom második részében az üzemen kívüli EMCO VMC 300 típusú CNC marógép problémáit tártam fel és kerestem rájuk lehetséges megoldásokat. Ezek folyamán az X, Y és Z tengelyek régi golyósorsói helyett határoztam meg az új orsókat és anyákat, figyelembe véve a pozicionálás különös fontosságát.

Ezek után a megfelelő csapágyazásokat választottam ki, valamint az ezekhez szükséges megfelelő minőségű kenőzsírokat határoztam meg. Ezek után a tengelyek meghajtásáért felelős villamos motorokat választottam ki, nagy körültekintéssel a megfelelő forgatónyomatékú motorokat szem előtt tartva, hogy a hajtások élettartama megfelelő gazdaságossági körülmények között minél tovább tartson.

Végül a CNC marógép mechatronikai egységét vizsgáltam felül, ahol is a nyomásszabályozó szelep szükséges cseréjét állapítottam meg. A pneumatikus rendszer megfelelő beállításait FluidSIM szoftver segítségével állítottam be.

A gazdasági számítást elvégezve megállapítottam, hogy a felújítás költségek szempontjából javasolt, lényegesen olcsóbb, mint egy új gép vásárlása.

A minőségbiztosításon belül meghatároztam az egyes felújítási lépések sorrendjét, valamint, hogy milyen részletekre kell odafigyelni a felújítás maximális kivitelezése céljából.

Legvégül a CNC szerszámgép megfelelő felújítását ellenőrizendő egy CNC megmunkáló programot írtam, különös tekintettel arra, hogy ellenőrizzem, hogy a golyósorsók, és a villamoshajtások megfelelőek-e, minimális mozgástartományt írtam elő a mintadarab méreteihez.

10. Summary

I wrote my thesis at my workplace at Pszilosz Kft., where I planned the renovation of an old out-of-service CNC milling machine. In the first part of my thesis, I made a literary summary of the development of machining machines and machining tools. I explained the construction of CNC milling machines and CNC turning machines. I presented the types of lubricants, their possible compositions, and their areas of use. Finally, I presented the mechatronic units of the machine tools.

In the second part of my thesis, I explored the problems of the decommissioned EMCO VMC 300 CNC milling machine and looked for possible solutions. During these, I defined the new spindles and nuts instead of the old ball screws of the X, Y and Z axes, taking into account the special importance of positioning.

After that, I selected the appropriate bearings and determined the appropriate quality greases required for them. After that, I selected the electric motors responsible for driving the axles, with great care keeping in mind the motors with the right torque, so that the service life of the drives lasts as long as possible under suitable economic conditions.

Finally, I reviewed the mechatronic unit of the CNC milling machine, where I determined that the pressure control valve needed to be replaced. I set the appropriate settings of the pneumatic system using FluidSIM software.

I took into account the economic calculation that it is significantly cheaper to buy a new machine in terms of renovation costs.

Quality assurance determines the order of the individual renovation steps, as well as what details must be paid attention to in order to achieve maximum renovation.

Finally, I wrote a CNC machining program to check the proper renovation of the CNC machine tool, especially to check whether the ball screws and electric drives are correct, I prescribed a minimum range of motion for the dimensions of the sample piece.

11. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

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

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

Kelt: 2024 év 04 hó 11 nap

Keri Gábor
Hallgató

NYILATKOZAT

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

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

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

Kelt: Gödöllő 2024. év április hó 12. nap

Dr. Kovács Anikó

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A KÉRI GÁBOR (név) (hallgató Neptun azonosítója: FM81BF) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő 2024. év április hó 12. nap

Dr. Kéri Gábor

Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

12. Irodalomjegyzék

- [1] „<https://www.hermantools.hu/>,” [Online]. Available: <https://www.hermantools.hu/blog/hss-furosarak-hogyan-tajekozodjunk>.
- [2] „<https://perfor.hu/>,” [Online]. Available: <https://perfor.hu/kemenyifem>.
- [3] Z. László, Integrált gyártórendszerek.
- [4] „<https://schantzfab.com/>,” [Online]. Available: <https://schantzfab.com/cnc-machining/cnc-milling/>.
- [5] „<https://www.cnc.hu/>,” [Online]. Available: <https://www.cnc.hu/2014/11/a-foorsok-nyomaban-iii-konstrukcio/>.
- [6] S. L. —. K. Balázs, TRIBOLÓGIA ALAPJAI.
- [7] „<https://www.optimum-hungaria.hu/>,” [Online]. Available: (<https://www.optimum-hungaria.hu/termek/esztergagep/cnc-esztergagep/y-tengelyes-cnc-esztergagep/force-one-fcl-25y-y-tengelyes-cnc-eszterga-gep.html>).
- [8] „<https://www.engineering.com/>,” [Online]. Available: <https://www.engineering.com/story/an-engineers-guide-to-cnc-turning-centers>.
- [9] „<https://www.stuermer-maschinen.de/>,” [Online]. Available: <https://www.stuermer-maschinen.de/metallbearbeitung/metallbearbeitungsmaschinen->.
- [10] CNC alapismeretek Korszerű CNC vezérlésű gépek felépítése, BGK-AGI, 2013.
- [11] „<https://hu.rs-online.com/>,” [Online]. Available: <https://hu.rs-online.com/web/p/golyoscsapagyak/2600735>.
- [12] MILLTAP 700, SIEMENS 840D; Műszaki dokumentáció-Mechanikus rendszer, DMG.
- [13] „pszilosz.hu,” [Online]. Available: pszilosz.hu.
- [14] „Pneumatikus rendszerek felépítése”.

-
- [15] „Bevezetés a Hidraulikába”.
- [16] „Ball screw (PDF)”.
- [17] „thk.com,” [Online]. Available: thk.com.
- [18] „SKF főkatalógus”.
- [19] „orientalmotor.com,” [Online]. Available: <https://www.orientalmotor.com/servo-motors/technology/servo-motor-overview.html>.
- [20] „https://www.nemesgszi.hu/components/docs/MM_Forgojeladok.pdf”.
- [21] „www.e-motionsupply.com,” [Online]. Available: https://www.e-motionsupply.com/40_60_80_Flange_absolute_encoder_with_brake_p/f-type-with-brake.htm.
- [22] „www.ato.com,” [Online]. Available: <https://www.ato.com/3-5-kw-ac-servo-motor>.
- [23] „china-yinda.en.made-in-china.com,” [Online]. Available: <https://china-yinda.en.made-in-china.com/product/KwyExiFvrJck/China-3-7kw-20000r-Min-Main-Spindle-Motor.html>.
- [24] „Festo,” [Online]. Available: <https://www.festo.com/hu/hu/>.
- [25] „RS-online,” [Online]. Available: <https://hu.rs-online.com/web/p/dugattyurudas-pneumatikus-munkahengerek/4802197>.
- [26] „jxpc-machinery.com,” [Online]. Available: <https://www.jxpc-machinery.com/pneumatic-cylinder/rotary-cylinder/rotating-air-cylinder.html>.
- [27] B. B. K.-H. A. D. K.-C. T. M. A. N. Á. D. P. I. S. Z. D. Z. L. D. Bagyinszki Gyula Dr., Anyagtechnológiák, H.n: Typotex Kiadó, 2012.
- [28] K. G. K.-H. A. Z. L. Fledrich G., Gépgyártástechnológia, Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, 2016.
- [29] K.-H. A. P. T. I. Z. L. Fledrich G., Mechanikai technológiák, Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, 2017.

-
- [30] K.-H. A. S. Z. D. Z. L. Kakuk Gy., Gyártástervezés, Budapest: Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet, 2008.
- [31] K.-H. A. S. Z. Z. L. Kakuk Gy., Forgácsoló eljárások tervezése, Budapest: Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet, 2008.
- [32] L. Zsidai, G. Kakuk, A. Kári-Horváth, Z. Szakál és Pálinkás, Előgyártmány és képlékeny alakítási tervezési gyakorlat, I (szerk.), Budapest, Magyarország: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet (NSZFI) (), 9 p. ISBN: 9789637469992 , 2008.
- [33] .. P. T. I. Kári-Horváth A., Szerszámok és készülékek, Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, 2017.
- [34] D. P. L. S. L. D. Z. L. Kári-Horváth A., Gépgyártástechnológia példatár és segédlet, Gödöllő: Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, 2006.
- [35] A. Kári-Horváth és T. Pataki, Analysis of temperature in different cooling methods.
- [36] A. Kári-Horváth és I. Valasek, Minimálkenés jelentősége a forgácsolásban, TECHMONITOR 1 : 2 pp. 22-24. Paper: ISSN2062-9044 , 3 p. (), 2011.
- [37] I. Valasek és K.-H. A, The action mechanism of minimum lubrication and the increase of its efficiency, TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK 58 : 3 pp. 34-47. , 14 p. (), 2011.
- [38] A. Kári-Horváth és I. Dr. Valasek, Demand of Energy for Chip Removal, MATERIALS SCIENCE FORUM 659 pp. 489-497. , 9 p. , 2010.
- [39] A. Kári-Horváth, T. I. Pataki, Á. Sarankó és N. .: Szilágyi, A forgácsolóüzemek emulziókezelési "kaputól-kapuig" technológiájának felülvizsgálata.
- [40] K.-H. A, A forgácsolásnál alkalmazott minimálkenés (MMS) hatásmechanizmusa.

Ábrajegyzék

3.1. ábra A forgácsolási sebesség változása az elmúlt 200 évben (Forrás: [3]).....	8
3.2. ábra Forgácsolási sebesség növekedése miatti szerszám és szerszámgép követelmények (Forrás: [3])	9
3.3. ábra Megmunkálási pontosság növekedése különböző technológiák esetén (Forrás: [3])	10
3.4. ábra 2 tengelyes CNC eszterga (Forrás: [10]).....	12
3.5. ábra: 3 tengelyes CNC eszterga (Forrás: [11])	12
3.6. ábra Ellenorsós CNC eszterga elvi konstrukciója (Forrás: [12])	13
3.7. ábra Gördülő orsó-anya pár (Forrás: [13]).....	14
3.8. ábra 3 Tengelyes marógép (Forrás: [4]).....	15
3.9. ábra 4 Tengelyes marógép (Forrás: [4]).....	15
3.10. ábra 5 tengelyes marógép (Forrás: [4]).....	16
3.11. ábra Főorsó direkt hajtás (Forrás: [7])	17
3.12. ábra Főorsó meghajtása szíjhajtással (Forrás: [7]).....	18
3.13. ábra Mélyhornyú golyóscsapágy (Forrás: [14]).....	23
3.14. ábra Csapágy utánkenési diagram (Forrás: [8])	25
3.15. ábra Kenőolaj viszkozitás meghatározása (Forrás: [8]).....	27
3.16. ábra Pneumatikus rendszer általános felépítése [17]	28
3.17. ábra Sűrített levegőt előállító egység elvi felépítése [17].....	28
Légszűrő:.....	29
3.18. ábra Gombnyomásos, rugóvisszahúzásos 5/2-es pneumatikus szelep [16].....	30
3.19. ábra Fojtó [17].....	30
3.20. ábra Visszacsapó szelep [17]	30
3.21. ábra Egyszeres működésű munkahenger [17].....	31
3.22. ábra Kettős működésű munkahenger [17]	31
4.1. ábra 3 tengelyes EMCO típusú CNC maró [15]	32
5.1. ábra Hajtások általános felépítése [19]	34
5.2. táblázat Az X és Y tengelyek meghatározásához szükséges paraméterek	35
5.3. ábra A görgősorsó minőségének meghatározása [19]	36

5.4. ábra Axiális hézag kiválasztása [19].....	37
5.5. ábra Golyós anya rajza és adatai [19]	39
5.6. ábra Golyósorsó rögzítési lehetőségei [20].....	40
5.7. ábra X, Y tengelyek rajza és adatai [20]	42
5.8. táblázat A Z tengely meghatározásához szükséges paraméterek.....	42
5.9. ábra Z tengelyhez tartozó golyósanya rajza és adatai [19]	44
5.10. ábra Z tengely rajza és adatai [20]	45
5.11. ábra Golyósorsó csapágyazás [19].....	46
5.12. ábra Két soros ferdehatásvonalú golyóscsapágy rajza és adatai [21]	48
5.13. ábra Egysoros mélyhornyú golyóscsapágy rajza és adatai [21].....	49
5.14. ábra BKN25 csapágyház rajza és adatai [19]	50
5.15. ábra BFN25 csapágyház rajza és adatai [19]	51
5.16. ábra Z tengelyhez tartozó két soros ferdehatásvonalú csapágy rajza és adatai [21]	52
5.17. ábra Z tengelyhez tartozó egysoros mélyhornyú csapágy rajza és adatai [21].....	53
5.18. ábra BKN15 típusú csapágyház rajza és adatai [19].....	54
5.19. ábra BFN15 típusú csapágyház rajza és adatai [19]	55
5.20. ábra AC aszinkron szervó motor általános felépítése [22]	59
5.21. ábra Forgó jeladó elvi felépítése [23]	60
5.22. ábra APM-FF44GMK2 típusú AC aszinkron villamos motor [24].....	61
5.23. ábra APM-FF44GMK2 típusú villamos motor műszaki rajz [24].....	62
5.24. ábra APM-FF44GMK2 típusú AC aszinkron motor műszaki adatai [24].....	62
5.25. ábra ATO150CST-M18020 típusú AC aszinkron szervó motor [25].....	63
5.26. ábra ATO150CST-M18020 típusú AC aszinkron motor műszaki rajz [25].....	64
5.27. ábra ATO150CST-M18020 AC aszinkron motor műszaki adatai [25].....	64
5.28. ábra KZG1503020203R7 modellszámú Főorsó motor [26]	65
5.29. ábra KZG1503020203R7 villamos motor műszaki paraméterei [26].....	66
5.30. ábra Pneumatikus nyomásszabályozó szelep [27]	67
5.31. ábra Pneumatikus munkahenger [28].....	67
5.32. ábra Pneumatikus forgatóhenger [29]	67
6.1. ábra A CNC marógép felújításának minőségbiztosítási folyamatának Ishikawa diagramja [Saját forrás].....	69

7.1. ábra A CNC marógép felújításának gazdasági számításai.....	71
8.1. ábra Minta darab műszaki rajz [Saját forrás]	72
8.2. ábra CNC megmunkáló program szimulációs eredménye [Saját forrás].....	76

13. Köszönet nyilvánítás

Köszönetet mondok dr. Kári-Horváth Attila egyetemi docens Tanár Úrnak a belső konzulensi feladat elvállalásáért, a hasznos javaslatokért, iránymutatásokért, amiket a diploma munkám készítése során adott, valamint a magas szintű oktatói tevékenységéért, amivel hozzájárult a Gépészmérnöki tanulmányaimhoz.

Köszönetet mondok Pszilosz György Úrnak a Pszilosz Kft. tulajdonos, ügyvezető igazgatójának, hogy elvállalta a külső konzulensi feladatot, és hogy biztosította a diploma munkám tárgyát, valamint a mély szakmai beszélgetésekért, amelyek során hasznos ötleteket adott feladatom sikeres elvégzéséhez.

Valamint köszönetet mondok csodálatos feleségemnek Ténta Anikónak, a támogatásáért, végtelen türelméért az MSc tanulmányaim során, és azért a háttérországért, amit biztosított nekem. Elképzelni se tudom, hogy végeztem volna el az Egyetemet nélküle.

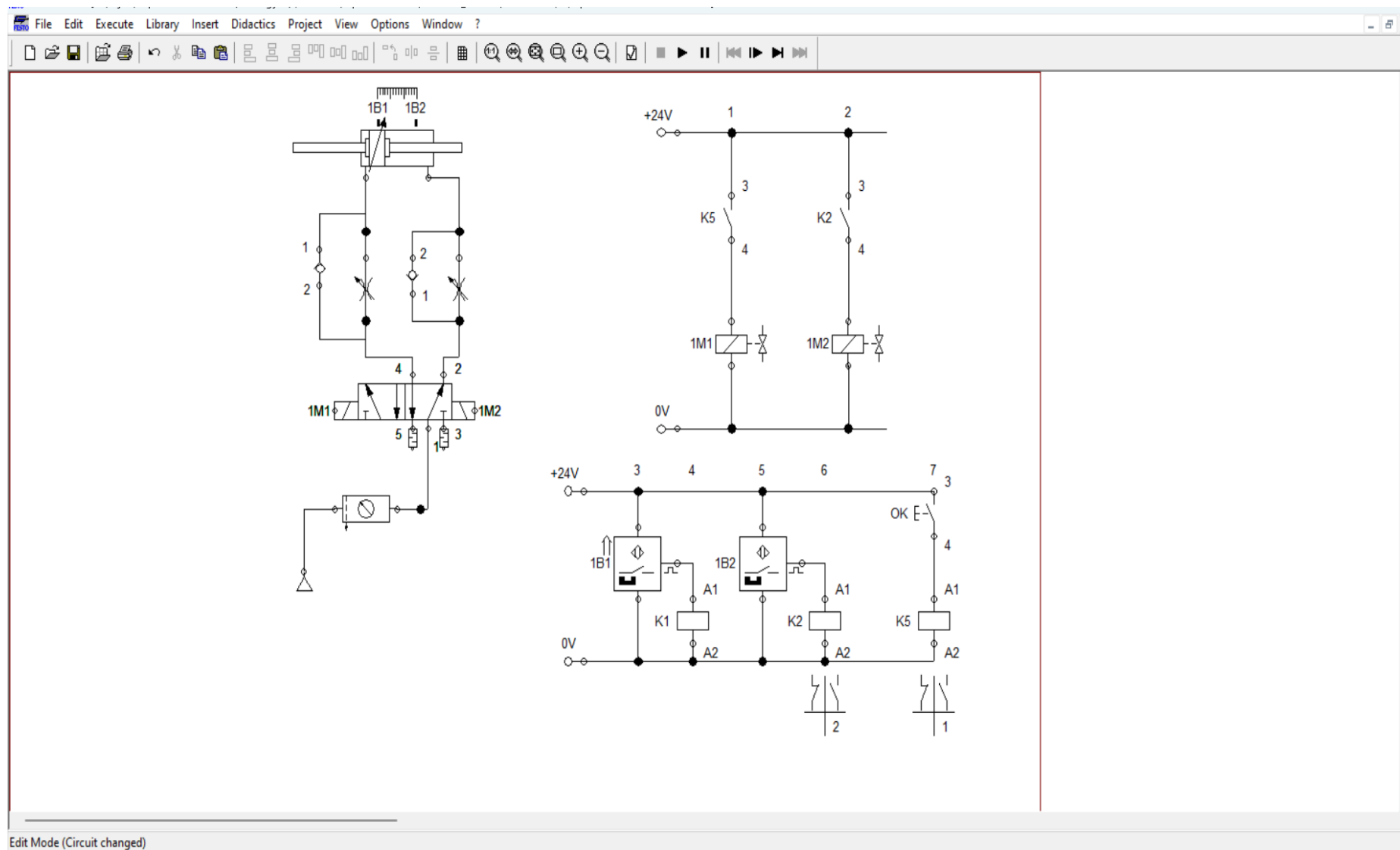
14.Mellékletek

[14.1] Pneumatikus szerszámcserélő kar kapcsolási rajza [Saját forrás]

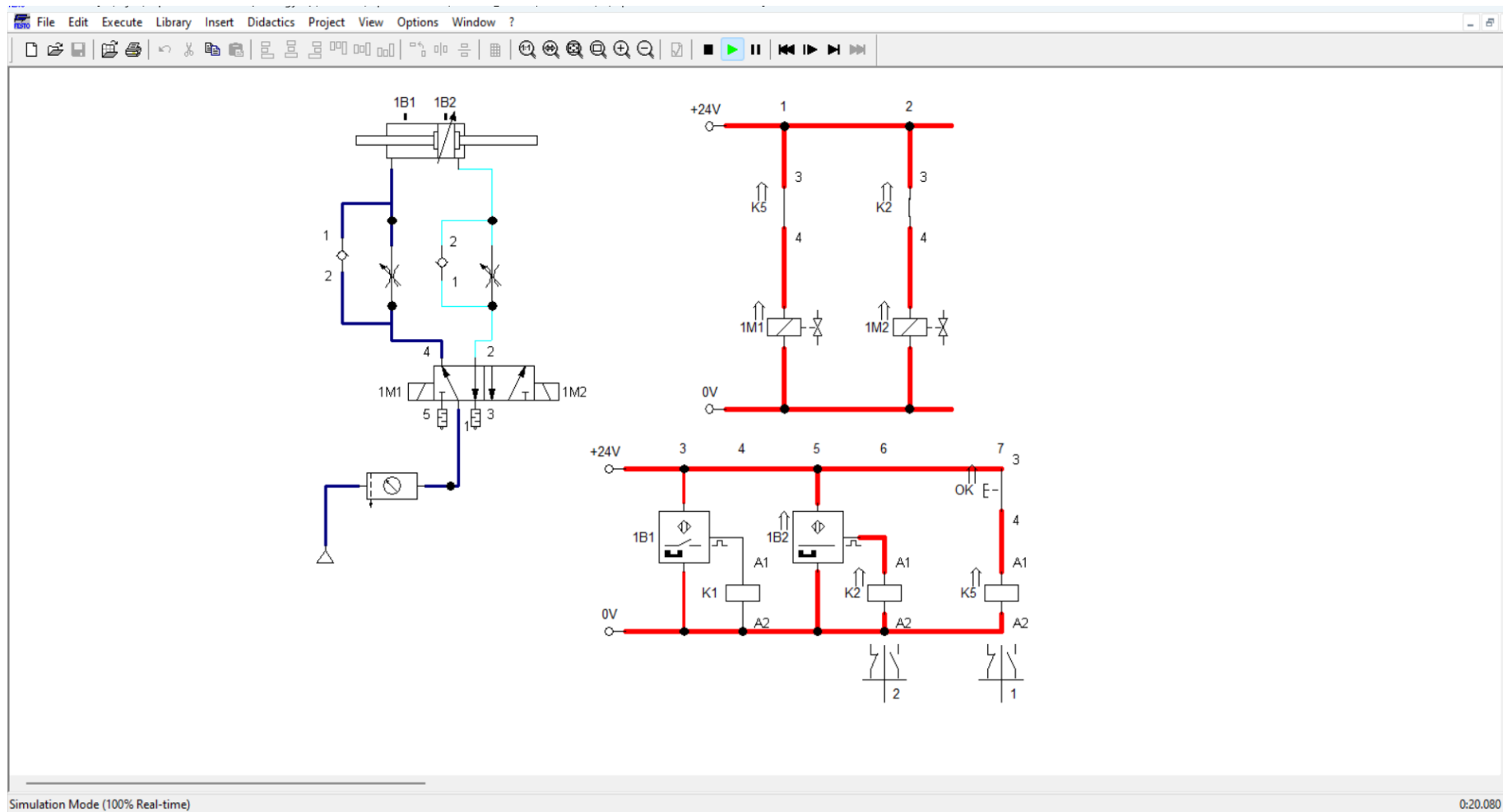
[14.2] Pneumatikus szerszámcserélő kar munkájának első fázisa [Saját forrás]

[14.3] Pneumatikus szerszámcserélő kar munkájának második fázisa [Saját forrás]

14.1. Melléklet



14.2. Melléklet



14.3.Melléklet

