

Nyugat – Magyarországi Egyetem  
**Faipari Mérnöki Kar**  
Gépészeti Intézet

## **CNC felsőmarógép tervezése és építése**

Intézeti konzulens:

Prof. Dr. Varga Mihály  
egyetemi tanár

Dr. Csanády Etele  
egyetemi docens

Külső konzulens:

Tóth Tibor  
Igazgató  
Tóth Művek

A szakdolgozat készítője:

Vincze Sándor  
IV.évf. lev. Faipari mérnök hallgató

# Tartalom

<b>Tartalom</b> .....	2
<b>Feladatkiírás</b> .....	4
<b>Bevezetés</b> .....	5
<b>1.Az automata gépek története</b> .....	6
Kempelen Farkas.....	7
Joseph M. Jacquard.....	8
Európai megjelenés.....	9
ERI 250 pályavezérlésű eszterga.....	10
EEN 320 CNC eszterga.....	11
<b>1.1 Kisméretű CNC maró- és gravírozó gépek fejlődése</b> .....	12
EMCO F1 CNC marógép.....	13
EMCO VMC 100 CNC marógép.....	14
EMCO COMPACT 5 CNC eszterga.....	14
EMCOTURN 120P CNC kiseszterga.....	15
DAVID CNC kiseszterga.....	17
MINITURN CNC kiseszterga.....	18
SYL U2 CNC marógép.....	19
<b>1.2 A CNC gépeket építő fő alkatrészek és vezérlések áttekintése</b> .....	20
Gépváz.....	20
Lineáris vezetékek.....	21
Lineáris mozgást biztosító berendezések.....	23
Meghajtómotorok.....	27
Elmozdulást mérő berendezések.....	28
Vezérlők.....	31
<b>1.3 A Tóth Művek története kezdetektől napjainkig</b> .....	33
<b>2. Egyedi készítésű CNC marógép tervezése</b> .....	36
Méretezés .....	41
A felső gerenda méretezése.....	42
Az X tengelyen lévő lineáris kocsik méretezése .....	45
Az x tengelyen lévő lineáris kocsikra ható forgatónyomatékok számítása .....	47
A felső gerendán lévő lineáris kocsik méretezése .....	48

Az oldalsó konzol hajlításra történő méretezése .....	48
A z tengely lineáris vezetékeinek méretezése .....	50
A motortartó egység méretezése hajlításra .....	50
Az X tengely golyósorsójának méretezése .....	52
Az X és az Y tengely golyósorsójának forgatásához szükséges forgatónyomatékok megállapítása .....	53
A z-tengely golyósorsójának a méretezése .....	54
Az X és Y tengely golyósorsójának csapágyválasztása.....	54
A z-tengely golyósorsójának a csapágyválasztása.....	55
Tervezés .....	56
<b>3. Egyedi készítésű CNC marógép megépítése.....</b>	<b>58</b>
Gépváz készítése.....	59
X tengely elkészítése.....	60
Y tengely elkészítése.....	61
Oldalsó konzolok kialakítása.....	62
Golyósorsó egység összeállítása.....	63
Az első próbaüzem.....	65
Végleges összeszerelés.....	66
Z tengely szerelése.....	67
Vezetékezés.....	68
Vezérlő bekötése.....	69
<b>3.1 A CNC marógép beüzemelése .....</b>	<b>71</b>
Alkatrészek rögzítése.....	72
Használt vezérlő programok.....	73
Próbamarások.....	75
<b>3.2 Pontossági mérés .....</b>	<b>77</b>
<b>3.3 Műszaki paraméterek.....</b>	<b>82</b>
Összefoglalás.....	83
Köszönetnyilvánítás.....	84
Felhasznált irodalom.....	85
<b>Melléklet.....</b>	<b>87</b>

## Feladatkírás



## Bevezetés

A szerszámgépgyártás fejlődése során a mérnökök folyamatosan törekedtek arra, hogy minél termelékenyebb és kevesebb élőmunkát igénylő gépeket, berendezéseket fejlesszenek ki. Ezek a gépek eleinte félautomata berendezések voltak, majd NC, CNC gépekké fejlődtek, így létrehozva egy teljesen új gépgyártási technológiát.

Szakdolgozatom első részében röviden az automata gépek történetét tekintem át, majd bővebben a kisméretű CNC felsőmarógépek és gravírozó gépek kialakulásával, szerkezeti felépítésével és jelenlegi helyzetével folytatom. Ismertetem a CNC gépeket építő fő részeket, azok fejlődését.

Az első rész mintegy lezárásul egy több mint negyed évszázada működő vállalkozást mutatok be, mert ennek a vállalkozásnak a fejlődésén keresztül jól lehet érzékeltetni a CNC technológia hazai alakulását.

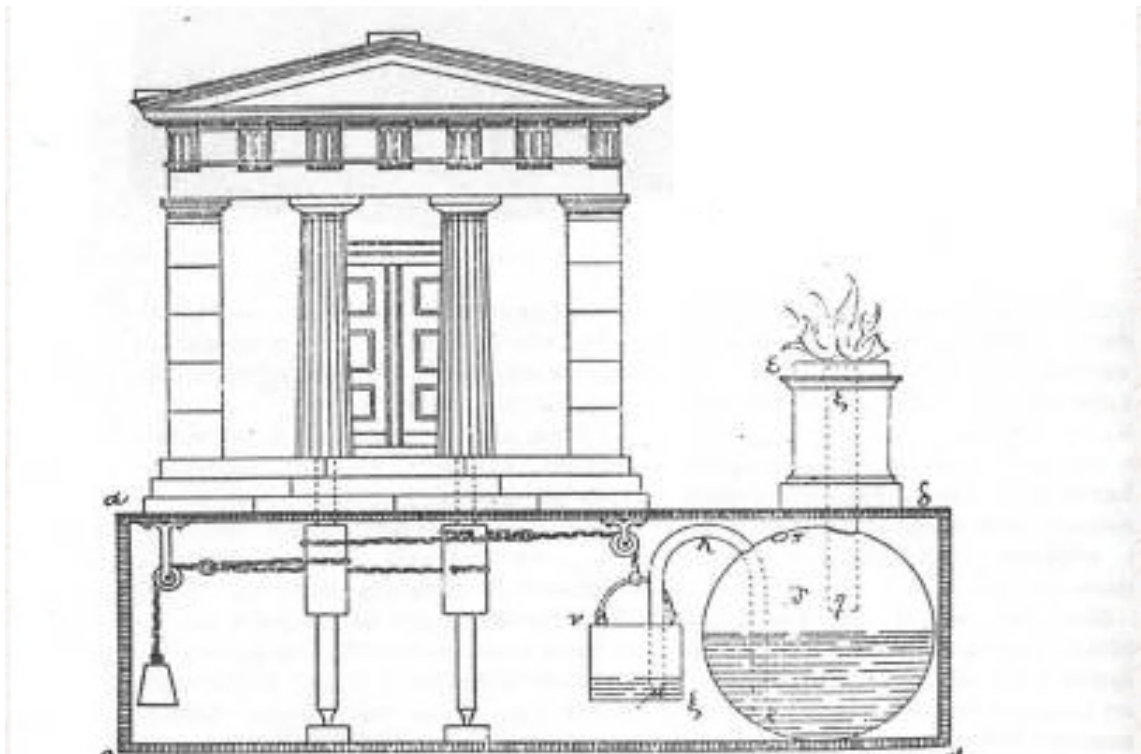
Szakdolgozatom második részében egy kisebb CNC felsőmarógépet tervezek, ismertetem a tervezés fő szempontjait, a kivitelezhetőség módjait. Leírom a szerkezeti megoldások lehetőségeit és hogy választásom miért az éppen alkalmazott módra esett. A szerkezetet AUTODESK INVENTOR programmal rajzolom meg, a rajzok egy részét a terjedelem miatt mellékletként csatolom.

A harmadik fő rész a megvalósításról és az üzembe helyezésről szól. Az építés egyes munkafázisairól fényképeket készítek, befejezésül pedig leírom a tapasztalatokat a gépépítésről, és arról is beszámolok, illetve fényképekkel illusztrálom, hogy milyen műveletekre lehet majd használni az általam készített gépet.

# 1. Az automata gépek története

Az automata gépek kifejlesztésének igénye szinte a történelemmel egyidős. A kutató-fejlesztő emberek folyamatosan törekedtek olyan berendezések létrehozására, ami emberi beavatkozás nélkül tud bizonyos munkafolyamatokat elvégezni. Később, ahogy nőttek a gyártandó mennyiségek, egyre termelékenyebb gépekre volt szükség, amelyek eleinte másoló berendezések voltak, később számítógép-vezérelt gépekké fejlődtek. Ehhez az automatikus működéshez valamiféle vezérlés és meghajtás szükségeltetett, ezt a technika történetét tekintve túlnyomórészt mechanikus úton valósították meg, csak az elmúlt kb. fél évszázadban oldották meg ezt elektronikus módon. A vezérlő szerkezet eleinte fogaskerekekből, bütykös tárcsákból álló mechanizmusok voltak, később ezt fogaskerék áttételekkel kombinálták.

Az alexandriai Héron az I. században mechanikus baglyot és éneklő madarat épített. Legismertebb azonban a kapunyitó automatája, ebben a meleg levegő kiterjedését kombinálta a folyadékok összenyomhatatlanságával, így vezérelve a kapunyitó mechanizmust (**1. ábra**).

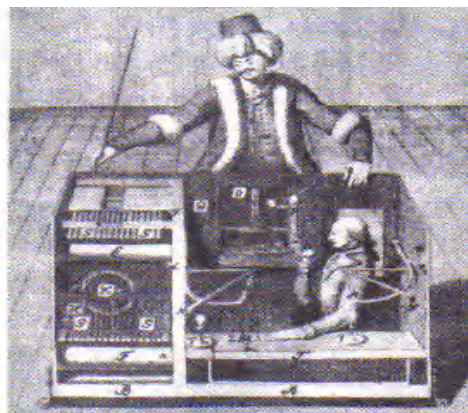


1. ábra Héron kapunyitó automatája

**Kempelen Farkas** legérdekesebb találmányát 1769-ben készítette el, ami egy sakkozó „automata” volt. A mozgatórugó felhúzása után mindig a bábu kezdte el a játékot. Az asztal 150 x 66 x 117 cm méretű zárt szerkezet volt, amin ajtók voltak azért, hogy meg tudja mutatni a közönségnek a berendezés szerkezeti elemeit (**6. ábra**). Ezeket az ajtókat kinyitva fogaskerekeket, huzalokat és mechanizmusokat lehetett látni. Valószínű, hogy egy ember rejtőzködött a szerkezetben, ő vezérelte, mozgatta a bábút (**7. ábra**). Kempelen találmányával egy olyan pantográfot készített, ami a térben három irányban tudott mozgást végezni, azaz 2,5 szabadságfokú volt. Attól függően, hogy a térben milyen irányokban tud elmozdulni egy szerkezet, megkülönböztetünk 2,3,4,5,6 szabadságfokú berendezéseket. Ha valamelyik tengely nem képes a többivel szinkronmozgásra, akkor az a tengely  $\frac{1}{2}$  D-s. Ha 3 szabadságfokú a berendezés, akkor a koordináta rendszerben három irányban végez mozgást x, y és z irányban és mindhárom tengely mentén képes egymással szinkronban elmozdulni. Hogy ezekből a tengelyekből mennyi mentén képes még rotációs mozgásra, vagyis az adott tengely mentén történő fordulásra, eggyel nő a szabadságfokok száma. Az emberi kéz a legtökéletesebb „automata”, hat szabadságfokkal rendelkezik. Ezt a 2,5 szabadságfokú mozgást optikai-mechanikai szerkezetekkel oldotta meg, és ezeket tükrök mögé rejtette, s bár sokan próbálták megfejteni a gép titkát, a benne rejtőzködő embert nem találták meg, sőt még a sakkjátszmák többségét is megnyerte.



**6. ábra** A „sakkozó török” nyitott ajtókkal



**7. ábra** Lehetséges működése a gépnek

**Joseph M. Jacquard** francia selyemszövő 1808-ban a mechanikus szövőszék irányítására lyukkártyákat használt. A szövőszéken (8. ábra) platina tűk mozogtak egy fagömbben kialakított furatban, a tűk és a fagömb között volt a lyukkártya. Azok a tűk, amelyek helyén, a lyukkártyán lyukak voltak, behatolnak a fába, így a fonalakat a lyukaknak megfelelő sorrendben emelik fel. Ezzel megszületett a cserélhető adathordozó (9. ábra).



**8.ábra Joseph M. Jacquard szövőszéke**

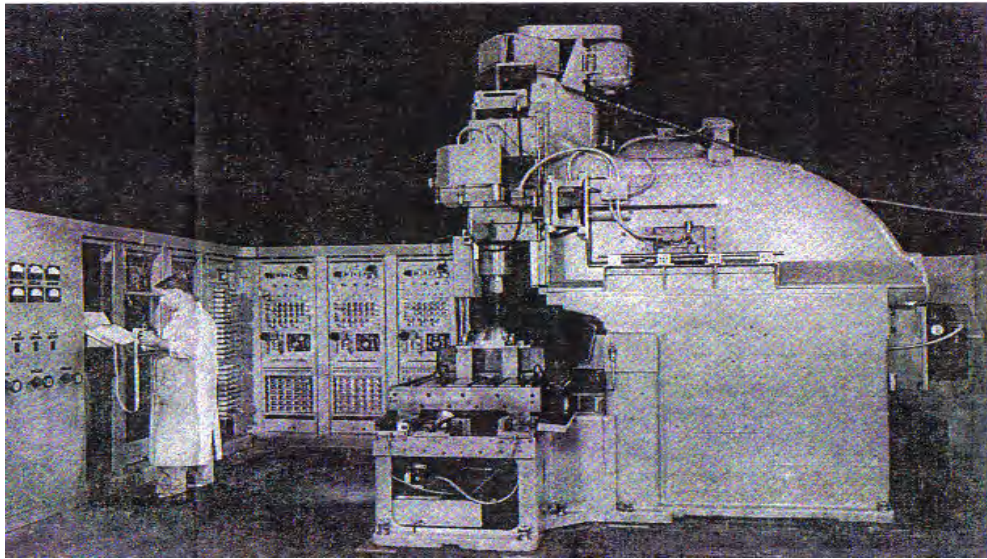


**9.ábra Az eredeti lyukkártyák**

C. E. Shannon 1938-ban doktori disszertációjában mutatott rá, hogy a gyors adatátvitel csak bináris formában lehetséges, Shannon dolgozta ki a mai számítógépek alapelveit.

Az első NC (Numerical Control) gép az USA-ban jelent meg 1949-52-ben. Az USA légierije megbízta a Massachusetts Institute of Technology-t, hogy az aerodinamikai profilok gyártására számjegyvezérlésű marógépet fejlesszen ki. Ezt a marógépet 1957-ben mutatták be, és bonyolult alkatrészeket tudtak vele elkészíteni a korábbi másolási

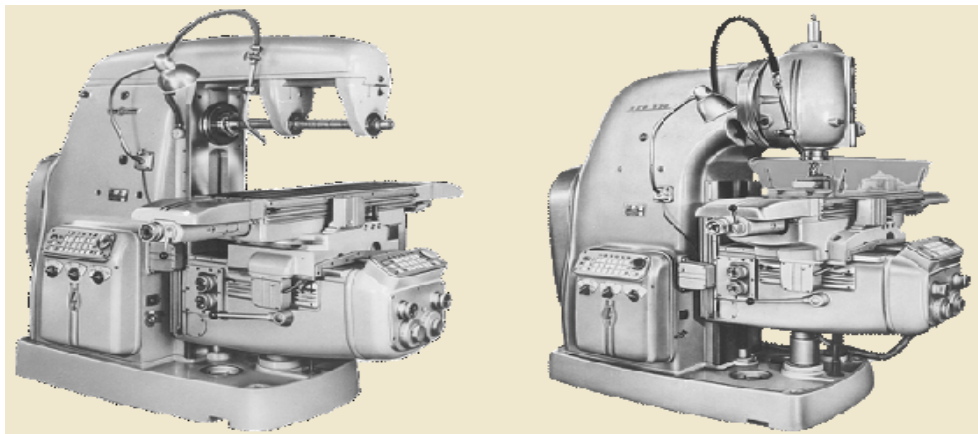
eljárások helyett. **(10. ábra)** Az elérendő pálya adatait lyukkártyákon tárolták és az adatok beolvasása automatikus volt. A beolvasott helyzeteket folyamatosan adta ki és a közbenső értékeket számította. A tengelyeket szervo motorok mozgatták.



**10. ábra Az első numerikusvezérlésű marógép (MIT)**

Európában az 1960-1970-es években jelentek meg az amerikai gyártású NC-gépek, addig másoló eljárással készítették a munkadarabokat. Ekkorra datálható hazánkban is az NC gépek megjelenése. 1959-ben a Csepeli Szerszámgépgyárban kezdték sorozatban gyártani a program vezérelt marógépeket, amelyek egy síkban programvezérléssel ciklusmarásra és ingamarásra voltak alkalmasak, ezek a MUP-320 és a MFP-320 típusjelűek voltak **(11. ábra)**.

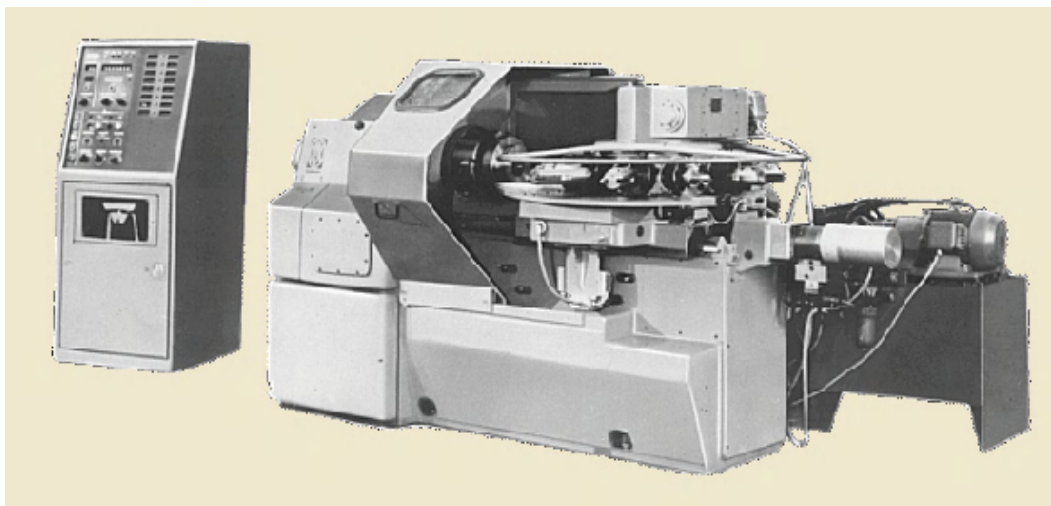
Ezt a géptípust lyukkártyás programvezérléssel is szállította a gyár (MUL-320 és MFL-320), a gép negyven művelet elvégzésére volt alkalmas a lyukkártyáknak megfelelő utasítások alapján.



**11. ábra A Csepeli Szerszámgépgyár MUP-320 egyetemes-, és MFP-320 függőleges konzolos programvezérlésű marógépe**



Az első működő magyar NC gép az ERS-200 szakaszvezérlésű eszterga volt, Grundig vezérléssel, amit az 1960-as BNV-n mutattak be először, és 1966-tól kezdődött a gyártása. Ezt a gépet, mint az elkövetkező több hasonló és tovább fejlesztett NC gépet is Csepeli Szerszámgépgyár gyártotta. Ekkor kezdték el gyártani a golyós orsókat és golyós anyákat Csepelen. Ezeket a gépeket minden ország a saját vezérlőjével akarta megvásárolni, ezért ezt a gépet igen sokféle vezérlővel gyártotta a vállalat. 1969-ben elkészítették az ERS-200 rövideszterga lyukkártyás változatát ETL-200 típusjelzéssel. Ekkor már volt a gépnek numerikus vezérlésű változata is, az ETS-200 típusjelzésű eszterga. Az ERS-250 típusú esztergából alakították ki az ERI-250 jelzésű pályavezérlésű esztergát (**12. ábra**).



**12.ábra Az ERI-250 pályavezérlésű eszterga, az elkövetkező évek keresett terméke**

1983-tól már az NC vezérlések 64%-a DNC (Direct Numerical Control) vezérlés volt. Ahogy fejlődött a számítástechnika, kialakultak a CNC (Computerized Numerical Control) vezérlések, vagyis az adatokat már a számítógépbe írták be és tárolták. Míg az NC vezérlések csak rögzített logikával, lyukszalagos, mágnesszalagos programbevitellel működtek, nem volt programtárolás és programjavítási lehetőség, és a funkciók száma is korlátozott volt, addig a CNC vezérlések már szabadon programozhatóak voltak, számítógépes adatbevitellel rendelkeztek, tárolható volt a teljes alkatrészprogram, amit lehetett javítani és szerkeszteni, és nagyszámú NC funkciót volt képes elvégezni. Az 1980-as évek elején a számítástechnika fejlődésével megjelentek a mikroprocesszorok, ezzel nagyobb teljesítményű és gyorsabb CNC gépeket lehetett vezérelni. Ebben az

időszakban a legsikeresebb vízszintes ágyas CNC esztergát a Budapesti Szerszámgépgyár gyártotta EEN-320 típusjelzéssel (**13. ábra**). A vezérlésre Hunor vezérlőt alkalmaztak. A CNC eszterga gépek után megjelentek a CNC megmunkáló központok, amik eleinte 2 szabadságfokkal rendelkeztek, majd 2,5 szabadságfokú, illetve ma már nem ritkák a 4-5 szabadságfokú NC-,CNC maró központok (**14. ábra**).



**13. ábra EEN-320 CNC eszterga**



**14. ábra Az SYL X4 PLUS három szabadságfokú NC marógép, opcióként a 4D is kérhető**

## 1.1 Kisméretű CNC maró- és gravírozógépek fejlődése

A kisméretű CNC maró gépeket eleinte oktatási céllal készítették, mivel az ipari berendezések előállításának költsége magas volt, ezért oktatási célra olcsóbb berendezéseket állítottak elő. A kisméret alatt egy asztal méretű CNC gépet értek. Ezek a berendezések vezérlése ugyanazt tudta, mint ipari társainak a vezérlése, de a mechanika nem minden esetben volt olyan precíziós. Az oktatási céllal készített CNC marógépek előállításában az EMCO cég jár az élen. Az EMCO felismerte, hogy a CNC technika előretörésével szükség van az új ismeretek megtanítására. Több, mint negyed évszázaddal ezelőtt jelent meg az oktatást szolgáló gépeivel. Az ipari CNC gépek gyártásában szerzett tapasztalatait felhasználva dolgozta ki oktatási koncepcióját. Oktató gépeihez nincs szükség háromfázisú hálózathoz, egy gépen több fajta vezérlés is oktatható. A mai gépeket már egyszerűen lehet csatlakoztatni asztali számítógépekhez az USB vagy nyomtató porton keresztül. A régebbi gépek saját számítógép vezérléssel rendelkeztek, a maiakat azonban már lehet asztali számítógéppel is vezérelni. Az 1980-as években igen népszerűnek számított az EMCO F1 típusú CNC marógép (15. ábra).



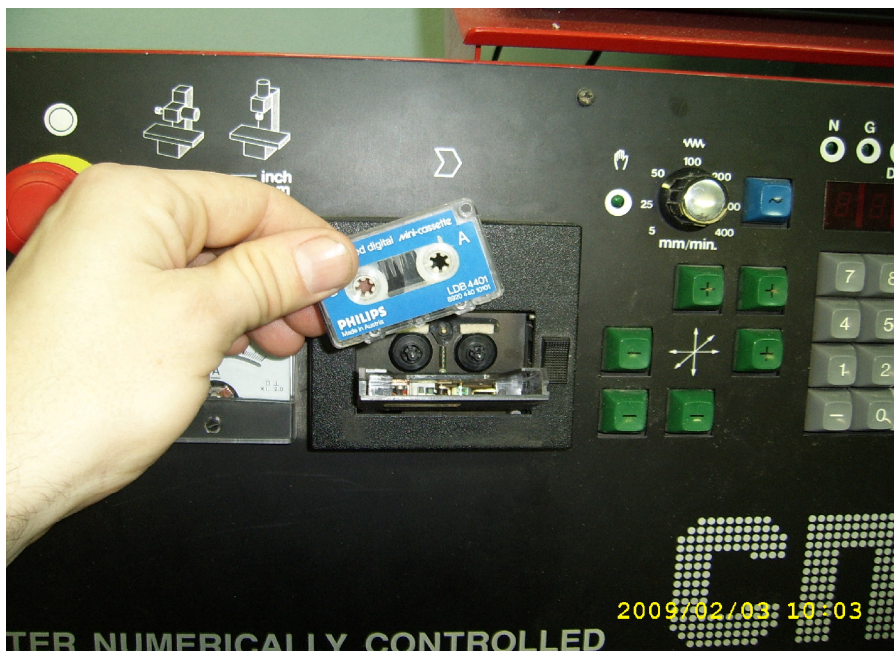
15.ábra EMCO F1 CNC marógép ( Sággy Mihály Szakközépiskola és Kollégium)



Elforgatható szerszámorsó házzal alakították ki, így függőleges és vízszintes szerszámtengellyel is működhetett a gép (**16. ábra**). A berendezés 2,5 szabadságfokkal rendelkezik. A szánszerkezet mozgató motorjai szervó motorok, a vezérlés zárt hurkú. Az orsó trapézmenetes orsó, a főorsó motor és a vezérlés eléggé egyszerű, azonban a mechanika nagyon stabil. Érdekessége a gépnek hogy a programok beolvasására és tárolására egy mikro kazettát használ (**17. ábra**). Munkaterülete x irányban 350 mm és y irányban 150 mm, z irányban kb.100mm.



**16. ábra A főorsó motor és a munkadarab megfogó szerkezet**



**17. ábra A marógép mikro kazettás adatolvasó egysége**

Egy tovább fejlesztett változata az imént említett gépnek az EMCO VMC 100 típusú gép már 3 szabadságfokkal rendelkezik (**18. ábra**). Ez 1980 és 1990 között készült. A gépágy teljesen egyforma az F1-es típuséval, a munkaterülete is ugyan akkora, a főorsó motor szervó motor és menetvágási képességgel is rendelkezik, a vezérlés azonban sokkal nagyobb tudású. Golyósorsók biztosítják a pontos mozgatót, amit szintén szervó motorok hajtanak, a pontos elmozdulást forgó impulzusadó méri. A gép kör szerszámtáras, a vezérlő EMCOTRONIC TM 02.



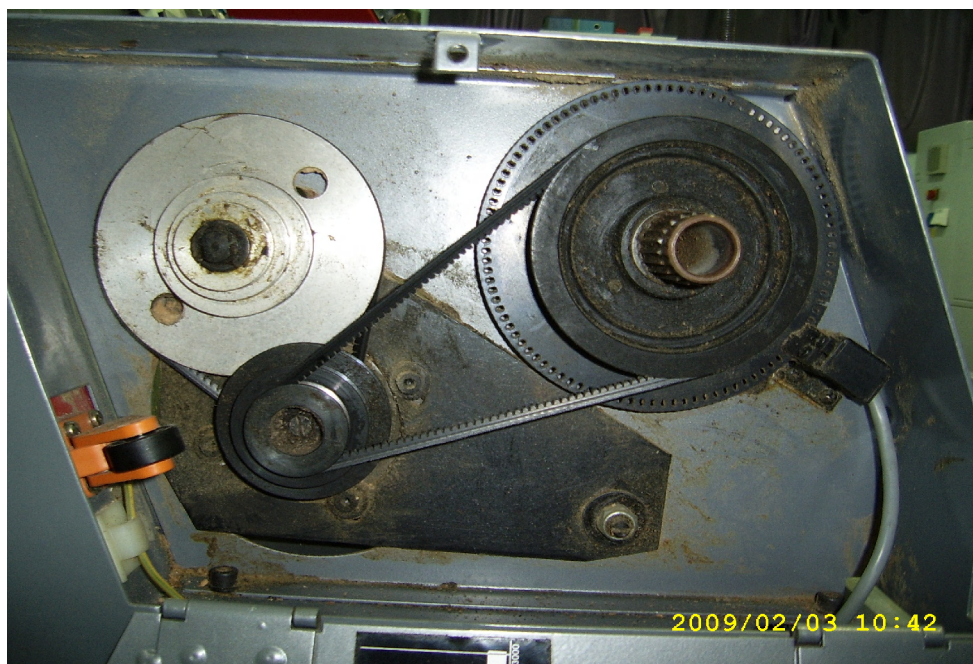
**18. ábra EMCO VMC 100 CNC marógép**

Az EMCO cég gyártott ugyancsak oktatási céllal CNC kisesztergákat is. A COMPACT 5 CNC eszterga (**20. ábra**) oktatási céllal készült 1995 körül. A mechanika és a vezérlés egyszerű kivitelezésű. A főorsó fordulatszám-tartománya hatlépcsős ékszíjtárcsa segítségével állítható (**21. ábra**), ezen kívül még a vezérlőpulton található szabályzógombbal is szabályozható, a fordulatszámot egy kijelző mutatja. Az esztergán útmérő berendezés nincs, a szánok mozgását léptetőmotorok végzik golyós orsók közvetítésével. Csúcstávolsága 310 mm. A vezérlés nyílt hurkú, tehát nincs visszajelzés arról, hogy a mozgás megvalósult-e.





20. ábra EMCO COMPACT 5 CNC kiseszterga (Sághy Mihály Szakközépiskola és kollégium)



21. ábra A főorsó meghajtása

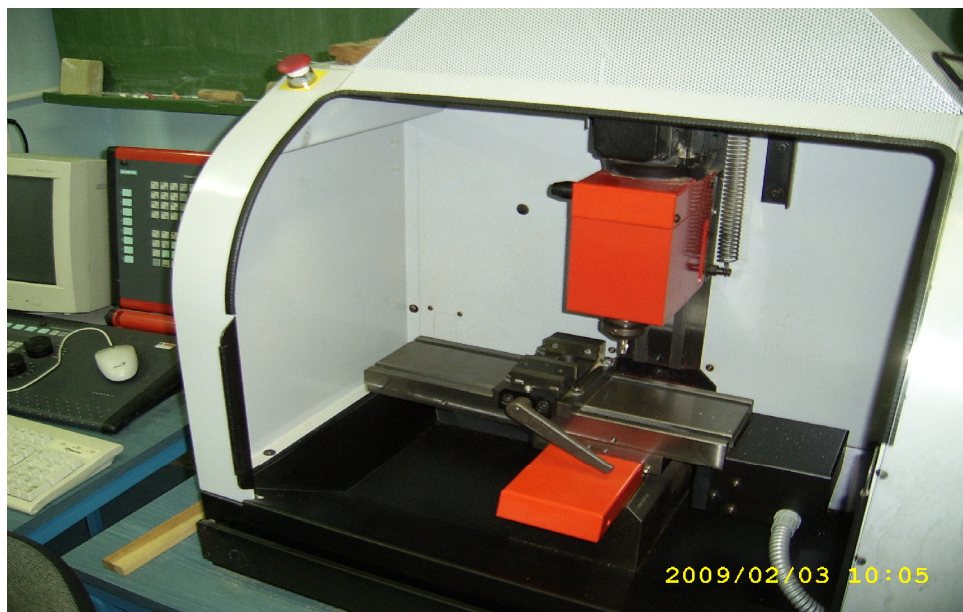
A másik kisesztergája az EMCOTURN 120P típusú kiseszterga 1996 körül készülhetett (22. ábra). Ezen már van útmérés, szervomotor mozgatja golyós orsókon keresztül a szánszerkezetet, a szegnyereg és a tokmány megfogása pneumatikus. A revolverfej nyolc szerszámot tárol. A vezérlő itt is, mint a VMC 100-as marógépnél EMCOTRONIC TM 02. A főorsó motorja 2,6 kW-os, maximális fordulata 4000 fordulat percenként.





22. ábra EMCOTURN 120P kiseszterga

Az EMCO vállalat F1 CNC marógépe egy jól bevált konstrukció, melyet 2002-ben is gyártották még (24. ábra). Szervo motor forgatja a golyós orsókat, a vezérlése zárt hurkú és nagyobb tudású, mint az 1980-as években gyártotté. Változás még az, hogy a számítógép már külön van a szerszámgéptől, rendelkezik ipari billentyűzettel (25. ábra), és a programok beolvasása már a számítógép adattárolóiból történik. A gépvázon semmit sem változtattak, a munkaterület is maradt ugyanakkora.

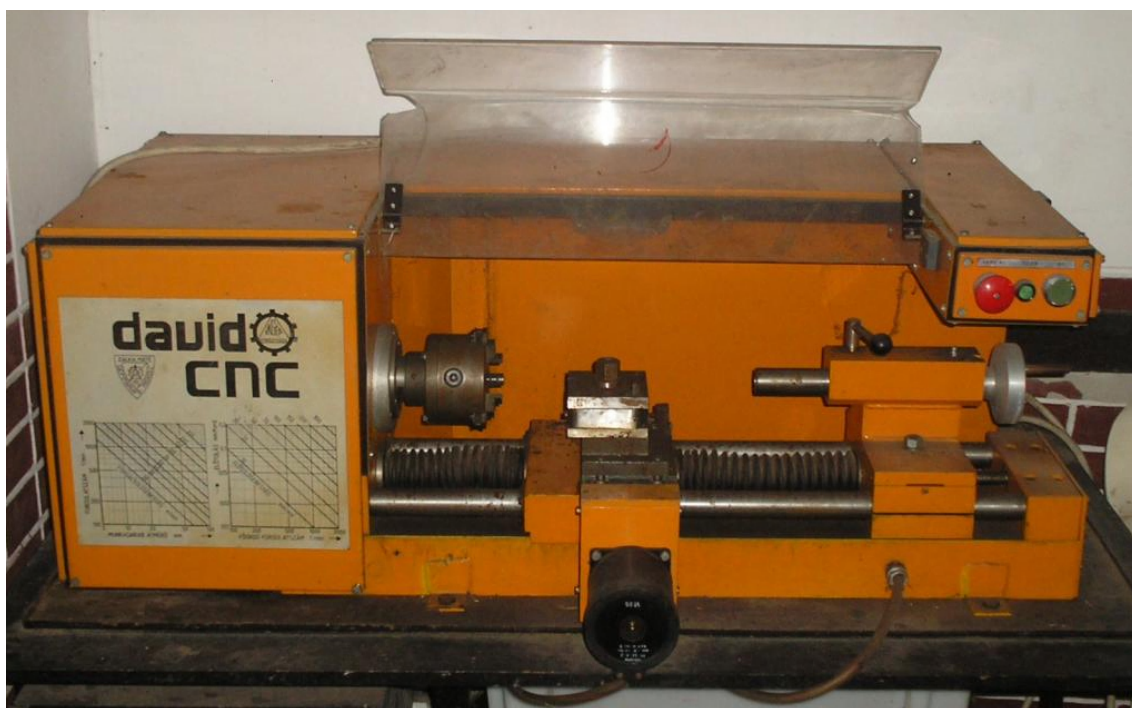


24. ábra Az F1 CNC marógép 2002-es változata  
(Sághy Mihály Szakközépiskola és Kollégium)



**25. ábra Az F1 CNC marógép különálló vezérlőpultja**

Magyarországon is gyártottak CNC kisesztergát oktatási célra 1989-ben, DAVID néven, igaz tudomásom szerint nem túl sokat (**26. ábra**).



**26. ábra David CNC eszterga**

A gépet egy COMODORE számítógép működtette, vezérlése UNICOMP 4 vezérlő volt (**27. ábra**). A szánszerkezet mozgását léptetőmotorok zsinórmenetes orsón keresztül biztosították, tehát a vezérlés itt is nyílt hurkú volt, a lineáris vezetékek valószínűsíthetően csúszó vezetékek voltak. Nem volt revolverfejes szerszámtár, a



szerszámozás hasonló volt a hagyományos esztergáéhoz. A főorsó maximális megengedett nyomatéka 15 Nm, teljesítménye 750 W volt.



**27. ábra Az UNICOMP 4 vezérlés létesített kapcsolatot a szerszámgép és a COMODORE számítógép között**

Ma már a CNC maró- és gravírozógépek, kisesztergák ugyanolyan felszereltséggel rendelkeznek, mint nagyobb társaik. Ezeket a berendezéseket kisebb alkatrészek megmunkálására a finommechanikusok, vagy az ékszerészek, kulcsmásolók használják gravírozáshoz. A MINITURN CNC eszterga NCT vezérléssel egy kis profi eszterga gép (28. ábra). A mozgást szervomotorok és golyós orsók biztosítják, az útmérést forgó impulzusadó végzi. Csúcstávolsága 160 mm.



**28. ábra MINITURN kiseszterga**

A kisebb CNC marógépeket úgyszintén az ékszerészek, vagy akár a kulcsmásolók használhatják. Jelenleg lényegében majdnem minden megmunkálásra lehet CNC gépeket beszerezni, egyedüli korlátozó tényező a bekerülési költség.

Nem ritkák az akár négy szabadságfokú kis CNC megmunkáló központok sem. A SYL U2 CNC marógép és köszörű (29.ábra) szánszerkezeteinek mozgására szervomotorokat és golyós orsókat alkalmaznak, az elmozdulás mérésére forgó impulzus adót használnak. A gép három szabadság fokkal rendelkezik, elmozdulása x irányba 230 mm, y irányban 120 mm, z irányban 180 mm.

A mai kisebb CNC berendezések jó része Windows alapokra épül, és ehhez fejlesztettek ki különféle CNC vezérlő programokat. Ezeknek a vezérlőprogramoknak a Windowson belül elég nagy szabadságfokra van szükségük a működéshez, így elengedhetetlen a telepítés utáni teszt program futtatása. Itt már nincs szükség külön adattároló berendezésekre, a számítógép adattároló eszközeit használják.



29. ábra SYL U2 típusú CNC marógép

Ahhoz hogy mára ezek a CNC berendezések egyre kisebb méretekben is gazdaságosan előállíthatók, az köszönhető a számítástechnika, elektronika és a gépipar fejlődésének. Az alkatrészek, amik ezekhez a gépekhez szükségesek szintén hatalmas fejlődésen mentek keresztül. Az 1960-as években egy golyósorsó ára egy új Lada autó árával egyezett meg. Ma már az általánosnak mondható gyártás miatt lényegesen olcsóbbak

ezek az alkatrészek, így már gazdaságosan előállíthatóak olyan kisebb CNC gépek, amelyeket egyszerűbb vagy kis darabszámú termékek előállításához is rentábilisan lehet használni. A következő részben CNC gépekhez használt alapvető alkatrészek fejlődését tekintem át.

## 1.2 A CNC gépeket építő fő alkatrészek és vezérlések áttekintése

Szerkezetét tekintve az NC-, CNC szerszámgép egyszerűbb kivitelezésű, mint a hagyományos gép. Általában egyedi hajtást alkalmaznak, a gépépítő elemeket arra szakosodott cégektől készen lehet beszerezni, a gépváz és a teherviselő szerkezetek azonban egyedi kialakításúak, mert ennek mérete függ a munkatér méretétől. Ezért ez az iparág főleg szerelő iparágga alakult. A CNC gép szerkezete három fő egységre osztható: a szerszámgépre, számítógépre, és a kettőt összekapcsoló vezérlésre. A szerszámgép szerkezetét tekintve több fő építőelemből áll:

- egyedi kialakítású gépváz
- lineáris vezetékek (csúszó-, golyós-, görgős-, görgőkosaras lineáris vezetékek)
- a lineáris mozgást biztosító elemek (golyós orsó-anya, bolygóműves orsó-anya, lineáris motorok)
- meghajtómotorok (léptető- vagy szervomotorok)
- az elmozdulást mérő berendezések
- vezérlők

### Gépváz

A gépvázra épül rá a CNC gép összes többi eleme, a szánszerkezet, az orsók, az asztalok, néha még a vezérlést is erre szerelik. Anyaga lehet öntött vas, hegesztett acél, vagy kompozit beton. A lényeg az, hogy jó rezgéselnyelőnek, merevnek és hőstabilnak kell lennie. A precíziós CNC szerszám- és mérőgépek asztala és gerendája készülhet gránitból is a kisebb hő tágulás és a rezgések jobb elnyelése érdekében. A ferde vagy függőleges elrendezésű gépágy a legkedvezőbb, mert így a szánrendszer saját súlyával is biztosan fekszik a szánon. A régebbi NC-, CNC gépek kizárólag öntött vas



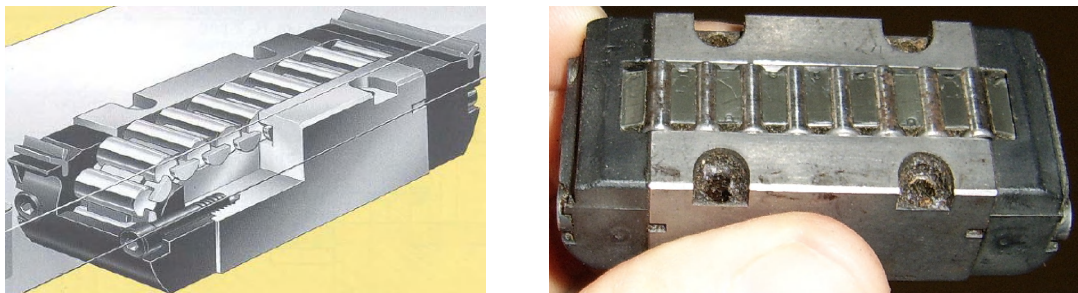
vázszerkezetre épültek, akkoriban ugyanis még nem voltak gépépítő elemek ezekhez a gépekhez. Ezeknek a gépágyaknak az előállítása hatalmas költségekbe került, ezért az előállított berendezések csak tipizált feladatokra voltak alkalmasak. Manapság a gépépítő elemeknek köszönhetően sokkal rugalmasabban lehet speciális célokra CNC gépeket előállítani. Ez lehet zártszelvényből hegesztéssel, vagy ami nagyon népszerű, alumínium gépépítő elemeket alkalmaznak vázszerkezetek építésére.

Ezekhez, az építőelemekhez beszerezhetőek a különféle összehúzó vasalatok, T-nút asztalok, és a velük kompatibilis szánszerkezetek. Előszeretettel alkalmazzák ezt az építési módot a különféle szállító és palettázó berendezéseknél.

### Lineáris vezetékek

A hagyományos szerszámgépeken korábban csúszó vezetékeket alkalmaztak, ezek egyszerű kivitelezésűek voltak, nagy merevséggel és jó csillapítóképességgel rendelkeztek. Ezt egyszerűbb gépeknél a gépek vázából alakították ki. Hátránya a kopás és a hézag, és a csúszó kapcsolattal együtt járó akadozó csúszás. A hidrodinamikus, hidrosztatikus vagy aerosztatikus vezetékeknél a felületek között vékony olajfilm vagy levegőréteg van, így nincs akadozó csúszás, viszont az előállítási költségek magasak.

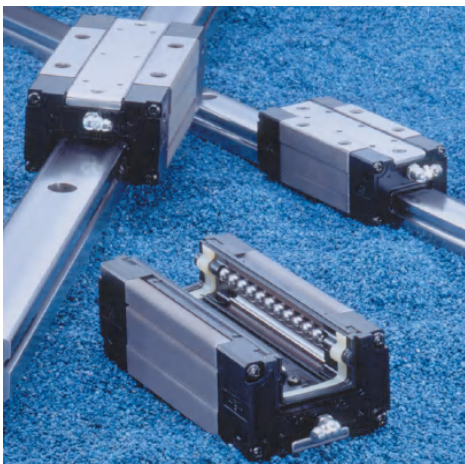
Az akadozó csúszás és a holtjáték kiküszöbölésére fejlesztették ki a görgős vezetékeket.



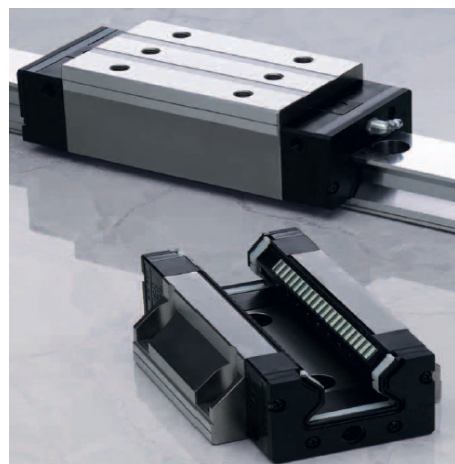
**30. ábra Görgős papucs**

A legrégebbi görgős vezeték megoldás a görgős papucs (**30. ábra**), itt hernyótalpszerűen körbemozgó görgősor biztosította a könnyed és hézagmentes futást. Ezek egy téglalap keresztmetszetű vezetéket ölelnek körül, ezért a szerelésük körülményes volt. Van olyan verziója is, amikor a gördülő elemek között porcelán betétek vannak, elkerülve a gördülő elemek berágódását. A modernebb lineáris vezetékek már profilos vezetékekre

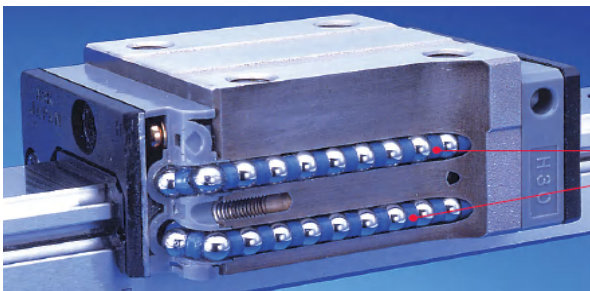
vannak helyezve, így meghibásodás esetén sem esnek le a papucok a vezetékekről. Ezek a lineáris vezetékek a lineáris kocsikkal egységet képeznek, ezért szerelésük könnyebb és olcsóbb. A vezetékekről a kocsik folyamatosan törlik a szennyeződést. A terhelésnek megfelelően különféle mértékben szerezhetőek be. Lehetnek golyós (**31. ábra**) vagy hengergörgös (**32. ábra**) szerelésűek. A legújabb fejlesztésekben már a golyók nem egymás mellett futnak, hanem golyóláncot alkotnak (**33. ábra**). Ezek csendesebbek, nincs a golyók között súrlódás, és hosszabb élettartamúak. A rúd alakú lineáris vezetékekben szintén golyósor biztosítja a hézagmentes és könnyű megvezetést (**34. ábra**), ezeket gyártják felhasított hüvellyel is, hogy a vezetéket oldalirányból is meg tudják támasztani, rögzíteni.



31. ábra Golyós lineáris vezetékek



32. ábra Hengergörgös lineáris vezetékek



33. ábra Golyóláncos lineáris vezetékek

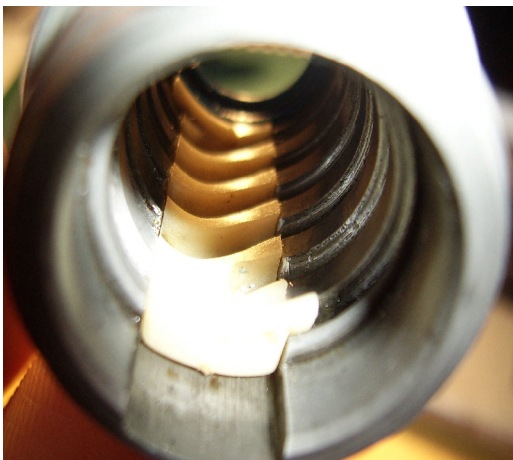


34. ábra Rúd alakú lineáris kocsi

## Lineáris mozgatót biztosító berendezések

A hagyományos szerszámgépeken a szánok mozgását menetes orsókkal, fogaskerék-fogasléc kapcsolatokkal, fogaskerék áttételekkel oldották meg. Ezek nem voltak holtjátékmentesek, de a szerszámgép kezelője tapasztalatiban bízva képes volt korrigálni. Az NC-, CNC gépeknél erre nincs mód, ezért új eszközöket kellett kifejleszteni. A legrégebbi hézagmentesített mozgatót biztosító berendezés a fogaskerék-fogasléc kapcsolat. A hézagmentesítést úgy tudták elérni, hogy két fogaskereket építenek össze, az egyiket a fogasléc egyik irányába feszítik, a másikat vele ellentétes irányba, utána a két fogaskereket egymáshoz rögzítik. Így a fogaskerékpár fogai a fogaslécbe hézagmentesen tudnak illeszkedni, tehát a mozgató kottyanás mentes.

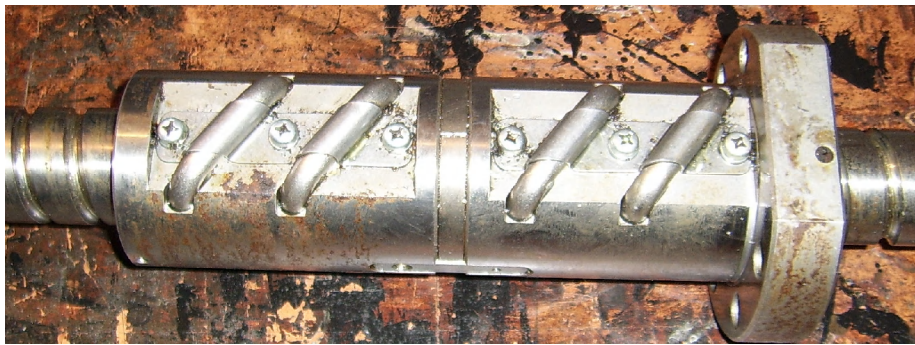
A menetes orsó-anya kapcsolat hézagmentesítésére és a súrlódás csökkentésére fejlesztették ki a golyósorsót. Az golyósorsó-anya kapcsolatnál a menetek nem illeszkednek egymásba, hanem egy állandóan vándorló golyósor van köztük, ez veszi fel a tengelyirányú terhelést is. A golyósorsó-anya kapcsolat 90% feletti hatásfokú, vagyis a kapcsolat nem önzáró. A hézagmentesítést két egymással szembe feszített anyával oldják meg. Ezzel a megoldással már közvetlenül lehet a hajtómotorral megforgatni az orsót, nincs szükség áttételekre. Az első golyósorsókat az 1950-es évek végén gyártották nagy valószínűséggel az USA-ban, Magyarországon a Csepeli Szerszámgépgyárban gyártottak elsőként golyósorsókat és anyákat 1966-tól kezdődően. A nagy kereslet miatt nem győzték a gyártást és 1978-tól a kecskeméti Szimikron Kft illetve elődje is gyártott golyós orsókat. Gyártás szerint lehetnek az orsók köszörültek



**35. ábra Menetenként visszavezetett golyósanya**

vagy görgöztek. Mozgató szempontjából lehet az orsót vagy az anyát meghajtani. A golyó-visszavezetés lehet menetenként visszavezetett (**35. ábra**), visszavezető csatornás (**36. ábra**), vagy teljes visszavezetésű, sőt itt is megjelentek golyóláncos golyósorsók. Csepelen teljes visszavezetésű golyós anyákat gyártottak, fogaskerék kiképzéssel a peremükön. (**37. ábra**)



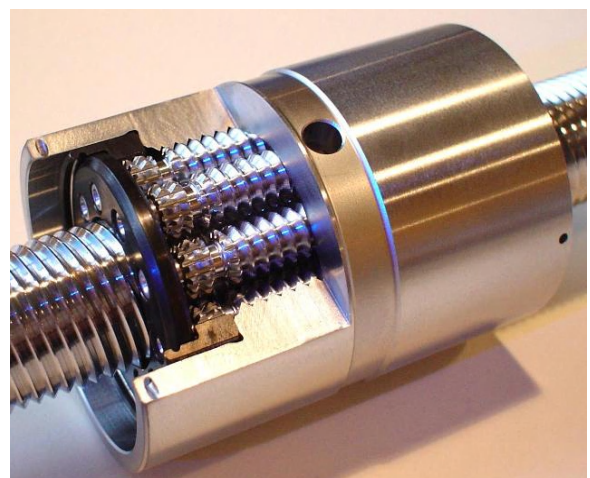


**36. ábra Dupla előfeszített golyósorsó visszavezető csatornával**



**37. ábra Teljes visszavezetésű golyós anya (Csepeli Szerszámgépgyár)**

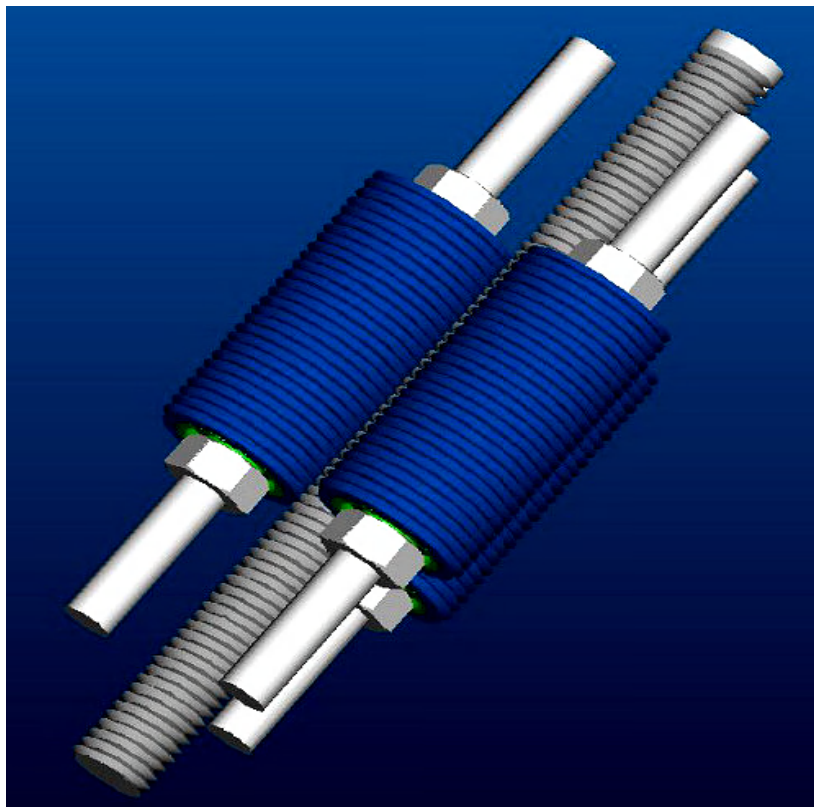
A legújabb fejlesztés a bolygóműves anya (38. ábra). Itt már nem golyók vannak az



**38. ábra Bolygóműves anya a fogaskoszorúval**

orsó és az anya között, hanem több olyan görgő, aminek a felülete az orsó-anya menetemelkedésének megfelelően bordázott. Ezek a bordázott hengerek veszik át a tengely irányú terhelést, és vezetik az orsót. A bordázott görgők végei egy fogas koszorúban illetve siklócsapágyakban fekszenek, ez akadályozza meg a görgők egymásra futását. A golyósorsónál előfordulhat az orsó anyagának az elfáradása következtében, hogy a golyópályák kitöredeznek. A bolygóműves orsó-anya párosnak hosszabb az élettartalma.

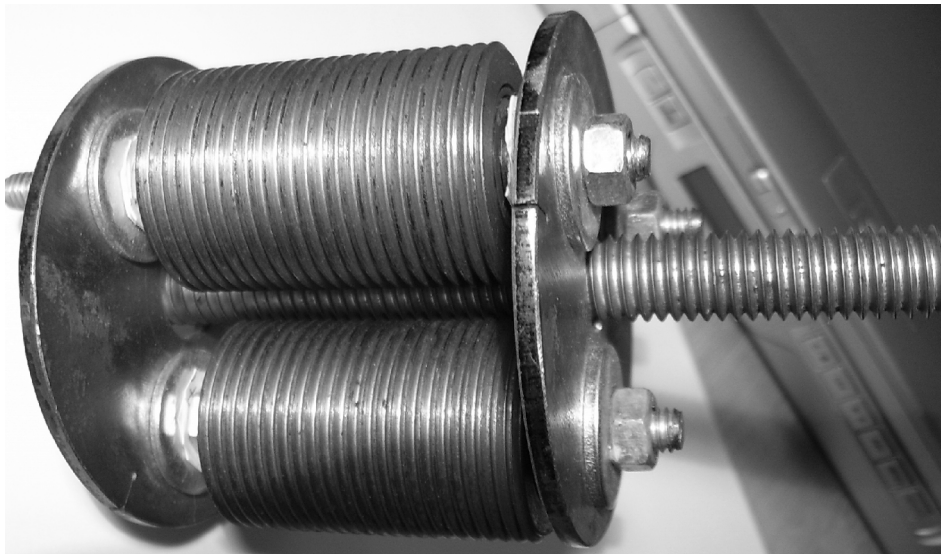
A bolygóműves anyát egyszerű eszközökkel lehet utánozni. Ez azért jó, mert a kisebb pontosságú kisipari gyártmányú CNC marógépekben a lineáris mozgatót egyszerű menetes orsó segítségével is meg lehet valósítani, így ezt lényegesen olcsóbban lehet előállítani. Ezt a menetes orsót egymástól 120 fokban három csapágyazott bordás tengely fogja közre (**39.ábra**). Ezeknek a bordázott tengelyeknek a bordái pontosan illeszkednek a menetes orsó meneteibe, tengelyük pedig menetes tengely, azért, hogy a



**39. árba Kisipari eszközökkel előállított bolygóműves anya**

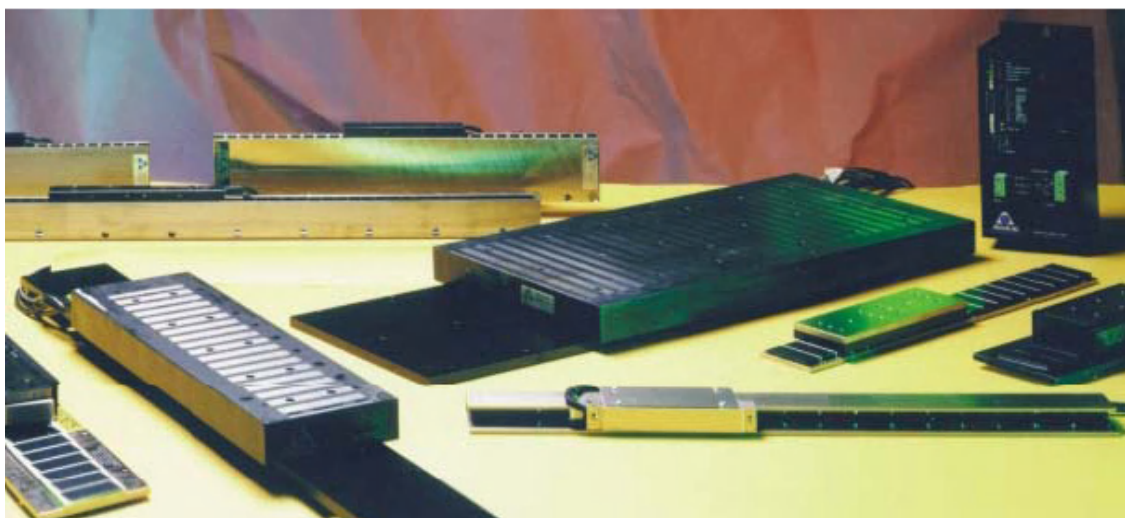
menetemelkedésnek megfelelően el lehessen egymáshoz képest tolni őket. Erre a megoldásra a [www.hobbycnc.hu](http://www.hobbycnc.hu) oldalon találtam, és meg is valósítottam egy modellt belőle (**40.ábra**). A modellben szinte csak gördülő ellenállás van a menetek és a bordák

között, ezt abból ítélt meg, hogy amikor kézzel kissé megforgatom a szerkezetet, akkor a menetemelkedés lejtése miatt alsó állásba tekeredik az anya, legördül a lejtőn.



**40. ábra Az általam is elkészített „bordás orsó”**

A lineáris motorok jelenleg a legmodernebb lineáris mozgató egységek (**41. ábra**). Igazából egyesíti a lineáris vezetékeket a szervomotorokkal. A lineáris motorokat úgy kell elképzelni, mintha a hagyományos forgó és állórészből álló motort kiterítenénk. A lineáris motoroknak is vannak szinkron és aszinkron típusaik. Előnyei: nincs kopás és holtjáték, kevesebb karbantartást igényel, nagy gyorsulás, egyenletes mozgás. Hátrányai: jobban melegszik, mint a hagyományos motor, a nyitott szerkezet miatt nehézkes a tisztántartása, drágább, mint a golyósorsós hajtás.



**41. ábra Lineáris motorok**



## Meghajtómotorok

A meghajtómotorok fajtái szerint lehetnek léptető vagy szervomotorok. A régebbi és ma a nyílt hurkú vezérléseknél a szánszerkezetek mozgatására általában léptető motorokat használnak. A szervomotorokat ott alkalmazzák, ahol magasabb fordulatszám kell, és van visszacsatolás a vezérlő felé. A főmotorok általában aszinkron AC motorok.

### **Léptető motorok**

A léptető motorok (**42. ábra**) forgórésze fix szögelfordulással fordul el az állórész tekercseire kapcsolt egyen feszültség hatására. A léptető impulzusok frekvenciájának növelésével a forgás megközelítően folyamatossá válik. Kialakításuk szerint három fajta léptető motort különböztetünk meg:

- állandó mágnesű aktív forgórésszel
- változó mágneses ellenállású passzív forgórésszel
- hibrid forgórésszel



**42. ábra Léptetőmotorok**

A léptetőmotorok forgórésze fogazott, az egy lépéshez tartozó szögelfordulás függ a fogak számától. Állórészük több pólusú tekercseléssel ellátott fogazott lágyvasból készül. A fogak száma megegyezik a forgórész fogainak számával. Az egy fordulatra eső összes lépések száma meghatározza, hogy egy lépés alatt mekkora a motor szögelfordulása. Ezeket a szögelfordulásokat a féllépéses vezérlőkkel tovább lehet csökkenteni, így finomítva a mozgást. Előnyei hogy olcsók, egyszerű felépítésűek, megbízhatóak és nem szükséges visszacsatoló berendezés hozzájuk. Hátrányai: zajosak,

vibrálnak, nagyobb terhelésre lépést vesztenek, magasabb fordulatszámon csökken a nyomatékuk. A motorokat hogy pozíciójukat meg tudják tartani, állandóan gerjeszteni kell, ez a tartófeszültség. Fordulatszám-tartománya 0-300/min.

### **Szervo motorok**

A szervomotorok lehetnek AC (váltóáramú), vagy DC (egyenáramú) motorok.

Az **AC aszinkron motorok** az iparban a leggyakrabban alkalmazott motortípusok. A motor tekercselt állórészből, és egy hengerpalást mellé helyezett rövidre zárt un. kalickás forgórészből áll, aminek külső elektromos csatlakozása nincs. A felépítése egyszerű, olcsó, ipari berendezésekben inverterrel jól változtatható a fordulatszáma. A fordulat szabályzással és forgó jeladóval felszerelve kis igényű pozicionálási feladatokra is alkalmasak. Fordulatszám tartománya 100-2500/min.

A **kefés DC motorok** állórészből, forgórészből, kefékből és kommutátorokból állnak. A DC motor fordulatszáma a forgórész tekercseire jutó feszültséggel arányos. A fordulatszabályzásra analóg jeleket használnak, a hajtás sebességeinek a beállítása egyszerű trimer-potenciométerrel történik. Nagyon jól alkalmazhatóak ezek a motorok ott, ahol nagy gyorsításokra van szükség, például CNC gépek szánszerkezetének a mozgatásához. Fordulatszám-tartománya 0-5000/min.

A **kefe nélküli DC motorok** (BLDC) forgórészből és állórészből állnak. Nincs kommutátor, sem kefe, ezért nincs, ami csökkentené a fordulatszámot. A legtöbb BLDC motor forgórésze állandó mágnesű, ami nagy dinamikus működést tesz lehetővé. Ezeknek a motoroknak a vezérlése egyszerű és olcsó, fordulatszám-tartománya 0-60 000/min.

A **kefe nélküli AC szervomotorok** (BLAC) felépítése alapjaiban megegyezik a BLDC motorokéval. A BLAC motor meghajtására alkalmas hajtás erősítő sokkal bonyolultabb és drágább, mint a BLDC motorerősítő. Fordulatszám-tartománya 0-60 000/min.

### Elmozdulást mérő berendezések

Az NC-, CNC berendezések fontos feladata az egyes egységek pontos pozicionálása. Ezt a feladatot a különféle mozgásokat átalakító rendszerek végzik, és ahhoz hogy az irányító rendszer erről a mozgásokról folyamatosan tájékoztatást kapjon, szükség van olyan berendezésekre, ami a fizikai mozgást elektronikus jelekké alakítja. Ezek az



útmérő berendezések. Alapvetően az NC-, CNC gépeken lineáris mozgások vannak. Az útmérő berendezések a mérési eljárás szerint lehetnek abszolút vagy növekményes, a kimenő jel szerint pedig analóg vagy digitális berendezések. Továbbá a beépítés módja szerint megkülönböztetünk közvetlen és közvetett útmérőket. Közvetlen mérésnél a felbontóképesség azonos az elmozdulás nagyságával, közvetett mérésnél a mozgás átalakítók ronthatják ugyan a pontos útmérést, de ez az illesztő hajtóművek megfelelő megválasztásával elérhető. A mai CNC gépeken már kizárólag közvetett útmérés van. Abszolút mérés esetén a mérés egy adott kiindulási ponthoz viszonyítva történik, a növekményes vagy relatív mérésnél az útmérő egységet folyamatosan megszámláljuk.

A régebbi NC berendezéseken analóg útmérő berendezések voltak, ezek az abszolút útmérésnél a lineáris és a forgó potenciométer, növekményes útmérésnél az induktoszin és a rezolver volt.

A **lineáris vagy forgó potenciométerek** az elmozdulással arányos ellenállás változást használják útmérésre. Közvetlen mérésre a lineáris, közvetett mérésre a forgó potenciométerek alkalmasak. Ezeket önállóan nem használják szerszámgépekben, csak esetleg kiegészítésként. Sok hibalehetőségük van, a csúszó érintkezők kopása, hőmérsékleti ingadozásra és a levegő nedvességtartalmára való érzékenység.

**Az induktoszinek és a rezolverek** a villamos indukció elvén működnek. A rezolverek forgórészében indukálódott feszültséget egy forgó transzformátor segítségével csatolják ki, a primer tekercs együtt forog a forgórészszel. Az indukálódott feszültség erőssége alapján méri a vezérlés az elmozdulást, ezért csak növekményes útmérőként alkalmazható (43.ábra).



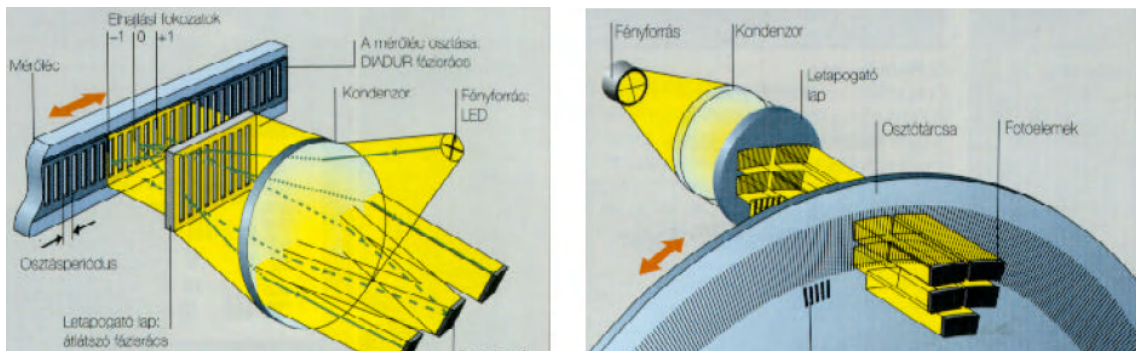
43. ábra Rezolverek

A modernebb CNC berendezésekben már digitális útmérőket alkalmaznak. Ezek abszolút útmérés esetében kódléc vagy kódtárcsa, növekményes vagy relatív útmérésnél rácsléc vagy forgó impulzusadó lehet.

A **kódlécet** közvetlen, a **kódtárcsát** közvetett útmérésre használják, abszolút útmérést valósítanak meg. A kódléc vagy kódtárcsa hordozza a kódot, amit egy optikai leolvasó rendszerrel olvasnak le. A kódtárcsa lehet bináris, decimális vagy bináris-decimális kódolású.

A **rácléc** közvetlen útmérésre, a **rácstárcsa** közvetett útmérésre alkalmas berendezés. A rendszer növekményes útmérő eszköz, optikai fénýátbocsátás vagy fénýviisszaverés elvén mőködik, az útmérő jelei egymástól nem különböztethetők meg. Az elmozdulás nagyságát a kibocsátott impulzusok száma alapján kapjuk meg. A berendezés irányhelyessége érdekében két fénýérzékelt diódát alkalmaznak egymástól megfelelő távolságra. A két dióda jele egymáshoz képest 90 fokos villamos szöggel eltér, ez alkalmas a mozgásirány meghatározására.

A **forgó impulzusadó** a CNC gépeken leggyakrabban alkalmazott útmérő eszköz. Mőködési elve azonos a rácstárcsáéval, szerkezeti felépítése azonban más. Közvetett növekményes útmérésre alkalmas. Egy vonalkás rácsot festenek fel az üvegtárcsára, ezt egy fénýsugárral átvilágítják, és a fénýsugár útjába kerülő vonalkák árnyékot vetnek a fotodiódákra. Amikor az átvilágított osztótárcsa után még egy rácsot helyeznek el, akkor a fénýsugár ezeken elhajlik, és interferencia alakul ki. Ez a pontosabb mérőberendezés, a durvább osztások csak az árnyékvetés alapján érzékelnek (**44. ábra**) Az osztások foto elektronikus letapogatása egy számlálást eredményez.



**44. ábra Interferencia elvén és árnyékvetés elvén mőködő forgó impulzusadók**

A **végállás kapcsolók** a vezérlést értesítik a mozgási tartomány véghelyezeteiről. Mind a két végállásnál szükséges egy-egy kapcsoló. Ez teljesen független az útmérésről. Leggyakrabban HALL kapcsolókat alkalmaznak, ezek általában mechanikus kapcsolók, de előfordulnak optikai kapus végállás kapcsolók is. Ezek előnye, hogy nincs benne kopó alkatrész, így üzembiztosabbak a mechanikus kapcsolóknál.

## Vezérlők

A vezérlők létesítenek kapcsolatot a számítógép és a szerszámgép között. Feladata a számítógépből érkező jelek átalakítása az előtoló motoroknak megfelelő jelekké, és amennyiben zárt hurkú a vezérlés, akkor fogadni az útmérő jeladóktól érkező jeleket és a számítógép számára értelmezhető jelekké átalakítani. Ezen kívül ezt olyan gyorsan kell tennie, hogy a szerszámgép működésében ne okozzon fennakadást. A vezérlések kifejlesztésében az MTASZTAKI, EMG és a NCT járt élen.

Az 1960-as évek végén az MTASZTAKI kifejlesztette a DIALOG CNC-t, ami az európai régió első mikroprocesszoros szerszámgépvezérlője volt. Ezzel a vezérlővel, és hatásaival az USA szenátusa is foglalkozott. Az EMG és a MTA SZTAKI (Elektronikai Mérőműszerek Gyára, Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézete) által gyártott vezérléseken alapultak a hazai első gyártórendszerek. 1983-ban a HUNOR PNC 721 CNC vezérlő gyártásával kezdődött a vezérlők gyártása. 1984-ben kifejlesztették a HUNOR 731 és 732 vezérlőket, 1985-ben elkezdődött a NCT 90 vezérlő gyártása. 1988-ban befejeződött a HUNOR vezérlők gyártása, 1990-től az NCT 90T vezérlőket is gyártják. 1998-tól gyártják az NCT 98M vezérlőket, 2002-ben elkészítették a Windows rendszeren futó DEÁK NC szoftvercsomagukat. 2006-ban az NCT 101 vezérlőt fejlesztették ki.

### **HUNOR vezérlő ( 45. ábra)**



**45. ábra HUNOR vezérlőcsalád egyik vezérlője a HUNOR 721**

A HUNOR 721 vezérlő egy 2 tengelyes vezérlő, 0,001 mm pontossággal tud egyenes és körinterpolációt. A méret meghatározás lehet abszolút vagy relatív, a program bevitele

történhet közvetlenül billentyűzetről, magnókazettáról vagy lyukszalagról. A tárolókapacitása 100 mondat, bővítéssel 250 mondat, 4 K RAM tárolója van. Ez a vezérlő esztergára lett kifejlesztve, tárolókapacitása igen kicsinek tűnik, de ez 1983-ban csúcsmodell lehetett.

#### **NCT 101 vezérlő (46. ábra)**



**46 ábra Az NCT 101 vezérlő**

Ezt a vezérlőt egyaránt lehet esztergához és maróhoz is használni. 800 MHz-es CPU sebességgel, 2 MB technológiai programtárral rendelkezik. LCD képernyő, PLC fogadás és kezelés, 4 szervomotor vezérlés, 4 mérőtapintó bemenete található rajta. A program beolvasása RS 232 interfészen keresztül történik.

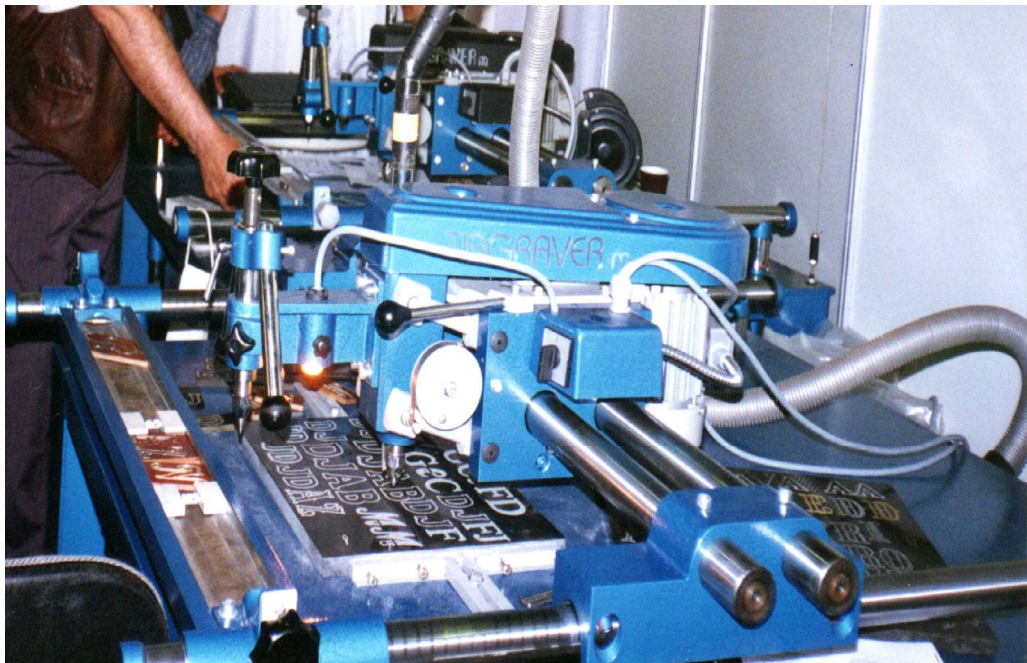
A két vezérlő kifejlesztése között eltelt 23 év, a fejlődés hatalmas, de azt csak óvatosan lehet találgatni, hogy mi lesz a jövő CNC vezérlője.



Ahhoz hogy teljesebb képet tudjak bemutatni az NC, CNC technika hazai kialakulásáról, egy konkrét, ma is működő vállalkozást mutatok be. Ezt azért tartom fontosnak, mert ennek a vállalkozásnak a több mint negyed évszázados múltja jól tükrözi ezt a technológiai fejlődést. A vállalkozás Csengelén található, Szegedtől 21 kilométerre lévő kisvárosban, a vállalkozás neve Tóth Művek, ügyvezető igazgatója és tulajdonosa Tóth Tibor Úr, szakdolgozatomban való megírásához Tóth Tibor Úr hozzájárult.

### 1.3 A Tóth Művek története kezdetektől napjainkig

A vállalkozás 1981-ben kezdte meg működését, a kor magas technikai szintjét képviselő másoló marógépek gyártásával. Ez nem az előzőekben említett pantográf volt, hanem egy olyan másoló szerkezet, ami 3 szabadságfokú mozgást biztosított, és a mesterdarabot egy tapintócsúccsal tapogatta le.(47. ábra)



47.ábra A vállalkozás első mechanikus másolómarógépe

Ez a berendezés kőtáblákba történő betűvésésre volt használható. A tapintócsúcs letapogatta a mesterdarabot, ebben az esetben egy textilbakelit betűsablont, és a kőtáblába a marócsúcs a mesterdarabbal megegyező méretű betűt mart. A gép mozgása és a tapintócsúcs pozicionálása kézzel történt. A betűtípusok sokfélesége és

méretei miatt igen sok mesterdarabra volt szükség. Egy név átlag 12 betűből áll, és gyakoriak voltak a betűismétlődések. A leggyakoribb betűkből betűtípusonként három darabra volt szükség. Mivel ezek a sablonok textilbakelitből készültek, és időigényes volt az előállításuk, ezért igen költségesek voltak.

Ennek a kiváltására készítették el saját tervezésű számítógép vezérelt CNC marógépüket. A BNV-n rendszeresen kiállítottak, mikor 16-18 évvel ezelőtt egy asztalos vállalkozó beltéri ajtók díszítő marását rendelte meg a vállalkozástól, az akkor még kőfaragóknak szánt gépen. El is készítették egy, az adott feladatra alkalmas 2000 x 1000 mm munkaterületű CNC felsőmarógépet. Akkoriban még nem volt könnyű magas fordulátú motorokat beszerezni, ebben a megrendelő segített. A munkát elvégezték, és a megrendelő benevezte a vállalkozást a soproni Ligno Novum kiállításra, mint kiállító.

A vállalkozás ekkortól van jelen a faipari CNC gép piacon. Az első faipari kiállításon Göncz Árpád is meglátogatta standjukat. Az első gépet egy békés megyei vállalkozónak adták el, aki azóta is használja a gépet. A soproni vásár mindig nagy sikerű volt, mert olyan nagy cégek mellett tudtak versenyképes terméket kiállítani, ami azok árának csak töredékébe került, de tudása azokéval megegyezett. Ami miatt a gépeik keresettebbek, mint a nagy CNC gépforgalmazók gépei, annak oka, hogy egyszerűbb, felhasználó barátiabb a számítógépes környezete. Ugyanis a Tóth Művek saját maróprogram mellett saját szerkesztő programot is ad a gépeikhez. Ezért aki idegenkedett a számítástechnikától, az is hamar el tudta sajátítani annak működését, és a G-kódban való programozás ismeretére sem volt szükség. (A CNC gépek ugyanis a G nyelvben megírt programokat tudták eleinte csak értelmezni, ezért más mód nem volt a vezérlésükre. Ma már vannak olyan szerkesztő- vagy CAM programok, amik ezt a kódgenerálást elvégzik.) A gépeik sikerüket az alacsony árak-, energiaigénynek-, üzemeltetési és karbantartási költségnek, a magas felszereltségnek és tudásnak köszönhetik. Az általuk gyártott gépek többsége három szabadság fokú mozgással rendelkezik, de igény szerint gyártanak négy szabadságfokú gépet is (**48. ábra**), ami szintén saját fejlesztés. Ezzel a géppel például sarokbútorokon lévő íves ajtókra lehet olyan mintát marni, mint a többi ajtóra. Az újabb fejlesztésű gépeiket már igény szerint felszerelik mechanikus vagy lézeres digitalizálóval. Ezt egy bonyolultabb minta adatainak számítógépbe való betöltésére lehet használni. A gépek állványszerkezete, formai-, statikai kialakítása saját tervezés, rezonanciamentes öntött vázszerkezettel, síkköszörült munkaasztallal vagy síkköszörült vákuumos leszorítással rendelkezik.



**48. ábra a TT Művek által gyártott 4D-s CNC gép**

A gépek vezérlését eleinte külföldről szerezték be, azonban két éve vásárolt licenc alapján azt is a Tóth Művek gyártja. Évente 15 – 17 gépet értékesítenek, megrendelőik 75 – 80 százalékban kis és közepes faipari vállalkozások, azonban volt megrendelés nagy vállaltoktól is, akik a nagyobb teljesítményű CNC gép mellé vásároltak költséghatékonyabb gépet. A fenn maradó 20-25 százalékot a reklámpar vásárolja, zömét Budapestre értékesítik.

Későbbi terveik között szerepel egy öt szabadságfokú gép kifejlesztése, amivel a Ballószögi repülőgépgyár felkérésére repülőgép alkatrészek vázelemeinek a végmegmunkálását végeznék. A távolabbi jövőben, gyógyászatban használatos gépek kifejlesztését tűzték ki célul.

Látható a hasonlóság a CNC technológia fejlődése és a Tóth Művek fejlődése között. Mindkét esetben voltak buktatók, az új technológia új berendezéseket igényelt, ahhoz azonban hogy ez a technológia fejlődni tudott, a folyamatosan bizonyítani akaró, fáradhatatlan munkabírási és tehetséges szakembereknek volt köszönhető, akik sok időt szenteltek arra, hogy a hazai és külföldi CNC technológia elérte a jelenlegi szintre.

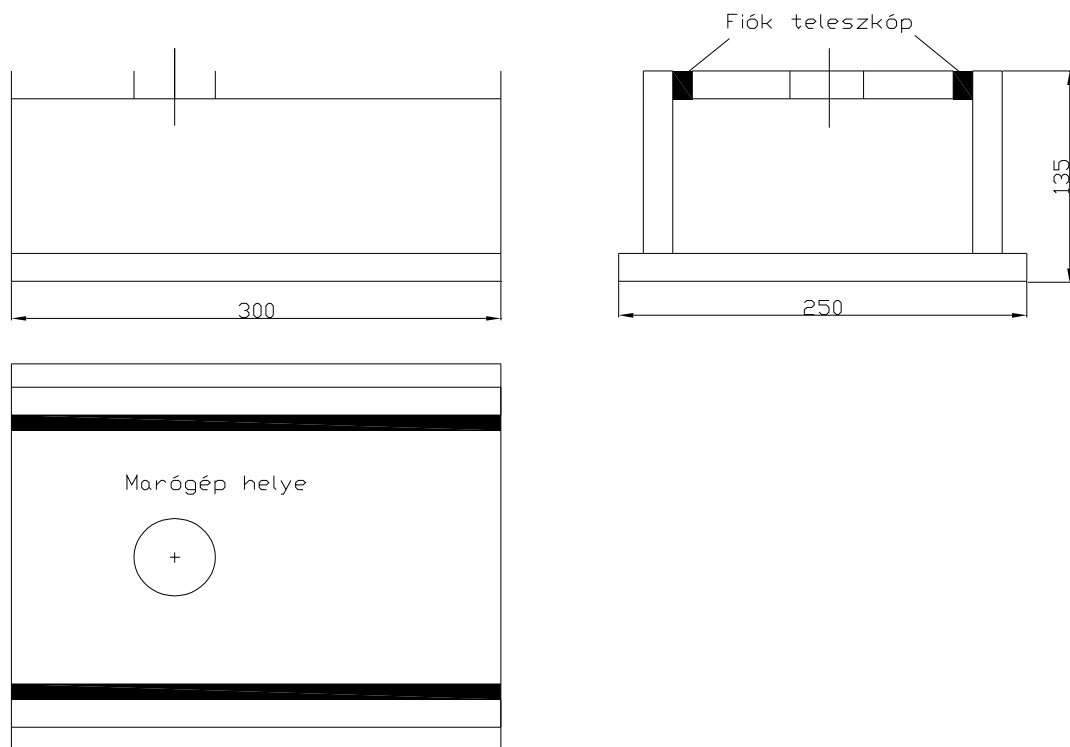
## 2.Egyedi készítésű CNC marógép tervezése

Az általam készített CNC marógép három szabadságfokkal rendelkezik, funkcionalitását tekintve elsősorban síklapok kisebb faipari díszítő jellegű és szerkezeti marására használható. Az CNC gépem munkaterülete 770 x 770 mm, mozgása függőleges irányban pedig 100 mm, ez elég például egy MDF-ből vagy fából készült konyhaszekrény ajtólap marásához, vagy gyerekjátékok készítéséhez. Azt itt szeretném kijelenteni, hogy nem célom felvenni a versenyt a nagy faipari CNC gép gyártókkal, az én lehetőségeim sokkal szerényebbek, ezért gépem pontossága és szerkezeti megoldásai eltérnek az említett gépek pontosságától, csak megközelíti azokét. A tervezés elsősorban gyakorlati oldalról közelítem meg, hiszen célom a berendezés megépítése, de ezt a gyakorlati megközelítést elméleti számításokkal is alátámasztom.

A tervezést mérések sorozata előzte meg. Ugyanis ahhoz, hogy a berendezés vázszerkezetét, gerendázatát méretezni tudjam, el kellett döntenem, hogy mekkora lesz a főmotor mérete és tömege, ehhez terhelésként társul még az előtolási ellenállás, ami erősen függ a faanyagtól és az alkalmazott fogásnagyságtól. Mivel régebben sokat használtam kézi felsőmarógépet díszítő és szerkezeti marásokra, és CNC marógépemmel is ilyen marásokat fogok végezni, ezért a főmotor egy kézi felsőmarógép motorja lesz. Ez több okból megfelel elképzeléseimnek: olcsó, és a szerszámok, amiket használni fogok, már megvannak. Hátránya hogy külön rögzítést kell ehhez a motorhoz építeni.

Az előtolási ellenállás méréséhez rétegelt lemezből készítettem egy fiókteleleszkópos szánszerkezetet, amibe fixen rögzítettem a felsőmaró gépet (**49 és 50. ábra**). A fiókteleleszkóp erre a célra megfelel, mivel fixen vezeti meg a felsőmarógépet tartó lapot (**51.ábra**). A mozgatható részt egy húzós mérleggel mozgatom kézi erővel, az előtoláshoz szükséges erőt pedig a mérlegről leolvasom. A mérés természetesen nem pontos, hiszen csak megközelítőleg tudom egyenletes sebességgel húzni a marómotort, de ez a közelítő eredmény a használni kívánt szerszámokhoz viszonyítási alapnak megfelelő. Ebbe a szerkezetbe, a marógép szerszáma alá próbadarabokat rögzítettem, méretük 200 x 120 x 19 mm (**52. ábra**).





49. ábra Az előtolási ellenállás mérésére szolgáló szerkezet rajza



50. ábra Az előtolási ellenállás mérése



**51 .ábra Az alkalmazott fiók teleszkóp**



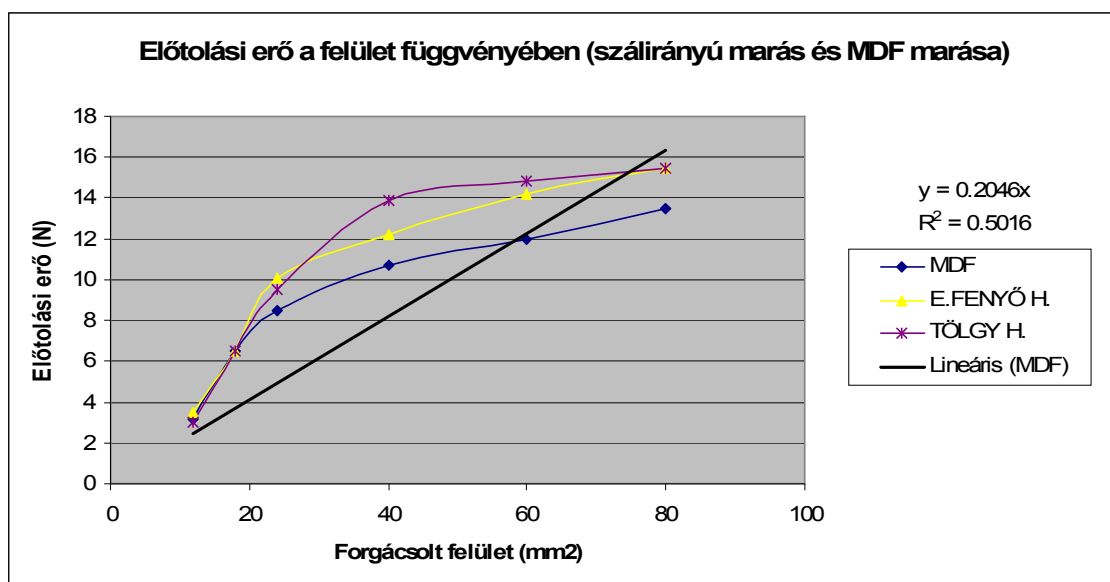
**52. ábra Előtolási ellenállás mérése erdei fenyő próbadarabbal**

Több fafaj (tölgy, erdei fenyő) illetve MDF próbadarabokat használtam, ezekkel mértem az előtoláshoz szükséges erőket, fa esetében szálirányban és szálirányra merőlegesen, minden esetben háromszor. Természetesen a szerkezetnek van üresjárat ellenállása ez 2,8 N, ezt a mért értékekből kivontam. A marást 6 mm és 20 mm átmérőjű árkoló marókésekkel végeztem, a fogásmélység 2, 3 és 4 mm, a fordulatszám 27 000

<sup>1</sup>/min volt. A kapott eredményeket egy táblázatba foglaltam (**53.ábra**), az előtolási ellenállást a kimart keresztmetszet függvényében egy-egy grafikonon ábrázoltam, külön a szálirányú (**54.ábra**) és a keresztzsalú marását (**55. ábra**). Megállapítottam, hogy a legtöbb erő az erdei fenyő keresztzsalas marásához kellett, 34,2 N, a mart felület pedig 80 mm<sup>2</sup> volt. A diagramokból kiszámítható, hogy ha egy 28 mm átmérőjű árkoló marókéssel 10 mm mélyen marok, akkor ehhez 128,6 N előtolási ellenállás tartozik.

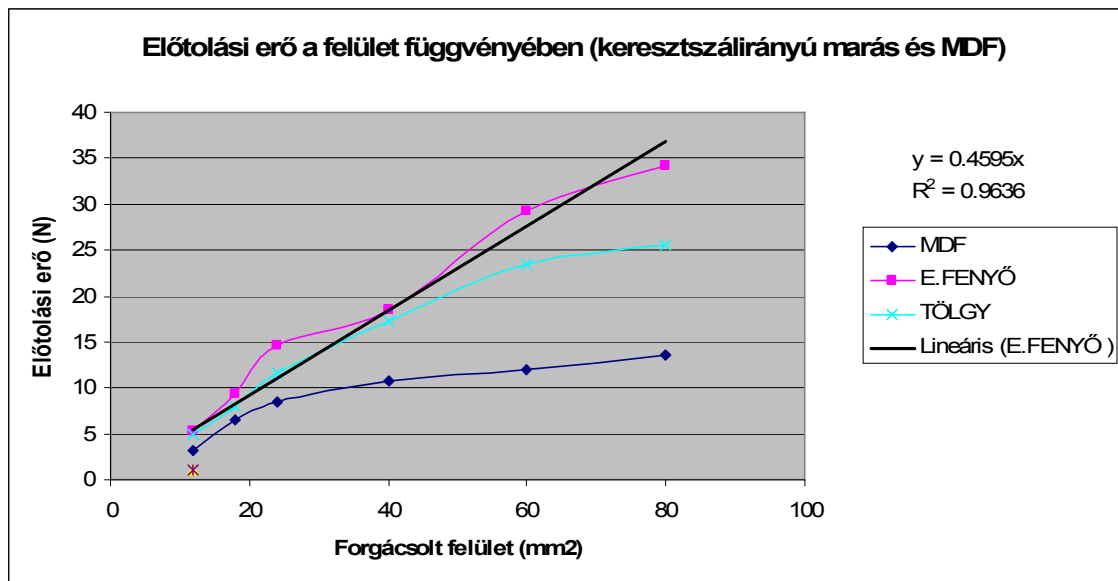
Próbadarabok szálirányú marása és MDF marása							
	felület (mm <sup>2</sup> )	12	18	24	40	60	80
Mért előtolási erő (N)	MDF	4,2	5,5	8,5	10,7	12	13,5
	Erdei fenyő	3,5	6,5	10,1	12,2	14,2	15,5
	Tölgy	3	6,5	9,5	13,9	14,8	15,5
Próbadarabok keresztzsalas marása és MDF marása							
	felület (mm <sup>2</sup> )	12	18	24	40	60	80
Mért előtolási erő (N)	MDF	4,2	5,5	8,5	10,7	12	13,5
	Erdei fenyő	9,3	9,3	14,6	18,5	29,2	<b>34,2</b>
	Tölgy	4,9	7,9	11,7	17,2	23,5	25,5

53. ábra Az előtolási erők alakulása a különböző próbadaraboknál



54. ábra Próbadarabok szálirányú marása

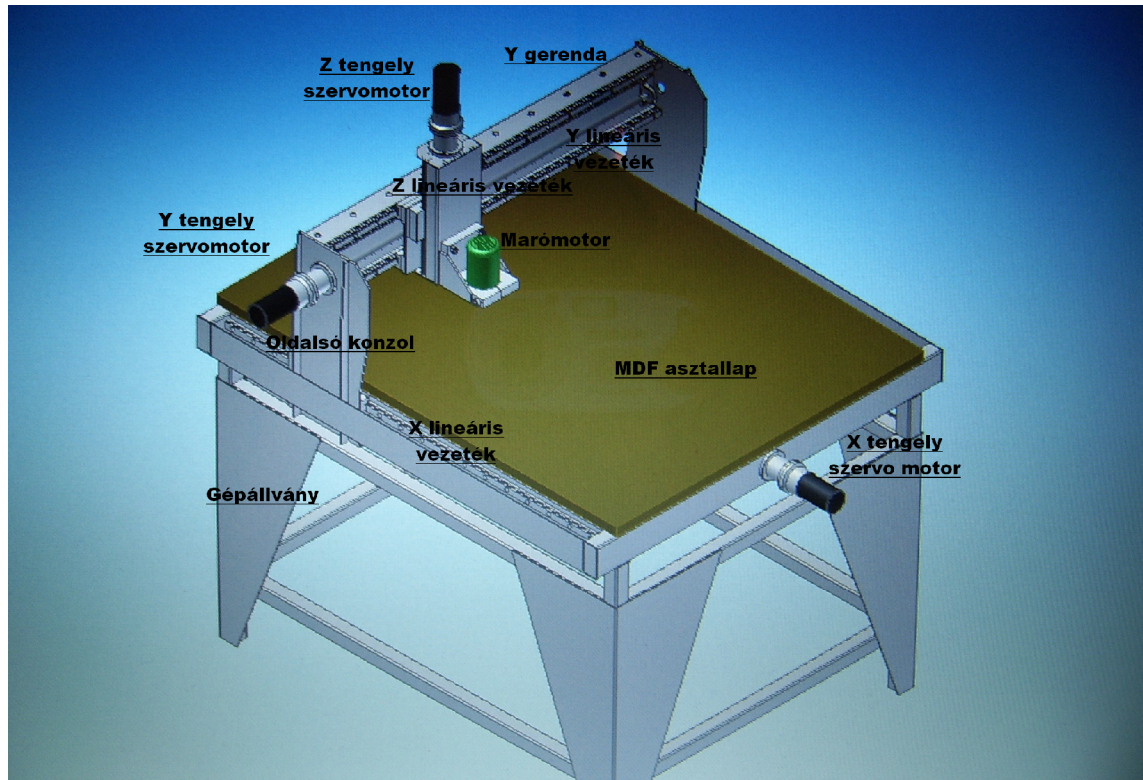




**55. ábra Próbadarabok keresztzsalas marása**

Tapasztalatból tudom, hogy ettől nagyobb fogásnagyságot a marómotor teljesítménye nem bírna el. Mivel az emberi erő kifejtés 180-200 N egyenletes húzásra, ez az erő szerszámgéppel való munkavégzés esetén 130-150 N. A 130 N megfelel egy ember kényelmes erő kifejtésének, ez ettől a berendezéstől ez elfogadható. Ez a gép méretezésénél fontos adat. A marógép súlya 15 N.

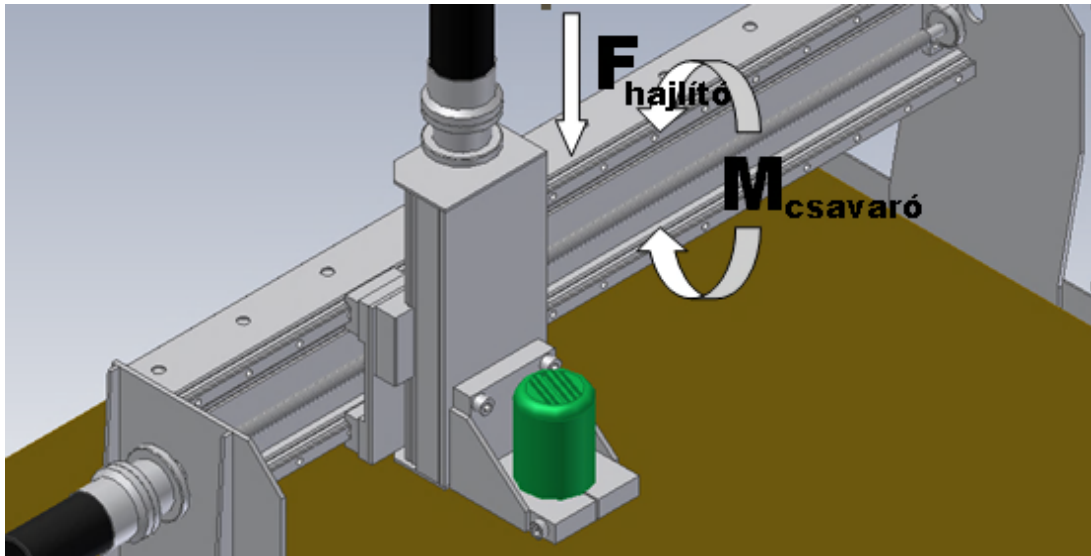
## Méretezés



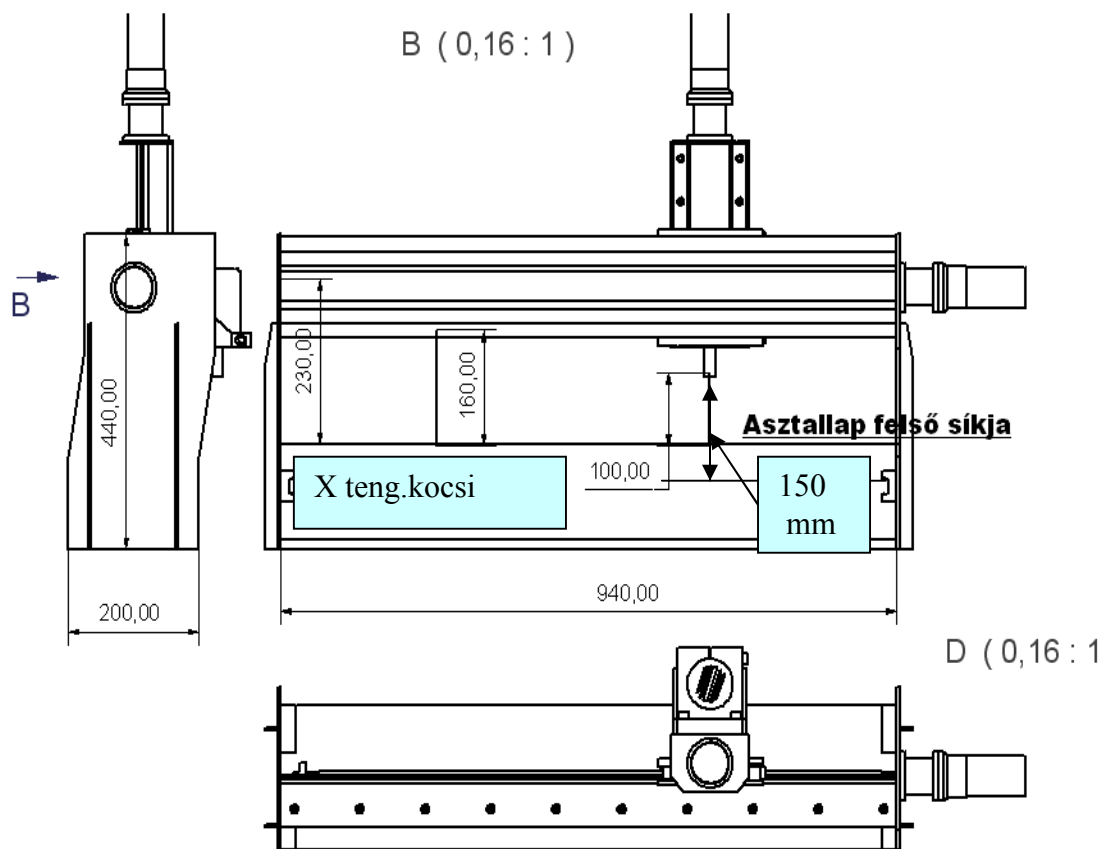
56. ábra A tervezett CNC marógép ábrája

A tervezett CNC marógép fő szerkezeti egységeit mutatja az **56. ábra**. Ebből az ábrából kiderül, hogy a legnagyobb igénybevételnek a keresztgerenda van kitéve, erre hat az összes előtolási ellenállás, a marómotor súlya, a lineáris vezetékek súlya. Ez az igénybevétel összetett igénybevétel, hajlítás és csavarás. A legnagyobb csavaró nyomaték a tartó közepén hat, és akkor a legnagyobb az érték, amikor a marószerszám függőlegesen a legalacsonyabb ponton van. Az asztal felső síkja és a marószerszám alsó része között 100 mm távolságnak kell lennie. Mivel a marószerszám 60 mm-t lóg túl a gépből, így a gerenda alsó éle az asztal felső síkjától 160 mm-re, a gerenda közepe pedig 230 mm-re van (**57 és 58. ábra**).





57. ábra A felső gerenda egység elrendezése



58. ábra A felső gerenda egység elrendezési rajza

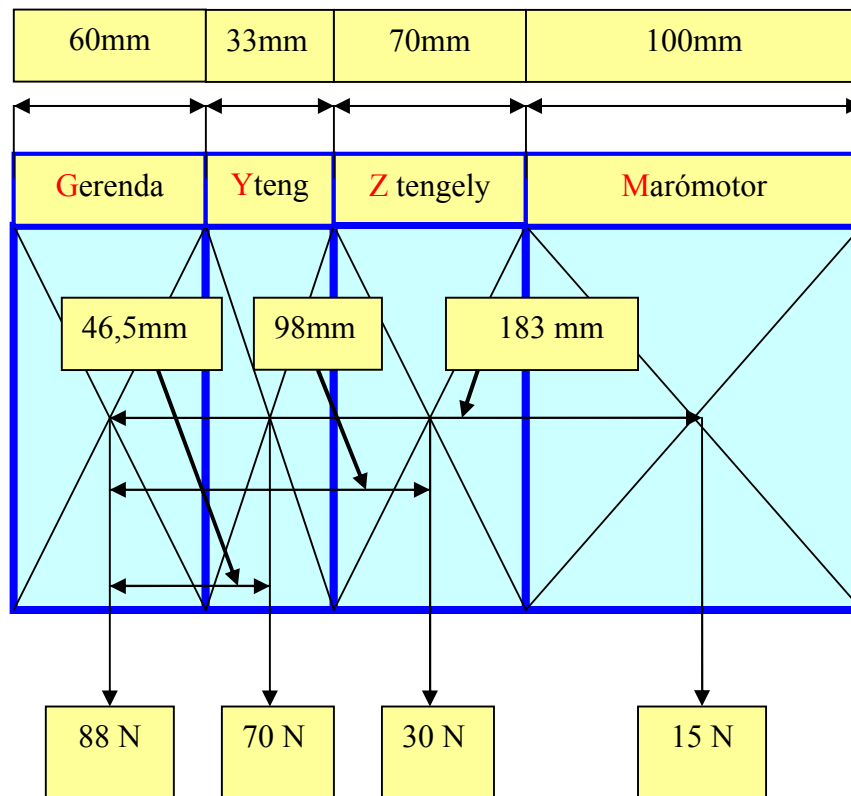
A marómotort tartó szánszerkezet a gerenda alsó részéig emelkedhet fel, máskülönben a lineáris vezeték kicsúszik a kocsiból. A marógép szerszámbefogó patronja, ha a gerenda

alsó részéig tart, akkor a szerszám kilógása innen 60 mm. A megmunkálható legnagyobb anyagvastagság 100 mm. A gerenda anyaga alumínium gépépítő elem, belseje bordázattal merevítve, külsején t-nút profilokkal. Mérete 100x50 mm. Mindkét élén a lineáris vezeték csatlakoztatására egy-egy 60 x 20 mm-es zártszelvény fut végig. Mivel az említett alumínium tartóra (Minitex) nem ad meg a gyártó poláris másodrendű nyomatékot, ezért a számításakor ezt egy fele akkora keresztmetszetű tömör alumínium szelvénnel helyettesítem, és ezt méretezem csavarásra. A gerenda hossza 940 mm, a modellgerenda keresztmetszete 75 x 35 mm.

A gerendát terhelő súlyok ( **59.ábra**):

- marómotor: 15 N
- gerenda: 88 N (önsúly)
- Y lineáris vezeték : 70 N
- Z lineáris vezeték : 30 N

Összesen : 203 N



**59.ábra A gerendát terhelő súlyok eloszlása**

A gerendára ható súlyokból származó forgatónyomatékok:

Marógép:  $15\text{ N} \times 0,183\text{ m} = 2,745\text{ Nm} \sim 3\text{ Nm}$

Szerkezet :  $0,0465\text{ m} \times 70\text{ N} + 0,098\text{ m} \times 30\text{ N} = 6,19\text{ Nm} \sim 7\text{ Nm}$

Előtolási ellenállás nyomatéka:  $130\text{ N} \times 0,23\text{ m} = 29,9\text{ Nm} \sim 30\text{ Nm}$

**$\Sigma M = 40\text{ Nm}$**

Msz 15028/2-84 szerint (aluminium)

**$\sigma_{\text{meg}} = 60\text{ MPa}$**  változó terhelésre       **$\sigma_{\text{meg}}$**  = megengedett húzó-nyomó feszültség

**$\sigma_{\text{meg}} = 40\text{ MPa}$**  dinamikus terhelésre

**$\tau_{\text{meg}} = 0,6 \sigma = 24\text{ MPa}$**

**$\tau_{\text{meg}}$**  = megengedett nyíró feszültség

**A modellgerenda mérete: 75 x 35 mm keresztmetszetű tömör alumínium szelvény.**

**$a = 35\text{ mm}$     $b = 75\text{ mm}$**

Műszaki mechanikai.táblázatok 116 oldala szerint:

**$b/a = 2$     $\alpha = 0,246$     $\beta = 0,229$**

**$E_{\text{aluminium}} = 70\,000\text{ MPa}$**

**$G_{\text{aluminium}} = 27\,000\text{ MPa}$**

**$\tau_{\text{cs}} = M_{\text{cs}} / K_p$**

**$\tau_{\text{cs}}$**  = csavaráskor keletkező nyíró feszültség

**$M_{\text{cs}}$**  = csavaró nyomaték

**$K_p = K_t = \alpha \times a^2 \times b$**

**$K_t$**  = csavaró keresztmetszeti tényező

**$\tau_{\text{cs}} = 40\text{ Nm} \times 10^3 / 0,246 \times 35^2 \times 75 = 1,77\text{ MPa} < \tau_{\text{meg}}$ , megfelel**

**$I_p = I_t = \beta \times a^3 \times b$**

**$I_t$**  = csavaró ellenállás

**$I_p = I_t = 0,229 \times 35^2 \times 75 = 7,36 \times 10^5\text{ mm}^4$**

**$\varphi_{\text{max}} = (M_{\text{cs}} \times l/2) / (I_p \times G)$**  (mert a tartó közepén hat a legnagyobb csavaró nyomaték)    **$\varphi_{\text{max}}$**  = maximális szögelfordulás

**$\varphi_{\text{max}} = (40\text{ Nm} \times 10^3 \times 940\text{ mm} / 2) / (7,36 \times 10^5\text{ mm}^4 \times 27000\text{ MPa}) = 0,0009\text{ rad} \approx 0,0477^\circ$**

A csavaródás mértéke 0,0477 fok, a gép pontosságát tekintve megfelelő.

A hajlítást már tudom a valós gerenda szilárdságával számolni, amit a gyártó katalógusában lehet megtalálni.

**$F = 130\text{ N}$     $l = 940\text{ mm}$     **$M = F/2 \times l/2$     $M = 130/2 \times 0,94/2 = 24,2\text{ Nm}$****

**$W = 13,653\text{ cm}^3$**

**$\sigma_{\text{max}} = M / W = 24,2 \times 10^3 / 13,653 \times 10^3 = 1,77\text{ N/mm}^2$**

### A lehajlás:

$$f = (F \times l^3) / (E \times I \times 48 \times 10^4)$$

$$f = (130 \times 940^3) / (70000 \times 113,487 \times 10^4 \times 48) = \mathbf{0,0283 \text{ mm}}$$

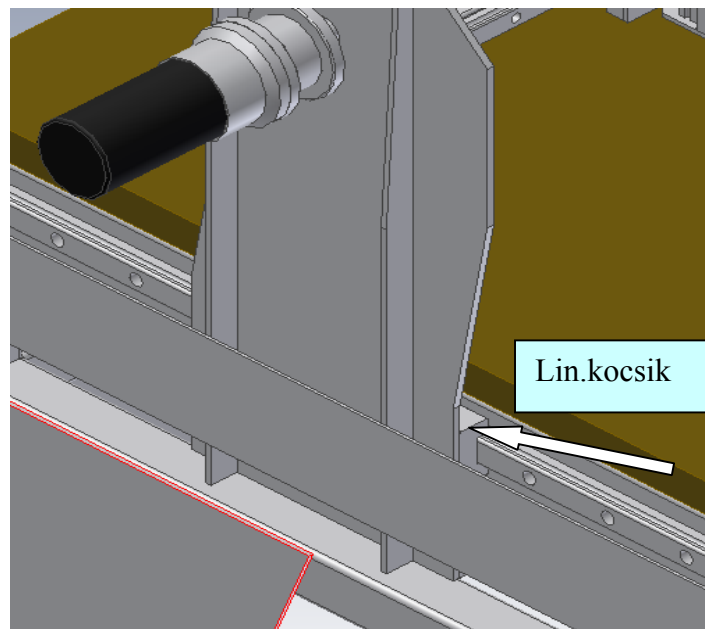
Összetett igénybevétel:

$$\sigma_{\max} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} \quad \sigma_{\max} = (1,77^2 + 3 \times 1,5^2)^{1/2} = \mathbf{3,14 \text{ MPa} < \sigma_{\text{meg}}, \text{ megfelelt}}$$

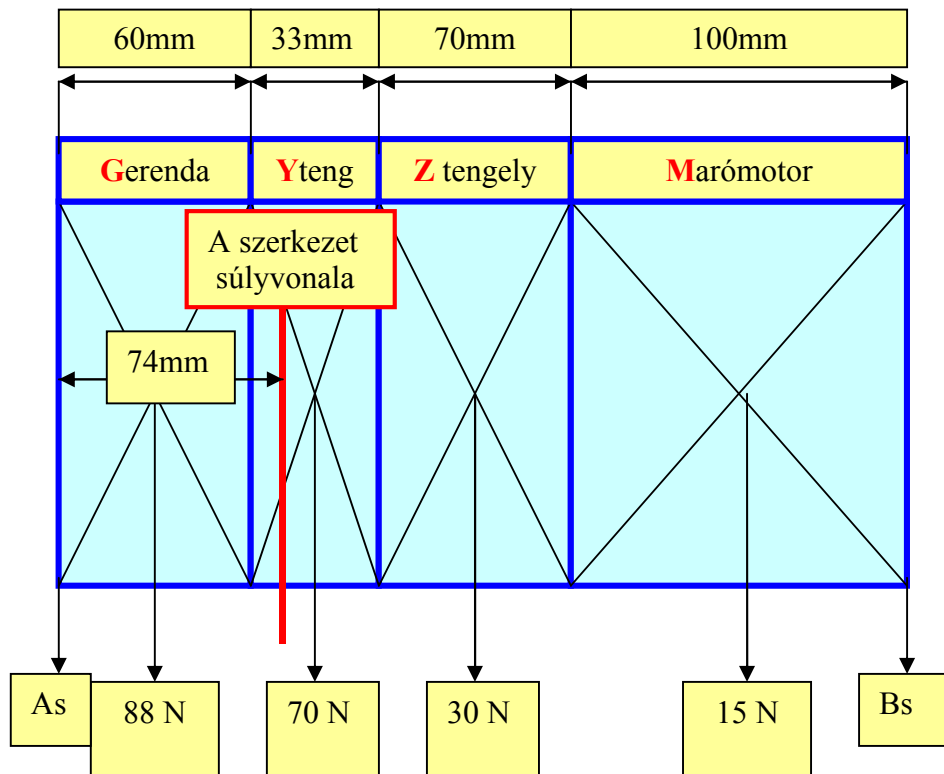
A vizsgált alumíniumtartó az adott terhelésre megfelel, sőt túl méretes, de a fizikai méretek miatt szükség van ekkora gerendára. Hossz: 940 mm Szélesség: 100mm Vastagság: 50 mm. Erre a gerenda alsó és felső élére helyezek egy-egy 60 x 20 x 2 mm keresztmetszetű zártszelvényt a lineáris vezetékek megtartására. Azért ezt a megoldást választottam, mert így a golyósanyának lesz elegendő hely.

### Az X tengelyen lévő lineáris kocsik méretezése

Fontos, hogy nyugalmi helyzetben oldalanként mind a két lineáris kocsit egyformán érje terhelés. (60 és 61.ábra)



60. ábra Az oldalsó konzol és az alsó lineáris kocsik elrendezése



61.ábra A súlyok eloszlása

A súlyvonal helyének számítása:

$$A_s = (30 \times 88 + 76,5 \times 70 + 128 \times 30 + 213 \times 15) / (88 + 70 + 30 + 15) = 74 \text{ mm}$$

$$B_s = (50 \times 15 + 135 \times 30 + 186,5 \times 70 + 233 \times 88) / (88 + 70 + 30 + 15) = 189 \text{ mm}$$

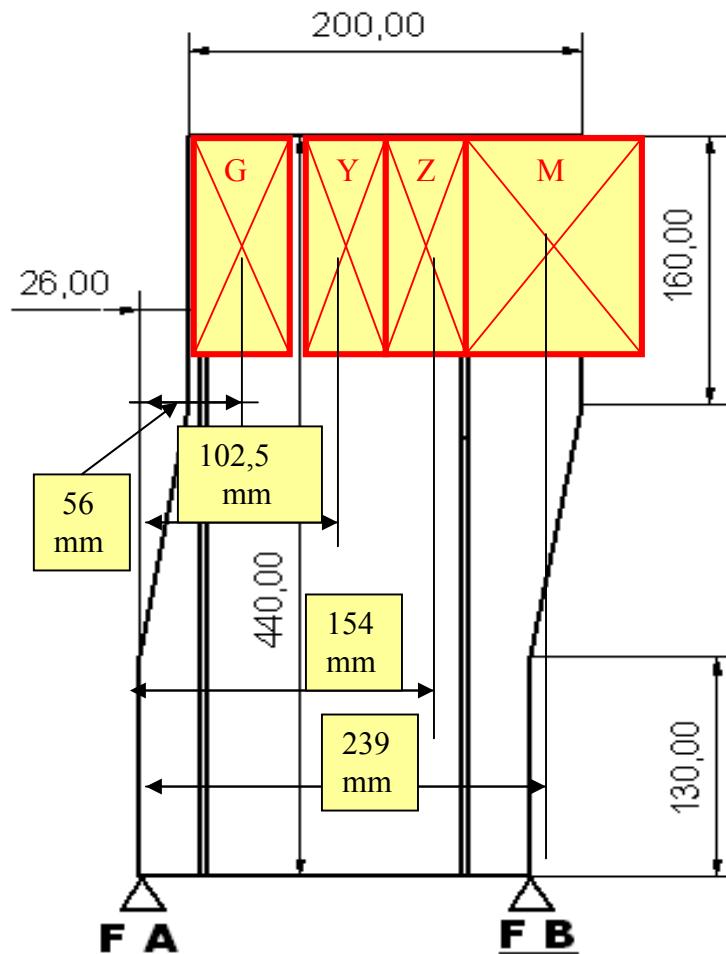
A két kocsit akkor éri egyenlő terhelés, ha az oldalsó konzol alakját 26 mm-el eltolom a marómotor irányába, az egység súlypontja a gerenda hátsó oldalától 74 mm távolságra van ( 62.ábra).

A támaszerők meghatározása:

$$F_A = (56 \times 88 + 102,5 \times 70 + 154 \times 30 + 239 \times 15) / 200 = 101,54 \text{ N}$$

$$F_B = (-39 \times 15 + 46 \times 30 + 97,5 \times 70 + 144 \times 88) / 200 = 101,46 \text{ N}$$





62. ábra Az oldalsó konzol

A két kocsi terhelése közötti különbség 1%-on belüli, ami megfelelő.

### Az X tengelyen lévő lineáris kocsikra ható forgatónyomatékok számítása

A két kocsira akkor hat a legnagyobb terhelés, amikor a marószerszám a legmagasabb pozícióban van, ez a kocsik középtárlójától 150 mm-re van.

$$F = 130 \text{ N.}$$

$$M = 130 \times 0,15 = 19,5 \text{ Nm}$$

Ez a terhelés a 4 db THK SSR 20 típusú lineáris kocsik terhelhetőségének a töredéke, ez a kocsi oldalirányban 84,7 Nm, lapirányban 138 Nm terhelést képes elviselni. Céljaimnak az SSR 12-es kocsi és lineáris vezeték is megfelelne, de az SSR 20-as szerkezethez jutottam olcsón hozzá. Ez a biztonsági túlméretezés a későbbi bővítésnél még jól jön.

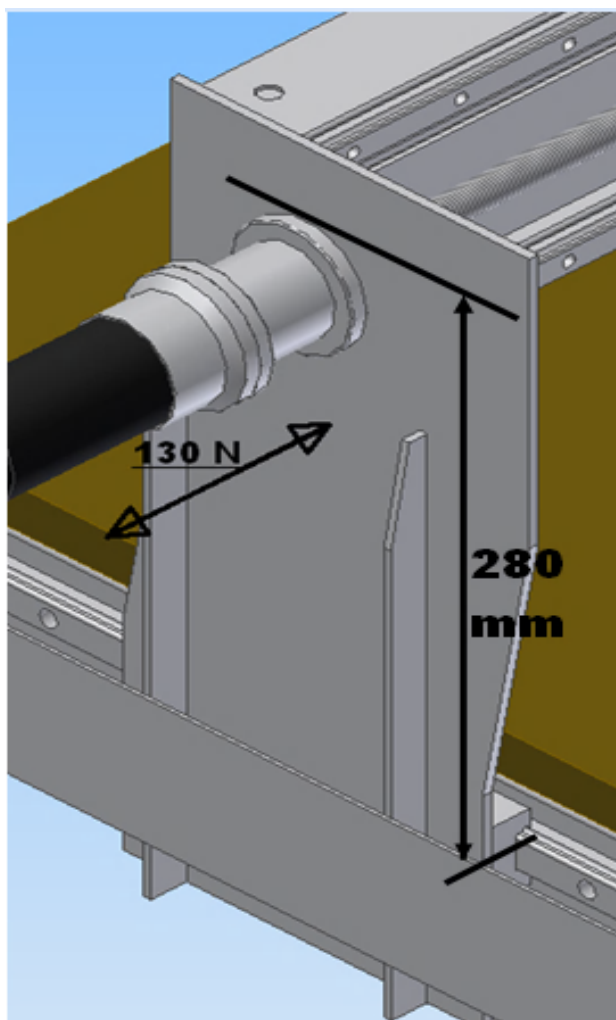
### A felső gerendán lévő lineáris kocsik méretezése

A felső gerenda lineáris vezetőkeire akkor hat a legnagyobb terhelés, amikor a marószerszám a legalacsonyobban van. Ez a két lineáris vezető felezőjétől 230 mm.

$$M = 130 \times 0,23 = 29,9 \text{ Nm} \sim 30 \text{ Nm}$$

Ide 4 db THK SSR 15-ös lineáris kocikat vásároltam, ezek oldalirányú maximális terhelése 30,2 Nm, lapirányban 18,9 Nm terhelést képes elviselni. Ez is túlméretes az esetleges későbbi bővítés miatt.

### Az oldalsó konzol hajlításra történő méretezése (63.ábra)



63.ábra Az oldalsó konzol

Az 2 db oldalsó konzol anyaga egyenként 5 mm vastag két helyen bordázott acéllemez, a hajlító erő a lapjára hat. A bordák a gerenda alsó részéig futnak, keresztmetszeti méretük 20 x 4 mm(64.ábra).

$$E_{\text{acél}} = 206\,000 \text{ MPa}$$

$$M_A = 0,28 \times 130 = 36,4 \text{ Nm}$$

$$f = (F \times l^3) / (3 \times I \times E) \quad f = \text{elhajlás} \quad l = \text{hossz} = 280 \text{ mm}$$

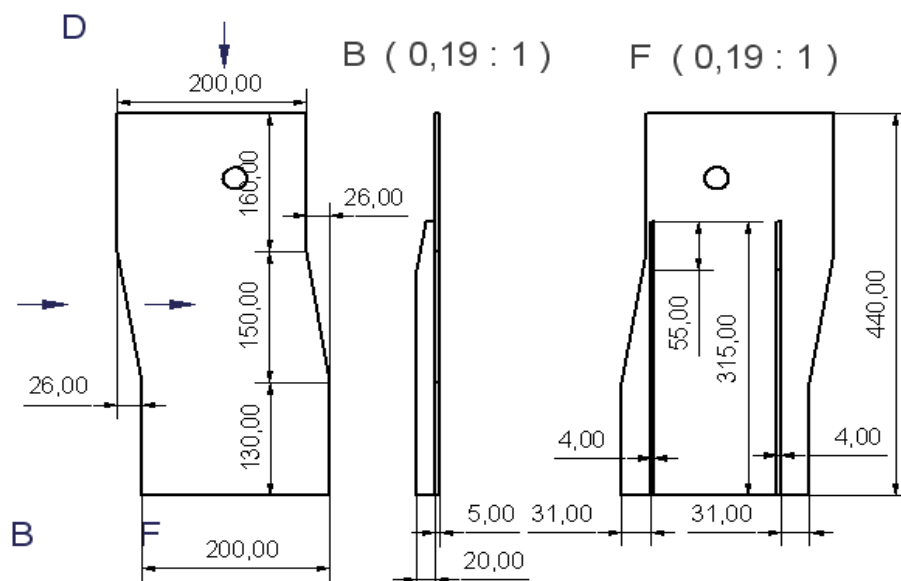
$$E = \text{rugalmassági modulus} = 206\,000 \text{ MPa}$$

$$I = \text{másodrendű statikai nyomaték}$$

$$y_s = \Sigma Sx / \Sigma A = 25 \text{ mm}$$

$$I_x = (a \times b^3) / 12 + t^2 \times A$$

$$I_x = (200 \times 10^3) / 12 + (4 \times 20^3 / 12 + 15^2 \times 4 \times 20) \times 4 = 9,93 \times 10^4 \text{ mm}^4 \text{ (a két konzol együttesen)}$$



64.ábra Az oldalsó konzol méretei

A lineáris kocsik középvonala és a gerenda középvonala között 280 mm távolság van.

$$f = (130 \text{ N} \times 280^3 \text{ mm}) / (3 \times 9,93 \times 10^4 \times 206000) = 0,046 \text{ mm a elhajlás, megfelel a gép pontosságához.}$$

$$\sigma_{\text{max}} = (M_x / I_x) \times y_{\text{max}} = (36,4 \times 10^3 / 9,93 \times 10^4 \text{ mm}^4) \times 25 \text{ mm} = 9,16 \text{ MPa} < \sigma_{\text{meg}}$$

megfelelt

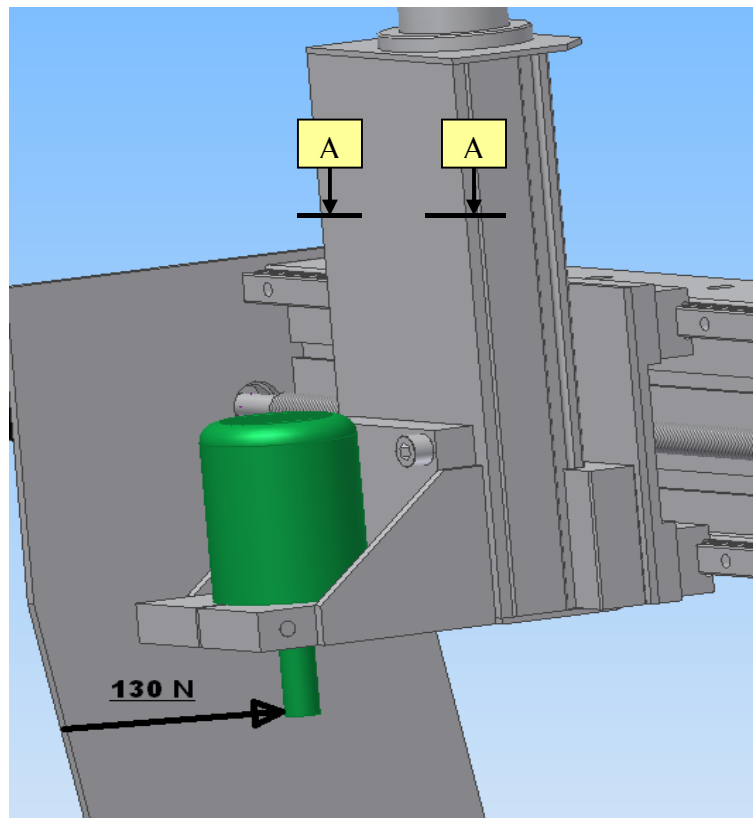
A konzolt élére történő hajlításra nem méretezem, ekkora terhelésnél nincs értelme.

### A z tengely lineáris vezetőkeinek méretezése

A lineáris kocsikra akkor hat a legnagyobb nyomaték, ha a szerszám a legalacsonyabban van, így a nyomaték  $M = 130\text{N} \times 0,16\text{m} = 20,8\text{ Nm}$

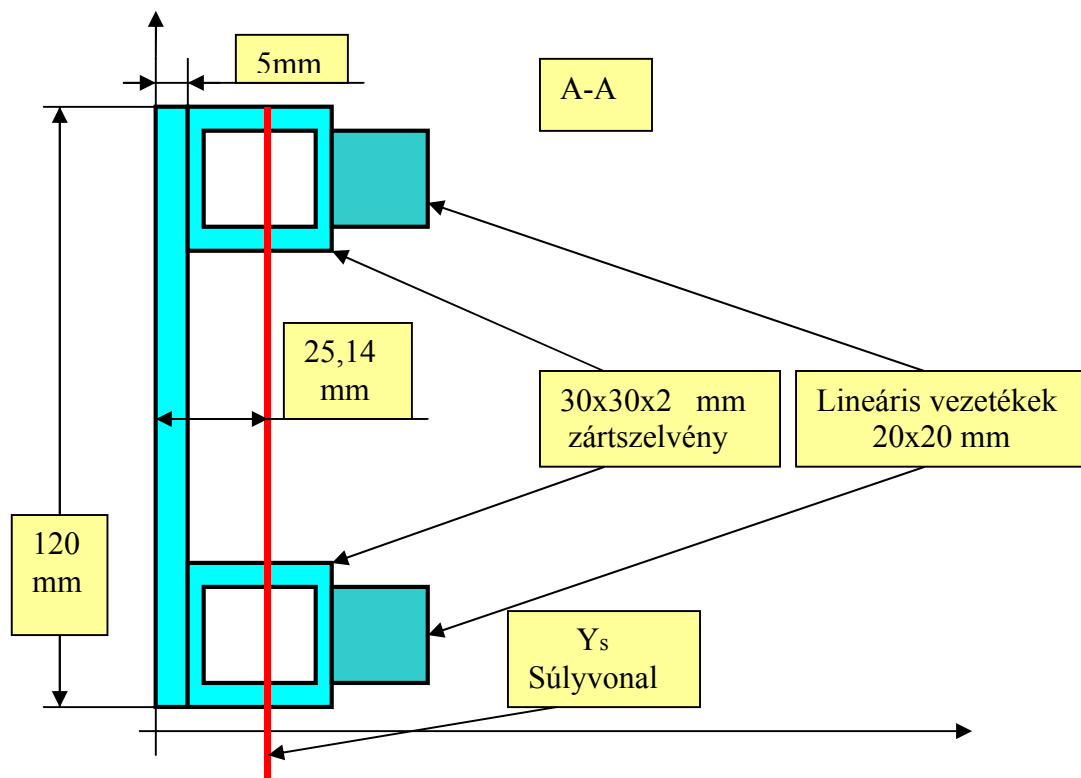
Ide 2 db HSR 20-as talpas lineáris kocsit és a hozzá tartozó vezetőket terveztem, ez egyformán terhelhető minden irányban, nagy merevségű és nehéz terhelhetőségű, ezért csak kettőt építék be. Ez a kocsi oldalirányban és lapirányban is 323 Nm terhelést tud elviselni. Ez is túlméretes a későbbi bővítés lehetősége miatt.

### A motortartó egység méretezése hajlításra (65.ábra)



65. ábra A motortartó egység elrendezése

A motortartó egység **100 mm**-t lóg lejjebb a lineáris kocsitól, itt hat **130 N** előtolási ellenállás , az előlap anyaga 5 mm vastag 120 mm széles laposacél, a lineáris vezetékek tartására 30 x 30 x 2 mm keresztmetszetű zártszelvényt csavarozok rá, azért hogy a golyós anyának legyen elegendő helye.(66.ábra)



66.ábra A motortartó egység szerkezetének fő méretei

$$Y_s = \left( 120 \times 5 \times 2,5 + 20 \times 20 \times 45 \times 2 + (30 \times 30 - 26 \times 26) \times 20 \times 2 \right) / (120 \times 5 + 20 \times$$

$$20 \times 2 + (30 \times 30 - 26 \times 26) \times 2 = \mathbf{25,14 \text{ mm}}$$

$I_x$  = másodrendű statikai nyomaték

$$I_x = (120 \times 5^3) / 12 + 22,64^2 \times 120 \times 5 + \left( (20 \times 20^3) / 12 + 19,86^2 \times 20 \times 20 \right) \times 2 + \left( (30 \times 30^3) / 12 - (26 \times 26^3) / 12 \right) + 5,14^2 \times (30 \times 30 - 26 \times 26) \times 2 = \mathbf{7,22 \times 10^5 \text{ mm}^4}$$

$$f = (F \times l^3) / (3 \times I \times E) \quad f = \text{elhajlás}$$

$$f = (130 \text{ N} \times 100^3 \text{ mm}) / (3 \times 7,22 \times 10^5 \text{ mm}^4 \times 206000) = \mathbf{0,0029 \text{ mm}}$$
 az elhajlás, megfelel a gép pontosságához.



### Az X tengely golyósorsójának a méretezése

A mozgatott tömeg:

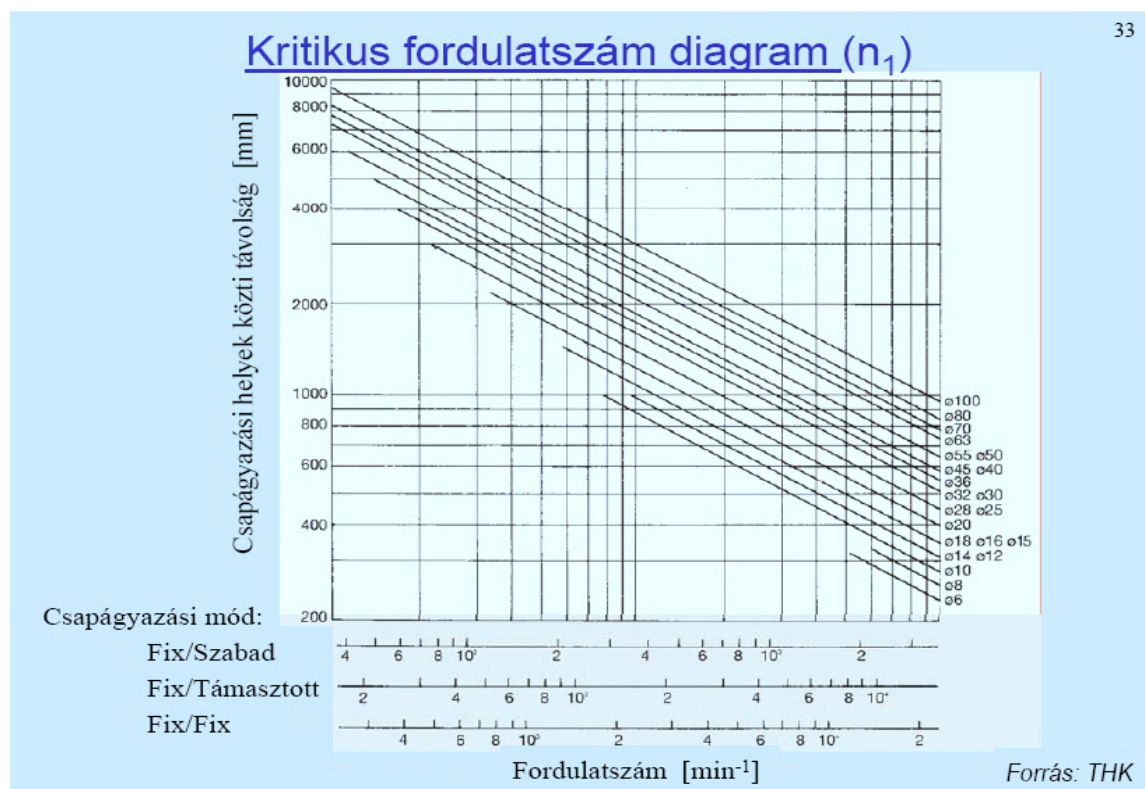
- felső gerenda és szerkezet : 20,3 kg
- oldalsó konzolok : 7,9 kg
- alsó kocsik : 0,96 kg

Összesen: 29,16 kg  $F = 291,6 \text{ N}$

Összesen 291,6 N súlyt kell mozgatni, ehhez tevődik még hozzá a tehetetlenségi erő, ami a lineáris kocsinak köszönhetően legalább 10 % túlméretezést igényel, az előtolási ellenállás 130 N, így összesen **450,76 N** erővel kell mozgatni a szerkezetet. Erre a feladatra 1000 mm hosszú, 16 mm átmérőjű, 5 mm menetemelkedésű golyós orsót használnak.

### Kritikus fordulatszám megállapítása:

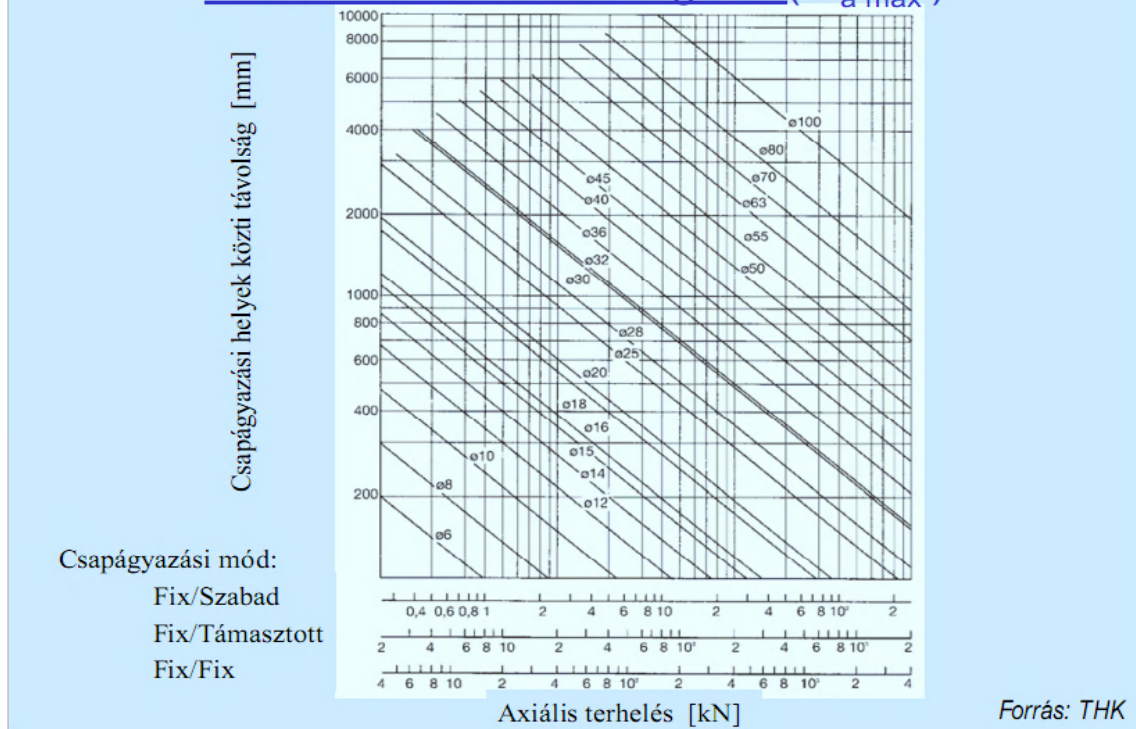
Beépítés módja fix/támasztott, a táblázat alapján a fordulatszám  $1160 \text{ min}^{-1}$ , e felett nagy a kilengés. (67. ábra)



67. ábra Kritikus fordulatszám megállapítása

## Max. axiális terhelés diagram ( $F_{a \max}$ )

35



68.ábra Az axiális terhelés megállapítása

Diagram alapján a maximális axiális terhelése az orsónak 2,8 kN (**68. ábra**), a statikus terhelés megegyezik az axiális terheléssel.

**Az X és az Y tengely golyósorsójának forgatásához szükséges forgatónyomaték megállapítása**

$d_2$  = orsó középátmérő 14 mm

$F$  = terhelő erő = 451 N

$\tan \alpha = h / d_2 \times \pi = 5 \text{ mm} / 14 \text{ mm} \times \pi = 0,11 \quad \alpha = 6,27^\circ$

A súrlódás gyakorlatilag elhanyagolható, mivel a golyós orsó nem önzáró.

$M = F \times (d_2 / 2) \times \tan \alpha$

$M = 451 \times (14 / 2) \times \tan 6,27^\circ = \mathbf{0,346 \text{ Nm}}$

Egyszerűsített képlet alkalmazásával:

$F = (2\pi \times M) / \text{menetemelkedés}$

$451 = (2\pi \times M) / 5$

$\mathbf{M = 0,358 \text{ Nm}}$  tehát a képlet jó.

Az Y tengely golyósorsója is ekkora a fordulatszám miatt, 16 x 5 mm, ezt külön már nem méretezem.

### A z tengely golyós orsójának a méretezése

Axiális irányban csak a súlyerők és az előtolási erők hatnak, ez  $F = 130 \text{ N} + 45 \text{ N} = 175 \text{ N}$ , itt nagyobb a tehetetlenségi erő, ez 30 % túlméretezést igényel, így

$$F = 227,5 \text{ N}$$

Az orsó hossz 300 mm, átmérője 10 mm. Ez a grafikon alapján 600 N terhelést képes axiális irányban elviselni, maximális fordulatszáma  $1300 \text{ min}^{-1}$ , a beépítés módja fix/szabad.

A forgatáshoz szükséges nyomaték számítása ( M):

$$F = (2\pi \times M) / \text{menetemelkedés} \quad 227,5 = (2\pi \times M) / 5 \quad M = 0,18 \text{ Nm}$$

Természetesen ezek a forgatónyomatékok legalább háromszoros túlméretezést igényelnek, így mindhárom esetben 1 Nm-es forgatónyomatékú szervomotorokat használok.

### Az X és Y tengely golyós orsójának csapágyválasztása

Az X és Y tengely golyósorsójának axiális terhelése  $P = 451 \text{ N}$ . Az orsóra csak axiális terhelés hat.

Csapágyválasztás

$$L_h = 12000 \text{ üzemóra}$$

$$L = 60 \times 1160 \times 12000 / 10^6$$

$$L = 835,2 \text{ millió fordulat}$$

$$f_1 = (L)^{1/3} \quad f_1 = 835,2^{1/3} = 9,414$$

$P_0 = P = 451 \text{ N}$  mert csak axiális terhelés hat.

$$\text{Csapágy alapterhelés: } C_{\min} = f_1 \times P \quad C_{\min} = 9,414 \times 451 = 4,2 \text{ kN}$$

A motor felőli oldalon lesz 2 db mélyhornyú golyóscsapágy, a másik végén csak támasztó Y csapágy lesz. Az alapterhelés alapján a választott csapágy típusa: 6300, statikus terhelésre egyenként 3,4 kN-t tud elviselni. Lehetne használni ferde hatásvonalú golyós csapágyakat is, de abból nincs megfelelő teherbírású ekkora tengelyméretre.

Ezeket a csapágycsuklókat alkalmazom az alsó és a felső golyósorsó megvezetésére. Mivel a csapágy állandó lökésszerű terhelésnek van kitéve, azon kívül a fordulatszám is alacsony, ezért a  $C_0$  statikus terhelés alapján kell csapágyat választani.

#### **A z tengely golyós orsójának a csapágyválasztása**

$$F = 227,5 \text{ N} \quad L_h = 12000 \text{ üzemóra}$$

$$L = 60 \times 1300 \times 12000 / 10^6 \quad L = 936 \text{ millió fordulat}$$

$$f_i = (L)^{1/3} \quad f_i = 936^{1/3} = 9,8 \quad P_0 = P = 227,5 \text{ N mert csak axiális terhelés hat}$$

$$C_{min} = f_i \times P \quad \mathbf{C_{min} = 9,8 \times 227,5 = 2,23 \text{ kN}}$$

A terhelés alapján a választott mélyhornyú golyós csapágy típusa 628, statikus terhelése 1,66 kN terhelést tud elviselni, kettő db lesz beépítve. Ez nem ferde hatásvonalú, mert ilyen kis belső átmérőjű ferde hatásvonalú csapágy nincs, de ezek a mélyhornyú golyós csapágyak is elviselik ezt az axiális terhelést.

Az alkalmazott M5-ös belső kulcsnyílású acélcsavarokat nem méretezem külön szakításra, mert az adott terhelés többszörösét képes elviselni egyetlen csavar is, csak az alsó lineáris vezeték 16 db csavar rögzíti, egy ilyen méretű, 8.8 szakítószilárdságú ( $800 \text{ N/mm}^2$ ) csavar szakítószilárdsága 1181 N. A következőkben a CNC gép tervezését mutatom be.

## Tervezés

A mechanikus részek tervezésénél a fő szempont az egyszerűség és a lehető legolcsóbb kivitelezés. Ezért a vázszerkezet anyaga 40x40x2 mm keresztmetszeti méretű zártszelvény, felső két rövidebb élén egy-egy 80x40x3 mm keresztmetszetű zártszelvény helyezkedik el. Ez oldal irányban túllóg, azért, hogy az oldalsó konzol ne tudjon lefutni a lineáris vezetékekről. A vázszerkezet elemei ívhegesztéssel vannak egymáshoz rögzítve. A két oldalsó lineáris vezeték egy-egy 40x40-es zártszelvényre van rászerezve, a későbbi állítási lehetőségek miatt. Az oldalsó konzolok tartják a felső gerendázatot, amin a marómotor és a mozgatáshoz szükséges lineáris rendszer található. Ennek az anyaga 5 mm vastag kazánlemez, bordával erősítve. Ehhez 4 db M8 csavarral csatlakozik a felső alumínium gerenda, aminek alsó és felső élén egy-egy 60x20x2 mm-es zártszelvény van a lineáris vezetékek tartására. Azért lóg túl 10 mm-el ez a zártszelvény a gerendától, hogy a lineáris kocsi közé el tudjam helyezni a golyós anyát. Az oldalsó konzolokat alól egy 200 mm széles mindkét élén hajlított 2 mm vastag kazánlemez köti össze, ehhez az összekötő lemezhez van rögzítve a golyós any. A gerendán lévő lineáris vezetéken lévő kocsikat egy 160x160x12 mm méretű közepén kikönnyített lemez tartja pozícióban, a kikönnyítés itt is a golyós any miatt szükséges. Erre a lemezre csatlakozik a függőleges lineáris vezeték kocsija. A függőleges tengely lineáris vezetékai 30x30x2 mm-es zártszelvényre vannak erősítve, a zártszelvények pedig egy 120 mm széles 4 mm vastag kazánlemezre vannak hegesztve. A marómotor tartó konzolja erre a lemezre csatlakozik 4 db M10-es belsőkulcsnyílású csavarral. A tengelyek mozgatását szervomotorokkal oldom meg, ezek tengelyvégén 2048 osztásos forgó jeladó van gyárilag szerelve, tehát a vezérlés zárt hurkú. A golyósorsókat alumínium helikáliás tengelykapcsolókon keresztül hajtják meg. A golyósorsókat a motor felőli végükön elhelyezett teherviselő csapágyak vezetik, ezek a csapágyak veszik fel a tengelyirányú terheléseket. Ide 2 db mélyhornyú golyóscsapágyat terveztem, az orsóra M10-es anyával szorítom rá. A golyósorsók csapágyházai két félből állnak, a szerelhetőség miatt. Egyik felében a csapágyak és az orsók, a másikban a motor van, a kettőt belül a tengelykapcsoló, kívül 4 db M4-es belsőkulcsnyílású csavar köti össze. A tengelykapcsoló csavarjainak motortengelyre történő rögzítése egy szerelő furaton lehetséges, az orsóra még nyitott állapotban lehet ráerősíteni. A csapágyházat az állványzatra és a függőleges tengelyre 4 db M4-es belsőkulcsnyílású

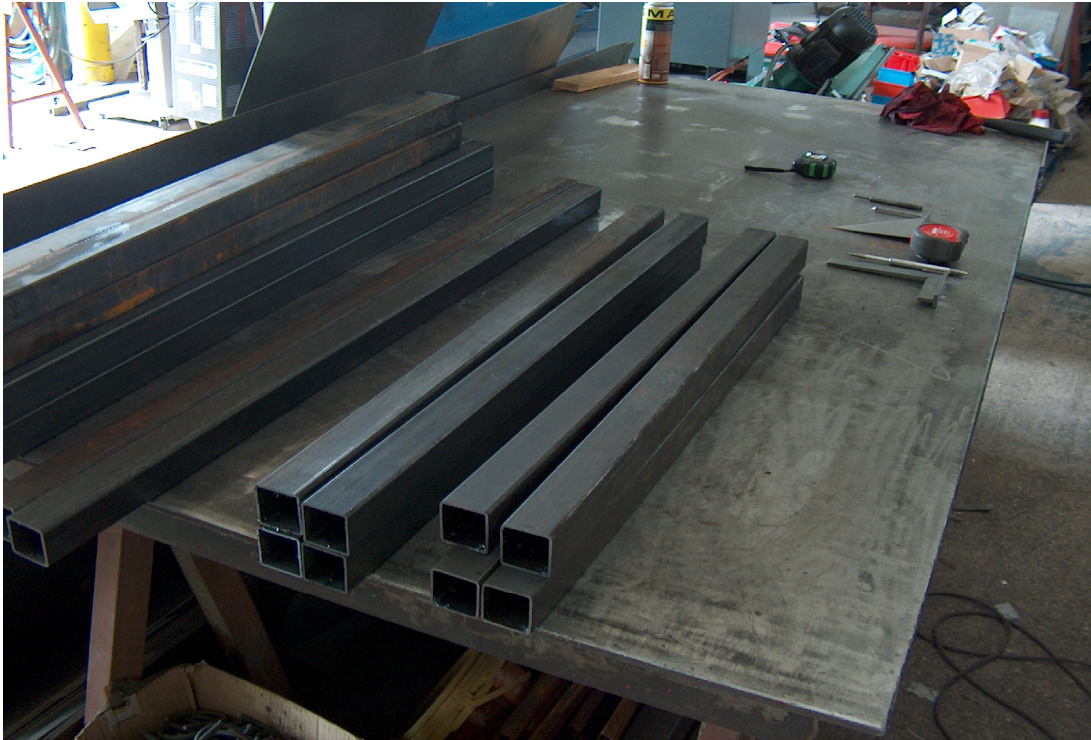


csavarral rögzítem. A marógépet egy erre a célra készített hasított konzollal erősítem a függőleges vezetékre. Az asztalra a megmunkálandó alkatrészeket excenteres szorítókkal rögzítem. Több furat található az asztallapban, azért hogy a szorítókat a munkadarab méretéhez lehessen állítani, illetve az alkatrész méreteinek megfelelő furatokat lehet készíteni az MDF asztallapba.

Az elektronikai rész kivitelezésénél fő szempont a vezetékek minél jobb elrejtése, ezért ahol csak lehet, a zártszelvények belsejében vezetem őket, a mozgó részekhez a vezetékek eljuttatását pedig energialáncokkal oldom meg. A szervomotorokat egy-egy Gecco servo vezérlő hajtja meg, ezeknek a tápfeszültség ellátását egy toroid transzformátor biztosítja egyenirányító diódahídon keresztül. A vezérlő egy alumínium dobozba van beszerelve, rendelkezik biztonsági vészkapcsolóval, a motorok és a számítógép számára pedig megfelelő csatlakozókkal van ellátva. A számítógép egy P3-as számítógép. A CNC gép vezérlésére szoftveresen megfelelően beállított Mach 2 meghajtó programot használok, a beállítást a gépkönyv részletesen tartalmazza. A végállás helyzetek érzékelésére mikrokapcsolók vannak felszerelve a mechanikai véghelyzetek előtt, amik szintén a vezérlőbe vannak bekötve. Az építéshez szükséges rajzokat a melléklet tartalmazza.

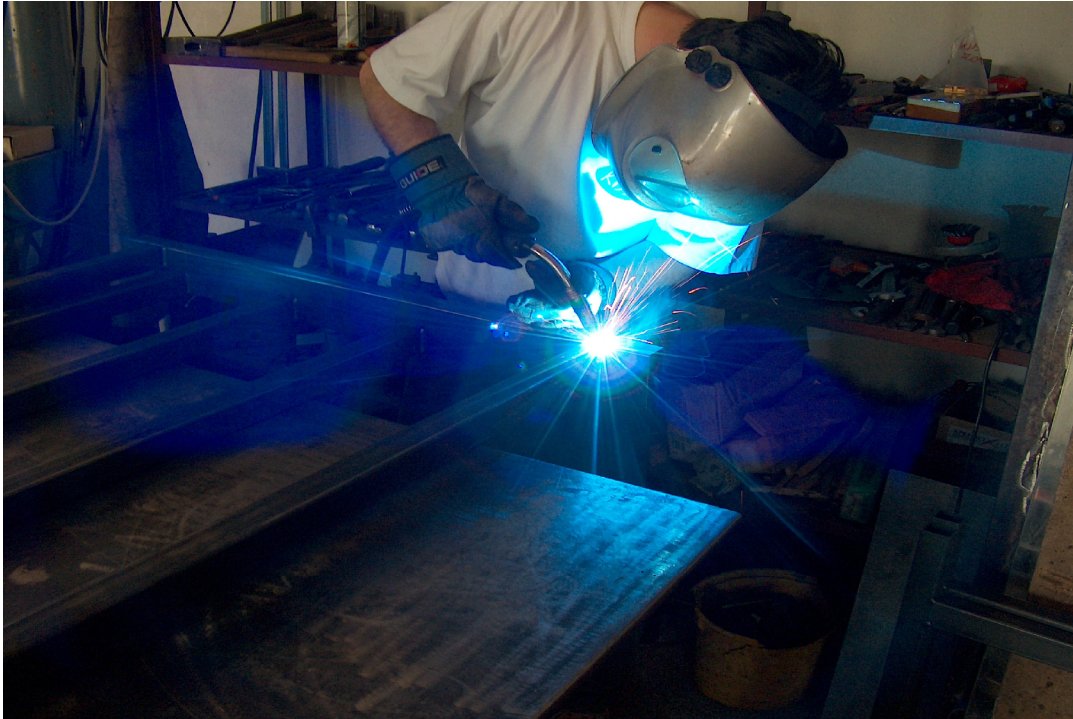
### 3. Egyedi készítésű CNC marógép megépítése

A gépépítést a gépváz építésével kezdtem. A gépváz anyaga 40 x 40 x 2 mm-es zártszelvény, az építést az alkatrészek hosszának a leszabásával kezdtem (**69.ábra**).



69. ábra A vázszerkezet leszabott alkatrészei

Az alkatrészeket először „összehefteltük”, majd a derékszög és a méret ellenőrzése után véglegesen összehegesztettük(**70.ábra**). A kész gépvázat a szerelő furatok kifűrése után alapozóval és kalapácslakkal lefestettem (**71. ábra**). A vázszerkezetet úgy terveztem, hogy a hegesztésekből adódó deformálódások ne akadályozzák a lineáris vezetékek futását. Ezért az X tengely lineáris vezetékei egy külön 40x40x3 mm-es zártszelvényre vannak M5-ös belső-kulcsnyílású csavarokkal erősítve, majd ezt az együttest csavarozom a vázszerkezet erre a célra kialakított helyére. Így könnyebb beállítani a párhuzamosságot és a síklapúságot. A lineáris vezetékek felcsavarozása nagy pontosságot igénylő művelet. A hordozó zártszelvényre meneteket kellett fűrni, ezekbe csavarom be a rögzítő csavarokat (**72.ábra**)



**70. ábra A gépváz hegesztése**



**71. ábra A lefestett gépváz**





**72. ábra Az x tengely lineáris vezetőtartóinak menetfúrása**

Az x tengelyt a gépvázra erősítettem, majd egy alumínium gépépítő elemmel beállítottam a vezeték egyenességét és a párhuzamosságot (**73.ábra**).



**73. ábra Az x tengely felcsavarozása és beállítása**

A gépváz elkészítése után az Y tengelyt készítettem el. Ehhez elsőként leszabtam a 100 x 50 mm keresztmetszetű alumínium gerenda hosszát. A gerenda alsó és felső élére csavaroztam fel egy-egy 60 x 20 x 2 mm-es zártszelvényt. Ez a zártszelvény tartja az Y tengely lineáris vezetőit (**74.ábra**).





**74.ábra Az y tengely lineáris vezetőkeinek felerősítése a gerendára**

A vezetőkek felerősítése után a lineáris kocsik rögzítése következett a tartó lemezre. Ezen a tartó lemez közepén a golyós anya részére egy horony van marva. Ez azért szükséges, hogy az anya elférjen a gerenda és a tartó lemez között. A felfűrés után próbaállítást végeztem (75.ábra)



**75. ábra Az y tengely próbaállítása**



A gerenda megépítése után az oldalsó konzolokat fúrtam ki a megfelelő helyeken. A gerendát az oldalsó konzolokhoz oldalanként 4db M8-as belső-kulcsnyílású csavar rögzíti(76.ábra).



76.ábra A kifúrt oldalsó konzolok

Az oldalsó konzolokat alól egy összekötő lap köti össze, ezt a lapot 4 db M8-as csavar rögzíti a konzolokhoz. Természetesen itt is próbaállítást végeztem (77.ábra), és teszteltem a kiegyensúlyozottságot úgy, hogy a konzolok sarkai alá egy-egy hengeres rudacskát helyeztem, a szerkezet nem billent fel, stabilan állt. A felső gerenda egység próbaállítása után felszereltem azt a vázszerkezetre is. Összeépítettem az alsó összekötő lappal és a golyós anyával. Ezen a ponton egy próba üzemet akartam végezni, ezért összeépítettem a golyósorsó egységeket. Elsőként a két fél csapágházat fúrtam fel, az egyikbe 4,5 mm átmérőjű furat a másikba M4 menet került (78.ábra). A csapágházat felmelegítettem, hogy könnyebben bele tudjam helyezni a csapágyakat. A csapágyakat a házba 1db menetes rögzítő gyűrű és 1 db ellengyűrű rögzíti. A golyósorsóra a csapágyakat M10-es vékonyanyával rögzítettem, itt is ellen anyával biztosítva a meglazulás ellen (79.ábra).

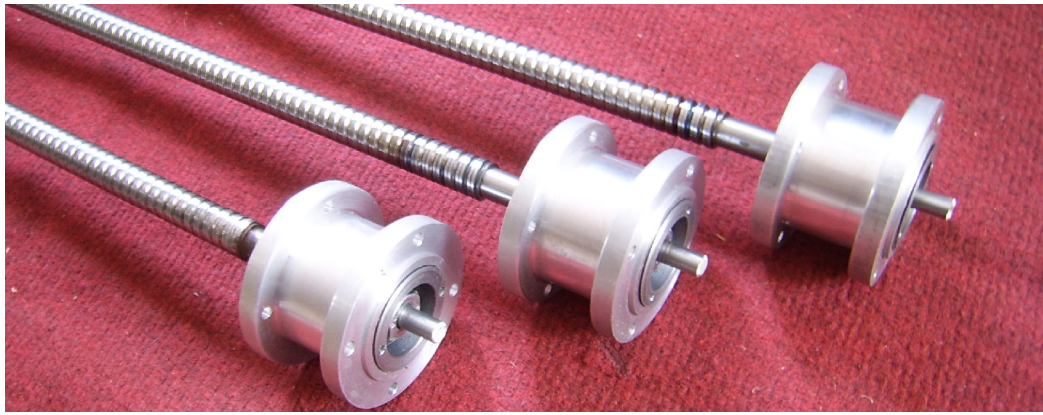


**77.ábra A felső gerenda egyensúlyának tesztelése**



**78.ábra A golyósorsó egység csapágyháza és motortartója**





**79.ábra A golyósorsók csapágházai**

A szervomotorok egyenként 4 db M4-es belső-kulcsnyílású csavarral vannak rögzítve a csapágház felső részéhez, ebben a házban helyezkedik el a golyósorsót és a motor tengelyét összekapcsoló tengelykapcsoló. A tengelykapcsoló szerelhetősége miatt egy 8 mm átmérőjű szerelő furatot készítettem a csapágház motor felőli részén. A szerelési sorrend a következő: elsőként rögzítettem a tengelykapcsolót az orsóra, majd a motorral összeszerelt felső részt erősítettem a csapágházhoz. Ezután a szerelőfuraton keresztül meg húztam a tengelykapcsoló rögzítő csavarjait, ezzel elkészült a golyósorsó egység . A motorral szerelt felső részt természetesen csak akkor szereltem fel, amikor a csapágház már a helyén van. Itt összeszereltem az x tengelyt, a golyósorsóval és a szervomotorral együtt, és teszteltem a működését (**80. és 81.ábra**).



**80.ábra Az x tengely próbaszerelése**





**81.ábra Az első próbaüzem**

Az első próbaüzem nem ment egészen rendben, ugyanis kézi mozgatással tökéletesen működött az x tengely, azonban egy marási program elindításakor letiltott a vezérlő, mert egyetlen motor volt csak felszerelve és nagy lehetett a feszültségesés. A próbaüzemet követően átjelöltem az y golyósegység csapágyházának felfogató csavarjainak a helyét az oldalsó konzolra, majd menetes furatot készítettem az átjelölések helyén, majd szétszereltem és lefestettem az alkatrészeket.

Ezek után immáron véglegesen összeszereltem a felső gerenda egységet (82 - 84 .ábra).



**82. ábra A felső gerenda egység végleges szerelése**





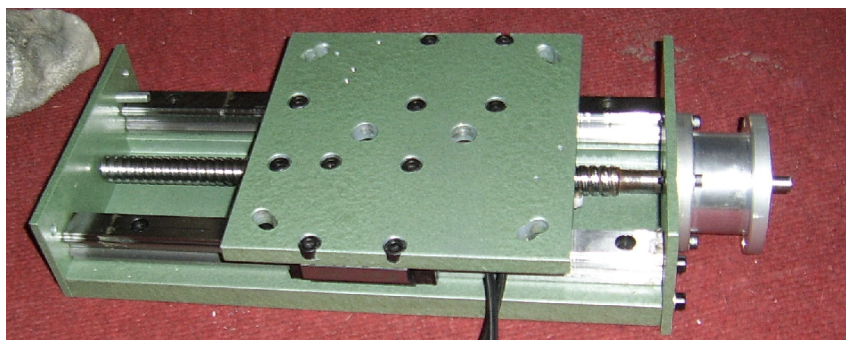
**83.ábra Az y tengely golyósorsójának szerelése**



**84.ábra A kész gerendázat és a gépváz a sarokelemekkel együtt**

Természetesen, amikor építettem a mechanikai részeket a végállás kapcsolókat mindkét tengelynél elhelyeztem. A z tengelyt összeszereltem, utána azt is lefestettem, majd felszereltem rá a végállás kapcsolókat, végül pedig összeépítettem az y tengellyel (**85. és 86. ábra**).





85.ábra Az összeépített z tengely a végállás kapcsoló vezetékeivel



86.ábra A z tengely felszerelése

Ezzel majdnem elkészült a teljes mechanikai rész. Hátra volt még az energialáncok beszerelése és az elektromos bekötés, vezetékezés. A felső gerendára és a felső összekötő elemekre fekszenek az energia láncok. A vezetékeket és a végállás kapcsológó vezetékeit ahol csak tudtam a zártszelvények belsejében vezettem a vezérlőhöz (87.és 88.ábra). A vezérlőhöz a vezetékek megfelelő csatlakozókkal vannak ellátva, a végállások és az encoder vezetékek még külön elosztó dobozban csatlakoznak a vezérlőhöz menő vezetékekhez (89.ábra). A vezérlő panelek egy külön biztonsági kapcsolóval ellátott dobozban kaptak helyet, ezt a dobozt a gépváz alján a részére kialakított festett MDF lapra teszem, a könnyű kezelhetőség érdekében.





87.ábra Az y tengely elektromos vezetékeinek „bújtatása”



88.ábra Kész van a vezetékezés, már csak a csatlakozások bekötése hiányzik





**89.ábra A vezérlő és a csatlakozók összekötése**

A vezérlő 3 db G 320-as vezérlőkártyából, egy toroidtarnszformátorból, egyenirányítóból és szűrőkondenzátorokból áll, a számítógéppel a nyomtató porton keresztül kommunikál. A gép teljes vezetékezését is én végeztem. A marómotor tartó és az asztallap felhelyezése után elkészült a CNC marógépem (90 - 91 ábra).



**90.ábra Az elkészült CNC marógépem**



**91.ábra A CNC marógépem a vezérlővel és szervomotorokkal**

Ezzel elkészült a CNC maró gépem, az elkészítéséhez szükséges rajzokat mellékletben csatolom. A terjedelem miatt azonban csak a legfontosabb részek összeállítási rajzát illetve a vázszerkezet és a golyósorsó egység alkatrész rajzát mellékelem. Az alkatrészlista az első összeállítási rajz után található. A következő részben a beüzemelésről számolok be.



### 3.1 A CNC marógép beüzemelése

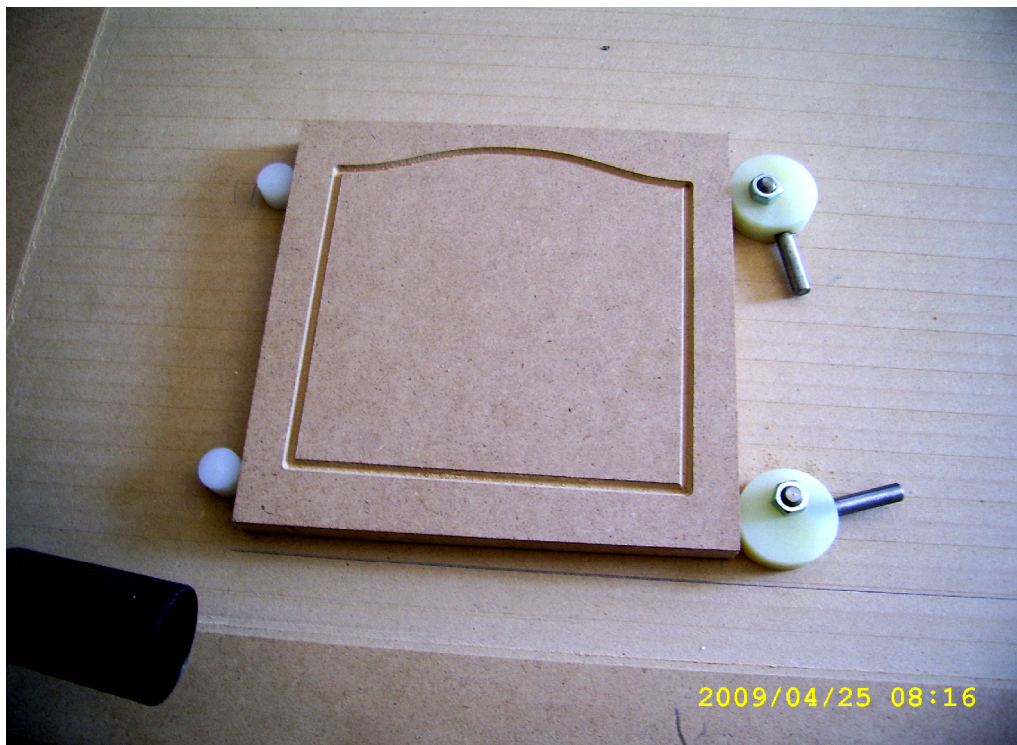
A beüzemelést megelőzte a számítógépen lévő vezérlő programok összehangolása a vezérlővel. Ehhez pontosan be kellett állítanom, hogy az LPT port mely tűskéire küldje a számítógép a tengelyeknek megfelelő jeleket, illetve a számítógép képes legyen fogadni a CNC gép végállás kapcsolóiról érkező jeleket. Ezután az encoderek felbontásának megfelelően be kellett állítani a vezérlő programot. Az én orsóimnak 5 mm az emelkedése, az encoderek felbontása 2048, tehát 1 mm tengely elmozduláshoz 409,6 encoder osztás tartozik, ezt az értéket kell beírni a program megfelelő helyére. Ennek utána a végállás kapcsolókat ellenőriztem manuálisan. A bekapcsolásukra a program meg kell hogy álljon. Amikor ezekkel végeztem akkor jöhetett a próbaüzem, először marómotor nélkül. Ez jól sikerült, így az első marás a munkaterület belemarása az MDF asztallapba (**92.ábra**). Ezt két okból tettem: ezzel síkba marom az asztallapot és pontosan tudom majd, hogy mekkora munkaterülettel gazdálkodhatom.



**92.ábra** Az asztallap síkba marása

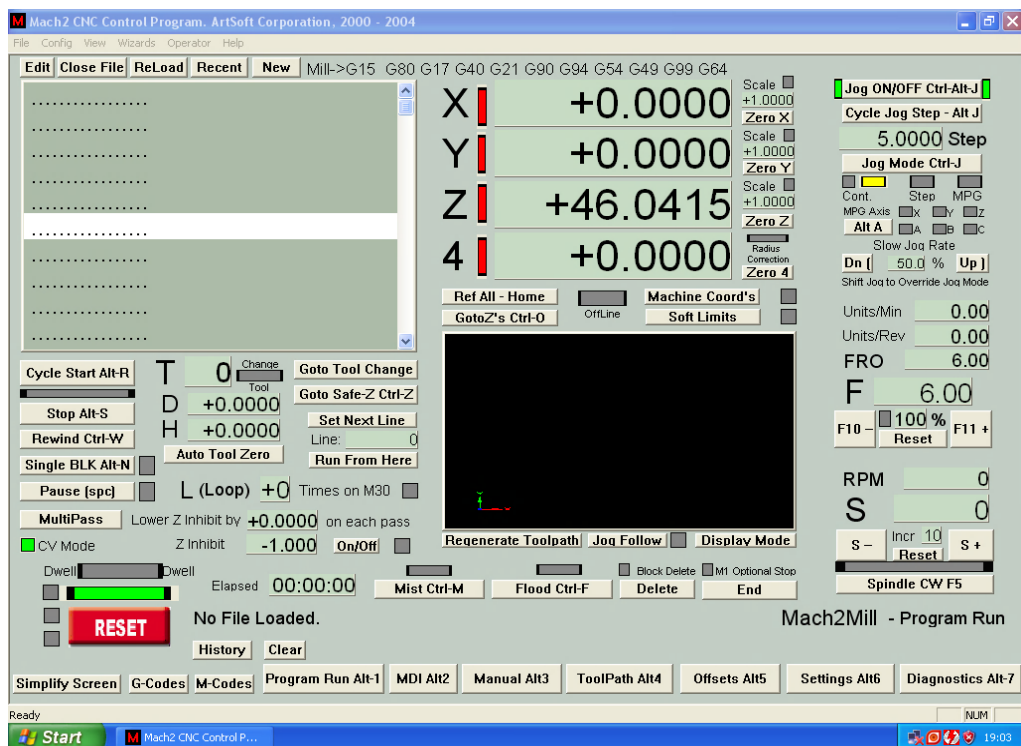


Az alkatrészek rögzítését oldalirányban egyszerű excenteres szorítókkal oldom meg, ebből kettőt kell egymással szembefordítva az asztalba elkészített furatokba tenni, az ellentétes oldalon pedig csapokat kell ugyancsak az asztalba elkészített furatokba helyezni. Mivel a szorítók egymással szembe vannak fordítva, nem lehetséges a fellazulásuk (93.ábra).

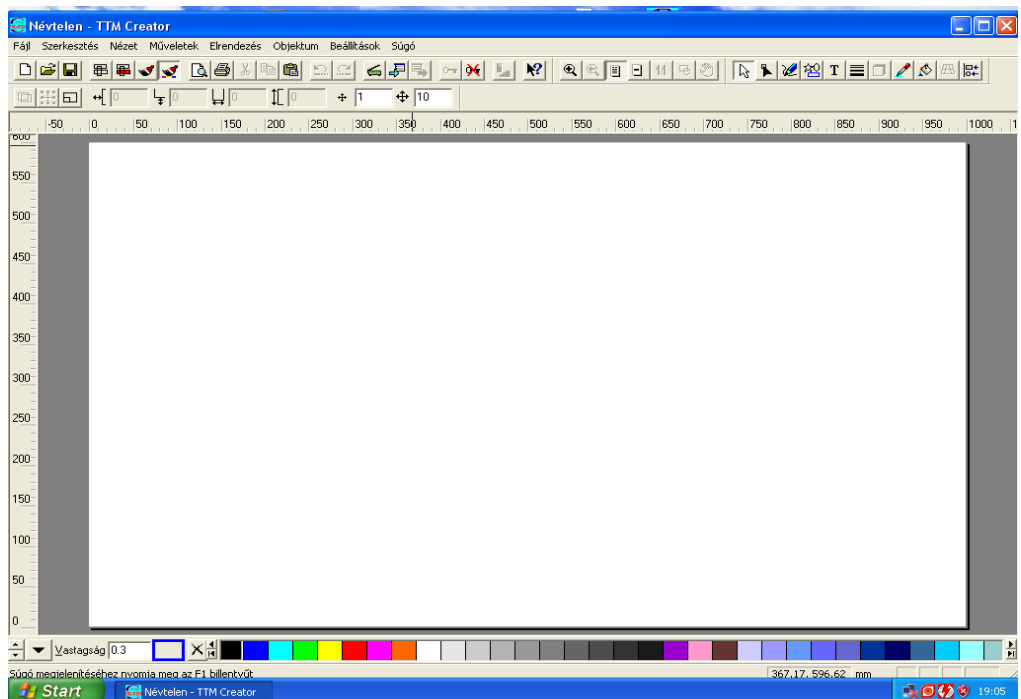


93. ábra Az alkatrészek rögzítése excenteres szorítókkal

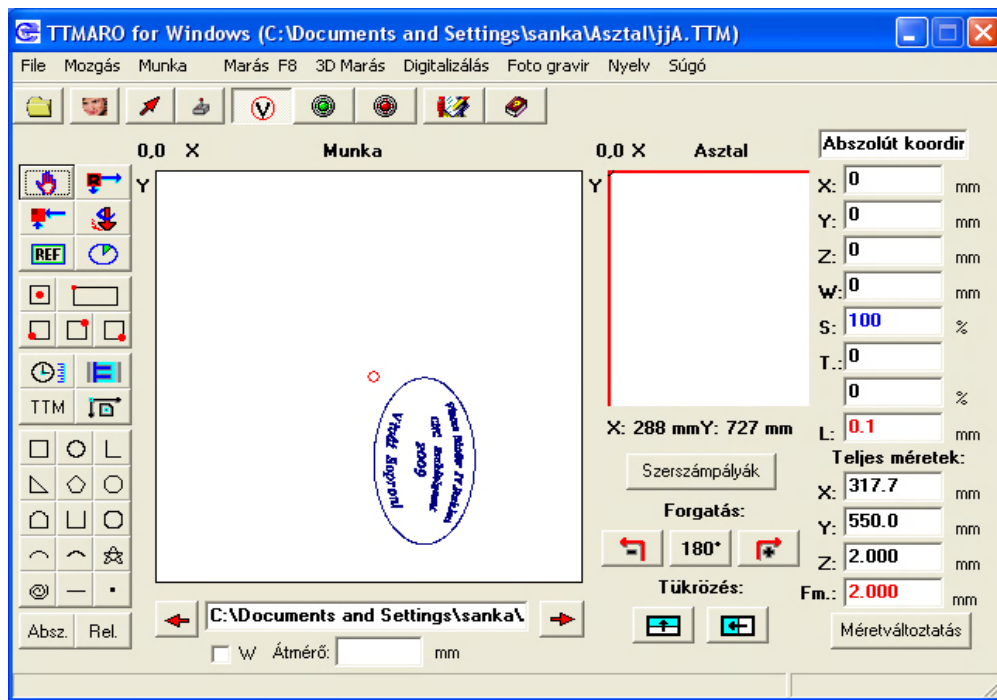
Vezérlő programként a bizonyos korlátok között ingyenesen használható Mach2 programot és a Tóth Művek saját Winmaró CNC maróprogramját és Creator szerkesztő programját is kipróbálhattam (94–96 ábra). A Mach2 vezérlő program egy igen kedvelt és sokoldalú CNC vezérlő. Képes képformátumból 3D-s G kódot generálni, igaz hogy nem túl jó a végeredmény, mivel ahhoz hogy jó minőségben lehessen 3D marást produkálni, szükség lenne egy CAM programra. Ez a Mach2-ben kezdetleges módon némileg benne van. A marópályáknak a leírását azonban csak G-kódban tudja értelmezni, ezt lehet kézi adatbevitellel egyszerűen jegyzetömbben begépelgetni, vagy be kell szereznem egy G-kód generáló programot. Összegezve, a Mach2 vezérlő egy sokak számára olcsón elérhető sokoldalú CNC vezérlő program, de csak azok számára akik értenek a G-kód programozáshoz.



94. ábra A Mach2 CNC vezérlő program képernyőfelülete



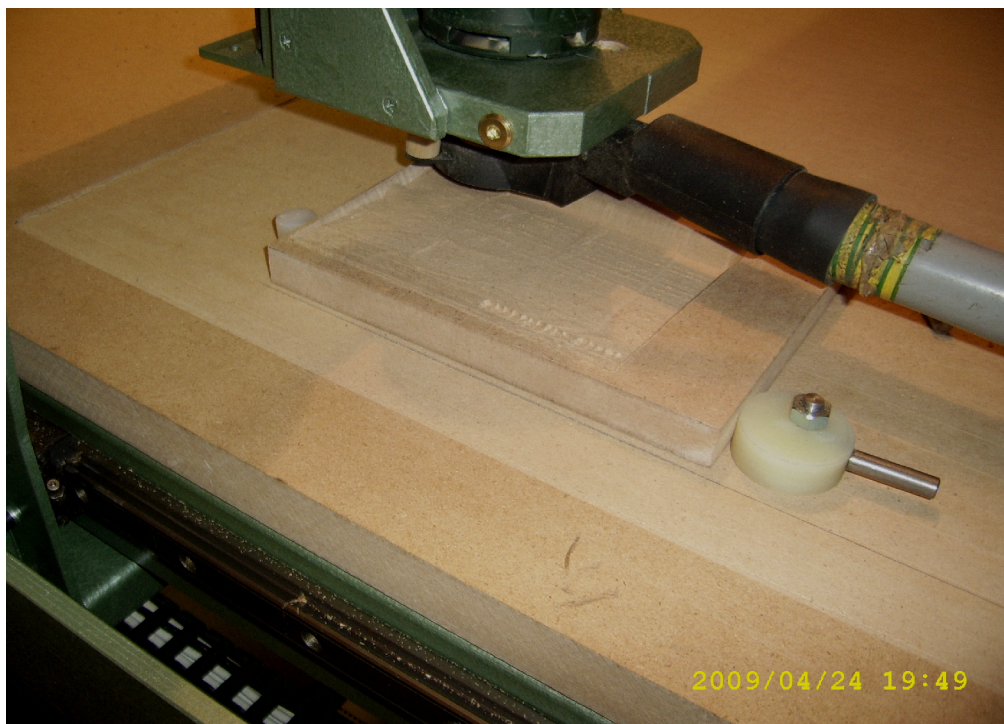
95. ábra A Tóth Művek saját Creator szerkesztő programjának képernyőfelülete



96. ábra A Tóth Művek saját Winmaró CNC vezérlő programjának képernyőfelülete

A Tóth Művek Winmaró programját sokkal könnyebb kezelni, nem szükséges a G-kód programozás ismerete, hiszen a Creator szerkesztő programban megrajzolt alakzatot mérethelyesen el tudjuk menteni vagy egyenesen a maróprogramba tudjuk exportálni, és már el is lehet kezdeni a marást. A Winmaróhoz lehet dombor programot is használni, ezzel fényképről lehet domborműveket készíteni. A Creator szerkesztő programban többféle színnel lehet megrajzolni az alakzatokat, és a Winmaróban pedig a színekhez különböző marópályákat lehet hozzárendelni. Egyszerűen lehet szöveget is rajzolni, akármilyen alakzatra rá lehet illeszteni a Word-ben megtalálható betűtípusokból álló szöveget, ha szükséges, és a bevitt rajz vagy szöveg méretét utólag is lehet bármikor változtatni. Kipróbáltam mind a két CNC vezérlő programot, és a Tóth Művek általi program együttest sokkal hasznosabbnak találtam. A következőkben néhány próbamarást mutatok be, ezeket az említett vezérlő programokkal végeztem (97-99. ábra)





97. ábra A Mach2 vezérlő programmal végzett 3D foto gravírozás



98. ábra A Winmaróval mart csigavonal, nagyon jól lehet tesztelni vele a berendezést



99. ábra Creatorral megrajzolt és a Winmaróval kimart szöveg

Az elkészült CNC marógépem működő képes, folyamatos üzemelésre is alkalmas, eddig három órán át üzemeltettem folyamatosan, nem melegedtek a szervo motorok, nem tapasztaltam rendellenességet a működésében. Gépem munkaterülete 770x770x100 mm, ami elegendő kisebb faipari tömegcikk gyártására, úgy, mint játékok, trófea alátétek, ajándéktárgyak, stb. Nem feltétlenül csak faiparban lehet gépet alkalmazni. A reklámaparban is jól használhatóak az ilyen kis munkaterületű CNC marógépek, vagy névtáblákat is lehet vele készíteni. A következő részben a marógép pontossági mérését végzem el.



### 3.2 Pontossági mérés

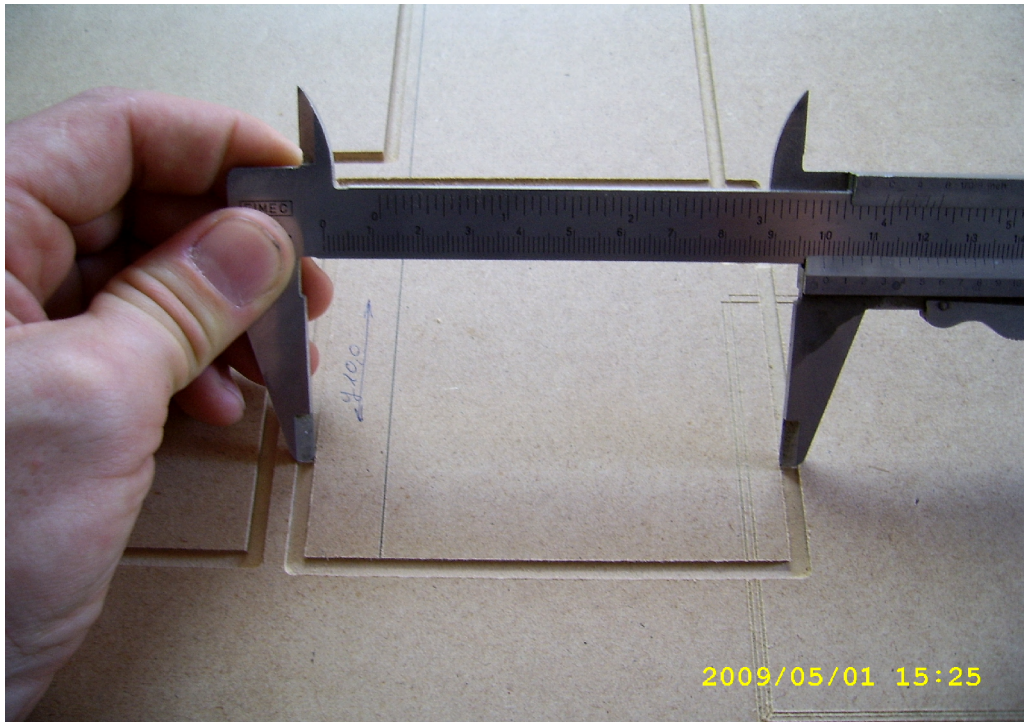
Miután beállítottam a vezérlő programot és a motorvezérlőket, elvégeztem néhány pontossági mérést. Elsőként a mechanikát ellenőriztem, hogy mekkora a kottyanása az orsóknak, mivel görgözőtt golyós orsókat használtam, golyósanyából pedig nem az előfeszített változatot, ezért várható volt, hogy lesz némi holtjáték. Ezt az ellenőrzést 100 x 100 mm-es négyzetek marásával ellenőriztem, 4 mm átmérőjű árkoló kést használtam (**100.ábra**).



**100. ábra 100 x 100 mm-es tesztmarások**

A vezérlő program ebben az esetben Mach 2 volt, mert ebben tudok a legegyszerűbben G-kódban programot írni. A kottyanás miatt állítanom kellett a programban a holtjátékot, ez x és y irányban 0,1 mm volt. Ezt kísérletezéssel állítottam be, úgy hogy kézi mozgatással oda-vissza léptettem 0,1 mm-t az adott tengelyt, és figyeltem mikor nem mozog a szerkezet csak az orsó, ekkor kaptam meg a holtjátékot. Ehhez szükség lett volna indikátor órára, de ezzel nem rendelkezem. Az, hogy a holtjátékot pontosan mértem-e meg, csak a próbamarás után derült ki, amikor 0,05 milliméter pontos tolómérővel ellenőriztem a végeredményt (**101.ábra**). A méréskor az x irányban 9,95 mm-t, y irányban 10,05 mm-t mértem, ezt több próbamarás után sikerült csak elérnem, ettől pontosabbra nem tudtam állítani a berendezést. Ezzel bebizonyosodott, hogy az

általam kitűzött pontosságot tudja a gépem illetve az encoder felbontását jól állítottam be.



101. ábra A próbamarások mérése tolómérővel

A másik nagyon fontos ellenőrzése a CNC gépeknek a reprodukálhatóság, vagyis hogy az adott marási feladatott többször is pontosan végre tudja-e hajtani a berendezés. Ezt egy egyszerű G-kódban megírt programmal ellenőriztem (102.ábra), a marást pedig egy 8 mm átmérőjű fúróhegyből esztergálással kialakított tűhegyes karcoló szerszámmal végeztem (103.ábra)

```
n09 g90  
n10 x0 y0 z5  
n20 y230 x 20  
n30 g01 z0  
n40 g01 x210  
n50 g01 z5  
n60 g01 x0 y0  
n70 g01 x230 y20  
n80 g01 z0  
n90 g01 y210  
n100 g01 z5  
n110 x0 y0
```

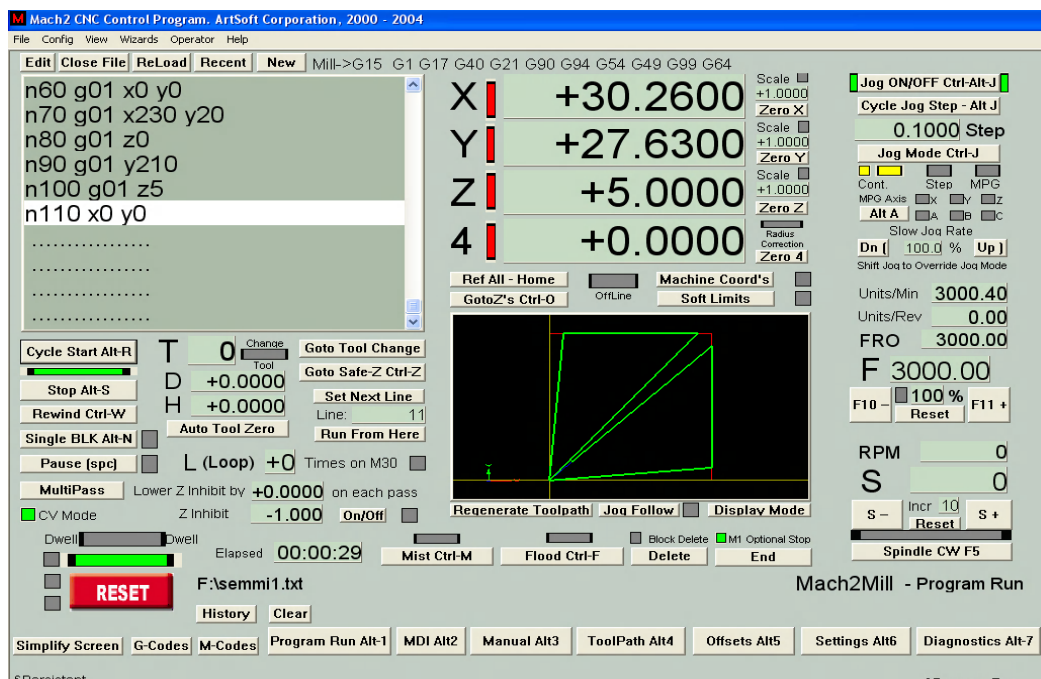
102.ábra A megírt egyszerű  
G-kód program



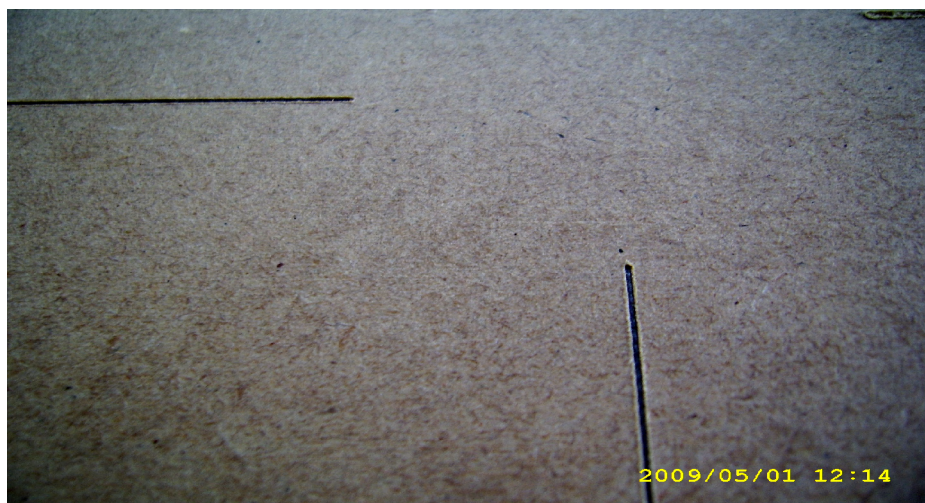
103. ábra A fúróhegyből készített „karctű”



Ezt a programot hússzor lemásoltam, és lefutattam a marógépemen. A nullpontot és az előtolási sebességet manuálisan állítottam be a program futtatása előtt. A program a nullpontból indul, végez egy marást az x irányban 190 mm hosszan, visszajön a nullpontba, majd végez egy marást y irányban szintén 190 mm hosszan. A mart pályák nem keresztezik egymást, egy 230 x 230 mm-es négyzet két oldalát képezik, úgy, hogy a sarkokon nem érnek össze (103. ábra). Marási művelet csak a négyzet két oldalánál van, függőleges irányban 0,5 mm mélyen.



103. ábra A tesztmarás képernyőfelülete a marópályával



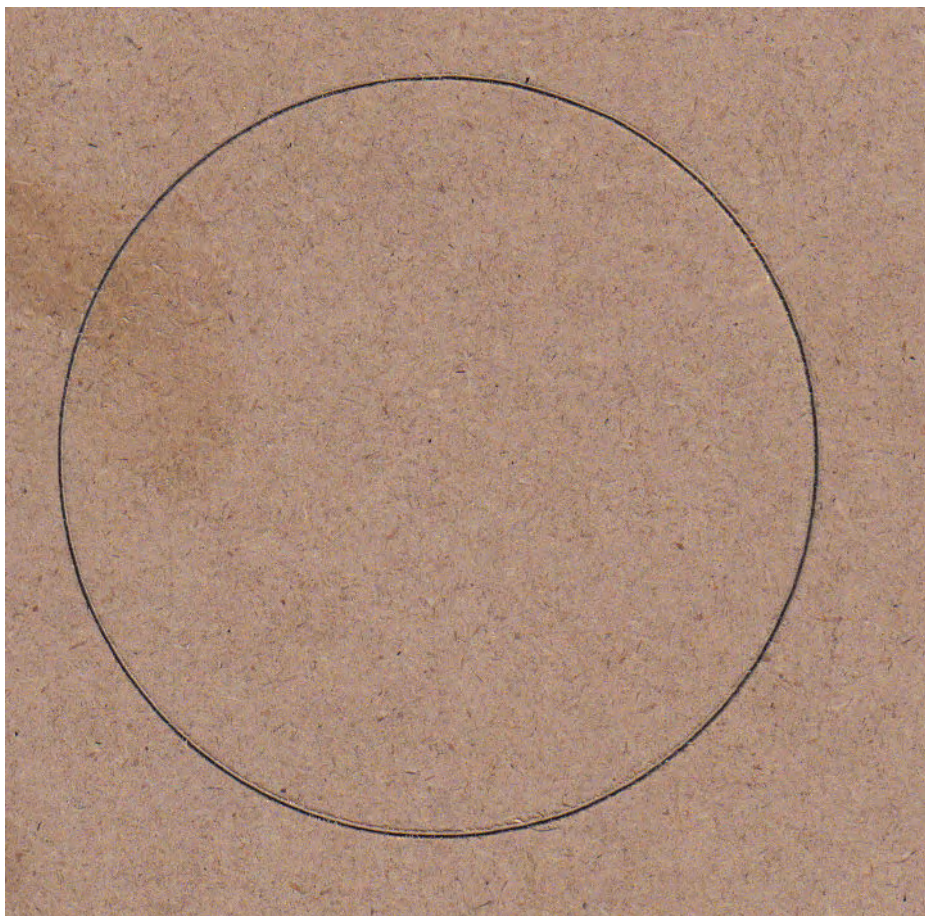
104.ábra A hússzor megismételt marópálya két végpontja

A marás rendben ment, minden marópálya pontosan az előzőbe esett, tehát a nagyszámú ismétlések hatására sem változik meg a marópálya útvonala, tartja a méretet (104.ábra).

A következőkben a körinterpolációs képességét teszteltem a gépemnek, azt, hogy a körív kezdő és végpontja találkozik-e. Ehhez is egy egyszerű G-kód programot írtam (105 - 107. ábra), szerszámként pedig az előző marásnál használt hegyes szerszámot és egy 4 mm átmérőjű árkoló kést használtam, a marási mélység itt is 0,5 mm volt, a kör középpontmértője pedig 100 mm. Ennél a marási műveletnél ki kellett kapcsolni a kottyanás miatti szabályzást, mert az irányváltáskor ugrás keletkezett a marópályában. Érdekes módon azonban a kör átmérője viszont pontos lett.

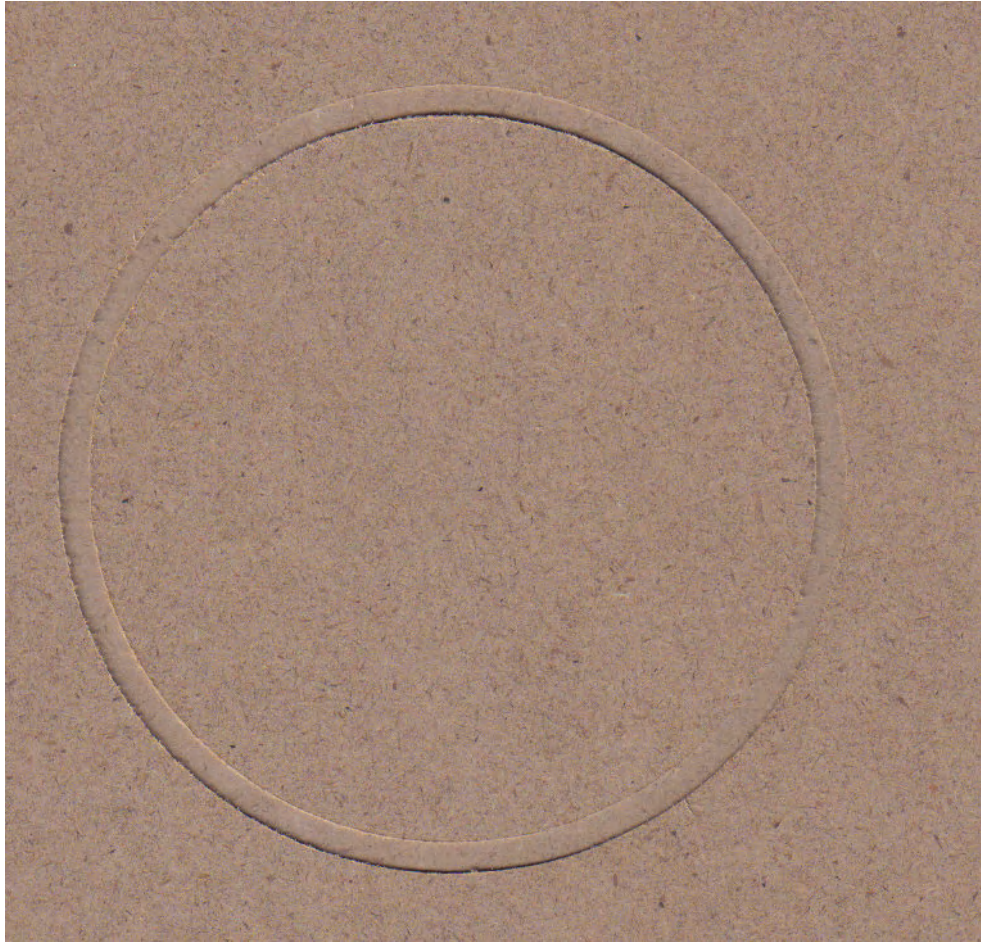
```
n10 g91 g53  
n20 g01 x0 y0 z5  
n21 g01 z-5.5  
n30 g02 x100 r50  
n40 g02 x-100 r50  
n50
```

105. ábra Kör marásához írt program



106. ábra Kör marása „kactúvel”





**107.ábra Kör marása 4 mm átmérőjű árkoló marókéssel**

A kör kezdő és végpontja tökéletesen egybe esett, nincs eltérés, ugrás a marópályában. CNC gépem sebességét a többszöri próbamarások során teszteltem, az encoder felbontásából adódóan a maximális előtolási sebesség 61 mm/sec lehet. Ennél a sebességnél azonban a vezérlő letiltotta a további feladat végrehajtást, aminek oka valószínű a túl nagy sebességből adódó követésvesztés (az encoder hurokból való kiesése), vagy az irányváltások következtében fellépő túláram felvétel. A vezérlő maximálisan 20 A áramfelvételt engedélyez a szervomotorok részére. Többszöri kísérletezés után **40 mm/sec (2,4 m/min)** sebességnél hibátlanul működött a gép, nem tiltott le a vezérlő.

### 3.3 műszaki paraméterek

A következőkben CNC marógépem műszaki paramétereit ismertetem:

<b>Elmozdulás X irányban</b>	<b>770 mm</b>
<b>Elmozdulás Y irányban</b>	<b>770 mm</b>
<b>Elmozdulás Z irányban</b>	<b>100 mm</b>
<b>Asztal méret X irányban</b>	<b>1140 mm</b>
<b>Asztalméret Y irányban</b>	<b>884 mm</b>
<b>Marószerszám max. átmérője</b>	<b>25 mm</b>
<b>Marómotor fordulatszám</b>	<b>27 000 1/min</b>
<b>Orsó fordulát min.</b>	<b>12 1/min</b>
<b>Orsó fordulát max.</b>	<b>480 1/min</b>
<b>Nettó súly</b>	<b>80 kg</b>
<b>Elektromos csatlakozás</b>	<b>230 V 16 A</b>
<b>Maró motor teljesítmény</b>	<b>600 W</b>
<b>Orsó típus</b>	<b>Golyósorsó</b>
<b>Főorsó vezérlés</b>	<b>nincs</b>
<b>Marószerszám csatlakozás</b>	<b>Felhasított kúpos hüvely</b>
<b>Előtolási sebesség max.</b>	<b>2,4 m/min</b>
<b>Előtolási sebesség min.</b>	<b>60 mm/min</b>

## Összefoglalás

Szakdolgozatom első részében áttekintettem a CNC technika fejlődését, a lyukkártyás szövőszéktől a négy szabadságfokú CNC marógépig. Ehhez a fejlődéshez nagyban hozzájárult a számítástechnika fejlődése. Ezt követte a kisméretű CNC maró és esztergagépek fejlődése. Kutatásaim során elsősorban oktatási céllal készítették CNC maró és eszterga gépeket, ebben az Emco cég jár az élen. Ma már nem ritkák a négy szabadságfokú kis megmunkáló központok, amik már minden igényt ki tudnak elégíteni. Ezeket elsősorban a reklámpar, az ékszerészek, kulcsmásolók használják.

Az első rész befejezésül szántam egy több évtizedes vállalkozás bemutatását. Ez a vállalkozás több mint 25 éve gyárt CNC maró és gravírozó gépeket, a fejlődésükön keresztül jól lehet érzékeltetni ennek a technikának a hazai fejlődését.

Következő részben saját CNC marógépemet terveztem meg. A tervezést megelőzte az alkatrészek méretezése a várható terhelések alapján. A tervezést tett követte, megépítettem a gépemet, az építés egyes munkafázisait fényképeken mutattam be.

Végezetül a megépített gépet üzembe helyeztem, és teszteltem a működését, ami a várakozásaimnak megfelelően alakult.

Mindent összevetve szép feladat volt létrehozni egy olyan berendezést, amivel a mai kornak megfelelő módon lehet dolgozni. Itt azonban nem ér véget az alkotás utáni vágyam, hiszen már most azon gondolkodom, hogy a következő nagyobb munkaterületű gépemet miként fogom megépíteni, felhasználva az itt szerzett tapasztalatokat.

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani elsősorban szüleimnek, hogy türelemmel viselték a több éves rendetlenséget a szobámban, eltűrték kirohanásaimat, a hasznos észrevételeket a szakdolgozatom szövegezésében.

Köszönetet mondok Dr. Csanády Etele egyetemi docensnek, tanszéki konzulensemnek a segítő szándékú szakmai észrevételekért, a hibákra és hiányosságokra való rámutatásért.

Köszönetet mondok Tóth Tibornak, külső konzulensemnek, a Tóth Művek tulajdonosának hogy rávezetett a gépépítés során előforduló buktatók elkerülésére.

Továbbá köszönetet mondok Török Gábornak a telefonos segítségéért, Hantos Zoltánnak, Kocsis Zoltánnak, Paróczai Jánosnak, Kocsis Imrének.



## Felhasznált irodalom:

Bognár Zsolt : **Az adattárolás rövid története**  
Szentesi Informatika Klub

**CNC programozás alapjai Oktatási segédlet 2006**  
BME Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar

Dr Horváth Mátyás Dr Markos Sándor: **Számítógépek alkalmazása a gyakorlatban**  
Számítógéppel integrált gyártás  
Kiadta : LSI Oktatóközpont

Dr Kövesi Gyula : **Forgácsoló megmunkálás CNC vezérlésű szerszámgépen I.**  
Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Kar

Dr Németh István : **Szerszámgépek és ipari robotok, Szerszámgépek építő elemei**  
BME Gyártástudomány és –technológiai tanszék 2008

Dr Zsiga Zoltán : **CNC gépek útmérő berendezései, Analóg útmérők**  
Oktatási segédlet

Dr Zsiga Zoltán : **Számjegyvezérlésű gépek útmérő berendezései**  
Oktatási segédlet

Gajdos Gusztáv (1997): Magyar feltalálók, találmányok  
**Kempelen Farkas Ganz Ábrahám**  
Kiadta : Országos Közművelődési szövetség

Gyukli Zoltán, Kocsis Imre : **CNC praktikum Alapismeretek és CNC programozás**  
BME Gépgyártás technológiai tanszék

Gyukli Zoltán, Rozgonyi István : **CNC esztergálás Általános alapfogalmak, alapismeretek HUNOR PNC és NCT 90 T programozási leírása**  
Kiadta: OKKER Oktatási iroda 1994

Isaac Asimov- Karen A. Frenkel (1992) : **Robotok** Az ember formájú gépek  
Kiadta : Akadémiai Kiadó

Vajda Pál R. (1958) : **Magyar feltalálók**  
Kiadta : Országos Közművelődési szövetség

Zsuffa Attila : **Villamos hajtások és motorvezérlők 1.rész**  
Magyar Elektronika 2006/6

**Internet:**

[www.scitech.mtesz.hu/10kiraly/kiraly](http://www.scitech.mtesz.hu/10kiraly/kiraly)  
[www.kempelen.hu/eletkora.html](http://www.kempelen.hu/eletkora.html)  
[www.sztaki.hu](http://www.sztaki.hu)  
[www.hobbycnc.hu](http://www.hobbycnc.hu)  
[www.szerszamgepgyartas.hu](http://www.szerszamgepgyartas.hu)  
[www.kislexikon.hu](http://www.kislexikon.hu)  
[www.ttmuvek.hu](http://www.ttmuvek.hu)  
[www.ncgép.hu](http://www.ncgép.hu)  
[www.nct.hu](http://www.nct.hu)  
[www.vatera.hu](http://www.vatera.hu)  
[www.teszvesz.hu](http://www.teszvesz.hu)  
[www.kolos.sulinet.hu](http://www.kolos.sulinet.hu)  
[www.cncszerviz.hu](http://www.cncszerviz.hu)  
[www.rcpanda.hu](http://www.rcpanda.hu)  
[www.buelkft.hu](http://www.buelkft.hu)  
[www.szimikron.com](http://www.szimikron.com)  
[www.skf.hu](http://www.skf.hu)  
[www.syl.hu](http://www.syl.hu)  
[www.jp.nsk.com/app01/en/catalog/index.html](http://www.jp.nsk.com/app01/en/catalog/index.html)  
[www.thk.hu](http://www.thk.hu)

## **Melléklet**

## Alkatrészlista

TÉTEL	DB	AZONOSÍTÓ	LEÍRÁS
1	4	40x40x2 zártszelvény láb	
2	1	80x40x2 zártszelvény felső összekötő	
3	4	40x40x2 zártszelvény alsó összekötő	
4	10	40x40 zártszelvény alsó és felső hosszú összekötő	
5	1	felső összekötő	
10	22	M10 belsőkulcsnyílású csavar	
11	2	Y lineáris vezeték	
12	1	Y gerenda	
13	2	60 x 20x2 zártszelvény Y lin vez tartó	
14	2	Y lineáris vezeték	
15	4	Y linkocsi	
16	2	z lineáris vezeték	
17	2	z lineáris vezeték	
18	1	marómotor tartó	
20	1	z gerenda felöli alátét	
21	4	borda	
22	2	oldalsó konzol	
23	4	X lineáris kocsi	
24	2	z tengely tető alj	
25	1	alsó összekötő alumínium lap	
26	1	Y lineáris kocsitartó	
27	2	golyós anya	
28	2	golyós anya tartó lapos alu	
29	2	golyósorsó	
31	3	szervo motor	
32	3	motortartó csapágyház alsó	
33	3	motortartó csapágyház felső	
35	2	Y csapágy2	
36	1	marómotor	
37	1	marótartó konzol	
38	1	konzol összehúzó csavar	
39	1	maró asztallap	
40	2	oldalsó védőburkolat	
41	4	sarokvédő	