

CNC technika a faiparban

Dr. Csanády Etele

CNC technika a faiparban	1
A CIM rendszer	3
CNC technika alkalmazási lehetőségei a faiparban	7
CNC technika egyediségei a faiparban	7
CNC vezérlésű megmunkáló központok faipari gyártmányai	8
A CNC technika előnyei	8
CNC vezérlésű megmunkáló központok mechanikai felépítése	9
A gép elvi felépítése	9
A gép szerkezeti egységei	11
Előtolás és előtoló motorok	15
Szerszámrögzítés, szerszámcsere és aggregátok	16
CNC megmunkáló központok elektromos, logikai és számjegy vezérlési felépítése, szabadsági fokok	27
Általános vezérlési elvek	27
Hajtásszabályozó körök	28
Interpolátorok	30
NC és CNC vezérlések	31
NC vezérlések típusai, szabadsági fokok	31
A CNC vezérlések felépítése	34
CNC megmunkáló központok programozása	35
Hagyományos editáló rendszerű kézi programozás, a „G” nyelvű programozás	35
Programozás CAD-CAM programok alkalmazásával	40
A CNC megmunkáló központok jövője	42
Felhasznált irodalom	44

A CIM rendszer

Az utóbbi években különböző iparágakban rohamosan fejlődött a számítástechnika alkalmazása. Ezt követelte meg az árutermelés új technológiája, ami például új elvárásokban, minimális piacra jutási időben, költségráfordításban és nagy pontossági megbízhatósági követelményekben jelenhet meg. Ahhoz, hogy egy termékkel minél tovább versenyképesek maradhassunk, bővíteni kellett a termékbe integrált funkciókat, a minőséget és a gyors változtathatóságot. A faiparban jellegénél fogva kissé nehezebben terjed el a számítógépes gyártásirányítás. Ennek okai a magas bevezetési költségek és a lassú megtérülésben keresendők. Másik hátráltató ok, hogy a bevezetés nem pusztán technikai fejlesztést jelent, hanem szemléletváltást is megkövetel mind a cégvezetés, mind a dolgozók részéről. Előtérbe kell helyezni a csoportmunkát, a csoporttudatot, a virtuális együttműködés lehetőségét, de nem szabad visszazorítani a kreativitást, az önállóságot és az egyének nyitottságát. Legfontosabb az információk szabad áramlása, mert ezzel elkerülhetjük az információhiányból származó helytelen döntéseket.

Jóllehet, Magyarországon a faiparban még nem találunk teljes CIM rendszert, legfontosabb elemei – a CAD (számítógéppel támogatott rajzolás) és a CNC gépeken alapuló CAM rendszer (számítógéppel támogatott gyártás) jelentősen teret hódított az üzemekben. A fejlődés okai, hogy a piac úgy a nagyobb vállalatokat, mint a kisebb vállalkozókat állandó és gyors termékmódosításra és váltásra kényszeríti. Ezt a feladatot pedig a Caxx (CAD stb. rendszerek összefoglaló jelölése) technológiák támogatják leginkább, kezdve a dokumentáció módosításától egészen a gépállítási költségek minimalizálásáig.

A CAD a 60-as évek közepén jelent meg a katódsugaras monitor, digitalizáló tábla segítségével, majd a 70-es években bővült a feldolgozási teljesítmény a tárolókapacitás és a rajzgépek segítségével. A hetvenes évek végén a 3D-s geometriai modellezés kialakítása volt a cél.

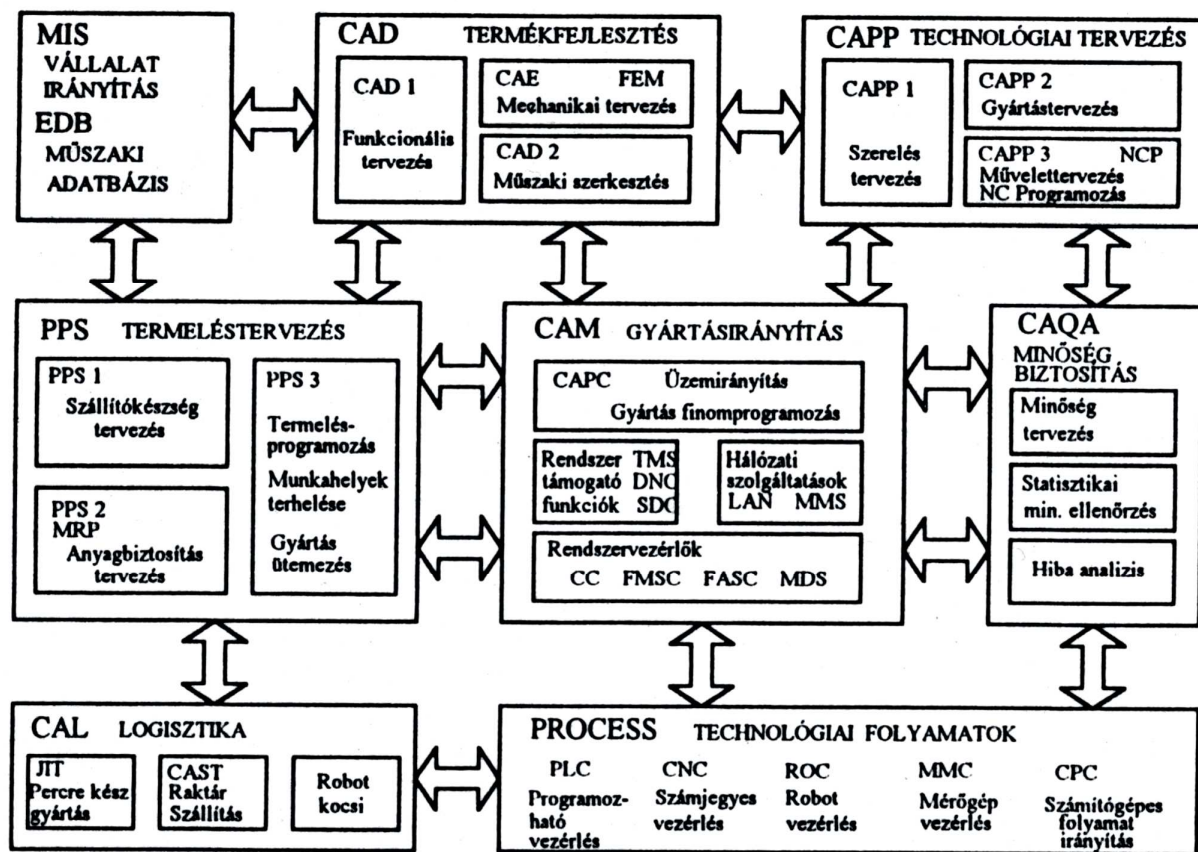
Az első lyukkártyás NC gépek 1952-ben jelentek meg ezeket a gépeket váltották fel a számítógéppel vezérelt NC gépek a CNC marógépek és megmunkáló központok. CNC vezérlésű gépekkel gyártási darabszámtól függetlenül gazdaságossá lehet tenni a termelést.

A számítógéppel vezérelt NC gépekkel egy időben alakultak ki a CAM rendszerek és programok is, amelyek feladatai:

- a gyártási és termelési információk előállítása, kezelése, összegyűjtése és feldolgozása;
- a gyártási folyamatok modellezése, irányítása és ellenőrzése a műveletek ütemezésével, indításával és azok állapotának figyelésével;
- döntések meghozatala, és a gyártási folyamat konfliktusainak feloldása a szakértői rendszerben felhalmozott információk alapján.

A CIM rendszeren belül működő CAM programok legfontosabb feladata a gyártandó alkatrész geometriája valamint a használandó szerszám paraméterei alapján a megmunkálási szerszám pálya elkészítése, illetve a megmunkáló gép vezérlő nyelvére történő lefordítása kiegészítő modulok segítségével.

Összefoglalva a számítógéppel támogatott gyártás (CAM) olyan számítógépes gyártásirányítási koncepciók, módszerek, eljárások és szolgáltatások együttese, amelyek a termelés operatív (végrehajtási) szintjéhez kapcsolódnak és a CIM gyártási alrendszerét valósítják meg.



1. ábra CIM funkcionális modulok és ezek kapcsolatai

Az egész CIM rendszer középpontjában (lásd 8.1. ábra) tehát a végrehajtó egység áll egy CNC megmunkáló központ. Az alábbiakban a CNC technológia alapelemeivel és alapelveivel foglalkozunk.

Mielőtt azonban egyes részek részletes tárgyalásába bocsátkoznánk érdemes a 8.1. ábra CIM alkotóelemeinek jelentését tisztázni.

CIM - Computer Integrated Manufacturing – számítógéppel integrált gyártási rendszer.
A CIM tehát a termeléshez kapcsolódó vállalati funkciók olyan integrált együttese, amelyben a funkciók informatikai folyamatait számítógép támogatja, és az alkalmazási modulok informatikai folyamatait helyi hálózat (LAN) egységes adatbázis és üzenet szolgáltatások (MMS) biztosítják.

MIS - Management Information System – menedzseri információs rendszer

EDB - Engineering Date Base – mérnöki adatbázis

CAD - Computer Aided Design – számítógéppel támogatott tervezés

CAE - Computer Aided Engeneering – számítógéppel támogatott mérnöki tevékenység

FEM - Finite Element Method – végeelem méretezési módszer

CAPP - Computer Aided Process Planning – számítógéppel támogatott folyamattervezés

- szerelés tervezés

- gyártás tervezés

- művelettervezés, NC programozás

NCP - Numerical Control Planing – NC programozás

PPS - Production Planning System – termelésirányítási rendszer

MRP - Anyagbiztosítás tervezés

CAM - Computer Aided Manufacturing – számítógéppel támogatott gyártás

A CAM számítógéppel segített gyártás olyan számítógépes gyártásirányítási koncepciók, módszerek, eljárások és szolgáltatások együttese, amelyek a termelés operatív (végrehajtási) szintjéhez kapcsolódnak és a CIM gyártási alrendszerét valósítják meg.

CAPC -	Computer Aided Process Control – számítógéppel segített gyártási folyamatirányítás
TMS -	Tool Managment System – szerszámgazdálkodási rendszer
DNC -	Direct Numeric Control – közvetlen numerikus vezérlés
SDC -	Shop floor Data Collection – üzemi adatgyűjtés
LAN -	Local Area Network – helyi számítógépes hálózat
MMS -	Manufacturing Message System – gyártórendszerekbeli üzenetközvetítő rendszer
FMSC -	Flexible Assembly System Control – rugalmas szerelőrendszer irányítás
MDS -	Monitoring Diagnostic System – monitorizálási és diagnosztikai rendszer
CAQA -	Computer Aided Quality Assurance – számítógéppel segített minőségbiztosítás
CAL -	Computer Aided Logistic – számítógéppel támogatott logisztika
JIT -	Just In Time – percre kész gyártás
CAST -	Computer Aided Storage and Trasportation – számítógéppel segített raktározás és szállítás
PLC -	Programable Logic Controller – programozható logikai vezérlő
ROC -	Robot Control – robot irányítás
MMC -	Measuring Machine Control – mérőgép irányítás
CPC -	Computerised Process Control – számítógépes folyamatirányítás

1952-ben a Massachusetts Technológia Intézet fejlesztett ki egy rendszert, amelyben a munkadarab megmunkálását egy számítógép vezérelte – az elképzelés lényege három gondolatra épült:

Egy pálya elérendő pontjainak tárolása lyukkártyákon.

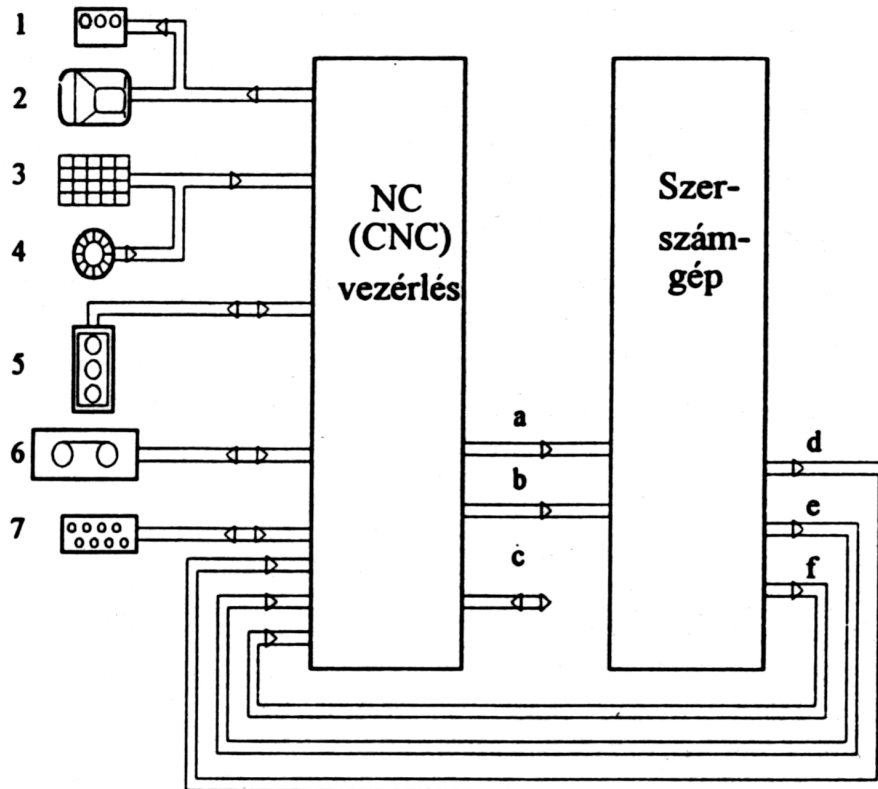
A lyukkártyák adatainak automatikus beolvasása a gépbe.

A beolvasott helyzetek folyamatos kiadása és közbenső értékek számítása annak érdekében, hogy a szervomotorok a tengelyek mozgását vezérelni tudják.

Az első működő magyar NC-gép az ERS 200 szakaszvezérlésű eszterga volt, amit Csepelen gyártottak 1960-ban.

Az NC gépek nagy újdonsága a hagyományos gépekkel szemben, hogy ott pl. a fordulatszámot vagy a szánmozgatást kézi kerék segítségével végezték, addig az NC gép számára betűk és számok kombinációjából álló kód segítségével programozzuk a fordulatszámot, amit a gép maga kapcsol. Az elmozdulást vizsgálva az NC gép szánjait nagy pontosságú golyós orsók mozgatják, amelyeket szervomotorok forgatnak. Az elfordulás mértékét és sebességét az orsókhöz kapcsolt elektronikus mérőrendszer érzékeli. Így a szükséges elmozdulás mértéke és sebessége is betű-szám kombinációkból álló kóddal programozható.

Az NC (számjegyvezérlésű) gépek magasabb foka a CNC (számítógépes számjegyvezérlés) gépek családja. Itt a berendezés már programozható számítógépet is tartalmaz, amely segítségével a megmunkálási paraméterek és a marási pálya a mai szinten nagyon könnyen megírható és szükség esetén módosítható is. A 8.2. ábra jól mutatja a vezérlés bemenő és kimenő jeleit.



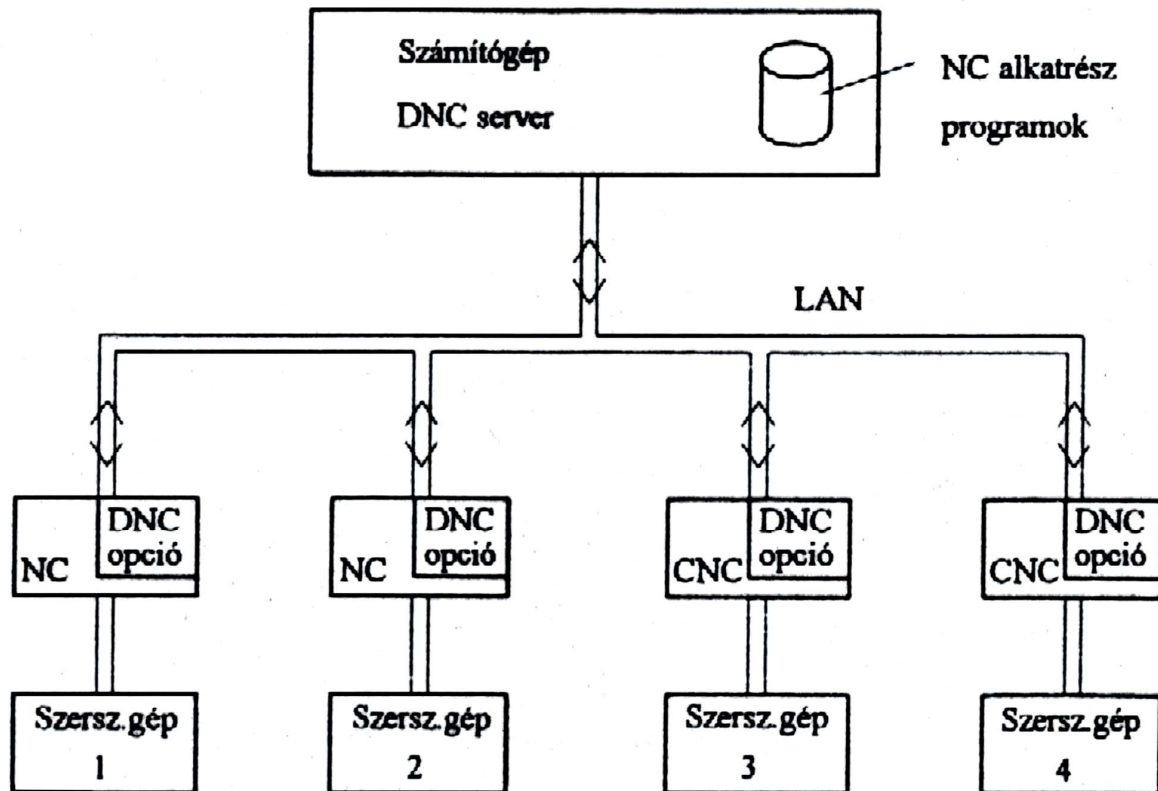
2. ábra Az ember a vezérlés és a gép kapcsolata

1. kijelző lámpák
2. képernyő
3. nyomógombok és klaviatúra
4. digitális kézi kerék
5. kapcsoló konzol
6. mágneses szalagolvasó
7. LAN csatlakozó információs hálózat

A vezérlés a és b kimenő jelcsoportja a szerszám-gép működtető jeleit tartalmazza. A c jelcsoport tagjai tartanak kapcsolatot külső vezérlésekkel (adagolókkal, robotokkal, NC gépekkel). A szerszám-gép nyugtázó jeleit, és a szánok pozícióját a d, e, f jelcsoport tartalmazza, melyeket közös néven a szerszám-gép állapot vektorának neveznek.

A vezérlés a 1-5 kezelőszerveken tart kapcsolatot a felhasználóval, ez a vezérlés ember-gép interfésze. A 6. és 7. eszközök a gépi programbevitelt ill. a DNC üzemmódot teszik lehetővé.

A hierarchia egy magasabb foka a DNC irányítási rendszer, amelyben több NC-gépet együttesen egy folyamatirányító számítógép lát el alkatrészprogramokkal. Az alkatrészprogramok a folyamatirányító számítógép külső memóriájában tárolódnak, amelyet a szerszám-gépek hívnak le. A számítógép így átveszi az elosztó és a tároló szerepet is, szervezheti az anyagmozgatást is. Felügyelete alá tartozhatnak még a vezérelt gépellenzés, szerszámnyilvántartás, amely a többgépés irányításnál járulékos előnyökkel jár (lásd 8.3. ábra).



3. ábra DNC rendszer

CNC technika alkalmazási lehetőségei a faiparban

CNC technika egyediségei a faiparban

A CNC technikát a fejlődés során a fémipar számára dolgozták ki, úgy hardveres, mint szoftveres oldalról. Az eltérő faipari forgácsolás technológia miatt azonban néhány dolgot módosítani kellett, így figyelembe kellett venni:

- a fa rostirányát;
- a sarkok leszakadását, letörését;
- a faanyag égésének veszélyét sarkoknál a lassú előtolási sebesség miatt;
- a nagyságrendileg nagyobb előtolási sebességeket és fordulatszámokat;
- valamint a bonyolultabb munkadarab körvonalakat, egyidejűleg viszont a kisebb pontossági igényt;
- az eltérő megoldású munkadarab megfogást.

A faipar számára gyártott gépek és programok már többé-kevésbé ezen feltételeknek feleltek meg. Azonban a fa inhomogenitása miatt a sarkok letörését és a faanyag égését nem lehetett maradéktalanul kiküszöbölni. Az itt előálló problémákat csak a gyakorlott programozó tudja valamelyest csökkenteni, igaz hogy mára már nagyon könnyen programozható, és javítási lehetőségeket kínáló CNC vezérlésű megmunkáló központok egyre szélesebb körben terjednek a faipar területén.

CNC vezérlésű megmunkáló központok faipari gyártmányai

Az alábbiakban felsorolás jelleggel érintjük a CNC vezérlésű gépek használhatósági területeit, illetve a gyártmánycsaládokat.

- ajtógyártás
szerkezeti elemek marása, betétmarás, díszítés
- lépcsőpofa gyártás
elemek komplett és pontos marása
- lépcsőelem gyártás
lépcsőfokok fűrészelése, marása, fúrása
- konyhai munkapultok gyártása
munkapultok készre marása fa és nem faalapanyagok esetén
- konyhai ajtókeretek megmunkálása
- ülőbútorok forgácslap oldalelemeinek megmunkálása
fűrészelés, marás, fúrás
- rétegeltlemez alkatrészek megmunkálása (ülőelemek)
billenthető munkadarab felfogó berendezés
- tömörfa alkatrészek tetszőleges formájú megmunkálása
szerszám forgatható, billenthető, 3D feletti megmunkálás
automatikus szerszámcsere, szabad szerszám profil
komplett szabadságfokú megmunkálás, szobortermék
- műanyag alkatrészek fő- és utómegmunkálása

Egyéb gyártható termékek: asztallapok, óraszekrények, ajtólapok MDF-ből, képkeretek, fogantyúk, ajándéktárgyak, tálcák, hangszeralkatrészek, autóalkatrészek, fegyveragyak, vékony könnyűfém alkatrészek.

A CNC technika előnyei

Az alábbiakban rövid összehasonlítás következik a CNC gépekkel történő gyártás és a hagyományos gyártás között.

- Magasabb teljesítmény
Nagy és egyenletes megmunkálási sebesség. Előtolási sebességek tömörfánál és forgácslapnál 20 m/perc egészen a szerszámok terhelhetőségi határáig.
A dupla vákuumasztalos gépek folyamatos üzemeltetése.
Többször több munkadarabot is lehet egyidejűleg megmunkálni.
Megfelelő üzemi előkészítésnél a CNC gépeket 80%-osan is ki lehet használni.
- Magasabb minőség:
Magas és állandó megmunkálási pontosság.
Magas és állandó megmunkálási minőség.
Kevesebb veszteség, kevesebb utómegmunkálás, kevesebb ellenőrzés.
- Alacsonyabb mellékköltség:
Rövid szerelési idők.
Nincs szükség sablonra így nincs sablonkopás sem.
Alacsonyabb szerszám igénybevétel, és hosszabb futási idő az egyenletes terhelés miatt.
Közbenső tárolási idők megszűnése, mivel komplikált alkatrészek egy fogásban kerülnek megmunkálásra.
- Üzemi kihatások:
A termékek sokszínűsége és ennek variációi megnövelhetők.
A termékre való ráállás meggyorsítható.

A piaci mozgások gyorsabban követhetők.
Egyedien kis mennyiségek is gazdaságosan gyárthatók.
Kis megrendelésekre való átállás is lehetővé válik.

A határidők tartása pontosabbá válik, mivel a megbízástól a legyártásig a gyártási folyamat gyorsabb lesz. A raktárkészletek csökkenthetők. A produktivitás és a flexibilitás növekszik.

Az általánosan megállapítható, hogy a CNC vezérlésű gépek a hagyományos gépeket mindig felülműlják. Az előnyük annál jobban kidomborodik,

- mennél több munkafázist kell egy munkadarabon végezni;
- mennél bonyolultabb az alkatrész;
- mennél nehezebb a nyersanyag;
- mennél nagyobb a kívánt pontosság;
- mennél magasabb a kívánt minőség;
- mennél kisebb a széria;
- mennél rugalmasabbnak kell a gyártósornak lennie;
- mennél univerzálisabb felhasználási területű.

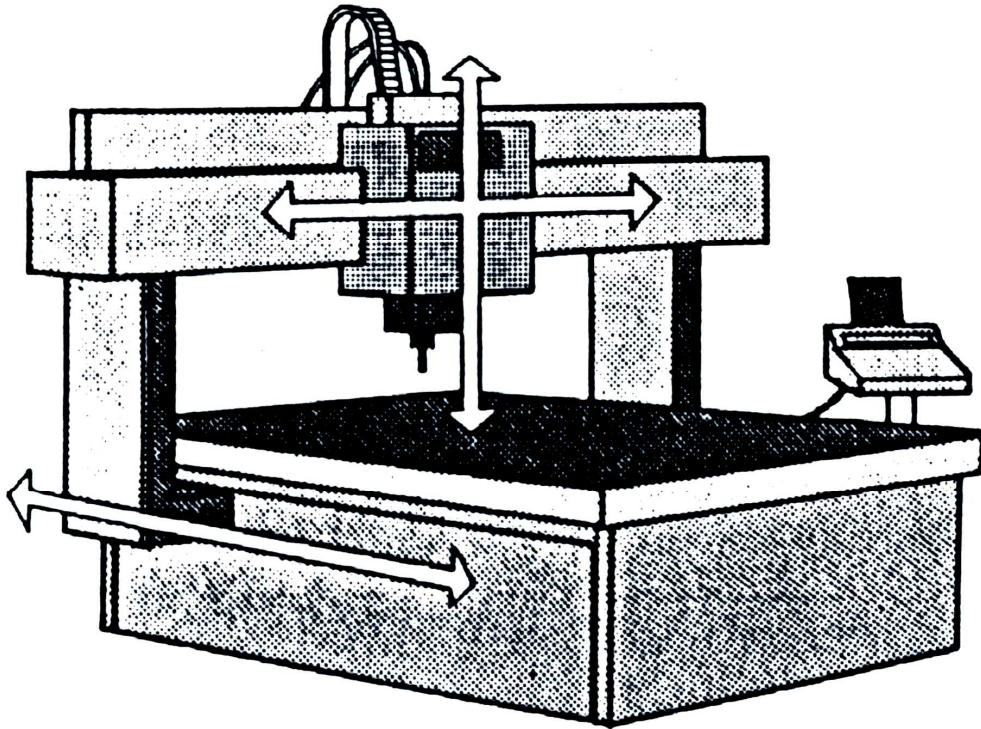
CNC vezérlésű megmunkáló központok mechanikai felépítése

A gép elvi felépítése

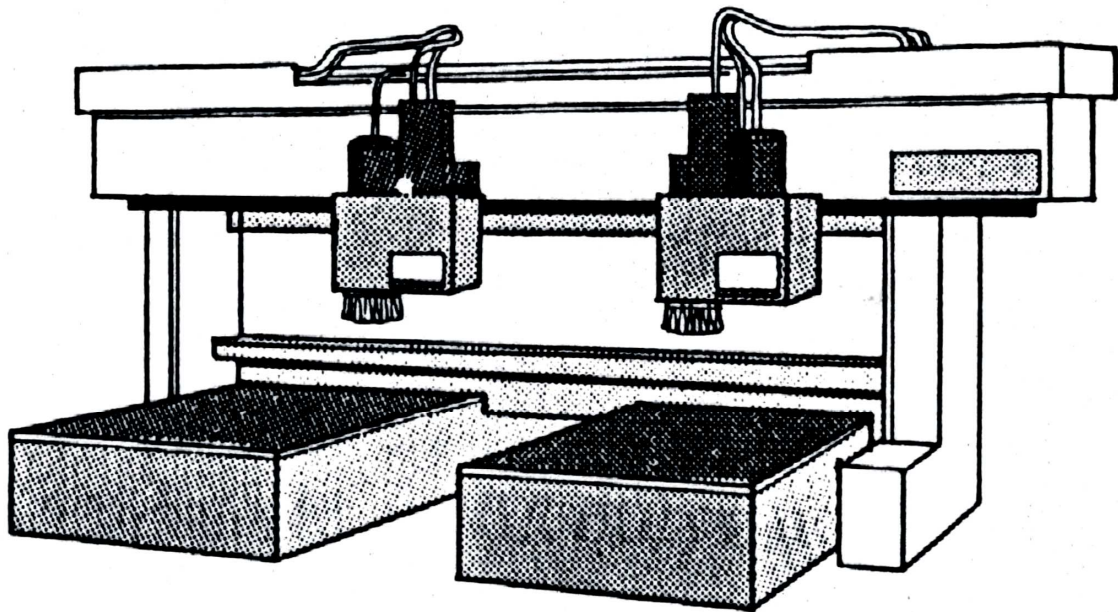
A faiparban elterjedt három tengely vezérelt ($2\frac{1}{2}D$ -3D szabadságfokú) marógépek szerkezeti és hajtásmechanizmus elve, felépítésüket tekintve jól átláthatók. A szabadsági fok jelentése az egyidejűleg vezérelhető tengelyek száma, tehát éppen aktív translációs (egyenesvonalú) és rotációs (forgó) mozgású tengelyek számának összege. Jelölése: D. Transzlációs mozgáskor a szánszerkezetek egyenes vonalban haladnak, míg rotációs mozgáskor a megmunkáló fej több tengely mentén is szögben elfordulhat. Az ennél magasabb szabadságfokú gépek asztal és megmunkáló fej kialakítása ennél már lényegesen bonyolultabb, nem beszélve a hajtásmechanizmusról. A gép alábbi főbb szerkezeti egységekből épül fel:

- gépágy;
- gépasztal
- megmunkáló egységek
- előtoló berendezés
- vezérlő berendezés.

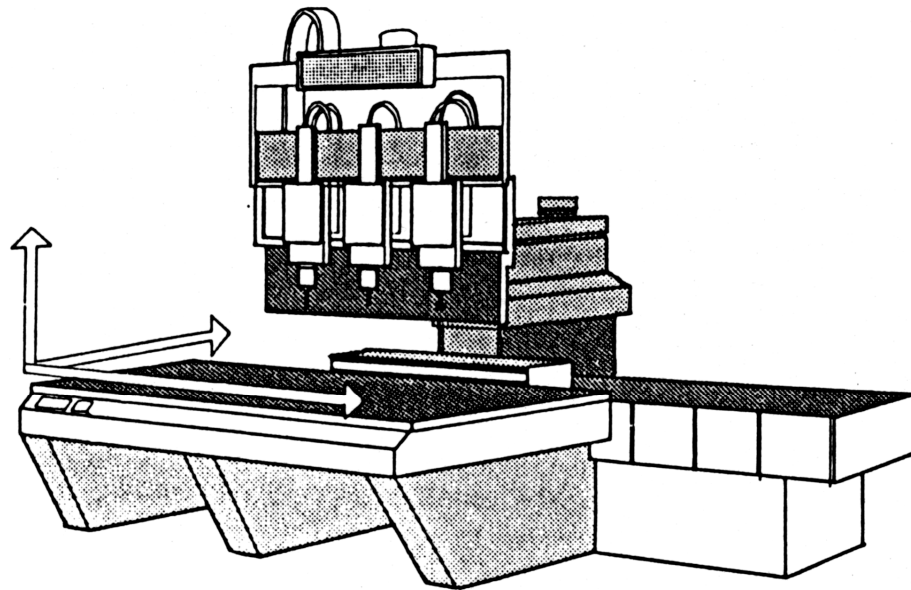
A gépeket két fő csoportba lehet sorolni, így mozgóportális és konzolos gépek. Az ábrák néhány gépalkakítási formát mutatnak melyek tovább variálódnak és bonyolódnak a szabadsági fokok növelésével megjelenő újabb szerkezeti elemek elhelyezési módozataival (8.4, 8.5, 8.6, 8.7.).



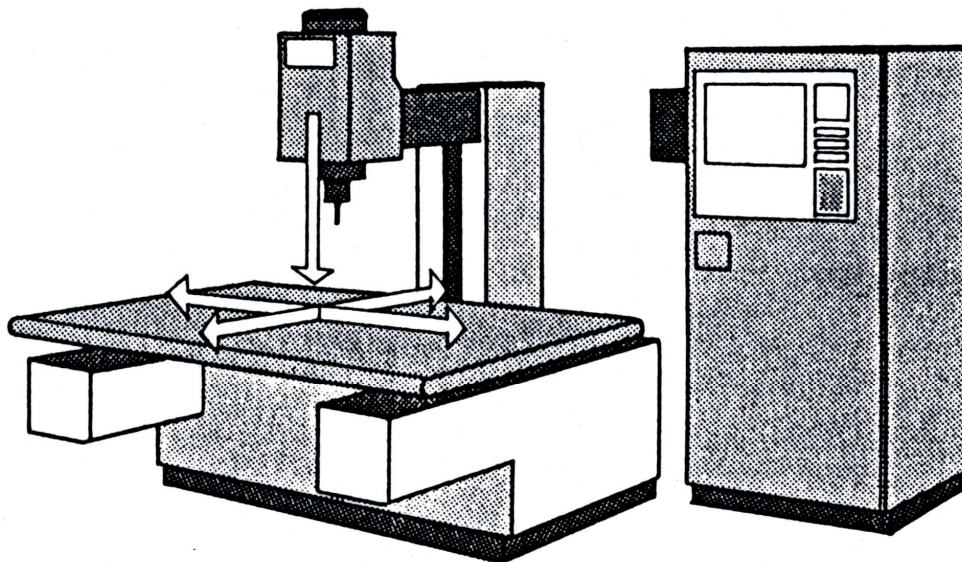
4. ábra Mozgóportális CNC felsőmarógép



5. ábra Mozgóportális tandem asztalos CNC felsőmarógép



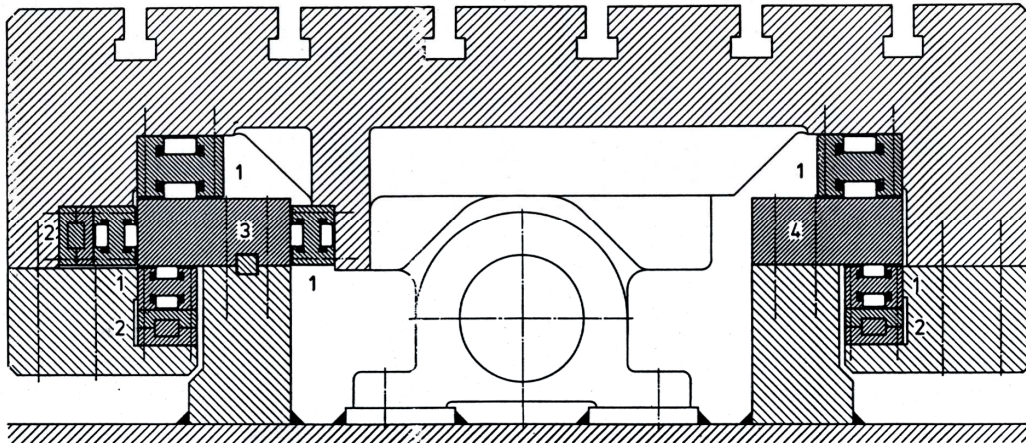
6. ábra Konzolos CNC felsőmarógép 3db főorsóval



7. ábra Keresztasztalos CNC felsőmarógép

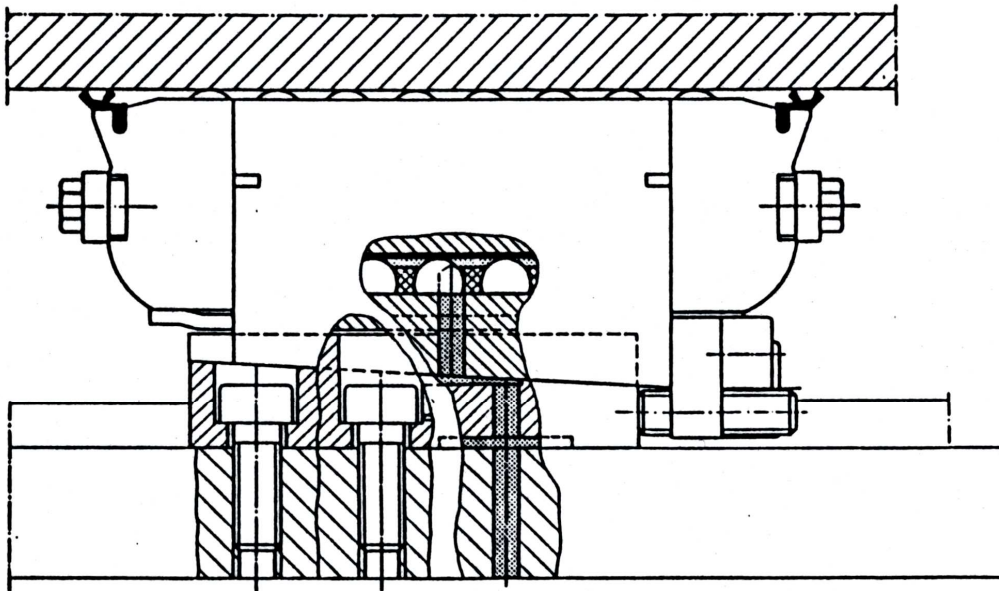
A gép szerkezeti egységei

A rezgéscsillapítás érdekében a gépágy és asztalszerkezet öntvény, amely tömege már egy kisebb CNC vezérlésű gép esetén is eléri a 3 tonnát. A konzolokat, portálokat működtető szerkezetek egyszerűek mivel a mozgás lineáris vezetékeken történik minden esetben. Ez síkra munkált prizmatikus vezetékekből és szánszerkezetekből áll, amelyeket egymással szembe szerelik, és ékkel feszítik a holtjáték csökkentése érdekében (8.8, 8.9. ábra).



8. ábra Lineáris vezeték elhelyezése a gépágyon

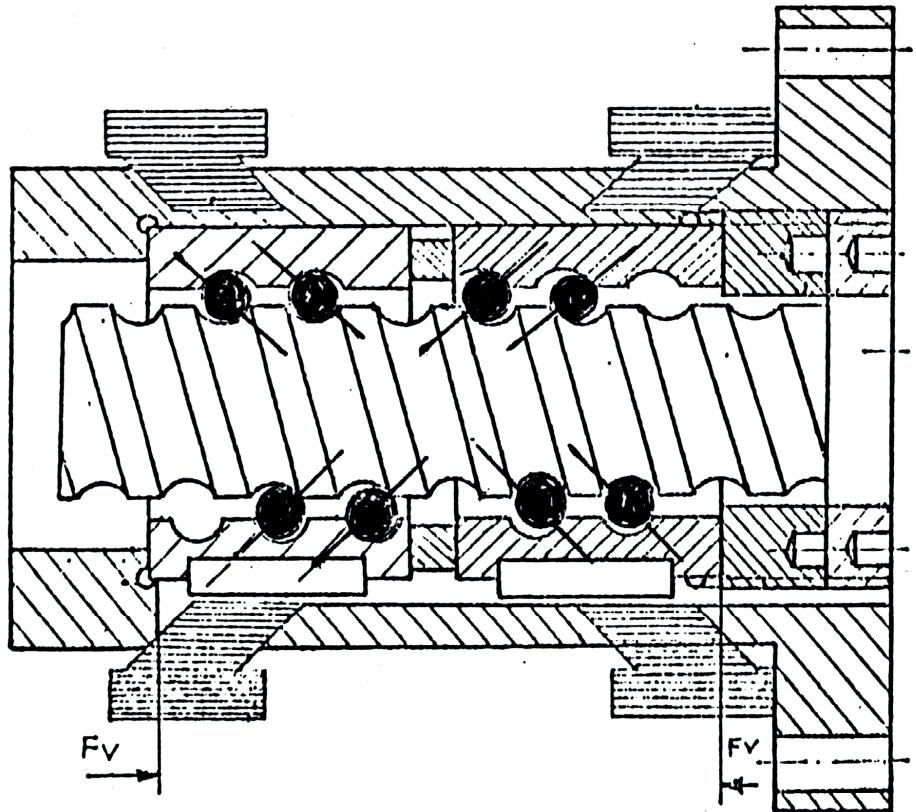
1. Lineáris vezeték papucs
2. Ékes feszítés
- 3,4. Prizmatikus vezetékek



9. ábra Lineáris vezeték papucs a két feszítőéssel

A szánszerkezetek mozgatóelemei az ún. golyósorsók illetve a ferde fogazású fogaskerék-fogasléc kapcsolatok. Mindkettő holtjáték mentes mozgatót biztosít 1µm pontossággal, a nagyobb felhasználási területet a golyósorsók uralják, míg a nagy sebességi tartományban a fogaskerekek kerülnek felhasználásra merevségi problémák miatt. Érdekes néhány szót említeni a golyósorsókról (lásd 8.10 ábra).

A golyósorsó előfeszítéséhez két anya szükséges. A két anyát összehúzó hüvellyel szerelik, amely segítségével ferde, egymás ellen „X” helyzetben alakulnak ki a támasztóerők (lásd 8.10. ábra) a golyópaláston. Az anyák ezen a pontosan szabályozott feszítésen keresztül csökkentik le a holtjátékot. Előnye a mindenkori után állítási lehetőség, de csak szakember által.

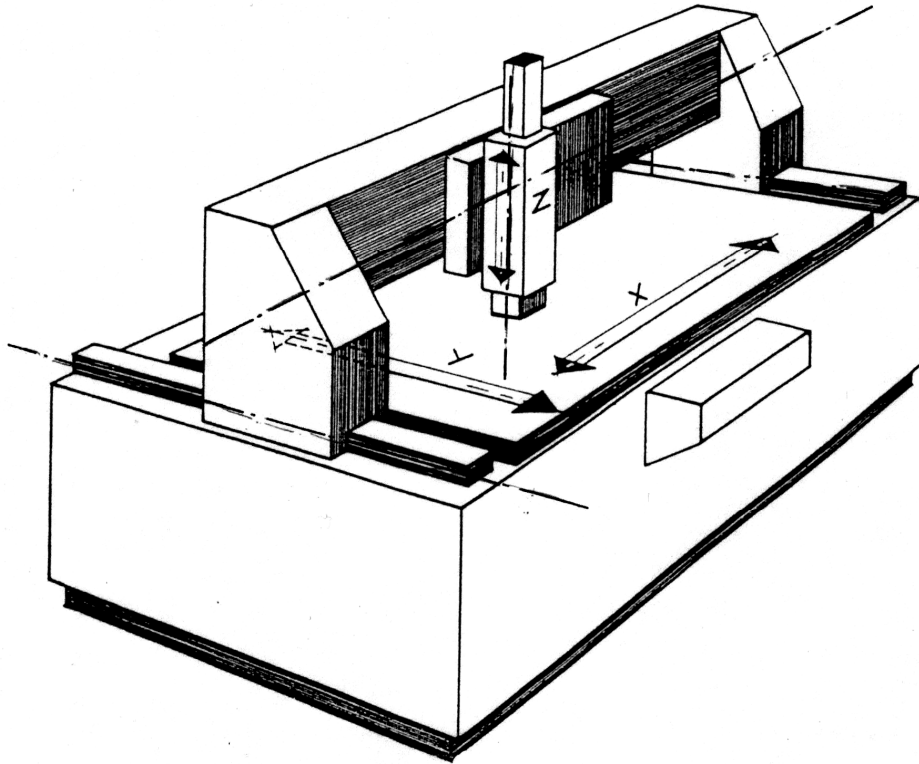


10. ábra Golyósorsó metszetrajza

F_v – állítási tartomány

A golyósorsó legfontosabb jellemzője, hogy a hagyományos orsó és anyamenet szerepét egy állandóan vándorló golyósor veszi át. Nagyon sok jó tulajdonsággal rendelkezik, így: nagy pontosság, kis indító-forgató nyomaték, 90%-os hatásfok, alacsony súrlódási együttható, nagy erőátvitel, holtjáték mentes kivitel, nagy ellenálló képesség szennyeződés ellen, kevés hiba előfordulás, minimális karbantartási igény. Mozgatás szempontjából vagy az anya vagy az orsó lehet hajtott. A fent említett két gépelemnek a lineáris vezetékek és golyósorsók biztosítják az X, Y, Z irányba a translációs mozgásokat.

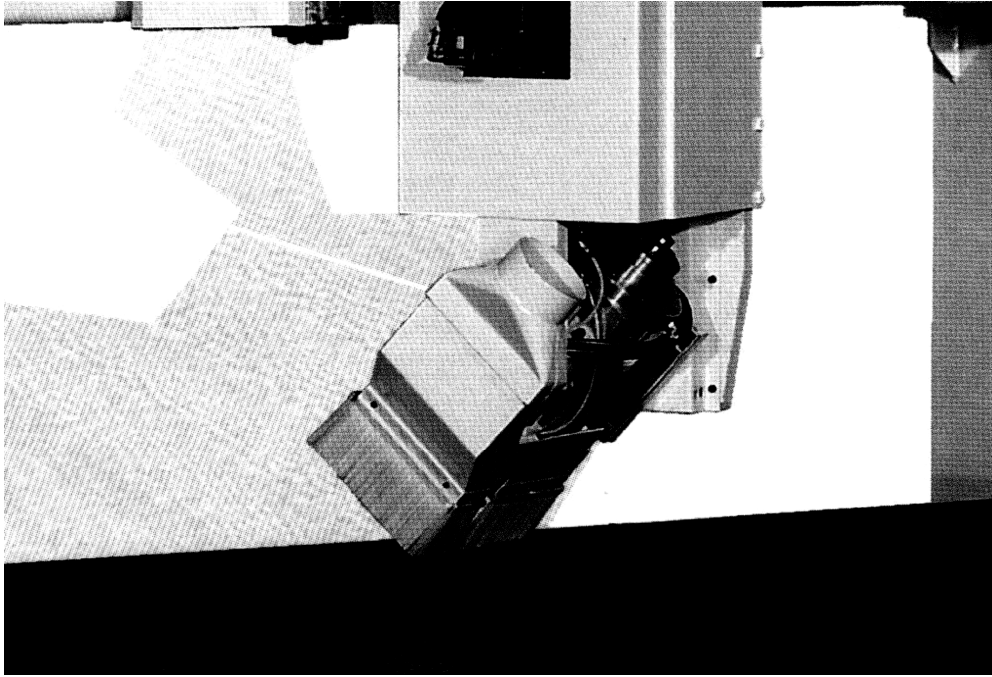
A 8.11. ábrán a középvonalak jelölik a golyósorsók és lineáris vezetékek elhelyezkedését egy mozgóportális gépen.



11. ábra Mozgóportális CNC vezérlésű felsőmarógép

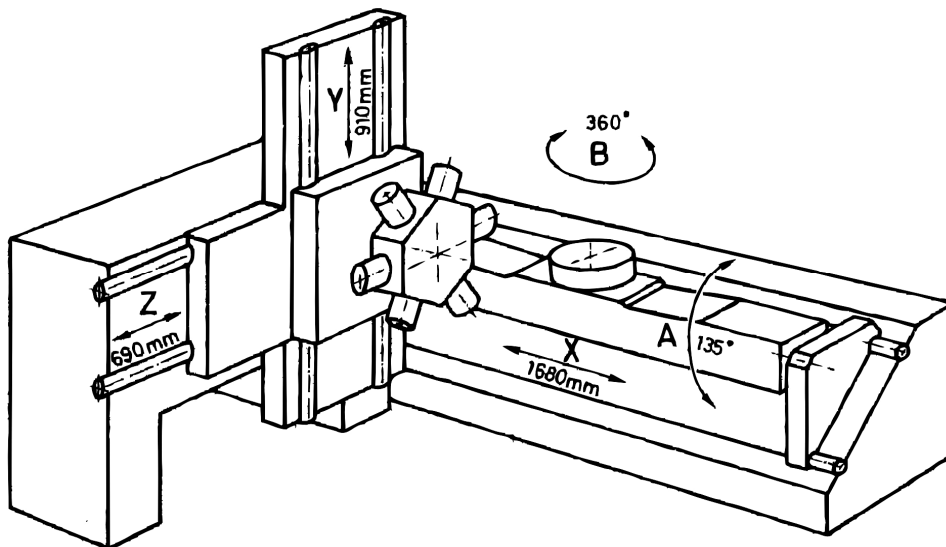
A vezérlés feladata, hogy a háromirányú mozgás eredőjeként három szabadságfokú vezérlésnél térgörbét járjon be a szerszám. Három szabadságfok fölött a három translációs (egyenesvonalú) mozgás 1, 2 vagy 3 rotációs (megmunkáló fej billentés) mozgással is kiegészülhet. Ilyenkor a vezérlés képes a translációs mozgásokat a rotációs mozgásokkal összhangba hozni. A három rotációs mozgás gépszerkezetiileg a megmunkáló fejet bonyolulttá teszi, hiszen a marófejnek esetenként körszánon és csuklón kell elhelyezkednie. Az 5-6 szabadsági fok biztosítása a rotációs mozgások szempontjából kétféleképpen lehetséges:

- valamennyi rotációs mozgás a megmunkáló fejben van (hátránya, hogy a dinamikus merevség romlik) 8.12. ábra;



12. ábra 5D-s CNC vezérlésű felsőmarógép

- a rotációs mozgásokat megosztják a marófej és az asztal között, 8.13. ábra.



13. ábra 5D-s CNC felsőmarógép

Természetesen ezen két megoldáson túl van még további lehetőség a mozgások másfajta megosztására.

Előtolás és előtoló motorok

Az előtoló rendszerrel szemben a legfontosabb követelmény, hogy a marószerszám a szerszám pályát hibamentesen kövesse. Minden egyes eltérés a pályától hibát eredményez. A gép dinamikus viselkedése annál jobb mennél nagyobb sebességgel tudja az irányváltásokat végrehajtani, anélkül, hogy pályahiba keletkezzék, vagy pedig lengések lépjenek fel. Mindehhez gyorsakciójú és nagy teljesítményű motorokra van szükség. Hozzá kell még ehhez azt is számítani, hogy az előtolási sebességkomponensek állandóan változnak, ennek következtében az eredő

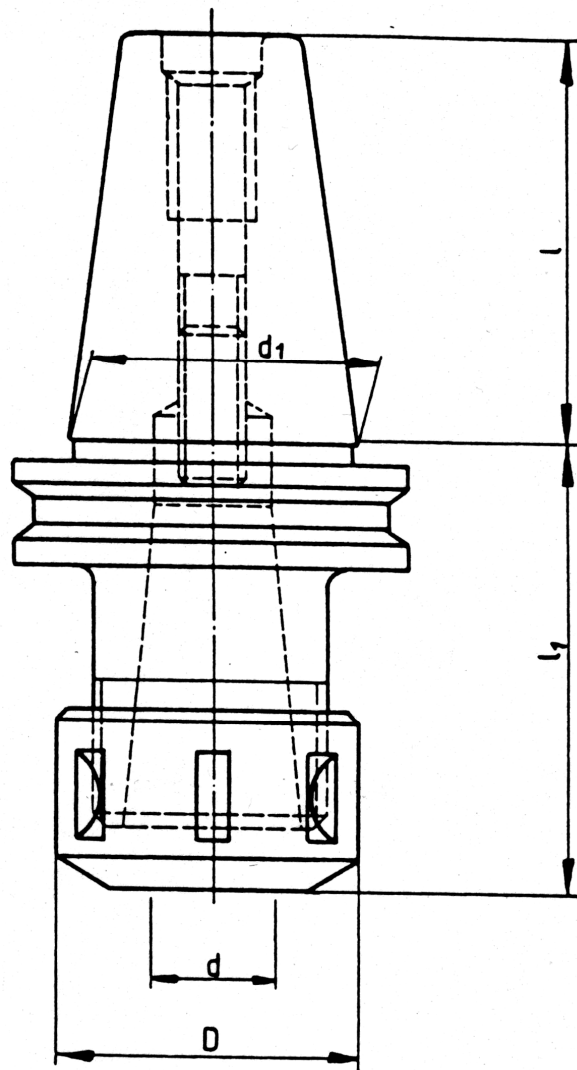
pályamenti sebesség is. Az állandó gyorsulás és fékezés ezért lengést okozhat a gépben. Jó minőségű gépek esetében a sebesség másodpercen belül is többször változhat.

A főorsók hajtómotorjainál az egyenáramú (DC) motorok korlátozott sebességszabályozhatóságuk és a szénkefék kopása miatt egyre inkább az aszinkron váltóáramú (AC) motoroknak adják át a helyüket. Ezek egyszerűbb változatai a sebességszabályozást frekvenciaszabályozással, a nagyobb, motorok, az ún. vektorszabályozással (armatúraáram és a rotoráram) oldják meg. Az előtolóhajtások motorjai legtöbbször gördülő orsóanya páron keresztül mozgatják a szánokat. Ezért ezeket pozicionáló, szervomotoroknak is nevezik. Legfontosabb tulajdonságuk: nagy, ugyanakkor egyenletes gyorsító-lassító képesség és mozgás. Ezeket a motorokat a hajtónyomatékkal jellemzik. Itt is már a váltóáramú indukciós motorok (ún. AC szervók) kerültek előtérbe.

Szerszámrögzítés, szerszámcsere és aggregátok

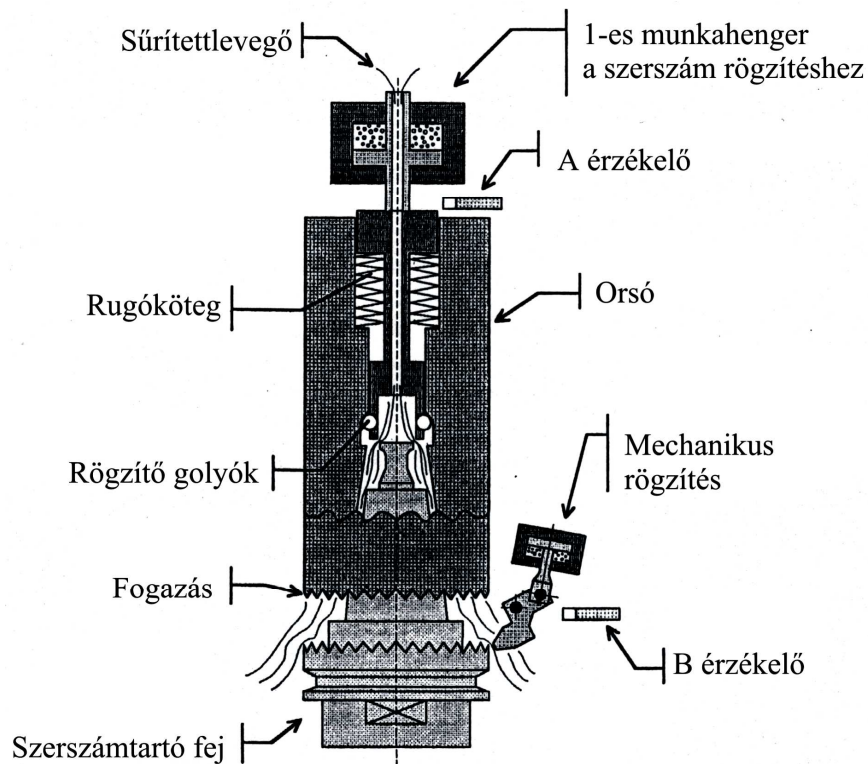
Szerszámrögzítés

A szerszám rögzítésének legfontosabb kritériuma, hogy a szerszámot biztosan és rezgés mentesen lehessen befogni. Marószerszámoknál a legbiztosabb a rövid szerszámszár és a felesleges toldaléküvelyek elhagyása. A szabad szerszámvég közelebb kerül a csapágyhoz, kisebb lesz a lengése. Tekintettel az automatikus szerszámcsere a gépgyártók kúpos befogást alkalmaznak. A kúpos palást súrlódásán keresztül viszi át a nyomatékot a motortengelyről a szerszámra. Lásd 8.14. ábra .



14. ábra Szerszám-befogó patron

Az ábrán jól látható a befogókúp a kettős tányér a szerszámtároló villához a rögzítő anya, amely a hengeres szárú marószerszámokat egy kúpos szorítóhüvellyel rögzíti a befogótest belső kúpos furatában. A 8.15. ábrán jól látható a motortengely és szerszám-befogó patron kapcsolódása. A szerszám-befogótest a marótengelyhez kúp és rögzítő golyók segítségével kapcsolódik. A jelen példában a kúpos kapcsolat csúszás-mentességét még fogaskoszorúval is javítják. A szerszám-befogó rögzítettségét érzékelővel ellenőrzik.

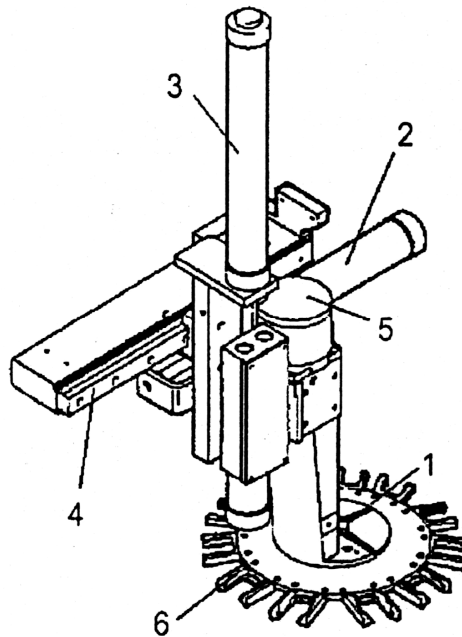


15. ábra Főorsó vég, szerszám befogás

Szerszámcsere

A CNC megmunkáló központok legnagyobb előnye, hogy a szerszámcsereket és a szerszámaggregát cseréket a gép program szerint maga végzi el. Nincs kézi szerszámcsere csak a régi gépek esetében. Ennek megfelelően fűrészeléستől, maráson, fúráson keresztül a csiszolásig minden elvégezhető egyetlen munkadarab befogási menetben.

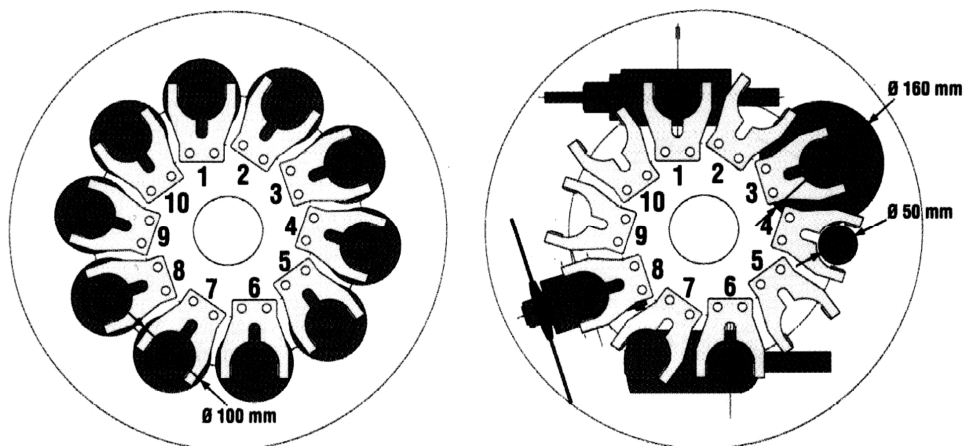
A szerszámok tárolása minden esetben profilosan kialakított villákon történik, amelyek vagy fémből vagy műanyagból készülnek. A tárolók lehetnek lineárisak, egy sorban vagy több sorban, lehetnek körtárok, ami mindig együtt halad a megmunkáló fejjel (8.16,17. ábra), illetve sok szerszám esetében láncos tárok 8.18. ábra. Mindhárom tárrendszer alkalmas kisebb méretű aggregátok tárolására és a cseréjére is.



16. ábra Körtár

A szerszámtartó mozgását végző egységek:

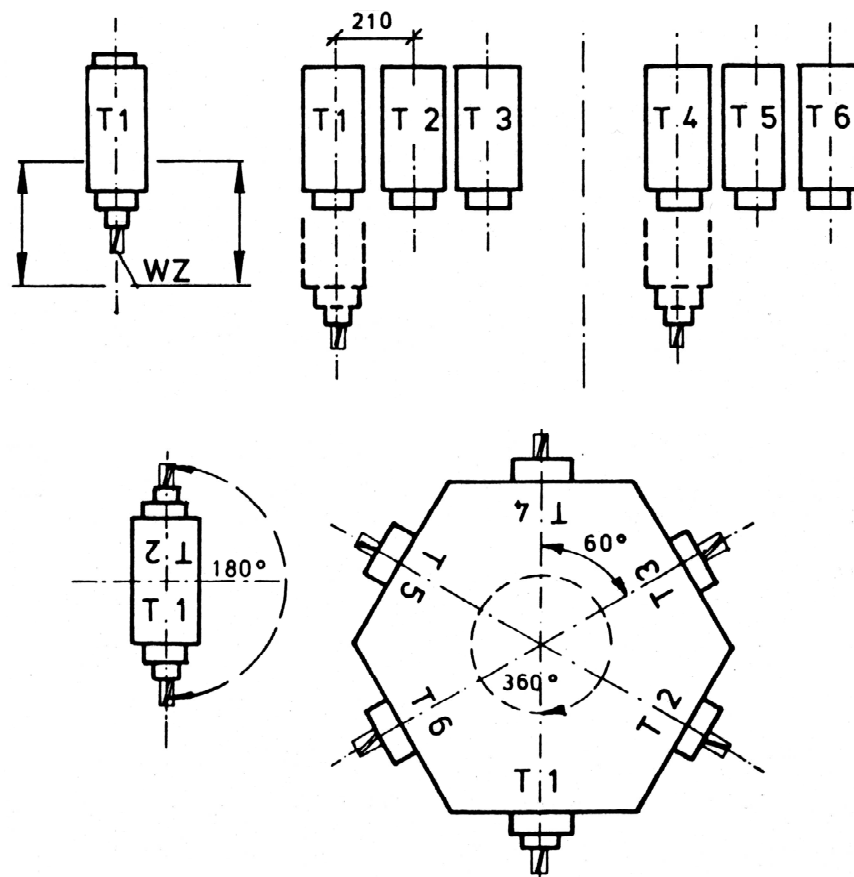
1. szerszámtartó polc;
2. a vízszintes mozgást végző dugattyú;
3. a függőleges mozgást végző dugattyú;
4. lineáris vezető;
5. az óramutató járásával ellentétes irányba forgató motor, amely a szerszámtartó polcot forgatja;
6. feszítőfogó, amely a szerszámot tartja.



17. ábra Körtárak marókkal és adapterekkel

Aggregátok

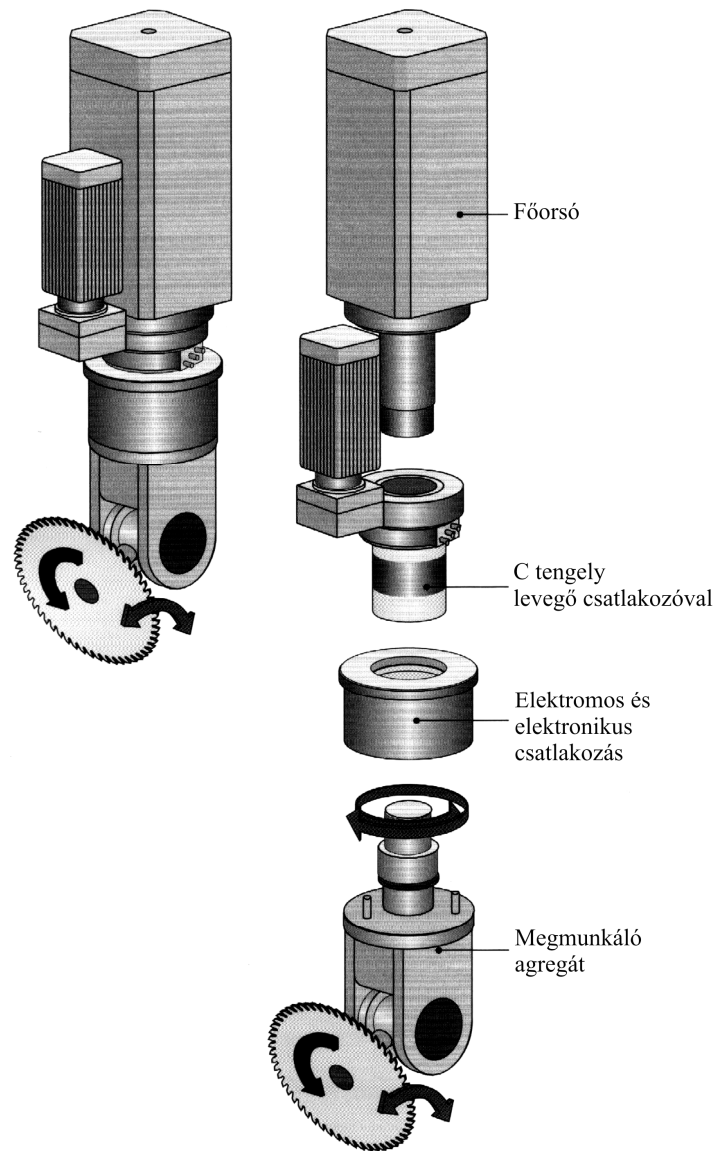
Az aggregátok tárgyalása előtt érdemes megemlíteni a megmunkáló központokon a motorok elhelyezését is. Jelenleg még mindig jelentékeny számban működnek régi gépek, ahol a szerszámcsere kézzel történik. Motorcsoportok dolgoznak együtt, dupla vagy csillagmotor elhelyezés is létezik. Ilyen esetben minden motortengely más szerszámmal dolgozik. 8.18. ábra.



18. ábra Motorok elrendezése

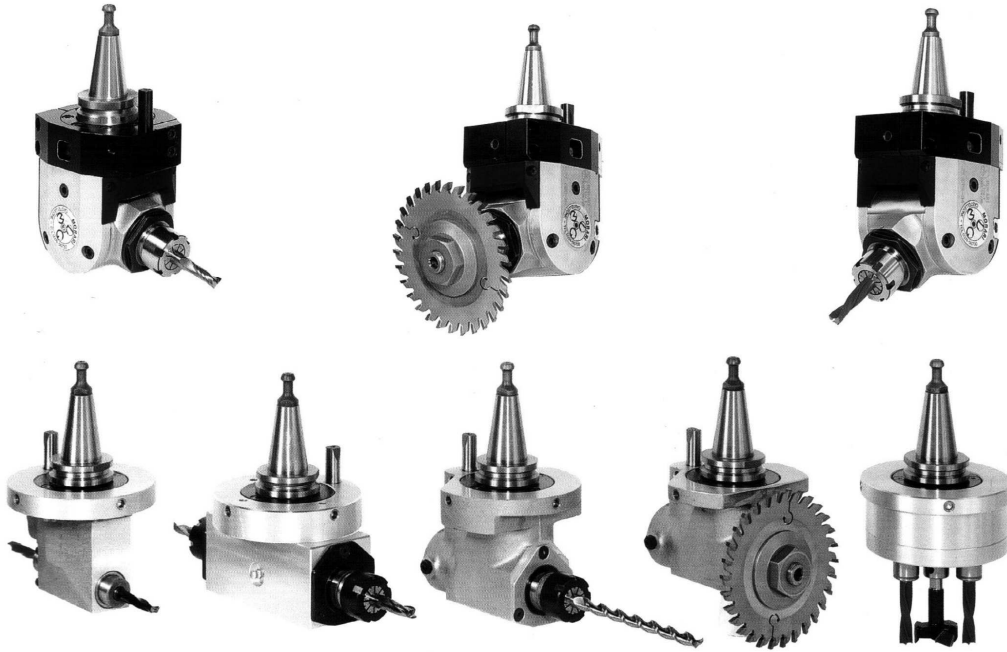
Ma a legelterjedtebb megoldás a már korábban említett szerszámtáras megoldás szerszámcsérével egy vagy két megmunkáló csoporttal.

A 8.19. ábra a főorsó és egy fűrészaggregát szerkezeti felépítését mutatja.



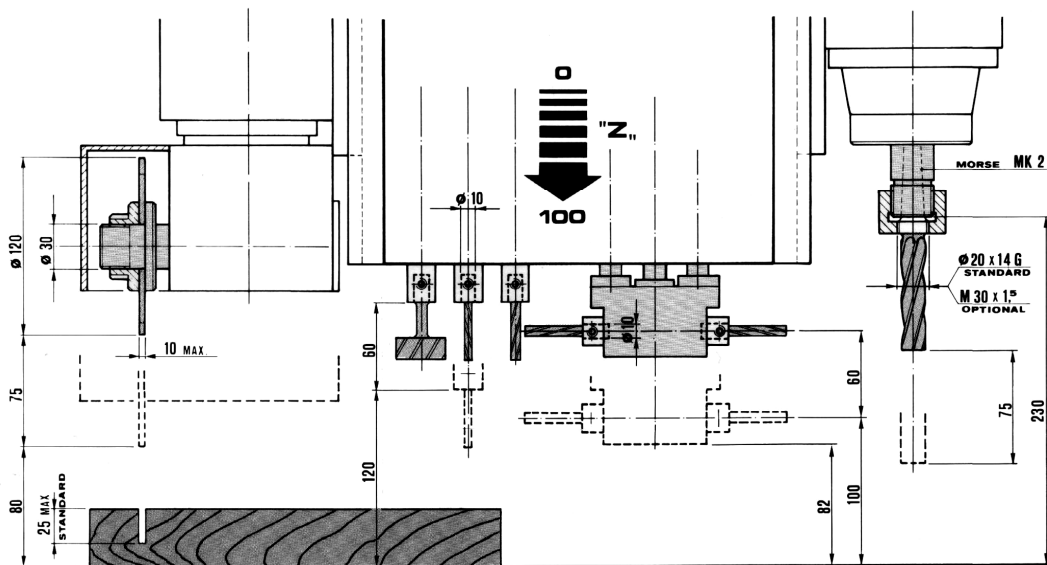
19.ábra Fűrészagregát

A 8.20. ábrán különféle funkciójú aggregátok láthatók.



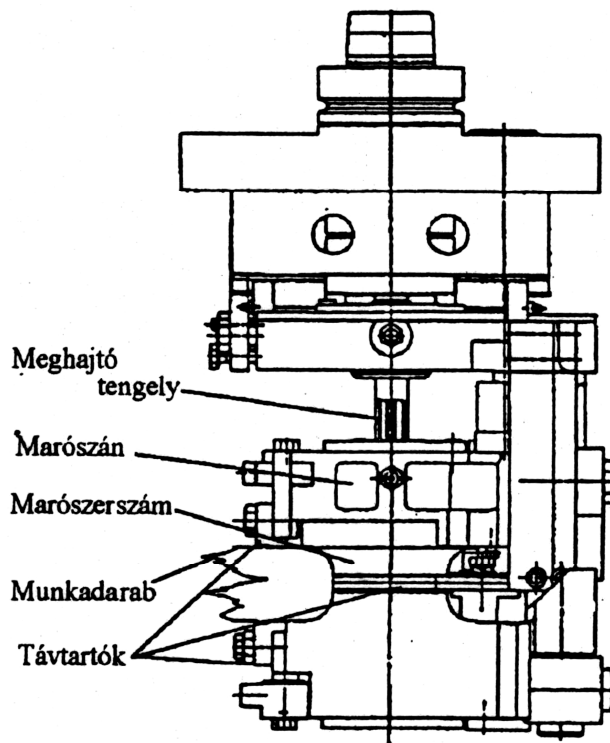
20. ábra Aggregát típusok

A megmunkálások gyorsítása és nem utolsó sorban a biztonság érdekében a legújabb konstrukciónál a főorsó motorja mellé került elhelyezésre pl. a vezérelhető fűrőorsó szupport. Ugyanezen fej a későbbiekben kibővíthet körfűrész adapterrel, csaphely maróval, további fúrókkal, természetesen a főorsó marószerszám cserélhetősége megmaradt (lásd 8.21. ábra).

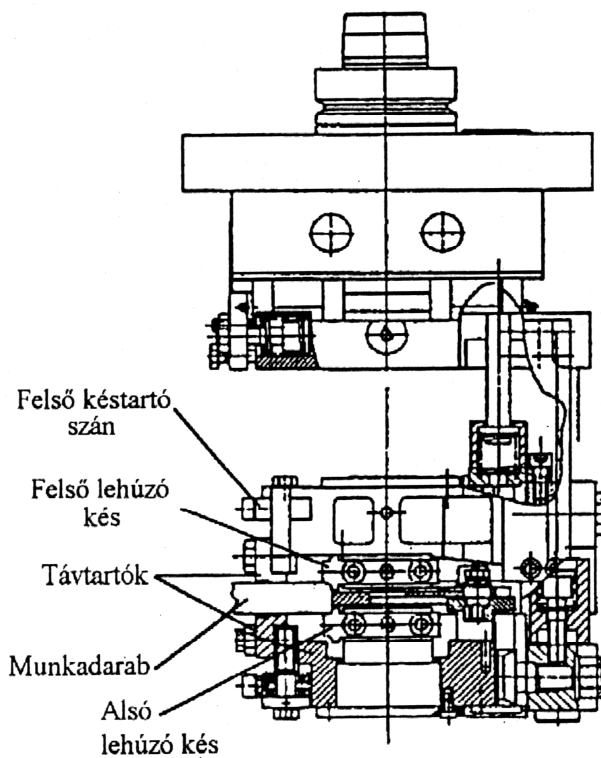


21. ábra Maró, fúró és körfűrész adapter elhelyezése

Feltétlenül érdemes azonban megemlíteni, hogy a megmunkáló központok néhány típusa speciális adapterekkel is rendelkezik így a munkadarabot nem csak méretre marja, hanem élfóliázza is. Jelenleg ez a géptípus az egyik legbonyolultabb. Mivel itt egy összetett megmunkálásról van szó a 8.22. ábrán az fólia élmaró aggregát, a 8.23. ábrán a zinkelő aggregát látható.



22. ábra Fólia élmaró aggregát

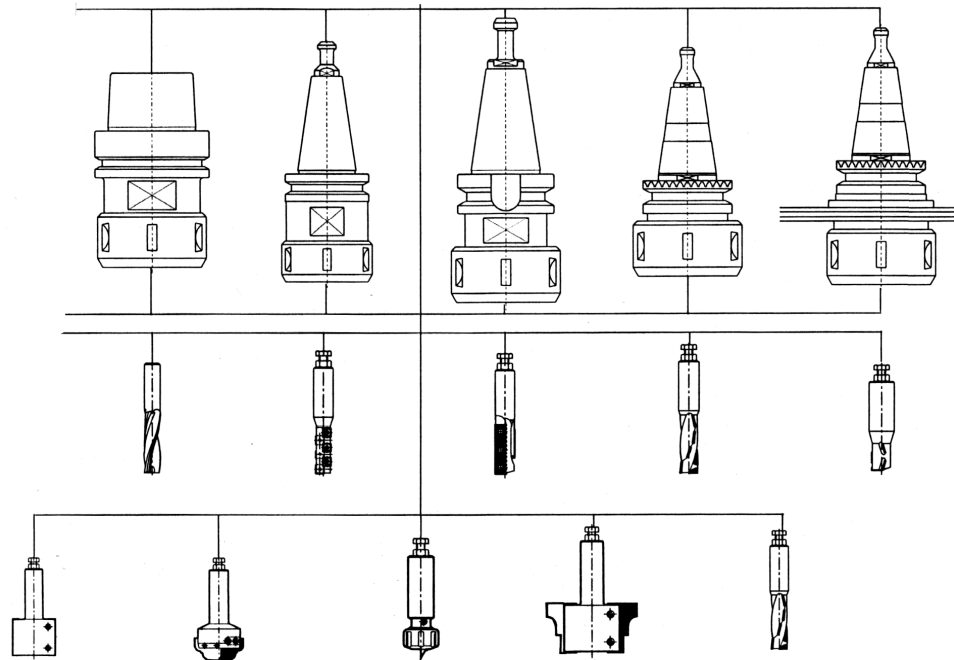


23. ábra Zinkelő aggregát

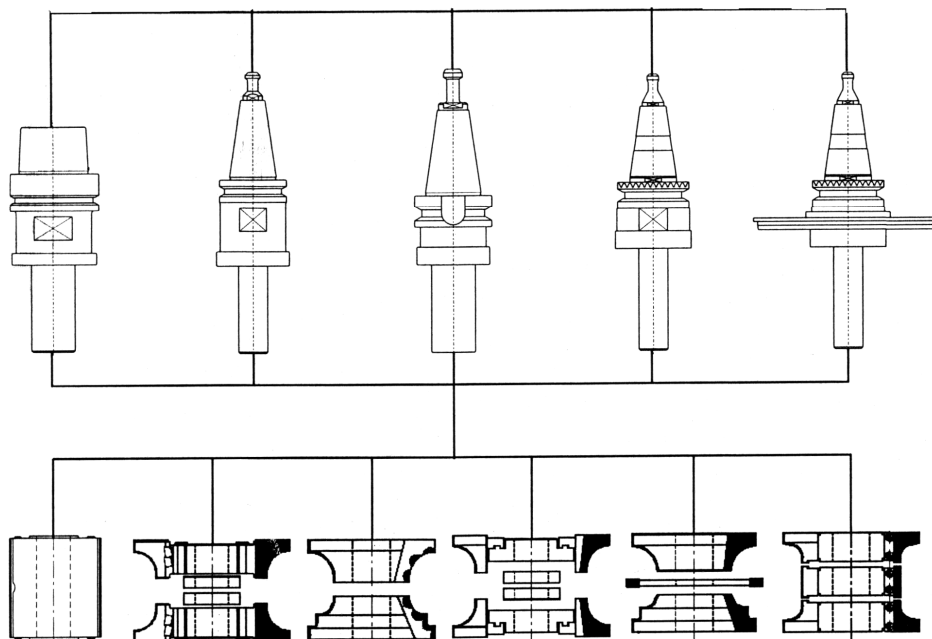
Szerszámok

A CNC felsőmarógépek szerszámai ma már valamennyi szerszámkatalógusban elkülönített fejezetben szerepelnek, ami rangot jelent. Jelen helyen mindössze annyit érdemes megemlíteni

(mivel a szerszámok külön kerülnek tárgyalásra), hogy nagy teljesítményű magas fordulatszámú sokszor könnyűfémtestű szerszámok kerülnek felhasználásra (200 mm átmérőnél is megengedett a 11000 ford/perc). Élményük a technológiától megmunkálható anyagtól függően gyorsacéltól a keményfémlapokán keresztül a gyémántéjú szerszámokig terjed. A 8.24. és 8. 25. ábra mindössze a szerszámbejegyző feje és főbb szerszám geometriákra utal.



24. ábra CNC vezérlésű felsőmarógép szerszámok



25. ábra CNC vezérlésű felsőmarógép szerszámok

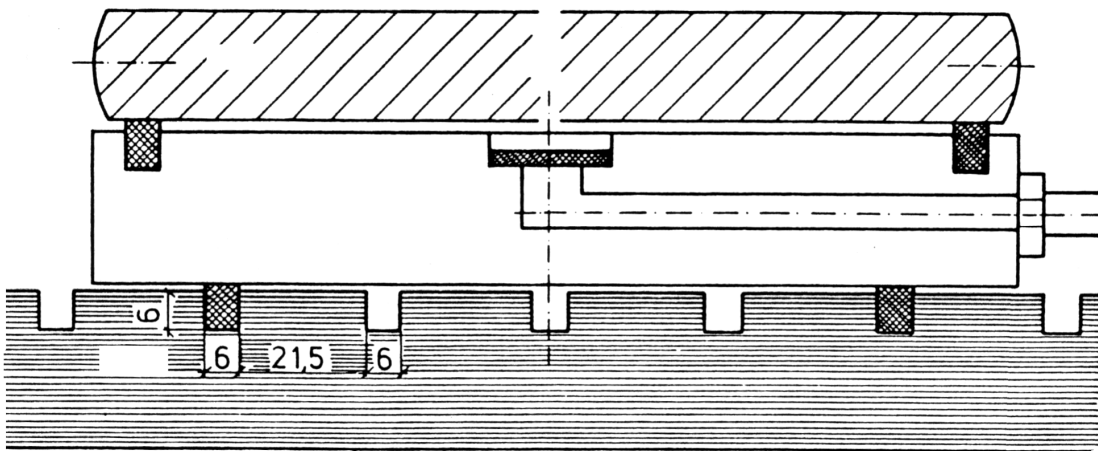
Munkadarab rögzítés

A CNC megmunkáló központok munkadarab rögzítése a munkadarab geometriájától és gyártástechnológiájától függ. Ennek megfelelően:

- a munkadarab síkban lefogható, vákuumrögzítést alkalmaznak
- a munkadarab térgörbe: – ellenprofilba fogják be vákuummal;
– szorítópofákba esetleg tokmánpárba fogják.

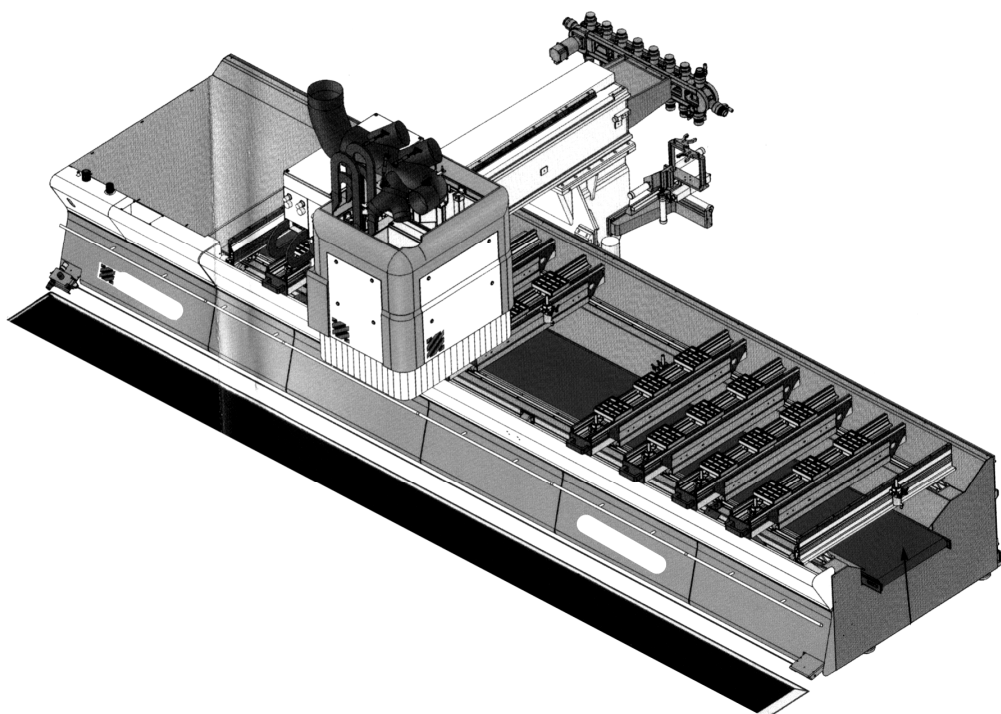
A sűrített levegős megfogás szorítással ritkább, illetve a csavarral történő rögzítés is.

A vákuumbefogásnál a legrégebbi megoldás az ún. raszterasztal amikor az egész asztallap tömör rétegeltlemez lap és négyzetrácsos horonymarást kap. A vákuumterületet gumitömítéssel kell körbekeríteni. A munkadarab teljes keresztmetszetű profilmarása esetében két vákuumkört kell használni és formára mart alátétlapot (lásd 8.26. ábra). A két vákuumkör közül egyik az alátétlapot, a másik a munkadarabot fogja le.



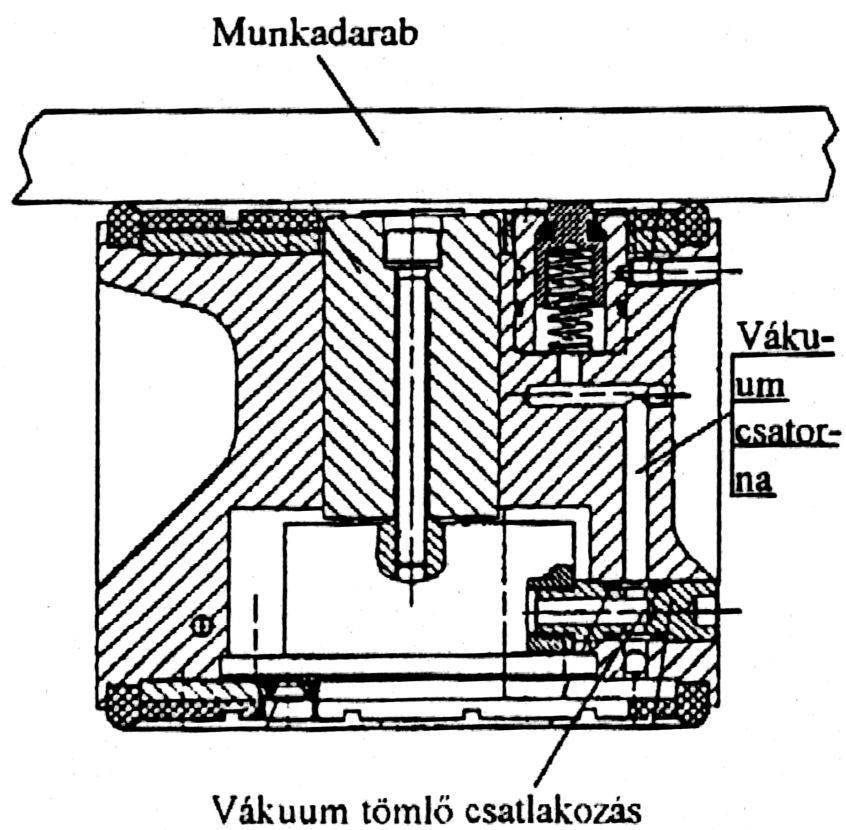
26. ábra Vákuum raszterasztal formára mart alátétlappal

A második vákuumlefogás típus, amikor nem tömör asztalt alkalmaznak hanem ahogy ezt a 8.27. ábra mutatja hosszvezetéken eltolható szánokat, amelyeken négyszög formájú papucskok állíthatók még tetszőlegesen kereszt irányba. Az ábrán kivehető a gép hátuljára konzolosan felszerelt láncos szerszám és adapter magazin.



27. ábra Állítható papucsos vákuumlefogó asztal

A harmadik lefogási módozatban teljesen sík acél vagy rétegeltlemez asztalon történik a munkadarab rögzítése, mégpedig kettős papucssal, amely alul és felül vákuumot tud képezni, lásd 8.28. ábra. A papucskok teljesen szabadon helyezhetők el, a nyers munkadarab pozícionálását asztalba süllyeszthető csapokkal kel elvégezni.



28. ábra Vákuumpapucs keresztmetszete

Por- forgácselszívás CNC vezérlésű megmunkáló központoknál

A gépcsalád legsebezhetőbb pontja az esetek legnagyobb részében a por- forgács eltávolítása. Sajnos a gépkonstruktőrök erre még nem találtak megfelelő megoldást. A fő probléma, hogy a magas szerszámfordulat miatt nagy vízszintes érintő irányú sebességet kapnak a leválasztott forgácsrészek, amit aztán függőleges irányba kellene eltéríteni, hogy azt a motort körülölelő csonkon keresztül el lehessen szívni. Ehhez a megmunkáló fej meglehetősen nagy környezetét le kell zárni flexibilisen, például kefesorral, fóliacsíkokkal. Az elszíváshoz nagy mennyiségű levegőre és légsebességre van szükség. A flexibilis lezárás miatt sok a veszteség, az asztalról sem szívható fel minden. A sokfajta szerszám és adapter mind egyedi elszívófej formát igényelne, (a faipari alapgépeknél is géptípusonként más az elszívófej) ez azonban nem valósítható meg. Munkadarabra teljesen rásimuló flexibilis fej sem igazi megoldás az elakadás miatt. Pillanatnyilag a legkedvezőbb megoldás, ha a nagyobb légmennyiség és légsebesség biztosítására a megmunkáló központ egy saját transzportventillátort kap, és ez dolgozik rá a központi hálózatra, vagy önállóan üzemel, így a nagy hálózat kapacitását nem kell túlméretezni.

CNC megmunkáló központok elektromos, logikai és számjegy vezérlési felépítése, szabadsági fokok

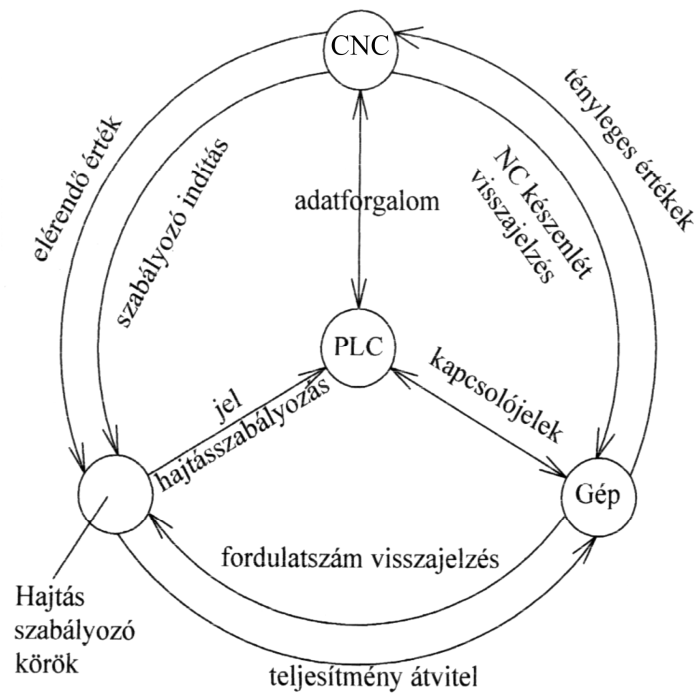
Általános vezérlési elvek

A megmunkáló központok automatizálásának az alábbi céljai lehetnek:

- gyors, az emberi reakcióidőnél gyorsabb beavatkozást igénylő folyamatok automatikus irányítása;
- bonyolult, nehezen átlátható rendszerek irányítása;
- egyszerűbb folyamatokból a tévedés kizárása, a minőség biztosítása.

A 8.29. ábra egy, CNC vezérlésű gép működési sémáját mutatja be, melynek egységei:

- a CNC vezérlés mint a legfontosabb egység;
- a PLC mint illesztővezérlés;
- hajtás szabályozó körök mint áramerősítők és szabályozók az előtolómotorokhoz;
- vezérelt elemek a gépen, mint előtoló motorok, marótengelyek, mágnesszelepek, végállás kapcsolók stb.



29. ábra CNC vezérlésű gép működési sémája

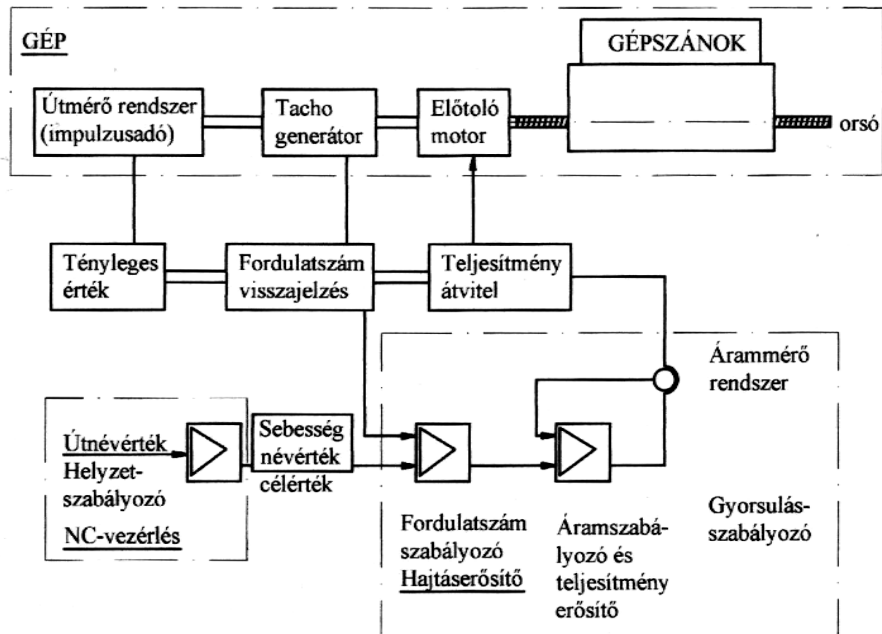
A gép hajtásának vezérlésében 3 szabályozókör fonódik egymásba:

1. Áramszabályozó kör
2. Fordulatszabályozó kör
3. Hajtásszabályozó kör

Hajtásszabályozó körök

A szabályozás az irányításnak az a válfaja, amelyben a rendelkezés és a beavatkozás a szabályozott (irányítani kívánt) jellemző tényleges és kívánt értékeinek eltérése alapján és az eltéréstől függő értelemben jön létre és hatására az eltérés csökken.

A hajtásszabályozónak az előtolómotort, mely az állítóorsót forgatja, kell a megfelelő árammal ellátnia. Az áramszabályozó ill. teljesítmény erősítő kimenetére helyezett árammérő rendszere akadályozza meg az előtolómotor túlterhelését. Az áramszabályozókör a fordulatszám-szabályozókör része. A fordulatszám-szabályozókörben a sebesség névértékével adják meg a célértéket (lásd 8.30. ábra), ami a szánmozgások legfontosabb jellemzője.

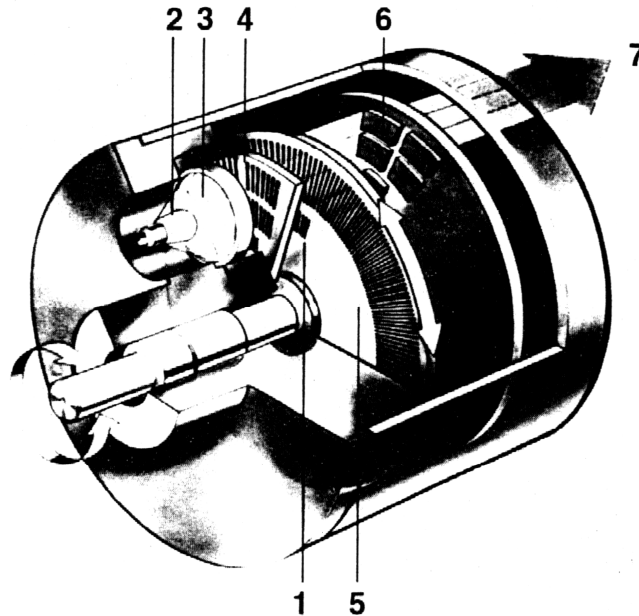


30. ábra A hajtás szabályozó áramköre

A sebességeltéréseket az előtolómotorba épített tachométer érzékeli. A fordulatszám szabályozásnak az a feladata, hogy a megadott sebesség névleges értékének megfelelő fordulatszámot a tényleges fordulatszám a lehető leggyorsabban elérje, és azt a lehető legjobban megközelítse. Ez a gyakran fellépő terhelésváltozások miatt is fontos.

A helyzet-szabályozó körök működésének pontossága – ennek megfelelően pl. a munkadarabok mérete – közvetlenül a szabályozóágban lévő helyzetmérő rendszertől függ.

Az útmérő berendezés feladata, hogy a tényleges elmozdulás értékéről nyújtson információt a helyzet-szabályozó körnek. Kétféle mérési rendszer áll rendelkezésre, a direkt (közvetlen) illetve az indirekt (közvetett) mérési eljárás. A direkt rendszerrel léptéket (pl. üvegléptéket) helyeznek el optikai leolvasó egységgel közvetlenül a tengelyen. Ez nagy pontosságot eredményez, azonban nagyon drága és érzékeny a szennyeződésekre. A faiparban elegendő az indirekt rendszer pontossága. CNC gépeken nem alkalmazzák. Az indirekt mérőrendszernek nincsenek meg a fenti hátrányai. Minimális pontatlansága abból adódik, hogy nem közvetlenül a lineáris elmozdulást méri, hanem a forgó mozgást érzékeli, és ebből következtet a lineáris elmozdulásra. A mérőberendezést vagy az előtoló motor tengelyére vagy e tengely által hajtott golyós-menetes orsóra építik. A gépgyártók szinte kizárólagosan a digitális-növekmény rendszert alkalmazzák. Digitális jelnél a jeltartomány véges számú résztartományra osztható, ahol minden egyes tartomány önálló információt képvisel, de a tartományon belüli jel eltérésnek információ tartalma nincs. A növekményes a fenti jelölésben pedig azt jelenti, hogy a kis tartományokat a rendszer összeadja. A digitális-növekményes rendszer, amit impulzusadónak is neveznek fényjeleket alakít át elektromos jellé. Ez úgy történik, hogy egy fényforrás egy lencsén és az un. letapogató tárcsán keresztül fénycsíkokat bocsát ki. Ezeket a fénycsíkokat a tengellyel együtt forgó üvegtárcsa egyenletes csíkozata hol megszakítja, hol nem. Ezeket a fényimpulzusokat, egy fotóelemeket tartalmazó tárcsa elektromos impulzusokká alakítja. Az NC-vezérlés számlálja az impulzusok számát és megszorozza az egység hosszával, majd ez alapján történik a további állítás (lásd 8.31. ábra).



31. ábra Digitális inkrementális mérőegység

1. Referencia jelölés
2. Lámpa
3. Lencse
4. Letapogató
5. Üveglaposztással
6. Fotóelemek
7. Elektromos jelek (tényleges érték)

Interpolátorok

Az interpolátorok a CNC vezérlések legfontosabb egységei, alapjelző szervek, melyek valós időben generálják (számítják) a szerszámgepszanok számára az út ill. elfordulás aljeleket, biztosítva a hajtások közötti kívánt függvénykapcsolatot, szinkronizmust. Az interpolátor alapfeladatai:

- a megvalósítandó pályagörbe ($F(x,y,z)=0$) közbenső pontjainak számítása a programozó által megadott néhány bázispont alapján;
- az $F(x,y,z)=0$ implicit függvény felbontása idő paraméteres függvényekre a koordinátáknak (szánoknak) megfelelően;

$$x=f_x(t); \quad y=f_y(t); \quad z=f_z(t)$$

- a fenti feladatok valós idejű, gyors végrehajtása úgy, hogy a mozgás pálya menti sebességének abszolút értéke a megadott legyen:

$$|v| = \sqrt{x^2(t) + y^2(t) + z^2(t)}$$

Az interpolátorok a szinkronizált tengelyek számától függően lehetnek kéttengelyes, három ill. több tengelyes interpolátorok. A szinkronizált tengelyek haladó (transzlációs) vagy forgó (rotációs) mozgást végezhetnek.

A megvalósított függvénykapcsolat szerint beszélhetünk egyenes, kör, parabolikus interpolációról. Meg kell különböztetni azonban a hajtások tengelyei közti függvény kapcsolatot, a valós térben kialakuló pálya geometriájától (egy transzlációs és egy rotációs tengely közti lineáris interpoláció a valós térben, pl. nem egyenest, hanem archimédeszi spirált eredményez), ezért meg kell mindig mondani, hogy az adott interpoláció a hajtástengelyére vagy a valós tér koordinátáira vonatkozik.

Mivel az interpolátoroknak valós időben, nagy sebességgel kell működniük, ezért feladatukat cél hardverrel vagy dedikált processzorral oldják meg.

NC és CNC vezérlések

Az NC és CNC gépek bemenő információjukat az alkatrészprogramból nyerik. Az alkatrészprogram alfanumerikus karakterekből áll, kötött szintaxissal rendelkeznek, és tartalmazza a szerszám pályák leírásához szükséges geometriai adatokat, információkat, az előtolási sebességeket és fordulatszámokat, szerszámváltásokat valamint a mozgások sorrendjét, tehát az alkatrész megmunkálási folyamatának leírását. A program önállóan értelmezhető információs egységekből épül fel, melyeket a vezérlés értelmez és a felírás sorrendjében vagy valamilyen más programozott szabály alapján végrehajt. A vezérlések különböznek felépítésüket tekintve ugyan egymástól, de valamilyen szinten rendelkeznek az alábbi funkciókkal:

- a. Program beviteli és tárolási funkciók:
 - alfanumerikus vagy grafikus;
 - közvetlen adatbevitel számítógépről vagy hálózatról.
- b. Programértelmezési, feldolgozási funkció
A vezérlés intelligenciájától függően az utasítások lehetnek:
 - egyszerű szánmozgatási és szerszámcsereparancsok, pályagenerálás;
 - megmunkálási ciklusokat és alprogramokat kezelő parancsok;
 - szerszám leíró parancsok;
 - mérési utasítások.
- c. Engedélyeztetési és felügyeleti funkciók
A megmunkáló központ a bekapcsolástól kezdve állandó felügyelet alatt áll. A vezérlés figyeli a végálláskapcsolókat és a mozgásérzékelők jeleit stb. Meghibásodás vagy rendellenes működés esetén hibajelzést ad, esetleg vészleállítást hajt végre. A szánmozgatás, szerszámcsere, munkadarabcsere engedélyhez kötött. A megmunkáló központok biztonságának érdekében az engedélyezési funkció hierarchikusan minden más funkció fölé van rendelve.
- d. Alapjel generálása a szerszámgéphajtások részére
A szánok mozgathatóságához az idő függvényében változó alapjelekre van szükség, melyeket általában egy gyors működésű számító-berendezés állít elő (interpolátor). Az interpolátor biztosítja a szánok szinkron mozgását a programban előírt módon.

NC vezérlések típusai, szabadsági fokok

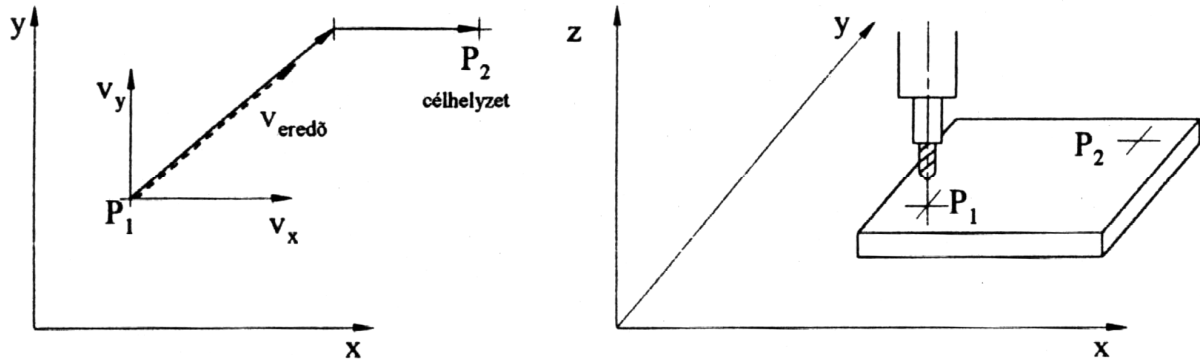
Az NC vezérlések felépítésük szerint két generációba sorolhatók:

- A legrégebbi generációjú hagyományos NC vezérlésekben az NC funkciókat logikai építőelemek összekapcsolásával oldják meg. A vezérlés tároló regiszterei funkcionálisan felosztottak és az információ feldolgozás párhuzamosan célegységekben folyik.
- A korszerű vezérlések felépítése hasonlít a számítógépek architektúrájára. Egy vagy több mikroprocesszort használnak, a processzorok vagy feladatokra dedikáltak vagy adott intelligenciájú rendszert alkotnak. A számítógépes architektúrájú rendszereket – megkülönböztetésül a hagyományos NC vezérlésektől – CNC vezérléseknek (Computer Numerical Control) nevezzük.

Az egyidejűleg vezérelt tengelyek számától ill. a szánmozgások módjától függően beszélhetünk pont-, szakasz-, és pályavezérlésű gépekről.

a. Pontvezérlés

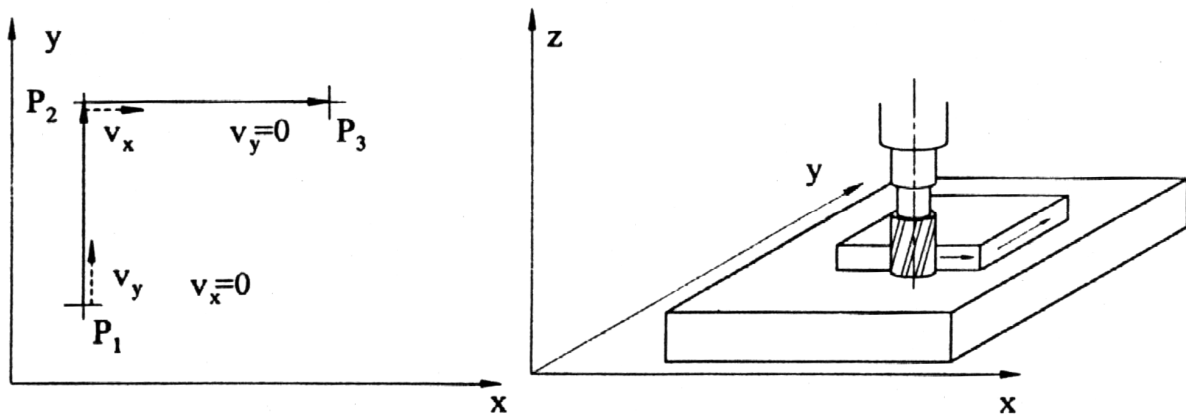
A pontvezérlés (8.32. ábra) esetén a szerszám vezérelt pontját a sík vagy tér előírt pontjára kell mozgatni. A szerszám a pontra állás közben nem végez megmunkálást, a mozgás sebessége általában gyorsmenet, ami kúszómenettel fejeződik be. Az egyenes irányokban végzett mozgások sebességei között nincs előírt kapcsolat. Pozicionálás után egy kitüntetett irányban történik a megmunkálás, pl. fúrás.



32. ábra Mozgások pontvezérlésnél

b. Szakaszvezérlés

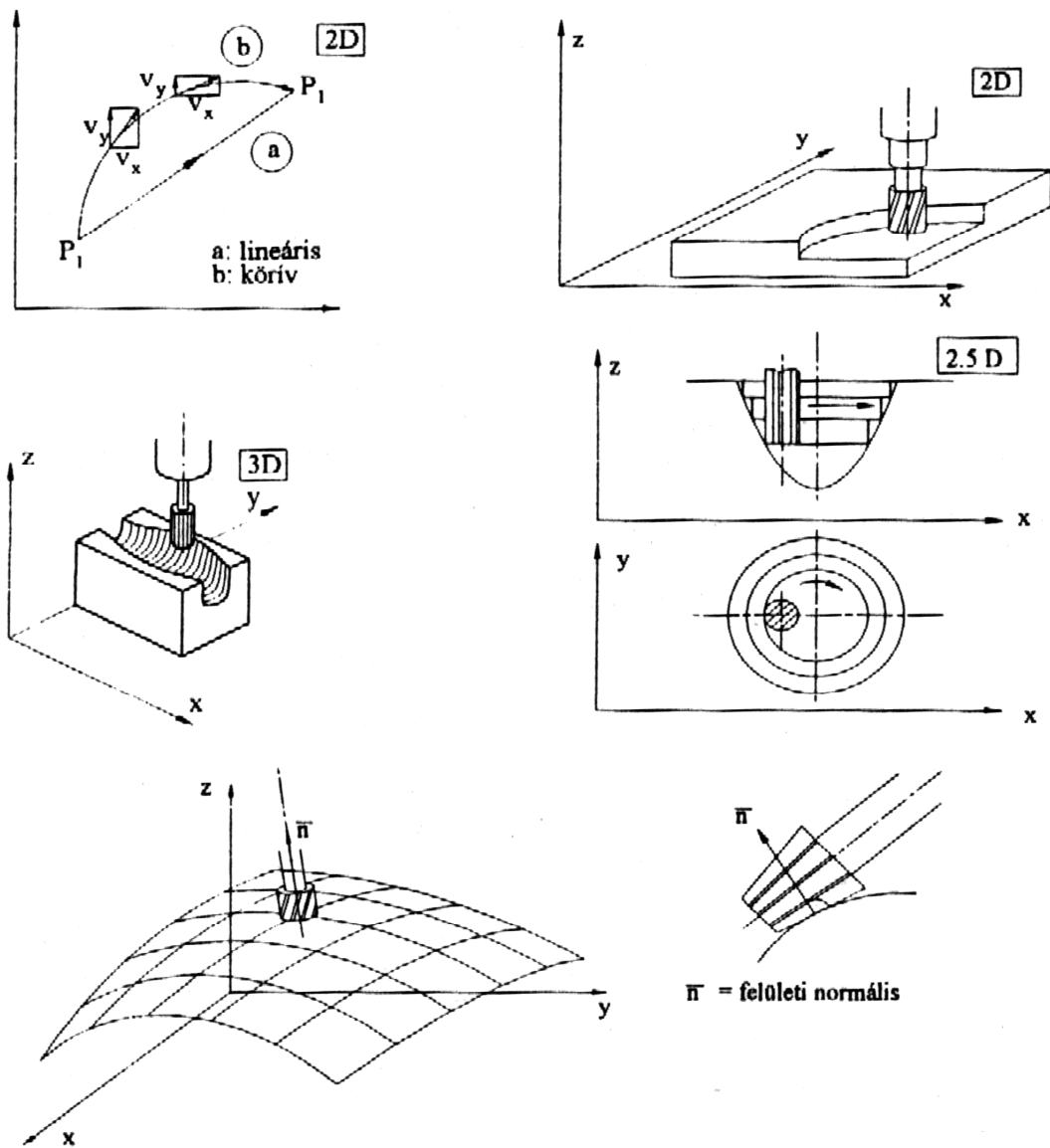
Szakaszvezérlésnél (8.33. ábra) a szerszám bármely kiválasztott koordináta tengellyel párhuzamos elmozdulás közben megmunkálást végezhet. Egy időben csak egy tengely mentén lehet forgácsolást végző elmozdulás. A tengelyek sebességei között nem írható elő függvénykapcsolat. Alkalmazási terület: egyszerű vállas, lépcsős munkadarabok megmunkálása.



33. ábra Mozgások szakaszvezérlésnél

c. Pályavezérlés

Pályavezérlésnél (8.34. ábra) a szerszám vezérelt pontja az előírt pályán mozog. A pálya sík vagy térgörbe is lehet. Az egyes koordinátatengelyek menti sebességek között különböző függvénykapcsolat valósítható meg az interpolátor segítségével. Ez általában a sebességállandóságot biztosítja.



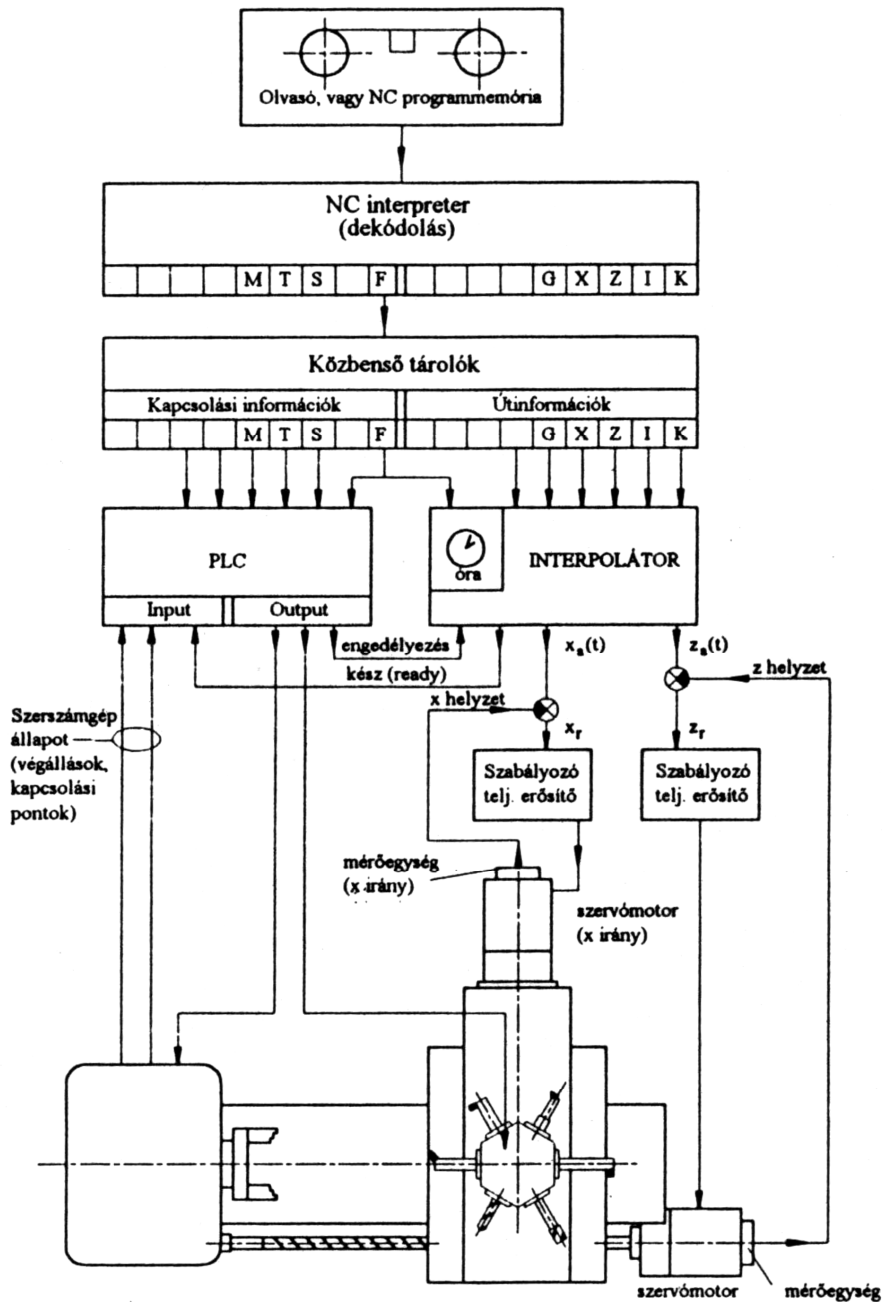
34. ábra Mozgások pályavezérlésnél

Az egyidejűleg vezérelhető tengelyek száma szerint megkülönböztetünk 2D, 3D, 4D, 5D vezérlést (D=Dimension). Ha az egyik tengely mentén a vezérlés nem tud a többi mozgással szinkron elmozdulást generálni a kérdéses tengely $\frac{1}{2}$ D-s (fél dimenziós). A 8.34. ábrán jól látható, hogy a 2D szabadságfokú gépeknél csak egy síkban lehet kör és egyenes interpolációt végrehajtani. A $2\frac{1}{2}$ D-s vezérlésnél „egyenes hátú” csavarvonal marható, tehát Z irányban nem lehet körinterpoláció csak egyenes. 3D szabadságfokú gép merev tengellyel bármilyen felületet bármilyen irányban megközelíthet körinterpolációval. A 4D-s vezérlés esetén a szerszámtengely egy tengely mentén már vezérelten dönthető, 5D-s esetben két tengely mentén, 6D-s esetben három tengely mentén dönthető, forgatható. 4D-6D esetben nemcsak a vezérlés válik bonyolulttá, hanem a gépészeti konstrukció és a programozás is. A 8.34. ábra legalsó rajza jól mutatja, hogy a vezérelt szerszámtengely 6D szabadságfoknál képes beállni bármilyen felület normálisaként. A gépkonstruktőrök azonban figyelembe véve, hogy túl bonyolódik a gépészeti szerkezet és a rendszer merevség jelentősen gyengül az 5D-s és 6D-s szabadságfokú gépeknél a szabadságfokot úgy is megosztják, hogy a megmunkálóasztal is végez translációs és rotációs mozgást. Az itt leírtak egy megmunkáló tengelyre vonatkoznak, e mellett a kiegészítő adapterek rendelkezhetnek hasonlóan korlátozottabb mértékű szabadságfokkal pl. körfűrész adapter. A

vezérlés szabadsági szintjét azonban a legmagasabb szabadságfokú tengely vezérlési képessége határozza meg.

A CNC vezérlések felépítése

A vezérlés bemenő és kimenő jelein keresztül tart kapcsolatot a gépkezelővel és a „munkadarabbal”. A vezérlés ember interfész a kijelző lámpák, képernyő, nyomógombok, klaviatúra, digitális szabályozó és kapcsolókonzol, a program beviteli oldalt a floppy lemezolvasó illetve a LAN csatlakozó jelenti. A vezérlés és a szerszám gép kapcsolatát, a vezérlés felépítését, működését részletesebben a 8.35. ábra mutatja.



35. ábra CNC megmunkáló központ sematikus ábrázolása

Az interpreter információs egységenként (NC mondat) dolgozza fel a programot. Ha a program címkódos szerkezetű- és itt ez áll fenn – akkor az értelmezés és az információ szétválasztása út és kapcsolási információkra viszonylag egyszerű. Más bemenő nyelvek esetében szükséges lehet egy belső gépi nyelvre történő fordítás is. A közbelső tárolókba töltött új információkat a vezérlés interpolátora használja alapjel generálásra. Általában lineáris és körinterpoláció programozható. A pályamenti sebességet az interpolátor órájának sebessége határozza meg, ami szintén programozható. Az interpolátor működése engedélyhez kötött. Az interpolált szakasz végén az információkat az NC-be integrált PLC dolgozza fel és küldi a megmunkáló központ felé. Egyidejűleg ez a PLC felügyeli a bemenetére érkező jelek alapján a szerszámgép zavartalan működését is.

Érdekes még a legújabb DNC rendszerről is megemlékezni (Direct Numerical Control) amely olyan irányítási struktúra, amelyben több NC gépet együttesen egy folyamatirányító számítógép lát el alkatrészprogramokkal. A DNC rendszerben használt vezérlések lehetnek:

- csak alapfunkciókat teljesítő leegyszerűsített NC vezérlések;
- DNC opcióval ellátott teljes értékű CNC vezérlések.

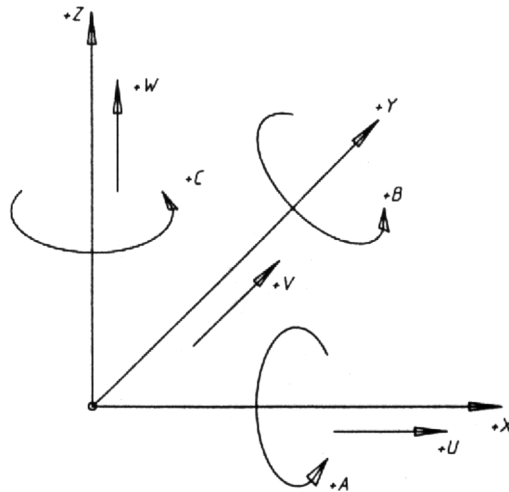
Az alkatrészprogramok a folyamatirányító számítógép külső memóriájában tárolódnak, amelyeket szükség esetén a megmunkáló központok hívnak le. A számítógép így átveszi az elosztóállomás és puffer tároló feladatait. A számítógépet folyamatirányítási célokra is használhatják és a munkadarab megmunkálása körül az anyagmozgatást is irányíthatja. A számítógép által vezérelt gépellenző, szerszámnyilvántartás járulékos előnyökkel jár a gyártási folyamat szervezésében, különösen a többgépes irányítás megvalósításakor.

CNC megmunkáló központok programozása

Hagyományos editáló rendszerű kézi programozás, a „G” nyelvű programozás

A számítógépekkel szemben a CNC vezérlések programozási nyelvezete több tíz év alatt meglehetősen egységesen fejlődött és alapjait még mindig a G-nyelvű programozási rendszer alkotja, természetesen kibővítve speciális parancsokkal, amelyek a G-nyelv segítségével már csak nehezkésen volnának kifejezhetők, vagy egyáltalán nem. Ezen legújabb bővített programnyelvek megismerése már igen mély programozási ismereteket igényel. A jelenleg működő gépek nagy részének programozási nyelve azonban még jól érthető. Érdekes tehát valamilyen szintig megismerni az alapnyelveket és a működési logikát. A CNC gépeknél a munkadarab méreteket, előtolási sebességet és a többi – megmunkáláshoz szükséges- adatot a programozásban betűkkel és számokkal írják le. A vezérlés az előtolóművek segítségével a programot átülteti a megfelelő gépmozgásokba.

Az NC gépen a munkadarabok és szerszámok mozgását pontosan le kell írni a programban. Ehhez szükséges, hogy háromdimenziós térben bármely pontot pontosan és egyértelműen le lehessen írni. Ez egy jobbra forgó (lásd 8.36. ábra), 3 tengelyű koordináta-rendszerben történik, mely a gép tengelyeihez van igazítva.



36. ábra Fő- és kiegészítő tengelyek

A programozásnál mindig azt feltételezik, hogy a munkadarab egy helyben marad, és a szerszám mozog a megmunkálás irányába. Van olyan eset, amelynél a 3-tengelyű NC-gépre további lineáris tengelyeket szerelnek a forgó és eltolómozgások végrehajtására. A 8.36. ábrán azok a lineáris tengelyek, melyek a fő tengelyekkel – X, Y és Z – párhuzamosan vagy hasonló irányba mutatnak, U, V és W-vel vannak jelölve.

AZ X, Y és Z tengelyekkel párhuzamos tengelyű forgótengelyeket A, B és C-vel jelöljük.

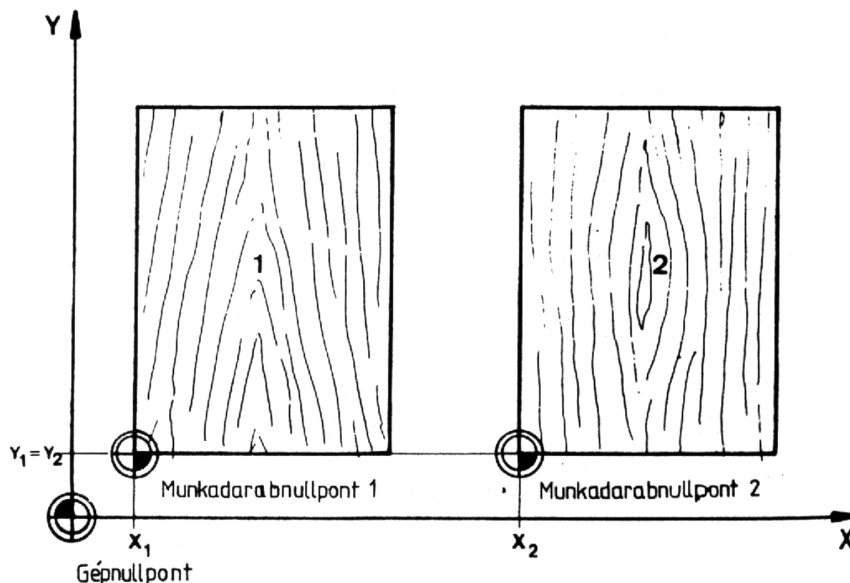
Vonatkoztatási pontok a gép nullpontja, a hivatkozási pont és a munkadarab nullpontja.

A gép nullpontját a gépgyártó határozza meg, a gép koordináta-rendszerének és az összes vonatkoztatási pontnak a kezdőpontja.

A hivatkozási pont az a gépgyártó által meghatározott pont, amelyet a vezérlés bekapcsolásával a mérőrendszer szabályozásához lefuttatnak. Normál esetben az X és Y tengely gép nullpontja a hivatkozási ponttal megegyezik és a Z-tengely pozitív végénél található.

A munkadarabok nullpontját a programozó választhatja meg és úgy szokták megválasztani, hogy a méreteket a programjavaslatból a programozásba lehetőleg átszámítás nélkül át lehessen írni. Nem kötelező alkalmazni, de a programozást megkönnyíti.

Több munkadarab nullpontot is lehet alkalmazni (8.37. ábra), ha több munkadarab-leszorító hely van a gépen, például váltakozó adagolásnál.



37. ábra Váltakozó adagolásnál a munkadarab nullpontok

A programozás előtt definiálni kell a munkadarab alakját, a megválasztott méretező rendszer szerinti munkadarab méreteket, a kezdőhelyet, a megmunkálás lefolyását és a munkadarabok nullpontját/nullpontjait.

Közvetlenül a gépnél például a következő programozási lehetőségek adódnak:

- A programot közvetlenül a vezérlés programtárolójába adják be. Egyes esetekben a vezérlés megengedi a program beírását a megmunkálással egy időben.
- Bonyolult munkadaraboknál megfelelő berendezésekkel, a vezérléssel elő lehet állítani. Egyes kontúrponthoz megadnak és a billentyűzet segítségével megadják, hogy milyen módon kell összekötni a pontokat.
- A szabványos (géptípustól független) NC-file felépítése.

Független számítógépen történő programozásra a következő lehetőség áll rendelkezésre:

- Minden segédberendezés nélkül megírják a programot, és egy adathordozóra felviszik vagy közvetlenül beadják a vezérlés programtárolójába, LAN hálózaton keresztül.

Minden program tetszőleges számú mondatból (sorból) és minden mondat sokféle szóból áll össze. A mondatban az előtölésán geometriai adatai és/vagy más információk állhatnak. A geometriai adatok egy mondatban mindig csak egy pályaszakaszt írhatnak le, amely lehet egyenes vagy görbe, melynek tetszőleges, de állandó a sugara. A körív – a mozgás iránya szerint – lehet jobbra vagy balra forgó. Bármely pálya leírható az egyenes, jobb körív és bal körív kombinációival. Az első sor előtt a program kezdetét és az utolsó sor után a program végét megjelölik.

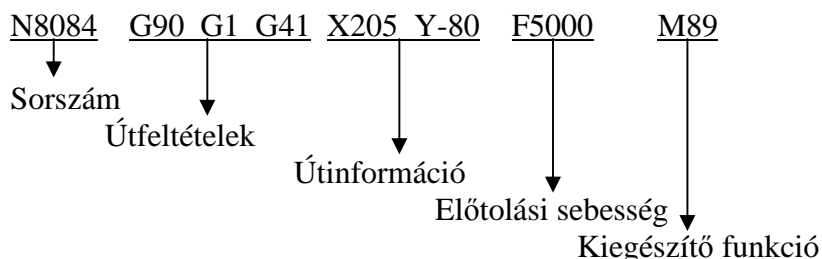
A szavak, mondatelemek mindig címbetűkből és számjegyekből tevődnek össze. A szavak hosszúsága különböző és csak azt kell leírni, amelynek van tényleges információtartalma.

A különböző szavak funkciói és jelentései a programkulcsban találhatóak meg. Itt néhány fontosabb kerül említésre.

cím/rendelkezés	Számjegyek	Funkció és jelentés
%	1-9999	Program száma és kezdete
N	1-9999	Mondat száma
/N	1-9999	Mondatszám, leválasztható mondat
G00		Gyorsjárat
G01		Egyenes-interpoláció
G02		Körinterpoláció, óramutató járásával megegyezik
G03		Körinterpoláció, óramutató járásával ellentétes
G17		Interpolációs-sík X-Y
G18		Interpolációs-sík X-Z
G19		Interpolációs-sík Y-Z
G40		Maró-sugárkorrektúra törlés
G41		Maró-sugár korrektúra balra
G42		Maró-sugár korrektúra jobbra
G43		Szerszámhossz korrektúra
G53		Nullpont eltolások törlése
G54		Nullpont eltolás
G55		Nullpont eltolás
G56		Nullpont eltolás
G57		Nullpont eltolás
G59		Programozható additív nullpont-eltolás
G60		Pontos megállás
G62		Csökkentett előtolósebesség
G64		Pályavezérlő üzemmód
G90		Abszolút koordináta-rendszer

G91		Relatív koordináta-rendszer
R		Paraméter
F	1-20000	Előtolás, mm/min
S	1-9999	Maróorsó fordulatszám
T	1-9999	Szerszámszám
L	001-899	Alprogram szám
M		Kiegészítő funkciók
M17		Alprogram vége
M30		Programvég
@00		Feltétel nélküli ugrás
@01		Feltételes ugrás egyenlő
@02		Feltételes ugrás nagyobb esetben
@03		Feltételes ugrás nagyobb vagy egyenlő esetben

Egy mondat több szóból, maximum 80 betűből áll. Egy munkalépés megtételéhez szükséges minden adatot tartalmazza. Például:



Egy sor (mondat) első szava a sorszám, kihagyható. A többi szó sorrendje nem kötött.

Néhány fontos fogalomra érdemes még kitérni, mint pályasebesség, sugárkorrekció és hosszkorrekció.

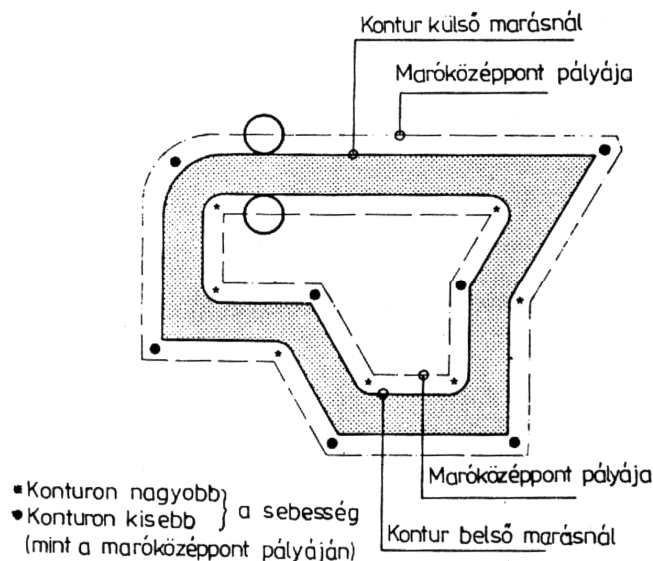
Pályasebesség: az egyenesek (G1) és görbék (G2,G3) programozása után a programkezdet után – legkésőbb abban a mondatban, ahol ezek az utasítások először szerepelnek – előtolási sebességet kell beprogramozni az F cím alatt, mm/perc (pályasebesség).

A programozott előtolási sebesség mindig a marás pályájára vonatkozik, sohasem az egyes tengelyekre. A csavarvonal-interpolációnál (2½D) a programozott sebesség a körpályára vonatkozik.

Az F programozó szónak nincs semmilyen hatása a gyorsjáratra (G0) és a köztes gyorsjáratok sem törlik.

Az előtolási sebesség a szerszám pályasebessége a munkadarabban. A pálya, melyre az előtolási sebesség vonatkozik, normál esetben a maró középponti pályája.

Sugárkorrekció: a gyakorlatban gyakran marórádiusz-korrekcióval dolgoznak. Ez azt jelenti, hogy vezérlés ismeri a marószerszám sugarát, és ezzel korrigálva végzi a szerszámpálya kiszámolását (8.38. ábra). (A programot mindig a szerszám középpontjára szerkeszti a tervező!)



38. ábra Szerszámkorrektúrák

Az ábrának megfelelően alkalmazhatunk külső kontúrmarást és belső zsebmarást.

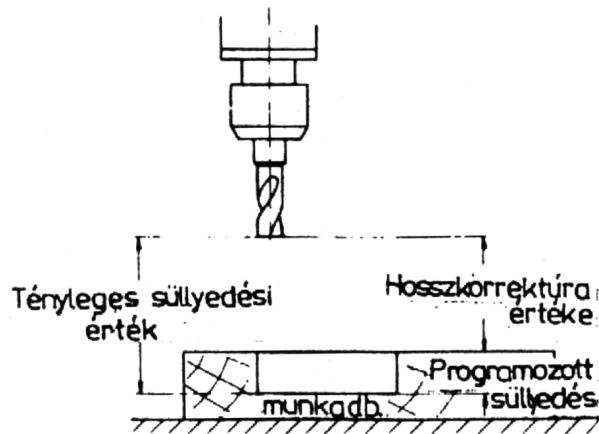
A rádiuszkorrektúra előnyei:

- A munkadarab kontúrját közvetlenül be lehet programozni – a szerszámközpont pályáját nem kell megszerkeszteni.
- Automatikusan kompenzálják a szerszámkopást. A kopás miatt kisebbedő szerszámsugár miatt nem kell új rajz és új program, mert a különbséget automatikusan kiegyenlíti (kompenzálja) a program.
- Automatikus szerszám-fogásvétel az elő- és készremarásnál. A vezérlés által figyelembe vett sugárértéket egy másik korrektúratároló előhívásával meg lehet változtatni.
- Elő lehet állítani kontúrhoz igazított vákuum-szívófejeket a változatlan munkadarab-program segítségével. Egy negatív korrektúraérték beadásával a szerszám-pálya a munkadarab kontúrján belül marással előállít egy vajat a tömítógumi részére.

A faanyagok megmunkálásánál a sarkok megmunkálása kedvezőtlen forgásiránynál a kiszakadás veszélyével jár. Ennek csökkentésére alkalmazzák a G62-es parancsot, amelynél csökken az előtolás sebessége a mondatvég előtt és a következő mondatban pedig felgyorsul a beprogramozott sebességre. A mondat feldolgozási sebességét a gép gyártója úgy állítja be, hogy a mondatvégnél (saroknál) normál esetben ne lépjen fel égés, vibráció.

Hossz korrekció: a lefelé irányuló mozgások programozásánál mindig tudni kell, hogy mekkora a munkadarab legfelső élének a távolsága a szerszám legalsó élétől, amikor az a legfelső nyugalmi helyzetében van. Ezt a hézagot a vezérlés automatikusan figyelembe veszi, ha:

- a programnál a hossz-korrektúrát megválasztjuk;
- és ezen rész hosszértéke a vezérlés egyik korrektúra-tárolójában megvan (8.39. ábra).



39. ábra Szerszám hosszkorrektúra

A szerszám hosszkorrektúrának a következők az előnyei:

- A programozásnál nem kell tudni a szerszám hosszát, és nem kell ismerni a szerszámbe fogó szerkezetet.
- A szerszámokat nem kell a programozásnak megfelelően beállítani.
- A többlépcsős mélységi megmunkálás automatikus szerszámbeállítását egyszerűen lehet megoldani. A korrekció vezérlés által figyelembe vett értéket meg lehet változtatni egy másik korrekciótároló előhívásával.
- Az automatikus szerszám-utánállítással az élettartam megnövekedik, például forgácslapok megmunkálásánál a gyorsabban elkopódó szerszámoknál – a kemény fedőrétegek zónájában – egy másik korrekciótároló előhívásával el lehet tolni.

Különleges esetek is előfordulnak a marási munkáknál, így:

A belső kontúrok marásánál és külső kontúrok homorú bemarásánál létrejöhetnek kontúrhibák, ha a maró nagyobb, mint a kimarandó alakzat. A kontúrhiba rossz szerszámválasztás, vagy rossz programérték beadása során jön létre.

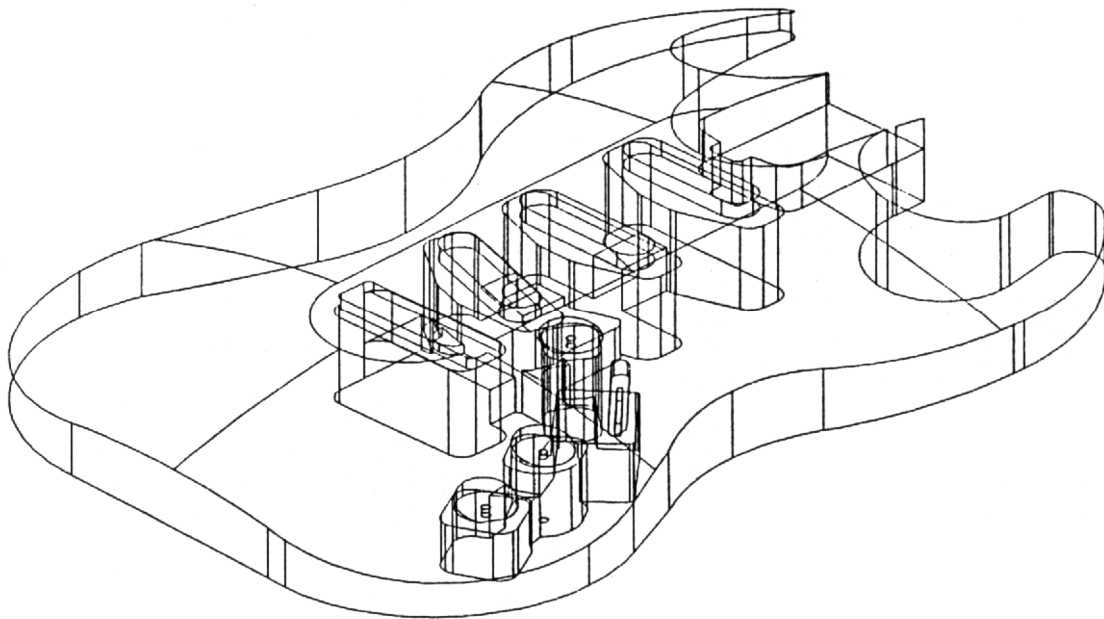
Programozás CAD-CAM programok alkalmazásával

Az előző fejezet programozási szintjéhez képest az utóbbi években jelentős fejlődés ment végbe a programozási nyelvek, valamint a munkadarab szerszám pályájának elkészítéséhez használt szoftverek terén. A manuális programozás megszűnőben van. A faiparban leggyakrabban előforduló munkadarabok megmunkálása szinte mind megoldhatók 2½D-s vezérléssel mivel szabad felületek (szobor felületek) megmunkálására ritkán kerül sor, mert a feladat elsősorba kontúr és zsebmarás, fúrás és fűrészelés. Az ilyen szintű vezérléseknél is már számítógépet integrálnak a CNC-be Windows operációs rendszerrel. Ezen fut egy kétdimenziós grafikus CAD-CAM program, amely különféle módozatban (táblázatosan, rajz jellegű) nagyon egyszerűen a nyelv ismerete nélkül lehetővé teszi a munkadarab rajzának elkészítését, így a marási kontúrt és a furathelyeket. Ezután a program szerszám pálya generáló része figyelembe véve a geometriát elkészíti az NC programot, amely minden megmunkáló fej számára megadja a beavatkozási időt, helyet és útvonalat stb.

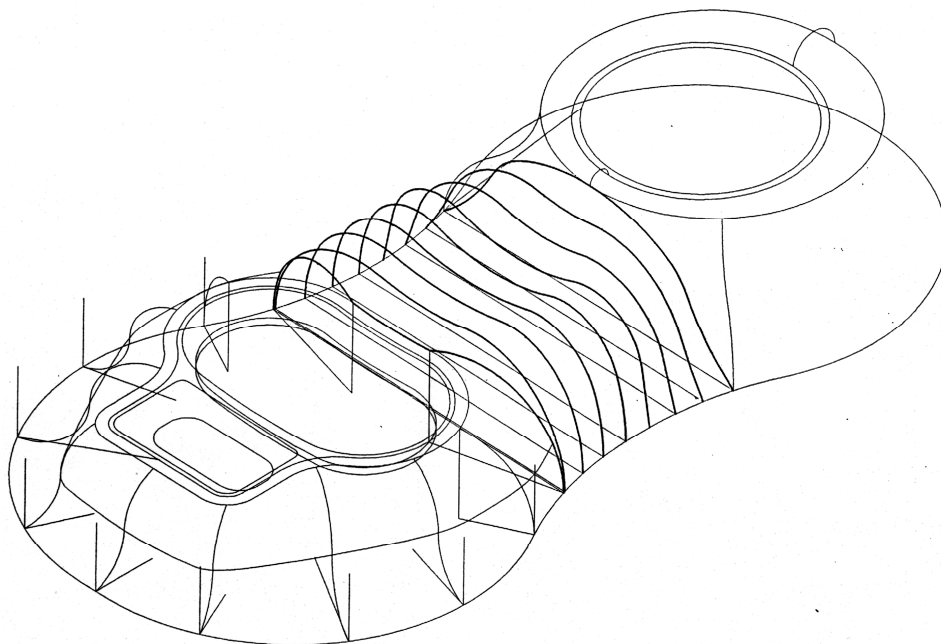
Megtörténik a postprocesszálás, amely a programban a szükséges szintaktikai átalakításokat végrehajtja és a program a vezérlés számára egyértelműen érthetővé válik. Mindig van azért lehetőség a program „editáló” megtekintésére azonban a számtalan új parancs és kód csak gyakorlott programozó számára érthető. Az új kódok, parancsok megjelenése a megmunkáló központok adaptereinek sokszínűségének, valamint ezen kiegészítő fejek mozgató feladatának megoldására születtek, pl. lapszabász körfűrészfej forgatása, fúrófejek döntése.

A hagyományos G nyelv alkalmazása nagyon bonyolítaná a programot és sok esetben nem is tudná lefedni a feladatokat, ennek ellenére számtalan utasítás megtalálható benne, ezért a G nyelvet fejlesztették tovább. A megoldandó feladatok kisebbik része igényel $2\frac{1}{2}D$ -nél magasabb szintű vezérlést és megmunkálást, tehát a translációs mozgások mellett rotációs mozgásokat is. Ilyen munkadarabok a bútort díszítő domború marások, székek és speciális termékek, mint pl. gitár.

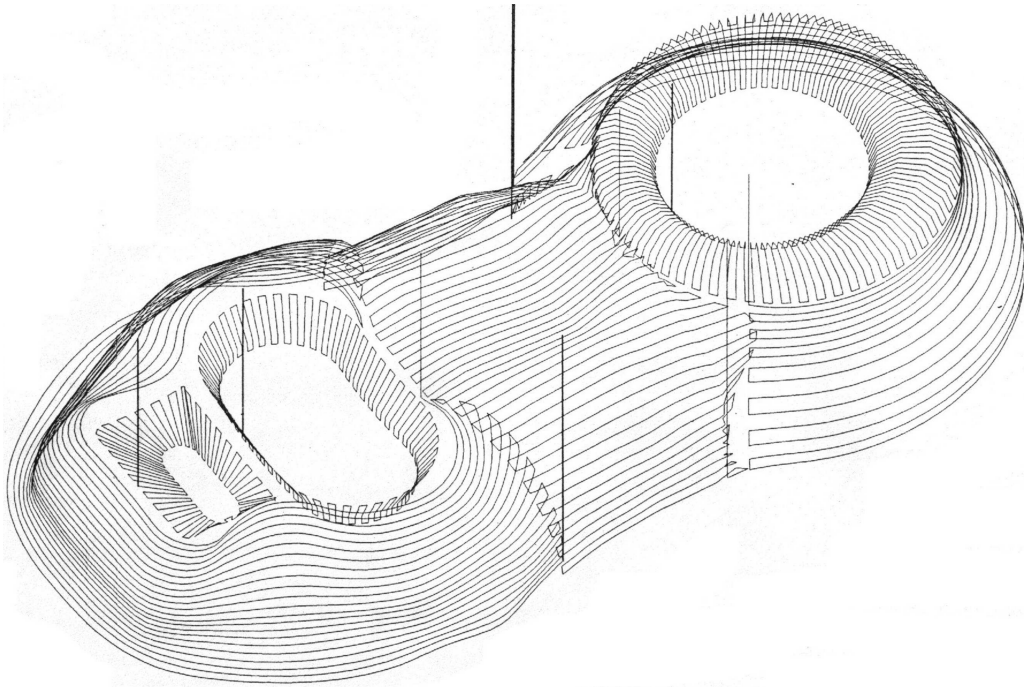
A munkadarab megrajzolása CAD programmal történik és ez már komoly ismereteket igényel. A feladat megoldását már nem is a gép számítógépén végzik, hanem külön CAD-CAM számítógépeken (lásd 8.40. ábra). A felületek generálása után következik a szerszámpályák illesztése, amely nem egyszerű és a program teljes ismeretét feltételezi, a sokfajta felületmarási lehetőség miatt. A 8.41. ábra egy óraszekrény rajzát mutatja, míg a 8.42. már a sikeresen illesztett sugárkorrekcióval felépített és számolt szerszámpályát.



40. ábra Gitártest 3D-s rajza



41. ábra Óraszekrény rajza



42. ábra Óraszekrény szerszámpályája

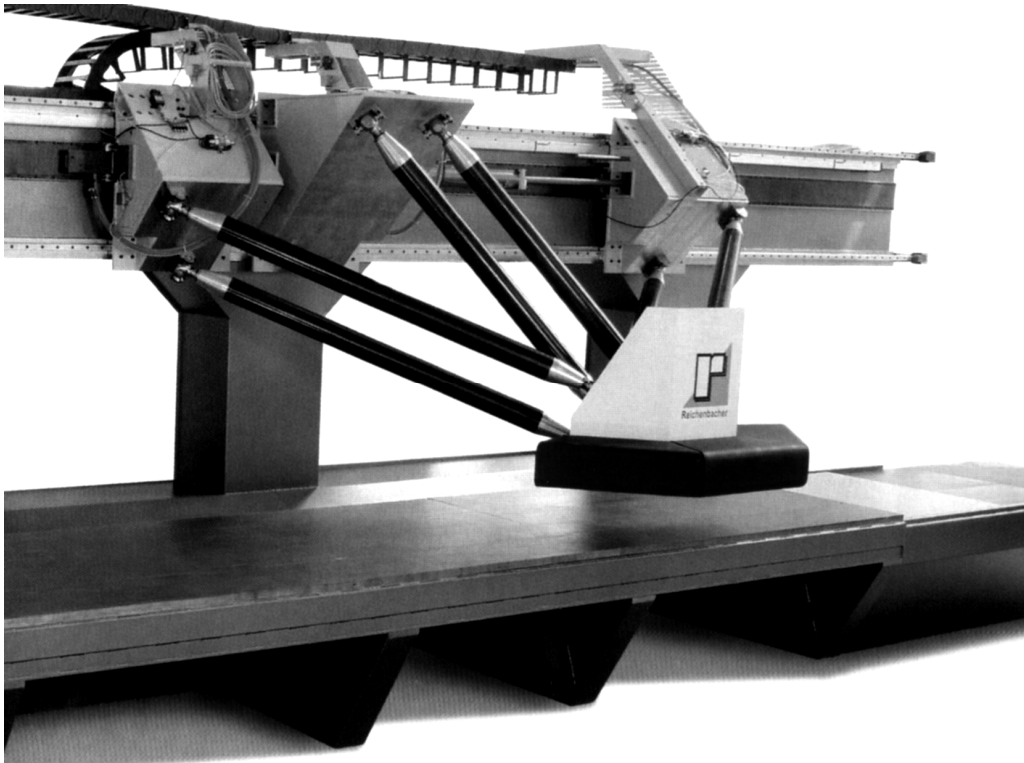
A fenti feladat jól láthatóan hagyományos módon nem oldható meg. A CAD-CAM programok CAM részében megtörténik a szerszám geometriai definiálása is és ennek függvényében a program elkészíti a szerszámpályát, kiszámolja a be és kilépési helyeket és jellegét. A nullponteltolás, hossz-, sugárkorrekciók, szerszámfajták mind megadásra kerülnek.

Végül egy posztprocesszási művelettel a szabványos NC-file-t a gép specifikus vezérléshez illeszti és kezdődhet a megmunkálás.

A CAD-CAM programok alkalmazása ma már külön szakma a sokrétősége miatt, bár szerencsére a különféle forgalmazott programok használata gyorsan megtanulható a gyakorlott felhasználó számára (Pro/ENGINEER, Ideas, Euclid, Mastercam, Surfcam stb.). A 3D-6D-s gépek esetében a gépgyártó a gépnek megfelelő CAD-CAM programot együtt szállítja a felhasználónak, így a felhasználó megmenekül a programvezérléshez történő illesztésétől, ami szintén nagyon komoly feladat. Ennek ellenére bizonyos esetekben a felhasználó saját maga választ CAD-CAM programot és ennek posztprocesszorát írattatja meg egy CNC programozóval, ez egy hosszú és nehéz feladat. A fejlett CNC technológiákkal speciális feladatok megoldására is sor került, mint például digitális földrajzi térkép alapján domborzat marása, grafikák, tusrajzok scannelés alapján történő CAD-CAM programba vitele, két irányból fényképezett arc marása.

A CNC megmunkáló központok jövője

Az utóbbi évek fejlődése abba az irányba haladt, hogy a CNC vezérlésű marógépek adapter kiegészítésekkel megmunkáló központokká váltak. A fejlesztések továbbá a teljesítménynövelésre irányulnak tehát a nagyobb sebességű megmunkálás a cél. A hagyományos szerkezeti felépítéssel szemben, mint portális, konzolos gépek egészen új konstrukciók is megjelennek, mint a 8.43. ábrán látható különleges kialakítású CNC felsőmarógép. Újfajta megmunkálófej tartó rudazattal, új szánrendszerrel stb. (lásd 8.44. ábra).



43. ábra Pegasus

Érdeemes megemlíteni ennél a géptípusnál a 120 m/perc-es előtolási sebességet, a 10 m/s^2 -es gyorsulást. A fantasztikus paramétereket biztosító konstrukciót dinamikailag (FEM) végeelem módszerrel méretezték. A golyósorsó eltűnt és a három szánszerkezet mozgását mágneses elv alapján működő érintkezésmentes lineáris motorok végzik. A maróorsó 12kW teljesítményű motorral 40000 ford/perc-cel dolgozhat. A fentiek nagyon komoly változás irányába mutatnak a gépészet és elektronika területén.

Remélhetően a faiparban a piac és kereslet kikényszeríti a 3D-6D-s gépek alkalmazását a termékeken keresztül így a magas szintű CAD-CAM programok nagyobb számba jelennek meg és megkezdődik a faanyag díszítő marása is nagyobb mennyiségben, elindul az igaz, hogy drága de igényes bútorok gyártása.



44. ábra Szánszerkezetek a pegasusnál

Felhasznált irodalom

- | | |
|--------------------------------|--|
| Dr Horváth M., Dr Markos S.: | Számítógépek alkalmazása a gyakorlatban
LSI 1996 |
| Beyer P. H.: | Technologie von CNC-Holz bearbeitungsmaschinen
Cornelsen 1991 |
| Vörös N.: | CNC gép programozása MasterCAM programmal
1997 Konzulens: Dr. Csanády Etele |
| Salamon Z.: | BAZ Genius CNC megmunkáló központ vizsgálata
1997 Konzulens: Mednyánszky László |
| Gyártó cégek katalógusanyagai: | INA, HOMAG, BIESSE, BUSSELATO, SCM, CMS, IMA,
REICHENBACHER, MAKI, ZUCKERMANN |