



Budapesti Műszaki és  
Gazdaságtudományi Egyetem



Szent István Egyetem



Óbudai  
Egyetem



Typotex Kiadó



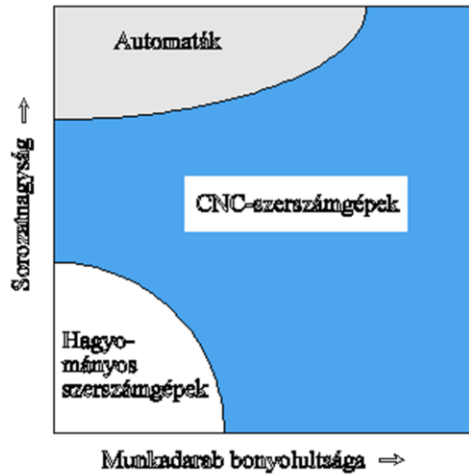
**TÁMOP-4.1.2-08/A/KMR-0029**

# CAM tankönyv

## 4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

Szerző: Hervay Péter  
[hervay.peter@bgk.uni-obuda.hu](mailto:hervay.peter@bgk.uni-obuda.hu)

# CNC gépek helye a termelésben



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

2

A CNC gépek a mai termelés minden formájában megtalálhatók. A klasszikus felfogás szerint a kis-sorozat gyártástól a tömeggyártásig alkalmazzák.

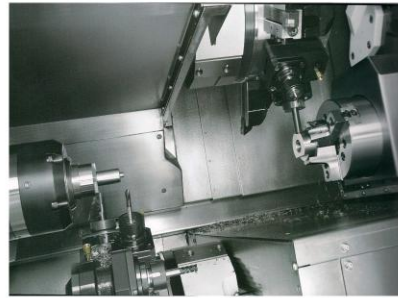
A meghatározás úgy finomodik, hogy az egyedi gyártásban a nagyon bonyolult munkadarabok készítésénél van szerepe, ilyenek pl. a műanyag fröccsöntő szerszámok, a kovács süllyesztékek, öntőformák, forgácsnélküli alakítások szerszámai. Az ilyen szerszámokban előforduló bonyolult alakzatok megmunkálása általában CAD rendszerben előállított modell alapján történik leggyakrabban megmunkáló központokon.

A tömeggyártás felé is van egy jellegzetes elmozdulás, egyre gyakrabban alkalmaznak a gyártók automaták helyett is CNC gépeket.

Az egyik megoldás, amikor a gyártmány megmunkálását felbontják elemi művelet egységekre, és egy-egy műveletelemet egy-egy CNC gépen hajtanak végre, a gépek között pedig transzfer soron mozgatják a munkadarabot az elkészültéig. A másik megoldás amikor a munkadarab egy gyártócellán vagy gyártócella sorokon készül, több művelet összevonásával. Mindkét megoldásnak megvan a gazdasági magyarázata.

A gyártócellákon belül, és azok között is gyakran használnak robotokat a munkadarab és/vagy a szerszámok mozgatására.

# CNC szerszámgép fő részei



Alapgép

Vezérlő



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

3

A CNC szerszámgép két fő egységből áll:

- az elektronikus irányítást fogadó alapgépből;
- elektronikus irányító berendezésből, amelyet vezérlésnek nevezünk.

A működéshez még segéd berendezések is szükségesek, a legfontosabbak ezek közül: erősáramú szekrény (tartalma az illesztővezérlés, működtetővezérlés, a pozicionáló hajtások villamos egységei), hidraulikus tápegység, hűtő berendezések.

Az alapgép a megvalósítandó technológia szerint lehet eszterga, fúrógép, marógép, köszörűgép, szikraforgácsológép, forgácsnélküli technológiák esetén kivágó (nibbelő) gép, élhajlító-, csőhajlító gép, stb. A nagyobb teljesítmény és gazdaságosabb üzemeltetés érdekében az egyes alap technológiákat össze is lehet vonni, akkor megmunkálóközpontról beszélünk. Az ábrán egy eszterga-központot látunk, amely az esztergályos műveletek mellett a revolverfejekbe befogható forgó szerszámokkal marási, fúrási, menetfúrási és egyéb műveleteket is végre tud hajtani. A művelet összevonás eredményeképpen egy gépen egy felfogásból elkészülhet a bonyolultabb munkadarab is.

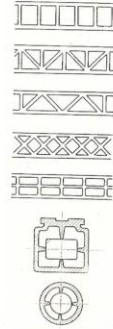
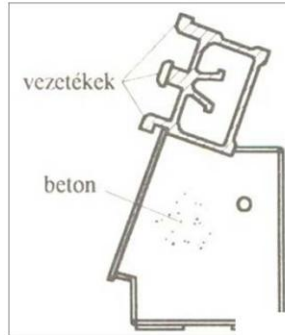
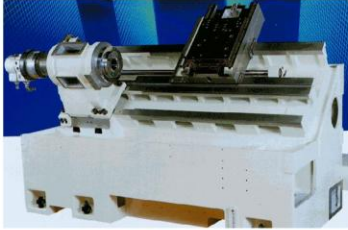
A vezérlések is sokfélék lehetnek. Mindegyike tartalmaz egy folyamatirányító számítógépet (CNC), amely az adat tárolás, végrehajtás mellett a megmunkáláshoz szükséges aritmetikai és logikai műveleteket is elvégzi. A vezérlések illeszkednek az alapgép által megvalósítható technológiához. A vezérlésgyártók univerzális jelleggel építik a vezérléseket, amit azután az alapgépre szerelést követően installálnak az adott szerszámgéphez. Úgynevezett PLC programok segítségével történik az illesztés, a kiadandó jelek és bejövő mérő, érzékelő jelek összehangolását kell elvégezni az installálásnál.

## Az alapgéppel szemben támasztott követelmények

- Nagy merevség
- Megfelelő szerkezeti kialakítás (pl. forgácseltávolítás biztosítása)
- Precíz vezetékek
- Szabályozott fő- és mellékajtások

# Az alapgéppel szemben támasztott követelmények

**Merevség biztosítása, szerkezeti kialakítás**



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése



5

A szerszámgépek ágya, állványa a gép szerkezeti elemeit fogja össze. A gépen keletkezett erők, nyomatok, dinamikus hatások, valamint a környezet hatásait hivatott kiegyenlíteni, ellensúlyozni.

A gépágyak, állványok külső felületén található a különböző vezetékek, amelyeknek a feladata a szerszám gép elmozduló elemeinek (szánoknak) a pontos vezetése. Az ágyak, állványok belső részeiben, üregeiben helyezkedik el a szerszám gép hajtóműve (hajtóművei), a villamos meghajtó motor, a hűtőrendszer, a vezérlő berendezés egyes elemei.

A gépágyak, állványok feladata még a megmunkáláskor keletkező erőhatások felvétele. A hajtóműben lévő fogaskerekek, szíjak működés közben rezgéseket gerjesztenek, amelyek a csatlakozó gépelemeken keresztül átadódnak a szerszámnak, és ezek a rezgések károsan befolyásolják a megmunkálás pontosságát, a szerszámok előírás szerinti működését. A rezgés jelenséget csökkentésében is kiemelt szerepük van az ágyak, állványok anyagának helyes megválasztásának, konstrukciós kialakításuknak.

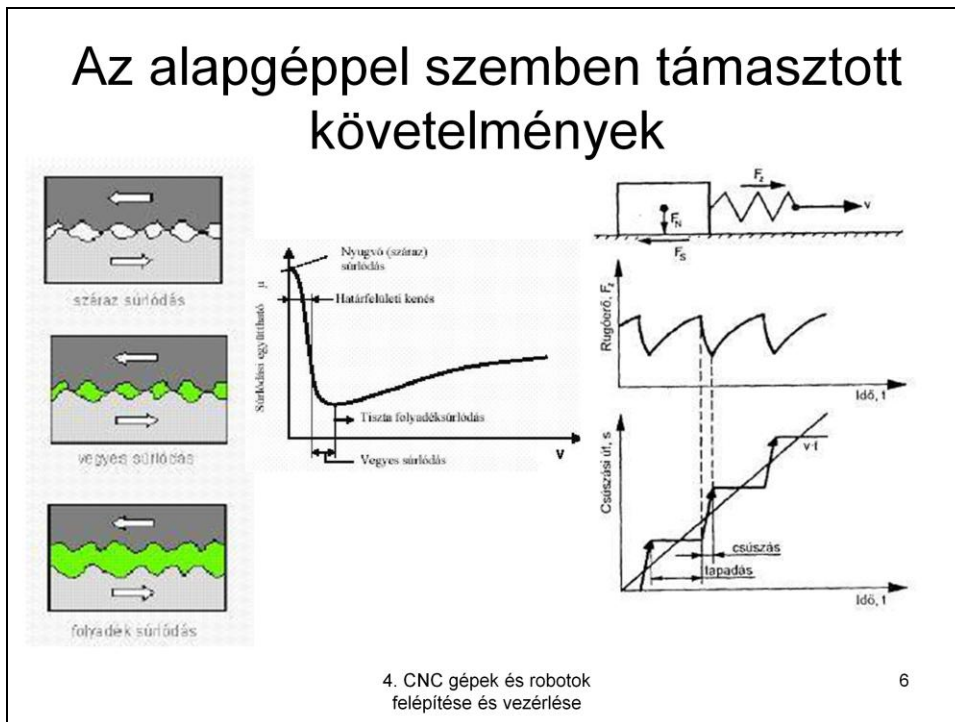
Az ágyak, állványok anyagát, szerkezetét tekintve lehetnek öntöttvas ágyak, állványok. Bonyolult alakok kialakítása lehetséges, jó rezgés csillapító hatású az öntöttvas.

Nagyobb méretű gépeknél, illetve az egyedi gyártású célgépeknél hegesztett kivitelben is készülhet az ágy, állványszerkezet. Precíz méretezése végeelem módszerrel történik, amikor is az építőelemek elemi geometriai formák, ezek modellezése jó eredményt ad.

A polimerbetonokból is készülhet ágyszerkezet. A polimerbeton szemcsés töltőanyag keveréke. Ez az anyag tulajdonságait tekintve valahol a beton és az öntöttvas között van. Ha a beton oldaláról vizsgáljuk, akkor annak minden tulajdonságát meghaladja. Ha az öntöttvassal hasonlítjuk össze, szilárdsági tulajdonságai kisebbek, de igen kedvező csillapítással bír.

A géptest rezgés csillapításának növelése a beépített tömeg növelésével is megoldható. Az öntöttvas gépágy belső üregeit gyorsan kötő betonnal töltik fel, ezzel növelve az ágy tömegét. A beton hőtágulása közel van a vashoz, így a megkötött beton szerves egységet képez az öntvényvel. Ára kedvezőbb mintha a vas anyag tömegének növelésével érnének el a rendszer sajátfrekvenciájának elhangolását.

# Az alapgéppel szemben támasztott követelmények



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

A csúszóvezetékeknel a legfontosabb működési követelmény a kenés biztosítása. Működés közben három különböző súrlódási állapotot lehet megkülönböztetni.

Száraz súrlódás esetén az elmozduló felületek között nincs kenőanyag (olaj), ilyenkor a felületi egyenetlenségek összekapaszkodnak, és a súrlódási tényező nagy. Vegyes súrlódás esetén az egyenetlenségek bemélyedéseiben már ott az olaj, és csak a kiemelkedések érintkeznek egymással. A súrlódási tényező kisebb. A tiszta folyadéksúrlódás esetén az elmozduló felületek között az olajfilm kialakul, és a gépelemek ezen az olajfilmen mozdulnak el. A súrlódási tényező ilyenkor a legkisebb. A kopási jelenségek is ennél az estnél a legkedvezőbbek. Törekedni kell, hogy az elmozduló gépelemek (vezetékek és szánok) ebben a súrlódási állapotban üzemeljenek.

Az egymáson elmozduló alkatrészek sebességétől is függ a súrlódási állapot. Stribeck diagramján látható, hogy a nyugvó állapothoz képest hogyan csökken a súrlódási tényező a sebesség függvényében addig, amíg kialakul a folyadéksúrlódási állapot, majd ezután a folyadék (olaj) belső ellenállása - viszkozitása miatt a sebesség növelésével a súrlódási tényező is növekszik.

Csúszóvezetékek esetében fellép az akadozó csúszás jelensége. A jelenség oka, hogy a  $\mu_s$  statikus súrlódási tényező és a  $\mu_k$  kinematikai súrlódási tényező közötti különbség. Létezik egy rendszertől függő határsebesség, amely felett a csúszás monotonná válik.

A nyugvó súrlódási tényező miatt a rendszerben lévő rugalmas elemekben energia halmozódik fel, amikor a vonó erő legyőzi a tapadás erőszükségletét, akkor a nyugvó súrlódási tényező lecsökken, a kisebb kinematikai súrlódási tényező miatt a rugalmas elemekben tárolt energia is felszabadul, a szám meglődül. Mivel a rugalmas energiatároló elemekben megszűnik a tárolt energia, a szám mozgási sebessége lecsökken, és letapad. A folyamat ismétlődik, lengés szerű lesz a szám mozgása. Ezt az akadozó csúszást nevezik idegen kifejezéssel "stick-slip"-nek. A jelenség a forgácsolás folyamatában a CNC gépeknél zavaró, amikor a szán célhelyzet közelébe érkezik, a vezérlés a normál sebességről átkapcsol "kúszó menetre", hogy a pontos pozíciót a szán feltudja venni. Ilyenkor lép fel általában az elégtelen kenés esetén az akadozó csúszás jelensége, ami a méretek pontos betartását nehezíti.

# Az alapgéppel szemben támasztott követelmények

## Gördülő vezetékek

### Előnyök:

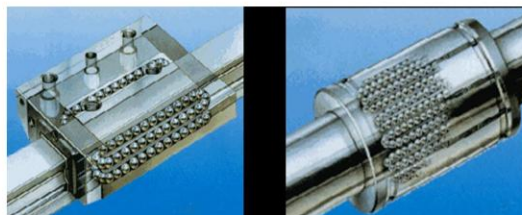
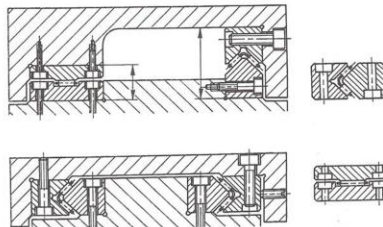
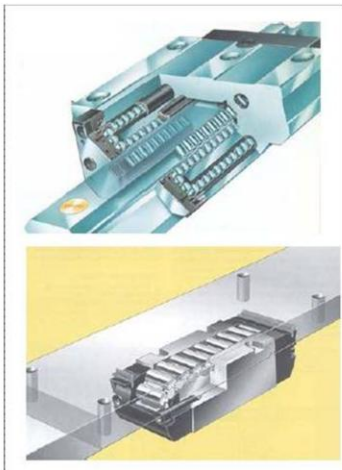
- játékmentes,
- előfeszíthető,
- nagy terheléseknél is pontos,
- kicsi a súrlódási tényező,
- kis hajtóteljesítmény-igénye van,
- kopásálló,
- könnyen szerelhető, cserélhető,
- kereskedelmi áru.

### Hátrányok:

- rezgés csillapító hatása kisebb,
- beépítésre kényes, precíz szerelést igényel
- drágább, mint a csúszóvezeték

# Az alapgéppel szemben támasztott követelmények

## Gördülő vezetékek



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

8

A korszerű, fokozott pontosságú CNC gépek esetében gyakran alkalmaznak gördülő vezetékeket. A gördülési ellenállás nagyságrenddel kisebb, mint csúszó ellenállás, ezért az előzőekben bemutatott akadozó csúszás jelensége nem lép fel ezeknél a vezetékeknél.

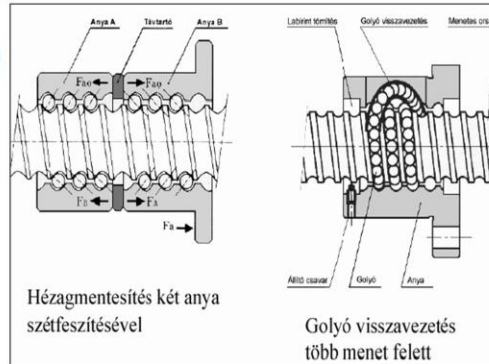
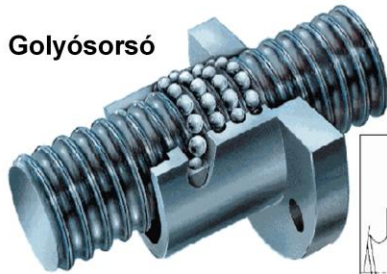
A gördülő kocsi - papucsot úgy alakítják ki, hogy a gördülő elemek önmagába visszatérő zárt pályán haladjanak.

A gördülő elemek lehetnek golyók, görgők vagy tűgörgők. A vezetékek minden esetben acélból készülnek, nagy keménységűre edzve ( $HRC = 6.106 \text{ N/m}^2$ ). Ez a pont vagy vonalszerű terhelésvétel miatt szükséges. A gördülő vezetékek tönkremenetele nagyon hasonló a gördülőcsapágyakéhoz, kipattogzás, hullámosodás. Méretezésük is a gördülőcsapágyak analógiájára, élettartamra történik.



# Az alapgéppel szemben támasztott követelmények

Golyósorsó



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

9

A golyósorsót a CNC gépek szánjainak mozgatására használjuk. Az orsó és az anya menetprofilja félkör, vagy csúcsíves kiképzésű. A kapcsolódó profilok közé gördülő elemeket (golyókat) helyezünk. Mint a gördülővezetékek esetében, itt is a gördülési súrlódási tényező kisebb mint a csúszó súrlódási tényező, kisebb nyomattal lehet az orsót forgatni.

Az elmozdulás során a golyók a golyópályából kigördülnek, ezért gondoskodni kell a visszavetéről. A visszavezetés lehet olyan mint a bal felső ábrán – több menet után történik a visszavezetés – vagy lehet olyan kialakítású az anya, hogy minden emelkedés után külön pályákon vezetik vissza a golyókat a kapcsolódásba.

A golyósorsók és golyósanyák gyártása precíz, köszörüléssel készül a menet. Gyártása után abemérik az orsó menetemelkedési hibáját, egy műbizonylaton azt a vevőnek átadják. A CNC szerszámgépbe való beépítéskor a vezérlőbe a hibát digitálisan rögzítik, és a szán elmozdulásakor a megtett úthoz hozzáadják vagy kivonják az orsó hibáját, tehát elektronikusan kompenzálják azt. A megoldással pontos szánmozgatás valósítható meg.

Az egyszerű orsó-anya kapcsolattal szemben a hajtás a kis ellenállás miatt nem önzáró. Ha két anyát alkalmazunk (jobb alsó ábra) akkor az anyákat elő lehet feszíteni, és így a kapcsolat hézagmentessé tehető.

A golyós orsó az anyával, a gördülő vezetékek egy speciális (mozgásátalakító) változata, előnyei, hátrányai megegyeznek azokéval.

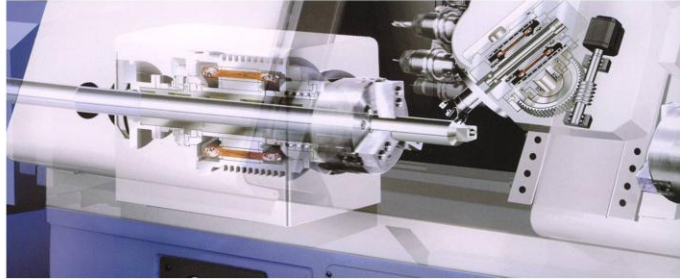
# A CNC szerszámgép fő- és mellékajtásai

## Főhajtás

Fokozatos hajtás

Fokozatnélküli hajtás:

- Egyenáramú motorral
- Frekvencia váltós aszinkron motorral



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

10

A CNC főhajtásoknál a fokozatos (általában elektromágneses tengelykapcsolóval szerelt) hajtóművek az évek során az új konstrukciókból eltűntek. Meg kell jegyezni, hogy egy-egy jól sikerült szerszámgép konstrukció az iparban még ma is megtalálható, üzemelnek ilyen hajtású gépek, de felújításkor hajtás cserével korszerűsítik ezeket.

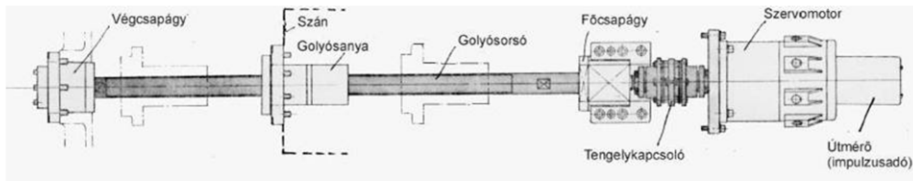
A fokozatnélküli főhajtásokban az egyenáramú hajtás sokáig egyed uralkodó volt, a vegyes (külső- és belsőgerjesztésű) egyenáramú motorokkal szerelt hajtások lehetőséget adnak a fokozatmentes fordulatszám szabályozásra. Mivel az egyenáramú motorok szabályozási tartománya kicsi, ezért mechanikus fogaskerekes előtét-hajtóművel kombinálva lehet a fordulatszámigényt kielégíteni egyenáramú hajtással.

A frekvencia váltós aszinkron hajtás elterjedését az elektronikai elemek árának zuhanása és a technológiai igény – a széles fordulatszám tartományban való alkalmazása – hívta életre. Az aszinkron motorok jelleggörbéje szerint a nyomaték a billenő nyomatéki pontig közel állandó a fordulatszám függvényében, és így alkalmas szerszámgépek hajtására.

A korszerű építési mód – mint az ábrán is látható – a motororsós megoldás. A szerszámgép főorsóját mint egy merev főorsót csapágyazzák a szokásos módon, de a két csapágyrendszer közötti részt mint az aszinkron motor forgórészét képezik ki, azaz rövidre zárt forgórész tekercseléssel látják el. Az orsóház, amely a csapágyazást befogadja egyúttal a motor állórésze is. A megoldás egy nagyon rugalmas hajtásrendszert eredményez, az 1 – 12 000 (24 000) ford/min fordulatszám tartomány megvalósítható a motororsós megoldással. Járulékos haszonként elmaradnak a hagyományos fogaskerekes, szíjas, tengelykapcsolós hajtáselemek. A korszerű CNC főhajtások alkalmasak a HSC forgácsolás végrehajtására is.

# A CNC szerszámgép fő- és mellékhajtásai

## Pozicionáló (mellék) hajtások



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

11

A pozicionáló hajtások elvi felépítése látható az ábrán.

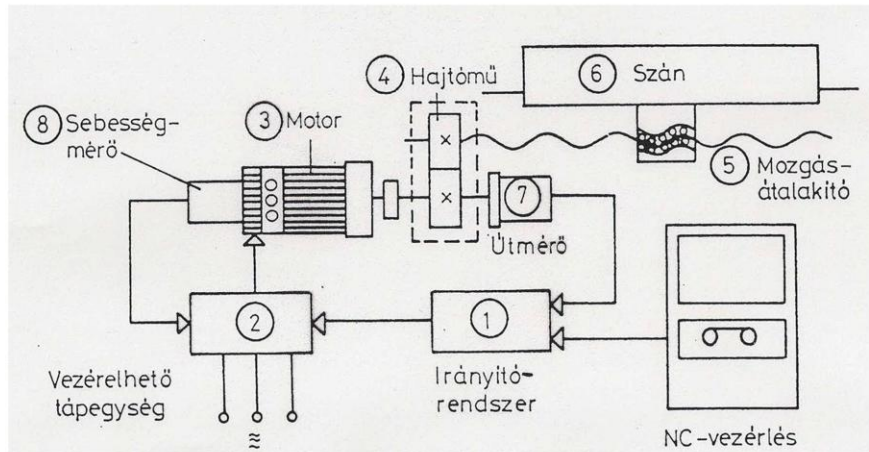
A mellékhajtás meghajtó motorja (szervomotor) tengelykapcsolón keresztül hajtja a golyósorsót.

A golyósorsó általános beépítése alapján a hajtás felől egy főcsapágó, a hajtástól távolabbi végén pedig végcsapágó elrendezéssel kerül beépítésre. A főcsapágó mereven fogja a golyósorsót, axiális elmozdulást nem enged. A végcsapágó a terhelésből adódó deformáció (kihajlás) okozta minimális elmozdulást, valamint a melegedés következtében fellépő dilatációt engedi meg.

A golyósorsóhoz kapcsolódó golyósanya alakítja át az orsó forgó mozgását a szán haladó mozgásává. Általában a szervomotor tengelyére szerelik fel az útmérőt, amelynek a feladata a szán elmozdulásának nyomon követése.

# A CNC szerszámgép fő- és mellék-hajtásai

## Pozicionáló (mellék) hajtások



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

12

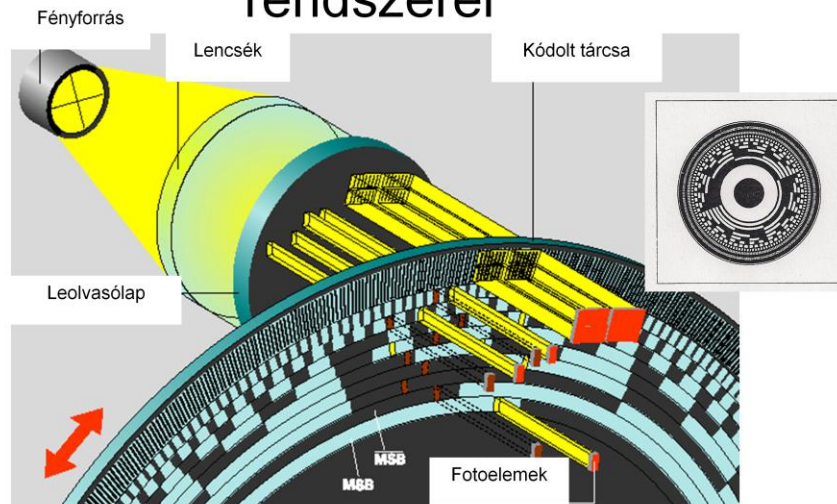
Az előző ábrán megismert pozicionáló hajtás mechanikai felépítése a következőképpen működik.

Az NC vezérlés az alakrészprogramban szereplő utasítás szerint kiadja az elmozdulásra a parancsot (pozicionálás). Az irányító rendszer (1) a parancs értéket összehasonlítja az útmérő jeleivel. A Vezérlő tápegység (2) a motor (3) működtetéséhez szükséges feszültség és frekvencia jeleket továbbítja a motorhoz. A motor tengelyén lévő (8) sebességmérő ellenőrzi a motor fordulatszámát. Konstruktciótól függően a (4) hajtóművön keresztül hajtja a motor a (6) szánt. A (7) útmérő, mint az előbbi ábrán is látható volt, a motor tengelyére van felszerelve. A szán mozgását a (5) mozgásátalakító valósítja meg.

Mint az ábrán is látható, két független szabályozó kört is tartalmaz ez az elrendezés, az egyik az útmérő szolgáltatja jeleket hasonlítja össze az irányító rendszeren keresztül az NC vezérlés szolgáltatja parancs jelle, a másik, szintén az NC vezérlő által kiadott előtoló sebességre vonatkozó parancs jelét hasonlítja össze a a motoron lévő sebességmérő (fordulatszám-mérő) jelével.

Az ábra egy helyzet és sebesség szabályozó körös pozicionáló hajtást mutat. Vannak ennél egyszerűbb, alárendelt helyen alkalmazható lekapcsolóköros, helyzetvezérlős és helyzet szabályozós pozicionáló hajtóművek is.

# A CNC szerszámgép útmérő rendszerei



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

13

Ahogy azt a pozícionáló hajtásoknál már bemutatásra került, a szánok által megtett elmozdulást a vezérlés által kiadott rendelkező jellel össze kell hasonlítani. A szánmozgás érzékelésére különböző típusú útmérőket használunk.

Az ábrán egy **digitális** (ez a működési elvére utaló jelző), **közvetett** (mert nem a szán elmozdulását érzékeli, hanem a motor fordulatainak számát, ami arányos a szán által megtett úttal), **abszolút** (mert az útmérőnek van kiindulási – nulla – pontja) útmérőt látunk.


Az útmérő alapja egy kódtárcsa, amelyen körkörösén jel csatornák helyezkednek el. A csatornák kívülről befelé rendre a kettes számrendszer szerinti jeleket tartalmazzák ( $2^0$ ,  $2^1$ ,  $2^2$ , ...  $2^n$ ).

Az ábrán a fehér foltok átengedik a fényt, üvegből van a tárcsa, a sötét foltok tükör felületek, visszaverik a fénysugarakat.

A megvilágító fényforrás egy optikai lencserendszeren halad át, amely párhuzamos, polarizált fény állít elő. A fénysugár útjában egy leolvasólap helyezkedik el, amelyiken minden csatornának megfelelően fényáteresztő maszkok találhatók a pontos kiolvasás érdekében. Az üvegtárcsa túlsó oldalán fényérzékeny fotoelemek találhatók, amelyek villamos jelet szolgáltatnak, ha a fénysugár útjában fényáteresztő rész kerül. A fotoelemek, szintén a kettes számrendszer hatványaiként vannak elhelyezve, így a sok érzékelő (fotoelem) közül azok szolgáltatnak jelet, amelyek éppen a tárcsa megfelelően kódolt elfordulásához tartoznak. A tárcsa egész és rész elfordulását összeszorozva a golyósorsó emelkedésével, kiadódik a szán kiindulási pontjához képest megtett elmozdulása.

A kis ábrán egy 1024 részre osztott kódolt, abszolút útmérő tárcsát lehet látni.

# CNC szerszámgép vezérlője



**A CNC vezérlő szolgáltatásai**

1. Nagyméretű áttekinthető monitor
2. Hang utasítás
3. QWERTY billentyűzet
4. Egér, egérpadd, joystick

4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

14

A korszerű CNC vezérlő kompakt kialakítású, a szerszámgép burkolatának szerves része, vagy külön konzolon a gépkezelő, programozó legkényelmesebb kezelési pozíciójába állítható. Sorozatban készül, és az adott szerszámgépre illesztő PLC programok segítségével éleszthető.

A kijelzője nagyméretű (legalább 15"-os) színes, kis energia fogyasztású LCD monitor. A nagy felületen az adott CNC üzemmódhoz tartozó lényeges és kiegészítő információk jelennek meg sokszor eltérő nagyságú és színű betűkkel, számokkal.

A monitor meghatározott területén a gép és a vezérlő állapotától függően vezérlő, figyelmeztető, vagy vész helyzetről szóló rövid információk jelennek meg. Van rá példa, hogy ezeket az üzeneteket egy szintetikus hang, angolul, vagy a kezelő által értett nyelven hangosan elmondja.

A számítástechnikában megszokott adatbeviteli billentyűzetet (QWERTY-t) alkalmaznak a könnyű kezelhetőség érdekében. Ahogy nőtt a vezérlések szolgáltatásainak száma, az elérhető menük, almenük bonyolultsága, úgy lett egyre több és több billentyű a vezérlő előlapján, egészen addig, míg az adatbeviteli billentyűzetet és az üzemmódokhoz kapcsolódóakat külön mezőbe szét nem választották.

Szintén a könnyű kezelhetőség érdekében a vezérlő billentyűzete kiegészül egérrel, érintős egérpaddal, vagy joystick-el.

# CNC szerszámgép vezérlője



**A CNC vezérlő szolgáltatásai**

- 5. Logikus, könnyen kezelhető kezelőelemek
- 6. Kiterjeszhető alkatrész memória (USB csatlakozás)

ISO/DIN szabványos programozási utasítás készlet

Programozást segítő rutinok, makrók, speciális programnyelvek

4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

15

A működtető kezelő szerveket, billentyűket, kapcsolókat logikusan, a tévedésmentes kezelhetőséget figyelembe véve tervezik meg. Az egyes funkciókhoz rendelt elemek, lehet nyomógombok, kapcsolók, tekerhető tárcsák.

A vezérlőkben kettős funkció található. Egyrészt a hagyományos adatfeldolgozó számítógépnek megfelelő, windows-os felületű PC, valamint a folyamatirányító számítógép funkcióit megvalósító CNC vezérlés. A PC adatátvitelre, hálózati csatlakozásra, fájlok rendezésére szolgál. Ezzel a funkcióval lehet kapcsolatot teremteni más számítástechnikai eszközzel, a folyamatokat felügyelő vezérlő DNC központi számítógéppel.

A CNC felület végzi az aktuális alkatrész legyártásának teljes folyamatát, a megmunkálás közbeni számítási, logikai feladatokat, adat elosztást, visszacsatolások feldolgozását, az illesztő vezérlő és kiegészítő berendezések működtetését.

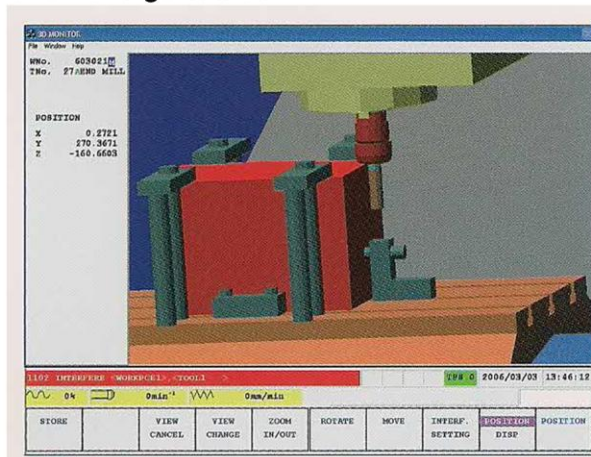
A CNC felületen a programozás történhet ISO/DIN szabványos utasításkészlettel. Annyi beépített ciklust és szolgáltatást tartalmaz a készletből, amennyivel a szerszámgépnek rendelkeznie kell a megvalósítandó technológia (esztergálás, marás, stb) megvalósításához. Opcióként kínálják a gyártók a bővítési lehetőségeket.

Gyakran a gyártók kiegészítő CAD/CAM jellegű szolgáltatásokat is beépítenek, mint például az NCT a DEAK, a MAZAK a MAZATROL, a HURCO a saját nevű programnyelvét, melyek grafikusan támogatják a programozás folyamatát, kellően feltöltött adatbázis esetén technológiai ajánlásokat is tesznek.

Az elkészült programok grafikus teszt üzemmódban megvizsgálhatók, szerszám pályákat, munkadarab modellt, a megmunkálás szimulációt szerszámokkal együtt.

# CNC szerszámgép vezérlője

## CNC vezérlők szolgáltatásai



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

16

Az elkészült programok grafikus teszttel üzem módban megvizsgálhatók, szerszám pályákat, munkadarab modellt, a megmunkálás szimulációt szerszámokkal együtt.

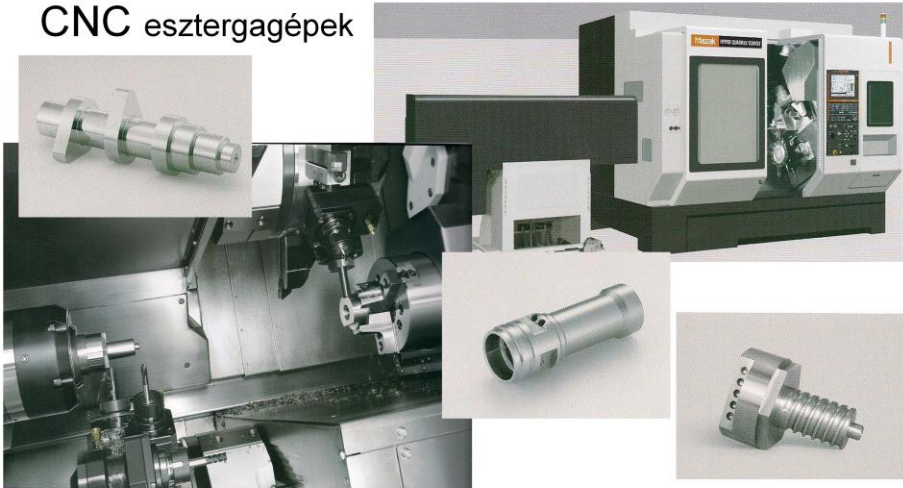
A grafikus teszt üzem módnak a fő előnye, hogy a hosszantartó megmunkálást (általában szerszámgyártásnál fordul elő több órás művelet) időben lerövidítve megvizsgálható, hogy a munkadarab, készülék szerszám együttes alkalmazásánál interferencia – ütközés előfordul-e vagy sem. A nyers munkadarabból a szerszám kitakarással eltávolítja a felesleges anyagmennyiséget, és kialakul a kész gyártmány alakja. Az ellenőrzés az alakhibákat felfedi, a méret eltérésekből csak a durvákat, az aránytalanságokat mutatja meg.

A grafikus üzem módnak sok esetben van valós idejű változata is. A hatályos biztonságtechnikai előírások szerint csak zárt munkaterületű gépeket lehet újonnan munkába állítani. Ezeknél a gépeknél, ha még hűtő-kenő folyadékot is alkalmaznak a program futtatása során, a kisméretű megfigyelő ablakon a gép kezelője szinte semmit nem lát a munkatérben történekből. Ilyenkor segítség a grafikus teszt üzem mód valós idejű futtatása, ami a megmunkálással szinkronban mutatja a történéseket.



# CNC szerszámgép szerszámellátása

CNC esztergagépek



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

17

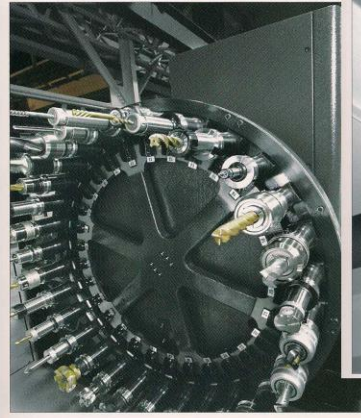
A CNC esztergagépek, esztergaközpontok szerszámozására a revolverfejes megoldás a jellemző. A revolverfej a szerszámcsere eszköze, jellemzője hogy minden szerszám a munkatérben helyezkedik el. A Szerszámváltás a revolverfej elfordításával történik, így a szerszámváltás ideje megfelelően rövid.

Hátránya, hogy viszonylag kevés szerszám fér el a revolverfejben (8, 12, 16), ezért gyakran két egymástól független revolverfejet is lehet használni. Ezzel az építési móddal az alkalmazható szerszámok számát lehet növelni, továbbá külön választhatóak az egyes műveletekhez tartozó szerszámok. Az egyik revolverfej a bal oldali főorsó felé dolgozik, a másik pedig a jobboldali felé. További nyereség, hogy a munkadarab megmunkálási ideje lerövidíthető.

Az esztergagépeken, esztergaközpontokon sok esetben a revolverfejbe forgó szerszámot (fúró, menetfúró, dörzsár, maró, stb.) is be lehet fogni, így a bonyolult munkadarabok is egy gépen gyárthatók.

# CNC szerszámgép szerszámellátása

## CNC marógépek



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

18

A CNC marógépekre, megmunkálóközpontokra jellemző a szerszámtáras, szerszámcsere nélküli megmunkálás.

A szerszámtárban sokkal több szerszám helyezhető el, mint a revolverfejben. A marógép főorsója és a szerszámtár közötti szerszám mozgást gyakran egy kétkarú szerszámcsere manipulátor végzi. A már a műveletét befejezett, főorsóban lévő szerszámot, valamint a szerszámtárban megfelelő pozícióba állított következő szerszámot a csere manipulátor egyszerre fogja meg, egyenesvonalú mozgással a főorsóból és szerszámtárból egyidejűleg kihúzza. 180°-os elfordítás után az új szerszámot a főorsóba, a régivel pedig a szerszámtárba az új helyére egyszerre behelyezi.

A mozgás végrehajtásához a főorsónak egy a paraméterekkel rögzített helyre kell elmozdulnia, csak itt lehetséges a manipulátorral a szerszámcsere végrehajtása.

A munkatérén kívül elhelyezett szerszámtár és főorsó közötti szerszámcsere idejének lerövidítésére különböző megoldások léteznek. Ilyen például, hogy az új szerszámot a tár még az előző szerszám megmunkálási ideje alatt a szerszámcsere pozícióba forgatja.

A régi szerszám azonnal az új helyére kerül a tárba, így folyamatosan nyilván kell tartani a vezérlőben, hogy melyik szerszám melyik szerszámtár férőhelyen tartózkodik. A mai szerszámcsere manipulátorok szerszámcsere ideje gyakorlatilag megegyezik a revolverfej váltási idejével.

# Robotok

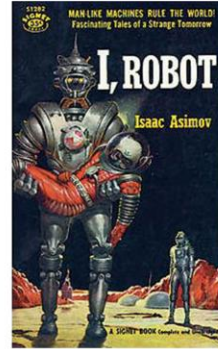
## A robotika alaptörvényei

Karel Capek

1. A robot nem árthat az embernek, és nem „nézheti tétlenül”, ha az embert veszély fenyegeti.
2. A robot engedelmessé válik az emberek parancsainak, kivéve ha ezek a parancsok az Első Törvénybe ütköznek.
3. A robot köteles megvédeni magát mindaddig, amíg ez nem ütközik az Első vagy a Második törvénybe.

*Isaac Asimov: Én a robot*

4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése



19

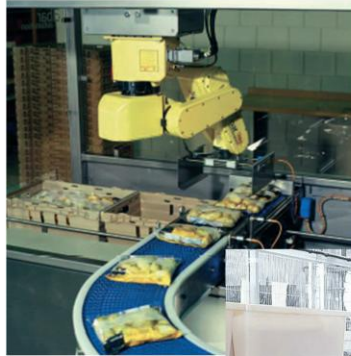
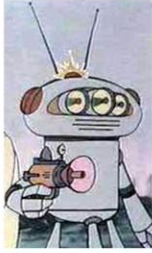
A robot kifejezést *Karel Capek* használta először a *Rossum Univerzális Robotjai* című színdarabjában, 1921-ben.

A *rabota* szó cseh nyelven munkát jelent, *Capek* robotjai azonban felülkerekednek az emberiségen, és rabszolgasorba döntötték tervezőiket, alkotóikat.

*Isaac Asimov*, *Én a robot* című novella gyűjteményében lefektette a robotika három alaptörvényét, azért, hogy a capeki fordulatokat, a robotok emberek fölé emelkedését megelőzze.

A korszerű, érzékelőkkel ellátott robotok, és az adaptív szabályozású robotvezérlők egyre közelebb állnak az *Asimov* által megálmodott „viselkedésű” berendezésekhez.

# Robotok



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

20

A robotok mindig is megmozgatták a gyerekek felnőttek fantáziáját.

Jelentőségük abban áll, hogy monoton, balesetveszélyes, bonyolult munkafázisokat tetszés szerint lehet ismételtetni. A munkavégzés a program vezérlésnek köszönhetően reprodukálható, egyöntetű minőségű. Az egyszerű rakodási feladatoktól a legbonyolultabb adaptivitást igénylő munkavégzésig felhasználhatók a robotok.

Az egyszerű rakodó robotok viszonylag nagy teherbírásúak, pontossági igény velük szemben csökkentett. Mozgási szabadságfokuk a feladathoz igazodóan 2, 3, 4, 5 vagy 6 tengely menti.

# Robotok

Ipari robotoknak azokat a szabadon programozható, többcélú mechanizmusokat nevezzük, amelyek anyag, alkatrész, szerszám vagy egyéb eszköz egyszerűen változtatható program szerinti mozgatását, térbeli helyzetének megváltoztatását vagy megtartását, megfogását vagy elengedését, vagyis manipulálását végzik.



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

21

# Robotok

## Technológiai robotok



Festő robot



Hegesztő robot



Marás robottal

4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

22

A technológiai robotok egy jól behatárolt technológia kiszolgálására készülnek.

A festő robot feladata, hogy az egészségre ártalmas munkafázis végzése alól az embert kiváltsa. A bonyolult felületű alkatrészeket, gépkocsi karosszériákat olyan robottal lehet festeni, amelyik követi a felületek íveit, áthatásait.

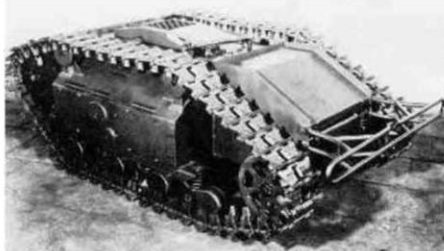
Hasonlóképpen a hegesztő robotok is a nagyméretű alkatrészek precíz hegesztési feladatait látják el, zömében ponthegesztéssel, vagy végőgázos fogyó elektródás hegesztési eljárással.

Ezeknek a robotoknak nagy szabadságfokú mozgási lehetőségük van, általában 6 tengelyes vezérlésűek.

Elterjedőben vannak a műveleti robotok is, példaként egy maróorsóval ellátott robot látható a képen, amelyik nagyméretű alkatrészek megmunkálására alkalmas. A különlegesen nagy munkadarabok mozgatása nehézkesen oldható meg, extrém nagy munkaterű szerszámgépeket kellene alkalmazni. Ehelyett a robot megfogó szerkezetébe szerelt nagyfordulatszámú maróorsóval végzik a megmunkálást. A mozgatott tömegek kisebbek, jól hozzáférhet a szerszám a bonyolult, tagolt felületekhez. A robottal szemben támasztott követelmények fokozottak, a pozícionálási pontossága el kell hogy érje egy szerszám gép pontosságát.

# Robotok

Különleges alkalmazású robotok. Hadi alkalmazások



Goliath 1940 Akmakereső robot

Predator 1994 Személyzet nélküli felderítő robot repülőgép



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

23

A II. világháború során a Wehrmacht egy lánctalpas Goliath nevű aknakereső robotot állított rendszerbe 1940-ben. A robot vezetékes távirányítással nehéz terepen is jól mozgott, mágneses érzékelőjével kereste meg az aknamezőn az aknákat.

A XX század végén a V1 szárnyas bomba tovább fejlesztése során olyan repülő eszközöket fejlesztettek ki, melyek a földfelszín topográfiáját memóriában tárolva juttatta el a robbanóeszközt a kijelölt helyre Ezek a cirkáló rakéták. Az USA hadserege Predator néven műholdas összeköttetésben lévő robotrepülőgépeket is alkalmaz, amelyek viszonylag kis sebességgel, kis magasságban felderítő tevékenységre képesek vezető nélkül.

# Robotok

Különleges alkalmazású robotok. Mélytengeri robotok



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

24

A mélytengeri kutatásban is szerepet kapnak a különböző kutató robotok. Alkalmasak felderítésre, videó felvételek készítésére, kisebb tárgyak kiemelésére. Olajfúró tornyok környezetében végzett hegesztési, manipulálási feladatokra.

Nagyobb változatai személyzettel, nagymélységbe merülésre képes tengeralattjárók, különböző ember irányította manipulátor karokkal felszerelve képesek a balesetet szenvedett tengeralattjárók személyzetének mentésére is.



# Robotok

## Különleges alkalmazású robotok

Sacher torta



McDonald's



Sony Aibo



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

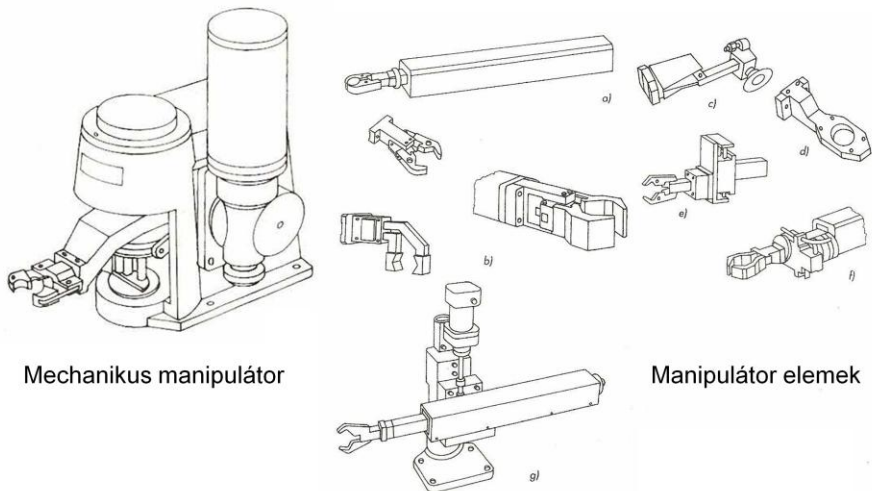
25

Számos egyéb területen is használnak robotokat, manipulátorokat, az orvosi alkalmazása is terjedőben van, például a BME Gépgyártástechnológia Tanszéke egy gyógytornász robotot fejlesztett ki.

A multinacionális McDonald's az egyöntetű minőség (és az önköltség leszorítása) érdekében a hamburger készítéshez alkalmaz robotokat.

Számos gyermek játék is eléri az alkalmazkodó robotok kritériumát, ilyen a Sony robot kutyája.

# Manipulátorok



Mechanikus manipulátor

Manipulátor elemek

4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

26

A manipulátorok elsősorban a tömeggyártás berendezései. Egy célra alkalmas, merev programozású, az alkalmazott szabadságfokok száma kicsi.

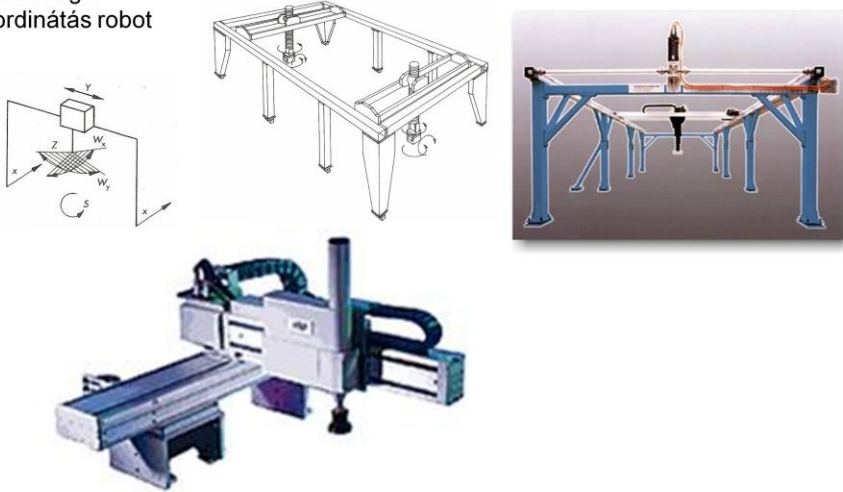
Megkülönböztethető működés szerint: mechanikus, pneumatikus és hidraulikus rendszerű manipulátort. A megfogók gyakran pneumatikus működtetésűek, még a mechanikus manipulátorok esetében is.

Az elemekből felépíthető manipulátorokra jellemző ábrán az építőelemek:

- a – transzfer egység
- b – szorítóelemek
- c – vákuumos szorító elem
- d – mágneses megfogó elem
- e – emelőelem
- f – fogó
- g – emelő- és forgatóelem

# Ipari robotok felépítése

Derékszögű koordinátás robot



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

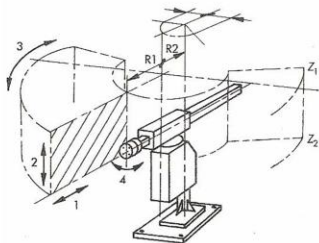
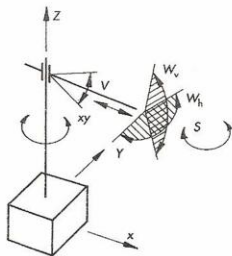
27

A térben egy tetszőleges pont eléréséhez legalább három, egymástól független mozgásra (szabadságfokra) van szükség. További három szabadságfok kell a robot által tartott munkadarab tájolásához. A kar mozgásait főmozgásnak, a tájoló mozgásokat mellékmovgásoknak nevezik.

A derékszögű koordinátás robotoknak három egyenes vonalú főmozgásuk van, a három koordináta irányban (X, Y, Z). A megfogó szerkezet forgásai (S,  $W_x$ ,  $W_y$ ). Ezek a robotok nagy munkaterületűek tűnnek ki. Jellemző beépítésük függőpályás, de léteznek ágyas kivitelűek is. Az állvány modulrendszerű, bizonyos határok között tetszés szerint növelhető. Egy állványon több robot is közlekedhet. A robotkar függőleges mozgással dolgozik, a kar végén elhelyezkedő megfogó a már említett három forgó mozgást végzi. Az ilyen robot elsősorban rakodási műveletek elvégzésére alkalmasak. A vezérlésük egyszerű pont-pont vezérlés. A mozgás sebessége szabályozott, de állandó nagyságú. A vízszintes mozgásokat szabályozott villamos motorok (egyenáramú, frekvenciaváltós aszinkron, ritkán léptető motorok). A robotkar függőleges mozgatása gyakran hidraulikus megoldású. A megfogó szerkezet működtetése elektromos, hidraulikus vagy pneumatikus.

# Ipari robotok felépítése

## Hengerkoordinátás robot



↔ CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

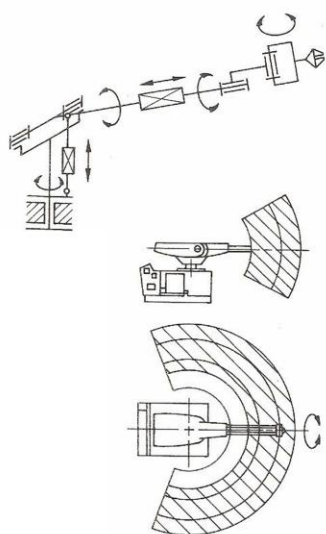
28

A hengerkoordinátás robotra jellemző, hogy egy merev állványszerkezetre épül fel a robot, és hengerpalást-koordináta rendszerben mozog. A robotkar az oszlopon függőleges irányban ( $Z$ ) mozog.  $V$  a kinyúlása, lineáris, az oszlopon való forgása  $R$ . A megfogó szerkezet forgása  $S$ , billenése  $W_s$  és  $W_h$ .

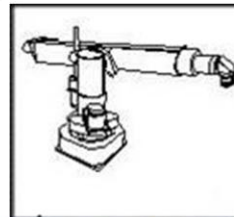
A lefedhető munkatér egy henger  $R1$  és  $R2$  sugarak közötti része. Az ilyen robotok hajtása általában hidraulikus. Vezérlésük rendszerint pont-pont vezérlés.

A hengerkoordinátás robotokat a munkatér növelése érdekében vezérelt kocsi is szokás helyezni, így több gép kiszolgálására is alkalmassá tehető.

# Ipari robotok felépítése



Gömbkoordinátás robot



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

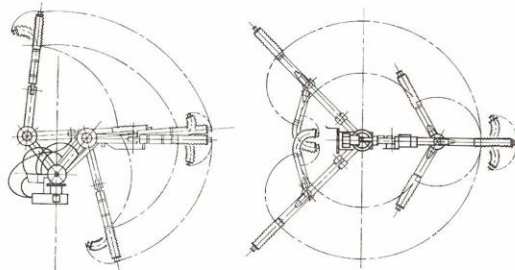
29

A gömbkoordinátás robot egy alaplapon áll, a kar kinyúlása a gömb alakú munkatér sugarát adja. Ehhez a mozgáshoz járul még hozzá egy billentés és egy forgás. A megfogó szerkezet pneumatikus vagy villamos működtetésű. Vezérlése pont-pont vezérlés.

A robot egy gömbszelet belsejében tudja kezelni a munkadarabot, vagy ebben a munkatérben végez technológiai műveletet. Elsősorban szerszámgépek kiszolgálására alkalmazzák. Alkalmos utólagos telepítésre is, mivel a robotkar mozgási tulajdonságai jól beállíthatók, és az akció rádiuszon belül minden pontot jól el tud érni.

# Ipari robotok felépítése

Humanoid robot



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

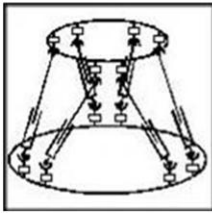
30

A humanoid (többcsuklós) robotra jellemző, hogy a robotkar két vagy több részből áll, ezért ez a kinematikai elrendezés bonyolult mozgásra képes. A megfogó szerkezet kiegészítő billenésekre és forgásokra képes, tovább növelve a manipuláció összetettségét.

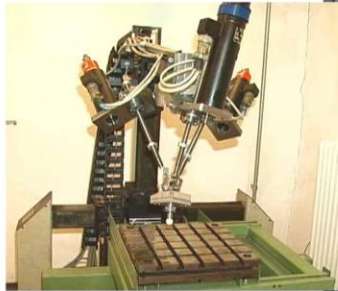
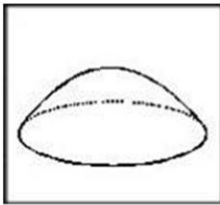
Az ilyen robotok vezérlése pálya vezérlés, a csukló pontokban elhelyezett vezérelt motorok mozgatják a robotot. A csuklópontokban található a digitális elfordulás érzékelők is.

A robotokat főleg technológiai műveletek végrehajtására alkalmazzák, a járműiparban szerelési, festési, hegesztési műveleteket végeztetnek velül.

# Ipari robotok felépítése



Párhuzamos kinematikájú robot



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

31

A párhuzamos kinematikájú robot egy göbbsüveg felületén képes mozogni. A bonyolult szerkezetből következően minden irányból szabad hozzáférést tud a robot markolata megvalósítani. A vezérlése pálya vezérlés.

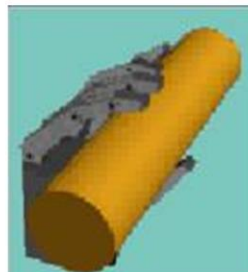
Növelt pontosságú változatai mérőgépként is üzemeltethetők.

# Robot megfogók

A robotmechanizmus és a környezete közötti kapcsolatot biztosító aktív elem.

Következő típusai lehetnek:

- A) Megfogók
- B) Szerszámok



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

32

A céltárgyat a robot a markával (kezével) fogja meg. Ugyancsak a markolatba fogják be a technológiai folyamatnak megfelelő szerszámot is.

A tárgyat megfelelő felületeinek érintésével és szorításával kell a robotnak felvenni, és a manipulációs sort végrehajtani. A mozgatott tömeg határozza meg a robot teherbírását, nem elhanyagolható szempont a súrlódással megfogott tárgyak tehetetlenségi ereje sem, ez pedig az alkalmazható gyorsulásokat és sebességeket korlátozza le.

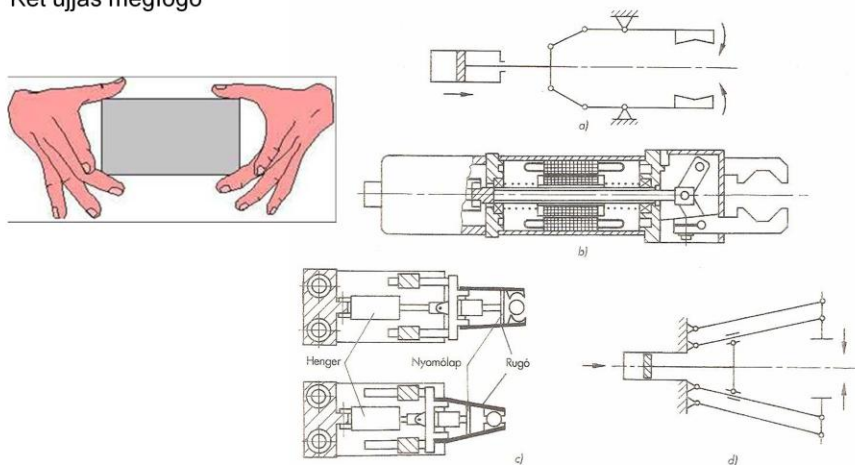
A gyakorlatban a munkadarabok, szerszámok sokfélesége számtalan megfogó szerkezet kialakításához vezetett. Az univerzális megfogókon kívül használnak a mágnesezhető anyagokat lehet a markolatban rögzített elektromágnessel is megfogni. A törékeny kisebb tömegű darabokhoz vákuumos megfogó elemeket használhatnak.

Mozgatásuk történhet elektromosan, pneumatikusan, mágneses elven, vákuummal, és ezek kombinációjával is.



# Robot megfogók

Két ujjas megfogó



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

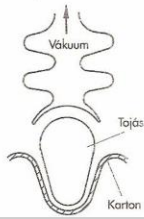
33

A leggyakrabban használt megfogó, két egy szabadságfokú, egy síkban mozgó szerkezet. Az a, ábrán egy hidraulikus vagy pneumatikus működtetésű megfogó látható. A megfogó elemek (ujjak) íves pályán mozdnak el, ezért állíthatóan kell kiképezni az ujjak szorító felületét a minél pontosabb és biztosabb megfogás érdekében.

A b, ábrán egy villanymotor forgásában gátolt rudat mozgat, amely emelő szerkezetként mozdítja el a megfogó ujjakat.

A c, ábra rugós kialakítású ujjakat ábrázol. A rugalmas elem deformálása a nyitást valósítja meg, a saját rugalmassága folytán a megfogást nem kell vezérelni.

A d, ábra a párhuzamosított működésű ujjakat mutatja.



# Robot megfogók

Vákuumos megfogás



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

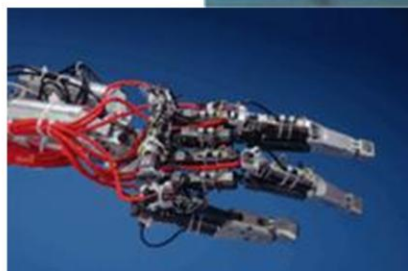
34

Kis szilárdságú, de nem porózus tárgyak – üveg, tojás, héjak - mozgására alkalmas a vákuumos megfogó szerkezet. A szívó elemmel a mozgatandó munkadarabot meg lehet fogni, és a beállított vákuum nagyságától függően mozgatni. Elengedéskor sokszor nem elég a vákuumot megszüntetni, és ilyenkor egy minimális túlnyomást létesítenek a szívófejben, ezzel a lerakás szabályozható.

## Robot megfogók



Emberi kezet leképező megfogó



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

35

### Stanford/JPL Hand (1)

Kenneth J. Salisbury a doktori dolgozata keretében fejlesztette ki az első, emberi ujjakat mintázó megfogóját, ami azóta a robotkezekkel foglalkozó kutatók kiindulása mindenütt. Három darab 3 izzből álló (3 szabadságfokú) ujjból áll, melyeknek mozgásterjedelme nagyobb az emberi ujjakénál.

### Utah/MIT Hand (2)

A nyolcvanas években fejlesztették azokat a megfogó típusokat, amelyek már 4 ujjat tartalmaztak, és az emberi kéz anatómiájához hasonlóan a hüvelykujj szembe fordítható a többiekkel.

Ezeknél a megfogóknál már olyan bonyolult meghajtás és vezérlési igény jelentkezett, hogy célszerű volt a meghajtást az azonos funkciójú ujjaknál összevonni, ezzel lehetett egyszerűsíteni a konstrukciót.

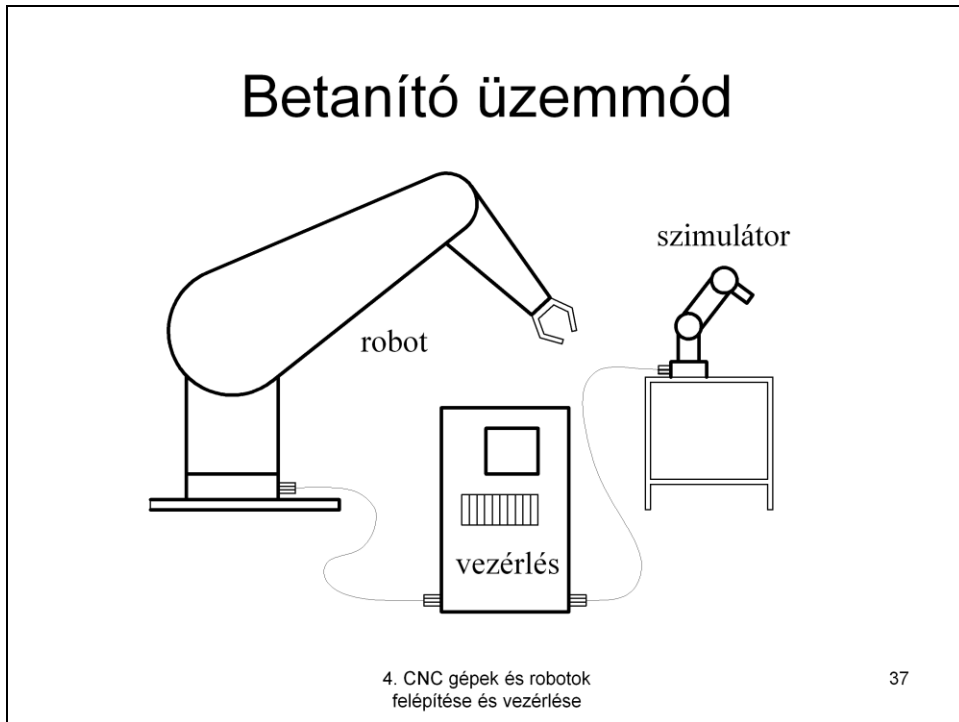
### Omni-Hand (3)

A NASA-ban fejlesztették ki a jelenleg leginkább antropomorf kezet, amelynél érzékelők sokaságával növelték a kéz alkalmazási képességeit.

# Robotok vezérlése

## A robot programozás három formája

- Betanítás, és a feladat ismétlése
- Kódrendszerben történő programozás
- Magasszintű programnyelven történő programozás  
(az utasítások az emberi nyelv azonos értelmű szavainak felelnek meg)



Az egyik leggyakoribb robot programozási mód a betanító „teach in” üzemmód. Alkalmazható a pont-pont vezérlésű és a bonyolult mozgássort végrehajtó pályavezérlésű robotok programozásánál.

Megvalósítható a robotkar kézi mozgatásával, amikor a robot programozója a robot kezének megfogásával végrehajtja a manipulációs mozgássorozatot. A mozgásközben a robot vezérlése az útmérők (elmozdulás, elfordulás érzékelők) jeleit rögzíti, és utasítás sorozatként a vezérlő memóriájában tárolja.

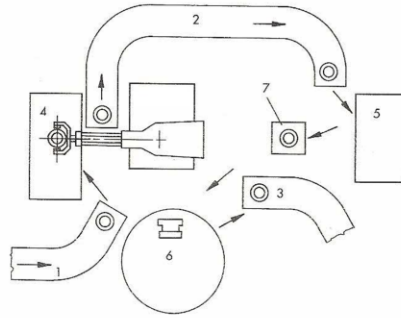
Alkalmazható módszer az is, hogy egy, a robot minden tulajdonságával megegyező szimulátorral hajtja végre a betanítást a robot kezelője, és a szimulátor mozgás sorozatát tárolja a vezérlés, és ennek alapján fog a robot üzemszerűen mozogni. A megoldás költségesebb mint az előző megoldás, de ha olyan helyen van telepítve a robot, ahol a kezelő (programozó) nem tudja megközelíteni, akkor ez a szóba jöhető megoldás (pl. radioaktív környezet, melegüzemi alkalmazás, stb.).

A betanító programozású robotokhoz tartozik egy „Teach box” kezelő felület, amelyik a robot szabadság fokainak megfelelő kezelőszervekkel rendelkezik. Ezek segítségével az operátor lépésről-lépésre végrehajtja a programozandó mozgássorozat elemeit, és a helyes értékeket (pozíciókat) rögzíti a vezérlő memóriájában. A megoldás inkább a pont-pont vezérlésű robotokra jellemző, amikor is a mozgás szabadságfokra van felbontva.

# Robot programozás kódrendszerrel

Kódrendszer alkalmazásával (CNC programozáshoz hasonlóan).

NC mondat sorszáma	Program kód	Paraméterek
N100	G0	x,y,z, $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$



4. CNC gépek és robotok felépítése és vezérlése

38

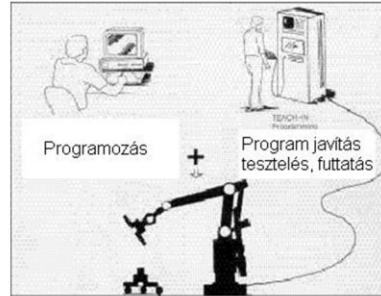
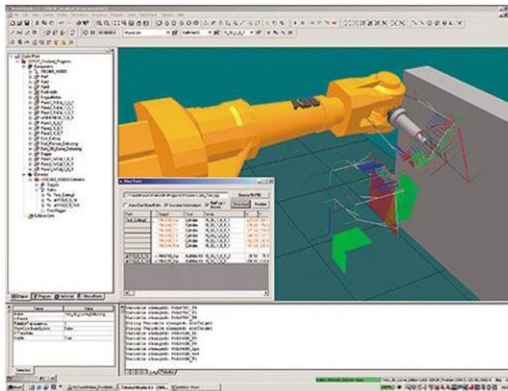
Mivel a számjegyzékelésű szerszámgépek és robotok felépítése és működése nagymértékű hasonlóságot mutat, ezért a robotokat is lehet kódrendszer segítségével programozni. A kódok rokonságot mutatnak az ISO/DIN ajánlásokkal, és a robot felépítésétől, mozgás irányainak számától függően több-kevesebb kóddal leírható a mozgás. Külön parancssorok alkalmazandók a robotkar és a megfogó vezérlésére.

Biztos programozói tudás, és a robot mozgásterének alapos ismerete szükséges az ilyen típusú programozás végrehajtásához, minden olyan lényeges pont koordinátáját, amelyet a robot mozgás közben bejár előzetesen be kell mérni.

Ha a robot például egy esztergát kell kiszolgálni a robotnak (lásd ábra), akkor ismerni kell a 4, és 5 jelű szerszámgépek munkadarab befogási pontjának koordinátáit, továbbá az 1, 2, 3, szállítószalagok adagolási pozícióját, a 6 mérőgép illetve 7 közbülső tároló helyzetét.

# CARP

## Számítógéppel Segített Robot Programozás Computer Aided Robot Programming (CARP)



4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

39

A különböző CAD/CAM rendszereknek lehet olyan tervező modulja, amelyik segítségével leírható a robot munkatere, a manipulálandó munkadarab, a mozgás pályája. Az robot mozgásának meghatározása után posztprocesszálás szükséges, mert a CAD/CAM rendszer egy általános programnyelven állítja elő a robot vezérlő programját, és ezt az adott típusú robothoz és vezérlőhöz kell átalakítani.

A programozási módot nagyfokú interaktivitás jellemzi.

## Ajánlott irodalom

Czéh Mihály – Hervay Péter – Dr. Nagy P. Sándor: Megmunkálógépek Műszaki Könyvkiadó Budapest

Dr. Nagy P. Sándor: Szerszámgépek, gyártórendszerek I és II. Óbudai Egyetem, BL 418, BL 419

Hervay Péter – Dr. Nagy P. Sándor: Gyártórendszerek a gépiparban Skandi-Wald Kiadó Budapest



Készült az



TÁMOP-4.1.2-08/A/KMR-0029

Program keretén belül



2010-ben

4. CNC gépek és robotok  
felépítése és vezérlése

41