

**CZÉH MIHÁLY  
HERVAY PÉTER  
DR. NAGY P. SÁNDOR**

---

# **CNC-programozás alapjai**

**MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST**

A tankönyv használatát az oktatási miniszter  
a 91.133/98. szám alatt engedélyezte

**Szakmai lektor:**

DR. MERKSZ ISTVÁN

**Pedagógiai lektor:**

DR. MADARÁSZ SÁNDOR

**Alkotó és sorozatszerkesztő:**

DR. MURÁNYI PÁL

© Czéh Mihály, Hervay Péter, Dr. Nagy P. Sándor, 1998  
© Hungarian edition Műszaki Könyvkiadó, 1999

ISBN 963 16 1540 5

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó Kft.  
Felelős kiadó: Bérczi Sándor ügyvezető igazgató  
A kiadást gondozta: Nagy Józsefné  
Felelős szerkesztő: Makk Attila

Nyomta az Oláh Nyomda és Kiadó  
Felelős vezető: Oláh Miklós

Műszaki szerkesztő: Trencsényi Ágnes  
A borítót tervezte: Biró Mária, Németh Csongor  
A könyv ábráit rajzolta: Nexus Kiadó és Reklámiroda  
A könyv formátuma: B5. Terjedelme: 7,125 (A5) ív  
Betűcsalád és méret: Garamond, 10/11  
Azonossági száma: 59 231  
Készült az MSZ 5601:1983 és 5602:1983 szerint

# Tartalom

<b>1. NC- ÉS CNC-TECHNIKA</b> .....	5
Ellenőrző kérdések .....	8
<b>2. A GEOMETRIAI INFORMÁCIÓK MEGHATÁROZÁSA</b> .....	9
2.1. Méretmegadási módok .....	9
2.2. Az NC-gépek koordináta-rendszerei .....	10
2.3. NC-gépek jellegzetes pontjai .....	15
2.4. Nullaponteltolás, nullapontfelvétel .....	17
2.5. Szerszámkorrekció .....	22
2.6. Jellegzetes mozgástípusok útinformációi .....	28
2.7. Útinformációk számítása pályavezérlés esetén .....	34
Ellenőrző kérdések .....	36
<b>3. CNC-PROGRAMOZÁS</b> .....	38
3.1. A gyártási folyamat információáramlása .....	38
3.2. A DIN 66025 utasításkészlete .....	40
3.3. A program felépítése .....	49
3.4. Jellegzetes megmunkálási feladatok és programozásuk .....	55
Ellenőrző kérdések .....	75
<b>4. CAM-RENDSZEREK</b> .....	77
Ellenőrző kérdések .....	80
<b>IRODALOM</b> .....	80

# 1. NC- és CNC-technika

**A számvezérlésű gépek kialakulása és fejlődése.** A negyvenes évek végére a repülőgépipar fejlődése felvetette azt a gondolatot, hogy érdemes lenne a hagyományos szerszámgepvezérléseket megváltoztatni. Elsősorban a bonyolult alakú munkadarabok gyártásáról volt szó, amelyeket ez idő tájt másolással állítottak elő. A gondolatot tett követte és szerencsére az elektronika nagymértékű fejlődése is segítette az NC-technika (**N**umerical **C**ontrol = számvezérlés) megjelenését.

1949-ben az USA légierője megbízást adott a Massachusetts Institute of Technology részére az aerodinamikai profilok gyártására alkalmas számvezérlésű marógép kifejlesztésére. Ezt a vezérlést 1952-ben mutatták be. 1956-ban az USA repülőgépipara már kb. száz pályavezérlésű szerszámgépet üzemeltet.

Európában is ebben az időben jelentek meg az első kivétel nélkül USA gyártású NC-szerszámgépek. 1960 és 1970 közé tehető az NC-gépek általános elterjedése. 1970-től már találkozhatunk a DNC- és a CNC- (**D**irect és **C**omputerized **N**umerical **C**ontrol) technikával. A nyolcvanas évek elejétől új NC-szerszámgép már csak CNC-re készül. 1983-tól az NC-szerszámgépek 65%-a a DNC-vel üzemel. 1992-től az NC-gépek jelentős része rugalmas gyártócellában vagy gyártórendszerben működik.

Bár ez a technika Amerikából indult el világhódító útjára, az eltelt évek alatt más nemzetek is jelentős mértékben járultak a fejlődéséhez.

**Az NC- és a CNC-gépek összehasonlítása.** Az NC-technika elve tulajdonképpen *Neumann János* számítástechnikai elgondolásának alkalmazása a szerszámgép irányítására. *Neumann* alapgondolata az, hogy az *adatokat* és a *parancsokat* (tehát azt, hogy mit kell tenni az adatokkal) is számok formájában rögzíthetjük és tárolhatjuk.

A technológus a munkadarab elkészítéséhez szükséges tevékenységeket (pl. oldalazás, beszúrás, keretmarás stb.) a gépesített eszközeink számára tovább nem osztható *műveletekre* bontja. Ezek tehát a szerszámgép gépesített eszközeinek legegyszerűbb tevékenységei, pl. meghatározott tengelyirányú szánmozgató, főorsó megállítása, főorsóforgás irányváltása, revolver rögzítésének oldása.

Rendeljünk ezekhez a műveletelemekhez számokat, egy művelethez természetesen csakis egyetlen számot! Hozzunk létre olyan berendezést (a vezérlőt), amely meghatározott szám beadása esetén gépesített beavatkozóelemmel végrehajtja az adott számhoz rendelt műveletelemet.

Ha e feltételeket kielégítjük, és a vezérlőt megalkotjuk, akkor az adott munkadarab megmunkálása a műveletelemek megfelelő sorba fűzésével végrehajt-

ható. Ez pedig lehetséges, ha az egyes műveletelemekhez rendelt számokat megfelelő sorrendben a vezérlőbe beadjuk.

A számokat megfelelő sorrendben leírni, ezzel út- és kapcsolási információkat meghatározni sokkal könnyebb, mint pl. a mechanikus információhordozókat (vezérlőtárcsa, ütközőléc) gyártani.

Mivel az ember számokat nehezebben jegyez meg, mint neveket vagy betűket, jelöljük (*kódozzuk*) az egyes parancsokat (tehát számokat) betűvel vagy szóval. Így pl.

Műveletlem	A műveletlemhez rendelt szám, a parancs	A parancs kódja
Számmozgatás hosszirányban a tokmánytól el (esztergán)	90	Z
Szerszámtár forgatása (szerszámváltás)	770	M
Fordulatszámváltás	83	S

Ha tehát a programot a kódok (betűszimbólumok) segítségével írjuk le, a vezérlőbe adás előtt szükségünk van a parancsok számokká fordítására. Ezt oldják meg az ún. *adat-előkészítő berendezések*, amelyek a fordítás után a parancsokat számok formájában információhordozón (lyukszalag, mágnesszalag stb.) tárolják. Az információhordozóról a vezérlő beolvashatja a számokat, amelyeket ezután tárolni és értelmezni tud.

Az előző példából is egyértelműen következik, hogy csupán a parancsok megadása nem elegendő az adott munkadarab megmunkálásához. Szükség van az egyes parancsok mennyiségi behatárolására. Például: Mekkora utat tegyünk meg Z irányban? Hányadik szerszámot vigyünk a megmunkálási helyzetbe? Milyen fordulatszámmal forogjon a főorsó? Ezt a parancsokra vonatkozó adatokkal írhatjuk elő (pl. Z500, M06, S14).

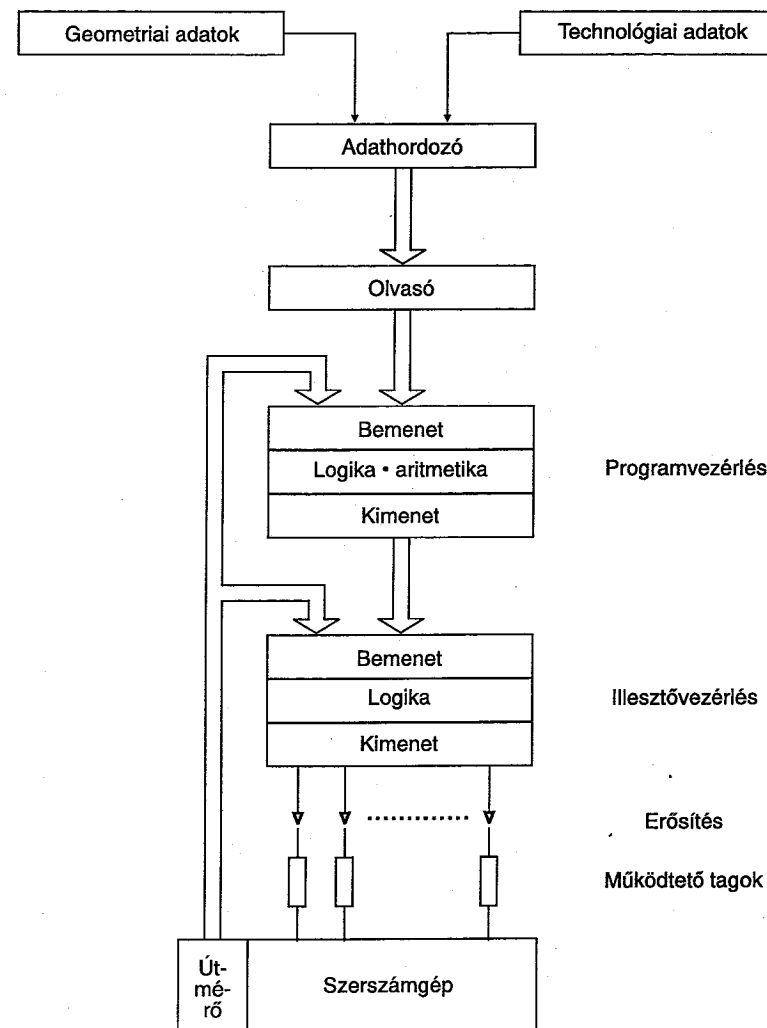
Az *utasításszó* tehát két részre bontható:

- a végrehajtandó műveletelemet megadó parancskódra,
- a parancs végrehajtásának mértékét előíró adatra.

Az adott munkadarab megmunkálásához szükséges műveletelemek és mennyiségi jellemzőjük, vagyis az *utasítások* sorba fűzésével alakul ki a program.

Hogy a vezérlő a program hatására végrehajthassa az előírt megmunkálást a szerszámgéppel, a beadott számokat, a program által közölt információkat

- értelmeznie kell,
- tárolnia kell,
- aritmetikailag és logikailag fel kell dolgoznia.



1.1. ábra. A vezérlő elvi felépítése (struktúrája)

E feladatok megoldására a vezérlőket az 1.1. ábrán látható szerkezeti felépítésnek (struktúrának) megfelelően tervezik.

Az adathordozóra a technológusnak olyan formában (számokban) kell rögzítenie a programját, hogy az információátvitel megbízható legyen. A program értelmezése azt jelenti, hogy a programvezérlés a számokból (illetve ezek kódjaiból) meg tudja határozni a hozzárendelt műveletet (vagyis, hogy mit kell végrehajtani).

Az azonosított információt meg kell őrizni (tárolni kell), legalább addig, amíg a végrehajtása befejeződött. Ezt is általában a programvezérlő végzi.

Mivel a programvezérlő az adatokon logikai és aritmetikai műveleteket végez, ezeket át kell alakítani az erre legkedvezőbb információábrázolási formára.

Az információfeldolgozás másik feladata a felismert műveletelemek végrehajtása. Ezt az illesztővezérlő végzi azáltal, hogy ismeri a szerszám gép végrehajtóműködtető elemeinek irányítási lehetőségét, meg tudja határozni, hogyan kell a műveletelemeknek megfelelő út- és kapcsolási feladatokat megoldani.

Az eddig bemutatott szerkezeti felépítés a hagyományos NC-vezérlő, amelyet egyes irodalmakban KNC néven ismertetnek (**K**onvencionális NC). A KNC-vezérlők logikai egységei ún. *kombinációs logikai hálózatokból* épültek fel. A vezérlő által megoldható logikai feladatokban bekövetkező változások esetén az ilyen rendszert teljesen át kell tervezni, és át kell építeni. Ez azt jelenti, hogy minden alapgéptípushoz más és más logikai hálózatú vezérlőt kell gyártani, ami költséges. A fejlődés ezen a területen azt eredményezte, hogy a kombinációs logikai egységeket – a számítógépes technika fejlődése eredményeként – lecserélték programozható logikára.

Az olyan vezérlőket, amelyekben a logikai és aritmetikai műveleteket számítógép végzi, CNC típusú vezérlőnek nevezzük (**C**omputer **N**umerical **C**ontrol = számítógépes számvezelemény). A CNC elsősorban a programvezérlőben kapott helyet, de ma már az illesztővezérlők is CNC jellegűek. Illesztővezérlőkben más, egyszerűbb megoldásokat is találunk a kombinációs logika kiváltására. Ilyenek pl. a PLC-s (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller = programozható logikai vezérlő) alapú illesztések. Az adatok bevihetők kezelőpulttól, illetve valamilyen információhordozóról (ez ma többnyire mágnesszalag), de lehetőség van a számítógépes hálózatra csatlakozásra is.

A programvezérlő egység CNC jellegű, tehát tartalmaz legalább egy programozható folyamatirányító számítógépet, amelynek a feladatokat leíró programjait a rendszerprogramtárba teszik. Ez a tár ún. **ROM** (**R**ead **O**nly **M**emory = csak olvasható memória) típusú és a rendszer működéséhez szükséges programok mind itt találhatóak. A másik lényeges tár az alkatrészprogramtár, amelybe a megoldandó feladatot tárolják. Az alkatrészprogramtár ún. **RAM** (**R**andom **A**ccess **M**emory = írható-olvasható memória) típusú. Ez a tár helyettesíti a KNC-vezérlőknél megszokott információhordozót, amely egyben az alkatrészprogram tárolója volt. A KNC-vezérlő gyártása az 1970-es években megszűnt, helyette a CNC-vezérlők jelentek meg, ez pedig az NC-technika hatalmas fejlődését eredményezte.

## ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

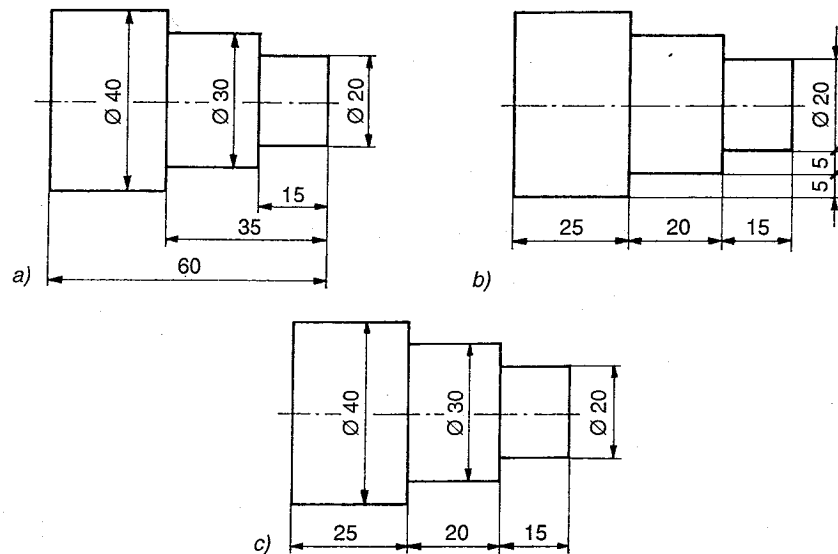
1. Mi a számvezelemény elve?
2. Milyen szerkezettel lehet megvalósítani a számvezeleményt?
3. Milyen főbb egységekből áll a számvezelemény?
4. Mit nevezünk KNC-nek? Milyen a CNC felépítése?

## 2. A geometriai információk meghatározása

Az NC-gépek programozása tevékenységek láncolata, amelynek eredménye az információhordozó elkészítése: ezt nevezzük *külső adatfeldolgozásnak*. Az információhordozón lévő adatok leolvasása, feldolgozása, átalakítása, az átalakított adatok út- és kapcsolási parancsok formájú kiadása a szerszám gépre és a parancsok végrehajtásának ellenőrzése a *belső adatfeldolgozás*. A programozáshoz tehát egyrészt meg kell határozni a mozgásokat, ezek a *geometriai információk*, másrészt a mozgásokhoz tartozó sebességeket, a *technológiai adatokat*.

### 2.1. MÉRETMEGADÁSI MÓDOK

Számvezeleményű szerszám gépen a szerszámot olyan útvonal mentén kell mozgatni, amelynek a végeredménye a kívánt geometriájú munkadarab. Az útvonalra vonatkozó információkat az alkatrészrajz tartalmazza. A géprajzban a méreteket

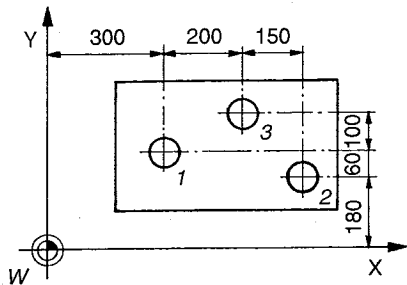


2.1. ábra. Méretmegadási módok

- a) abszolút méretmegadás: méretezés bázistól; b) növekményes méretmegadás láncméretezéssel; c) vegyes méretmegadás

a tervező többféleképpen is megadhatja. *Bázistól való méretezés*, ha egy ponttól adjuk meg a méreteket (2.1a ábra), *láncméretezés*, ha a méretek egymástól vannak megadva (2.1b ábra), gyakran előfordul azonban a *vegyes méretezési mód* is (2.1c ábra). A 2.1. ábrán esztergált lépcsős tengely látható. (Meg kell jegyezni, hogy a 2.1b ábra megoldását a gyakorlatban nem használják, mert az átmérőkülönbségeket sokkal körülményesebb megmérni, mint magát az átmérőt.)

A bázistól való méretezést az NC-technikában *abszolút méretmegadásnak*, a láncméretezést *növekményes méretmegadásnak* nevezzük. A két méretmegadási módot a 2.2. ábra hasonlítja össze.



	Abszolút		Növekmény	
	x	y	$\Delta x$	$\Delta y$
1	300	240	300	240
2	650	180	350	-60
3	500	340	-150	160
W	0	0	-500	-340

2.2. ábra. Abszolút és növekményes méretmegadás pontvezérlésnél

A példa egy pontvezérléses feladat (fúrás) megoldását szemlélteti. A szerszámot a munkadarab koordináta-rendszerének *W* kezdőpontjából kell az egyes furatok 1, 2, 3 középpontjára pozícionálni. A táblázat növekményes méretmegadásának oszlopában az elmozdulásnövekmények vannak feltüntetve. Az elmozdulás értéke akkor pozitív, ha a mozgás iránya a munkadarab koordináta-rendszerének pozitív tengelye irányában történik és negatív, ha a mozgás iránya a koordinátatengely negatív irányába esik. A harmadik furat megmunkálása után növekményes rendszerben a szerszámot vissza kell állítani a *W* kezdőpontba, ennek elmulasztása esetén a következő munkadarab selejt lenne.

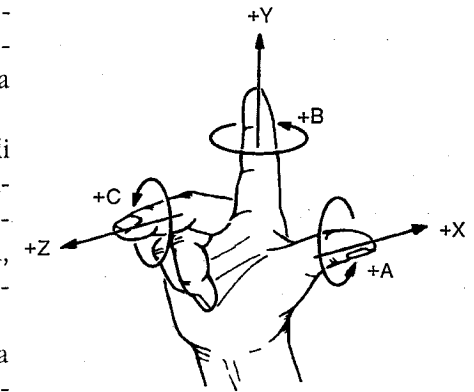
## 2.2. AZ NC-GÉPEK KOORDINÁTA-RENDSZEREI

A számvezérlésű szerszámgépek szerszámjainak pontosan rögzített relatív mozgáspályát kell leírniuk a munkadarab megmunkálása során. A mozgásfolyamatokat a programban pontosan rögzíteni kell. Ennek megvalósításához a szerszám gép munkaterében lévő összes pontot egyértelműen kell azonosítani. Az egyértelmű megfeleltetéshez koordináta-rendszereket használunk.

Az NC-szerszámgépek fő mozgási irányait a jobbkez-szabály szerint elhelyezett derékszögű koordináta-rendszer határozza meg (2.3. ábra), amely mindig a

munkadarabra vonatkozik. Programozáskor a munkadarabot álló helyzetűnek kell feltételezni, a mozgásokat a szerszám végzi.

Az X, Y, Z koordinátatengelyek körüli forgatási tengelyeket a 2.3. ábra jelöléseivel, A, B, C-vel jelölik. A pozitív forgásirány megegyezik az óramutató járásával, ha a forgást a pozitív tengely irányába tekintve nézzük.

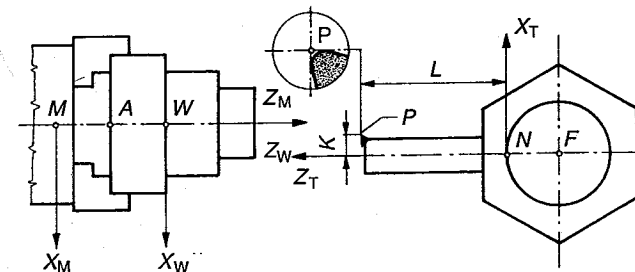


2.3. ábra. NC-szerszámgépek koordinátatengelyei

Az útinformációk meghatározásakor a programozó technológus koordináta-rendszert rendel a munkadarabhoz. Ez az a *munkadarab-koordinátarendszer* (vagy programozási koordináta-rendszer), amelynek kezdőpontja *W* a *munkadarab-* (programozási) *nullapont* (növekményes méretmegadás esetén a felvett koordináta-rendszer csak az elmozdulási irányok előjelének és a megmunkálás kezdőpontjának meghatározásához szükséges). A szerszám gép viszont a saját koordináta-rendszerében dolgozik, amelyet *gépi koordináta-rendszernek* nevezünk, *M* kezdőpontját pedig *gépi nullapontnak*. A *szerszámhoz is rendelhető koordináta-rendszer* különösen előzetes szerszámbeállítás esetén. A munkadarab alakjának előírásához tehát a következő három koordináta-rendszer egymáshoz való viszonyát kell megfelelő módon meghatározni:

- a munkadarab koordináta-rendszere, amelyet a programozó vesz fel;
- a szerszám gép koordináta-rendszere;
- a szerszám koordináta-rendszere, amelyet a szerszám beállításához kell figyelembe venni.

Vizsgáljuk a három koordináta-rendszert esztergán. A 2.4. ábrán látható munkadarabnál  $X_W Z_W$  a munkadarab-koordinátarendszer *W* nullaponttal. Az *A* *felfogási nullapont* a munkadarab felfogásakor az ütközési síkba kerül. A szerszám



2.4. ábra. A munkadarab, a szerszám gép és a szerszám koordináta-rendszere

## A GEOMETRIAI INFORMÁCIÓK MEGHATÁROZÁSA

hoz az  $X_T$   $Z_T$  koordináta-rendszert rendeltük, amelyben  $N$  beállító nullapont. A beállító nullapponthoz képest változtatható a szerszámcsúcs (ill. a  $P$  szerszámélpont)  $L$  hosszúságú és  $K$  keresztirányú kinyúlása. A hossz- és keresztirányú állíthatóságot a szerszám konstrukciója teszi lehetővé. A szerszám gép  $X_M$   $Z_M$  koordináta-rendszerének nullapontja  $M$ .

A pozícionálási folyamatokat az NC-vezérlés a gépi koordináta-rendszerben irányítja. A tényleges számhelyzetet nyilvántartó regiszterek a szárendszer ki-tüntetett pontjának, az  $F$  vonatkoztatási pontnak a koordinátáit (az  $MF$  távolság összetevőit) tartalmazzák. A technológus a megmunkálási programban a  $P$  programozott pont koordinátáit (vagy előjeles elmozdulásnövekményeit) írja elő. Általánosságban az  $F$  pont koordinátái az  $M$  kezdőpontú rendszerben három részből állnak (2.5. ábra):

$$\overline{MF} = \overline{MW} + \overline{WP} + \overline{PF},$$

ahol az  $\overline{MW}$  távolság  $X, Y, Z$  irányú derékszögű összetevői az ún. *nullapont-eltolási értékek*; a  $\overline{WP}$  távolság  $X, Y, Z$  irányú összetevőit a vezérlőszalag tartalmazza (ezek a program geometriai adatai); a  $\overline{PF}$  távolság  $X, Y, Z$  irányú összetevői a *szerszámkorrekciós értékek*, amelyeket a vezérlőpulton kell beállítani. (CNC-nél a korrekciós tárbá beírni.)

A hibátlan gyártáshoz biztosítani kell a munkadarab és a gépi koordináta-rendszer azonosságát, ennek feltétele a koordinátaírányoknak és a nullpontoknak az azonossága.

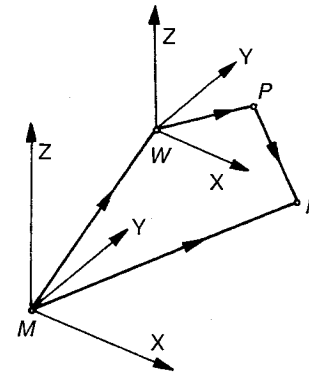
A programozás egyik alapelve: **1. mozgó szerszám-nyugvó munkadarab**, amelynek segítségével két egyszerű iránymeghatározási szabályt alkothatunk:

- azon koordinátatengelyeknél, amelyek irányában a *szerszám végzi a mozgást*, a gépi és a munkadarab-koordináta-rendszer tengelyeinek iránya *meg-egyeznek*;
- azon koordinátatengelyeknél, amelyek irányában a *szerszám végzi a mozgást*, a gépi és a munkadarab-koordináta-rendszer tengelyeinek iránya *ellentétes*.

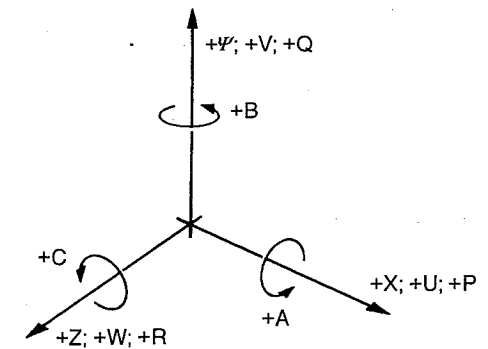
A gépi koordináta-rendszer irányait a gép tervezésekor, illetve a vezérlőrendszer illesztése során valósítják meg, így tehát adott.

Milyen elhelyezkedésű koordináta-rendszerrel célszerű a gépet tervezni, a vezérlést illeszteni? Tekintsük a szerszám gép munkaterét egyetlen tényolcadnak. A bal és jobb sodrású rendszer együttesen  $8 \times 3 \times 2 = 48$  lehetőséget ad. Bár a gép és a vezérlés szempontjából szinte közömbös, hogy melyiket választjuk, programozáskor sok nehézséget okozna a gépenként más és más módon elhelyezett koordináta-rendszer.

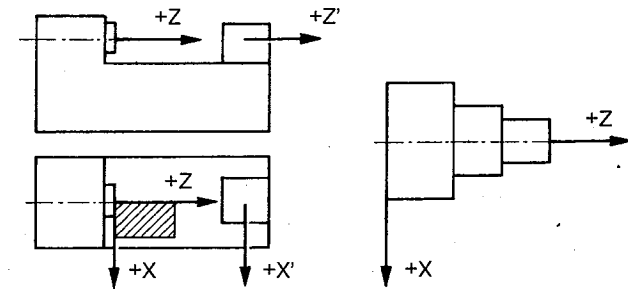
Az 1968-ban átdolgozott VDI-javaslat és az ISO/R 841, továbbá az MSZ 7789 a 2.6. ábra szerinti jobb sodrású XYZ rendszert rendel a munkadarabhoz. A másodlagos mozgásokat rendre  $U, V$  és  $W$ , a harmadlagos mozgásokat  $P, Q$  és  $R$  jelöli.



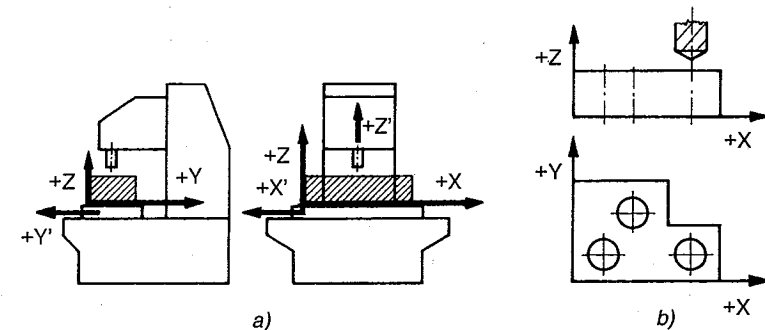
2.5. ábra  
A koordináta-rendszerek  
és jellegzetes pontok  
( $M, W, P, F$ ) értelmezése



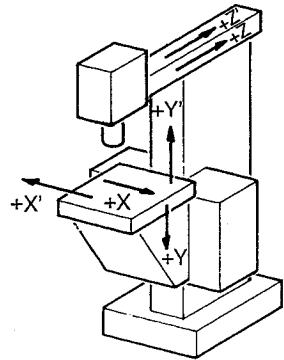
2.6. ábra. A munkadarab  
koordináta-rendszere



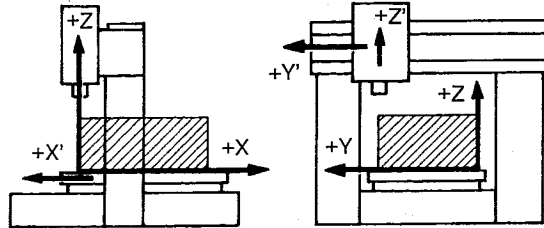
2.7. ábra. Eszterga koordináta-rendszere



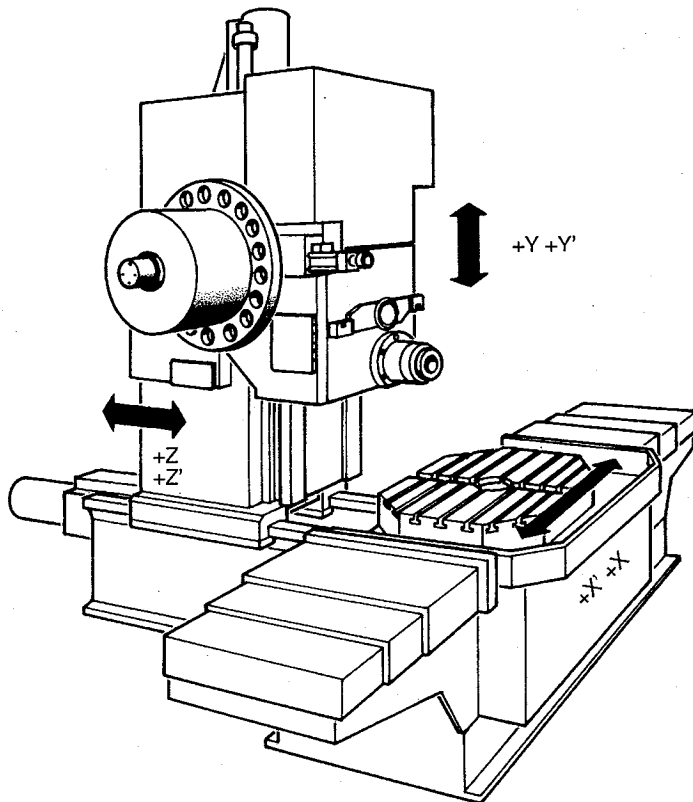
2.8. ábra. Fúrógép koordináta-rendszere



2.9. ábra  
Szerszámábrógép  
koordinátatengelyei



2.10. ábra. Kétoszlopos függőleges  
fűrőgép és marógép mozgásirányai



2.11. ábra. Megmunkálóközpont mozgásirányai

Másik fontos alapelv: **2. a Z tengely iránya mindig a szerszám fő mozgási (támadási) irányába mutat.** Az 1. és 2. alapelv ismeretében bármely szerszámgép koordinátatengely-irányait meg lehet határozni.

Eszterga koordinátatengelyei láthatók a 2.7. ábrán, ahol a munkadarab koordináta-rendszerét XZ-vel, a szerszámgép koordináta-rendszerét pedig X'Z'-vel jelöltük.

Hasonló módon szemlélteti a 2.8. ábra a fűrőgép koordináta-rendszerét: a 2.8a ábrán a gép és a koordináta-rendszerek, a 2.8b ábrán a munkadarab a saját koordináta-rendszerében látható. Ez a fűrőgép függőleges orsójú síkmarógépnek is tekinthető, ezért a marógép koordináta-rendszerét is tanulmányozhatjuk az ábrán.

A szerszámábrógépek kissé eltérnek a marógépektől, mert a gerendán lévő főorsó lehet vízszintes vagy függőleges, továbbá a gerenda az egyik mozgást is elvégzi (Z tengely). Ez a 2.9. ábrán látható, amely a vízszintes konzolos NC-marógép koordinátáirányait is tartalmazza, a különbség annyi, hogy a +Z' irányba megfordul.

Függőleges portálfűrőgép, illetve portálsíkmarógép koordinátatengely-irányait szemlélteti a 2.10. ábra.

Megmunkálóközpontok koordináta-rendszerei esetén a két fontos alapelv érvényben marad, de megjelenik a *többoldalas megmunkálási lehetőség*. Ilyenkor a G17, G18, G19 megmunkálási síkokat és a főorsó tengelyirányait is váltani lehet, ami a koordinátáirányok megváltoztatását jelenti.

Ugyancsak belépnek a *másodlagos, esetleg harmadlagos mozgások*, tehát a háromtengelyes megmunkálás mellett a négy- és öttengelyes megmunkálás is előfordulhat. A 2.11. ábra egyszerű megmunkálóközpont koordinátatengelyeit szemlélteti. Mivel a gép ún. *mozgótornyos*, a Z és Y tengely irányában a gépi és a munkadarab-koordinátáirányok megegyeznek.

## 2.3. NC-GÉPEK JELLEGZETES PONTJAI

A megismert három koordináta-rendszer kezdőpontjának (nullapontjának) viszonya a gép pontos működésének feltétele. Ez a három pont a következő.

**A gépi nullapont** az irányítórendszer méréstartományán belül elektronikus beállítható pont, amely a működő rendszer mérési bázisa (a gép koordináta-rendszerének a kezdőpontja). Jellege szerint a vezérlés lehet:

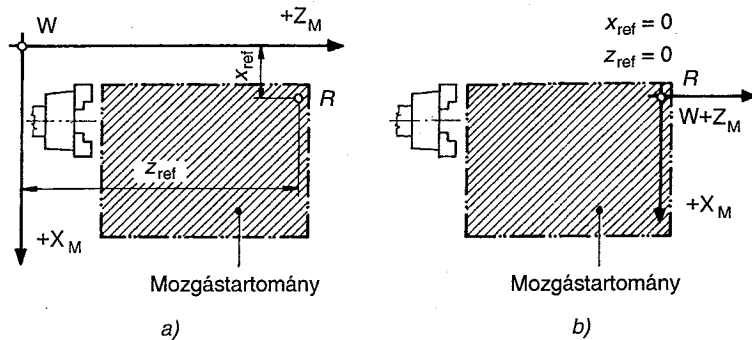
- lebegő nullapontos vezérlés, amikor a gépi nullapont a szerszámgép mozgástartományán kívül eső elméleti pont, a gépi koordináta-rendszer origója,
- fix nullapontos vezérlés (ez a gyakoribb), amikor a gépi nullapont a mozgástartományon belüli, rögzített pont, és egybeesik a referenciaponttal.

**A referenciapont** az NC-szerszámgép mozgástartományán belül villamos helyzetkapcsolókon keresztül rögzített pont, ahova a számokat vezérelve a ve-

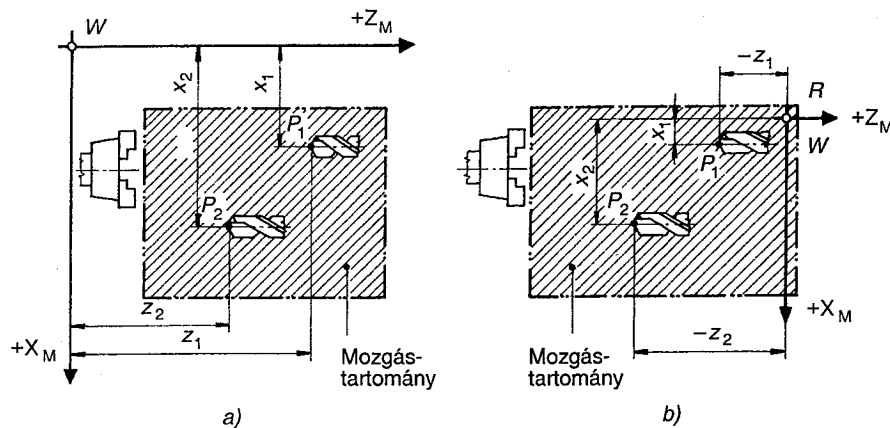


zérítés mérőrendszere felveszi a gépi nullapponthoz viszonyított koordinátaértékeket.

Az NC-szerszámgépek vezérlőrendszerének bekapcsolásakor a vezérlés értéktárolói üresek, nullát vagy valamilyen állandó számértéket tartalmaznak. A számok bármilyen helyzetében kapcsolják be a vezérlőrendszert, az értéktárolóban, illetve a kijelzőben mindig ugyanazok az értékek jelennek meg. Az NC-szerszámgép ebben az állapotban nem alkalmas üzemszerű működésre. Bekapcsolás után először a referenciapontra kell vezérelni a szánokat, hogy a mérőrendszer felvehesse a gépi nullapontokhoz viszonyított koordinátaértékeket, és azokat az útértéktárolóba beírhatta. A referenciapontra való távozás után a mérőrendszer és a szabályozóköron keresztül a szerszám beállított élpontja a gépi koordináta-rendszerben megadott korodinátaértékekre áll. A referenciapontra állás külön üzemmód, minden NC-szerszámgépen megtalálható.



2.12. ábra. Vezérlés és referenciapont  
a) lebegő nullapontos vezérlés; b) fix nullapontos vezérlés



2.13. ábra. Méretmegadás  
a) lebegő nullapontos; b) fix nullapontos vezérlés esetén

A fix nullapontos és a lebegő nullapontos vezérlés gépi nullapontját a 2.12. ábra szemlélteti. A lebegő nullapontos vezérléskor az X tárolóba az  $x$  referenciaérték, míg a Z tárolóba a  $z$  referenciaérték íródik. Ez a folyamat zajlik le fix nullapontos vezérléskor is, de itt a tárolók nullázódnak, mivel a  $z$  referencia =  $x$  referencia = 0.

A gépi nullapont felvétele után a tárolt, ill. a kijelezhető koordinátaértékeket különböző megmunkálási helyzetekben a 2.13. ábra szemlélteti. Az irányítás-technikailag szükséges gépi nullapont programozása nagyon körülményes.

Megmunkálóközpontokon, ha a gép szerszámcsereével és asztalcsereével van felszerelve, akkor nem egy gépi nullapont van, hanem több.

Másodlagos nullapont a szerszámcsere, harmadlagos nullapont az asztalcsere nullapontja.

Elsődleges gépi nullapontból – szintén a megmunkálóközpontokra jellemző – többet lehet meghatározni. Ez a többoldalas, illetve több nullapontos munkadarabok megmunkálása esetén fontos.

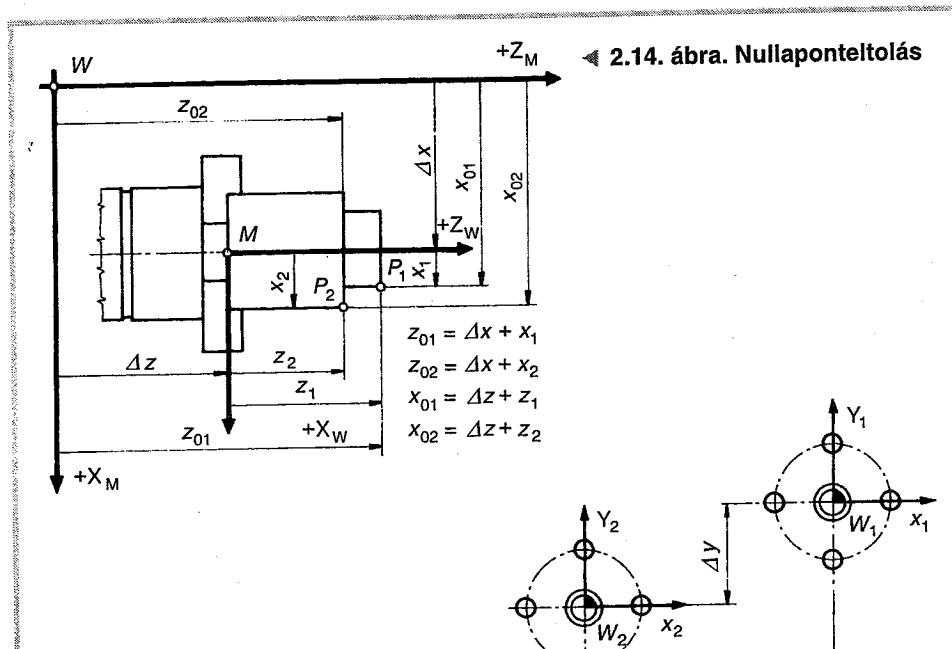
A **munkadarab-nullapont** a programozás során alkalmazott pont, amely a munkadarab koordináta-rendszerének kezdőpontja. A munkadarab koordináta-rendszerét a programozó határozza meg (irányai a jobbkezes-szabály szerinti) úgy, hogy a munkadarab természetes (rajz szerinti) méretei legyenek a koordinátaértékek. Az ilyen nullapont-elhelyezés nagymértékben könnyíti a programozó munkáját. Ellenkező esetben a méreteket át kell számítani és ez hibalehetőséget jelent.

## 2.4. NULLAPONTELTOLÁS, NULLAPONTFELVÉTEL

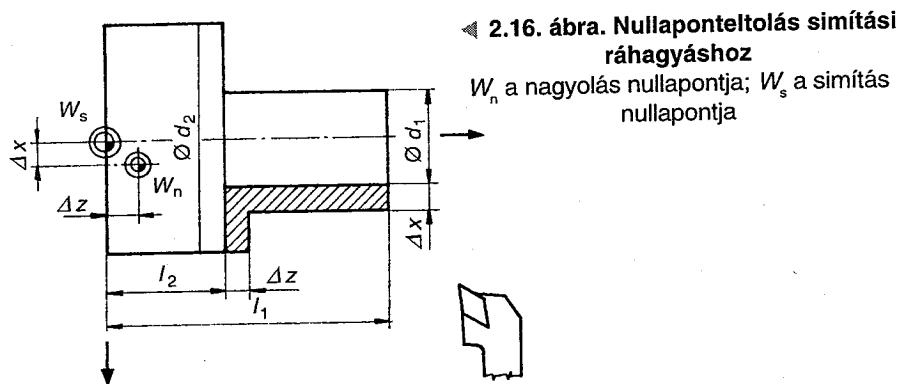
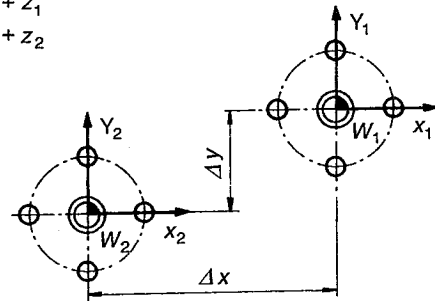
**Nullaponteltolás.** A munkadarab-nullapont és gépi nullapont közötti kapcsolatot a 2.14. ábrán látható.

A gépi és a munkadarab-koordináta-rendszer közötti eltérés  $\Delta x$  és  $\Delta z$  koordinátánként állandó érték. A vezérlés géprendszer a gépi koordináta-rendszerben dolgozik, a program geometriai adatait a munkadarab-koordináta-rendszerben határozták meg, ezért a  $\Delta x$  és a  $\Delta z$  értékek az ún. *nullapont-eltolási értékek*. Ezeket az értékeket a vezérlés hozzáadja a programozott – a munkadarab-koordináta-rendszerében meghatározott – koordinátaértékekhez ( $x_1, x_2, z_1, z_2$ ).

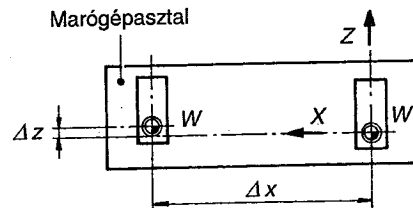
A nullapont-eltolási értékek a nullaponttárolókba (regiszterek) lesznek beírva. Régi KNC-vezérlés esetén ezt a műveletet kézi adatbevitellel, dekádkapcsolókkal lehetett elvégezni (ez volt az aritmetikai nullapontmegadás). A mai CNC-vezérléseknél címezhető regiszterek tartalmazzák a nullapont értékeit. A regiszterek tartalmát a programból írhatjuk át. A nullapont-eltolási programmondat beolvasása nem eredményezi a szán mozgását, hanem csak a regisztertartalom átírását, amelynek megfelelően a szán az első mozgási utasítást tartalmazó mondat végrehajtása során mozog (ezt nevezzük *transzformációs nullaponteltolásnak*).



2.15. ábra. Nullponteltolás ismétlődő alakzatok esetén ▶



2.17. ábra. Két befogókészülékes marógépasztal ▶



A nullponteltolás segítségével a programozási munka egyszerűsíthető:

- ismétlődő alakzatok programozása,
- simítási ráhagyások létrehozása,
- több azonos munkadarab (készülék) egy asztalra rögzítése esetén.

Ha egy alkatrészen azonos geometriai alakzatok találhatók, akkor a megmunkáláshoz nem kell újra és újra elkészíteni a megmunkálóprogramot, hanem elegendő az alakzatok közötti távolságot meghatározni, ezeket előjelhelyesen nullponteltolásként értelmezni. A nullponteltolás után a 2.15. ábra szerint a  $W_1$  munkadarab-nullpontból megírt programot a  $W_2$  nullponttól meg kell ismételni, így a programozás lényegesen egyszerűsíthető.

A nullpont-beállítás sikeresen alkalmazható simítási ráhagyáshoz. A 2.16. ábrán a nagyoláskor a simítási ráhagyásnak megfelelő  $\Delta x$  és  $\Delta z$  nullponteltolással esztergálható a munkadarab, majd a nullpontot az eredeti helyre visszatolva a simítás elvégezhető.

Ha több, kisebb méretű és rövid megmunkálási idejű munkadarabot kell készíteni, akkor ugyanazzal a programmal munkálhatók meg úgy, hogy mind-egyikhez saját nullpontot rendelünk hozzá (2.17. ábra).

**Nullpontfelvétel.** Az NC-gép bekapcsolásakor a regiszterek tartalma és a szárok tényleges helyzete között nincs azonnali és közvetlen kapcsolat, ezért a regiszterek tartalmát és a tényleges szárhelyzetet egyeztetni kell. Ezt a tevékenységet nevezzük nullpontfelvételnek (*gépi nullapont*). A szerszámgép szárait automatikusan, vagy kézi vezérléssel célszerűen választott, vagy a gép szerkezeti kialakítása által megadott helyzetbe visszük, majd ebben a helyzetben a regiszterekbe automatikusan, vagy kézi adatbevitellel alkalmásan választott értékeket írunk be.

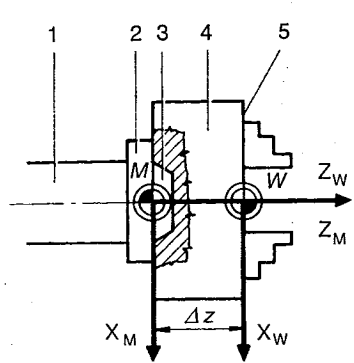
Esztergán fix nullpontos vezérlés esetén a nullpontfelvétel a koordinátairányonkénti referenciapontra állást jelenti. Lebegő nullpont esetén a szárn bármely pozíciójában felvehetjük a gépi nullpontot, csak az adott helyen nullázni kell az elmozdulásregisztereket koordinátairányonként.

Marógépekhez a módszer azonos az esztergánál ismertetett folyamattal, csak a koordinátairányok száma lehet több.

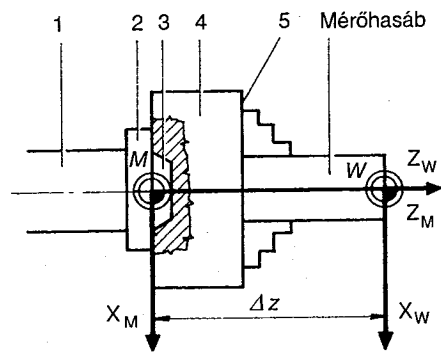
Megmunkálóközpontokon, ahol szerszámcsere és esetleg asztalcserélő is van, több gépi nullpont is lehet. Az elsődleges nullpont (amit eddig megismertünk) mellett megjelenik a másodlagos és a harmadlagos nullpont is.

A másodlagos nullpont a szerszámcsere pozíciója, a harmadlagos nullpont az asztalcserélési pozíció. Mindezek a helyek rögzített értékek, melyekre az üzemelés közben szükség van.

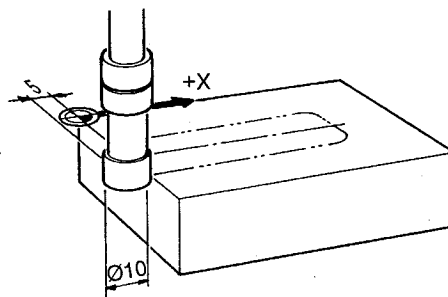
*A munkadarab nullpontjának a beállítása* az a nullponteltolás, amelynek az elméletét már ismerjük. A gépi nullpont a munkadarab nullpontjába csak akkor helyezhető át, ha a munkadarab nullpontjának a helyét a gép munkatereiben megkeressük.



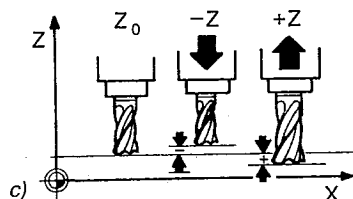
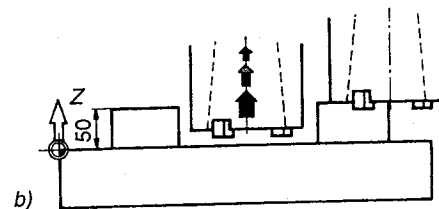
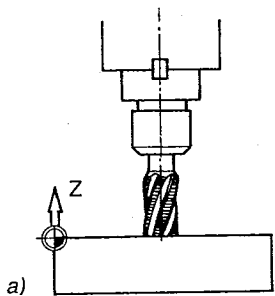
◀ 2.18. ábra. Nullapont az ütközési felületen  
1 főorsó; 2 főorsóperem; 3 központozó kúp;  
4 tokmány; 5 ütközési bázis;  $M$  a gép  
koordináta-rendszerének nullpontja;  $X_M, Z_M$   
a gép koordináta-rendszerének tengelye (ebben  
dolgozik a gép);  $W$  a munkadarab koordináta-  
rendszerének nullpontja;  $X_W, Z_W$  a munkadarab  
koordináta-rendszerének tengelye



2.19. ábra. Nullapont a munkadarab  
homloklaplületén



2.20. ábra. A nullapontindikátor



2.21. ábra. Nullapontfelvétel  
a) érintéssel; b) több szerszám esetén;  
c) főorsóval

Ez két módon lehetséges:

- a munkadarab-befogó készülék nullpontjának megérintésével (közvetlen vagy közvetett módon)
- a befogott munkadarab megérintésével.

Az eszterga befogókészüléke többnyire esztergatokmány, így valamelyik ütközési bázisát lehet nullapontként felhasználni (2.18. ábra).

Az ütközési bázist a szerszámtartóba befogott és ismert méretű szerszámmal kézi üzemmódban érintjük (általában inkrementálisan 1 mm-es, 0,1 mm-es vagy 0,01 mm-es lépésekben) és amikor befejeződik, a méretkijelzőn szereplő érték lesz a nullaponteltolás értéke. Az ábrán ez  $\Delta z$  (amit a vezérlésbe kell beírni). A másik irányban a forgástengelyt kell megkeresni pl. ismert méretű munkadarab befogásával és átmérőjének megérintésével.

Ha a nullapont a munkadarab homloklaplületén van (2.19. ábra), akkor a munkadarab hosszmeretét megtestestítő mérőhasábot kell az ütközési bázishoz támasztani és azt kell az előbb leírt módon megérintve a munkadarab nullpontját rögzíteni.

Marógépen a gép asztalára felfogott munkadarab, vagy a munkadarab-befogó készülék nullpontját kell megkeresnie a gépkezelőnek.

A legegyszerűbb és leggyorsabb nullapontkereső eszköz a *nullapont-indikátor*. Az indikátor két részből álló tűske, amely a főorsóba van befogva (2.20. ábra). A két részt rugó fogja össze. A két rész egytengelyűen forog. Amikor az indikátor megérinti a munkadarab valamely ismert felületét, akkor az alsó rész a felülethez képest határozottan eltolódik, és a körszűrű felületen megfigyelhető fénycsíkok megtörnek. Az ábrán az X irányú érintése látható 10 mm-es nullapont-indikátorral, a főorsó pozíciója az érintéskor tehát  $x - 5$ .

Az Y irányt hasonlóan kell bemérni.

A harmadik, a Z tengely irányában is fel kell venni a nullapontot.

1. a főorsóba befogott szerszámmal és a munkadarab felületének megérintésével vagy
2. a főorsó homloksíkjának felhasználásával.

1. A főorsóba befogott szerszámmal megérintjük a munkadarab felületét (2.21a ábra), majd a Z tengelyt nullázzuk.

Ennek a szerszámnak tehát a hosszát nullára vettük. A módszer gyors és jól használható, ha csak egy szerszámmal dolgozunk.

Több szerszám esetén mindegyik szerszámmal meg kell érinteni a munkadarabot, de az első szerszám (vezérszerszám) után a Z tengelyt nullázzuk, a többi szerszám esetén az érintési pozícióknak az értékeit (amelyeket a kijelző mutat) kell a szerszámhossz korrekciós tárába beírni (2.21b ábra).

A módszer hátránya, hogy ha a vezérszerszám mérete változik, az összes szerszám méretét módosítani kell.

2. Szerszám nélkül a főorsó homloklaplületét (a szerszám ütköztetési bázisát) hozzuk kapcsolatba a munkadarab felületével pl. 50 mm-es mérőhasáb alkalmazásával (2.21c ábra).

## 2.5. SZERSZÁMKORREKCIÓ

A programozott útinformációk a szerszámmérettől függetlenek, mivel a program írásakor csak a szerszám típusát határozzuk meg, a méreteit nem (vagy csak részben) ismerjük. *A vezérlésnek azt a szolgáltatását, hogy a szerszám tényleges (valóságos) méreteit vegye figyelembe, szerszámkorrekciónak nevezük.*

A szerszámkorrekció lehet

- szerszámméret-korrekción, amely a szerszámnak a programozás szempontjából jellegzetes hossz- vagy sugárirányú méretével azonos nagyságrendű,
- szerszámkopás-korrekción, amely a szerszám kopását veszi figyelembe és legfeljebb 1 mm nagyságú.

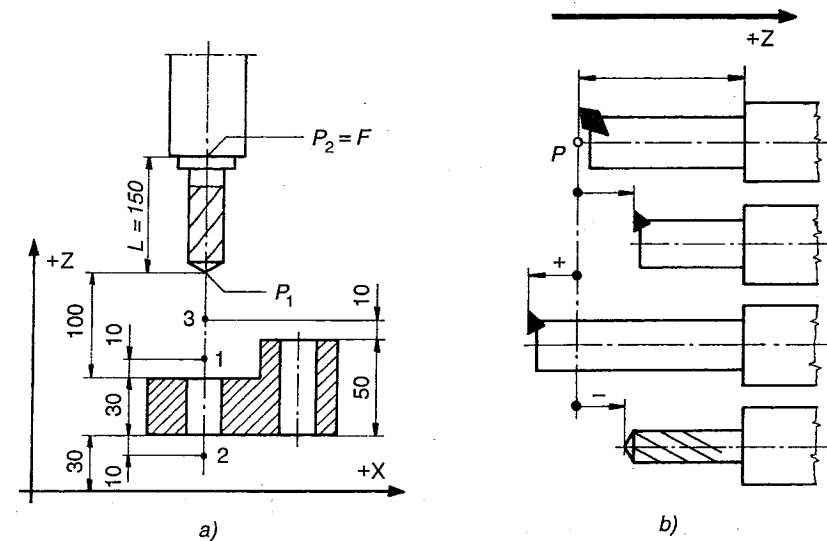
A **szerszámméret-korrekción** során a szerszámok méreteit megmunkálás előtt közöljük a vezérléssel, és így az útinformációk számításához nem kell figyelembe venni e méreteket, vagyis a programban az elkészítendő munkadarab kontúrját írhatjuk le.

*Fúrógépeken és fúró-maró műveken a furatok megmunkálásához célszerű szerszámhossz-korrekción elvét szemlélteti a 2.22. ábra.*

Az ábrán számpélda látható három különféle gépre, de ugyanannak a munkadarabnak a megmunkálására. Az 1 gép abszolút programozású, szerszámhossz-korrekción. A programozott pont a  $P_1$  szerszámcsúcs. A 2 gép szintén abszolút programozású, de itt nincs hosszkorrekció, ezért a  $P_2$  programozott pont nem a szerszámon, hanem az orsó  $F$  homloklapján van. Ha megdölgük, hogy egyetlen munkadarabhoz általában több, különböző hosszúságú szerszám kell, akkor nyilvánvaló a hosszkorrekció előnye; a programozónak nem kell számolnia a szerszámoként változó hosszúságokkal. Természetesen a szerszámok hosszúságát megmunkálás előtt közölni kell a vezérléssel! Az ábra szerinti 3 gép növekményes programozású. Több egymást követő szerszám használatakor – ha a szerszámhosszak különbözők, és nincs korrekciós lehetőség – növekményes méretmegadás esetén az egymást követő szerszámok hosszeltéréseit kell figyelembe venni az útinformációk számításakor, mert a hosszeltérések befolyásolják a szerszámváltás (vagy csere) után megteendő első útszakasz nagyságát.

A különböző hosszúságú szerszámok hosszúságából adódó méreteltérések kiküszöbölésének másik elvét a 2.22b ábra szemlélteti. A programozó minden szerszámnál azonos  $L$  hosszát vesz figyelembe (pl. a leggyakrabban szükséges szerszámok hosszát). A tényleges és a programozásnál figyelembe vett érték különbségét a vezérléssel közli, irány és nagyság szerint.

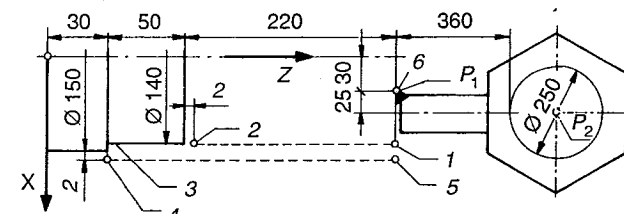
*Esztergán a szerszámméret-korrekción hossz- és keresztirányban egyaránt értelmezhető. A 2.23. ábrán az 1 gép abszolút programozású, szerszámméret-korrekción, tehát a  $P_1$  szerszámcsúcs a programozott pont. A 2 gépen nincs korrekciós lehetőség (ma már ilyen vezérlés nincs, de a példa jól szemlélteti a korrekció előnyét), ezért pl. a  $P_2$  revolverfej-középpontot kell programozni. A 3*



2.22. ábra. Szerszámhossz-korrekción forgó szerszámú gépen

a) számpélda; b) elvi ábra

Sorszám	Abszolút		Növekmény
	1. gép	2. gép	
1	70	220	-90
2	20	170	-50
3	90	240	+70



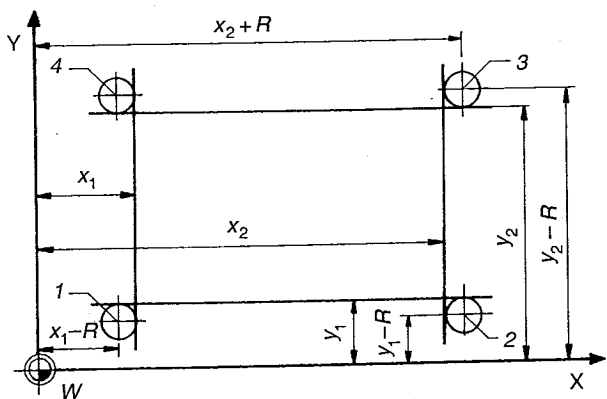
2.23. ábra. Szerszámméret-korrekción esztergán

Sorszám	Abszolút		Növekmény	
	1 gép	2 gép	± ΔX	± ΔZ
1	X 140	Z 190	+40	-
2	-	82	-	-128
3	-	30	-	-52
4	154	-	+7	-
5	-	300	-	+270
6	60	110	-47	-

gép növekményes programozású (lebegő nullapontos). Minden mozgásszakaszra csak azt az útinformációt adtuk meg, amelyik irányban az elmozdulás történik, továbbá abszolút programozásnál keresztirányban átmérőméreteket írtunk elő (az ábrán a 6 pont az indulási hely).

Az esztergák vezérlőberendezéseinek egy részénél szintén elterjedt a különböző méretű szerszámok eltéréseinek a 2.22b ábra szerinti korrekciós kiküszöbölése, azzal a különbséggel, hogy a programozott pontot az alapszerszám csúcspontjában célszerű felvenni.

Marógépeken a szerszám pályája függ a marószerszám átmérőjétől. Ha a vezérlés szerszámméret-korrekciós, akkor a munkadarab méreteit lehet programozni. A vezérlés a beállított korrekció értékének és a programban előírt előjelének figyelembevételével határozza meg a szerszám pályát.



2.24. ábra. Marógépek szerszámsugár-korrekciója

Ha a vezérlésnek nincs korrekciós lehetősége, akkor a négyzögciklusmarást kell megadni (2.24. ábra). A szerszám mozgást a szerszámközpont elmozdulásával programozzuk.

Az 1 pont az alakzat bal alsó sarkától egyaránt balra és lefelé egy-egy szerszámsugárnyira van. Koordinátaértéke:  $x = x_1 - R$ ;  $y = y_1 - R$ .

A szerszám 2 pontba mozgása közben megmunkálja a téglalap alakzat alsó élet. A célhelyzet:  $x = x_2 + R$ ;  $y = y_1 - R$ .

A szerszám valóságban:  $L = x_2 - x_1 + 2R$  utat tett meg. Az alakzat körüljárása során a szerszám a 3 pontba kerül, amelynek koordinátája:  $x = x_2 + R$ ;  $y = y_2 + R$ .

A megmunkálás befejeződik, amikor a szerszám a 4 ponton, az  $x = x_1 - R$ ;  $y = y_2 + R$  ponton keresztül a kiinduló 1 pontba visszatér.

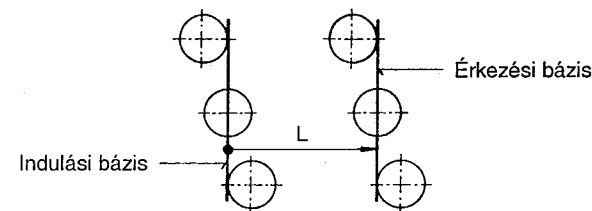
Ha a 2.24. ábrán látható abszolút programozású, szerszámméret-korrekciós vezérléssel kell megvalósítani, akkor az ábra szerint  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  méreteket kell megadni. A korrekciós igények:  $+R$ ,  $-R$ ,  $0$ .

Növekményes méretmegadás esetén az indulási és érkezési bázis közötti távolságot kell előjelhelyesen előírni. A 2.24. ábra jelöléseivel és azzal a megjegyzéssel, hogy az indulás és befejezés a koordináta-rendszer  $W$  pontjában van, az előírandó koordináták:

W:	$x = 0;$	$y = 0$
1:	$x = x_1 - R;$	$y = y_1 - R$
2:	$x = (x_2 - x_1) + 2R;$	$y = 0$
3:	$x = 0$	$y = (y_2 - y_1) = 2R$
4:	$x = -(x_2 - x_1) + 2R;$	$y = 0$
I:	$x = 0;$	$y = -(y_2 - y_1) + 2R$
W	$x = -(x_1 - R);$	$y = -(y_1 - R)$

Az indulási és érkezési bázis értelmezése látható a 2.25. ábrán.

A bázisokhoz képest indulásnál is, érkezésnél is három különböző helyzet foglalhat el és ettől függően változik a szerszámközpont által megtett útszakasz nagysága:  $L$ ,  $L + R$ ,  $L - R$ ,  $L + 2R$ ,  $L - 2R$ .



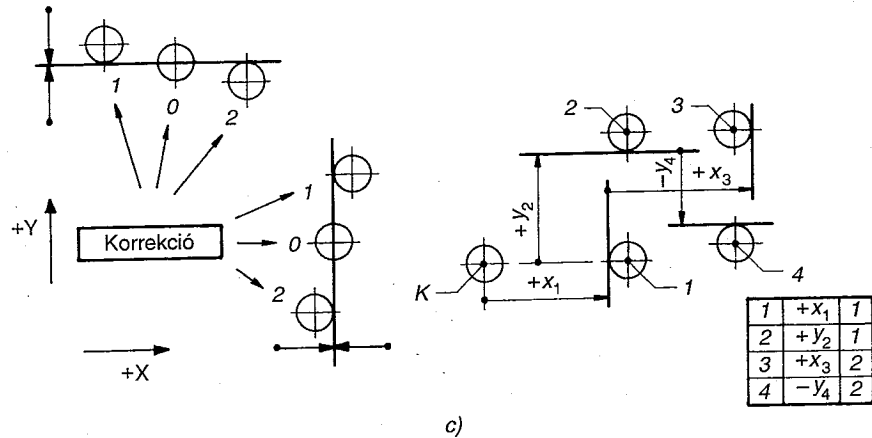
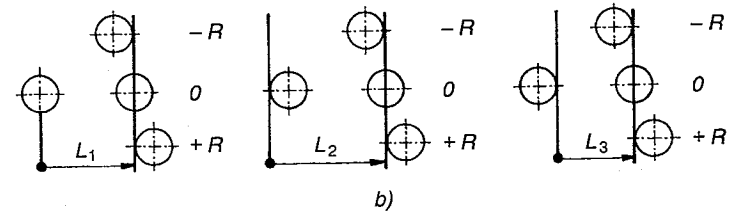
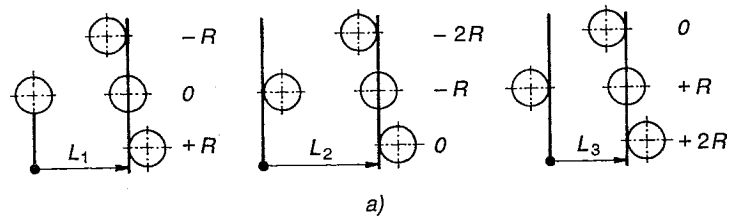
2.25. ábra. Az indulási és érkezési bázis értelmezése

A korrekció megadásának többféle módja lehet:

- A korrekció a megtett útszakasz és a programozott bázistávolság különbségeként számítható (2.26a ábra);
- A korrekció a szerszámközpont érkezési helyzetétől függ (bázis előtt  $-R$ , bázison  $0$ , bázison túl  $+R$ ), ahogyan a 2.26b ábra szemlélteti;
- Korrekcióként azt kell megadni, hogy a szerszám az érkezési bázison, felette vagy alatta, illetve annak jobb vagy bal oldalán foglal-e helyet, függetlenül a mozgásiránytól (2.26c ábra). A korrekció önkéntes jelei:  $0$ ,  $1$ ,  $2$ .

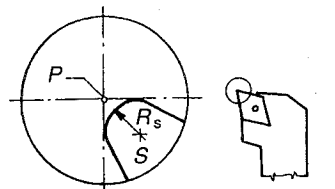
Egyszerűen belátható, hogy a korrekcióval dolgozó marógépekkel (természetesen az esztergákkal is) a nagyolás és a simítás ugyanazon útinformációkkal (programmal) végezhető, csak a korrekciós értékeket kell megváltoztatni a simítási ráhagyásnak megfelelően.

*Csúcssugár-korrekció.* Az eddigiek során pl. esztergáláskor feltételeztük, hogy a programozott pont a szerszám csúcspontja. Ha mérőmikroszkóp segítségével megvizsgáljuk a szerszám csúcsát, akkor a 2.27. ábrán vázoltakat látjuk.

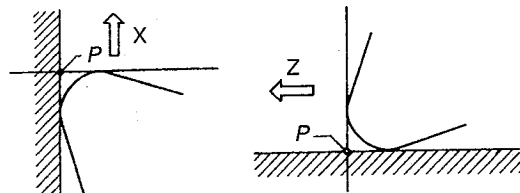


2.26. ábra. Korrektó meghatározása

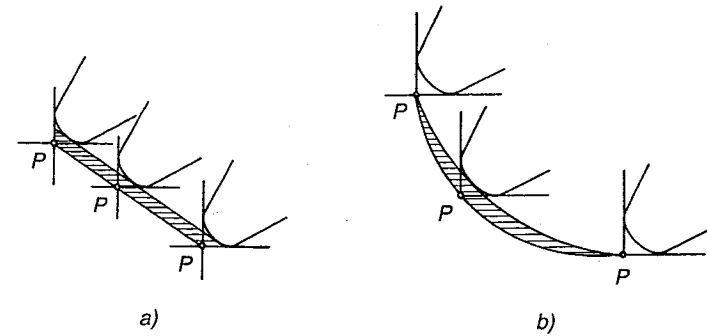
a) a megtett útszakasz és bázistávolság különbségeként; b) a szerszámközpont érkezési helyzete szerint; c) az érkezési bázishoz viszonyított helyzet szerint



2.27. ábra. A szerszámsugár



2.28. ábra. A programozott pont vezetése a tengelyekkel párhuzamosan



2.29. ábra. Profilhiba  
a) kúpsztergálás; b) körív esztergálása esetén

Egyszerű, a koordinátatengelyekkel párhuzamos körvonalak programozása esetén általában elegendő, ha a P pont pályáját számítjuk ki (2.28. ábra).

Mivel a szerszámél alakmeghatározó érintői az X, illetve a Z tengelyekkel párhuzamosak, a P pont pedig a két egymásra merőleges érintőn fekszik, a P pont pontosan az egyenes munkadarab-útvonalon mozog.

Kúp vagy körív megmunkálása esetén a P pont programozásával a munkadarab kontúrján torzulások lépnek fel (2.29. ábra).

Az adott forgácsolási előtolásnak a koordinátatengelytől való elhajlása szerint a hiba kisebb vagy nagyobb lesz.

A legnagyobb eltérés az előírt profiltól 45°-os kúp esztergálásakor lép fel, mert itt van a P programozott pont a legtávolabb a forgácsolóponttól (2.30. ábra).

$$b_{\max} = \overline{PS} - R$$

$$\overline{PS} = \sqrt{R^2 + R'^2} = R\sqrt{2}$$

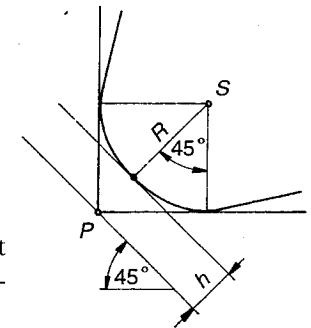
$$b_{\max} = R\sqrt{2} - R = R(\sqrt{2} - 1)$$

$$b_{\max} = 0,42R$$

ahol  $b_{\max}$  a maximális hiba;  $\overline{PS}$  a programozott pont és a szerszámsugár középpontjának távolsága;  $R$  a szerszám lekerekítési sugara.

A hibák miatt a pályamozgások programozása során a P pontot programozni nem szabad. Ehelyett inkább olyan ponttal kell számolni, amely a szerszám forgácsolópontjától mindig azonos távolságra van. Ez a pont a csúcsgugár középpontja (2.30. ábrán az S pont).

Mivel különböző csúcsgugárú szerszámokkal dolgozhatunk, a csúcsgugárral eltolt kontúr kezeléséhez (pályaadatok meghatározásához) a vezérlésnek szüksége van az  $R$  csúcsgugár értékére. Ez a csúcsgugár-korrektó, amelynek elsősor-



2.30. ábra. A hiba meghatározása

ban a pályavezérléseknél van jelentősége. A csúcssugárral eltolt pályát nevezük *egyenközű vonalnak (equidisztansnak)*.

**A szerszámkopás-korrektció** a szerszámok kopásából és a beállítási pontatlanságokból adódó méretváltozások kompenzálását teszi lehetővé. Elsősorban simítószerszámokhoz indokolt. Például külső hengeres felületnél legyen:

$x_p$  a programban előírt és megvalósítani kívánt sugárérték,  
 $D_m$  megmunkálás után a munkadarabon mért átmérőérték;  
 akkor a kopáskorrektció értéke:

$$\Delta x_k = x_p - \frac{D_m}{2}$$

A kopáskorrektció láthatóan előjeles érték, ha  $D_m$  nagyobb, mint  $2x_p$ , akkor negatív előjelű lesz. A gyakorlatban a kopáskorrektciót növekményes méretmegadással veszik figyelembe. Beadáskor a szerszámméret-korrektciós tár tartalmát módosítja.

## 2.6. JELLEGZETES MOZGÁSTÍPUSOK ÚTINFORMÁCIÓI

A jellegzetes mozgástípusok azok a vezérlések által megvalósítható geometriák, amelyek elsősorban a hagyományos NC-vezérléseknél fordulnak elő. Ezeket a vezérléseket aszerint csoportosítottuk, hogy működésük közben milyen jellegű elmozdulásokat tudnak létrehozni (2.31. ábra).

*Pontvezérlés* esetén megmunkálás csak a koordináta-rendszer adott pontjában folyik. Két pont közötti mozgás az alapmeghatározás szerint csak a tengelyekkel párhuzamosan lehetséges.

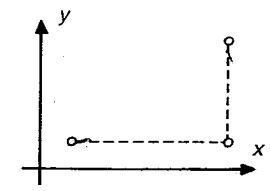
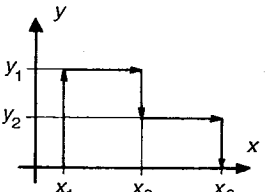
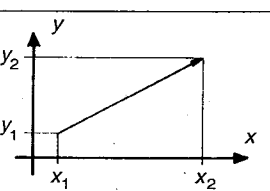
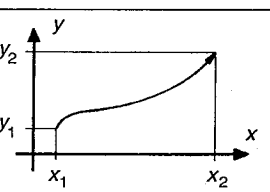
*Szakaszvezérlés* esetén már a tengelyekkel párhuzamos mozgás mentén is lehetséges megmunkálás.

A szerszámgép mechanikai felépítése szempontjából van, a vezérlés szempontjából nincs különbség pont- és szakaszvezérlési feladat megvalósítása között.

A *kiterjesztett szakaszvezérlés* esetén már a tengelyekkel szöget bezárva, lineáris matematikai feladatnak megfelelően is végezhetünk megmunkálást. Ehhez a vezérlésben már lineáris interpolátorra van szükség.

A *pályavezérlés* megfelelő szerszámgépek esetén a tengelymozgások között másod- vagy magasabb fokú összefüggések létrehozására is képes. A gépipari gyakorlatban másodfokú görbékkel általában minden munkadarabkontúr leírható, illetve előállítható.

Ha a tárgyalt mozgásokat jellegzetes főtípusokra vetítjük, akkor az alkalmazásokat kapjuk.

Vezérléstípus	Mozgásviszony	Szerszám	Alkalmazás
Pont-vezérlés	 Interpolátor nem szükséges	Pozicionálásnál a szerszám nincs fogásban	Fúrás pont-hegesztés
Szakaszvezérlés	 Interpolátor nem szükséges	Két pont közötti megmunkálás is lehetséges	Esztergálás (palást) Marás (a tengelyekkel párhuzamosan)
Kiterjesztett szakaszvezérlés	 Hajtóművonszolással vagy lineáris interpolátorral	Megmunkálás a két tengellyel szöget bezárva	Esztergálás (kúpos) Marás (tetszőleges egyenes szakaszok)
Pályavezérlés	 Pályainterpolátor (2. fokú függvény szerint)	Megmunkálás tetszőleges görbe mentén	Esztergálás Marás Lángvágás (tetszőleges kontúr mentén)

2.31. ábra. Vezérlésfajták és az általuk megvalósítható mozgásviszonyok

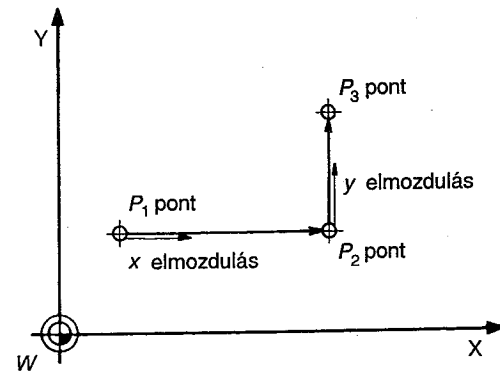
Vezessük be a következő jelöléseket:

- P** Point (pontvezérlés),
- L** Line (szakaszvezérlés),
- C** Contur (pályavezérlés).

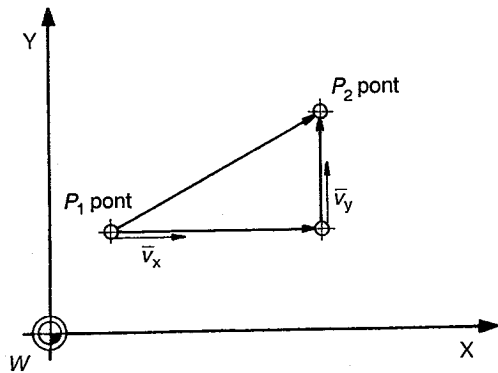
Ezek után néhány alapvető géptípus vezérlése a következő (a számok a különböző koordináták mentén vezérelt mozgások számát jelentik):

fúrógépek:  $2P$  vagy  $2P + L$ ,

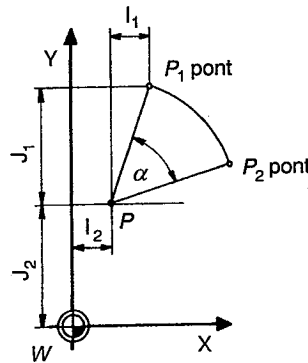
marógépek:  $2L$  vagy  $3L$  vagy  $2C + L$ ,



2.32. ábra. A pontvezérlés mozgásviszonyai



2.33. ábra. A kibővített szakaszvezérlés mozgásviszonyai



2.34. ábra. A pályavezérlés mozgásviszonyai

Gép	Vezérlés	X	Y	Z	I	J	K
Fúrógépek	2P	■	■				
	2P + L	■	■	■			
Marógépek	2L	■	■				
	3L	■	■	■			
	2C + L	■	■	■	■	■	
Esztergák	3C	■	■	■	■	■	■
	2L	■		■			
	2C			■			■

2.35. ábra. Jellegzetes géptípusok és a pozicionális módok útinformációi

esztergák:  $2L$  vagy  $2C$ ,  
 megmunkálóközpontok:  $2P + L$  vagy  $2C + L$  vagy  $3C + L$  vagy  $4C$  vagy  $5C$ .  
 A 2.31. ábra segítségével tekintsük át a mozgásviszonyokat.

**Pontvezérlés** esetén az útinformációkat egy méretszóval ( $X$  vagy  $Y$ ) kell megadni. A viszonyokat az  $XY$  síkban vizsgáljuk, de az elmondottak értelemszerűen vonatkoznak az  $XZ$  és az  $YZ$  síkokra is. A mozgásokat a 2.32. ábra tartalmazza.

A  $P_1$  pont az indulási pont, a  $P_2$  pont a célhelyzethez ( $P_3$  pont) tartozó ponttal azonos  $x$  értékű közbenső pont. A  $P_3$  pont a célhelyzet.

**Szakaszvezérlés** esetén az útinformációkat csak egyetlen ( $X$  vagy  $Y$ ) méretszóval szabad megadni. A mozgások tehát azonosak a 2.32. ábrán látható mozgásokkal.

**Kibővített szakaszvezérlés** esetén általában lineáris interpoláció programozható. Ilyenkor a programmondatt két méretszót ( $X$  és  $Y$ ) tartalmaz. A kívánt elmozdulás a  $u_x$  és  $u_y$  sebességű mozgások eredője. A mozgásviszonyokat a 2.33. ábra szemlélteti.

A  $P_1$  pont az indulási helyzet, a  $P_2$  pont a célhelyzet. Az adott meredekségű egyenes létrehozása az interpolátor feladata, amely az előtolás ismeretében meghatározza a  $u_x$  és  $u_y$  sebességeket úgy, hogy az érkezési pont a  $P_3$  legyen.

**Pályavezérlés** esetén általában lineáris és körinterpoláció programozható. Az  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  tengelyekhez rendre az  $I$ ,  $J$ ,  $K$  interpolációs adatok tartoznak. Háromnál több tengelyes megmunkálás esetén (megmunkálóközpontok) az  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  tengelyekhez tartoznak még tengelyforgatási adatok is. Ezeket rendre  $A$ ,  $B$ ,  $C$ -vel lehet jelölni. A pályavezérlés mozgásviszonyait a 2.34. ábra szemlélteti körinterpolációs példa alapján.

Körinterpolációhoz meg kell adni az interpolációs adatokat is. Ezek értelmezése vezérléstől függően változik. Az ábrán két értelmezés is látható. Az egyik értelmezés szerint az interpolációs útatad  $X$  irányban az  $I_1$  pont, amely a  $R$  körközepppont és a mozgás  $P_1$  kezdőpontja közötti távolság. Ugyanez  $Y$  irányban  $J_1$ . Másféle vezérlésekhez a kör középpontjának koordinátáit kell megadni interpolációs útatadként. Ez itt  $I_2$   $X$  irányban és  $J_2$   $Y$  irányban.

Körinterpoláció esetén tehát **négyzetadatot** kell programozni ( $X$ ,  $Y$ ,  $I$ ,  $J$ ). Lehetőség van az  $\alpha$  szög programozására is, ahol  $\alpha$  radiánban van.

A 2.35. ábra összefoglalja, hogy a jellegzetes géptípusokhoz milyen útinformációk megadására van szükség.

**Interpoláció.** Az interpolátor feladata az egyidejű elmozdulások közötti függvénykapcsolat létrehozása. Alkalmazásával az egyenesből és körívekből felépített kontúr követhető a szerszámmal.

Az interpolátorral szemben támasztott követelmények:

- jól közelítse meg az előírt kontúrt,
- a létrejövő mozgatási sebesség széles határok között legyen változtatható,
- a programozáshoz szükséges adatok száma kevés legyen,
- a kitűzött végpontot pontosan érje el.



E követelményeknek a digitális elven működő, a sebességkomponensek numerikus integrációján alapuló DDA- (Digital Differential Analyzer = digitális differenciák analízise) interpolátor felel meg.

A DDA-interpolátor az egyenes tengelyek mentén mozgó szánok hajtóművei számára külön-külön *hajtásimpulzusokat* állít elő. Egy hajtómű egy impulzus hatására egy növekménnyel (inkremenssel) mozdítja el a szánt. Meghatározott időegység (pl. 1 ms) alatt kiadott impulzusok száma megfelel az adott tengely menti mozgató sebességnek (pl. 1 inkremens =  $\Delta s$ ;  $\Delta s = 1 \mu\text{m}$ ; 1 ms alatt kiadott impulzusok száma az  $x$  tengely mentén  $10^3$ , akkor az  $x$  tengely mozgási sebessége  $10^3 \mu\text{m}/1 \text{ms}$ ; átszámolva ez  $1 \text{m/s}$ ).

Ha több tengely hajtóművének azonos időben adunk impulzusokat, akkor a tengelyekkel szöget bezáró ferde irányú mozgás jön létre. Elegendő rövid ferde szakaszt sorba fűzve (meghatározható hibaeltéréssel) megközelíthetők az előírt görbe kontúrfelületek. A gyakorlatban két kontúrelem-közelítés fontos, az egyenes interpolációja és a kör interpolációja.

*Lineáris interpoláció.* Tételezzük fel, hogy a szerszámot a 2.36. ábra  $P_A$  és  $P_E$  pontjai közötti ferde szakaszon  $T$  interpolációs idő alatt kell végigmozgatni állandó előtolási sebességgel.

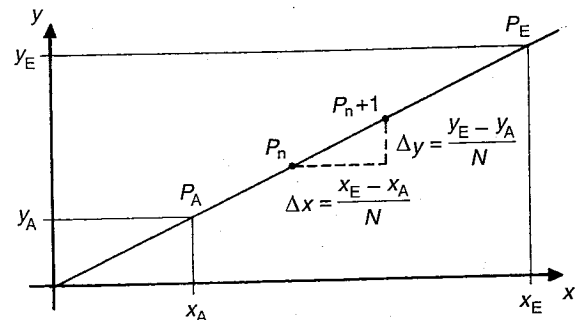
Ha  $T$  időt  $N$  azonos  $\Delta t$  időegységre bontjuk, akkor:

$$x_f(t) = x_{f(n\Delta t)} = x_A + \sum_1^n \frac{x_E - x_A}{N}, \quad y_f(t) = y_{f(n\Delta t)} = y_A + \sum_1^n \frac{y_E - y_A}{N}$$

$$T = N\Delta t, \quad t = n\Delta t$$

ahol  $n = 1 \dots N$ .

A koordinátaértékek tehát minden egyes összegzés után egy konstanssal, ún. *interpolációs növekménnyel* növekednek. Ezek a növekmények a  $45^\circ$ -os egyenes esetét kivéve különbözők.



$$x_n = x_A + \sum_1^n \frac{x_E - x_A}{N} \quad y_n = y_A + \sum_1^n \frac{y_E - y_A}{N} \quad 1 \leq n \leq N$$

2.36. ábra. Lineáris interpoláció elve  
 $P_A$  kezdőpont;  $P_E$  végpont

*Cirkulációs interpolációt* a körkontúrt megközelítő érintőegyenesek sorba fűzésével valósítjuk meg. A mozgás ez esetben is az idő függvényében történik. Ehhez az érintőirányú sebességkomponensek számítása is szükséges:

A 2.37. ábra alapján

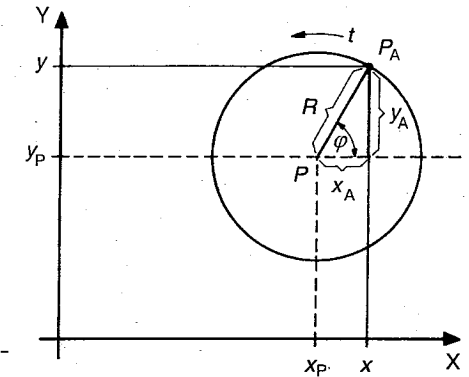
$$X = x_p + R \cos \varphi \quad \text{és} \quad Y = y_p + R \sin \varphi$$

A teljes kör előállításához rendelkezésre álló idő a megadott állandó értéken tartandó pályairányú előtolásból (sebességből) számítható:

$$v = \frac{2\pi R}{T}; \quad T = \frac{2\pi R}{v}$$

$$\text{így } \varphi = 2\pi \frac{t}{T}, \quad \text{ahol } t = 0 \dots T$$

$$x_f(t) = x_p + R \cos \frac{2\pi t}{T}; \quad y_f(t) = y_p + R \sin \frac{2\pi t}{T}$$



2.37. ábra. Körkontúr  
 $P_A$  a kezdőpont;  $P$  a kör középpontja

A további levezetést mellőzve a lineáris interpolációhoz hasonló összefüggést kapunk.

$$T = N\Delta t, \quad t = n\Delta t$$

ahol  $n = 1 \dots N$ .

$$x_f(t) = x_{f(n\Delta t)} + \sum_1^n \frac{x_{f(n\Delta t)} - x_p}{N}, \quad y_f(t) = y_{f(n\Delta t)} + \sum_1^n \frac{y_{f(n\Delta t)} - y_p}{N}$$

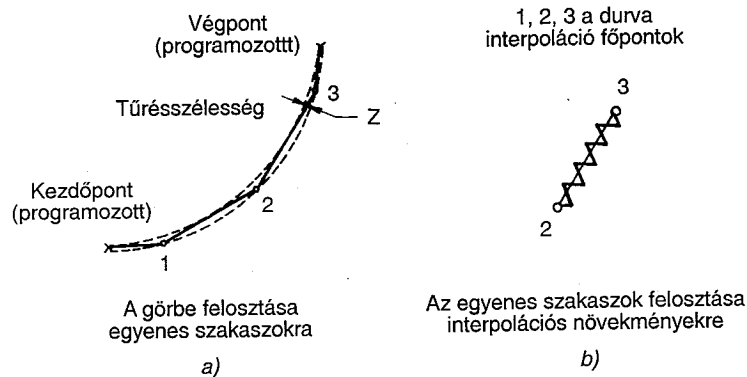
Látható, hogy az interpolációs növekmény itt nem konstans, hanem a másik tengely irányában már megtett elmozdulás függvénye.

A kör interpolálása lassú a sok aritmetikai művelet miatt. Ennek kiküszöbölésére alkalmazzuk az *interpolációs főpontok számítását*:

A kört hosszabb szakaszokból álló húrokkal közelítjük meg, majd a húrokon lineáris interpolációt hajtunk végre (2.38. ábra).

Ehhez először durva interpolációra, a húrok és a kör metszéspontjainak, az *interpolációs főpontoknak* a számítására van szükség. A finom interpolációt már egy lineáris interpolátor is elvégzi a húrok által alkotott egyenes szakaszok mentén.

Mіндеzen feladatokat a vezérlés automatikusan oldja meg, nem terheli a programozót.



2.38. ábra. Kör közelítése főpontok számításával és a közöttük végzett lineáris interpolációval  
a) durva interpoláció; b) finom interpoláció

Sebességinterpoláció szükséges minden olyan feladat elvégzéséhez, amikor a szerszámmozgás és a munkadarab mozgása között kényszerkapcsolatot kell létesíteni. Legjobb példa erre a menetvágás NC-esztergán.

Menetvágáskor a főorsó fordulatszáma és a menetvágó szerszám előtolása között szoros kapcsolat van: egy főorsófordulat alatt a szerszám egy menetemelkedésnyi távolságot tesz meg. A feladatot a sebességinterpolátor úgy oldja meg, hogy a főorsófordulathoz rendeli az előtolási sebességet a következő összefüggés szerint.

$$v = Pn \text{ mm/min,}$$

ahol  $P$  a menetemelkedés, mm;  $n$  a főorsó fordulatszáma, 1/min.

A sebességinterpolátor tehát meghatározza az  $n$ -hez tartozó  $v$  sebességet és ezzel a sebességgel indítja a szán mozgását. Az indítás pillanata a főorsón lévő jeladótól függ, így a mozgás mindig ugyanakkor indul. Ebből következik, hogy a menetvágásnál a kés mindig ugyanabban a menetárokban halad. (Lásd még a menetvágás témakörében leírtakat!)

A jelfeldolgozás sebessége és az útmérők felbontóképessége meghatározza a maximális szásebességet, amelyet a vezérlő gépkönyve tartalmaz.

## 2.7. ÚTINFORMÁCIÓK SZÁMÍTÁSA PÁLYAVEZÉRLÉS ESETÉN

A pályavezérlésű NC-szerszámgépeken általában csak egyenes és körív menti elmozdulás programozható (néhány vezérlésnél lehetőség van parabola, hiperbola, sőt térgörbe menti elmozdulásra is, ezekkel azonban itt nem foglalkozunk).

Kétdimenziós marás esetén a munkadarab kontúrja  $y = f(x)$ , az esztergálásnál  $x = f(z)$  függvényekkel írható le. Ha a kontúr egyenes szakaszokból és körívekből áll, akkor az alkatrész lineáris és körinterpoláció programozásával előállítható. Más jellegű függvénykapcsolat esetén az előírt kontúrt egyenesekkel és körívekkel helyettesítjük. A helyettesítés során a közelítés hibája nem lépheti túl a megengedett tűrést (2.39. ábra). Az előírt görbe helyettesíthető szelőkkel, húrokkal, érintőkkel, simuló körökkel stb.

Az adott sugarú kör  $z$  tűrése határozza meg, hogy milyen nagy lehet az  $a$  távolság. Az ábra jelöléseivel:

$$R^2 = b^2 + (R - z)^2,$$

$$\text{vagyis } R^2 = b^2 + R^2 - 2Rz + z^2$$

$$\text{egyszerűsítés után: } b^2 = 2Rz + z^2.$$

$$\text{Behelyettesítve a } b = \frac{a}{2} - t:$$

$$\left(\frac{a}{2}\right)^2 = 2Rz + z^2,$$

$$a^2 = 8Rz + 4z^2,$$

$$a = \sqrt{8Rz + 4z^2}.$$

A képletből a  $4z^2$ -es rész elhanyagolható, így az eredmény  $a = \sqrt{8Rz}$ .

Legyen pl. az  $R = 100 \text{ mm}$ ,  $a z = 10 \mu\text{m} = 0,01 \text{ mm}$ . Számoljuk ki az  $a$  távolságot:

$$a = \sqrt{8Rz} = \sqrt{8 \cdot 100 \cdot 0,01} = 2,83 \text{ mm.}$$

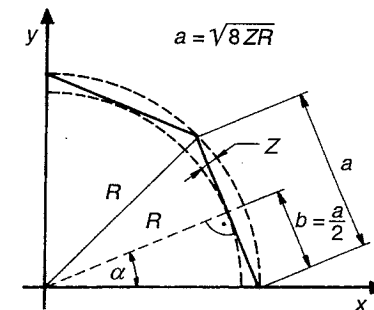
Ekkora távolságként kell interpolációs főpontot képeznie az interpolátornak, ha a kört durva és finom interpolációval közelítjük. Ha az interpolátor másodpercenként pl. 50 főpontot tud kiszámítani, akkor a legnagyobb előtolási sebesség:

$$v_{\max} = \frac{50 \cdot 2,83 \text{ mm}}{1 \text{ s}} = 141,5 \text{ mm/s lehet.}$$

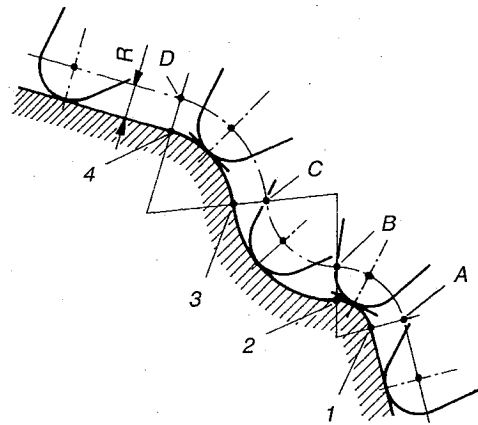
Pályavezérlésű esztergán, marógépen és megmunkálóközpontok marószerkezetein a szerszámközéppont pályája a munkadarab körvonalától mindenütt a szerszám sugárral megegyező távolságra van (2.40. ábra). Ezt a pályát *egyentávolságú vonalnak* nevezzük. Háromdimenziós pályavezérlés esetén a szerszámközéppont az *egyentávolságú felületen* halad.

Az egyentávolságú vonal egyenes szakaszokból és körívekből áll, tehát a jellegzetes csatlakozások: egyenes egyenessel; egyenes körívvel; körív körívvel.

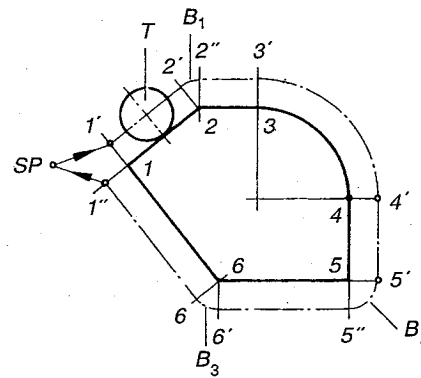
A 2.40. ábrán az 1, 2, 3, 4 pontok a munkadarabkontúr jellegzetes pontjai, az A, B, C, D pedig az egyentávolságú vonal illeszkedési pontjai.



2.39. ábra. A hiba értelmezése húrmódszer esetén a szakaszhossz; z tűrés



2.40. ábra. Az egyentávolságú vonal



2.41. ábra. Egyentávolságú vonal marásnál

Marás esetén hasonlóan lehet értelmezni az egyentávolságú vonalat, amely a munkadarab kontúrjától  $R$  szerszámsugárral van távolabb (2.41. ábra). Az ábrán 1, 2, 3, 4, 5 és 6 a munkadarab programtechnikailag jellegzetes pontja. A vesszővel jelzett pontokat kell programozni. Az  $SP$  pont a startpont és a befejezési pont is egyúttal.  $T$  a szerszám. Érdekesség a  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ -mal jelölt körív, amelyet minden olyan kontúrpontnál alkalmazni kell, ahol a megelőző és a következő kontúrelemek nem simulnak egymáshoz. Ezeket az áthidaló köríveket *nullaköröknek* nevezzük.

## ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk külső és mit belső adatfeldolgozásnak?
2. Milyen méretmegadási módok vannak?
3. Melyek az NC-gépek koordináta-rendszerei?
4. Mi a munkadarab-koordináta-rendszer szerepe?
5. Ismertesse a jellegzetes megmunkálógépek koordináta-rendszereit!
6. Mit nevezünk a szerszám-koordináta-rendszernek?
7. Ismertesse az NC-gépek jellegzetes pontjait!
8. Milyen gépi nullapontok vannak?
9. Mi a referenciapont és mi a szerepe?
10. Mi a munkadarab-nullapont és hogyan kell alkalmazni?
11. Mi a nullaponteltolás fogalma?
12. Ismertesse a nullaponteltolás alkalmazásait!
13. Mi a nullapontfelvétel, hogyan végezzük?
14. Ismertesse a munkadarab nullapontjának felvételi lehetőségeit!
15. Ismertesse a munkadarab nullapontfelvételét marógépen!
16. Ismertesse a szerszámkorrekció jelentőségét és fajtáit!

17. Ismertesse a szerszámsugár-korrekciót marógépeken!
18. Ismertesse a sugárkorrekció megadási módjait!
19. Mit jelent a csúcsgugár-korrekció és mi a jelentősége?
20. Mi a szerszámkopás-korrekció?
21. Milyen jellegzetes mozgástípusok vannak?
22. Mi az interpoláció és melyek a fajtái?
23. Mi a lineáris interpoláció?
24. Mi a körinterpoláció?
25. Mi a sebességinterpoláció?
26. Ismertesse a hiba nagyságát húrmódszer esetén!
27. Mit jelent az egyentávolságú vonal kifejezés?
28. Mi a nullakör és mikor alkalmazzuk?

## 3. CNC-programozás

### 3.1. A GYÁRTÁSI FOLYAMAT INFORMÁCIÓÁRAMLÁSA

A számvezérlésű szerszámgépeken végzett alkatrészgyártás információáramlását szemlélteti a 3.1. ábra. Az ábra az alkatrésztől a kész gyártmányig szemlélteti a gyártási folyamatot.

A programozáshoz és a gyártáshoz minden segédeszközt integrálni kell az információáramlásban, meg lehet különböztetni két egymástól eltérő részt, a külső és a belső adatfeldolgozást. A külső adatfeldolgozás tartalmazza a számvezérlésen kívüli összes programadat felmérését és előkészítését. A belső adatfeldolgozás feladata a számvezérlésen belüli és az NC-gépen belüli programadatok feldolgozása.

Mint minden gyártásnak, az NC-technológia alkalmazásának is az *alkatrészrajz* az alapja. Az NC-gyártás nem igényel semmilyen különlegességet az alkatrészrajz felépítésétől.

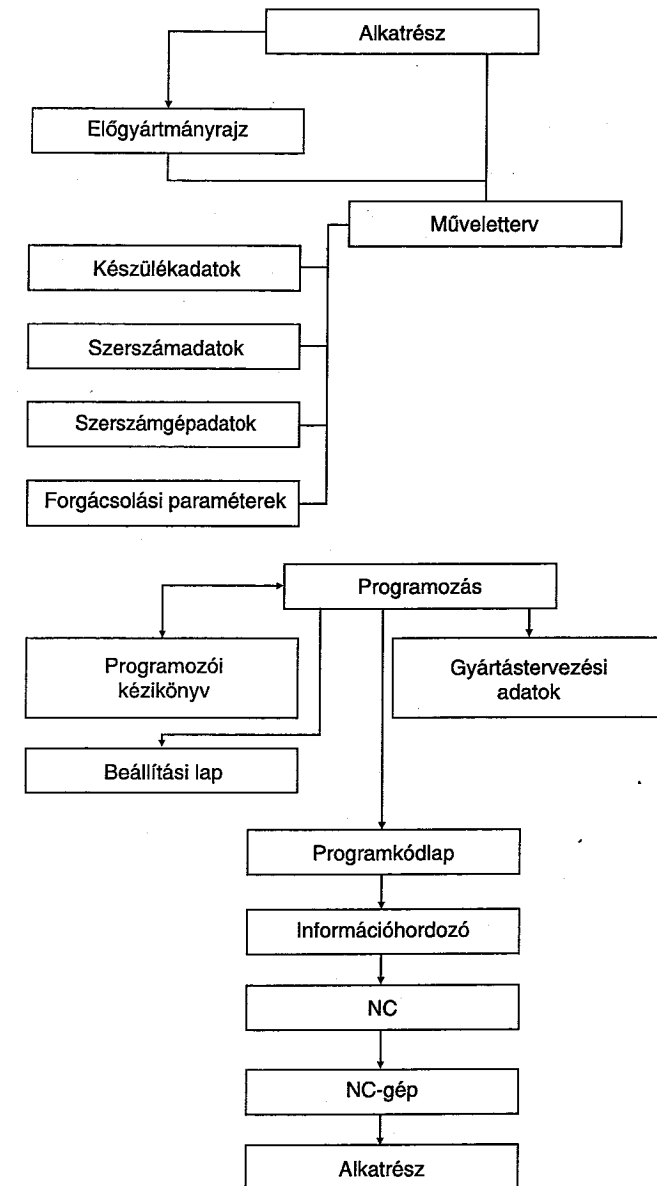
Az NC-gyártáshoz pontosan meg kell határozni az előgyártmány alakját és a kiindulási méreteket. Számításba kell venni az előgyártás tűréseit, pontosságát. Az előgyártmány és az alkatrészrajz ismeretében a technológus kiválaszthatja a szükséges *szerszámokat*, előírhatja a *technológiai adatokat*. Ezután elkészíthető a *műveletterv*. A műveletterv összeállítása nagy tapasztalatot, technológiai tudást igényel.

A programozó a felhasznált szerszámok, befogóeszközök és mérőeszközök méreteit, jellemzőit katalógusokból, kartotékokból, elektronikus adatbankokból állítja össze.

A *programozás* feladata, hogy a műveletterv adatait a szerszámgépvezérlő számára érthető alakra hozza. A programozás folyamán be kell tartani a programfelépítés, az adatmegadás, a kódolás adott vezérlőre jellemző szabályait.

A *beállítási lap*, a programlap és a gyártásszervezési adatok a programozás eredményei.

A programlap adatait a vezérlő számára is olvasható adathordozón kell tárolni. Az NC-technika kezdetén lyukszalagokat, a lyukkártyákat használták, ma már a mágneses adathordozókat részesítik előnyben. A CNC-gépek vezérlőiben az adathordozó fizikailag ritkán jelenik meg, a mágneses adattároláson kívül a vezérlő írható-olvasható memóriájában (RAM) tároljuk a programot. Gyakran előfordul, hogy számítógépes munkadarab-tervezés és -gyártás (CAD/CAM) esetén hálózaton keresztül jut el az információ a számítógéptől a szerszámgép vezérlőjéig.



3.1. ábra. A gyártási folyamat információáramlása

Az NC-gépek egyenletes és folyamatos kihasználása érdekében össze kell hangolni a gyártás-előkészítést, a megmunkálást és a raktárak tevékenységét.

Ezzel a tervezett gyártáshoz a megfelelő időpontban rendelkezésre áll az adott gyártmány megmunkálásához szükséges összes információ, gyártási segédeszköz, az előre beállított szerszám és az előgyártmány.

### 3.2. A DIN 66025 UTASÍTÁSKÉSZLETE

Az NC-gépek és vezérlők megjelenése után minden gyártó a saját elképzelése szerint alakította ki a programozás szintaktikáját, nyelvét, jelrendszerét. A jelenség a felhasználók számára okozott komoly gondot, mert ahány NC-gépet használt, annyiféle szerkezetű programot kellett készíteni. Ha az egyik gép valamilyen okból kiesett a termelésből, a gép programját nem lehetett átvinni egy másik gépre.

A számvezérlés programozásának egységesítése céljából kidolgozták a DIN 66025 német szabványt, amelyet szerte a világon a vezető gyártók elfogadtak és ennek köszönhetően ma már azonos elvek szerint épülnek fel az alkatrészprogramok, még akkor is, ha kisebb eltérések előfordulnak. Az a programozó, aki megismerte ezt a szabványt, még nem biztos, hogy hibátlan vezérlőprogramot ír egy konkrét vezérlőre, előbb annak leírását, kézikönyvét tanulmányoznia kell. E fejezet célja a programozási rendszer alapjainak megismertetése.

Ma néhány sajátos esettől eltekintve *címkódos rendszer* használatos. A programozott funkciónak betűjelet adunk, amelyhez a számkód csatlakozik.

#### A felhasználható kódok:

- A** elfordulás az x tengely körül,
- B** elfordulás az y tengely körül,
- C** elfordulás a z tengely körül,
- D** elfordulás különleges tengely körül vagy harmadlagos előtolás,
- E** elfordulás különleges tengely körül vagy másodlagos előtolás,
- F** előtolás,
- G** útfeltétel,
- H** szabadon felhasználható, *(harmadlagos)*
- I** interpolációs jellemző vagy menetemelkedés az x tengely irányában,
- J** interpolációs jellemző vagy menetemelkedés az y tengely irányában,
- K** interpolációs jellemző vagy menetemelkedés a z tengely irányában,
- L** szabadon felhasználható,
- M** kiegészítő (vegyes) funkció,
- N** mondatszám,
- O** nem használható (összetéveszthető a nullával),
- P** harmadlagos mozgás az x tengellyel párhuzamosan vagy a szerszámkorrekció jellemzője,
- Q** harmadlagos mozgás az y tengellyel párhuzamosan vagy a szerszámkorrekció jellemzője,
- R** harmadlagos mozgás a z tengellyel párhuzamosan vagy a szerszámmozgás jellemzője,
- S** orsófordulatszám,
- T** szerszámleírás,

- U** másodlagos mozgás az x tengely irányában,
- V** másodlagos mozgás az y tengely irányában,
- W** másodlagos mozgás a z tengely irányában.

**Programtechnikai utasítások, segédfunkciók, speciális karakterek.** Programtechnikai utasítással a vezérlőnek olyan parancsokat lehet adni, amelyek valamilyen állapotra, kapcsolásra vonatkoznak. Csoportosíthatók

- hatásuk *időpontja* alapján,
- hatásuk *időtartama* alapján.

A DIN 66025 szerint a kiegészítő, programtechnikai utasítások kódszámai:

- M00** Programozott megállás.
- M01** Feltételes megállás.
- M02** Program vége.
- M03** Orsófordulat az óramutató járásával megegyező irányban.
- M04** Orsófordulat az óramutató járásával ellenkező irányban.
- M05** Orsómegállás.
- M06** Szerszámváltás vagy -csere.
- M07** 1. hűtés bekapcsolása.
- M08** 2. hűtés bekapcsolása.
- M09** Hűtés kikapcsolása.
- M10** Szorítás (befogás).
- M11** Feloldás (kifogás).
- M12** Szabadon felhasználható.
- M13** Orsó indul óramutató járásával azonos irányba + hűtés bekapcsolása.
- M14** Orsó indul óramutató járásával ellentétes irányba + hűtés bekapcsol.
- M15** Mozgás pozitív irányban.
- M16** Mozgás negatív irányban.
- M17** Szabadon felhasználható.
- M18** Szabadon felhasználható.
- M19** Orsómegállás meghatározott pozícióban.
- M20–M29** Szabadon felhasználható.
- M30** Lyukszalag vége.
- M31** Reteszelés feloldása.
- M32** Szabadon felhasználható.
- M33** Szabadon felhasználható.
- M34** Szabadon felhasználható.
- M35** Szabadon felhasználható.
- M36** 1. előtolás-tartomány.
- M37** 2. előtolás-tartomány.
- M38** 1. orsófordulatszám-tartomány.
- M39** 2. orsófordulatszám-tartomány.
- M40–M45** Hajtóműkapcsolás vagy szabadon felhasználható.

- M46** Szabadon felhasználható.  
**M47** Szabadon felhasználható.  
**M48** Szabadon felhasználható.  
**M49** Szabadon felhasználható.  
**M50** 3. hűtés bekapcsolása.  
**M51** 4. hűtés bekapcsolása.  
**M52** Szabadon felhasználható.  
**M53** Szabadon felhasználható.  
**M54** Szabadon felhasználható.  
**M55** Hosszirányú szerszámeltolás 1. pozíció.  
**M56** Hosszirányú szerszámeltolás 2. pozíció.  
**M57** Szabadon felhasználható.  
**M58** Szabadon felhasználható.  
**M59** Szabadon felhasználható.  
**M60** Munkadarabcsere.  
**M61** Hosszirányú munkadarab-eltolás 1. pozíció.  
**M62** Hosszirányú munkadarab-eltolás 2. pozíció.  
**M63–M70** Szabadon felhasználható.  
**M71** Munkadarab-elforgatás 1. pozíció.  
**M72** Munkadarab-elforgatás 2. pozíció.  
**M73–M89** Szabadon felhasználható.  
**M90–M99** Mindig szabadon felhasználható az alkalmazó saját céljaira.

#### Speciális karakterek

% Programkezdet.

: Főmondat.

/ Mondatkihagyás kezdete vagy vége.

( Megjegyzés (comment) kezdete.

) Megjegyzés (comment) vége.

A gömbölyű zárójelek közé tetszőleges szöveget lehet elhelyezni, a vezérlő ezeket az üzeneteket nem hajtja végre. A program áttekinthetőségét javíthatjuk a szöveges megjegyzésekkel.

**NUL** Jelentés nélküli karakter (*tévedésjel*).\*

**BS** Visszaléptetés (*backspace*).\*

**HT** Tabulátor (*horizontál tabulátor*).\*

**LF** Mondat vége jel (*linefeed, soremelés*).\*

**CR** Kocsi vissza (*car return*).\*

**SP** Üres karakter (*space*).\*

**DEL** Törlés (*delete*).\*

A \*-gal jelölt karaktereket a telexgép (teletype) vezérlésére használjuk. A telexgéppel lehet elkészíteni az NC-gép vezérlő lyukszalagját. Ma már a CNC-technika elterjedésével nincs nagy jelentősége.

#### Az M útfeltételek magyarázata

- M00** Akkor programozzuk, ha a technológiai sorba valamilyen kézi műveletet illesztünk be, pl. mérést. A program futása felfüggesztődik, a száncok, a főorsó megáll, a kézi művelet megbízhatóan végrehajtható. A *start* gomb ismételt lenyomása után a program futása folytatódik.
- M01** Feladata azonos az **M00** paranccsal, de bekövetkezését valamilyen feltételhez kötjük, amely gyakran egy kapcsoló – a feltételes stop kapcsoló – bekapcsolt állapota, de lehet a korszerű CNC-vezérlőkön valamilyen logikai függvény állapotához rendelve.
- M02** Használata kötelező, hatására a vezérlő a program elejére ugrik és ismételt start hatására újra fut a program. Megjegyezzük, hogy nem feltétlenül az utolsó utasításnak kell lenni, mert ha *szubrutint* használunk, akkor a „program vége” parancs után még állhat egyéb utasítás.
- M03** A forgásirányt az orsó tengelyében figyeljük úgy, hogy a pozitív irányba tekintünk. (A kissé bonyolult megfogalmazás helyett ajánljuk azt a hétköznapi elvet, hogy jobbra forog az orsó, ha jobbos fúróval lehet fúrni.)
- M07** Globális hűtésnek is nevezzük. Akkor használható, ha a szerszámgép felépítése olyan, hogy nemcsak a szerszámot hűtjük, hanem a munkateret is általános, intenzív hűtéssel.
- M08** Általánosan használt kód, a szerszám környezetének hűtését jelenti, ún. *lokális hűtés*.
- M19** Olyan szerszámgépen alkalmazható, ahol a főorsónak legalább egy ki-tüntetett pozíciója van, ezt nevezzük *főorsó-indexálásnak*. Ha például megmunkálóközponton menetmarást végzünk, a menet bekezdésének pozíciója fontos lehet.
- M30** A korszerű CNC-gépek ma már nem használnak lyukszalagot a program tárolására, ezért a kód jelentőségét elvesztette. Egyes vezérlőgyártók e kódot gyakran a program vége kódnak is használják.

**Útfeltételek (előkészítő funkciók).** Az útfeltétel a koordináták szavaival együtt meghatározza a program geometriai utasításait.

A DIN 66025 szerint a G útfeltétel kódjai:

**G00** Gyorsjárat (pontvezérlés jellegű működés).

**G01** Lineáris interpoláció.

**G02** Körinterpoláció az óramutató járásával *egyező* irányban.

**G03** Körinterpoláció az óramutató járásával *ellenkező* irányban.

**G04** Várakozási idő.

**G05** Szabadon felhasználható.

**G06** Parabolainterpoláció.

**G07** Szabadon felhasználható.

**G08** Sebességnövelés.

**G09** Sebességcsökkentés.

- G10** Szabadon felhasználható.
- G11** Két egyenes programozása egy mondatban.\*\*
- G12** Szabadon felhasználható.
- G13** Szabadon felhasználható.
- G14** Ugrás és ismétlődőfunkció.\*\*
- G15** Szabadon felhasználható.
- G16** Szabadon felhasználható.
- G17** Az X-Y sík kijelölése.
- G18** Az X-Y sík kijelölése.
- G19** Az X-Z sík kijelölése.
- G20** Szabadon felhasználható.
- G21** Szabadon felhasználható.
- G22** Alprogram hívása.\*\*
- G23** Szabadon felhasználható.
- G24** Szabadon felhasználható.
- G25** Mindig szabadon felhasználható.
- G26** Mindig szabadon felhasználható.
- G27** Mindig szabadon felhasználható.
- G28** Mindig szabadon felhasználható.
- G29** Ugrásutásítás paraméteres alprogramban.\*\*
- G30** Szabadon felhasználható.
- G31** Szabadon felhasználható.
- G32** Szabadon felhasználható.
- G33** Menetvágás *állandó* menetemelkedéssel.
- G34** Menetvágás *állandóan növekvő* menetemelkedéssel.
- G35** Menetvágás *állandóan csökkenő* menetemelkedéssel.
- G36** Mindig szabadon felhasználható.
- G37** Mindig szabadon felhasználható.
- G38** Mindig szabadon felhasználható.
- G39** Mindig szabadon felhasználható.
- G40** A szerszámkorrekció megszüntetése.
- G41** Szerszámkorrekció *balra*.
- G42** Szerszámkorrekció *jobbra*.
- G43** \* Szerszámkorrekció *pozitív irányban*.
- G44** \* Szerszámkorrekció *negatív irányban*.
- G45** \* Szerszámkorrekció *+/+ irányban*.
- G46** \* Szerszámkorrekció *+/- irányban*.
- G47** \* Szerszámkorrekció *-/- irányban*.
- G48** \* Szerszámkorrekció *-/+ irányban*.
- G49** \* Szerszámkorrekció *0/+ irányban*.
- G50** \* Szerszámkorrekció *0/- irányban*.
- G51** \* Szerszámkorrekció *+0 irányban*.
- G52** \* Szerszámkorrekció *-0 irányban*.
- G53** \* Az áthelyezés (eltolás) feloldása.
- G54** 1. tárolt nullaponteltolás.
- G55** 2. tárolt nullaponteltolás.
- G56** 3. tárolt nullaponteltolás.
- G57** 4. tárolt nullaponteltolás.
- G58** 5. tárolt nullaponteltolás.
- G59** 6. tárolt nullaponteltolás.
- G60** \* Pontos megállás 1 fokozatban (finom).
- G61** \* Pontos megállás 2 fokozatban (közepes).
- G62** \* Gyors megállás (durva).
- G63** Geometriai processzor kikapcsolása.\*\*
- G64** Geometriai processzor bekapcsolása.\*\*
- G65-G69** Szabadon felhasználható.
- G70** Méretmegadás hüvelyk-ben.
- G71** Méretmegadás mm-ben.
- G72** Tükrözés törlése.\*\*
- G73** Tükrözés.\*\*
- G74** Szabadon felhasználható.
- G75** Szabadon felhasználható.
- G76** Szabadon felhasználható.
- G77** Pontmintázat lyukkörön.\*\*
- G78** Pontmeghatározás.\*\*
- G79** Ciklikus meghívás.\*\*
- G80** Rögzített megmunkálási ciklus feloldása.
- G81** 1. megmunkálási ciklus (fúrás\*\*).
- G82** 2. megmunkálási ciklus (fúrás zsákfuratban\*\*).
- G83** 3. megmunkálási ciklus (mélyfúrás kiemeléssel\*\*).
- G84** 4. megmunkálási ciklus (menetfúrás\*\*).
- G85** 5. megmunkálási ciklus (dörzsöléssel\*\*).
- G86** 6. megmunkálási ciklus (kiesztergálás\*\*).
- G87** 7. megmunkálási ciklus (derékszögű zseb marása\*\*).
- G88** 8. megmunkálási ciklus (reteszhoronymarás\*\*).
- G89** 9. megmunkálási ciklus (kör alakú zseb marása\*\*).
- G90** Abszolút méretek megadása. *mindig a 0-va vonatkozás*
- G91** Növekményes méretek megadása.
- G92** \* Programozott referenciapont-eltolás.
- G93** Időarányos előtolás kódolása.
- G94** Az előtolás közvetlen megadása mm/min, vagy hüvelyk/min-ben.
- G95** Az előtolás megadása mm/ford-ban.
- G96** Forgácsolósebesség.
- G97** A **G96** feloldása.

**G98** Grafikus ablak definiálása.\*\*

**G99** Kiinduló darab grafikus definiálása.

A \*-gal jelölt funkciók csak arra a mondatra érvényesek, amelyekben szerepelnek, nem öröklődők.

A \*\*-gal jelölt funkciók szabadon felhasználható funkciók, az egyes vezérlőberendezés-gyártók gyakran a megadott funkciókat alkalmazzák.

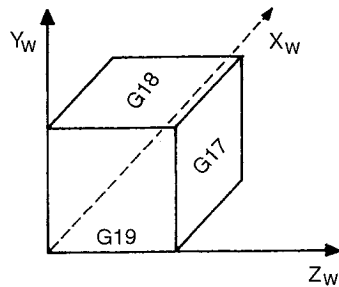
*A G útfeltételek magyarázata*

**G00** A programozott pontot a szerszám gyorsmenetben közelíti meg. A különböző tengelyek mentén végzett mozgások között nincs funkcionális kapcsolat.

**G01** A programozott pontot a szerszám előtolással közelíti meg. A mozgató tengelyek között az elmozdulás függvénye lineáris.

**G02; G03** A forgásirány megadása a szerszám és a munkadarab relatív mozgására vonatkozik, az interpolációs síkra merőleges főtengely pozitív irányából nézve.

**G04** Segítségével programmegszakítást lehet előírni meghatározott ideig.



3.2. ábra. Interpolációs síkok kijelölése

**G14** Alkalmos feltétel nélküli programugrás és ismétlés programozására. A programugrás segítségével egyes programrészletek a megmunkálás során átléphetők, programszerzés válik lehetővé. Az ismétléssel egyes programrészleteket lehet a megmunkálás során újra futtatni.

**G17; G18; G19** Az útfeltételek a megmunkálási síkokat jelölik ki. Meghatározzák a mozgások sorrendjét, közlik a vezérlővel a szerszámsugár-korrekciót és a szerszámhossz-korrekciót is.

A 3.2. ábra a különböző interpolációs síkokat jelöli.

**G33; G34; G35** Ezeknél az útfeltételeknél a lineáris interpoláció sebességét a főorsón lévő impulzusadó vezérli. Az elmozdulás tengelye mentén az előtolási sebesség mm/min helyébe az előtolásnak mm/ford mértékegysége kerül.

**G40; G41; G42; G43; G44** Az útfeltételek és az adott szerszámsugár ismeretében a vezérlő kiszámítja a programozott pálya mentén az adott szerszámsugár távolságában futó ún. *egyenközű pályát*.

**G70; G71** A feltételek lehetővé teszik a méretek megadását hüvelyk-ben vagy mm-ben. A legtöbb vezérlő a program elején határozza meg a méretek dimenzióját, a program futása közben nem lehet átkapcsolni egyik funkcióról a másikra.

**G81** *Fúrás, központfúrás.* A szerszám az anyagban műveleti előtolással halad, a kifelémozgást gyorsmenetben végzi.

**G82** *Fúrás zsákfuratban, homloksüllyesztés.* A mozgások azonosak **G81**-gyel, de az előtolás végén programozott ideig áll a szerszám, az orsó forog.

**G83** *Mélyfúrás forgács töréssel.* A szerszám az anyagban megszakított előtolással halad előre, egyébként azonos **G81**-gyel.

**G84** *Menetfúrás.* A szerszám kötött fordulat- és előtolásszorozattal halad az anyagban előre. A pozíció elérése után az orsó ellenkező forgásirányban forog, és így kerül vissza a szerszám a kiindulási pontra.

**G85** *1. felfúrás.* A szerszám az anyagban befelé és kifelé is előtolással mozog. Alkalmos a megmunkálási ciklus *dörzsölésére*.

**G86** *2. felfúrás.* A szerszám az anyagban előtolással halad. A pozíció elérése után az orsó forgása kikapcsol. A szerszám visszahúzása gyorsmenetű. A ciklus alkalmas *furatesztergálásra*.

**G87** *3. felfúrás.* A mozgás azonos **G86**-tal, de a visszahúzás kézi.

**G88** *4. felfúrás.* A mozgás azonos **G87**-tel, de a visszahúzás álló főorsóval.

**G89** *5. felfúrás.* A szerszám az anyagban befelé és kifelé egyaránt előtolással mozog. A pozíció elérésekor az orsó forgása megáll.

**G90** Az elmozdulás végpontját abszolút koordináta-rendszerben kell megadni.

**G91** Az elmozdulás végpontját növekményes koordináta-rendszerben kell megadni.

**G92** A koordináta-rendszer kezdőpontját az X, Y, Z koordinátacímekben tárolt értékkel toljuk el. A **G92** útfeltételt tartalmazó mondat hatására a szánok nem mozdulnak el.

**G96** Az útfeltétel **S** kódjában nem a főorsó fordulatszámát kell megadni ford/min-ben, hanem a forgácsolósebességet m/min-ben. A vezérlő a szerszám vagy a megmunkálási átmérő függvényében kiszámítja és beállítja a főorsó fordulatszámát.

**Útinformációk.** *Geometriai utasítások:* az X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C betűjelű címkódok alapján tájékozódik a vezérlő arról, mely tengelyek mentén, milyen utat kell megtenni, vagy milyen forgómozgást kell végezni.

Az útcímzések elhelyezkedését a derékszögű koordináta-rendszerben a 3.3. ábra szemlélteti.

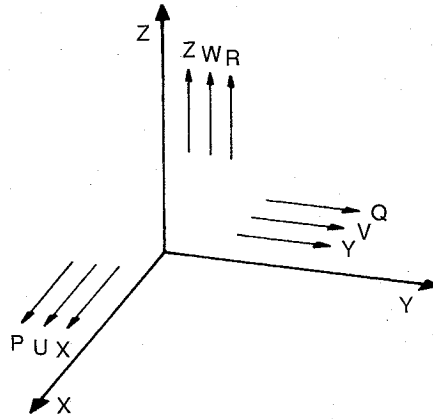
**Interpolációs paraméterek.** A körív menti elmozduláskor (**G02** és **G03**) az I, J, K kódok adják meg az X, Y, Z tengelyirányokban a kör középpontjának helyzetét. A 3.4. ábra abszolút és növekményes rendszerben mutatja a címek értelmezését az X-Y síkban.

**Technológiai utasítások:**

*Felőtoláskód:* Az előtolás a vezérlő típusától függően többféle módon adható meg:

– Közvetlen megadás a leggyakoribb és a programozás szempontjából a legkényelmesebb rendszer.





3.3. ábra. Útcímzések a derékszögű koordináta-rendszerben

– Kódolt megadás tetszőleges kódszámmal, vagy aritmetikai és geometriai kódolással. A korszerű vezérlők elterjedésével ez a módszer visszaszorul.  
*S fordulatszámkód:* A fordulatszámot az előtoláshoz hasonlóan közvetlenül vagy kódolt formában programozhatjuk.

*T szerszámcímekód:* A tetszőlegesen kódolható szerszámkód felosztása:

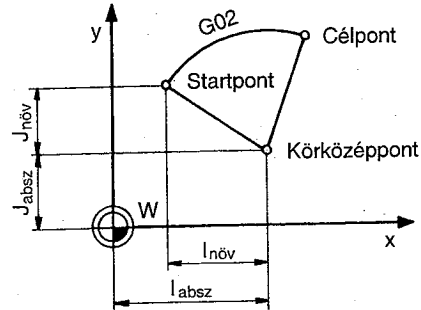
1. csoport. Szerszám-azonosító. A szerszám-azonosítóval írjuk elő a használandó szerszámot. Szerszámtár nélküli gépeken a soron következő szerszámot jelezzük és a gépkezelőnek kell a kijelölt szerszámot kézzel a gép szerszámtartójába helyezni. A szerszámtáras NC-szerszámgépeken két lehetőség van:

– Szerszámtár tárolóhelycímmel. A szerszámokat tetszőlegesen jelölhetjük, a szerszámtár tárolóhelyeinek a vezérlő által olvasható jelölése van. A programozott szerszám-azonosító hatására a vezérlő a megadott azonosító számú tárolóhelyről kiveszi a szerszámot, majd eljuttatja a szerszámtartóhoz. A megmunkálás végén a szerszámot ugyanarra a tárolóhelyre kell visszajuttatni, ahonnan elvettük.

– Szerszámtár szerszámcímmel. Minden szerszámnak önálló, a vezérlő által olvasható jelölése van. A programozott szerszám-azonosító hatására a vezérlő a megadott azonosító szerszámot veszi ki a szerszámtárból és juttatja el a szerszámbefogó helyére.

2. csoport. Szerszámkorrekció-lehívás. Minden szerszám mérete eltérhet a programozó által előírt méretekétől. Az eltéréseket a vezérlővel manuálisan vagy adathordozón lehet közölni. A T szerszámcímekód 2. csoportjával lehívhatók a vezérlőben tárolt szerszámkorrekciós jellemzők és ezekkel számítható az egyenközű pálya.

**A mondatfelépítés szabályai.** A program a mondatkezdet jelzésétől az utána következő mondatok sorozatából áll. *Mondatnak* nevezzük mindazon ada-



3.4. ábra. Interpolációs adatok

tok összességét, amelyekre a vezérlőberendezésnek szüksége van egy megmunkálási szakasz végrehajtásához.

A program végét az M02 kiegészítő funkció jelöli. A programkezdet előtt bármilyen szöveg lehet az adathordozón. Ez a szöveg bármilyen karaktert tartalmazhat (kivéve a program kezdete jelét). Az ilyen szöveg alkalmas a programok azonosítására, a programozó utasításait közölheti a gép kezelőjével stb.

A programmondat önálló adatokból áll, amelyeket a nyelvtani analógia mintájára *szavaknak* nevezünk. Minden szó tartalmaz technológiai, geometriai vagy programozástechnikai részadatokat.

A mondat az a legkisebb önálló programrészlet, amit végre lehet hajtani.

A ma szinte kizárólagosan használt címkódos írásmódban minden szó egy betűt, előjelet és számot tartalmaz. A szó elején lévő betű a szó címkódja. A betűről a vezérlőberendezés felismeri a szó fajtáját. Az előjelek közül a pozitív előjel elhagyható, csak a negatív előjelet kell kiírni.

A mondat szavainak megadási sorrendje a DIN 66025 szerint kötött. A sorrend a következő:

1. a mondat sorszáma,
2. az útfeltétel szava,
3. az X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C, D, E koordinátatengelyek szavai,
4. az I, J, K interpolációs adatok szavai,
5. az előtolás szava,
6. az orsófordulatszám szava,
7. a szerszám és a szerszámkorrekció szava,
8. a kiegészítő funkció szava.

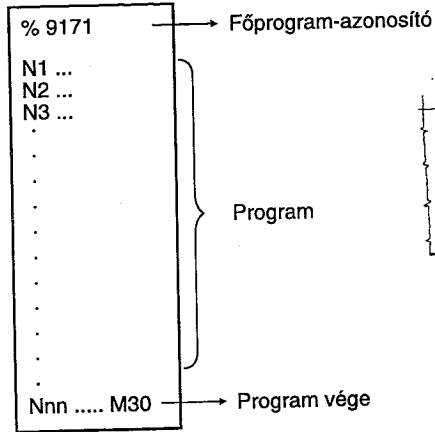
A mondaton belül minden olyan szó kihagyható, amelynek nincs konkrét értéke, vagy már előzőleg megadták és az így definiált szó öröklődő.

### 3.3. A PROGRAM FELÉPÍTÉSE

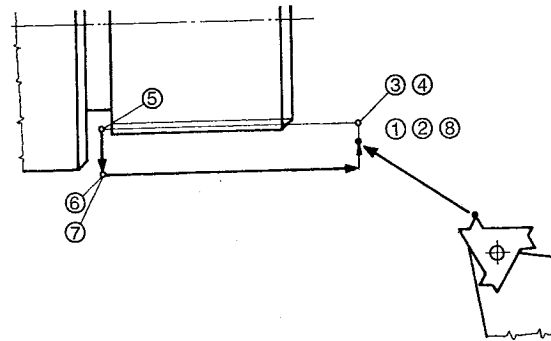
Az NC-alkatrészprogram tartalmazza mindazokat az információkat, amelyek a munkadarab gyártásához szükségesek. Általában a program futásának sorrendje megegyezik a programmondatok sorszámaival. A programozó technológus végiggondolja a megmunkálás sorrendjét, felbontja a lehető legkisebb egységekre (a mondatra). Az előző fejezet szerint a szükséges információkat kódolja.

**A főprogram.** Minden egyes alkatrészhez rendelhető egy NC-program, ezt nevezük *főprogramnak*. A főprogram a program azonosítójától a program vége karakterig terjed (3.5. ábra). A főprogram felépítése, a programmondatokban használt kódok függenek a konkrét vezérlő által megkívánt programszerkesztési elvektől.

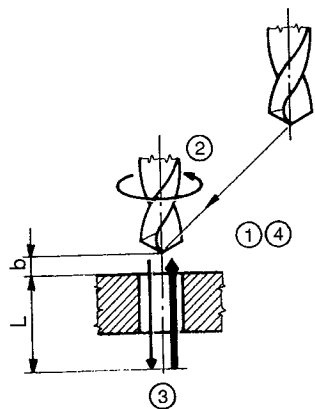
**A ciklus.** A CNC-vezérlők gyártói definiálnak különböző speciális programrészleteket, amelyekkel a felhasználók a munkájukat megkönnyíthetik. Ezek a különös programrészletek mindig azonos módon működnek. Például:



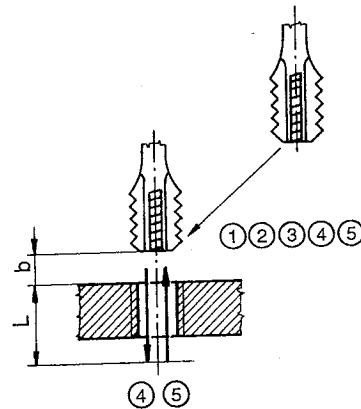
3.5. ábra. A főprogram



3.6. ábra. A menetvágás



3.7. ábra. A fúrás  
b biztonsági távolság;  
L a fúrás mélysége



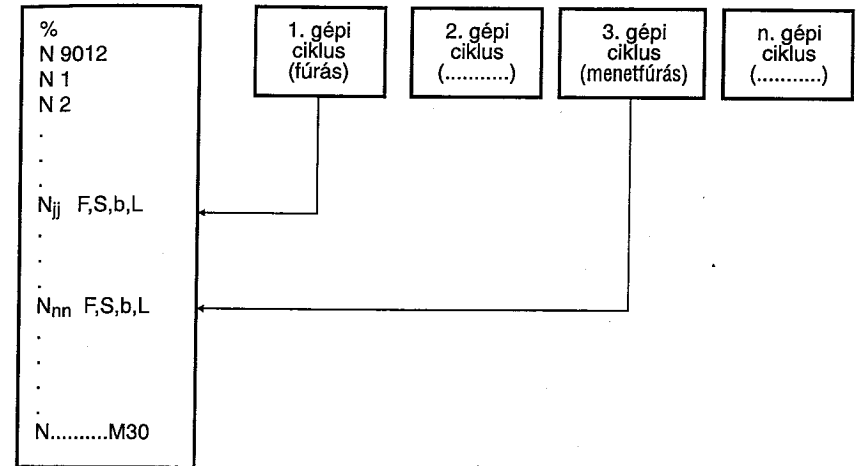
3.8. ábra. A menetfúrás  
b biztonsági távolság;  
L a menetfúrás mélysége

**Menetvágás** (3.6. ábra): ① A szerszámmal a névleges méretre kell pozicionálni. ② Meg kell adni a fordulatszámot és az előtolást. ③ Fogást kell venni. ④ Az override kapcsolók működését le kell tiltani, mert ezek módosítják a fordulatszámot és az előtolást, tehát eltorzítanák a menet geometriai jellemzőit. ⑤ Menetvágás a kívánt hosszön. ⑥ A szerszámot ki kell emelni a fogásból. ⑦ Az override kapcsolók hatásosságát vissza kell állítani. ⑧ A szerszám visszapozícionál a kiindulási pontra.

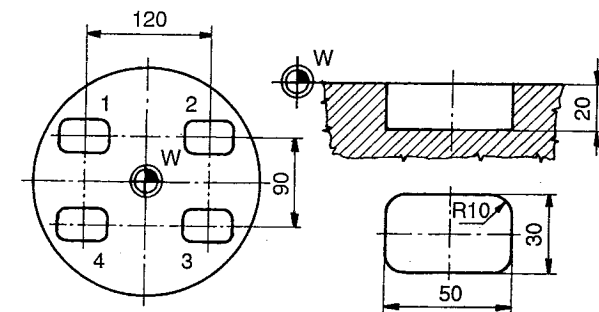
**Fúrás** (3.7. ábra): ① A fúróval biztonsági távolságot tartva a furat középpontja fölé kell állni. ② Meg kell adni az előtolást, fordulatszámot. ③ A fúrot az anyagba a kívánt mélységig az előtolással kell mozgatni. ④ A furat elkészülte után a szerszám a kiindulási pontba gyorsjárattal visszatér.

**Menetfúrás** (3.8. ábra): ① A menetfúróval biztonsági távolsággal a furat középpontja fölé kell állni. ② Meg kell adni a szükséges előtolást és fordulatszámot. ③ Az override kapcsolók hatásosságát meg kell szüntetni, mert az előtolás és a fordulatszám módosítása eltorzítaná a menetemelkedést. ④ A szerszámot a kívánt menetmélységig mozgatjuk az előtolással. ⑤ A szükséges menetmélység elérése után ellenkező forgásirányt kell kapcsolni. A kiindulási pontra való visszaérkezés után az orsót újra eredeti irányba kell forgatni és az override kapcsolók hatásosságát vissza kell állítani. Azonnal ki kell forgatni a menetfúrot a furatból előtolással.

A gyártóktól függ, hány ilyen ciklust építenek be a vezérlőkbe. Az így definiált gépi fix ciklusok mindig egyformán működnek, a konkrét technológiai és geometriai adatokat a programozónak kell megadnia a főprogramban. Használatuk nagymértékben leegyszerűsíti a programozó munkáját. A ciklusok behívását a 3.9. ábra szemlélteti. A főprogramban F, S, b, L szimbólumokkal a ciklus aktuális paramétereit jelöltük.



3.9. ábra. A ciklusok behívása

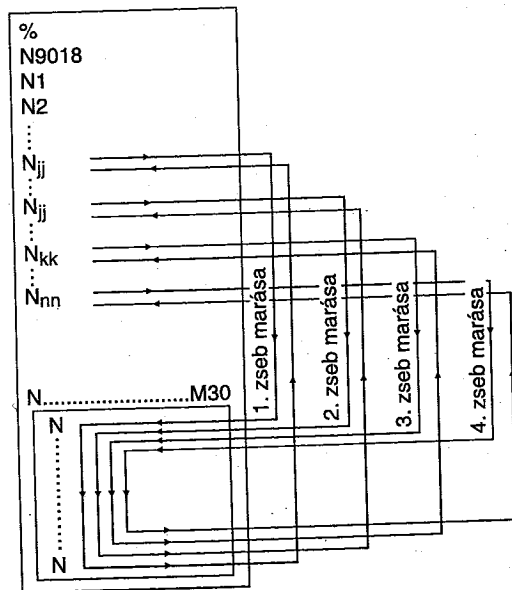


3.10. ábra. Zsebek marása

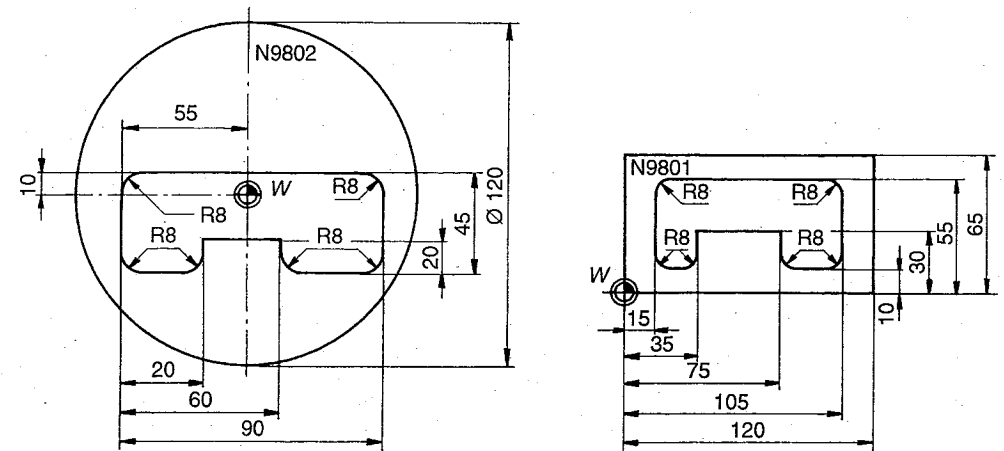
A gépi fix ciklusok közül több szabványos (l. a 3.2. pontban a G81–G89 útfeltétel kódjait).

**A szubrutin.** Egy alkatrész megmunkálása közben – különösen megmunkálóközpontokon – egy programrészletet olykor többször is fel lehet használni, mert a munkadarabon azonos geometriájú felületelemek, vagy felületelemcsoportok találhatóak. A CNC-vezérlők szinte kivétel nélkül lehetővé teszik, hogy az egyik mondatszámról a másikra lehessen ugrani, vagyis attól a mondatszámától folytatódjon a megmunkálás. *Szubrutinok azok a programrészletek, amelyek a főprogramban találhatóak, elhelyezésüket tekintve a programvége kód után következnek és többször felhasználhatók.* A 3.10. ábrán látható munkadarabon négy egyforma „zseb” található. Ez esetben elegendő csak az egyik zsebet programozni és valamilyen programtechnikai fogással (pl. növekményes programozással, vagy nullaponteltolással) függetlenné tenni a zseb geometriája helyzetétől. Így az adott geometriára megírt programrészlet tetszőleges helyen és számban megismételhető. A 3.11. ábra a szubrutin szervezését szemlélteti.

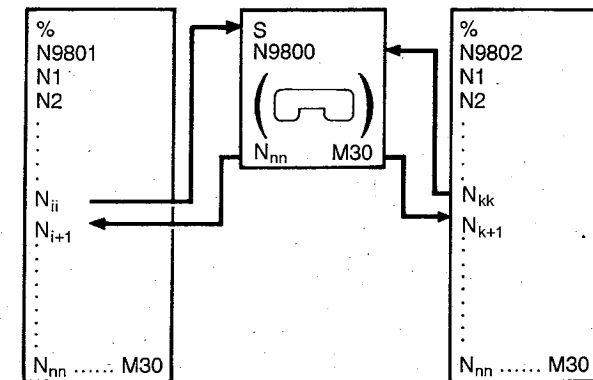
**Az alprogram.** Bizonyos geometriai elemcsoportok több alkatrészen is előfordulnak. Ezeket felesleges minden egyes alkatrész megmunkálásakor újra és újra leírni, elegendő egyszer elkészíteni azt a programrészletet, amely a megmunkálás folyamatát tartalmazza, és ez a programrészlet a főprogramba behívható. *Az önállóan is működő rövid programokat, amelyeket bármely főprogramba be lehet illeszteni, alprogramnak nevezünk.*



3.11. ábra. A szubrutin



3.12. ábra. Példa az alprogram alkalmazására

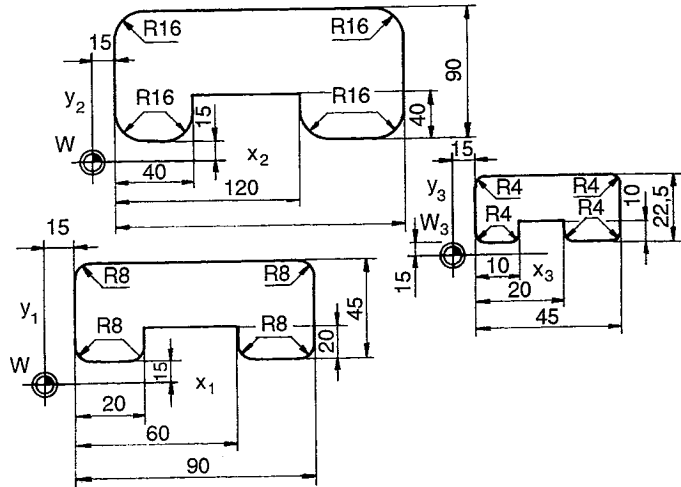


3.13. ábra. Az alprogram

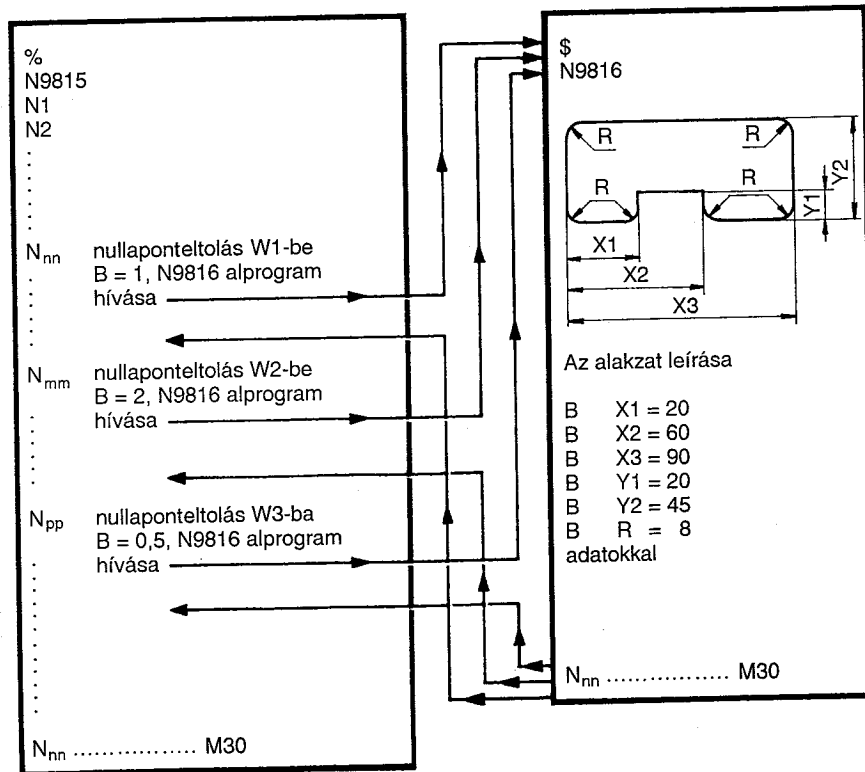
A 3.12. ábrán két olyan alkatrész látható, amelyben ugyanaz a geometriai felületelem-csoport van. Nullaponteltolással vagy növekményes programtechnikával függetlenné tehető a felületelem-csoport a munkadarabon elfoglalt helyétől. Így kell megírni az alprogramot, amelynek azonosítója a \$ jel. Az alprogram bármely főprogramból elérhető (3.13. ábra).

**Paraméteres alprogram.** A korszerű CNC-vezérlők nemcsak egyszerű alprogramozást tesznek lehetővé, hanem az egyes programváltozókat megengedik paraméterekként kezelni. A paraméterekkel logikai és aritmetikai műveletek is végezhetőek. A műveletek lehetnek relációk, egyenlőségek, negációk, összeadás, kivonás, osztás, szorzás, esetleg magasabb fokú matematikai művelet (3.14. ábra).

A munkadarabon három hasonló, de méretben különböző alakzat található. Az alakzatok méreteinek aránya 0,5:1:2. A méreteket paraméterként kezelve, és



3.14. ábra. Példa paraméteres alprogram alkalmazására



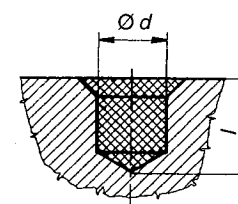
3.15. ábra. A paraméteres alprogram

a  $B = 0,5$ ,  $B = 1$  és  $B = 2$  paramétereket mint nagyításfokokat értelmezve, a program elkészíthető. A 3.15. ábra a paraméteres alprogram használatát szemlélteti. Az így megírt alprogram nemcsak akkor használható, ha az alakzat egy alkatrészen belül különböző méretű, hanem ha az alakzat különböző munkadarabon található. Az alprogram más és más főprogramokból ugyanígy aktiválható.

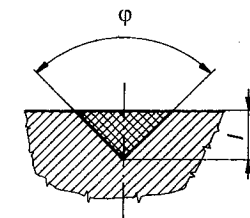
### 3.4. JELLEGZETES MEGMUNKÁLÁSI FELADATOK ÉS PROGRAMOZÁSUK

**Típusgeometriák és megmunkálásuk fűrőgépen.** A következő típusgeometriák nemcsak számvezérlésű fűrőgépen, hanem esztergán, marógépen és megmunkálóközpontokon is megmunkálhatók. Esztergán a forgácsoló főmozgást a munkadarab végzi és a furat tengelye egybeesik a munkadarab tengelyével. A forgószerszám eszterga-megmunkálóközponton a pozicionált főorsóba fogott munkadarab a fűrőgép vagy marógép körasztalára rögzített munkadarabként viselkedik, a forgó szerszám sugárirányban és tengelyirányban egyaránt elérheti a munkadarab homlok- vagy palástfelületét és azon az itt ismertetett fúrás jellegű megmunkálások elvégezhetők. Nemi eltérést jelent, hogy a főorsóba fogott munkadarabon célszerű a felületelemek méreteit polárkoordinátákban megadni.

*Központfurat és csúcsfészek fúrása* (3.16., 3.17. ábra). Az ábra jelölései:  $d$  a furat átmérője;  $l$  a furat mélysége;  $\varphi$  a csúcsfurat szöge.



3.16. ábra. Központfurat



3.17. ábra. Csúcsfészek

Meghatározzuk a furat fölött azt a biztonsági (megközelítési) távolságot, ameddig – a szerszámváltás helyétől vagy valamilyen előző pozícióból indulva – a szerszám akadálytalanul közlekedhet gyorsmenettel a furat középpontja felé. A hazai gépparkban még szép számban található 2,5D-s vezérlések, ezt a megközelítést először az X-Y síkban végzik el, majd a Z tengely mentén mozog. A korszerű 3D-s vezérlők mindhárom tengely mentén egyszerre mozognak el, ezért a programozónak különösen figyelnie kell, hogy a mozgás útjába ne kerüljön semmi akadály (pl. leszorítóvas). Ezt az akadályt ki kell kerülni, vagy ha a

vezérlő szolgáltatása lehetővé teszi a tilos munkaterületeken keresztüli mozgást, akkor azt működtetni kell.

Megközelítés után a vezérlő munkamenetre kapcsol, a furat mélységi méretének eléréseig a programozott előtolással mozog. Az  $l$  méret elérésekor néhány fordulat idejére várakozási időt kell programozni, hogy az utolsóként leválasztott forgács keresztmetszete is nullává váljon, ellenkező esetben a hirtelen gyorsmenetben visszainduló szerszám a teljes forgácskeresztmetszetet szakítaná, a felületet roncsolná, a szerszám éle károsodna. A várakozási idő után a szerszám gyorsmenetben elhagyja a munkadarab anyagát a biztonsági távolságig vagy a programozó által definiált visszahúzási magasságig.

A központfurat és csúcsfészkek megmunkálására alkalmas programrészlet:

```
% 3411
N1 G17 G90 G95 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06 M08
N2 G01 Z...
N3 G04 L...
N4 G00 Z...
N5 M02
```

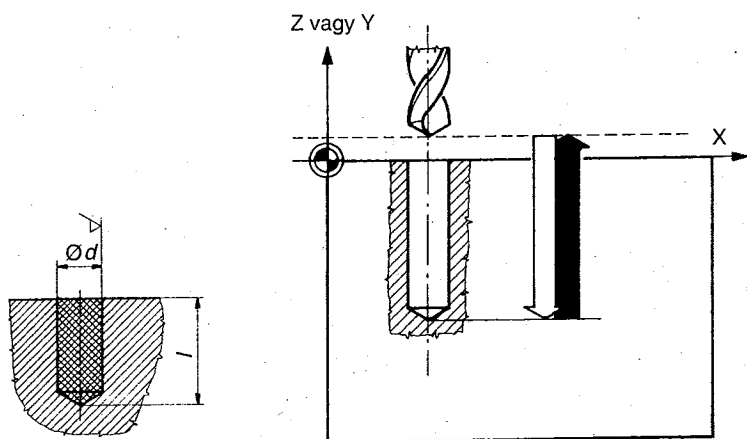
**N1** Az X-Y fősík kiválasztása, abszolút méret megadása, az előtolás mm/fordban, gyorsmenet a furat középpontjára a munkadarab síkja fölé, főorsó-fordulatszám és előtolás megadása, forgásirány az óramutatóval megegyező, szerszámcsere indul, hűtés bekapcsol.

**N2** Előtolás a furat megadott mélységéig.

**N3** Várakozás a megadott ideig (L címen).

**N4** Visszahúzás a biztonsági távolságig.

**N5** Program vége.



3.18. ábra. Zsákfurat telibe fúrás

⇨ előtolás; ⇨ gyorsmenet

*Megjegyzés:* M02 program vége helyett gyakran használatos az M30 eredetileg lyukszalag vége kód is. A CNC-vezérlésű gépeken a különböző furatmegmunkálási feladatokra rendszerint a gyártó gondoskodik beépített fix ciklusokról. Használatukat a különböző fúrási feladatok részben mutatjuk be.

*Zsákfurat telibe fúrása* (3.18. ábra). Az ábra jelölései:  $d$  a furat átmérője;  $l$  a furat mélysége.

A művelet végrehajtása megegyezik a központfurat fúrásával, a különbség a furat mélységében van. Általános szabályként elmondható, hogy ha a furat átmérőjének és a mélységének aránya, az  $l/d$  kisebb 3..4-nél, egyszerűbb telibe fúrásról van szó, ellenkező esetben pedig mélyfúrásról. Mélyfúrás esetén gondoskodni kell a fúró időnkénti kiemeléséről. A CNC-gépeken fix ciklus használható a fúrás végrehajtására.

A telibe fúrás programrészlete:

```
%3412
N1 G17 G90 G95 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06 M08
...
N55 G82 X... Y... Z... Z... F... S... T... L...
N56 G80
...
```

**N55** A zsákfurat megmunkálására alkalmas fúróciklus definiálása, X, Y a furat középpontjának helye, az első Z a megközelítési magasság, a második a fúrás mélysége, a technológiai paraméterek meghatározása, ha előzőleg más adat volt érvényben, majd a várakozási idő paramétere, az L megadása következik.

**N56** A fúrás befejezése után a meghívott ciklust törölni kell, ellenkező esetben mint öröklődő kódot értelmezve a következő X, Y koordinátákon is fúrást hajt végre a vezérlő.

Ha  $l/d > 3$ , akkor a fúrást érdemes mélyfúrásként kezelni, erre szintén fix ciklus van a vezérlőben. Végrehajtása a 3.19. ábrán látható.

Mélyfurat telibe fúrásához a programrészlet:

```
%3413
N1 G17 G90 G95 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06 M08
...
N55 G83 X... Y... Z... Z... Z... F... S... T... L...
N56 G80
...
```

**N55** X, Y koordináták a furat középpontját adják meg. Az első Z a furat mélysége, a második az egy menetben fúrható fúrásmélység (inkrementális adat), a harmadik Z a visszahúzás mérete. Inkrementális adat, ha csak forgácsstörést akarunk (3.19a ábra), és abszolút adat, ha a fúrószerszámot öblítés céljából akarjuk kiemelni a furatból, ekkor a visszahúzás síkját kell megadni (3.19b ábra).

*Átmenőfurat telibe fúrása* (3.20. ábra). Az ábra jelölései:  $d$  a furat átmérője;  $l$  a furat mélysége.

A fúrás hasonló, mint zsákfurat esetén, de nem kell várakozási időt programozni az  $l$  méret elérésekor, viszont a programozó technológusnak kell gondoskodnia a fúró túlfutásáról. A fúró kúpjának túl kell futnia a munkadarab vastagsági méretén.

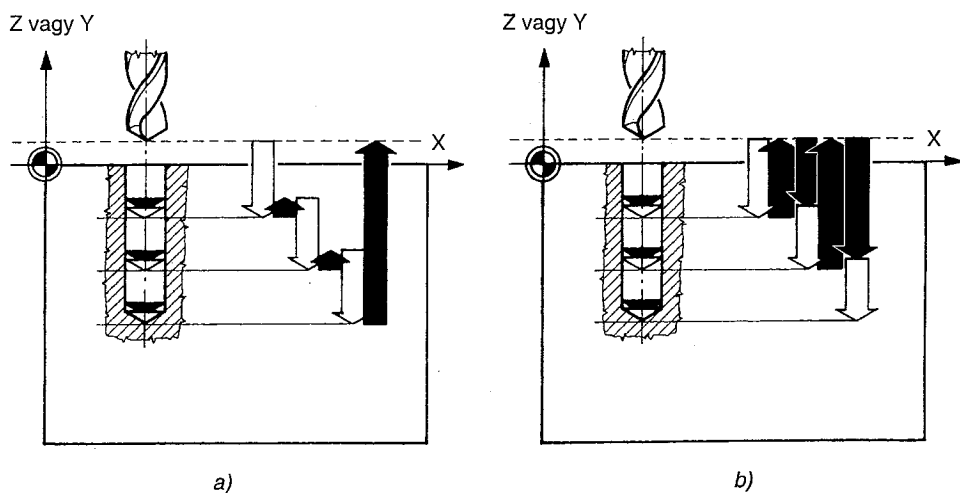
Az átmenőfurat fúrása programrészlete:

```
%3414
N1 G17 G90 G95 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06 M08
...
N55 G81 X... Y... Z... Z... F... S... T... L...
N56 G80
...
```

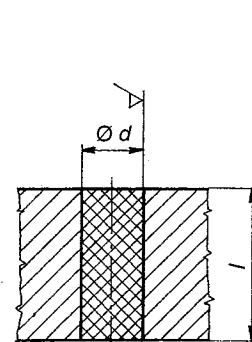
**N55 G81** általában az átmenőfurat fix ciklusa, az X, Y koordináták a furat középpontjának helyét, az első Z a biztonsági távolságot adja. A második Z a furat mélységét definiálja.

Az  $l/d > 3$  arányú furatok megmunkálására a zsákfurat megmunkálásánál elmondottak érvényesek, általában a G83 ciklust használjuk. A várakozási idő paraméterének nulla vagy minimális értéket szokás adni.

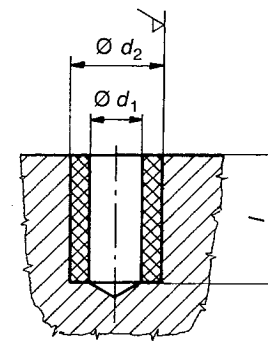
*Felfúrás zsákfuratban* (3.21. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  az előfúrás átmérője;  $d_2$  a felfúrás átmérője;  $l$  a felfúrás mélysége.



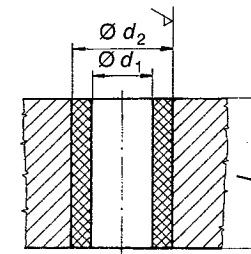
3.19. ábra. Mélyfurat telibe fúrása  
⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet



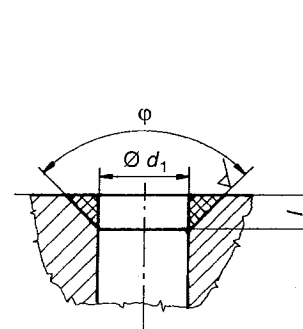
3.20. ábra. Átmenőfurat telibe fúrása



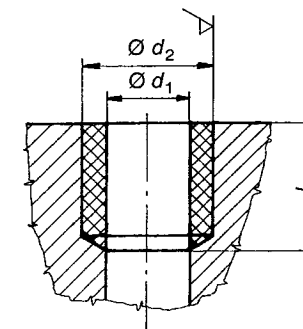
3.21. ábra. Felfúrás zsákfuratban



3.22. ábra. Átmenőfurat felfúrása



3.23. ábra. Kúpos süllyesztés



3.24. ábra. Kúpos fenéksüllyesztés

A program írása során a  $\frac{d_2 - d_1}{2}$  oldalankénti ráhagyást mint technológiai paramétert kezeljük. A furat  $l$  méretének függvényében döntjük el, hogy a G82 fúrás várakozással, vagy a G83 mélyfúrás kiemeléssel ciklust választjuk. Szintaktikája megegyezik az előzőkkel.

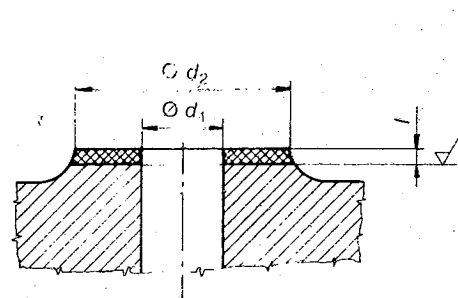
*Átmenőfurat felfúrása* (3.22. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  az előfúrás átmérője;  $d_2$  a felfúrás átmérője;  $l$  a felfúrás mélysége.

A zsákfurat felfúrásánál említettek itt is érvényesek azzal az eltéréssel, hogy ha nem mélyfuratot fúrunk, akkor a G81 ciklust használjuk.

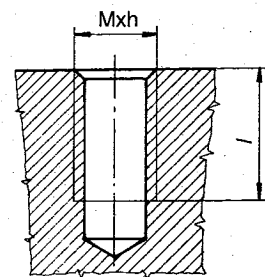
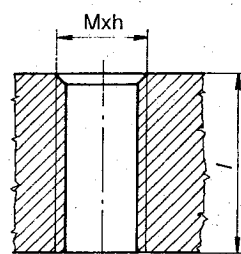
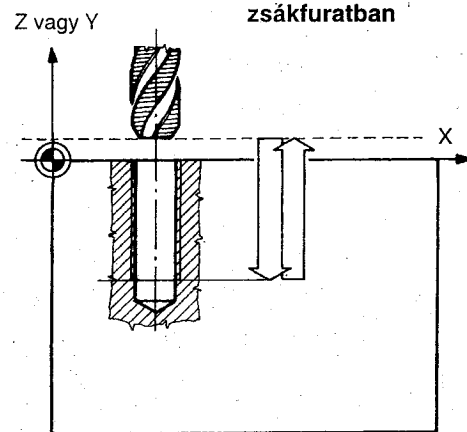
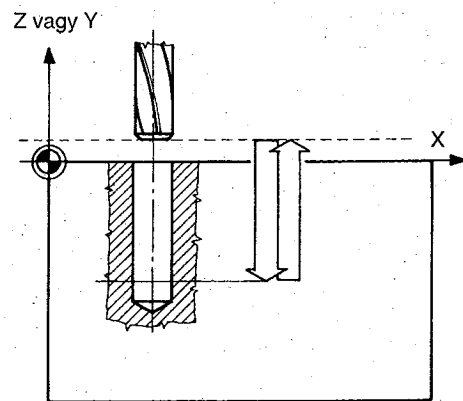
*Kúpos süllyesztés és kúpos fenéksüllyesztés* (3.23., 3.24. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  az előfúrás átmérője;  $d_2$  a süllyesztés átmérője;  $l$  a süllyesztés mélysége;  $\phi$  a süllyesztés kúpszöge.

A művelet lényege az  $l$  méret beállítása, ezért a várakozási idővel kombinált G82 ajánlott.

*Homloksüllyesztés* (3.25. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  az előfúrás átmérője;  $d_2$  a homloksüllyesztés átmérője;  $l$  a süllyesztés mélysége.



3.25. ábra. Homloksüllyesztés

3.26. ábra. Menetfúrás  
zsákfuratban3.27. ábra. Menetfúrás  
átmenőfuratban3.28. ábra. A menetfúrás mozgásvizonyai  
⇒ előtolás3.29. ábra. Dörzsölés  
⇒ előtolás

A megmunkáláskor a  $d_2$ -nél nagyobb átmérőjű homloksüllyesztőt használunk és G82-vel munkáljuk meg a felületet.

*Menetfúrás zsákfuratban és átmenőfuratban* (3.26., 3.27. ábra). Az ábra jelölései:  $M$  a menet névleges mérete;  $P$  a menet emelkedése,  $l$  a menet mélysége.

A menetfúrás programrészlete:

```
%3415
N1 G17 G90 G95 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06 M08
...
N55 G84 X... Y... Z... Z... F... S... T...
N56 G80
...
```

**N55** menetfúróciklus (G84), az X, Y a menetes furat középpontja, az első Z a biztonsági távolság, a második Z pedig a menet mélysége. Menetfúrás a 3.28. ábra szerint.

*Mozgások:* a szerszámmal a furat középpontja fölé  $b$  biztonsági távolságra kell pozicionálni gyorsmenettel (3.28. ábra).

A biztonsági távolság a menetemelkedés 2...3-szorosa. Az előtolás és a szerszám fordulatszáma ennél a műveletnél kötött:  $f = nP$ ,

ahol  $f$  az előtolás, mm/min;  $n$  a fordulatszám, f/min;  $P$  a menetemelkedés, mm.

A menetfúrás előtolással történik. A menetmélység elérése után a szerszám forgásirányát meg kell változtatni és szintén előtolással húzzuk vissza a szerszámot az indulási pontig. A G84-es menetfúróciklus a vezérlő technológiai módosítókapcsolóit (override kapcsolók) automatikusan üzemben kívül helyezi, a kapcsolók le vannak tiltva.

*Dörzsölés* (3.29. ábra). A dörzsölés célja, hogy a furat méretpontosságát és felületi érdességét készre munkáljuk. A szerszám kialakítása miatt a furatból munkamenettel kell kiemelni a szerszámot, ellenkező esetben a szerszám éle lepattan. A G85-ös jelű ciklus alkalmas a művelet végrehajtására.

A dörzsölés programrészlete:

```
%3416
N1 G17 G90 G95 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06 M08
...
N55 G85 X... Y... Z... Z... F... S... T...
N56 G80
...
```

**N55** dörzsölésciklus (G85), az X, Y a furat középpontja, az első Z a biztonsági távolság, a második Z a furat mélysége.

*Furat kiesztergálása* (3.30. ábra). Furat kiesztergálásakor a furat pontos méretét és az előírt felületi érdességet állítjuk be. A szerszámot mindig álló főorsó mellett emeljük ki. A szerszám gép felépítésétől függően a főorsó vagy meghatározott pozíciót vesz fel, vagy sem. Az első esetben a főorsó indexálása után a szerszám élét – gépi rutin szerinti mértékben és irányban – el kell távolítani a furat felületétől, és ezt követheti a kiemelés. A második esetben nincs a főorsón jeladó, ilyenkor kiemeléskor a szerszám hegye érintkezik a munkadarab felületével és vékony karcot hagy a furat felületén.

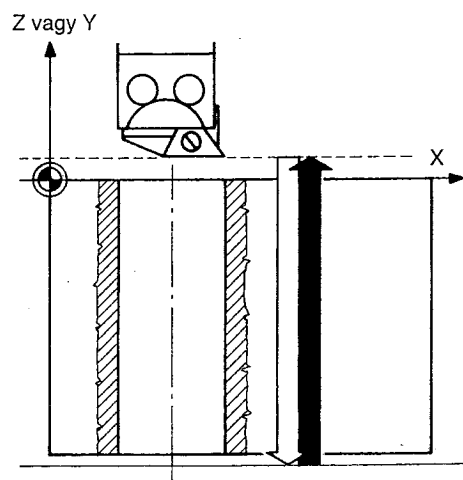
A furat kiesztergálásának programrészlete:

```
%3417
N1 G17 G90 G95 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06 M08
...
N55 G86 X... Y... Z... Z... F... S... T...
N56 G80
...
```

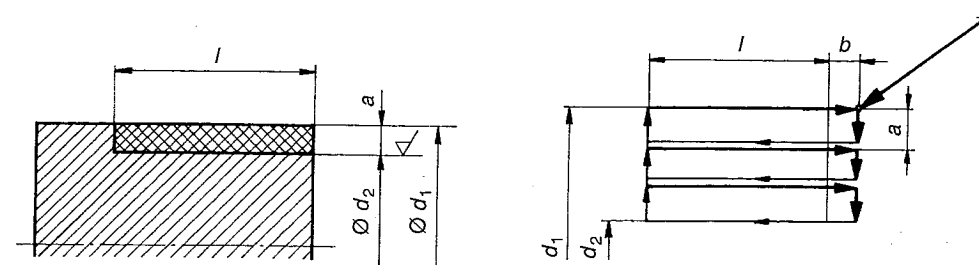
**N55** furatkiesztergáló ciklus (G86), az X, Y a furat középpontja, az első Z a biztonsági távolság, a második Z pedig a furat mélysége.

**Típusgeometriák és megmunkálásuk esztergán.** Az esztergán megmunkálható alkatrészek jellegzetes geometriai elemekre bonthatók. Megmunkálásokhoz hozzárendelhető egy-egy szintén jellegzetes megmunkálási mód is.

*Külső hengeres felület esztergálása* (3.31. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  a kiindulóátmérő;  $d_2$  a kész átmérő;  $a$  a fogásmélység;  $l$  a megmunkált felület hossza.



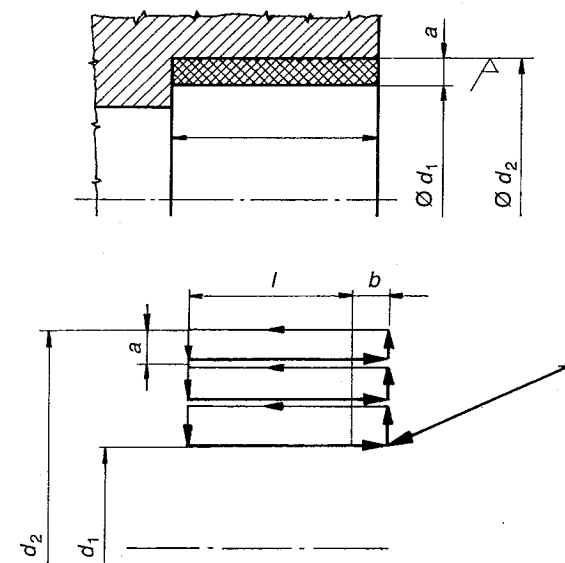
3.30. ábra. Furat kiesztergálása  
⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet



3.31. ábra. Külső hengeres felület esztergálása  
⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet

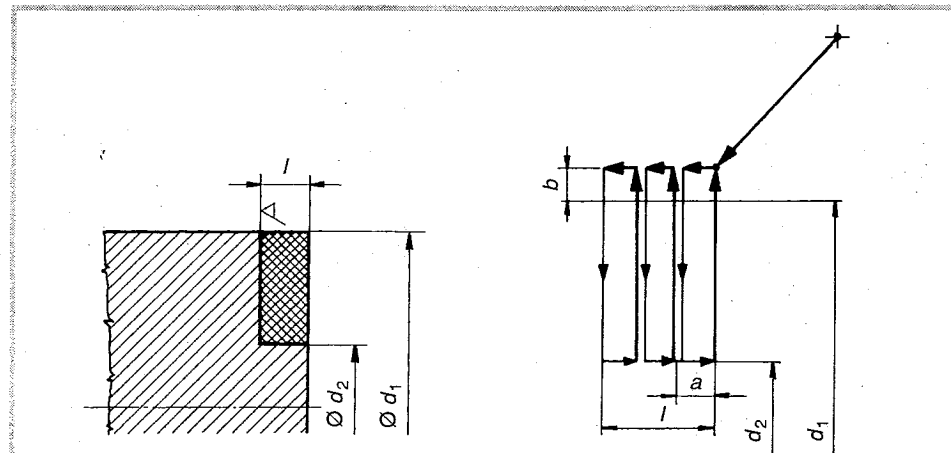
*Mozgások:* a szerszámmal biztonsági távolságra a darab elé kell pozicionálni gyorsmenettel, ez 1...2 mm a darab előtt a  $d_1$  átmérőn. A fogásvétel a munkadarab tengelye felé (X mozgás) gyorsjárattal. Következik az esztergálás előtolással. Az esztergált felület végén ( $l$  méret elérésekor) kiemelés előtolással  $d_1$ -re. Az előtolást azért kell alkalmazni, mert a  $\kappa > 90^\circ$  főél-elhelyezési szögű szerszámok használata esetén a szerszám élén maradó forgácskeresztmetszet gyorsmozgással leszakíthatja a szerszám hegyét. Következik a visszaállítás az induló pozícióra gyorsmenettel. A fogásszám szerint ismételni kell a fenti mozgássort a teljes ráhagyás eltávolításáig. Ezt a mozgást nevezzük külső hengeres felületet esztergáló ciklusnak.

Simításkor értelem szerűen a jellegzetes négyszögmozgást csak egyszer kell elvégezni.

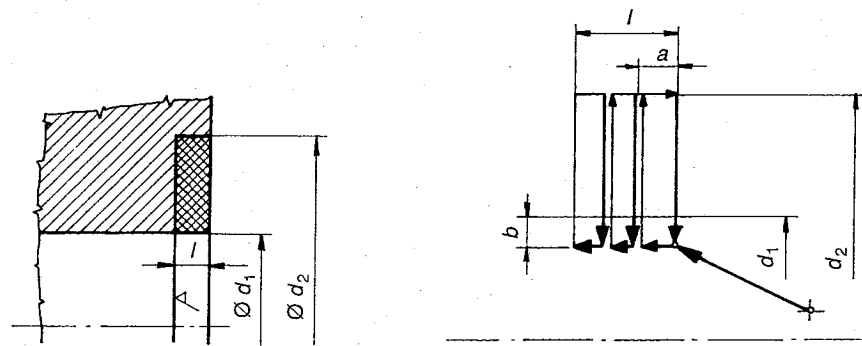


3.32. ábra. Belső hengeres felület esztergálása  
⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet

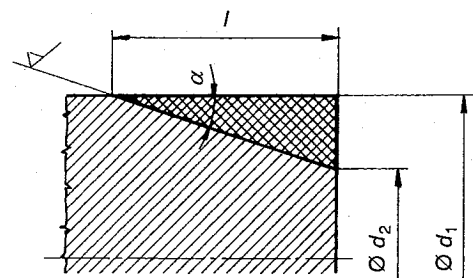




3.33. ábra. Külső homloklapfelület esztergálása  
 ⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet



3.34. ábra. Belső homloklapfelület esztergálása  
 ⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet



3.35. ábra. Külső kúpfelület esztergálása  
 ⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet

*Belső hengeres felület esztergálása* (3.32. ábra). Az ábra jelölése:  $d_1$  a kiindulóátmérő;  $d_2$  a kész átmérő;  $a$  fogásmélység;  $l$  a megmunkált felület hossza.

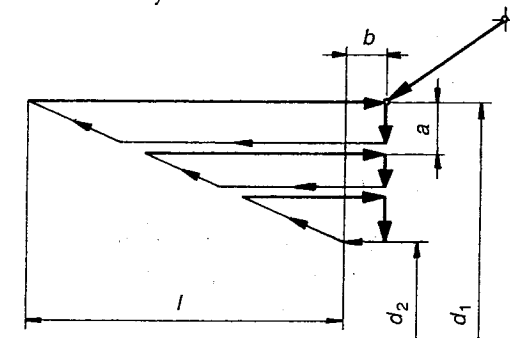
*Mozgások:* A szerszámmal  $d_1$  átmérőtől  $b$  biztonsági távolságra kell pozícionálni gyorsmenettel ( $b = 1...2$  mm). Fogásvétel a munkadarab tengelyétől távolodva gyorsmenettel. Következik az esztergálás előtolással. Az esztergált felület végén ( $l$  méret elérésekor) kiemelés előtolással  $d_1$ -re. Visszaállás az induló pozícióra gyorsmenettel. A fogásszám szerint a mozgást ismételni kell a teljes ráhagyás eltávolításáig. Ezt a mozgást nevezzük belső hengeres felületesztergáló ciklusnak. Simításkor értelemszerűen a jellegzetes négyszögmozgást csak egyszer kell elvégezni.

*Külső homloklapfelület esztergálása* (3.33. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  kiindulóátmérő;  $d_2$  a homloklapfelület vége;  $l$  ráhagyás.

*Mozgások:* A szerszámmal  $b$  biztonsági távolságra a munkadarab elé kell állni  $d_1$  átmérőre gyorsmenettel. A fogásvétel szintén gyorsmenetű. Esztergálás  $d_2$  átmérőig előtolással. Tengelyirányú, gyorsmeneti kiemelés. Visszaállás a kiinduló pozícióra gyorsmenettel. A fogásszám szerint a mozgást ismételni kell a teljes ráhagyás eltávolításáig. Simításkor a mozgást értelemszerűen egyszer kell végrehajtani.

*Belső homloklapfelület esztergálása* (3.34. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  kiindulóátmérő;  $d_2$  a homloklapfelület vége;  $l$  a ráhagyás.

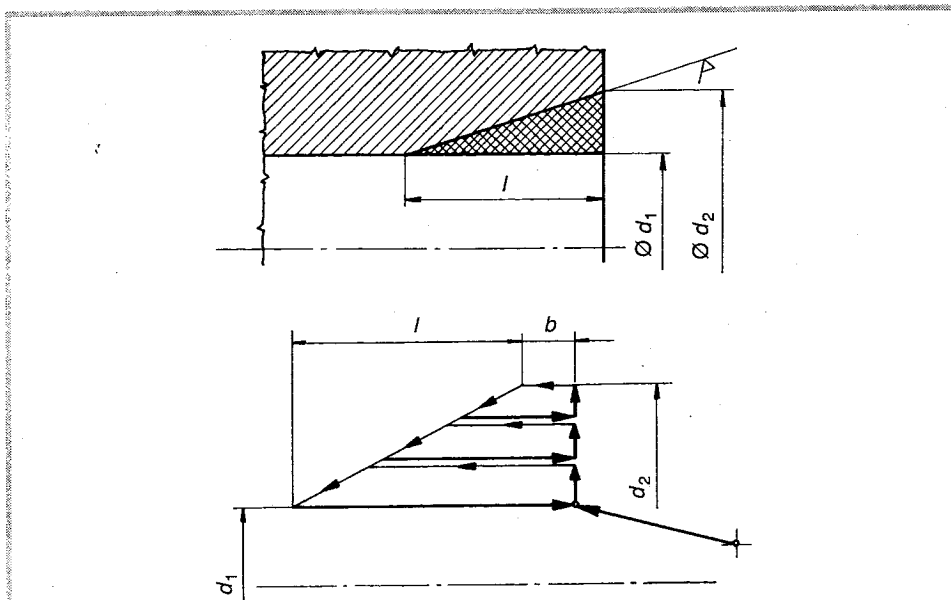
*Mozgások* logikája megegyezik a külső homloklapfelület esztergálásával, figyelembe véve a kiemelések irányát.



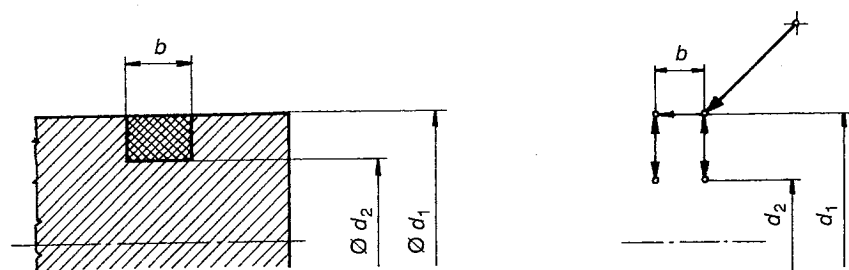
3.36. ábra. Külső kúpfelület megmunkálása

*Külső kúpfelület esztergálása* (3.35., 3.36. ábra). Az ábra jelölései:  $d_2$  a kúp kezdőmérete;  $d_1$  a kúp végének mérete;  $l$  a kúp hossza;  $\alpha$  a kúpszög.

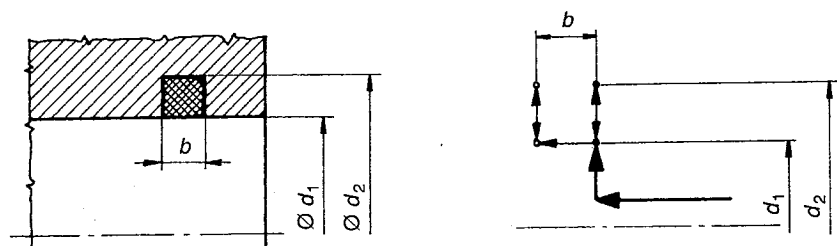
*Mozgások:* fogásvétel után az esztergálás a Z tengely mentén egészen a kúp alkotójának és a fogásmélység egyenesének metszéspontjáig tart. A metszésponttól az előtoló mozgás a kúp alkotóját követi. Az eddig ismertetett esztergálási stratégia szerint a mozgássort addig kell ismételni, míg a kúp  $d_2$  átmérőjét el nem érjük. Simításkor értelemszerűen a  $d_2$  méretre pozícionálunk, majd a kúp alkotóját követve elvégezzük a simítást.



3.37. ábra. Belső kúpfelület  
 ⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet



3.38. ábra. Külső beszúrás  
 ⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet



3.39. ábra. Belső beszúrás  
 ⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet

*Belső kúpfelület esztergálása (3.37. ábra).* Az ábra jelölései:  $d_1$  a kúp kezdőmérete;  $d_2$  a kúp végének mérete;  $l$  a kúp hossza.

*Mozgások:* a belső kúpfelület megmunkálásának analógiájára.

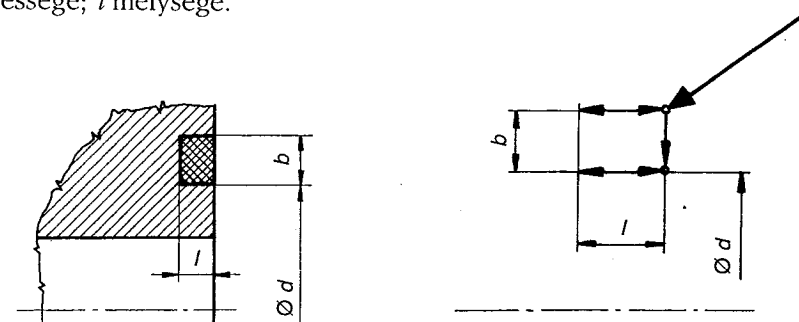
*Külső beszúrás (3.38. ábra).* Az ábra jelölései:  $d_1$  a beszúrás kezdőátmérője;  $d_2$  a beszúrás végének átmérője;  $b$  a beszúrás szélessége.

*Mozgások:* A CNC-esztergálás esetén a beszúrókést mindig keskenyebbre választjuk, mint a beszúrás  $b$  szélessége. A beszúrás szélességének mérete és túrése úgy tartható be pontosan, hogy a beszúrókés jobb és bal oldali élével egy-egy beszúrást végzünk. Nem szabad megfélekedni arról, hogy a szerszámkorrekciót a jobb és a bal oldali élére át kell helyezni a mozgás sorrendjének megfelelően.

*Belső beszúrás (3.39. ábra).* Az ábra jelölései:  $d_1$  a beszúrás kezdőátmérője;  $d_2$  a beszúrás végének átmérője;  $b$  a beszúrás szélessége.

*Mozgások:* A külső beszúrás megmunkálásakor ismertetett elvek figyelembevételével.

*Homlokbeszúrás (3.40. ábra).* Az ábra jelölései:  $d$  a homlokbeszúrás mérete;  $b$  szélessége;  $l$  mélysége.

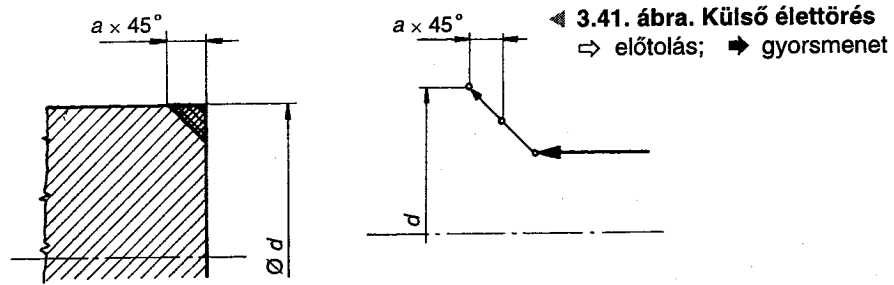


3.40. ábra. Homlokbeszúrás  
 ⇨ előtolás; ➔ gyorsmenet

*Mozgások:* A külső beszúrásnál ismertetett elvek itt is igazak. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a szerszám élgeometriáját a  $d$  illetve a  $d+b$  körgyűrűk által határolt területen belül kell kialakítani. Az esetek döntő többségében a forgácsolás körülményei igen kedvezőtlenek (kicsi a forgácstér), ezért a technológiai adatok megválasztásakor körültekintően kell eljárni.

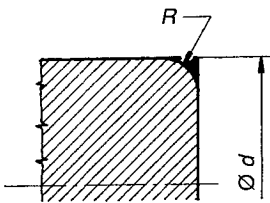
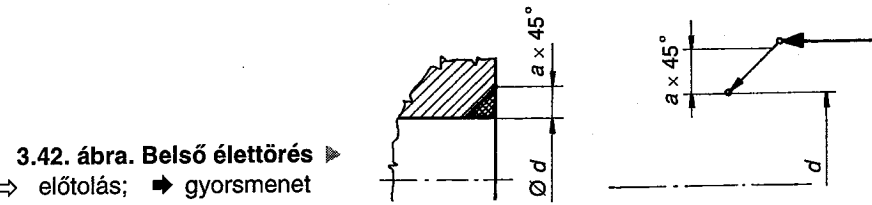
*Külső élettörés (3.41. ábra).* Az ábra jelölései:  $a \times 45^\circ$  a letörés mérete;  $d$  a letörés névleges átmérője.

*Mozgások:* A szerszám a munkadarab elé pozícionál a letörés vonalának meghosszabbításában gyorsmenettel, majd előtolással elvégzi a munkafolyamatot. Kezdekor a fogásmélység maximális, majd fokozatosan nullára csökken. A műveletelemet célszerű az azt követő palástfelület simításával összekapcsolni, így nem marad sorja a letörés végén.



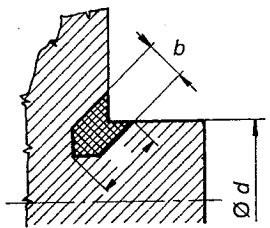
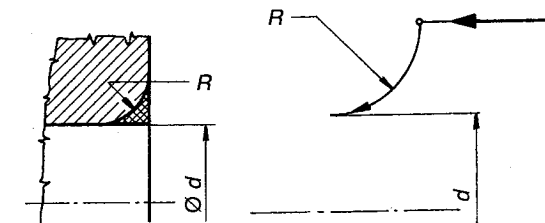
▲ 3.41. ábra. Külső élettörés  
⇨ előtolás; ➡ gyorsmenet

3.42. ábra. Belső élettörés  
⇨ előtolás; ➡ gyorsmenet



▲ 3.43. ábra.  
Külső éllekerekítés  
⇨ előtolás;  
➡ gyorsmenet

3.44. ábra.  
Belső éllekerekítés  
⇨ előtolás;  
➡ gyorsmenet



▲ 3.45. ábra. Külső alászúrás  
⇨ előtolás; ➡ gyorsmenet

*Belső élettörés* (3.42. ábra). Az ábra jelölései:  $a \times 45^\circ$  a letörés mérete;  $d$  a letörés névleges átmérője.

*Mozgások*: a külső élettörésnél elmondottak figyelembevételével.

*Külső éllekerekítés* (3.43. ábra). Az ábra jelölései:  $R$  a lekerekítés sugara;  $d$  a lekerekítés névleges átmérője.

*Mozgások*: A szerszámmal a munkadarab elé a lekerekítés kezdőátmérőjére kell pozicionálni, majd a munkadarab megérintése következik előtolással. A lekerekítés esztergálása során a fogásmélység nulláról maximumig nő, majd újra nullára csökken. A műveletelem célszerű összevonni a névleges átmérő simításával, így a szerszámnak az anyagból való kilépése elmarad, és nem képződik sorja a lekerekítés végén.

*Belső éllekerekítés* (3.44. ábra). Az ábra jelölései:  $R$  a lekerekítés sugara;  $d$  a lekerekítés átmérője.

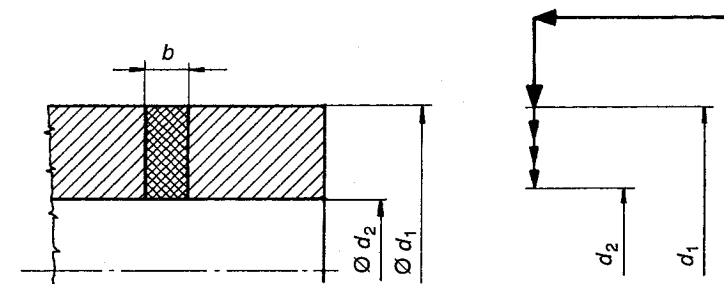
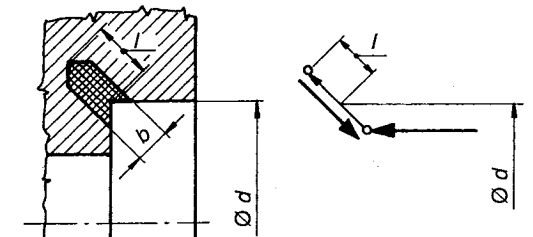
*Mozgások*: a külső éllekerekítésnél elmondottak szerint.

*Külső alászúrás* (3.45. ábra). Az ábra jelölései:  $d$  az alászúrás névleges átmérője;  $b$  az alászúrás szélessége;  $l$  az alászúrás mélysége.

*Mozgások*: a szerszámmal az alászúrás irányának meghosszabbításába kell pozicionálni. Előtolással elvégezzük az alászúrást, majd rövid várakozás után gyorsmenettel ugyanazon az útvonalon vissza kell húzni a szerszámot. A gyakorlatilag nulla forgácstér miatt indokolt a technológiai jellemzők csökkentése.

*Belső alászúrás* (3.46. ábra). Az ábra jelölései:  $d$  az alászúrás névleges átmérője;  $b$  az alászúrás szélessége;  $l$  az alászúrás mélysége.

3.46. ábra. Belső alászúrás  
⇨ előtolás; ➡ gyorsmenet



3.47. ábra. Leszúrás  
⇨ előtolás; ➡ gyorsmenet

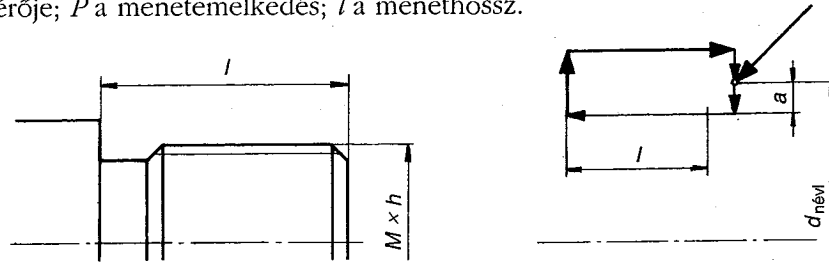
*Mozgások:* hasonló a külső alászúrás megmunkálásához.

*Leszúrás* (3.347. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  a leszúrás kezdőátmérője;  $d_2$  a leszúrás végének átmérője;  $b$  a leszúrás szélessége.

*Mozgások:* A szerszámmal a munkadarab fölé kell pozicionálni gyorsmenetben. Keréstartmányú mozgás előtolással.

A munkadarab leesése előtt célszerű az előtolást egy vagy több lépésben csökkenteni. Hasznos a szerszám középpont (forgástengely) felé mozgása közben a fordulatszámot egy vagy több lépésben megemelni azért, hogy a forgácsolósebesség ne csökkenjen. A korszerű CNC-esztergákon, ahol fokozat nélküli főhajtás van, ez a fordulatszám-emelés folyamatos.

*Külső menet esztergálása* (3.48. ábra). Az ábra jelölései:  $M$  a menet névleges átmérője;  $P$  a menetemelkedés;  $l$  a menethossz.



3.48. ábra. Külső menet esztergálása

⇒ előtolás; ➔ gyorsmenet

*Mozgások:* A szerszámmal a menet névleges átmérőjére kell pozicionálni. A pozicionálás hosszmérete a munkadarab előtt 2...3 menetemelkedésre célszerű, hogy a vezérlőnek legyen elég ideje az álló szánt felgyorsítani a szinkronizált menetesztergáló mozgás sebességére.

A fogásvételt előtolással végezzük. Az override kapcsolók tiltása után a vezérlő szinkronizálja a főorsó fordulatszámát és az előtolást (sebesség interpoláció), így végezzük el a menetesztergálást. A kést gyorsmenettel emeljük ki a menet névleges átmérője fölé. Ebben a pontban az override kapcsolókat újra engedélyezni kell. A szerszám visszahúzása a kiindulási hosszra gyorsmenettel. A fogásszámnak megfelelően ezt a ciklust meg kell ismételni.

*Belső menet esztergálása*

A megmunkálás jellemzői:  $M$  a menet névleges átmérője;  $P$  a menetemelkedés;  $l$  a menethossz.

*Mozgások:* Hasonló, mint a külső menet esztergálásakor, de most magméretre pozicionálunk, és a fogásvétel a forgástengelytől kifelé irányul.

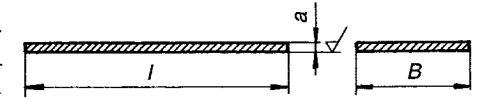
### Típusgeometriák és megmunkálásuk marógépen

A következő geometriák megmunkálhatók marógépen és megmunkálóközpontokon. Általában elégséges a szakaszvezérlésre alkalmas berendezés, de a pályavezérlések széles körű elterjedése miatt nem teszünk különbséget

aközött, hogy milyen geometria munkálható meg milyen vezérlésű szerszámgepen.

*Síkfelület marása* (3.49. ábra). Az ábra jelölései:  $B$  a felület szélessége;  $l$  a felület hossza;  $a$  a fogásmélység.

*Mozgások:* A szerszámot – ha a marógép teljesítményviszonyai megengedik – mindig szélesebbre kell választani, mint a  $B$  méret. Gyorsmenetben fél szerszámátmérővel a darab elé pozicionálunk és fogást veszünk.



3.49. ábra. Síkfelület marása

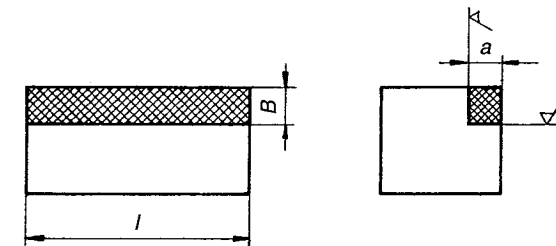
Előtolással végigmunkáljuk a felületet úgy, hogy a szerszám utolsó foga is elhagyja a maró felületet, tehát egy fél szerszámátmérővel túlmegyünk az  $l$  méreten. Így a megmunkált felületet a maró nem karcolja össze.

*Sarokfelület marása* (3.50. ábra). Az ábra jelölései:  $l$  a felület hossza;  $B$  a felület mélysége;  $a$  a fogásvétel.

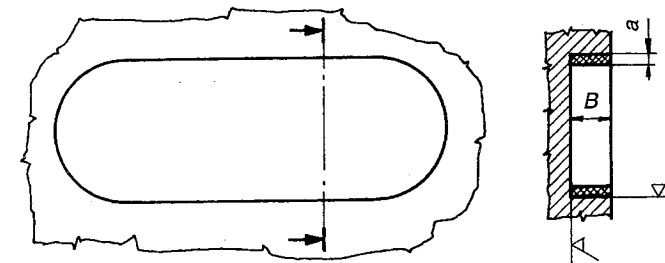
*Mozgások:* Ha a sarokfelületnek van szabad kifutása, akkor gyorsjáratban a felület elé kell pozicionálni fél átmérővel  $B$  mélységben a fogásvételnek megfelelően. Az  $l$  hossz marása után ki kell futtatni a marót a felületről. Ha nincs a sarokfelületnek szabad kifutása, akkor előtolással veszünk fogást.

*Kontúrpalást-felület* (3.51. ábra). Az ábra jelölései:  $B$  a marás mélysége;  $a$  a fogásmélység.

*Mozgások:* A szerszámmal a munkadarab fölé pozicionálunk gyorsmenettel. A marás mélységét előtolással érjük el. Az automatikus szerszámugár-korrekció bekapcsolása után a kontúrt körbe járjuk a programozott előtolással. A marás

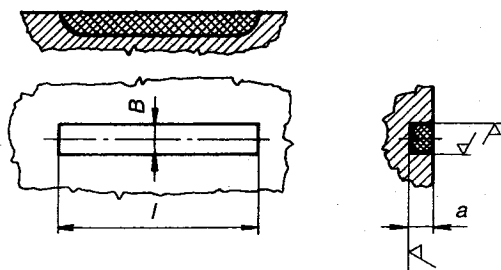
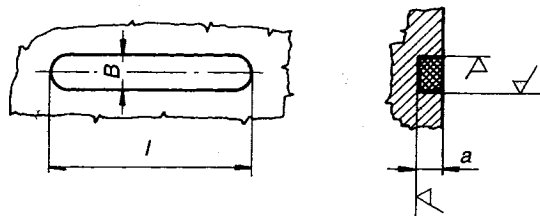


3.50. ábra. Sarokfelület marása

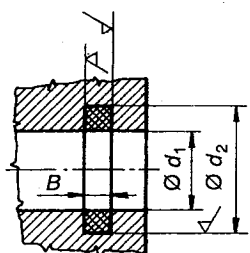


3.51. ábra. Kontúrpalást-felület marása

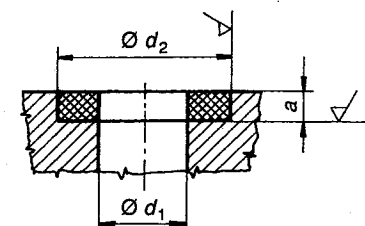
◀ 3.52. ábra. Külső horony marása, I.



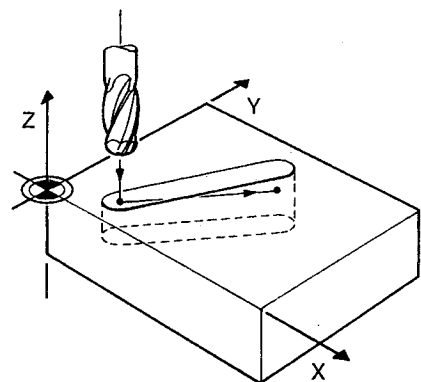
3.53. ábra. Külső horony marása, II.



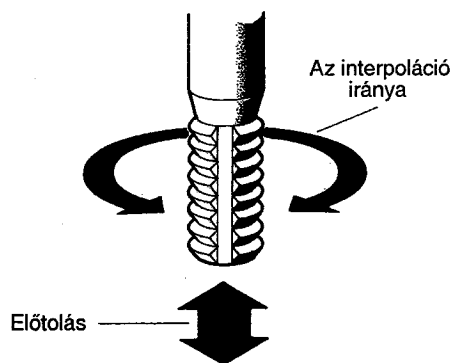
3.54. ábra.  
Belső horony marása



3.55. ábra. Fenéksüllyesztés



3.56. ábra. 3D-s lineáris interpoláció



3.57. ábra. A menetmarás mozgásai

befejeztével kikapcsoljuk az automatikus szerszámsugár-korrekción, majd gyorsmenettel kiemeljük a szerszámot a munkadarab fölé.

*Külső horony marása I.* (3.52. ábra). Az ábra jelölései:  $B$  a horony szélessége;  $a$  a horony mélysége;  $l$  a horony hossza.

*Mozgások:* A horony valamelyik végére pozicionáljuk a szerszámot. Fogásvétel előtolással. A marás befejeztével a marót is előtolással emeljük ki, így a maró éle nem sérül meg. Ujjmarót akkor használunk, ha a szerszámnak előzetesen férőhelyet munkálunk ki, például fúrással. Méretes szerszámot (amelynek meggyezik az átmérője a horony szélességével) csak akkor használunk, ha a horony nincs túrésezve. Ellenkező esetben kontúrmarással dolgozunk.

*Külső horony marása II.* (3.53. ábra). Az ábra jelölései:  $l$  a horony hossza;  $B$  a horony szélessége;  $a$  a horony mélysége, a fogásmélység.

*Mozgások:* A tárcsamaróval a horony fölé pozicionálunk, és előtolással fogást veszünk. A tárcsa átmérőjétől függ, hogy mekkora a szerszám kifutása, ezt a marás hosszának meghatározásakor kell figyelembe venni.

*Belső horony marása* (3.54. ábra). Az ábra jelölései:  $d_2$  a horony átmérője;  $d_1$  a furat átmérője;  $B$  a horony szélessége.

*Mozgások:* A tárcsamaróval, amelynek átmérője kisebb  $d_1$ -nél, a furatba pozicionálunk. Előtolással fogást veszünk, majd körinterpolációval elkészítjük a hornyot. Visszaállva a furat tengelyvonalába, a szerszám kiemelhető a furatból gyorsmenettel.

*Fenéksüllyesztés* (3.55. ábra). Az ábra jelölései:  $d_1$  a furat átmérője;  $d_2$  a süllyesztés átmérője;  $a$  a fogásmélység.

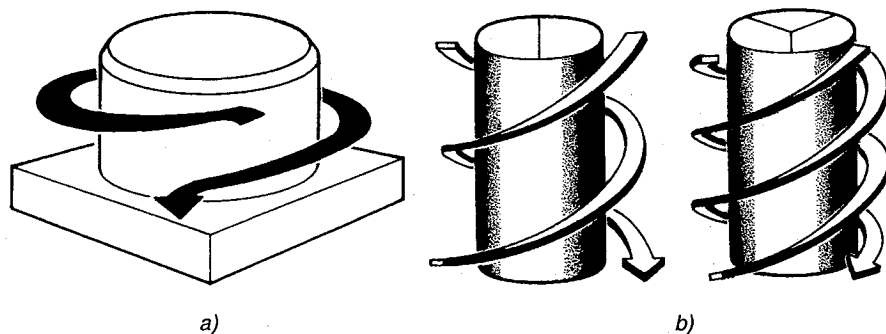
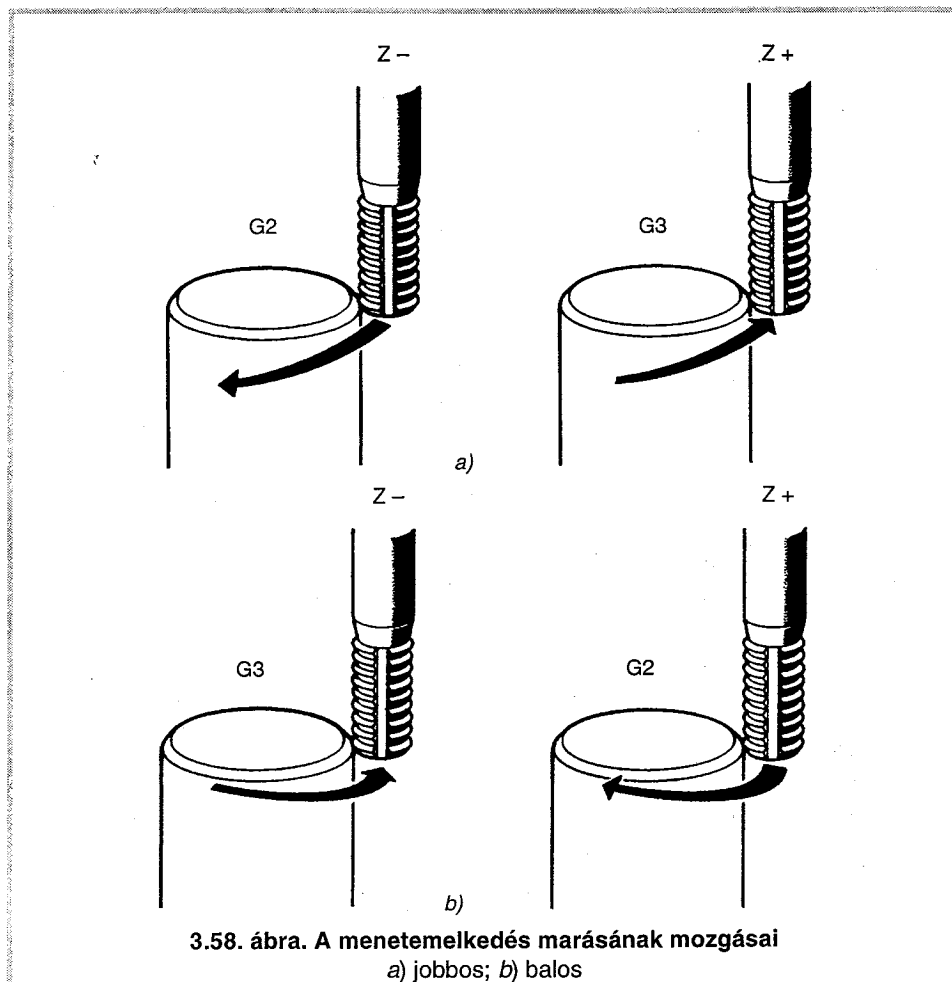
*Mozgások:* Hosszlyukmaróval vagy ujjmaróval a furat fölé pozicionálunk. A fogásmélységet előtolással érjük el. Fel kell venni a  $d_2$  méretet, majd körinterpolációval körbe kell járni a süllyesztést. A megmunkálás végén újra a furat közepére állunk, majd gyorsjárattal a szerszám kiemelhető.

A fúrás fejezetben ismertetett megmunkálóciklusok közül mindegyiket lehet CNC-marógépeken is programozni, ezért azokat nem tárgyaljuk még egyszer.

*Egyenes interpoláció 3D-s megmunkálás esetén* (3.56. ábra)

A 3D megjelölés a három irányú (*direction*) mozgást jelenti. (A hétköznapi szóhasználatban helytelenül a háromdimenziós megmunkálás terjedt el.)

A 3D-s marógép főorsója nem billenthető, ezért gömbvégű marószerszámot kell használni, mert akkor a szerszám geometriája – a gömb – biztosítja, hogy a munkadarab felületére merőlegesen helyezkedjen el a pillanatnyi látszólagos szerszám tengely. Az egyenközű pályáról tanultakat kell kiterjeszteni három irányban. A gömb érintési pontja és a gömb középpontján átmenő egyenes mindig merőleges a felületre.



A háromtengelyes egyenes megmunkálására alkalmas programrészlet:

```
%3441
N1 G17 G90 G54 G00 X... Y... Z... F... S... T... M03 M06
...
N55 G00 X... Y... Z...
N56 G01 Z...
N57 G01 X... Z... Z... F...
N58 G00 Z... kezdőpont fölé pozicionálunk
...
```

A programrészlet N55 jelű sorában a kezdőpont fölé pozicionálunk, az N56-ban előtolással fogást veszünk, majd az N57-es mondatban az egyenes végpontját határozzuk meg mind a három koordináta adatával.

*Menet marása körinterpolációval* (3.57. ábra). A menetmaró szerszámnak a mozgásviszonya utánozza a menet keletkezésének módját. A szerszám forgó körinterpolációs mozgásához egy tengelyirányú mozgás járul, ezek eredője a menetemelkedésnek megfelelő elmozdulás. A marón a fogak geometriája alakítja ki a menetárkot.

A 3.58a ábrán a jobbos emelkedésű menet, a 3.58b ábrán a balos emelkedésű menet megmunkálásához szükséges mozgások láthatók.

A menet megmunkálását a 3.59a ábra szemlélteti. A szerszámmal megközelítjük a munkadarabot, előtoló mozgással érjük el a menetmélységet. A kellő menetmélység elérése után indítható a körinterpoláció és a Z tengely irányú egyenes előtoló mozgás. Ha elérjük a szükséges menethosszat, akkor a szerszámot szintén előtolással kiemeljük a fogásból.

Ha több-bekezdésű menetet kell marni, akkor a 3.59b ábrán látható módon többször, a menet bekezdéseinek megfelelően ismételjük a menetmarást.

A körinterpoláció indításának helyét úgy kell meghatározni, hogy a kör – a munkadarab hengeres részének a kerületét – felosztjuk a bekezdések számától függően egész részekre, és ezeknek a részeknek a kerületen lévő pontjait tekintjük kiindulási pontnak.

## ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Ismertesse a gyártási folyamat információáramlását!
2. Az ábécé betűi közül melyeket használhatjuk a DIN 66025 programozási szabvány szerint?
3. Milyen kódokat nevezünk programtechnikai utasításnak (segédfunkcióknak)?
4. Milyen speciális karaktereket ismer, mire használjuk őket?
5. Mi a szerepük az útinformációt meghatározó kódoknak?

6. Milyen interpolációs paraméterek vannak?
7. Ismertesse a technológiai utasítások kódjait!
8. Melyek a mondatfelépítés szabályai?
9. Hogyan épül fel a főprogram?
10. Mit nevezünk ciklusnak?
11. Mutasson be gyakran használatos megmunkálást mint ciklust!
12. Mit nevezünk szubrutinnak?
13. Hogyan szervezi a szubrutint a program írása során?
14. Mi az alprogram fogalma?
15. Mutasson példát az alprogram alkalmazására!
16. Mi a paraméteres alprogram?
17. Mutasson példát a paraméteres alprogram alkalmazására!
18. A fúrógépen alkalmazott megmunkálásoknak melyek a közös jellemzőik?
19. Ismertesse a csúcspont és központfurat megmunkálását!
20. Ismertesse a zsákfurat telibe fúrását és programozását!
21. Mi a különbség a zsákfurat és az átmenőfurat telibe fúrása között?
22. Hogyan programozzuk a különféle süllyesztések megmunkálását?
23. Hogyan kell a menetfúrást elvégezni, és hogyan kell programozni?
24. Hogyan végzi a dörzsölést, és hogyan programozza?
25. Mi a furatesztergálás lényege, és hogyan programozza?
26. Hogyan nagyoljuk és simítjuk a külső hengeres felületeket?
27. Miben különbözik a belső hengeres felület megmunkálása a külső hengeres felületétől?
28. Hogyan munkálja meg a külső és a belső homlokfelületet?
29. Hogyan munkálja meg a kúpfelületet?
30. Ismertesse a különböző beszúrások készítését, milyen mozgásokkal végezzük el?
31. Hogyan végzi el a különféle alászurásokat?
32. Ismertesse a menetesztergálást és programozást!
33. Hogyan munkálunk meg síkfelületet?
34. Hogyan marunk sarokfelületet?
35. Mi a kontúrpalást-felület, hogyan munkálja meg?
36. Ismertesse a horonymarás módozatait és mozgásait!
37. Miben különbözik a fenéksüllyesztés marógépen és fúrógépen végezve?
38. Hogyan kell elvégezni a háromtengelyes egyenes marását?
39. Hogyan lehet marógépen menetet megmunkálni?
40. Milyen interpolációkat kell egyidejűleg a menetmaráskor használni?
41. Hogyan kell menetet marni háromtengelyes megmunkálással?
42. Hogyan mar több-bekezdésű menetet CNC-marógépen?

## 4. CAM-rendszerek

A CAM betűszó jelentése az angol **C**omputer **A**ided **M**anufacturing (számítógéppel segített gyártás) kifejezésből ered.

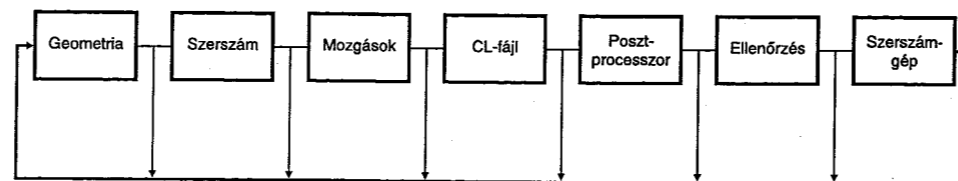
A korszerű CNC-megmunkálógépnek van vezérlő számítógépe, vannak érzékelő-, visszajelző elemei, hagyományos típusársától kissé eltér a gépteste és kiegészítő, kiszolgáló berendezésekkel van felszerelve. A CNC-gépek vezérlő számítógépe lehet egybeépítve a megmunkálógéppel, vagy attól független. Ha külső számítógépről üzemeltetjük a CNC-gépet, akkor DNC-ről (**D**irect **N**umerical **C**ontrol), azaz közvetlen számvezérlésről beszélünk.

Az eddig tárgyalt programírási mód kitűnő lehetőséget nyújt a programozás megtanulásához, de sok hibát rejt magában. A kézzel megírt program nem próbálható ki, csak a szerszámgépen, „levegőben vágással”, vagy a szerszámgép vezérlő számítógépén szimulálással. CNC-programok írásakor rendkívül fontos a folyamatos ellenőrzés, hisz a helytelenül pozícionált szerszám tönkretetheti a berendezést, de veszélyt jelenthet a kezelő, kiszolgáló személyzetre is.

A kézi programozás nem termelékeny. A drága berendezéseket üzemeltető gyárak nem engedhetik meg magunknak, hogy megmunkálógépük azért legyen kénytelen várni, mert nem kapta meg időben a CNC-programot. Minél többet lehet újrafelhasználni egy információt – jelen esetben az alkatrész geometriáját –, annál kisebb az újragenerálásból adódó hibák lehetősége, és a programozási idők is jelentősen csökkennek. Például, ha a tervezési osztály CAD- (**C**omputer **A**ided **D**esign = számítógéppel segített tervezés) programot használ, felesleges az ott készített rajz kinyomtatása, majd újra elektronikus formába öntése a CNC-program írása során. A ma elterjedt CAM-rendszerek közül szinte mindegyik képes valamilyen szinten fogadni a CAD-állományokat, legalább alapgeometriát 2D-ben. A komplexebb CAD-rendszerben megtalálhatunk integrált CAM-modulokat, így a tervező egyben a gyártástechnológiát is el tudja készíteni. A CAD-felhasználás CAPP (**C**omputer **A**ided **P**rocess **P**lanning = számítógéppel segített gyártástervezés) rendszerrel együttműködve megkönnyíti a tervezési és technológiai csoportok együttműködését, és így gyártáshelyes termékek tervezését. Számítógépes rendszeren keresztül nagy mennyiségű adatot gyorsan lehet eljuttatni, pl. a tervezőtől a technológushoz, és ezáltal nem fordulhat elő, hogy a tervező olyan tervet készít, amely nehezen, vagy egyáltalán nem gyártható az adott körülmények között. Integrált CAD-CAM rendszert használva, az adatbázisban megtalálhatók a gyár gépparkjának, készülékeinek, eszközeinek napra-

kész adatai. A tervező egyszerre tervezi meg az alkatrész geometriáját és készíti el a gyártástechnológiát, ide értve a felfogási, megmunkálási tervet is.

**Lineáris felépítésű CAP-programok.** A CAP betűszó az angol **C**omputer **A**ided **P**art **P**rogramming rövidítéséből ered, magyar jelentése számítógéppel segített CNC-programozás. A lineáris CAP-programok elnevezésüket a közvetett algoritmusok alakjáról kapták (4.1. ábra).

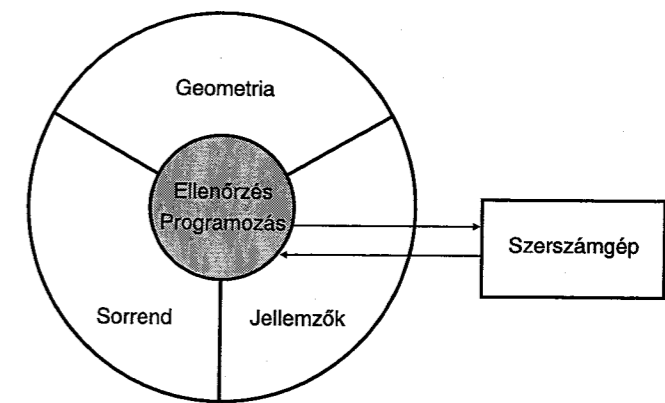


4.1. ábra. Lineáris felépítésű CAP-program

A *geometriai* rész tartalmazza a munkadarab alakját pontokból, vonalakból, ívekből, görbékéből. Ez hasonlatos a CAD-rendszerek végtermékének felépítéséhez. A *szerszámok* rész a felhasznált megmunkálószerszámok adatbázisa. A *mozgásokat* tartalmazó rész rendeli hozzá a geometriai elemekhez a megfelelő szerszámot, szerszámokat. A CL File az angol **C**utter **L**ocation **F**ile szavakból ered. Ennek az ideiglenesen létrejövő adathalmaznak az értelmezése, és a számítógép vezérlőjének megfelelő formátumba öntése a *posztprocesszor* feladata. A *CL adatfájl* a geometria és szerszámmozgások gépi kódú formáját tartalmazza. Az adatállomány formátumát szabvány rögzíti, mégis meglehetősen bonyolult, alkalmazatlan az ellenőrzésre. A szerszámgépen való gyártást mindig megelőzi az *ellenőrzés* kézzel, az egyes sorok értelmezésével, korszerűbb vezérlőkön szimulálással. Elterjedt, de nem termelékeny módszer a levegőben vágás vagy műanyag munkadarab készítése.

**Modell jellegű rendszerek.** Amennyiben az ellenőrzés az utolsó lépés a gyártás előtt, akkor a gyártás költsége és ideje megnő. Ennek oka a kedvezőtlenül felhasznált gépidőben keresendő. Ha a szerszámgépet nem termelésre, hanem a CNC-programok ellenőrzésére, a hibák javítása miatt módosított vagy selejt munkadarabok megmentésére használunk, az nemcsak a gépidő, hanem a felhasznált energia, nyersanyag, emberi erőforrás pazarlását is jelenti.

A kilencvenes évek elején jelentek meg a modell jellegű CAP-rendszerek. A korszerű rugalmas gyártócellák vagy automatikus gyárak igénylik a legsűrűbb programcserét. A megnövekedett igényeket már nem lehetett manuálisan vagy a lassú, lineáris CAP-szoftverekkel kielégíteni. A megoldás a modell jellegű rendszerek bevezetése volt. E rendszer legfontosabb jellemzője a dinamikus, adatbázisra épülő gyártómodell, amely lehetőséget nyújt az azonnali ellenőrzésre, módosításra még a kezdeti lépésekben bekövetkező változások esetén is. A modell jellegű CAP-program tömbvázlatát a 4.2. ábra szemlélteti.



4.2. ábra. Modell jellegű CAP-rendszer

Modellkörnyezetben a szerszám útján keresztül tartalmazza a *geometriát* a rendszer, amely vonalakból és körívekből vagy egyenesekből és körkörös mozgásokból állhat. Különböző szintek, layerek alkalmazásával feltüntethetjük a munkadarab alakján kívül a szükséges befogó-, rögzítő- és más elemeket. Ekkor a tervező azonnali visszajelzést kap az esetleges ütközésekről, de jobb láthatóságot és valóságosabb animációt is eredményez, ha nemcsak a munkadarab és a szerszám szerepel a képernyőn, hanem a felfogókészülékek is. A *sorrend* rész leírja az egyes szerszámmozgások sorrendjét és a szerszám és befogókészülékek cseréjét is. A *jellemzők* tartalmazzák a különféle technológiai jellemzőket, pl. a gyorsmeneti szintet és szerszámkorrekciók értékét. Gyártás megtervezése során, egy-egy új lépés hozzáadásának hatását azonnal értékelni lehet. Ütközéseket, hibás megmunkálásokat még a posztprocesszállás előtt ki lehet szűrni. Az ellenőrzés lehetősége tehát adott a tervezés minden pillanatában. A kérdéses területekre „rá lehet közelíteni”, így lehet megvizsgálni az apró részleteket. Az újabb rendszerek az ellenőrzés pontosítására felületmodellezést is használnak, amelyet anyagjellemző színekkel tesznek még plasztikusabbá. A kész és ellenőrzött modell posztprocesszállása után, azaz az adott szerszám-gép-vezérlő-számítógép kombinációnak megfelelő alakba öntése, a kész CNC-programot hajlékonylemezen vagy vezetéken (RS232-es szabvány csatlakozón keresztül) be lehet tölteni a vezérlő számítógép memóriájába. Természetesen DNC-megmunkálás esetén ez nem szükséges, mert a modellező számítógép memóriája lesz a háttértár.

A rendszer automatikusan kiszámolja az egyes technológiai paramétereket, az előtolások, fordulatszámok értékeit, ehhez a kiindulóadatokat a szerszámkönyvtárban található adatfájlból kapja. A számolt megmunkálási idők továbbíthatók más rendszerek felé, mint a CAMP-rendszerek (**C**omputer **A**ided **P**roduction **M**anagement = számítógéppel segített gyártásszervezés). A modell jellegű rendszerek használatával a felhasználó jobban tud összpontosítani a megmunkálási, technológiai kérdésekre, jobban mint a programozási problémákra. A



programozó kipróbálhat többféle változatot és közülük kiválaszthatja az optimálisat. Mindezt úgy, hogy nem kell egy sort sem leírnia, vagy megvalósítania, csak a számítógép képernyőjén modellezi és ellenőrzi.

## ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Mit jelent a CAM betűszó?
2. Melyek a kézi programírás hiányosságai, hátrányai?
3. Milyen előnyöket várunk a CAM-rendszerektől?
4. Hogyan épül fel a lineáris CAP-programrendszer?
5. Melyek a modell alapú rendszerek jellemzői?
6. Milyen kapcsolat van a modell jellegű rendszer egyes moduljai között?

## IRODALOM

- Dr. Angyal Béla–Dr. Dobor Lászlóné–Dr. Palásti Kovács Béla–Sípos Sándor:* A forgácsolás és szerszámai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1988.
- Czéh Mihály–Cselle Tibor:* Szerszámgépek számjegyes programvezérlése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- Czéh Mihály–Hervay Péter:* NC-gépek programozása. I-II. SZTÁV. Budapest, 1982.
- Czéh Mihály–Hervay Péter:* MAZAK gyártócella a Bánki Donát Műszaki Főiskolán. Gépgyártástechnológia, 1995. december
- Csányi Egon:* NC-technika a gyakorlatban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
- Farkas Emil:* Bevezetés az NC-gépek programozásába. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- Farkas János–Dr. Héberger Károly–Dr. Ránky Miklós–Rezek Ödön–Tóth István:* A gépgyártás technológiája II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1972.
- Fogel László:* Alkalmazástechnikai továbbképzés. Szerszámgép-Programozási Egyesülés, Budapest, 1978.
- Dr. Héberger Károly–Iliász Dimitrisz–Dr. Kalászi István–Rezek Ödön–Tóth István:* A gépgyártás technológiája III. Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- Hervay Péter:* HUNOR PNC 722 vezérlés programozása. BDGMF. 1990.
- NCT 90M* programozási leírás. NC Technika Kft., 1996.
- Sautter:* NC-szerszámgépek programozása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1988.
- Hermann Wellers–Norbert Kerp–Fritz Lieberwirth:* Bevezetés a CNC-gépek programozásába. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- Weck, Manfred:* Werkzeugmaschinen Band 1, Band 2, Band 3, Band 4. VDI Verlag Düsseldorf, 1978.