

MÁTYÁSI GYULA

NC TECHNOLOGIA ÉS PROGRAMOZÁS

I.

Lektorálta: *Dr. Erdélyi Ferenc*

Az oktatást segítő munka megjelenését támogatta
a Magyar Műszaki Könyvkiadásért Alapítvány

© *Dr. Mátyási Gyula*, 2001

© Hungarian edition Műszaki Könyvkiadó, 2001

ISBN: 963 16 3076 5

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó Kft.
Felelős kiadó: *Bérczi Sándor* ügyvezető igazgató

A kiadást gondozta: *Merő András*
Felelős szerkesztő: *Justus László*

Nyomdai előkészítés: BGDS Bt.
Nyomás és kötés: Oláh Nyomda és Kiadó Kft.
Felelős vezető: *Oláh Miklós*

Műszaki vezető: *Abonyi Ferenc*
Műszaki szerkesztő: *Trencsényi Ágnes*
A borítót tervezte: *Molnár Csaba*
A könyv ábráit rajzolta: *Friedrich Attila, Krikler Róbert*

A könyv formátuma: B/5

Ívterjedelme: 31,875 A/5

Az ábrák száma: 377

Azonossági szám: 10 468

MSZ 5601-1982 és 5602-1983 szerint

Tartalom

Előszó	11
1. NC-vezérlés, alkalmazás	13
1.1. Mi az NC?	13
1.1.1. Rögzített logikájú számjegyvezérlés (Numerical Control)	14
1.1.2. Szabadon programozható logikájú számjegyvezérlés	14
1.2. Az NC-szerszámgépek alkalmazásának általános jellemzői	18
2. Koordináta-rendszerek, transzformációk, nullpontok	21
2.1. Koordináta-rendszerek	21
2.2. A munkadarab koordináta-rendszerének megválasztása	26
2.3. A koordinátatengelyek NC-címei	28
2.4. Nullponteltolás	31
3. Számjegyvezérlési módok	32
3.1. Pontvezérlés	32
3.2. Szakaszevezérlés	32
3.3. Pályavezeérlés	33
4. Az alkatrészprogram felépítése	36
4.1. A programozás nyelvi eszközei	36
4.2. A programnyelv szerkezete	37
4.3. Főprogram-alprogram, adat fajták	40
4.4. A mondatfelépítés szabályai	42
5. A programozott és vezérelt szerszám pont, szerszámkorrekció	44
5.1. A szerszám programozott és vezérelt pontja	44
5.2. Szerszámméret-korrekció	46
5.3. Szerszámok geometriai (korrekciós) adatai	49
6. Elmozdulások, transzformációk és biztonsági terek programozása	52
6.1. Abszolút és relatív méretmegadás, G90, G91	52
6.2. Elmozdulás gyorsmenettel, G00	53
6.3. Lineáris interpoláció, G01	56
6.4. Körinterpoláció, G02, G03	58

6.5.	Spirál-interpoláció (G2.1, G3.1)	64
6.6.	Csavarvonal-interpoláció	64
6.7.	Hengerinterpoláció	67
6.8.	Másodfokú parabola interpoláció G06	70
6.9.	Spline-interpoláció	70
6.10.	A menetmegmunkálás programozása	74
6.10.1.	A menetesztergálás programozása, G33	74
6.11.	A transzformációk programozása	80
6.11.1.	Programozott nullpontmódosítás	80
6.11.2.	Programozott nullponteltolás	82
6.11.3.	Koordináta-transzformációk általános esetben.	84
6.11.4.	Eltolás, forgatás, tükrözés, nagyítás-kicsinyítés	86
6.11.4.1.	Eltolás-transzformáció	86
6.11.4.2.	Forgatás-transzformáció	88
6.11.4.3.	Tükrözés-transzformáció	92
6.11.4.4.	Nagyítás-kicsinyítés	95
6.11.5.	A biztonsági tér kijelölése, G22, G23	99
7.	Automatikus geometriai számítások, polárkoordináták	100
7.1.	Automatikus geometriai számítások	100
7.2.	Polárkoordináták programozása	103
8.	A programozott pont pályája	112
8.1.	A szerszámközpont programozása	112
8.2.	Egység sugar-korrekción	116
8.3.	Egység hossz-korrekción	120
8.4.	Automatikus sugar-korrekción alkalmazása (pályagenerálás)	122
8.4.1.	Pályára állás	123
8.4.2.	Haladás a kontúron	127
8.4.3.	A szerszám sugar-korrekción számításának kikapcsolása (G40)	128
8.4.4.	A sugar-korrekción irányváltása	128
8.4.5.	Nullkör-, sarokív-programozás	130
8.4.6.	Interferenciák, alámetszések pályagenerálásakor	131
9.	Technológiai adatok programozása	136
9.1.	Az előtolás programozása	136
9.1.1.	Munkaelőtólás (F)	136
9.1.2.	Előtólás forgó és lineáris tengelynél	137
9.1.3.	Automatikus gyorsítás, lassítás	138
9.1.4.	Az előtolások vezérlése	140
9.1.4.1.	Pontos megállás: (G09)	140
9.1.4.2.	Pontos megállás (G61)	141
	Pontos megállás az előtolás megállításakor: (G62)	141

9.1.4.4.	Előtólás-változtatás (override) és megállítási (stop) tiltása: (G63)	142
9.1.4.5.	Folyamatos forgácsolás: (G64)	142
9.1.5.	Az előtolás és a pálya kapcsolata	143
9.2.	Várakozás programozása: (G04)	143
9.3.	A fordulatszám, a forgácsolási sebesség programozása (S,V)	144
9.3.1.	A sebesség programozása	145
9.3.2.	A fordulatszám programozása	145
9.3.2.1.	A fordulatszámkorlát programozása (G50)	145

10. Szerszámváltás, szerszámcsere (T), M funkciók

10.1.	T-cím programozása	147
10.2.	A korrekciós regiszterek megadása	149
10.3.	A korrekciós értékek módosítása	153
10.4.	Az M funkciók programozása	154

11. A paraméteres programozás

11.1.	A paraméteres programozás alkalmazása	156
11.2.	Kiterjesztett NC-nyelv paraméteres programozáshoz	156
11.3.	Kibővített NC-nyelv paraméteres programozásra	160
11.3.1.	Paraméteres programozás G kóddal és „#” regiszterjellel	161
11.3.1.	A programnyelv változói	164
11.3.2.	A programnyelv utasításai	166
11.3.3.	Adatkiadási parancsok	170
11.4.	Példák a paraméteres programozásra	172
11.5.	Speciális adatfeldolgozó utasítás (@) és paraméterek (R) használata	174
11.5.1.	A nyelv változói	174
11.5.2.	Az adatfeldolgozó utasítások csoportosítása	175

12. Rögzített („fix”) ciklusok programozása

12.1.	Ciklusok programozásának nyelvi eszközei	181
12.2.	A megmunkálóközpontok fix ciklusai	183
12.2.1.	Körmarási ciklusok (G71.1, G71.2)	188
12.2.2.	Nagysebességű mélyfúróciklus (G73)	189
12.2.3.	Balmenetfúró ciklus (G74)	190
12.2.4.	Fúrórudas megmunkálás szerszámelhúzással (G76)	191
12.2.5.	Fúróciklus, kiemelés gyorsmenettel (G81)	192
12.2.6.	Fúróciklus várakozással, kiemelés gyorsmenettel (G82)	192
12.2.7.	Mélyfúró ciklus (G83)	193
12.2.8.	Menetfúróciklus (G84)	194
12.2.9.	Dörzsölési ciklus (G85)	194
12.2.10.	Marási fix ciklusok	195
12.2.10.1.	Négyszögsebmarási ciklus (G89.1)	196
12.2.10.2.	Horonymarási ciklus (G89.2)	198

12.2.10.3.	Zsebkörmarási ciklus (G89.3)	200
12.3.	Pontmintázatok programozása	202
12.3.1.	Furatok osztóköron (G34)	202
12.3.2.	Furatok egyenes mintázata (G35)	204
12.4.	Eszterga és esztergaközpontok fix ciklusai	204
12.4.1.	Elemi fix ciklusok (G77, G78, G79)	205
12.4.2.	Egyszerű fix ciklusok	207
12.4.3.	Összetett ciklusok	209
12.5.	Mérési ciklusok programozása	220
13.	A mérés programozása	221
13.1.	A mérés elve	223
13.2.	A szerszámgépen történő mérés hibái	223
13.3.	A tapintóval végzett mérés előnyei, hátrányai	224
13.4.	A mérőtapintók csoportosítása	224
13.5.	Adatátviteli módok	226
13.6.	A mérési eredmények felhasználása	227
13.6.1.	Szerszámmérés	227
13.6.2.	Munkadarabmérés	229
13.7.	Mérés programozása	235
13.7.1.	A mérőelemek hitelesítése	236
13.7.2.	Mérés a maradék út törlésével	241
13.7.3.1.	Mérés és számítás végrehajtása G kóddal	245
13.7.4.	Mérés különböző G kódok alkalmazásával	247
13.7.4.1.	A mérés eredményeinek felhasználása	249
13.7.5.	Mérés fix ciklusok felhasználásával	249
14.	Műhelyszintű (párbeszédés) programozás	255
14.1.	A párbeszédés, műhelyszintű programozás fő lépései	257
14.2.	Az alkatrészprogram felépítése	258
14.2.1.	Eszterga, esztergaközpontok programozása	259
14.2.1.1.	Általános adatok rekordja	260
14.2.1.2.	Az előgyártmány leírása	263
14.2.1.3.	A műveletelemek leírása	264
14.2.1.4.	Szerszámadatbázis esztergagépek programozásakor	275
14.2.1.5.	Program ellenőrzés, szimuláció	277
14.2.2.	A megmunkálóközpont programozása	277
14.2.2.1.	A program felépítése, a programozás lépései	277
14.2.2.2.	Általános adatok programozása	281
14.2.2.4.	A mérés programozása	288
14.2.2.5.	Szerszámadatbázis megmunkálóközpontok programozásához	289
14.2.2.6.	Program-ellenőrzés, szimuláció	290

15.	Esztergaközpontok programozása	304
15.1.	Mi az esztergaközpont?	304
15.2.	Esztergaközpontokkal megmunkálható jellegzetes felületek	306
15.2.1.	Megmunkálás pozícionált főorsóval és forgó szerszámmal	306
15.2.2.	Megmunkálás, sebesség és pozíció szabályozott főorsóval (C tengely)	308
15.3.	Programozás	309
15.3.1.	Főorsó-pozíció programozása	309
15.3.2.	Forgácsolási adatok programozása (S, F)	310
15.3.3.	Interpolációk	311
15.3.4.	A második (segéd)orsó használata	323
15.3.4.1.	Munkadarab-szállítás a két orsó között	324
15.3.5.	Esztergaközpontok műhelyszintű (párbeszédés) programozása	326
15.3.5.1.	Koordináta-rendszerek	326
15.3.5.2.	Egyedi és összetett megmunkálások	327
15.3.5.3.	A műveletelemek programozása	329
15.3.5.4.	A második orsó használata	338
15.3.6.	Kétszános esztergagépek programozása (forrás: [5])	343
	Irodalom	348
	Tárgymutató	349

Előszó

A gépgyártás automatizálásának nagyjelentőségű fejleménye volt a számjegyes szerszámgépvezérlések megjelenése és alkalmazása.

Az első idők NC-egységei huzalozott logikájú vezérlések voltak. Az alkalmazott eszközök behatárolták az NC-egységekben építhető funkciók mennyiségét és kihatással voltak az alkatrész-programozói nyelvre is.

Döntő fordulatot hozott a számítógép betörése az NC-technika területére. A lehetőséget erre a fordulatra a számítástechnikai berendezések építőelemeinek ugrásszerű fejlődése teremtette meg.

Az első számjegyvezérlésű szerszámgépet, a MIT (Massachusetts Institute of Technology, USA) laboratóriumában állították elő. Mint annyiszor a műszaki fejlődés történetében, ebben az esetben is a hadiipar volt a mozgató erő. Az USA légierőjének megbízása alapján 1949-ben kezdtek hozzá olyan számjegyvezérlésű marógépek fejlesztéséhez, amelyek aerodinamikai felületek pontos gyártását tették lehetővé. Az első szerszámgép 1952-ben készült el. Európában az 50-es évek közepén helyezték üzembe – a majdnem kizárólag USA eredetű elemekből álló – első NC-gépet. Magyarországon a 60-as évek második felében kezdődött meg a tervezés és gyártás a Csepeli Szerszámgépgyárban és a Szerszámgépipari Művekben.

Gépek és berendezések programvezérlése egyébként először nem a szerszámgépek területén jelent meg: 1808-ban *Josepf M. Jacquard* fémről készült lyukkártyát használt szövőgépek szövési mintáinak vezérlésére. Majdnem 55 évvel később *M. Fournezux* szabadalmaztatta automatikus zongoráját: a billentyűket perforált papírhenger vezérelte és működtette.

Ma már a számjegyvezérlés elvét nemcsak forgácsoló szerszámgépeken, hanem az ipar széles területén alkalmazzák: (sajtoló gépek, fröccsöntő gépek, robotok stb.). Az NC-technika teremtette meg az egyik feltételét az automatikus gyártórendszerek létrehozásának is (rugalmas gyártócella, integrált gyártórendszerek).

Kezdetektől napjainkig az NC vezérlések, az NC-technika fejlődése töretlen. A programozható vezérlések néhány fő típusa a 70-es években nyerte el mai alakját.

A fejlődés iránya olyan, hogy az egyes vezérléstípusok határai elmosódnak, kialakul egy moduláris, univerzális nyílt ipari vezérléscsalád.

A kétkötetes „NC technológia és programozás” első részében a programozással foglalkozunk. NC-szerszámozással, munkadarab-befogással, műveletelemekkel, CAD/CAM rendszerek alkalmazásával, 5D-s megmunkálásokkal, a gyártás előkészítésével kapcsolatos kérdéseket a második kötet tárgyalja.

Köszönöm az első kötet megjelenését támogató Ipar Műszaki Fejlesztésért Alapítvány anyagi segítségét, Friedrich Attilának és Krikler Róbertnek az ábrák rajzolását. Külön köszönet illeti Dr. Erdélyi Ferenc alapos, sok szakmai segítséget nyújtó lektori munkáját.

Az NC technológia és programozás első kötetében az általános jelölések a következők:

– *vektorok jelölése:* **álló kövér karakter** Például: MW, r_p , stb;

– *címadat jelölése:* az NC-címet követő kisbetű
Például: Xx, Ff_0 , stb.
Abban az esetben, ha az adat több részből tevődik össze, és ezt jelezni akartuk, akkor $< >$ jelek között szerepel.
Például: $I<i+\Delta i>, X<x_1+x_2>$, stb.

– *tizedespont használata:* Az NC mondatban ott használtunk tizedespontot, ahol az adat formátuma valós szám is lehet.
Például: X100.

– *NC programpéldák magyarázata:* Az NC programpéldákban, ahol szükségesnek tartottuk az NC-mondatot magyarázó szöveggel láttuk el. A szöveg ilyen esetekben dőlt karakterekből áll.

Budapest, 2000. augusztus

Mátyási Gyula

1. NC-vezérlés, alkalmazás

1.1. Mi az NC?

A számjegyvezérlés NC (Numerical Control) az automatizálás egyik speciális formája. A vezérlés a parancsokat – hogy mit kell tennie –, az alkatrészprogramból ismeri. A alkatrészprogram alfanumerikus karakterkészletből álló speciális – javarészt szabványosított – szintaxissal rendelkező vezérlőprogram.

A vezérlés ezt a programot fejti meg, dolgozza fel és szolgáltat vezérlő jeleket a szerszám gép számára.

Az alkatrészprogramnak geometriai adatokat és kapcsolási információkat kell tartalmaznia. A geometriai adatok a szerszám pályák – a szerszám és a munkadarab relatív helyzeteinek – meghatározásához szükségesek. A kapcsolási információk a mozgások sebességét (előtolás, fordulatszám), a szerszámváltásokat, egyéb funkciók működését irányítják (hűtőfolyadék, program közbeni megszakítások, stb).

Lényegében a számjegyvezérlés három alapvető funkciót lát el:

a) Bemelő adatok tárolása

Az előbb említett vezérlőprogram – amely a vezérlés geometriai és technológiai felkészültségének megfelelően – tartalmazza az alkatrész megmunkálási folyamatának leírását. Valamilyen speciális programhordozón – kezdetben lyukszalagon, mágnesszalagon meghatározva, ma hálózaton –, a vezérlés beolvassa és elraktározza az adatokat. A korszerű vezérlések közvetlenül számítógépekről kaphatják a programot.

b) Adatfeldolgozás

Logikai és matematikai műveletek sorozatával a vezérlés feldolgozza a vezérlőprogramot. Megfejtje az utasításokat, kiszámítja a szerszám pályákat, elvégzi a koordináta transzformációkat, figyelembe veszi a különböző szerszámméreteket.

c) A szerszám gép irányítása

A vezérlés meghatározza a szükséges mozgások mértékét, és irányítja az egyes koordináta tengelyekre szerelt mellékajtóműveket (szervomotor, léptető motor) a főajtóműveket, és interfészen keresztül az egyéb egységeket, pl.: szerszámcsere-lő, palettacsere-lő, stb.

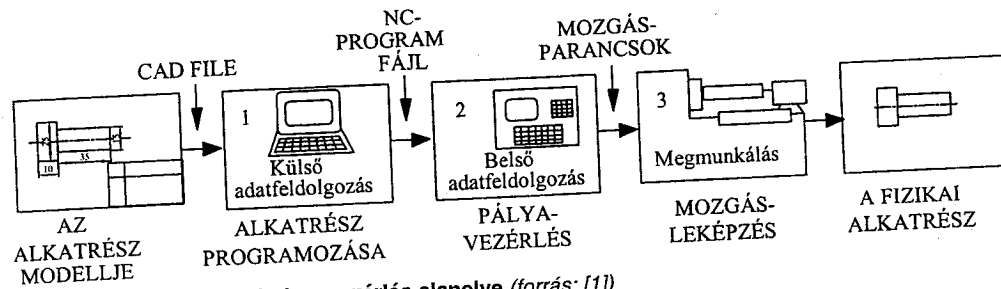
A vezérlés a munkadarab vagy szerszám pillanatnyi helyzetéről a koordináta-tengelyekkel kapcsolatban lévő mérőrendszer jeleiből értesül.

A számjegyvezérlés a megvalósítás módja szerint rögzített logikájú és szabadon programozható logikájú lehet.

A számjegyvezérlés alapelve három információfeldolgozás összekapcsolásán alapul (l. az 1.1. ábrát).

Ezek a következők:

1. A szerszámgépen gyártandó munkadarab geometriai modellje és technológiai műveletterve alapján el kell készíteni a megmunkálás alkatrészprogramját, amely a szerszámok pályamenti mozgásának és a pályaszegmensekhez tartozó technológiai adatoknak szekvenciális, kódolt leírása. Ez az ún. külső adatfeldolgozás.
2. Az alkatrészprogram, a szerszám adatok és a korrekció ismeretében a vezérlés előállítja a valós idejű mozgásutasításokat és kapcsolási utasításokat. Előbbiek a helyszabályozó körök alapjelei, az utóbbiak a technológiai gépi funkciók be- vagy kikapcsolását kezdeményezik.
3. A mozgásutasítások alapján a szervorendszerek és kapcsolómechanizmusok olyan szerszámmozgásokat hoznak létre, amelyek a szerszámgép mozgáslekepező tulajdonságai révén a kívánt munkadarab geometriát állítják elő.



1.1. ábra. A számjegyvezérlés alapelve (forrás: [1])

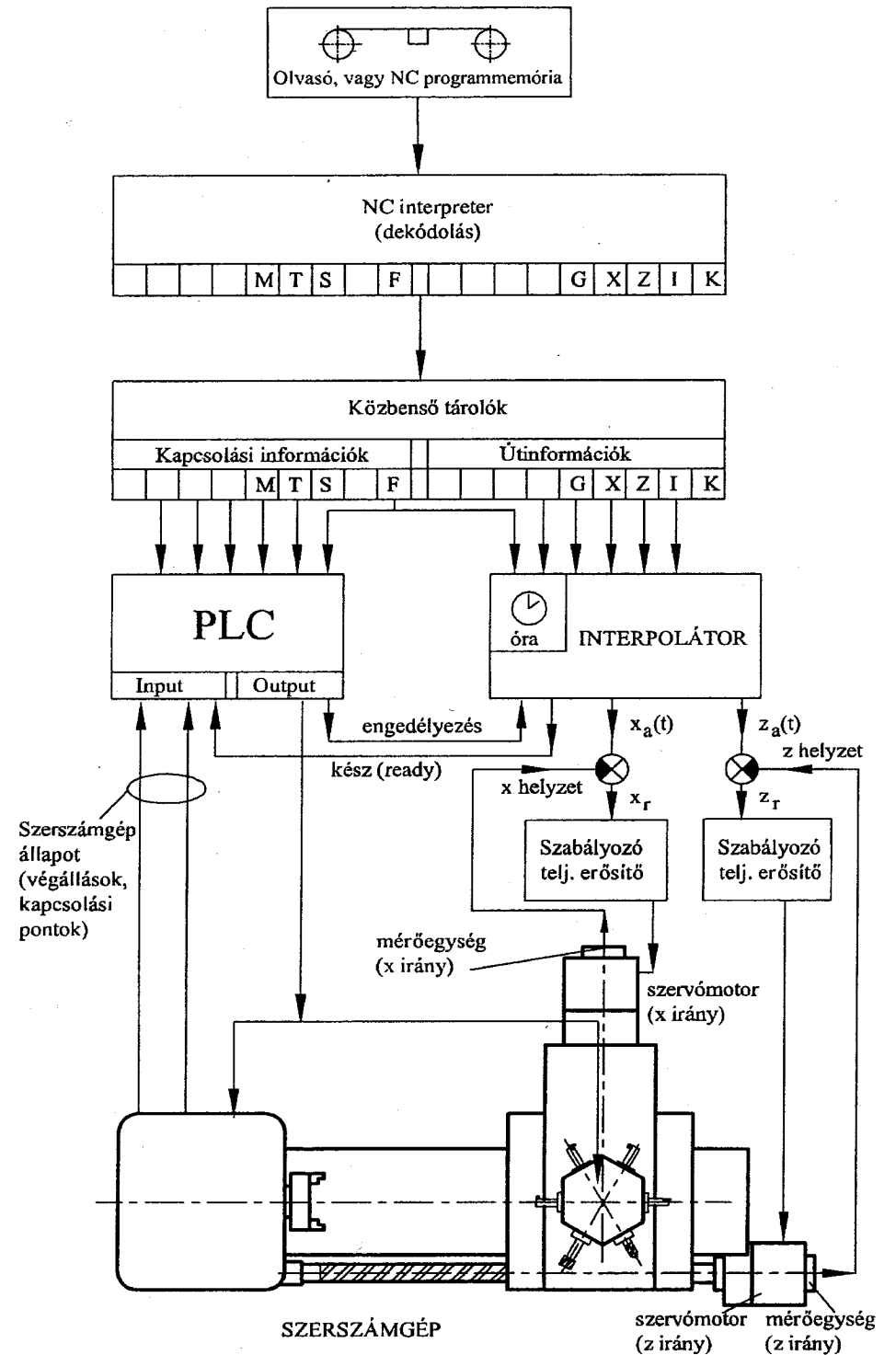
1.1.1. Rögzített logikájú számjegyvezérlés (Numerical Control)

Jellemzője, hogy a vezérlési feladatok nagy részét logikai építőelemek összekapcsolásával valósítják meg.

Az alkatrészprogram segítségével az előre rögzített mozgáselemek kombinációi vagy sorozatai hívhatók le. A vezérlést a digitális számítógépekkel ellentétben a párhuzamos információfeldolgozás jellemzi. A vezérlés tárregiszterei funkcionálisan felosztottak. Ez a hagyományos struktúra ma már elavultnak tekinthető.

1.1.2. Szabadon programozható logikájú számjegyvezérlés

Ebben az esetben digitális számítógépet (mikroszámítógépet) alkalmaznak a logikai építőelemek helyett. A számjegyvezérlés ilyen változatát CNC-nek (Computer Numerical Control) szokták hívni. Az alkatrészprogramok feldolgozásának lényeges rész-



1.2. ábra. A CNC-vezérlés sematikus ábrázolása

funkcióit a számítógép veszi át (pl. az alkatrészprogram szintaktikai ellenőrzése, a vezérelt koordinátatengelyek koordinátaértékeinek meghatározása, a szerszámkorrekció számítása, interpolációs számítások a pályavezérléseknél, gépállapotok ellenőrzése, stb.). Régebbi CNC-vezérléseknél a helyzetszabályozási folyamatot, azaz az alapérték és a szabályozott jellemző összehasonlítását, a módosított érték kiadását hagyományos felépítésű, rögzített logikájú vezérlőberendezésekkel végezték. Az új CNC-vezérlésekben szoftver segítségével módosított digitális szabályozás van.

A vezérlés sematikus ábrázolva az 1.2. ábrán látható.

A CNC-vezérlés fő hardvermoduljai

Kijelző, kezelőpult, programhordozó olvasó

Ezek a modulok a gépkezelő operátorral való kapcsolatot biztosítják.

Hálózati modul

A hálózati modul feladata a CNC-vezérlés integrálása a számítógépes gyártásirányítás rendszerébe.

Központi processzor, memória, külső sinmeghajtó, PLC-modul, tengelyprocesszor, interpolátor, monitoring

Ezek a modulok egy multiprocesszoros ipari számítógép adatfeldolgozó erőforrásai.

Illesztő modulok

A CNC-vezérlés és a gép illesztését egyedi illesztőhardver-modulok valósítják meg. A korszerű CNC-vezérlés *multiprocesszoros* felépítésű. Az erősáramú zajok ellen speciális védelemmel van ellátva. A *központi processzor* szervezi a vezérlés működését, értelmezi és futtatja az alkatrészprogramot, kommunikál a gépkezelővel. A hálózati kommunikációs modullal ellátott, *nyílt vezérlések* az üzemi vagy cella vezérlővel MMS (*Manufacturing Messages Specification*) üzeneteket cserélnek. A programellátást a DNC-szerver biztosítja. Az *integrált PLC, a szabályozott tengelyek, az alapjelképző interpolátor és a monitoring modul* rendszerint dedikált processzort kap. A PLC-modul a kétállapotú érzékelőket és a beavatkozó szerveket kezeli.

A szervomodul a pozicionáló rendszereket irányítja. A monitoring modul a nem tervezett események, meghibásodások, szerszám-törés, stb. kezelését látja el.

A CNC-vezérlés fő szoftvermoduljai a következők:

Alkatrészprogram, szubrutinok, szerszám file, felhasználói alprogramok, makrók.

Ezeket a fájlokat a CNC-vezérlés külső programként kapja és CMOS RAM területen tárolja.

NC-program interpreter

Az NC végrehajtó modul része. A CNC-vezérlés az alkatrészprogram interpretálása alapján működik.

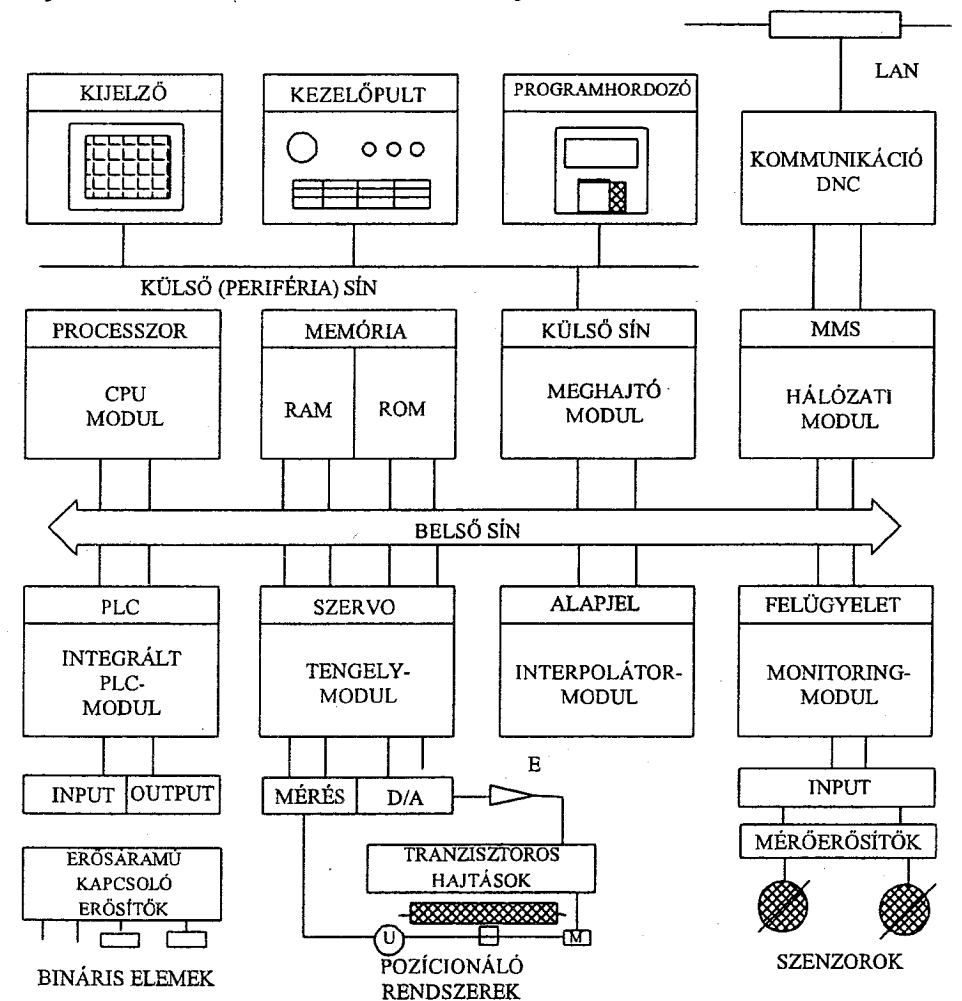
WOP (Workshop Oriented Programming) taszk-ok, grafikus taszk-ok, gyári alprogramok. Ezek a szoftvermodulok a gép melletti programozást támogatják.

Belső adatbázis, Control data, Machine data

A belső adatbázis a vezérlés és az irányított gép parametrizálható jellemzőinek adatait tartalmazza.

Executiv

A CNC-vezérlés végrehajtó funkcionális szoftver moduljainak együttese, végrehajtható alakban. A vezérlés ROM-ban tárolja.



1.3. ábra. A számjegyvezérlés hardverének felépítése

Valós idejű operációs rendszer

A funkcionális taszk-ok soros, párhuzamos futását, a megszakítások kezelését, a taszk-ok közötti kommunikációt, a taszkprioritások és az erőforrások kezelését az időzítéseket és a jelzőket, valamint a fájlkezelési feladatokat a valós idejű operációs rendszer szolgáltatásai valósítják meg.

Meghajtók, hardverkezelő rutinok

A CNC-vezérlés a speciális perifériákat, mint amilyen a külső sín, az útmérők, a pozicionáló rendszerek D/A átalakítói, a logikai vezérlési feladatokat ellátó PLC modul, a felügyeleti (Monitoring) modul, stb. speciális driver-ekkel, és hardverrutinokkal kezeli.

1.2. Az NC-szerszámgépek alkalmazásának általános jellemzői

Az NC-szerszámgép technológiai szempontból rugalmas, programozható, automatikusan működő gyártóberendezés, amely jól használható az egyedi kis- és középsorozat, valamint nagysorozat gyártásához egyaránt.

Legfontosabb tulajdonsága a nagyfokú rugalmasság: az alkatrészprogramok cseréjével a legkülönbözőbb munkadarabok készíthetők el ugyanazon a szerszámgépen, rendkívül rövid átfutási idővel.

Bizonyos esetekben pontos munkadarab nem is készíthető más berendezéssel. Például függvényel adott forgástestek, szoborszerű felületek 3-5 tengelyes megmunkálásakor. Az NC szerszámgépek alkalmazásának leglényegesebb előnyei:

- csökken a felszerszámozási idő;
- csökkennek – esetleg el is maradhatnak – a készülékezés költségei;
- az egész gyártás pontosan megtervezhető;
- visszatérő sorozatok gyorsan indíthatók;
- egyenletes a gyártmány minősége;
- kisebb a minőség-ellenőrzés költsége;
- jobb a gépi idő kihasználása;
- rövidebb a gyártási idő;
- csökken a szerelési költség;
- integrálható magasabb szintű rendszerbe, pl.: gyártócella, integrált gyártórendszer, virtuális gyártórendszer.

Az NC-gépek sajátos előnye az, hogy hatékony alkalmazásuk kikényszeríti a gyártásszervezés tökéletesítését, a precíz technológiai tervezést. Minden területen körültekintő munkát és fegyelmet igényel.

Hátrányai között jelentkezik a viszonylag nagy beszerzési ár, a nagy szerszám-költség, és az új szakembergárda kiképzése.

A számjegyvezérlésű szerszámgépek a konstrukciós tervezéstől egész a szerelésig, az értékesítésig az egész gyártási folyamatot befolyásolják.

a) Konstrukciós tervezés

Az igényeket jobban kielégítő, a fizikai törvényeknek megfelelő felületek, alkatrészek tervezhetők. Például: egy áramlástechnikai felület alakját nem az szabja meg, hogy különböző trükkök segítségével mit lehet gyártani, hanem a konstruktorok valóban az egzakt tudomány napra kész válaszát használhatják fel a probléma megoldásában (turbinalapát, mélyhúzó-folyató szerszámok stb). A konstrukciót előállító és a gyártást tervező mérnök közötti kapcsolatban a rajz egyeduralma megszűnt. Az információ átadása számjegyes formában, leíró egyenletekkel is történhet, ill. bizonyos esetekben nincs is más út. Az NC gépek alkalmazásának lényeges hatása a tipizálás, a szabványosítás igénye. Célszerű a rajzot már a szerkesztéskor az NC-megmunkálás koordináta-rendszerében méretezni.

Az alkatrészek geometriai kialakítása csak a szerszámgép geometriai-technológiai képességeitől függ, ezért a konstrukció tervezésekor a konkrét gyártási környezet, a rendelkezésre álló szerszámkészlet figyelembe vehető.

Az előgyártmány tervezésekor és gyártásakor elsősorban a minőséggel szemben támaszt igényt az NC-gép: az alkatrészprogram az előgyártmány adott méret és alakúrése szerint készül.

b) Technológiai tervezés

A technológiai tervezés mélysége a vezérlés geometriai-technológiai képességétől függ. Hagyományos NC-vezérlések esetén a megmunkálási folyamatokat teljes részletességgel – elemi elmozdulások, mozgásciklusok – meg kell tervezni. CNC-vezérlések általában az összefüggő ráhagyási alakzatokat egy egységként kezelik. A technológiai tervezés jobban racionalizálható, nagyobb fegyelmet igényel. Előnyösen alkalmazható a számítógépes technológiai tervezés az NC-gépek programozásakor.

c) Gyártóeszközök

Az NC-gépekkel elkészíthető geometriai alakzatokat elsősorban a szerszám és a munkadarab relatív pályája határozza meg, ezért speciális szerszámokat igen ritkán kell alkalmazni. A készülékezés nagy mértékben egyszerűsödik. Egy megmunkáló központ egy felfogásban akár öt oldalról is megmunkálhatja a munkadarab felületeit. Öttengelyes szerszámgépek általános helyzetű felületeket speciális készülékek nélkül is megmunkálhatnak. Így elmaradnak a készüléktervezési, gyártási, raktározási költségek. Egyúttal lerövidül a gyártás-előkészítési idő.

d) Gyártás

Javul az alkatrészek méretpontossága, szigorúbb tűrésű méretek készíthetők. A nagy műveletkoncentráció miatt csökkennek a bázisváltásból eredő hibák. A gyártás minőség...

e) Szerelés

Mivel a gyártmányok minősége egyenletes, így csereszabatos alkatrészek készülnek, a szerelési idő és a költség csökken.

f) Anyagmozgatás

A nagyobb műveleti és műveletelem koncentráció következtében csökkennek az anyagmozgatási feladatok költségei. Elmaradhatnak a közbenső tárolók. A szerszám gép körüli anyagmozgatás könnyen automatizálható. (Robotos kiszolgálás, palettacserélő, stb).

g) Termelésirányítás

A termelésirányítás részben könnyebbé részben nehezebbé vált az NC-gépek megjelenésével. Könnyített a helyzet az, hogy az egész gyártási folyamat jobban kézben tartható, az NC-gép a termelés rugalmas, sokcélú eszköze. A termelés esetenkénti átszervezése zökkenőmentesen megvalósítható.

Növelte a termelésirányítás feladatát az a tény, hogy az NC-gép hatékony működéséhez a kapcsolódó folyamatoknak is magasan szervezettnek kell lenniük. Az NC-gép nem idegen test a gyártó rendszerben, üzemben és a hozzá kapcsolódó területeken is az általa megkövetelt rendszerszemléletre van szükség.

2. Koordináta-rendszerek, transzformációk, nullpontok

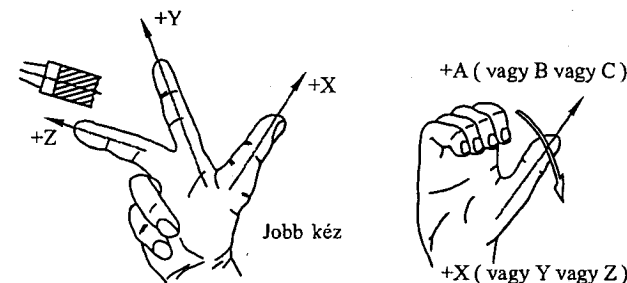
A munkadarabok geometriai alakját minden szerszám gép esetén a munkadarab és a különféle szerszámok relatív elmozdulása, a szerszámok geometriai kialakítása határozza meg.

A munkadarab és a szerszám mozgásait egy tetszés szerint választott koordináta-rendszerben kell leírni.

2.1. Koordináta-rendszerek

Az NC gépek programozása szempontjából három koordináta-rendszert különböztetünk meg. Az egyes koordináta-rendszerek kezdőpontját nullpontnak nevezzük (2.2. ábra).

A koordináta-rendszerek jobbsodrású, derékszögű rendszerek (2.1. ábra: Descartes koordináta-rendszerek).



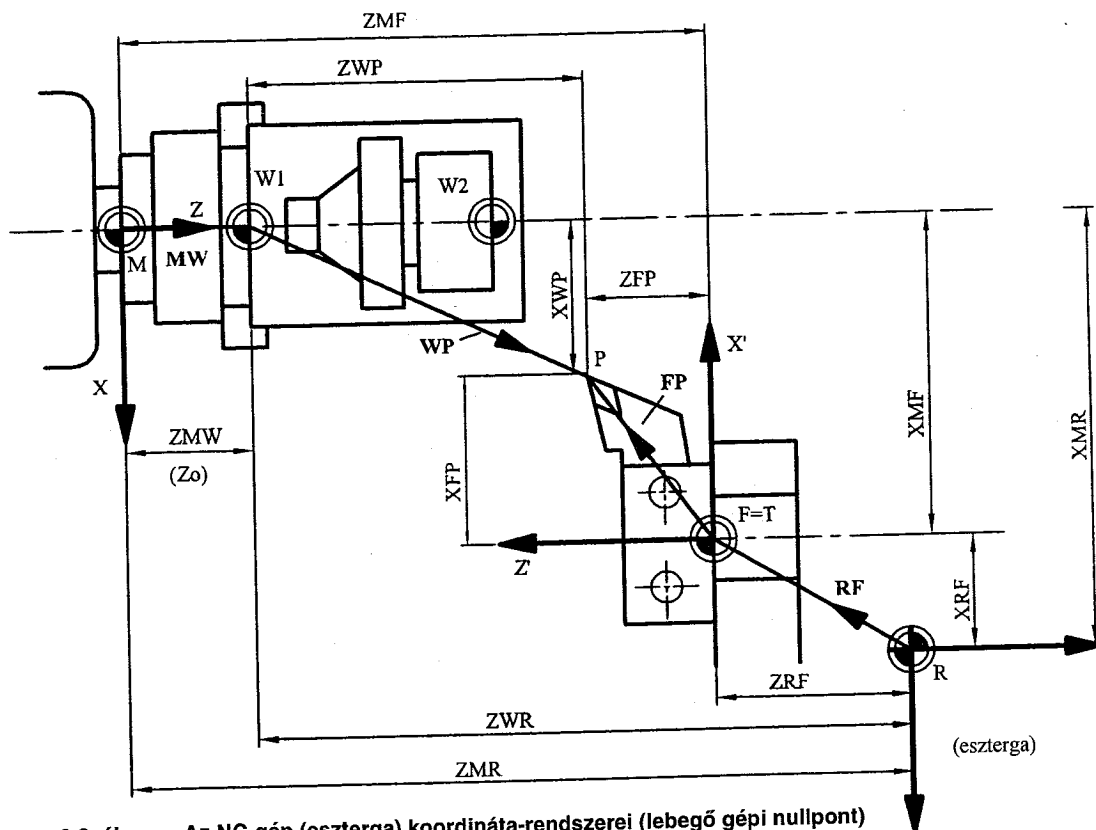
2.1. ábra
A koordinátairányok
kijelölése

Különböző koordináta-rendszerek:

M: A szerszám gép koordináta-rendszere. Az összes mozgás koordinátaértékének meghatározása ebben a rendszerben történik. Géphez kötött, és a Z tengelyének iránya a főorsóiránnyal esik egybe. A koordináta-rendszer origója lehet a mozgástartományon kívül is.

Helyét a referenciaponttól való távolságokkal jelölik ki a gépvezérlés illesztésekor. Az értékeket a vezérlés belső regiszterei tartalmazzák. (ZMR és XMR értékek).

W: Munkadarab koordináta-rendszerek. A munkadarab tetszőleges pontjához köthetők a következő szabály szerint. A tengelyirányok értelme akkor egyezik meg a gépi elmozdulások értelmével, ha a kérdéses irányban a szerszám végzi a mozgást. Különböen ellentétes értelmű. A tengelyek párhuzamosak a gépi irányokkal.



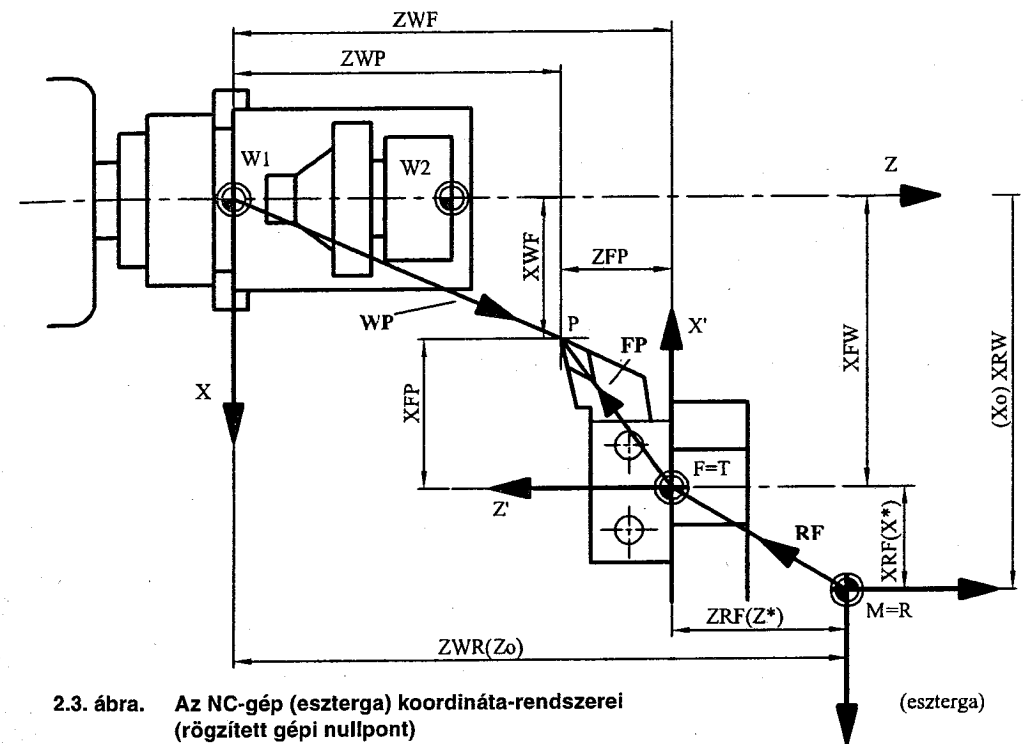
2.2. ábra. Az NC-gép (eszterga) koordináta-rendszerei (lebegő gépi nullpont)

Az alkatrészprogramban szereplő koordináta értékeket mindig a munkadarab koordináta-rendszerében kell megadni, mégpedig úgy, mintha a szerszám végezné a mozgást.

A gépi és munkadarab koordináta-rendszere között a nullponteltolás teremt kapcsolatot. A nullpont mérését külön fejezet tárgyalja.

- F:* A szerszámbefogó (szerszámtartó) referenciapontja, a szerszám koordináta-rendszerének (X', Z') kezdőpontja. A szerszám geometriai méreteit (hossz- és keresztirányú szánt) e rendszerben kell megadni. A szerszámnak geometriai méreteit szerszámméret-korrekciónak nevezzük. X', Z' iránya a gépi rendszerével ellentétes.
- T:* A revolverfej referenciapontja. Sok esetben ez megegyezik a munkatérben lévő szerszám referenciapontjával ($T \equiv F$).
- R:* Gépi referenciapont. A gép mozgástartományán belül, mikrokapcsolókkal kijelölt pont.

Növekményes mérőrendszer esetén a szánhelyezetek és a koordinátaértékeket tartalmazó regiszterek között kapcsolatot kell létrehozni. "Referenciapont-felvétel"



2.3. ábra. Az NC-gép (eszterga) koordináta-rendszerei (rögzített gépi nullpont)

a) Lebegő gépi nullpont

A vezérlés a különböző pozicionálásokat az M gépi koordináta-rendszerben hajtja végre. A szerszám programozott P pontját úgy juttatja az alkatrészprogramban szereplő ZWP és XWP koordinátákkal előírt célpozícióba, hogy a szerszám (szán) F referenciapontját a gépi rendszer ZMF , és XMf koordinátájú pontjára állítja.

Ekkor az R gépi referenciaponttól ZRF, XRF távolságra van az F pont. A pozicionáláshoz ismerni kell a nullponteltolást és a szerszámméret-korrekciót.

kapcsolókra (X, Y, Z, A, B, C), és ilyenkor az M gépi koordináta-rendszer helyét kijelölő értékek ($ZMR, XMR...$) automatikusan íródnak be a gépi helyzetregiszterekbe. Innentől kezdve „él” az NC gép koordináta-rendszere, hiszen ismertté válik a gép számára az F pont helyzete.

Növekményes mérőrendszerrel rendelkező szerszámgépeken a gépi nullpont lehet:

- lebegő: a mozgástartományon belül vagy, kívül van, és helyzetét az R referenciaponthoz viszonyítják (2.2. és 2.4. ábra);
- rögzített (fix): a gépi nullpont a referenciaponttal (2.3. és 2.5. ábra) egyezik meg ($M \equiv R$).

Ilyenkor a nullponteltolást a ZWR , és az XMR jelentik.

A 2.2. ábra alapján a következő összefüggés írható fel:

$$\mathbf{RF} + \mathbf{FP} = \mathbf{RM} + \mathbf{MW} + \mathbf{WP}$$

$\mathbf{RF} = \{ZRF, XRF\}$ szerszám referenciapont helyzete a gépi referenciaponthoz képest;

$\mathbf{FP} = \{ZFP, XFP\}$ szerszámméret-korrektció;

$\mathbf{MW} = \{ZMW, 0\}$ nullponteltolás;

$\mathbf{WP} = \{ZWP, XWP\}$ a programozott célpont koordinátái;

$\mathbf{RM} = \{ZMR, XMR\}$ a gépi nullpont helyzete a referenciaponthoz képest.

Skalár alakban:

$$ZRF - ZRM = ZMF = ZMW + ZWP - ZFP;$$

$$XRF - XRM = XMF = XWP - XFP.$$

b) Rögzített gépi nullpont

A 2.3. ábra alapján az összefüggések:

$$\mathbf{MF} + \mathbf{FP} = \mathbf{MW} + \mathbf{WP}$$

$\mathbf{MF} = \{Z^*, X^*\}$ a pozicionálás gépi vektora

$\mathbf{FP} = \{ZFP, XFP\}$ szerszámméret korrekció

$\mathbf{MW} = \{Z_0, X_0\}$ nullponteltolás vektora

$\mathbf{WP} = \{ZWP, XWP\}$ a programozott célpont vektora

Skalár alakban:

$$X^* = X_0 + XWP - XFP;$$

$$Z^* = Z_0 + ZWP - ZFP.$$

A vezérlés jelen esetben a szerszám programozott P pontját úgy juttatja az előírt ZWP, XWP koordinátákra, hogy az F szerszám referenciapontot a $Z^* (ZRF), X^* (XRF)$ gépi koordinátákra viszi. A nullponteltolás és a szerszámméret-korrektció értékeit ismerni kell.

Megmunkáló központok koordináta-rendszereit a 2.4. és a 2.5-ös ábrán láthatjuk. Lebegő gépi nullpontot feltételezve a $F \equiv T$ pont koordinátái:

$$XMF = XMW + XWP;$$

$$YMF = YMW + YWP;$$

$$ZMF = ZMW + ZWP - ZFP.$$

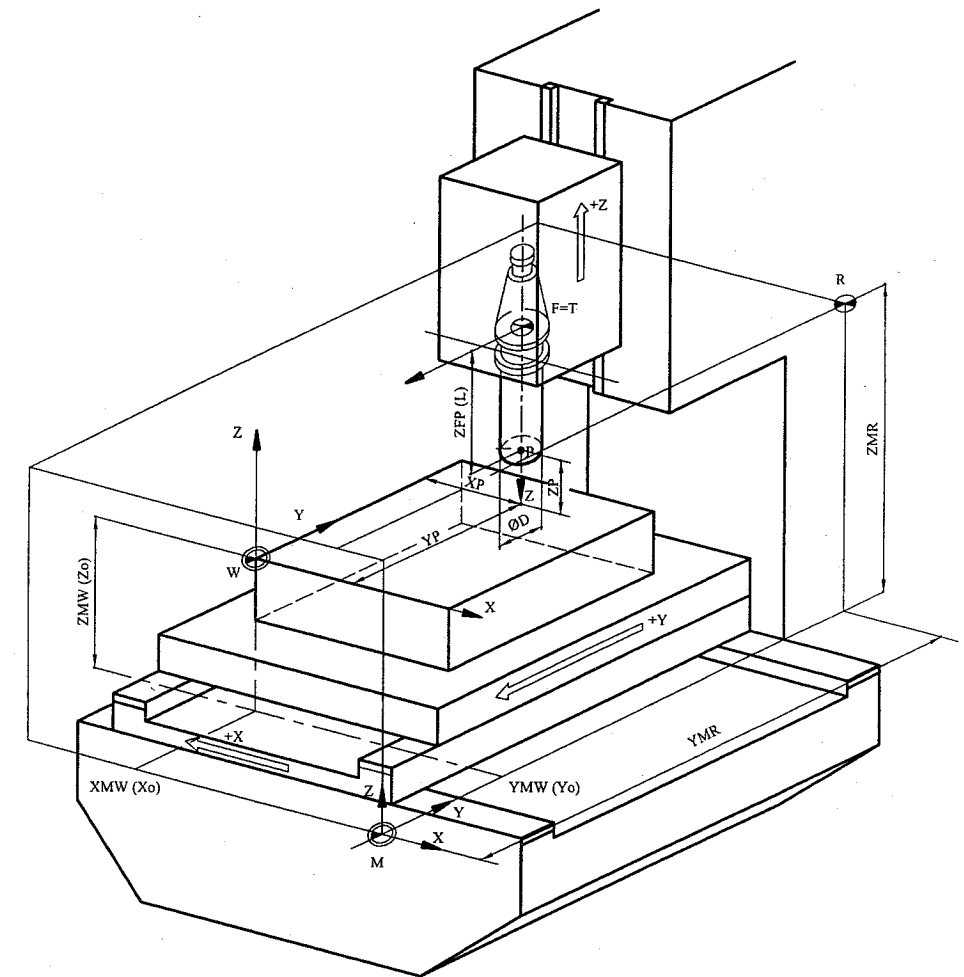
Rögzített gépi nullpont esetén ($M \equiv R$; 2.5. ábra) skalár alakban a szerszám referenciapontjának koordinátái:

$$X^* = X_0 - XWP;$$

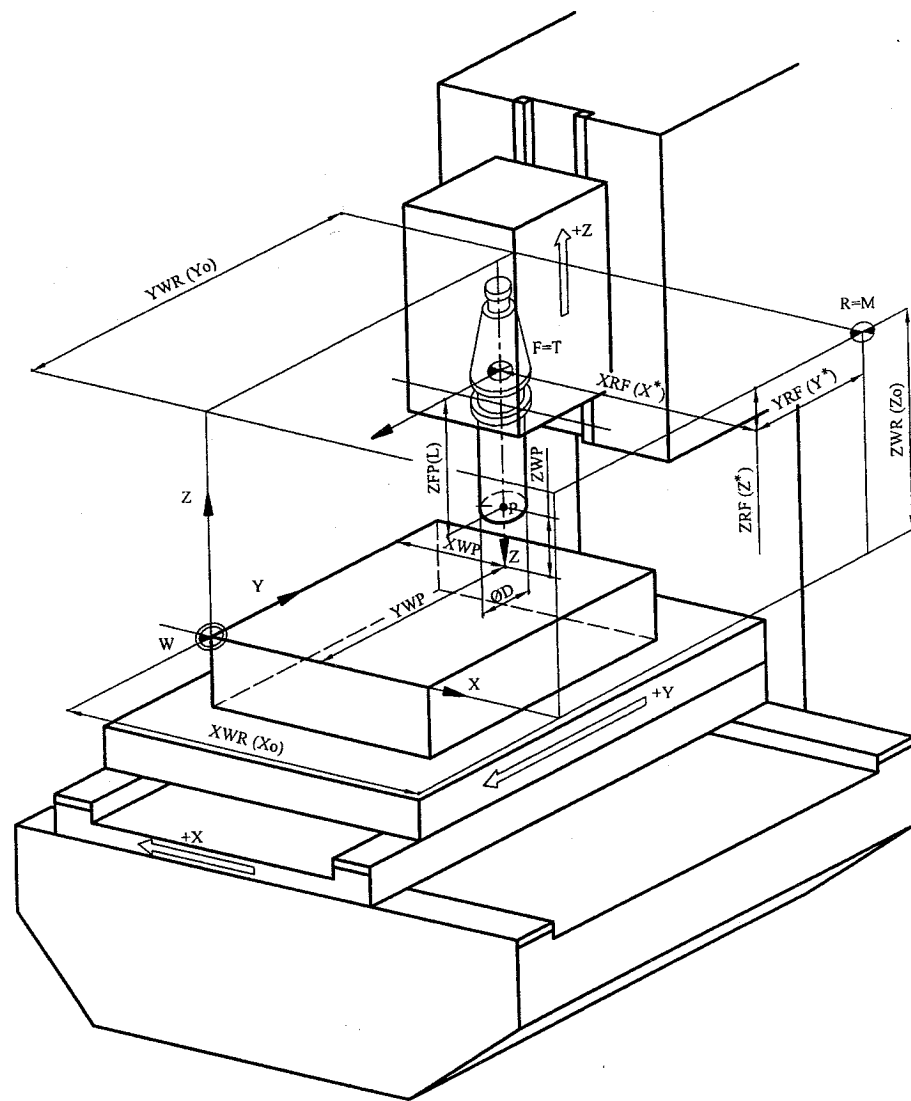
$$Y^* = Y_0 - YWP;$$

$$Z^* = Z_0 + ZWP - ZFP.$$

Tehát jelen esetben is a vezérlés úgy juttatja a P programozott pontot az alkatrészprogramban szereplő koordinátákra, hogy a szerszám referenciapontját ($F \equiv T$) az X^*, Y^*, Z^* koordinátájú pontba viszi.



2.4. ábra. A megmunkálóközpont koordináta-rendszerei (lebegő gépi nullpont)



2.5. ábra. A megmunkálóközpont koordináta-rendszerei (rögzített gépi nullpont)

2.2. A munkadarab koordináta-rendszerének megválasztása

Az alkatrészprogram készítésére, a szerszám pályák, elmozdulások leírására a munkadarab koordináta-rendszere alkalmas.

A munkadarab koordináta-rendszere bárhol felvehető a következő szabályok szerint:

1. Jobbsodrású, derékszögű koordináta-rendszernek kell lennie;
2. Z tengely iránya a szerszámtengely irányába essen;
3. A tengelyirányok értelme egyezzen meg a gépi elmozdulások értelmével abban

az esetben, ha a kérdéses irányban a **szerszám** végzi a mozgást. Különben ellentétes értelmű legyen;

4. A koordináta-tengelyek párhuzamosak legyenek a gépi megfelelőikkel.

A 3. pont részletesebb indoklást igényel. Az alkatrészprogramot minden esetben egységesen úgy kell megírni, mintha a munkadarab állna, és az összes mozgást a **szerszám** végezné. Gondoljunk a 2.6. ábrán látható feladatra. Az adott szerszámmal a munkadarab felső sík felületét kell megmunkálni az *A* és *B* pontok között (a távolság 100 mm).

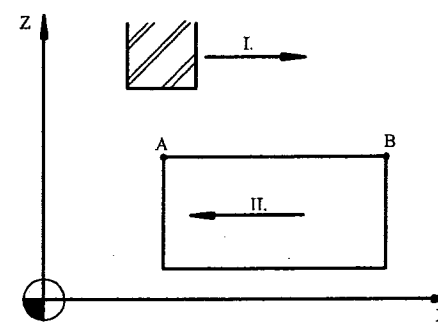
I. eset: Könnyen áttekinthető, a szerszám az *A* pontból *B*-be mozdul 100 mm-t (2.7. ábra).

II. eset: Ahhoz, hogy *A* és *B* pontok között a szerszám relatív elmozdulást végezzen, a munkadarabnak a negatív irányban kell elmozdulnia. Változatlanul a szerszám mozgását programozzuk a munkadarab koordináta-rendszerében.

Ezért a **munkadarab** koordináta-rendszerének *X* tengelye az asztal *X* irányú mozgásával **ellentétes** értelmű lesz (2.8. ábra).

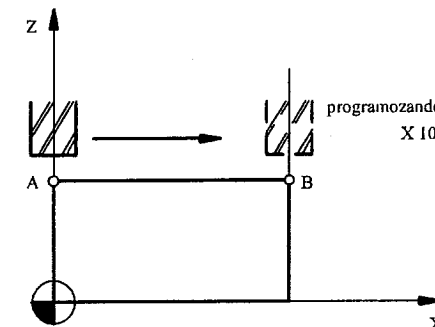
Néhány figyelembe veendő szempont a munkadarab koordináta-rendszerének kijelölésekor:

- nullpontméréskor a munkadarab koordináta-rendszerének *W* kezdőpontja könnyen azonosítható legyen. Vagy essen egybe a munkadarab helyzetét rögzítő bázisokkal, vagy attól jól mérhető, pontosan beméretezett helyen legyen;

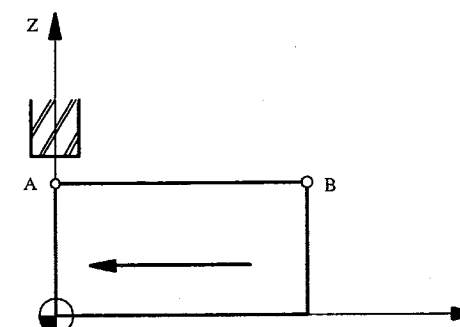


2.6. ábra. A szerszám és a munkadarab relatív mozgása

- I. a szerszám végzi az *X* irányú mozgást, a munkadarab áll;
- II. a munkadarab végzi az *X* irányú mozgást, a szerszám áll



2.7. ábra. I. eset



2.8. ábra. II. eset

- az alkatrészprogram koordinátaértékei könnyen meghatározhatók legyenek a munkadarab koordináta-rendszerében;
- az esetleges relatív nullponteltolások könnyen definiálhatók legyenek.

2.3. A koordinátatengelyek NC-címei

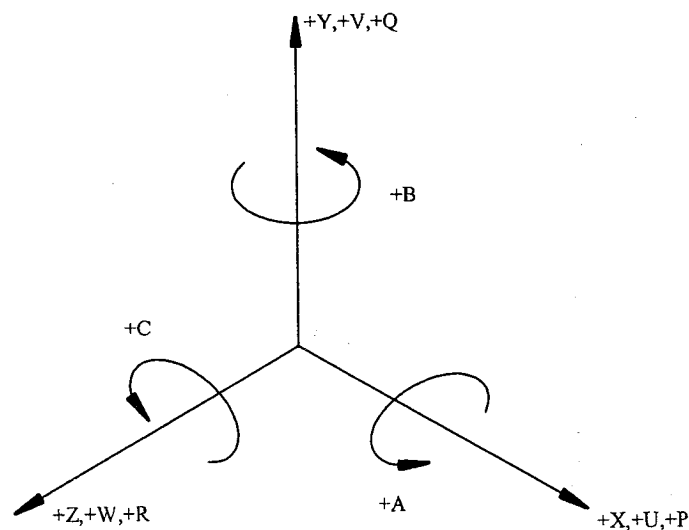
Az egyes koordinátatengelyek programozásakor használt NC-címeit a szabványok rögzítik (2.9. ábra az MSZ 7789, az ISO/R 841 és a DIN 66217 alapján).

Az elsődleges mozgásokat X, Y, Z , a másodlagosakat U, V, W és a harmadlagosakat P, Q, R címmel kell programozni. A forgó tengelyek értelmezése:

- X körül A ,
- Y körül B ,
- Z körül C .

Ha pozitív X, Y, Z , tengelyirányból az origó felé tekintünk, akkor az A, B, C szögek az óramutató járásával ellentétesen **növekszenek**.

A gépi mozgásirányokat vesszővel jelöli a szabvány (X', Y', Z').

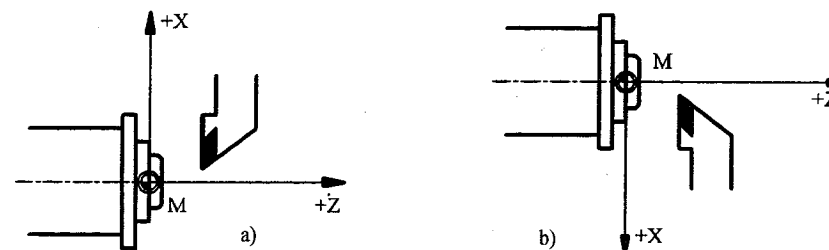


2.9. ábra. A koordinátatengelyek NC-címei

Nézzük meg néhány szerszámgép típus koordináta-rendszerét, és a mozgásirányokat (2.10. – 2.14. ábrák). A szerszámmozgásokat vesszőtlen, a munkadarab mozgásokat vesszős koordinátákkal jelöltük.

a) Esztergagépek

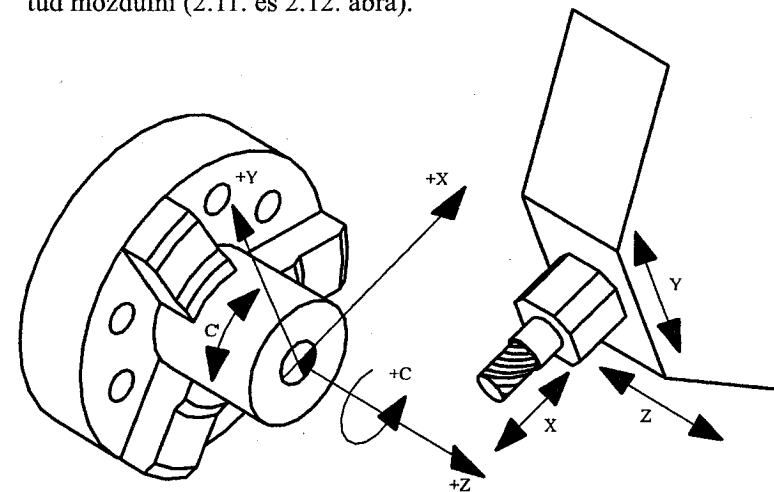
Az esztergagépek koordináta-rendszerében az X tengely iránya attól függ, hogy a szán (szerszám) a főorsó tengelyvonala előtt vagy mögött dolgozik. Az X tengely pozitív iránya a szán felé mutat (2.10. ábra).



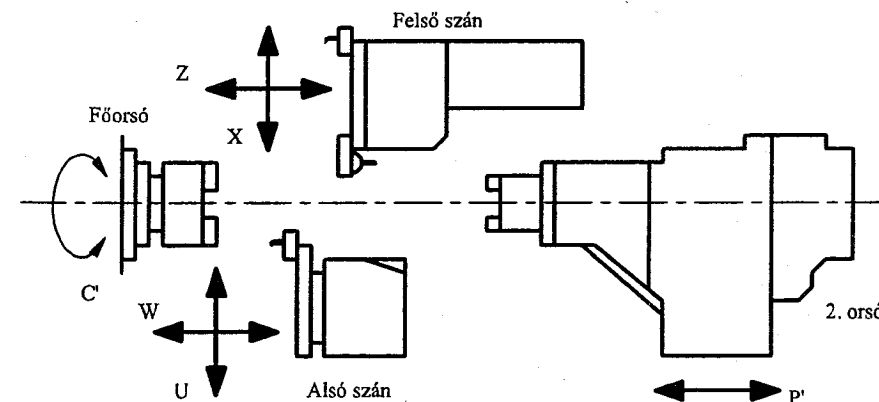
2.10. ábra. Esztergagép koordináta-rendszere
a) a szerszám a tengely mögött; b) a szerszám a tengely előtt

b) Esztergaközpontok

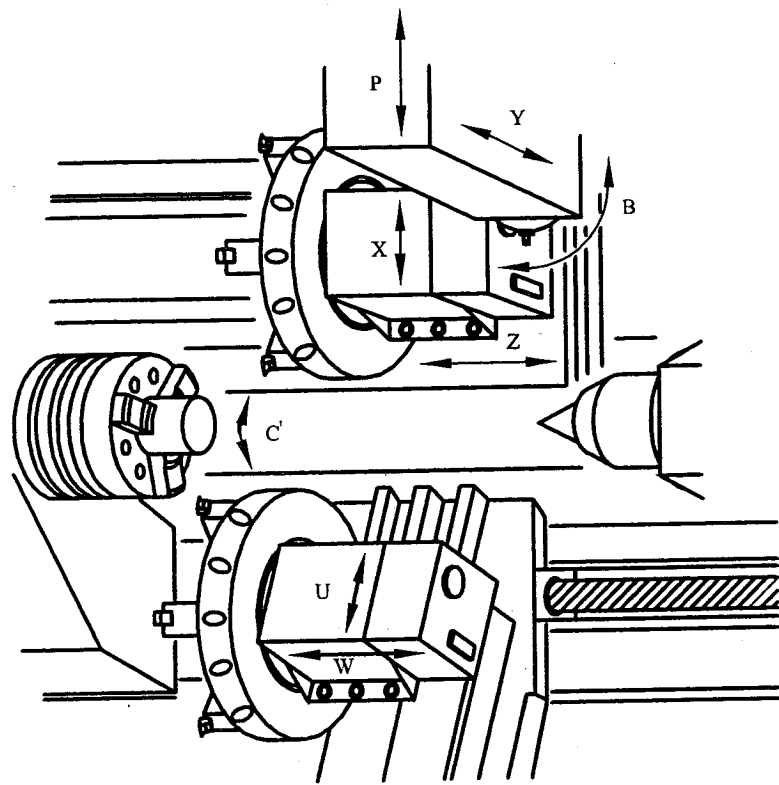
Esztergaközpontok koordináta-rendszere abban tér el az előzőtől, hogy a főorsó C tengelyként is programozható, illetve néhány típusnál a szerszám Y irányban is el tud mozdulni (2.11. és 2.12. ábra).



2.11. ábra. Esztergaközpont koordináta-rendszere



2.12. ábra. Kétorsós, kétszános esztergaközpont koordináta-rendszere



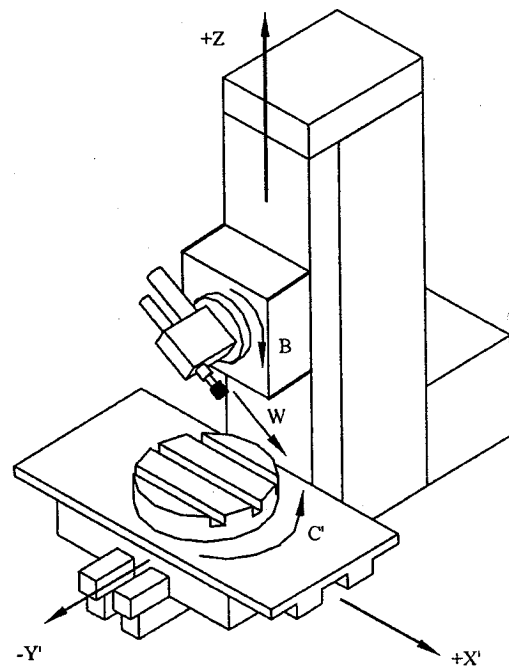
2.13. ábra. Kétszásos esztergáközpont

A 2.13. ábrán olyan esztergáközpont mozgásirányait mutatjuk be, ahol két szán oldja meg az esztergálási feladatokat. (X, Z, U, W). Másrésra a P', Y, B, Z és C' tengelyeket kell programozni.

c) Megmunkálóközpontok

Sokféle gépkonstrukció közül megmunkálóközpontokra példaként a 2.14. ábrán látható példa. Látható, hogy B alaphelyzetében a Z tengely iránya a szerszám irányával esik egybe, és a pozitív irány a munkadarabtól a szerszám felé mutat.

Az X tengely a pozicionáló asztal fő tengelye, mindig a hosszabb mozgást jelöli.



2.14. ábra. A megmunkálóközpont mozgásirányai

2.4. Nullponteltolás

Nullponteltolással a munkadarab koordináta-rendszer W nullpontjának az M gépi koordináta-rendszerben (M) elfoglalt helyzetét adjuk meg. (a 2.2. ábrán: ZMW ; a 2.3. ábrán: $ZWR; XRW$; a 2.4. ábrán: $XMW; YMW, ZMW$; a 2.5. ábrán: $XWR; YWR; ZWR$ értékek).

Ezeket az értékeket a gyártás előkészítésekor kell meghatározni, és a megfelelő nullpontregiszterekbe tölteni. (A nullponteltolás méréséről az "NC technológia és programozás II"-ben írunk.)

3. Számjegyvezérlési módok

A számjegyvezérlés jellegzetessége, hogy a vezérlés bemenő információi digitális (bináris) jelek, amelyeket a vezérlőprogram tartalmaz. A munkadarab-felület a szerszám és a munkadarab relatív elmozdulásának eredményeként jön létre.

A vezérlési módok legelterjedtebb csoportosítása éppen ehhez a mozgáshoz – az egyidőben vezérelt tengelyek számához – kapcsolódik.

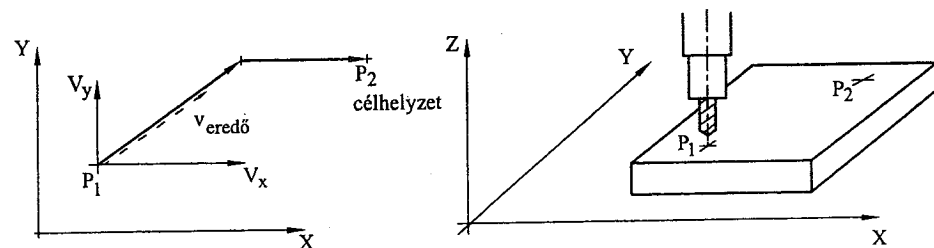
3.1. Pontvezérlés

Pontvezérlés esetén a szerszám vezérelt pontját a sík vagy tér előírt pontjára kell mozgatni. A szerszám a pontra állás közben nem végez forgácsolómozgást, a mozgás sebessége általában gyorsmenet. Az egyes irányokban végzett mozgások sebességei között nincs előírt kapcsolat, közel azonosak.

Alkalmazási területe:

- fűrőgépek,
- ponthegesztő gépek,
- sajtoló-, kivágógépek

Elméleti pozicionálási idő: $t_p = \max(\Delta x/v_x, \Delta y/v_y, \Delta z/v_z)$



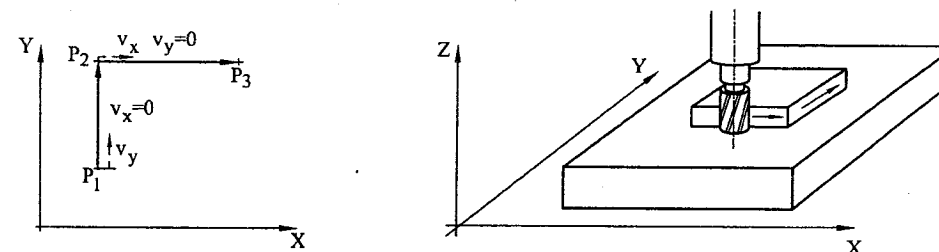
3.1. ábra. A mozgások pontvezérlésénél

3.2. Szakaszvezérlés

Szakaszvezérléskor a szerszám koordinátatengelyekkel párhuzamos elmozdulás közben megmunkálást is végezhet. Egy időben csak egy koordinátatengely mentén lehet forgácsolást végző elmozdulás. A koordinátasebességek függetlenek egymástól.

Alkalmazási terület: egyszerű eszterga és marógépek.

Elméleti pozicionálási idő: $t = \Delta x/v_x + \Delta y/v_y + \Delta z/v_z$



3.2. ábra. A mozgások szakaszvezérlésénél

3.3. Pályavezérlés

Pályavezérléskor a szerszám vezérelt pontja az előírt pályán mozog. A pálya sík vagy térgörbe is lehet. Az egyes koordinátatengelyek menti sebességek között különböző függvénykapcsolat valósítható meg az interpolátor segítségével. (Általában a pályamenti sebesség állandóságát biztosítják).

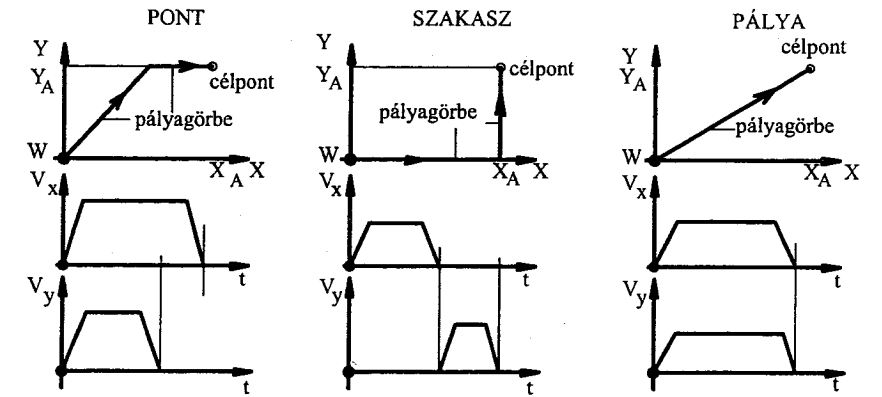
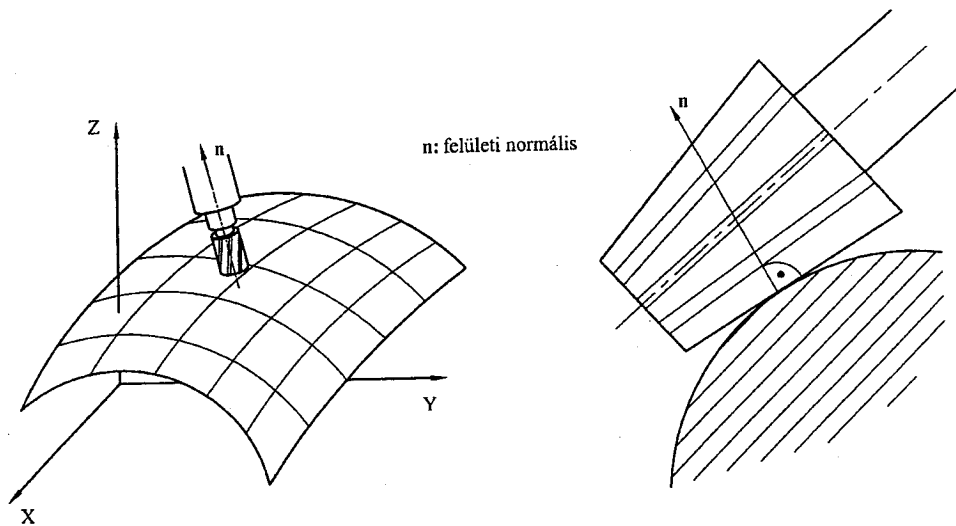
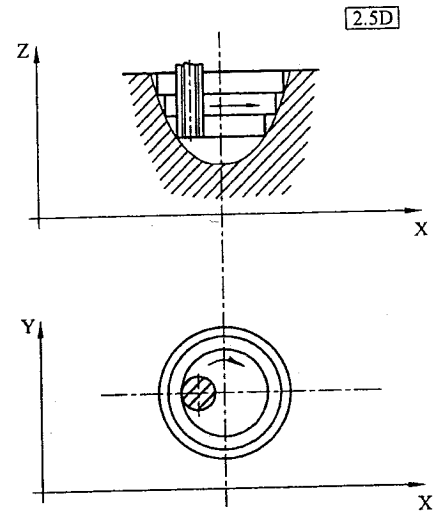
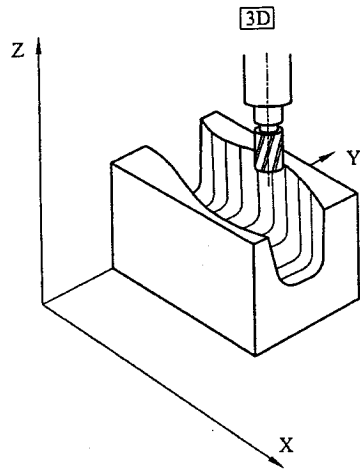
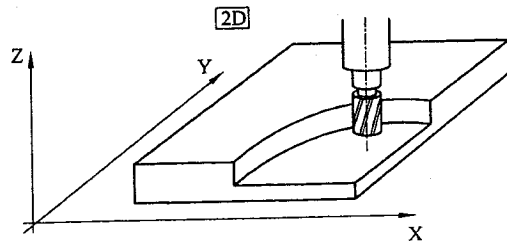
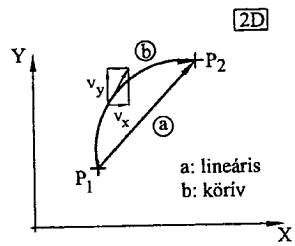
Az egyidejűleg vezérelhető tengelyek száma szerint megkülönböztetünk **2D**-, **3D**-, **4D**-, **5D**- stb. vezérlést ($D=Dimension$). Ha az egyik tengely mentén – pl. Z tengely – a vezérlés nem tud a többi mozgással szinkronelmozdulást generálni a kérdéses tengely **1/2D**-s („féldimenziós”).

A koordinátasebességek vektorikus eredője lesz a pályamenti előtolási sebesség. Az elméleti pozicionálási idő:

$$t_p = \int (s(t)/v_e) dt, \quad \text{ahol az elmozdulás nagysága: } ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$

A különböző mozgásirányítási módoknál alkalmazott idő (t) –sebesség (v) kapcsolatokat a 3.4. ábrán foglaltuk össze.

A mozgások geometriai függvénykapcsolatait a legtöbb vezérlés lineáris és körinterpolációra korlátozzák, ezért a vezérlések a körtől, egyenestől eltérő előírt pályát csak egyenes szakaszok és körívek segítségével közelítik meg. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy nem minden 3 – 6 tengelyesnek nevezett vezérlés tekinthető **3D-6D**-s vezérlésnek. Gyakran sok tengelyből csak páronként 2 mozgása összehangolt – így lényegében **2D** – legfeljebb **2 1/2 D** (pl. 3-ból **2D**) vezérléséről beszélhetünk.



3.4. ábra. A mozgásirányítási módok számjegyzérlésnél

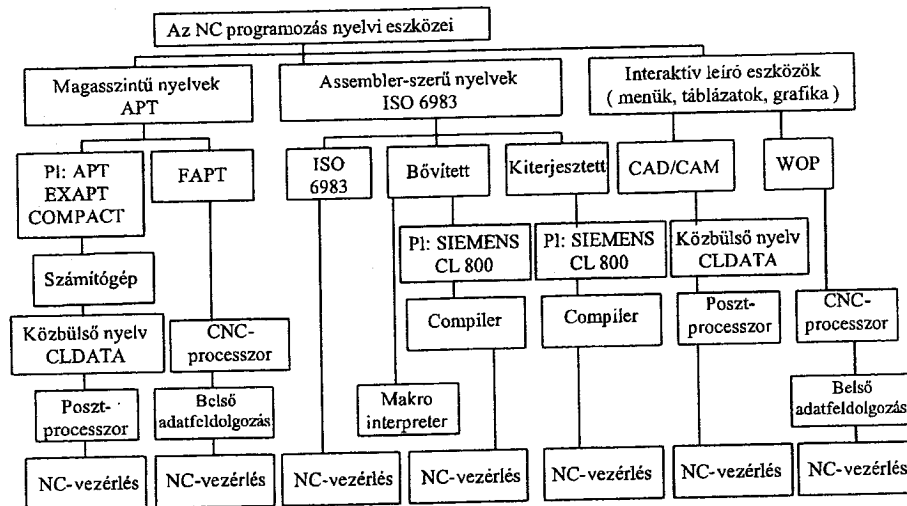
4. Az alkatrészprogram felépítése

4.1. A programozás nyelvi eszközei

Az NC-gépek programozása geometriai modellezési és technológiai folyamat-tervezési feladatok együttes megoldását igényli. A programozásra három jellegzetes nyelvi eszközcsoport alakult ki:

1. Assembly szerű ISO 6983 („G” kód, Numerical Control Language –NCL – programozási nyelv;
2. Magasszintű nyelv, APT (Automatic Programming Tools) származéknyelvek;
3. Interaktív feladatleíró eszközök, menük, grafikus eszközök

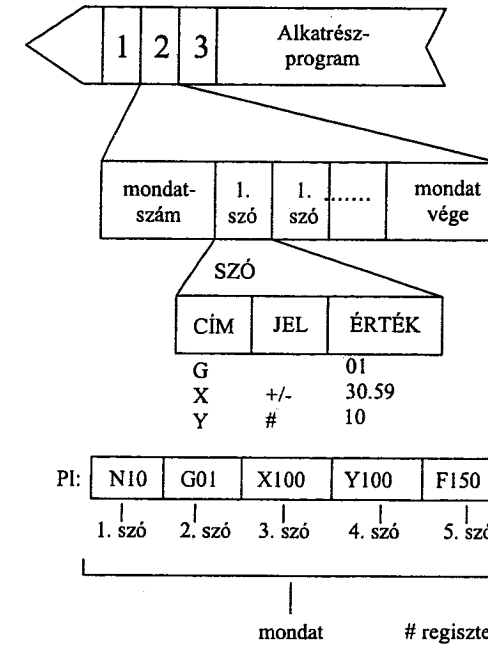
Az első a vezérlésgyártók, a második a MIT kezdeményezése alapján a számítógépes programozásfejlesztők javaslatai alapján fejlődött. A harmadik az interaktív CAXX technika fejlődésével párhuzamosan alakult ki. Napjainkban az ISO által szabványosított nyelvek mellett számtalan nyelvi változat van használatban. Az NC programozási eszközök jellegzetes típusait a 4.1. ábra foglalja össze.



4.1. ábra. Az NC-programozás nyelvi eszközei (forrás: [1])

Az ISO 6983 NCL jellegzetességei

Az ISO 6983 a szerszámmozgás leírására a programozott pont pályájának szegmensekre bontott definiálását, a technológia leírására kódok szekvenciáját használja. A geometriai leírás a **programozói – munkadarab – koordináta-**



4.2. ábra. Az alkatrészprogram felépítése

rendszerben történik, amelyet a munkadarab magával visz a szerszámgép munkaterébe.

4.2. A programnyelv szerkezete

Az NC-programnyelv – hasonlóan az ismert számítógépes nyelvekhez – mondatfelépítésű.

Egy mondat több elemi utasításból áll, ezeket szavaknak nevezzük.

A **szó** általában egyetlen gépi funkcióra vonatkozó utasítás. A mondat egy pályaelemhez vagy akár egy teljes műveletlemhez tartozó összes utasítást tartalmazza.

A szó **címből**, **jelből**, **adattól** álló karaktersorozat.

X	1	2	3
G	9	0	
X	#	1	5
↓	↓	↓	
cím	jel	adat	

A vezérlés a cím megfejtésével (dekódolás) értelmezi az adatot.

Elvileg teljesen közömbös, hogy különböző gépi funkciókhoz milyen címbetűket rendelünk hozzá. Az egységesítés azonban elengedhetetlen feltétel, így az egyes vezérlések az ISO előírásokhoz ragaszkodnak (MSZ 9226, MSZ 9227)

Az egyes címek jelentése

Karakter	Jelentés
A	Szög méret X tengely körül
B	Szög méret Y tengely körül
C	Szög méret Z tengely körül
D	Szög méret különleges tengely körül vagy harmadlagos előtolás
E	Szög méret különleges tengely körül vagy másodlagos előtolás
F	Előtolás-funkció
G	Előkészítő funkció
H	Állandó jelleggel nincs lefoglalva
I	Interpolációs méret X tengely irányában
J	Interpolációs méret Y tengely irányában
K	Interpolációs méret Z tengely irányában
L	Állandó jelleggel nincs lefoglalva
M	Vegyes funkció
N	Mondat sorszáma
O	Nem használható
P	Harmadlagos mozgási méret X tengellyel párhuzamosan
Q	Harmadlagos mozgási méret Y tengellyel párhuzamosan
R	Gyors menet mérete Z tengely irányában vagy harmadlagos mozgási méret Z tengellyel párhuzamosan
S	Orsófordulat-funkció
T	Szerszámfunkció
U	Másodlagos mozgási méret X tengellyel párhuzamosan
V	Másodlagos mozgási méret Y tengellyel párhuzamosan
W	Másodlagos mozgási méret Z tengellyel párhuzamosan
X	Elsődleges X mozgási méret
Y	Elsődleges Y mozgási méret
Z	Elsődleges Z mozgási méret

A CNC- vezérlések programozási nyelve – hasonlóan a számítógépi programnyelvhez – speciális szintaxissal és szemantikai szabályokkal rendelkezik.

Ma már kizárólag a címkódos rendszert használják. A címzési eljárás segítségével a szavak mondaton belüli helyüktől függetlenül dekódolhatók, így a szavak sorrendje kötetlen. Ennek ellenére a könnyebb áttekinthetőség miatt javasolt sorrend létezik:

1. Mondatszám (N);
2. Előkészítő funkció (G);
3. Koordináták (X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C, D, E);
4. Interpolációs adatok (I, J, K);

5. Előtolás (F);
6. Fordulatszám (S);
7. Szerszám és szerszámkorrekció (T);
8. Vegyes (kiegészítő) funkció (M);

Az ismétlődő utasításokat általában nem kell újra megadni, mert egy-egy utasítás addig van érvényben, amíg újabb eltérő nem jön. (Az utasítások öröklődnek).

Az ISO NCL egy szűkített változatának Backus-Naur metanyelvi definíciója

```

<program> ::= { <mondat> }
<mondat> ::= <mondatszám> . { <szó> } . LF
<mondatszám> ::= N . <sorszám>
<sorszám> ::= { <decimális karakter> } 13
<decimális karakter> ::= 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
<szó> ::= <szócím> . <adat>
<szócím> ::= G | X | Y | Z | I | J | K | D | F | S | T | M | L | A | B | R
<adat> ::= <integer> | <real>
<integer> ::= { <decimális karakter> }
<real> ::= { <decimális karakter> }04 . { <decimális karakter> }03
LF: mondatvéggel (ASCII kód: 10,13, vagy csak 13)

```

- Az adat lehet:
1. Egész, (Integer)
 2. Valós, (Real)
 3. Kód, (String)

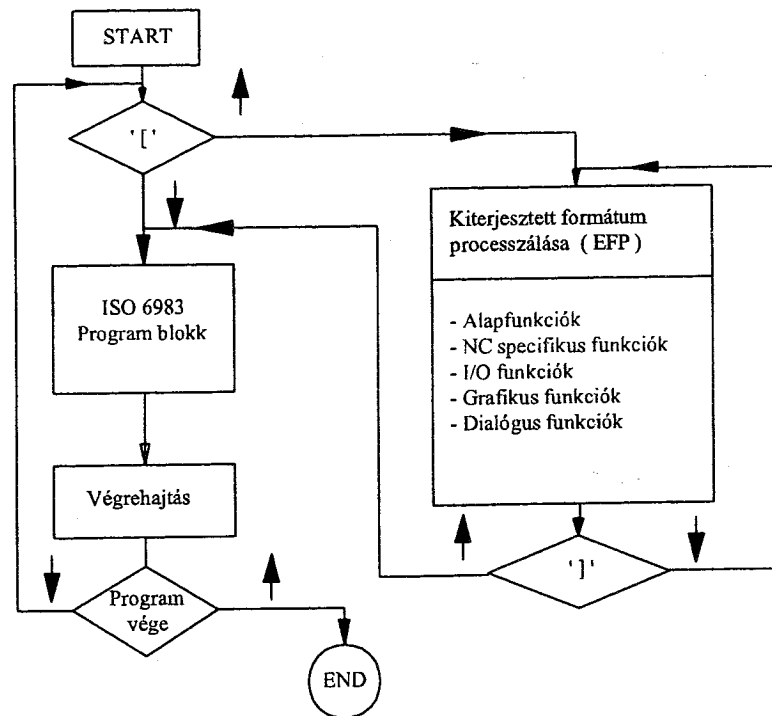
Az újabb vezérlésekben az N [mondatszám] csak címke, és nem kötelező. A bővített nyelvekben szavak helyett kifejezés is állhat.

Pl.: IF [#2EQ1] GOTO 100

Az NC-nyelvek kiterjesztett formátuma lehetőséget ad a felügyeleti funkciók, mérési ciklusok, szubrutinok, logikai műveletek, matematikai funkciók stb. egyszerű és nagy szabadságot adó programozására. Az alapkoncepciót a 4.3. ábra szemlélteti.

Az NC-program alapvetően ISO 6983 kódolású, a kiterjesztett formátum NC-nyelv processzálást speciális karakter indítja.

Az indókarakter szögletes zárójellel kezdődik, ill. azzal végződik, azaz: [...].



4.3. ábra. A kiterjesztett formátumos nyelvek utasításainak feldolgozása (forrás: [14])

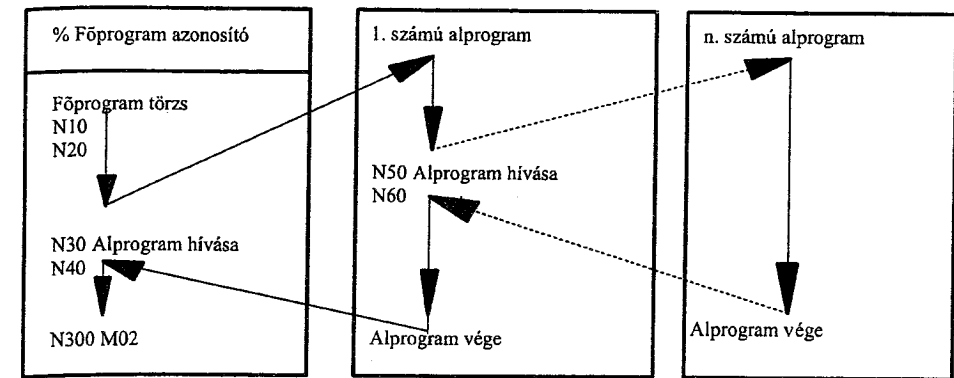
Például:

```
%
[DATA
  LOCAL REAL: XPOS, YPOS
ENDDATA]
N100 G00 X100 F1000
N110 G81 Z100 R400 F500
[XPOS:100; YPOS:=110]
WHILE XPOS<=1000 DO
  XPOS:=XPOS+100]
  N120 X[XPOS] Y [YPOS]
[ENDWHILE]
N130 M30
```

4.3. Főprogram-alprogram, adat fajták

Az NC-vezérlések nyelvei megengedik a főprogramok-alprogramok használatát, és több fájltypust is elfogadnak, ill. használnak. Lehetőség van pl. szerszámadatok, nullponteltolások betöltésére.

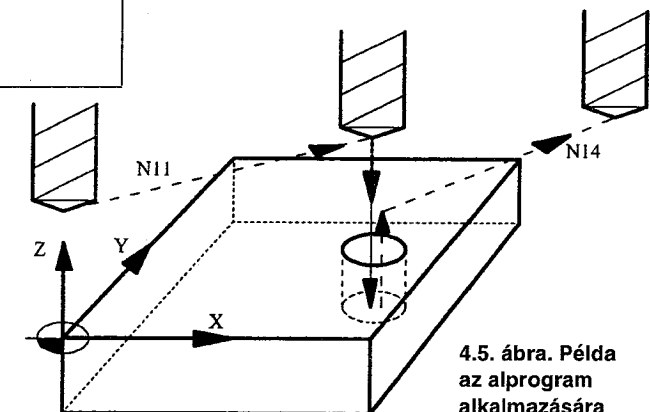
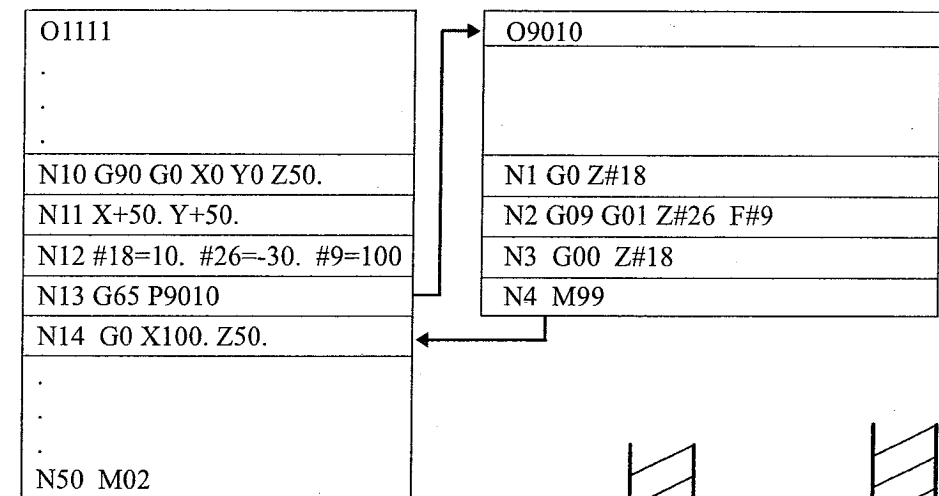
A programokból, különböző fájllokból több, de véges számú könyvtárazható.



4.4. ábra. Programvégrehajtás alprogramok alkalmazásakor

Például:

- Program azonosító : O (ISO szerint nem használható)
- Főprogram vége: M02
- Alprogramhívás: G65 P<alprogram azonosító>
- Alprogramlezárás: M99
- Regiszter jele: #



4.5. ábra. Példa az alprogram alkalmazására

A következő fontos szabályokra hívjuk fel a figyelmet:

1. Az alprogram hívásakor érvényben lévő öröklődő kódok az alprogramon belül is érvényesek.
2. Az alprogramban megváltoztatott öröklődő kódok az alprogramból való visszatéréskor is érvényesek maradnak.
3. A főprogramban, ill. az alprogramban módosított regiszterértékek kölcsönösen érvényesek.
4. Általában mind az alprogramok száma, mind a hívások mélysége korlátozott.

4.4. A mondatfelépítés szabályai

Az alkatrészprogram mondatfelépítésének szabályai erősen kötődnek a konkrét vezérlésekhez. Ennek ellenére van néhány általános érvényű törvényszerűség.

1. Az útinformációkkal együtt általában meg kell adni a megfelelő előkészítő („G”) funkciókat is.
2. Általában kötött a maximálisan programozható geometriai elemek nagysága (pl. köríveknél).
3. Kötött a mondatban előírt funkciók végrehajtási sorrendje
 - először megtörténik a főorsó forgás bekapcsolás, majd ezt követően a pozicionálás;
 - a „program állj”, „program vége” funkciókat (**M00, M01, M02, M30**) a mondat feldolgozása végén hajtja végre a vezérlés;
 - ugyancsak utoljára hajtódnak végre a „főorsó állj” parancsok (**M05, M19**);
 - nem egyértelmű – vezérléstől függő – a szerszámcserevel kapcsolatos utasítások végrehajtási sorrendje. A csere megtörténhet az elmozdulás után, de előtte is. (Megmunkálóközpontokon az előző eset a gyakori.);
 - a hűtés ki- és bekapcsolása a mondat feldolgozás elején hajtódik végre;
 - külön problémát jelent a fix ciklusok – azok mozgáselemeinek – végrehajtási sorrendje.
4. A mondatok szavainak egy része csak az adott mondatra érvényes, többségük azonban öröklődik. Ez azt jelenti, hogy nem kell az egymást követő mondatokban újra előírni őket.

Például a gyorsmeneti pozicionáló előkészítő kódja: **G00**.

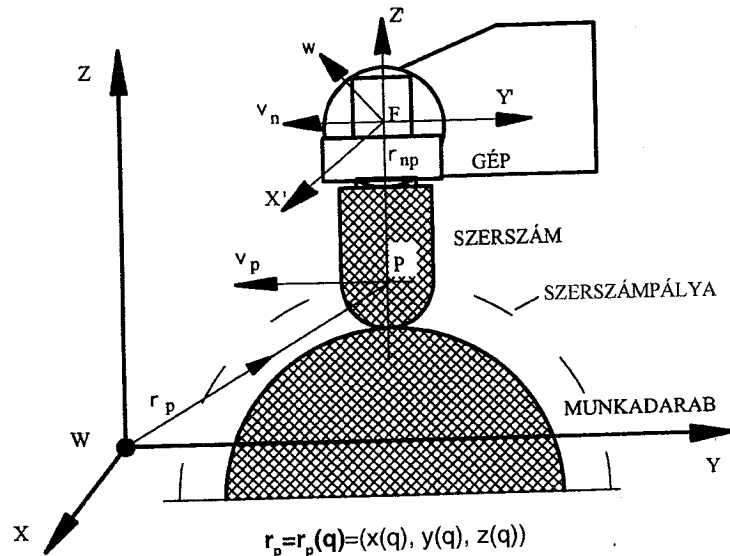
Mindaddig, amíg interpolációs kód **G01, G02, G03** fel nem váltja a **G00**-t, addig az összes mozgás gyorsmenetben történik, akár megismételtük a kódot, akár nem.

5. Az alkatrészprogram mondatai általában „N” –mondatszám- címmel kezdődnek, és rekord végjellel („kocsivisszafutás –soremelés”, „RETURN”) végződnek. Vannak olyan vezérlések, amelyeknél nem szükséges a mondat számokat

6. Az NC-mondatokat egymás után, a **beírás sorrendjében** és nem a mondat számok szerint hajtja végre a vezérlés.

5. A programozott és vezérelt szerszám pont, szerszámkorrekció

Forgácsoló szerszámgépeken a számítógépes vezérlés a szerszámhoz kötött F referencia pontot mozgatja térbeli pályán. A szerszám származtató felülete egy véges térrészt súrol. A munkadarab felület ennek burkolója, az előgyártmány korlátai között.



5.1. ábra. A szerszámmozgás számjegyes vezérlésének alapelve (forrás: [1])

- F a szerszám referenciapontja. Billenőfejes $5D$ gépeken a forgástengelyek metszéspontja;
- P a szerszám programozott pontja;
- $r_p(q)$ a szerszám pályája, azaz a pályagörbe paraméteres egyenlete;
- v_p a programozott pont sebessége, a pályasebesség vagy előtolás.

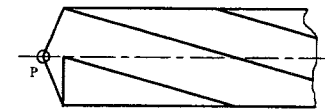
5.1. A szerszám programozott és vezérelt pontja

Az alkatrészprogramban a P pont pályáját kell leírni a munkadarab koordináta-rendszerében.

NC-programkészítés szempontjából a szerszám merev testnek tekinthető, amelynek minden pontja azonos pályát ír le, nem billenőfejes gépen. Ezért bármely pontja

kiválasztható, és pályája programozható. Célszerű az egyes szerszámoknál olyan pontot kijelölni, amely megkönnyíti, a munkadarabrajzhoz kapcsolhatóvá teszi az alkatrészprogram összeállítását.

a) A fúrószerszámok



5.2. ábra. A fúró programozott pontja

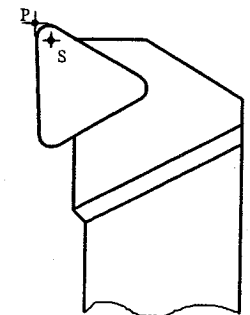
b) Az esztergaszerszámok

Esztergaszerszámok esetén a P és S pont közül választhatunk.

P a lekerekítési sugár koordinátatengelyekkel párhuzamos érintőinek metszéspontja.

Ez a gyakoribb, a szerszám bemérő készülékekkel, ill. közvetlenül mérhető;

S a lekerekítési sugár középpontja.

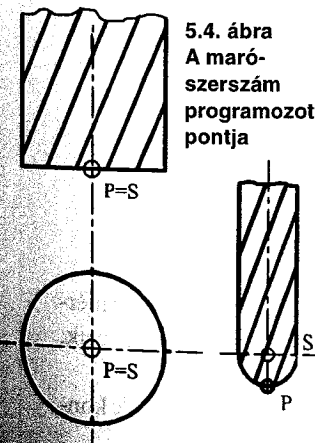


5.3. ábra. Az esztergaszerszám programozott pontja

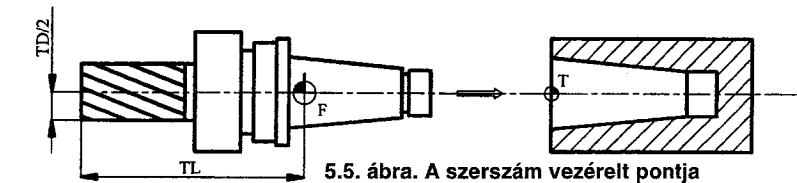
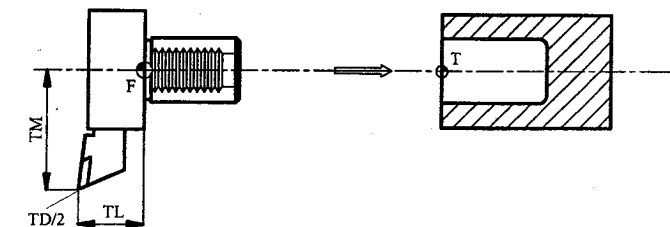
c) A marószerszámok

A szerszám programozott pontja a szerszám tengely, és a homlokérintő sík metszéspontja.

Gömbmaró esetén vagy a szerszám talppontja, vagy a középpontja a programozott pont.



5.4. ábra
A marószerszám programozott pontja



5.5. ábra. A szerszám vezérelt pontja

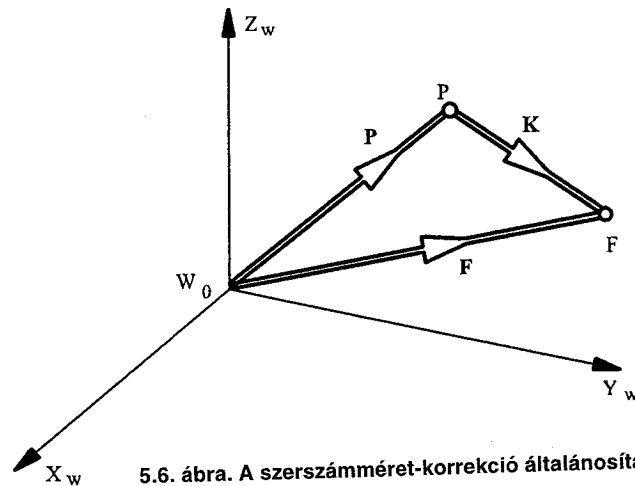
A szerszámoknak eltérő geometriai méretei vannak, használat közben kopnak, így a vezérlés közvetlenül nem mozgathatja a szerszám programozott P pontját. Olyan pontot kell a szerszám vezérelt pontjának kijelölni, amelynek helye független a szerszám kopásától.

5.2. Szerszámméret-korrekción

Az előzőekben láttuk, hogy a szerszám programozott és vezérelt pontja nem esik egybe. A két pont között a szerszámok hossz- és keresztirányú méretei teremtenek kapcsolatot. Ha az alkatrészprogramban a P pont pályáját írjuk le, akkor az F pont a TL és TM méretek figyelembevételével adódik.

Ezeket az értékeket a vezérlésbe pl. kezelőszerveivel, adott szerszámhelyekhez rendeltén írhatjuk be. Egyes NC-nyelvekben a szerszám hossz- és keresztirányú méreteit, egyéb adatait ún. szerszámleíró mondattal adhatjuk meg.

A **szerszámméret-korrekción** lényege tehát az, hogy az alkalmazott szerszámok geometriai méreteit adjuk meg a vezérlésnek. Így érhető el, hogy az alkatrészprogram a munkadarab kontúrját tartalmazza, és az F pont pályáját az TL és TM méretek ismeretében a vezérlés határozza meg.

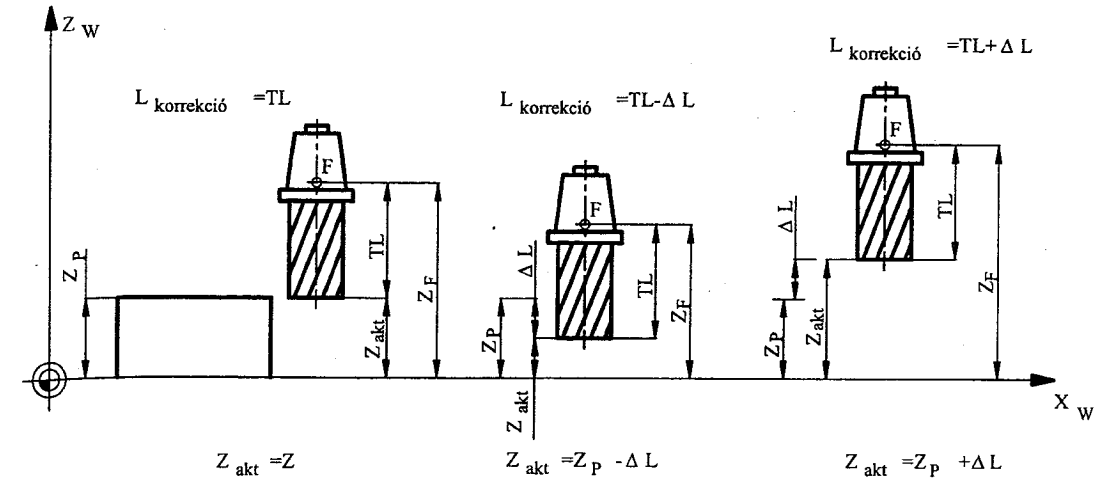


5.6. ábra. A szerszámméret-korrekción általánosítása

- P a programozott kontúrponthelyvektora, $P(x,y,z)$;
- K korrekcióvektor, $K(TL, TM)$;
- F a szerszám vezéreltpont helyvektora (a vezérlés határozza meg).

A szerszám hossz- és keresztirányú méreteit szerszámbemérő készüléken mérhetjük le. A szerszámnak a készülékben és a gépen elfoglalt helyzete megegyezik. [Lásd *NC technológia és programozás II. c. könyvben*].

A szerszám korrekciós értékeinek (TL , TM) változtatásával a szerszámok kon-



5.7. ábra. A korrekciós értékek hatása

Példánkban tekintsük csak a hosszirányú korrekciót (5.7. ábra). Mindhárom esetben a szerszám valójában L méretű, a programozott koordináta z_w értékű.

A régebbi NC-vezérlések a szerszám geometriai méreteit nem fogadták korrekciós értéként. Akkor a szerszámnak hossz- és keresztirányú méretét az alkatrészprogramban kellett figyelembe venni. A vezérléseken csak a kopásból, bemérési pontatlanságból eredő néhány tized mm-es méreteltéréseket lehetett beállítani. Ezt a fajta korrekciót *szerszámkopásnak* vagy *finom korrekciónak* nevezték (max. 0,99mm).

A bemérési pontatlanságból, szerszámkopásból adódóan az alkatrész felületei nem a programozott méretre készülnek. A méreteltérésekből a szerszámméret-eltérés értékei meghatározhatók: (k_M és k_{TL}).

Hengeres felületnél a programozott érték legyen X_p , a munkadarabon megmunkálás után D_m átmérő adódik.

$$\text{Az } X \text{ irányú korrekció: } k_M = X_p - D_m / 2$$

Hosszmértéknél a programozott érték Z_p és a munkadarabon L méret mérhető megmunkálás után.

$$\text{A } Z \text{ irányú korrekció: } k_{TL} = Z_p - L$$

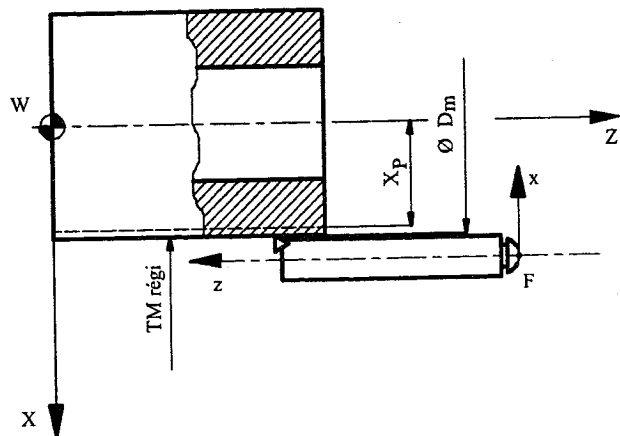
Ha a szerszámméret korrekciót alkalmazzuk, akkor az érvényes szerszámméreteket kell k_M és k_{TL} értékkel módosítani, vagyis

$$\begin{aligned} TL_{új} &= TL_{rég} + k_{TL}; \\ TM_{új} &= TM_{rég} + k_M. \end{aligned}$$

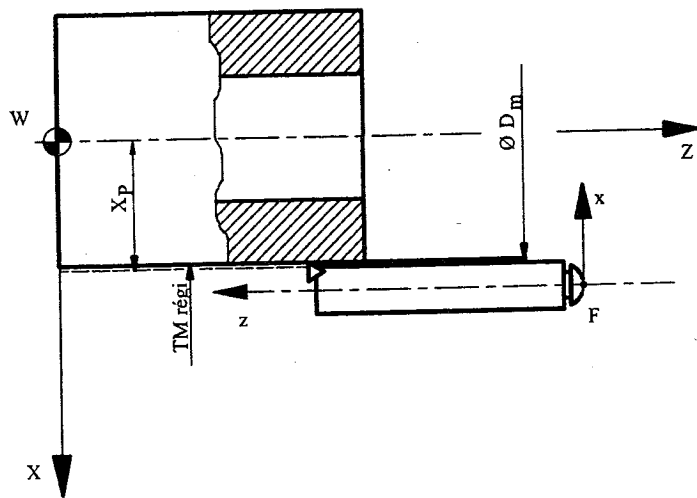
Egyébként, ha a teljes szerszámméretet nem adhatjuk meg korrekcióként, akkor a vezérlésen korrekcióként beírandó érték:

$$\begin{aligned} k_M^{új} &= k_M^{rég} + k_M; \\ k_{TL}^{új} &= k_{TL}^{rég} + k_{TL}. \end{aligned}$$

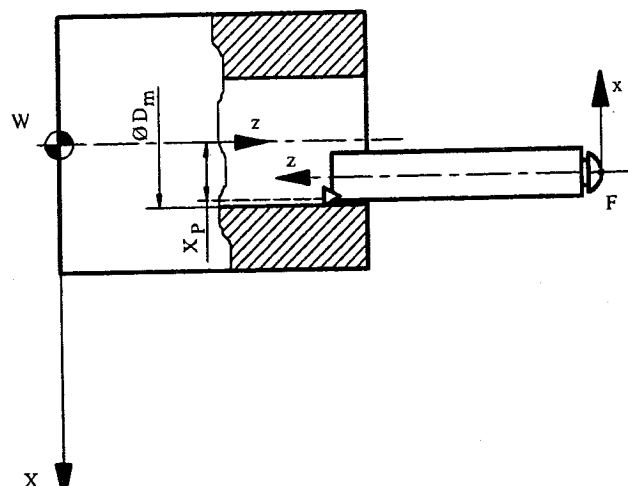
k_{TL} és k_M előjele a számítás során adódik (l. az 5.8-5.11. ábrák).



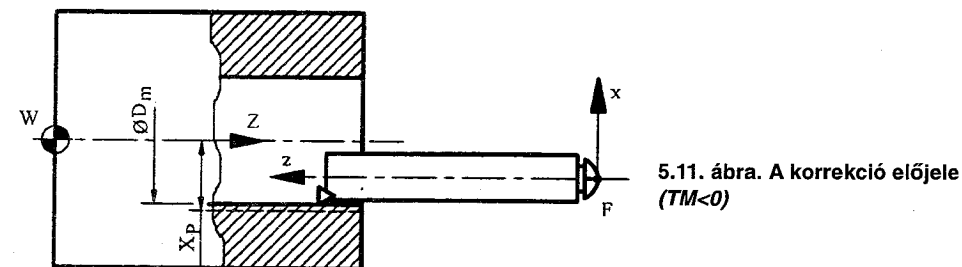
5.8. ábra. A korrekció előjele ($k_M < 0$)



5.9. ábra. A korrekció előjele ($k_M > 0$)



5.10. ábra. A korrekció előjele ($TM < 0, k_M < 0$)



5.11. ábra. A korrekció előjele ($TM < 0$)

A szerszámhossz-korrekció előjele programból változtatható:

G43, (G45) → + előjel;

G44, (G46) → - előjel.

A szerszám geometriai méreteit tartalmazó regiszter többféle módon adható meg.

Például:

- Szerszámhelyhez rendelt:

T0501

05: szerszámhely

01: korrekciós regiszter

- Külön NC-címmel programozva:

Pl: D,H

T05 D03 H03

05: szerszámhely

03: korrekciós regiszter

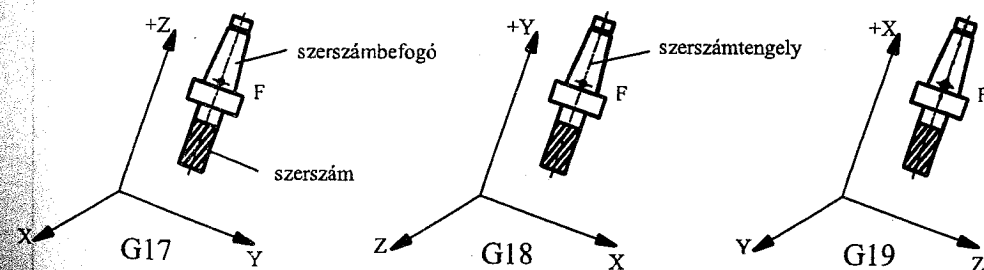
D: átmérőkorrekció

H: hosszkorrekció

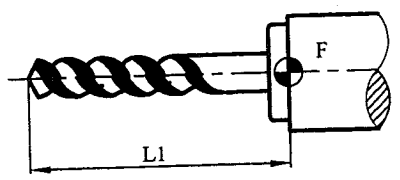
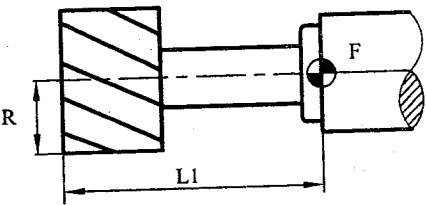
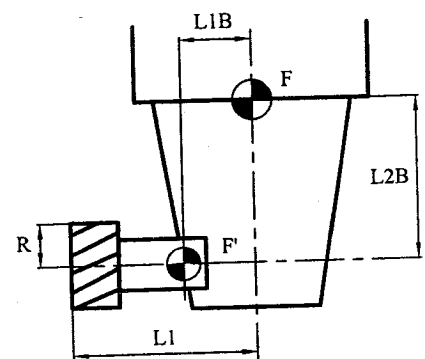
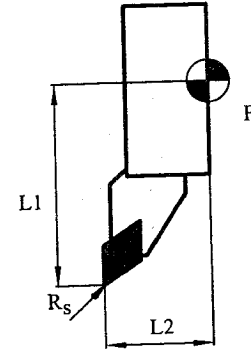
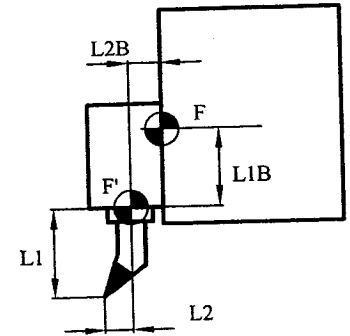
Egy szerszámhoz a megmunkálás során több korrekciós regiszter is hozzárendelhető.

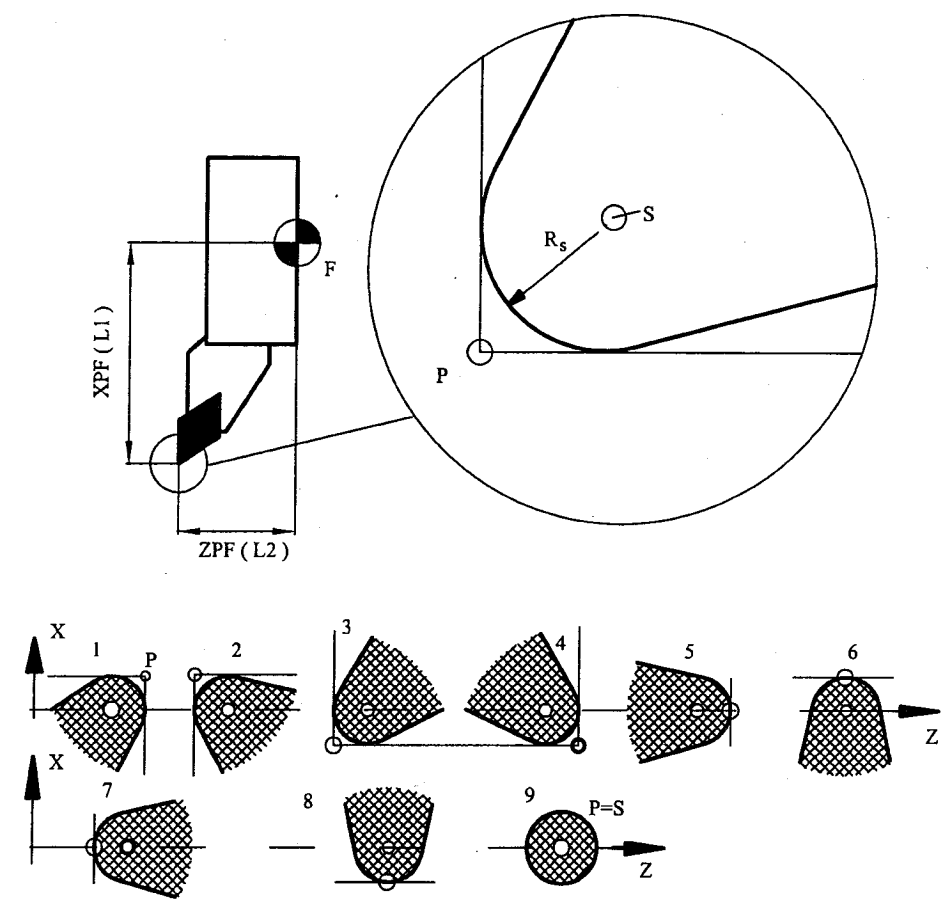
5.3. Szerszámok geometriai (korrekciós) adatai

A szerszámok geometriai adataiból, tulajdonképpen a szerszám geometriai modelljéből, a vezérlések erősen eltérő adatokat igényelnek. Ez nagymértékben a tech-



5.12. ábra. Szerszám tengelyirányok

<p><u>Fúrószerszám:</u></p>  <p>Szerszámkorrekció: L1</p>	<p><u>Marószerszám:</u></p>  <p>Szerszámkorrekció: L1, R</p>
<p><u>Marószerszám (szögfej, 2D-s)</u></p>  <p>Szerszámkorrekció: L1, L1B, L2B, R</p>	<p><u>Esztergaszerszám:</u></p>  <p>Szerszámkorrekció: L1, L2, R_s</p>
<p><u>Esztergaszerszám (alaptartóval):</u></p>  <p>Szerszámkorrekció: L1, L1B, L2, L2B</p>	



5.14. ábra. Az esztergaszerszám lekerekítési sugarának helyzete (forrás: SIEMENS)

nológiai, a geometriai teljesítőképességükkel van kapcsolatban. Fontos kérdés a szerszám tengelye, amelynek irányát a megmunkálás fő síkjának (G17, G18, G19) előírásaival választunk ki.

- Esztergaszerszámoknál fontos adat a hossz- és keresztirányú méreten kívül:
- a szerszámcsúc lekerekítési sugarának nagysága, R_s ;
 - a lekerekítési sugár S középpontjának helyzete a P ponthoz képest. Ez lényeges ismeret, különösen automatikus szerszámberés programozásakor, ill. automatikus pályagenerálásakor (G41, G42).

6. Elmozdulások, transzformációk és biztonsági terek programozása

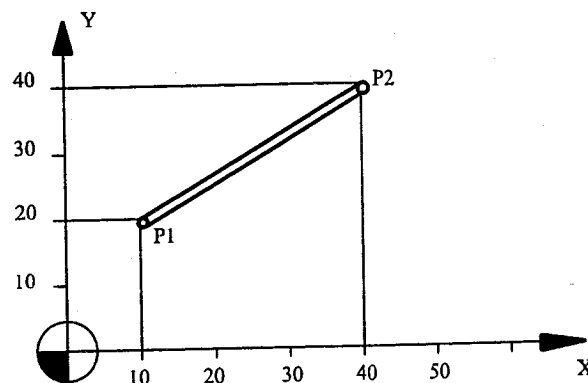
Lineáris és forgó tengelyek mentén az elmozdulások gyorsmeneti („rapid”) vagy előtolási („feed”) sebességgel valósíthatók meg. Ebben a fejezetben a különböző pozicionálási módokról, interpolációs technikáról, megoldásokról és a szükséges előkészítő funkciókról („G” kódok) lesz szó.

6.1. Abszolút és relatív méretmegadás, G90, G91

Az NC-program összeállításakor – mint már láttuk az 5. fejezetben –, a szerszám programozott pontjának koordinátáit kell megadni a munkadarab koordináta-rendszerében. Minden esetben az elmozdulás végpontját tartalmazza az NC-program.

A koordinátaadatokat kétféle módon adhatjuk meg:

- abszolút rendszerben, **G90**;
- növekményes (relatív) rendszerben, **G91**.



6.1. ábra. Abszolút, és relatív méretmegadás

Abszolút:

P1→P2 N10 G90 X40. Y40.

P2→P1 N10 G90 X10.Y10.

Relatív:

P1→P2 N10 G91 X30. Y30.

P2→P1 N10 G91 X-30. Y-30.

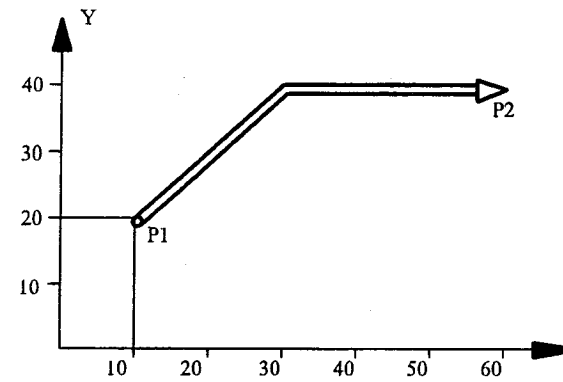
Látható, hogy relatív rendszerben a pillanatnyi szerszámpozícióhoz képest kell előjeles növekményként megadni a célhelyzetet. A **G90**-es, ill. **G91**-es kód öröklődik, egymást felülírják. Bekapcsoláskor általában a **G90** van érvényben. Az abszolút méretmegadás mód nem érinti a szerszámméreket, korrekciókat.

6.2. Elmozdulás gyorsmenettel, G00

N...G00 X...Y...Z...A...B...C...

A szerszám, ill. a munkadarab üresjárati, pozicionáló mozgásainál használatos elmozdulás. A célkoordinátákat az elmozdulást végző egység a szerszámgépre, vezérlésre megengedett maximális sebességgel éri el.

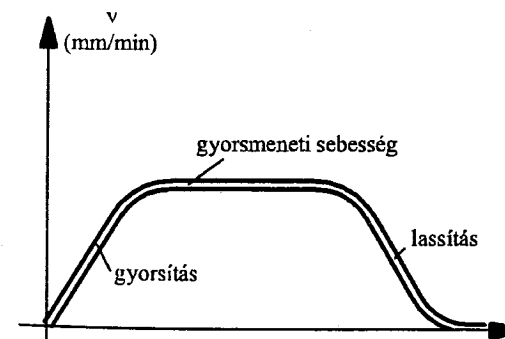
Előfordul, hogy a gép konstrukciójától függően, az egyes koordinátairányokban eltérő a maximális sebesség értéke. Ebben az esetben együttes mozgáskor a legkisebb sebesség lesz a mérvadó. Az elmozdulás **G00** kóddal programozható (Régebbi vezérléseknél az **f99** kód is előfordulhat). Az **F** címmel programozott előtolás értéke nem törlődik, interpolált mozgásnál (**G01**, **G02**, **G03**, *stb.*) újra érvényes lesz. Gyorsmeneti elmozduláskor nincs interpoláció, ezért előfordulhat, hogy az egyik tengelyirányban előbb ér véget a mozgás. (l. a 6.2. ábrát).



6.2. ábra. Gyorsmeneti pozicionálás
N10 G00 X60. Y40.

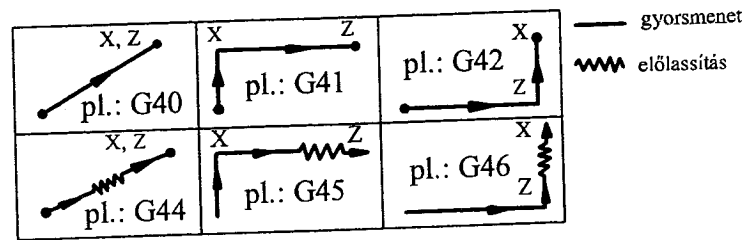
Gyorsmenet alkalmazásakor nem szabad figyelmen kívül hagyni a szerszámgép-vezérlés együttes sajátosságait. Minden elmozdulás gyorsítási és lassítási szakaszt is tartalmaz. Ezért van olyan, a géptől függő, minimális távolság, amelyen belül nem érdemes gyorsmenetet programozni mert:

- a gyorsmeneti sebességre nem gyorsul föl a szán;
- erős, dinamikus igénybevételnek van kitéve a szerkezet a hirtelen gyorsítás és az azonnali lassítás miatt.



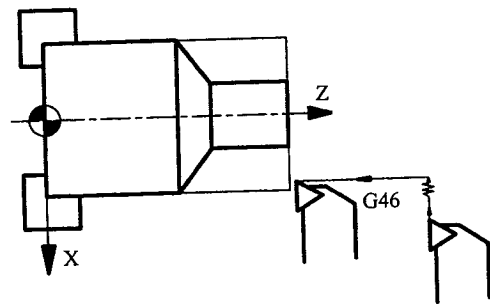
6.3. ábra. Gyorsítás-lassítás G00 programozáskor

Gyakran előforduló pozicionálási esetek programozását a vezérlések, oly módon segítik, hogy a különböző pozicionálási módokat külön-külön G kódokhoz kötik. (6.4. ábra). Néhány példát mutatunk be, amelyek nem szabványosak. A célhelyzetet megelőző előlassítás sebessége és az út nagysága nem programozható. Ezek gépparaméterek, amelyeket azonban a felhasználó a vezérlésben beállíthat. Alkalmazásuk a pozicionálás pontosságát növeli.



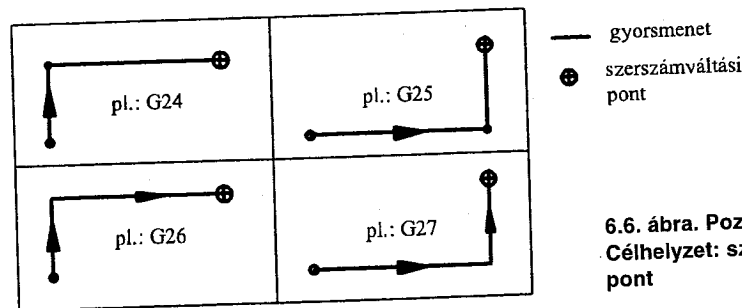
6.4. ábra. Pozicionálási módok

A fenti pozicionálási módokkal a ráhagyási alakzatok közelíthetők, illetve műveletelemek közötti összekötő mozgások valósíthatók meg.



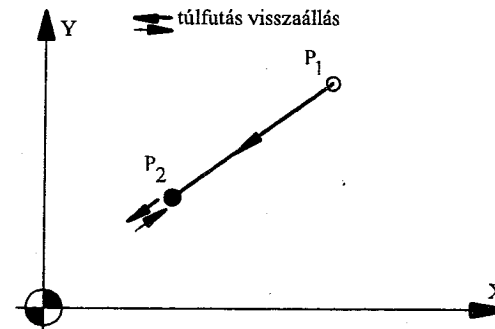
6.5. ábra. Pozicionálás a fogásvételhez

Például a szerszámváltási helyre az előzőekhez hasonlóan pozicionálhatunk.



6.6. ábra. Pozicionálási módok. Célhelyzet: szerszámváltási pont

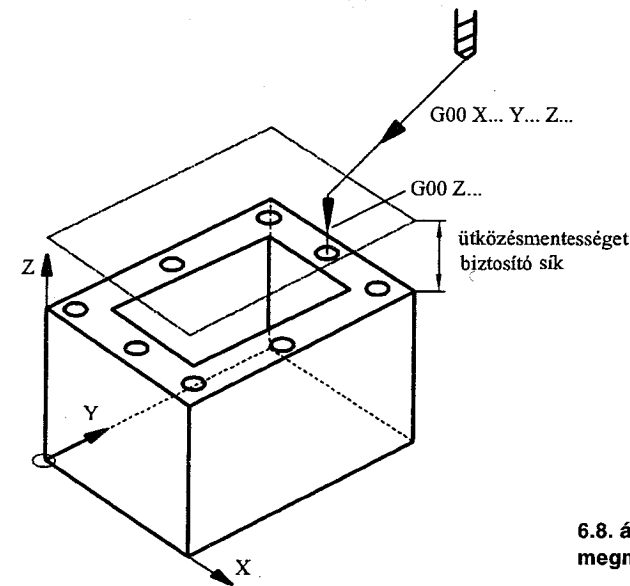
Speciális pozicionálási módot jelent az egyirányú pozicionálás (6.7. ábra). Ekkor a szerszám mindig a növekvő koordináta irányok felől közelíti meg a célhelyzetet. Ha az előző ponttól negatív irányba kell elmozdulni, akkor adott túlfutás után (pl. 1...2 mm, ez paraméterérték) pozitív irányban áll méretre. Használata



6.7. ábra. Egyirányú pozicionálás

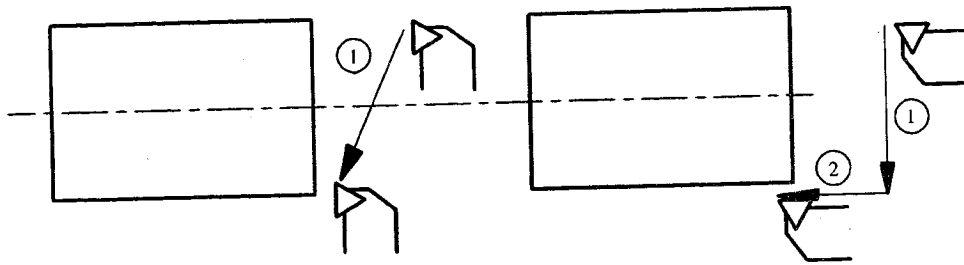
Üresjáratú mozgások tervezésekor, a célhelyzet megközelítésének módját körültekintően kell kiválasztani. Legrövidebb gépi időt az eredményezi, ha az összes koordinátáirányban egyszerre történik az elmozdulás. Azonban ez a megoldás nem minden esetben járható a szerszámnak a munkadarabbal, ill. a befogóelemekkel való ütközés veszélye miatt.

Megmunkálóközpontokban szerszámváltást követően először Z irányú elmozdulással olyan síkra kell állni, amelyben az X, Y pozicionáló mozgások megvalósíthatók, majd a Z irányú pozicionálás következik. A biztonsági síkra történő Z irányú, és a későbbi X, Y irányú pozicionálás összevonható.



6.8. ábra. Pozicionálási stratégia megmunkálóközponton

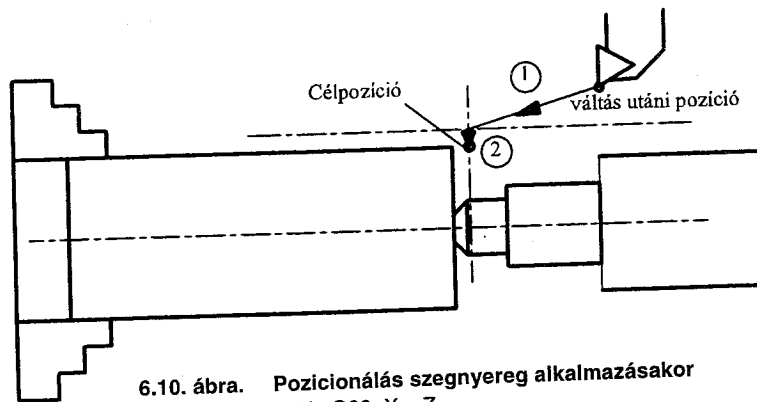
Esztérgáláskor a pozicionálási stratégiát a szegnyereg helyzete és mérete is befolyásolja. Ha nincs szegnyereg, akkor szerszámváltás után először X, majd Z irányú elmozdulást programozhatunk. Bizonyos esetekben a Z és X mozgás együtt valósítható meg. Például külső és belső hosszesztérgáláskor, ha a művelet elem kezdőpontja a munkadarab legnagyobb Z méretén van.



6.9. ábra. Pozicionálás eszkergáláskor
1. N... G00 X... Z...

1. N... G00 X... Z...
2. N... Z...

Műveletelemek közötti mozgáskor, külső eszkergáláskor, ha a célpozíció X koordinátája kisebb a jelenlegi pozíciónál, akkor először Z majd X irányú lesz az elmozdulás, egyébként fordítva. Belső műveletelemknél, ha a célpozíció X koordinátája kisebb, akkor először X , majd Z irányú lesz az elmozdulás, egyébként fordítva. Szegnyereg alkalmazásakor szerszámváltás után először Z vagy Z, X , majd X irányú elmozdulással közelíthetjük meg a célpozíciót.



6.10. ábra. Pozicionálás szegnyereg alkalmazásakor
1. N...G00 X... Z...
2. N... X...

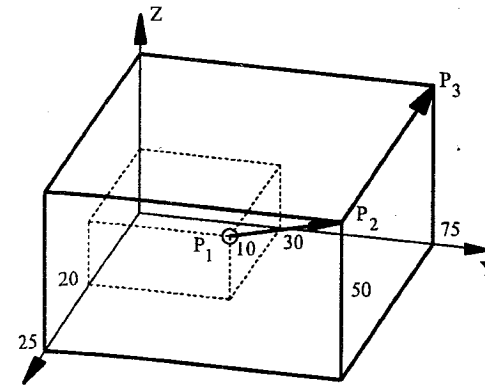
A szegnyereg helyzetétől és a munkadarab, szegnyereg méreteitől függően a pont-vonallal jelzett biztonsági zóna elkerülése lesz a megközelítés első lépése.

6.3. Lineáris interpoláció, G01

N... G01 X... Y... Z...

Lineáris interpoláció programozásakor szerszám az érvényes előtolási sebességgel (F), egyenes pályán megy a programozott célpontba. Elmozdulás közben a szerszám forgácsol. Előtoláson kívül a főorsó programozott fordulatszáma is szükséges, amelyet az előtoláshoz hasonlóan nem feltétlenül az elmozdulást leíró mondatban kell megadni. A legutoljára megadott lesz érvényes. A célponti koordináta (G00) illetve relatív (G01) méretmegadással adhatók meg.

Például az elmozdulás legyen $P1 \rightarrow P2 \rightarrow P3$ (6.11. ábra):



6.11. ábra. Lineáris interpoláció

N10 G90 G00 X20. Y30. Z10. S500 M2
N11 G01 X25. Y75. Z50. F100
N12 X0.

N10 G90 G00 X20. Y30. Z10. S500 M3
N11 G91 G01 X5. Y45. Z40.
N12 X-25.

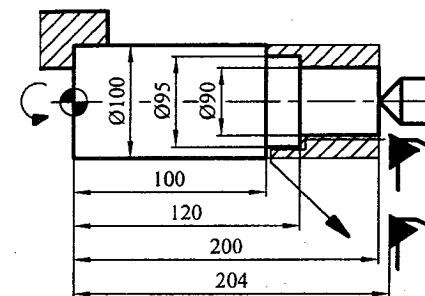
N10: Pozicionálás gyorsmenettel a $P1$ pontba;

N11: Elmozdulás 100 mm/min előtolási sebességgel a $P2$ pontba;

N12: Elmozdulás 100 mm/min előtolási sebességgel a $P3$ pontba.

A G01-es kód öröklődik, addig van érvényben, ameddig más interpolációs kód felül nem írja.

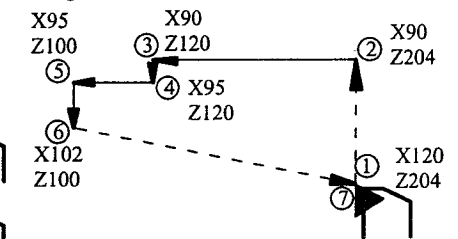
Nézzünk egy egyszerű eszkergálási feladatot:



6.12. Esztergálási feladat

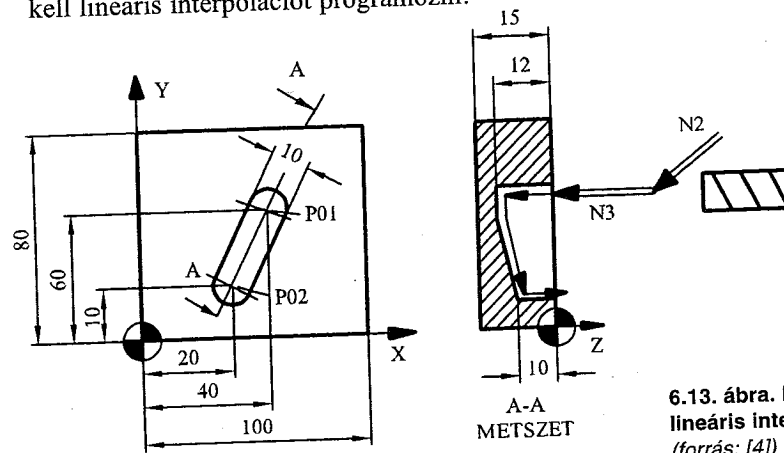
N1 G00 X120. Z204. S500
N2 X90.
N3 G01 Z120. F0.3
N4 X95.
N5 Z100.
N6 X102.
N7 G00 X120. Z204.

Mozgásciklus:



Pozicionálás a munkadarab élé és fölé, fordulatszám-megadás	
Fogásvétel, Ø90	
Lineáris interpoláció, előtolás 0,3 mm/ford	
Lineáris interpoláció, homlokfelület eszkergálás	
Lineáris interpoláció, palástfelület eszkergálás	
Lineáris interpoláció, homlokfelület eszkergálás	

Legyen feladat a 6.12. ábrán látható horonymarás, ahol három tengely mentén kell lineáris interpolációt programozni:



6.13. ábra. Háromtengelyes lineáris interpoláció (forrás: [4])

```
%1234
N1 T01 D01
N2 G90 G00 X40. Y60. Z50. S500 M3
N3 Z2.
N4 G01 Z-12. F25
N5 X20. Y10. Z-10. F50
N6 Z2. F100
N7 G00 Z100.
N8 M30
%
```

#: programkezdés

1234: programazonosítás

N1: szerszámhely és korekciós regiszter

N2: pozicionálás P01 pont fölé 50 mm-re

N3: pozicionálás P01 pont fölé 2 mm-re

N4: lineáris interpoláció Z tengely mentén Z-12 mm-re

N5: lineáris interpoláció X,Y,Z tengely mentén

N6: kiemelés

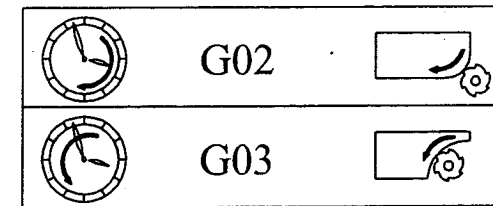
N7: pozicionálás (eltávolodás a felülettől)

N8: program vége

6.4. Körinterpoláció, G02, G03

Körinterpoláció programozásakor a szerszám a pillanatnyi és célhelyzet közötti utat körív mentén teszi meg. Teljes kör (360°) és körív is programozható. Teljes kör programozásakor a kezdő és végpont megegyezik. Kör általában csak koordináta fősíkokkal párhuzamos síkokban programozható. Az újabb CNC-vezérlések a

A körív kezdőpontjából a végpontba az óramutató járásával megegyező G02, illetve G03 irányba vezethetjük a szerszámot. A körbejárási irányt a 3. tengely – az interpoláció síkjára merőleges – pozitív iránya felől kell nézni (6.14. ábra).



6.14. ábra. Körbejárási irányok

A körív megadásához a kerületen lévő két ponton (a kezdő és végponton) kívül további adat is szükséges. A vezérlésektől függően több lehetőség adódik.

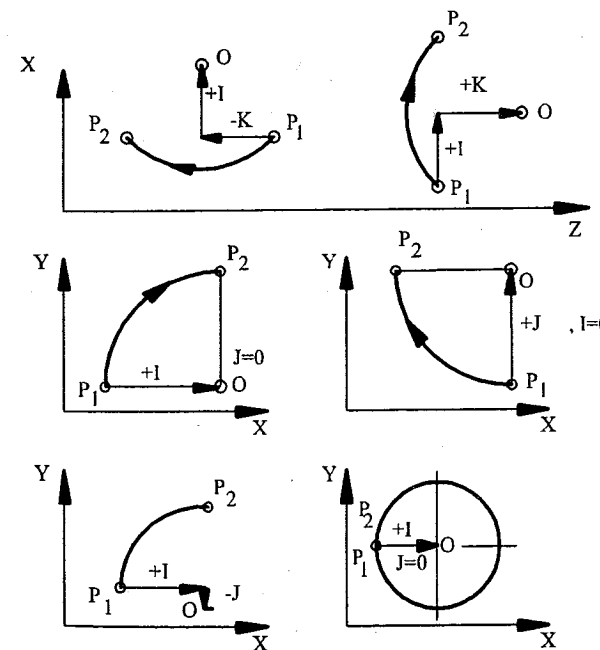
a) A körközepont adatainak megadása

I, J, K

N... G02/G03 X... Y... I... J... N... G02/G03 X... Z... I... K...

Az interpolációs paraméterek a körközepont koordinátáit adják meg a következő módon:

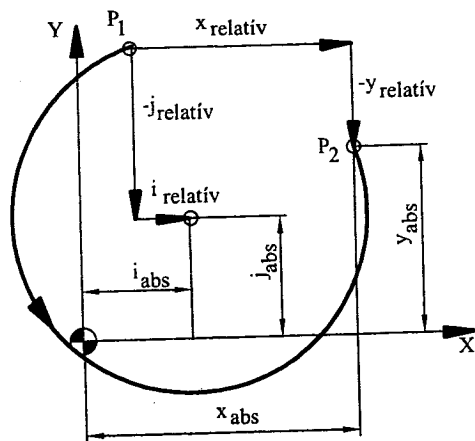
X irányban I,
Y irányban J,
Z irányban K.



6.15. ábra. Interpolációs paraméterek a DIN szerint

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a különböző vezérlések eltérő módon értelmezhetik az I, J, K paramétereket. A DIN 66025 előírása szerint akár G90, akár G91-es kód van érvényben, (tehát a célkoordinátákat akár abszolút akár relatív rendszerben adtuk meg), az I, J, K paraméterek a középpont helyét a kör kezdőpontjához képest mindig növekményesen jelölik (6.15. ábra)

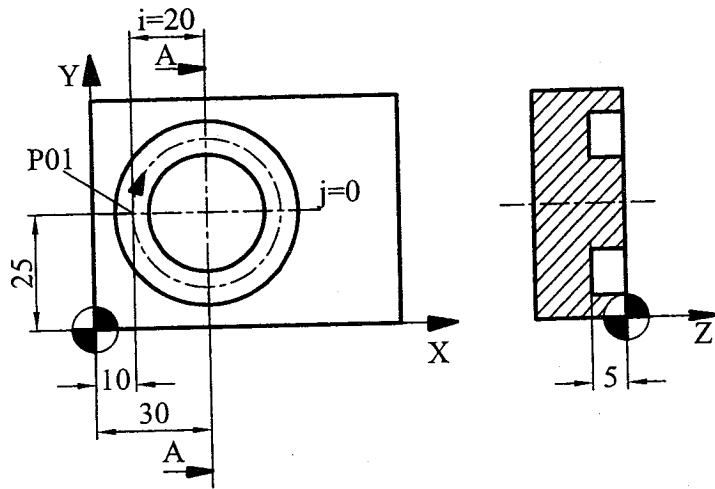
Ettől eltérő módon is értelmezik egyes vezérlések az I, J, K adatokat. Abszolút rendszerben (G90) a körközepont



abszolút koordinátáit, relatív rendszerben (G91) pedig az előzőekben leírt, kezdőponthoz képest értelmezett növekményeket jelenti. Összefoglalva látjuk a méretmegadás lehetőségeit a 6.16. ábrán.

Példaként az 6.17. ábrán látható horonymarást nézzük meg. Értelmezzük az I, J, K, paramétereket a DIN szerint. A teljes kör programozásakor a kezdő és a végpont megegyezik. (P1≡P01, P2≡P01)

6.16. ábra. Az interpolációs paraméterek DIN-től eltérő értelmezése

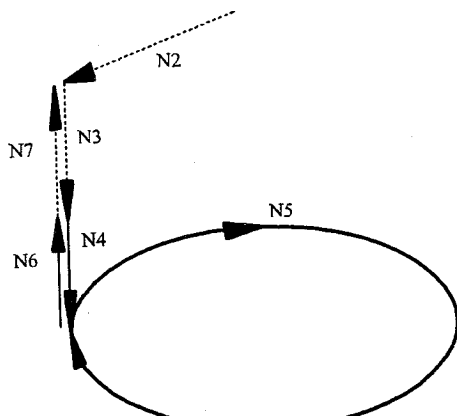


6.17. ábra
Horonymarás
(forrás: [4])

Mozgásciklus:

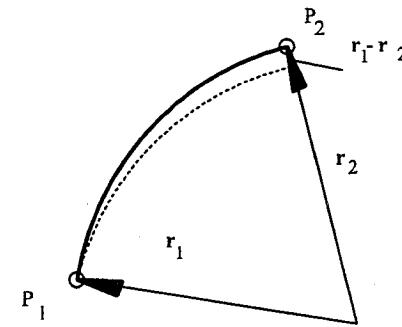
Programkészlet:

```
% 1234
N1 T01 D01
N2 G90 G00 X10 Y25. Z50. S150 M3
N3 Z2.
N4 G01 Z-5. F 100
N5 G02 X10. Y25. I20. J0 F150
N6 G01 Z2.
N7 G00 Z50.
```



Ha a kört relatív rendszerben programozzuk, akkor az N5 és N6 mondat a következőképpen változik:

```
N5 G91 G02 X0 Y0 I20. J0 F150
N6 G90 G01 Z2.
```



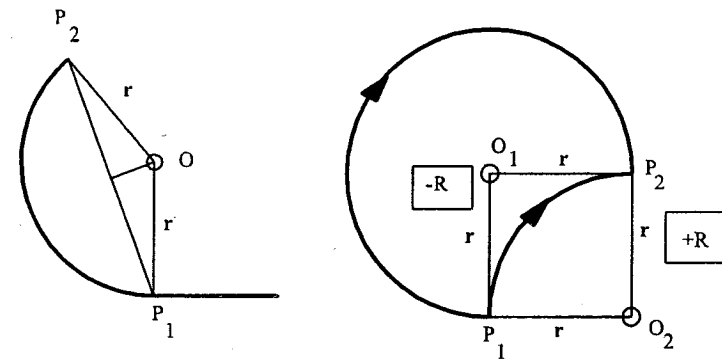
6.18. ábra. Körhiba

A vezérlés az interpolációs paramétereket ellenőrzi, és hibás érték esetén nem hajtja végre az elmozdulást. (Hibajelzést ad.) Az ellenőrzés során a középpont adataiból a kezdő és végpontban meghatározza a kör sugarát. Az eltérést egy paraméter értékével hasonlítja össze (6.18. ábra), amelyet a vezérlésen állítani lehet.

b) Körív sugarának közvetlen megadása (NC-cím: R)

N... G02/G03 X...Y...±R...

Számos esetben a programozandó körív lekerekítésként adott a rajzokon. Ilyenkor a kör középpontja helyett a kör sugara adható meg B vagy R címmel. Ahhoz, hogy a vezérlés kör középpontját meghatározhassa, ismernie kell, vajon a középponti szög kisebb vagy nagyobb-e mint 180°. Ha ugyanis nagyobb a szög mint 180°, akkor két középpont is rendelhető ugyanazon kerületi pontokhoz, változatlan körbejárási irányt feltételezve. (6.19. ábra)

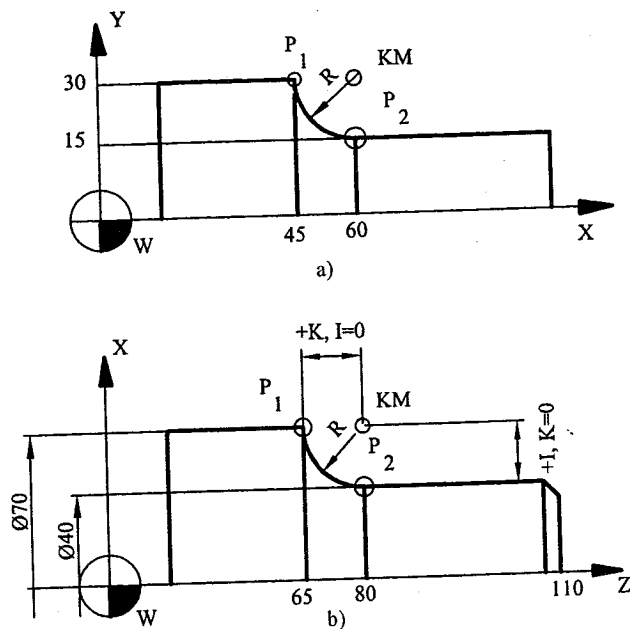


6.19. ábra. Középponti szög és körközpontok

A szögértékek szétválasztására a B vagy R cím előjele szolgál:

+R/+B: a középponti szög ≤ 180°;

-R/-B: a középponti szög > 180°



6.20. ábra. Példa a sugárprogramozásra (forrás: SIEMENS)
a) marás; b) esztergálás

1. példa: (6.20a ábra): marás
Elmozdulás P1→P2, sugárprogramozással
N10 G90 G03 X60. Y15. R15.

2. példa: (6.20b ábra): esztergálás

Interpolációs paraméterekkel:
P1→P2
N10 G90 G03 X40. Z80. K15. I0
P2→P1
N10 G90 G02 X70. Z65. I15. K0

Sugárprogramozás:
P1→P2
N10 G90 G03 X40 Z80. R15.
P2→P1
N10 G90 G02 X70. Z65. R15.

Néhány megjegyzés:

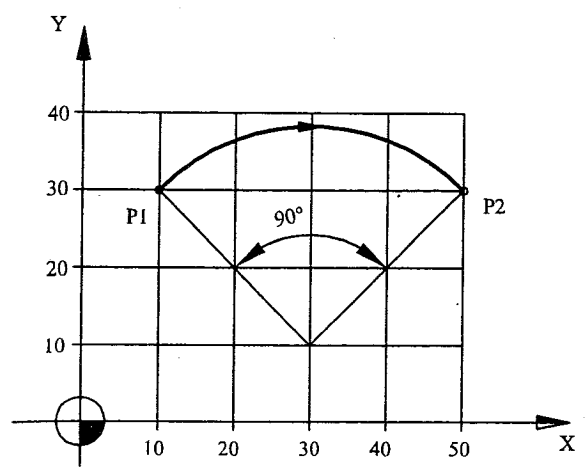
- teljes kör programozása a sugár megadásával nem lehetséges, ilyen esetben csak az I, J, K paraméterek használhatók;
- néhány vezérlés a negatív előjelű B címet 45°-os élettörésnek tekinti, a pozitív B a lekerekítés.
- Ilyen esetben 180°-nál nagyobb sugár nem programozható;
- esztergagépek programozásakor az X koordináta értékének az átmérőt (és nem a féltátmérőt) szokás megadni.

c) Körív programozása középponti szöggel (NC-cím: A)

A kezdő és végponthoz tartozó középponti szög segítségével is programozható kör. A szögértéken kívül vagy a végpont, vagy a középpont koordinátáit kell megadni. A szög A címmel programozható (6.21.ábra)

N... G02/G03 X... Y... A...

N... G02/G03 I... J... A...



6.21. ábra. Körprogramozás középponti szöggel

N10 G90 G01 X10. Y30. F100
N11 G02 I30. J10. A90.
N11 G02 X50. Y30. A90.

d) Kör programozása közbenső ponttal (NC-cím: CIP)

Néhány vezérlés megengedi, hogy a köríven lévő három ponttal programozzuk a kört. Az elmozdulás iránya: kezdőpont→közbenső pont→végpont. Ebben az esetben a G02/G03 interpolációs kódoknak nincs szerepe, helyettük a CIP funkció használható.

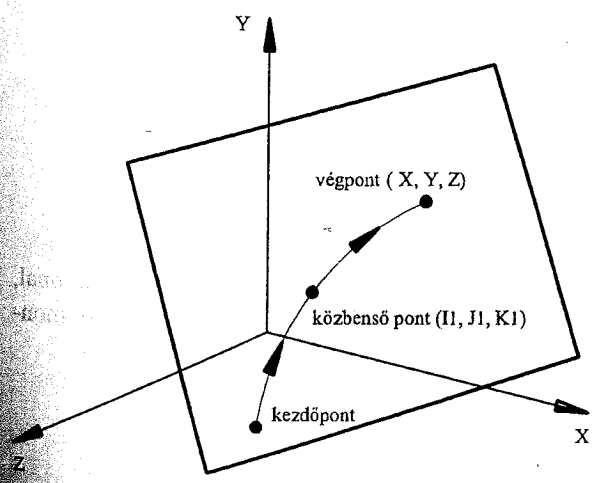
CIP= Circular interpolation via Intermediate Point.

A közbenső pont megadása I1, J1, K1 paraméterekkel történik, az értéket egyenlőség jel (=) köti a címhez

I1= a közbenső pont X koordinátája,
J1= a közbenső pont Y koordinátája,
K1= a közbenső pont Z koordinátája.

Segítségével általános helyzetű síkban is programozható kör. G90, és G91 használható, relatív rendszerben itt is a kezdőponthoz viszonyítva kell megadni a közbenső és a végpontadatokat.

N...CIP X...Y... Z... I1=...
J1=...K1=...



6.22. ábra. Három ponton átmenő kör (forrás: SIEMENS)

6.5. Spirál-interpoláció (G2.1, G3.1)

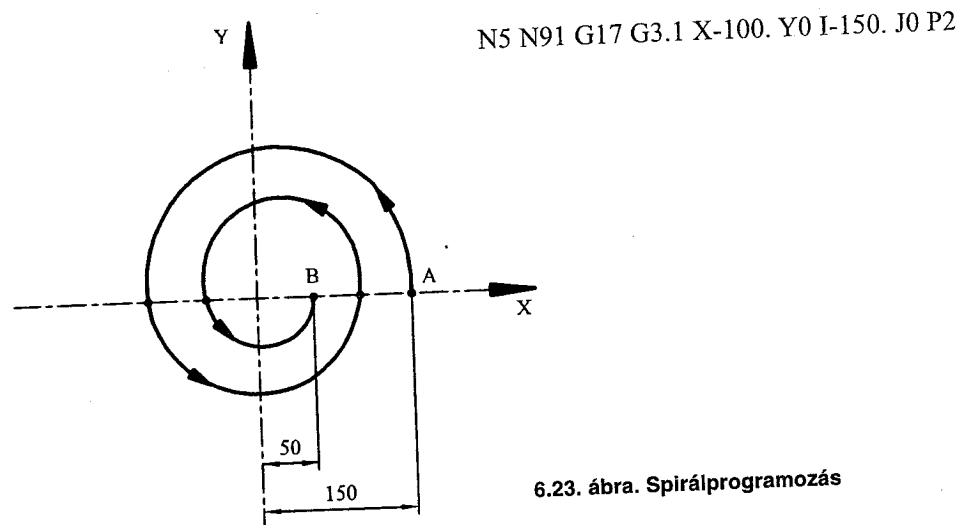
Egyes vezérlések speciális G kód alkalmazásával spirálprogramozást tesznek lehetővé.

Programozása: G17 G2.1/G3.1 X...Y... I... J... P...
 G18 G2.1/G3.1 Z... X... K... I... P...
 G19 G2.1/G3.1 Y... Z... J... K... P...

X, Y, Z: a végpont koordinátái,
 I, J, K: a középpont koordinátái,
 P: az emelkedés – körülfordulás – száma.

A kezdő és végpont közötti távolságot a vezérlés egyenletesen, a P értéktől függően osztja be (6.23. ábra)

Programozzuk relatív rendszerben:



6.23. ábra. Spirálprogramozás

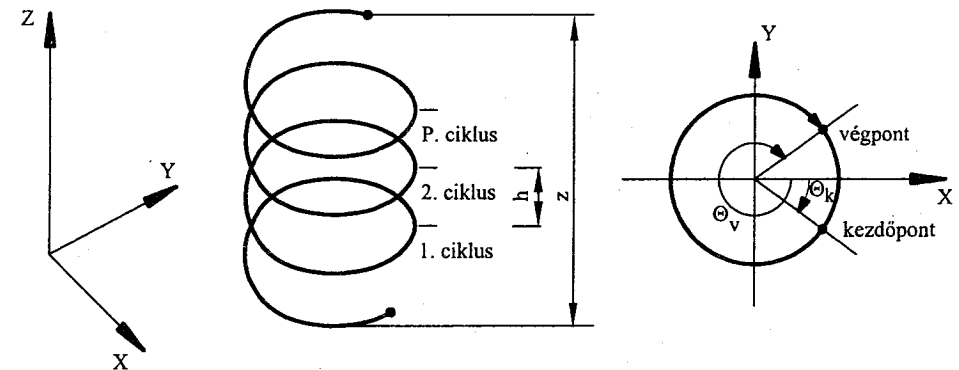
6.6. Csavarvonal-interpoláció

Kör- és egyenes-interpoláció együttes alkalmazásával állítható elő a csavarvonal, amelynek egyenletes emelkedése lesz. A kör- és a lineáris elmozdulást egy mondatban kell programozni, és a körmozgáshoz tartozó G kódot kell megadni.

Programozás:
 G17 G02/G03 X... Y... Z... I... J... P...
 G18 G02/G03 Z... X... Y... K... I... P...
 G19 G02/G03 Y... Z... X... J... K... P...

G17-nél kör X, Y, lineáris tengely: Z,
 G18-nál kör Z, X, lineáris tengely: Y,
 G19-nél kör Y, Z, lineáris tengely: X.

A középpont programozása I, J, K címek megfelelőivel történik, az emelkedések számát P jelöli.



6.24. ábra. Csavarvonal-interpoláció

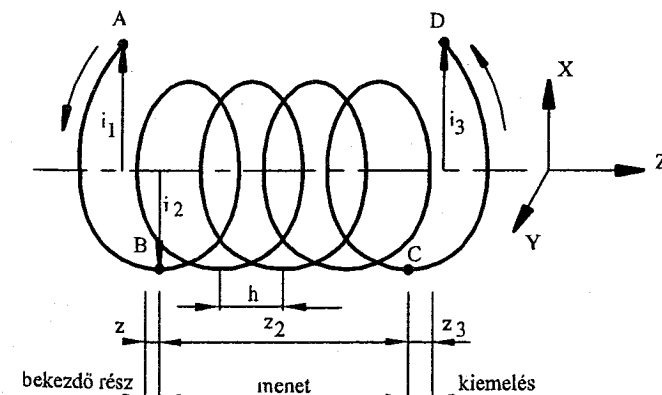
A h emelkedés a következő módon határozható meg:

$$h = \frac{Z}{(2\pi \cdot P + \Theta) / 2\pi}$$

$$\Theta = \Theta_v - \Theta_k = \arctan \frac{y_v}{x_v} - \arctan \frac{y_k}{x_k} \quad (0 \leq \Theta < 2\pi)$$

A programozott F előtolási sebesség pályamenti sebesség lesz, és a pillanatnyi X, Y, Z irányú komponensek eredőjeként értelmezi a vezérlés.

Csavarvonal- és spirál-interpoláció együttes alkalmazásával megmunkálóközpon-
 ton menetmarási feladat oldható meg, amelyre a 6.25. ábrán láthatunk példát.



6.25. ábra. Menetmarás

Az NC-példamondatban a zárójeltek közötti rész helyettesíti a számértéket.

Abszolút rendszerben:

A→B	G90	G3.1	X<-i ₂ >	Y0	Zz ₁	I<-i ₁ >	J0	Ff ₁
B→C		G3	X<-i ₂ >	Y0	Z<z ₁ +z ₂ >	i ₂	J0	Pp Ff ₂
C→D		G3.1	Xi ₃	Y0	Z<z ₁ +z ₂ +z ₃ >	i ₂	J0	Ff ₁

Relatív (növekményes rendszerben):

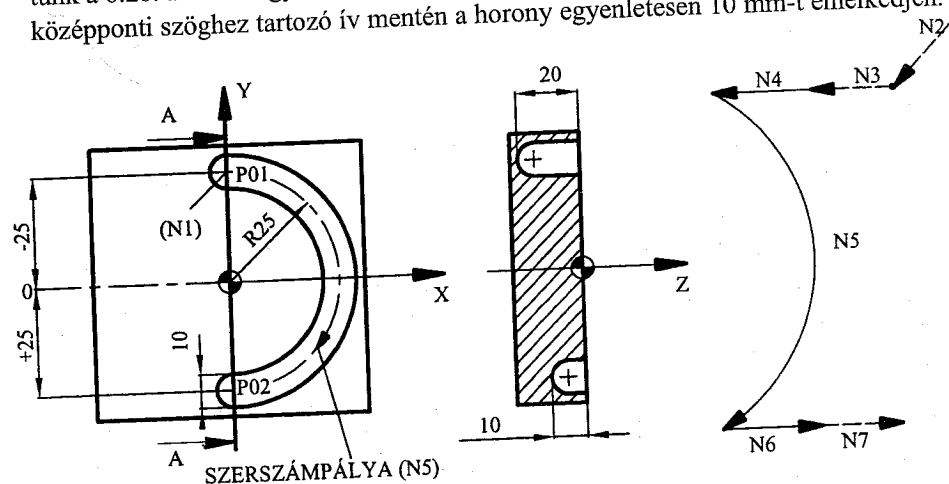
A→B	G91	G3.1	X<-i ₁ -i ₂ >	Y0	Zz ₁	I<-i ₁ >	J0	Ff ₁	
B→C		G3	X0	Y0	Zz ₂	i ₂	J0	Pp	Ff ₂
C→D		G3.1	X<i ₂ +i ₃ >	Y0	Zz ₃	i ₂	J0	Ff ₁	

f₁ az előtolás értéke a bekezdésnél és kiemeléskor;

f₂ az előtolás értéke a menetmaráskor;

p az emelkedések száma

Ha csavarvonal-interpoláció programozáskor a befutott körpálya 360°-nál kisebb, akkor az emelkedések számát nem kell megadni. Erre az esetre egyszerű példát láttunk a 6.26. ábrán. Legyen a feladat a vázolt horony elkészítése úgy, hogy a 180°-os középponti szöghez tartozó ív mentén a horony egyenletesen 10 mm-t emelkedjen.



6.26. ábra. Csavarvonal-interpoláció

NC-program:

% 1234

N1 T01 D01

N2 G17 G90 G00 X0 Y25. Z50. S850 M03

N3 Z1.

N4 G01 Z-20. F50

Szerszámhely és koorekciós regiszter megadása

- XY sík kiválasztása (G17). Ha nem programozzuk, automatikusan ez van érvényben

- Pozicionálás és fordulatszám-programozás

Munkadarab megközelítése

Lineáris interpoláció, a szerszám mélyítő irányban forgácsol, csökkentett előtollással (F50)

N5 G02 X0 Y-25. I0 J-25. Z-10. F75

Csavarvonal interpoláció P01→P02 pontok között

N6 G01 Z1. F100

Kiemelés a horonyból a felület fölé (1 mm)

N7 G00 Z50.

Gyorsmeneti pozicionálás

N8 M30

Program vége

%

Az N5-ös mondat abban az esetben, ha az I, J, K interpolációs adatok a körközéppont abszolút koordinátáit jelölik a következő lesz:

N5 G02 X0 Y-25. I0 J0 Z-10. F75

6.7. Hengerinterpoláció

Hengerinterpoláció egy forgó és egy lineáris tengely együttes alkalmazásával állítható elő. Ha a horony változó mélységű, akkor két lineáris tengely szükséges. A szögelfordulásokból és a lineáris elmozdulásokból lehet meghatározni a henger palástfelületén vetített mozgáspályát.

Legyen a feladat a 6.27. ábrán látható munkadarab elkészítése.

A szükséges számítások:

$$K = \pi \cdot D = 3,1415 \cdot 141,051 = 443,122 \text{ mm}$$

K a hengerpalást kerülete

D a henger alapkörének átmérője.

$$p = \frac{K}{360^\circ} = \frac{443,122}{360} = 1,230 \text{ mm/fok}$$

$$A = \alpha_1 \cdot p = 40^\circ \cdot 1,231 = 49,24 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \frac{B}{p} = 40 + 25,4 / 1,231 = 60,635^\circ$$

$$B \equiv R1 = 25,4 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + C/p = 60,635 + 12,7 / 1,231 = 70,953^\circ$$

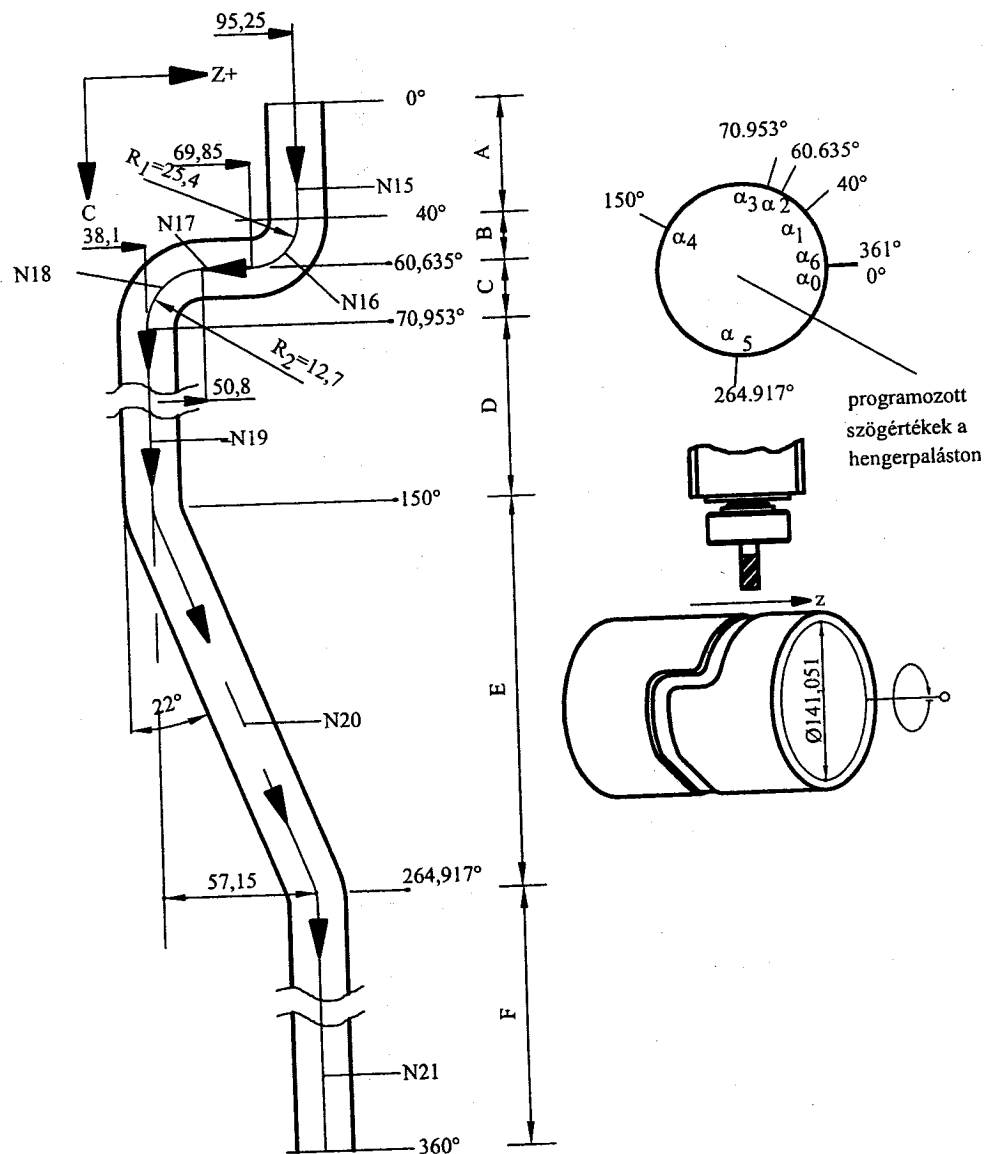
$$C \equiv R2 = 12,7 \text{ mm}$$

$$D = p(\alpha_4 - \alpha_3) = 1,231 \cdot (150 - 70,953) = 97,30 \text{ mm}$$

$$E = \frac{57,15}{\text{tg } 22^\circ} = 141,451 \text{ mm}$$

$$\alpha_5 = \alpha_4 + \frac{E}{p} = 150 + \frac{141.451}{1.231} = 264.91^\circ$$

$$F = (\alpha_6 - \alpha_5) \cdot p = (361 - 264.91) \cdot 1.231 = 117.055 \text{ mm}$$



Az NC-program:

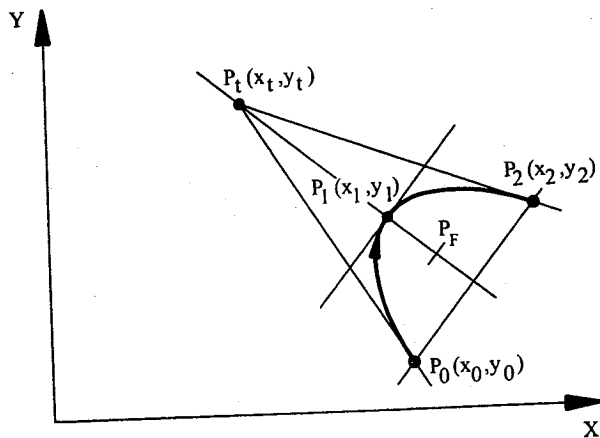
N11	M91	G74	C0		
N12	S1000	M23	M3		
N13	G00	X75.	Z95.25		
N14	G01	X70.525	F20		
N15	C40.				
N16	G02	C60.635	Z 69.85	I0	K-25.4
N17	G01	Z 50,8			
N18	G03	C70.953	Z 38.1		I10.318 K0
N19	G01	C150.			
N20	G01	C264.91	Z95.25		
N21	G01	C361.			
N22	G00	X75.			
N23	M22				
N24	M92				

- N11: Főrső C-tengelyként való kijelölése (M91), C-tengely rögzítése (G74)
 N12: Forgó szerszám fordulatszámának bekapcsolása (M23), a fordulatszám a forgó szerszámra vonatkozik
 N13: Pozicionálás a horony fölé
 N14: Lineáris elmozdulás a horonymélységig
 N15: Forgatás
 N16: Körinterpoláció C-Z tengelyekkel. Körközéppontot a kezdőponthoz képest adjuk meg. C tengelyhez I, Z tengelyhez K címmel
 N17: Z irányú lineáris elmozdulás
 N18: Körinterpoláció
 N19: Forgatás
 N20: Lineáris interpoláció C és Z tengelyekkel
 N21: Forgatás
 N22: Kiemelés
 N23: Fordulatszám-érvényesség visszaállítása a főorsóra (M22)
 N24: C-tengely érvényességének megszüntetése

6.8. Másodfokú parabola interpoláció G06

Ha a parabolát a görbeszakaszon fekvő három vagy több pont határozza meg, a közbenső pontokat és a végpontot két vagy több egymást követő mondatban kell programozni. Az első mondat tartalmazza a G kódot, és az első közbenső pont adatait. A következő mondatok tartalmazzák a további közbenső és a végpont koordinátáit. Minden pont koordinátája külön mondatban szerepel.

N... G06 X... Y... I... J...



- P_0 : kezdőpont
- P_1 : közbenső pont
(P_0 - P_2 egyenessel párhuzamos érintő)
- P_2 : végpont
- P_i : P_0 , P_2 ponthoz tartozó érintők metszéspontja
- P_F : fókuszpont

6.28. ábra. Parabola-interpoláció

A programozásra több lehetőség is van:

- a) Adott a végpont (P_2) és az érintők metszéspontja (P_i)
- | | | | | | |
|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| G90 | G06 | X< x_2 > | Y y_2 | I x_1 | J y_1 |
| G91 | G06 | X< x_2-x_0 > | Y< y_2-y_0 > | I< x_1-x_0 > | J< y_1-y_0 > |
- b) Adott a végpont (P_2) és egy közbenső pont (P_1)
- | | | | | | |
|-----|-----|----------------|----------------|--|--|
| G90 | G06 | XX x_1 | YY y_1 | | |
| | | XX x_2 | YY y_2 | | |
| G91 | G06 | X< x_1-x_0 > | Y< y_1-y_0 > | | |
| | | X< x_2-x_1 > | Y< y_2-y_1 > | | |

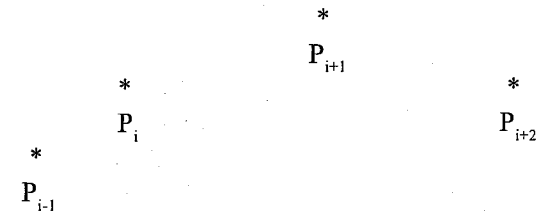
6.9. Spline-interpoláció

A síkban adott tetszőleges számú és helyzetű pontokat görbe ívekkel közelíti a vezérlés úgy, hogy az ívek egymáshoz érintőlegesen csatlakoznak (B-spline). A közelítés harmadfokú görbékkel történik, a görbék egyenlete súlyfüggvények-

A súlyfüggvények paraméteresen definiálhatók, amelyeknek értelmezése:
 paraméter: miközben a görbe az i -edik pontból az $i+1$ pontba ér, a paraméter értéke 0-tól 1-ig változik
 súlyfüggvény: azt írja le, hogy a görbe koordinátáinak számításánál a környező pontokat milyen súllyal vesszük figyelembe (a súlyok összege 1)

A közelítés menete:

Tekintsük az egymás melletti négy pontot. Az aktuális görbeívet a középső két pontra illesztjük. (P_i és P_{i+1} közé)



A súlyfüggvények alakja:

$$s_{i-1} = \frac{1}{6}(1-u)^3 \quad s_i = \frac{1}{6}(3u^3 - 6u^2 + 4)$$

$$s_{i+1} = \frac{1}{6}(3(1-u)^3 - 6(1-u)^2 + 4) \quad s_{i+2} = \frac{1}{6}u^3$$

A P_i és P_{i+1} pontok közé illesztett paraméteres görbe egyenlete:

$$G_{i,i+1}(u) = \sum_{k=i-1}^{i+2} s_k P_k$$

A görbe P_i -t helyettesítő pontját (P_i) úgy kapjuk a görbe eredetéből, ha u helyére 0-át helyettesítünk, P_{i+1} , P'_{i+1} helyettesítő pontját pedig úgy, hogy az u helyébe 1-et írunk.

$$\begin{aligned} P'_i(x'_i, y'_i) &= P'_{i+1}(x'_{i+1}, y'_{i+1}) \\ x'_i &= \frac{x_{i-1} + 4x_i + x_{i+1}}{6} & y'_i &= \frac{y_{i-1} + 4y_i + y_{i+1}}{6} \\ x'_{i+1} &= \frac{x_i + 4x_{i+1} + x_{i+2}}{6} & y'_{i+1} &= \frac{y_i + 4y_{i+1} + y_{i+2}}{6} \end{aligned}$$

A görbeív tetszőleges pontjának koordinátái az u paraméter függvényében:

$$x(u) = \frac{1}{6}((1-u)^3 x_{i-1} + (3u^3 - 6u^2 + 4)x_i + (3(1-u)^3 - 6(1-u)^2 + 4)x_{i+1} + u^3 x_{i+2})$$

$$y(u) = \frac{1}{6}((1-u)^3 y_{i-1} + (3u^3 - 6u^2 + 4)y_i + (3(1-u)^3 - 6(1-u)^2 + 4)y_{i+1} + u^3 y_{i+2})$$

A megadott pontok lehetnek tartó illetve felületi pontok. A spline-interpoláció programozáskor a vezérlés generálja a megmunkálandó kontúrt, amelyet lineáris elmozdulásokkal közelít, azaz meghatározza a közelítő egyenesek végpontjait:

Programozni kell:

- a pontok koordinátáit;
- a felületi vagy tartópontokról van-e szó;
- az érintők irányát a kezdő és végpontban;
- a görbe ívdarabjait közelítő egyenesek számát;
- az eltolás értékét.

Az utasítás felépítése (esztergálás):

G50: B-spline programrész következik, a generált szerszám-pálya átmegy a megadott pontokon

G51: B-spline programrész következik, a generált szerszám-pálya nem megy át a pontokon. A megadott pontok tartópontok

G59: Spline programrészlet lezárása

X: Az adott pontok X koordinátája

Z: Az adott pontok Z koordinátája

CX: Kezdőpontban az érintővektor X komponense $\left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)$

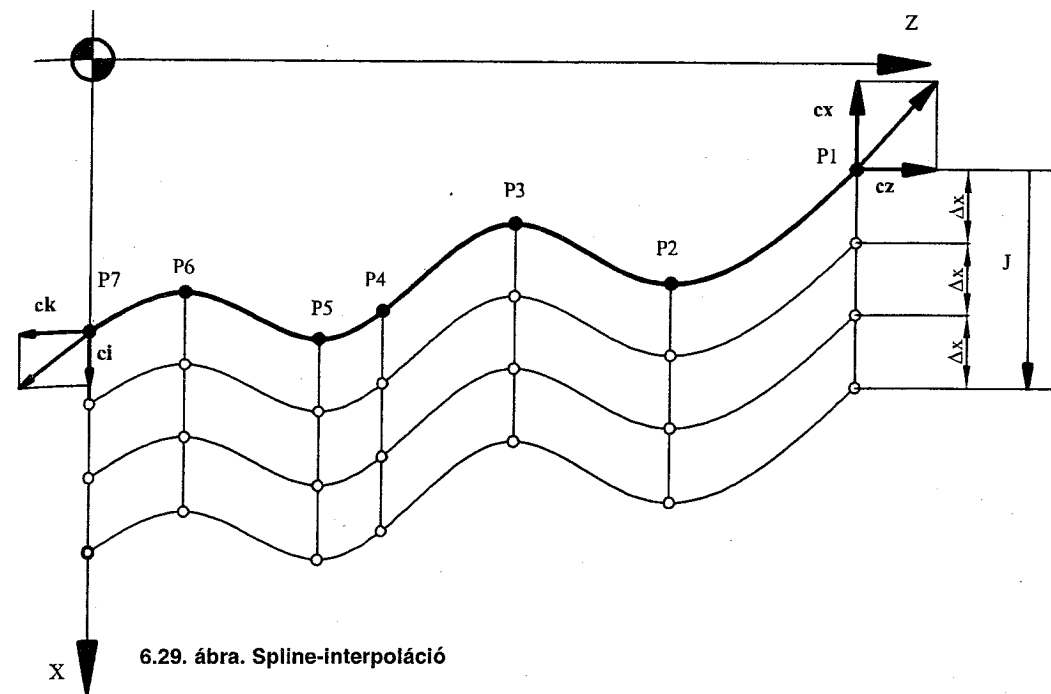
CZ: Kezdőpontban az érintővektor Z komponense $\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)$

CI: Végpontban az érintővektor X komponense $\left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)$

CK: Végpontban az érintővektor Z komponense $\left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)$

I: Az u paraméter Δu növekménye

J: A megmunkálási stratégia paramétere, jelentése a 6.29. ábrán látható. $J=0$ esetén a G50 vagy G51-es előírt módon, az X, Z koordinátákból meghatározott pályát futja be a szerszám. $J \neq 0$ J értékkel való eltolást jelent. Az így kapott lesz az első szerszám-pálya. ΔX értékkel (ld. K cím) a kontúr felé lépve közelítjük a program-pályát. ($J=0$ -hoz tartozót). Így tulajdonképpen több fogásban, az eredeti kontúrral párhuzamos megmunkálást valósíthatunk meg.



6.29. ábra. Spline-interpoláció

Programrészlet:

```

N10 G50 I0.02 J9. K3.
N11 CX-0.866 CZ0.5 CI0.5 CJ-0.866
N12 X8. Z97.
N13 X14. Z78.
N14 X10. Z57.
N15 X28. Z33.
N16 X30. Z22.
N17 X26. Z14.
N18 X28. Z0.
N19 G59

```

Pont	X	Z
P1	8	97
P2	14	78
P3	10	57
P4	28	33
P5	30	22
P6	26	14
P7	28	0

N10: Spline-interpoláció indítása, a következő feltételekkel:

- az adott pontok felületi pontok (G50)
- két pont között a görbeszakasz közelítése 1/0,02= 50 db egyenessel történik (I0,02). A teljes kontúrt 6x50= 300 db. egyenessel közelíti a vezérlés.
- Az eredeti kontúrt 9 mm-rel eltoltuk (J9). Ezen fog először végigmenni a szerszám, majd a 3 mm-es fogásokkal (K3.) lép az eredeti kontúr felé.

N11: Kezdőpontban az érintővektor egységnyi hosszúságú és 60°-os

$$CX = (1 \cdot \sin 60^\circ) \quad CZ = 1 \cdot \cos 60^\circ$$

Végpontban az érintő 30°-os

$$CI = (1 \cdot \sin 30^\circ) \quad CZ = -(1 \cdot \cos 30^\circ)$$

N12-N18: P1-P7 pontok X, Z koordinátái

N19: Spline-interpoláció vége.

6.10. A menetmegmunkálás programozása

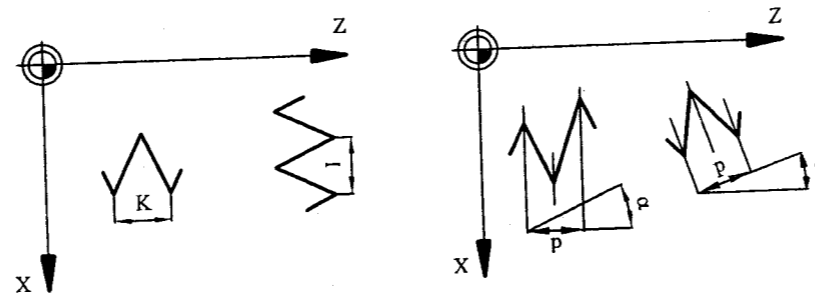
Menetes felület készítése mind esztergagépen mind megmunkálóközponton programozható. Ez utóbbinál a csavarvonal-interpolációt (6.6.fejezet) kell használni. Jelen fejezetben nem foglalkozunk a méretes szerszámok alkalmazásával előállítható menetes felületek programozásával.

6.10.1. A menetesztergálás programozása, G33

Menetesztergáláskor a csavarfelület előállításához a főorsó forgó és a szán haladó mozgása között kötött kapcsolat valósul meg. Az összerendelést a főorsón lévő szögadó biztosítja, amely 0 átmenetnél (0°-os helyzeténél) indítja a szánt mozgató lineáris interpolátort. Az interpolátor vezérlő impulzusait a szögadó szolgáltatja. Ennek bekapcsolására szolgál a G33-as kód.

G33 X... Z... I... K...

X, Z: a menet végpontjának koordinátái
I, K: interpolációs állandók. A menetemelkedés X, ill. Z tengelyre vett vetületei.



6.30. ábra. Interpolációs állandók menetesztergáláskor

Kúpos menetnél az interpolációs állandók (I, K) meghatározása a következő:

a) a menetszelvény középvonala merőleges a kúpalkotóra

$$K = p \cdot \cos \alpha,$$

$$I = p \cdot \sin \alpha;$$

b) a menetszelvény középvonala merőleges a kúp tengelyére

$$K = p,$$

$$I = p \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

A programozott menetemelkedés lehet:

- állandó: G33

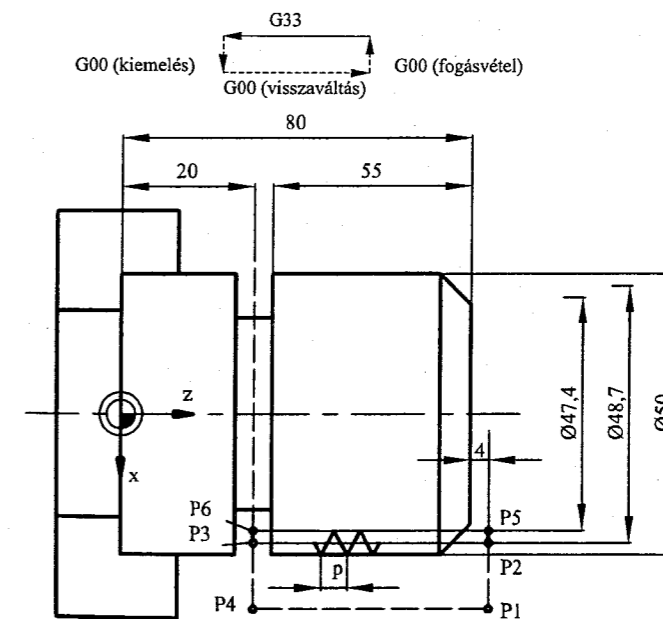
- növekvő: G34

- csökkenő: G35

Növekvő és csökkenő menetemelkedés programozásakor a fordulatonkénti menetemelkedés-változást F címmel adjuk meg. Természetesen az előtolást nem kell programozni, mert az X és Z irányú sebesség adódik az ismert I, K paraméterekből.

Állandó menetemelkedés:

a) Hengeres menet



6.31. ábra. Hengeres menet (forrás: SIEMENS)

Az NC program:

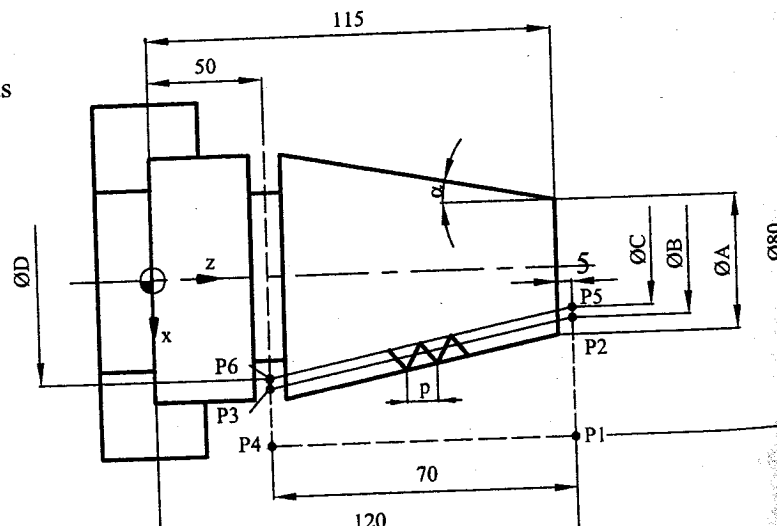
N10	G90	S950		
N11	G00	X56.	Z84.	(P1)
N12		X48.7		(P2)
N13	G33	Z20.	K2.	(P3)
N14	G00	X56.		(P4)
N15		Z84.		(P1)
N16		X47.4		(P5)
N17	G33	Z20.	K2.	(P6)
N18	G00	X56.		(P4)

Ugyanez a program növekményes rendszerben:

N10	G91	S950		
N11	G00	X-...	Z-...	(P1)
N12		X-3.65		(P2)
N13	G33	Z-64.	K2.	(P3)
N14	G00	X3.65		(P4)
N15		Z64.		(P1)
N16		X-4.3		(P5)
N17	G33	Z-64.	K2.	(P6)
N18	G00	X4.3		(P4)

b) Kúpos menet

Elemi ciklus



6.32. ábra

Menetemelkedés: $p = 5\text{mm}$
 menetmélység: $t = 1,73\text{mm}$
 $\alpha = 15^\circ$

Fogásvétel: sugárirányú (P2-P3 szakaszon $t_{P2-P3} = 1,73\text{ mm}$,
 P5-P6 szakaszon $t_{P5-P6} = 1\text{ mm}$)

$\phi A = 40$

$\phi B = \phi A - 2 \cdot t_{P2-P3} = 40 - 2 \cdot 1,73 = 36,54\text{ mm}$

$\phi C = \phi B - 2 \cdot (5 \cdot \text{tg } \alpha) = 33,86\text{mm}$

(A P_5 -ös pont 5 mm-rel van szélső homlokl felület előtt)

$\phi D = \phi C + 2 \cdot (70 \cdot \text{tg } \alpha) = 71,373$ (A menethossz Z irányú vetülete 70mm.)

$K = p = 5\text{mm}$

$I = p \cdot \text{tg } \alpha = 1,34\text{mm}$

Programozandó X érték: $X(P2) = \phi C + 2 \cdot t_{P5-P6} = 35,86\text{ mm}$ $X(P5) = \phi C = 33,86\text{ mm}$

$X(P3) = \phi D + 2 \cdot t_{P5-P6} = 73,373\text{mm}$

$X(P6) = \phi D = 71,373\text{ mm}$

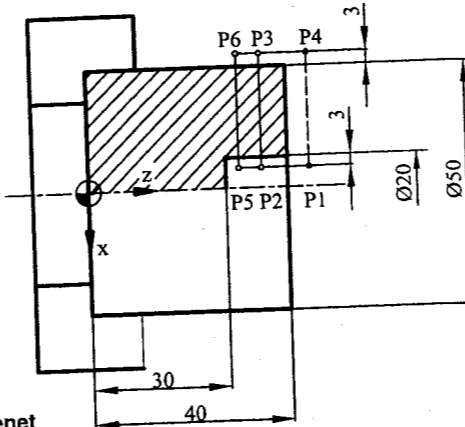
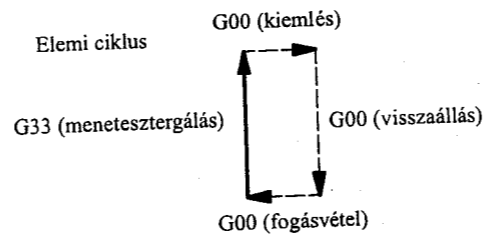
Az NC program (abszolút rendszerben)

N10	G90	S950		
N11	G00	X80.	Z120.	(P1)
N12		X35.86		(P2)
N13	G33	X73.373	Z50. I1.34 K5.	(P3)
N14	G00	X80.		(P4)
N15		Z120.		(P1)
N16		X33.86		(P5)
N17	G33	X71.37	Z50. I1.34 K5.	(P6)
N18	G00	X80.		(P4)

c) Síkmenet

A program abszolút adatmegadással:

N10	G90	S950		
N11	G00	X34.	Z42.	(P1)
N12		Z39.35		(P2)
N13	G33	X106.	I2.	(P3)
N14	G00	Z42.		(P4)
N15		X34.		(P1)
N16		Z38.7		(P5)
N17	G33	X106.	I2.	(P6)
N18	G00	Z42.		(P4)

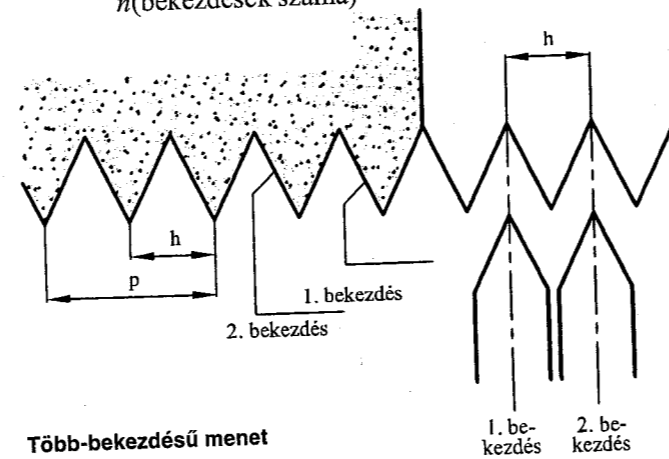


6.34. ábra. Síkmenet

d) Több-bekezdésű menet programozása

Menetesztergáláskor a lineáris interpoláció a forgó jeladó (főorsó) „0” szöghelyzeténél indul el. Ezért a menetprofil kezdőpontja, minden forgásvételi ciklusban, a munkadarab azonos pontjára kerül, ha a forgásvétel helye rajta van a menetprofilon. Több-bekezdésű menet esetén, az első menetprofil elkészülte után a kezdőpozíciót transzformálni kell a következő értékkel:

$$h = \frac{p(\text{menetemelkedés})}{n(\text{bekezdések száma})}$$



6.33. ábra. Több-bekezdésű menet

A menet interpolációs értéke programozásnál: p

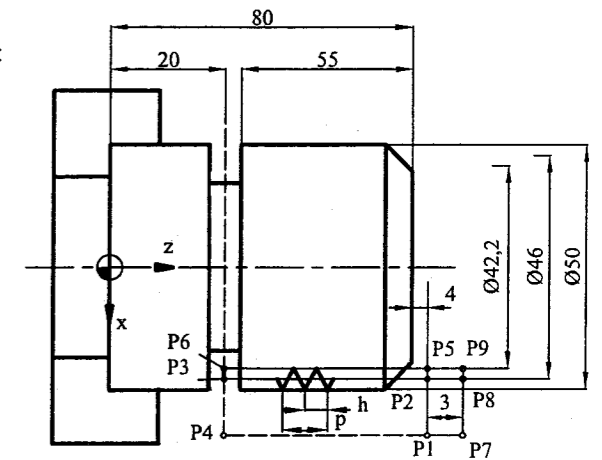
Legyen a menetemelkedés: $p = 6$ mm;

a menetmélység: $t = 3,9$ mm ($t_1 = 2$ mm, $t_2 = 3,9$ mm);

a bekezdések száma: $n = 2$.

A kezdőpont eltolásértéke:

$$h = \frac{p}{2} = 3 \text{ mm}$$



6.35. ábra. Több-bekezdésű menet programozása

N10	G90	S950		
N11	G00	X56.	Z84.	(P1)
N12		X46.		(P2)
N13	G33	Z20.	K6.	(P3)
N14	G00	X56.		(P4)
N15		Z84.		(P1)
N16		X42.2		(P5)
N17	G33	Z20.	K6.	(P6)
N18	G00	X56.		(P4)
N19		Z87.		(P7)
N20		X46.		(P8)
N21	G33	Z20.	K6.	(P3)
N22	G00	X56.		(P4)
N23		Z87.		(P7)
N24		X42.2		(P9)
N25	G33	Z20.	K6.	(P6)
N26	G00	X56.		(P4)

Változó menetemelkedésű menetek programozása az előzőkhez hasonlóan történik. Meg kell adni a menetemelkedés fordulatonkénti növekedését, ill. csökkenését.

a) Növekvő menetemelkedés, **G34**

N10 G34 G90 Z100. K2. F0.1
 K2 az eredeti – kezdeti – menetemelkedés
 F0.1 a menetemelkedés növekmény fordulatonként, pl.: 10 fordulat után a menetemelkedés 3 mm lesz.

b) Csökkenő menetemelkedés, **G35**

N10 G35 G90 Z100. K9. F0.4
 K9 az eredeti menetemelkedés
 F0.4 a menetemelkedés-csökkenés fordulatonként, pl.: 10 fordulat után a menetemelkedés 5 mm lesz. (nincs előjel)

A menetemelkedés fordulatonkénti változása a kezdő és végső menetemelkedésből számolható (felhasználva, hogy a csökkenő, ill. növekvő menetemelkedések számtani sort alkotnak):

$$F = \frac{p_v^2 - p_k^2}{2L - p_k - p_v}$$

p_k = kezdő menetemelkedés;
 p_v = végső menetemelkedés;
 L = menethossz;
 F = menetemelkedés-változás.

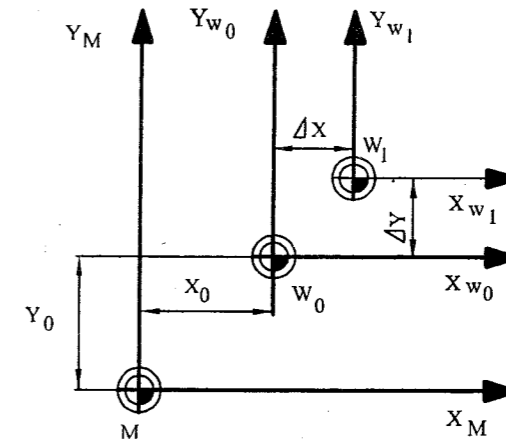
A menetesztergálási és marási műveletek tervezése, a szerszámválasztás kritériumai, a fogásvételi stratégiák az *NC technológia és programozás II.* kötetben található.

6.11. A transzformációk programozása

6.11.1. Programozott nullpontmódosítás

A programozott nullpontmódosítás fogalma azt jelenti, hogy az alkatrészprogramban változtatjuk meg az eredeti nullponteltolás értékét úgy, hogy a vezérlés az eredeti értékekhez hozzáadja az előírt módosításokat. Az új nullponteltolás a módosítást követő NC-mondatokra érvényes. A módosítások abszolút, vagy relatív rendszerében értelmezhetők, újabb változtatás mindig az eredeti nullpontregiszterek értékeihez adódik hozzá, nem összegeződik.

Használatuk ott célszerű, ahol a munkadarabon különálló felületelem-csoportok vannak önmagukban méretezve, és adott a csoportok egymáshoz viszonyított helyzete. Másik alkalmazási terület a kontúrok eltolása, ráhagyás képzése. Pé-



6.36. ábra. Programozott nullpontmódosítás

dál esztergálásnál, a nagyoló hosszsztergálási ciklus hívása előtt relatív nullponteltolással érhetjük el könnyen azt, hogy a nagyolt felületen simítási ráhagyás maradjon.

A programozási utasítás szintaxisa:

N... G92 X... Y... Z... A... B... C...

Legyen a feladat a 6.36. ábrán adott. Az eredeti W_0 munkadarab koordináta-rendszert kell módosítani $\Delta X = 1$, $\Delta Y = 0,5$ mm-rel.

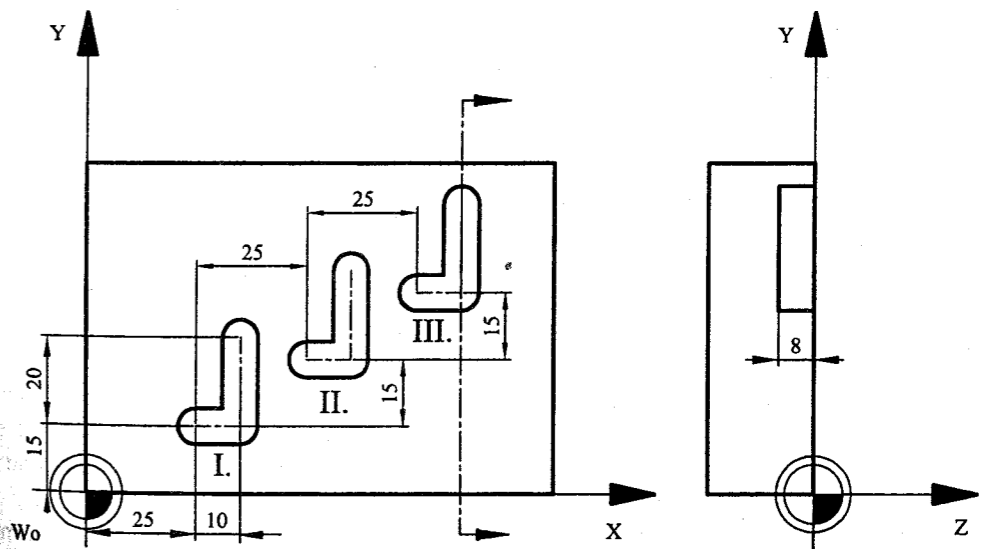
N...G92 X1. Y0.5

A W_1 koordináta-rendszer a következő G92-es utasításig marad érvényben. Visszatérés a W_0 -ra:

N...G92 X0 Y0

A 6.37. ábrán egy alkalmazási esetet mutatunk be. Egy $\varnothing 10$ mm-es marószerszámmal kell a három alakzatot elkészíteni.

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy az *N40*-es és *N80*-as mondat közötti programrész alprogramként is megírható és háromszor hívható (l. a: 13. fejezetet).



6.37. ábra. A nullpontmódosítás alkalmazása (forrás: MAHO)

A program a következő:

N10 G0 G90 Z100.

N20 G17 T1 D1

N30 G0 X25. Y15. Z2. S1000 M3

N40 G1 Z-8. F200

N50 X35. F800

N60 Y35.

N70 Z2.

N80 G92 G91 X25. Y15.

N90 G0 G90 X25. Y15.

N100 G1 Z-8. F200

N110 X35. F800

N120 Y35.

N130 Z2.

N140 G92 G91 X25. Y15.

N150 G0 G90 X25. Y15.

N160 G1 Z-8. F2000

N170 X35. F800

N180 Y35.

N190 Z2.

N200 G92 X0 Y0

N210 G0 Z100.

Pozicionálás abszolút rendszerben,
100 mm-rel a munkadarab fölé
XY sík (G17), T1-es szerszám, D1-es korrekciós regiszter kijelölése
Pozicionálás az I. alakzat kezdőpontjára
Fordulatszám 1000

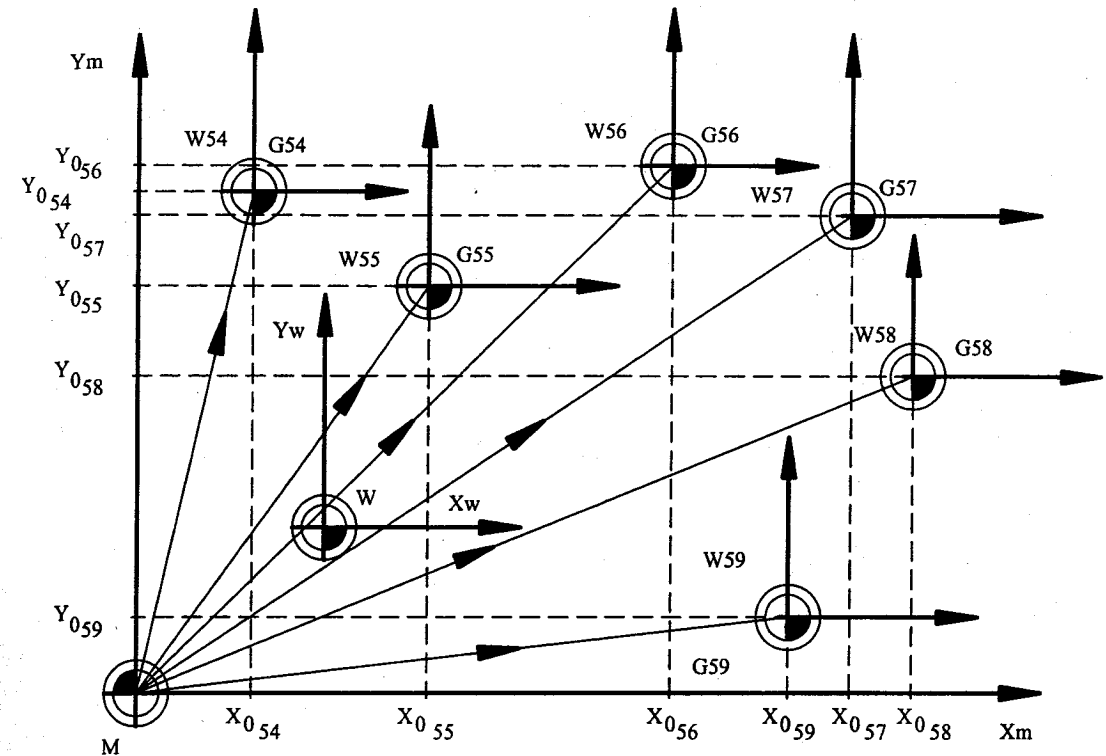
Z irányú elmozdulás csökkentett előtolással
Horonymarás

Kiemelés Z irányba
Nullpontmódosítás
Az I-es alakzat megmunkálásának ismétlése, nullpontmódosítása miatt a II. alakzat kezdőpontjára pozicionál a szerszám

A nullpontmódosítások törlése

6.11.2. Programozott nullponteltolás

Programozott nullponteltolás alkalmazásakor több előre definiált munkadarabnullpont közül az NC-programban választjuk ki a megfelelőt, és a koordináták, a szerszámmozgások abban lesznek érvényesek. Általában hat különböző nullpont előzetes felvételére van mód, amelyek G54 – G59 kóddal aktivizálhatók. Az alap nullponteltolás a G53-as kód alkalmazásával áll vissza. A G53 érvényteleníti



6.38. ábra. Programozott nullponteltolás

Szintaxis:

N10

N20 G54 a nullpont kijelölése

N30

Alkatrészprogram

N80 G55

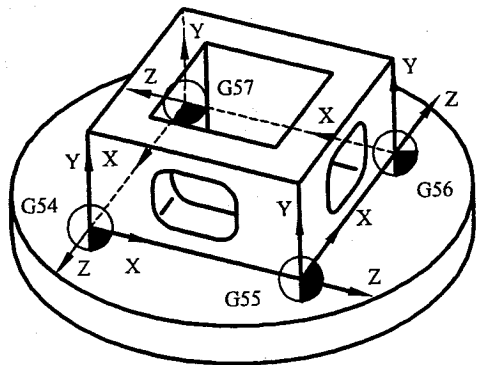
a nullpont kijelölése

N90

Alkatrészprogram

A programozott nullponteltolásnak többféle alkalmazása lehet:

- egy felfogásban többféle munkadarabot készítünk el, és mindegyikhez új nullpontot rendelünk;
- egy felfogásban több azonos munkadarabot készítünk el, a program az új nullponteltolással ismétlődik;
- pozicionáló körasztalnál, az egyes asztalhelyzetekhez külön-külön nullpont tartozik (6.39. ábra).

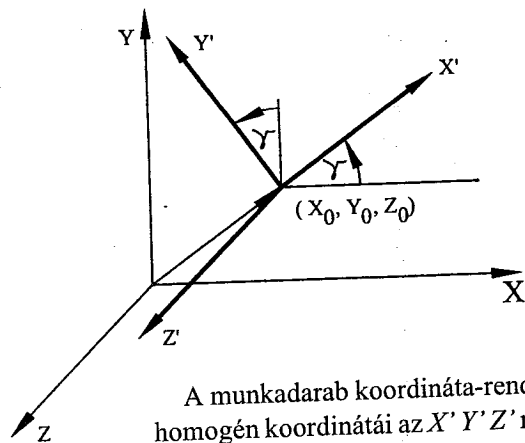


6.39. ábra. Különböző körasztalhelyzetekhez tartozó nullpont

A 6.39. ábrán vázolt esetben az egyes nullponthoz tartozó X_0, Y_0, Z_0 eltolás értékeket a körasztal megmunkálásakor elfoglalt helyzetében kell megállapítani.

6.11.3. Koordináta-transzformációk általános esetben.

a) Az alap és a transzformált koordináta-rendszerek Z tengelyei párhuzamosak (6.40: ábra) $Z' \parallel Z$



6.40. ábra. Transzformáció (a)

A munkadarab koordináta-rendszere a Z' körül γ szöggel elfordult. Ha egy pont homogén koordinátái az $X'Y'Z'$ rendszerben $P'(x', y', z', 1)$ akkor az XYZ koordináta-rendszerben $P(x, y, z, 1)$.

$$T = \begin{vmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 & X_0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 & Y_0 \\ 0 & 0 & 1 & Z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} x &= x' \cdot \cos \gamma - y' \cdot \sin \gamma + X_0 \\ y &= x' \cdot \sin \gamma + y' \cdot \cos \gamma + Y_0 \end{aligned}$$

b) Z nem párhuzamos Z' -vel

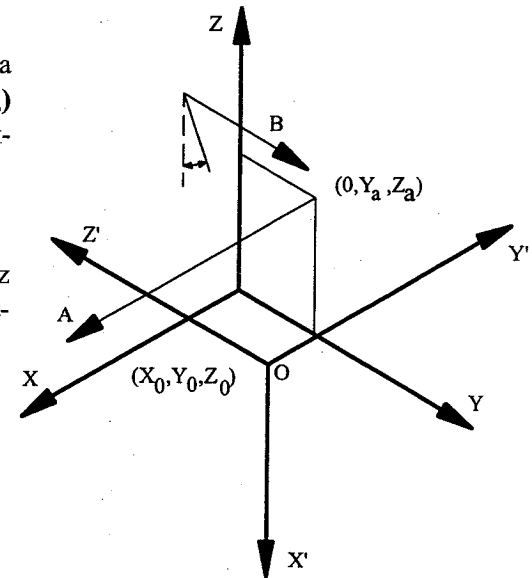
Az X' tengely irány egységvektora $X'(x_x, y_x, z_x)$ a Z' tengelyé $Z'(x_z, y_z, z_z)$

Ekkor az Y' tengely irány egységvektora a Z' és X' vektoriális szorzata:

$$Y' = Z' \times X'$$

Az $X'Y'Z'$ koordináta rendszerről az XYZ -re való áttérést leíró mátrix a következő:

$$A_1 = \begin{vmatrix} x_x & y_x \cdot z_x - y_x \cdot z_z & x_z & X_0 \\ y_x & x_x \cdot z_z - x_z \cdot z_x & y_z & Y_0 \\ z_x & x_z \cdot y_x - x_x \cdot y_z & z_z & Z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$



6.41. ábra. Transzformáció (b)

Ha $y_z \neq 0$ vagyis a Z' tengely nem párhuzamos az XY síkkal, akkor egy A tengely körüli elforgatással párhuzamos helyzetbe kell hozni, hogy utána a szerszámot B tengely körül forgatva a tengelye Z' -vel párhuzamos legyen. Az A tengely forgási pontjának koordinátái: (6.41. ábra) $0, Y_a, Z_a$. Így az elforgatás mátrixa :

$$A_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & Y_a \cdot (-\cos \alpha) + \sin \alpha + Y_a \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & Y_a \cdot (-\sin \alpha) - Z_a \cdot \cos \alpha + Z_a \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

ahol α -ra a következők érvényesek:

$$\sin \alpha = \frac{y_z}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} \quad \cos \alpha = \frac{z_z}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}}$$

ezeket behelyettesítve:

$$A_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{z_z}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & -\frac{y_z}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & \frac{-z_z \cdot Y_a + y_z \cdot Z_a}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} + Y_a \\ 0 & \frac{y_z}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & \frac{z_z}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & \frac{y_z \cdot Y_a - z_z \cdot Z_a}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} + Z_a \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Az A tengely körüli forgatás után az $X'Y'Z'$ koordináta-rendszerről az XYZ -re történő áttérés mátrixa a következő:

$$A = A_2 A_1$$

$$A = \begin{pmatrix} x_x & y_z \cdot z_z - y_x \cdot z_x & x_z & X_0 \\ \frac{y_x \cdot z_z - y_z \cdot z_x}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & \frac{x_x}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & 0 & \frac{z_z \cdot (Y_0 - Y_a) - y_z \cdot (Z_0 - Z_a) + Y_a}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} \\ -\frac{x_x \cdot x_z}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & \frac{x_z \cdot (y_x \cdot z_z - y_z \cdot z_x)}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} & \sqrt{y_z^2 + z_z^2} & \frac{y_z \cdot (Y_0 - Y_a) + z_z \cdot (Z_0 - Z_a) + Z_a}{\sqrt{y_z^2 + z_z^2}} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Ha nem volt elforgatás akkor $A = A_1$. A $P'(x'y'z')$ programozott pont gépi koordináta-rendszerbeli koordinátái a következőképpen számíthatók:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = A \cdot \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix}$$

Az előző transzformációt nem az alkatrészprogramot készítőnek kell megvalósítania, mert a vezérlés az eltolást és az elforgatást is képes végezni. Öttingyenes megmunkálásoknál azonban – ha a szerszám pályákat nem CAD/CAM rendszert alkalmazva állítjuk elő –, a célpont-koordináták meghatározásához szükségesek.

6.11.4. Eltolás, forgatás, tükrözés, nagyítás-kicsinyítés

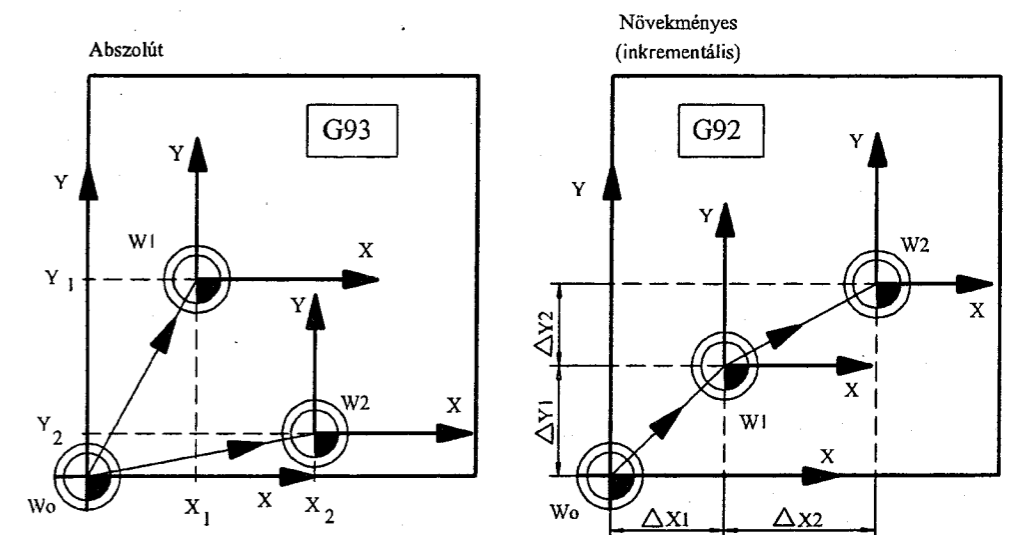
Jelentős segítséget nyújt az alkatrészprogram elkészítésekor, ha a programozott alakzattal transzformációs műveleteket lehet végezni. Így a koordináta pontok meghatározásakor a programozó mentesül a 6.11.3. pontban leírt transzformációk elvégzésétől. Az egyszer leírt alakzat méretei arányosan változtathatók, tükrözhető, forgathatók, eltolhatók. A programrészlet abban a koordináta-rendszerben készíthető el, ahol ez a legkevesebb munkával jár. Rövidül a program, kisebb a programozási hiba lehetősége és memóriakapacitás szabadul fel a vezérlésben.

6.11.4.1. Eltolás-transzformáció

Ez a transzformáció a programozott nullpontmódosítással egyezik meg. Főként megmunkáló központokon használható, de pl. nagyoló esztergálási ciklusok hívása előtt, simítási ráhagyás biztosítására, beszúrások programozására is jól használható.

Megmunkálóközpontokon több azonos munkadarab egyidejű felfogása esetén

W nullpontok helyzetét adhatjuk meg, az alkatrészprogramot pedig alprogramként megírva, a szükséges számban futtathatjuk. Abban a mondatban, ahol az eltolást programozzuk, nem lesz elmozdulás. Az előzőekben említettük, hogy a $G92$ -es kóddal a $G90$ (abszolút) és a $G91$ (növekményes) is érvényes lehet. Egyes vezérlé-



6.42. ábra. Az eltolás értelmezése

sek az abszolút és növekményes eltolást külön G kódhoz kapcsolják (6.42. ábra).

$G93 X... Y...$ $G92 X... Y...$

Abszolút:

$W_1: G93 Xx_1 Yy_1$

$W_2: G93 Xx_2 Yy_2$

Növekményes:

$W_1: G92 X\Delta x_1 Y\Delta y_1$

$W_2: G92 X\Delta x_2 Y\Delta y_2$

Előkészítő funkciók (G kódok) alkalmazásán kívül van olyan nyelvi megoldás, amely abszolút eltolásra **TRANS**, növekményesre pedig **ATRANS** utasítást használ.

Például legyen egy kontúr megmunkálás az $L100$ -as alprogramba leírva (W_0 koordináta-rendszerben). Ismételjük meg a megmunkálást $X85. Y73.$ mm-rel eltolva koordináta-rendszerben (6.43. ábra).

N5 L100

Programozott kontúr megmunkálása az alap munkadarab koordináta-rendszerében

N10 TRANS X85. Y73.

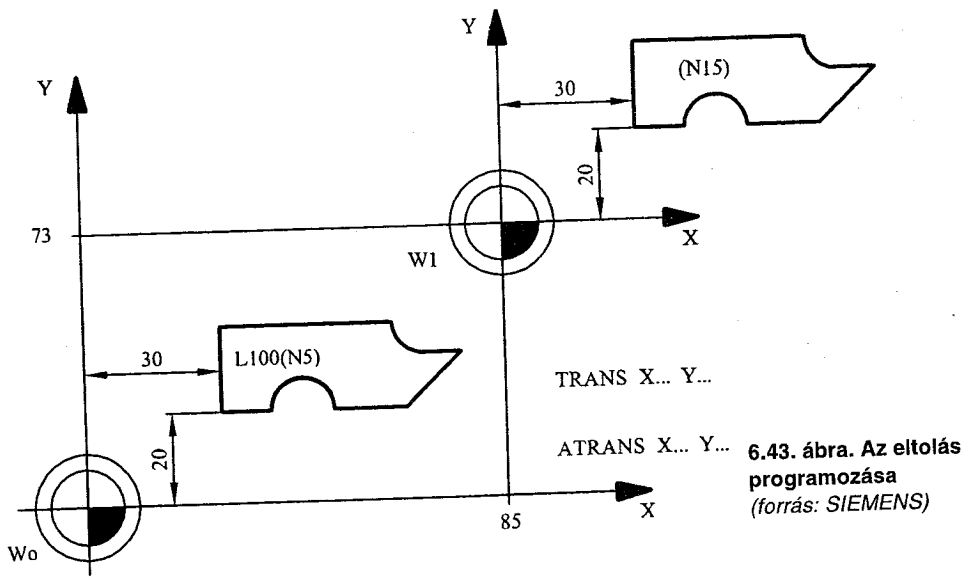
Eltolás abszolút rendszerben

N15 L100

Programozott kontúr megmunkálása a W_1 rendszerben

N20 TRANS

Az eltolás érvénytelenítése.



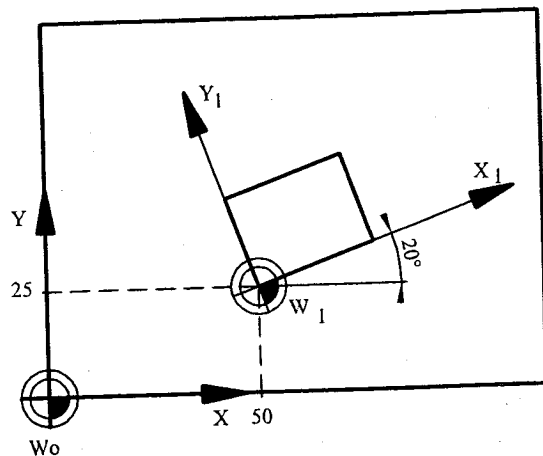
6.43. ábra. Az eltolás programozása (forrás: SIEMENS)

6.11.4.2. Forgatás-transzformáció

Előfordul, hogy az eltolás mellett szükség van az adott alakzat elforgatására is. Ebben az esetben a forgatás az aktuális munkadarabnullpont körül történik, az eljárás a polárkoordinátás programozáshoz hasonló. Eltolás és forgatás együttes alkalmazásakor a résztranszformációk sorrendje lényeges. A forgatás szöge előjeles: pozitív, ha a forgatási tengely pozitív iránya felől nézve a forgatás az óramutató járásával ellentétes.

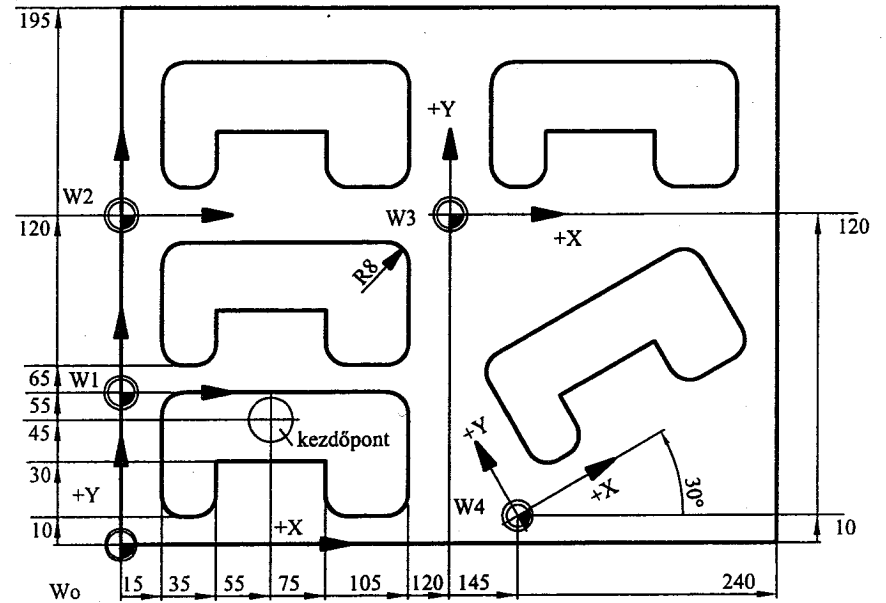
Programozzuk a Z tengely körüli forgatás szögértékét *C* címmel, a transzformáció kódja **G92**.

G92 X... Y... C...



Legyen a feladat a 6.45.ábrán látható alakzat elkészítése. A feladat megoldása során szubrutinhívást alkalmazunk (1. a 11. fejezetet), és a MAHO vezérlés utasításait használjuk.

A szerszám átmérője: $\varnothing 16$ mm.



6.45. ábra. Eltolás és forgatás (forrás: MAHO)

```
%
N1 G17 S400 T1 D1 M6
N2 G54
N3 G90 G0 X55. Y45. Z2. M3
N4 G1 Z-5. F50
N5 G42 Y55. F100
```

XY sík kijelölése (G17), fordulatszám (S400) szerszám (T1) és korrekció (D1) kijelölése
Az 1-es számú nullpont érvényesítése
Pozicionálás a kezdőpont fölé.
Z irányú elmozdulás csökkentett előtolással (F50 mm/min)
Automatikus szerszám sugárkorrekció, elmozdulás a kontúrhoz. (Szerszám a haladási irányhoz képest jobb oldalon - G42)
Kontúr leírás az N14-es mondatig

```
N6 X105.
N7 X10.
N8 X75.
N9 Y30.
N10 X35.
N11 Y10.
```

N12 X15.
 N13 Y55.
 N14 X55.
 N15 G40

N16 G0 Z50.
 N17 G92 G91 Y55.
 N18 G14 FROM 3 TO16 P2

N19 G92 X120. Y130.

N20 G14 FROM 3 TO16 P1

N21 G92 X145. Y10. C30.

N22 G14 FROM 3 TO15 P1

N23 G0 Z100.

N24 M2

%

*Sugárkorrekció érvényességének tör-
 lése*

Kiemelés Z irányban

Eltolás definiálása (W0→W1)

*Az N3 és N16-os mondatok közötti
 programrészletet kétszer (P2) végre-
 hajtjuk. P=1 után eltoljuk az érvényes
 munkadarab nullpontot (W1→W2,
 mert G92 mellett G91 van érvényben)
 W3 munkadarab koordináta-rend-
 szerének kijelölése (W0→W3)*

*N3-N16-os mondatok közötti prog-
 ramrészlet végrehajtása*

*W4 koordinátarendszer kijelölése
 (W0→W4)*

mint N18-nál

Kiemelés

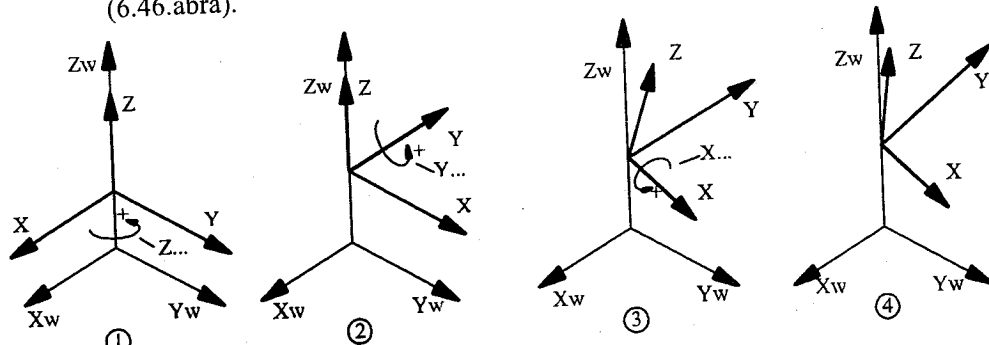
Program vége.

Hasonlóan az eltoláshoz, forgatásnál is léteznek G kódon kívüli megoldások is:

ROT X... Y... Z...

AROT X... Y... Z...

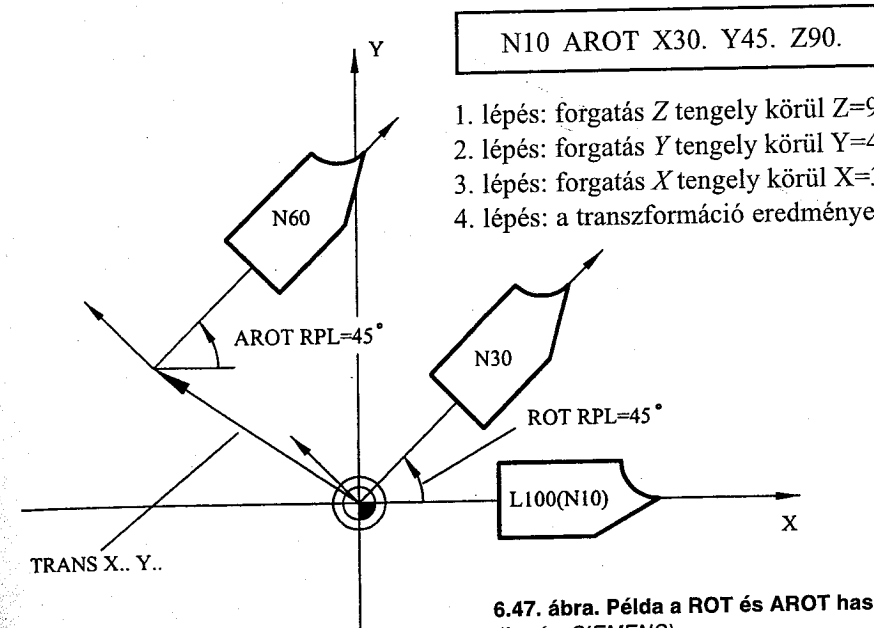
X, Y, Z címek után az előző tengelyek körüli forgatás szögértékét kell előjelhe-
 lyesen megadni. **ROT**: abszolút rendszerben, **AROT** növekményes rendszerben.
 A vezérlés a forgatási transzformációt a következő sorrendben hajtja végre
 (6.46.ábra).



1. lépés: forgatás a 3. geometriai tengely körül (Z);
2. lépés: forgatás a 2. geometriai tengely körül (Y);
3. lépés: forgatás az 1. geometriai tengely körül (X).

Ha a forgatás síkját kijelöljük (pl. **G17**), akkor a szög **RPL=** címmel progra-
 mozható, a tengely megadásával nélkül (6.47. ábra; forrás: **SIEMENS**).

Például: N9 TRANS Z...



6.47. ábra. Példa a ROT és AROT használatára
 (forrás: **SIEMENS**)

N5 G17
 N10 L100
 N20 ROT RPL=45.
 N30 L100
 N40 TRANS X-45. Y32.
 N50 AROT RPL=45.
 N60 L100
 N70 ROT

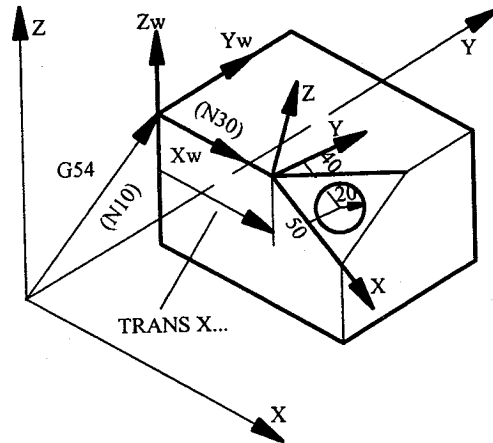
A forgatás érvénytelenítése – csakúgy, mint a translációnál – **ROT**, **AROT** uta-
 sítások argumentum nélküli megadásával történhet.

Térbeli rotáció és transláció látható a 6.48. ábrán.

N10 G54
N20 G17

N30 TRANS X78.5
N40 AROT X.30.8 Y42.95 Z0
N50 G00 X50. Y40. Z10.
N60 G01 Z-10. F100
N70 Y20.
N80 G02 X50. Y10. I50. J40. Körprogramozás
N90 ...

Nullpont beállítása
XY sík kiválasztása (merőleges
Z-re)
Csak X irányú transláció (eltolás)
Térbeli növekményes forgatás
Pozicionálás a ferde síkba
Lineáris elmozdulás



6.48. ábra. Térbeli forgatás

6.11.4.3. Tükrözés-transzformáció

A tükrözés lehetővé teszi, hogy a programozott kontúrokat a koordinátatengelyekre szimmetrikusan is előállítsuk.

A következő feltételek és szabályok érvényesülnek:

- a tükrözött alakzat az eredetivel megegyező méretű lesz;
- az alakzatoknak a koordináta tengelytől való távolságuk azonos.

Tükrözés során a következő adatok módosítását végzi el a vezérlés:

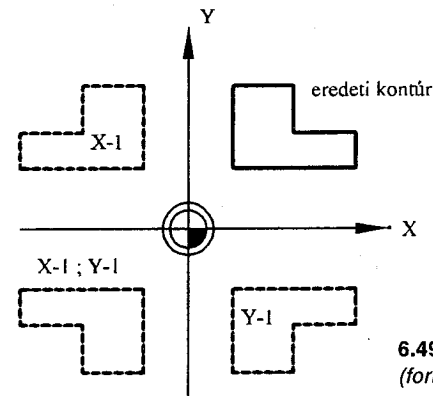
- a tükrözött tengelyeken megváltoztatja a koordinátaértékek előjelét;
- a körbejárási irányokat körinterpolációnál:
G02→G03;
G03→G02;
- a megmunkálási irányokat automatikus sugárkorrekció alkalmazásakor:
G41→G42;
G42→G41.

A szerszámméreték és a nullpontok nem változnak. Esztergánál, esztergáköz-

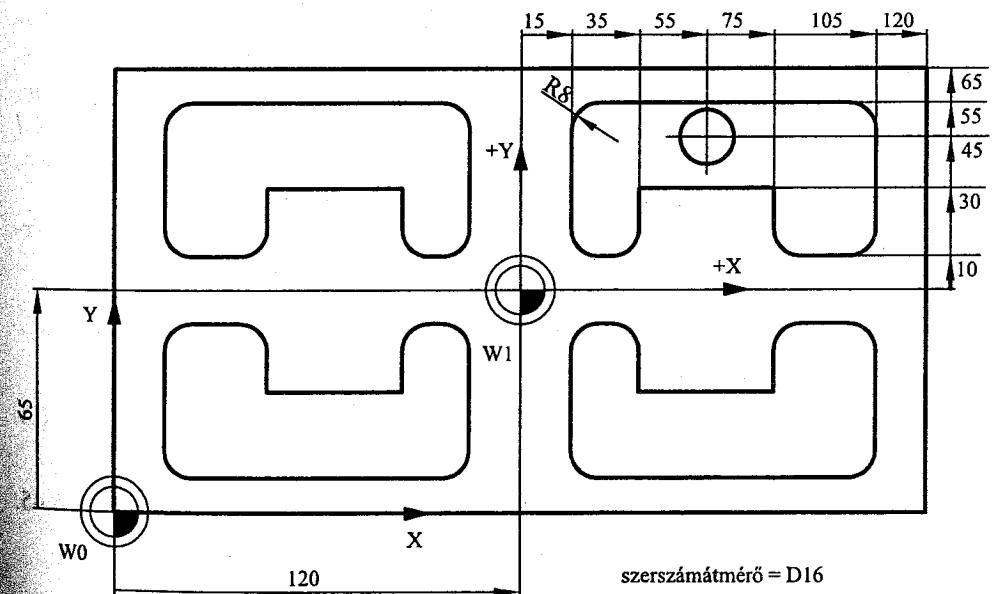
ni fog. Programban – mielőtt a tükrözést megvalósító programrészletet aktivizálnánk – a szükséges nullpontbeállításokat (esetleges eltolást, forgatást) meg kell valósítani. A tükrözés mindig az érvényes munkadarab koordináta-rendszerben történik. Számos vezérlésnél nem a programban kell leírni a tükrözést, hanem a megfelelő üzemmód kiválasztásával érhető el. A 6.50. ábrán egy programozási példa mutatunk be, az alkalmazott G kód: G73 (forrás: MAHO)

G73 X... Y... Z... B...

A koordinátacímek után +1 vagy -1 állhat, attól függően, hogy negatív, vagy pozitív értékű lesz-e a tükrözött koordináta. A tükrözés (G73) érvénytelenítése: G72-es kóddal.



6.49. ábra. A tükrözés értelmezése (forrás: MAHO)



6.50. ábra. Példa a tükrözés alkalmazására (forrás: MAHO)

```

%
N1 G17 S400 T1 D1 M6
N2 G54
N3 G92 G90 X120. Y65.
N4 G0 X55. Y45. Z2. M3
N5 G1 Z-5 F50
N6 G42 Y55. F100
N7 X105.
N8 Y10.
N9 X75.
N10 Y30.
N11 X35.
N12 Y10.
N13 X15.
N14 Y55.
N15 X55.
N16 G40
N17 G0 Z50.
N18 G73 X-1
N19 G14 FROM 4 TO17
N20 G73 Y-1
N21 G14 FROM 4 TO17
N22 G73 X+1
N23 G14 FROM 4 TO16
N24 G72
N25 G0 Z100.
N26 M02
%

```

A munkadarab koordinátarendszer eltolása, azért, hogy a tükrözést meg lehessen valósítani

Tükrözés az Y tengelyre. Az alakzat pontjainak X értékei változnak
 Az N4 és N17-es mondatok közötti programrészletet egyszer végre kell hajtani
 Újabb tükrözés az X tengelyre. Az Y értékek fognak változni. Az előzőekben (N18) tükrözött kontúr ismételt tükrözéséről van szó. Ha egy lépésben kívántunk volna ide eljutni, akkor a G73 X-1 Y-1 lenne az idevonatkozó NC utasítás. mint N19
 Újabb tükrözés az Y tengelyre, az X értékek változnak. mint N19
 G72-as kód – a tükrözés – lezárása.

A pozicionáló és a kontúrt leíró NC-mondatok jelentése megegyezik a 6.45. ábrához tartozókkal.

A magasabb szintű NC-programnyelv G kódok helyett a **MIRROR** és az **AMIRROR** alapszavakat engedi meg (forrás: SIEMENS).

Az utasítás szintaxisa:

```

MIRROR X0
MIRROR Y0
AMIRROR X0
AMIRROR Y0

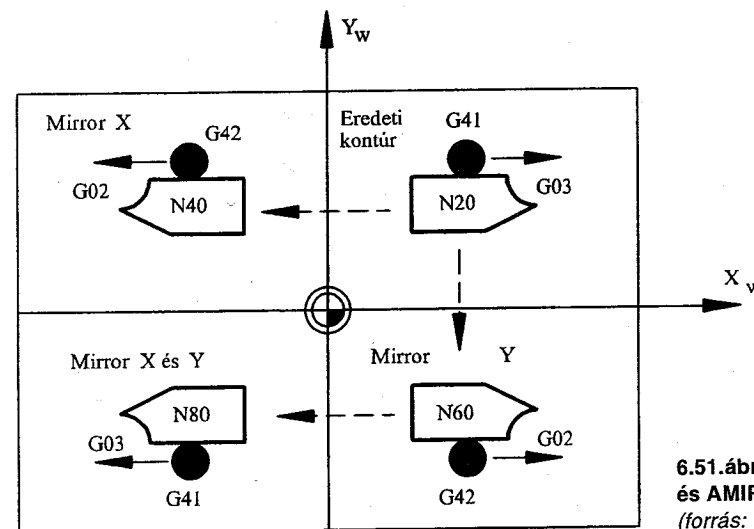
```

Az egyszer tükrözött alakzat tovább tükrözésére használható az **AMIRROR** utasítás. Ezek alkalmazására látunk példát a 6.51. ábrán.

```

N10 G17 XY sík kijelölése
N20 L100 Kontúrprogram G41-es sugárkorrekcióval
N30 MIRROR X0 X értékek tükrözése
N40 L100 Kontúrprogram hívás
N50 MIRROR Y0 Y értékek tükrözése
N60 L100
N70 AMIRROR X0 Az utolsó tükrözés továbbtükrözése
N80 L100
N90 MIRROR Tükrözés vége

```

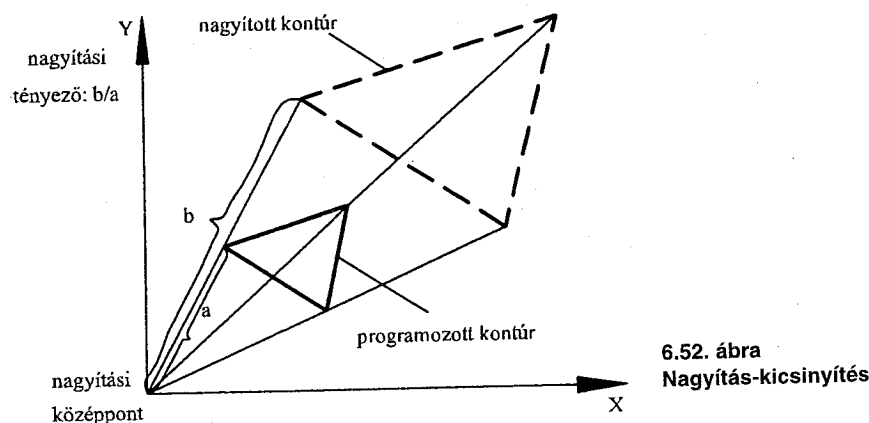


6.51. ábra. MIRROR és AMIRROR (forrás: SIEMENS)

6.11.4.4. Nagytás-kicsinyítés

Ezt a fajta transzformációs módot sokrétűen fel lehet használni az alkatrészprogram készítése során. Előnyösen alkalmazható olyan alakzatoknál, ahol a külső vagy belső kontúr a másiktól származtatható. Egyik tengely mentén változtatva az alakzat léptékét körből spirál vagy spirálból elliptikus interpolált kontúrt kaphatunk. Szabad formátumú felületeknél az egyes szintekhez tartozó kontúrt is előállíthatjuk az

alkatrészprogramban, ami az ilyen esetekben szokásos NC-programméreteket rövidíti. Tesztelésnél, próbagyártásnál, nagy méretű munkadarabok esetén könnyűszerrel lehet „kismintát” készíteni, így gyorsítva a gyártás előkészítését. Parametrikus programozáshoz hasonlóan, az NC-program készítésekor csoporttechnológiai elvek alkalmazását is támogatja a nagyítás-kicsinyítés alkalmazása. Vázlatos elve a 6.52. ábrán látható.

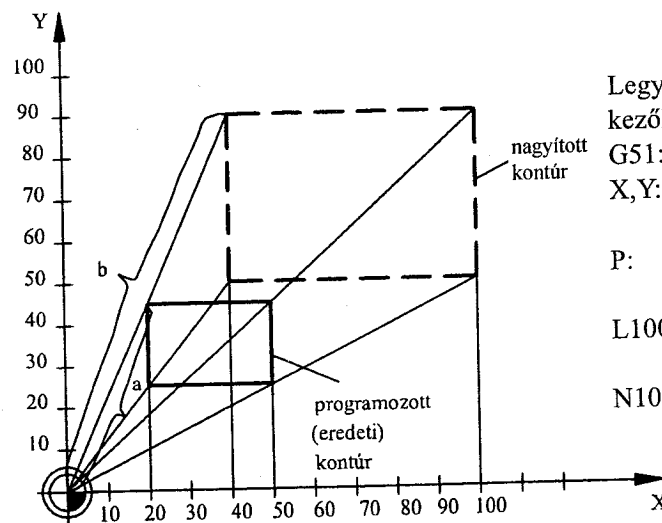


6.52. ábra
Nagyítás-kicsinyítés

A konkrét megvalósítás többféle lehet:

- 1) Programozni kell a nagyítás-kicsinyítés középpontját és mértékét

G51 X... Y... P...



Legyenek az NC-címek a következők:

- G51: nagyítás-kicsinyítés;
X,Y: a nagyítás-kicsinyítés középpontja;
P: a méretváltoztatás mértéke (b/a, 6.52. ábra);
L100: kontúr leíró alprogram.

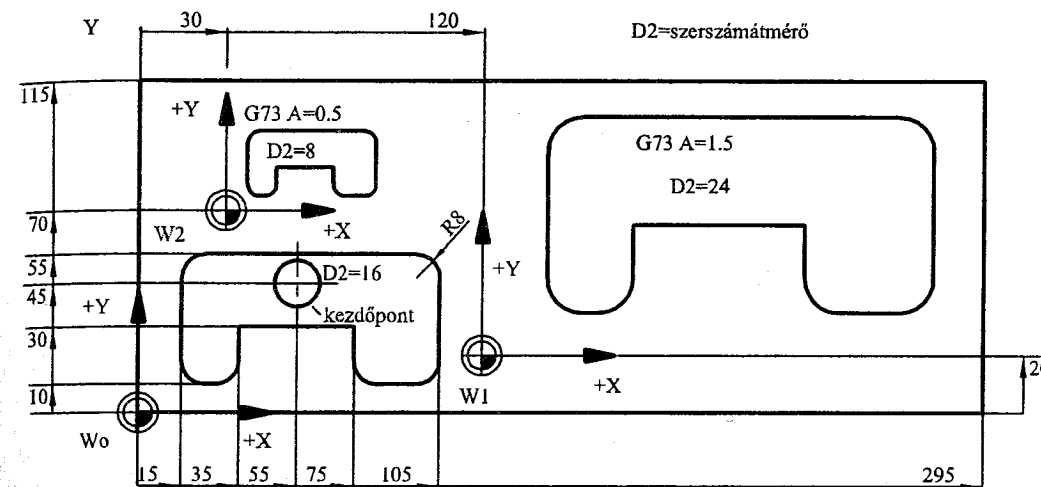
N10 G90 X0 Y0 G51 P2

- 2) A kicsinyítés-nagyítás középpontja mindig az érvényes munkadarab koordináta-rendszer nullpontja, az alkatzat méretváltozásával arányos a kijelölt síkban a tengelyek mentén azonos (6.54. ábra; forrás: MAHO).

G73 A=

Legyenek az NC-címek a következők:

- G73: transzformáció
A= a nagyítás mértéke
G14: alprogram hívás



6.54. ábra. Nagyítás-kicsinyítés (2) (forrás: MAHO)

%
N1 G17 S400 T1 D1 M6 Szerszámméret: Ø16W,
koordináta-rendszerben
kontúrleírás és megmunkálás N1-N16

N2 G54
N3 G90 G0 X55. Y45. Z2. M3
N4 G1 Z-5. F50
N5 G42 Y55. F100
N6 X105.
N7 Y10.
N8 X75.
N9 Y30.
N10 X35.
N11 Y10.
N12 X15.

N13 Y55.
 N14 X55.
 N15 G40
 N16 G0 Z50.
 N17 S250 T2 D2 M6

N18 G92 X120. Y20.
 N19 G73 A=1.5
 N20 G14 FROM3 TO16

N21 G72
 N22 S800 T3 D3 M6

N23 G92 X30. Y70.
 N24 G73 A=0.5
 N25 G14 FROM3 TO16

N26 G72
 N27 G92 X0 Y0
 N28 G0 Z100.
 N29 M30

Szerszámtátmérő: $\varnothing 24$

A nagyítás mértéke $A=1.5$, így az
 alapkontúron lévő R8-as lekerekítés
 is megnő $8 \cdot 1,5 = 12 \text{ mm}$

$W_0 \rightarrow W_1$ nullpont kijelölése

Nagyítás, mértéke: $A=1,5$

Az N3 és N16-os mondatok közötti
 programrész újbóli végrehajtása

a W_1 koordináta-rendszerben

A nagyítás érvénytelenítése

Szerszámtátmérő: $\varnothing 8$

Az eredeti kontúrt kicsinyítjük,

$A=0,5$. Az R8-as lekerekítés R4

lesz.

$W_0 \rightarrow W_2$ nullpont kijelölése

Kicsinyítés, $A=0.5$

Az N3 és N16-os mondatok közötti

NC-program újbóli végrehajtása

a W_2 koordináta-rendszerben

A transzformáció érvénytelenítése

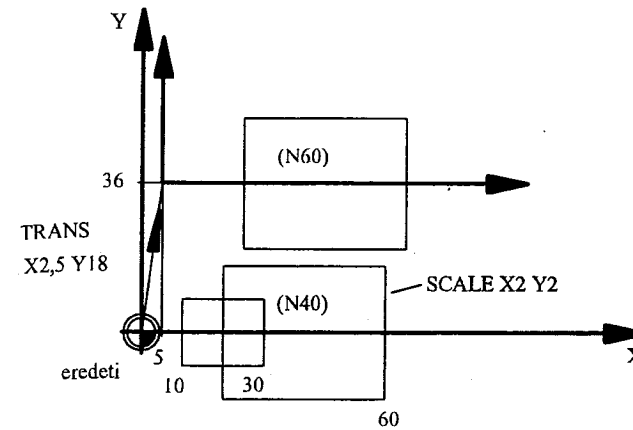
Eredeti (W) nullpont visszaállítása.

Tovább növeli a nagyítás-kicsinyítés előnyeit az, ha a vezérlés képes a tengelyenkénti különböző mértékű, egyidejű transzformációra (forrás: SIEMENS 6.55.ábra).

A méretváltóztatás aránya:

SCALE X... Y... Z...

X,Y,Z címek a nagyítás-kicsinyítés mértékét kell megadni.



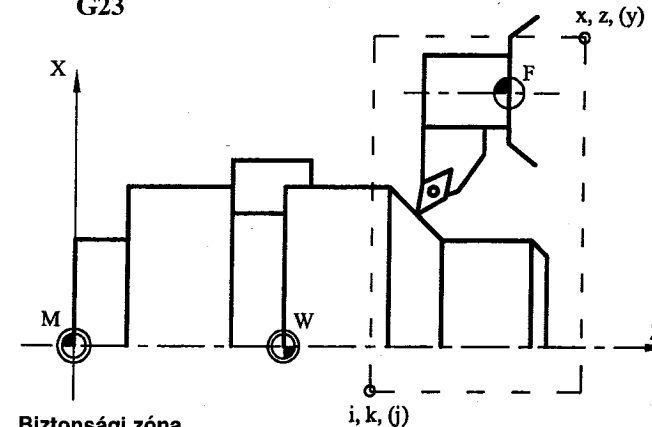
6.55.ábra. SCALE és TRANS együttes alkalmazása (forrás: SIEMENS)

N10 G17 XY sík
 N20 L100 Eredeti kontúr
 N30 SCALE X2. Y2. Kétszeresre nagyított eredeti kontúr
 N40 L100
 N50 TRANS X 2.5 Y 18. A TRANS értékére a SCALE hatással van
 N60 L100

6.11.5. A biztonsági tér kijelölése, G22, G23

G22 Xx Zz Ii Kk

G23



6.56. ábra. Biztonsági zóna

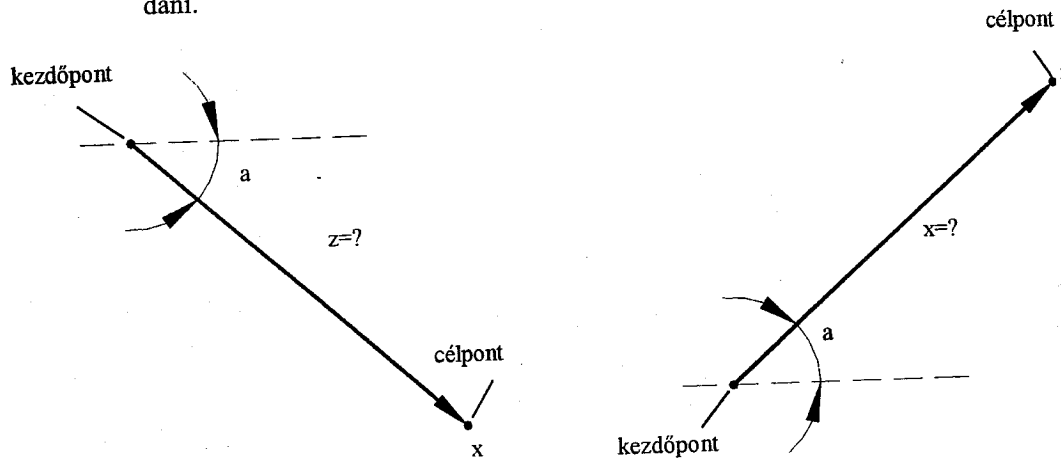
A szerszámgép munkaterében alkatrészprogramból kijelölhető az a térrész, amelyet a szerszám mozgása során nem hagyhat el. A térátlő (megmunkáló központ) Y és J értékét is meg lehet adni) maximális koordinátájú pontjait X, Y, Z, a minimális koordinátájút pedig I, J, K címmel kell programozni.

A kijelölés érvénytelenítése: G23-as kód.

7. Automatikus geometriai számítások, polárkoordináták

7.1. Automatikus geometriai számítások

Sok esetben az alkatrészek kontúrelemeinek végpont-koordinátái nem olvashatók le a rajzokról. A rendelkezésre álló adatokból azonban meghatározhatók. Ezt a feladatot a CNC-vezérlések – némileg eltérő nyelvi eszközökkel – meg tudják oldani.

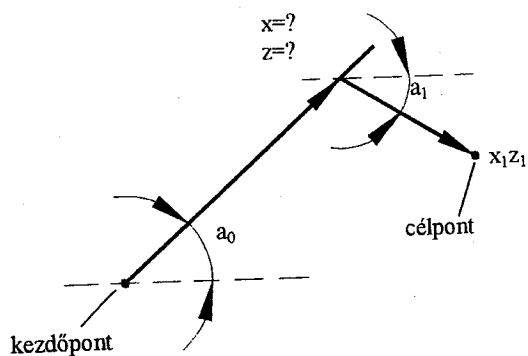


7.1. ábra. Egyenes

Adott a célpont X koordinátája és egy egyenes kontúrelem hajlásszöge
 G01 Xx Aa

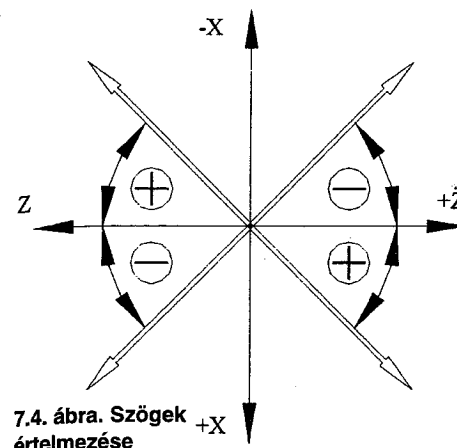
7.2. ábra. Egyenes

Adott a célpont Z koordinátája és az egyenes kontúrelem hajlásszöge
 G01 Zz Aa

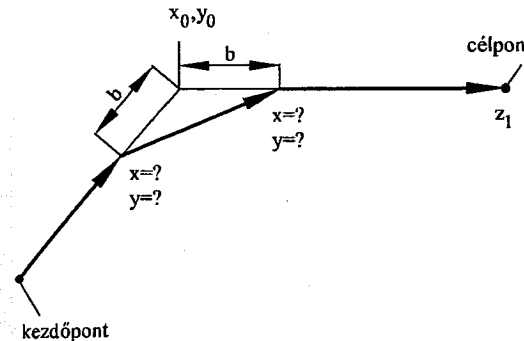


Adott az első és a második egyenes hajlásszöge, valamint a második egyenes kontúrelemcélpont koordinátája

```
G01 Aa0
G01 Xx Zz Aa.
```

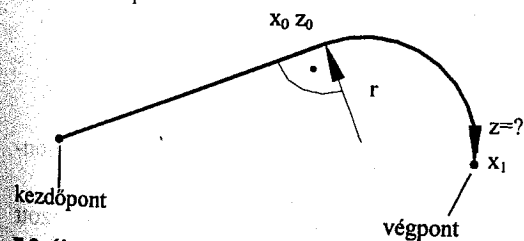


7.4. ábra. Szögek értelmezése



7.6. ábra. Leélezés

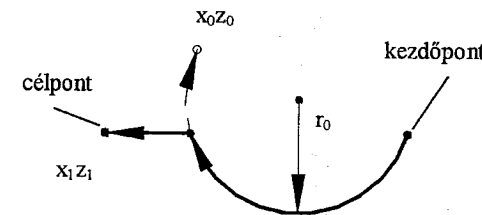
Adott két egyenes metszéspontja, a leélezés nagysága és a célpont egyik koordinátája (B helyett C cím is szokásos)
 G01 Xx0 Zz0 Bb
 G01 Zz1 A0



7.8. ábra. Egyenes és kör érintő csatlakozása

Adott az egyenes végpontja a csatlakozó körív sugara és végpontjának valamelyik koordinátája

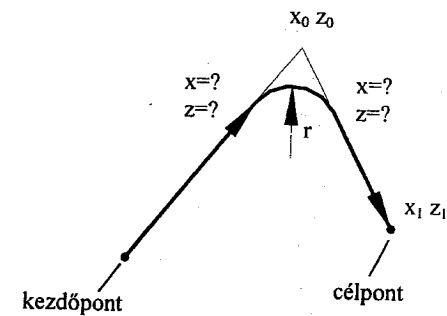
```
G01 Xx0 Zz0
G02
```



7.5. ábra. Egyenes és kör metszése

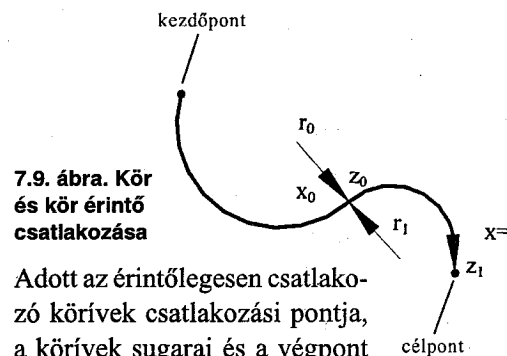
Adott a körív végpontja és sugara, valamint a metsző egyenes végpontja

```
G02 Xx0 Zz0 Rr0
G01 Xx1 Zz1 A0
```



7.7. ábra. Lekerekítés

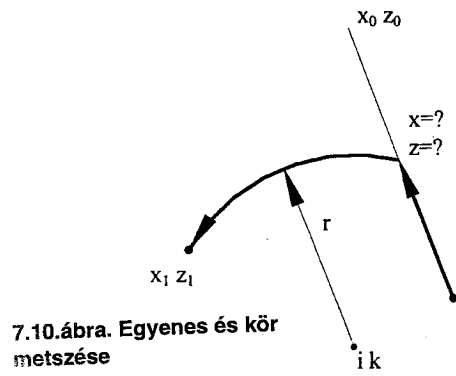
Adott a két egyenes metszéspontja, az érintőleges sugár értéke és a végpont koordinátái
 G01 Xx0 Zz0 Rr
 G01 Xx1 Zz1



7.9. ábra. Kör és kör érintő csatlakozása

Adott az érintőlegesen csatlakozó körívek csatlakozási pontja, a körívek sugarai és a végpont valamelyik koordinátája

```
G03 Xx0 Zz0 Rr0
G02 Zz Rr.
```

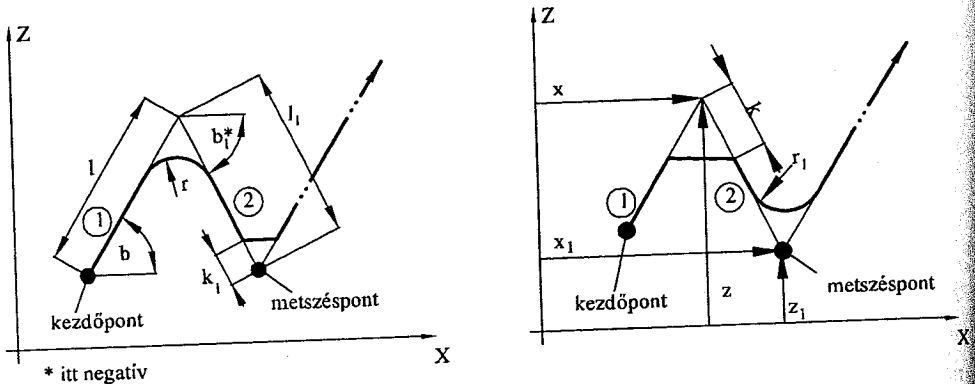


7.10. ábra. Egyenes és kör metszése

Adott az egyenes végpontja, a metsző körív sugara, középpontja, végpontja

G01	Xx ₀	Zz ₀	Rr	Ii	Kk
G03	Xx ₁	Zz ₁			

Nagyobb, összefüggő kontúrszakaszok leírására külön *G* kódot is szokás kijelölni. Legyen ez például: *G11*
Itt a programozás lényegében polárkoordinátákban történik (l. a 7.2. fejezetet)

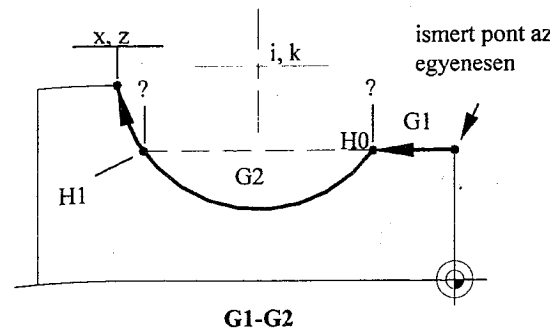


7.11. ábra. Kontúr definíciója paraméterekkel (forrás: [11])

G11	Xx	Zz	Bb	Rr	Kk	Ll	X1=x ₁	Z1=z ₁	B1=b ₁
			K1=k ₁			L1=l ₁			

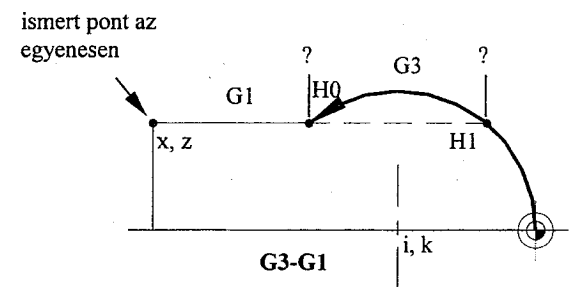
Megadhatók még az *F, S, T, M* címek is.
Olyan esetekben, amikor két metszéspont adódik – pl. 7.10. ábrán –, el kell dönteni, hogy melyik lesz érvényes.
Ha a metszéspontok helye külön nem programozható, akkor a programozott koordinátájú ponthoz közelebb eső lesz érvényes.
(A 7.5. ábrán az *x₁, z₁*-hez lesz közelebb a kör és az egyenes metszéspontja közül a bal oldali).

Programozáskor *H* cím után 0 és 1 adható meg. Jelentésük a következő:
0: az egyenesen az ismert ponthoz közelebb lévő pont érvényes,
1: a körön az ismert ponthoz közelebb lévő pont érvényes



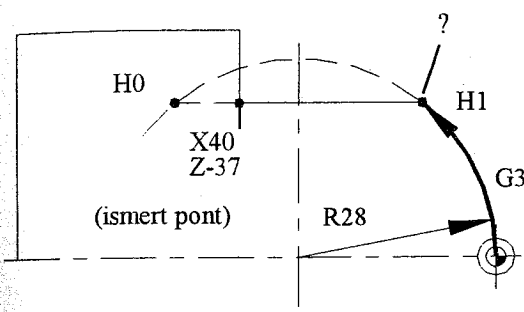
7.12. ábra. Egyenes és kör metszése

G1	Aa
Jelen esetben $a=0$, az egyenes hajlásszöge	
G2	Xx Zz Ii Kk H0



7.13. ábra. Kör és egyenes metszése

G3	Ii	Kk		
G1	Xx	Zz	Aa	H0



7.14. ábra. Példa H1 programozására

G3	I0	K-28.	H1
G1	X40.	Z-37.	A0

Ismert pontként az egyenes bármely pontja felhasználható. A hiányzó adatok kiszámításához az egyenesek végpontjain kívül a hajlásszögüket is programozni kell. (l. a 7.4. ábrát).

7.2. Polárkoordináták programozása

Szekrényszerű munkadarabokon egyes felületek, pl. furatok, hornyok, stb. gyakorta egy ponttól mért távolsággal és szögértékkel adottak. Ilyen esetekben a polárkoordinátás programozás a célravezető. A megadott adatokból a vezérlés állítja elő a szerszám pályákat, ami különösen pontmintázatok esetén használható előnyösen. A középpont definiálása derékszögű koordinátákkal (*X, Y, Z*) történik, az interpolációs mozgások programozására *G* kód használható.

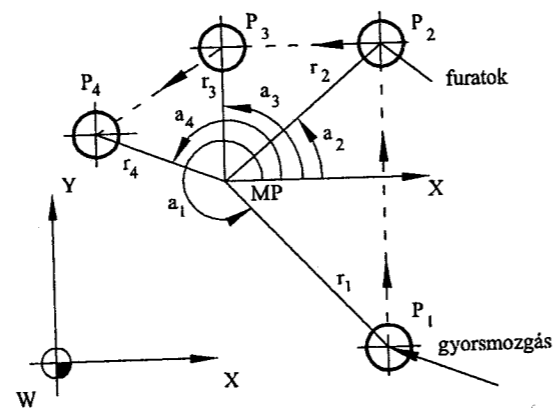
Néhány lehetséges jellegzetes szintaktikai megoldás:

a) eset (SIEMENS szerint):

Gyorsmozgás:	G10
Lineáris interpoláció:	G11
Körinterpoláció:	G12 vagy G13
Sugárprogramozás:	B (vagy U)
Szögérték-programozás:	A

A sugár és a szögérték előjel nélküli, az utóbbi mindig a tengely pozitív irányától mért érték. (G17-nél X, G18-nél Z, és G19-nél Y tengelyektől)

Feladat: fúrás (G81) P-vel jelölt pontokon



N10 G10	X...	Y...	Aa ₁	Br ₁
N15 G81	R1=...	R11=...		
N20 G10	Aa ₂	Br ₂		
N25 G10	Aa ₃	Br ₃		
N30 G10	Aa ₄	Br ₄		
N35 G80				

7.15. ábra. Fúrás (forrás: SIEMENS).

N10: Központ megadása X,Y címekkel
 N15: Fúróciklus hívása (G81 R1=... R11=...)

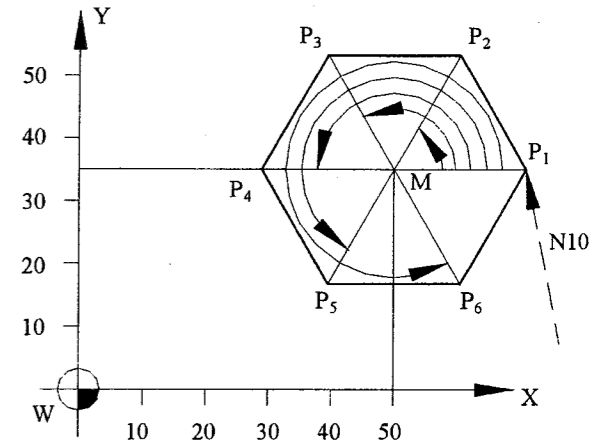
Az első végrehajtás a P₁ pontban, az R1, R11 paraméterek jelentése a 12. fejezetben található.

N20-N30: P₂, P₃, P₄ programozása. Mindegyik pontban végrehajtódik a fúróciklus
 N35: Fúróciklus törlése

Feladat: hatszögmarás

```

N10 G10 G90 X50. Y35. A0 B22.
N11 G11 A60.
N12 A120.
N13 A180.
N14 A240.
N15 A300.
N16 A0
    
```



N10: Pozicionálás P₁-be
 N11-16: Lineáris interpoláció

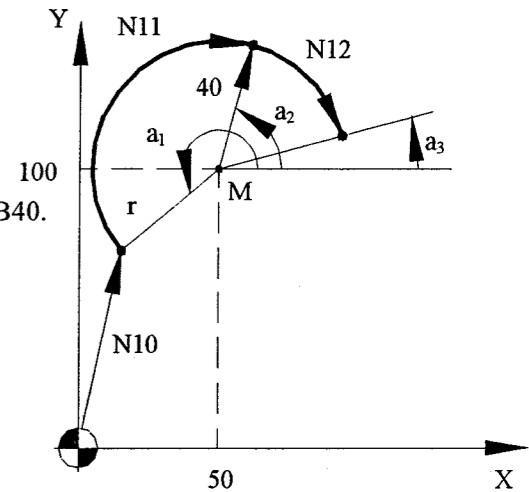
7.16. ábra. Hatszögmarás

Feladat: körinterpoláció

a₁=220°
 a₂=75°
 a₃=15°

```

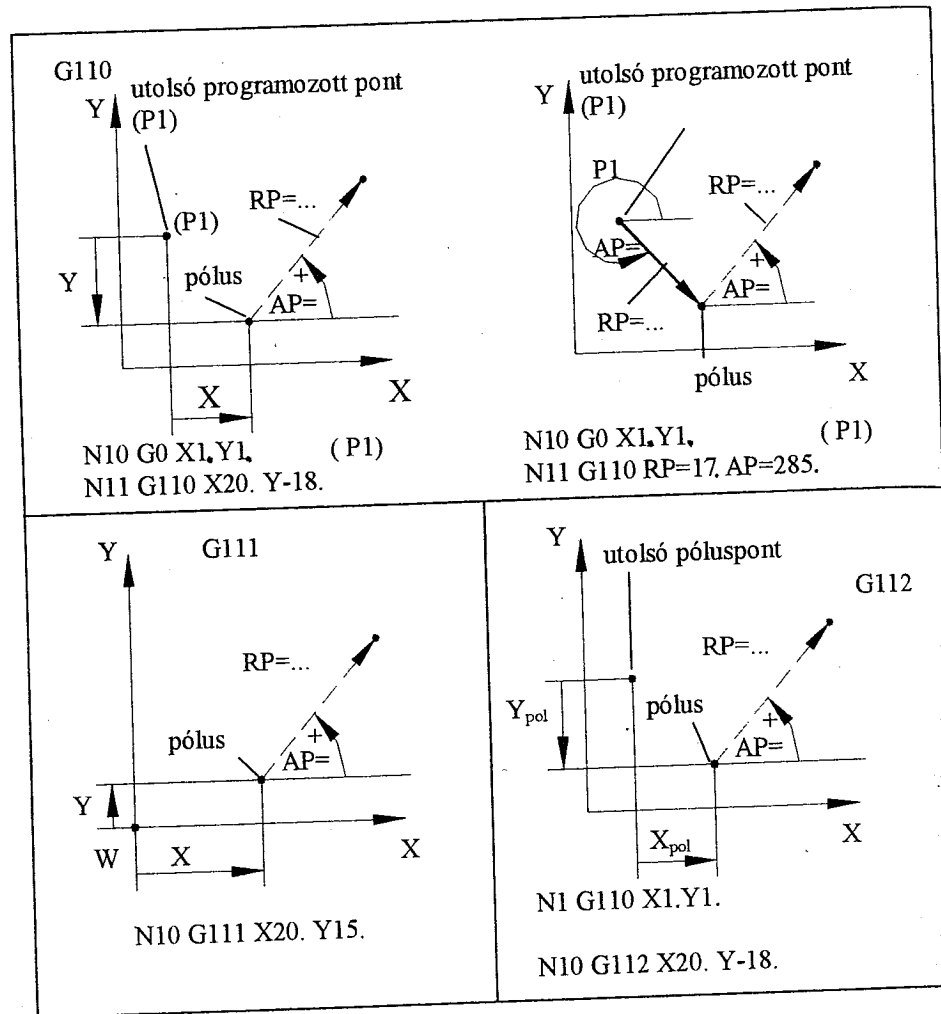
N10 G10 X50. Y100. A220. B40.
N11 G12 A75.
N12 G12 A15.
    
```



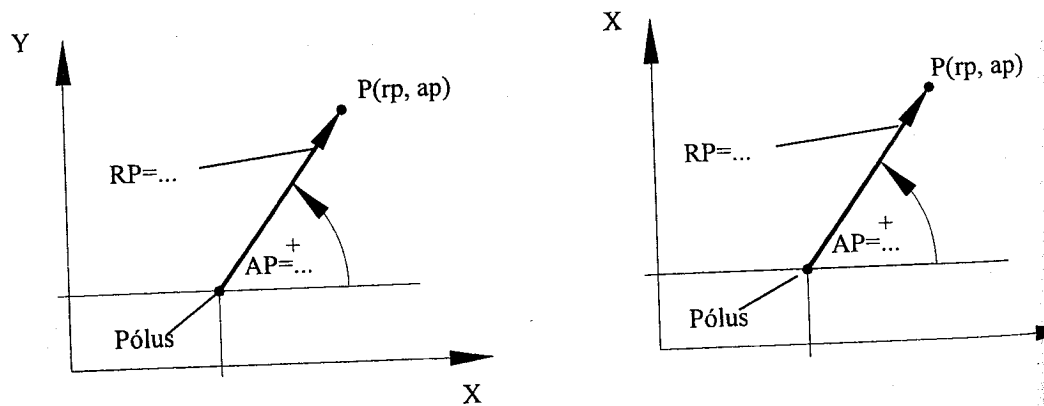
7.17. ábra. Körinterpoláció

b) eset

gyorsmozgás:	G0
lineáris interpoláció:	G1
körinterpoláció:	G2, G3
polárszög:	AP=
polársugár:	RP=
póluspont-definiálás:	G110 – az utolsó programozott ponthoz G11 – abszolút módon a munkadarab koordináta-rendszerében G112 – az utolsó definiált pólusponthoz képest
növekményes érték:	IC(ic)



7.18. ábra. Póluspont definiálása példaként az X-Y síkban (forrás: SIEMENS)



(forrás: SIEMENS)

Példa:

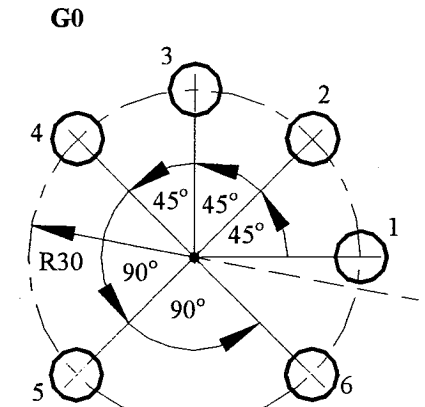
1. Adott pontmintázaton lévő furatok fúrása

- fúrési alprogram: L82
- a pontok között gyorsmozgás van (G0)
- rádiusz: 30 mm

```

N10 G111 X... Y...
N11 G0 RP=30. AP=0
N12 L82
N13 AP=IC(45.)
N14 L82
N15 AP=IC(45.)
N16 L82
N17 AP=IC(45.)
N18 L82
N19 AP=IC(90.)
N20 L82
N21 AP=IC(90.)
N22 L82

```



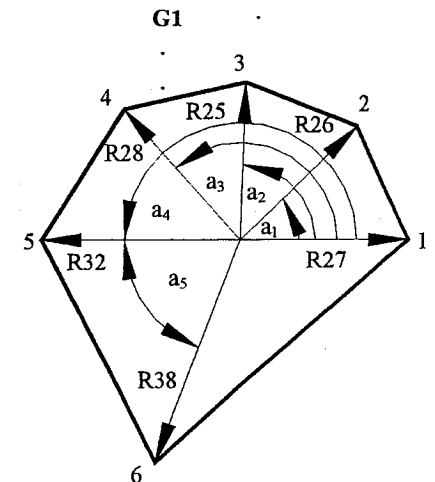
7.20. ábra. Fúrési pontmintázatok

- N10: Póluspont-definiálás
- N11: Pozicionálás a 1-es pontba
- N12: Fúróciklus hívása
- N13: 2-es pont definiálása növekményes szögérték megadásával
- N14: Fúróciklus hívása

stb.

2. Alakzat marása (G1)

- $a_1 = 44^\circ$
- $a_2 = 88^\circ$
- $a_3 = 132^\circ$
- $a_4 = 180^\circ$
- $a_5 = 69^\circ$

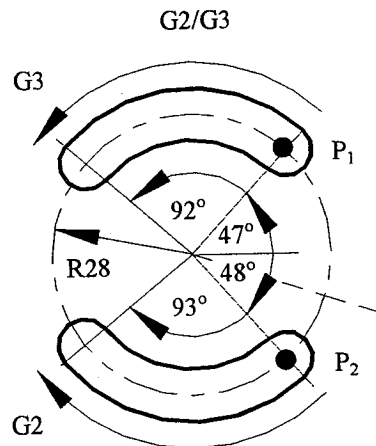


7.21. ábra. Lineáris interpoláció (forrás: SIEMENS)

N10	G111	X...	Y...
N11	G0	RP=27.	AP=0
N12	G1	RP=26.	AP=44. F300
N13		RP=26.	AP=88.
N14		RP=28.	AP=132.
N15		RP=32.	AP=180.
N16		RP=38.	AP=IC(69.)
N17		RP=27.	AP=0

Póluspont definiálása
 Pozicionálás az 1-es pontba
 Lineáris interpoláció a 2-es pontba

3. Körinterpoláció, horonymarás



7.22. ábra. Körinterpoláció

N10	G111	X...	Y...
N21	G0	RP=28.	AP=47.
N22	G1	Z-10.	F100
N23	G3	AP=IC(92.)	F200
N24	G0	Z5.	
N25		RP=28.	AP=-48.
N26	G1	Z-10.	F100
N27	G2	AP=IC(-93.)	F200
N28	G0	Z5.	

N10: Póluspont definiálása
 N21: Horony kezdőpontra pozicionálás (P₁)
 N22: Z irányú mozgás -10 mm-re
 N23: Körinterpoláció
 N24: Kiemelés
 N25: P₂ pontra pozicionálás
 N26: Z irányú mozgás -10 mm-re
 N27: Körinterpoláció
 N28: Kiemelés

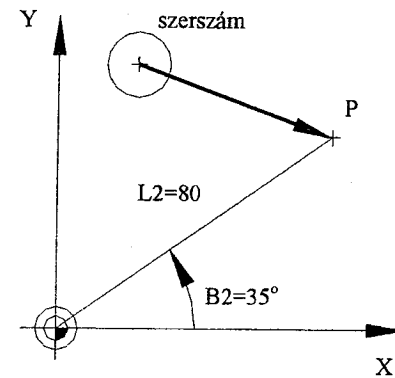
c) eset (MAHO szerint)

- szögprogramozás: cím: jelentés:
 B1= növekményes érték
 B2= abszolút érték (az X tengelyhez képest)
 B3= L3-hoz tartozó szög
 B5= középponti szög körprogramozáskor

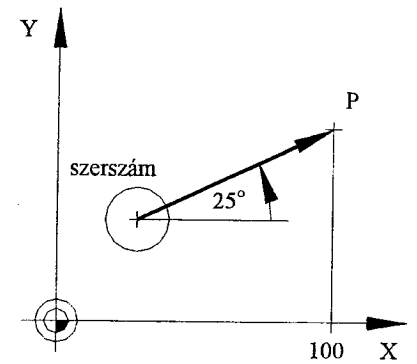
- távolság programozása: cím: jelentés:
 L1= növekményes érték
 L2= abszolút érték
 L3= kör középpont polár sugara

Programozás abszolút rendszerben (G90, 7.23. ábra)

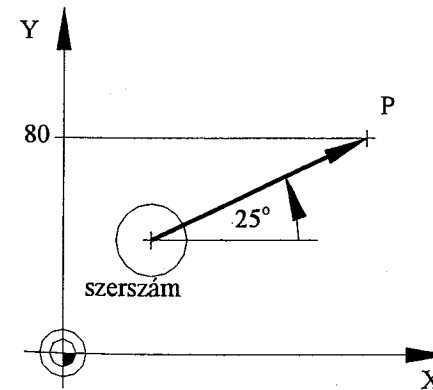
Az utasításokban szerplő „f” jel (pl.: G02/G03) azt jelenti, hogy vagy az egyik, vagy a másik szót kell programozni.



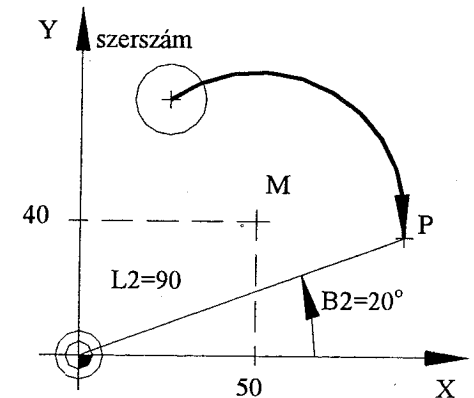
a) ábra:
 G0/G1 B2=35. L2=80.



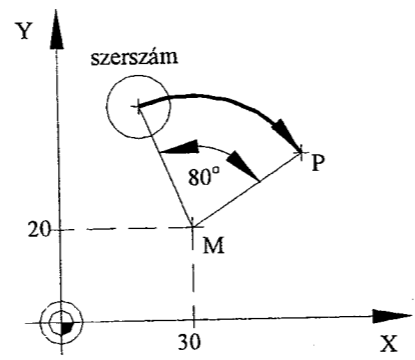
b) ábra:
 G1/G0 X100. B1=25.



c) ábra:
 G1/G0 Y80. B1=25.

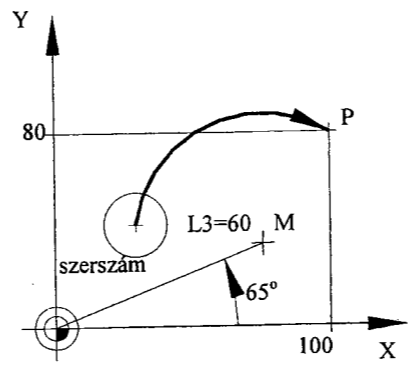


d) ábra:
 G2/G3 I50. J40. B2=20. L2=90.



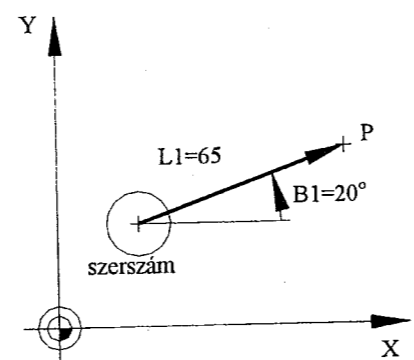
e) ábra:
G2/G3 I30. J20. B5=80.

7.23. ábra. Programozás abszolút rendszerben

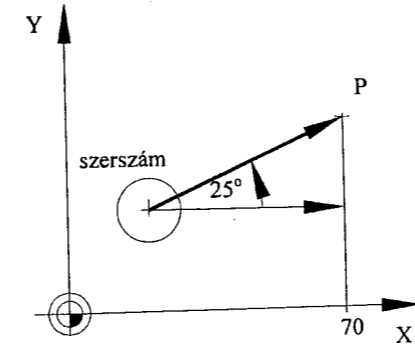


f) ábra:
G2/G3 X100. Y80. B3=65. L3=60.

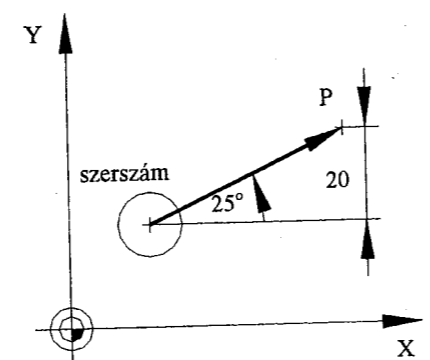
Programozás növekményes rendszerben (G91, 7.24. ábra)



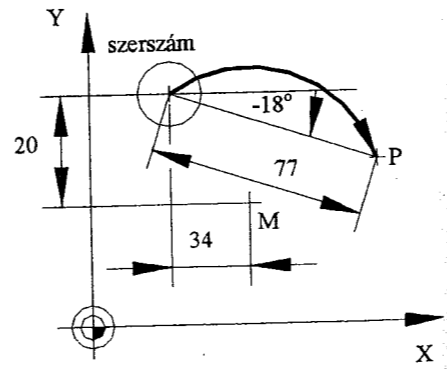
a) ábra
G1/G0 B1=20. L1=65.



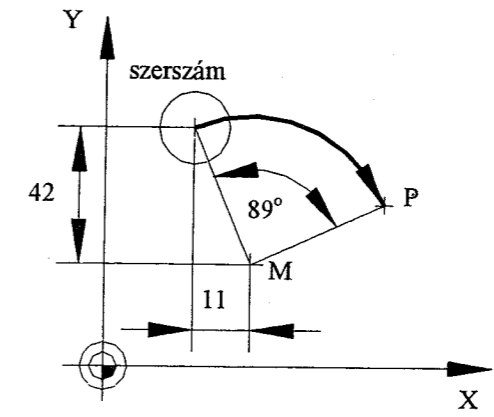
b) ábra:
G1/G0 X70. B1=25.



c) ábra:
G1/G0 Y30. B1=25.



d) ábra:
G2/G3 I34. J-20. B1=18. L1=77



e) ábra:
G2/G3 I11. J-42. B5=89.

7.24. ábra. Programozás növekményes rendszerben (G91) (forrás: [16])

8. A programozott pont pályája

A 6. fejezetben a geometriai adatok meghatározásakor nem vettük figyelembe a szerszámtérőt, ill. esztergáláskor a szerszám lekerekítési sugarát. A szerszám középpont pályája éppen a szerszámtérőt (lekerekítési sugár) miatt eltér a munkadarab kontúrjától. A szerszámtérőt figyelembevétele háromféle módon történhet:

- a „szerszám középpont” programozásával,
- az „egységsugár korrekció” alkalmazásával,
- a „pályagenerálás”, alkalmazásával.

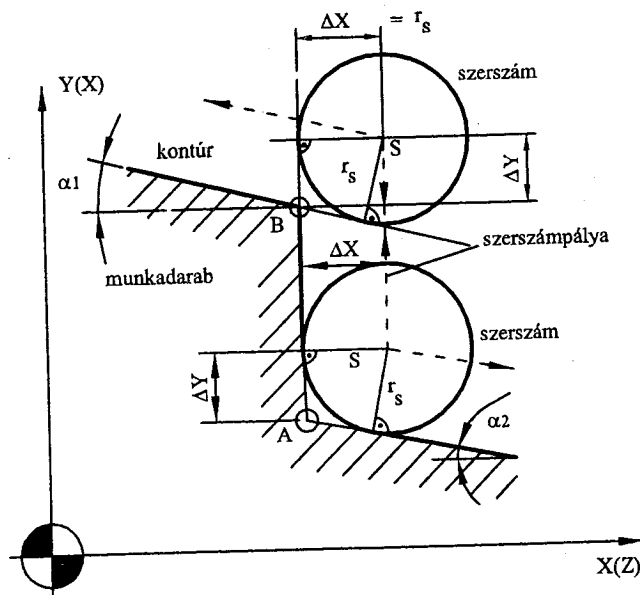
8.1. A szerszám középpont programozása

A szerszám középpont programozása azt jelenti, hogy a programozó határozza meg a szerszám programozott pontjának (S. fejezet) pályáját.

A CNC-vezérléseket megelőző időszak egyedüli programozási módszere volt, de ma is előnyösen használható üresjáratú mozgások leírására, szerszámtérőtől megegyező szélességű hornyok megmunkálásának programozására, stb. Számos CAD/CAM-rendszer ilyen módon szolgáltatja a posztprocesszált koordinátákat.

A meghatározott szerszám középpont-pálya csak adott szerszámtérőre lesz érvényes. Ha megváltozik a szerszámtérő (pl. nem áll rendelkezésre a megfelelő szerszám vagy szerszámkopás miatt csökken az átmérő) újra meg kell határozni a koordinátaértékeket.

A 8.1. ábrákon az előforduló szerszámhelyzeteket, és a szerszám programozott pontjának (S, P) meghatározási módszereit mutatjuk be.



$$\Delta X = r_s$$

$$\Delta Y_B = r_s \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\alpha_1}{2} \right)$$

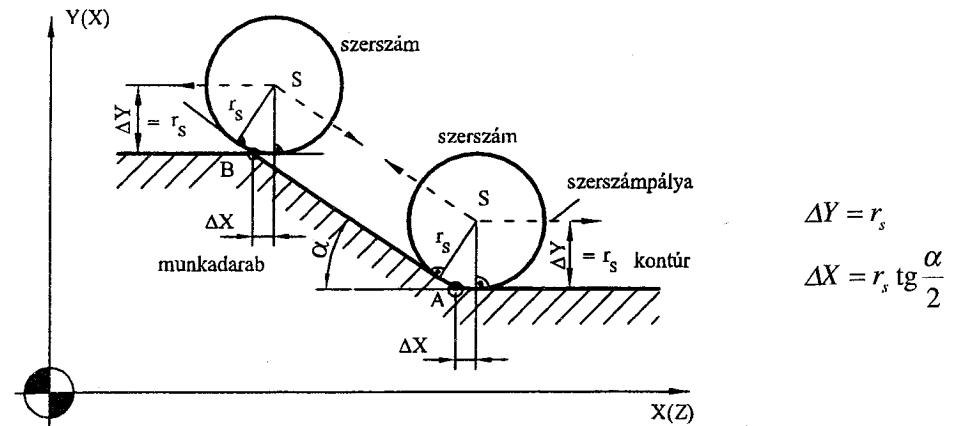
$$\Delta Y_A = r_s \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\alpha_2}{2} \right)$$

Mindegyik esetben ismert az alkatrészkontúr és a kontúrelemek paraméterei. A szerszámnak az ábrákon jelölt helyzeteket kell elfoglalnia ahhoz, hogy a megmunkált kontúrelem utolsó pontját is elhagyja, és következő elem első pontját is érintse.

Az NC-programban az A ponthoz például a következő koordináták tartoznak

$$N \dots G1 \quad X < x_A + \Delta X > \quad Y < y_A + \Delta Y_A >$$

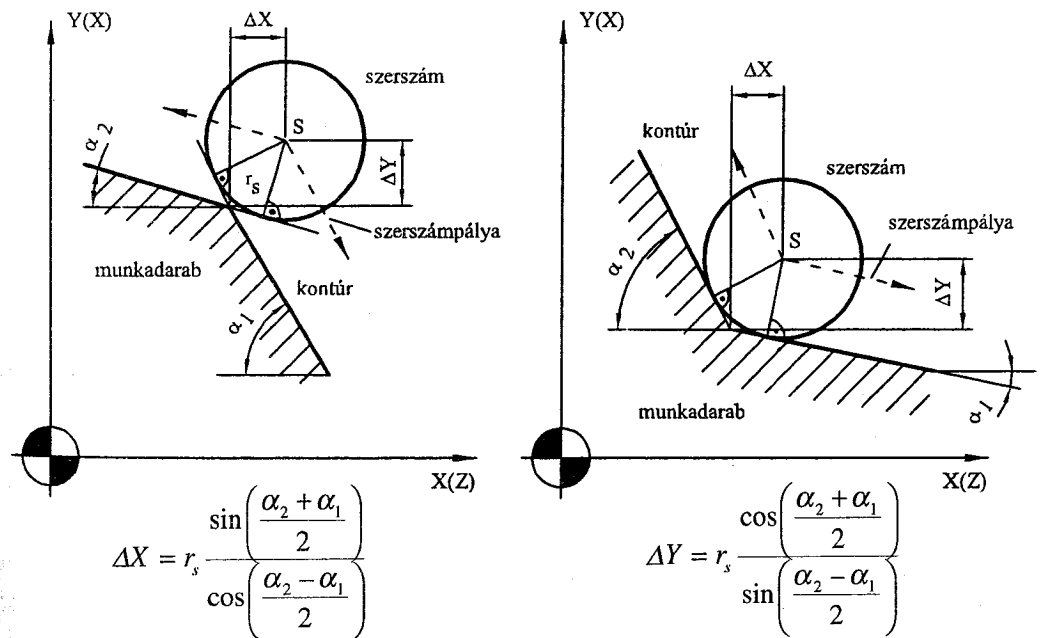
$\Delta X, \Delta Y$ értéke a mellékelt képlet szerint meghatározható: $\Delta X, \Delta Y = F(r_s, \alpha)$



$$\Delta Y = r_s$$

$$\Delta X = r_s \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

8.2. ábra. Az elmozdulás párhuzamos az X tengellyel

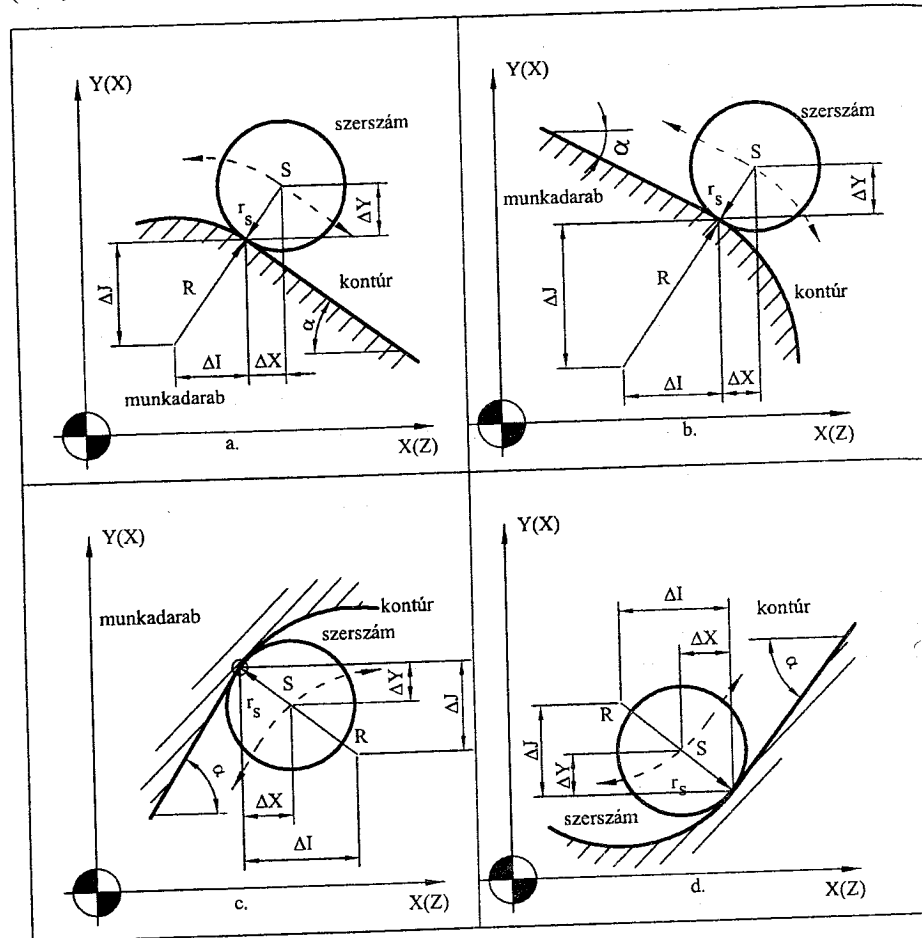


$$\Delta X = r_s \frac{\sin \left(\frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} \right)}{\cos \left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right)}$$

$$\Delta Y = r_s \frac{\cos \left(\frac{\alpha_2 + \alpha_1}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right)}$$

8.3. ábra. Elmozdulás általános helyzetű egyenesek mentén

Egyenes és körív találkozásakor – amely érintőleges vagy metsző lehet – mind a szerszámpálya végpontja (X,Y,Z), mind pedig a kör interpolációs adatai változnak. (8.4., 8.5., 8.6. ábra)



$$\Delta X = r_s \cdot \sin \alpha$$

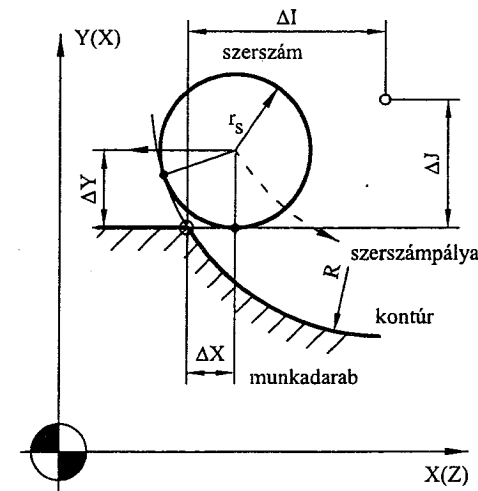
$$\Delta Y = r_s \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta I = R \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta J = R \cdot \cos \alpha$$

A programban írandó interpolációs adatokat (Ii és Jj) a következő módon kell kiszámítani:

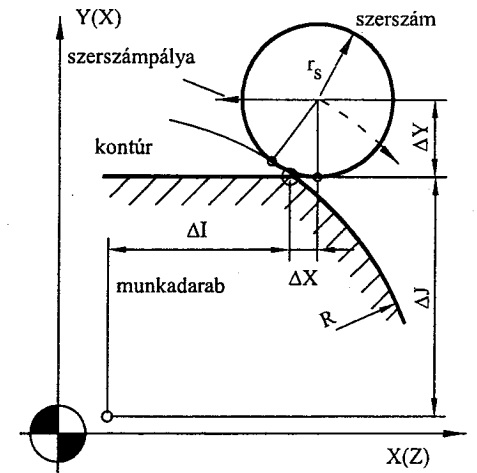
ábra	Programozandó	
	i	j
a), b)	$\Delta I + \Delta X$	$\Delta J + \Delta Y$
c), d)	$\Delta I - \Delta X$	$\Delta J - \Delta Y$



$$\Delta Y = r_s$$

$$\Delta X = \Delta I - \sqrt{(R - r_s)^2 - (\Delta J - r_s)^2}$$

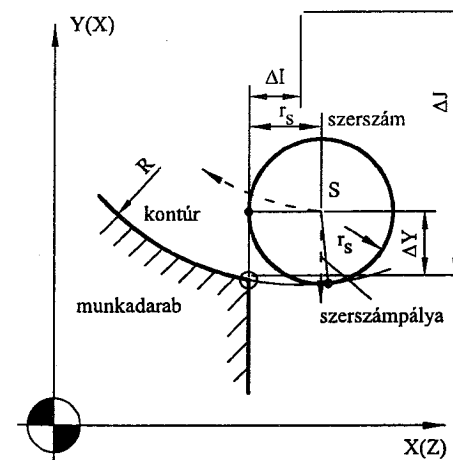
Program írandó I és J cím adata
 $i = \Delta I - \Delta X$ $j = \Delta J - \Delta Y$



$$\Delta Y = r_s$$

$$\Delta X = \sqrt{(R + r_s)^2 - (\Delta J + r_s)^2} - \Delta I$$

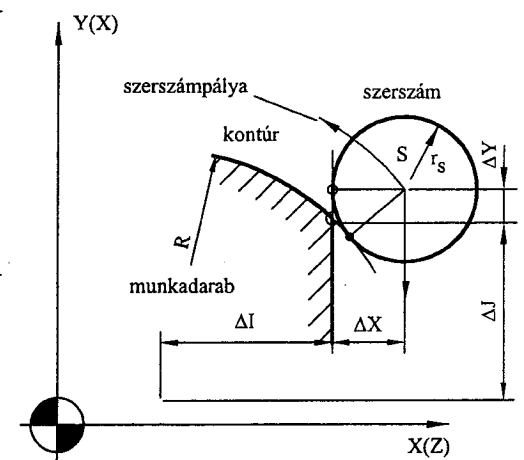
Programba írandó I és J cím adata
 $i = \Delta I + \Delta X$ $j = \Delta J + \Delta Y$



$$\Delta X = r_s$$

$$\Delta Y = \Delta J - \sqrt{(R - r_s)^2 - (\Delta I - r_s)^2}$$

Programba írandó I és J cím adata
 $i = \Delta I - r_s$ $j = \Delta J - \Delta Y$

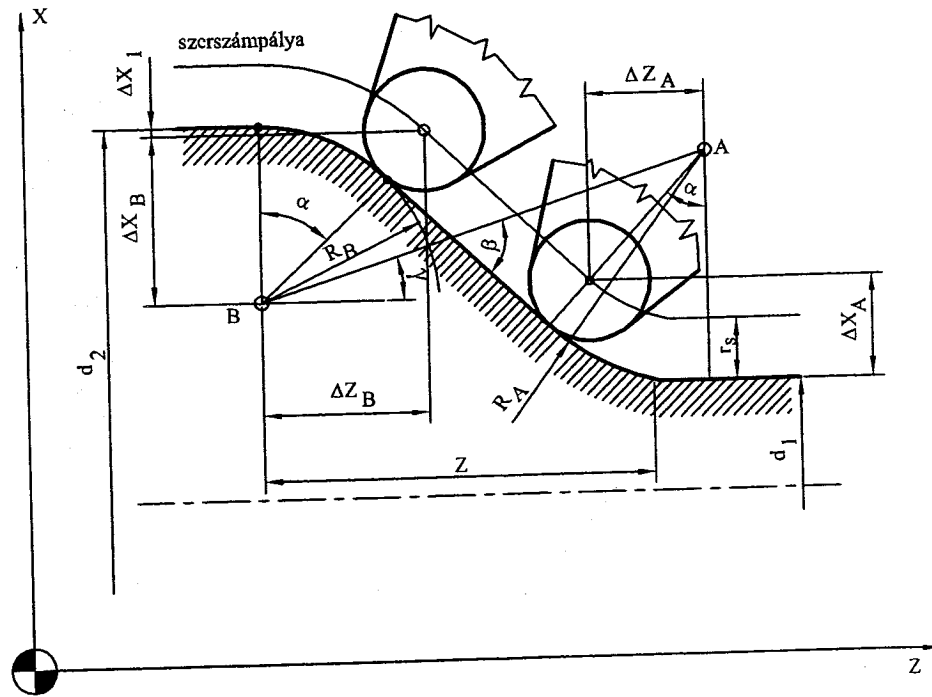


$$\Delta X = r_s$$

$$\Delta Y = \sqrt{(R + r_s)^2 - (\Delta I + r_s)^2} - \Delta J$$

Programba írandó I és J cím adata
 $i = \Delta I + \Delta X$ $j = \Delta J + \Delta Y$

Esztergáláskor a szerszám lekerekítési sugara miatt a probléma hasonló (8.7. ábra)



$$\alpha = \beta - \gamma; \quad \Delta Z_A = (R_A - r_s) \sin \alpha; \quad \Delta X_A = R_A - (R_A - r_s) \cos \alpha$$

$$\Delta Z_B = (R_B + r_s) \sin \alpha; \quad \Delta X_B = R_B - (R_B + r_s) \cos \alpha$$

8.7. ábra. Szerszámközep pont helyzete esztergáláskor

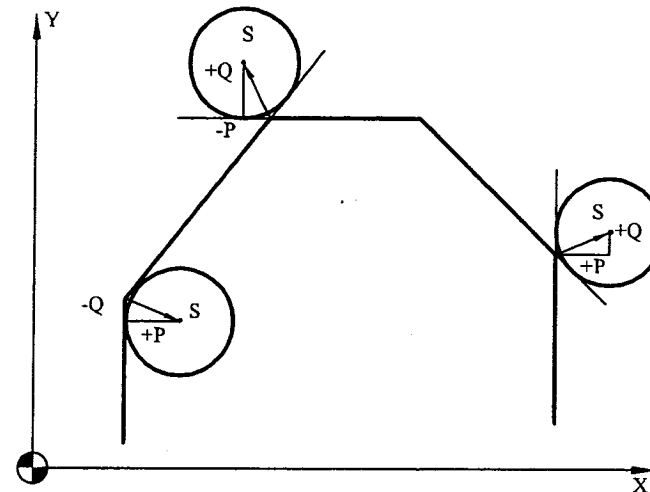
8.2. Egységsugar-korrekcio

Az elozokeben lattuk, hogy kell meghatározni a konturpont és a programozott pont helyzete közötti távolságokat (ΔX , ΔY , ΔZ), ha a sugárkorrekciót a programba építjük.

Ezek az értékek az alkatrész geometriáján kívül a szerszám sugar r_s értékétől is függenek. Megszűnik az r_s sugártól való függés, ha feltesszük, hogy $r_s = 1$. Ebben az esetben a ΔX , ΔY , ΔZ eltérések egységnyi szerszám sugarhoz tartoznak. A konturpontból, a szerszámközpontba mutató vektor komponenseit (ΔX , ΔY , ΔZ) R_X, R_Y, R_Z címeken adhatjuk meg az alkatrészprogramban. A vezérlés a tényleges szerszám sugar az $X, R_X; Y, R_Y; Z, R_Z$ értékek ismeretében meghatározhatja az S pont helyzetét. A szerszám sugar értéke a szerszámkorrekciós regiszterből ismert.

N... X... Y... Z... R_X ... R_Y ... R_Z ...

R_X, R_Y, R_Z helyett más címek is használatosak (pl: $I, J, K, P, Q, R, CX, CY, CZ$)



8.8. ábra. Az egységsugar-korrekcio előjele

Példa

Nézzük a 8.2. ábrát.

A B pont koordinátái legyenek: $X_B = 100$ $Y_A = 120$;

Az egyenes hajlásszöge: $\alpha = 30^\circ$;

$$r_s = 1 \quad \left. \begin{array}{l} \Delta Y \equiv RY \\ \Delta X \equiv RX \end{array} \right\} \text{egységsugar korrekciók}$$

$$\Delta Y = r_s = 1$$

$$\Delta X = r_s \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 1 \cdot \operatorname{tg} \frac{30}{2} = 0,2679492$$

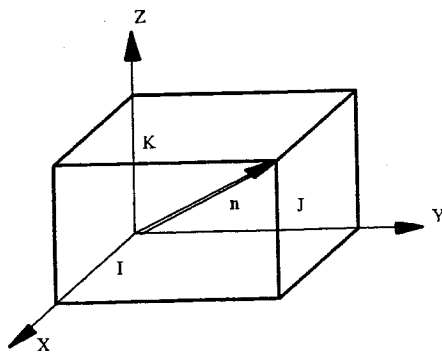
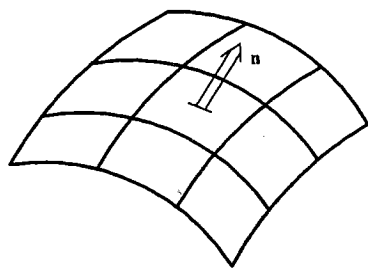
$$\text{Tehát: } RY = 1; \quad RX = 0,2679492$$

Programozzuk X irányban P , Y irányba Q címmel a korrekciós értékeket.

N... G01 X100. Y120. P 0.268 Q1.

Olyan esetekben, amikor az egységsugar-korrekcio vektor G kóddal programozható, általában **G41** vagy **G141** használatos.

Mód van arra, hogy a térbeli felületi normális komponenseit I, J, K címmel adjuk meg.



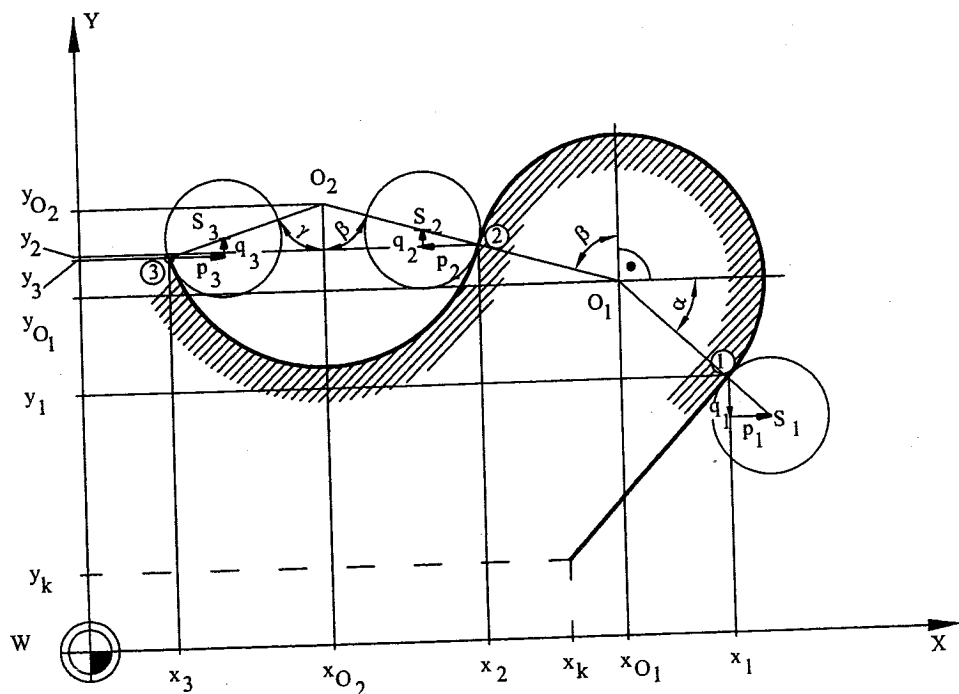
8.9. ábra. Térbeli sugárkorrekció

G141 I... J... K...

Az előző példában tehát:

N... G01 G141 X100. Y120. I0.268 J1.

Nézzük a 8.7. ábrán lévő kontúrt. Az 1-3 pontok közötti szakaszhoz tartozó programot egységssugarú korrekció alkalmazásával írjuk meg. Használjunk P, Q címeket az értékek megadásához.



Az egységssugarú-korrekciók:

$$\begin{aligned} p_1 &= \cos\alpha & q_1 &= -\sin\alpha \\ p_2 &= -\sin\beta & q_2 &= \cos\beta \\ p_3 &= \sin\gamma & q_3 &= \cos\gamma \end{aligned}$$

A program abszolút rendszerben (G90)

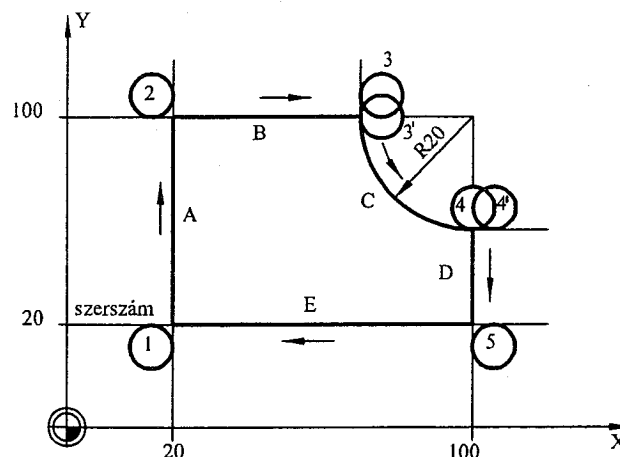
```
N10 G01 Xx1 Yy1 Pp1 Qq1
N11 G03 Xx2 Yy2 Ix01 Yy01 Pp2 Qq2
N12 G02 Xx3 Yy3 Ix02 Jy02 Pp3 Qq3
```

Relatív rendszerben (G91)

```
N10 G01 X<x1+xk> Y<y1-yk> Pp1 Qq1
N11 G03 X<x2-x1> Y<y2-y1> I<x01-x1> J<y01-y1> Pp2 Qq2
N12 G02 X<x3-x2> Y<y3-y2> I<x02-x2> J<y02-y2> Pp3 Qq3
```

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy egységssugarú-korrekciót alkalmazva előfordulhat, hogy a szerszám az előző kontúrelem végpontjában áll, és nem indul el a következő geometriai elem megmunkálására, mert nincs a megfelelő kezdőpontban. Ilyen esetben egy új mondatot kell beiktatni, amelyben új korrekciós értékkel (P, Q) megismételjük az előző elem végpontjának koordinátáit.

Nézzük a következő kontúrt (8.11. ábra). A szerszám az ①→②→③→③'→④→④'→⑤→① helyzeteken megy át.



8.11. ábra. Példa

1. P-1. Q-1.
2. P-1. Q1.
3. P1. Q1.
- 3' P1. Q0
4. P0 Q1.
- 4' P1. Q1.
5. P1. Q-1.

- A B egyenes végpontjából (③-as helyzet) nem indítható a körív mert a szerszám nincs rajta a körön. Először föl kell vennie a ③' helyzetet.
- A kör (C) végpontjában a szerszám a ④-es helyzetet foglalja el. A köríves mondatban tovább nem küldhető, mert e helyzethez tartozó érintési pont a körív

utolsó pontja. Ahhoz, hogy a D egyenesen tovább mehessen a szerszám, először a \odot helyzetet kell elfoglalni.

– A program:

N50 X20. Y20. P1. Q-1.
 N51 G01 Y100. Q1.
 N52 X80. P1.

N53	X80.	Y100.	P1.	Q0
-----	------	-------	-----	----

N54 G03 X100. Y80. I100. J100. P0 Q1.

N55	X100.	Y80.	P1.	Q1.
-----	-------	------	-----	-----

N56 Y20. Q-1.
 N57 X20. P-1.

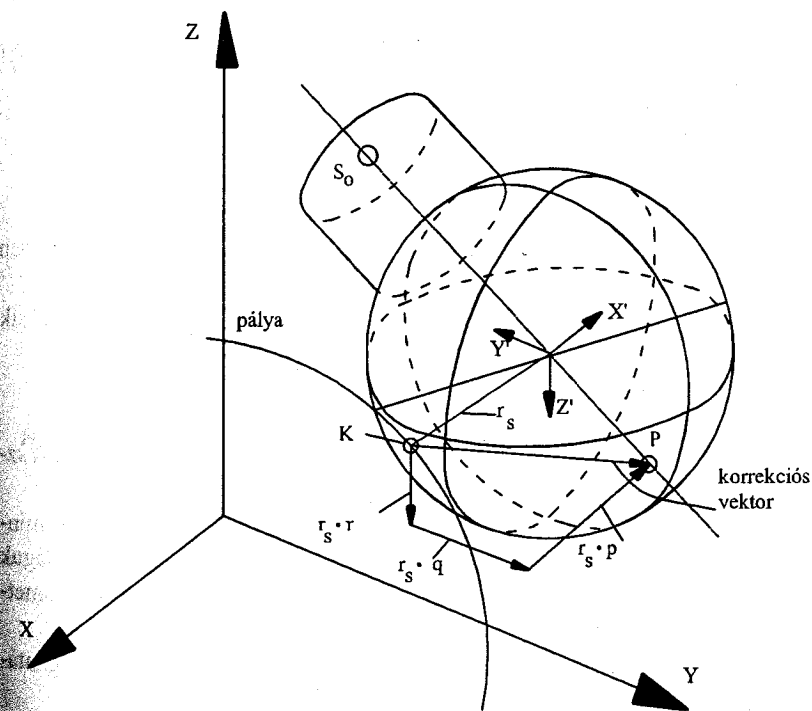
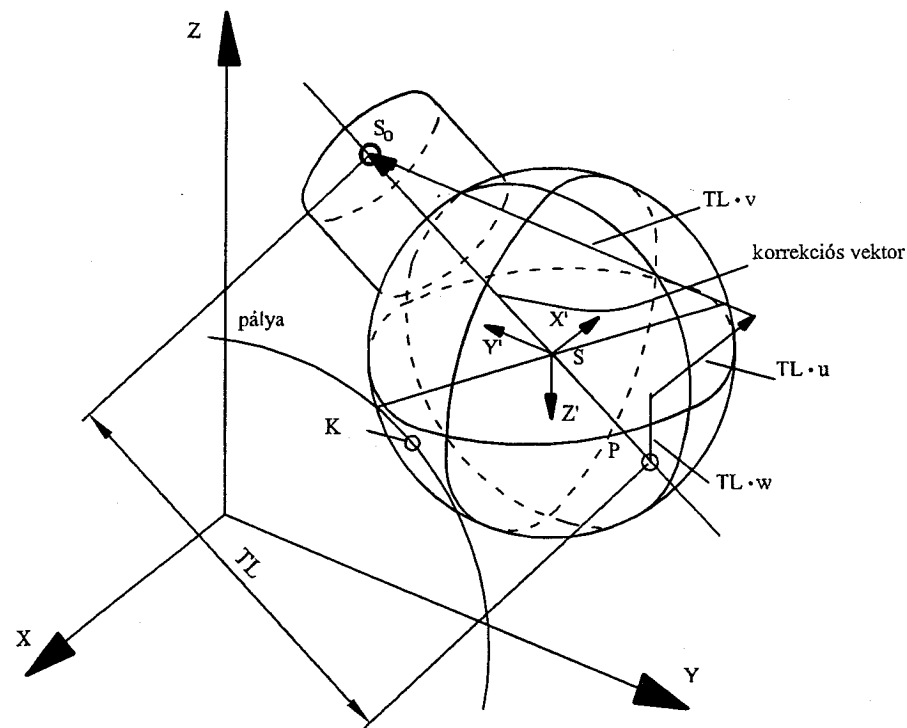
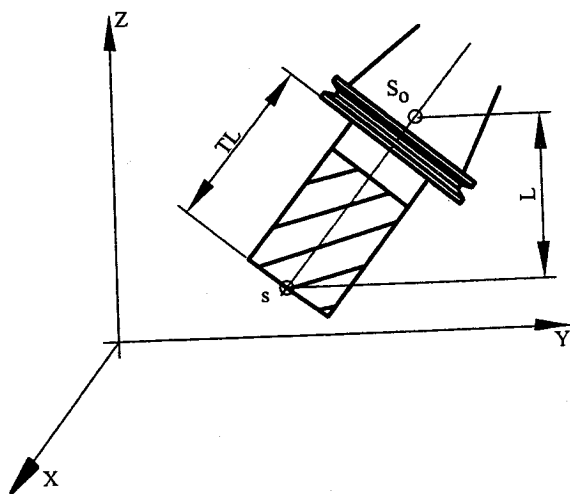
Az N53, N55-ös mondatokban egy szerszámsugárnyi tényleges elmozdulás lesz. A programozott egységsugár-korrekciók öröklődnek. A vezérlés bekapcsolása után kezdő értékük: 0.

8.3. Egység-hossz-korrekció

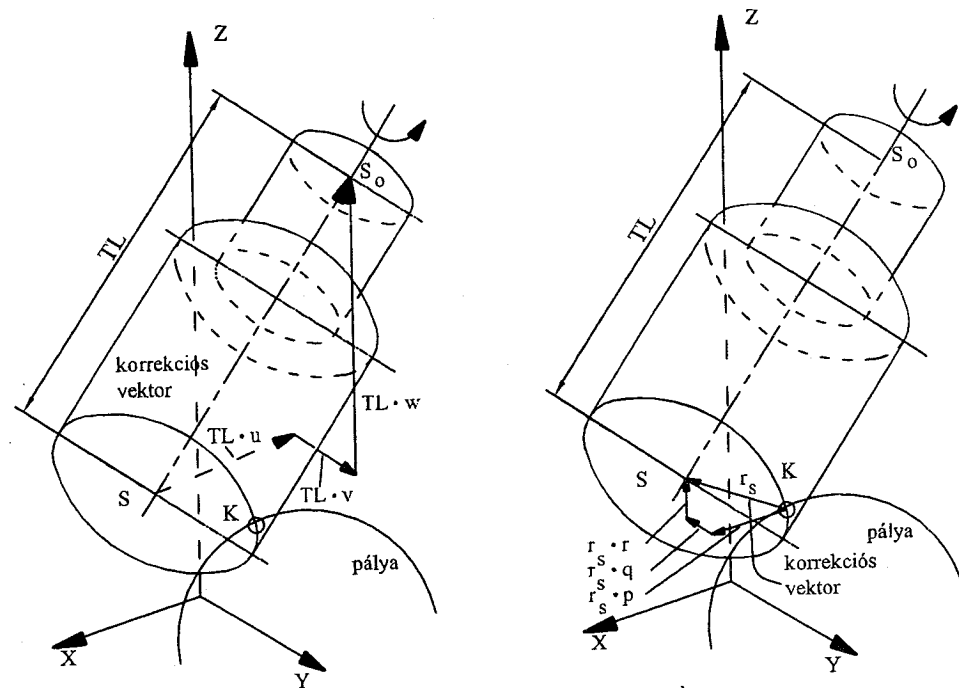
Négy- és öttengelyes megmunkálásoknál, gömb végű és hengeres szerszámok esetén – amennyiben a szerszám végzi a forgó tengelyek menti mozgást (A, B, C) – a célpont számításánál a szerszám hosszmeretét is figyelembe kell venni. Ilyen esetben pozicionáló Z irányban a szerszám programozott és vezérelt pontja közötti távolság (L^*) a szerszám szöghelyzetétől is függ.

Nézzünk egy egyszerű példát (8.12. ábra)

Az egységsugár-korrekcióhoz hasonló módon járhatunk el. A szerszám TL hosszát egységnyinek tekintjük, és meghatározzuk a szerszámhossz X, Y, Z irányú vetületeit. Legyenek ezek rendre LX, LY, LZ . A vezérlés a konkrét TL , valamint LX, LY, LZ ismeretében a szükséges számításokat el tud végezni. Az egység-hossz-korrekció (LX, LY, LZ) helyett például U, V, W címekkel is programozható.



8.13. ábra. Egységnyi sugár és korrekció (szerszámalak: gömb)



8.14. ábra. Egységnyi sugár és hosszkorrekció (szerszámalak: henger)

8.4. Automatikus sugárkorrekció alkalmazása (pályagenerálás)

Használata szükségtelemmé teszi a korrekciós vektorok számítását és programozását. Az alkatrészprogram a kontúrponatok koordinátáit tartalmazza.

G41 G42 G40

Az alkatrészprogramban először ki kell jelölni azt a koordinátasíkot, amelyben az elmozdulás történik (l.: körinterpoláció).

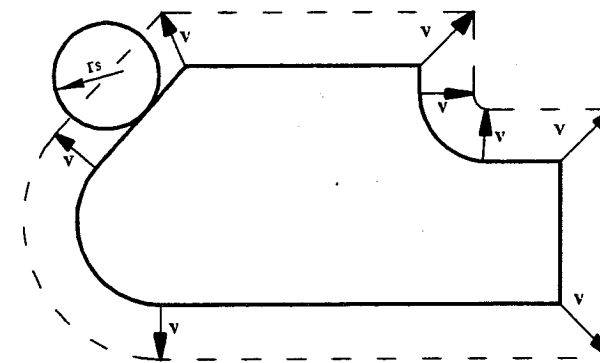
Általában a megmunkálóközpontokban az $X-Y$, az esztergagépeken az $X-Z$ sík az alapértelmezés

G17-XY G18-XZ G19-YZ

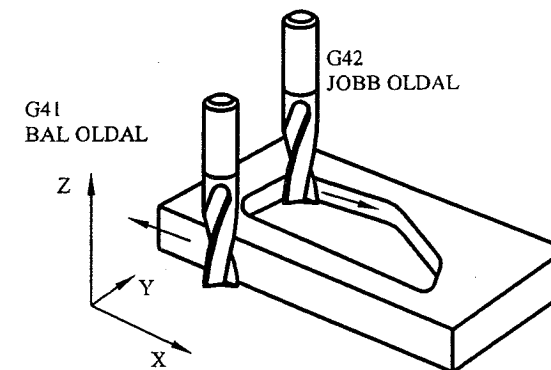
$G41$ vagy $G42$ hatására a vezérlés a szerszámátmérő ismeretében az alkatrészprogramban leírt kontúrral egyenközü pályát határoz meg.

Az egyenközü pályához tartozó korrekciós vektorok – amelyeket a vezérlés minden mondatba újra számol – az elmozdulásokat módosítják. Irányuk és nagyságuk a szerszámregiszterben tárolt szerszámugár értékétől és a kontúr aktuális geometriai paramétereitől függenek.

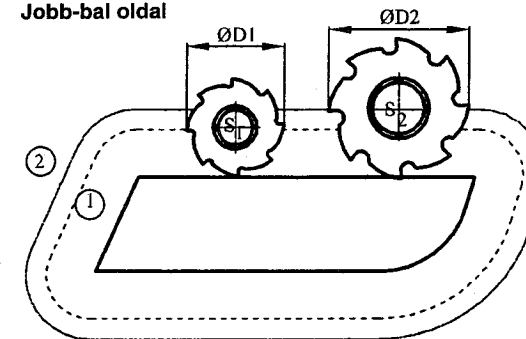
A pályagenerálás a $G40$ -es kóddal kapcsolható ki. Az egyenközü pálya meghatározásánál csak a síkban lévő korrekciók számításától mentesít a vezérlés.



8.15. ábra. Korrekciós vektorok a kontúrelemek kezdő és végpontjaiban



8.16. ábra. Jobb-bal oldal



8.17. ábra. Egyenközü pálya

A $G41$, $G42$ kódokkal azt adjuk meg, hogy a munkadarabon állva, haladási irányba nézve a szerszám a kontúr *bal* vagy *jobb* oldalán helyezkedik el.

Ha a szerszámátmérő $D1$, akkor az ①, ha $D2$ akkor pedig a ②, és számú egyenközü pályán mozog a szerszámközeppont.

8.4.1. Pályára állás

A pályagenerálás első mondata csak lineáris elmozdulás lehet. ($G00$, $G01$, $G36$)

A vezérlés a célhelyzetben merőlegest állít a pályaelemre, felméri a megfelelő irányba – $G41$ vagy $G42$ -től függően – a szerszámugarat, és az így kapott S pontba mozgatja a szerszám-középpontot.

N10	G17			
N11	G41	G00	X100.	Y50.
N10	G17			
N11	G42	G00	X100.	Y50.

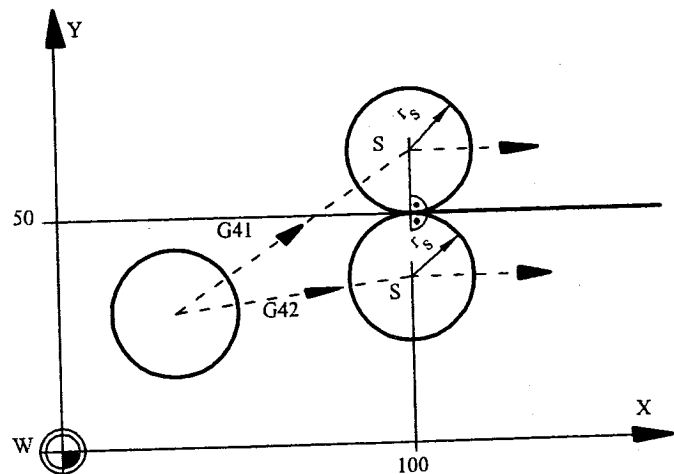
Látható, hogy ráállásnál nincs semmiféle ütközésvizsgálat, ezért a pályagenerálás első – G41, vagy G42- tartalmazó – mondatának összeállításakor különösen nagy figyelemmel kell eljárni.

A pályagenerálás fix ciklusokkal együttesen (G81-G89) is alkalmazható.

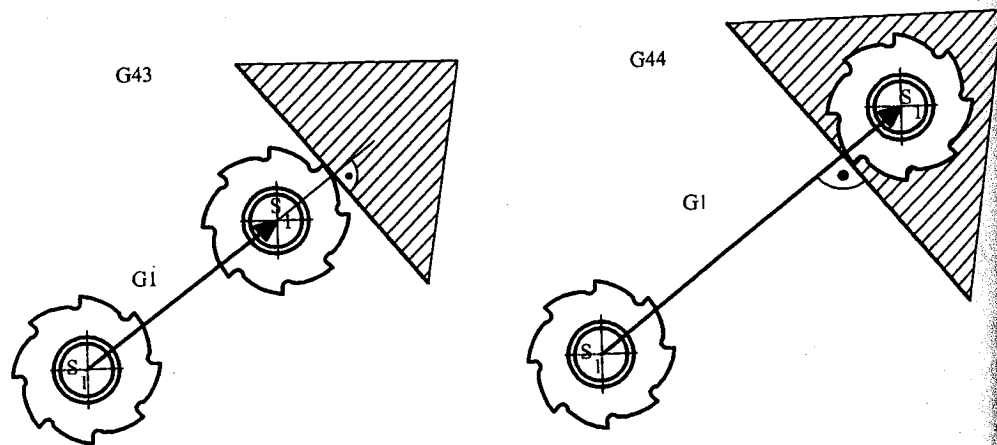
Néhány vezérlés az alapvetően szerszámhossz méret előjelére fenntartott G43, G44-es kódot használja arra, hogy lineáris interpolációval történő kontúrközelítéskor szabályozza a szerszám kontúrhoz viszonyított helyzetét (8.19. ábra).

G43 – elmozdulás a kontúrig

G44 – elmozdulás a kontúron túl.



8.18. ábra. Pályára állás

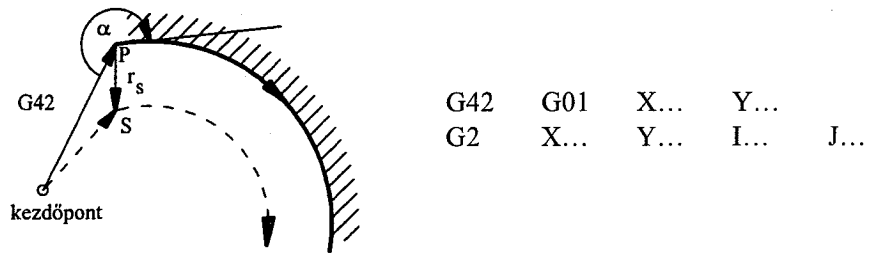
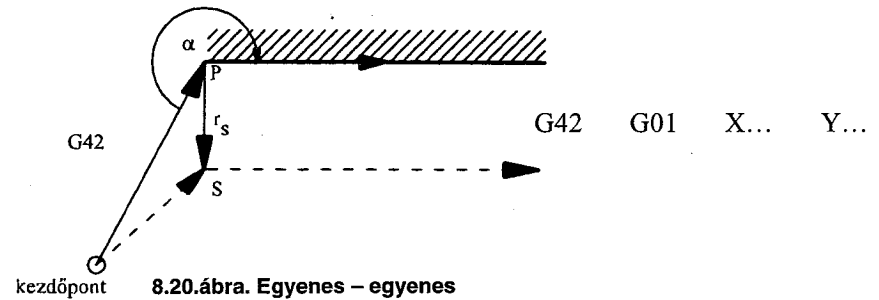


8.19. ábra. Mozgás a kontúrig vagy a kontúron túlra

A pályára állás alapesetei:

(G42 mellett és pozitív szerszámsugár értéket feltételezve)

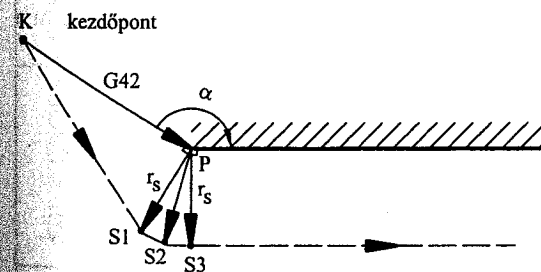
a) $180^\circ < \alpha < 360^\circ$



8.21. ábra. Egyenes – kör

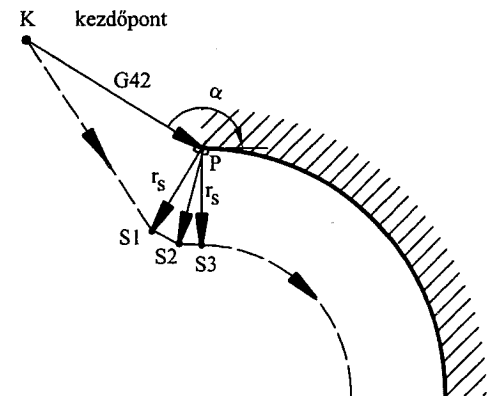
b) $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

● egyenes-egyenes



8.22. ábra. Pozicionálás, ha $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

● egyenes-kör

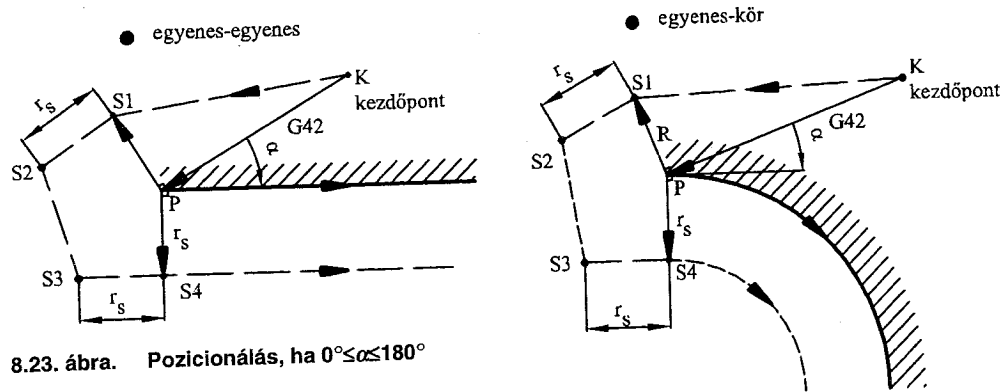


Lépések:

- A kontúr elem első pontjában (P) erre az elemre, és a KP szakaszra merőlegest állít a vezérlés. Ha kör a kontúr elem, akkor a P pontban a kör érintőjére húz merőlegest. Így alakul ki az S1 és S3 pont.

- Az S2 pontot az S1 ponton keresztül menő a KP szakasszal párhuzamos egyenes, és az S3-as ponton keresztül meghosszabbított egyenközű pálya metszi ki.
- A tényleges pálya tehát: K-S1-S2-S3

c) $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$

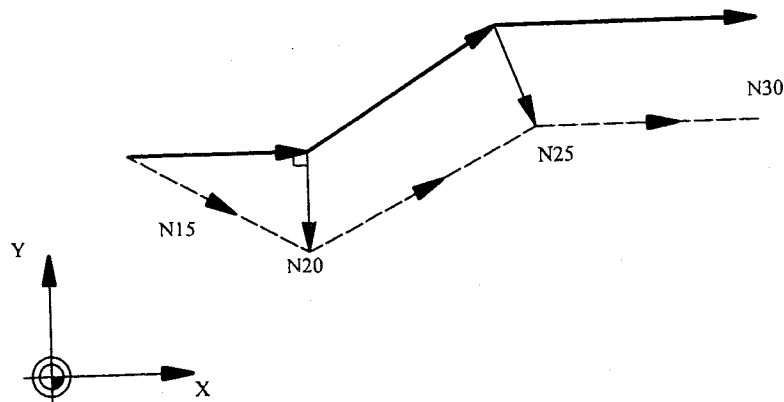


8.23. ábra. Pozicionálás, ha $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

A megközelítés módja a következő:

- a kontúrelem P kezdőpontjában a megközelítés egyenesére és az elemre (körnél az érintőre) merőlegest állít a vezérlés;
- felméri a szerszámsugarat (félátmérőt, S1 és S4 pont);
- az S1 pontból a ráállás egyenesével, az S4 pontból a kontúrelemmel (érintővel) párhuzamost húz, majd ezekre az egyenesekre felméri a szerszámsugarat (S2, S3);
- a mozgás: K-S1-S2-S3-S4.

Fontos tudni azt, hogy ha a korrekció bekapcsolását követő mondatban 0 elmozdulás adódik a kiválasztott síkban, akkor a korrekciós vektor a bekapcsolás utolsó mondatra (az itt leírt kontúrelemre) lesz merőleges. A következő mondatban a szerszám pályája nem lesz párhuzamos a programozott kontúrral, tehát nem a programban leírt kontúr fog elkészülni (8.24. ábra).



N10 G40 G17 G0 X0 Y0
 N15 G91 G42 X80.
 N20 G1 X0
 N25 X30. Y60.
 N30 X60.

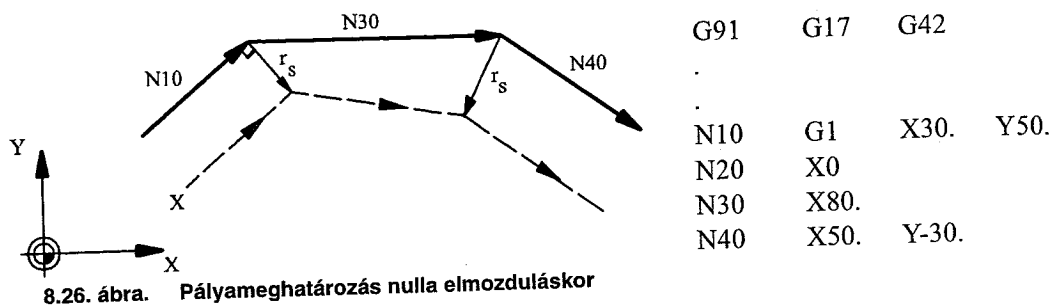
8.4.2. Haladás a kontúron

A korrekciószámítás bekapcsolt állapotában a vezérlés folyamatosan meghatározza a korrekciós vektorokat, a szerszámközéppont pályáját mindazon mondatok között, ahol a G0, G1, G2, G3 érvényes. Az elmozdulások között általában csak egy mondat lehet, amely nem tartalmaz a kiválasztott síkba eső elmozdulást.

	$180^\circ < \alpha < 360^\circ$	$90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$
egyenes-egyenes			
egyenes-kör			
kör-egyenes			
kör-kör			

8.25. ábra. Haladás a kontúron

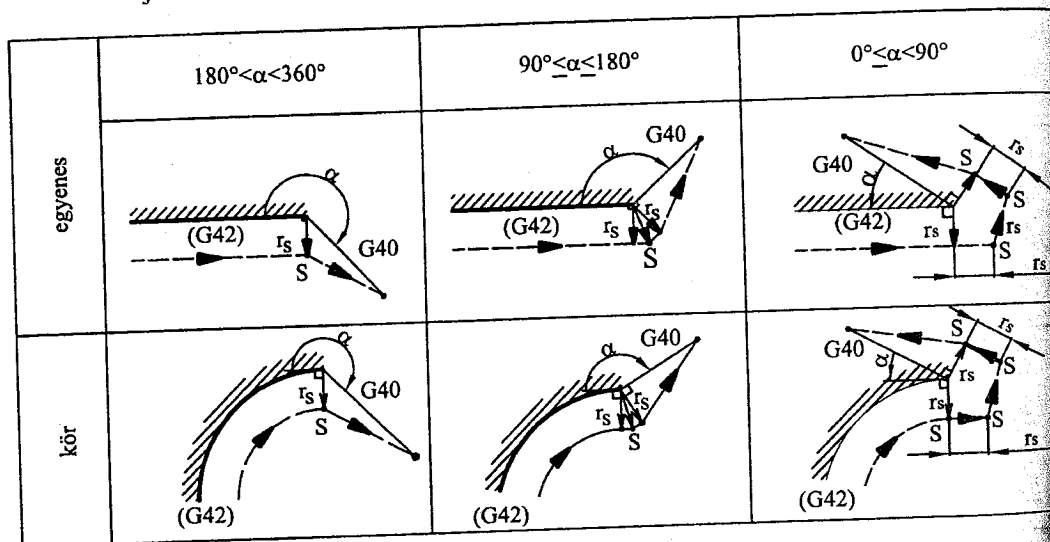
Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a számítási algoritmusok nulla elmozduláskor a következőképpen működnek: az előző mondat végpontjára állít merőlegest a vezérlés és a korrekciós vektor hossza a szerszámsugárral lesz azonos. Ebből az következik, hogy az ily módon meghatározott célhelyzetet felvéve, a felületen alámetszés, a kör esetén torzulás lép föl. (8.26. ábra)



8.26. ábra. Pályameghatározás nulla elmozduláskor

8.4.3. A szerszámsugár-korrekció számításának kikapcsolása (G40)

A korrekciós számítás törlését a G40-es kóddal lehet elérni. Csak lineáris elmozdulás esetén adható ki (G0, G1 mellett). A különböző eseteket a 8.27. ábrán mutatjuk be.

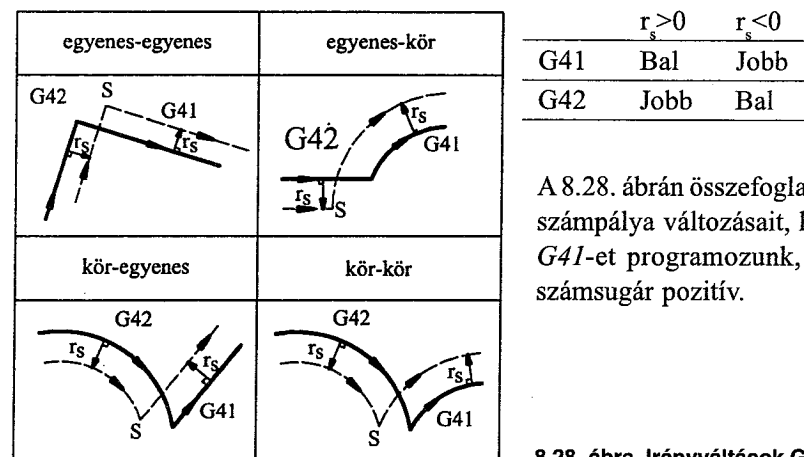


8.27. ábra. Pályagenerálás kikapcsolása

8.4.4. A sugárkorrekció irányváltása

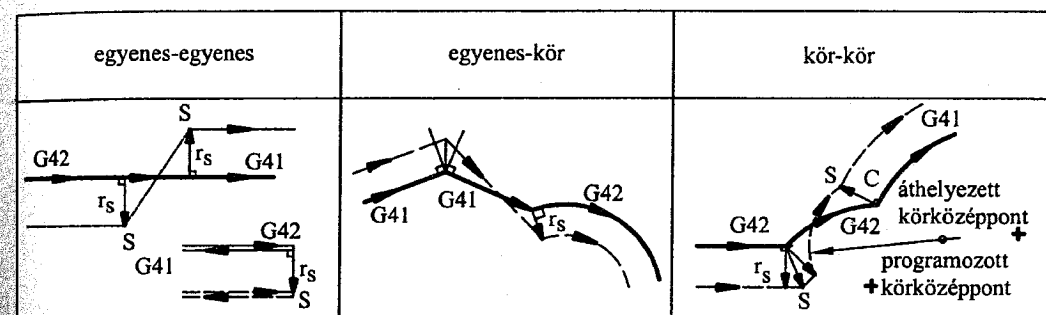
A kontúrkövetés irányát kétféle módon befolyásolhatjuk:
 a) jobb vagy bal oldal előírásával (G42 vagy G41);

Ha a szerszámsugár előjelet vált a szerszám helyzete is más lesz.



8.28. ábra. Irányváltások G42 → G41

Előfordulhat, hogy az egyenes – egyenes, egyenes – kör, kör – kör átmenetknél nem adódik metszéspon. Ilyen esetben a 8.29. ábrán látható eset valósul meg.



8.29. ábra. Irányváltások

Ha kör – egyenes, ill. kör – kör átmenetnél nem adódik metszéspon akkor a következő lesz az eljárás:

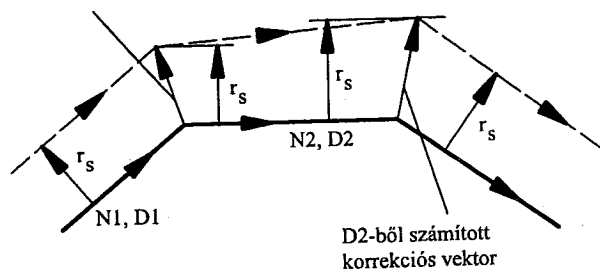
- az első és a második kört leíró mondat kezdőpontjában lévő korrekciós vektorok végpontját az r sugarú (programozott, korrigálatlan) körívvel köti össze a vezérlés;
- az összekötő körív középpontja nem fog egybeesni a programozott körív középpontjával;
- a szerszámátmérőtől függően lehetséges, hogy az irányváltás nem végezhető el.

A szerszámközpont egyenközű pályája akkor is megváltozik, ha új szerszámsugárértéket programozunk. Ez azt jelenti, hogy bekapcsolt pályagenerálás mellett (G41, G42) új korrekciós regisztert írunk elő. Abban a mondatban lesz először érvényes az új vektor, ahol az új regiszter szerepel (8.30. ábra). Az eredmény az lesz, hogy a szerszámközpont pályája nem lesz párhuzamos a progra-

mozott kontúrral, kör esetén pedig a szerszámközpont egy változó sugarú köríven fog elmozdulni.

Legyen a korrekciós regiszter programozása a következő: D1, D2, stb.

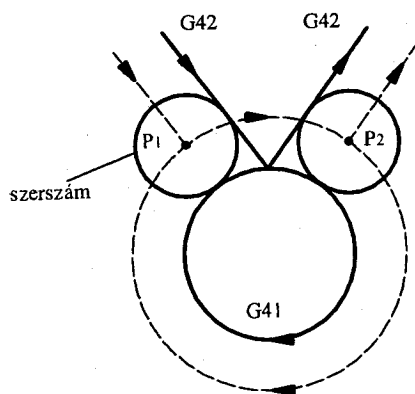
D1-ből számított
korrekciós vektor



D2-ből számított
korrekciós vektor

8.30. ábra. Pálya-módosítás
változó szerszámsugár esetén

Teljes kört programozva előadódhat, hogy a szerszámközpont pályája nagyobb lesz egy teljes körülfordulásnál. Ha a közelítés $G42$, a körön való elmozdulás $G41$, és az eltávolodás $G42$ típusú, akkor a teljes körön kívül (P_1-P_2) még a P_1-P_2 ívet is befutja a szerszám. Ezt a módszert alkalmazva, könnyen megvalósítható technológiai (felületminőség) szempontból indokolt túlfutás. (8.31. ábra)



8.31. ábra. Túlfutás a körön

Tekintsük a következő programrészletet:

```
N10 G17 G42 G91
N11 G1 X30. Y-40. Pozicionálás P1-be
N12 G41 G2 J-40.
N13 G42 G1 X30. Y40.
```

8.4.5. Nullkör-, sarokív-programozás

Bekapcsolt pályagenerálás mellett ($G41$, $G42$) elérhető, hogy külső sarkokat tartalmazó pálya esetén a vezérlés ne metszéspontokat számolva határozza meg a korrekciós vektorokat – esetenként szakaszokat beiktatva – hanem egy szerszám sugárnyi köríven mozogjon a szerszámközpont. Mivel az ilyen körmenti elmozdulásnak nulla sugarú nyoma van az eredeti kontúron, ezért a szokásos elnevezés nullkörprogramozás. A nullkörprogramozás előnye, hogy jobban tervezhető a szerszám pályája, így csökkentve az esetleges ütközésveszélyt. Nagyo-

szerszámátmérők esetén a szerszám távol kerülhet a kontúrtól – 8.22., 8.23. ábra – és a készülék elemekhez, pl: rögzítőcsavarokhoz, ütközhet.

A sarokív (nullkör) programozásnak két módja terjedt el a különböző NC-programnyelvekben:

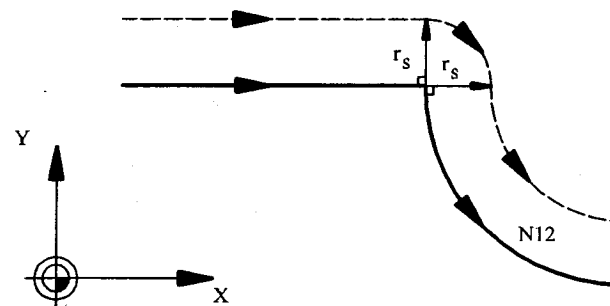
1) G kód alkalmazásával, pl: $G39$

$G41$ állapotban $G02$, ha $G42$ érvényes akkor $G03$ irányú, szerszámsugárnyi rádiusszal kört iktat be a vezérlés.

2) NC-cím és 0 érték programozásával:

pl: E0, R0, B0

Ilyen esetben abban a mondatban kell szerepelnie a nullkörnek, amely kontúrelem végén kívánjuk beiktatni.



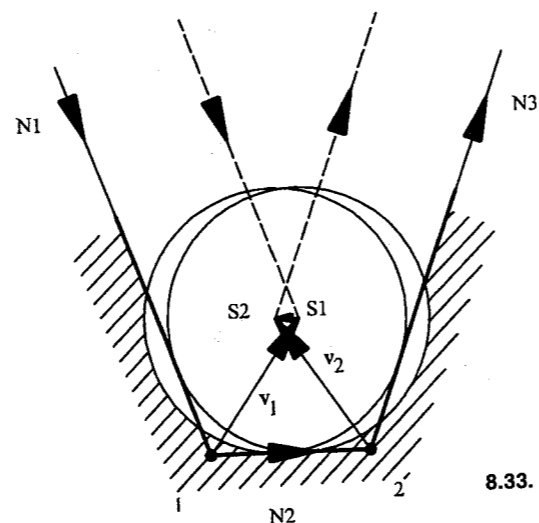
8.32. ábra. Sarokkerülés

```
...G17 G91 G41
.
.
.
1) N10 G1 X100.
N11 G39
N12 G3 X70. Y-70. I70. J0
.
.
2) N10 G1 X100. B0
N12 G3 X70 Y-70. I70. J0
```

8.4.6. Interferenciák, alámetszések pályagenerálásakor

$G41$, $G42$ programozásakor számos esetben előfordulhat, hogy a szerszám-pálya eltér a programozott-tól, a szerszám olyan megmunkálást végez – belemetsz a munkadarabba – amely a programot készítő szándékával ellentétes. A vezérlések eltérő módon kezelik ezt a problémát. Legegyszerűbb esetben semmiféle vizsgálat nincs, a kontúralámetszések valóban bekövetkeznek

Példa erre a 8.33. ábrán vázolt kontúr:



8.33. ábra. Alámetszés a 3. elemen

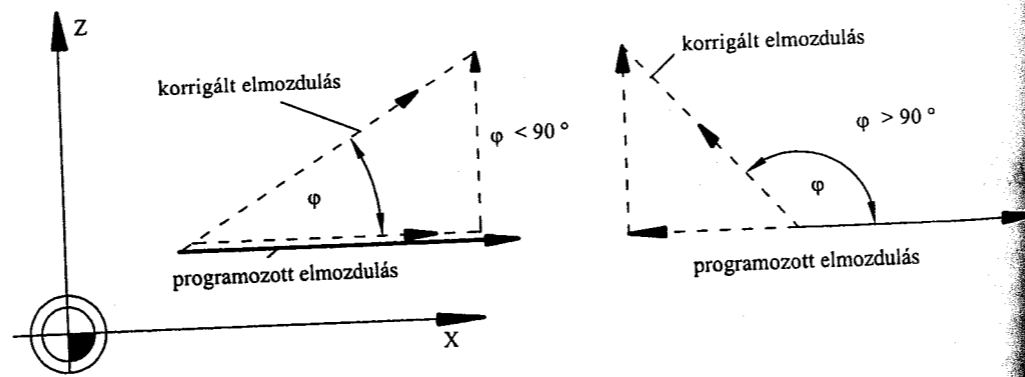
A vezérlés 1 pontba mozgatva a szerszámot az $N1$, $N2$ mondatban megadott kontúrelemekből meghatározza a v_1 vektort, a szerszámközpont az $S1$ -be kerül. Közben a szerszámsugár meghatározható értékétől kezdődően a 3. elembe belémetesz.

A v_2 vektort az $N2$, $N3$ -ból határozza meg, majd az $S2$ pontba mozdulva most az első elemen lesz alámetszés.

A leírt eset elkerülésére a vezérlés interferencia vizsgálatot végezhet: teljesülni kell a

$-90^\circ \leq \varphi \leq +90^\circ$ feltételnek arra a φ szögre amely a programozott elmozdulás és a sugárkorrekcióval korrigált elmozdulás között van.

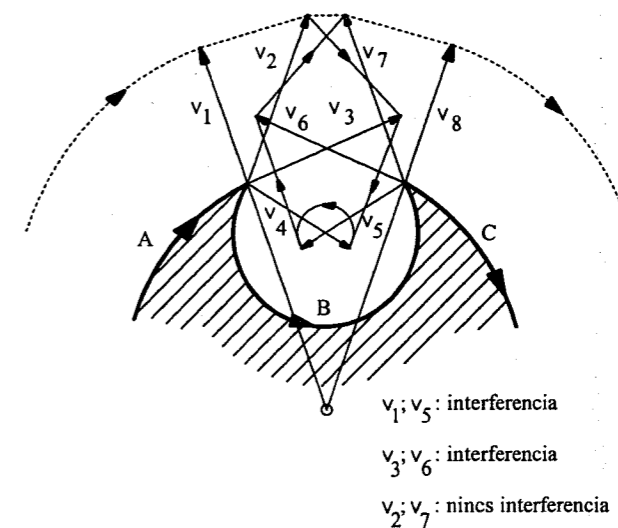
Más szóval, a vezérlésnek azt kell megvizsgálnia, hogy a korrigált elmozdulásvektornak van-e programozott elmozdulásvektorral ellentétes irányú komponense (8.34. ábra).



8.34. ábra. Interferencia-vizsgálat

$\varphi < 90^\circ$: nincs alámetszés;
 $\varphi > 90^\circ$: van alámetszés (hibajelzést ad a vezérlés).

A hibajelzésen kívül – azt megelőzően – a vezérlés automatikusan megpróbálhatja az interferencia-jelenségeket kiszűrni. (8.35. ábra) (Gyakran a vezérlés működése belső regiszter értékekkel változtatható!)



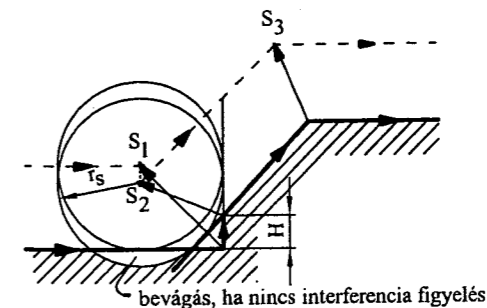
8.35. ábra. Az interferencia kiszűrése (forrás: [17])

Az A és B kontúrelemeket leíró mondat között kiszámított korrekciós vektorok: v_1, v_2, v_3, v_4 . A és C között pedig v_5, v_6, v_7, v_8 . A vezérlés a B mondat kezdőpontjában és végpontjában párba veszi a vektorokat és interferencia esetén párosával elhagyja őket. Tehát v_4 és v_5 , v_3 és v_6 , v_2 és v_7 vektorokat.

Ha az egyik oldalon a korrekciós vektorok száma 1 vagy egyre csökken, akkor csak a másik oldaliakat hagyja el. Az elhagyás addig folytatódik, ameddig az interferencia fennáll. A B elem kezdőpontjában az első (v_1) és a végpontjában az utolsó (v_8) korrekciós vektor nem hagyható el. Az elhagyások után a maradék korrekciós vektorokat a vezérlés mindig egyenlővel köti össze.

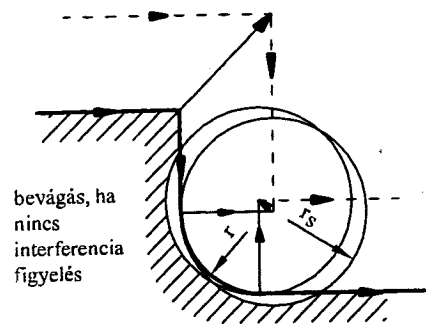
Néhány tipikus esetet említünk az alámetszésre (interferenciára).

– A szerszámsugárnál kisebb lépcső forgácsolása



8.36. ábra. Alámetszés: $H < r_s$, H lépcsőméret; r_s szerszámsugár

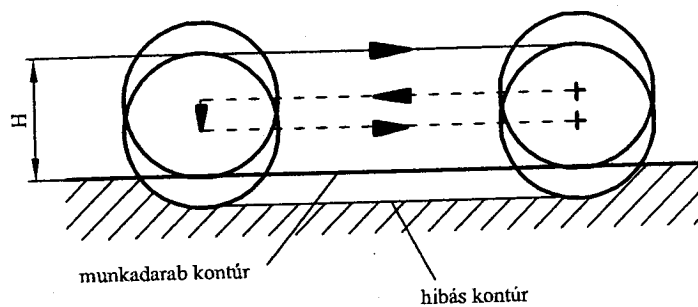
- A szerszámsugárnál kisebb rádiuszú belső sarok megmunkálása



8.37. ábra. Alámetszés: $r < r_s$
 r lekerekítés a munkadarabon;
 r_s szerszámsugár

- A G41 vagy G42 nem változik, de a mozgásirány igen.
 Ez a fajta alámetszés leginkább esztergálásnál fordul elő, ha a kiemelés értéke $2r_s$ -nél kisebb. (8.38. ábra)

G42



8.38. ábra.
 Alámetszés: $H < 2r_s$

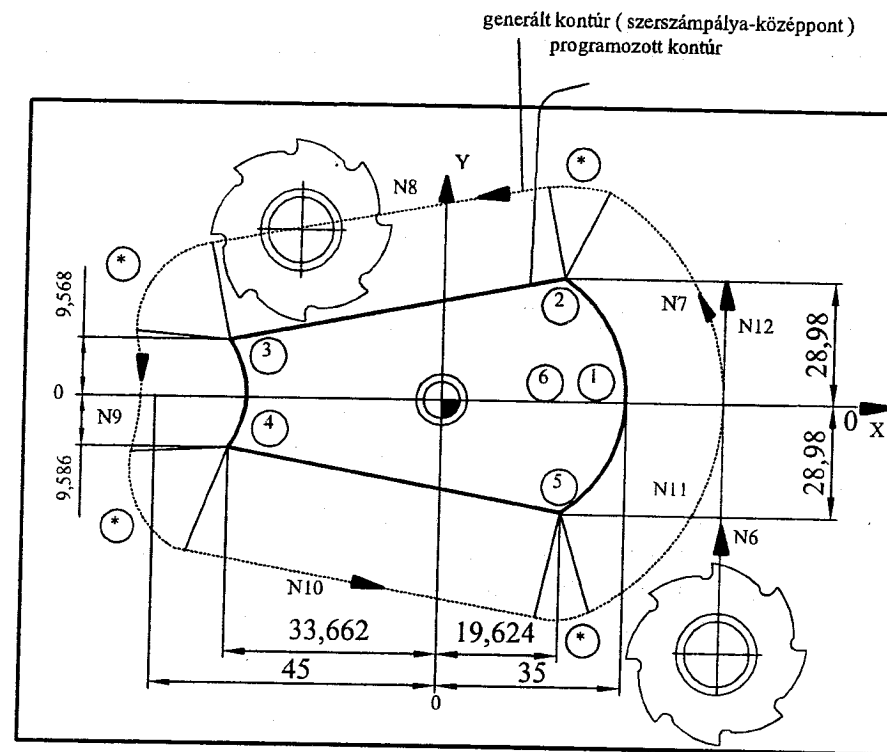
Helyesen kétféle módon kerülhető el:

- $H > 2r_s$
- visszafutásnál G42-ről G41-re kell váltani.

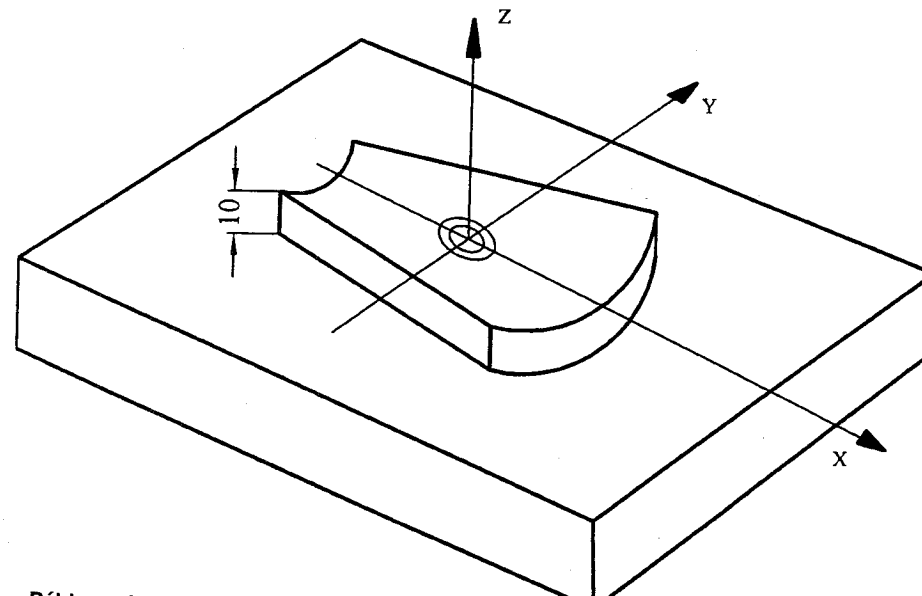
Nézzük a pályagenerálásra a 8.39. ábrát:

A sarokátmenetnél nullkört programozunk R címmel.

N4	G17						
N5	G42	G0	X35.	Y-47.			
N6	G01	Y0	F36				
N7	G03	X19.624		Y28.980	I0	J0	R0
N8	G01	X-33.662		Y9.586	E0		
N9	G02	X-33.662		Y-9.586	I-45.	J0	R0
N10	G01	X19.624		Y-28.980	R0		
N11	G03	X35.		Y0	I0	J0	



* = nullkör



9. Technológiai adatok programozása

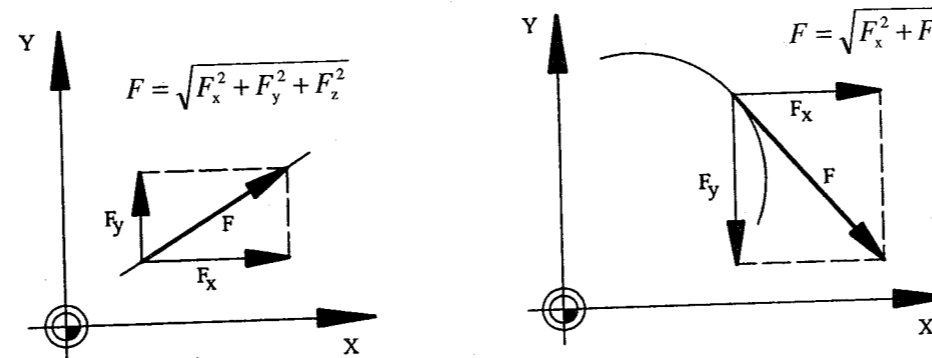
9.1. Az előtolás programozása

9.1.1. Munkaelőtolás (F)

Az interpolált mozgások során (pl: G01, G02, G03 stb.) a szerszám pályamenti sebessége F címmel programozható. Öröklődő utasítás, a következő F -értékig van érvényben. Az alkatrészprogram indulásakor a kezdeti értéke: 0. Az interpolált mozgásokat kötetlen pozicionálások szakíthatják meg. Ilyen esetben a G00 nem törli az F értékét. Az utolsó programozott F érték interpolációs kódok újbóli alkalmazásával lesz érvényes. A programban szereplő F a vezérlés kezelő felületéről – általában 0%...120% közötti tartományban – megváltoztatható (OVERRIDE).

A külső beavatkozást a programból tiltani lehet (pl.:G63).

A programozott előtolás tangenciális (9.1. ábra)

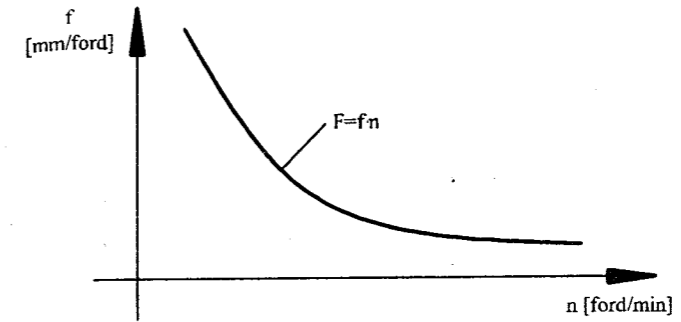


9.1. ábra. Pályamenti előtolás

Az előtolás mértékegysége a G94 és G95-ös kóddal jelölhető ki:
 G94: percnkénti előtolás, [F]=mm/min
 G95: fordulatonkénti előtolás, [F]=mm/ford
 Pl: N10 G94 X... F150

Az előtolások mértékegysége a mm/min ill. mm/ford helyett inch/min, inch/ford és fok/min, fok/ford is lehet. Kiválasztása a koordináta-adatmegadással történik. (X, Y, Z koordináták mm-ben vagy inch-ben adhatók meg. G kód: G70 inch, G71 metrikus). A G95 használata a főorsó forgással szinkronizált előtolást jelent.

A szerszámgépeken használható maximális előtolás értéke általában korlátozott van. Ez mm/min-ban értendő, és a vezérlés gépi paraméterei között adható meg.



9.2. ábra. Az előtolás és a fordulatszám kapcsolata

A tényleges előtolás tehát:

$$F = F_{prog} \cdot n \cdot OVR;$$

F_{prog} programozott előtolás mm/ford vagy inch/ford;

n a főorsó fordulatszáma;

OVR százalékos előtolás-korrekció (feed override, 0...120%);

F tényleges előtolás mm/min vagy inch/min.

A vezérlések abban az esetben hibajelzést adnak, ha a szinkronizált előtolás (mm/ford) értéke 0.

9.1.2. Előtolás forgó és lineáris tengelynél

Az előtolás vonatkozhat lineáris és forgó tengelyekre egyaránt, az egyes tengelyek interpolációja állandó pályamenti sebességet feltételezve valósul meg.

a) Lineáris tengelyekre:

F programozott előtolás;

$F_x...F_z$ lineáris, tengelyek menti előtolás;

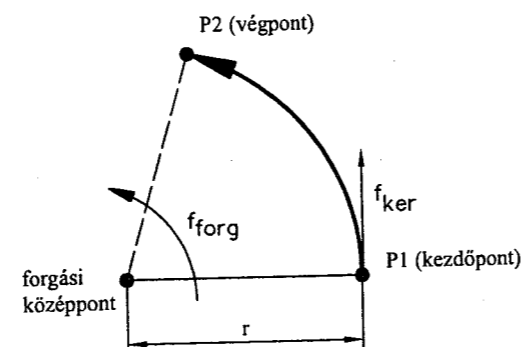
$\Delta x... \Delta z$ elmozdulásnövekmények.

$$F_x = F \cdot \frac{\Delta x}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}};$$

$$F_y = F \cdot \frac{\Delta y}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}};$$

$$F_z = F \cdot \frac{\Delta z}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}}.$$

b) Forgó tengelyekre (körasztal, billenő szerszámfej)
 Legyen C a forgótengely címe, f_{forg} [fok/min] az előtolás értéke (9.3. ábra)



9.3. ábra. Előtolás forgó tengelyeknél

A lineáris sebesség, jelen esetben az r sugáron lévő pont kerületi sebessége, a következő módon számolható:

$$f_{\text{lin}} = \frac{f_{\text{forg}} \cdot r \cdot \pi}{180}$$

Fordítva: ismerve az f_{lin} értékét, a programozandó fokenkénti előtolás értéke:

$$f_{\text{forg}} = f_{\text{lin}} \cdot \frac{180}{r \cdot \pi}$$

c) Lineáris és forgótengelyek együttes alkalmazása

Abban az esetben, ha lineáris és forgó tengelyeket együttesen programozunk lineáris interpoláció mellett (G01), akkor az egyes előtolás komponensek a következőképpen határozhatók meg:

$$F_x = \frac{\Delta x}{L} F \quad F_y = \frac{\Delta y}{L} F \quad F_z = \frac{\Delta z}{L} F \quad F_a = \frac{\Delta a}{L} F \quad F_b = \frac{\Delta b}{L} F \quad F_c = \frac{\Delta c}{L} F$$

ahol a $\Delta x \dots \Delta c$ koordináta-növekmények, az L a programozott elmozdulás hossza

$$L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \dots \Delta c^2}$$

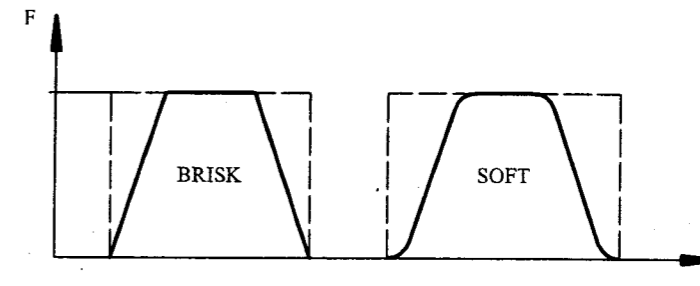
9.1.3. Automatikus gyorsítás, lassítás

Mind gyorsmeneti mozgásoknál, mind interpolált mozgásoknál a szerszámgép programozott előtolásértéket állandó vagy pl. exponenciális függvény szerint változó gyorsulással veszi fel, és ugyancsak így csökkenti. Állandó gyorsításkor kívánt sebességet a gép rövidebb idő alatt éri el, azonos T időállandót feltételezve. A gép dinamikus terhelését, a rezgésre való hajlamot azonban lineáris gyorsítás/lassítás növeli.

A 9.4. ábrán bemutatott gyorsítási/lassítási mód programozható **SOFT** és **BRISK** szavakkal (forrás: SIEMENS):

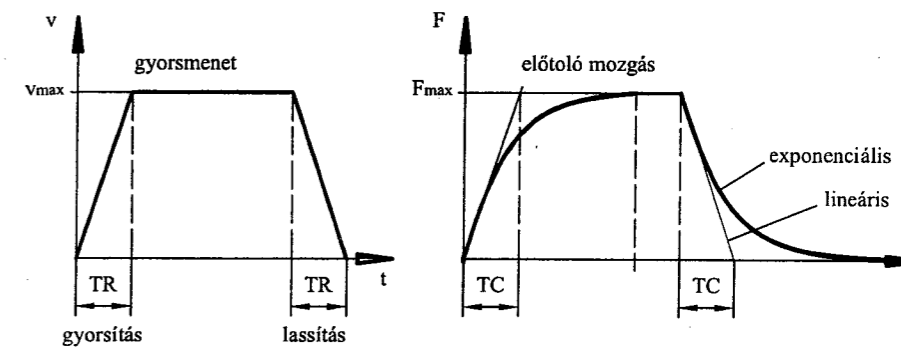
Pl.: N5	G01	X...	Y...	F...	SOFT
N5	G01	X...	Y...	F...	BRISK

Alkalmazásuk a munkadarabtól, a megmunkálási módtól, a technológiai körülményektől függ.

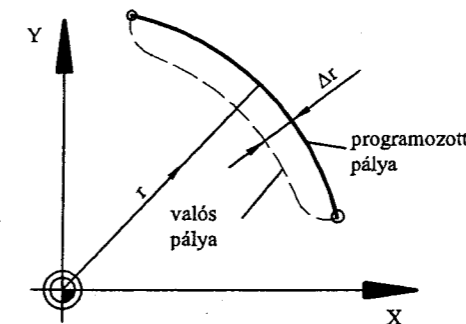


9.4. ábra. Különböző gyorsítási - lassítási stratégiák választása (forrás: SIEMENS)

A gyorsítás mértékét a szerszámgép konstrukciója határozza meg, a TR és TC értékeket a gép dinamikus teherbírása befolyásolja. A gépparaméterek között megadandó szokásos érték 1...500 msec.

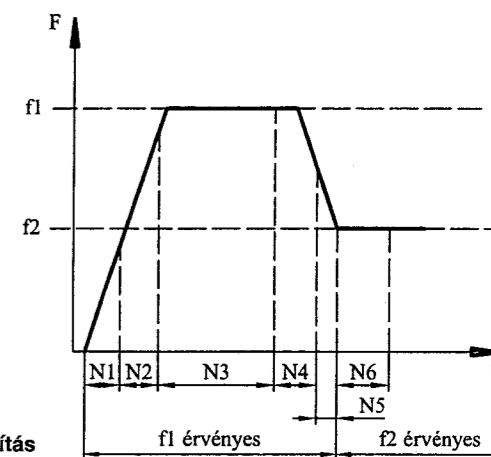


9.5. ábra. Gyorsítás-lassítás: lineáris (állandó), exponenciális (változó)



9.6. ábra. Pályahiba, gyorsulás, lassulás miatt

A vezérlések a tangenciális sebességváltozásokat előre figyelik és nyilvántartják. A kívánt célsebességet több mondat végrehajtásán átnyúlva, folyamatos gyorsítással érhetik el. (9.7. ábra)



9.7. ábra. Folyamatos gyorsítás

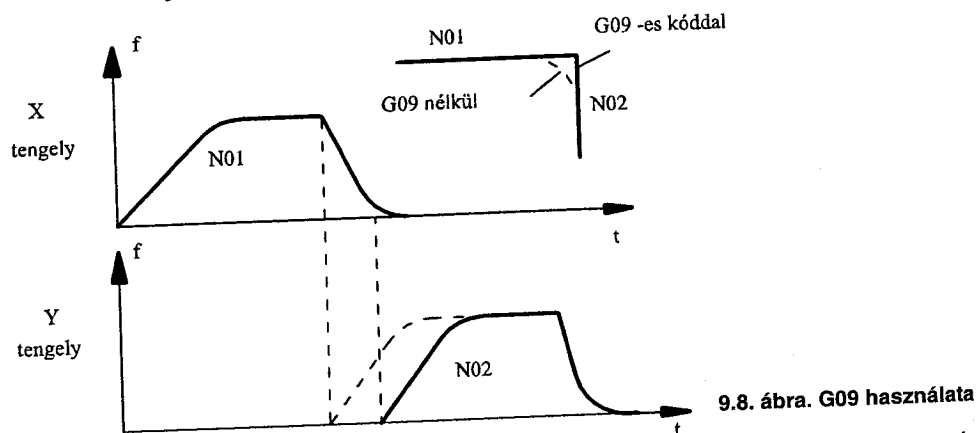
Az új, az előzőnél nagyobb előtolás értékre való gyorsítást a vezérlés mindig annak a mondatnak a végrehajtásakor kezdi el, ahol az új F értéket programozták. A kisebb F -re történő lassítást viszont annyival előbb, hogy a programozott helyen (9.7. ábra: N6) már a csökkentett F legyen érvényes.

9.1.4. Az előtolások vezérlése

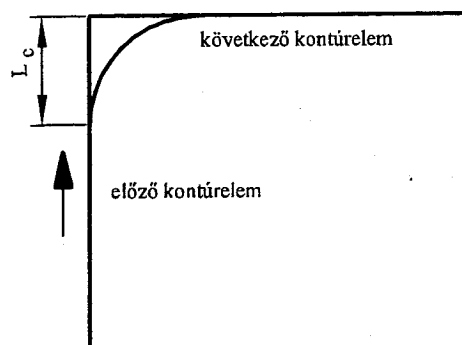
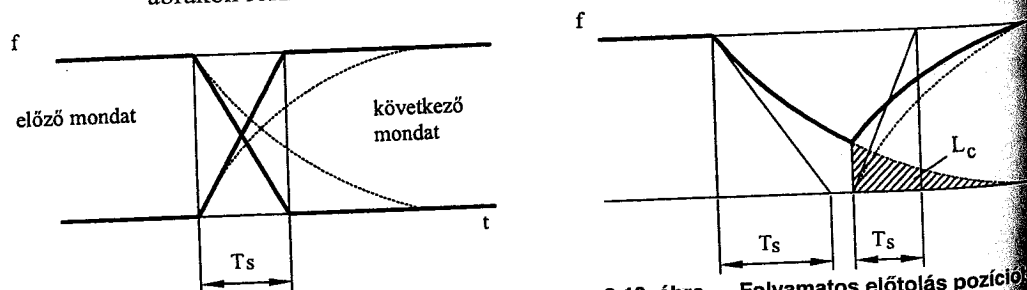
Az előtolás vezérlése több feladatot jelent. Részben a célhelyzet elérésére kövendő stratégiát, részben pedig a külső beavatkozások szabályozását takarja.

9.1.4.1. Pontos megállás: (G09)

Azokban az esetekben, amikor az előtolási sebességvektor iránya a mondatok között változik, a vezérlés a szának tehetetlensége miatt nem pontosan követi a kiadott útparancsokat. A szerszám az előtolástól függően lekerekítheti a sarkokat. Külön parancs – $G09$ – eredményezi azt, hogy a vezérlés a végén, a lassítás után várja meg, amíg megállnak a tengelyek, és a következő mozgás csak azt követően induljon (9.8. ábra)



Ha a lassítást követően egy adott időn belül – amely gépparaméter – nem érkezik meg a P pont a kívánt pozícióba, a további mozgások letiltódnak. A 9.9.–9.12. ábrákon részletesebben mutatjuk be a geometriai hiba keletkezését.



9.11. ábra. L_c méretű lekerekítés a munkadarabon

A 9.10. és 9.11. ábrán L_c azt a maradék távolságot mutatja, amely a következő kontúrelem indítása miatt jön létre. Tulajdonképpen L_c méretű pályahiba keletkezik a sarkokon. Ha teljesen és abszolút biztosan el akarjuk kerülni a sarkok lekerekítését, akkor célszerű a két mondat közé kivárási időt programozni ($G04$)

9.1.4.2. Pontos megállás (G61)

Öröklődő (modális) funkció, egyébként megegyezik a $G09$ -cel.

9.1.4.3. Automatikus előtolás-csökkentés: (G62)

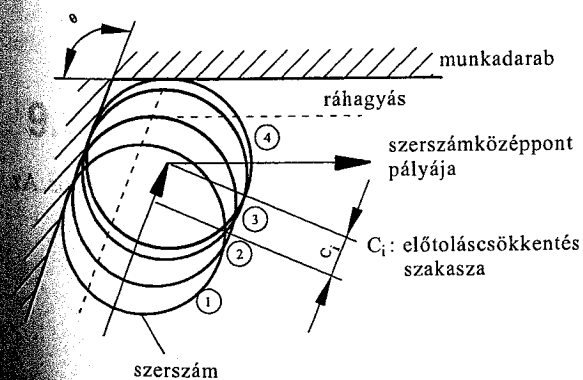
Öröklődő funkció, arra szolgál, hogy belső sarkok megmunkálásakor a sarok közelében a szerszám terhelését csökkentse. Ugyanis megnő a forgásban lévő élhossz, növekszik a szerszám rezgésének veszélye. Ezért a sarokpont előtt és közvetlenül utána a vezérlés csökkenti az előtolás értékét.

Néhány feltételnek teljesülnie kell:

- az automatikus sugárkorrekciónak ($G41$, $G42$) bekacsolt állapotba kell lennie;
- alkalmazható G kódok: $G0$, $G1$, $G2$, $G3$;
- csak belső sarkok esetén érvényes;
- a kontúrelemek által bezárt Θ szögnek kisebbnek kell lennie egy paraméterben adott kritikus értéknél:

$$\Theta < \Theta_{krit}$$

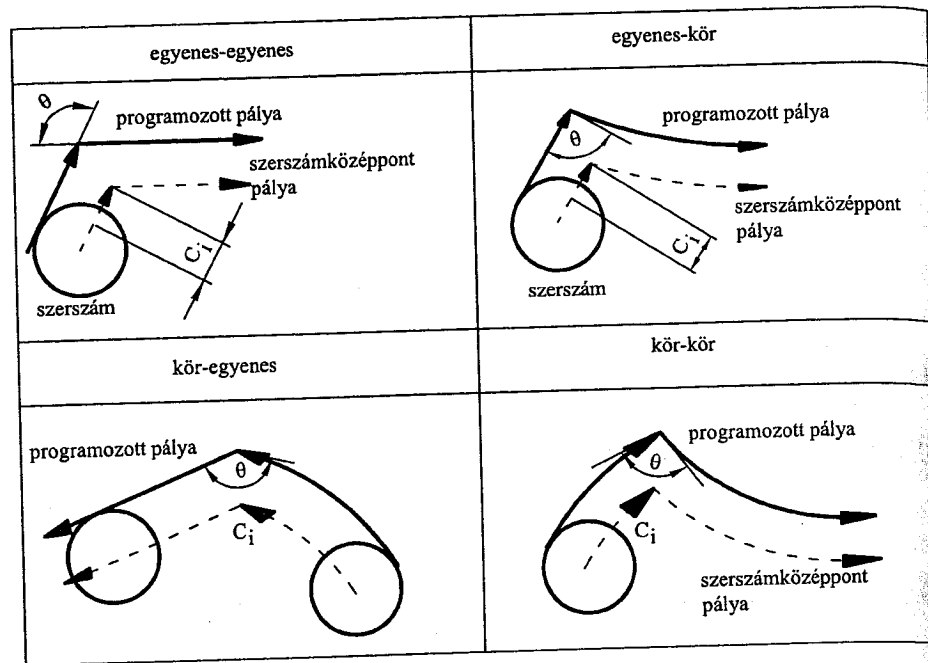
- a sebesség csökkentés távolsága adott, és általában gépparaméter.



A pontos megálláshoz $G09$ -et is meg kell adni a $G62$ mellett.

A szerszám a \odot pozíció után nagyobb élvonalhosszban forgácsol. Azért, hogy a szerszámterhelés ne növekedjen meg, C_1 szakaszon csökkenteni kell az előtolást.

A funkció mind a négy lehetséges átmenetre: egyenes–egyenes, egyenes–kör, kör–egyenes, kör–kör használható. Ha külön nem adható meg, akkor



9.13. ábra. Az előtolás-csökkentés esetei

az eredeti előtolás visszaállítása is C_i szakaszon történik. Kör esetén a távolságok ívmentén értendők.

A θ szögérték 0 és 180° között lehet. A funkció a pályagenerálás első ($G41$, $G42$) és utolsó ($G40$) pontjában érvénytelen.

9.1.4.4. Előtolás-változtatás (override) és megállítás (stop) tiltása: (G63)

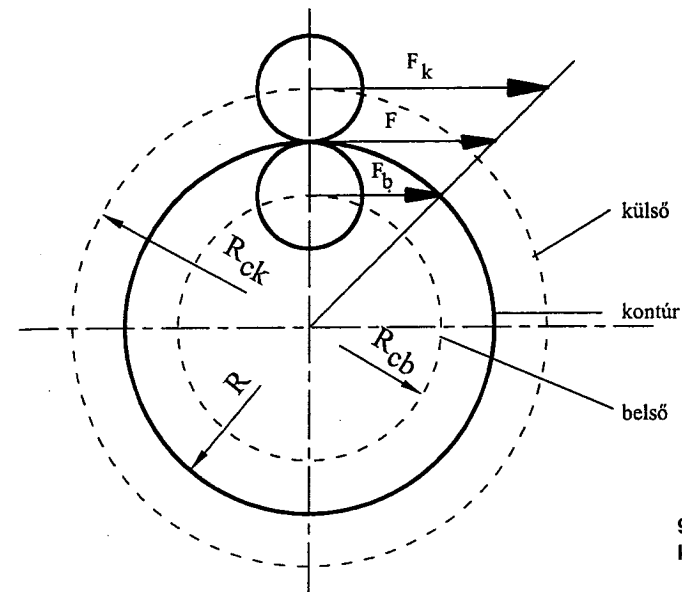
A vezérlés az előtolást érintő külső beavatkozásokat nem veszi figyelembe (FEED OVERRIDE, FEED HOLD).

A mondatok között nincs vizsgálat, várakozás, a következő mondat végrehajtása azonnal kezdődik.

Az üzemmód különböző menetmegmunkálásoknál jól használható.

9.1.4.5. Folyamatos forgácsolás: (G64)

A vezérlés alapállapota, a megmunkálás, a mondatok végrehajtása folyamatos. Átmeneteknél lekerekítés lesz.



9.14. ábra. A szerszámközpont előtolása

9.1.5. Az előtolás és a pálya kapcsolata

A programozott előtolás értékét pályamenti sebességnek tekinti a vezérlés. Ezért bekapcsolt pályagenerálás mellett ($G41$, $G42$) körívmenti elmozduláskor a szerszámközpontra vonatkozó előtolást a következő módon számolja:

F programozott előtolás;

F_k a szerszámközpont belső pályájának előtolása;

R programozott körsugár;

R_c a szerszámközpont sugara.

$$F_k = \frac{R_{ck}}{R} \cdot F \quad F_b = \frac{R_{cb}}{R} \cdot F$$

Ha nincs pályagenerálás, akkor a programozott F a szerszámközpontra értendő.

Az előtolás változásának megengedett %-os értékét a gép-vezérlés paraméterek között általában be lehet határozni.

9.2. Várakozás programozása: (G04)

A $G04$ -es kóddal várakozás programozható, amely a következő mondat végrehajtását késlelteti.

Lehetséges másodpercekben, illetve főorsó fordulatok számában megadni. Programozása egyszerű, de nem egységes. Néhány megoldás:

1. $G04 \quad P \dots$

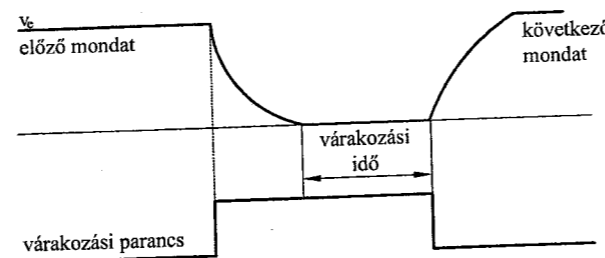
Ha $G94$ (mm/min) van érvényben, akkor P utáni érték a várakozási időt jelenti másodpercekben.

Ha G95 (mm/ford) az előtolás programozásakor használt kód, akkor a P-t a főorsó fordulatszáma követi: P cím helyett H is szokásos.

2. A fordulatok számát G99, az időt (s) G98 jelöli
 G98 G04 P2.5 G99 G04 P20

3. Az idő F, a fordulatok száma S-sel programozható
 G04 F2.5
 G04 S30

Pl: ha a fordulatszám 300 akkor ez 0,1 min várakozási időnek felel meg (6 s).
 Az utóbbi esetben fontos tisztázni, hogy a vezérlés az előtolás programozásra adott F értéket, valamint a fordulatszám S értékét felül írja-e?
 A várakozási idő végrehajtását a vezérlés a hajtások megállítása után kezdi.



9.15. ábra. Várakozási idő

Ha a várakozási idő programozása M, S, T vagy B paranccsal együtt történik, akkor végrehajtása az előzőekkel azonos időben kezdődik.

Technológiailag több helyen indokolt a várakozás használata.

Néhány példa:

- homlok- és keresztirányú beszúrásoknál süllyesztésnél, zsákfuratnál legalább a főorsó fordulatot várakozni kell, hogy a fenékgeometria teljesen kialakuljon;
- menetfúrásnál a furat végén, a főorsó forgásirányának váltását megelőzően;
- pontos sarokmegmunkáláskor a sarok lekerekítésének elkészítésére;
- fokozatos hajtóműveknél fordulatszámváltásokat követően azért, hogy az előtolást addig késleltessük, amíg a főorsó a megfelelő fordulatszámot el nem érte;
- stb.

9.3. A fordulatszám, a forgácsolási sebesség programozása (S,V)

A forgácsolási sebesség programozása tényleges sebesség értékkel vagy fordulatszámmal történhet.

9.3.1. A sebesség programozása

- V-címmel

A V-címet követően a forgácsolási sebességet m/min egységben kell megadni. G96 kóddal együtt a vezérlés a sebességet állandónak tartja és esztergálásnál az átmérő (x) változásból számolja az aktuális fordulatszámot:

$$n_i = \frac{1000 \cdot v_{\text{prog}}}{x_i \cdot \pi}$$

- S-címmel

G96 Sv Pp

G96: az állandó forgácsolási sebesség bekapcsolása;

v: forgácsolási sebesség;

P: a tengely kódja, amelyre a programozott sebesség vonatkozik

p=1 1-es tengely, p=2 2-es tengely;

G97: az állandó forgácsolási sebesség törlése

pl: G90 G96 G01 X100. Y200. V200

a forgácsolási sebesség: v = 200 m/min

9.3.2. A fordulatszám programozása

Régebbi vezérlésnél nem a tényleges fordulatszámot programozták, hanem egy kódot, pl:

n = 63 → S1

n = 90 → S2

n = 125 → S3

:

:

A CNC-vezérlések általában ötjegyű tényleges fordulatszámértéket képesek fogadni.

pl: N10 S1400

9.3.2.1. A fordulatszámkorlát programozása (G50)

Mód van arra – néhány vezérlésnél –, hogy állandó forgácsolási sebesség programozása esetén az alkatrészprogramban előírjuk a minimális és maximális fordulatszámkorlátot.

G50

Sn

Qq

q:

minimális fordulatszám

n:

maximális fordulatszám

Néhány megjegyzés a fordulatszám programozásához:

- a fordulatszámérték mellett szükséges az esetleges fordulatszám-tartomány programozása is (pl.: *M40* automatikustartomány-választás, *M41...M44* fordulatszám tartományok). A vezérlés az egyes tartományok határértékeit gépparaméterként ismeri, és ellenőrzi, hogy a programozott *S* és a tartomány összhangban van-e?;
- a forgásirány *M03*, *M04*-gyel programozható;
- ha fordulatszám és elmozdulás van egy mondatban, akkor az *S* funkció a mozgatósi parancs végrehajtása előtt kerül kiadásra, de nem minden vezérlés ellenőrzi a mozgás indítása előtt, hogy a főorsó fordulatszáma elérte-e a programozottat;
- normál megmunkálás esetén az NC a főhajtásnak a programozott fordulatszámmal arányos fordulatszámparancsot ad ki. A főhajtás ekkor fordulatszám-szabályozott üzemmódban dolgozik. Néhány technológiai feladatnál, eszterga központnál azonban szükség van arra, hogy a főorsó a többi tengelyhez hasonló módon szabályzott tengelyként működjön. Ez azt jelenti, hogy az NC egy jeladó segítségével méri a főorsó szöghelyzetét, és a kívánt szögelfordulás függvényében kap parancsot a főhajtás;
- a főorsót adott szöghelyzetben is meg kell állítani. (Általában: *M19*). Erre megmunkálóközpontok esetén pl: szerszámcserekor, ill. bizonyos fűróciklusok végrehajtásakor van szükség. Általában két megoldás lehetséges:
 - a) ha nincs pozíciószabályozás, akkor az orientáció a gépre szerelt helyzetkapcsolókra való ráfordulással történik;
 - b) ha van visszacsatolt pozíciószabályozás, akkor az *M19* hatására a vezérlés a főorsóval referenciapont-felvételt hajt végre – a többi tengelyhez hasonlóan. Azt, hogy keressen-e referenciakapcsolót vagy pedig rácsponti nullpontot vegyen fel, általában paraméterek segítségével lehet szabályozni.

10. Szerszámváltás, szerszámcsere (T), M funkciók

10.1. T-cím programozása

A szerszámváltás, a szerszámcsere programozása alapvetően attól függ, hogy kézi vagy automatikus úton valósul-e meg, és a szerszám gép revolverfejes vagy táras kialakítású-e.

Kézi szerszámcserekor és revolverfejes szerszámváltásoknál nincs szerszám-előkészítés. *Kézi szerszámcsere* programozásakor a következő előírt szerszámot kell az álló főorsóba, *MANUAL* üzemmódban betenni, majd *START*-tal tovább indítható a megmunkálás.

Egy lehetséges szekvencia pl.:

N50 M05 *Főorsó-megállítás;*

N55 M00 *Feltétel nélküli „program állj”;*

N60 T12 *Új szerszám kódja. Végre kell hajtani a cserekor;*

N65 M03 *Főorsóindítás*

Az *N55*-ös mondat végrehajtása után csak a *START* alkalmazásával folytatódik a program.

Revolverfejes szerszámváltásoknál *T*-cím után az új szerszámot, ill. szerszámhelyet kell megnevezni. Egyes vezérléseknél elegendő a *T*-cím, általában azonban *M06* kód is szükséges, ezt jelzi a zárójel.

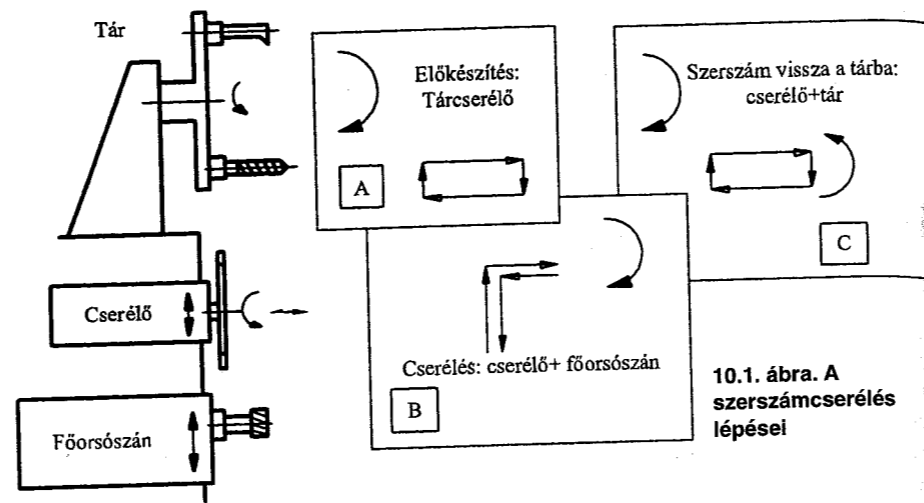
N10 T10 (M06)

Automatikus szerszámcserekor szerszámtárból megmunkálóközpontokon: ilyen esetben a szerszámcsere több lépésből áll (10.1. ábra):

- a beváltandó új szerszámot meg kell keresni a tárban és elő kell készíteni. Eközben a főorsóban lévő aktuális szerszámmal tovább folyik a megmunkálás. (*A*) Az előkészítés nem növeli a gépidőt;
- a szerszámot a megfelelő cserepozícióba kell küldeni. Ezt általában gépi koordináta-rendszerben programozzák (*B*);
- a szerszámcsere végrehajtása *M06* funkcióval történik (*B*);
- a tényleges csere alatt nincs megmunkálás. Ezt követően automatikusan folytatódik az alkatrészprogram feldolgozása;
- a régi – a főorsóból kivett – szerszámot a vezérlés visszateszi a tárba. (Nem feltétlenül az eredeti helyére, l. később). Nem igényel külön időt a művelet, a forgácsolással párhuzamosan zajlik (*C*).

Az alkatrészprogramban többféle módon adható meg a folyamat:

- a) *A csere M06 hatására történik, a programozott szerszámhelyen lévő szerszámot a vezérlés cserekorra előkészíti*



10.1. ábra. A szervszámcsere lépései

- N10 T_{i+1} A következő szervszám előkészítése. A főorsóban közben a T_i -szervszám dolgozik.
- N20 M06 T_{i+2} Az előkészített (T_{i+1}) szervszámot beteszi a főorsóba. Az eddig dolgozó T_i szervszámot visszatesszi a tárba. Megkezdí a T_{i+2} szervszám előkészítését.
- N30 M06 T_{i+3} A főorsóba a T_{i+2} szervszám, vissza a tárba pedig a T_{i+1} kerül. Előkészíti a T_{i+3} -as szervszámot, közben folytatódik a megmunkálás a T_{i+2} szervszámmal.

b) A csere M06 hatására történik, programozni kell az új beváltandó szervszámot és a főorsóban lévő szervszám tárhely számát

N10	T02	T01	M06
		T02	Új szervszám helye a tárban
		T01	Főorsóban lévő szervszám tárhelyszáma

c) Szervszámcsere: M06, szervszám-előkészítés: M86

- N10 T_{i+1} M86 A következő szervszám előkészítése (T_{i+1}). A főorsóban a T_i szervszám van.
- N20 T_i M06 A szervszámcsere végrehajtása. A T_{i+1} szervszám kerül a főorsóba, ami benne volt a T_i helyére kell a vezérlésnek visszatenni.
- N25 T_{i+2} M86 A következő szervszám T_{i+2} előkészítése.

A szervszámhely T -címét 2-8 karakterből álló kód követi. A kód több részből tevődhet össze:

- a szervszámhely, ill. szervszám azonosítására szolgáló karakterek;
 - a szervszámméreteket tartalmazó korrekciós regiszter címe.
- A szervszám azonosítására kétféle lehetőség van:
- helycímzés esetén a kód a szervszámnak a tárban elfoglalt helyét jelöli. Csere után a szervszámot ugyanerre a helyre kell visszatenni. A visszatérő szervszámhelyet nem minden esetben kell programozni;
 - szervszámcímzéskor a T -címet követő kód az egyedi szervszámot azonosítja, nem a tárhelyet jelöli. Ilyenkor a vezérlés vagy felismeri a szervszámtárban lévő (elektronikus vagy mechanikus) kódot, vagy pedig felszervszámozáskor a tárhelyeket és a szervszámkódokat össze kell rendelni. Ettől kezdve a vezérlés fogja eldönteni, hogy az adott T -címmű (kódú) szervszámot a szervszámtárban hova tegye. A változásokat folyamatosan nyilvántartja.

d) Programozni a beváltandó szervszámot kell (M06, T)

A vezérlés előre földolgozza a mondatokat, és előkészíti a következő szervszámot (T_{i+1}). A régi szervszám az eredeti helyére kerül vissza.

Pl:

N10 T_{i+1} M06 A T_{i+1} szervszám kerül a főorsóba. Előkészíti a T_{i+2} szervszámot.

N30 T_{i+2} M06 T_{i+2} szervszám a főorsóba kerül, az eddig benne lévő pedig vissza a T_{i+1} tárhelyére.

10.2. A korrekciós regiszterek megadása

A szervszám geometriai méreteit tartalmazó regiszterek alapvetően kétféle módon programozhatók:

a) Szervszámhelyet követően a T -címmel adjuk meg két vagy négy karakterrel

Pl: T0212

12: korrekciós regiszter;

02: szervszámhely.

A 12-es regiszterbe, a vezérlésen, az erre szolgáló üzemmódban (általában: BEÁLLÍTÓ, SETUP vagy TOOLDATA) a következő adatok írhatók be esztérgálásnál:

- a szervszám keresztirányú mérete: L1(XPF) (5.14. ábra)
- a szervszám hosszirányú mérete: L2(ZPF) (5.14. ábra)
- egyéb hossz méretek: L1B, L2B (5.13. ábra)

- szerszámcsúcs-lekerekítési sugár: R_s (5.14. ábra)
- a programozott pont helyzete: P (5.14. ábra)

Látható, hogy a regisztercím ebben az esetben tulajdonképpen egy pointer. Egyszerűbb vezérlések a szerszámhelyet követően a hossz és keresztirányú méretekre külön-külön regisztert jelölnek ki.

Például:

- Tiijjkk ii: a szerszámhely kódja
- jj: a szerszám hossz méretét tartalmazó regiszterszáma
- kk: a szerszám félátmérőjét tartalmazó regiszterszáma

b) T -címmel a szerszámhelyet adjuk meg, D -vel (vagy H -val) a korrekciós regisztert programozzuk.

D -címmel a teljes korrekciós mező kijelölhető (SIEMENS szerint)

- N10 Tii Djj
- ii: a szerszám száma (pl: T12)
- jj: korrekciós regiszter száma (pl:D02)

A következőkben megadjuk a mező teljes térképét, amelyet a vezérlésen a megfelelő üzemmódban vagy szerszámbetöltő programból kell feltölteni a szerszám típusonként különböző adatokat. Tulajdonképpen egyszerűsített geometriai és technológiai szerszámmodellel van dolgunk. Szerszám típusok (SIEMENS szerint):

- Csoportszám: 1xx (marószerszámok)
- 110 gömbevégi maró
 - 111 szármaró (lekerekítés nélküli)
 - 121 szármaró lekerekítéssel
 - 130 szögmaró lekerekítés nélkül
 - 131 szögmaró lekerekítéssel
 - 140 homlokmaró
 - 145 menetmaró
 - 150 tárcsamaró
 - 155 kúpos szármaró

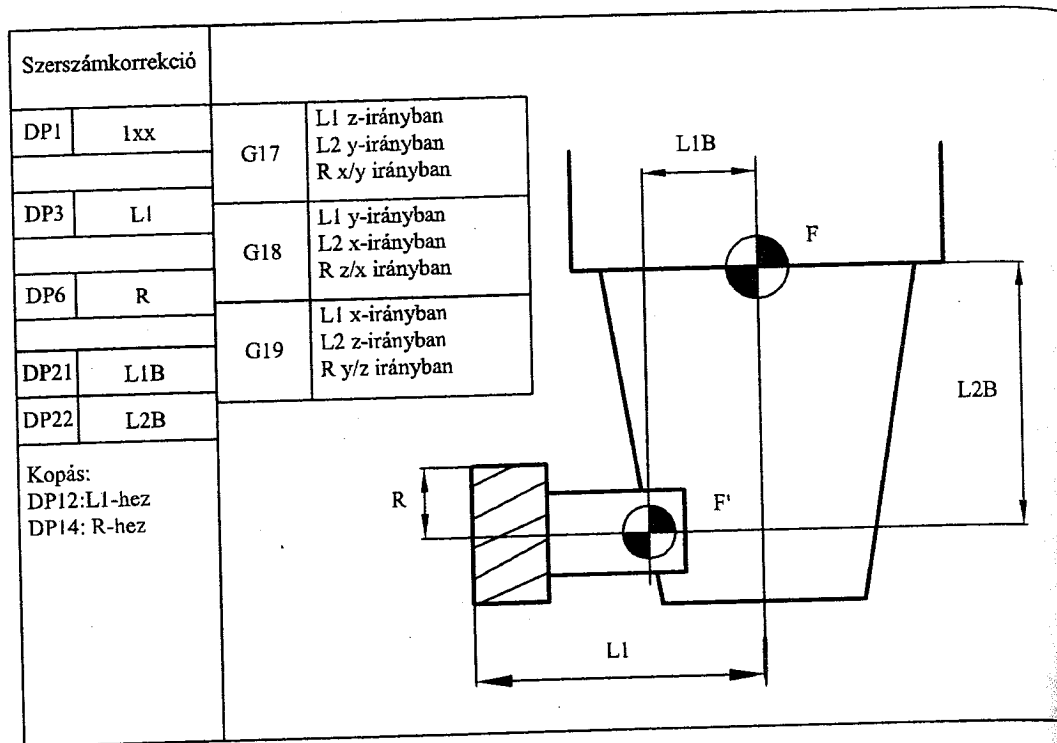
- Csoportszám: 2xx (fúrók)
- 200 kétélű csigafúró
 - 205 keményfém lapkás fúró
 - 210 fúrórúd
 - 220 központfúró
 - 230 visszasüllyesztő
 - 240 menetfúró
 - 250 dörzsár

- Csoportszám: 5xx (esztergaszerszámok)
- 500 nagyoló esztergaszerszám
 - 510 simító eszterga szerszám
 - 520 beszúrószerszám
 - 530 leszúrószerszám
 - 540 menetesztergáló szerszám

A korrekciós regiszterek szerkezete a következő

DP	Jelentés	Megjegyzés
1	szerszámtípus	
2	programozott pont	Csak esztergáláskor
Geometria		Hosszkorrekció
3	L1	
4	L2	
5	L3	
Geometria		Rádiusz
6	Rádiusz	Nem fúrás számára
7	fenntartott	
8	fenntartott	
9	fenntartott	
10	fenntartott	
11	fenntartott	
Kopás		Hossz és rádiusz
12	L1	
13	L2	
14	L3	
15	Rádiusz	
16	fenntartott	
17	fenntartott	
18	fenntartott	
19	fenntartott	
20	fenntartott	
Alap szerszámtartó		
21	L1B	
22	L2B	
23	L3B	
Technológia		
24	hátszög (α)	Esztergálásnál
25	fenntartott	

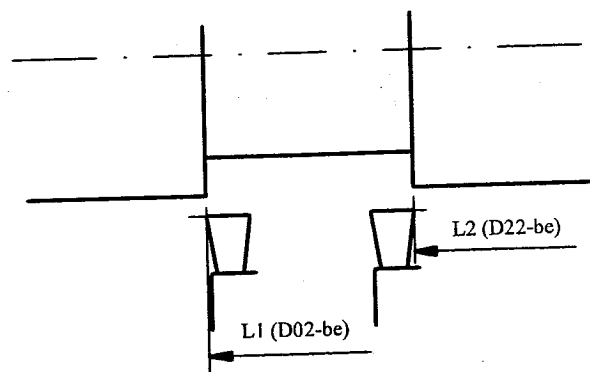
Például a 10.2.ábrán egy szögben állítható marófej látható.



10.2. ábra. Korrekciós értékek (forrás: SIEMENS)

Egy szerszámhelyhez több korrekciós regiszter is hozzárendelhető, így ugyanazon konturleíráshoz a szerszám pálya változtatható, pl.: simítási ráhagyás képezhető, stb.

Beszúrásnál – ha a beszúrás kezdő és végpontját is korrekciózni kell –, két korrekciós mezőben, két szerszámhosszt írhatunk elő (10.3. ábra)



10.3. ábra. A szerszámhossz előírása

A megadott korrekciós regiszter az újabb programozásáig érvényben van, pl.:

N20 T02 D02 M06

N30 D22

A D00 címhez 0-ás korrekciós értékek tartoznak.

c) Szerszám hossz és sugár külön címmel programozva (H,D) (pl: FANUC és NCT szerint)

Szerszámhossz-korrekció: H-címen;

Szerszám sugár-korrekció: D-címen.

A korrekciós értékek két részből fognak összetevődni: a geometriai értékből és a kopásértékből.

Ismertetjük a korrekciós táblázat felépítését:

A korrekció száma	Hosszirány (H)		Sugárirány (D)	
	Geometriai érték	kopás-érték	Geometriai érték	kopás-érték
01	L1	$\Delta L1$	R1	$\Delta R1$
02	L2	$\Delta L2$	R2	$\Delta R2$
.				
.				

Pl: N10 T01 H01 D01

A H01 és D01-cím programozásakor tehát az $L=L1+\Delta L1$ és $R=R1+\Delta R1$ értékekkel számol a vezérlés.

10.3. A korrekciós értékek módosítása

A korrekciós értékek többféle képen módosíthatók. Minden vezérlés a megfelelő üzemmódban (pl: OFFSET, TOOLDATA, SETUP. stb.) fogadja a szerszám méreteket és a későbbi méreteltéréseket, de programból is módosíthatunk. Erre példa a következő (FANUC, MAZATROL).

A módosítás kódja: G10

Címek:

R: korrekciós érték;

L: a módosítás típusa a következők szerint;

L10: a hosszkorrekció (H) geometriai értéke;

L11: a hosszkorrekció (H) kopásértéke;

L12: a sugárkorrekció (D) geometriai értéke;

L13: a sugárkorrekció (D) kopásértéke;

P: a korrekció száma.

A korrekció módosítása (*G10*) nem öröklődik, egy mondatra érvényes.

Pl: N10 G10 P01 L11 R0.18

Jelentése: a *H01*-es regiszterben a kopás értéke (ΔLI) 0.18-ra módosul.

10.4. Az *M* funkciók programozása

Az *M* kódok, a *G* kódokhoz hasonlóan széles jelentéssel fontos funkciót töltenek be az NC- programban. Kapcsolási utasításokkal és programtechnikai funkciókat látnak el.

Felsoroljuk a leggyakrabban használt *M* kódokat:

- M00** Feltétel nélküli programmegszakítás. Az alkatrészprogram végrehajtása annak a mondatnak a végén megszakad, ahol az *M00*-t programoztuk. Lehet, hogy a főorsó megállításáról külön kell gondoskodni (*M05*). Ez a konkrét vezérléstől függ. A program a ciklusstart ismételt aktivizálásával folytatódik. Jól használható mérések, kézi szerszámcserek stb. elvégzésére. Ha a főorsót külön állítottuk meg, az indításról is nekünk kell intézkednünk (*M03* vagy *M04*).
- M01** Hatásában, használatában hasonló az *M00*-hoz azzal a különbséggel, hogy az utasítás csak akkor aktív, ha a vezérlésen a feltételt jelentő kapcsoló bekapcsolt (*ON*) állapotban van.
- M02** A program végét jelenti, a vezérlés alapállapotba kerül, *START* gombbal újra indítható. Az öröklődő kódok értékei a bekapcsolás utáni állapotnak felelnek meg.
- M03** vagy **M04** A főorsóforgás bekapcsolása az óramutató járásával megegyező (*M03*) és ellentétes (*M04*) irányba. Ha a koordináta értékkel együtt programozzuk, először a főorsóforgás bekapcsolása történik meg, majd az elmozdulás.
- M05** Főorsó nem orientált megállítása. Végrehajtása a mozgás célpontjában lesz, a főorsó nincs rögzített helyzetben.
- M19** Megegyezik az *M05*-tel, de a főorsó adott szöghelyzetben áll meg és rögzítve lesz. Szerszámcserekor, bizonyos fúrórudas megmunkálásoknál használható.
- M06** Szerszámcsere utasítása. Ha kell programozni, akkor a tényleges csere az *M06* hatására következik be.
- M08** Hűtőfolyadék bekapcsolása. Végrehajtása a mondatfeldolgozás elején történik meg, de a hűtőrendszer tehetetlensége miatt célszerű a hűtést igénylő elmozdulás előtti mondatba programozni. A szerszámcsere általános esetben reteszeli a hűtést, külön nem kell leállítani. Azonban ez erősen szerszámgépfüggő. Ha több hűtőfolyadék-rendszer van a gépen, akkor az *M08* is használatos (Pl.: NIAGARA hűtés bekapcsolása).

M09 A hűtőfolyadék kikapcsolása, végrehajtása a mondat végén lesz.

M17 Programszervezési utasítás a szubrutin végét jelzi (megfelel a *RETURN* utasításnak)

M98 Az alprogramhívás kódja
pl.: M98 Pp Ll
p: az alprogram száma;
l: ismétlési szám.

Megjegyezzük, hogy sok vezérlés (pl. *FANUC* és társai) az alprogram lezárására *M99* kódot használ. Megadható *P* címmel, hogy milyen címkére (mondatszámra) történjen a hívást követően a visszatérés. (Ha nincs programozva, akkor a hívást követő NC utasításra tér vissza).

pl.: M99 P0032

A többi *M* kód szabad és sokféle kapcsolási utasításra használható, pl.:

- munkadarab (paletta) cserélése;
- tokmány nyitás/zárás;
- szerszám-előkészítés;
- a robotprogram aktivizálása;
- a rúdadaló működtetése;
- stb.

11. A paraméteres programozás

Ebben a fejezetben azt a programozási technikát ismertetjük, amikor a felhasználó szabadon írhat és szerkeszthet megmunkáló programokat, szubrutinokat. Eközben változókat használ aritmetikai, logikai műveleteket végez. A legtöbb CNC-vezérlés alkalmas a paraméteres programozásra, azonban a nyelvi eszközök tekintetében roppant nagyok az eltérések. Sokkal nagyobbak a különbségek, mint az NC-programozás egyéb területén. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a vezérlés számítógépként programozható, a szerszám pályákon kívül a mozgások sorrendisége, az anyagleválasztás algoritmus is leírható.

11.1. A paraméteres programozás alkalmazása

A paraméteres programozásnak több előnye van. Először is a különböző munkadarabokon hasonló felületelem-csoportok és technológiai problémák fordulnak elő. Az egyes geometriai, technológiai feladatok általánosan, változókkal leírhatók. Az így létrehozott szubrutinok (algoritmusok) könyvtározhatók, egyedi programként futtatva ellenőrizhetők. Az alkatrészprogramok ezen alprogramok hívásából, ill. a paramétereknek való értékadásából állnak. Az általánosan megírt programot kell adaptálni a konkrét geometriai és technológiai körülményre. Az alkatrészprogram-írás rövidül, nő az elkészült program megbízhatósága (hiszen „belülről” szubrutinokat használunk fel), csökken a program ellenőrzési ideje, rövidül maga a program is.

A vezérlések alkalmasak arra, hogy a programban:

- változókat, regisztereket használjunk;
- aritmetikai, logikai műveleteket végezzünk;
- feltételes, feltétel nélküli elágazásokat hajtsunk végre;
- ciklusokat szervezzünk.

Megjegyezzük, hogy a paraméteres programozás nem feltétlenül jelenti a szubrutinok alkalmazását, hívását. Lehetséges, hogy a főprogramot írjuk meg paraméteresen, és nincs is alprogramhívás a megmunkálás során.

11.2. Kiterjesztett NC-nyelv paraméteres programozáshoz

Kiterjesztett NC-nyelveknél (l. a 4. fejezetet) egy speciális karakterpár (pl.: „/”) közötti programrészt fog a fordító a hagyományos ISO nyelvi utasításokként szerkeszteni. (l. a 4.3. ábrát). Az utasításokat „;” zárja le.

A változók használata

Többféle változó használata megengedett a programban:

- BOOLEAN
- INTEGER
- REAL
- CHAR
- STRING
- FILE

Ezeknek a változóknak az érvényességi köre háromféle lehet:

- a definiálás szintjén (*LOCAL*)
- a program futása alatt bármely programrészben (*GLOBAL*)
- és a rendszer bármely programjában (*COMMON*)

pl.: [DATA *változók deklarálása, az utasításokat „;” zárja le*

COMMON INTEGER: INC_ABS; *INC_ABS nevű INTEGER változó (COMMON)*

LOCAL REAL: XPOS, DEPTH; *XPOS és DEPTH változók deklarálása LOCAL, REAL*

ENDDATA;] *deklaráció vége*

A változók deklarálása DATA és ENDDATA főszók között lehetséges. Ugyancsak deklarálni kell az eljárásokat (**PROCEDURE**) és a funkciókat is (**FUNCTION**). Mindkét esetben formális paraméterek adhatók meg.

Pl.: [PROCEDURE CYCL_81 (VAR P1, P2, P3: REAL); *eljárásdeklaráció*

DATA

LOCAL REAL: ZSET, RSET; *a változók deklarációja*

ENDDATA;

ZSET= P1;

RSET= P2;

eljárástörzs

ENDPROC;]

Az eljárásdeklaráció vége

Aritmetikai műveletek

összeadás A:=B+C

kivonás A:=B-C

szorzás A:=B*C

moduloképzés A:=B

egész típusú osztás A:=B DIV C

Összehasonlító műveletek (relációk)

=, <, >, >=, <=

Logikai műveletek

MOD C OR, XOR, AND, NOT

Aritmetikai funkciók

négyzet-					
gyökvonás	SQRT(a)	a = -3	b = 4	c = SQRT(a*a+b*b)	c → 5
abszolút érték	ABS(a)	a = -3,2		c = ABS(a)	c → 3.2
egész rész	TRUNC(a)	a = 5,86		c = TRUNC(a)	c → 5
kerekítés	ROUND(a)	a = 5,50		c = ROUND(a)	c → 6
		a = -5,49		c = ROUND(a)	c → 5
tizedes rész	FRAC(a)	a = -3,25		c = FRAC(a)	c → 0.25

		argumentum	eredmény
szögek	RAD(a)	fok	radián
konverzió	DEG(a)	rad	fok
	BIN(a)	BCD kódról binárisra	
	BCD(a)	bináris kódról BCD-re	

Trigonometrikus funkciók

sinus	SIN(a)
cosinus	COS(a)
tangens	TAN(a)
arcus sinus	ARCSIN(a)
arcus cosinus	ARCCOS(a)
arcus tangens	ARCTAN(a)

az X tengellyel bezárt szög értéke ANGLE(a,b) pl.: w:=ANGLE(10,10) w→45

Logaritmikus funkciók

exponenciális funkció	EXP(a)	w:=EXP(2)	w→7.39
logaritmikus	LN(a)	w:=LN(2)	w→0.69

Operációk prioritási szintjei

szintek	művelet
prioritási szint 3 (magas)	NOT
prioritási szint 2	*,/, AND,MOD, DIV
prioritási szint 1	+,-,OR,XOR
prioritási szint 0 (alacsony)	=,<,>,<=,>=,<>

Végrehajtási utasítások

megnevezés	szintaxis
Feltétel nélküli ugrás	GOTO<cimke>
	<cimke> ::= 0 1 2 9999

Érték szerinti elágazás

```

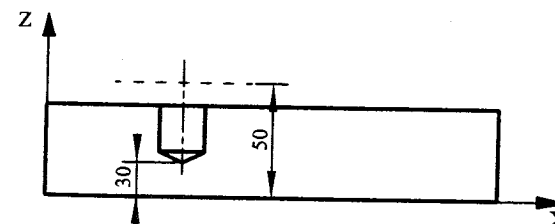
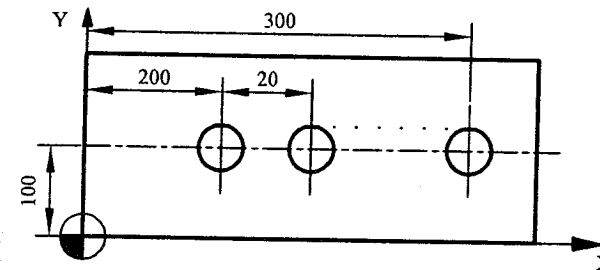
CASE<aritmetikai kifejezés>
    IS WHEN <konstans1>:utasítás1
    IS WHEN <konstans2>: utasítás2
    .
    .
    IS WHEN <konstansn>:utasításn
    OTHERWISE:utasításn+1
ENDCASE;

Feltételes utasítás
IF<logikai kifejezés>THEN<utasítás>ELSE<utasítás>
ENDIF;

WHILE-DO ciklus
WHILE<logikai kifejezés> DO<utasítás>
ENDWHILE;

FOR ciklus
FOR <változó>=<kifejezés1>TO/DOWNTO<kifejezés2>
DO<utasítás>
ENDFOR;
    
```

Példa paraméteres programozásra a 11.1. ábrán látható.



11.1. ábra. Példa a kiterjesztett nyelv alkalmazására

```

%
O1234
[DATA
LOCAL REAL:XPOS,DEPTH,RPLANE,DELAY;
ENDDATA;
PROCEDURE CYCL_81(VAR P1,P2,P3:REAL);
    
```

programazonosító
változódeklarálás
eljárásdeklaráció

```

DATA
LOCAL REAL:ZSET,RSET;
ENDDATA;
ZSET:=P1;
RSET:=P2;

N100G00 Z[RSET]
N10 G01 Z[ZSET]

N120 G04 F[P3]
N130 G00 Z[RSET]
[ENDPROC;]
N10 G00 X100. Y100. Z150. F0.15
[XPOS:=200; DEPTH:=30;
RPLANE:=50; DELAY:=2;
WHILE XPOS<=300 DO
  XPOS:=XPOS+20;]
N20 G00 X[XPOS]

[CYCLE_81 (DEPTH,RPLANE, DELAY);
ENDWHILE;]
N30 M30
%
```

*a munkaelőtölés végpontja
a gyorsmeneti mozgás végpontja
elmozdulás gyorsmenettel
elmozdulás munkaelőtöléssel
(fűrés)
várakozás a furat végén
elmozdulás gyorsmenettel*

pozicionálás

*értékkadás
ciklusszervezés*

*pozicionálás a következő furat
kezdőpontra*

az eljárás hívása

program vége

11.3. Kibővített NC-nyelv paraméteres programozásra

A kibővített NC-nyelvek különböző utasításokat és logikai szerkezeteket tartalmaznak a paraméteres programozás funkcióinak, feladatainak leírására. Az alkar részprogram szintjéről a vezérlés belső tárregiszterei elérhetők, vezérelhetők a kimeneti és bemeneti egységek. A regiszterek (változók) jelölésére sokféle megoldás van, néhányat bemutatunk:

Jel	Regiszter	Felhasználás
#	#10	N50 G90 G01 X#10
R	R10	N5 G90 G01 X/10/ N5 G90 G01 X=R10
[]	[10]	N5 G90 G01 X[10]
L	L10	N5 G90 G01 XL10

11.3.1. Paraméteres programozás G kóddal és „#” regiszterjellel

A makróhívás kódja: G65

G65 Pp Ll Aa Bb Cc Dd ... Xx Yy Zz

p a makróprogram azonosítója;

l az ismétlési szám.

a...z: a makró hívásakor az egyes lokális változók értékadása.

Makróhíváskor a hívás helyéről az alprogram változói értéket kapnak.

Kétféle argumentum lehetséges:

1. sz. argumentum: (a következő változókkal programozható)

A B C D E F H I J K M Q R S T U V W X Y Z

2. sz. argumentum: (A,B,C és I, J, K változókkal programozható)

Az I,J,K változó többször is megadható, ekkor a második, harmadik stb. megadás I2,J2,K2,I3,J3,K3 stb. változónak minősül (maximum tízszer használható)

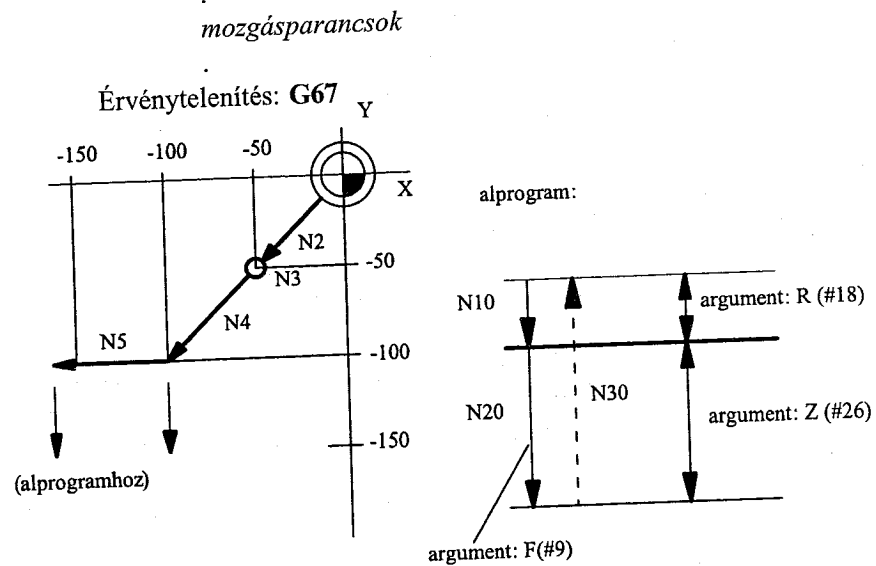
Az értékátadás az argumentumcímekhez rendelt regisztereknek megfelelően fog megtörténni. Az alprogram a regiszterrel végzi a műveleteket. Az összerendelést a következő táblázat szemlélteti:

Regiszter (lokális változó)	1. argu- mentum	2. argu- mentum	Regiszter (lokális változó)	1. argu- mentum	2. argu- mentum
#1	A	A	#10	-	I3
#2	B	B	#11	H	J3
#3	C	C	#12	-	K3
#4	I	I1	#13	M	I4
#5	J	J1	#14	-	J4
#6	K	K1	#15	-	K4
#7	D	I2	.	.	.
#8	E	J2	.	.	.
#9	F	K2	#33	-	K10

Pl.: G65 P1010 A1.83 B4.23 J17.45 J-3.5
 ↓ ↓ ↓ ↓
 #1=1.83 #2=4.23 #5=17.45 #8=-3.5

Az *I, J, K* között az indexezést a beírás sorrendje dönti el. ($J1=17.45, J2=-3.5$)
 A makróhívás úgy is történhet, hogy a hívott makrót (alprogramot) minden mozgásparancs után végrehajtja a vezérlés, mindaddig, amíg nem érvénytelenítjük.

Hívás: **G66 Pp Ll Aa Bb Cc Dd ... Xx Yy Zz**



11.2. ábra. Példa alprogramhívásra

Főprogram				Alprogram			
N1	G90	G0	X0 Y0 Z0	O9010			
N2	G91	X-50.	Y-50. Z-200.	N10	G0	Z#18	
N3	G66	P9010	R-10. Z-30. F100	N20	G01	Z#26 F#9	
			↓ ↓ ↓	N30	G0	Z-[#18+#26]	
			#18 #26 #9	M99			

N4 X-50. Y-50. *Alprogram-végrehajtás*
 N5 X-50. *Alprogram-végrehajtás*
 N6 G67 *Alprogram-hívás érvénytelenítése*

Ha csak alprogramhívás történik – nem makróként hívjuk –, akkor *M* kö használható:

M98 Pp Ll
 p: alprogram-azonosító
 l: ismétlési szám

- Mi a különbség a makróhívás és az alprogram hívás között?
- A makróhívás tartalmazhat argumentumot, az alprogramhívás nem;
 - A makróhívás megváltoztatja a lokális változók értékét, az alprogramhívás nem.

Például.: a #2 regiszter értéke *G65* hívás előtt más mint a makró törzsében. De #2 értéke *M98* előtt ugyanaz mint az alprogramban.

Az alprogramot *M99*-cel lezárva *P* címmel programozható, hogy a visszatérés a főprogram melyik mondatára történjen. Ha nincs *P* programozva, akkor a hívást követő sor lesz a folytatás.

Pl.: Alprogram

N10 M99 P019

Az alprogramok és makrók többszörösen hívhatók egymásból, de a mélységi szintek a konkrét vezérlésen korlátozva vannak. (pl.: 4, 8 egymásba skatulyázás lehetséges.)

Az új hívás a lokális változók szintjét is növeli.

Pl.:

0. szint Főprogram	1.szint Makró	2.szint Makró	4.szint Makró
.	.	.	.
.	.	.	.
G65 P...	G65 P...	G65 P...	.
.	.	.	.
.	.	.	.
M02	M99	M99	M99

lokális változók

#1	#1	#1	#1
.	.	.	.
.	.	.	.
#33	#33	#33	#33

Az első makró hívásakor a főprogram lokális változóinak értéke (#1-#33) tárolódik és az *I.* szinten a lokális változók a híváskor megadott argumentum értékeit kapják. Tehát az adott szinten az előző szint lokális változóit őrzi a vezérlés, és az argumentumértékeket kania az aktuális lokális változó *M99* (visszatérés) esetén

az előző szint (ahonnan a hívás történt) változói az eredeti állapotba kerülnek. (Visszakapják az eltárolt értékeket).

A makrók formátuma:
O<program szám>

parancsok

M99

11.3.1. A programnyelv változói

Mind a főprogramban, mind a makrókban, alprogramokban változókat használhatunk.

a) A változók azonosítása

A változókat a „#” jelöli és a számuk azonosítja. Az azonosítás azonban egy formula is lehet.

Pl.: #[#115-32]

Itt arról a változóról van szó, amelyet úgy kapunk meg, hogy a 115-ös regiszterben található számból levonunk 32-t. Az eredménynek természetesen valódi regisztert kell jelölnie. A vezérlésekben a szabadon használható változók száma korlátozva van (pl.: max. 500 – MAZATROL vezérlés) és mellettük speciális jelentéssel bíró regiszterek is vannak (pl.: #5201: az 1-es tengely közös nullpont-eltolási értéke itt tárolódik).

b) Hivatkozás változókra

Az alkatrészprogramban az NC-címek után az érték helyett változó is állhat.

Pl.: G#103 Ha #103=1, akkor G1

 #103=0, akkor G0 stb.

X#104 Ha #104=123.456 akkor X 123.456 az utasítás jelentése.

A változókra való hivatkozás eldönti – korlátozza – a formátumot. Az előző példában, ha a #103-as regiszter értéke #103=1.234, akkor is G1 lesz az eredmény, de pl.: #103=1.678-nál már G2. Ha pedig #103=16.78 akkor G17-el lesz egyenértékű a G#103 utasítás.

c) A változók típusa

A változók a felhasználásuk módja és tulajdonságaik szerint lehetnek:

- lokális,
- globális,
- rendszerváltozók.

A kijelölés és elosztás vezérlésfüggő.

Lokális változók: #1 - #33

Ezeket a változókat adott helyen a makróprogram használja. A lokális változók értékei a különböző szinteken nem vesznek el. Híváskor az argumentumból kapnak értéket.

Globális változó: #100-#199, #500-#599

A globális változók a teljes programban azonos értékűek, függetlenül, hogy hol és melyik szinten kaptak értéket. Kikapcsolásra a #100-#199 közöttiek törlődnek, de az #500-#599 közöttiek nem, az utóbbiak belső paraméterek állításával írásvédetté is tehetők.

Rendszerváltozók: a rendszer állapotáról adnak információt.

Ilyenek lehetnek:

- logikai interface bemenő jelek;
- logikai interface kimenő jelek;
- szerszámkopás-korrektció;
- geometria;
- kopás;
- munkadarabnullpont-eltolások;
- hibajelzés;
- öröklődő információk;
- pozíció információk;
- pillanatnyi pozíciók tengelyenként gépi rendszerben;
- pillanatnyi pozíciók munkadarab koordináta-rendszerben;
- tapintási pozíciók (mérésnél);
- forgácsolási idők, darabszámok.

Példaként az interface bemenő és kimenő jeleket nézzük meg. (MAZATROL, FANUC és NCT vezérlések).

Legyenek a rendszerváltozók a bemenő jelnél #1000 – #1015 és #1032. 16db. interface bemenőjel-állapot kérdezhető le, illetve az #1032-es regiszterhez az összes hozzárendelhető.

0: a bemeneti érintkező nyitott állapotú,

1: a bemeneten zárt az érintkező állapota.

Az #1032 regiszter értéke az egyenkénti lekérdezéshez rendelt rendszerváltozók függvényében:

$$\#1032 = \sum_{i=0}^{15} \#[1000+i] \cdot 2^i$$

Tehát pl.: az #1002 és #1010 bemenetben 24V van, a többi nyitott, akkor:

$$\#1032 = 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^{10} = 1028$$

Kimeneti oldalon: a változók legyenek #1100-#1115, ill. #1132

$$\#1132 = \sum_{i=0}^{15} \#[1100+i] \cdot 2^i$$

Kapcsoljuk be #1102 és #1109 kimeneteket, a többi legyen nyitott.

$$\#1132 = 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^9 = 516$$

11.3.2. A programnyelv utasításai

A paraméteres utasítások leírásánál, a következő szintaktikai formát használjuk:

$\#i = \langle \text{formula} \rangle$

$\langle \text{formula} \rangle := \langle \text{aritmetikai művelet} \rangle | \langle \text{függvény} \rangle | \langle \text{változó} \rangle | \langle \text{konstans} \rangle$

$\langle \text{formula} \rangle$ nemcsak az értékadó utasítás jobb oldalán állhat, hanem az NC-mondatban a különböző címek után is.

– értékadás

$\#i = \#j$

– aritmetikai műveletek és függvények

– Egy operandusu műveletek

mínusz: $\#i = -\#j$

negáció: $\#i = \text{NOT} \#j$

A művelet hatására először a #j változót átalakítja a vezérlés a processzortól függően fix pontos számmá, (pl.: 32 bites esetén) majd képezi a bitenkénti negált értéket, az így kapott számot visszaalakítja lebegőpontosá és beteszi az #i változóba.

– Additív aritmetikai műveletek

összeadás: $\#i = \#j + \#k$

kivonás: $\#i = \#j - \#k$

aritmetikai vagy: $\#i = \#j \text{OR} \#k$

A művelet hatására az #i változóba a #j és #k változók bitenkénti értékeinek logikai összege kerül, mind az összes bitre. (pl.: 32). Ahol a két szám azonos helyi értékén mindkét helyen 0 található, arra a helyi értékre 0 kerül az eredmény, egyébként pedig 1.

aritmetikai kizáró „vagy”:

$\#i = \#j \text{XOR} \#k$

A művelet hatására az #i változóba a #j és #k változók bitenkénti értékei úgy összegződnek, hogy ahol azonos helyi értéken azonos számérték található az eredmény ott 0, ahol különböző, ott pedig 1 lesz az összes biten.

– Multiplikatív aritmetikai műveletek

szorzás: $\#i = \#j \cdot \#k$

osztás: $\#i = \#j / \#k \quad (\#k \neq 0)$

modulo képzés: $\#i = \#j \text{MOD} \#k$

Az #i változó a #j és #k változók osztási maradékát veszi fel. ($\#k \neq 0!$)

pl.: $\#111 = 26 \text{MOD} 5$ esetén #111 értéke 1 lesz.

aritmetikai „és”

$\#i = \#j \text{AND} \#k$

Az #i változóba a #j és #k változók logikai szorzata kerül az összes bitre. Ha mindkét helyen (#j, #k) 1 található, akkor arra a helyi értékre 1, egyébként 0 íródik az #i változóba eredményként.

– Függvények

négyzetgyökvonás: $\#i = \text{SQRT}[\#j] \quad (\#j \geq 0)$

szinusz: $\#i = \text{SIN}[\#j]$

koszinusz: $\#i = \text{COS}[\#j]$

tangens: $\#i = \text{TAN}[\#j] \quad (\#j \neq [2n+1] \cdot 90^\circ, n=0 \pm 1, \dots)$

arkusz szinusz: $\#i = \text{ACOS}[\#j] \quad (-1 < \#j < 1)$

arkusz tangens: $\#i = \text{ATAN}[\#j]$

exponenciális: $\#i = \text{EXP}[\#j] \quad \#i = e^{\#j}$

logaritmus: $\#i = \text{LN}[\#j] \quad (\#j \neq 0)$

abszolút érték: $\#i = \text{ABS}[\#j]$

Konvertálások

bináris szám binárisan kódolt decimálissá alakítása:

$\#i = \text{BCD}[\#j]$

BCD szám binárisá alakítása:

$\#i = \text{BIN}[\#j]$

Kerekítések

abszolút értékben lefelé

#i=FIX[#j] pl.: #111 =FIX[5.8] (#111=5)
#112 =FIX [-2.7] (#112=-2)

abszolút érték fölfelé:

#i= FUP[#j] pl.: #111 =FUP[-8.3] (#111= -9)

legközelebbi egész szám:

#i=ROUND[#j] pl.: #i=ROUND [14/3] (#i= 5)

Az aritmetikai műveleteket és függvényeket kombinálni is lehet. A műveletek végrehajtási sorrendje:

1. függvény,
2. multiplikatív műveletek,
3. additív műveletek.

pl.: #111=SIN[#112]+#113*#114

1. SIN[#112]

2. #113*#114

3. SIN[#112]+ #113*#114

A végrehajtás sorrendje zárójelek alkalmazásával a zárójelezés szabályai szerint megváltoztatható.

– Relációk

Általában a következő relációk használhatók:

„egyenlő”: EQ #iEQ#j
„nem egyenlő”: NE #iNE#j
„nagyobb mint”: GT #iGT#j
„kisebb mint”: LT #iLT#j
„nagyobb vagy egyenlő”: GE #iGE#j
„kisebb vagy egyenlő”: LE #iLE#j

A relációk mindkét oldala lehet változó, vagy formula is.

– Feltétel nélküli elágazás (GOTO)

n mondatszám vagy formula. Az alkatrészprogram az n mondatszámától folytatódik.

– Feltételes elágazás

Formátum: IF[<feltétel>] GOTO n

Ha a feltétel teljesül, a program az n mondatszámától folytatódik, egyébként...

– Ciklusszervezés

Formátum: WHILE[<feltétel>]DO m

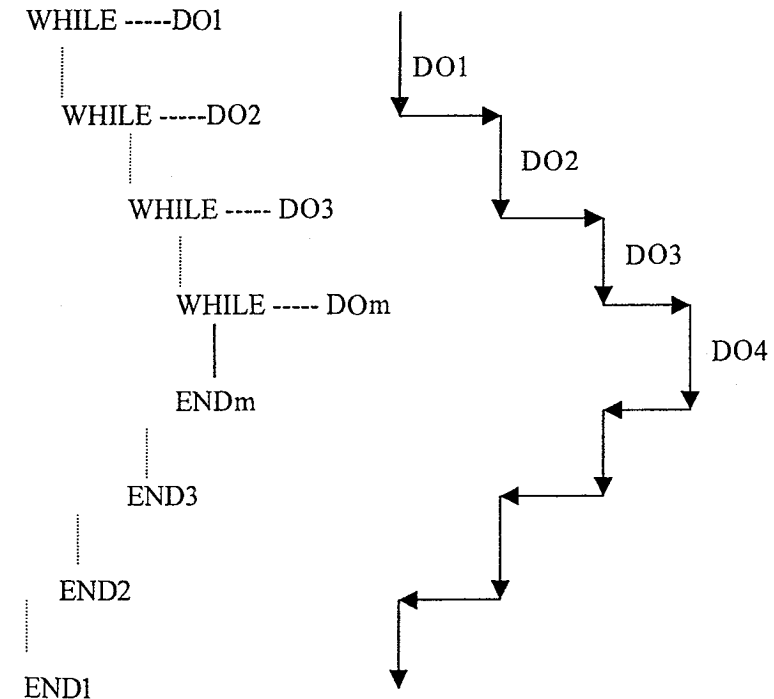
END m

($m=1, 2, 3, \dots, 127$)

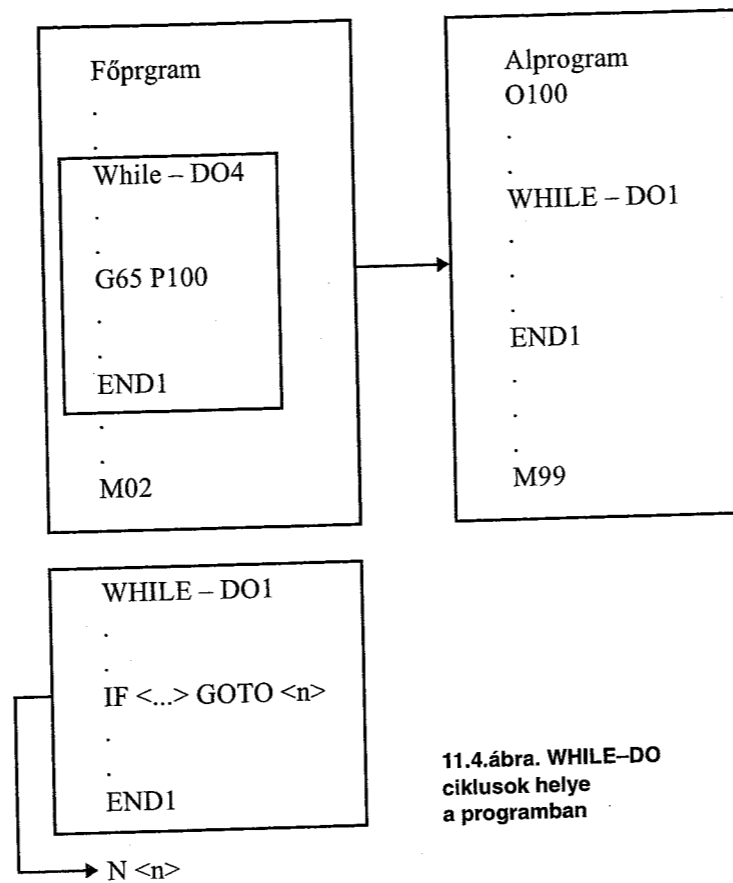
Ameddig teljesül a feltétel, addig DO m utáni NC-mondatok az END m utasításig végrehajtásra kerülnek. Az END m után a WHILE feltétel újbóli vizsgálata következik. Ha a feltétel nem teljesül, akkor az END m -et követő mondatot hajtja végre a vezérlés.

Néhány megjegyzés:

- a ciklusból feltételes utasítással ki lehet ugrni;
- a főprogramban lévő WHILE-DO ciklusból hívható alprogram, ami szintén lehet ciklus;
- a ciklusok egymásba ágyazhatók (a mélység vezérléseként korlátozott), de nem lapolhatják át egymást.



Ábra. WHILE-DO ciklusok egymásba ágyazása



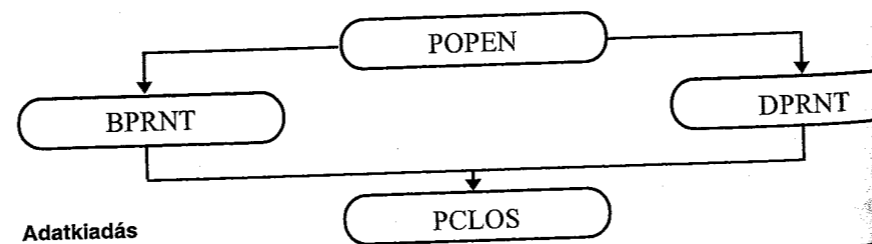
11.4. ábra. WHILE-DO ciklusok helye a programban

11.3.3. Adatkiadási parancsok

Az adatkiadási parancsokat karaktereknek és változók értékeinek kiadására lehet használni. Mindez soros interfészen keresztül (pl.: RS-232C) egy külső adattárolóra irányulhat.

Például:

- POPEN – periféria megnyitása
- BPRNT – karakter vagy bináris adatkiadás
- DPRNT – karakter vagy decimális adatkiadás
- PCLOS – periféria zárása



11.5 ábra. Adatkiadás

A periféria megnyitása lehet a külső egység (POPEN1) és a vezérlés memóriája is. (POPEN32).

BPRNT [I1 # V1 [C1] I2 # V2 [C2]...]

I1: karakter string (A,B,...Z, 0,1,2,...9, *, I, +,-)

#V1: változó

C1: tizedespont utáni számjegyek száma. A vezérlés a változó lebegőpontú értéket fixpontossá alakítja, ahol az értékes tizedesjegyek száma a []-ben megadott érték.

Pl.: ha #I01=123.456789 és C1=3 lesz akkor kiadásra kerül 123456

BPRNT[X#111[3]Y#112[3]M#113[0]]

Tételezzük fel, hogy a vezérlés 4 byte-on azaz 32 biten adja ki a változók értékeit.

#111 = 318.4960 → 318494 = 0004DC1Eh

#112 = 0.723415 → 723 = 00000D3h

#113 = 23.9 → 24 = 00000018h

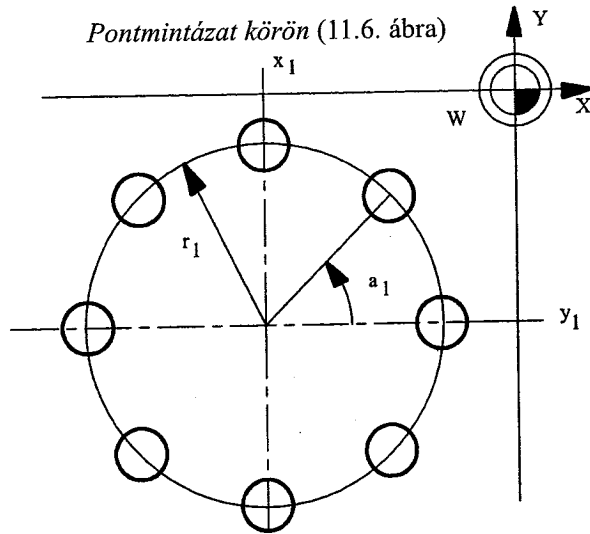
A kiadásra kerülő karakterek:

7	6	5	4	3	2	1	0	
1	1	0	0	0	0	1	1	C
1	0	1	0	0	0	0	0	szóköz
1	0	1	0	1	1	1	1	/
1	1	0	1	1	0	0	0	X
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	1	0	0	04
1	1	0	1	1	1	0	0	DC
0	0	0	1	1	1	1	0	1E
0	1	0	1	1	0	0	1	Y
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	1	0	02
1	1	0	1	0	0	1	1	D3
0	1	0	0	1	1	0	1	M
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	0	0	0	0	0	00
0	0	0	1	1	0	0	0	18
0	0	0	0	1	0	1	0	soremelés (Line Feed)

11.4. Példák a paraméteres programozásra

Nézzünk az elmondottakra néhány példát:

Pontmintázat körön (11.6. ábra)



a_1 = az első ponthoz tartozó szög
 b_1 = a furatok száma
 r_1 = az osztókör sugara
 x_1 = a középpont X koordinátája
 y_1 = a középpont Y koordinátája

11.6. ábra. Pontmintázat paraméteres programja

Főprogram: G81 Z-100. R50. F300
 G65 P9920 Aa₁ Bb₁ Rr₁ Xx₁ Yy₁

Paraméterek: a₁ → #1 r₁ → #18 y₁ → #25
 b₁ → #2 x₁ → #24

A felhasznált regiszterek:

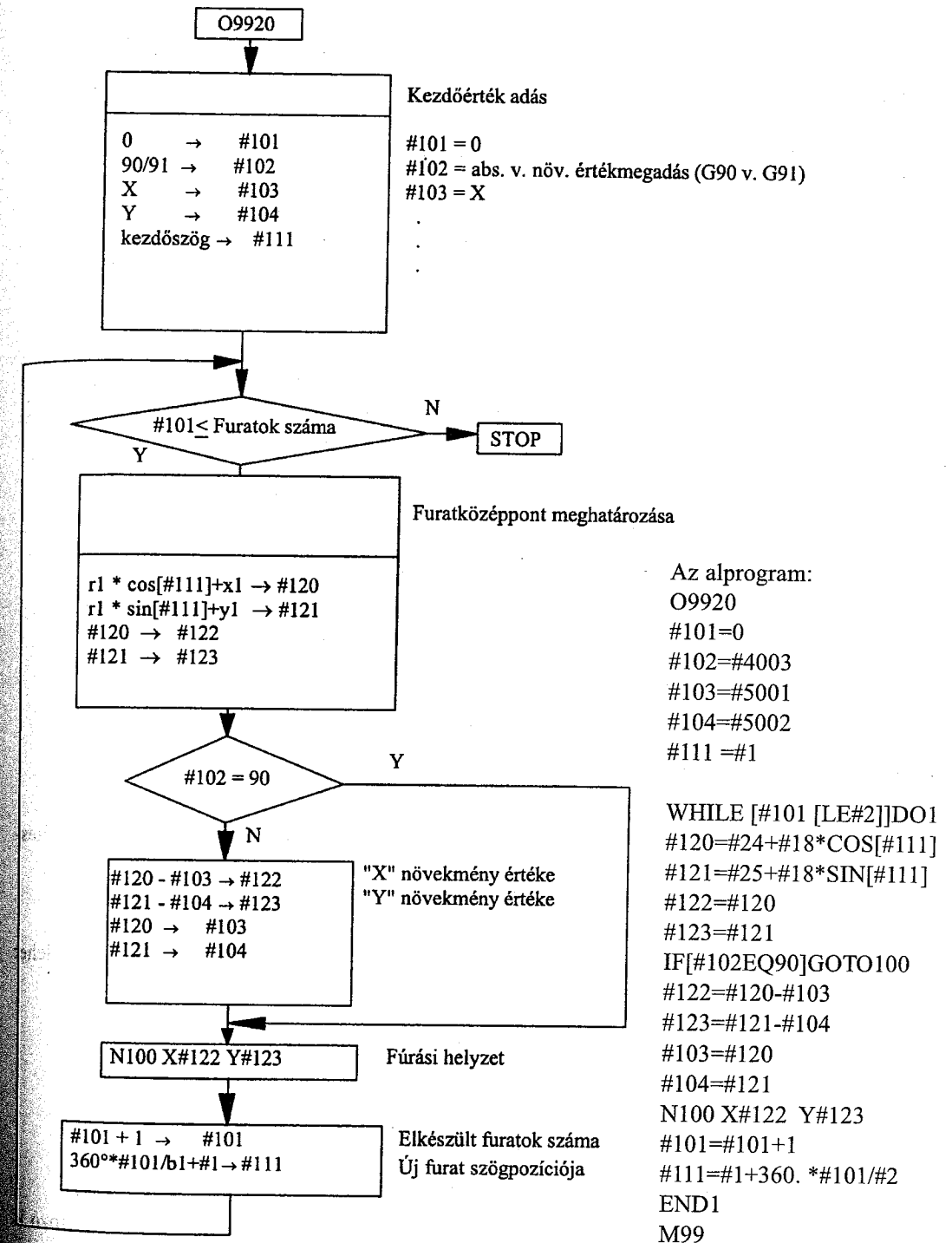
a) Felhasználói regiszterek:

- #101: az elkészített furatok szám
- #102: abszolút vagy növekményes adatmegadás van-e érvényben
- #103: az X tengely pillanatnyi koordináta értéke
- #104: az Y tengely pillanatnyi koordináta értéke
- #111: az aktuális furat szöghelyzete
- #120: a furat pozíció X koordináta értéke
- #121: a furat pozíció Y koordináta értéke
- #122: az X koordináta abszolút értéke
- #123: az Y koordináta abszolút értéke

b) Rendszerváltozók:

- #4003: abszolút adatmegadás: 90, növekményes adatmegadás: 91
- #5001: az 1-es (X) tengely pillanatnyi koordináta értéke
- #5002: a 2-es (Y) tengely pillanatnyi koordináta értéke

Az algoritmus a 11.7. ábrán látható.



11.7. ábra. Az alprogram algoritmus

Konkrét hívás: $r_1=100$, $a_1=0$, $b_1=8$, $x_1=-80$, $y_1=-90$

G81 Z-100. R50. F300

G65 P9920 A0 B8 R100. X-80. Y-90.

11.5. Speciális adatfeldolgozó utasítás (@) és paraméterek (R) használata

Ezt a programozási módot a SIEMENS fejlesztette ki, és a magas szintű CL800-as nyelvvel egyetemben használható a vezérlések paraméteres programozására.

A makró-(alprogram) hívás címe: Ll Pp

l: az alprogram azonosítója ($1 \leq l < 999$)

p: az alprogram végrehajtásának száma.

Általános felépítés: SPF l

Alprogram törzs

M17

11.5.1. A nyelv változói

Mind a főprogram, mind az alprogram használhat változókat, amelyekkel széles körű műveletek végezhetők.

a) A változók azonosítása

A változók R címmel azonosíthatók, és a következő típusú feladatokat lehet velük megoldani:

- paraméter-értékátadás alprogramokhoz, ciklusokhoz (R0-R49);
- lokális paraméterek kezelése (R50-R99);
- globális változók (R100-R199);
- belső funkciókra (R200-R500);
- rendszerparaméterek (R900-R999).

b) Hivatkozás változókra

Az alkatrészprogramban az NC cím után a konkrét érték helyett a változó megadható a következő módon. Például:

11.5.2. Az adatfeldolgozó utasítások csoportosítása

Az adatfeldolgozó utasítások felépítése alapvetően eltér a megszokott nyelvi megoldásoktól, és szintaxisuk inkább assembly-szerű. Azt a módszert követjük, hogy a kód (@) által lefedett utasítás CL800-as nyelvi megfelelőjét is bemutatjuk. Ez utóbbi a magas szintű számítógépes programnyelvekhez hasonló szintaxisu és szemantikájú, összevethető a 11.2.-ben ismertetettekkel.

A @ karaktert három decimális karakter követi:

@k₁k₂k₃

k₁: a kód főcsoportja, a fő tevékenységet jelöli;

k₂: a főcsoporton belüli alcsoport;

k₃: speciális funkció leírása.

Főcsoportok: (k_i)

@0xx: Általános utasítások, műveletek;

@1xx: Program szervező utasítások;

@2xx: Adatmozgató utasítások;

@3xx: Adat tárolás (rendszeradatok R paraméterek);

@4xx: Adattárolók írása (R paraméterek töltése rendszer memóriába);

@5xx: Általános adatkezelő utasítások;

@6xx: Matematikai függvények, funkciók;

@7xx: NC-specifikus utasítások.

A főcsoportot operandusok követik, amelyek konstansok, paraméterek vagy pointerek lehetnek.

Röviden nézzünk néhány példát a nyelv logikájának bemutatására.

@04<x> Az aktuális változók értékei őrizhetők meg alprogramhívás előtt, majd a végén az eredeti paraméterértékek visszatölthetők. Az <x> értékével szabályozhatók az áttöltési műveletek.

<x> ::= {<decimális _érték>}

<decimális _érték> ::= 0|1|2|3|

@1<x> <y> Program szerinti utasítások

<x> ::= {<decimális _érték>}

<decimális _érték> ::= 0|1|2|3|4|5|6

A karakterek jelentésstartalma:

- 0: feltétel nélküli ugrás (GOTO)
- 1: CASE utasítás
- 2: IF-THEN-ELSE
- 3: WHILE
- 4: REPEAT
- 5: FOR TO
- 6: FOR DOWNTO

<y> ::= {<decimális_érték>}
<decimális_érték> ::= 0|1|2|3|4|5|6

A karakterek jelentésstartalma:

- 0: nincs reláció
- 1: egyenlő (=)
- 2: nem egyenlő (<>)
- 3: nagyobb mint (>)
- 4: nagyobb egyenlő mint (>=)
- 5: kisebb mint (<)
- 6: kisebb egyenlő mint (<=)

Az utasítások szintaxisa (kivéve a GOTO és a CASE utasításokat, ha x=0 vagy 1)

@1<x> <y> <var> <value> <constans>

Nézzük példaként az IF utasítást (x=2). A lehetséges kódok:

IF: @12<y> <var> <value> <constans>

Jelentése: Ha a <var> és a <value> között az <y>-ban definiált feltétel teljesül, akkor a program a <constans>-ban megadott mondatszámra folytatódik.

CL 800 leírás:

IF [<feltétel>] THEN <utasítás 1> ELSE <utasítás 2>
ENDIF

<feltétel> ::= <var> <reláció> <value>
<var> ::= R.<constans>
<reláció> ::= |=|<|>|<|>|>|=|<=|>=|
<value> ::= R.<constans>
<constans> ::= K.<decimális_karakter>
<decimális_karakter> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

Például:

@121 R10 R20 K30
CL800: IF R10=R20 THEN GOTO 30
ENDIF

@151 <var> <value> <constans> (FOR ciklus „előre” lépésekkel)

A <var>-ban definiált paraméter 1-gyel növekszik minden ciklus után, egészen a <value>-ben megadott értékig. Ekkor a <constans> mondatszámra folytatódik a program.

A ciklus végén két utasítás szükséges:

1. a ciklusváltozó növelése: @620 <var>
2. visszaugrás cikluskezdéshez: @100 <constans>
<constans> az ciklusutasítás kezdő címkéje.

Például.:

N2
@151 R1 R2 K3
.
.
@620 R1 (R1 növelése 1-gyel)
@100 K-2 (visszaugrás az N2-es mondatra. A visszafelé lépést a negatív előjel jelzi)
N3 (ha R1 eléri R2 értékét, innen folytatódik a program)

Az R1 ciklusváltozó minden értékére (egészen R1=R2-ig végrehajtódik a ciklus.

@3<x><y> Adatmozgató utasítások

Adatmozgató utasítások segítségével rendszeremória-adatok tölthetők be az R paraméter-regiszterekbe. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a vezérlés belső adatai alkatrészprogram szintre emelhetők, és ott különböző műveletek végezhetők velük, ezt követően pedig eredeti helyükre visszatölthetők az új módosított adatok.

Az adatok lehetnek:

- gépadatok: - NC-adatok;
- PLC adatok;

- beállított adatok:
 - szerszámkorrekciók;
 - nullpontok;
 - koordinátaértékek;
 - sebességek;
 - stb.

@320 <var> <value1> <value2> <value3> Szerszám adatok áttöltése (szerszámoffset)

<var> ::= R.<decimális_karakter>
 <decimális_karakter> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9
 <value1> ::= 0
 <value2> ::= <decimális_karakter> *korrekciószáma (D=0...99)*
 <value3> ::= <decimális_karakter> *korrekción belül az adatvektor indexe (P= 0...9)*

Például:

@320 R12 K0 K11 K1

Az R12-es regiszter a D11 szerszámkorrekció 1-es elemének (szerszámhossz L1) értékét kapja meg.

CL800:
R12=TOS(0,11,1)

Egy másik példa:

@308 <var> <value1> <value2>
 PLC <value1>-ben megadott byte címéről a <value2>-ben adott bit tartalmát a <var>-ba írja

Például:

@308 R10 K2500 K3
 CL800:
R10=MDPBI(2500,3)

@360 <var> <value>
 A <value>-ben megadott tengely pozícióját (koordináta) a <var> változóba írja (munkadarabkoordináta-rendszerként értelmezve)

Például:
@360 R10 K1

CL800:
R10= ACPW(1)

@4<x><y>

alkatrészprogram szintjéről az R paraméterek a rendszeremóriába írhatók vissza.

<x> ::= <decimális_érték>
 <decimális_érték> ::= 0|1|2|3|4

- 0: Gépadatok
- 1: Beállítási adatok
- 2: Szerszámkorrekció (offset)
- 3: nullpontok
- 4: tengelypozíciók

Például:

@ 420 <var> <value1> <value2> <value3>

A szerszámregisztereket tölts fel. (jelentést ld: @320-nál)

@420 R12 K0 K11 K1

Az R12-es regisztertartalmát a D11-es korrekciós mező 1-es elemébe írja.

CL800:
TOS R12=(0, 11, 1)

@440 <var> <value>
 A <var>-ban definiált tengely pozícióját <value> értékre állítja

CL800:
PRAP(R90)=R65

@6<x><y>: matematikai funkciók
 Az összeadás (+), kivonás (-), szorzás (*), osztás (/) kód nélkül is értelmezett a változók között, de nem a műveletek rangja szerint történik a végrehajtás, hanem balról, az egyenlőségjeltől jobbra indulva a beírás sorrendjében.

Például.:

$$R1 = R2 + R3 - R4 * R5 / R6$$

1. lépés: $R1 = R2$
2. lépés: $R1 = R1 + R3$
3. lépés: $R1 = R1 - R4$
4. lépés: $R1 = R1 * R5$
5. lépés: $R1 = R1 / R6$

A kóddal kezdeményezhető funkciók:

<x>::=<decimális_érték>

<decimális_érték>::=|0|1|2|3|4|5|6|7

0: a négy alapművelet (a @ kód nélkül is használható)

1: aritmetikai funkció

2: aritmetikai eljárás

3: trigonometrikus funkció

4: logaritmus funkció

5: logikai funkciók

6: logikai változók

Mindegyik esetnek van CL800 nyelvi megfelelője.

Nézzünk néhány példát:

- négyzetgyökvonás @613 <var> <value>
 @613 R10 R20 $R10 = \sqrt{R20}$
 CL800: $R10 = \text{SQRT}(R20)$
- szögfüggvények @ 630 <var> <value>
 @630 R10 R20 $R10 = \text{SIN}(R20)$
 CL800: $R10 = \text{SIN}(R20)$
- logikai funkciók @650 <var> <var1> <value> („vagy”)
 @ 650 R10 R11 K20
 CL800: $R10 = R11 \text{ OR } K20$

12. Rögzített („fix”) ciklusok programozása

A munkadarabon gyakran ismétlődő, jellegzetes felületelem-csoportokhoz, műveletelemekhez tartozó mozgásciklusokat a CNC-vezérlések konkrét méretek, koordináták nélkül „készen” tartalmazzák. Ezek egyszerű nyelvi eszközökkel aktivizálhatók, a mozgásokat a konkrét koordinátaértékek szabályozzák. Alkalmazásukkal kényelmesebbé, gyorsabbá és biztonságosabbá válik az NC-program készítése. Alapvetően a műveletelemekhez, műveletekhez igazodnak a ciklusok.

Lehetnek:

- esztergálási ciklusok;
- fúrási, marási ciklusok;
- pontmintázatok;
- mérési ciklusok.

A legegyszerűbb ciklusokat a CNC-t megelőző időszakból, (pl: fúrás G81-gyel) már a korai vezérlések is ismertek.

12.1. Ciklusok programozásának nyelvi eszközei

Az alkalmazó a különböző megvalósított esetekben, konkrét vezérléseknél, eltérő nyelvi megoldásokat találhat.

Ugyanazon feladat leírására más-más G kódok és címek használhatók, így a konkrét környezetben megvalósuló programozáskor – az adott gép és vezérlés mellett – a vezérlés felhasználói leírásából kell tájékozódni. Nyelvi eszközöktől függetlenül tárgyalhatók a fix ciklusok:

- technológiai teljesítőképessége
- a megvalósuló mozgásciklus koncepciója
- a programozandó geometriai adatok technológiai tartalma, stb.

Ami a nyelv szintaxisát illeti, három fő irányzat alakult ki:

a) G kód és NC címek (X,Y,Z,R, stb) használata

b) L kód és azonos címmel programozott paraméterek használata

(Pl: $R1 = \dots, Rn = \dots$)

c) Főszó és módosítók alkalmazása.

A mozgásciklusok fő vonalakban a következő elemekből épülnek fel:

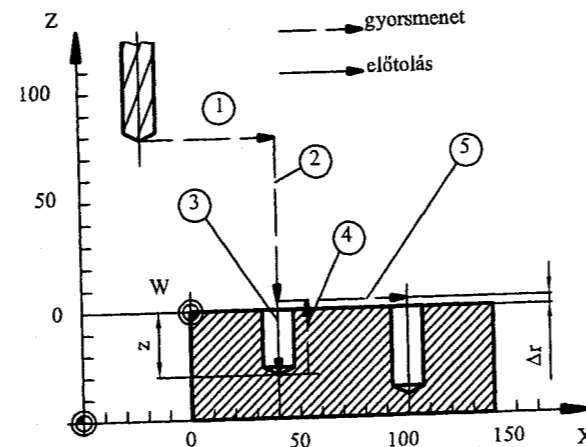
- gyorsmeneti pozicionálás adott pontig (két koordináta mentén pl: X, Y);
- a célhelyzet megközelítése biztonsági távolsággal (pl: Z irányban);
- elmozdulás előtolással;
- gyorsmeneti pozicionálás vissza a kezdőpontig.

A ciklusok hívásakor a programozó az egyes paramétereknek ad értéket, a megfelelő nyelvi eszközök felhasználásával. A paramétereknek legkésőbb a ciklust hívó mondatba kell értéket kapniuk.

Az eltérő – de tartalmában megegyező – nyelvi megoldásokra nézzük az egyszerű fúróciklust. A mozgásciklus a 12.1 ábrán látható.

Mozgások:

- ①: Pozicionálás X, Y síkban a furatközéppont X, Y koordinátáira ($G00$)
- ②: Pozicionálás Z irányban a furat síkja fölé biztonsági távolsággal ($G00, \Delta Z$)
- ③: Fúrás Z mélységig ($G01$)
- ④: Gyorsmeneti visszahúzás a biztonsági távolsággal növelt kezdőpontig ($G00$)
- ⑤: Új furatkezdőpontra pozicionálás ($G00$)



12.1. ábra. A fúróciklus alkalmazása

A nyelvi leírás:

Funkció	a) [pl: FANUC, NCT]	b) [pl: SIEMENS]
Ciklus hívása	G81	L81
Kezdőpont X_k	X...	X...
Y_k	Y...	Y...
Visszatérési pont ΔZ , vagy $Z+\Delta Z$	R...	R2=...
Fúrás végpontja (Z)	Z...	R3=...

Megjegyzés az a) esethez:

- a visszafutás koordinátája nem feltétlenül R -rel programozott értékű. $G98$ kóddal változtatható (lásd később);

- a fúrás tengelye eldől azzal, hogy $G17, G18, G19$ közül mi van érvényben:
Ha $G17 \rightarrow$ fúrás tengelye: Z ,
 $G18 \rightarrow$ fúrás tengelye: Y ,
 $G19 \rightarrow$ fúrás tengelye: X .

Megjegyzés a b) esethez:

- X, Y nem feltétlenül kell, lehet a ciklus hívást megelőző mondatban is;
- a fúrás tengelye az $R11$ paraméterben adható meg:
 Z tengely $R11=3$,
 Y tengely $R11=2$,
 X tengely $R11=1$,
- a szerszámhelyzetének z koordinátaértéke a ciklus végrehajtását követően az $R10=z$ paraméterben adható meg.

A vázolt (12.1. ábra) példán:

a) eset

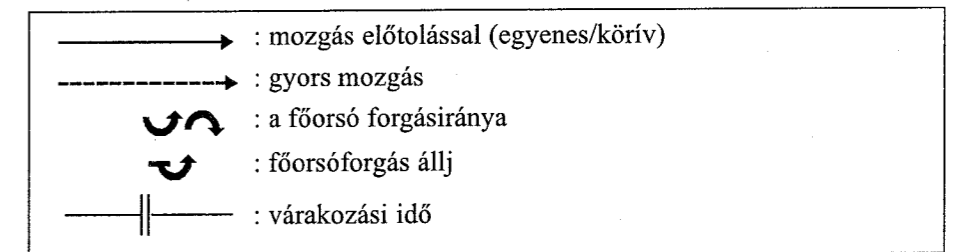
N10 G81 X40. Y... Z-30. R3

b) eset

N10 L81 X40. Y... R2=3 R3=-30.

Szinte valamennyi vezérlés alkalmas a G kódos ciklus leírására. A fix ciklusokat, alkalmazásuk sajátosságait, programozásukat a G kódos megoldásból vett példanyaggal illusztráljuk. Bizonyos esetekben az L és R paraméteres programozás utasításait is bemutatjuk.

A mozgásciklusok ábrázolásánál a következő jelöléseket használjuk:



12.2. A megmunkálóközpontok fix ciklusai

A fix ciklusok a következő táblázatban látható G kódokkal hívhatók. Modálisak, törlésük $G80$ -al vagy $G00, G01, G02, G03$, ill. egyéb interpolációs kóddal történhet. A vezérlés bekapcsolását követően, ill. újra futtatva a programot, $G80$ van érvényben.

Ha új mondatban csak új X, Y koordinátát adunk meg, akkor ebben a pontban a többi régi paraméterrel az érvényes G kódú ciklus újfént végrehajtódik.

Furatmegmunkálási ciklusok:

G Kód	Megnevezés	Ciklusparaméterek
G71.1*	Körmarás (CW)	[X,Y] Z, Q, R, F [P, D]
G72.1*	Körmarás (CCW)	[X,Y] Z, Q, R, F [P, D]
G73*	Nagysebességű mélyfúrás	[X,Y] Z, Q, R, F [P, D K, I, J (B)]
G74*	Balmenet	[X,Y] Z, R, F [P, D, J (B), H]
G75	Fúrórudas megmunkálás	[X,Y] Z, R, F [Q, P, D, K, I, J(B)]
G76*	Fúrórudas megmunkálás	[X,Y] Z, R, F [Q, P, D, J(B)]
G77	Visszasüllyesztés	[X,Y] Z, R, F [Q, P, E, J(B)]
G78	Fúrórudas megmunkálás	[X,Y] Z, R, F [Q, P, D, K]
G79	Fúrórudas megmunkálás	[X,Y] Z, R, F [Q, P, D, K, E]
G81*	Fúrás	[X,Y] Z, R, F
G82*	Fúrás	[X,Y] Z, R, F [P, D, I, J(B)]
G83*	Mélyfúrás	[X,Y] Z, Q, R, F [P, D, K, I, J(B)]
G84*	Menetfúrás	[X,Y] Z, R, F [P, D, J(B)]
G85*	Dörzsölés	[X,Y] Z, R, F [P, D, E]
G86	Fúrórudas megmunkálás	[X,Y] Z, R, F [P]
G87	Visszafelé megmunkálás fúrórúddal	[X,Y] Z, R, F [Q, P, D, J(B)]
G88	Fúrórudas megmunkálás	[X,Y] Z, R, F [P]
G89	Fúrórudas megmunkálás	[X,Y] Z, R, F [P]

A [] jelek közötti adatok elhagyhatók, a *-gal jelölt ciklusokat részletesen ismertetjük

Az NC-mondat általános felépítése:

- a furatkészítés módja: **G**
- a furatpozíció adata: **X,Y**
- a furatkészítés adatai: **Z,Q,R,P,D,K,I,J,E,H,F**
- ismétlési szám: **L**

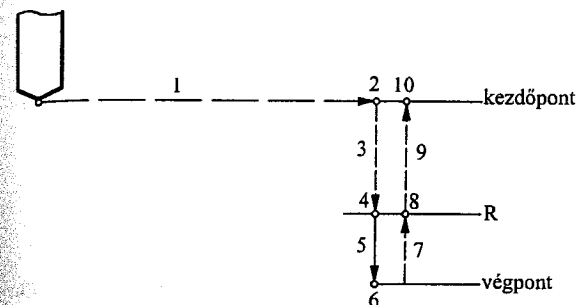
G... X... Y... Z... Q... R... P... D... K... I... J... E... H... F... L...

- G: a ciklus G kódja;
- X, Y: a furatközéppont pozíciója;
- Z: a furatmélység Z mérete G90, G91 melletti értelmezése a 12.3. ábrán látható;
- Q: növekményes adat, ciklusonként eltérő jelentéssel (pl.: körsugár, fogásmélység);
- R: biztonsági távolsággal módosított furatkezdőpont Z síkja. Megközelítőpont (12.3. ábra);
- P: kivárási idő vagy a fordulatok száma a furat alján;

- D: növekményes távolság (jelentése néhány ciklusnál eltérő);
- K: növekményes adat, ciklusonként eltérő jelentéssel;
- I: a csökkentett előtolás távolsága;
- J: kivárási idő forgásirányváltáskor vagy előtolás-csökkentés miatt;
- E: előtolás-változtatás %-a;
- H: szinkronizált menetfúrásnál a visszaút sebességének változása (%);
- F: forgácsolási előtolás;
- L: a ciklus ismétlési száma (ha nincs programozva L=1).

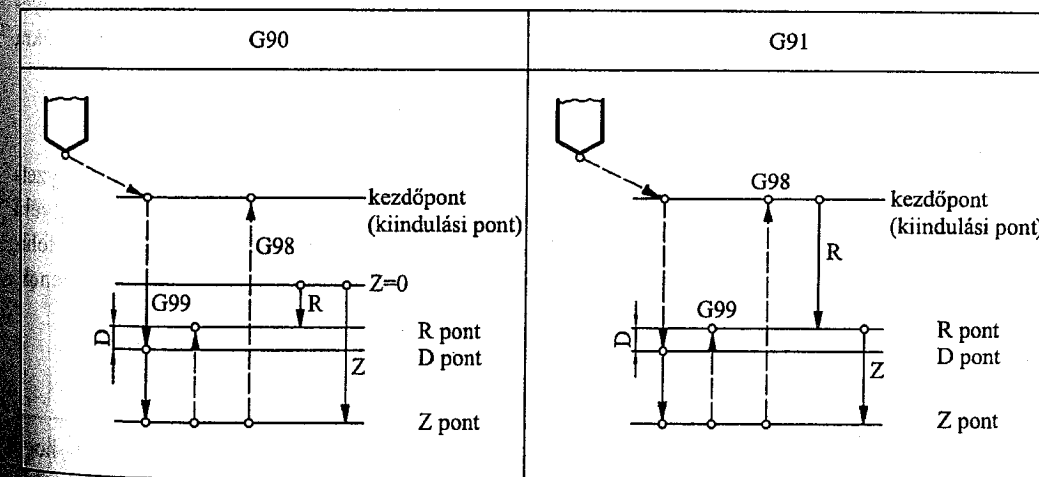
A furatmegmunkálási ciklusok a következő tíz lépésből állnak:

- ① pozicionálás X, Y síkban;
- ② kapcsolások a pozicionálás után;
- ③ gyorsmenet R pontig;
- ④ kapcsolások az R pontban forgácsolás előtt;
- ⑤ forgácsolás a végpontig (Z);
- ⑥ kapcsolások a végpontban;
- ⑦ visszahúzás gyorsmenettel az R pontig;
- ⑧ kapcsolások az R pontban, a forgácsolást követően;
- ⑨ visszahúzás a kiinduló pontig (kezdőpont);
- ⑩ kapcsolások a kiindulási pontban.



12.2. ábra. A fúróciklusok általános mozgásciklusai

Abszolút és növekményes adatmegadás értelmezése a fúrási tengely irányában:



12.3. ábra. Abszolút és növekményes adatok

A fúrás tengelye:

G kód	Pozicionálás síkja	fúrás tengelye
G17	X, Y sík	Z
G18	Z, X sík	Y
G19	Y, Z sík	X

Kiindulási- vagy kezdőpont-változtatás

Ha **G98** van érvényben akkor a szerszám a kezdőpontra tér vissza a furatmegmunkálást követően. Amennyiben külön nem programozható, akkor ez a ciklushívást megelőző **Z** érték. **G99** a ciklushíváskor megadott **R** értékre hozza vissza a szerszámot. Bekapcsolást követően a **G98** érvényes. Az egyes **Z** irányú méretek a 12.3. ábrán láthatók. Relatív (növekményes) adatmegadásnál a ciklus hívásakor a kezdőponthoz tartozó pillanatnyi **Z** érték a kiindulás.

A fúróciklus hívását megelőző Z pozíció

Pl: N10 G17 G90 G0 Z150.
N11 G81 X50. Y60. Z30. R40.

Az **N10**-es mondatban eldőlt, hogy a fúrás tengelye **Z**, és a kezdőérték **150 mm**. Ez érvényes a következő mondatokra is, egészen a **G81** érvényességéig. (Törlés: **G80**, vagy **G0**, **G1**, **G2**, **G3**)

A furat pozíciója

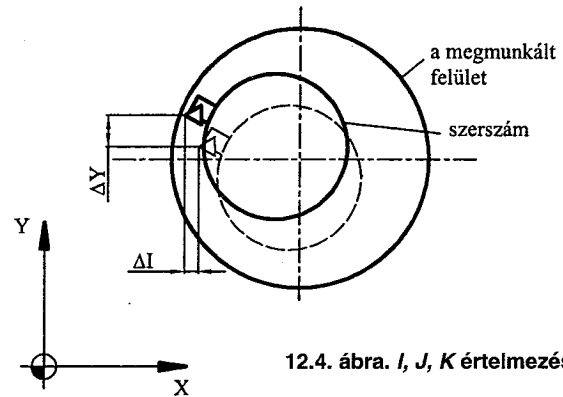
A kiválasztott síkban lévő értékek jelentik a furat kezdőpontjának pozícióját. Megadhatók abszolút vagy növekményes formában, derékszögű vagy polárkoordinátákban. A koordinátaértékekre a transzformációs parancsok érvényesek (elforgatás, tükrözés, stb). Az **I** pozicionálási lépésnél ezekre a koordináták áll a szerszám.

Elmozdulás főorsó-orientálás után

Az **I**, **J**, **K** címekkel vagy csökkentett előtolási távolság, vagy az orientált helyzetben lévő főorsó mozgása adható meg. Ez utóbbi akkor szükséges, ha egy fúrórudas megmunkálás után (pl: simítás) a visszafutás előtt a megmunkált felülettől eltávolítjuk a szerszámot. A használt címek a fúrás tengelyétől függetlenek.

pl.: G17: I, J
G18: I, K
G19: J, K

Az **I**, **J**, **K** adatok mindig növekményesek. Programozásukhoz ismerni kell a főorsó hol pozicionál és a munkadarab koordináta-rendszerében hogyan írható felület elhagyása. Az elhúzás gyorsmenettel történik.



12.4. ábra. I, J, K értelmezése

Ha az **I**, **J**, **K** cím másra használt (pl. **G76** esetén) akkor az eltávolodás iránya lehet gépparaméter is, a távolságot programozni kell, és mindkét irányban azonos.

A fúrás végpontja (talppontja)

Derékszögű koordináta-rendszerben, a fúró tengelyét jelentő **NC**-címet fölhasználva kell megadni. Öröklődő érték, a ciklus törlése vagy újabb **Z** programozása megszünteti.

Megközelítési pont (R pont)

Mindig derékszögű koordináta-rendszerben, abszolút vagy növekményes módon adható meg (öröklődik) (12.3. ábra).

Fúrásmélység

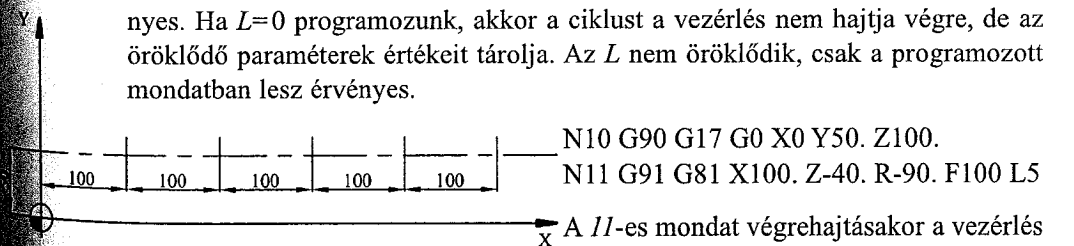
A mélyfúró (**G73**, **G83**) ciklusoknál a fúrásmélység **Q**-val programozható. Öröklődő, növekményes pozitív adat.

Várakozás (P)

A várakozási idő adja meg a furat alján az idő értékét vagy a főorsófordulatok számát. Megadására a **G04**-nél elmondottak érvényesek. Öröklődő utasítás, a **G80** vagy az interpolációs csoport törli.

Ismétlési szám (L)

A ciklus ismétlési számát határozza meg. Ha nem programozzuk, **L=1** lesz érvényes. Ha **L=0** programozunk, akkor a ciklust a vezérlés nem hajtja végre, de az öröklődő paraméterek értékeit tárolja. Az **L** nem öröklődik, csak a programozott mondatban lesz érvényes.



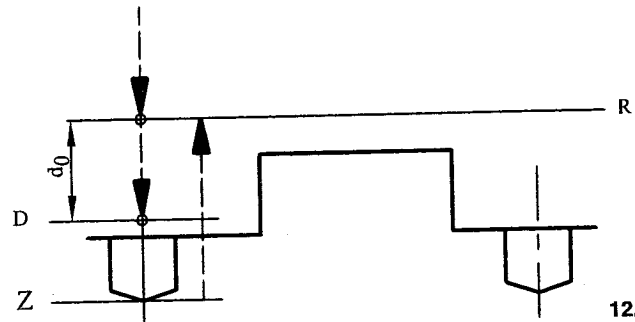
12.5. ábra. Az L használata

N10 G90 G17 G0 X0 Y50. Z100.
N11 G91 G81 X100. Z-40. R-90. F100 L5
A 11-es mondat végrehajtásakor a vezérlés 5 db furatot fúr, a furatok távolsága: 100 mm

A D távolság értelmezése

Ha $D = 0$ vagy nem programozzuk, akkor a munkaelőtölés kezdőpontja (és G99 mellett a visszafutás végpontja): R .

Egyébként az R ponttól D távolságot gyorsmenettel pozicionál a szerszám. Mikor célszerű használni a D értéket? Abban az esetben, ha pl. két furat között akadály van, és a visszafutás értéke (R) emiatt jóval nagyobb mint a furat kezdőpontja. Ilyenkor a D programozásával csökkenthetjük a fölösleges munkautat.



12.6. ábra. A D cím programozása

A leggyakrabban előforduló ciklusok közül néhány jellegzetes esetet részletesen is bemutatunk. A fejezet elején lévő táblázatban ezeket *-gal jelöltük.

12.2.1. Körmarási ciklusok (G71.1, G71.2)

Az óramutató járásával megegyező (CW) körmarási ciklus jól alkalmazható pletörések megmunkálásakor. Jellemzői:

- a furatban a fogásvétel és a kontúr elhagyás körív mentén történik;
- a kör túlfedéssel készülhet el (P).

Legyen a G kód: megegyező irány (CW): G71.1
ellentétes irány (CCW): G72.1

Leírása:

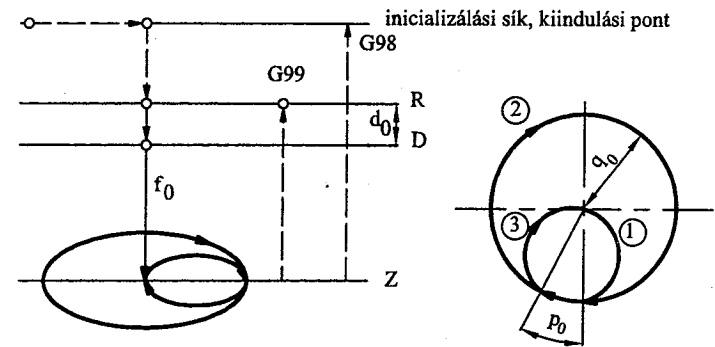
G71.1 [X_x , Y_y] R_r Z_z Qq_0 [Pp_0 Dd_0] Ff_0

q_0 körsugár;

p_0 az átfedés mértéke;

d_0 az R ponttól való távolság;

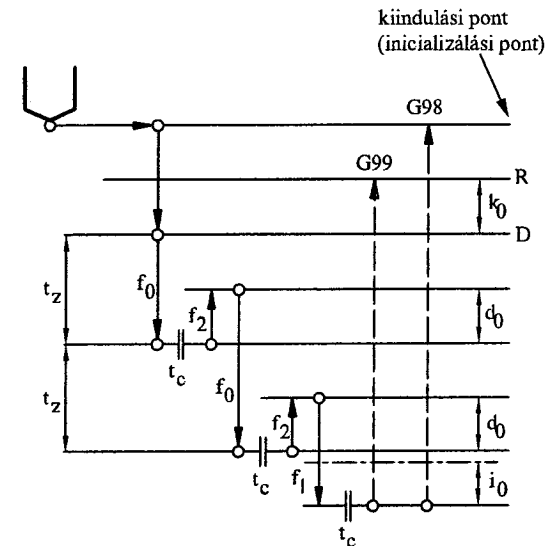
f_0 előtolás.



12.7. ábra. Körmarás ($C0W$, CCW), G71, G72

12.2.2. Nagysebességű mélyfúróciklus (G73)

G73 [X_x Y_y] R_r Z_z Q_t_z [P_t_c] Ff_0 [Dd_0 Kk_0 Ii_0 Jj_0]



A ciklus lépései: ①, ②, ⑤, ⑦, ⑨

Jelölések:

- t_z egy fúrás mélysége;
- t_c várakozási idő a fúrások végén;
- d_0 visszaemelési távolság;
- h_0 a forgácsolás kezdőpontja és a visszatérési (R) pont távolsága;
- i_0 a csökkentett előtolás távolsága;
- j_0 az előtolás-csökkentés %-a;
- f_0 fúrási előtolás;
- f_1 csökkentett előtolás ($f_1 = f_0 j_0 / 100$);
- f_2 a visszaemelés sebessége.

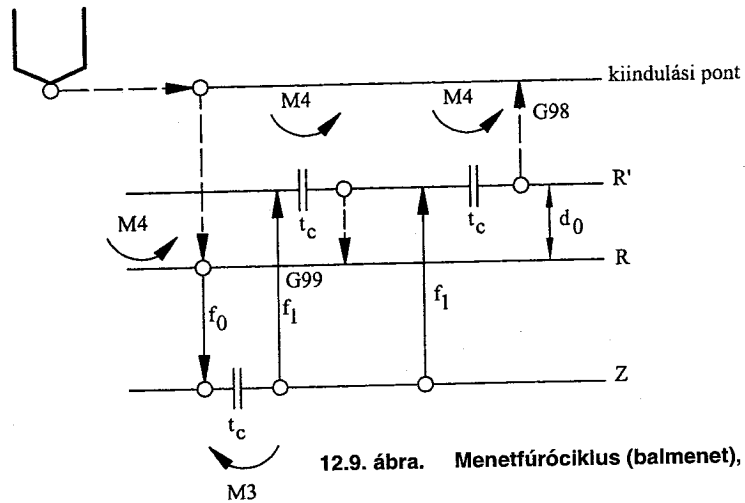
12.8. ábra. Nagysebességű mélyfúróciklus, G73

Az ⑨-ös fúrási művelet leírása:

- t_z mélységet f_0 előtolással fúr;
- t_c ideig várakozik;
- d_0 értéket f_2 előtolással visszaemel;
- $t_z + d_0$ mélységet fúr f_0 előtolással;
- a talppontig ismétlődik a ciklus;
- a talppont előtt i_0 távolsággal az előtolást f_0 -ról f_1 -re módosítja a vezérlés.

12.2.3. Balmenetfúró ciklus (G74)

G74 [Xx Yy] Rr Zz [Pt_c] Ff₀ [Jj₀ Dd₀ Hh₀]



12.9. ábra. Menetfúróciklus (balmenet), G74

Jelölések:

- t_c várakozási idő;
- f_0 előtolás;
- j_0 várakozási idő helye ;
- $j_0 = 1$ furat talppontjában M3 előtt;
- $j_0 = 2$ furat talppontjába M3 után;
- $j_0 = 3$ R pontban M4 előtt;
- d_0 nem menetes rész hossza;
- h_0 0 az értéke, ha a menetfúróciklus nem szinkronizált;
- >0 , szinkronizált menetfúróciklus esetén h_0 értéke az előtolás változás %

$$f_1 = f_0 \cdot h_0 / 100.$$

Programozott előtolás: f_0

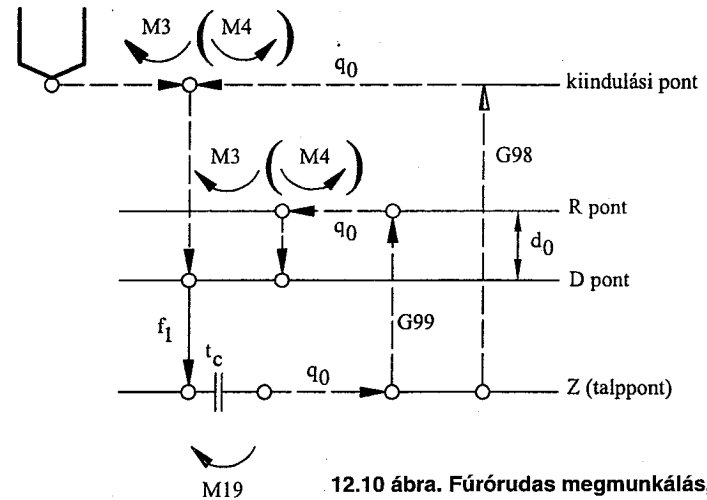
- Ha G94 van érvényben (mm/min) $f_0 =$ menetemelkedés · főorsófordulat;
- Ha G95 van érvényben (mm/ford) $f_0 =$ menetemelkedés mm-ben.

A ciklus lépései: ①, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨

- ⑤ lépés: f_0 előtolás alatt a külső beavatkozás (override, stop) tiltva van;
- ⑥ lépés: szinkronizált hajtás esetén a visszafutás előtolási sebessége a menetfúrásétól eltérő lehet. A visszafutás előtt várakozást (t_c) és M3 kapcsolását hajtja végre a vezérlés;
- ⑦ lépés: visszafutás távolsága az előtolás-különbségek miatt R pontba to

12.2.4. Fúrórudas megmunkálás szerszámelhúzással (G76)

G76 [Xx Yy] Rr Zz [Pt₀ Qq₀] Ff₁ [Dd₀ Jj₀]



12.10 ábra. Fúrórudas megmunkálás, G76

Jelölések:

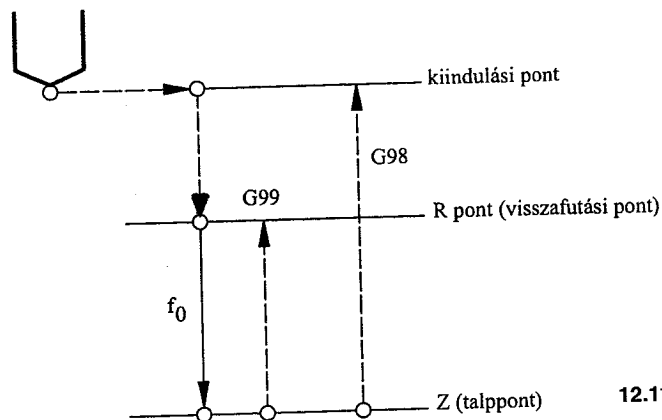
- t_c : várakozási idő;
- f_1 : előtolás;
- q_0 : eltávozás a felülettől (az irány gépparaméterben adott);
- d_0 : R ponttól való távolság.

A ciklus lépései: ①, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩

- ⑥ lépés: - várakozás t_c ideig
- a főorsó orientált megállítása (M19);
- szerszámelhúzás a felülettől q_0 értékkel, gyorsmenetel, gépparaméterekben adott irányban;
- ⑦ lépés: - G99 esetén visszahúzás R pontig gyorsmenetel;
- ⑧ lépés: - szerszám visszahúzás q_0 értékkel, a ⑥ művelet elhúzási irányával ellentétesen;
- főorsó-újraindítás (M3 vagy M4);
- elmozdulás d_0 értékkel D pontig;
- ⑨ lépés: - G98 esetén visszahúzás a kiindulási pontig;
- ⑩ lépés: - szerszámvisszahúzás a kiválasztott síkba q_0 értékkel;
- főorsó-újraindítás (M3 vagy M4).

12.2.5. Fúróciklus, kiemelés gyorsmenettel (G81)

G81 [Xx Yy] Rr Zz [Ff₀] [Ll]



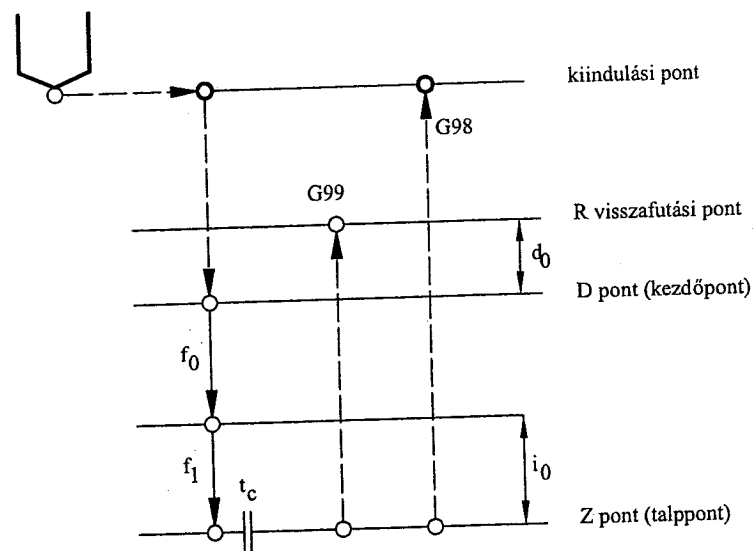
12.11. ábra. Fúróciklus, G81

A ciklus lépései: ①, ③, ⑤, ⑦, ⑨

Ha *F* előtolást nem programozunk, akkor az utolsó *F* címre írt érték lesz érvényes.

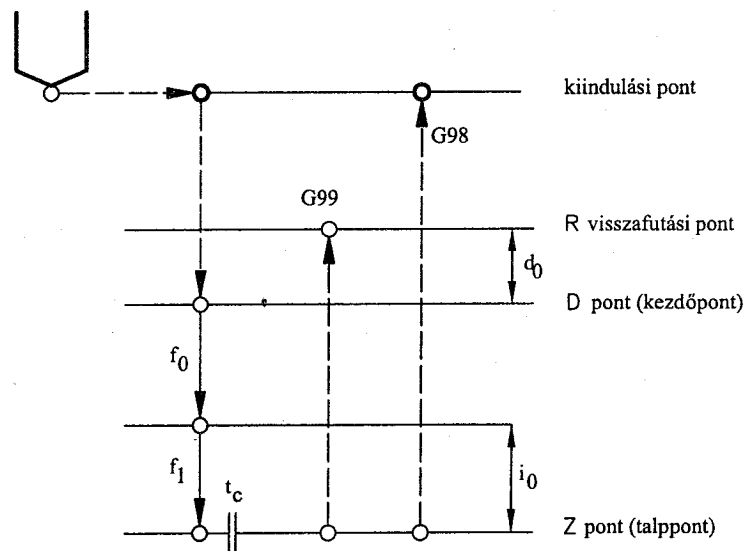
12.2.6. Fúróciklus várakozással, kiemelés gyorsmenettel (G82)

G82 [Xx Yy] Rr Zz [Pt_c] Ff₀ [Dd₀ Ii₀ Jj₀]



12.2.7. Mélyfúró ciklus (G83)

G83 [Xx Yy] Zz Rr Qt_z [Dd₀ Kk₀ Ii₀ Jj₀]



12.13. ábra. Mélyfúró ciklus (G83)

A jelölések megegyeznek a G73-nál leírtakkal.

- ② lépés:
- *t_z* mélységig fúrás;
 - gyorsmenettel visszahúzás *R* (*D*) pontig;
 - gyorsmenettel megközelítése az előző mélységnek, előtte *d₀* értékkel pozicionál;
 - innen *d₀+t_z* értékkel fúrás;
 - a ciklus ismétlődik;
 - *i₀*-tól kezdődően *f₁* előtolással fúrás; (kilépésnél csökkenthető az előtolás);

$$f_1 = f_0 \cdot j_0 / 100.$$

Jelölések: mint G73-nál

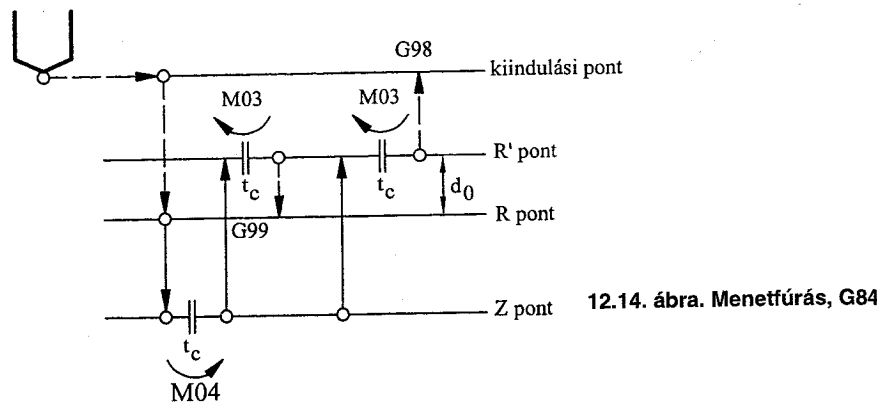
$$f_1 = f_0 \cdot j_0 / 100.$$

A ciklus fúrásra, süllyesztésre, furatesztergálásra is használható. Süllyesztésnél az interpolált mozgás végén a csökkentett előtolás és kivárási idő segíti az alkalmazást.

A mozgásciklus lépései: ①, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑨

12.2.8. Menetfűróciklus (G84)

G84 [Xx Yy] Rr Zz [Pt_c] Ff₀ [Ss Jj₀ Dd Hh₀]



12.14. ábra. Menetfűrás, G84

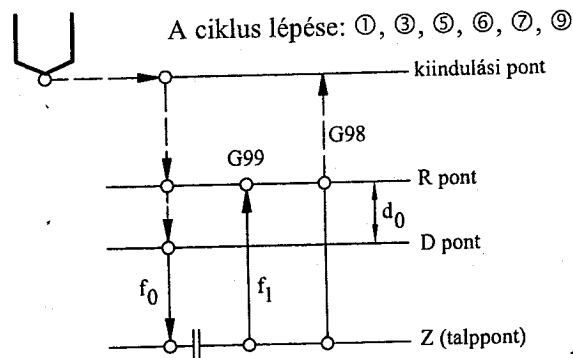
Jelölések: megegyeznek a G74-es cikluséval (12.9. ábra)

A ciklus lépései: ①, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨

Ha a ciklusban a fűró tengely (Z) és a főorsó forgása lineáris interpolációval összekapcsolható (szinkronizált ciklus, $h_0 \neq 0$) akkor $p = \frac{f_0}{s}$ állandó értékű. (p : menetemelkedés, f_0 : előtolás, s : fordulatszám). Ellenkező esetben $\frac{f}{s}$ az ingadozás miatt a szerszám befogáskor kiegyenlítő betétet kell alkalmazni. Különösen a furatvégpontban lesz nagy az ingadozás, mert a forgásirányt meg kell változtatni és a szerszám előtolást meg kell állítani.

12.2.9. Dörzsölési ciklus (G85)

G85 [Xx Yy] Rr Zz [Pt_z] Ff₀ [Ef₁ Dd₀]



12.15. ábra. Dörzsölési ciklus, G85

A furatból való visszafutás is munkaelőtolással történik, f_1 nem feltétlenül azonos f_0 értékével.

A továbbiakban összefoglaló táblázatban mutatjuk be a fűróúddal végezhető fűróciklusokat.

Leírás	Mozgásciklus
G86 Furórudas megmunkálás, kiemelés álló főorsóval, gyorsmenetben G86 [Xx Yy] Rr Zz [Pt_c] A mozgásciklus lépései: ①, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩	
G87 Fűrórudas megmunkálás, visszafelé esztergálás G87 [Xx Yy] Rr Zz [Pt_c Qq₀] Ff₀ [Dd₀ Jj₀] A mozgásciklus lépései: ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, ⑩	
G88 Fűrórudas megmunkálás kézi működtetéssel a talpponton G88 [Xx Yy] Rr Zz [Pt_c] A mozgásciklus lépései: ①, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩	

12.16. ábra. Fűróciklusok, G86-G88

12.2.10. Marási fix ciklusok

A marási fix ciklusok közül hármat mutatunk be, legyenek a G kódok a következők:

- négyszögsebmarási ciklus (G89.1);
- horonymarás (G89.2);
- kör zsebmarási ciklus (G89.3).

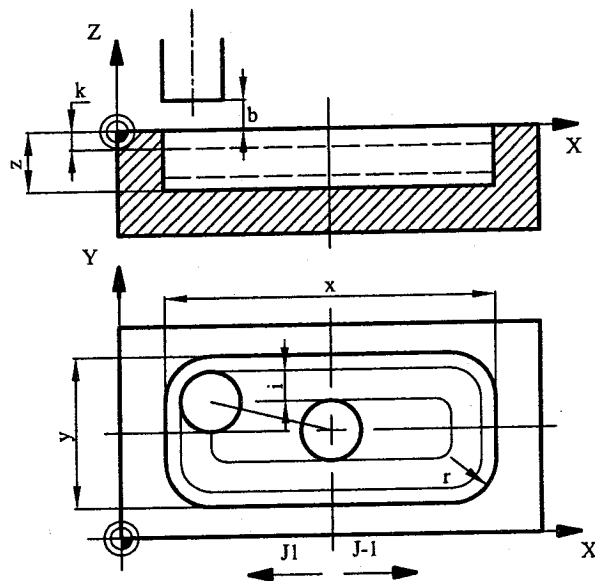
Az előzőekben a fűróciklusok ismertetésekor, a vezérléseken használatos különféle ciklusokat széleskörűen tárgyaltuk. Ezért a fix ciklusokhoz általában ren-

delt G kódok közül G71-től kezdődően G88-ig mindegyikre adtunk példát. A konkrét megvalósításakor azonban nem foglalt az összes G kód, így mód van néhány marási ciklus használatára is. Egyébként a vezérlésgyártók háromjegyű G kódot választva vagy a kétjegyűeket alponnal kiegészítve tetszés szerinti geometriai, logikai, aritmetikai funkciót használhatnak. Ezért most a marási ciklusok tárgyalásakor a példaként bemutatandó három ciklusra a G89.1, G89.2, és G89.3 kódot választjuk.

Marási fix ciklusok hívása előtt a programban gondoskodni kell arról, hogy a szerszám X, Y síkban –ha G17 van érvényben – a megfelelő pozícióba álljon.

12.2.10.1. Négyzetzsebmarási ciklus (G89.1)

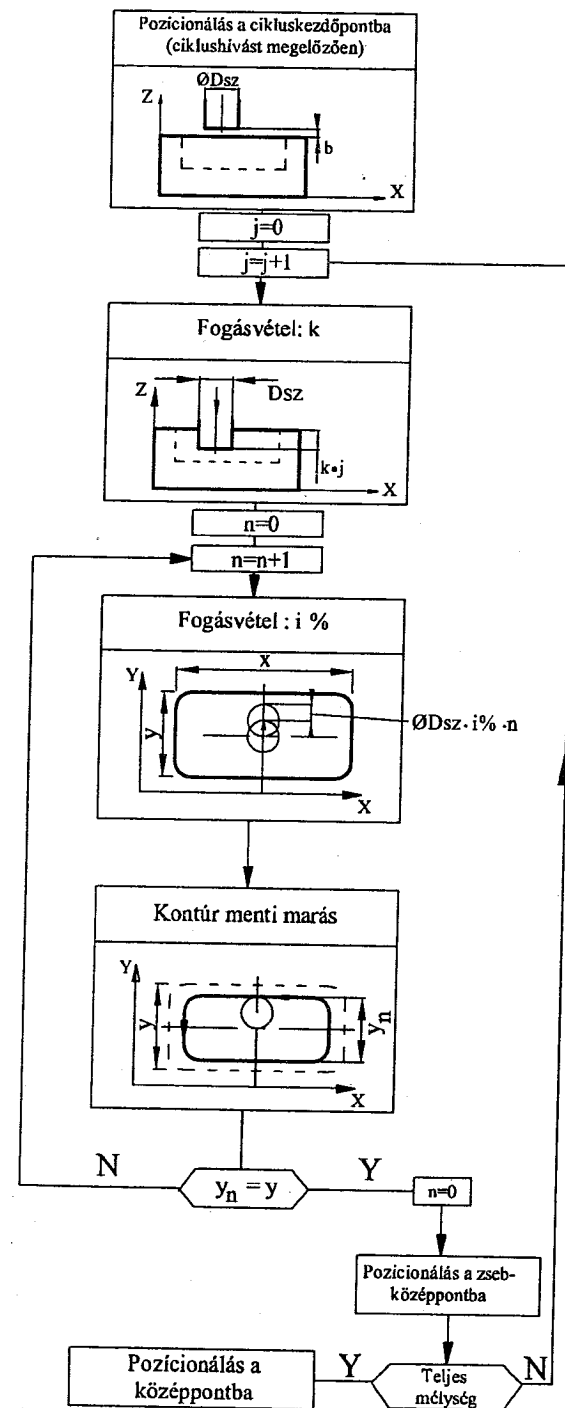
G89.1 Xx Yy Zz Bb Rr Ii Jj Kk [Ff Ss Tt Mm]



12.17. ábra. Négyzetzsebmarás

- x a zseb mérete, előjel nélkül (X irányban);
- y a zseb mérete, előjel nélkül (Y irányban);
- z a zseb mélysége;
- b visszafutási távolság (biztonsági távolság);
- r lekerekítési sugár a sarkokban;
- i a főirányra merőleges fogásvétel (a szerszámátmérő % -ában);
- k a szerszám tengelyirányú fogásvétele (mm);
- j a marási főirány kijelölés kódja;
- f, s, t, m technológiai adatok.

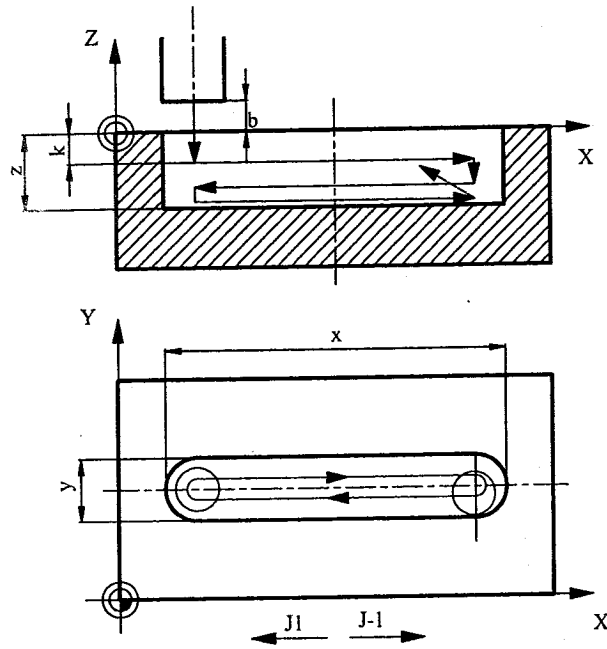
A ciklus működése a 12.18. ábrán látható.



12.18. ábra. A zsebmaróciklus működése

122.10.2. Horonymarási ciklus (G89.2)

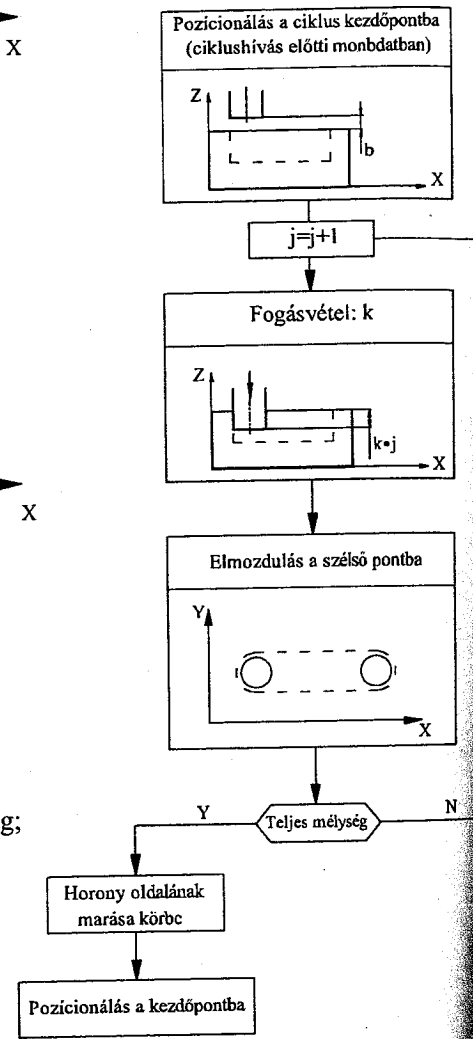
G89.2 Xx Yy Zz Bb Jj Kk [Ff Ss Tt Mm]



12.19. ábra. Horonymarás, G89.2.

- x a horony mérete X irányban (előjel nélküli szám);
- y a horony mérete Y irányban (előjel nélküli szám);
- z a horony mélysége;
- b visszafutási (biztonsági) távolság;
- j marási főirány;
- k a szerszám tengelyirányú fogásvétele;
- f, s, t, m technológiai adatok.

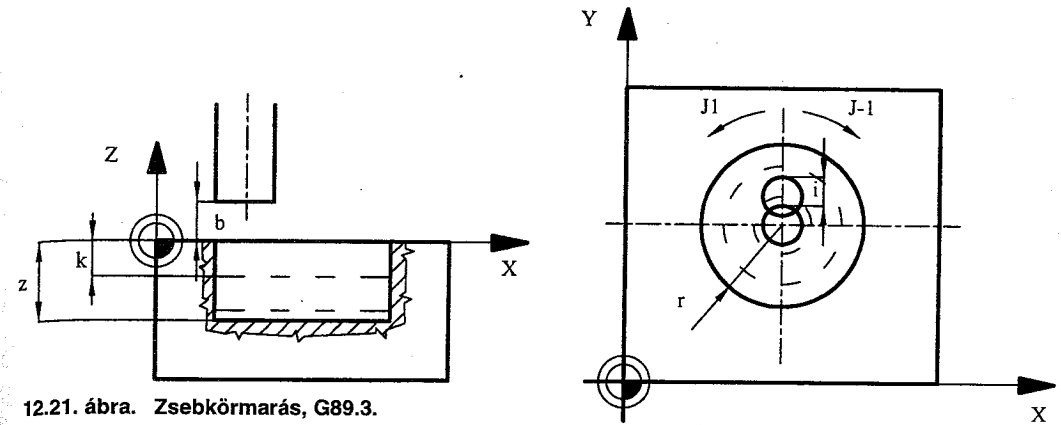
A ciklus működése a 12.20. ábrán látható.



12.20. ábra. A horonymarási ciklus működése

122.10.3. Zsebkörmarási ciklus (G89.3)

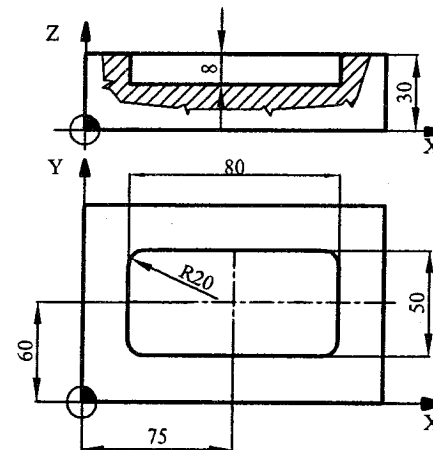
G89.3 Zz Bb Rr Ii Jj Kk [Ff Ss Tt Mm]



12.21. ábra. Zsebkörmarás, G89.3.

- z a zseb mélysége;
- b biztonsági (visszafutási) távolság;
- r a kör sugara;
- i kontúrmenti fogásvétel (a szerszámátmérő %-ában);
- j körbejárási irány kódja;
- k a szerszám tengelyirányú fogásvétele;
- f, s, t, m technológiai adatok.

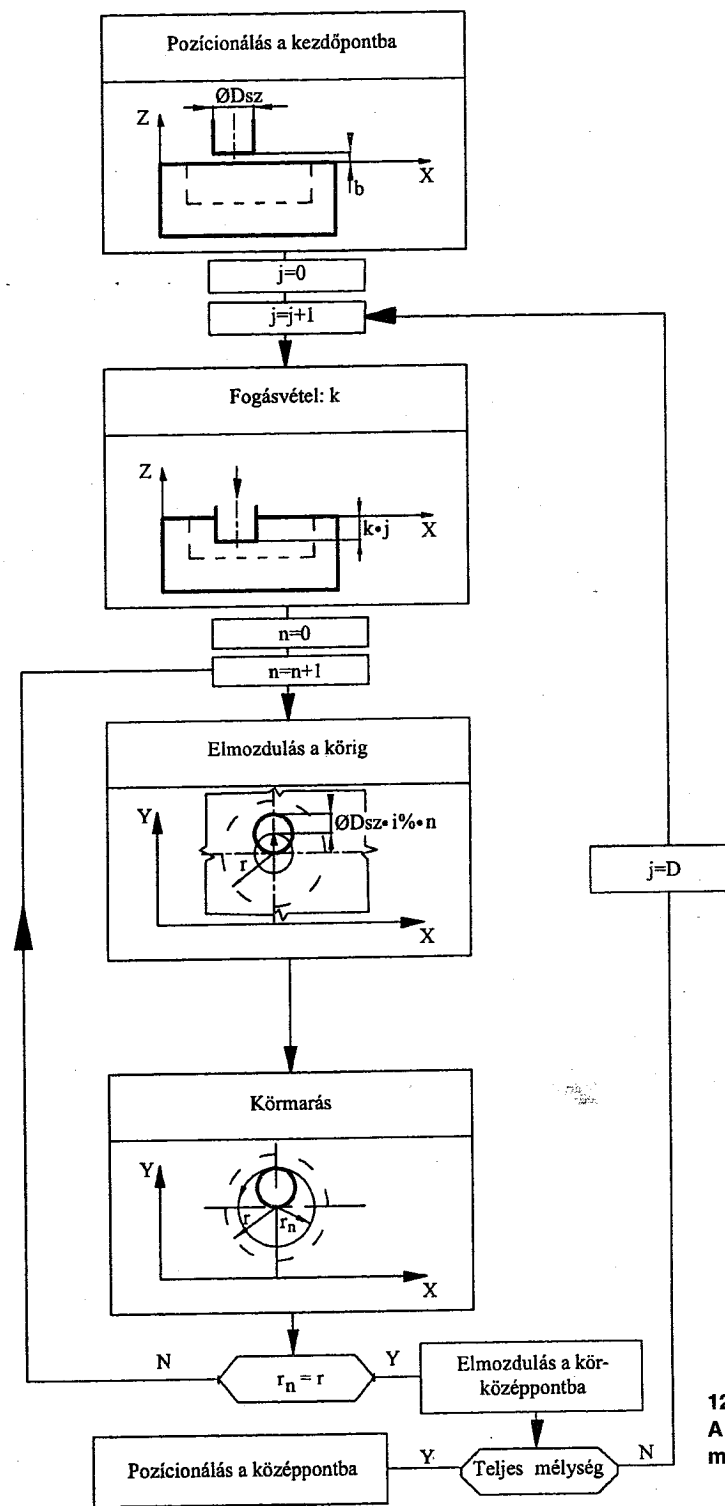
Legyen a feladat a 12.23. ábrán látható zseb marása.



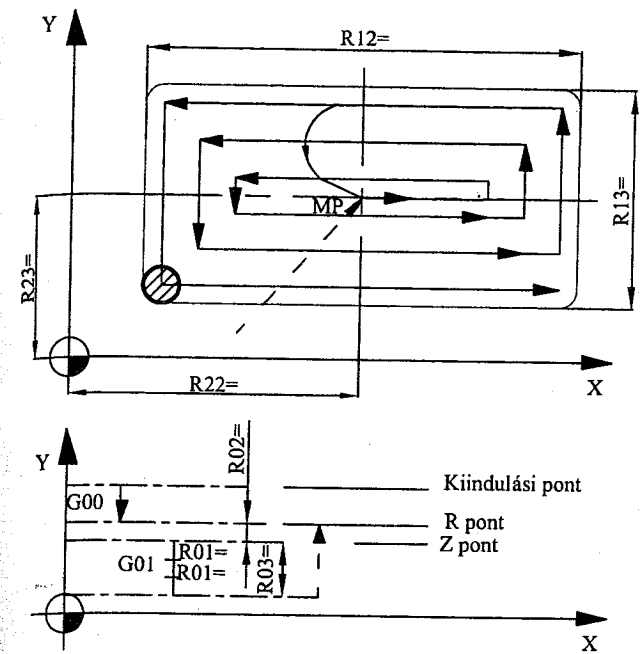
- Technológiai adatok:
- $n=1000$ 1/min;
 - $f=400$ mm/min;
 - $b=5$ mm;
 - fogásvétel: $k=4$ mm;
 - átfedés, $i=75\%$.

12.23. ábra. Példa a zsebkörmarásra

N10 G00 X75. Y60. Z50. S1000 F400
 N15 G89.1 X80. Y50. Z22. B5. R20. I75. K4



12.22. ábra
A zsebkörmarás működése



Fúróciklusokhoz hasonlóan, marási fix ciklusoknál is van olyan megoldás, amikor a zseb méretét, a megmunkálás körülményeit paraméterekben ($Rr = \dots$) kell megadni. A ciklus L címmel hívható. Az eset bemutatására a négyszögzsebmarást használjuk (12.24. ábra).

12.24. ábra. Zsebmarás, L903
(forrás: SIEMENS)

L903 R1=... R2=... R3=... R4=... R6=... R12=... R13=... R15=... R22=... R23=...

Cikluskód: L903

Működés:

- pozicionálás az MP pontba;
 - pozicionálás R méretig ($R2$);
 - előtolás $R4$ -gyel $R1+R2$ méretet;
 - zsebmarás $R15$ -tel;
 - az utolsó pályaelemtől körívmenti visszaállítás (B pont);
 - pozicionálás MP pontig;
 - előtolás $R4$ -gyel $R1$ méretre;
 - ciklus ismétlése ($R3$ eléréséig).
- $R1$: fogásmélység (növekményes előjel nélkül);
 $R2$: referenciasík;
 $R3$: zsebmélység;
 $R4$: előtolás a zsebmélység irányában;
 $R6$: marási irány CW vagy CCW (G02 vagy G03);
 $R22, R23$: a zseb MP középpontja a munkadarab koordináta-rendszerében;
 $R12, R13$: zsebméret: $R12$ X irányú zsebméret;
 $R13$ Y irányú zsebméret (mindkettő növekményes, előjel nélküli adat);

$R15$: előtolás zsebfelületen.

Zsebmarásnál a maróátmérő átfedése belső paraméter lehet (pl. 66 %).

12.3. Pontmintázatok programozása

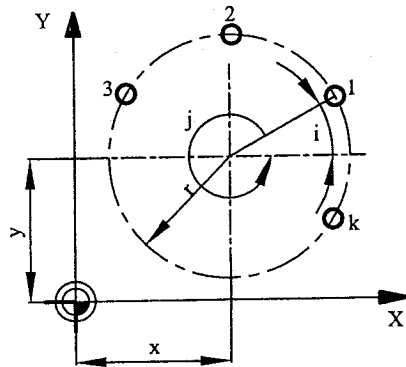
Gyakran előfordul, hogy a felületelemek, amelyek programozását fix ciklusokkal oldjuk meg, valamilyen szabályos alakzatban helyezkednek el a munkadarabon. A vezérlések ezen pontmintázatok egyszerű nyelvi eszközökkel történő programozását is támogatják. Ismét a *G* kódos és az *R* paraméteres megoldást mutatjuk be.

A fix ciklusok (pl: G81) és a pontmintázatok együttesen is alkalmazhatók.

12.3.1. Furatok osztóköri (G34)

G34 Xx Yy Rr Ii Jj Kk

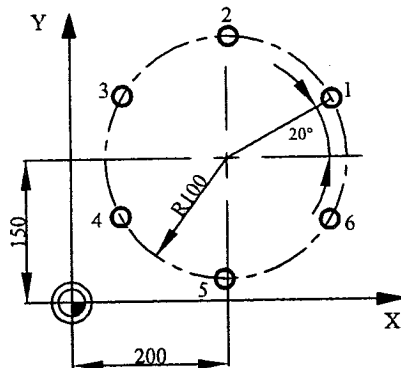
A furatok osztása az osztóköri egyenletes. Ha a pontmintázat teljes (360°-os) körre terjed ki, a végpont szögértékét (*J*) nem kell programozni.



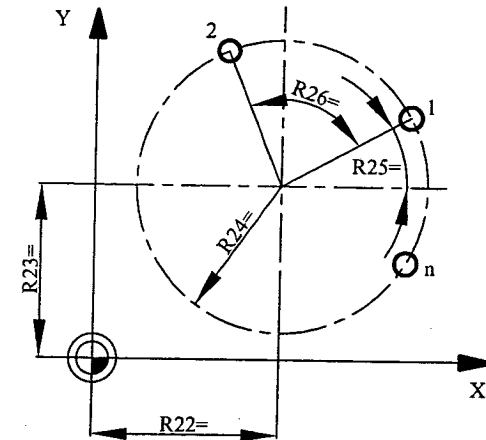
12.25. ábra. Pontmintázat körön (G34)

x az osztókör középpontja *X* irányban (abszolút vagy növekményes adatmegadás);
y az osztókör középpontja *Y* irányban (abszolút vagy növekményes adatmegadás);
r az osztókör sugara;
i kezdőszög;
j az utolsó furat szöge;
k a furatok száma.

Példa:



```
N10 G91 G81 Z-10. R5. F200
N11 G34 X200. Y150. R100. I20. K6
N12 G80
N13 G90 G0 ...
```



12.27. ábra. Paraméteres pontmintázat

A pontmintázatok paraméteres programozására a 12.27. ábrán láthatunk megoldást. (forrás: SIEMENS).

L900 R11=... R22=... R23=... R24=... R25=... R26=... R27=... R28=...

R11: fúrási tengely ($X \Rightarrow 1$ $Y \Rightarrow 2$ $Z \Rightarrow 3$);

R22: középpont-koordináta a fúrási tengelyre merőleges síkban (pl.: *X*, ha R11=1);

R23: középpont-koordináta a fúrási tengelyre merőleges síkban (pl.: *Y*, ha R11=1);

R24: osztókör sugar;

R25: kezdőszög;

R26: szögnövekmény;

R27: a furatok száma;

R28: fúrási ciklus, amit végre szeretnénk hajtani ($R=81-89$).

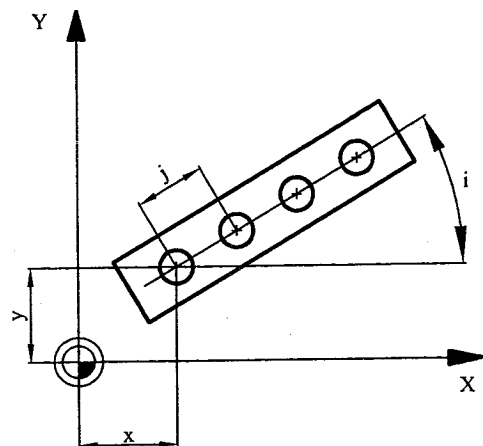
Például:

```
N999 R11=3 R22=150. R23=100. R24=80.
R25=30. R26= 60. R27=6 R28=81
R2= 360. R3=250. L900
```

R2, R3, R11 a *G81*, ill. *L81* fúróciklushoz szükséges

12.3.2. Furatok egyenes mintázata (G35)

G35 Xx Yy Zz Rr Ii Jj Kk



x a kezdőpont koordinátái X irányban;
 y a kezdőpont koordinátái Y irányban;
 z a kezdőpont koordinátái Z irányban;
 a koordináta értékek abszolút vagy növekményes adatként adhatók meg;
 r ha $r=0$, akkor j két furat távolsága, $r \neq 0$ esetén j a mintázat hossza;
 i az egyenes hajlásszöge;
 j a furatok távolsága vagy a mintázat hossza;
 k a furatok száma.

12.28. ábra. Pontmintázat egyenesen, G35

12.4. Eszterga és esztergaközpontok fix ciklusai

Esztergagépeken és esztergaközpontokon a tengelyvonalban lévő furatok megmunkálására a megmunkálóközpontok fűrciklusai hasonló módon használhatók, azaz a megjegyzéssel, hogy a pozicionálás X - Z síkban történik, a ciklusok tengelye Z irányú. Esztergaközponton a palástfelületen lévő furatok megmunkálásakor a pozicionálás C és Z tengely menti, a fűrés tengelye X .

Az esztergálási fix ciklusok alapvetően attól függenek, hogy milyen típusú a ciklushoz tartozó alkatrészkontúr.

- a) *Elemi* fix ciklusok esetén az alkatrészkontúr két elemből áll, a ciklus végrehajtása egy fogással történik. Programozható:
- hosszsztergálási ciklus;
 - oldalazási ciklus;
 - menetesztergálási ciklus.
- b) *Egyszerű* fix ciklusok. Többször hajtja végre a vezérlés az elemi ciklust.
- c) *Összetett* fix ciklusokhoz tartozó kontúr körökből és egyenesekből állhat, letöréseket, lekerekítéseket tartalmazhat. A vezérlés kiszámítja a fogásvételi egyenestekkel a kontúr metszéspontjait. A kontúr elemeit a nagyolást követő simítóleírásánál találja meg.
- A ciklusok tárgyalásánál alapvetően a *FANUC* vezérlés utasításkészletét használjuk (Megjegyző a *MELDAS*, *MAZATROL*, *NCT* vezérlésekkel).

12.4.1. Elemi fix ciklusok (G77, G78, G79)

a) *Hengeres és kúpos felületek hosszsztergálása (G77).*

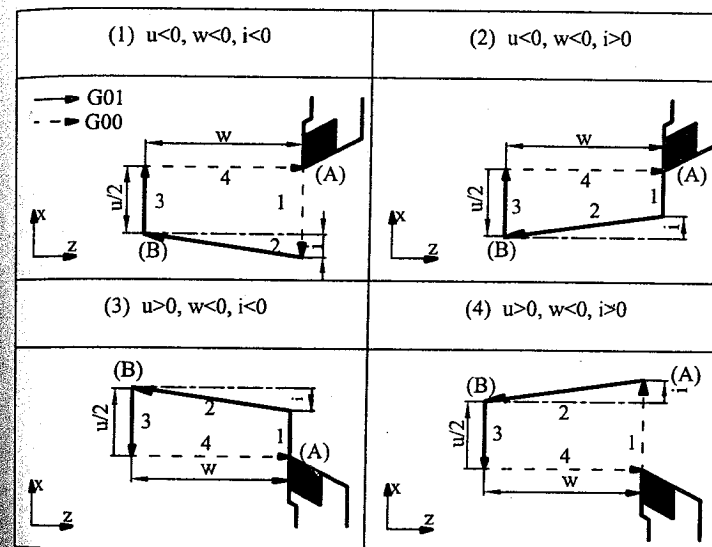
Általános formátum:

G77 Xx Zz Ii Ff

G77 Uu Ww Ii Ff

X vagy U , ill. Z vagy W című adat programozható;
 x, z : végpont-koordináták (B pont az ábrán);
 u, w : növekményes adat, A pont és B pont távolsága;
 i : a kúpsugár X irányú előjeles, növekményes mérete.

Hengeres felület esztergálásánál I című adat nem programozandó.



A következő feltételeknek teljesülnie kell a ②-es és ③-as esetben:

$$\left| \frac{u}{2} \right| \geq |i|$$

①, ② külső esztergálás,
 ③, ④ belső esztergálás.

12.29. ábra. Hengeres palást- és kúpfelület elemi hosszsztergálási ciklusa (forrás: MAZATROL)

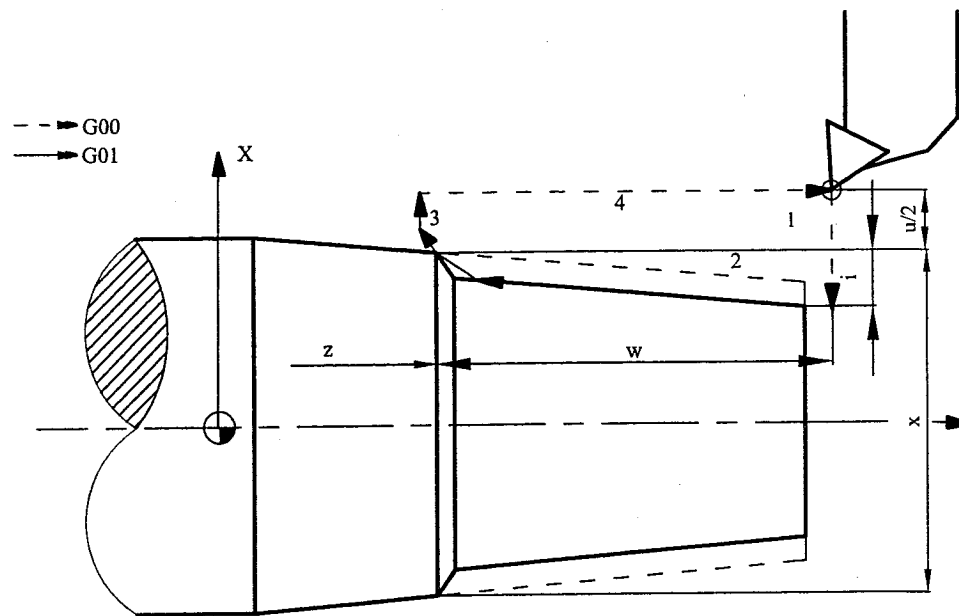
A 12.29. ábrán az u, w és i előjelétől függően alakíthatók ki a különböző alakzatok.

Az A kezdőpont kijelölése a ráhagyási alakzaton kívül kell legyen. Az 1-2-3-4 mozgás után a ciklus leáll, tehát a megmunkálás egy fogással történik.

b) *Meneteszttergálás (G78)*

G78 Xx Zz Ff Ii

G78 Uu Ww Ee Ii



12.30. ábra Elemi menetesztergálási ciklus

Az x, u, z, w, f, i jelentése az előzőekkel (12.29 ábra) megegyezik. A menetemelkedése: e . A menet soha nem készül el egy elemi ciklussal. A menetemelkedéstől, a munkadarabanyagtól, a pontossági előírásoktól függően többször kell az elemi ciklust – a fogásvételeknek megfelelően – alkalmazni.

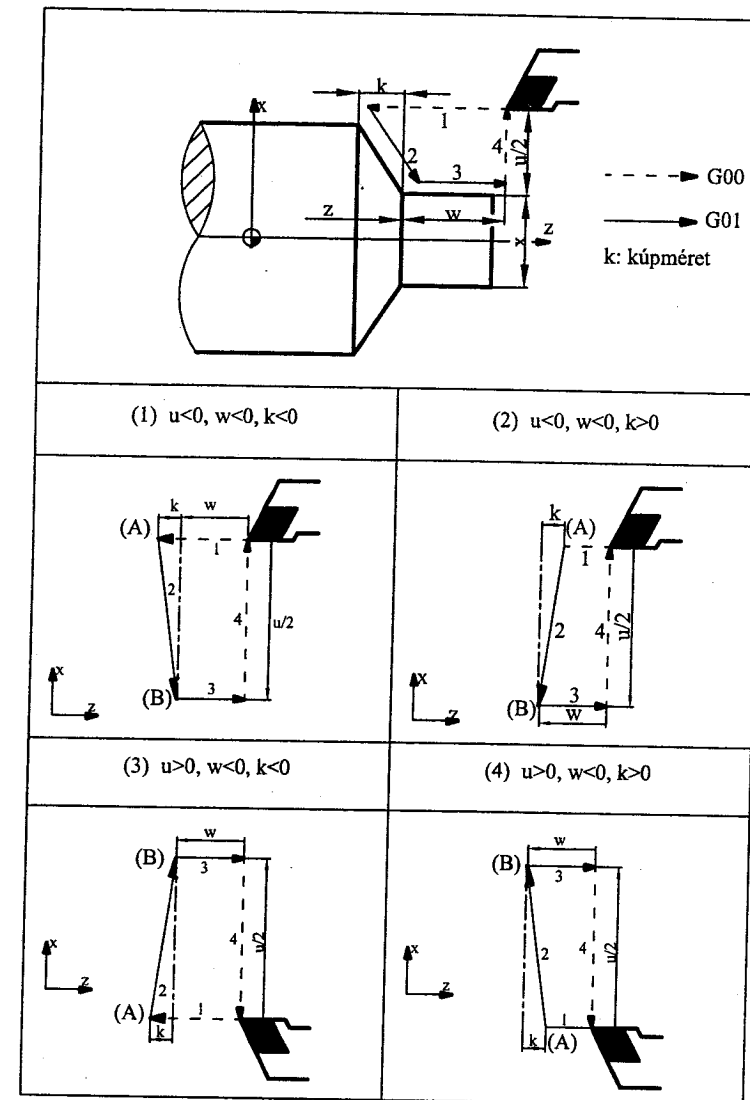
c) Oldalazási ciklus (G79)

G79 Xx Zz Ff Kk
G79 Uu Ww Ff Kk

x, y, z, f : megegyező a jelentésük G77-nélleirtakkal
Feltétel a ⊕-es és ⊖-as esetben: $|w| \geq |k|$

A ciklus 1. és 3. elmozdulása a Z tengellyel párhuzamos, az oldalazás végén a palástfelületet „felhúzza” a szerszám. Ezért célszerű, ha a szerszám főélelhelyezési szöge 90° -nál nagyobb ($\kappa > 90^\circ$).

A mozgás irányokat k előjele befolyásolja, a 12.31. ábra szerint. Ha az oldalmozgás X tengellyel párhuzamos, ($k=0$), akkor K programozása elhagyható.



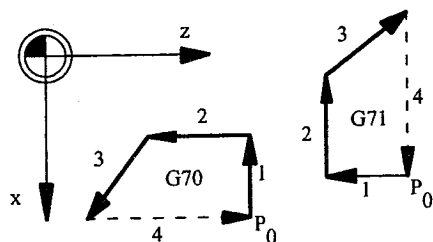
12.31. ábra Elemi oldalazási ciklusok (forrás: MAZATROL)

12.4.2. Egyszerű fix ciklusok

Az alkatrészeken előfordulnak olyan egyszerű ráhagyási alakzatok, amelyek nagyolással kész méretre készíthetők, az alkatrészkontúron két egyenesből állnak (homlok, palást vagy kúp) és a leválasztás több fogásban történik. Természetesen összetett ciklussal ilyen esetben is megoldható a munkadarabbrészlet programozása, de fölösleges gyártásiidő-növekedést okoz akkor, amikor a felület méret és minőségi paramétereinek biztosítására elegendő a nagyolási műveletelem alkalmazása. Néhány vezérlés ezt lehetővé teszi.

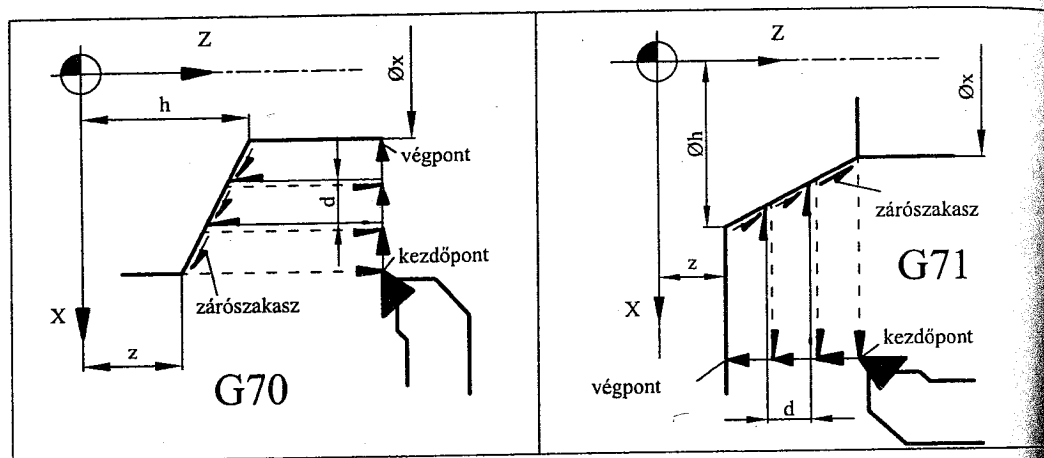
Általános utasítás:

G70 vagy G71 Xx Zz Hh Dd [Ff Ss]



12.32. ábra. Egyszerű nagyolóciklus (forrás: NCT)

- a forgácsolás valamelyik (X vagy Z) tengely prioritásával történik;
- a P_0 kezdőpont a ráhagyási alakzaton kívül van;
- a ciklus lépései:
fogásvétel az esztergálási prioritási irányra merőlegesen ($G01$);
esztergálás a főirányban ($G01$);
esztergálás egy fogásvételnit a zárószakaszon ($G01$);
gyors visszafutás ($G00$);
új fogásvétel, stb.



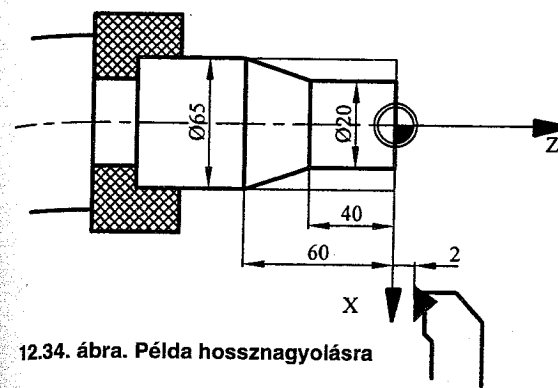
12.33. ábra. Hossz- és keresztirányú nagyolás (forrás: NCT)

A zárószakasz párhuzamos is lehet a koordináta-tengelyekkel G70-nél: $Z=h$
G71-nél $X=h$.

A címek jelentése: D fogásvétel;
 F előtolás;
 S fordulatszám;

G70-nél x az utolsó elemi ciklusban esztergálandó átmérő;
 z az első elemi ciklusban a zárószakasz Z koordinátája;
 h az utolsó elemi ciklus Z koordinátája;
G71-nél x az első elemi ciklusban a zárószakasz X koordinátája;
 z az utolsó elemi ciklusban esztergálandó homlokfelület;
 h az utolsó elemi ciklus X koordinátája;

Fogásfelosztás: a vezérlés a ciklus kezdőpontja és a végpont közötti szakaszt D fogásokra osztja. Ha nem egész szám az eredmény, akkor eggyel csökkenti a fogások számát, és ezzel a számmal osztja a felosztandó távolságot. Ha az így kapott érték nem nagyobb mint a programozott D fogásvétel 125%-a, akkor elvégzi a forgácsolást. Ha nagyobb, akkor eggyel növeli a fogások számát, és kiszámítja az új fogásvétel értékét.

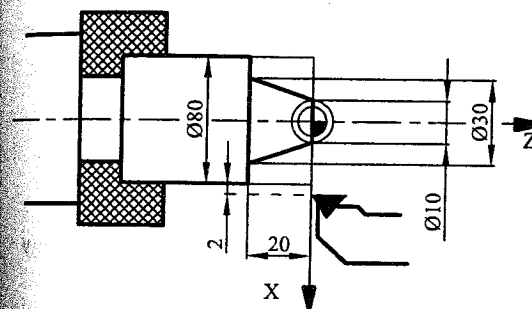


12.34. ábra. Példa hossznagyolásra

szerszám T101
előtolás: 0,25 mm/ford
fogásvétel: 3 mm
sebesség: 160 m/min

N30 G50 X65. Z2. T101 F0.25 V160.
N35 G70 X20. Z-60. H-40. D3.

N30 Pozicionálás a kezdőpontba
N35 Ciklushívás



12.35. ábra. Példa oldalazásra

szerszám: T202
előtolás: 0.25 mm/ford
fogásvétel: 2,5 mm
sebesség: 160 m/min

N30 G50 X84. Z0 T202 F0.25 V160.
N35 G71 X10. Z-20. H30. D.2.5

N30 Pozicionálás a kezdőpontba
N35 Ciklushívás

12.4.3. Összetett ciklusok

Az esztergálási ciklusokat általában a következők jellemzik:

- a nagyolási ráhagyás több fogással távolítható el;
- a nagyolási szerszám pályák lehetnek párhuzamosok valamelyik koordináta-tengellyel (X vagy Z), vagy a kontúrral. Ez utóbbi pl. öntött vagy kovácsolt előgyártmányok esetén jól hasznosítható;
- a nagyolt kontúr és a simított kontúr nem feltétlenül azonos. Lehetséges, hogy a nagyolt kontúrnak csak bizonyos részét kell a későbbiekben simítani;

– a kontúr az alkalmazott NC-nyelvben megengedett geometriai elemekből épülhet fel.

Az összetett ciklusokat; működésüket, használatukat a következő esetekre mutatjuk be (*FANUC* és *SIEMENS* vezérlések utasítás készletével)

G70 Simítási ciklus

G71 Hosszsztergálási ciklus

G72 Oldalazási ciklus

G73 Kontúrkövető nagyoló ciklus

G76 Menetesztérgeálási ciklus (forrás: *SIEMENS*, L97)

L93 Beszúrás

Általános formátum:

G... Aa Pp Qq Uu Ww Dd [Ff Ss Tt]

a a simítást leíró alprogram azonosítója. Ha nincs programozva, a simított kontúr az éppen futó programban keresi a vezérlés;

p a kontúrt leíró első NC-mondat címe (mondatszám);

q a kontúrt leíró utolsó NC-mondat címe;

u simítási ráhagyás *X* irányban (átmérőérték);

w simítási ráhagyás *Z* irányban;

d fogásvétel (sugarirányú érték);

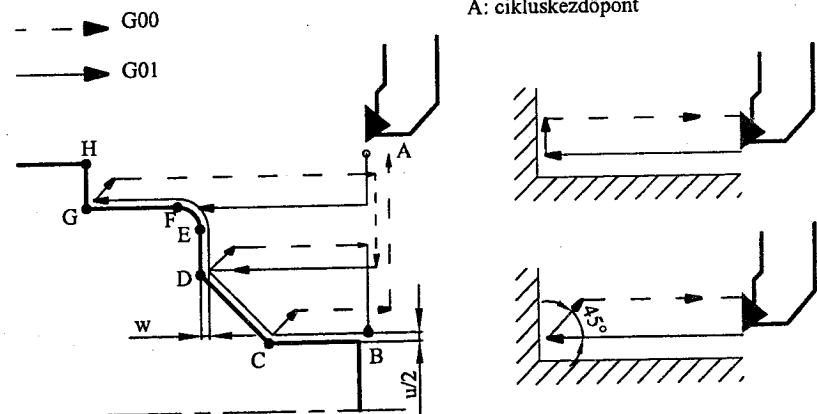
f nagyolási előtolás;

s fordulatszám;

t szerszámhely és korrekciós regiszter.

a) Nagyoló hosszsztergálási ciklus (G71)

Az esztergálás végén, a kiemelés gépparamétertől függően lehet 45°-os vagy felület mentén is történhet.

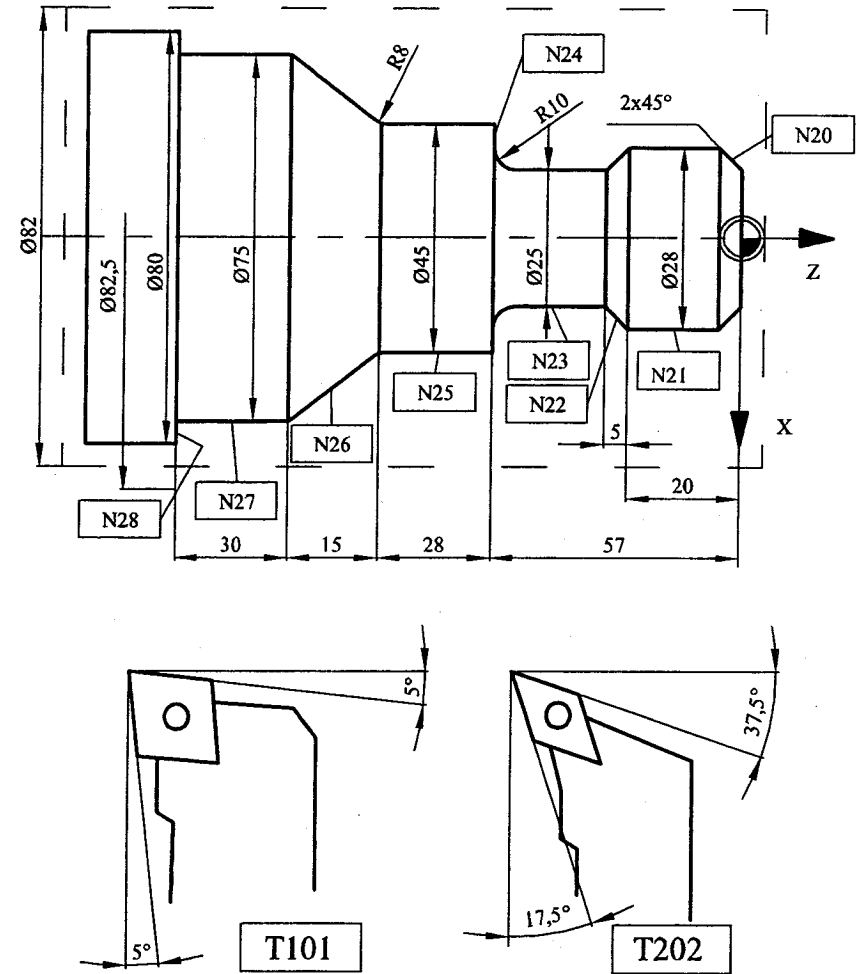


12.36. ábra. Nagyoló hosszsztergálási ciklus, G71 (forrás: MAZATROL)

Ha a *p-q* mondatok között van olyan, amelyben technológiai adatot adtunk meg (pl.: *F*, *S* címeikkel) akkor azok nagyolásnál nem érvényesülnek.

Az NC-program végrehajtását a vezérlés a *q*-val megadott mondatszám utáni-val folytatja.

A ciklus alkalmazására a 12.37. ábrán láthatunk példát.



12.37. ábra. Példa a nagyoló hosszsztergálási ciklusra

Az alkatrészprogram

N10 T101 M06
N11 G00 G96 X84. Z0 V200

N12 G01 X-1.8 F0.2
N13 G00 X82. Z2.
N14 G71 P15 Q27 U0.4 W0.2 D4. F0.35
N15 G00 Z200.
N16 T202 M06
N17 G41
N18 G00 X20. Z1. V300
N19 G01 X22. F0.15
N20 X28. Z-2.
N21 Z-20.
N22 X25. Z-25.
N23 Z-57. A0 B10.

N24 X45. Z-57. A90.
N25 Z-85. A0 B8.
N26 X75. Z-100.
N27 Z-130.
N28 X81.5
N29 G40
N29 G00 Z200.
N30 T202 M06

b) Nagyoló oldalazási összetett ciklus

A G kód: G72. Paraméterek a G71-nél leírtakkal megegyeznek.

Jellemzői:

- a forgácsolási mozgás az X tengellyel párhuzamos;
- a D fogásvétel Z irányú;
- a ciklus kezdőpontjának a ráhagyási alakzaton kívül kell lennie;
- az esztergálás végén egy fogásvételnit a szerszám a felületen elmozdulhat vagy 45°-ban kiemelés történik.;
- az NC-program végrehajtását a vezérlés a q-val megadott mondatzám után folytatja.

Szerszámváltás

Pozicionálás oldalazáshoz, állandó forgácsolási sebesség: 200 mm/min

Oldalazás

Pozicionálás a cikluskezdőpontba

Ciklushívás

Pozicionálás szerszámváltáshoz

Szerszámváltás

A kontúrprogramozás bekapcsolása

Pozicionálás a homlokfelületen

Elmozdulás a kontúrkezdőpontra

A letörés készítése $(2+1) \cdot 45^\circ$

A palástfelület ($\varnothing 28$) esztergálása

Hátsó letörés

A palástfelület esztergálása lekerekítéssel

A vállfelület megmunkálása

A palástfelület R8 lekerekítéssel

A kúpfelület esztergálása

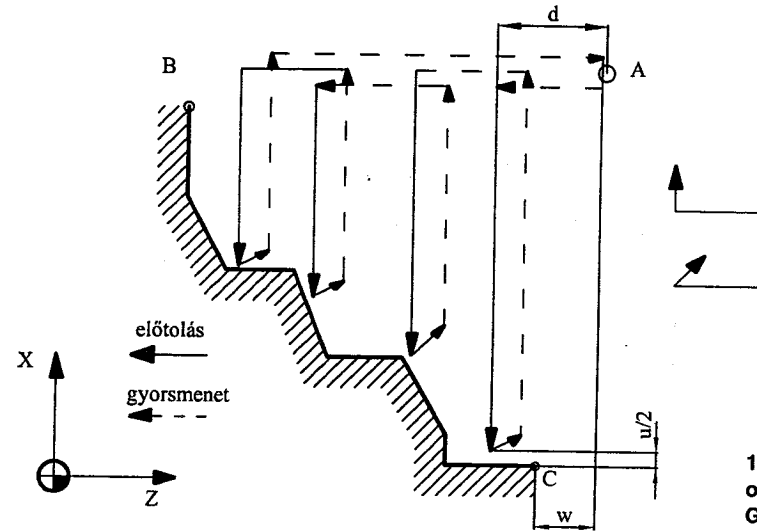
A palástfelület ($\varnothing 75$) esztergálása

Esztergálás a végpontba

A kontúrprogramozás törlése

Pozicionálás szerszámváltáshoz

Szerszámváltás

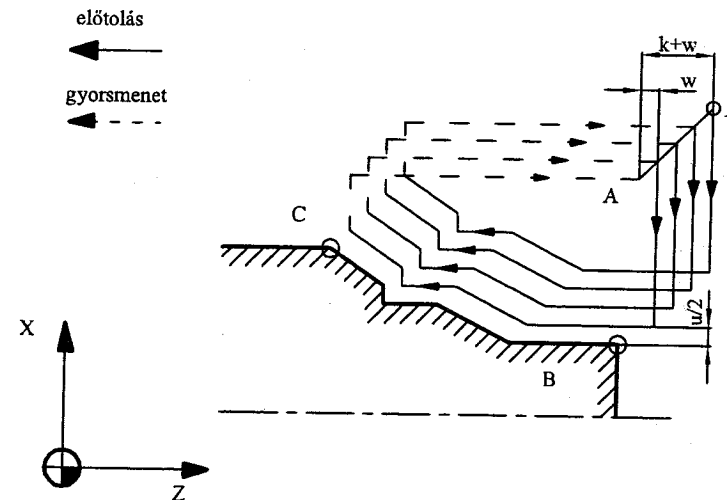


12.38. ábra. Nagyoló oldalazási ciklus, G72 (forrás: MAZATROL)

c) Kontúrkövető nagyoló ciklus (G73)

G73 Aa Pp Qq Ii Kk Uu Ww Dd Ff Ss Tt

Az előzőekhez képest (G71, G72) az I és K programozása jelent eltérést, értelmezése a 12.39. ábrán látható. A D cím itteni jelentése: a fogások száma.



12.39. ábra. Kontúrkövető nagyoló ciklus, G73 (forrás: MAZATROL)

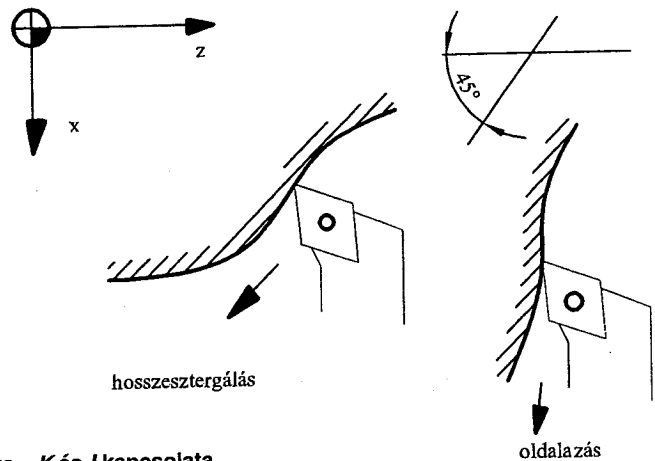
Milyen esetekben okoz problémát a hosszesztergáló és oldalazó ciklus használata?

A G71 és G72 ciklusoknál a forgácsoló mozgás valamelyik (Z vagy X) tengellyel párhuzamos, öntött, kovácsolt – tehát kontúrkövető – előgyártmányoknál a cikluskezdőpontból indulva a szerszám hosszú ideig halad levegőben. Illegencsak

gondot jelenthetnek a visszahajló kontúrokkal rendelkező munkadarabok, ilyenkor éppen az utolsó fogás lesz nagy.

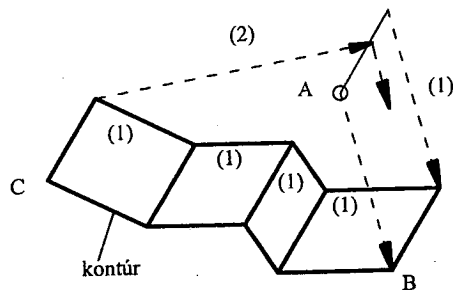
Ezen problémák megoldására használható a kontúrkövető nagyoló ciklus (G73). A k és az i érték megválasztásával a programozó az A pontot tolja el az A' pontba. Értékük megállapításánál körültekintés szükséges, célszerű az első és az utolsó szerszámpályát meghatározva eljárni.

Ha alapvetően hosszsztergálási ciklust szeretnénk, akkor a Z irányú mozgásoknak az X irányúnál nagyobboknak kell lennie (12.40. ábra). $\Delta Z > \Delta X$, a $k < i$, egyébként $k > i$.



12.40. ábra. k és i kapcsolata

Egy elemi ciklust a következő módon szerkeszt a vezérlés: Nézzük a 12.41. ábrán látható feladatot



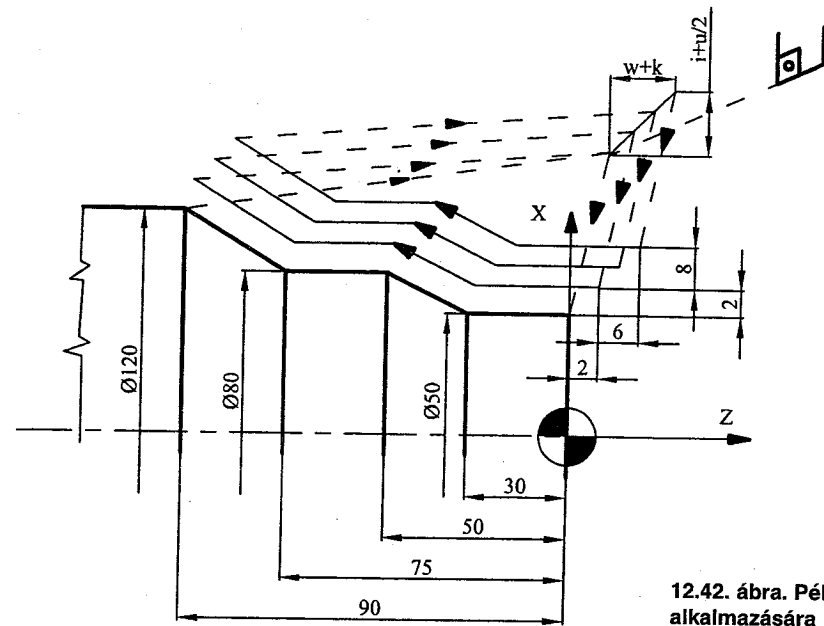
12.41. ábra. Ciklusszervezés

Ráhagyások:

– sugárirányban: 2 mm;

– Z irányban: 2 mm;

A fogások száma: 3.



12.42. ábra. Példa a G73 alkalmazására

NC-program.

N10 G50 X300. Z200.

N20 T505 M06

Szerszámváltási helyzet

Szerszámváltás

N30 G96 V130

Állandó forgácsolási sebesség

N40 G00 X150. Z5.

Pozicionálás a munkadarab közelébe

N50 G73 P60 Q100 U4. W2. I8. K6. F0.35

A kontúrkövető nagyoló ciklus leírása

N60 G00 X50.

N70 G01 Z-30. F0.2

N80 X80. Z-50.

N90 Z-75. F0.1

N100 X120. Z-90. F0.2

Kontúrleírás

N110 G50 X300. Z200.

N120 T606 M06

A program végrehajtás az N50-es mondat után az N110-zel folytatódik.

d) Simítási ciklus (G70)

A nagyolási ciklusokat követően a leírt kontúrt simíthatjuk. Az utasítás a következő formátumú:

G70 Aa Pp Qq

a a simítandó kontúrt leíró alprogram azonosítója (ha külön programban vagy alprogramban van);

p az első kontúrelem mondatszám;

q az utolsó kontúrelem mondatszám;

A ciklus végén a szerszám gyorsmenettel a cikluskezdőpontra áll, a program feldolgozása pedig a G70-et követő NC-mondattól folytatódik. (Nem úgy mint G71, G72, G73 esetén!)

Visszatérve a 12.42. ábrán látható munkadarabra, ha simítjuk a kontúrt, akkor a következő módon folytatódik a program:

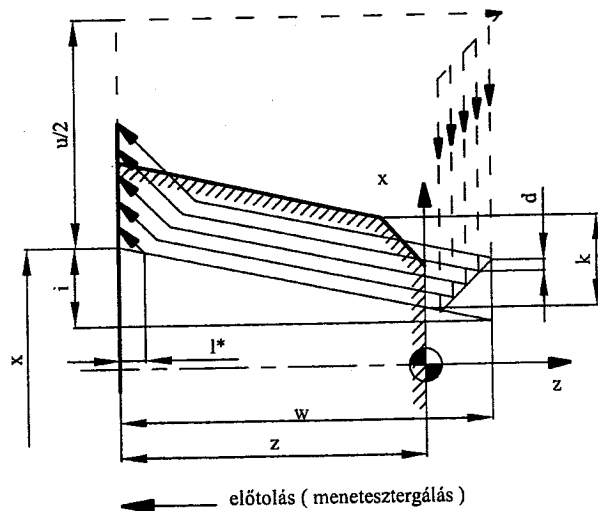
N130 V200
N140 G00 X150. Z5.
N160 G70 P60 Q100
N170

A vezérlés a simítást követően az N170-es mondatot hajtja végre

e) Menetesztérgálási ciklus (G76)

Általános alak:

G76 Xx Zz [Ii] Kk Dd Aa Ee [Ss Tt]
G76 Uu Ww [Ii] Kk Dd Aa Ee [Ss Tt]



Az adatok értelmezése a 12.43. ábrán látható.

k menetmélység;

i sugárirányú különbség a menetkezdő és 12.43. ábra végpont között (elhagyható);

u X irányú mozgás távolsága a menetvégponttól a cikluskezdőpontra;

w Z irányú mozgás a menetkezdőpontra a végpontig;

e menetemelkedés;

d az első fogás értéke.

12.43. ábra. Menetesztérgálás
(forrás: MAZATROL)

A *-gal jelezett távolságon a szerszám adott szögben fejezi be a menetet. (45°, 60° vagy 90°)

A vezérlés a fogásvételeket és a fogások számát automatikusan határozza meg, a következő módon:

$$\text{a fogásmélység} = d \cdot n^{\frac{1}{2}} \quad (d = \text{az első fogásmélység})$$

legyen $d = 0,5$

– az 1. ciklusban a fogásmélység: 0,5 mm

– a 2. ciklusban a külső menettől számított mélység:

$$d \cdot 2^{\frac{1}{2}} = 0,5 \cdot 2^{\frac{1}{2}} = 0,707 \text{ mm}$$

(Ez azt jelenti, hogy a 2. ciklusban a tényleges fogásvétel $0,707 - 0,5 = 0,207$ mm)

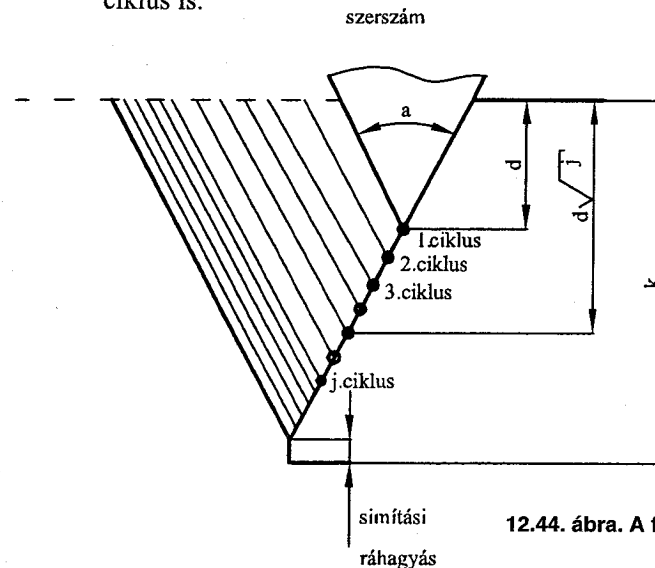
– a 3. ciklusban a külső mérettől számított mélység:

$$d \cdot 3^{\frac{1}{2}} = 0,5 \cdot 3^{\frac{1}{2}} = 0,866$$

(a tényleges 3. fogásvétel: $0,866 - 0,707 = 0,159$ mm)

a fogások száma: $n = (k/d)^2$

A menetesztérgálási ciklus utolsó elemi ciklusa a simítás, amelynek fogásvétele általában paraméterérték. Azonban ezt még követheti egy fogásvétel nélküli elemi ciklus is.



12.44. ábra. A fogásvételek meghatározása

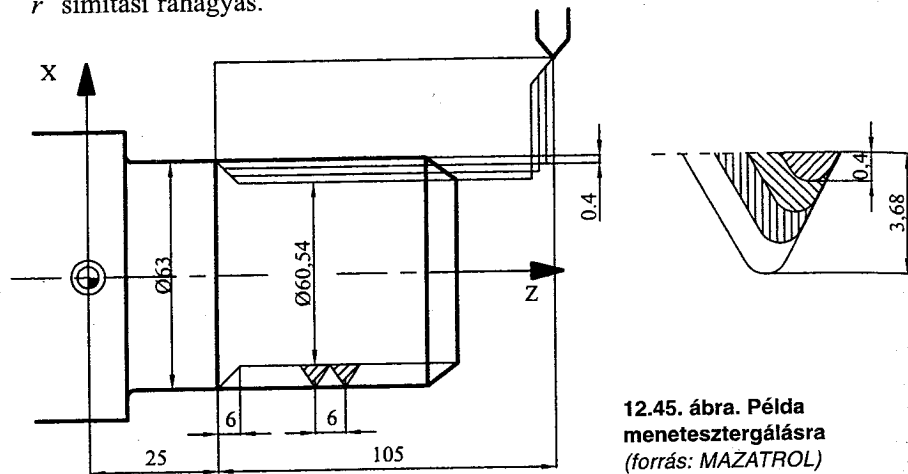
Az előző ciklus programozása *P*, *Q*, és *R* címekkel kiegészíthető, így a programozó több eddig paraméterezett jellemzőt állíthat be alkatrésziprogramból.

G76 Xx Zz [Ii] Kk Dd [P<mp> Qq Rr] Aa Ee
G76 Uu Ww [Ii] Kk Dd [P<mp> Qq Rr] Aa Ee

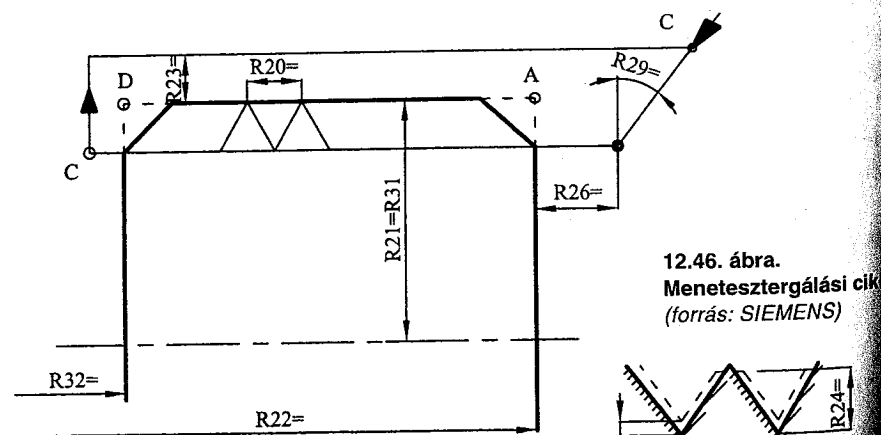
A P követő mp adat négy karakterből áll:
 m két karakter, a simítást követő 0 fogásvételű ciklusok számát jelenti. (Például, ha 0 fogásvétellel 2 ciklust akarunk programozni, akkor a beírandó érték: 02);
 p két karakter, a menet befejezésekor a 12.43. ábrán l^* -gal jelölt távolság számításához a menetemelkedés szorzótényezőjének 10-szerese (Például, ha éppen egy menetemelkedésnyi l^* méretet akarunk, akkor p értéke 10)

$$l^* = 0,1 \cdot p \cdot e;$$

q a minimális fogásvétel értéke. Ha a számítások során az egyes ciklusoknál ennél kisebb érték jön ki, a fogás értéke q lesz;
 r simítási ráhagyás.



$G00 X63. Z115.$
 $G76 X60.64 Z25. K3.86 D0.4 P0210 Q0.05 R0.12 A60. E6.$
Végezetül a menetesztergálási ciklusoknál mutatunk arra megoldást, hogy milyen módon programozhatunk abban az esetben, ha a ciklust regiszterek (paraméterek) értékadásával aktivizálhatjuk (SIEMENS ciklusa).



- R20: menetemelkedés
- R21: kezdőpont X koordináta
- R22: kezdőpont Z koordináta
- R23: visszafutáskor a felülettől való távolság (előjelnélküli szám)
- R24: menetmélység előjel kóddal (<+> belső <->külső)
- R25: ráhagyás az utolsó fogáson (simítás)
- R26: fogásvételi hely távolsága a munkadarabtól
- R27: túlfutás
- R28: nagyoló fogások száma
- R29: fogásvétel irányának szöge
- R31: végpont X koordinátája (Hengeres menethnél $R21=R31$)
- R32: végpont Z koordinátája

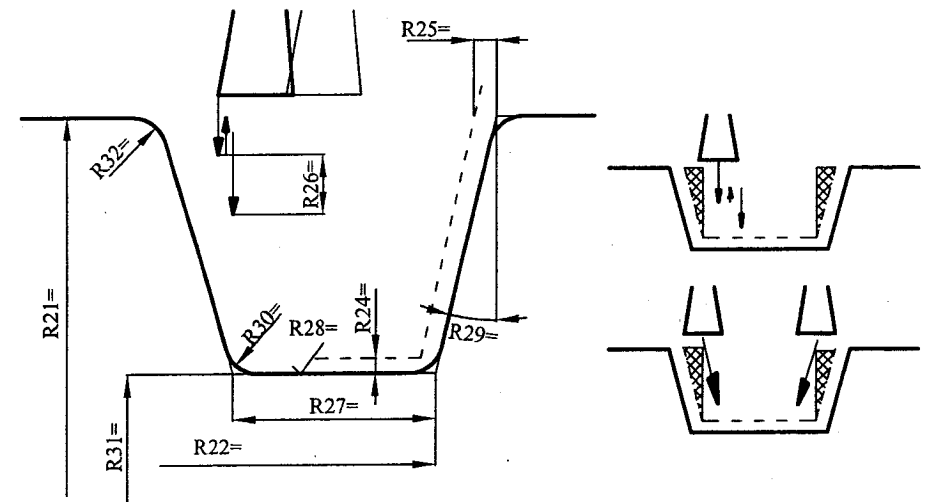
A ciklus leírása

$N... L97 R20 =... R21 =... R32 =...$

f) Beszúrási ciklus (SIEMENS, L93)

Az összetett beszúrási oldalfelülete kúpos is lehet, a kezdő és végpontban lekerekítést vagy élettörést tartalmazhat. A forgácstörés miatt – csakúgy mint mélyfúrásnál – a szerszámmozgás megszakított.

Utasítás: $N... L93 R21 =... R22 =... R23 =...$



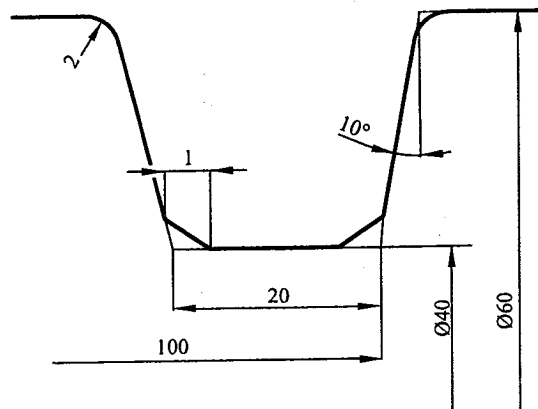
12.47. ábra. Beszúrási ciklus

- R21: a beszúrási külső (fúratban belső) átmérője
- R22: a kezdőpont Z koordinátája
- R23: segédparaméter: $+1$, ha a beszúrási jobboldali pontja a kezdőpont
 -1 , ha a beszúrási baloldali pontja a kezdőpont

- R24: simítási ráhagyás X irányban
- R25: simítási ráhagyás Z irányban
- R26: egy beszúrási lépés hossza
- R27: a beszúrási szélessége
- R28: várakozási idő a beszúrási végén
- R29: az oldalfelület szöge
- R30: a végpontban (a beszúrási alján) lekerekítés (+) vagy letörés (-) értéke
- R31: a beszúrási végátmérője
- R32: a beszúrási kezdő (külső) pontjában lekerekítés (+) vagy letörés (-)

A ciklus a következő módon működik:

- a készalkatrész kontúrt a simítási ráhagyásokkal módosítja a vezérlés
- először az így kapott „beszúrási szélesség” fölötti részt távolítja el (12.47. ábra)
- az oldal felületek esztergálása,
- simítás kétoldról közép felé



- R21 = 60. R29 = 10.
- R22 = 100. R30 = -1.
- R23 = 1 R32 = 2.
- R24 = 0
- R25 = 1.
- R26 = 5.
- R27 = 20.
- R28 = 0.5

12.48. ábra. Példa beszúrási ciklusra

N05 R21=60. R22=100. R23=1 R24=0 R25=1. R26=5.
 R27=20. R28=0.5 R29=10. R30=-1. R31=40. R32=2.
 N10 L93

12.5. Mérési ciklusok programozása

A mérési ciklusokat, programozásukat a 13. fejezetben ismertetjük.

13. A mérés programozása

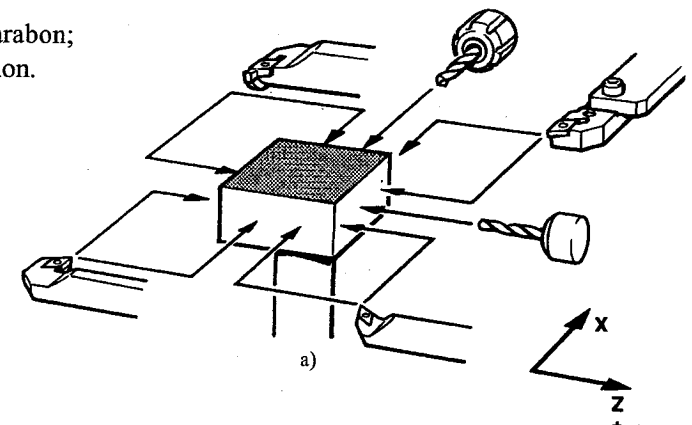
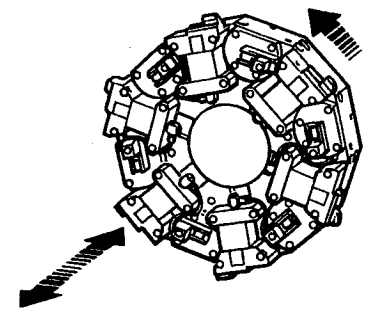
A korszerű NC-szerszámgépek alkalmazásakor a technológiai folyamat szerves része a mérés. A szerszámgépek nagyobb pontossága nem küszöbölte ki a mérési igényét, hanem új mérőberendezések fejlesztését indította el. A vezérlések fejlődése pedig lehetővé tette a mérési eredmények ON-LINE feldolgozását. Ma egy korszerű, CNC-vezérlésű szerszámgép 2-5D-s mérőgépként használható, ahol a szerszámgép mérőrendszere és egy mérőtapintó együttesen szolgáltatják a geometriai elemek mért koordinátáit. Lehetőség van az egyszerű mérési funkciókon kívül a folyamat közbeni szerszámmérésre, diagnosztikai, folyamatfelügyeleti feladatok megoldására is.

A munkadarab gyártási pontosságát befolyásoló hibaforrások:

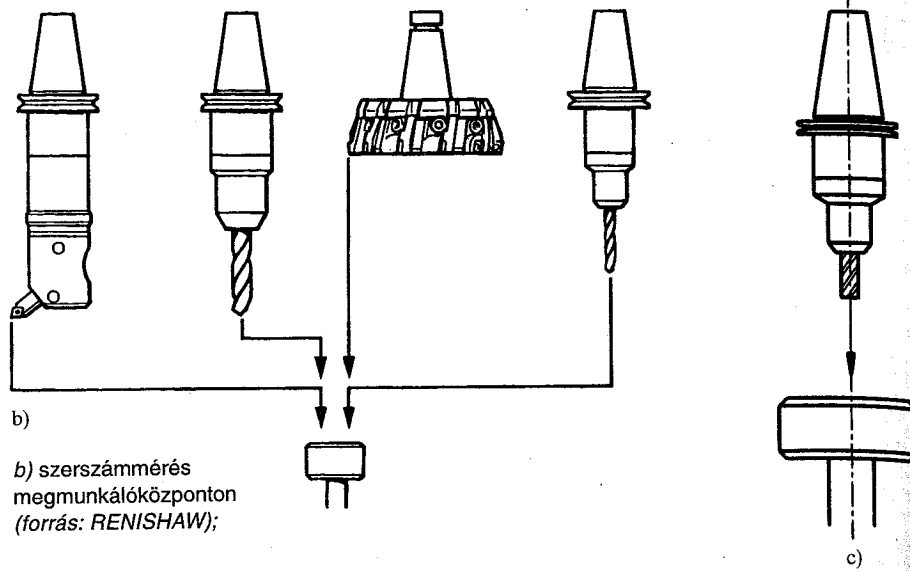
- a munkadarab felfogási pontatlansága;
- a palettaváltás (tokmáncsere) hibája;
- szerszámkopás, deformáció;
- a munkadarab deformációja, a bázishossz megváltozása;
- a szerszámbeállítás pontatlansága;
- a szerszámgép pozicionálási és geometriai hibája;
- szerszámok alak és méreteltérései.

A munkadarabon és a szerszámon jelentkező méreteltérések, hibák csökkenthetők. Ezért a tapintóval történő mérés két nagy területre terjed ki:

- mérés a munkadarabon;
- mérés a szerszámon.

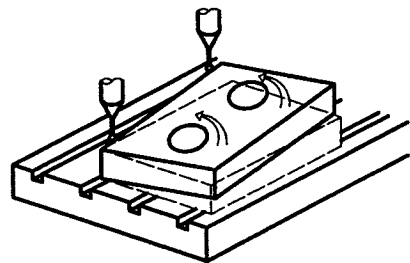


13.1. ábra.
 Szerszám- és munkadarab-mérések
 a) szerszámmérés esztergán és esztergaközponon
 (forrás: RENISHAW);

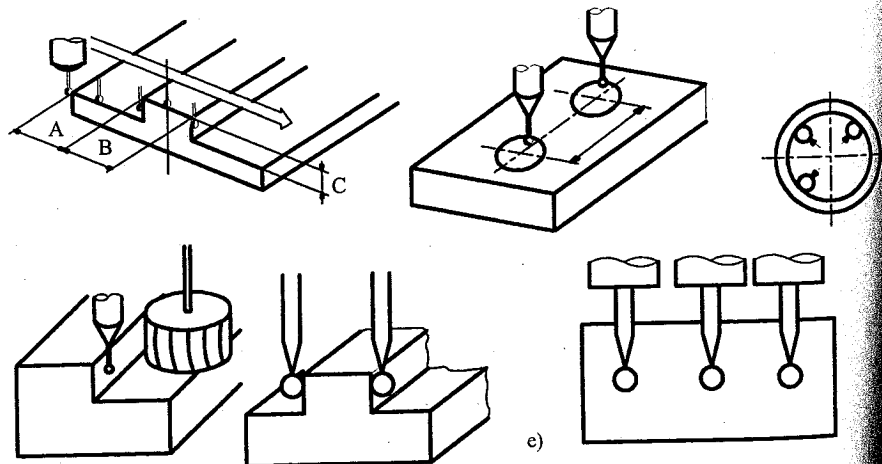


b) szerszámmérés megmunkálóközponton (forrás: RENISHAW);

c) a szerszámtörés ellenőrzése;



d) munkadarabmérés: nullpontmérés;



e)

13.1. A mérés elve

Tapintóval való mérés során mind a munkadarab, mind a szerszám mérésekor a szerszámgép útmérő rendszerét használjuk.

A vezérlésnek a következő funkciókat kell megvalósítania:

- tapintási ciklus végrehajtása, tapintási koordináták megállapítása;
- a geometriai elem adatainak meghatározása, pl. a kör kerületének mért pontjából a kör átmérőjének és középpontjának kiszámítása
- korrekcióképzés.

A tapintóról érkező jel az interface-en keresztül magas prioritású megszakítást kezdeményez, amelynek hatására a CNC-vezérlés az útmérő regisztereinek tartalmát elmenti. Az elmozdulás maradék része törlődik. A mérőjel hatására leolvasott pillanatnyi koordinátaértékek feldolgozására két alapvetően eltérő megoldás alakult ki: az egyik az előforduló felületelemek főbb jellemzőinek meghatározására egy alprogramcsomagot ad a programozónak, a másik pedig bemenő nyelv (CNC-programnyelv) szintjén biztosítja a szükséges manipulációkat.

13.2. A szerszámgépen történő mérés hibái

Méréskor az NC-gép 2-5 tengelyes koordináta-mérőgépként használható. A mérés pontosságát nagymértékben befolyásolja:

- a szerszámgép geometriai hibája;
- a szerszámgép mérőrendszerének hibája;
- a mérőtapintó hibái;
- a munkadarab állapota, a mérés körülményei;
- a mérési folyamattól függő dinamikus hibák.

A hibák két csoportba oszthatók: rendszeres és véletlen hibákra. A *rendszeres hiba* a mérést pontatlanná, a *véletlen hiba* megbízhatatlanná teszi. A rendszeres hibák jelfeldolgozó algoritmussal, és megfelelő mérési stratégiával legalább is részlegesen kompenzálhatók.

A leggyakoribb véletlen hibák az útmérő rendszer digitalizálási hibájából, esetleges holtjátékokból vagy súrlódásból erednek.

13.3. A tapintóval végzett mérés előnyei, hátrányai

A korszerű CNC-szerszámgépek szinte mindegyike alkalmas arra, hogy a munkadarabon mérési feladatokat végezzen el. Az elterjedést számos előny magyarázza:

- azonnal információt ad a munkadarabról, ill. a szerszámról. Így gyorsan és
- eredményesen avatkozhatunk be a gyártási folyamatba;
- a mérőelem viszonylag egyszerű és olcsó;
- a mérőelem illesztése könnyű;
- növekszik a gyártás megbízhatósága;
- diagnosztikai feladatok oldhatók meg;
- növelhető a gyártás automatizáltsága;
- a mérési eredmények dokumentálhatók.

Néhány hátrányt is megemlítünk:

- növekszik a gépi idő;
- a munkadarab mérésre kedvezőtlen állapotban van (szennyezett, meleg, a befogás miatt deformált stb.);
- a mérés pontossága rosszabb mint egy külső mérőgépe;
- a mérőjel átvitele bizonyos esetekben nehézséget okozhat.

13.4. A mérőtápotók csoportosítása

A szerszámgépeken folyamat közbeni méréshez használt tapintók működési elvük szerint két nagy csoportra oszthatók: mérő típusú tapintók, kapcsoló típusú tapintók.

A mérő típusú tapintónál maga a tapintó három irányban membránrugókon vagy rugóparalelogammákon van felfüggesztve.

Nyugalmi állapotból való kitéréskor, saját kitérésével arányos jelet szolgáltat. A mért koordinátaérték a tapintó saját jeléből és a szerszámgép útmérő regiszteréből kiolvasott értékből áll. Működési tartományuk szűk: $\pm 0,5 \pm 3$ mm.

A kapcsoló típusú tapintó nyugalmi helyzetéből kitérve impulzust generál, amely megállítja a mellékhatásokat, és utasítást ad az útmérő regiszterek kiolvasására. Az impulzus többféleképpen kiváltható:

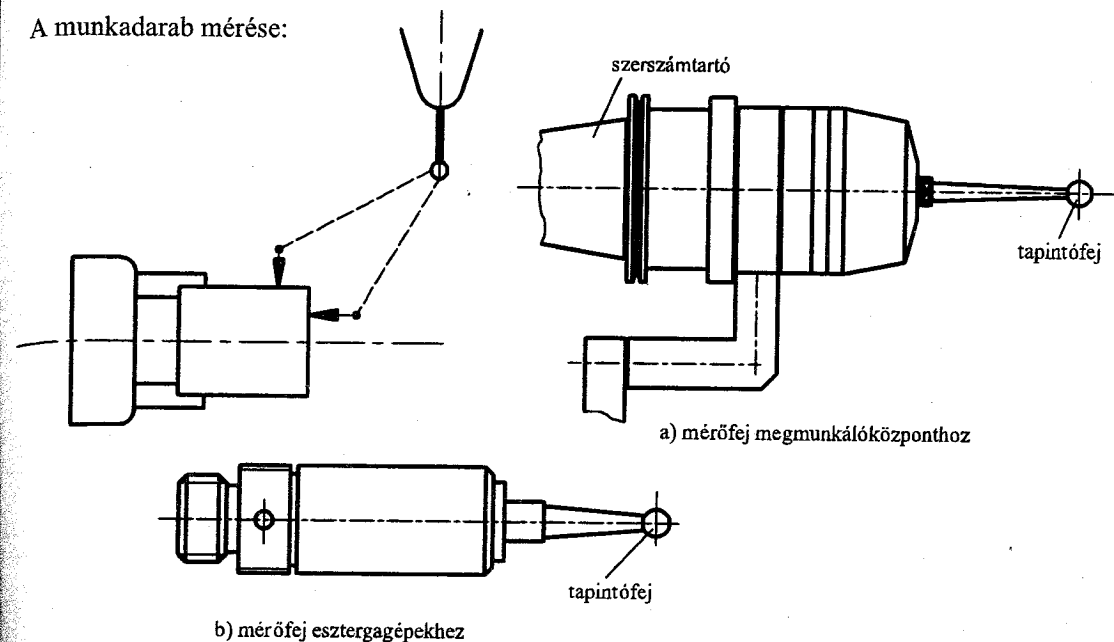
- áramkör megszakítással,
- piezoelektromos kristály alkalmazásával.

Ez a fajta tapintó tehát egy nagyon érzékeny mikrokapcsoló, amely 1 μ m-körülmező elmozduláson belül kapcsol. A szükséges mérőerő kisebb mint 0,2 N. A kitérítő erő megszűnése után a tapintócsúcs az eredeti pozícióba áll vissza.

Tapintórendszer kiválasztásánál döntő szempont, hogy vezeték nélkül csatlakoztatható-e a szerszámgép főorsójába. A vezetékmentes jelátvitel inuktív, optikai, elektronikus vagy rádióhullámokkal valósítható meg. Mérő típusú tapintó alkalmazásakor – mivel a saját útmérő jelét is át kell vinni – az átvitel nehézkesebb.

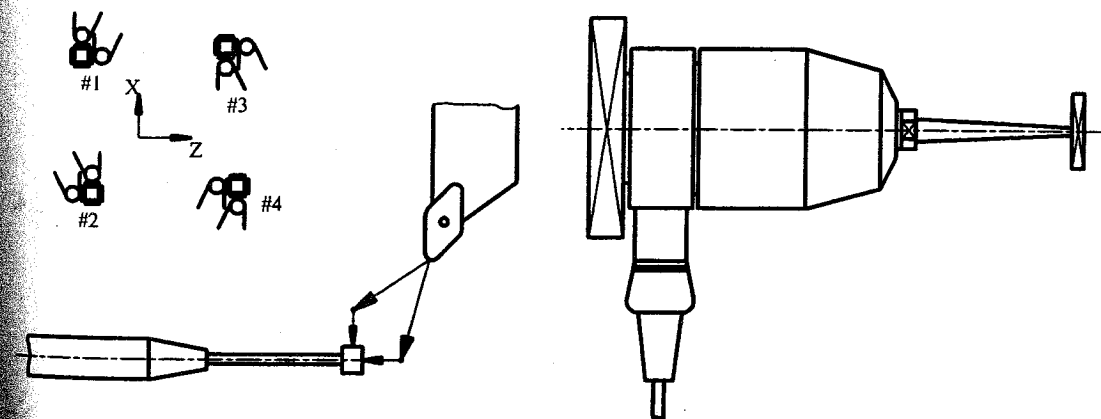
Mérőfeji felépítésére láthatunk példát a 13.2. és 13.3. ábrákon.

A munkadarab mérése:



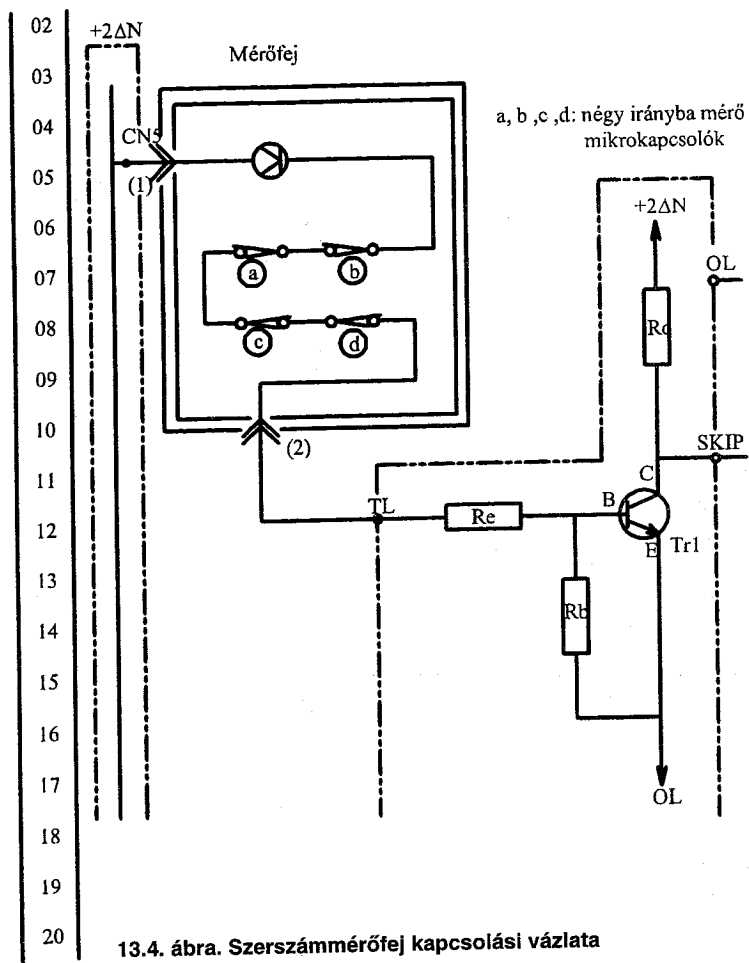
13.2. ábra. Mérőfej kialakítása munkadarab méréséhez
a) mérőfej megmunkálóközpontozhoz; b) mérőfej esztergagépekhez

Szerszámméréshez:



13.3. ábra. Mérőfej-kialakítások szerszámmérésre

- #1: külső esztergálás előre (tokmány felé)
- #2: külső esztergálás hátra
- #3: belső esztergálás előre (tokmány felé)
- #4: belső esztergálás hátra



13.4. ábra. Szerszámmérőfej kapcsolási vázlat

Egy, a 13.3b ábrán bemutatott szerszámmérőfej kapcsolási vázlat látható a 13.4 ábrán.

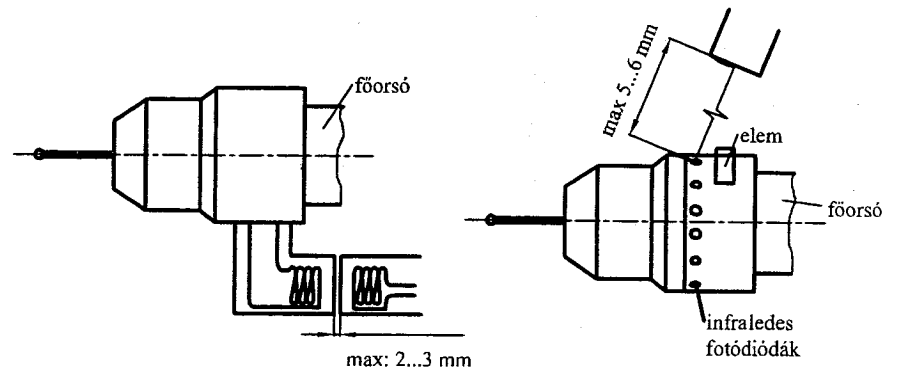
a, b, c, d: négy irányba mérő mikrokapcsolók

13.5. Adatátviteli módok

Néhány adatátviteli megoldás a 13.5. ábrán látható.

Az induktív jelátvitel a legelterjedtebb és a legkevésbé zavarérzékeny. Megmunkálóközponton alkalmazott tapintó esetén a rendszer egy mérőfejre szerelt modulból – az „adó” – és egy főhajtóműre erősített „vevő” egységből áll (13.5a és 13.5a ábra). Amikor a vevő és az adó együtt áll, a jelek átvitelére automatikusan

Az induktív úton történő jelátvitel jellemzője a rövid átdadási szakasz (max. 2...3 mm), és hogy nem igényel külön energiaforrást.



13.5. ábra. Jelátviteli módok

a) induktív jelátvitel; b) fotóelektromos jelátvitel

Optikai elven történő jelátvitelkor 5...6 m-es távolságra lehet a kapcsolójelet átvenni, ill. itt megoldható a mérő típusú tapintók digitalizált jelének a továbbítása is.

A munkadarab mérésre szolgáló mérőfejek ismétlési pontossága általában $\pm 1 \mu\text{m}$, mérősebesség 0,1 mm/s, mérőnyomóerő 0,1...1,5 N. Általában szerszámtárból beválthatók, ill. a szerszámmérésre alkalmas mérőfejeket vagy a gépszaktárra szerelik, vagy beillenthetők, betolthatók a munkatérbe.

13.6. A mérési eredmények felhasználása

13.6.1. Szerszámmérés

A szerszámmérés eredményeit közvetlenül felhasználhatja a vezérlés. A mért eltéréssel a szerszámméretet egy algoritmus szerint automatikusan korrigálja. Mód van arra, hogy közben a kopás halmozott értékét megőrizze, és egy előre programozott érték elérésekor jelzést adjon: a szerszám elkopott.

13.6.2. Munkadarabmérés

Két probléma léphet fel:

- a mért felület geometriai jellemzői hibásak, pl. a megmunkált kör átmérője eltér a programozottól;
- a felület helyzete tér el az előírásostól, pl. a kör középpontjának rossz a koordinátája.

Méreteltéréseket új szerszámkorrekciós értékkel, a helyzettűréseket pedig a felülethez tartozó nullponteltolás változtatásával hozhatunk helyre.

Megjegyezzük azt, hogy itt egy bonyolult technológiai problémával állunk szemben, amelynek a megoldása a szerszámméret-korrekció és a nullponteltolás változtatásával eléggé leegyszerűsített. Előfordulhat ugyanis, hogy a műveleti sorrenden kell változtatni vagy hibás a készülék, a szerszám, a műveletelem megválasztása. A CNC-vezérlések csak geometriai korrekciókat alkalmaznak. Ahogy egyre

több technológiai tudás integrálódik a vezérlésbe, úgy egyre nagyobb lesz az esély a korrekt megoldásra. Addig összetettebb esetekben jó, ha a technológus veszi kézbe a döntést, felhasználva a mérés eredményeit.

Mivel a munkadarab névleges és valóságos mérete közötti eltérésnek számos oka lehet, ezért az eltérésből egy korrekcióértéket képeznek, és nem közvetlenül az eltérés nagyságával korrigálnak.

$$\text{Például: } K_{ij} = K_{régi} - \frac{K_{régi}}{n} + \frac{\Delta}{n} \quad (\text{SIEMENS algoritmus})$$

K_{ij} új korrekció;

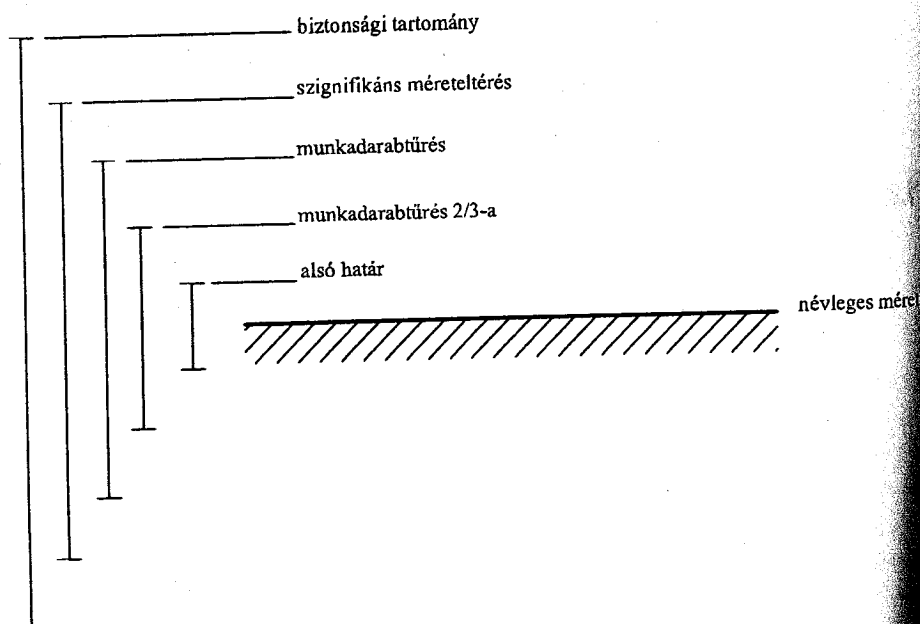
$K_{régi}$ az előző mérésnél számított korrekció;

n súlyozási tényező;

Δ a mért valóságos és a névleges méret közötti eltérés.

Ez a megoldás figyelembe veszi a méreteltérések trendjét. A súlyozási tényező $n = 1 \dots 10$ között van. A véletlen hibával terhelt mérési eredményt a súlyozási tényező csillapítja.

Maga a középérték-számítás nem elegendő a minőség biztosítására, a mérés eredményét értékelni kell. Ettől függenek a beavatkozások. Erre mutatunk példát a 13.6. ábrán. A munkadarab névleges méretét úgy vesszük figyelembe, mintha a tűrésmező szimmetrikusan helyezkedne el. Ha ez nincs így, akkor át kell számítani szimmetrikus tűrésekre.



Biztonsági tartomány: a korrekciós érték képzésére nincs hatással. Elérésekor a mérőtapintó meghibásodására, hibás mérésre, helytelen névlegesméret-megadásra következtet a vezérlés, megszakad a mérési folyamat.

Szignifikáns méreteltérés: korrekciós képzésre nincs hatással. Elérése valószínűleg nagymértékű szerszámkopásból ered.

A munkadarab tűrése: amennyiben a méreteltérés a biztonsági határ és a 2/3 tűréshatár közé esik (pl. új szerszám), akkor ezzel az értékkel 100 %-ban kell korrigálni. Ha a méreteltérés túllépi a munkadarab tűrését, a mérési folyamatot meg kell szakítani.

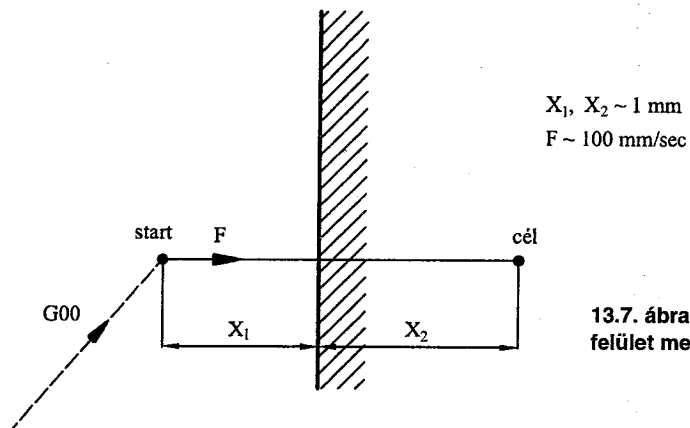
2/3 munkadarab tűrés: az „alsó határ” és 2/3 munkadarab tűrés közötti tartományban a képlet szerinti módon kell meghatározni a korrekciót.

Alsó határ: ezen belül nem történik korrekció.

A mérés során a tapintóval a mérendő felületet meg kell érinteni. Ez úgy történik, hogy a mérés irányában a vezérlés a névleges pozíció előtt x_1 távolságra start pozíciót, x_2 távolságra pedig célpozíciót jelöl ki. (13.7. ábra). Az érték (x_1 , x_2) általában regiszterben van, de néha programozható.

A mérés folyamata:

- gyorsmeneti pozicionálás a célhelyzet előtti startpontra;
- mérési (előtolási) sebességgel mozgás a célpontra. (sebesség: pl. 100mm/min). közben a tapintónak találkoznia kell a mérendő felülettel. Ellenkező esetben hibajelzéssel leáll a mérés.



13.7. ábra. A mérendő felület megközelítése

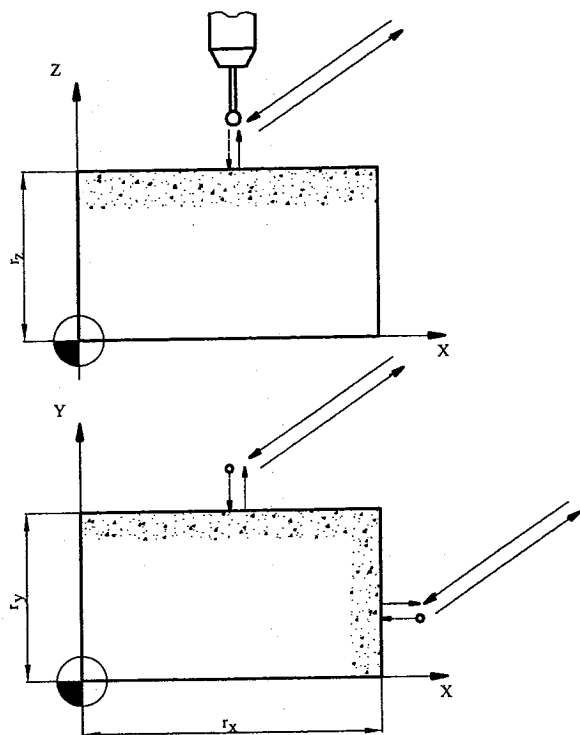
13.7. Mérés programozása

Munkadarabmérés

Megmunkálóközponton a munkadarab mérésének céljai a következők lehetnek:

- előgyártmány mérése, nullponteltolás megállapítása
- megmunkálás előtt a munkadarabok „feltérképezése”
- kész munkadarab ellenőrzése: méretpontosság, alakhibák mérése, helyzethibák mérése.

Előgyártmány mérésekor cél a nullponteltolás megállapítása
 Az X , Y , Z , irányba mért felületek adatait – a nullponttól való távolságukat – az NC-vezérlők igénylik, a tényleges nullponteltolás meghatározásához.

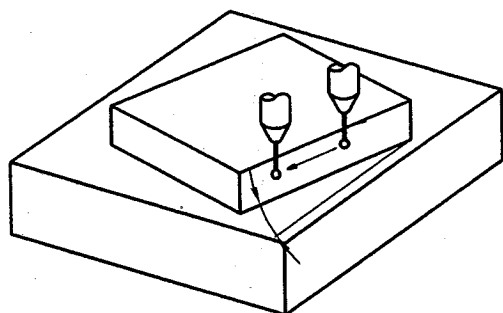


13.8. ábra. Nullpontmérés

Egyes esetekben a munkadarabhoz kötött koordináta-rendszer tengelyeinek szögeltérése is korrigálható. Itt nullpontméréskor egy szögmérési feladatot is meg kell oldani (13.9. ábra).

A nagy méretszóródással járó előgyártási eljárások az NC-technológia tervezését, a programkészítést megnehezítik. A megmunkálás előtti „durva” öntvénybemérés a ráhagyások egyenletesebb elosztását segítik elő.

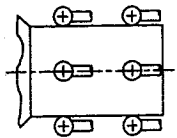
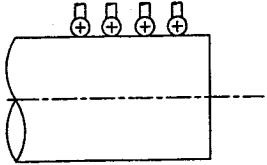
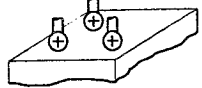
Kész munkadarabok ellenőrzésekor a leggyakrabban a 13.10. ábrán látható méreteket állapítjuk meg.



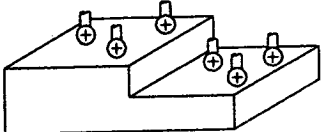
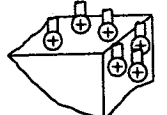
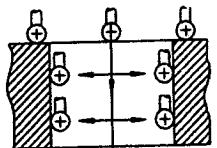
13.9. ábra. Nullpontmérés transzformációval

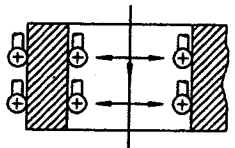
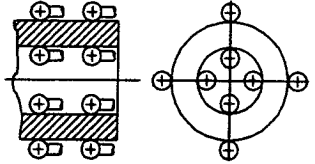
MÉRETELLENŐRZÉS

MÉRÉSI FELADAT	A TAPINTÓ HELYE	LEÍRÁS
A furat átmérőjének középpontjának mérése		A furat belső felületének tengelyre merőleges síkmetszetét három, négy vagy több ponton tapintjuk
A csap átmérőjének és középpontjának mérése		A csap külső átmérőjét és a középpont helyzetét egy síkmetszet három, négy vagy több ponton történő tapintásával mérjük
A horony szélességének és a középvonal helyzetének mérése (két párhuzamos sík távolságának mérése)		Tapintóval a horony feltételezett középvonalára pozicionálunk (a horony belsejében), majd egy síkmetszetében két egymással szemben levő pontot tapintunk le
Bordaközépvonal helyzetének és szélességének mérése (két párhuzamos sík távolsága)		A borda két párhuzamos felületét, egy síkmetszetben két pont letapintásával mérjük
Szögmérés		A felület valamelyik koordináta tengellyel bezárt szögének mérése két pont tapintásával
Körkörösség mérése		A kör letapogatása több pont méréssel

MÉRÉSI FELADAT	A TAPINTÓ HELYE	LEÍRÁS	
ALAKHIBÁK MÉRÉSE	Hengeresség mérés		A henger több, tengelyre merőleges síkmetszetében történő letapogatásával
	Az egyenesvonalúság mérése		Henger külső alkotójának több ponton történő letapogatásával
	Síklapúság mérése		Sík meghatározása három pont letapogatásával. További mérésekkel a síktól való eltérés megállapítható

13.10. ábra. Méret- és alakhibák mérése

MÉRÉSI FELADAT	A TAPINTÓ HELYE	LEÍRÁS
Két sík párhuzamosságának mérése		Sík felületének három ponton történő letapogatásával a sík egyenlete meghatározható. A két sík három-három ponton történő letapogatásával a síkok párhuzamossága, ill. az attól való eltérés megállapítható
Két sík merőlegességének mérése		Síkok meghatározása három-három pont méréseivel
Tengelyhelyzet mérése (sík-egyenes merőlegességének mérése)		A tengely egyenesének meghatározása a furat két különböző, a tengelyre merőleges síkmetszetben történő három, négy pont letapogatásával történik. A sík meghatározása három, a síkól levő pont letapogatásával

MÉRÉSI FELADAT	A TAPINTÓ HELYE	LEÍRÁS
Tengelyhelyzet mérése		Tengely meghatározására a tengelyre merőleges két, síkmetszetben három, négy pont letapogatásával. A külső felület egyenesének meghatározása két pont letapogatásával történik
Egytengelyűség mérése		Külső és belső hengeres felület tengelyének egybeesését vizsgálja. A tengelyre merőleges két síkmetszetben a külső, ill. a belső felület három, négy vagy több ponton tapintjuk le

13.11. ábra. Helyzethibák mérése

A mérési utasításokra kétfajta mód van:

- a vezérlésben rendelkezésre álló fix cikluskészletet kell aktivizálni;
- egyedi, speciális G kóddal rendelkező NC-mondatot kell összeállítani.

Szerszámmérés

A szerszámbemérő elemet vagy a gépasztalra szerelik fix pozícióba, vagy mérés előtt a munkatérbe juttatják (pl.: egy pneumatikus henger betolja a mérőfelületet).

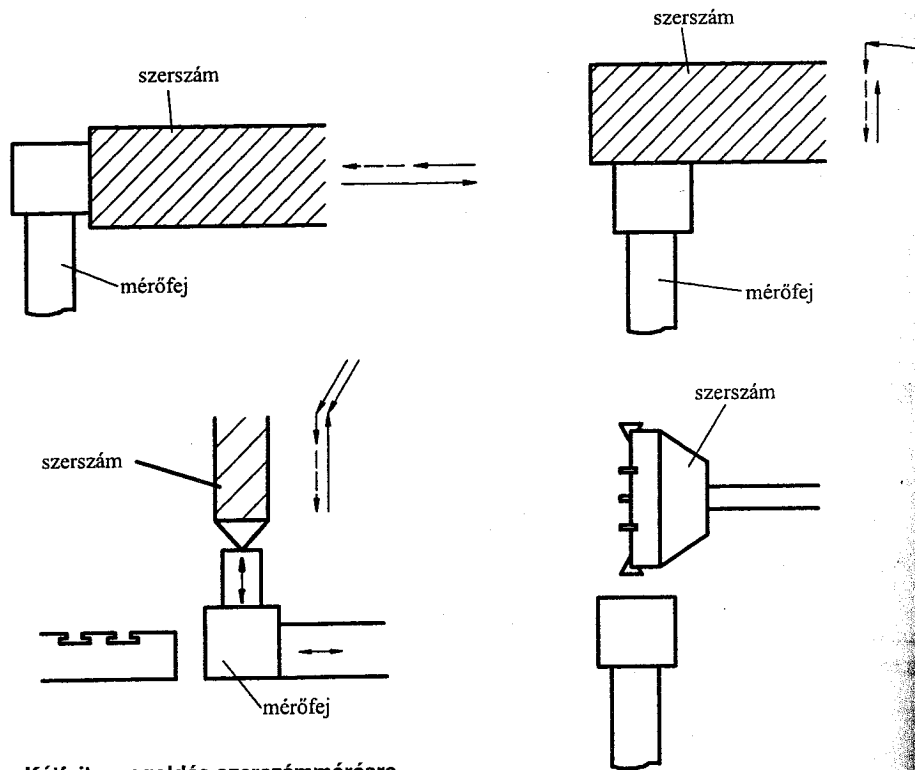
A szerszámmal fel kell keresni a mérőfelületet, és meg kell érinteni azt (13.12. ábra, valamint a 13.1a és a 13.1b ábrák). Számos vezérlésben ez alkatrészprogramból kezdeményezhető.

Fúró jellegű szerszámoknál a szerszám hosszmérete automatikusan, minden nehézség nélkül mérhető. Marószerszámoknál viszont a hossz- és átmérőirányú méret forgácsolóélenként eltérő értéket adhat, ezért itt a megfelelő éleket előre be kell állítani a mérési pozícióba. Például úgy, hogy a főorsót – szerszámmal együtt – kézzel elforgatjuk (13.1b ábra). A szerszámmérés törés érzékelésre is felhasználható. A két szerszámhossz nagymértékű eltérése a szerszám törésére enged következtetni (13.1c ábra).

A szerszámmérés a szerszám típusától függően különböző mérési eljárásokat igényel.

Egypontmérés: a mérőmozgás az érzékelő megközelítéséből áll, majd a mérési elmozdulásból. Ennek során vagy elmozdul a mérőelem vagy a közelítés végén akkor áll le a mozgás, amikor már a szerszám majdnem elérte a tapintó felületet.

Fúró típusú szerszámok ellenőrzésére szolgál



13.12. ábra. Kétfajta megoldás szerszámmérésre

Többpontmérés: a mérőmozgás az érzékelő megközelítéséből és a szerszám körülfordulásához szükséges kivárából áll. A méréskor az egyes forgácsolóélek távolságához tartozó értékeket tárolja, ill. ellenőrzi a rendszer. A méréstípus elsősorban a marófejek ellenőrzésére használható és magában foglalja a egy pontmérést is. Mérés közben a szerszám a marószerszám forgácsoló irányával ellentétesen foroghat.

Folyamatos élmérés: a mérőmozgást a érzékelő megközelítéséből, a szerszám körbefordulásáig tartó kivárából és az érzékelőnek a vizsgált él mentén történő elmozdulásából áll. A méréskor a berendezés az egyes élek távolságához tartozó értéket rögzíti, az ellenőrzés során pedig azt vizsgálja, hogy az egyes élekhez tartozó pontok egy egyenesen fekszenek-e. A méréstípus a hengeres palástartóló kezű egyenes és csavartélű marók (hosszlyukmaró, ujjmaró, szármáró, palástartóló stb.) ellenőrzésére alkalmazható és magában foglalja az előző egyszerűbb ellenőrzési módokat is.

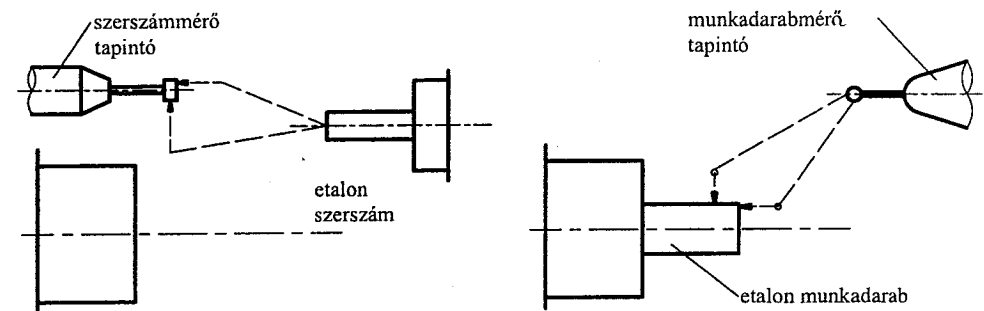
Szaggatott élmérés: a mérőmozgás megegyezik a folyamatos élméréssel. A módszer kukoricamarók ellenőrzésére alkalmazható, ha a lapkák elhelyezése minden második élnél hozzávetőlegesen azonos.

A felsorolt négy módszer alkalmas az általánosságban használt egyélű fúrógépek, fúró- és marószerszámok túlnyomó többségének bemérésére. A többpontmérésű szerszámok (alakos- szögmarók, fúrórudak stb) ellenőrzésére, az

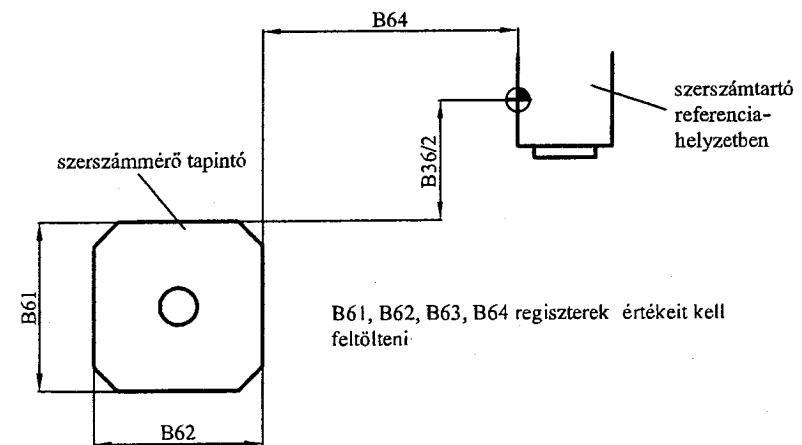
13.7.1. A mérőelemek hitelesítése

Mind a szerszám, mind a munkadarab mérésére szolgáló tapintókat hitelesíteni kell. A hitelesítést speciális, ismert méretű felületekkel kell végrehajtani. A művelet során cél az, hogy a mérőelem gépi koordináta-rendszerbeli értékeit megállapítsuk, a megfelelő gépi regisztereket feltöltsük. A tapintó hitelesítését a 13.13. – 13.15 ábrák szemléltetik.

A hitelesítő felület méreteit (a–g) gépi regiszterek tartalmazzák.

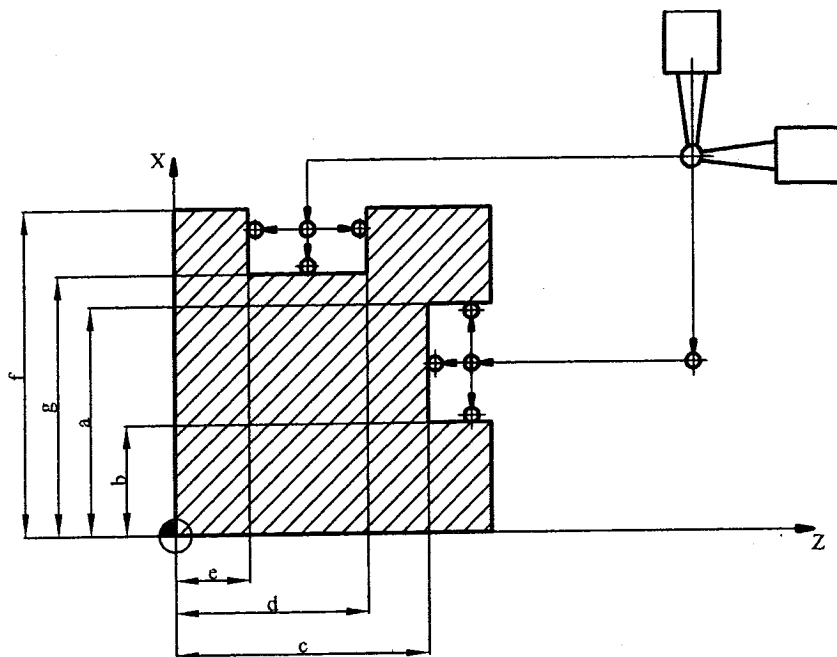


13.13. ábra. A tapintóhitelesítő elvi ábrája



13.14. ábra. Az esztergagép szerszámbemérő tapintójának hitelesítése (forrás: MAZATROL)

szérűbb mérések, az egy pont-, ill. többpontmérés használható. Ezekkel nem vizsgálható a teljes szerszámfelület, csak a legjobban igénybe vett sarokpontok, de – ismerve a szerszámélsérülések típusait és azok gyakoriságát – a hibák túlnyomó többsége kimutatható.



13.15. ábra. Esztergagépen használt munkadarab méretellenőrző tapintójának hitelesítése
(forrás: SIEMENS)

13.7.2. Mérés a maradék út törlésével

Ebben az esetben a célpontra egy G kód hatására – pl. G31 – lineáris interpolációval elindul a mozgás. A mozgás addig tart, amíg egy külső jel – a mérőtapintó jel – meg nem érkezik vagy a célhelyzetet el nem éri a tapintó. A jel beérkezése után a vezérlés lassít, majd megáll.

G31 X... Y... Z... F...

A vezérlő G kód nem öröklődik, a külső megszakítás pillanatában az egyes koordinátatengelyek pozíciói belső regiszterekben tárolódnak. A koordinátaértékek a munkadarab koordináta-rendszerében vagy a gépi rendszerben értendők.

Például (munkadarab koordináta-rendszerében) :

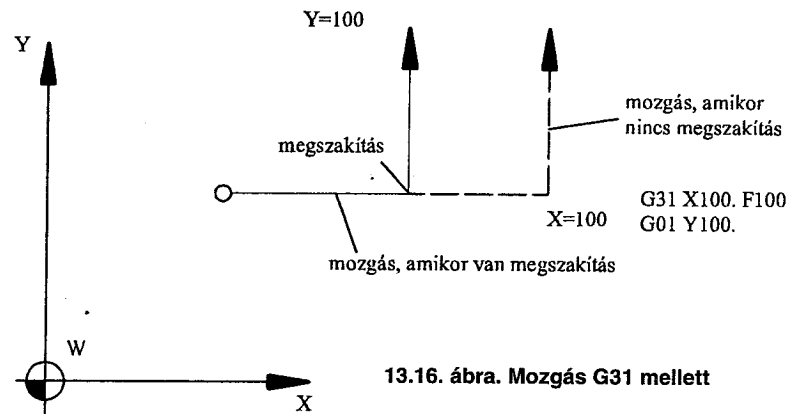
#5061-es regiszterben az X tengely pozíciója;

#5062-es regiszterben az Y tengely pozíciója;

#5066-os regiszterben a C tengely pozíciója található.

Ha a mozgás közben nincs megszakítás, akkor a mondat végponti pozíció

lét az #5001... #5006 változók őrzik



13.16. ábra. Mozcás G31 mellett

A megszakítást követő túlfutás mértéke függ a szabályozó kör jellemzőitől, a programozott f előtolás értékétől.

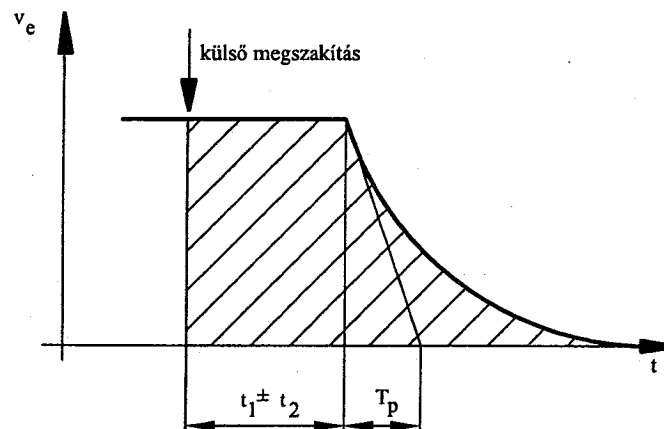
$$\delta_0 = \frac{f}{60} \cdot T_p + \frac{f}{60} \cdot (t_1 \pm t_2) = \frac{f}{60} \cdot \underbrace{(T_p + t_1)}_{\delta_1} \pm \frac{f}{60} \cdot t_2,$$

ahol f : az előtolás (G31-es mondatban);

T_p : a pozicionáló szabályozó kör időállandója;

t_1 : a késleltetési idő (a megszakítási jel megérkezési ideje);

t_2 : a késleltetési idő bizonytalansága.

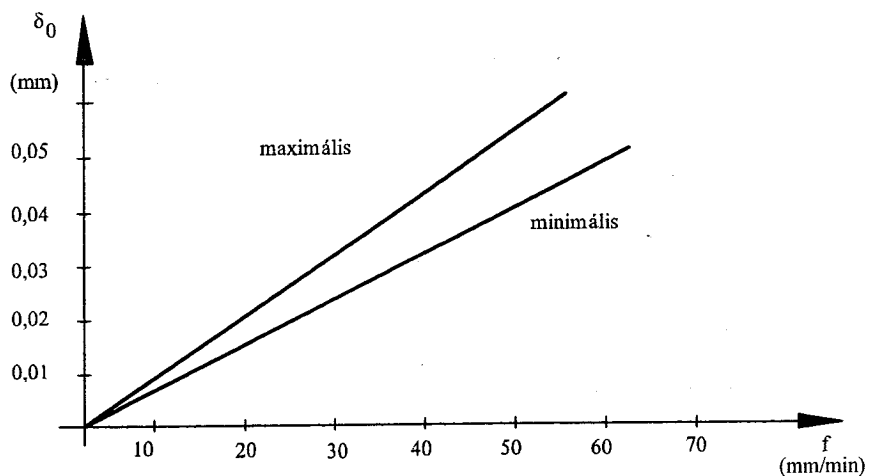


13.17. ábra. Előtolás – idő diagram

Feltételezve a következő értékeket: T_p : 30 ms;

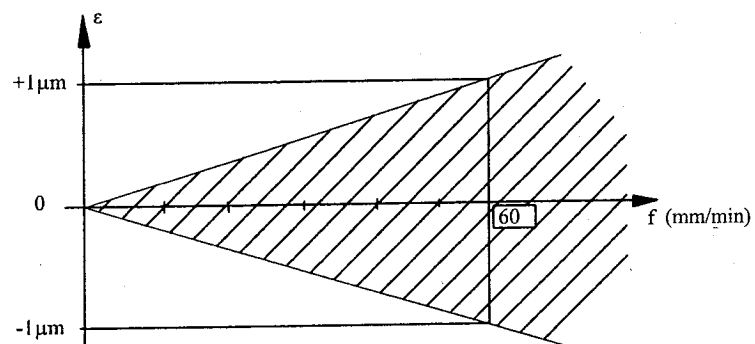
t_1 : 5 ms;

t_2 : 1 ms.



13.18. ábra. δ - f diagram

A késleltetési idő bizonytalansága (t_2) a processzorok eltérő belső állapotaiból adódik. Az ebből eredő mérési hiba $\pm 0,001$ s értéket feltételezve a 13.19. ábrán látható.



13.19. ábra. Mérési hiba diagram

$$\varepsilon = \pm \frac{f}{60} \cdot t_2$$

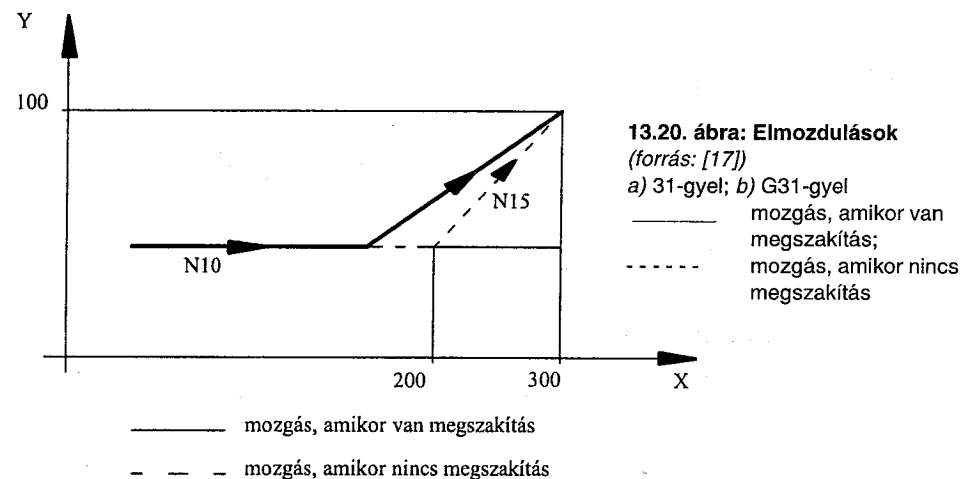
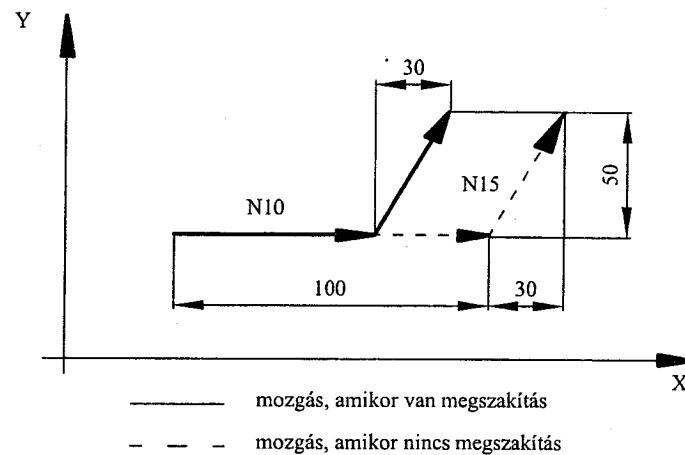
Ha $f = 60$ mm/min és $t_2 = 0,001$ s, akkor $\varepsilon = \pm \frac{60}{60} \cdot 0,001 = \pm 0,001$ mm.

A vezérlés a megszakítást követő célhelyzetbe az új végpont pozíciójából elmozdulni. Az elmozdulások lehetnek növekményesek és abszolút értékűek.

Például N10 G31 G91 X100.
N15 X30 Y50.

Az N10-es mondat elindít egy növekményes mozgást X irányban.

Ha a külső megszakítás $X = 89,275$ mm-es koordinátaértéken történt, akkor az N15-ös mondatban ettől a ponttól számítva lép inkrementálisan $x = 30$ és $y = 50$ mm-t.



13.20. ábra: Elmozdulások
(forrás: [17])

a) 31-gyel; b) G31-gyel

— mozgás, amikor van megszakítás;
- - - mozgás, amikor nincs megszakítás

Ha abszolút méretmegadást programozunk, akkor a mozgás a 13.20b ábrán láthatóan alakul.

Az N10-es mondat elindít X irányba egy mozgást az $x = 200$ koordinátájú pontra. Ha megérkezik a külső megszakítási jel, legyen ez pl. 183,48 mm, akkor az N15-ös mondatban az x irányú elmozdulás $300 - 183,48$ mm lesz.

Ha csak a G31 – vagy annak megfelelő – kódú megszakítás programozható, akkor a megközelítés, a mérés az eredmények felhasználása mind az NC-programba írható meg. A megszakítási koordináta a vezérlés interfészén keresztül külső egységbe (számítógépbe) is áttölthető.

Legyen a feladat az X tengely pozíciójának átküldése külső feldolgozó egységbe, RS-232C interfészen keresztül.

DATA OUTPUT megnyitás: **POPENn**
zárás: **PCLOSn**

n: periféria kiválasztása: $n = 1 \rightarrow$ soros RS 232C interface
 $n = 32 \rightarrow$ vezérlés memória

Adatátviteli parancs: **DPRNT**[i_1 # r_1 [d_1 c_1] i_2 # r_2 [d_2 c_2] ...]

i_1, i_2, \dots : karakter string

r_1, r_2, \dots : változó neve (regiszter száma)

d_1, d_2, \dots : az összes jegyek száma (egész és tizedes együtt)

c_1, c_2, \dots : tizedes jegyek száma

Például a megszakítást követően küldjük ki az adatfeldolgozó számítógépre a mért pont X koordinátaértékét a munkadarab koordináta-rendszerben. A számábrázolás formátuma legyen három egész és három tizedes jegy

```
POPEN1
DPRNT[X#5061[63]]
PCLOS1
```

Az interfész felületén megjelenik:

- X cím betű;
- az 5061-es belső regiszter tartalma három egész és három tizedes jegy formában.

A külső feldolgozásprogram elvégezheti a szükséges számításokat, meghatározza az új korrekciós értékeket.

Legyen a következő NC-nyelvi környezet adott. (FANUC, MAZATROL, NCT)
Programozási munkaregiszterek: #100.....#199

#110 = f előtolási érték ($G31$ mellett)
#111 = késleltetési idő (t_v)

G31	X100.	<i>megszakítási parancs</i>
G04		<i>várakozás</i>
#101=#5061		<i>a megszakítási X koordináta értéket a #101-es regiszterbe töltjük</i>
#102=#110-#111/60		<i>késleltetési idő miatti hiba</i>
#105=#101-#102		<i>korrigált megszakítási koordináta-érték</i>

A munkadarab koordinátaértékének korrigálása:

#110 = f előtolás ($G31$ mellett)
#111 = késleltetési idő (t_v)
#112 = pozicionáló kör időállandója

G31 X100.

G04

#101=#5061 *a megszakítási X koordináta áttöltése*

#102=#110-#111/60 *a késleltetési idő miatti hiba*

#103=#110-#112/60 *a körerősítés időállandója miatti hiba*

#105=#101-#102-#103 *a korrigált megszakítási koordinátaérték*

13.7.3.1. Mérés és számítás végrehajtása G kóddal

A mérés végrehajtása az eredmények számítása NC-nyelvekben támogatott. Legyen a formátum a következő (eszterga központ, MAZATROL nyelv):

G36 Xx Zz Rr Kk Pp [Tt] Qq Ii Dd Aa

G36 mérés előkészítés, kijelölés kódja;

x: a mérendő pont X koordinátája;

z: a mérendő pont Z koordinátája;

r: a tapintógömb sugara;

k: a célhelyzet tűrése (\pm érték);

p: korrekció (offset) száma;

q: a mérés módja;

t: a szerszám száma ;

i: a munkadarab koordináta-rendszerében a referenciapozíció X koordinátája;

d: a szerszámtörés jelzése szerszámméréskor ($d = 0$ igen, $d \neq 0$ nem);

a: a kompenzáció előjele $a = 0$ nem változik, $a \neq 0$ változik;

q = 1 távolság mérése a referenciaponttól;

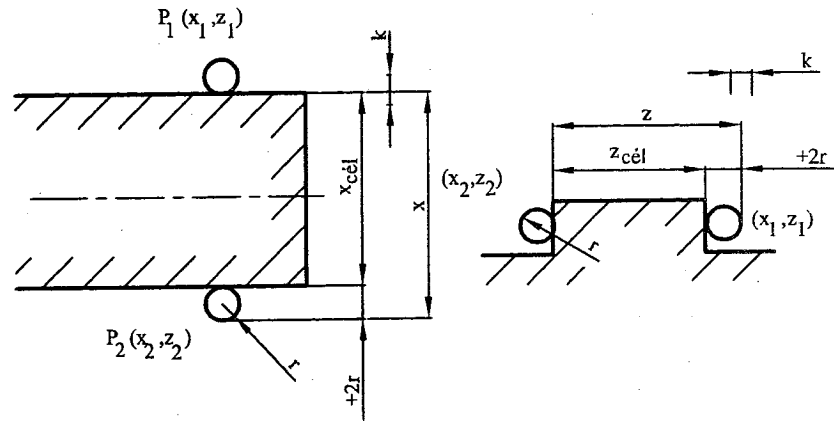
q = 2 szerszámmérés;

q = 3 külső mérés;

q = 4 a Z irányú nullponteltolás mérése;

q = 5 a C tengely szöghelyzetének mérése.

Példaként nézzük meg a távolság meghatározását két pont között (forrás: MAZATROL)



13.21. ábra. Távolság meghatározása két pont között
a) átmenő mérés; b) hossz mérés

X tengely: aktuális mért adat: $x_{akt} = |x_1 - x_2|$
 mért adat: $x_{mért} = x_{akt} - 2r$
 kompenzációs érték: $x_{komp} = x_{cél} - x_{mért}$
 új kompenzáció: $x_{újkomp} = x_{régikomp} \pm x_{komp}$

(Ha $a = 0$ $+x_{komp}$, különben: $-x_{komp}$)

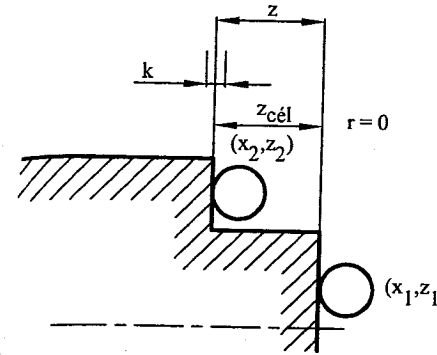
Z tengely: aktuális mért adat: $z_{akt} = |z_1 - z_2|$
 mért adat: $z_{mért} = z_{akt} - 2r$
 kompenzációs érték: $z_{komp} = z_{cél} - z_{mért}$
 új kompenzáció: $z_{újkomp} = z_{régikomp} \pm z_{komp}$

Az NC-mondat:
 a 13.21a ábrához:
 G36 X100. K0.3 P8 Q0 R3. A0

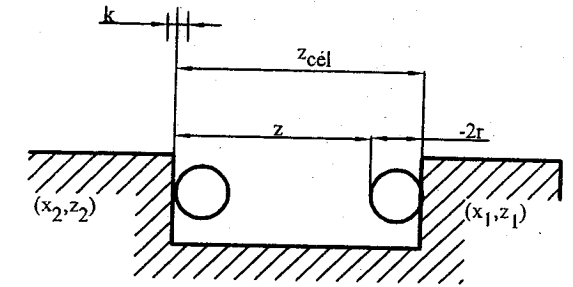
a 13.21b ábrához:
 G36 Z20. K0.4 P38 Q0 R3. A0

Az r tapintógömb sugarának előjele függ a mérési feladattól. Ha hossz mérés esetén mindig azonos irányból érintjük meg a felületet az r értékét nem kell figyelembe venni a számításoknál: $r = 0$, (13.22. ábra).

Beszúrások mérésekor (13.23. ábra) az r értéke negatív lesz.



13.22. ábra. Hosszmérés

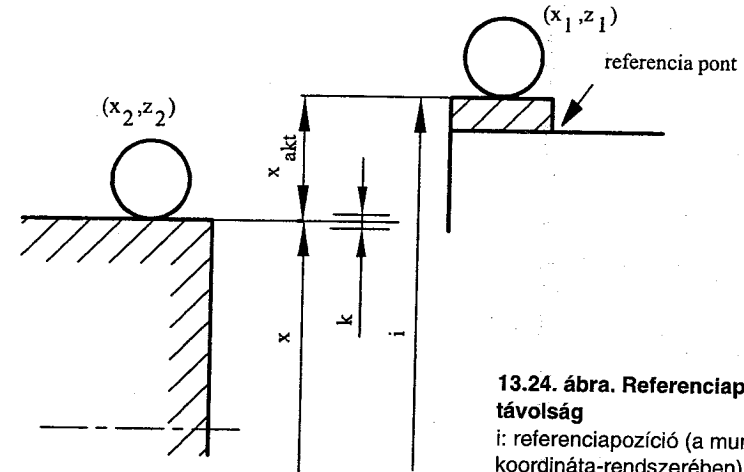


13.23. ábra. Beszúrások mérése

Például:
 G36 Z20. K0.4 P28 Q0 R0 A0

G36 Z20. K0.4 P38 Q0 R-3. A0

Egy adott referenciaponttól való távolság meghatározásakor hasonló a helyzet: ($q = 1$)

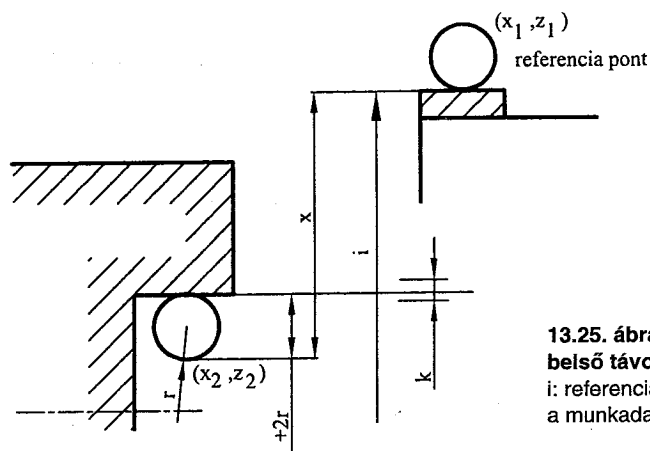


13.24. ábra. Referenciaponttól való külső távolság
 i: referenciapozíció (a munkadarab koordináta-rendszerében)

Például:
 G36 X100. I200. K0.3 P25 Q1 R0 A0

i: referenciapozíció koordinátája a munkadarab rendszerében

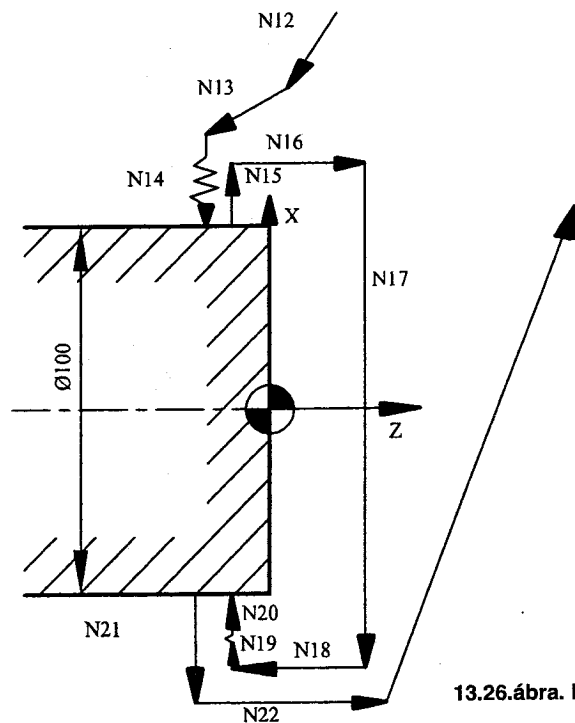
Például:
G36 X100. I200. K0.3 P25 Q1 R3. A0



13.25. ábra. Referenciaponttól való belső távolság
i: referenciapozíció koordinátája a munkadarab rendszerében

Szerszámméréskor a szerszám Z hosszirányú és X keresztirányú méretét kell megállapítani. A mérőelem X és Z koordinátái a gép koordináta-rendszerében adó-
tak.

Legyen adott a következő feladat: külső átmérő mérése.



13.26. ábra. Mérési feladat mozgásciklusa

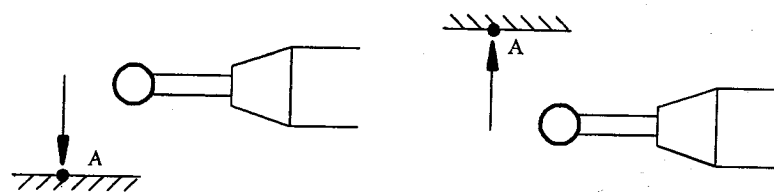
N10	T0100							A mérőfej helye
N11	G36	X100.	K0.3	P8	R3.	Q0	A0	Célhelyzet és mérési adatok beállítása
N12	G00	X110.	Z0					Megközelítés
N13	G01	X104.	Z-10.	F120				Megközelítés
N14	G31	X98.	F25					Az első pont megérintése (x ₁ értéket kap)
N15	G00	X110.						A következő pont megközelítése
N16	Z5.							
N17	X-110.							
N18	Z-10.							
N19	G01	X-104.	F120					A második pont megérintése (x ₂ értéket kap)
N20	G31	X-98.	F25					A felület elhagyása
N21	G00	X-110.						
N22	Z5.							
N23	G37							A számítás, a kompenzáció meghatározása

13.7.4. Mérés különböző G kódok alkalmazásával

Ebben az esetben a mérés típusát (pont, kör, távolság, stb mérése) G kód jelöli ki.

1. Pont mérése (G45)

Meghatározható egy pont aktuális és programozott pozíciója közötti eltérés (13.27. ábra)



13.27. ábra. Pontmérés (forrás: PHILIPS)

Milyen adatokat kell megadni?

- a mérendő pont koordinátáit;
- a mérés irányát;
- a mérőfej helyét;
- a mért érték tárolására szolgáló regiszter címét.

A programozható NC-címek:

- X, Y, Z, B a mérés tengelyének és irányának kijelölése;
- I +1: mérés az X tengely pozitív irányában;
- 1: mérés az X tengely negatív irányában.

Az előzőekhez hasonlóan Y tengelynél J , Z tengelynél pedig K cím érvényes;
 $XI=$ a felület előtti biztonsági távolság (13.7. ábra);
 T a szerszámhely száma (itt található a mérőfej);
 $N=$ pontazonosító. Az így definiált pont őrzi az X , Y , Z , B értékeket;

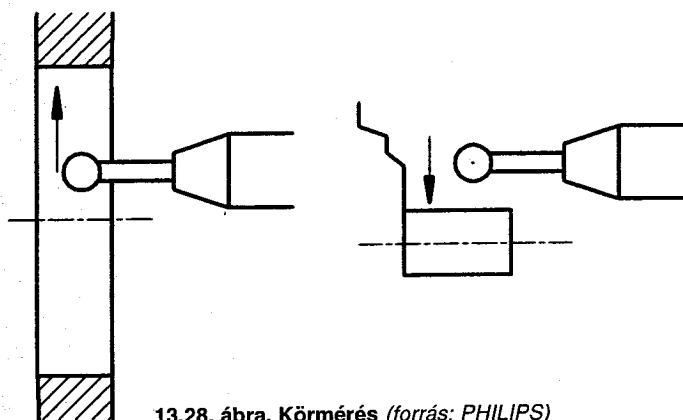
Pl: $N=10$ jelenti, hogy a mért értékek a $P10$ -es azonosítójú pontban érhetők el;
 E regiszterazonosító, ahol a mért koordinátaértékeket tároljuk.

A mérés végrehajtása:

- gyorsmozgás a kezdőpontba (x_1 távolsággal a felület előtt);
- elmozdulás rögzített előtolással a programozott tengely mentén és irányában. A mozgás során el kell érni a felületet, ellenkező esetben hibajelzéssel megáll a mérés;
- a mért koordináták rögzítése
- a programozott és a mért koordináták közötti eltérés meghatározása.

2. Körmérés (G46)

Körmérés során a kör középpontját és sugarát határozzuk meg.



13.28. ábra. Körmérés (forrás: PHILIPS)

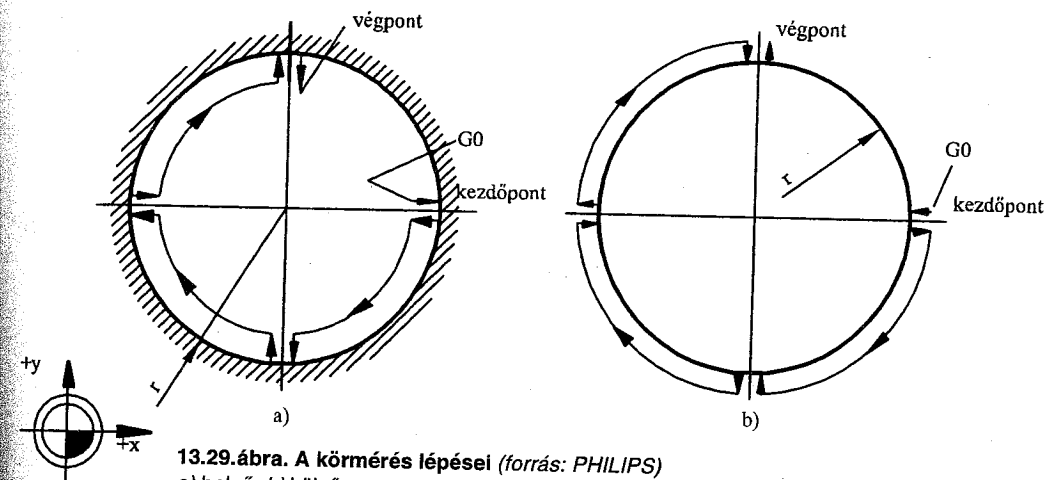
A programozandó NC-címek:

X, Y, Z, B a mérendő kör középpontjának koordinátái;
 I, J, K a kör síkjának és típusának kijelölése;
 $+1$: belső kör;
 -1 : külső kör;
 $I, J \rightarrow XY$ síkban van a kör;
 $J, K \rightarrow YZ$ síkban van a kör;
 $I, K \rightarrow XZ$ síkban van a kör;
 R a programozott kör sugara;

F előtolás a mérési pontok között;
 T a szerszámhely száma, ahol a mérőfej van;
 $XI=$ a felület előtti biztonsági távolság (13.7. ábra);
 $N=$ pontazonosító. Az itt megadott pont rögzíti a középpont X, Y, Z, B értékeit;
 E regiszterazonosító, ahol a kiszámolt koordinátaértéket tároljuk.

Egy körmérés lépései a 13.29. ábrán láthatóak:

- pozicionálás gyorsmenettel az első mérési ponthoz (x_1 távolsággal előtte)
- elmozdulás rögzített előtolással a felület irányába. Ha megérinti a tapintó a felületet, a koordinátaértékeket rögzíti
- eltávolodás a felülettől a kezdő pontba
- óramutató járásával megegyező irányban, körív mentén való elmozdulás az új - második mérési ponthoz
- visszazuglás, és négyszeri ismétlése a ciklusnak.

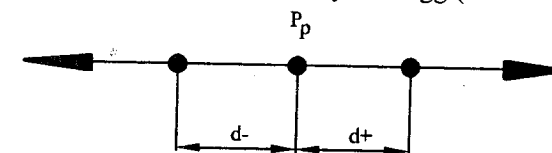


13.29. ábra. A körmérés lépései (forrás: PHILIPS)
a) belső; b) külső

17.7.4.1. A mérés eredményeinek felhasználása

1. A tűrés ellenőrzése (G49)

A vezérlés összehasonlítja a programozott és a mért érték különbségét egy előre rögzített -regiszterben vagy alkatrészprogramban megadott - értékkel. A folytatás az összehasonlítás eredményétől függ (13.20. ábra).



13.30. ábra. Tűrésmező (forrás: PHILIPS)

Ha a programozott pont P_p , a mért pontnak $P_p \pm d$ között kell lennie ($d = a$ tűrésmező fele).

Megadható NC-címek és jelentésük:

X az X koordináta maximális tűrése ($+d$);

$XI=$ az X koordináta minimális tűrése ($-d$).

Y, Z, B tengelyek, ill. körsugár (R cím) esetén hasonló módon kell megadni a maximális és minimális eltéréseket.

Ha a különbség nagyobb mint $\pm d$, akkor a program többféle módon folytatható:

a) az alkatrészprogram egy részének megismétlése

A megadandó adat:

$N1=$ az ismétlendő programrészlet első mondata;

$N2=$ az ismétlendő programrészlet utolsó mondata.

b) feltételes folytatás:

E paraméter, amely jelzi, hogy az ugrás végrehajtható, ha az E címet pozitív érték követi;

$N=$ az ugrás utáni első mondat szám.

c) hibajelzés, ha sem az a) sem a b) esetet nem programoztuk.

2) Algoritmus, ha a tűrés értéken belül van a mérés eredménye. (G50)

Két megoldás lehetséges:

- a nullponteltolás megváltoztatása;
- a szerszámkorrekció (szerszámméret) változtatása.

A nullpontváltoztatást a következő NC-címekkel programozhatunk:

XI X koordináta változtatása;

I szorzó (súlyozó) tényező X irányban;

YI Y koordináta változtatása;

J szorzó (súlyozó) tényező Y irányban;

ZI Z koordináta változtatása;

K szorzó (súlyozó) tényező Z irányban;

BI B koordináta változtatása;

L szorzó (súlyozó) tényező B irányban;

$N=$ a nullponteltolás G funkciójának száma

(pl: G 54-G59).

Ha pl. csak a nullponteltolás X értékét akarjuk változtatni.

N...G50 X1 I0.8 N=54

A számolt X irányú különbség 0,8 szeresével változtatjuk meg a G54-es pont értékét (az XI jelzi, hogy X koordinátaváltoztatást programoztunk)

13.7.5. Mérés fix ciklusok felhasználásával

Mind a szerszám-, mind a munkadarabmérést a vezérlések fix ciklusokkal támogatják. Az előre megírt makrók tartalmazzák a méréshez tartozó mozgásokat, az adatok áttöltését, az eredmény megjelenítését stb. Például a mérést követően adott regiszterben elérhető a kör középpontja, sugara, stb.

Legyenek a program input bemenő adatai a következők:

X, Y, Z koordinátaértékek;

D átmérő;

T szerszám offset regiszter azonosítója (ennek a regiszternek az értéke módosul a méreteltéréssel);

M szerszám offset regiszter azonosítója (ebben a regiszterben őrződik meg a méreteltérés értéke);

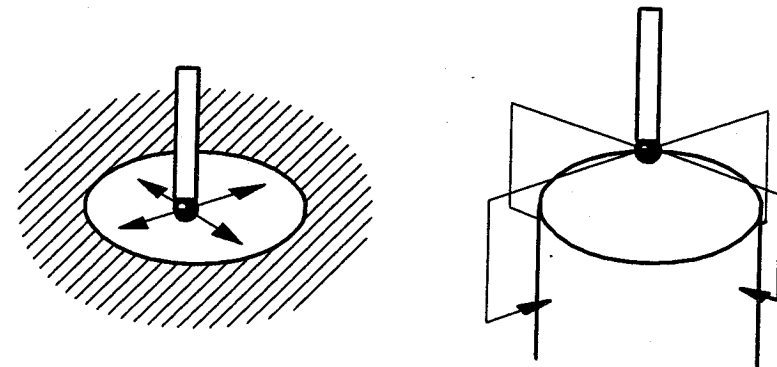
S a munkadarab koordináta-rendszer nullpontmódosítása, pl.: $S1$ esetén a G54 módosul, stb.;

H tűrésérték. Ennél nagyobb méreteltérés esetén a vezérlés hibajelzést ad.

Az egyes ciklusok működjenek a következő módon:

1) Furat/csap mérése

Alprogram-azonosító: P9019



13.31. ábra. Furat/csap mérése (forrás: RENISHAW)

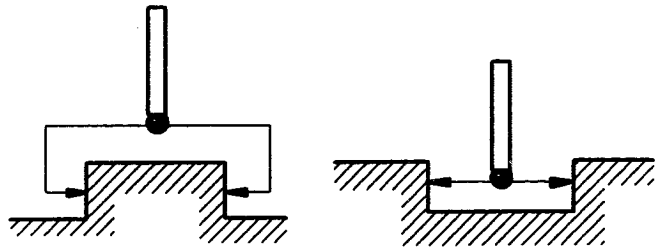
Az alprogram négy pontban méri a furat/csap átmérőt, majd meghatározza az átmérő értékét és kiszámítja a körközéppont koordinátáit. Az átmérő eltérését szerszámméret-korrekcióval ($T12$), a középpont helyzetét pedig a nullpont módosításával ($S1$) éri el.

Például:

G65 P9019 D20 T12 S1 H0.1

2) Horony/borda mérése

Alprogram-azonosító: P9010



13.32. ábra. Horony/borda mérése (forrás: RENISHAW)

A ciklus a geometriai elem szélességét és középhelyzetét határozza meg. A szerszám offset ill. a nullponteltolás (*S*) módosítható. A mérés *X* vagy *Y* irányban történhet.

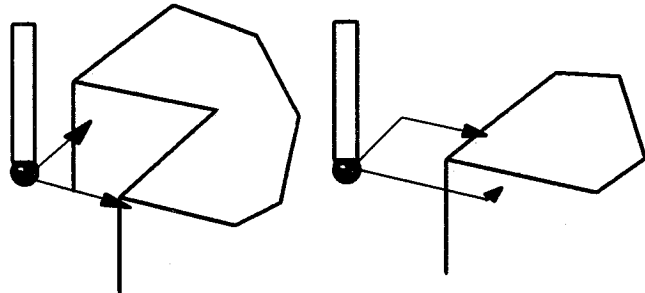
Például:

G65 P9010 X20. T12 H0.1

3) Sarokmérési ciklus

Alprogram-azonosító: P9012

Az alprogram a nullpont meghatározásához, ill. módosításához használható.



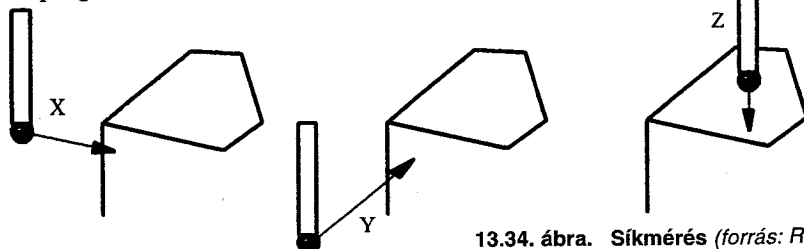
13.33. ábra. Sarok mérése (forrás: RENISHAW)

Például:

G65 P9012 X0 Y0 S2

4) Síkmérés (X/Y/Z)

Alprogram-azonosító: P9013

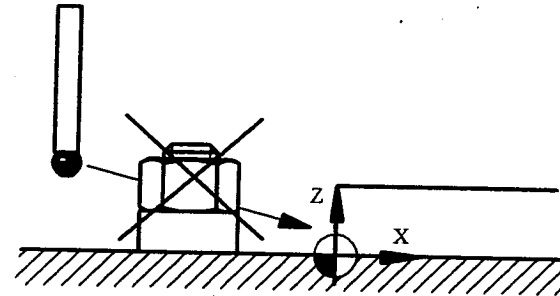


13.34. ábra. Síkmérés (forrás: RENISHAW)

A sík pozícióját egy pont érintésével állapítja meg az alprogram, és mind a szerszám offset (*T*) mind a munkadarabnullpont változtatható (*S*).

5) Ütközésvédett pozicionálás

Alprogram-azonosító: P9014



13.35. ábra. Ütközésvédelem (forrás: RENISHAW)

A programozott célhelyzetig történő elmozdulás során, ütközés esetén, a vezérlés megállítja a gépet.

Például:

G65 P9014 X0 Y30. Z10. F1500

Nézzük meg a következő mérési programot:

Mérendő felületek:

- *A* sarok;
 - *B* furat ($x_k = 50, y_k = 40, d = 20$);
 - *C* sík (*Z*).
- A mérőtapintó szerszám helye: *T1*
Nullpontmódosítás: *S1* (*G54*), *S2* (*G55*)

Szerszám korrekciós regiszter

a hiba megőrzésére:

M20

Hiba max értéke:

H0.1

Furatátmérő:

D20

A szerszám eltolás regisztere: *T10*

%O1234

G80 G90 G0

T01 M06

G54 X0 Y0

1. G65 P9014 X-20. Y-20. Z-5. F1000

2. G65 P9012 X0 Y0 S1

3. G65 P9014 Z10.

4. G65 P9014 X50. Y40.

5. G65 P9014 Z-5.

6. G65 P9019 D20. T10 M20 H0.1

7. G65 P9014 Z20.

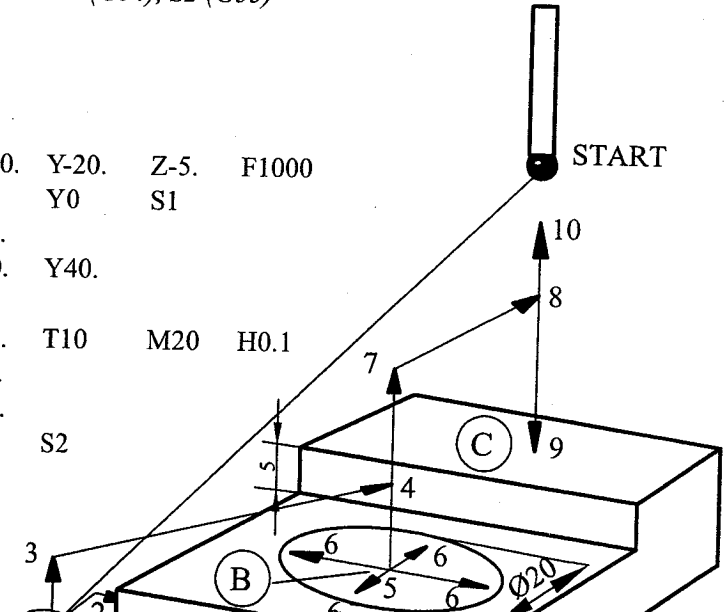
8. G65 P9014 Y90.

9. G65 P9018 Z5. S2

10. G65 P9014 Z50.

G28 Z200.

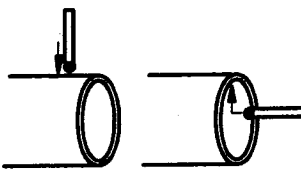
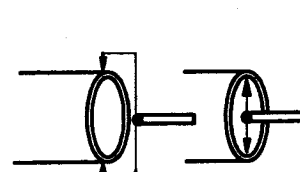
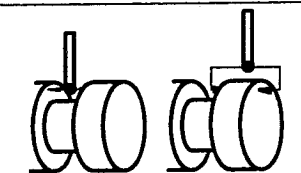
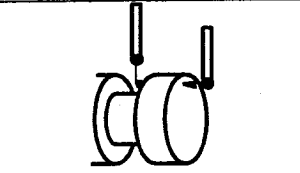
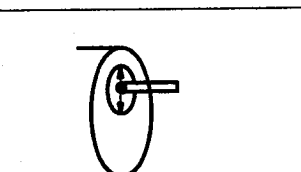
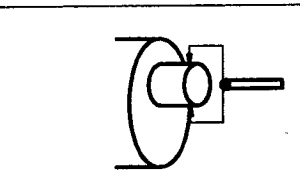
M30



- 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10: pozicionálás ütközésvédelemmel
 2: a sarok mérése (nullpont)
 6: a furatátmérő és a középpont mérése
 9: a sík Z koordinátájának mérése

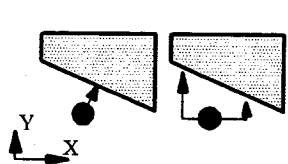
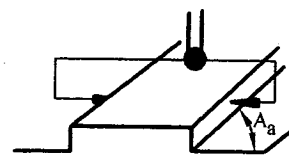
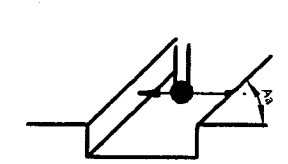
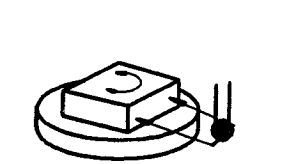
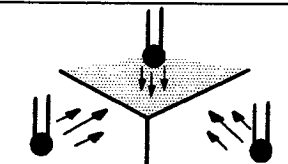
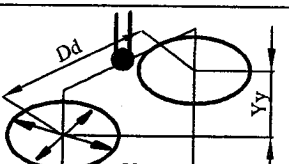
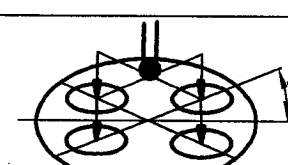
Egyéb mérési alprogramok

a) esztergagépre és esztergaközpontra

Egyedi pont mérése	Átmérőmérés
	
Szélességmérés (Z)	Z sík/ nullpontmérés
	
Nem tengelyközpontú, belső	Nem tengelyközpontú, külső
	

13.37. ábra. Mérési alprogramok esztergaközpontra (forrás: RENISHAW)

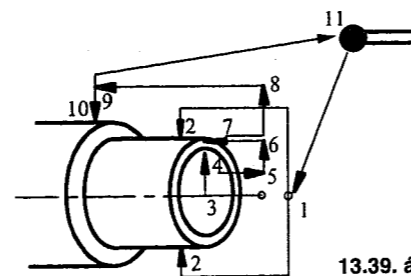
b) megmunkáló központra

Ferde síkok mérése	Szögben hajló borda mérése
	
Szögben hajló horony mérése	4. tengely mérése
	
Ráhagyás mérése	Tengelytávolság mérése
	
Pontmintázat mérése	
	

13.38. ábra: Mérési alprogramok megmunkálóközpontra (forrás: RENISHAW)

Példaként a 13.39. ábrán látható munkadarab mérési programját írjuk meg, a következő megjegyzésekkel:

E: nullpont eltolás módosítás (hasonló mint a megmunkálóközpontra az S volt
 szerszámhely (tapintó): T0101
 külső átmérő: Ø 50 mm, az 5-ös szerszámkorrekció tartozik hozzá
 belső átmérő: Ø 40 mm, a 7-es szerszámkorrekció tartozik hozzá
 legnagyobb átmérő: Ø 65 mm, 10-es szerszámkorrekció tartozik hozzá
 nullpont: a szélső homlokfelületen
 a hiba őrzése: Ø 50 mm-nél 6-os, Ø 40 mm-nél 8-as, Z0 nál 9-es, Ø 65 mm-nél 11-es korrekciós regiszterben
 (Programozás: M címmel)



13.39. ábra: Mérési feladat (forrás: RENISHAW)

```
%O4321
G80 G90 G0
T0101
1. G65 P9010 X0 Z10. F1500
2. G65 P9019 D50. Z-5. T5 M6
3. G65 P9010 Z-10.
4. G65 P9015 X40. T7 M8
5. G65 P9010 Z5.
6. G65 P9010 X45.
7. G65 P9018 Z0 M9 E1
8. G65 P9010 X70.
9. G65 P9010 Z-15.
10. G65 P9015 X65. T10 M11
11. G65 P9010 X100. Z60.

M30
```

- 1, 3, 5, 6, 8, 9, 11: pozicionálás ütközésvédelemmel
 2: az átmérő két pontjának mérése ($\varnothing 50$)
 4: belső átmérő egy pontjának mérése ($\varnothing 40$)
 7: nullpontmérés Z irányban
 10: külső átmérő egy pontjának mérése ($\varnothing 65$)

14. Műhelyszintű (párbeszédés) programozás

- A hagyományos NC-programkészítés a programozóra nagyon sok feladatot ró:
- meg kell tervezni a teljes gyártási folyamatot;
 - üresjáratú mozgásokat, szerszámváltási helyzeteket kell programoznia;
 - koordinátaadatokat kell terveznie, számolnia;
 - forgácsolási adatokat (S, V, F) kell programozni.

A megírt programot gondosan ellenőrizni kell, hogy helyesek-e a mozgások, kialakul-e az alkatrészkontúr, van-e ütközés a szerszámok és munkadarab, ill. a szerszámok és befogóelemek között.

A vezérlésgyártók kezdetektől azon igyekeznek, hogy az egyre bonyolultabbá váló eszközök egyúttal egyre könnyebben is programozhatók legyenek. Kezdetben a programkészítést csak a fix ciklusok támogatták, sok és bonyolult feladatot hagyva a technológusnak. Ugyanakkor az egyre szélesedő tudás, egyre több speciális alkalmazást tett lehetővé a vezérléseken és ez a felhasználást tovább bonyolította.

Lényeges változást a CNC-gépek programozásában a CAD/CAM rendszerek alkalmazása hozott. A nagyszámú geometriai számítás helyett a felhasználó a munkadarab geometriai modelljét állítja elő, majd a programozó interaktív közreműködésével a rendszer generálja a szerszám pályákat és a megírt posztprocesszor felhasználásával a tervezés eredményeit a konkrét gyártási környezetre illeszti. Az előállított CNC-program áttölthető a vezérlésbe.

A hagyományos NC-programozással ellentétben párbeszédés programozáskor szintén a megmunkálandó alkatrész geometriai modelljét használjuk fel. Nem szerszámmozgásokat kell programozni, hanem az adott műveletre (esztergálás, marás, stb.) fejlesztett és a vezérlésbe integrált, célirányosan létrehozott CAM algoritmusokat használunk, a külön számítógépen futó rendszerekhez képest két lényeges eltéréssel:

- a geometriai modellkészítés eszköztára a CNC vezérlésen szűkebb;
- a vezérlések technológiai tudása, a gép képességeinek kihasználása viszont teljesebb.

Az új program előkészítése, írása a gyártással párhuzamosan történhet. Meg kell jegyeznünk, hogy a szerszám gép melletti programfejlesztés nem a legideálisabb körülmények között történik. A környezet zajos és nincsenek biztosítva a nyugodt, átgondolt tervezéshez szükséges feltételek. Ezért a vezérlésgyártók a vezérléssel megegyező vagy számítógépen emulált kezelőfelülettel rendelkező programozói állomásokat fejlesztettek ki, amelyek a megfelelő nyugodt körülménye-

ket biztosító környezetben telepíthetők. Természetesen ezek alkalmazása csak több gép esetén kifizetődő.

A műhelyszintű programozás nem gép melletti, hanem központi alkalmazásának a nyugodt feltételeken kívül több előnye is van:

- az egész üzemre vonatkozó technológiai előírások egységesen érvényesíthetők;
- felhasználhatók a gyártásirányítás információs rendszerének adatai;
- megfelelő képzettségű és szakmai háttérrel rendelkező személy írhatja, készítheti elő a programot;
- a programírást nem zavarja az éppen folyamatban lévő gyártás ciklusideje, munkadarabcseré, indítás, lapkacseré stb. miatt nem kell megszakítani a programírást;
- nem tolódik át a technológiai, gép- és programozási ismeret az operátori szintre.

Megjegyezzük, hogy bármelyik párbeszédés formában programozható vezérlés képes a hagyományos NC-utasításokat (ISO) tartalmazó programot fogadni (fordítva nem áll).

Párbeszédés programozás mellett szokásos elnevezés még a műhelyszintű programozás is (Shop-floor Programming, Workshop Oriented Programming).

Ha a program írása, előkészítése az NC-gép mellett történik, akkor a technológiai, szerszámozási, szerszámgépes és számos alkalmazási ismeretnek – legalább is jelentős részének – itt kell megjelennie. A program összeállítása, ellenőrzése technikailag egyszerűbb, de elmélyültebb technológiai tudással kell rendelkeznie a programozónak. Ezért meggondolandó, hogy a tervezés, a gyártás-előkészítés hierarchiájában hol fog elkészülni az NC-program. A műhelyszintű programozás néhány alkalmazási sajátosságát mutatjuk be:

Interaktív bemenőadat-összeállítás

A szócímzésű vezérlések programjainak írásakor a programozónak konkrét és pontos ismeretekkel kell rendelkeznie az alkalmazott nyelv szintaxisáról és szemantikai szabályairól. A vezérlés csak szűkített segítséget ad a programozónak.

Műhelyszintű programozáskor a programozó a vezérlés által feltett kérdésekre válaszol, a felkínált lehetőségek közül választ (menüpontok), a képernyőn megjelenő adatokat tölti föl aktuális értékekkel. Tehát tevékenységét a vezérlés magyarázó ábrákkal, szövegekkel irányítja és segíti. Alig kell memorizálandó ismereteket használni. (Nincsenek *G*, *M* kódok, paraméterek, stb.). Ha a válasz az adott esetben helytelen, a vezérlések általában azonnal hibajelzéssel és a hiba pontos helyének megjelölésével reagálnak. A programozott alakzat, az esetleges hibás méretek megadása, a képernyőn grafikusan ellenőrizhető.

Grafikus képernyő

A grafikus képernyő alkalmazása nagymértékben megkönnyíti a program készítését, ellenőrzését, és biztonságossá teszi a gyártás előkészítését, az első munkadarab elkészítését. Lehetővé válik a szerszámok kirajzolása, a szerszám megjelölése annak eldöntése, hogy megfelelnek-e. Szimulációs üzemmó-

elvégezhető a gyártás ellenőrzése a képernyőn azt megelőzően, hogy a tényleges forgácsolásra sor kerülne. Ez minden esetben előnyös, de különösen hasznos új alkalmazásoknál és kezdő szakembereknél.

Geometriai, aritmetikai képességek

Hagyományos NC-programozáskor gyakorta előfordul, hogy az alkatrészt rajz geometriai elemeinek hiányzó adatait előzetesen meg kell határozni azért, hogy a kontúr leírható legyen.

Ha műhelyszintű programozást használunk, akkor a munkadarab összetett geometriai modelljét állítjuk elő. Számítási feladatoktól mentesülünk, ill. a hagyományos NC-nyelvet használva a műhelyszintű programozásra képes vezérlésen számtalan lehetőség adott arra, hogy magát a számítási algoritmust írjuk le az alkatrész programozásban. (Gyakorlatilag számítógépként használva a vezérlést.)

A forgácsolási paraméterek automatikus meghatározása

A legtöbb műhelyszintű programozást biztosító vezérlés a forgácsolási paramétereket automatikusan határozza meg. Ez azt jelenti, hogy a felhasználó különböző műveletelemekre és munkadarabanyagokra létrehozhat egy adatbázist. A vezérlés a konkrét esetben ezt használva ajánl adatokat, amelyeket a programozó felülírhat.

Például forgácsolási sebesség, fordulatszám, előtolás simítási ráhagyás, marási sebesség, fogások száma (menetesztergálás), fogásmélység, stb.

Szerszámozás, szerszámadatbázis

A műhelyszintű, párbeszédés programozást biztosító vezérlések a szerszámok adatait általában két fájlban tárolják. Ezekben a fájlokban a szerszám geometriai és technológiai modelljét kell leírni. A vezérlések bizonyos fokú szerszámválasztást is végeznek, azonkívül a paraméter-számításhoz, mozgáspályák meghatározásához szükséges adatokat kell megadni, a hagyományos korrekciós méreteken kívül. A vezérlés adatbázisként szolgál, lényegesen több szerszám adatait képes tárolni, mint amennyi szerszám a gép szerszám-tárában, ill. a revolverfejében elhelyezhető.

14.1. A párbeszédés, műhelyszintű programozás fő lépései

A műhelyszintű programozást biztosító vezérlések eltérő nyelvi és dialógus eszközeik mellett alapvetően hasonló módon igénylik az információk összeállítását.

Lényeges a különbség a programozás filozófiájában a hagyományos CNC-vezérlésekhez képest. A hagyományos programozáskor szerszám-pályákat, ciklusokat, üresjáratú mozgásokat írunk le a munkadarab koordináta-rendszerében.

Műhelyszintű, párbeszédés programozás esetén az előgyártmány és készalkatrészkontúr, műveletelemeket adunk meg, szerszámokat választunk. A szerszámmozgás megtervezése helyett, a munkadarab geometriai és technológiai jellemzői, és az előgyártmány leírása áll a tervezés középpontjában.

Általános lépések a következők:

1. Az alkatrészprogram összeállítása

- általános adatok:
 - a munkadarab anyaga;
 - az előgyártmány mérete, alakja;
 - egyéb adatok (pl: simítás, ráhagyások, stb.);
- a kész alkatrész geometriai leírása;
 - a megmunkálási leírások;
 - a műveletelemek megadása (nagyoló külső esztergálás, stb);
 - forgácsolási paraméterek (a vezérlés meghatározhatja);
- szerszám adatok.

2. Programellenőrzés

A programozott alkatrészkontúr folyamatosan ellenőrizhető. A program összeállítását követően a vezérlés által generált szerszám pályák és a szerszám mozgások megjelenítve a szerszámokat és a folytonosan változó előgyártmány- és munkadarabkontúrt – a képernyőn ellenőrizhetők. Gyakorlatilag virtuális gyártás történik.

3. Próbagyártás

A többszöri ellenőrzés ellenére az első munkadarab elkészítéskor – az „éles” forgácsoláskor – nagy gondossággal kell eljárni. Két terület miatt a hibátlannak tűnő programmal is lehet rossz eredményt elérni. Az egyik, hogy a szimuláció során a forgácsolási paraméterekről nem lehet eldönteni, hogy jók-e vagy sem. Ehhez a „valódi” gyártás szükséges. A másik problémát a szerszám adatok helyessége jelentheti. Ha hibás geometriai korrekciós adatokat tartalmaz az adatbázis – rossz volt a szerszámbeállítás vagy az adatfeltöltés –, akkor a jó program is hibásan fog működni. Ezért minden új NC-program első „éles” használatakor óvatossággal és figyelem szükséges.

14.2. Az alkatrészprogram felépítése

Az előző pontban bemutatottaknak megfelelően az alkatrészprogram szerkezetét eltér a hagyományos NC-programokétól. Külön tárgyaljuk az eszterga és esztergaközpontok valamint a megmunkálóközpontok programozását. Az általános elv alkalmazását néhány műveletelemben keresztül mutatjuk be.

14.2.1. Eszterga, esztergaközpontok programozása

A program felépítése a következő:

Általános adatok rekordja

1. Műveletelem általános adatai

1. Műveletelem részletes adatai

·
·
·
·
·

Kontúr lezárása

2. Műveletelem általános adatai

·
·

Speciális utasítások

·
·

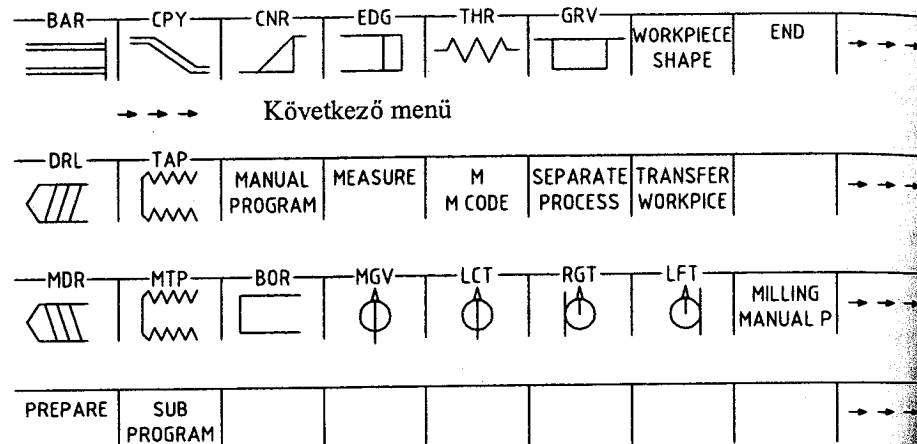
Program vége (END)

Egy esztergaközponton a következő rekordok, műveletelemek programozhatók (forrás: MAZATROL):

- ◆ Általános adatok
- ◆ Előgyártmány leírása
- ◆ Műveletelemek rekordjai
 - Esztergálási műveletelemek
 - Hossz- és keresztirányú esztergálás (BAR)
 - Kontúrkövető megmunkálás (CPY)
 - Visszafelé esztergálás (CNR)
 - Oldalazás (EDG)
 - Meneteszttergálás (THR)
 - Beszúrás (GRV)
 - Fúrás (a munkadarab tengelyében) (DRL)
 - Menetfúrás (a munkadarab tengelyében) (TAP)
 - Egyedi programutasítás (MANUAL PROGRAM)

- Marási, fúrási műveletelemek (a furat helyzete eltér a munkadarab tengelyvonalától)
 - Fúrás (MDR)
 - Menetfúrás (MTP)
 - Horonymarás (MGV)
 - Kontúrmarás (LCT, RGT, LFT)
 - Egyedi programutasítás (MILLING MANUAL P)
- Mérés-műveletelem (MEASURE)
- Robotmozgatás előkészítése (PREPARE)
- Munkadarab szállítása egyik orsóból a másikba (SEPARATE PROC., TRANSFER PROC.)
- Alprogramok hívása (SUB PROGRAM)

◆ Program vége (END)



14.1. ábra. A műveletelemek menüi

14.2.1.1 Általános adatok rekordja

MAT	OD-MAX	ID-MIN	LENGTH	RPM	FIN-X	FIN-Z	WORK-FACE	FIN-LENGTH
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(10)

Ebben a rekordban – a programfájl első rekordjában – az egész munkadarabra gyártásra vonatkozó általános adatokat kell megadni. Erre két mód van:

- vagy a megfelelő menüpontok kiválasztásával;
- vagy a számérték megadásával.

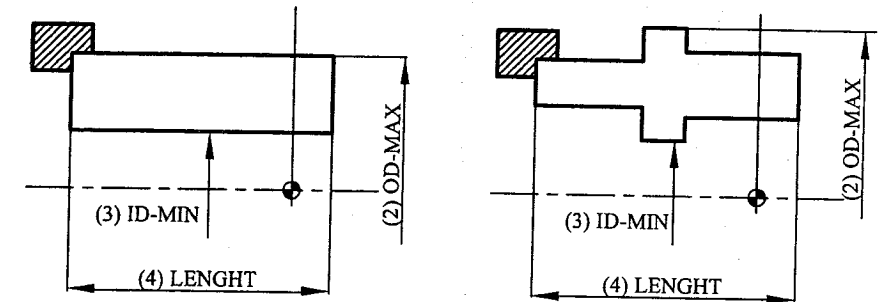
(1) MAT (anyagkód):

A munkadarabanyagot, amely vagy szerepel az adatbázisban, vagy előzőleg definiálni kell, menüből választ a programozó.

Az anyag ismerete a forgácsolási paraméterek meghatározásához szükséges. Például:

CBM STL ALY STL CST IRN ALUMINIUM STAINLS
 CBN STL: szerkezeti szénacél
 ALY STL: króm-molibdén ötvöztetett acél
 CST IRN: szürkeöntvény
 STAINLS: rozsdamentes acél
 stb.

- (2) OD-MAX, (3) ID-MIN, (4) LENGTH: az előgyártmány befoglaló mérete
 Ha az előgyártmány nem kontúrkövető, részletesebb leírás nem szükséges



14.2. ábra. Az előgyártmány befoglaló mérete

(5) RPM:

Mód van arra, hogy a gyártás során előforduló maximális fordulatszámot előzetesen korlátozzuk. A fordulatszám korlátozás az eszterga főorsójára vonatkozik, és pl. a kevésbé stabil munkadarab-befogás miatt szükséges

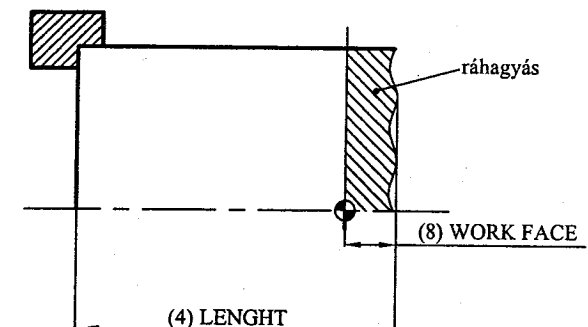
(6) FIN-X, (7) FIN-Z:

Simítási műveleteknél – amelyeknek alkalmazásáról az egyes felületekre előírt R_a adatokat felhasználva a vezérlés dönt – a ráhagyás értéke X és Z irányban. Az X érték általában átmérőben értendő, tehát a felületre vonatkoztatott simítási ráhagyás:

$$\frac{FIN - X}{2}$$

(8) WORK FACE:

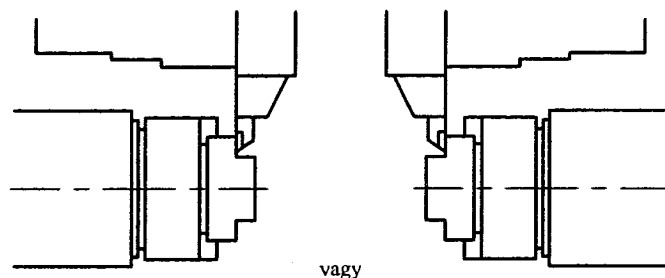
A szélső homlokfelületen a ráhagyás értéke, amelyhez oldalazási művelet elem tartozik. Értéke 0 vagy pozitív szám lehet.



14.3. ábra. Ráhagyás a szélső homlokfelületen

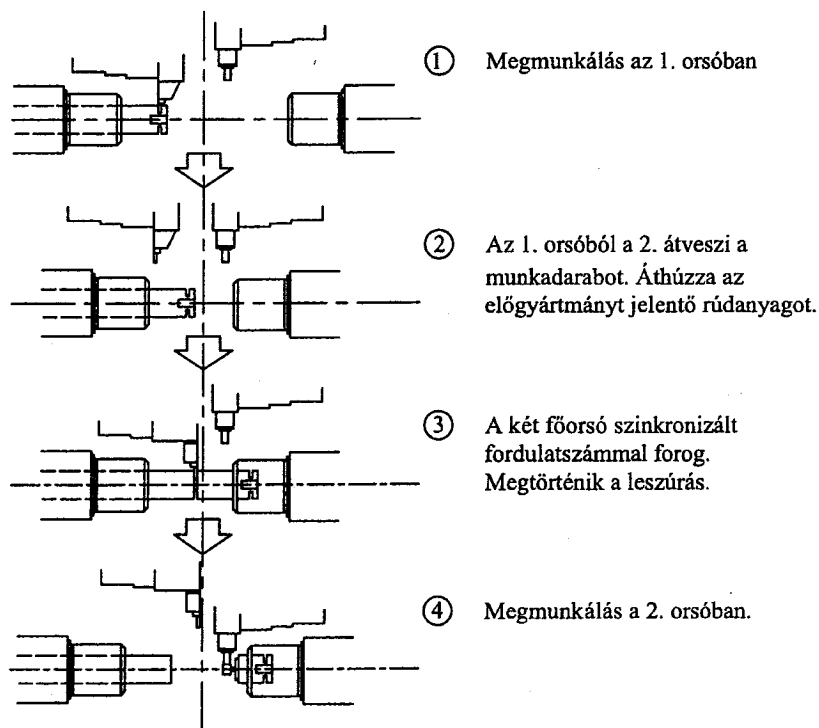
(9) MPX:

Kétorsós szerszám gép esetén a megmunkálás során vagy mind a két orsó dolgozik, vagy csak az egyik. Az *MPX (Multiplex mod)* ezt jelöli a következő értékekkel: $MPX = 0$ csak az 1. vagy 2. orsó dolgozik. $MPX = 1$ Mindkét orsó részt vesz a megmunkálásban.



14.4. ábra. Egyorsós megmunkálás

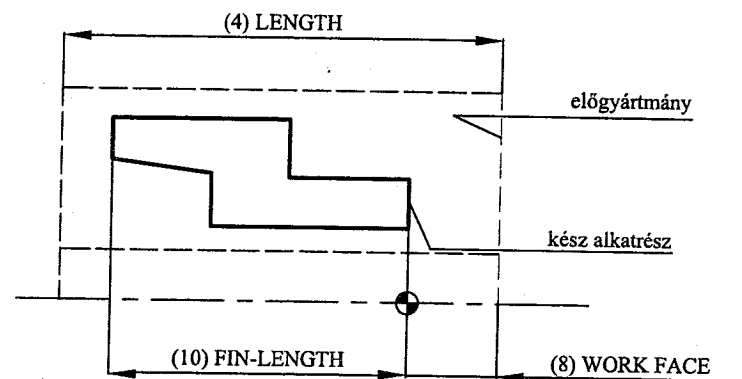
$MPX = 1$ Mindkét orsó részt vesz a megmunkálásban.
Erre látunk példát a 14.5. ábrán (rúdanyag-megmunkálás).



14.5. ábra. Összetett megmunkálás két orsóval

(10) FIN-LENGTH

A kész alkatrész maximális méretét jelöli. Csak kétorsós megmunkálásnál van jelentősége.



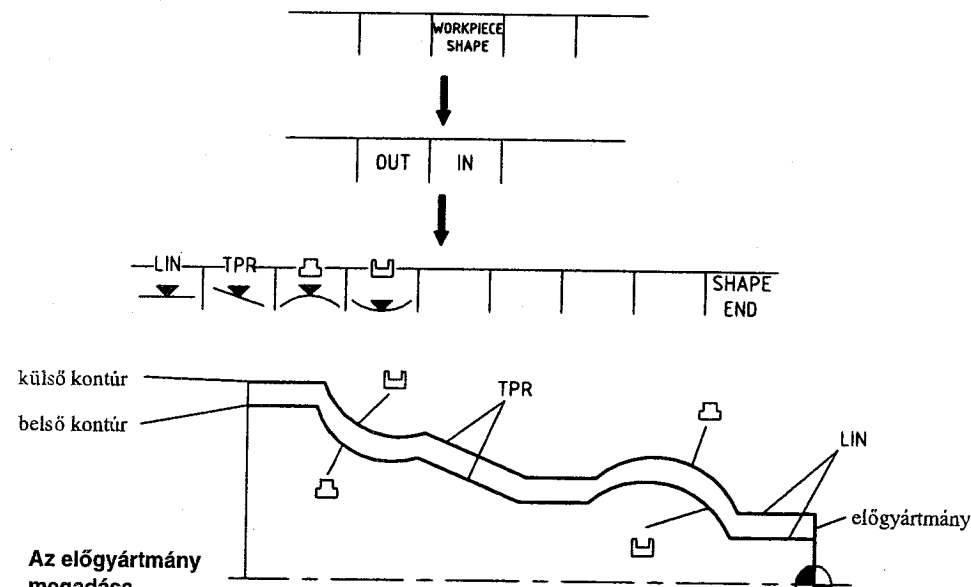
14.6 ábra. A kész alkatrész hosszmérete

14.2.1.2. Az előgyártmány leírása

Bonyolultabb előgyártmányok esetén – amikor a leírásra nem elegendő egy hossz és egy vagy két átmérő érték – a kontúrt külön meg kell adni.

Egyszerű előgyártmánynál az általános adatok között megadott méretek (előző pontban a (2), (3), (4) adatok) egyértelműen leírják a tömör vagy egy átmenő fúttal rendelkező előgyártmányt.

Egyébként pedig koordinátatengellyel párhuzamos egyenesből (**LIN**) kúpból (**TPR**) és konvex, ill. konkáv körből kell felépíteni az előgyártmánykontúrt.

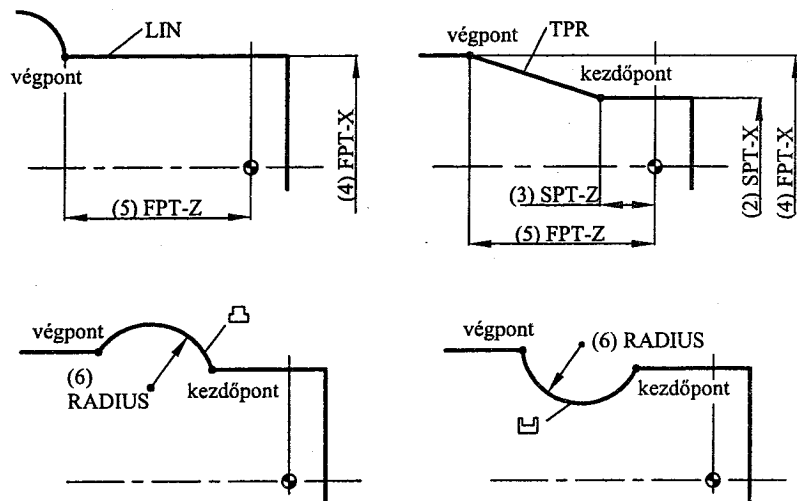


14.7. ábra. Az előgyártmány megadása

Kitöltendő a következő rekordformátum:

SHP	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	RADIUS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Az SHP a kiválasztott geometriai elemtől függ: pl.: LIN, TPR, stb.



14.8. ábra. Az előgyártmány leírása

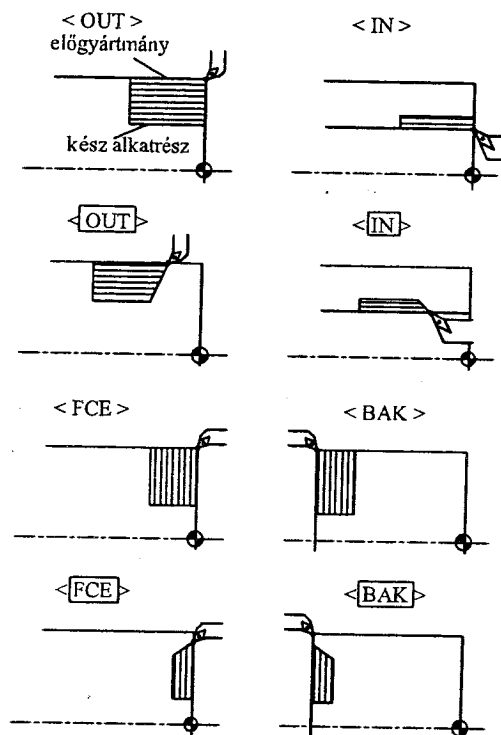
14.2.1.3. A műveletelemek leírása

A műveletelem általános adatai között meg kell adni az esztergálási műveletelem típusát, a forgácsolás kezdőpontját, a forgácsolási adatokat (nagyolási, simítási, forgácsolási sebesség, fogásmélység, nagyolási előtolás: ezeket a vezérlés számolja de felülírhatók) a nagyoláshoz ill. a simításhoz használt szerszámot.

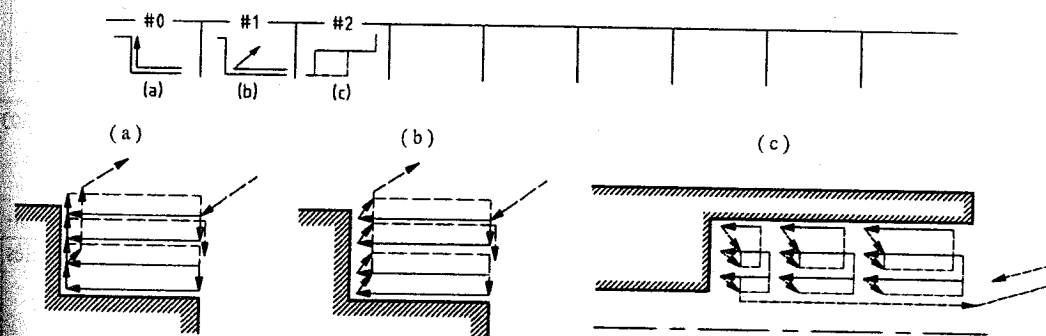
Külső-belső esztergálás (BAR)

BAR	#	CPT-X	CPT-Z	RV	FV	R-FEED	R-TOOL	F-TOOL
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

- (1): Külső vagy belső esztergálás megjelölése attól függően, hogy a szerszám forgácsolási iránya milyen (X , Z), és honnan nyitott a ráhagyási alakzat (14.9.ábra);
 - (2): Esztergálás során, egy elemi mozgásciklus végén a zárókontúrelemén átülően történhet a kiemelés. Különösen furatesztergálásnál, ha az előtűrlő átmérője sokkal kisebb mint a készfurat átmérője, célszerű megosztani az esztergálást (14.10.ábra);
- OUT: Külső hosszsztergálás, X és Z irányból nyitott;
 [OUT]: Külső hosszsztergálás, X irányból nyitott;



14.9. ábra. Esztergálási típusok, kezdőpontok



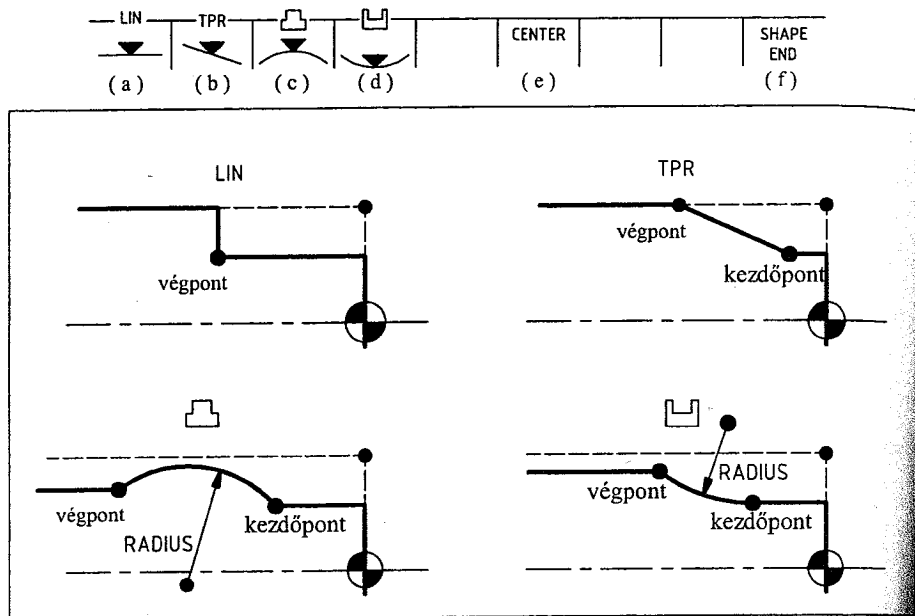
14.10. ábra. Kiemelések a fogás végén

- FCE: Keresztesztergálás, X és Z irányból nyitott;
 [FCE]: Keresztesztergálás, Z irányból nyitott;
 IN: Belső hosszsztergálás, X és Z irányból nyitott;
 [IN]: Belső hosszsztergálás X irányból nyitott;
 BAK: Váll mögötti esztergálás, X és Z irányból nyitott;
 [BAK]: Váll mögötti esztergálás, Z irányból nyitott.

A műveletelem részletes, geometriai adatai a következő rekordban adhatók meg:

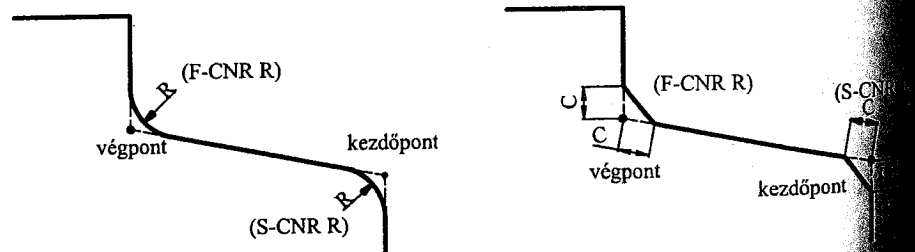
SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	RADIUS	ROUGH
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

(1): A következő menüpontok segítségével lehet a munkadarabkontúrt leírni. (Hasonlóan az előgyártmány leírásához)



14.11. ábra. Geometriai elemek, kezdő és végpontok megadása

A hiányzó adatokat a vezérlések képesek meghatározni, ha az elemről elegendő adat áll rendelkezésükre. Az egyes elemek kezdő és végpontjába lekerekítés (R) és letörés (C) is programozható (14.12. ábra).

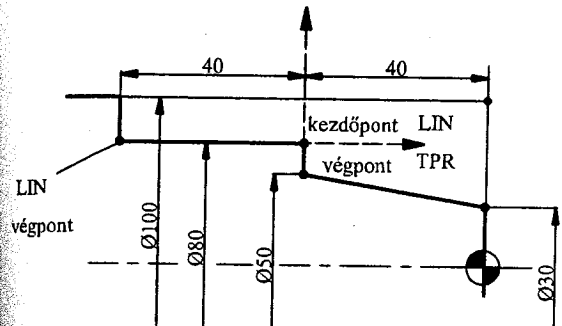


14.12. ábra. A letörés és a lekerekítés értelmezése

Egyenesek (LIN) esetén a kezdőpontokat nem kell megadni, a vezérlés automatikusan beállítja azokat (a kezdőpont helyén \blacklozenge jel látható). A Z tengellyel párhuzamos egyenesek programozása elegendő, mert a vég- és kezdőpontokat automatikusan összeköti X irányban a vezérlés. A vastagított műveletelemeket és adatokat a programot készítő a felkínált menüből választja, illetve beírja. A képernyőn kitöltendő adatsorként a normál vastagságú fejléc jelenik meg.

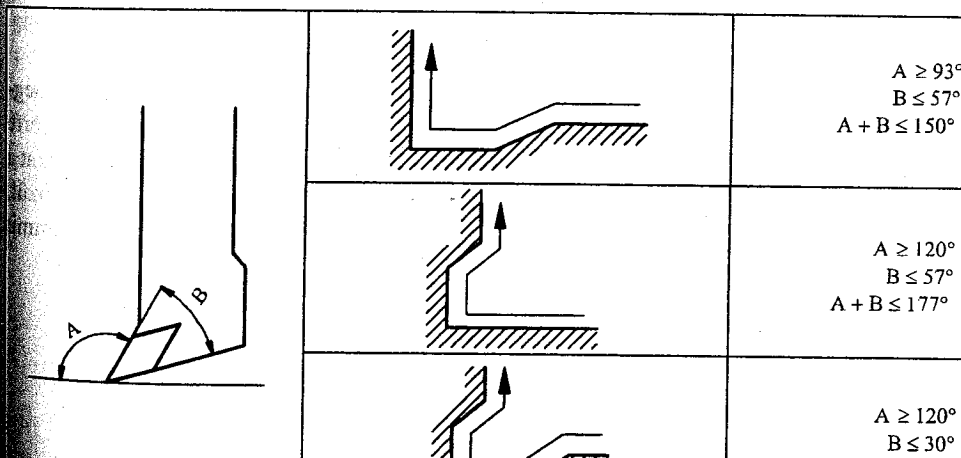
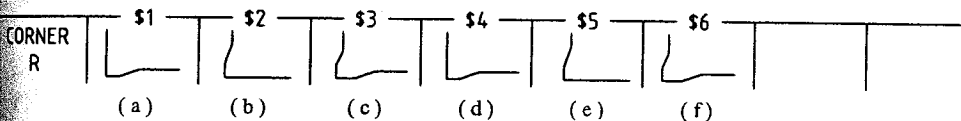
Például:

MODE	CPT-X	CPT-Z			
BAR	OUT	100.	0.	(külső esztergálás)	
SHP	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	(külső esztergálás fejléce)
TPR	30.	0.	50.	40.	(kúp-ferde egyenes - leírása)
LIN	\blacklozenge	\blacklozenge	80.	80.	(Z tengellyel párhuzamos egyenes leírása)



14.13. ábra. Példa hosszesztergálásra

(7): Homlok- és palástfelület találkozásánál különféle alakú és méretű alászúrárok készíthetők. Ilyen felületelemet igényel pl: a korongkifutás miatt a köszörülés, ill. a csapágszerelés. Az alászúrárok méreteit a paraméterlistában lehet beállítani. Csak simításkor készül el, a simítást végző szerszám munkálja meg az alakzatokat, de csak abban az esetben, ha a szerszámgeometria megengedi ezt (14.14. ábra).

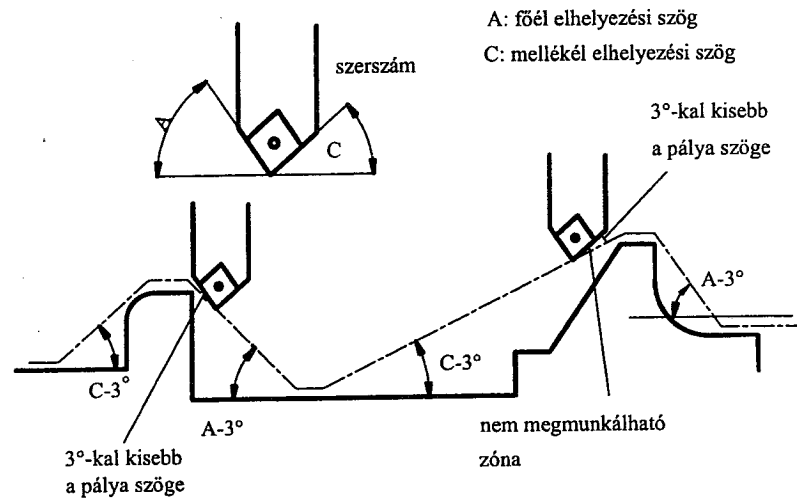


(8): A kör sugarát itt kell megadni ha szükséges. Ugyanitt adhatjuk meg egyenes programozásánál az egyenesnek a Z tengellyel bezárt hajlásszögét, ha nem két pontjával programoztuk .

(9): A simítási előtolás programozására kétféle megoldás van. Egyrészt megadható közvetlenül, másrészt a felületi érdességből, a szerszám geometriai adataiból a vezérlés meghatározhatja.

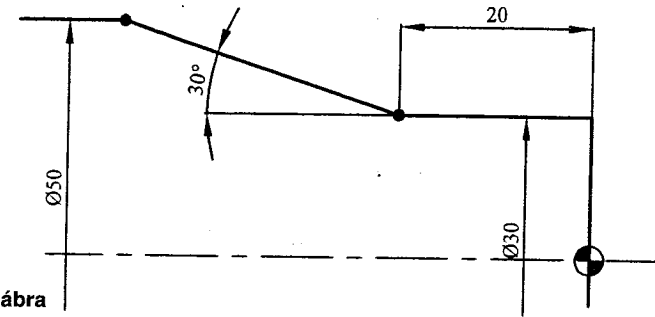
▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼
3	4	5	6	7	8	9
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4

A szerszám pályák meghatározásakor a vezérlés fölhasználja a szerszám fájladatait és a leírt kontúrt. Csak olyan mozgást hoz létre, amely a programozott szerszámmal megvalósítható (14.15. ábra)



14.15. ábra. A szerszám pályája meghatározása

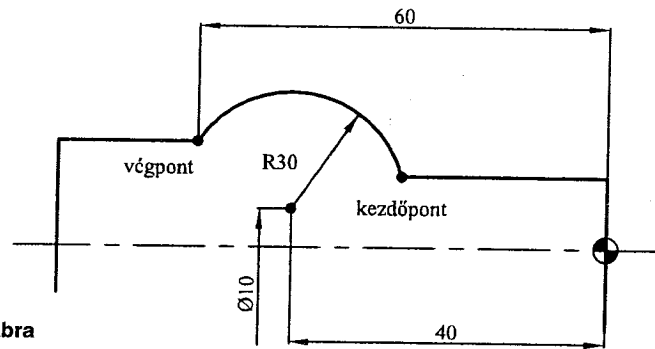
Számos esetben a kontúrelemek adatai hiányosak. Ilyenkor a vezérlés – a megadott adatok alapján – meghatározza a hiányzó adatokat. A következőkben bemutatunk néhány példát (14.16a) ábra). A vastagított karakterekből álló adatokat a programot készítő adja meg illetve választja ki a felkínált menüpontok közül. ♦ jel a képernyőn az adat helyén áll. (A felhasználó itt nem adhat meg semmit sem).



14.16a ábra

a) A kúp (TPR) kezdő vagy végpontjának nem minden koordinátája ismert

PNO	MODE	#	CPT-X	CPT-Z	RV	FV	R-REED	R-DEP
SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	RADIUS/0
1	LIN		♦	♦	30.	20.		♦
2	TPR		30.	20.	50.	?		30.



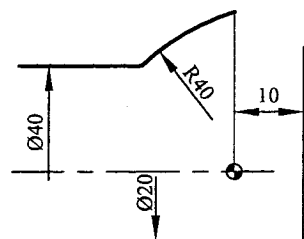
14.16b ábra

b) A kör kezdő vagy végpontjának nem minden koordinátája ismert

PNo.	MODE	#	CPT-X	CPT-Z	RV	FV	R-FEED	RDEP.
SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	RADIUS/0
1	○		30.	?	?	60.	30.	
2	CTR	♦	10.	40.	♦	♦	♦	♦

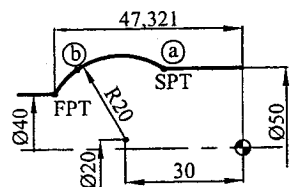
c) Csak a kör középpontja ismert

Az egyenes a kört két pontban metszi. Az egyenesen lévő jó metszéspontot ki kell választani az UP↑, DOWN↓, LEFT← vagy RIGHT→ menüpontokkal a kör középpont (CTR) megadásakor. Mégpedig külön kell kezelni a kezdőpontot (RADIUS/0 helyen) és külön a körön lévő végpontot (ROUGH helyen).



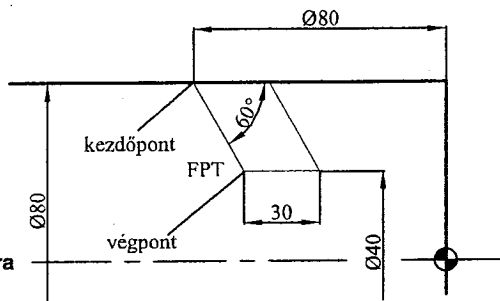
14.16c ábra

SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	RADIUS/0	ROUGH
1	∩	?	0.	40.	?			40.	
2	CTR	◆	-20.	-10.	◆	◆	◆	←	



SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	RADIUS/0	ROUGH
1	∩	50.	?	40.	47.321	20.			
2	CTR	◆	20.	30.	◆	◆	◆	→	

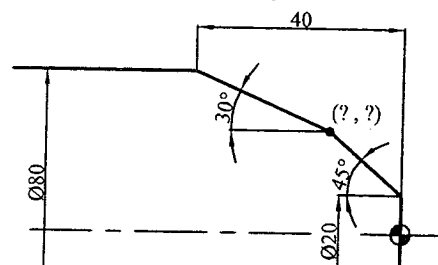
d) Hiányos beszúrási geometria



14.16d ábra

PNo.	MODE	#	No.	PITCH	WIDTH	FINISH	RV	FV
	GRV OUT	0	1	0.	30.	◆	◆	120
SEQ	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANGLE	
1	80.	50.	40.	?			60.	

e) Két kúp metszéspontja ismeretlen

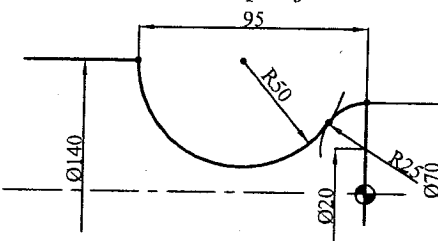


14.16e ábra

SPT: kezdőpont
FPT: végpont
RADIUS/QQ: kúpszög

SHP	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	RADIUS/0
TPR 20.	0.	?	?	?	45
TPR ?	?	80.	40.	30.	

f) Kúp és kör metszéspontja ismeretlen

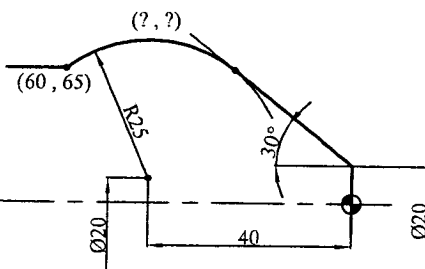


14.16e ábra

SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	RADIUS/0	ROUGH
TPR		20.	0.	?	?		30.	
∩		?	?	60.	55.		25.	
CTR	---	20.	40.	◆	◆	◆	←	

g) Kör és kúp közös érintője ismeretlen

A kúp végpontjának (FPP) és a kör kezdőpontjának (SPT) programozásakor jelezni kell, hogy érintési pontról van szó.

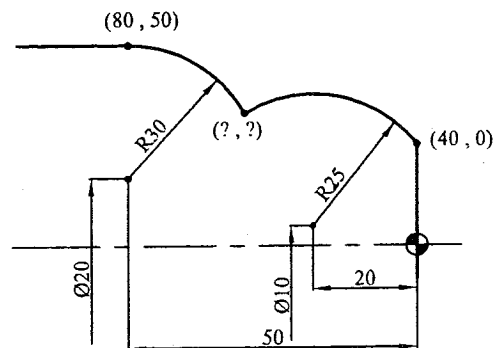


14.16f ábra

SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	RFPT-Z	F-CNR	RADIUS/0	ROUGH
TPR		20.	0.	?	?			
∩		?	?	60.	65.		25.	
CTR	◆	20.	50.	◆	◆	◆		

h) Két kör metszéspontja nem ismert

A két kör két pontban metszi egymást. Ez a metszéspont az első körnél végpontot jelent, és a nagyobb X koordinátájú pont lesz rajta a kontúron.

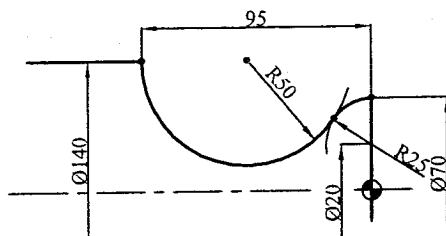


14.16h ábra

SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	SPT-Z	FPT-Z	F-CNR	RADIUS/0	ROUGH
∩		40.	0.	?	?		25.	
CTR	◆	10.	20.	◆	◆	◆		↑
		?	?	80.	50.		30.	
CTR	◆	20.	50.	◆	◆	◆		

i) Két kör közös érintési pontja nem ismert

Programozáskor jelölni kell, hogy érintési pontról van szó. Az első kör végpontja (FPT) és a 2. kör kezdőpontja (SPT) a közös érintési pont.

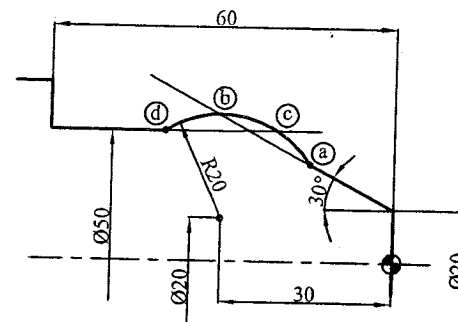


14.16i ábra

SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	RADIUS/0	ROUGH
∩		70.	0.	?	?		25	
CTR	◆	20.	0.	◆	◆	◆		
∪	?	?	140.	95.		50.		

j) Összetett kontúrmetszések (kúp-kör-egyenes)

A kört a kúp *a* és *b*, az egyenes *c* és *d* pontokban metszi. A kör kezdőpontja az *a* és *b* közül az *a* lesz (→), végpontja pedig a *d* és *c* közül *d* lesz (←).



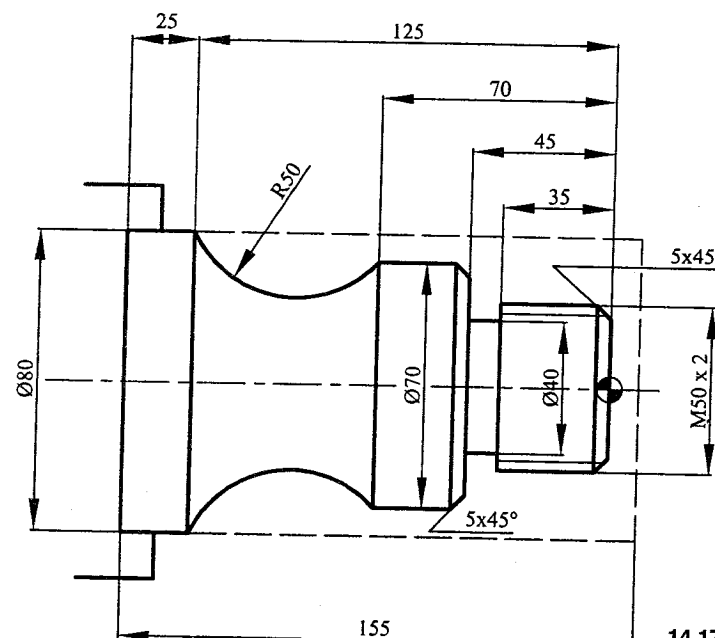
14.16j ábra

14.16. ábra. A hiányzó koordináták meghatározása hiányzó adatok esetén

SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	RADIUS/0	ROUGH
TPR		20.	0.	?	?		30.	
∩		?	?	50.	?		20.	
CTR	◆	20.	30.	◆	◆	◆	→	←
LIN		◆	◆	50.	60.			

Az eddigieket egy példán mutatjuk be. Feladat a 14.17. ábrán látható munkadarab programjának elkészítése. Az előgyártmány mérete: Ø 80×155, felületi érdesség: $R_a=6,3$

($R_z=25$). A munkadarab anyaga: C45.



14.17. ábra. Munkadarab

A program:

PNo.	MAT	OD-MAX	ID-MIN	LENGTH	RPM	FIN-X	FIN-Z	WORK FACE	MPX	FIN-LENGTH
0	CBN STL	80.	0.	155.	2000	0.2	0.1	5.	0	
PNo.	MODE				RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
1	EDG FCE				120	160	0.3	2.	1	2
SEQ				SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z		ROUGH	
1				80.	5.	0.	0.		▼▼3	
PNo.	MODE	#	CPT-X	CPT-Z	RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
2	BAR OUT	0	80.	0.	130	200	0.3	2.5	3	4
SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$		RADIUS/0	ROUGH
1	LIN	C5.	◆	◆	50.	45.			◆	▼▼3
					70.					
2	LIN	C5.	◆	◆					◆	▼▼3
3	MODE	# No.	PITCH	WIDTH	FINISH	RV	FV	FEED DEP.	R-TOOL	F-TOOL
3	GRV OUT	0 1	0	10.	◆	◆	120	0.08 2.	◆	5
SEQ		S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR	ANGLE		ROUGH
1		50.	45.		40.	45.				
PNo.	MODE	#	CHAMF	LEAD	ANG	MULTI	HGT	NUMBER	V	DEPTH
4	THR OUT	0	0	2.	60	1	1.299	10	120	0.3
SEQ			SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z				TOOL
1			50.	0.	50.	38.				6
PNo.	MODE	COUNT.	RETURN	WK. No.	CONT.	NUM.	SHIFT			
5	END	0	0	0	0	0	0.			

Röviden értelmezzük az utasításokat, a már előfordult adatok magyarázatát nem ismétljük meg.

PNo1

EDG FCE: oldalazás;
 RV: nagyolási forgácsolási sebesség;
 FV: simítási forgácsolási sebesség;
 R-DEP: nagyolási fogásvétel;
 R-TOOL: a nagyoló szerszám száma;
 F-TOOL: a simító szerszám száma;

SEQ1

SPT-X, SPT-Z: az oldalazás kezdőpontja;
 FPT-X, FPT-Z: az oldalazás végpontja;
 ROUGH: felületi érdesség;

PNo2

BAR OUT: külső hosszesztergálás;
 CPT-X, CPT-Z: az első forgácsolandó pont a ráhagyási alakzaton;

SEQ1

LIN: egyenes leírása (párhuzamos a Z tengellyel);
 S-CNR: az egyenes kezdőpontjában a letörés (C) vagy a lekerekítés mérete;
 FPT-X, FPT-Z: az egyenes végpontja;

RADIUS:

a kör programozása;
 a körsugár értéke;

PNo3

GRV OUT: külső beszúrák;
 #: a beszúrák fajtája: 0, ha mindkét oldala 90°-os;
 No: a beszúrák száma (több egymás melletti beszúrák esetén);

PITCH:

a beszúrák távolsága (ha No > 1);

PNo4

THR OUT: külső menetesztergálás;
 #: fogásvételi stratégia (0: standard);
 CHAMF: a szerszám kiemelése fogásból a menet végén (0: 90°-ban, 1: 45°-ban, 2: 60°-ban);

LEAD:

menetemelkedés;

ANG:

a menetprofil szöge;

MULTI:

a bekezdések száma;

HGT:

menetmagasság (számolja a vezérlés);

NUMBER:

a menetesztergálási ciklusok száma (számolja a vezérlés);

V:

forgácsolási sebesség (számolja a vezérlés);

DEPTH:

az induló forgásvétel (számolja a vezérlés);

PNo5

END: programot lezáró rekord;
 COUNTER: munkadarab-számláló (0: nem számolja a gyártott munkadarabokat, 1: számolja a gyártott munkadarabokat);
 RETURN: a szerszám visszatérésének helye a megmunkálást követően;
 WK No: a következő indítandó NC-program azonosítója;
 CONT : 0: a jelenlegi program folytatható (újra irányítással)
 1: a WKNo-ban megadott program indítható;
 NUM: az aktuális program végrehajtásának ismétlési száma;
 SHIFT : Z irányú nullponttolással a programozott alakzat ismételtető.

14.2.1.4. Szerszámadatbázis esztergagépek programozásakor

Az adatbázis a geometriai, a technológiai adatokon kívül diagnosztikai (éltartam, kopás, gyártható darabszám) paramétereket is tartalmaz. Összeállítása, feltöltése párbeszéd formában, képernyő menüpontokat felhasználva történik. A szerszám geometriai adatai közül a hossz, a szerszámátmérő, a kopásértékek a szerszámbe-mérést követően automatikusan íródhatnak be az adatbázisba.

Általános eszterga szerszám	Beszűrő szerszám	Menetesztergő szerszám	Fűrő	Menetfűrő

14.18. ábra: Szerszámtípusok

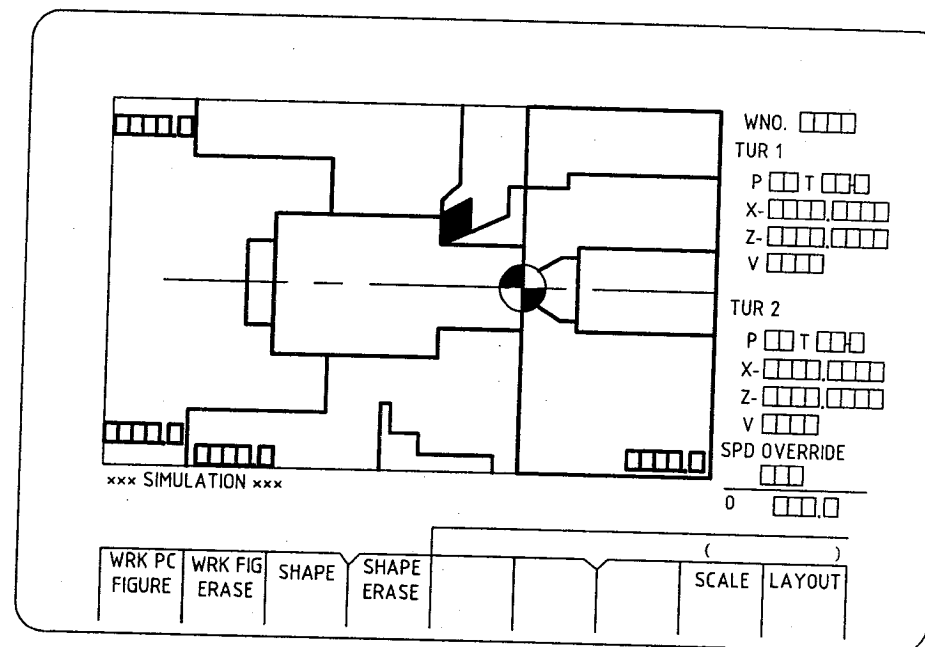
A fájl tartalmazza:

- a szerszám számát, típusát;
- a szerszám csúcspont (programozott pont) helyzetét;
- a szerszám hossz- és keresztirányú méretét (X,Z);
- a kopáskompenzációs értékeket X és Z irányban;
- a maximálisan megengedett kopásértékeket;
- a maximális szerszáméltartamot;
- a szerszámmal gyártható darabszámot;
- a szerszám forgácsolással eltöltött idejét (folyamatosan frissíti ezt az adatot a vezérlés);
- a szerszámmal készült munkadarabok számát;
- a szerszámbeállítás túrését (az automatikus szerszámmérés miatt);
- a tartalékszerszám számát. Ez a szerszám fog dolgozni, ha az eredetinek éltartamideje elfogyott vagy a kopás elérte a kritikus értéket;
- a lekerekítési sugarat (R) vagy az aktuális szerszámátmérőt (pl. fűrőnél, maróknál);
- a főorsó forgásirányát, a szerszámél irányát (jobb/balos);
- a maximális fogásmélységet;
- a szerszám tartó típusát, a szerszám méreteit.

14.2.1.5. Program ellenőrzés, szimuláció

A programkészítés során az ellenőrzés három fázisban valósul meg:

- a programozott kontúr folyamatosan vizuálisan ellenőrizhető a képernyőn. A nagyítás mértéke, a képközéppont változtatható;
- az alkatrészprogram összeállítását követően a szerszám programozott pontjának a pályáját kirajzolja a vezérlés. A programozó nem ezt a pályát írta le, hanem a műveletelemeket és az alkatrészkontúrt. A pályát a vezérlés határozza meg;
- a harmadik ellenőrzési mód a szimuláció, amely tulajdonképpen virtuális gyártást jelent. A képernyőn filmszerűen nyomon követhető az előgyártmányból a kész alkatrész létrejötte. Ellenőrizhető a befogás, megjelennek a szerszámok és a mozgások, az egész gyártási folyamat valószerű.

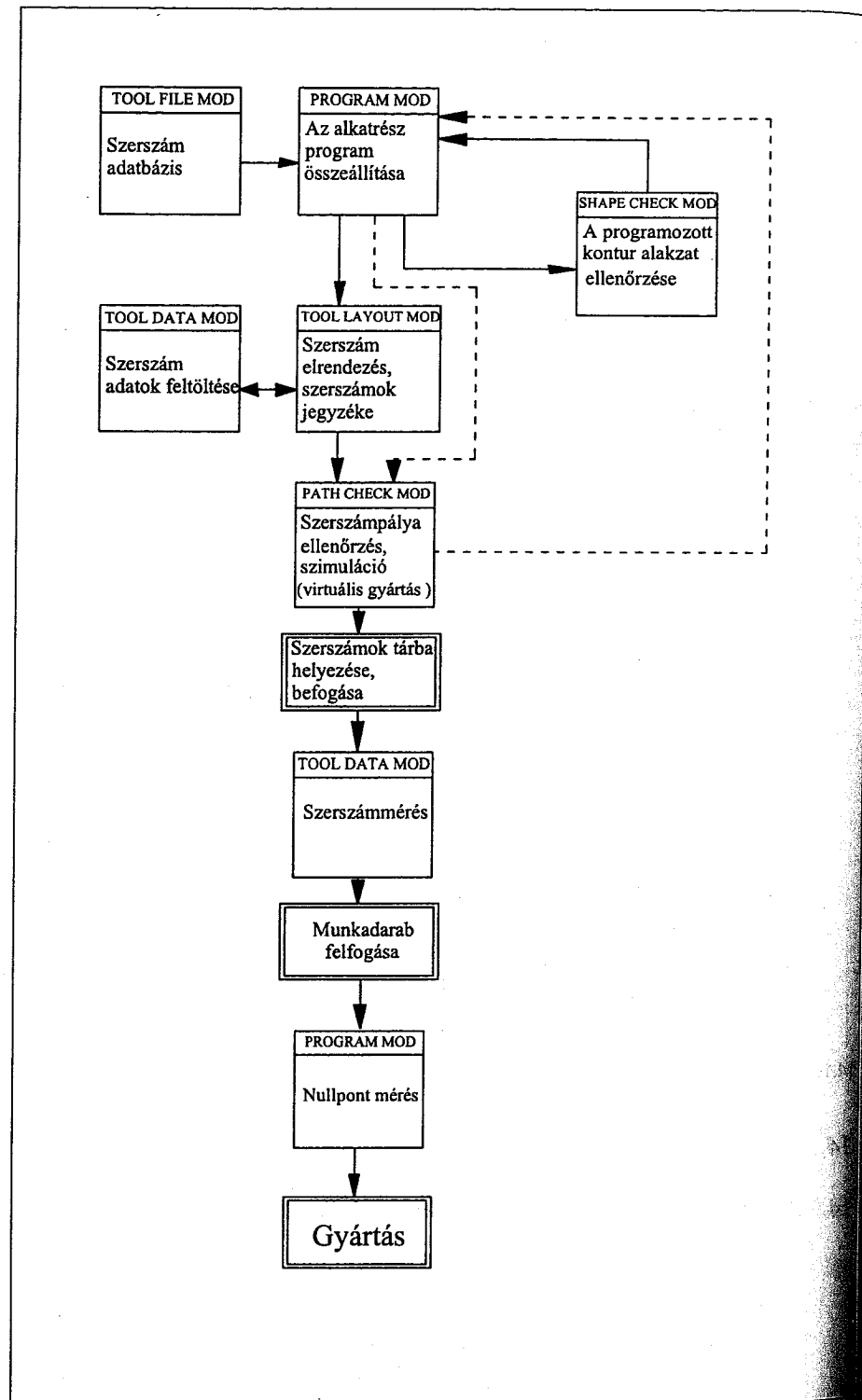


14.19. ábra. Programszimuláció

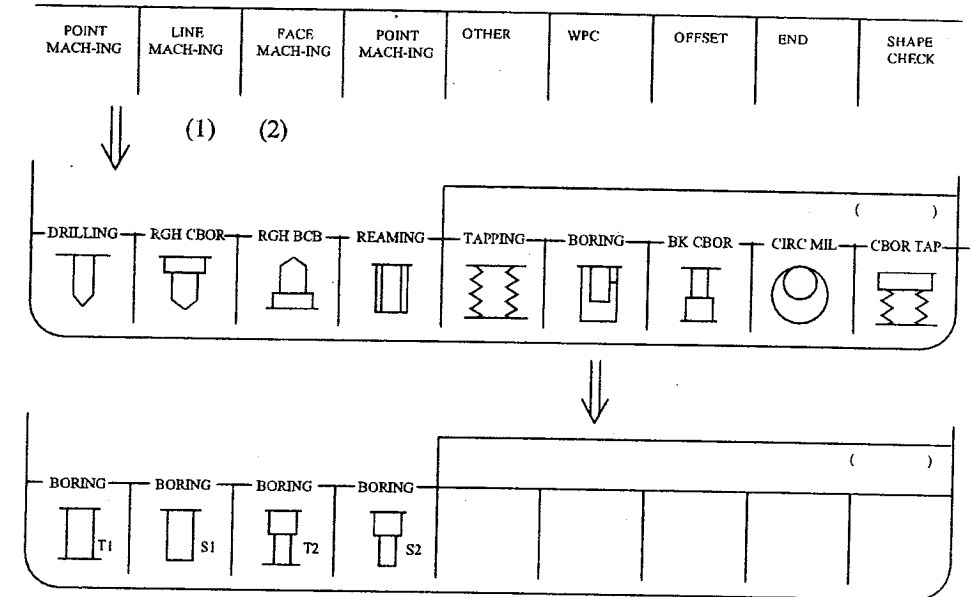
14.2.2. A megmunkálóközpont programozása

14.2.2.1. A program felépítése, a programozás lépései

Megmunkálóközponton az alkatrészprogram készítésének logikai menete megegyezik az esztergagépek és -központok programozásánál megismertekkel, tartalmilag azonban néhány eltérés van. Nem használjuk fel a munkadarab teljes geometriai modelljét, csak a megmunkalendő felületeket, az alkatrészrészeket írjuk le. Többféle műveletelem, mintázat közül választhatunk a programozás során.



asztalára több azonos munkadarab helyezhető föl, amelyeknek a megmunkálása technológiailag egységesen kezelendő. A műveletelemek sorrendjének több variációja létezik, a szerszámtár nem csak az adott munkadarab megmunkálásához szükséges szerszámokat tartalmazhatja (forrás: MAZATROL).



14.20. ábra. A programkészítés menete

Az előző vázlat a programkészítés menetét szemlélteti. Programozáskor különböző menüpontokat választva juthatunk el a megfelelő képernyőállapotig, ahol a szükséges tevékenység, adatmegadás végrehajtható.

A program felépítése a következő:

1. Általános adatok rekordja

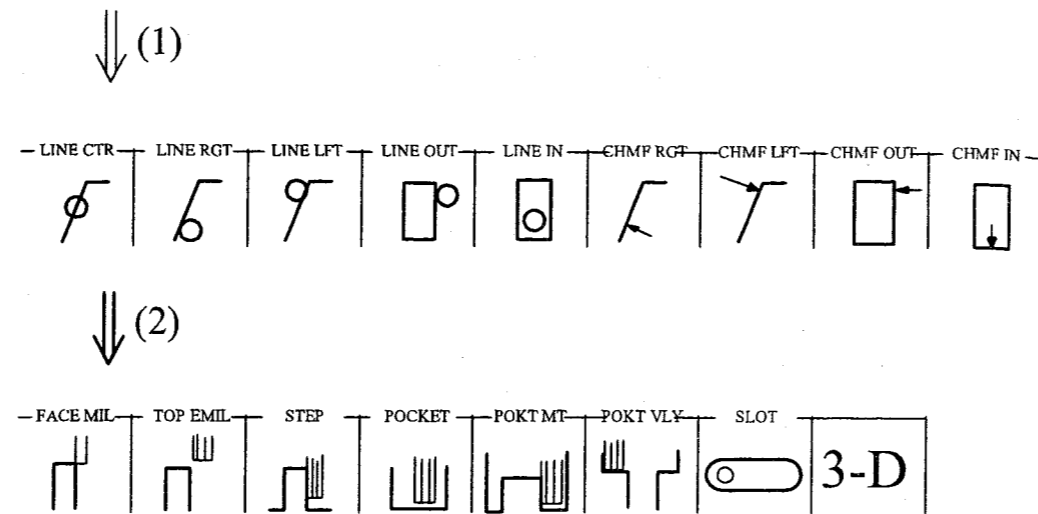
Tartalmazza:

- az anyagkódokat;
- az inicializálási méretet;
- a több munkadarab együttes megmunkálását;
- stb.

2. A munkadarab koordináta-rendszerének kijelölése, nullponteltolás

3. A műveletelemek megválasztása

Magának a programnak az összeállításakor a következő műveletelemeket, megmunkálásokat használhatjuk.



14.21. ábra. Műveletelemek

Furatmegmunkálás (pont megmunkálás):

- fúrás (**DRILLING**);
- süllyesztés (**RGH CBOR**);
- visszafelé süllyesztés (**RGH BCB**);
- dörzsölés (**REAMING**);
- menetfúrás (**TAPPING**);
- fúrórudas megmunkálás (**BORING**);
- átmenő furat megmunkálása;
- átmenő lépcsős furat megmunkálása;
- zsákfurat megmunkálása;
- lépcsős zsákfurat megmunkálása;
- Fúrórudas megmunkálás visszafelé (**BKCBOR**);
- Körmarás (**CIRC MIL**);
- Süllyesztett menetes furat (**CBOR TAP**);

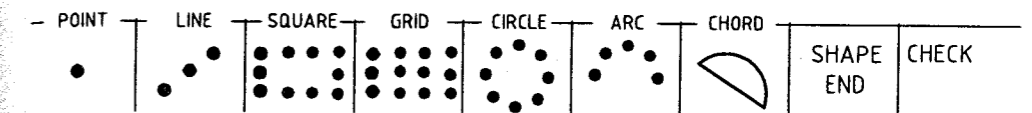
Kontúrmenti marás

- a szerszám programozott pontja a nyitott kontúron (**LINE CTR**);
- a szerszám programozott pontja a nyitott kontúrtól jobbra (**LINE RGT**);
- a szerszám programozott pontja a nyitott kontúrtól balra (**LINE LFT**);
- zárt kontúrmenti megmunkálás, a szerszámon kívül (**LINE OUT**);
- zárt kontúrmenti megmunkálás a szerszámon belül (**LINE IN**);
- jobb oldali letörés nyitott kontúron (**CHMF RGT**);
- bal oldali letörés nyitott kontúron (**LINE LFT**);
- zárt kontúron letörés kívül (**CHMF OUT**);
- zárt kontúron letörés belül (**CHMF IN**);

Marás

- homlokmarás marófejjel (**FACE MIL**);
- homlokmarás szármarással (**TOP EMIL**);
- lépcsős alakzatmarás (**STEP**);
- zsebmarás (**POCKET**);
- zsebmarás szigettel (**POKT MT**);
- zsebmarás üreggel (**POKT VLY**);
- horonymarással (**SLOT**);
- felületmarás 3D-ben (**3-D**).

A fúrási műveletelemeket különböző pontmintázatban lehet végrehajtani.



14.22. ábra. Pontmintázatok

POINT:	egyedi pont
LINE:	egyenes pontmintázat
SQUARE:	négyszög pontmintázat
GRID:	négyszög rácsmintázat
CIRCLE:	körön lévő pontmintázat
ARC:	köríven lévő pontmintázat
CHORD:	húron lévő pontmintázat

4. Program lezárás (**END**)

5. Speciális utasítások:

- M kódok;
- alprogramok;
- paletta cserélése;
- stb.

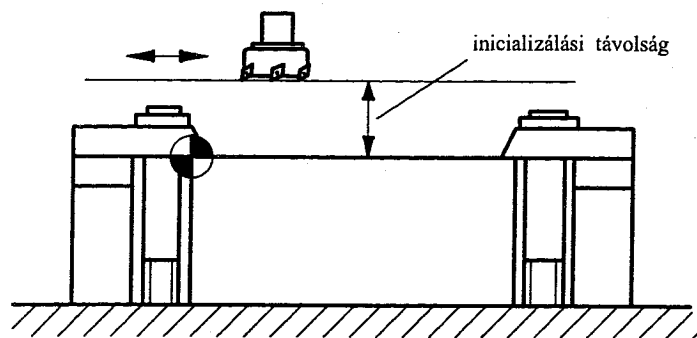
6. Kézi programrészlet (hagyományos ISO) összeállítása

7. Mérés programozása

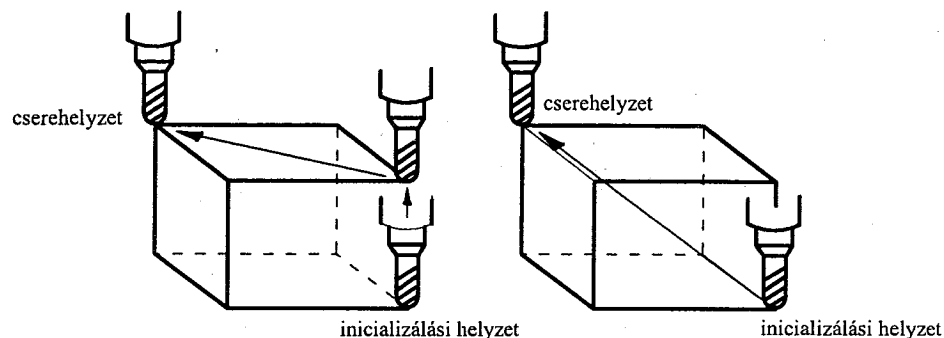
14.2.2.2. Általános adatok programozása

Programozandó:

- a munkadarab anyaga;
- a szerszámmozgás biztonságos síkja;
- a szerszámcsere előtti pozicionáló mozgás típusa.

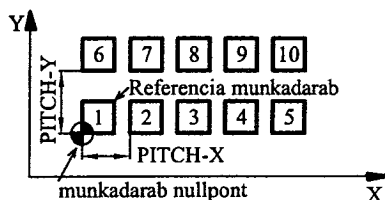


14.23. ábra.
Inicializálási távolság

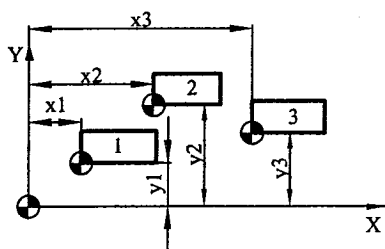


14.24. ábra. Szerszámcsere előtti mozgás

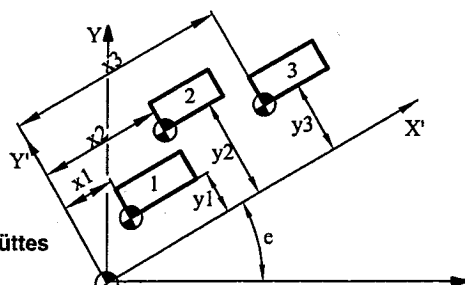
- több munkadarab együttes gyártása
Eltolás egyenletes távolsággal
Eltolás különböző távolságokkal



Eltolás egyenletes távolsággal



Eltolás különböző távolsággal



Eltolás különböző távolsággal és elfordítással

14.25. ábra. Több munkadarab együttes gyártása

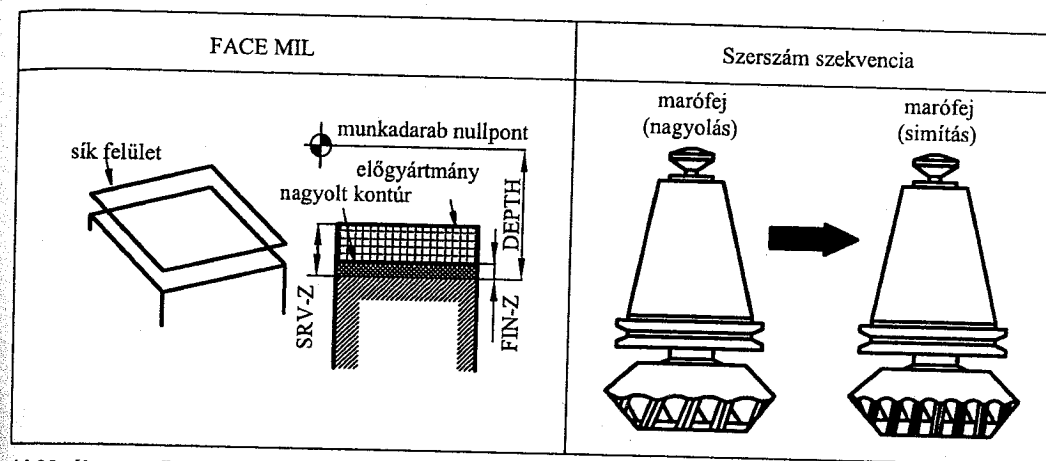
14.2.2.3. Műveletelemek

A műveletelemek programozásakor először a műveletelemekhez tartozó általános adatokat adjuk meg:

- ráhagyások;
- a felület távolsága a munkadarabnullponttól;
- felületi érdességek.

Ezen adatok alapján a vezérlés az egyes műveletelemekhez különböző típusú szerszámokat ajánl fel, amelyek módosíthatók (elhagyhatók, kiegészíthetők).

Nézzük például a homlokmarást (*FACE MIL*) és a süllyesztett menetes furat műveleteleit



14.26. ábra. Műveletelemek homlokmarásnál

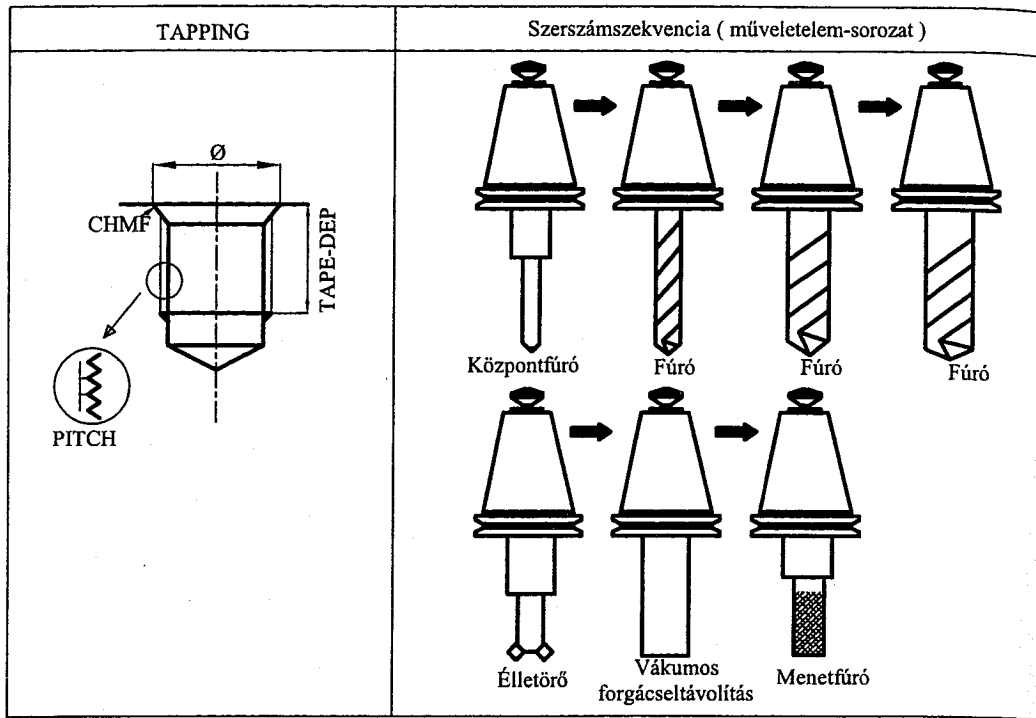
Látható, hogy valójában megmunkálandó felületet, felületelem-csoportot kell programozni, és vezérlés fogja a szükséges műveletelemeket a megmunkáláshoz rendelni.

Furatok készítésekor az alkalmazandó műveletelemek (szerszámok) száma a felületek minőségi paramétereitől és a geometriai méretektől függenek.

A vezérlés által felkínálta műveletelemek (14.27. ábra):

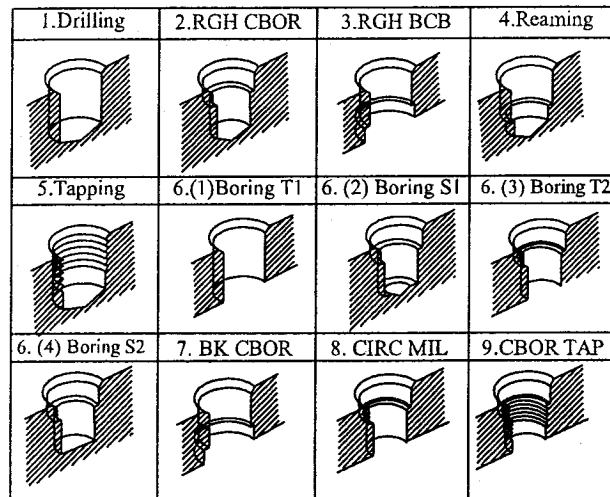
- központfúrás;
- fúrás;
- (felfúrás);
- (felfúrás);
- élettörés;
- vákuumos forgácseltávolítás;
- menetfúrás.

Végül is a programozó dönt a végleges műveletelemekről, szerszámokról.

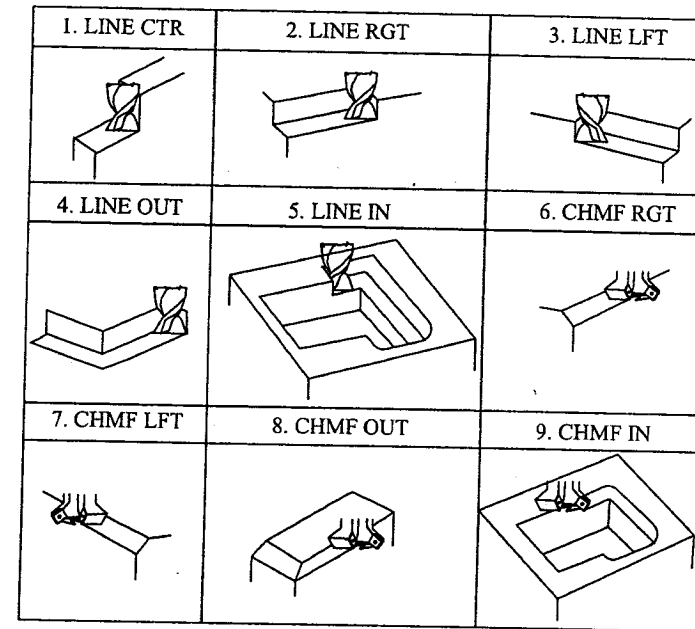


14.27. ábra. Műveletelemek menetes furatkészítésnél

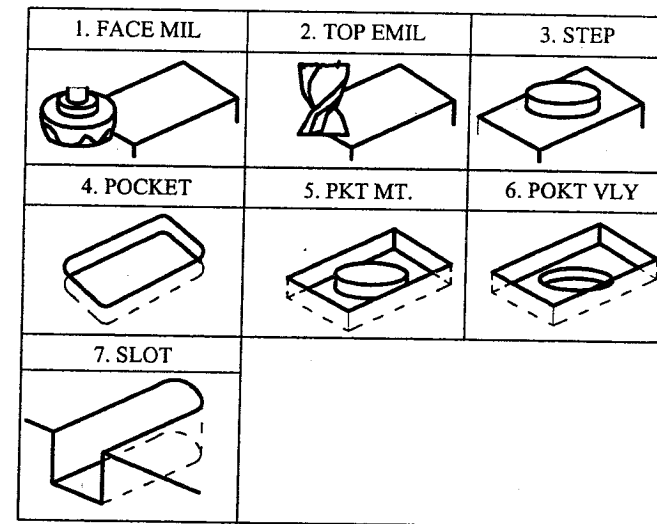
A következő fúrési, kontúrmarási és homlokmarási műveletelemek írhatók le (14. 28. ábra):



14.28. ábra. Fúrások



14.29. ábra. Kontúrmarások



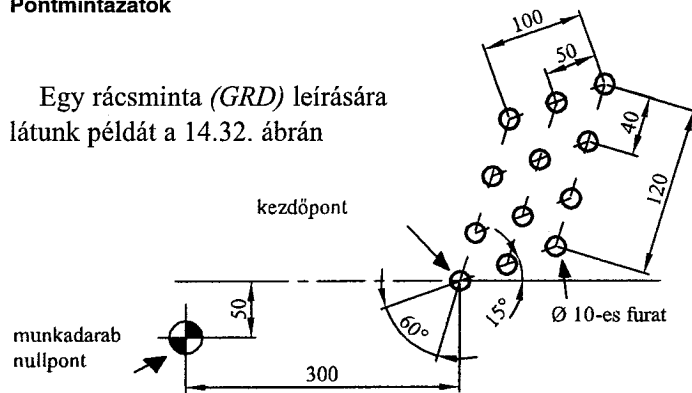
14.30. ábra. Homlokmarások

Fúrasi műveletelemeket különböző pontmintázatokon lehet végrehajtani, amelyek egyszerűen programozhatók (14.31. ábra):

POINT	LINE	SQUARE	GRID
CIRCLE	ARC	CHORD	

14.31. ábra. Pontmintázatok

Egy rácsminta (GRD) leírására látunk példát a 14.32. ábrán



14.32. ábra. A pontmintázat programozása

Leírás:

FIG	PTN	Z	X	Y	AN1	AN2	T1	T2	F	M	N	P	Q	R
4	GRD	0.	300.	50.	15.	60.	50.	40.	0	3	4	0	0	0

PTN: a rácsminta típusa ;

X,Y,Z: a kezdőpont koordinátái;

AN1: az X tengellyel bezárt szöge a minta azon egyenesének, amely irányba elkezdi szőr végezzük a megmunkálást;

AN2: a minta második irányba eső egyenese és az X tengely által bezárt szög;

T1: a furatok távolsága az első egyenesen;

T2: a furatok távolsága a második egyenesen;

F: 0, ha T1 és T2 két furat közötti távolságot jelenti;

1, ha T1 és T2 a két egyenes hosszát jelenti;

M: a furatok száma az első egyenesen;

N: a furatok száma a második egyenesen;

P: ha a minta sarokpontjaiban van megmunkálás, P=0, ha nincs megmunkálás: P=2;

Q: jelzi, hogy a mintázat kezdőpontjába van-e megmunkálás (0: igen, 2: csak pozicionálás, fúrás nélkül);

R: a megmunkálás utáni szerszámhelyzetet jelöli ki (0: inicializálási pont, 1: RETURN pozíció).

Homlokmaráshoz a kontúrok leírása egyszerű esetben derékszögű négyszöggel, ill. körrel (teljes kör) történik. Összetett kontúrokkal határolt síkok és kontúrmaráshoz körből és egyenesből kell összeállítani a leírást. Az esetlegesen hiányzó geometriai adatokat a vezérlés meghatározza.

Elemek	Kontúrkészlet	Program
Egyenes I Kör	LEFT or DOWN 	FIG PTN X Y R/Ø I J P CNR 1 LINE 50. 20. 2 LINE ? ? 30. L 3 CW 200. 0. 80. 200. 80.
Kör I Kör	Zárt 	FIG PTN X Y R/Ø I J P CNR 1 CW ? ? 10. 20. 5. U R4 2 CW ? ? 15. 40. 5. D R4
	Nyitott 	FIG PTN X Y R/Ø I J P CNR 1 LINE 10. 5. 2 CW ? ? 15. 25. 5. D 3 CCW 55. ? 10. 45. ?
Kör I Egyenes I Kör	Zárt 	FIG PTN X Y R/Ø I J P CNR 1 LINE ? ? 2 CW ? ? 10. 20. 5. D 3 LINE ? ? 4 CW ? ? 15. 55. 5.
Kör I Kör I Kör	Nyitott 	FIG PTN X Y R/Ø I J P CNR 1 LINE 10. 5. 2 CW ? ? 10. 20. 5. 3 CCW ? ? 45. 4 CCW 75. 5. 15. 60. 5.

L: bal oldali metszéspont (LEFT);

R: jobb oldali metszéspont (RIGHT);

U: felső metszéspont (UP);

D: alsó metszéspont (DOWN);

CNR: lekerekítés vagy letörés;

CW: az óra járásával megegyező irány;

CCW: az óra járásával ellentétes irány;

I,J: körközepont.

14.33. ábra. Kontúrprogramozás

14.2.2.4. A mérés programozása

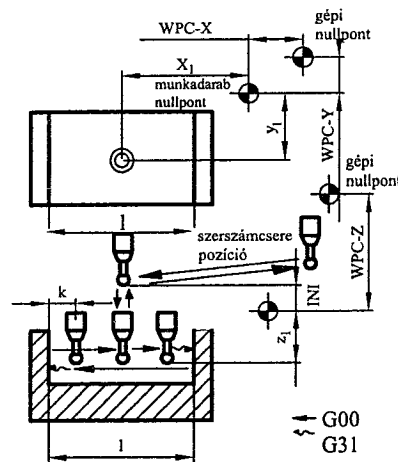
A munkadarab a gyártást megelőzően a főorsóba fogott mérőfejjel megmérhető és az így kapott értéket a programba írt nullponteltolás (WPC) paramétereirez rendelheti a vezérlés. Az elkészült felületek méret- és helyzetűrését is ellenőrizheti.

A menüpontok:

X FACE	Y FACE	Z FACE	X GRV	Y GRV	X	Y STP	PTN END	»
X-Y HOL	X-Y BOS	X-Y-Θ CNR				CALIBR.	PTN END	»

X-FACE: a síkfelület X irányú mérete;
 Y-FACE: a síkfelület Y irányú mérete;
 Z-FACE: a síkfelület Z irányú mérete;
 X-GRV: a beszúrási (horony) X irányú mérete;
 Y-GRV: a beszúrási (horony) Y irányú mérete;
 X-STP: a sziget X irányú mérete;
 Y-STP: a sziget Y irányú mérete;
 X-Y-HOL: a furatközéppont mérése;
 X-Y-BOS: a csapközéppont mérése;
 X-Y-Θ-CNR a munkadarab-nullpont mérése.

A mérési programok közül példaként a beszúrási (horony) X irányú méretének megállapítására szolgáló programot nézzük meg.



WPC-X, Y, Z: nullponteltolás;
 x_1 : a horony középpontjának X koordinátája;
 y_1, z_1 : a mérés kezdőpontjának Y, Z koordinátája;
 l : a beszúrási (horony) szélessége;
 k : az előtolással megteendő távolság a felületig;
 INI-Z: inicializálási (biztonsági) sziget

14.34. ábra. A mérés programozása

A programsor:

```

SNo.  PTN   X    Y    Z    4    R    D/L  K
1-    X-GRV x1  y1  z1  0    ♦    I    k
    
```

(♦ az adatot nem kell megadni)

14.2.2.5. Szerszámadatbázis megmunkálóközpontok programozásához

A szerszámok definiálása párbeszéd formában történik és két fő területre terjed ki:

- geometriai, technológiai szerszám modell;
- szerszámelrendezés, a szerszámtár feltöltése.

Az adatbázisban lényegesen több szerszám adatai tárolhatók, mint amennyi szerszám a tárban elhelyezhető. (Például szerszámtípusonként 64 a MAZATROL vezérlésben.)

Az első adatsorokba tartozik:

- a szerszám típusra pl. fúró (DRILL);
menetfúró (TAP);
homlokmaró (F-MILL);
stb.;
- szerszámtérő (névleges és aktuális egyaránt);
- szerszámhossz;
- a szerszám forgácsoló élének anyaga;
- maximális fogásmélység;
- fogszám;
- a forgácsolóél kompenzációja pl: a fúrónál a kúp hossza;
- lekerekítés (R) menetemelkedés (3D-s megmunkálásnál);
- a szerszám élettartama;
- értéktartó adaptív szabályozás paramétere;
- szerszámmra megengedett max. előtolóerő;
- szerszámmra megengedett max. fogásvételi teljesítmény;
- (mindkét adat a gépi maximum %-a).

A második adatpontban kell megadni:

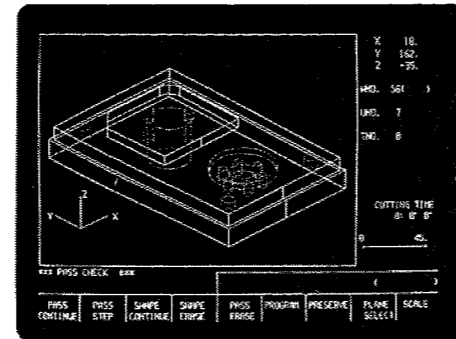
- a tárhelyszámot, ahova a konkrét szerszámot be kell helyezni;
- a szerszám típusát;
- a névleges átmérőt.

A szerszámelrendezés fájlt a szerszám adatbázisból kell alkatrészprogramként leképezni.

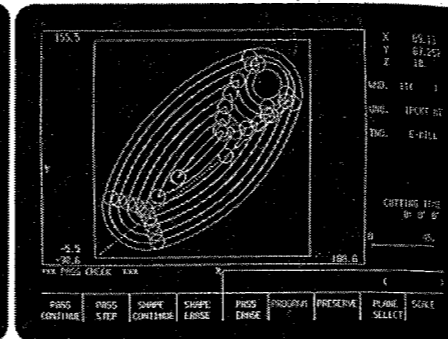
14.2.2.6. Program-ellenőrzés, szimuláció

Az alkatrészprogram (felületek kontúrok leírása) a program összeállítása során folyamatosan grafikus ellenőrizhető.

A kész programnál a szerszámpályák jeleníthetők meg. Különböző nézetben és metszetben követhetők nyomon a munkadarab felületeinek valós idejű kialakulása.



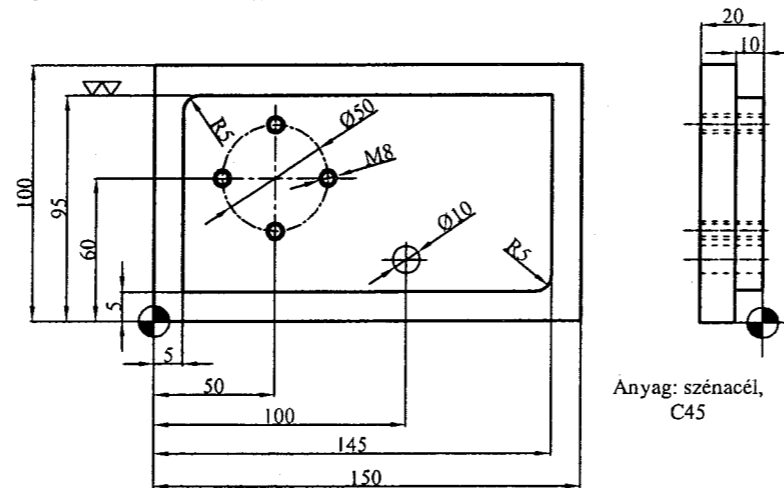
14.35. ábra. A program ellenőrzése



14.36. ábra. A szerszámpályák ellenőrzése, szimuláció

14.2.2.7. Példa

A 14.37. ábrán látható munkadarabot függőleges tengelyű szerszámgépen készítjük el, és satuba fogjuk meg.



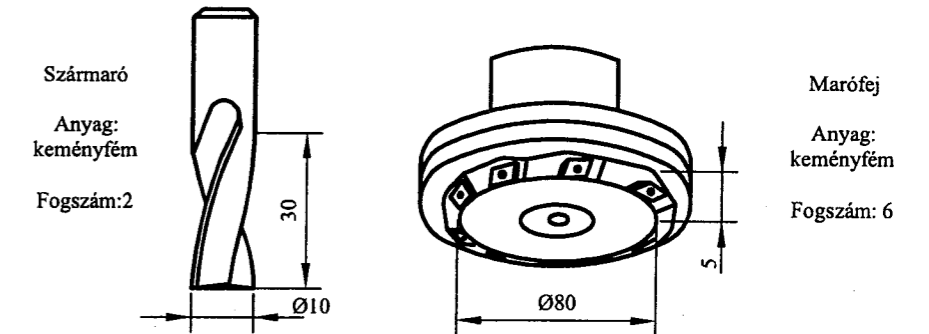
14.37. ábra. A munkadarab

A művelet sorrend legyen a következő:

- a sík felület homlokmarása (150×100), szerszám: Ø80;
- lépcsőmarás (140×90), szerszám: Ø10 szármáró;

- Ø10 furat fúrása, szerszám: Ø10 csigafűrő;
- pontmintázaton menet előfúrás, szerszám: Ø6,5 csigafűrő;
- pontmintázaton menetfúrás, szerszám: M8 menetfűrő.

Első lépésként a szerszám adatbázisba (TOOLFILE) a marófej és a szármáró adatait vigyük be. Feltesszük, hogy a többi szerszám rendben van, már előzetesen szerepelnek az adatbázisban. A műveletelemek programozásakor szükség lesz a szerszámokra, ezért a program összeállítását megelőzően célszerű az esetleg hiányzó adatokat pótolni. A két szerszám a 14.38. ábrán látható:



14.38. ábra. Marófej és szármáró

A szerszám adatok (TOOL FILE) képernyőn, az egyes szerszámokhoz (END MILL, FACE MILL, stb) tartozóan meg kell adni

- a szerszámtérmet;
- a szerszám anyagát;
- a megengedett maximális fogásvételt;
- a fogak számát.

A szerszám egyéb adatait a TOOL DATA menüpontban lehet majd a későbbiekben leírni.

No.	TOOL	NOM ϕ	MAT.	DEPTH	No.	No.	TOOL	NOM. ϕ	MAT.	DEPTH	No.
1	F-MILL	80.A	CBD	5.	6	17					
2#						18					
3						19					
4						20					
5						21					
6						22					
7						23					
8						24					
9						25					
10						26					
11						27					
12						28					
13						29					
14						30					
15						31					
16						32					

PAGE 1/2

USE TOOL /
(TOOL FILE (ENDMILL))

REGISTER TOOL < INPUT > ? ()

ENDMILL	FACEMILL	CHAMFER CUTTER	BALL ENDMILL	ERASE	PROGRAM	TOOL DATA

No.	TOOL	NOM ϕ	MAT.	DEPTH	No.	No.	TOOL	NOM. ϕ	MAT.	DEPTH	No.
1	F-MILL	10.A	CBD	30.	2	17					
2#						18					
3						19					
4						20					
5						21					
6						22					
7						23					
8						24					
9						25					
10						26					
11						27					
12						28					
13						29					
14						30					
15						31					
16						32					

PAGE 1/2

USE TOOL /
(TOOL FILE (ENDMILL))

REGISTER TOOL < INPUT > ? ()

ENDMILL	FACEMILL	CHAMFER CUTTER	BALL ENDMILL	ERASE	PROGRAM	TOOL DATA

14.39. ábra. Marószerszámok definiálása

Általános adatrekord

UNo.	MAT	INITIAL-Z	ATC MODE	MULTI MODE	MULTI FLAG	PITCH-X	PITCH-Y
0	☒						

PAGE 1/2

(PROGRAM)
1234 M ()

MATERIAL < MENU > ()

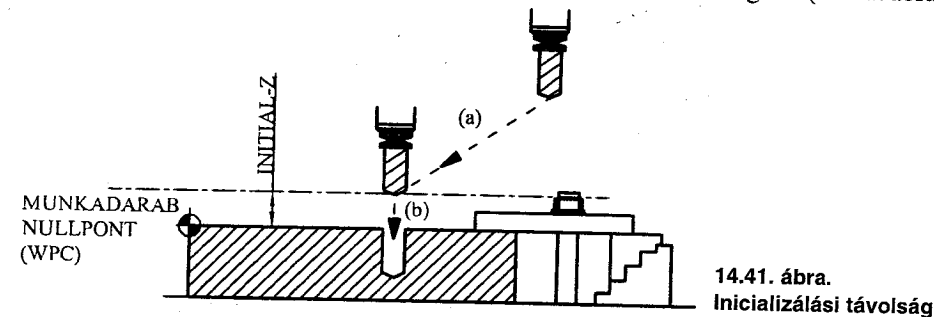
CAST IRN	DUCTILE CAST IRN	CARBON STEEL	ALLOY STEEL	STAINLES STEEL	ALUMINIUM	COOPER ALLOY	
							↔

14.40. ábra. Általános adatok

A programkészítés során – hasonlóan az esztergaprogramozáshoz – először a munkadarabról, a gyártásról információkat adó általános adatrekordot kell feltölteni.

MAT: A munkadarab anyagát a megfelelő menüpont kiválasztásával adjuk meg;

INITIAL-Z: A munkadarab és a készülék fölötti biztonságos Z irányú távolság. Ebben a síkban a szerszám ütközésmentesen mozoghat. (14.41. ábra)

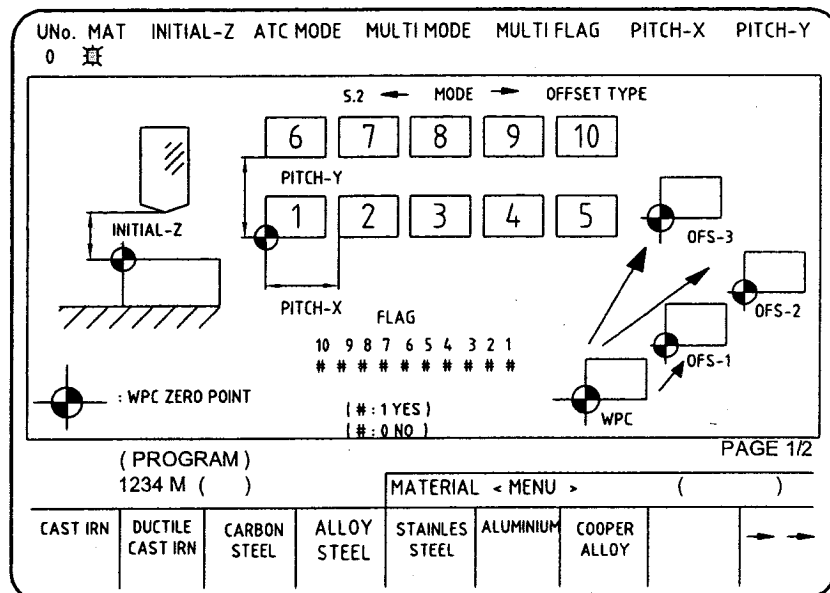


A szerszám a munkadarabot a jelölt módon közelíti meg. Először *a*, majd *b* – csak *z* irányú – mozgással.

ATC MODE: *1*, ha az inicializálási síktól *X, Y, Z* irányban együttesen mozog a szerszám a cserehelyzetbe;

0, ha az inicializálási síktól először *Z*, majd *X, Y* irányú az elmozdulás

MULTI MODE: A szerszám gép asztalára egy időben több (Pl.: max. 10) munkadarab fogható fel. A vezérlés több munkadarabot is egy technológiai egységnek tekint, tehát az egyes műveletelemeket valamennyi egyedi munkadarabra végrehajtja, és csak ezt követően alkalmazza az újat. A konkrét vezérlésnél (*MAZATROL M PLUS*) a *FLAG* értékei: 0 – nincs az adott helyen munkadarab, 1 – van az adott helyen munkadarab



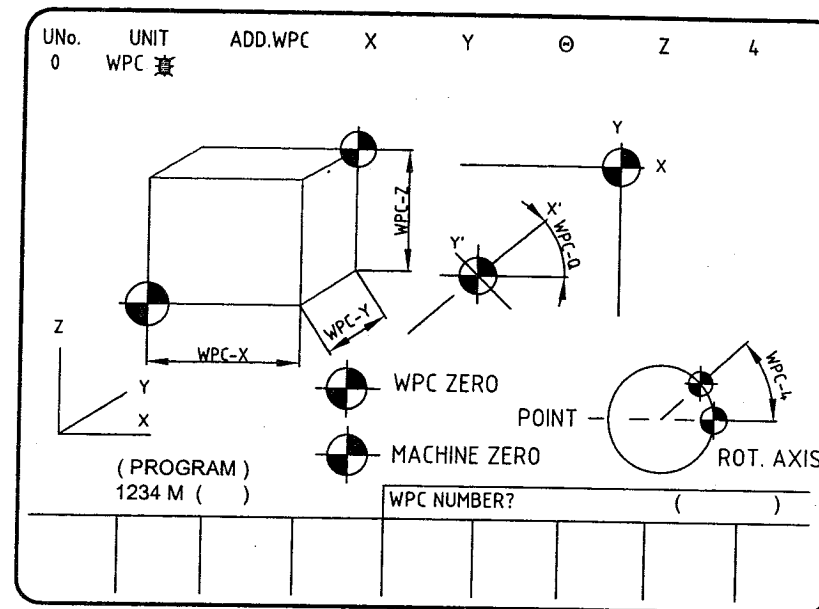
14.42. ábra. Több munkadarab felfogása

Munkadarab koordináta-rendszer

A szerszám gép asztalára felszerelt munkadarabhoz tartozó nullponttolást a gyártást megelőzően ki kell mérni. A programban a nullponttolást leíró rekordot (*WPC*) meg kell adni. Az *X, Y, Z, Θ* a definiáláskor bármely értéket kaphat, valódi értékek majd a nullpontmérés üzemmódban veszi fel.

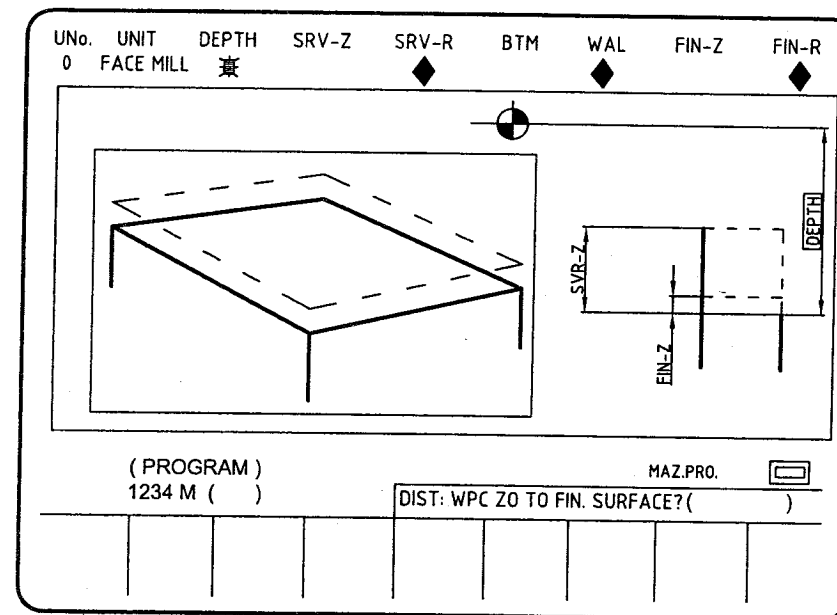
A megmunkálások leírása

LINE	FACE	MANUAL	OTHER	WPC	OFFSET	END	SHAPE
MACH-ING	MACH-ING	PROGRAM					CHECK
		↓					
		FACE MIL					



14.43. ábra. Nullpontrekord

A műveletelemek közül először a *FACE MACHINING*, majd a homlokmarás (*FACE MIL*) választása következik. A rekord általános adatai a következők:



14.44. ábra. A homlokmarás általános rekordja

- DEPTH: A megmunkálandó sík és a munkadarab nullpont távolsága (esetünkben 0, mert a nullpont a munkadarab felső sík felületén van);
- SRV-Z: A felületen lévő teljes ráhagyás Z irányban;
- SRV-R: A felületen lévő teljes ráhagyás sugár irányban (lépcsős felületnél);
- BTM: Felületi érdesség a síkon;
- WAL: Felületi érdesség az oldalfalon (lépcsős felület, zseb);
- FIN-Z: Simítási ráhagyás Z irányban (a vezérlés számolja);
- FIN-R: Simítási ráhagyás sugár- (R) irányban (a vezérlés számolja).

A műveletelem általános rekordjának (FACE MILL) adatai alapján szerszámszekvenciát ajánl föl a vezérlés. Jelen esetben a felület nagyolással elkészíthető ($R_a=6,3$), így csak nagyoló homlokmaró az ajánlat.

A műveletelemhez tartozó szerszámrekordban kell megadni a forgácsolási adatokat, a névleges szerszámátmérőt, a műveletelem mozgásciklus-jellemzőit.

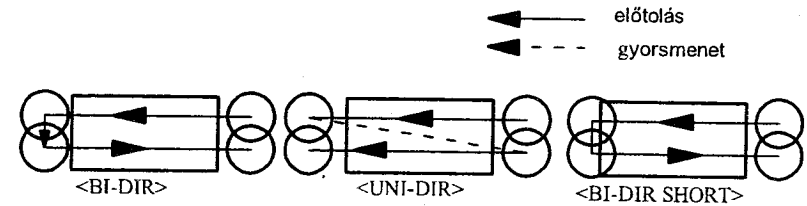
UNo.	MAT	INITIAL-Z	ATC MODE	MULTI MODE	MULTI FLAG	PTCH-X	PITCH-Y			
0	CBN STL	20.	1	OFF	◆	◆	◆			
UNo.	UNIT	ADD.WPC	X	Y	⊙	Z	4			
1	WPC/1			-200.	0.	-100.	0.			
UNo.	UNIT	DEPTH	SRV-Z	SRV-R	BTM	WAL	FIN-Z	FIN-R		
2	FACE MILL	0.	3.	◆	2	◆	0	◆		
SNo.	TOOL NOM-ØNo	APRCH-X	APRCH-Y	TYPE	ZFD	DEP-Z	WID-R	C-SP	FR	M M
R1	F-MILL	80.A	?	?	XBI	◆	3.	56.	121.	1.079
FIG	PTN	P1X/CX	P1Y/Y	P3X/R	P3Y	CN1	CN2	CN3	CN4	
1	✚									

(PROGRAM)		MAZ.PRO.	<input type="checkbox"/>
1234 M ()		PATTERN OF FIGURE < MENU > ()	
-SQUARE	CIRCLE	ARBITRY	SHAPE, END
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		CHECK	
		<input type="checkbox"/>	

14.45. ábra. A műveletelem szerszámrekordja

- R1: nagyoló szerszám (a vezérlés ajánlotta föl);
- F-MILL: homlokmaró;
- NOM-Ø: szerszámátmérő;
- APRCH-X, APRCH-Y: a mozgásciklus kezdőpontja (a vezérlés kiszámolhatja);
- TYPE: a mozgásciklus típusa.
- DEP-Z: Z irányú fogásvétel;
- WID-R: marási szélesség;
- C-SP: forgácsolási sebesség;
- FR: fordulatonkénti előtolás (fogszám×fogankénti előtolás)

Az utóbbi négy adatot a vezérlés fölajánlja.



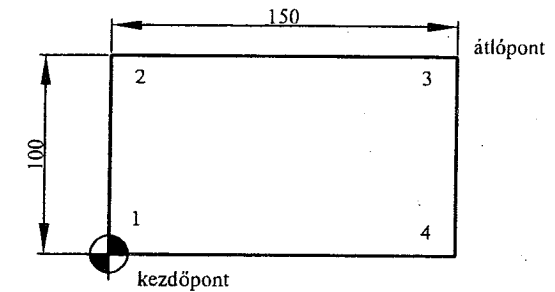
14.46. ábra. Homlokmarási ciklusok

Geometriai leírás

Az általános adatokat követően a síkfelületet határoló kontúrúrt kell megadni (téglalap, kör, ill. összetett kontúr lehet).

Derékszögű négyszög alakú kontúrúrnál a kezdőpont (1) és az átlópont (3) X, Y koordinátáit programozzuk.

A sarkokban lekerekítések vagy letörések írhatók elő (CN1, CN2, CN3, CN4).

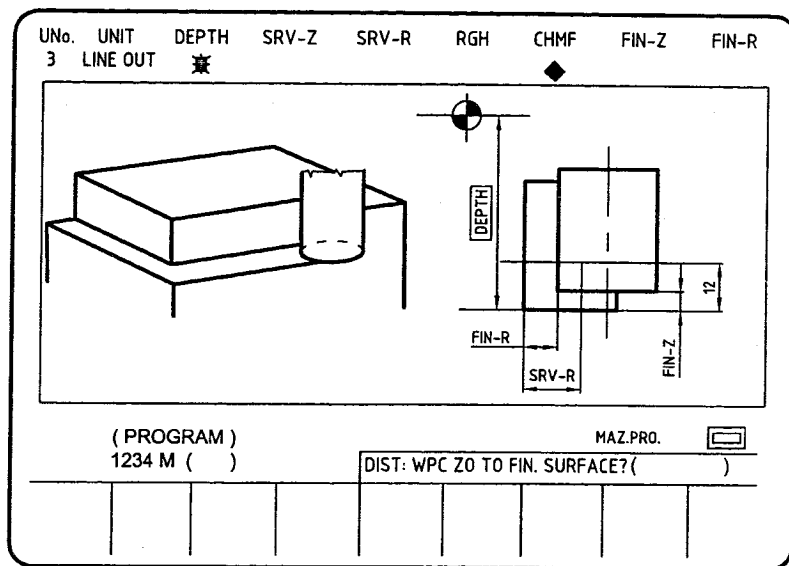


UNo.	MAT	INITIAL-Z	ATC MODE	MULTI MODE	MULTI FLAG	PTCH-X	PITCH-Y			
0	CBN STL	20.	1	OFF	◆	◆	◆			
UNo.	UNIT	ADD.WPC	X	Y	⊙	Z	4			
1	WPC/1			-200.	0.	-100.	0.			
UNo.	UNIT	DEPTH	SRV-Z	SRV-R	BTM	WAL	FIN-Z	FIN-R		
2	FACE MILL	0.	3.	◆	2	◆	0	◆		
SNo.	TOOL NOM-ØNo	APRCH-X	APRCH-Y	TYPE	ZFD	DEP-Z	WID-R	C-SP	FR	M M
R1	F-MILL	80.A	?	?	XBI	◆	3.	56.	121.	1.079
FIG	PTN	P1X/CX	P1Y/Y	P3X/R	P3Y	CN1	CN2	CN3	CN4	
1	SOR	0.	0.	150.	100.					
UNo.	UNIT									
3	✚									

(PROGRAM)		MACHINING UNIT < MENU > ? ()	
1234 M ()			
POINT MACH-ING	LINE MACH-ING	FACE MACH-ING	MANUAL PROGRAM
DITHER	WPC	OFFSET	END
			SHAPE CHECK
			<input type="checkbox"/>

14.47. ábra. A síkmarás geometriai leírása

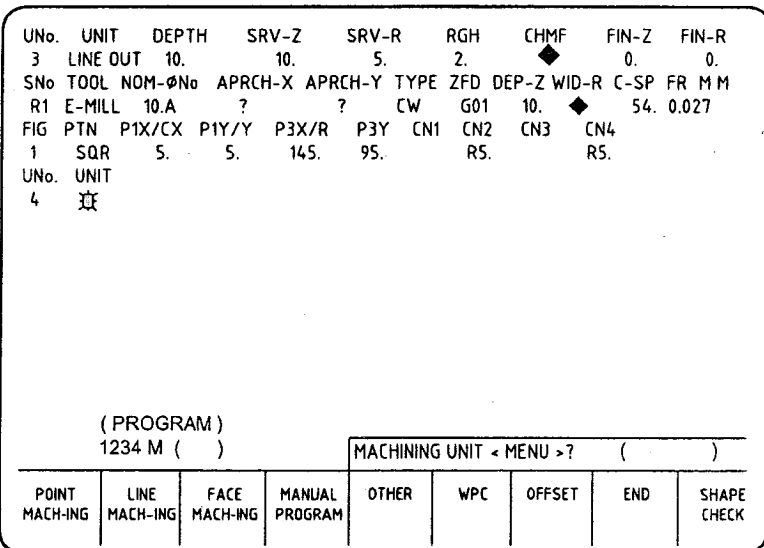
b) Kontúrmarás



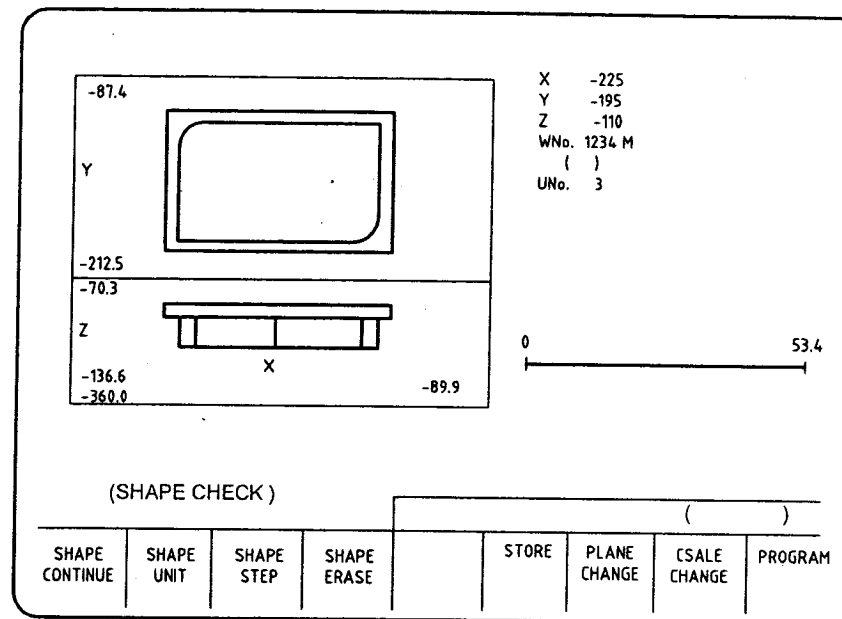
14.48. ábra. A kontúrmarás általános rekordja

A vezérlés nagyoló marást és hozzá megfelelő szerszámot ajánl. A kezdőpontot és a technológiai adatokat a vezérlés határozza meg, Z irányban lineáris interpolációval (munkaelőtollással $ZFD=G01$) mozdul el a kívánt értékre. A kontúr mentén az óramutató járásával megegyezően mozog a szerszám. ($TYPE=CW$) (14.49. ábra). A kontúrmarás geometriája jelen esetben egyszerű módon, sikmaráshoz hasonlóan írható le. Az 1-es és 4-es sarkokban R5-ös lekerekítést adunk meg.

Az eddig programozott kontúr grafikususan ellenőrizhető. (14.50. ábra)



14.49. ábra. Kontúr-(LINE) programozás

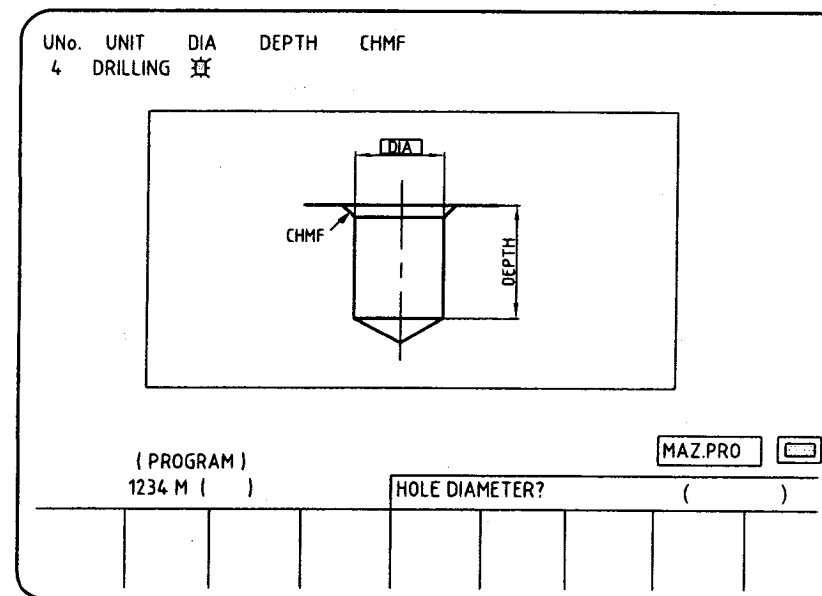


14.50. ábra. Grafikus ellenőrzés XY és XZ síkban

c) Egyedi furat programozása

Az Ø10-es furat megadásakor a felhasznált műveletelemek:

- kezdőpontfúrás, süllyesztés (CTR-DR);
- fúrás.



14.51. ábra. Furat általános adatainak megadása

A furat általános adatrekordja (UNo 4), a szerszámszekvenciák (műveletelemek, SNo 1,2) valamint a helyzetét leíró geometria (FIG 1) a 14.52. ábrán látható.

UNo.	UNIT	DIA	DEPTH	CHMF												
4	DRILLING	10.	20.	0.												
SNo.	TOOL	NOM-Ø	No HOLE-Ø	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-DEP	RGH	DEPTH	C-SP	FR	M	M				
1	CTR-DR	20.	10.	◆	◆	◆	90.	◆	20.	0.2						
2	DRILL	10.	10.	20.	◆	◆	DRILL	T5	25.	0.132						
FIG	PTN	Z	X	Y	AN1	AN1	T1	T2	F	M	N	P	Q	R		
1	PT	0.	100.	20.	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	0.	0.	0.		
UNo.	UNIT															
5	寔															

(PROGRAM)									
1234 M ()									
					MACHINING UNIT < MENU >? ()				
POINT MACH-ING	LINE MACH-ING	FACE MACH-ING	MANUAL PROGRAM	OTHER	WPC	OFFSET	END	SHAPE CHECK	

14.52. ábra. Furatadatok

d) A pontmintázat leírása

Az M8-as menetes furatok kör alakú pont mintázaton helyezkednek el. Először itt is a furat (M8) általános adatait kell megadni. (14.53. ábra).

UNo.	UNIT	NORM	MAJORØ	PITCH	TAP-DEP	CHMF	CHP							
5	TAPPING	寔					0							

(PROGRAM)									
1234 M ()									
					TYPE OF TAPE?				
PROGRAM COMPLETE	SEARCH	TPC	INSERT	ERASE	SHAPE COPY	UNIT COPY	PROGRAM COPY		

14.53. ábra. A menetes furat általános adatai

A geometriai méretek alapján a javasolt műveletelemek:

- központfúrás, süllyesztés (CTR-DR);
- fúrás;
- menetfúrás.

Fúrásnál a fúróciklus fajtáját jelöli a PCKI változó (nincs kiemelés vagy előtolás-megszakítás a ciklusban).

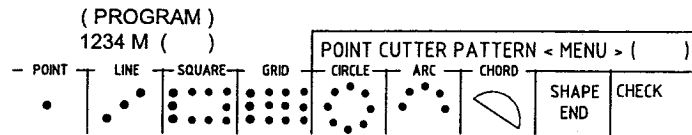
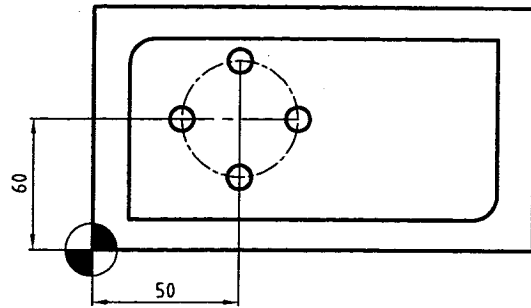
UNo.	UNIT	NORM	MAJORØ	PITCH	TAP-DEP	CHMF	CHP								
5	TAPPING	M8.	8.	1.25	20.	0.6	0								
SNo.	TOLL	NOM-Ø	No. HOLE-Ø	HOLE-DEP	PRE-DIA	DRE-DEP	RGH	DEPTH	C.SP	FR	M	M			
1	CTR-DR	20.	8.117	◆	◆	◆	90.	◆							
2	DRILL	6.9	6.9	27.25	◆	◆	PCK1	T3.45							
3	TAP	M8.	8.	20.	◆	◆	FIX	P1.25	1.25						

(PROGRAM)									
1234 M ()									
					WHICH TYPE OF TOOL <MENU>? ()				
CEENTER DRILL	DRILL	CHAMFER CUTTER	ENDMILL	BACKSPOT FACER	REAMER	TAP	BORING BAR	BACK BOR BAR	

14.54. ábra. A menetes furat szerszámszekvenciái

A pontmintázat geometriai leírásakor meg kell adni:

- a hordozókör középpontjának koordinátáit (X, Y, Z);
- a kezdő furat középpontját a hordozókör középpontjával összekötő egyenes és az X tengely pozitív iránya által bezárt szöget (ANI);
- a hordozókör sugarát (TI);
- a furatok számát (M);
- a visszatérés módját a műveletelemek végrehajtását követően (R).



UNo.	UNIT	NORM	MAJORφ	PITCH	TAP-DEP	CHMF	CHP								
5	TAPPING	M8.	8.	1.25	20.	0.6	0								
SNo.	TOLL	NOM-φNo.	HOLE-φ	HOLE-DEP	PRE-DIA	DRE-DEP	RGH	DEPTH	C.SP	FR	M	M			
1	CTR-DR	20.	8.117	◆	◆	◆	90.	◆	20	0.2					
2	DRILL	6.9	6.9	27.25	◆	◆	PCK1	T3.45	22	0.005					
3	TAP	M8.	8.	20.	◆	◆	FIX	P1.25	8	1.25					
FIG	PTN	Z	X	Y	AN1	AN2	T1	T2	F	M	N	P	Q	R	
1	CIR	0.	50.	60.	0.	◆	25.	◆	◆	4	◆	◆	◆	1	
UNo.	UNIT														
6	■														

(PROGRAM)
1234 M ()

WHICH TYPE OF TOOL <MENU>? ()

POINT MACH-ING	LINE MACH-ING	FACE MACH-ING	MANUAL PROGRAM	OTHER	WPC	OFFSET	END	SHAPE CHECK

14.55. ábra. A pontmintázat programozása

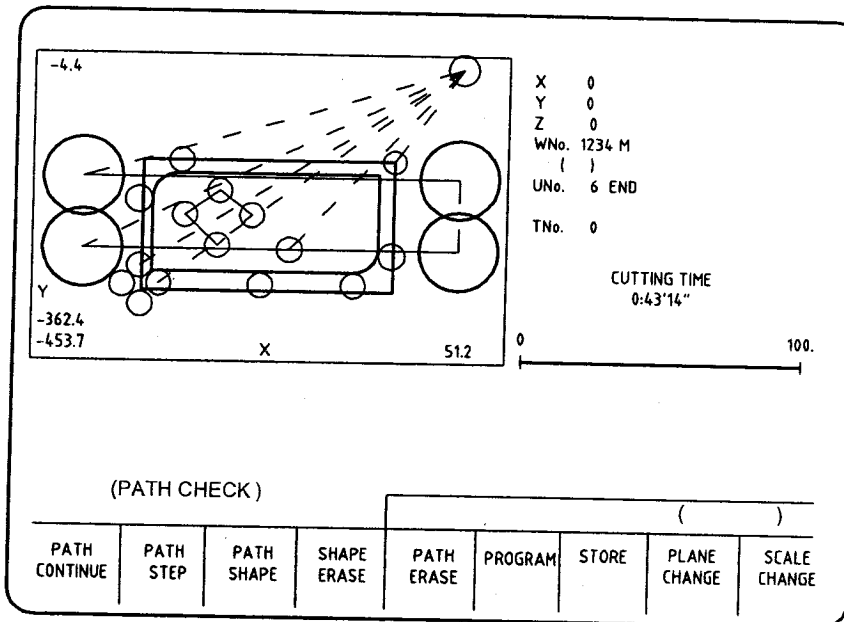
e) Program vége (END)

A programot END rekord zárja le, ahol megadható:

- a gyártás folytatása;
- igény a gyártott munkadarabok számolására;
- szerszámcsere;
- a megmunkálást követő szerszámpozíció.

Végül bemutatjuk a teljes programot és a szerszámzáradék ellenőrzését.

UNo.	MAT	INITIAL-Z	ATC MODE	MULTI MODE	MULTI FLAG	PITCH-X	PITCH-Y							
0	CBN STL	20.	1	OFF	◆	◆	◆							
UNo.	UNIT	ADD.WPC	X	Y	φ	Z	4							
1	WPC-1		-300	-200	0.	-100.	0.							
UNo.	UNIT	DEPTH	SRV-Z	SRV-Z	BTM	WAL	FIN-Z	FIN-R						
2	FACE MIL	0.	3	◆	2	◆	0.	◆						
Sno	TOOL	NOM-φ	No.	APRCH-X	APRCH-Y	TYPE	ZFD	DEP-Z	WID-R	C-SP	FR	M	M	
R1	F-MILL	80.A	?	?	?	XBI	◆	3.	56.	121	1.079			
FIG	PTN	PIX/CX	PIY/CY	P3/R	P3Y	CN1	CN2	CN3	CN4					
1	SQR	0.	0.	150.	100.									
UNo.	UNIT	DEPTH	SRV-Z	SRV-R	RGH	CHMF	FIN-Z	FIN-R						
3	LINE-OUT	10.	10.	5.	3	◆	0.	0.						
Sno	TOOL	NOM-φ	No.	APRCH-X	APRCH-Y	TYPE	ZFD	DEP-Z	WID-R	C-SP	FR	M	M	
R1	E-MILL	10.A	?	?	?	CW	G01	10.	◆	54	0.027			
FIG	PTN	PIX/CX	PIY/CY	P3/R	P3Y	CN1	CN2	CN3	CN4					
1	SQR	5.	5.	145.	95.									
UNo.	UNIT	HOLE-φ	HOLE-DEP.	CHMF										
4	DRILLING	10.	20.	0.										
SNo	TOOL	NOM-φ	No	HOLE-φ	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-DEP	RGH	DEPTH	C-SP	FR	M	M	
1	CTR-DR	20.	10.	◆	◆	◆	◆	90°	◆	20	0.2			
2	DRILL	10.	10.	20.	◆	◆	◆	DRILL	T5.	25	0.132			
FIG	PTN	Z	X	Y	AN1	AN2	T1	T2	F	M	N	P	Q	R
1	PT	0.	100.	20.	◆	◆	◆	◆	◆	0	0	0		
UNo.	UNIT	NOM-φ	MAJOR-φ	PITCH	TAPE-DEP	CHMF	CHP							
5	TAPPING	M8	8	1.25	20.	0.6	0							
Sno	TOOL	NOM-φ	No	HOLE-φ	HOLE-DEP	PRE-DIA	PRE-DEP	RGH	DEPTH	C-SP	FR	M	M	
1	CTR-DR	20.	8.117	◆	◆	◆	◆	90°	◆	20	0.2			
2	DRILL	6.9	6.9	27.25	◆	◆	◆	PCK1	T3.45	22	0.005			
3	TAP	M8.	8.	20.	◆	◆	◆	FIX	P1.25	8	1.25			
FIG	PTN	Z	X	Y	AN1	AN2	T1	T2	F	M	N	P	Q	R
1	CIR	0.	50.	60.	0.	◆	25.	◆	◆	4	◆	◆	◆	1
UNo.	UNIT	CONTI.	NUMBER	ATC	X	Y	Z	4	ANGLE					



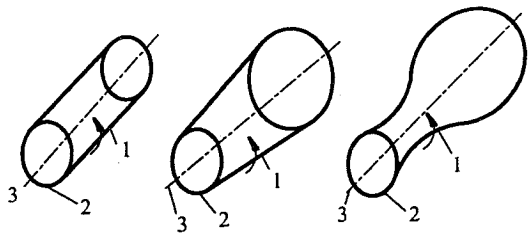
14.56. ábra. A szerszámzáradék ellenőrzése.

15. Esztergáközpontok programozása

15.1. Mi az esztergáközpont?

A CNC-vezérlésű esztergagépeken csak azokat a munkadarabokat tudjuk készre munkálni, amelyek felületelemeinek forgástengelye megegyezik a főorsó tengelyével, mivel a forgó főmozgást a munkadarab a főorsóba fogva e körül a tengely körül végzi.

Általánosabban: hosszesztergáláskor az elméleti direktrixgörbét a munkadarab forgó mozgása határozza meg. A generátorgörbét, amely lehet egyenes vagy síkgörbe a vezérlés interpolátora állítja elő. Egyszerűbb esetben a generátort a tengelypárhuzamos eltolásvektor adja.



15.1. ábra. Forgásfelület generálása
1 generátorgörbe; 2 direktrixgörbe; 3 forgástengely

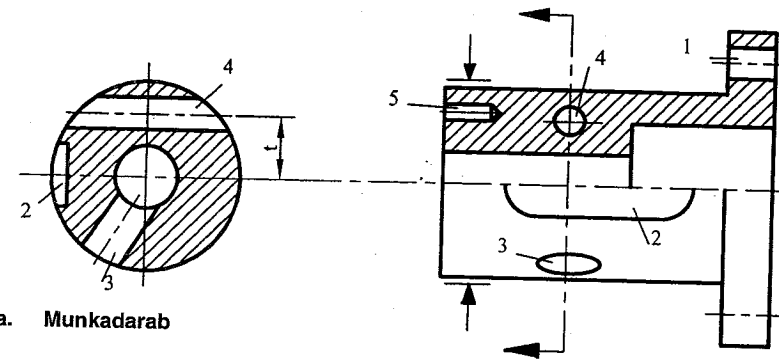
A 15.1. ábrán a forgásfelületek generálása látható. Ebben az esetben a folyamatos forgás mellett a szerszám síkbeli ($X-Z$) mozgása elegendő a felület leképezéséhez.

Ha a munkadarabon ezt a követelményt nem kielégítő felületelemek is vannak – és ez a forgástest jellegű munkadarabok többségénél is így van – akkor a munkadarab esztergán nem munkálható készre.

A 15.2. ábrán látható munkadarabon pl. az 1 felfogófuratokat, a 3, 4 keresztirányú furatokat, az 5 furatot fúrógépen, a 2 reteshornyt pedig marógépen kellene megmunkálni.

A 15.2. ábrán látható munkadarab összesen három szerszámgépet, többszöri átfogást (bázisváltási hiba) és nem utolsó sorban három gépkezelőt, anyagmozgatási igényel.

Azt a CNC-vezérlésű, alapvetően esztergagépet, amely revolverfejbe helyezett forgó szerszámokkal is rendelkezik, valamint szabályozott főorsója van (C tengely), ami az X és Z tengelyekkel együttesen interpolált szögelfordulásokra is képes, *esztergálóközpontnak* nevezzük.



15.2. ábra. Munkadarab

Milyen többlétszolgáltatásokra képes ez a gép az esztergához képest?

- Főorsójával mellékmozgásra, a főorsó tengelye körül vezérelt forgómozgásra (C tengely) képes. Erre a mozgásra a nem esztergálással készülő 1–5 felületelemek helyzetének beállítására vagy bonyolultabb felületelemek (pl. spirálhorony) marásakor forgó eltoló mozgásra van szükség.
- Egyes (fúró-maró) szerszámok forgó főmozgást a eredeti főhajtástól függetlenül is végezhetnek. Ezek a szerszámok a szerszámtartó (legtöbbször revolverfej) szerszámhelyein vannak elhelyezve, vagy külön szánrendszerük (fúró-marószán) van.

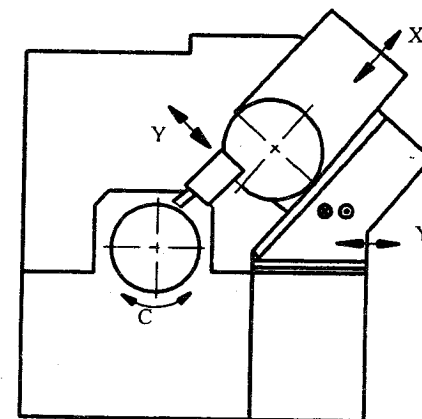
Az ilyen szerszámokhoz általában külön szerszámtár és szerszámcsereelő is tartozik. A leggyakoribb megoldás a revolverfejbe telepített forgó szerszámfej.

A revolverfej és a főorsó relatív helyzete mindig olyan, hogy annak a főorsó tengelyére (Z tengely) merőleges mozgása a szerszámot a főorsó, és így a munkadarab forgástengelyét metsző, sugárirányba viszi. Ennek az alapfunkció (esztergálás) fogásvételi mozgása miatt kell így lennie. Így a 15.2 ábra 3 furatát háromtengelyes (X, Z, C) esztergálóközponton meg lehet munkálni, az 1 furat is elkészíthető, ha a szerszám Z tengellyel párhuzamos, és a munkadarabban C pozicionáló

mozgást végzünk úgy, hogy a furat az XZ síkba essen. A 4 furat elkészítéséhez azonban vagy speciális, a fúrás t távolságra eltoló szerszám befogó, meghajtófej szükséges, vagy a szerszám és a munkadarab relatív elmozdulásának egy újabb $-Y-$ tengely mentén is lehetségesnek kell lennie. (Az Y tengely merőleges az XZ síkra.)

Ezzel a négytengelyes (X, Y, Z, C) esztergáló központtal már a munkadarabok nagyon széles választékát meg lehet munkálni.

Az Y tengely megvalósításának egy lehetőségét a 15.3. ábra szemlélteti. (Az Y irányt az Y és Y' mozgás eredményeként)



15.3. ábra. Négytengelyes esztergálóközpont mozgásrendszere (forrás: MAZAK)

Amennyiben a munkadarab befogási módja olyan, hogy az egy felfogásban – akár esztergán, akár egy esztergálóközponton – nem munkálható meg, mivel bizonyos felületeit (befogási bázis) a munkadarab-befogó készülék eltakarja, a munkadarabot 180° -kal átfordítva, újra befogva lehet csak a megmunkálást befejezni.

Ezt az átfordítást vagy kézzel, vagy célszerűen kettős megfogószerkezetű ipari robottal lehet elvégezni, végeztetni.

Ha az esztergának vagy az esztergálóközpontnak két egymással szemben elhelyezkedő, vagy egymással szembeni helyzetbe hozható *főorsója* van, akkor ezt az átfogást a két főorsó révén, a tulajdonképpen két esztergát egyesítő gép megoldja. Ezeknek a kétorsós gépeknek két alaptípusa van:

- *ikerorsós* gép, amelynél a két főorsó osztozik a megmunkálási feladaton. Ekkor a két főorsó azonos teljesítményű és a gép gyakran szimmetrikus felépítésű;
- *segédorsós* gép, amely második főorsójának csak az a feladata, hogy az első főorsóhelyen – az előbb említettek miatt – nem elvégezhető műveleteket ezen a helyen el lehessen végezni. A segédorsó teljesítménye lényegesen kisebb a gyakran *C* tengelye is csak osztó mozgást (pl. $1-5^\circ$ -onkénti léptetést) végez.

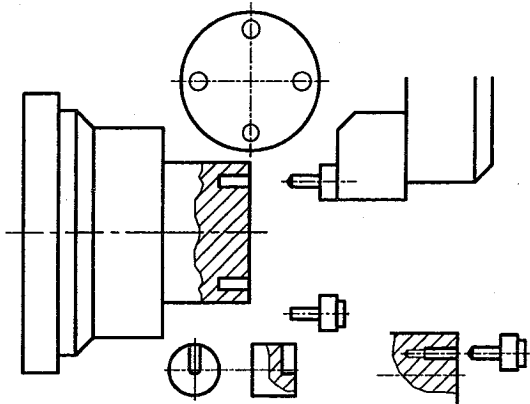
A korszerű hajtástechnika a két orsó nagyon pontos együttfutását, egymáshoz képesti pozicionálását biztosítja. Ez lehetővé teszi hosszú munkadarabok végének a jobb oldali orsóval való megtámasztását vagy nem forgásszimmetrikus, pl. hasáb alakú munkadarabok speciális tokmányokkal történő menet közbeni átvételét.

15.2. Esztergaközpontokkal megmunkálható jellegzetes felületek

A következőkben néhány nem forgásszimmetrikus felületet mutatunk be (15.4. ábra, *forrás: TRAUB*), amelyek programozását a későbbiekben ismertetjük.

15.2.1. Megmunkálás pozícionált főorsóval és forgó szerszámmal

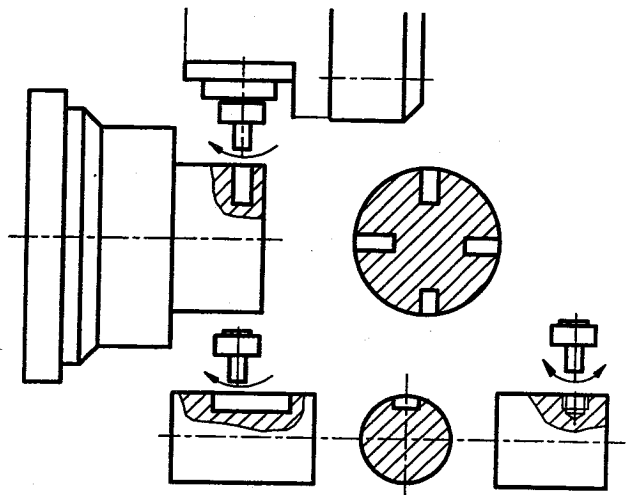
- a) A szerszám tengelye párhuzamos a főorsóval
- fúrások a homlokfelületen
 - horonymarások a homlokfelületen



15.4. ábra. Megmunkálás pozícionált főorsóval és forgó szerszámmal

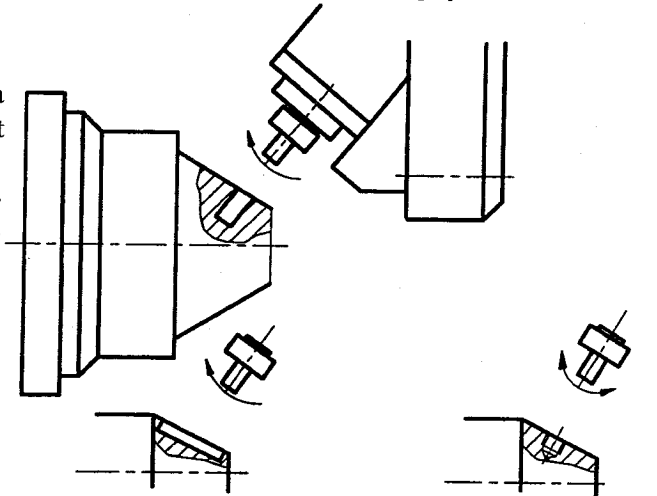
15.4a ábra. Párhuzamos szerszámtengely;

- b) A szerszám tengelye merőleges a főorsóra
Hornyak, furatok a palásfelületen. A hornyok *Z* tengely irányúak, a furatok tengelye pedig metszi a főorsó tengelyvonalát.



15.4b ábra. Merőleges szerszámtengely;

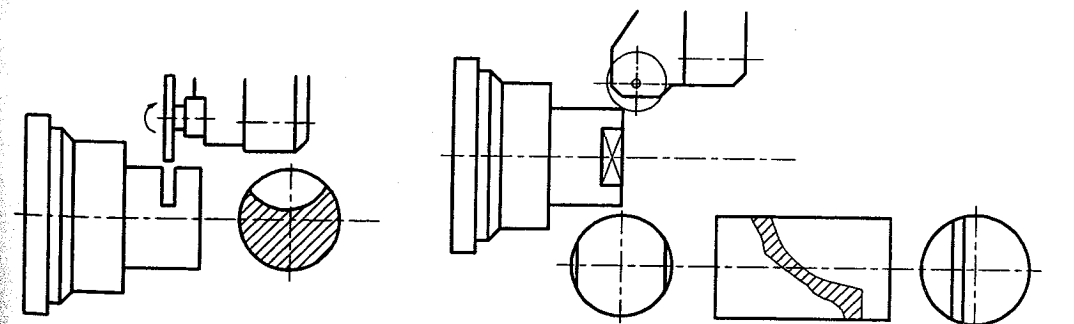
- c) A szerszámtengely és a főorsó $0 < \alpha < 90^\circ$ szöget zár be.
Hornyak, furatok készíthetők ferde tengelyhelyezettel. A szöget a szerszám-tartó beállításával szabályozhatjuk.



15.4c ábra. Szöget bezáró szerszámtengely;

- d) Marás tárcsamaróval

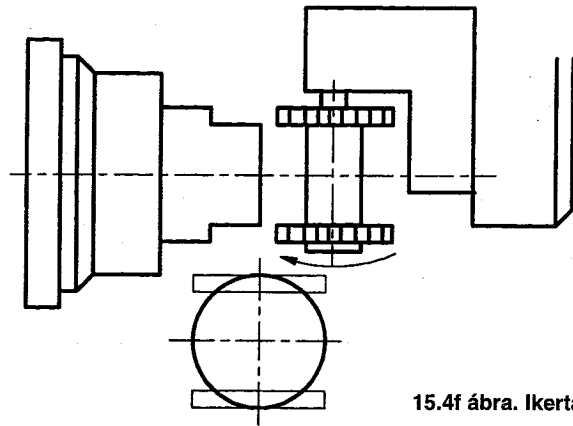
A főorsó új beállításával sokszögletű, változatos alakzatok hozhatók létre.



15.4d ábra. Marás tárcsamaróval

15.4e ábra. Marás tárcsamaróval (pl. és horonymarás)

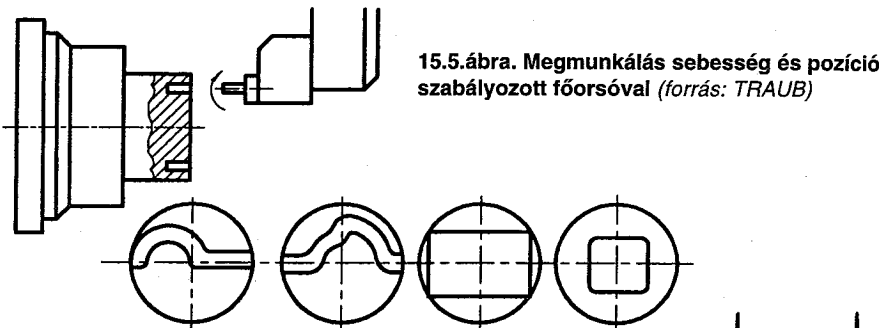
Szimmetrikus sík, horonymarás ikertárcsamaróval.



15.4f ábra. Ikertárcsamaró

15.2.2. Megmunkálás, sebesség és pozíció szabályozott főorsóval (C tengely)

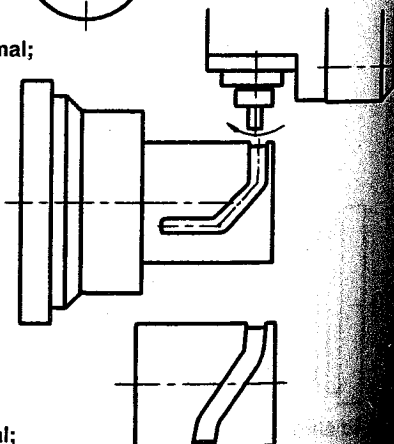
Ebben az esetben a szerszám forgácsoló főmozgása (forgómozgás) mellett három mellékmozgás van: X , Z , C . Ezek közül az alap X - Z síkon kívül gyakorta csak kettőt interpolál a vezérlés: X - C ill. Z - C . Változatos, meglehetősen bonyolult alakzatok képezhetők le az X , Z , C tengelyek menti elmozdulással.



15.5. ábra. Megmunkálás sebesség és pozíció szabályozott főorsóval (forrás: TRAUB)

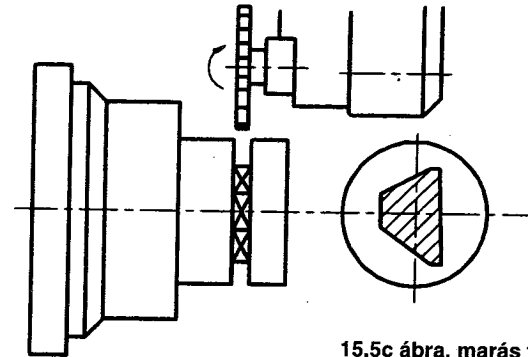
15.5a ábra. Marás párhuzamos tengelyű szerszámmal;

A főorsóval párhuzamos tengelyű szármarróval spirális hornyok, poligonok marása végezhető el a homlokfelületen, sokszög marható, kontúrmarás készíthető, stb.



15.5b ábra. Marás merőleges tengelyű szerszámmal;

A főorsóra merőleges tengelyű szármarró hornyokat, sokszögprofilt készíthet. Poligon marása tárcsamaróval.



15.5c ábra. marás tárcsamaróval

15.3. Programozás

Az esztergáközpontok programozásakor az esztergához képest három alapvető különbség van:

- a főorsó pozicionálása és előtolás jellegű szögelfordulásai;
- a hajtott (forgó) szerszámok használata;
- a második orsó használata.

A programozáskor a konkrét példánál a *TRAUB*, *MAZAK*, *SIEMENS* és a *FANUC* vezérlés utasításait használjuk.

15.3.1. Főorsó-pozíció programozása

A főorsó szöghelyzetének programozása lehet folyamatos, amikor a vezérlés interpolált tengelyként értelmezi, és lehet csak beállító jellegű mellékmozgás. A C tengelynek nullpontja van, innen méri a szögértékeket, amelyek abszolút ($G90$) vagy növekményes ($G91$) módon adhatók meg. Ha abszolút értéket adunk meg ($G90$ $C...$), akkor előtte a $C0$ helyzetet programozni kell.

A vezérlés a főorsó C tengely üzemmódját M funkciókkal kapcsolja be, és az eredeti esztergáüzemmódra való visszaállás is így történik. Az M kódra nincs szabvány, általában a következőket használják:

- a C tengely aktivizálása: $M17$ (*TRAUB*)
 $M19$ (*FANUC*)
 $M91$ (*SIEMENS*)
- a C tengely használatának megszüntetése: $M18$ (*TRAUB*)
 $M20$ (*FANUC*)
 $M02$ (*SIEMENS*)

Lépések:

1. esztergüzemmódban a főorsó megállítása *M5*
2. a *C* tengely aktivizálása (*M17*)
3. a *C* tengely nullpontjának aktivizálása (*G28 C0*)
4. program
5. visszaállítás esztergüzemmódba (*M18*)

A *C* tengely nullpontja eltolható, hasonló módon az *X*, *Z* lineáris tengelyekéhez:

G59 X... Z... C...

15.3.2. Forgácsolási adatok programozása (*S*, *F*)

Fordulatszám:

- *S* címmel programozható és a forgásirány *M23 (CW)*, ill. *M24 (CCW)* kapcsolható be. A leállítás: *M25*. Pl.: *S1500 M23*;
- *B* címmel programozható, és a címet követő két vagy három karakteres kód azt mutatja meg, hogy a programozott érték mire vonatkozik:

B06... Fordulatszám-megadás;
B070... Főorsó-pozicionálás abszolút adat megadásával;
B074... Főorsó-pozicionálás növekményes adat megadásával;
S1500-as fordulatszám programozása: **B061500 M23**; (forrás: [5])

- Ha kétorsós az esztergaközpont, akkor előfordul, hogy az egyes orsókat (főorsó-segédorsó-hajtott szerszám) *M* kóddal kell kiválasztani, és a fordulatszám *S* címmel *M3* vagy *M4*-el programozható. (Pl.: *FANUC*, *CINCINNATI MILCRON*):

M22: A főorsó kiválasztása (I. orsó);
M23: A szerszámorsó kiválasztása;
M24: A segédorsó (II. orsó) kiválasztása;
M25: A II. orsó fordulatszáma szinkronizált az I. orsóéval.

Például:

N110 M19 *A C* tengely aktív
N120 S1000 M23 M03 *A* szerszámorsó indítása

N270 M22 *A* főorsó kiválasztása
N280 M20 *Esztergüzemmód*

Előtolás: *G94 F... mm/min*

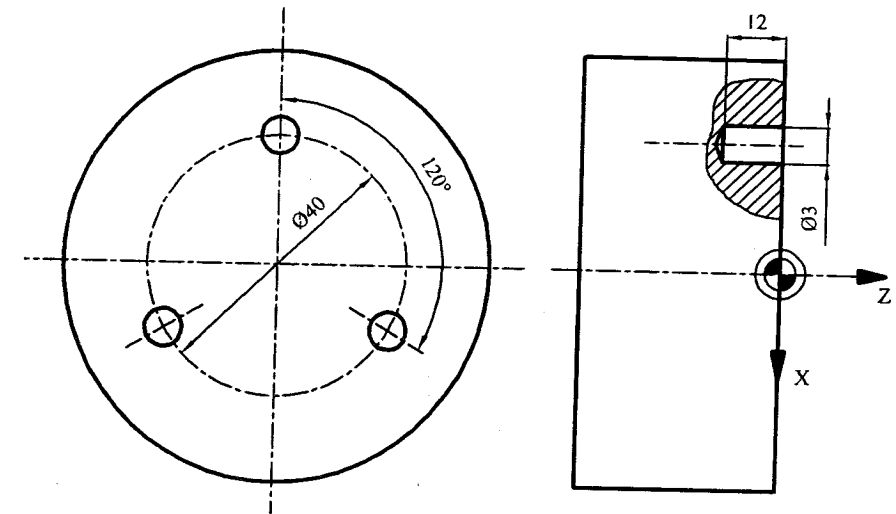
G95 F... mm/ford

15.3.3. Interpolációk

Gyorsmeneti elmozdulás: **G00 X... Z... C...**

Lineáris interpoláció: **G01 X... Z... C...**

Nézzünk két példát (*TRAUB* vezérlés utasítás készlete)



15.6. ábra. A főorsó beállító mozgást végez (forrás: [5])

N5 T505 M5
M23 B062000
G94

Szerszámhely és főorsó állj
A forgó szerszám bekapcsolása, fordulatszám: 2000

M17A
G28 C0
G0 X40 Z1. M8
G1 Z-12. F200

C tengely bekapcsolása
A C tengely nullpontja
Pozicionálás a pontmintázathoz

G0 Z1.
G0 C120.
G1 Z-12.
G0 Z1.

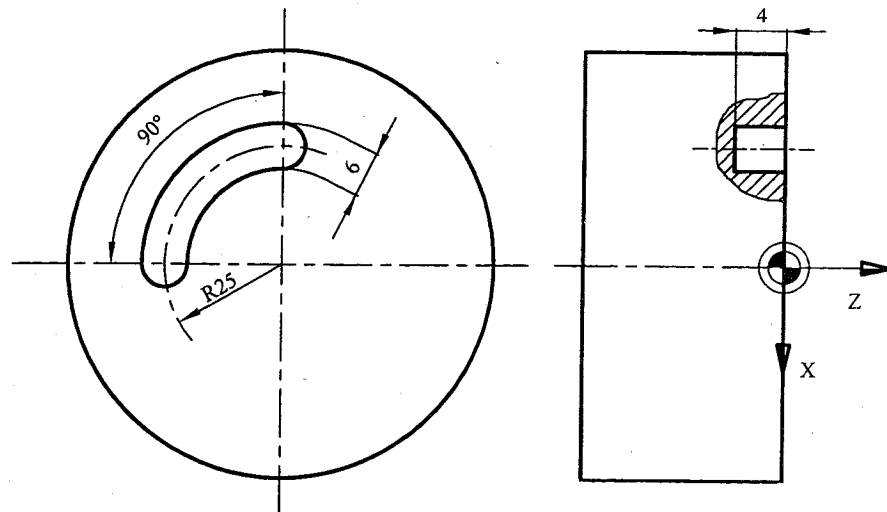
120°-os fordítás

G0 C240.
G1 Z-12.
G0 Z1.

120°-os fordítás (240°-ra)

G27 M25 M9
G95
M18

Forgószerszám állj, és szerszámcserehelyzet
A C tengely érvénytelenítése



15.7. ábra. Marás „C” tengellyel (forrás: [5])

N3 T303 M5	Szerszám és főorsó állj
M23 B061000	A forg szerszám bekapcsolása, fordulatszám: 1000
G94	
M17A	C tengely bekapcsolása
G28 C0	A C tengely null pontja
G0 X50. Z1. M8	Pozicionálás a horonyhoz
G1 Z-4. F80	
G1 C90. F50	Marás C tengellyel (90°-os)
G1 Z1. F100	
G27 M25 M9	Forgószerszám állj, és szerszámcserehelyzet
G95	
M18	A C tengely érvénytelenítése

Abban az esetben, ha az egyenes előállításához a lineáris és C tengely együttes interpolálása szükséges, ez csak akkor programozható egyszerű módon, ha a vezérlés kellően felkészített. Ezen marási funkciók külön G kóddal hívhatók, a sugárkorrekció (G41, G42, G40) kódjai érvényesek.

- G11 Marási funkciók aktivizálása
- G10 Marási funkciók érvénytelenítése

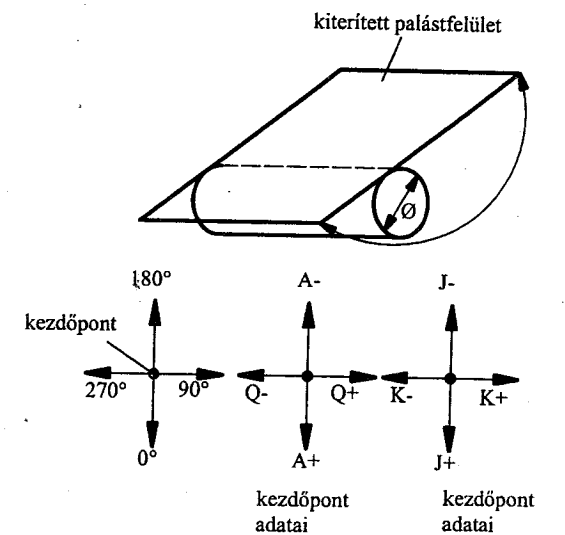
A marási funkciókra a következő példákat nézzük:

G16 – marás a palástfelületen (15.8. ábra)

A palástfelületen lévő egyenes, kör elemek programozásához ezeket a kiterített palástfelületre kell vetíteni.

A palástfelületen lévő geometriai elemet Z és Y címkével programozhatjuk (Y helyett van ahol B vagy R szerepel). Érvényes az összes interpolációs és szerszámsugár korrekciós kódja.

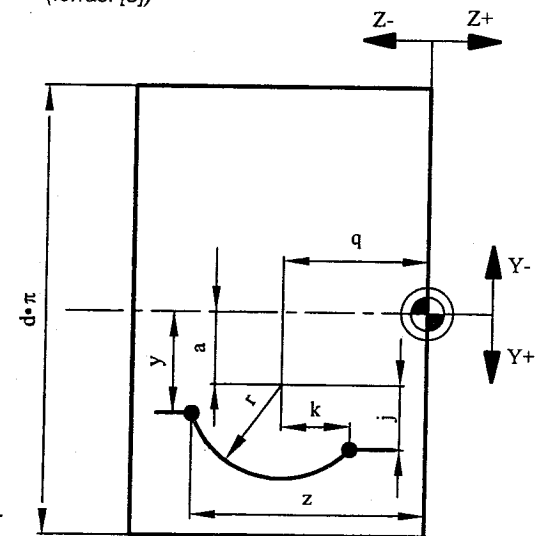
(G00, G01, G02 vagy G03, G04, G09, G40, G41, G42 stb.)



15.8. ábra. Marás a palástfelületen (forrás: [5])

Kör programozása:

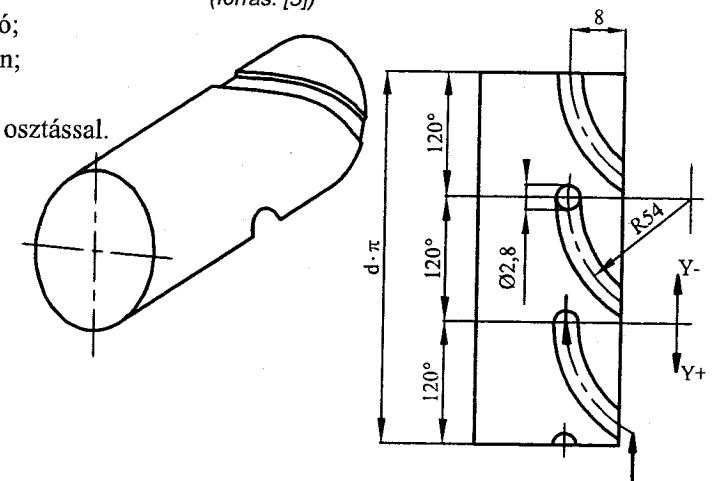
- a, q: a körközpont adatai;
- j, k: a körkezdőpont adatai;
- z, y: a kör végpont adatai.



15.9. ábra. Kör programozása palástfelületen (forrás: [5])

Legyen a feladat a 15.10. ábrán látható munkadarab elkészítése.

- hengerátmérő $\varnothing 27$ mm;
- szerszám: $\varnothing 2,8$ horonymaró;
- fordulatszám: 1000 ford/min;
- előtolás: 40 mm/min;
- horonyméret: 3 db, 120°-os osztással.



15.10. ábra. Körhoronymarás (forrás: [5])

A 120°-hoz tartozó Y érték meghatározása:

$$d \cdot \pi = 27 \cdot \pi = 84,80$$

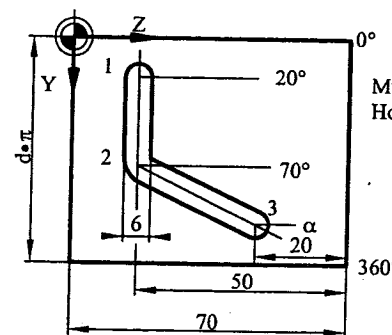
$$p = \frac{d \cdot \pi}{360} = \frac{84,807}{360} = 0,235 \text{ mm/fok}$$

$$120^\circ \rightarrow p \cdot 120 = 28,26 \text{ mm}$$

A program:

N5 T303 M5
 G95 M23 *A szerszámorsó forgásiránya*
 B 061000 *Szerszámfordulatszám: 1000 ford/min*
 M17 *A C tengely aktivizálása (esztergaközpont-üzemmód)*
 G28 C0 *A C tengely nullpontja*
 G59 C0 *A C tengely nullponteltolásának törlése*
 N100
 G0 Z4. *A munkadarab megközelítése*
 G0 X28. C0 M08
 G01 X21.4 F500 *X irányban horony mélységre állás: 27-2·2,8*
 G11 *A marási funkciók bekapcsolása*
 G16 *Marás palástfelületen*
 G00 Y35. *A kör kezdőpontját nem ismerjük, a vezérlés fogja meghatározni. A 120°-hoz 28,26 Y érték tartozik, így Y35 biztosan a kezdőpont alatt van.*
 G01 A180. *Lineáris interpoláció (Az értelmezésre a 15.8. ábrán) a körrel való metszéspontig*
 G02 Z-8. Y0 Q46. A0 F40 *Körprogramozás. A végpont adatai: Z=-8; Y=0*
Kezdőpont: a vezérlés számolja
Középpont: a=0, q=54-8=46
 G01 X32. F100 *Kiemelés a horonyból*
 G10 *A marási funkció törlése*
 N200
 G59 C120. *A C tengely nullponteltolása*
 G22 P100 Q200 *Ismételt programvégrehajtás: az N100 és N200 közötti részt ismétli a vezérlés*
 G59 C240. *A C tengely új nullponteltolása*
 G22 P100 Q200 *N100 és N200 közötti rész ismételt végrehajtása*
 G26 M25 M9 *A szerszámcserehelyzet elérése (először X, majd Z irányban)*
Szerszámorsó és hűtés állj
 M18 *A C tengely érvénytelenítése*

A 15.11. ábrán látható munkadarabon egyenes hornyot kell marni.



Munkadarab átmérő: Ø100
 Horonymélység: 3mm

Kerület:

$$d \cdot \pi = 100 \cdot 3,14 = 314 \text{ mm}$$

$$p = \frac{d \cdot \pi}{360} = \frac{314}{360} = 0,8722 \text{ mm/fok}$$

$$Y_{20} = p \cdot 20^\circ = 17,444$$

$$Y_{70} = p \cdot 70^\circ = 61,054$$

$$Y_{120} = p \cdot 120^\circ = 104,664$$

15.11. ábra. Egyenes horonymarás (forrás: [5])

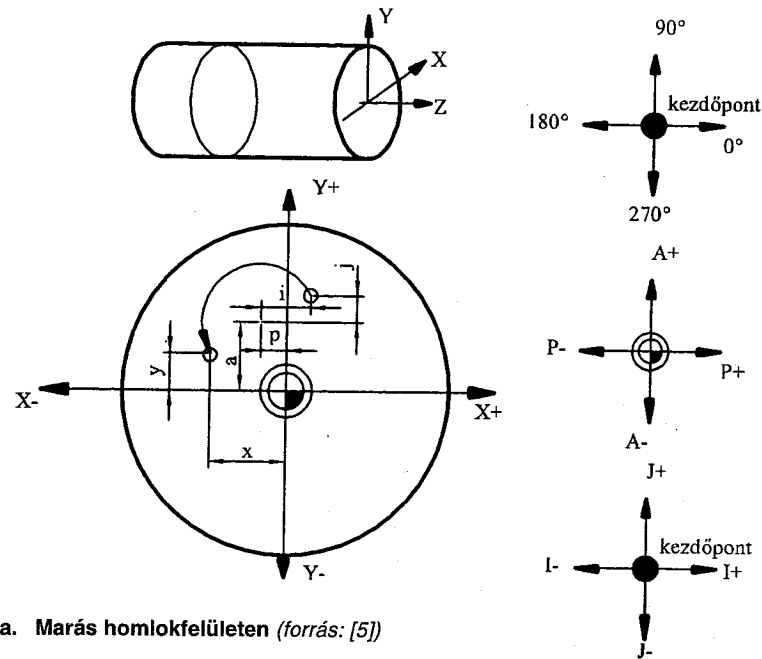
A program:

T0808 M5 *Szerszámjelölés és főorsó állj*
 G94 B061250 M23 *A szerszámorsó fordulatszáma: 1250 ford/min*
 M17 *A C tengely aktivizálása*
 G28 C0 *A C tengely nullpontja*
 G59 C0 *A C tengely nullponteltolásának törlése*
 G00 X105. C20. Z20. M8 *Pozicionálás az 1. pont fölé*
 G01 X94. F50 *1. pontban horonymélységre állás*
 G11 *A marási funkció bekapcsolása*
 G16 *Marás palástfelületen*
 N1
 G01 C70. F100 *1. és 2. pont közötti horony marása*
 Z50. C120. *2. és 3. pont közötti szakasz megmunkálása*
 N2
 X105. *Kiemelés a 3. pontban*
 G26 M25 M9 *Szerszámcserehelyzet és forgószerszám állj*
 G10 *A marási funkció törlése*
 M18 *A C tengely érvénytelenítése*

Az olvasó figyelmébe ajánljuk még a 6. fejezet 6.6. alfejezetét.

G17 Marás homloklfelületen

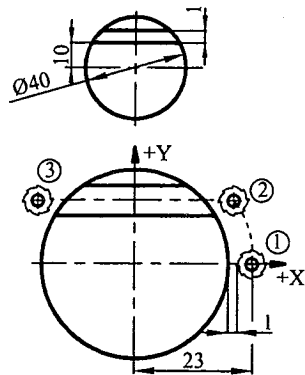
A 15.12. ábrán a homloklfelületen az egyenes és körinterpoláció geometriai adatait tüntettük fel.



15.12. ábra. Marás homloklfelületen (forrás: [5])

Az adatok értelmezése megegyezik a 15.9. ábrán bemutatottakkal. Nézzük a 15.13. ábrát, ahol a feladat az X tengellyel párhuzamos horony marása.

Munkadarab-átmérő: $d = 40$ mm
 Horonymélység: 3 mm
 Szerszámtátmérő: $d_s = 4$ mm
 Fordulatszám: $s = 1000$ ford/min
 Előtolás: $f = 100$ mm/min
 Biztonsági távolság: $b = 1$ mm



15.13. ábra. Horonymarás (forrás: [5])

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad & x = (d/2 + b + d_s/2) = 46 \\ & y = 0 \\ \textcircled{2} \quad & \left. \begin{aligned} x^2 + y^2 &= 23^2 \\ y &= 12 \end{aligned} \right\} \rightarrow x = 19,621 \\ \textcircled{3} \quad & x = -20 \\ & y = 12 \end{aligned}$$

A program:
 N8 T808 M5
 G94 B061000 M23
 M17
 G28 C0
 G90 G0 X46 Z-3.
 G11
 G17
 G03 X19.621 Y12. P0 A0 F200
 G01 X-20. F100
 G10
 G0 X60.
 G26 M25

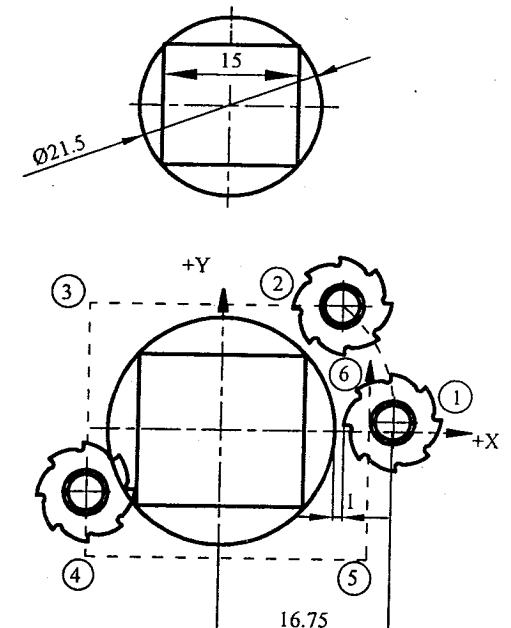
M18

Szerszámhely-kijelölés és főorsó állj
A szerszámorsó fordulatszáma: 1000 ford/min
A C tengely aktivizálása
A C tengely nullpontjának kijelölése
Pozicionálás az 1. pontba
A marási funkció bekapcsolása
Marás a homloklfelületen
2. pontra állás
Horonymarás
A marási funkciók érvénytelenítése
Eltávolodás a felülettől
Pozicionálás szerszámcsere helyzetbe és forgószerszám állj
A C tengely érvénytelenítése

Másik alkalmazásként négyzetmarási feladatot oldjunk meg. (15.14. ábra)

Hengerátmérő: $d = 21,5$ mm
 Négyzetméret: $t = 15$ mm
 Szerszámtátmérő: $d_s = 10$ mm
 Biztonsági távolság: $b = 1$ mm
 Fordulatszám: $s = 800$ ford/min
 Előtolás: $f = 100$ mm/min

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad & x = (d/2 + b + d_s/2) \cdot 2 = 33,5 \\ & y = 0 \\ \textcircled{2} \quad & \left. \begin{aligned} x^2 + y^2 &= 16,75^2 \\ y &= 12,5 \end{aligned} \right\} x = 11,15 \\ & x = -(7,5 + 5) = -12,5 \\ \textcircled{3} \quad & y = -12,5 \\ & x = (7,5 + 5) = 12,5 \\ \textcircled{4} \quad & y = 8 \quad \left(y \frac{t}{2} \right) \end{aligned}$$



15.14. ábra. Négyzetmarás (forrás: [5])

A program:

N5 T505 M5

G94 B060800 M23

M17

G28 C0

G90 G0 Z-5.

G0 X33.5

G11

G17

G03 X11.15 Y12.5 P0 A0 F1000

G01 X12.5 F100

G01 Y-12.5

G01 X12.5

G01 Y8.

G10

G0 X60.

G26 M25

M18

Szersámhely és főorsó állj

Fordulatszám és a szerszámorsó forgásiránya

A C tengely érvénytelenítése

A C tengely nullpontja

Z irányú pozicionálás

Pozicionálás az 1. pontba

A marási funkció bekapcsolása

Marás a homlokfelületen

Pozicionálás a 2. pontba

Síkmarás a 3. pontba

Síkmarás a 6. pontba

A marások érvénytelenítése

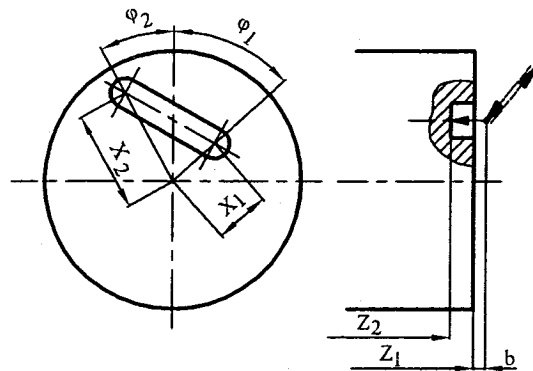
Eltávolodás a felülettől

Pozicionálás szerszámváltási helyzetbe (először Z, majd X irányba), szerszámorsó állj

A C tengely érvénytelenítése

Ezekben az esetekben a vezérlés támogatásával egyszerű módon lehetett a különböző alakzatokat programozni. Ha a vezérlés interpolálja az X-C, Z-C mozgásokat, de a G01/G02/G03 csak X-Z síkban érvényes, akkor a problémát a programozási szinten kell megoldani. Ilyenkor, adott hibahatáron belül az alkatrészprogramban kell a konkrét pályát előállítani.

Vizsgáljuk meg az ilyen esetekre az általános helyzetű, homlokfelületen lévő horony programozását. Ez egyébként G01 X...Y... NC mondattal könnyen programozható, most azonban állítsuk elő a szükséges mozgásokat X és C rendszert használva. (15.15. ábra)

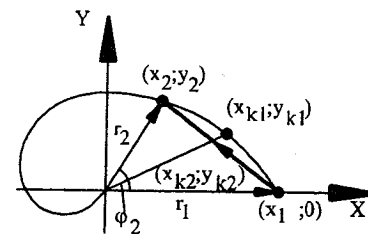


15.15. ábra. Általános horonymarás

A C és X tengely menti együttes elmozdulásokat úgy kell meghatározni, hogy az elemi elmozdulások adott hibahatáron belül egyenest adjanak. C és X azonos idejű állandó sebességű mozgása archimedesi spirált eredményezne, tehát a teljes egyenest kellően kis részekre célszerű bontani. Egy ilyen elemi részen belül a képződő pálya spirál lesz, de nem lépi túl az előre rögzített egyenestől való eltérést.

Hibavizsgálat:

Hogy egyszerűbb legyen a vizsgálat végzünk egy elforgatást úgy, hogy a kezdőpont az X tengelyre kerüljön. (15.16. ábra)



$$x_1 = r_1$$

$$y_1 = 0$$

$$x_2 = r_2 \cdot \cos \varphi_2$$

$$y_2 = r_2 \cdot \sin \varphi_2$$

15.16. ábra. Hibavizsgálat

Az archimedesi spirál paraméteres egyenlete:

$$\varphi = \varphi_2 \cdot t$$

$$r = r_1 + (r_2 - r_1) \cdot t$$

A spirál $t = 0,5$ paraméterértékhez tartozó pontja legyen (x_{k1}, y_{k1})

$$x_{k1} = \frac{r_1 + r_2}{2} \cdot \cos \frac{\varphi_2}{2}$$

$$y_{k1} = \frac{r_1 + r_2}{2} \cdot \sin \frac{\varphi_2}{2}$$

A szakasz felezőpontja (x_{k2}, y_{k2})

$$x_{k2} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{r_1 + r_2 \cdot \cos \varphi_2}{2}$$

$$y_{k2} = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{0 + r_2 \cdot \sin \varphi_2}{2}$$

$$\text{A hiba: } H \leq \sqrt{(x_{k1} - x_{k2})^2 + (y_{k1} - y_{k2})^2}$$

$$2H \leq \sqrt{4 \left(\frac{r_1 + r_2}{2} \cos \frac{\varphi_2}{2} - \frac{r_1 + r_2 \cos \varphi_2}{2} \right)^2 + 4 \left(\frac{r_1 + r_2}{2} \sin \frac{\varphi_2}{2} - \frac{r_2 \sin \varphi_2}{2} \right)^2}$$

Végezzük el a műveleteket és alkalmazzuk a következő összefüggéseket:

$$\cos \frac{\varphi_2}{2} \cos \varphi_2 + \sin \frac{\varphi_2}{2} \cdot \sin \varphi_2 = \cos \frac{\varphi_2}{2}$$

$$1 - \cos \frac{\varphi_2}{2} \leq 1 - \cos^2 \frac{\varphi_2}{2}$$

$$\left| \frac{\varphi_2}{2} \right| \leq \frac{\pi}{2}$$

$$\cos \varphi_2 = \cos^2 \frac{\varphi_2}{2} - \sin^2 \frac{\varphi_2}{2}$$

Eredményül kapjuk:

$$2H \leq \sqrt{2(r_1 + r_2)^2 \cdot (1 + \cos^2 \frac{\varphi_2}{2}) + 2r_1 r_2 (1 - \cos^2 \frac{\varphi_2}{2} + \sin^2 \frac{\varphi_2}{2})} = \sqrt{2(r_1 + r_2)^2 (1 - \cos^2 \frac{\varphi_2}{2}) - 4r_1 r_2 (1 + \cos^2 \frac{\varphi_2}{2})} =$$

$$= \sqrt{2(r_1 - r_2)^2 \cdot \sin^2 \frac{\varphi_2}{2}} = \sqrt{2} \cdot \left| (r_1 - r_2) \cdot \sin \frac{\varphi_2}{2} \right|$$

$$H \leq \frac{\sqrt{2}}{2} \left| (r_1 - r_2) \sin \frac{\varphi_2}{2} \right|$$

Mivel $|\sin \alpha| < |\alpha|$, ha α -t radiánban mérjük, így

$$H \leq \frac{\sqrt{2}}{2} \left| (r_1 - r_2) \frac{\varphi_2}{2} \right| \text{ adódik.}$$

Így a megadott hibából valamint a sugárkülönbségből és a szükséges forgatási szögből meghatározható az osztásszám. Ha ugyanis n részre kell osztani az eredeti szakaszt, hogy a keletkező hiba a megadott H -nál kisebb legyen, akkor:

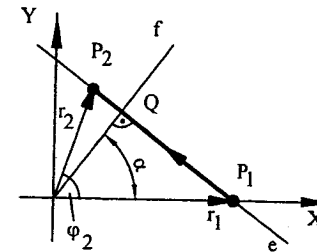
$$H = \frac{\sqrt{2}}{2} \left| (r_1 - r_2) \cdot \frac{\varphi_2}{2n} \right| = \frac{\sqrt{2}}{4} \frac{|(r_1 - r_2) \varphi_2|}{n^2}$$

innen :

$$n^2 = \frac{\sqrt{2} \cdot |(r_1 - r_2) \varphi_2|}{4H}$$

$$n \leq \sqrt{\frac{\sqrt{2} \cdot |(r_1 - r_2) \varphi_2|}{4H}}$$

A gondolatmenetben feltételeztük, hogy a szög- és sugárváltozás monoton változik. Fontos azonban megjegyezni, ha a szakasznak van olyan pontja, amely közelebb van az origóhoz, mint a két végpont, akkor ezzel a ponttal a szakaszt két részre kell bontani. A hibavizsgálatot külön-külön el kell végezni a két szakasz részére (15.17. ábra).



Polárkoordinátákkal: $P_1(r_1, 0)$ $P_2(r_2, \varphi_2)$;
 Descartes-koordinátákkal: $P_1(r_1, 0)$
 $P_2(r_2 \cos \varphi_2, r_1 \sin \varphi_2)$.

15.17. ábra. Két szakaszra bontás

Az origóból merőlegest bocsátunk a P_1 és P_2 pontok által meghatározott egyenesre (e egyenesre). Ez az f egyenes, amelynek egyenlete:

$$(r_2 \cdot \cos \varphi_2 - r_1)x + r_2 \cos \varphi_2 y = 0 \quad y = \frac{r_1 - r_2 \cos \varphi_2}{r_2 \sin \varphi_2} x$$

Az e egyenes egyenlete:

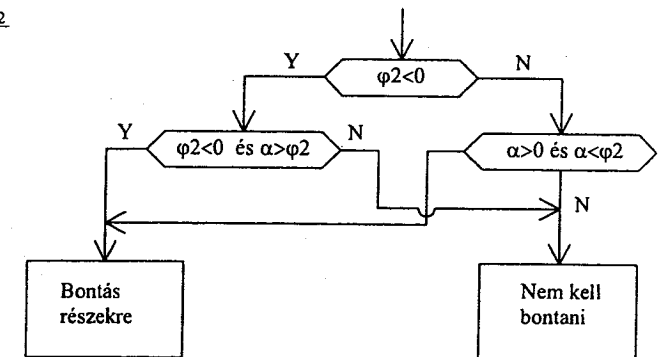
$$r_2 \sin \varphi_2 x + (r_1 - r_2 \cos \varphi_2) y = r_1 r_2 \sin \varphi_2$$

$$r_2 \sin \varphi_2 x + \frac{(r_1 - r_2 \cos \varphi_2)^2}{r_2 \sin \varphi_2} x = r_1 r_2 \sin \varphi_2$$

$$(r_2^2 \sin \varphi_2 x + (r_1 - r_2 \cos \varphi_2)^2 x) = r_1 r_2^2 \sin^2 \varphi_2$$

$$Q \text{ pont koordinátái: } \begin{cases} x = \frac{r_1 r_2 \sin^2 \varphi_2}{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \varphi_2} \\ y = \frac{r_1 r_2 \sin \varphi_2 (r_1 - r_2 \cos \varphi_2)}{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cos \varphi_2} \end{cases}$$

$$\alpha = \arctg \frac{r_1 - r_2 \cos \varphi_2}{r_2 \sin \varphi_2}$$



15.18. ábra. A bontás szükségessége

Ha bontani kell akkor a P_1Q és QP_2 szakaszokra külön kell elvégezni a hibavizsgálatot. P_1Q -ra n_1 -t, a QP_2 -re n_2 -t kapunk.

Ezek után kétféle módon járhatunk el:

1. A szakaszt (P_1P_2) egyenlő közőkre osztjuk. A P_1Q szakaszt n_1 , a QP_2 szakaszt n_2 részre osztjuk fel.

Megvizsgáljuk, hogy hol adódik kisebb elemi szakasz. Ez legyen d . A teljes (P_1P_2) szakaszt d résszel osztjuk fel, így az egész szakaszra n felosztás lesz érvényes.

2. A szögnövekményt osztjuk egyenlő részekre: φ_1 -et n_1 , φ_2 -t pedig n_2 részre.

Az X és C koordináták meghatározása:

(Az x_1, x_2, y_2, φ_2 a 15.16. ábra szerint, n az osztószám)

1. A szakaszt osztjuk egyenlő közőkre.

$$x = x_1 + \frac{i}{n}(x_2 - x_1) \quad (i=0 \rightarrow n)$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ x = x_1 & & x = x_2 \end{array}$$

$$y = \frac{i}{n} y_2$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x}$$

$$C = -\alpha \quad \rightarrow \text{ a programozott } C \text{ szög}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \rightarrow \text{ a programozott } X \text{ koordináta}$$

2. A szögnövekményt osztjuk egyenlő közőkre

$$C = -i \frac{\varphi_2}{n}$$

$$\alpha = -C$$

$$m = \operatorname{arctg} \alpha$$

$$x = \frac{x_1 y_2}{y_2 + m(x_1 - x_2)} \quad i=0 \quad c=0 \text{ és } i=n \quad c=-\varphi_2$$

$$y = m \cdot x$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Az alkatrészprogramba az ilyen módon előállított X és C értékeket kell megadni. Látható, hogy abban az esetben, ha a vezérlés nem végzi el a lineáris és forgó tengely interpolációját, az egyenes előállítása nehézkes, kellően kis H mellett hosszú programrész adódik.

15.3.4. A második (segéd)orsó használata

Számos esztergáközpont két orsóval rendelkezik. A második orsó sokféleképpen telepíthető. A leggyakoribb elrendezés olyan, hogy a két orsó egymással szemben van, Z tengelyeik egybeesnek. Programozásukat ez utóbbi esetre mutatjuk be.

A két orsó közötti anyagmozgatás a háromféle módon történhet:

- a munkadarab álló helyzetében;
- az orsó programozott szöghelyzetében;
- szinkron fordulatszámokon.

A programozás során a következő kódokat használjuk, bár a problémát általánosan kezeljük.

W: A 2. orsó mozgása Z tengely mentén

M19: A C tengely választása (esztergáközpont-üzemmód)

M20: A C tengely törlése (esztergáüzemmód)

M22: A főorsó kiválasztása (Az S kód a főorsóra érvényes)

M23: A forgó szerszámorsó kiválasztása (Az S kód a forgó szerszámra érvényes)

M24: A második orsó kiválasztása (Az S kód a második orsón érvényes)

M25: A második orsó fordulatszámának szinkronizálása a főorsóéhoz

M80: A tokmány nyitása az 1. orsónál

M81: A tokmány zárása az 1. orsónál

M88: A tokmány nyitás a 2. orsónál

M89: A tokmány zárás a 2. orsónál

G96: Állandó forgácsolási sebesség

G97: Állandó fordulatszám

Például:

N100 M19 S0 A C tengely választás, főorsó állj (M05 is programozható)

N110 G97 S500 T01 M06 M23 M3

N110: Először megvalósul a szerszámcsere, majd a forgószerszám (T01 helyen ez kell, hogy legyen!) állandó fordulatszáma 500 lesz, M03 irányban.

15.3.4.1. Munkadarab-szállítás a két orsó között

Az esztergáközpontokon a munkadarab szállítása során a következő tipikus szekvencia valósul meg:

- szerszámmozgás biztonsági távolságra X irányban;
- a második orsó indítása és a fordulatszám szinkronizálása a főorsóhoz ($M25$);
- a második orsó gyorsmozgása a munkadarabhoz;
- tokmány nyitás a 2. orsón ($M88$);
- a 2. orsó előtoló mozgása a munkadarabhoz. Ha erőkorlát programozható, akkor Z irányban az orsót a tényleges elérési pontnál tovább kell küldeni;
- a 2. orsón tokmány zárás ($M89$);
- az 1. orsón tokmány nyitás ($M80$);
- a 2. orsó gyors visszatérése Z irányban a megfelelő pozícióba (W címmel kell programozni);
- az 1. orsó megállítása;
- megmunkálás a 2. orsóban.

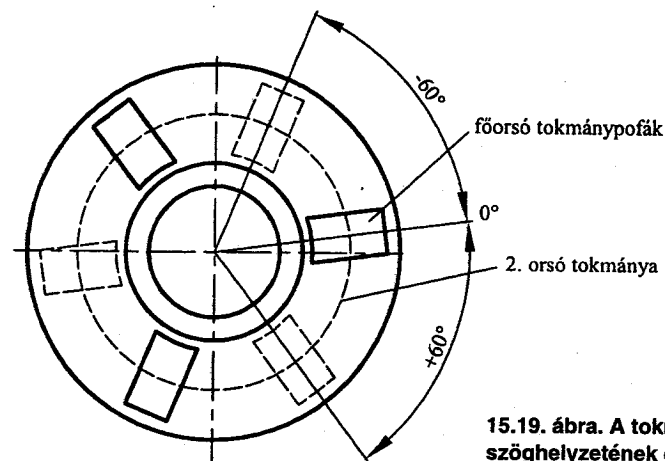
Erőkorlát: amikor a 2. orsó eléri a munkadarabot (W), akkor a munkadarab biztonságos felfekvése a tokmányban, a stabil rögzítés (tokmányzárás) úgy valósítható meg, hogy a tokmány és a munkadarab között előre programozott axiális erőt engedünk meg. Az erő úgy biztosítható, hogy a munkadarab cserélési pozíciójánál távolabbi Z -t (W -t) programozunk. Így, amikor előtoló mozgással a tokmány érintkezik a munkadarabbal, egyre nagyobb előtoló erő ébred.

Formátum: **G21 Aa Ee Ff Ii Kk Rr Ss**

- a: 2. orsó szöghelyzete az 1. orsóhoz képest;
- e: előtoló erő korlátozása a 2. orsón (W irányban [N]);
- f: előtolás a tokmány szorítási pozíció eléréséhez;
- i: nyomatéki korlát (X tengely);
- k: nyomatéki korlát (Z tengely);
- r: nyomatéki korlát (%-ban a W tengelyre).

Megjegyezzük, hogy az A és $M25$ (szinkronizálás) együttes alkalmazása azt jelenti, hogy a szinkronizálás az A -val eltolt helyzetben valósul meg. Mikor kell A eltolást programozni? Két gyakori esetet említünk meg:

1. Ha az első befogásban, az 1. orsóban elkészültek olyan felületek, amelyek zavarják a 2. orsó tokmányának szorítását (pl.: hornyok, lapmarások, stb.). Ilyen esetben úgy kell beállítani a 1. orsó szöghelyzetét, hogy ne ezeken a felületeken szorítson a 2. Tokmány;
2. Tokmány pofák ütközése esetén.



15.19. ábra. A tokmány szöghelyzetének eltolása

Példák:

1. N10 G0 X100.

N20 M88

N30 G21 G94 A60. F20 R25. W140. S1000 M25 M3

Biztonsági távolságra mozgás X irányban

2. orsó tokmányának nyitása

- szinkronizált fordulat a 2. orsón úgy, hogy a 2. orsó 60°-kal eltolt helyzetben lesz az 1. orsóhoz képest;

- W140-es Z koordinátára mozog a 2. orsó, F20-as előtolással (mm/min). A mozgás addig tart, ameddig a W tengelyen ébredő nyomaték el nem éri a maximum 25%-át. (R25)

N40 M89

N50 M80

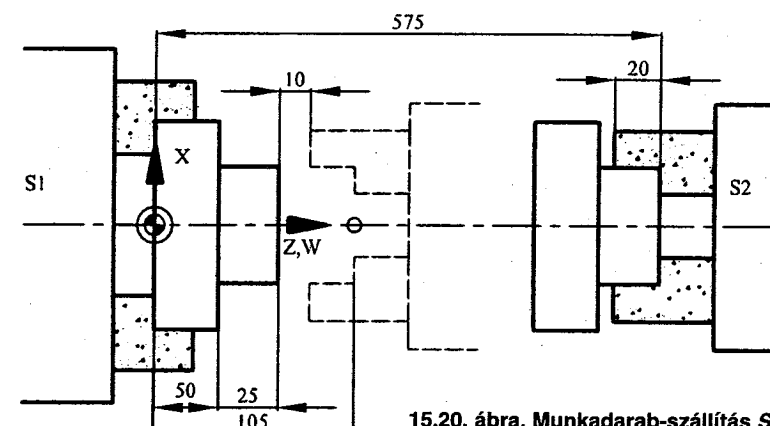
N60 G1 F200 W160.

A 2. orsón a tokmány zárása

Az 1. orsón a tokmány nyitása

A 2. orsó a munkadarabbal kijön az 1. orsó nyitott tokmánypofái közül.

2. Legyen a 15.20. ábrán lévő feladat.



15.20. ábra. Munkadarab-szállítás S1-ből S2-be

- N100 G00 X200. *X irányban biztonságos koordinátára való mozgás*
 N110 W105. *A 2. orsó gyorsmenetben megközelíti a munkadarabot az 1. orsóban*
- N120 M88 *A tokmány nyitása a 2. orsóban*
 N130 G21 G94 W70. E900. I200. S1000 M25
 – Szinkronfordulat az 1. orsóval (S1000)
 – Elmozdulás a 2. orsóval W70-re, ill. addig, ameddig az előtoló erő a 900 N-t nem éri el
- N140 M89 *A tokmány zárása a 2. orsón*
 N150 M80 *A tokmány nyitása az 1. orsón*
 N160 G00 W575. *Gyors visszafutás a 2. orsóval a 2. művelet helyére*
 N170 M22 M05 *Főorsó kijelölése és megállítása*
 N180 M24 *A 2. orsó kijelölése*

15.3.5. Esztergalközpontok műhelyszintű (párbeszéd) programozása

Mind a szokásos műveletelemek mind pedig a kétorsós megmunkálások egyszerűen és biztonságosan programozhatók a párbeszéd (műhelyszintű) üzemmódú vezérléseken.

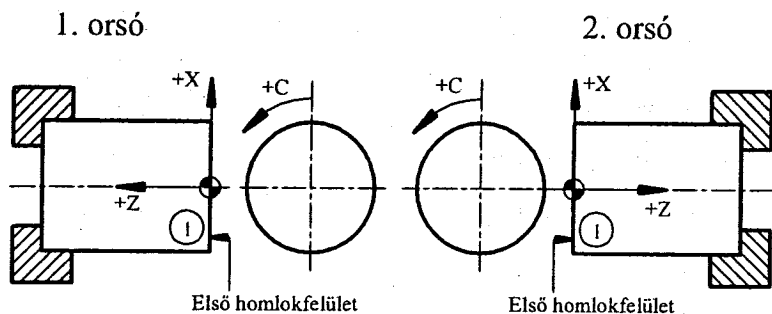
Az ismertetéskor a példákban a MAZATROL vezérlés utasításkészletét és anyagát használjuk.

Először nézzük meg a koordináta-rendszereket.

15.3.5.1. Koordináta-rendszerek

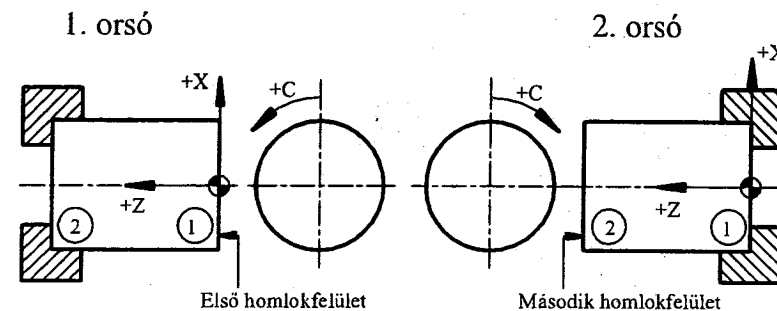
A kétorsós szerszámgép kétféle módon használható: vagy külön-külön az egyes orsókba történik a megmunkálás, vagy a két orsó használata a programba összehangolt, a munkadarabot a 2. orsó szállítja. A koordináta-rendszerek ennek megfelelően a következők:

a) Egyedi program orsónként:



15.21. ábra. Koordináta rendszerek I.

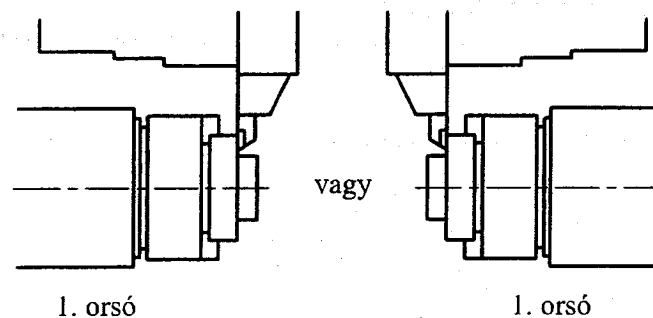
b) Összetett program (két orsó együttes használata)



15.22. ábra. Koordináta rendszerek II.

15.3.5.2. Egyedi és összetett megmunkálások

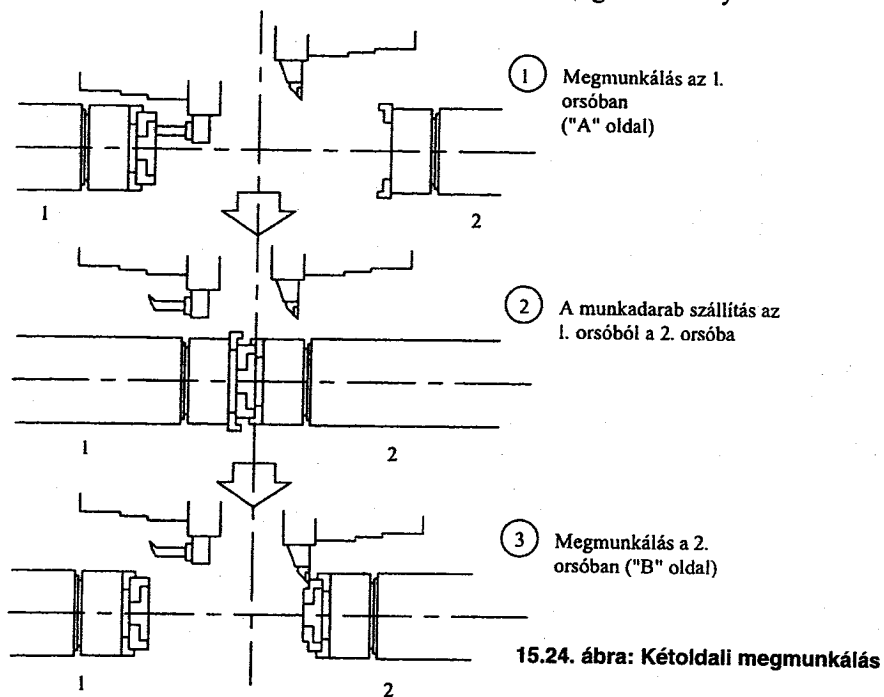
A következőkben 15.23 – 15.26. ábrákon az egyedi és összetett megmunkálás lépéseit, eseteit mutatjuk be.



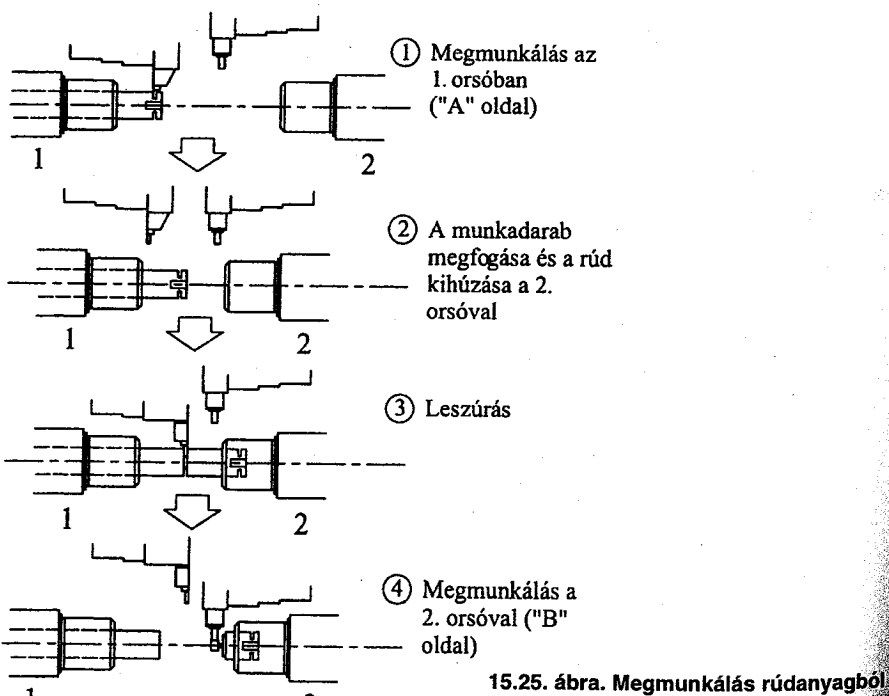
15.23. ábra. Egyedi program

- Az összetett megmunkálásoknak három alapvető esete van:
- Megfogás tokmányban (1. és 2. orsó);
 - Rúdanyagból való megmunkálás;
 - „Hosszeszterga automata”-típusú megmunkálás.

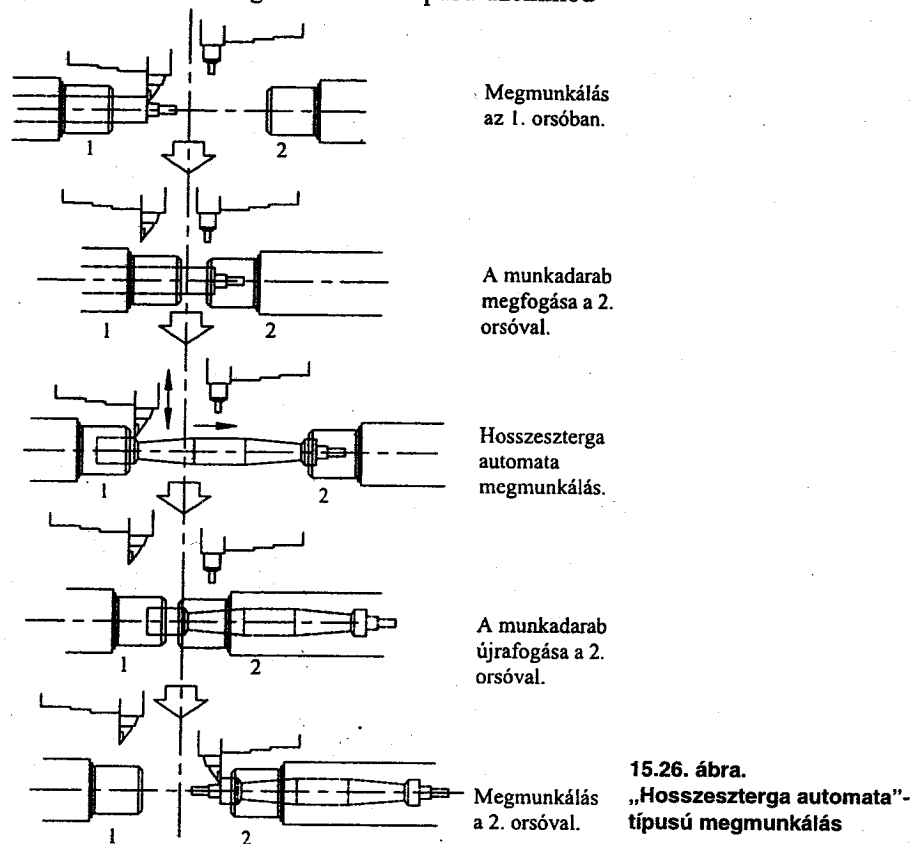
a) eset: Kétoldali megmunkálás, munkadarab befogás tokmányban



b) eset: Rúdanyagból való megmunkálás



c) eset: „Hosszeszterga automata”-típusú üzemmód



Ebben az esetben a megmunkálások a következők:

- a 2. orsó szinkron fordulatszámon forog;
- a 2. orsó előtolási sebességgel húzza a munkadarabot az 1. orsóból;
- a szerszám csak *X* irányú mozgást végez az alátámasztás közelében, az első orsóban a megfogási helynél.

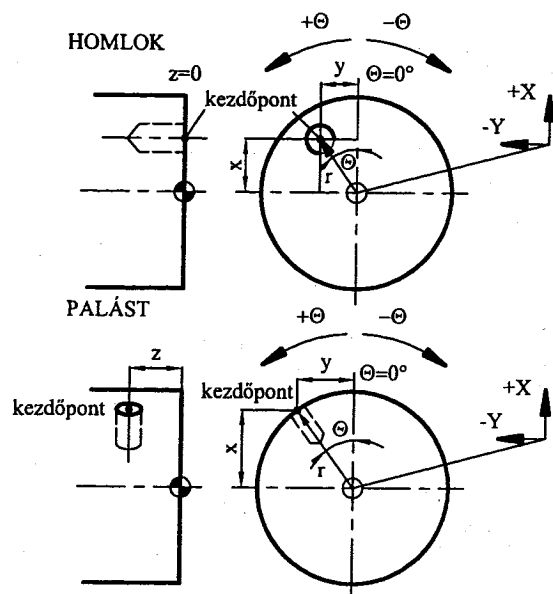
Mivel a forgácsolóerő állandó helyen, a befogásnál hat, ezért hosszú, karcsú munkadarabok –akárcsak a hosszszterga automatán – munkálhatók így meg.

15.3.5.3. A műveletelemek programozása

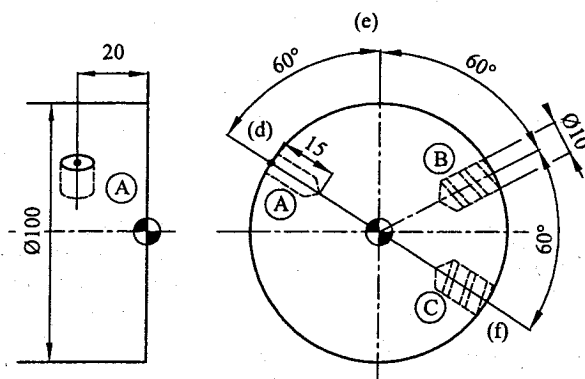
a) A fúrások programozása

Furatok homlok- és palástfelületen lehetnek, megadásukhoz a következő adatok szükségesek:

- a furat helyzete;
- a furat hossza, átmérője;
- a fúróciklus típusa;
- egvedi pont vagy osztókörön elhelyezkedő mintázat adatai



15.27. ábra. Furatmegadás



15.28. ábra. Példa a furatmegadásra

Természetesen műhelyszintű programozás során a megfelelő menüpontok alkalmazásával, a vezérlés által kért adatokat kell megadni:

Pno.	MODE	#	DIA	DEPTH
*	MDR OUT	0	10	15
SEQ	SHP	SPT-R/x	SPT-Θ/y	SPT-Z
A jelű felület	1	PNT	50.	0.
B jelű felület	2	PNT	50.	-120.
C jelű felület	3	PNT	50.	-180.

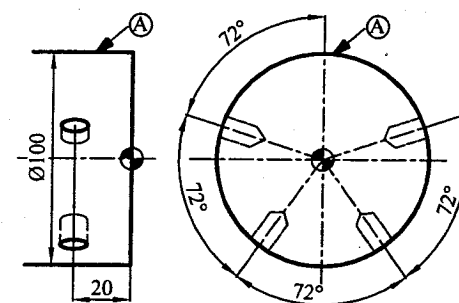
kezdőhely: (d)

PNo.	MODE	#	DIA	DEPTH
*	MDR OUT	0	10	15
SEQ	SHP	SPT-R/x	SPT-Θ/y	SPT-Z
A jelű felület	1	PNT	50.	60.
B jelű felület	2	PNT	50.	-60.
C jelű felület	3	PNT	50.	-120.

kezdőhely: (e)

- MDR: (Milling Drill Process) Fúrási műveletlem forgószerszámmal
- #: a fúrás típusa (átmenő vagy zsák-, mélyfurat, stb.)
- DIA: a furat átmérője
- DEPTH: a furat hossza
- DEPT-1: egy lépésben fúrt hossz
- SHP: a furat egyedi pontban (PNT) vagy pontmintázaton (CRC) van
- SPT-R/X: a kezdőpont sugárértéke vagy X koordinátája
- STP-Θ/y: a kezdőpont szöghelyzete vagy Y koordinátája
- SPT-Z: a kezdőpont Z koordinátája

Ha a furatok pontmintázaton vannak, akkor definiálni kell a kört, ill. a körön a kezdőpontot. Nem biztos, hogy a kezdőpontba kell furatot fúrni, azt a TYPE értékével döntjük el (pl.: TYPE0 van furat, TYPE1 nincs furat a definiált kezdőpontban).



- NUM: a furatok száma
- ANGLE: kezdőponttól az első furat helye
- TYPE: lásd előzőek

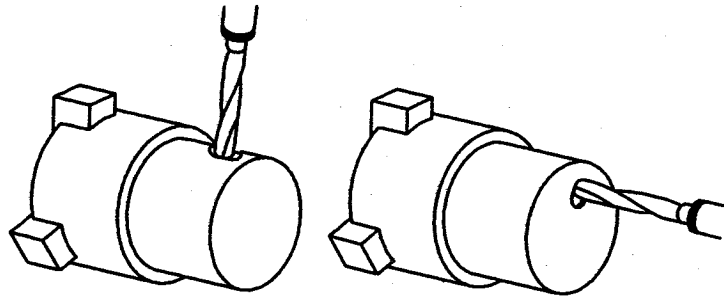
15.29. ábra. Furatok körön

PNo.	MODE	#	DIA	DEPTH	DEP-1	DEP-2
*	MDR OUT	*	***	***	***	***
SEQ	SHP	SPT-R/x	SPT-Z	NUM.	ANGLE	TYPE
1	CRC	50. 0	20.	4.	72.	1

A furatos megmunkálás lefedi a megvalósítható műveletelemeket (dörzsölés, menetfúrás, fúrórudas megmunkálás stb.). Természetesen a műveletlem típusa (MODE) befolyásolja, hogy milyen adatostort kell kitölteni.

b) Horonymarás

A horony elhelyezkedhet homlok és palástfelületen, a műhelyszintű programozásnál leírtaknak megfelelően először a műveletlem általános adatait kell megadni.



15.30. ábra. Horonymarás

Pno MODE # GRV-WID DEPTH FINISH RV FV R-FR1 R-FR2 R-TOOL F-TOOL
 * MGV(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11)

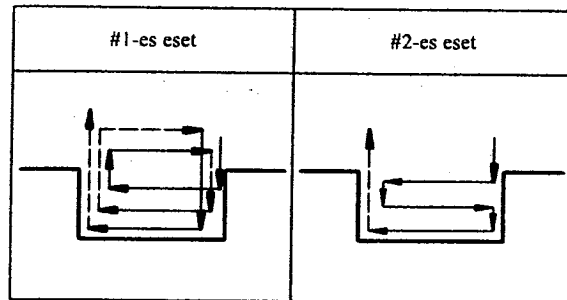
MODE: a műveletlelem típusa *MGV* (horonymarás)

#: a mozgásciklus típusa. Két alapvető ciklus van:

1. Fogásvétel a kezdőpontban

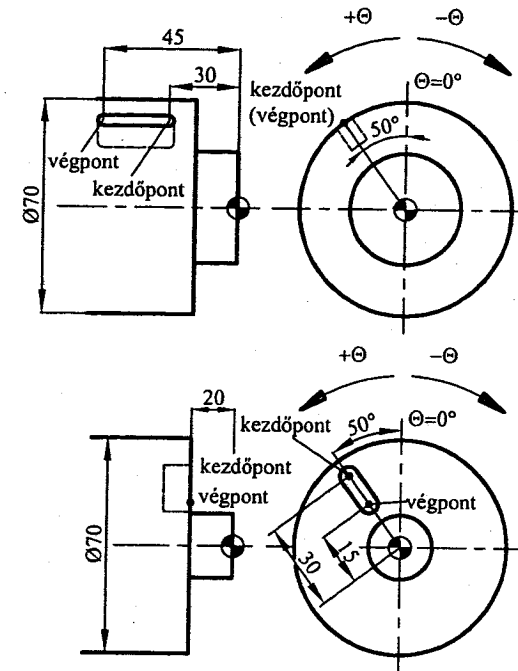
2. Fogásvétel a kezdő- és végpontban

Az 1. esetben a marási irány a teljes ciklus alatt változatlan, a 2. esetben pedig az ellen- és megegyező irány fogásonként változik.



15.31. ábra. A horonymarás mozgásciklusa

GRV-WID: a horony szélessége
 DEPTH: horonymélység
 FINISH: simítási ráhagyás
 RV: nagyolási forgácsolási sebesség
 FV: simítási forgácsolási sebesség
 R-FR1: a szerszám radiális irányú előtolása
 R-FR2: a szerszám tengelyirányú előtolása
 R-TOOL: nagyoló szerszám helye
 F-TOOL: simító szerszám helye



15.32. ábra. A horonymarás geometriai adatai

Horony	Palást felületen	Homlok felületen
Egyenes <LINE>		
Körív <CW, G02>		
Körív <CCW, G03>		

15.33. ábra
 A palást- és homlokfelületen lévő általános helyzetű hornyok

A szükséges adatsor (15.32. ábra):

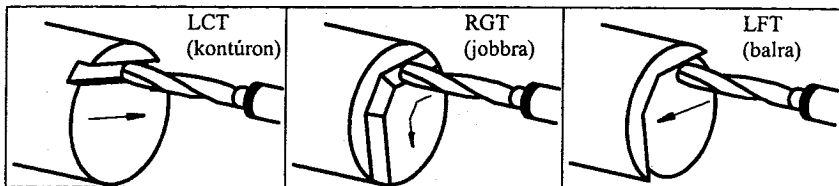
PNo	MODE	#	GRV-WID	DEPTH	FINISH	RV	FV	R-FR1	R-FR2	R-TOOL	F-TOOL
*	MGV	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***
SEQ			SPT-R	SPT-Θ		SPT-Z		FPT-R		FPT-Z	ROUGH
						30		◆		45	7
						20		15		◆	7
1			35		50						
2			30		50						

A palást és homlokfelületen lévő általános helyzetű horony egyenes és köríves lehet (15.33. ábra).

A horony adatait polár- és *descartesi* koordinátákkal is megadhatjuk. A szerszám helyzete a következő lehet (15.34. ábra):

- szerszámközep a kontúron (LCT);
- szerszámközep a kontúrtól jobbra (RGT);
- szerszámközep a kontúrtól balra (LFT).

A művelet általános adatai:



15.34. ábra. A szerszámközep helyzete

PNo	MODE	GRV-WID	DEPTH	FINISH	RV	FV	R-FR1	R-FR2	R-TOOL	F-TOOL
*	LCT(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

(1): szerszámhelyzet a kontúrhoz képest: LCT

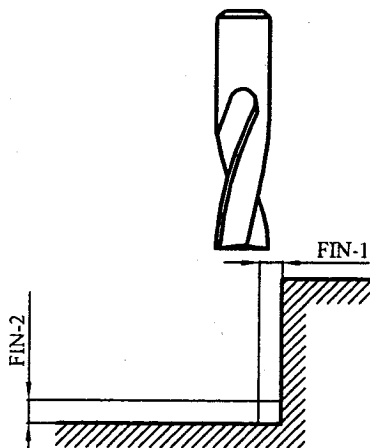
(2)-(10): megegyezik az egyszerű horonymarás (MGV) adataival

PNo	MODE	GRV-WID	DEPTH	FIN-1	FIN-2	RV	FV	R-FR1	R-FR2	R-TOOL	F-TOOL
*	RGT(1) (LFT)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)

(1): szerszámhelyzet a kontúrhoz képest: RGT vagy LFT

(2)-(11): az adatok megegyeznek a horonymarás adataival.

A simítási ráhagyás: (4), (5).

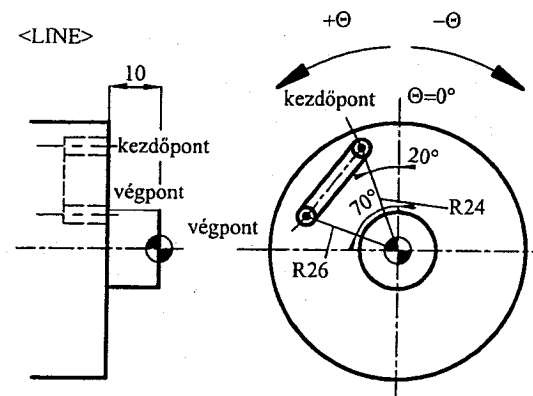


15.35. ábra. A simítási ráhagyás értelmezése

Koordináta adatok bevitele előtt a polár (R, Θ) vagy *descartesi* (X, Y) adatmegadást ki kell választani.

Egyenes horony a homlokfelületen:

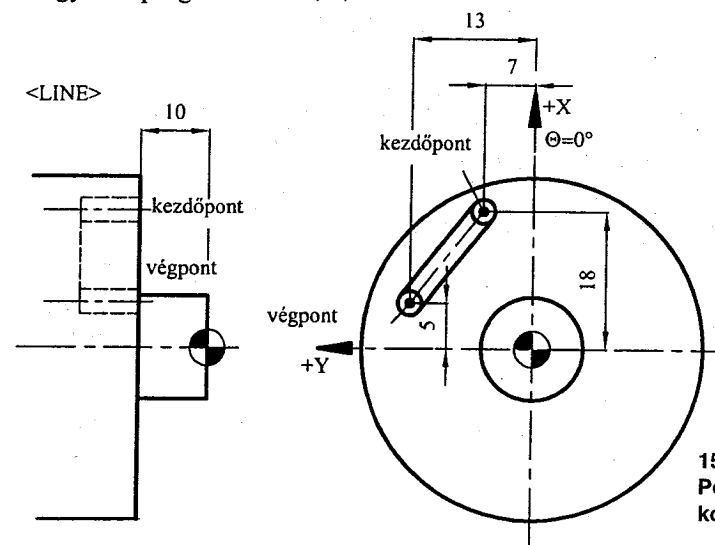
- egyenes programozás: R, Θ, Z



15.36. ábra. Polárkoordinátás megadás

SHP	FPT-R/x	FPT-Θ/y	FPT-Z	F-CNR	RADIUS	ROUGH
STP	24.	20.	10.	♦	♦	
LNE	26.	70.	♦		♦	

- egyenes programozás: X, Y, Z

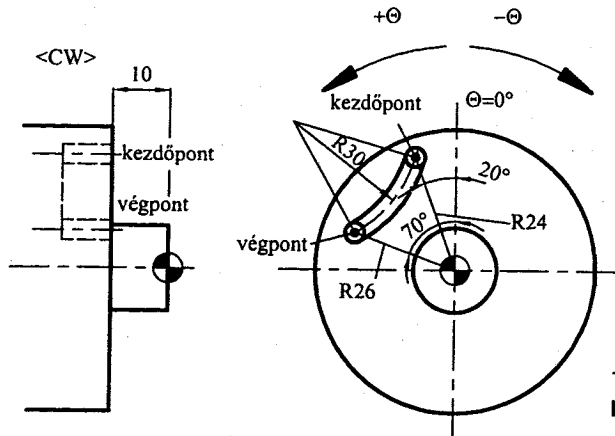


15.37. ábra. Pontmegadás X, Y, Z koordinátával

SEQ	SHP	FPT-R/x	FPT-Θ/y	FPT-Z	F-CNR	RADIUS	ROUGH
1	STP	18.	7.	10.	♦	♦	
2	LNE	5.	13.	♦		♦	

Körhorony a homlokfelületen:

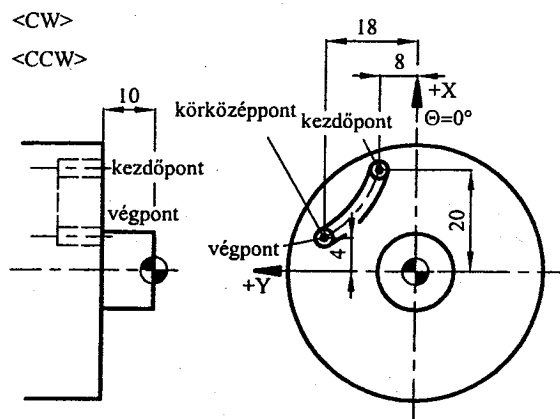
- körprogramozás: R, Θ , Z



15.38. ábra. Körprogramozás polárkoordinátákkal

SHP	FPT-R/x	FPT- Θ /y	FPT-Z	F-CNR	RADIUS	ROUGH
STP	26.	20.	10.	◆	◆	
CW	24.	70.	◆		30.	

- körprogramozás: X, Y, Z

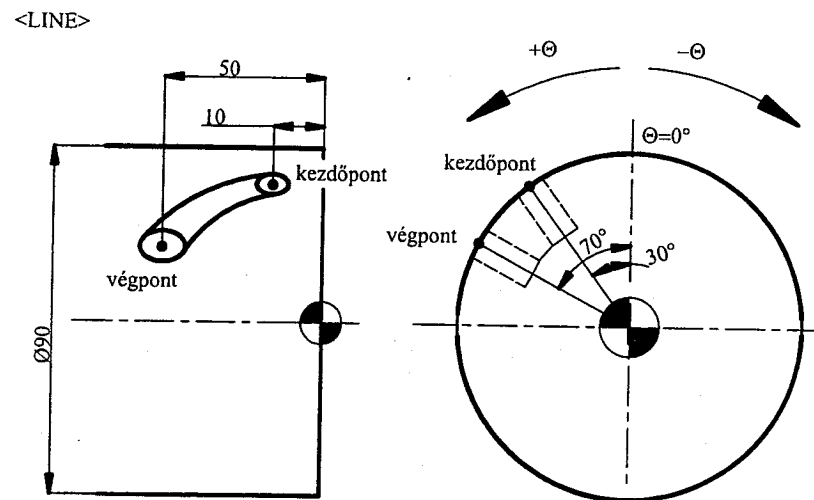


15.39. ábra. Körprogramozás X, Y, Z koordinátákkal

SHP	FPT-R/x	FPT- Θ /y	FPT-Z	F-CNR	RADIUS	ROUGH
STP	20.	8.	10.	◆	◆	
CW	4.	18.	◆		30.	

Egyenes és körhorony a palástfelületen

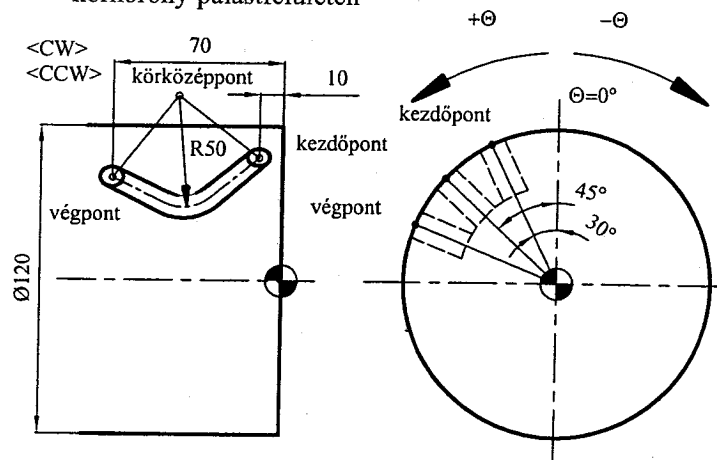
- egyenes horony



15.40. ábra. Egyenes horony palástfelületen

SHP	FPT-R/x	FPT- Θ /y	FPT-Z	F-CNR	RADIUS	ROUGH
STP	45.	30.	10.	◆	◆	
LNE	◆	70.	50.		◆	

- körhorony palástfelületen



15.41. ábra. Köríves horony palástfelületen

SHP	FPT-R/x	FPT- Θ /y	FPT-Z	F-CNR	RADIUS	ROUGH
STP	60.	30.	10.	◆	◆	
CW	◆	45.	70.		50.	

A horonymegmunkálást leíró általános adat rekordot (*LCT, RGT, LFT*) a geometriai adatok rekordjai követik. Először a kezdőpontot kell megadni, majd a geometriai elemeket és a végpontot

SPT: kezdőpont megadása

R: sugárérték (polár)

Θ : szögérték (polár)

Z: koordinátaérték

X: kezdőpont *X* koordinátaértéke

Y: kezdőpont *Y* koordinátaértéke

Z: koordinátaérték

LNE: egyenes horony

CW: körhorony (az óramutató járásával megegyező irány)

CCW: körhorony (az óramutató járásával ellentétes irány)

Az egyenesnél (*LINE*) homlokfelületen (*R, Θ*), ill. (*X, Y*) palástfelületen polárban (Θ, Z), *descartesi* rendszerben pedig (*Y, Z*) adatokat kell megadni. Kör esetén a körsugár programozandó (*RADIUS*).

Ha több elemből álló kontúrt (*RGT, LFT*) írunk le, akkor a kontúrelemeken – a kezdő és végpontjukban – lekerekítés, ill. letörés adható meg.

Felületi érdesség (*ROUGH*) menüből választható $\nabla 1$ és $\nabla \nabla \nabla \nabla 9$ közötti értékben.

Ha programozzuk a felületi érdességet, akkor ebből az értékből a vezérlés határozza meg a sugár- és tengelyirányú simítási előtolási értékeket, beépített paraméterek segítségével, egyébként meg kell adni őket (mm/ford mértékegységben).

15.3.5.4. A második orsó használata

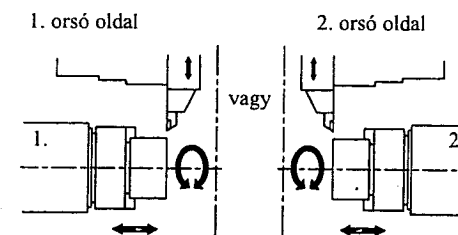
A 15.3.5.2. pontban a 15.23 – 15.26. ábrákon bemutattuk, hogy milyen egyedi és összetett megmunkálások végezhetők kétorsós esztergaközponttal. Most azt vizsgáljuk meg, hogyan programozhatóak a különböző üzemmódok, milyen módon használható a 2. orsó. A kétorsós esztergaközpont használható egyorsós – hagyományos – üzemmódban, amikor is a megmunkálás a kiválasztott orsóban (1. vagy 2.) történik.

PNo.	MODE	TYPE	HEAD	SPDL
*	SEP	(1)	(2)	(3)

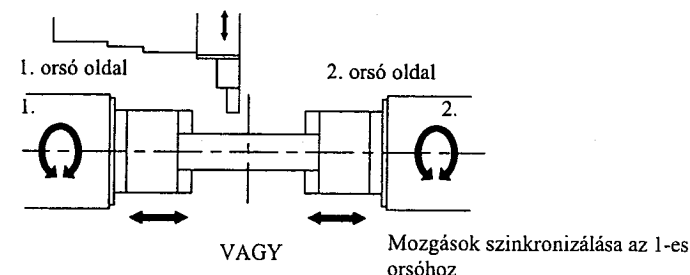
SEP: Az üzemmód kiválasztás rekordja

TYPE: Az üzemmód típusa:

- csak az egyik orsóban van megmunkálás (*SINGLE*);
- a két orsó szinkronizáltan végzi a mozgásokat (*SYNCH*);
- hosszeszterga automata-üzemmód (*SWISS TYPE*).

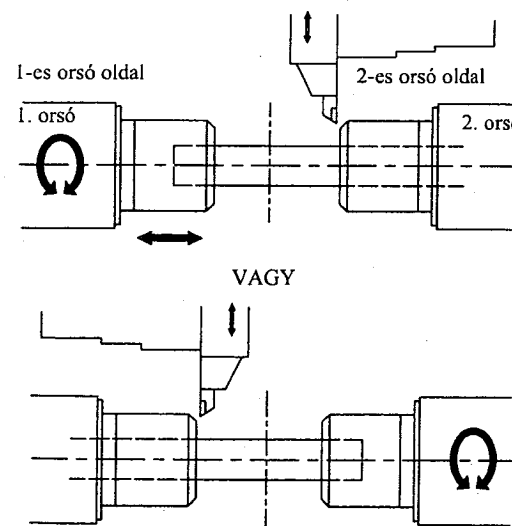


15.42. ábra. Egyorsós üzemmód



15.43. ábra. Szinkronizált üzemmód

Mozgások szinkronizálása az 2-es orsóhoz



Hosszeszterga automata-üzemmódban a *Z* irányú előtoló mozgást a munkadarab végzi olyan módon, hogy a munkadarabot az 1. orsó húzza ki a 2.-ből vagy fordítva. A szerszám a befogás helyén forgácsol, és csak *X* irányú mozgást végez.

Az elrendezés és a különféle mozgások a 15.44. ábrán láthatók. Ilyen üzemmódban általában rúdadalóval és munkadarab elszedővel együtt dolgozik az esztergaközpont.

15.44. ábra. Hosszeszterga automata-üzemmód

HEAD: Az egyedi hoszszterga automata és a szinkronizált üzemmódban a kiválasztott orsóoldalt jelöli.

SPDL: Hoszszterga üzemmódban a forgácsolásra nem kijelölt orsó szinkronforgásának előírása.

A munkadarab szállítása a megmunkálóorsóval

A munkadarab szerszámgépen belüli mozgását, az egyik befogóelemből a másikba való szállítását a megmunkálóorsók összehangolt Z irányú mozgásával lehet megoldani. Kétfajta megmunkálási esetet különböztetünk meg:

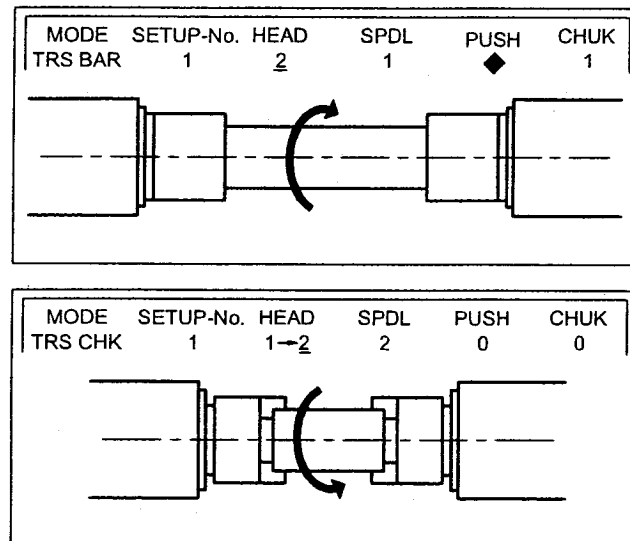
- a munkadarab rögzítése tokmányban történik (CHK);
- az egyik orsónál a rúdtagolóval együtt dolgozik az esztergaközpont (BAR).

Meg kell adni, hogy honnan hova történik a szállítás (HEAD1→HEAD2), (HEAD2→HEAD1), ill. HEAD1 és HEAD2 akkor, ha rúd megmunkálás van.

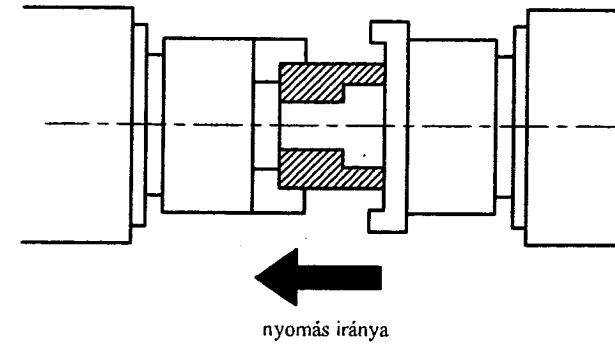
Elő kell írni a főorsótól megkívánt forgómozgásokat, helyzeteket (SPDL). Ezek lehetnek:

- az előző művelet szerinti állapot (KEEP);
- előre forgás (FORWARD), gépparaméterként megadott fordulatszámmal;
- visszafelé forgás (REVERSE) az előzőek szerint;
- C tengelyként pozicionált főorsóhelyzet (AXIS POSITION);
- főorsómegállás és pozicionálás (KEEP POSITION);
- főorsó-előreforgás és pozicionálás (FORWARD POSITION);
- a főorsó visszafelé forgása és pozicionálás (REVERSE POSITION).

Ha tokmányból történik a munkadarab szállítása, akkor előírható (PUSH), hogy a szállítást végző orsó a csere alatt nyomást gyakoroljon a munkadarabra.



15.45. ábra. A szállítás típusának kijelölése (CHK, BAR)

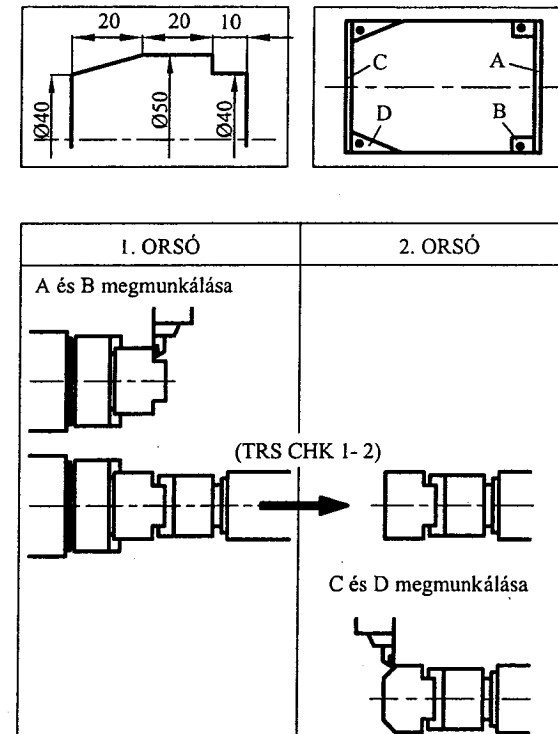


15.46. ábra. A tokmány nyomása szállítás alatt

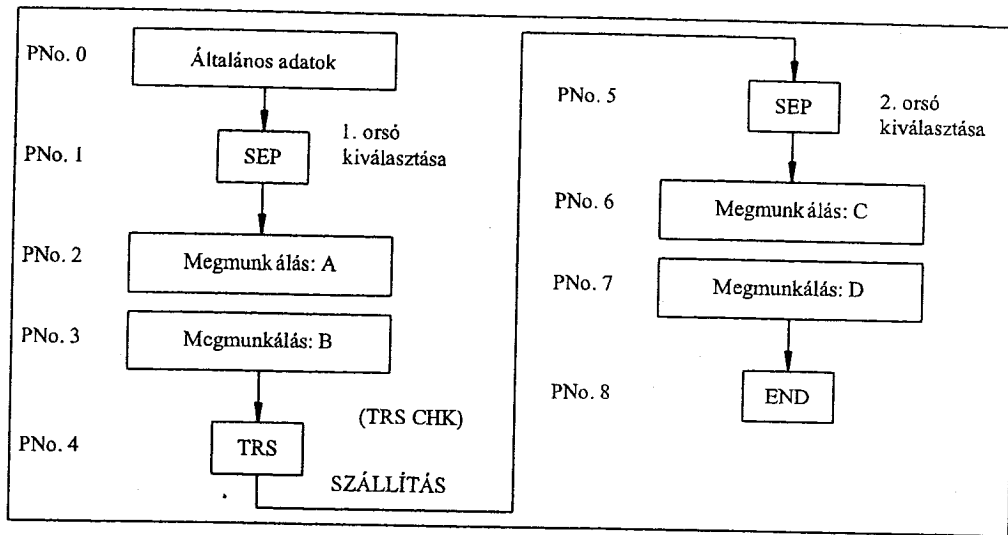
A szállítási koordinátákat – a munkadarab átvételét és új helyét – a SETUP menüpontba kell a vezérlésen megadni.

Nézzünk egy példát a 2. orsó használatára:

Munkadarab megmunkálása két műveletben, tokmányban történik.



15.47. ábra. Munkadarab megmunkálása tokmányban



15.48. ábra. Az alkatrészprogram szerkezete

A program:

PNo.	MAT	OD-MAX	ID-MIN	LENGTH	RPM	FIN-X	FIN-Z	WORK FACE	MPX	FIN-LENGTH
0	CBN STL	50.	0.	52.	2500	0.3	0.1	1.	0	50.
PNo.	MODE	TYPE	HEAD	SPDL						
1	SEP	SIN	1	♦						
PNo.	MODE				RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
2	EDG FCE				120	160	0.3	2.	1	2
SEQ			SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z				ROUGH
1			50.	1.	0.	0.				▼▼4
PNo.	MODE	#	CPT-X	CPT-Z	RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
3	BAR OUT	0	50.	0.	150	250	0.25	3	9	4
SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	RADIUS/θ	ROUGH	
1	LIN	C 0.5	♦	♦	40.	10		♦	▼▼4	
PNo.	MODE	SETUP-No.	HEAD	SPDL	PUSH	CHUCK				
4	TRS CHK	1	1→2	1	1	♦				
PNo.	MODE	TYPE	HEAD	SPDL						
5	SEP	SIN	2	♦						
PNo.	MODE				RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
6	EDG BAK				150	250	0.3	2.	5	6
SEQ			SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z				ROUGH
1			50.	-51.	0	-50.				▼▼4
PNo.	MODE	#	CPT-X	CPT-Z	RV	FV	R-FEED	R-DEP.	R-TOOL	F-TOOL
7	BAR OUT	0	50.	50.	150	250	0.3	2.5	7	8
SEQ	SHP	S-CNR	SPT-X	SPT-Z	FPT-X	FPT-Z	F-CNR/\$	RADIUS/θ	ROUGH	
1	TPR	C 0.5	40	50.	50.	30.		♦		
PNo.	MODE	COUNTER	RETURN	Wk No.	CONT. NUM.	SHIFT				
8	END									

A program a PNo1, PNo4, PNo5 rekordjaiban szerepelnek az orsók kijelölésével és a munkadarab mozgásával kapcsolatos utasítások.

PNo1. SEP: Üzemmod és megmunkáló orsó kijelölése
 SIN: Az egyik orsó dolgozik
 HEAD: 1. Az első orsó kijelölése

PNo 4. TRS: A munkadarab-szállítás előírása
 CHK: A munkadarab rögzítése: tokmányban
 SETUP: 1. A szállításhoz tartozó adatbeállítások sorszáma
 HEAD: 1→2: A szállítás az 1. orsóból a 2. orsóra történik
 SPDL: 1. A munkadarab a szállítás alatt előre forog.
 PUSH: 1. A munkadarab átvételekor a második orsó nyomást fejt ki a munkadarabra

PNo 5. A második orsó kijelölése (lásd: PNo.1)

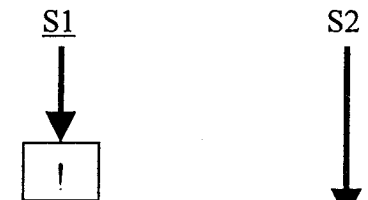
15.3.6. Kétszános esztergagépek programozása (forrás: [5])

Kétszános esztergagépeknél gyakorlatilag két alkatrészprogram fut párhuzamosan. A vezérlések alkalmasak arra, hogy a programok futását szinkronizáljuk. Az egyik programból a másik indítható, ill. megállítható. Az alkatrészprogramban ezt egy speciális jellel lehet előírni. Legyen ez: ! (felkiáltó jel)

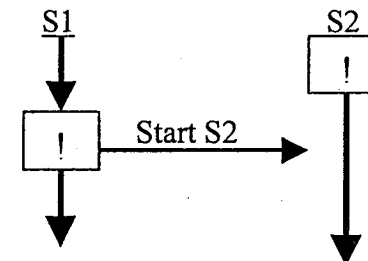
Az 1. orsóhoz tartozó alkatrészprogramba \$ S1, a 2.-ban pedig \$ S2 címszó szerepel.

Hogyan szabályozható a két szán működése, a programok futása? Ezt mutatjuk be a következő lépésekben.

1. S1 és S2 egyszerre indul, majd az S1 megáll



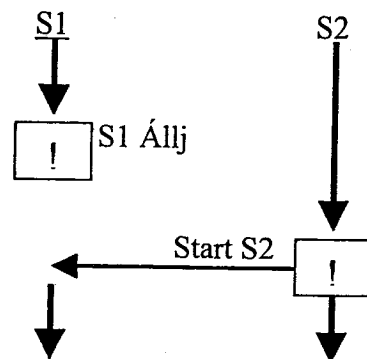
2. Az S1 indul, az S2 áll, majd S2-öt az S1 indítja



3. Az S1 és S2 párhuzamosan fut

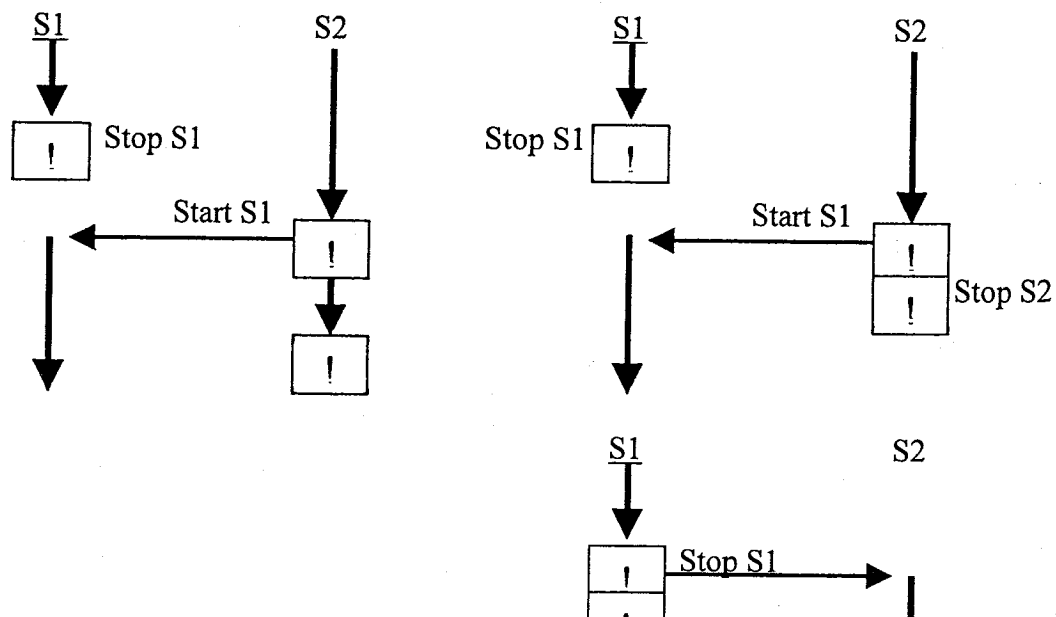


4. Az S1 és S2 párhuzamosan indul, az egyik megáll, majd a másik indítja

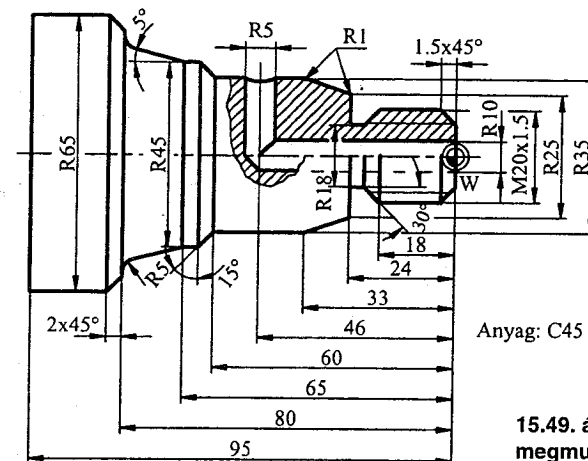


Összegezve:

- a szinkronizáló jel (!) megállítja azt a programot, amelyben szerepel, de a másik folyamatosan fut;
- a szinkronizáló jel indítja a másik szárhoz tartozó programot ha eddig állt. Az a program tovább fut, amelyben a jel szerepel;
- ha az egyik programból a másikat indítani akarjuk és egyúttal a szinkronizáló jelet (!) tartalmazót pedig megállítani akarjuk, akkor egymás után két jelet (!) kell programozni.

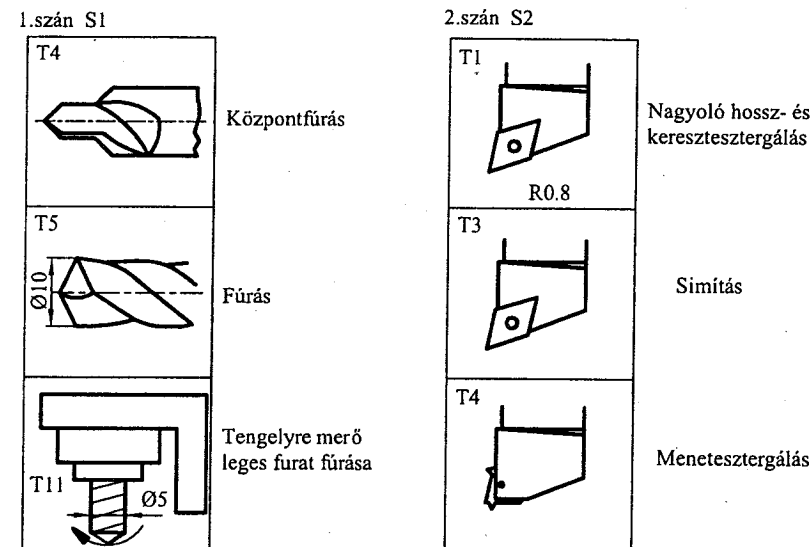


Alkalmazási esetként nézzük meg a 15.49. ábrán látható munkadarab kétszános programját (forrás: [5]).



15.49. ábra. Munkadarab kétszános megmunkálásra

Műveletek szánonként:



15.50. ábra. Szerszámok szánonként

Az alkatrészprogram:

%	\$2
O100	25: G59 X0 Z175
\$1	(HOSSZ ÉS KERESZT ESZTERGÁLÁS)
1: G59 X0 Z175.	26: N1 G96 V180 T101 M4
(STOP S1)	27: G0 X70. Z0 M8
2: !	28: G1 X-1.8 F0.2
	29: G0 X65. Z2.
(KÖZPONTFÚRÁS)	30: G71 P50 Q60 I0.5 K0.1 D3. F0.3
	31: G26 M9
	32: (START S1)
	!
3: N4 G97 V20. X12. T404 M3	33: T303
4: G0 X0 Z2. M8	34: G0 Z2.
5: G1 Z-5. F0.1	(STOP S2)
6: G25 M9	35: !
(HOSSZIRÁNYÚ FÚRÁS)	
7: N5 G97 V25. X10. T505 M3	
8: G0 X0 Z2. M8	
9: G83 Z-46. D22. H4. F0.1	
10: G26 M9	
(START S2)	(SIMITÁS)
11: !	36: N3 G96 V230. T303 M4
12: T1111	37: N50 G46
13: G0 Z-46.	38: G0 X6. Z1. M8
(STOP S1)	39: G1 Z0 F0.5
!	40: G1 X20. D1.5 F0.15 E0.05
	41: G1 Z-18.
	42: G1 X18. A210.
	43: G1 Z-24.
	44: G1 X25. R1.
	45: G1 X35. Z-33. R1..
	46: G1 Z-60.
	47: G1 X45.. A105.
	48: G1 Z-65.
	49: G1 Z-80. A175. R5.
	50: G1 X6. D2.
	51: G1 W-3.5.
	52: N60 G40
	53: G26 M9
(KERESZTIRÁNYÚ FÚRÁS)	(START S1)
14: N11 T1111 M5	54: !
15: G94 B061500 M24 M22	(STOP S2)
16: G0 Z-46.	55: !
17: G0 X36. M8	
18: G1 X-5. F150	
19: G0 X36.	
20: G26 M9 M25	
21: G95	
(START S2)	(MENETESZTERGÁLÁS)
22: !	56: N4 G97 V100 X20. T404 M3
(STOP 1)	57: G0 X22. Z5.
23: !	58: G76 X18.16 Z-23.5 K0.92 H8. F1.5 A50.
	59: G26 M9
	(START1)
	60: !
24: M30	61: M30
	%

\$1 program értelmezése

- 1: Nullpontáthelyezés
- 2: Az első szán megállítása
- 3-5: Központfúrás T4-es szerszámmal
- 6: Gyorsmeneti pozicionálás szerszámváltáshoz →
- 7-9: Hosszirányú fúrás: Ciklus G83
 - Z: fúrasi mélység
 - D: az első fúrás mélysége
 - H: a maradék részhez tartozó kiemelési ciklusok száma
- 10: Gyorsmeneti pozicionálás szerszámváltáshoz
- 11: A 2. szán indítása
- 14: Keresztirányú fúrás (forgó szerszám:T11)
- 15: Technológiai adatok beállítása:
 - G94: [F]=mm/min
 - B061500: [S]=1500 1/min
 - M24: Forgó szerszám M04 irányban
 - M22: Szervóhajtás bekapcsolása
- 20: A forgó szerszám megállítása (M25), váltási helyhez pozicionálás (G26: először X, majd Z irányban)
- 22: A 2.szán indítása
- 23: Az 1. szán leállítása

\$2 program értelmezése

- 25: Nullpontáthelyezés
- 26: T101-es szerszámmal először oldalazás majd hosszesztergálás
- 27: Pozicionálás
- 28: Oldalazás
- 29: Pozicionálás a hosszesztergálási ciklushoz
- 30: Hosszesztergálási ciklus:
 - A kontúrleírás első mondata: P50 (N50 a 37-es számú sorban)
 - A kontúrleírás utolsó mondata: Q60 (N60 az 52-es számú sorban)
 - Simítási ráhagyás X irányban: I0.5
 - Z irányban: K0.1
 - Fogásvétel: D3
 - Előtolás nagylóaskor: F0.3
- 31: Gyorsmeneti pozicionálás szerszámváltáshoz
- 32: Az 1. szán indítása
- 35: A 2. szán leállítása
- 36: Simítás szerszámhely: T303
- 37: A simítási kontúrhoz tartozó első mondat
 - G46: a szerszámsugár-kompenzáció bekapcsolása
- 40: A homlokl felület simítása (X20), letörés mérete: D1.5, az előtolás a letörés esztergálásakor: E0.05
- 51: Növekményes elmozdulás Z irányban: W-3.5
- 54: Az 1. szán indítása
- 55: A 2. szán leállítása
- 58: Menetesztergálás
 - X: a magátmérő koordinátaértéke
 - Z: a menetesztergálás végpontja
 - K: a menetmélység
 - H: a fogások száma
 - F: menetemelkedés
 - A: fogásvételi szög.
- 59: Pozicionálás
- 60: Az 1. szán indítása

Irodalom

- [1] Erdélyi Ferenc: A technológiai menedzsment informatikai eszközei. Információs rendszerek. PHARE-TDQM-HU-9305.01-1383, Miskolc, 1997
- [2] Alfred Reichard: Fertigungstechnik 1. Handwerk und Technik, Hamburg, 1994
- [3] Manfred Weck: Werkzeugmaschinen – Fertigungssysteme Band 1. VDI Verlag, Düsseldorf, 1991
- [4] Graham T. Smith: CNC Machining Technology, Springer – Verlag London Limited, 1993
- [5] Eckart Hasang, Peter Kirschenmann, Helmuth Wirth: Practical CNC-Training for Planning and Shop, Part 3a: Turning and Complete Machining on Single and Twin-Slide Turning Centers, Hanser Publishers, Munich, Vienna, New York, 1991
- [6] Mike Lynch: Computer Numerical Control for Machining, McGraw-Hill, Inc., 1992
- [7] Mike Lynch: Computer Numerical Control Advanced Techniques, McGraw-Hill, Inc., 1992
- [8] Joseph Pusztai, Michael Sava: Computer Numerical Control, A Prentice – Hall Company, Reston, 1983
- [9] Programme für CNC-Drehmaschinen und CNC-Fräsmaschinen, Verlag R. Keller, Wuppertal, 1984
- [10] Chao-Hwa Chang, Michel A. Melkanoff: NC Machine Programming and Software Design, Prentice-Hall International, Inc., 1989
- [11] CNC-Ausbildung für die betriebliche Praxis, Teil 3: Drehen, Teil 4: Fräsen, Hanser Verlag München, Wien, 1986
- [12] Industrial automation systems. Physical device control. Coordinate systems and motion nomenclature., ISO 841
- [13] Numerical Control of Machine. Program format and definition of address words ISO 6983-1, ISO 6983-2, ISO 6983-3
- [14] Extended Format and Data Structure, ISO 6132
- [15] Probe Software for Machine Tools. RENISHAW Data Sheet, H-2000-2282-04-C
- [16] Manfred Berg, Siegfried Keller: MAHO – Schulungsunterlagen, R&S. Keller GmbH., Wuppertal, 1991
- [17] NCT 98M Programozási leírás, NCT Kft., 1998
- [18] Programming Manual for CINCINNATI MILACRON AVENGER 2-Axis Turning Centers. Publication no.: 6-TC-94073, Part no.: 3431027
- [19] Programming Manual for Mazatrol T-Plus, Manual number: H732PA0073E
- [20] Programming Manual for Mazatrol M-Plus, Manual number: H733PG0011E
- [21] MAZATROL FUSION 640, PC – FUSION – CNC, Promotion CD, 1999
- [22] SINUMERIK 840/FM-NC Programming Guide, User Documentation, 6FC5 298-0AB00-0BP1
- [23] SINUMERIK System 3 System 8 Meßzyklen, Teil 1, Allgemeine Beschreibung und Meßzyklen für Drehmaschinen
- [24] SINUMERIK System 3/8/810 Meßzyklen, Teil 2, Beschreibung Meßzyklen für Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren
- [25] SINUMERIK 810T Programming Instructions
- [26] PHILIPS CNC 3000 Series Programmers Manual
- [27] Automation for Turning Centres, PHILIPS documentation, 9498.732.00212 7/13
- [28] FANUC Operator's Manual, Series 16i/18i/160i/180i-Model TA, B-63004EN/01
- [29] FANUC Operator's Manual, Series 16i/18i/160i/180i-Model MA, B-63014EN/01
- [30] FANUC Operator's Manual, Series 21i/210i-Model MA, B-63094EN/01

Tárgymutató

A, Á

- abszolút érték 167
- és növekményes adatmegadás értelmezése a fűrészi tengely irányában 185
- – relatív méretmegadás 52
- méretmegadás 52, 239
- adat 37
- adatátviteli módok 226
- adatfeldolgozás NC-gépen 13
- adatfeldolgozó utasítások csoportosítása 175
- adatkiadás 170
- additív aritmetikai műveletek 166
- adott pontmintázaton lévő furatok fűrésze 107
- alak- és mérrethibák mérése 231
- alakzat marása (G1) 107
- alámetszések 131–134
- alászúrás megmunkálása simításkor 267
- alkatrészprogram felépítése 36, 258
- összcállítása párbeszédés programozáskor 258
- szerkezet 342
- alprogram alkalmazására példa 42
- és regiszter összcendelése 161
- alprogramhívásra példa 162
- általános adatok programozása
- megmunkálóközponton 281
- rekordja 260
- adatrekord 293
- AMIRROR és MIRROR 95
- anyagmozgatás, NC-gépeken 20
- APT (Automatic Programming Tools) származéknyelv 36
- archimedesi spirál paraméteres egyenlete 319
- aritmetikai „és” 167
- kizáró „vagy” 167
- műveletek 157
- – és függvények 166
- vagy 166
- arkusz szinus 167
- tangens 167
- AROT és ROT használatára példa 91
- átmenő mérés 242
- átmérőmérés 252
- Automatic Programming Tools, APT származéknyelv 36
- automatikus előtolás-csökkentés: G62 141

- automatikus geometriai számítások 100
- gyorsítás, lassítás 138
- sugárkorrekció alkalmazása (pályagenerálás) 122
- szerszámcsere 147

B

- balmenetes mélyfűrészciklus 190
- balmenetsűrés ciklus 190
- BCD szám bináris alakítása 167
- belső adatbázis 17
- bemenő adatok tárolása NC-gépen 13
- beszúrás ciklus 219
- geometria, hiányos 270
- beszúrások mérése 243
- bináris szám binárisan kódolt decimálissá alakítása 167
- biztonsági tartomány 229
- tér kijelölése 99
- zóna 99
- borda/horony mérése 250
- bordaközépvonal mérése 231

C, CS

- ciklusok programozásának nyelvi eszközei 181
- ciklusszervezés 169, 214
- cím 37
- jelentése 38
- címbeű 37
- CIP (Circular interpolation via Intermediate Point) 63
- CNC, (Computer Numerical Control) 160
- vezérlés fő szoftvermoduljai 16
- – sematikus ábrázolása 15
- Computer Numerical Control, CNC 160
- control data 17
- C tengely 308
- csap/furat mérése 249
- csapátmérő mérése 231
- csavarvonal-interpoláció 64

D, dd

- D cím programozása 188
- távolság értelmezése, fűrészkor 188
- direktrixgörbe 304

dörzsölési ciklus, G85 194
durva öntvénybcmérés 230
dd-f diagram 238

E, É

egy operandusú műveletek 166
egyéb mérési alprogramok 252
egyedi és összetett megmunkálások 327
– furat programozása 299
– pont mérése 252
egyenes–egyenes, pályára állás alapesete 125
– és érintőkör 114
– – kör érintő csatlakozása 101
– – – metszése 101
– – körhorony a palástfelületen 337
– horony a homloklfelületen 335
– – palástfelületen 337
– horonymarás 315
– kontúrelem hajlásszöge 100
– –egyenes hajlásszöge 100
– –kör, pályára állás alapesete 125
egyenesvonalúság mérése 232
„egyenlő” 168
egyenközű pálya 123
egyirányú pozicionálás 55
egysoros megmunkálás 262
egypontmérés 233
egység-hossz-korrekcio 120
egységnyi sugár és korrekció 121
egység-sugár-korrekcio 116
– – – alkalmazására példa 118
egysoros üzemmód 339
egyszerű fix ciklusok 204, 207
– fűróciklus 182
– nagyolóciklus 208
elemi fix ciklusok 204
– mentesztergálási ciklus 206
– oldalazási ciklusok 207
elmozdulás általános helyzetű egyenesek mentén 113
– főrsó-orientálás után 186
– gyorsmenettel 53
– párhuzamos az X vagy Y tengellyel 112
előgyártmány befoglaló mérete 261
– leírása, megadása 263
– mérése 230
előtolás és a fordulatszám kapcsolata 137
– – – pálya kapcsolata 143
– forgó és lineáris tengelynél 137
– – tengelycknél 138
– lineáris tengelynél 137
– programozása 136
– –csökkentés esetei 142
– –idő diagram 237
– –korrekció (feed override) 137

előtolás vezérlése 140
– -változtatás (override) tiltása 142
előtolás értelmezése 87
– és forgatás 89
– programozása 88
– -transzformáció 86
erőkorlát 324
érték szerinti elágazás 159
értékkadás 166
eszterga és esztergaközpontok fix ciklusai 204
– – – programozása 259
esztergagépek szerszám-bemérő tapintójának hitclesítése 235
– koordináta-rendszere 28
esztergagépre mérési alprogramok 252
esztergaközpont programozása 259, 304, 309
– koordináta-rendszere 29
– műhelyszintű (párbeszéd) programozása 326
esztergaközpontokkal megmunkálható jellegzetes felületek 306
esztergaközpontra mérési alprogramok 252
esztergálási feladat 57
– fix ciklusok 204
– műveletelemek esztergaközpontokon 259
– típusok, kezdőpontok 265
esztergáláskor pozicionálások 56
esztergaszerszám lekerekítési sugarának helyzete 51
– programozott pontja 45
executiv 17
exponenciális 167
– (változó) gyorsítás-lassítás 139

F

feltétel nélküli elágazás 168
– – ugrás 158
feltételes elágazás 168
– utasítás 159
felületek méret- és helyzetellenőrzése 222
ferde síkok mérése 253
finom korrekció 47
fix (rögzített) gépi nullpont 24
fogásvételek meghatározása 217
folyamatos élmérés 234
– előtolás 140
– forgácsolás 142
– gyorsítás 139
FOR ciklus 159
fordulatszám programozása 145
fordulatszámkorlát programozása 145
forgácsolási adatok programozása 309
– paraméterek automatikus meghatározása 257
forgásfelület generálása 304
forgatás és előtolás 89
– lépései 90

forgatás programozása 88
– -transzformáció 88
fotóelektronos jelátvitel 227
főrsó-pozíció programozása 309
fűrás 104, 284
– végpontja (talppontja) 187
fűrási pontmintázatok 107
fűrásmélység 187
fűrások programozása 329
furat általános adatainak megadása 299
– pozíciója 186
– /csap mérése 249
furatadatok 300
furatátmérő mérése 231
furatmegadás 330
furatmegmunkálás (pontmegmunkálás) megmunkálóközponton 280
furatmegmunkálási ciklusok 184
furatok egyenes mintázata 204
– körön 331
– osztókörön 202
fűró programozott pontja 45
fűróciklus 182
– általános mozgásciklusai 185
– és a pontmintázat használatára példa 202
–, G81, G82 192
–, kiemelés gyorsmenettel 192
– várakozással, kiemelés gyorsmenettel 192
fűrórudas megmunkálás, G76 191
fűrórudal végvezető fűróciklusok, G86-G88 195
függvények 167

G

G09 használata 140
G73 alkalmazására példa 215
generátorgörbe 304
geometriai, aritmetikai képességek 257
– elemek, kezdő és végpontok megadása 266
gépi referenciapont 22
globális változó 165
grafikus ellenőrzés XY és XZ síkban 299
– képernyő 256

GY

gyártás és gyártóeszközök NC-gépeken 19
– pontosságát befolyásoló hibaforrások 221
gyorsítás, lassítás, automatikus 138
gyorsítási, lassítási stratégiák 139
gyorsítási-lassítás G00 programozáskor 53
– – – lineáris (állandó), exponenciális (változó) 139
gyorsmeneti pozicionálás 53
gyorsmenettel elmozdulás 53
gyorsulás miatti pályahiba 139

H

H1 programozásra példa 103
hagyományos NC-programozás 255
haladás a kontúrön 127
hálózati modul 16
hardverkezelő rutinok 18
három ponton átmenő kör 63
háromtengelyes lineáris interpoláció 58
hatszögmarás 105
helyzethibák mérése 233
hengeres felületek hosszsztergálása 205
– menet 75
– palást és kúpfelület elemi hosszsztergálási ciklusa 205
hengeresség mérése 232
hengerinterpoláció 67
hengerinterpolációra példa 68
hiányos kontúrelemek 268
hiányzó koordináták meghatározása hiányzó adatok esetén 269–273
hibavizsgálat 319
hivatkozás változókra 164, 174
homlokmarás általános rekordja 295
homlokmarási ciklusok 297
homlokmarások 285
horonyok, általános helyzetűek 333
horony a homloklfelületen 336
– a palástfelületen 337
– /borda mérése 250
horonymarás 58, 108, 316, 329
– geometriai adatai 333
–, G89.2. 198
– mozgásciklusa 332
horonymarási ciklus 198
horonyszélesség mérése 231
hossz- és keresztirányú nagyolás 208
hosszszterga-automata üzemmódja 339
– – – típusú megmunkálás 329
hosszsztergálásra példa 267
hosszmérés 242
hossznagyolásra példa 209

I

I, J, K értelmezése 187
ikerorsós gép 306
ikertárcsamaró 308
illesztőmodulok 16
induktív jelátvitel 226
inicializálási távolság 282, 293
interaktív bemenőadat-összeállítás 256
interferencia kiszűrése 133
interferenciák, alámetszések pályageneráláskor 131
interferencia-vizsgálat 132
interpoláció, lineáris 57

interpolációs állandók menetesztergáláskor 74
– paraméterek a DIN szerint 59
– – DIN-től eltérő értelmezése 60
interpolátor 16
irányváltások G42→G41 129
irányváltozások 129
ismétlési szám (L), fűráskor 187

J

jel 37
jelátviteli módok 227

K

K és I kapcsolata 214
kapcsoló típusú tapintó 224
kerékítések 168
készletelési idő bizonytalansága 238
kész alkatrész hosszmerete 263
– munkadarabok ellenőrzése 230
két kör közös érintési pontja nem ismert 272
– – metszéspontja nem ismert 272
– kúp metszéspontja ismeretlen 271
kétoldali megmunkálás rúdanyagból 328
kétorsós, kétszános esztergaközpont koordináta-
rendszere 29
– szerszámgep használata 327
kétszános esztergaképek programozása 343
– esztergaközpont 30
kézi szerszámcsere 147
kibővített NC-nyelv paraméteres programozásra
160
kicsinyítés-nagyítás 95
kiemelés gyorsmenettel fűróciklusban 192
kiemelések a fogás végén 265
„kisebb mint” 168
„kisebb vagy egyenlő” 168
kisminta készítése 96
kiterjesztett formátumos nyelvek utasításainak
feldolgozása 40
– NC-nyelv paraméteres programozáshoz 156
– nyelv alkalmazására példa 159
kivonás 166
konstrukciós tervezés, NC-gépeken 19
kontúr- (LINE) programozás 298
– definíciója paraméterekkel 102
kontúralámetszések 131
kontúrelemek hiánya 268
kontúrkövetés irányának befolyásolása 128
kontúrkövető nagyoló ciklus, G73 213
kontúrmarás 285, 298, 308
– általános rekordja 298
kontúrmenti marás megmunkálóközpontra 280
kontúrprogramozás 287
konvertálások 167
koordinátairányok kijelölése 21

koordináta-rendszer 21, 326
– – felvétele 26
koordinátatengelyek NC-címei 28
koordináta-transzformáció 84
korrekció előjele különböző esetekben 48
korrekciós értékek 152, 228
– – hatása 47
– – módosítása 153
– regiszterek megadása 149
– – szerkezete 151
– vektorok a kontúrelemek kezdő és végpontjaiban
123

koszinusz 167
kör és a kúp közös érintője ismeretlen 271
– – egyenes metszése 103
– – kör érintő csatlakozása 101
– kezdő vagy végpontja nem ismert 269
– középpontja ismert csak 269
– programozása palástfelületen 313
körbejárás irányok 59
körből spirál 95
körhiba 61
körhorony homlokfelületen 336
– palástfelületen 337
– marása 313
körinterpoláció 105, 108
– programozása 58
köríves horony palástfelületen 337
körkörösség mérése 231
körközéppont adatainak megadása 59
– és középponti szög 61
körmarás (C0W, CCW), G71, G72 189
körmarási ciklusok 188
körmérés (G46) 246
– lépcsői 247
körprogramozás középponti szöggel 63
– polárkoordinátákkal 336
– X, Y, Z koordinátákkal 336
középponti szög és körközéppontok 61
középponti processzor 16
kúp (TPR) kezdő vagy végpontjának nem minden
koordinátája ismert 269
– és a kör metszéspontja ismeretlen 271
kúpos felületek hosszesztergálása 205
– menet 76
különböző körasztalhelyzetekhez tartozó nullpont
84.
külső sinmeghajtó 16
– belső esztergálás 264

L

L használata 187
lassítás, gyorsítás, automatikus 138
– – gyorsítás G00 programozáskor 53
lassítási, gyorsítási stratégiák 139

lassulás miatti pályahiba 139
L_c méretű lekerekítés a munkadarabra 141
lebegő gépi nullpont 23
– – –, megmunkálóközpont 25
– – –, NC-gépé 22
leélezés 101
lekerekítés 101
– és letörés értelmezése 266
lineáris (állandó) gyorsítás-lassítás-, exponenciális
(változó) 139
– interpoláció 56, 107
logaritmus funkciók 158
logaritmus 167
logikai műveletek 157
lokális változók 165

M

machine data 17
makróhívás kódja 161
Manufacturing Messages Specification, MMS 16
marás „C” tengellyel 312
– palástfelületen 313
– homlokfelületen 316
– megmunkálóközpontra 281
– merőleges tengelyű szerszámmal 308
– párhuzamos tengelyű szerszámmal 308
marás tárcsamarával 307, 309
marási fix ciklusok 195
–, fűrási műveletelemek esztergaközpontokon 260
marófej és szármáró 291
marószerszám programozott pontja 45
– definíciója 292
másodfokú parabola interpoláció 70
második orsó használata 338
– (segéd)orsó használata 323
megállítási (stop) tiltása 142
meghajtók 18
megközelítés speciális esetben 126
megközelítési pont (R pont), fűráskor 187
megmunkálás pozícionált főorsóval és forgó
szerszámmal 306
– rúdanyagból tokmányban 328
– tokmányban 341
–, sebesség és pozíció szabályozott főorsóval (C
tengely) 308
megmunkálóközpontok fix ciklusai 183
– koordináta-rendszere 30
– koordináta-rendszerei (lebegő gépi nullpont) 25
– mozgásirányai 30
– programozása 277
megmunkálóközpontra mérési alprogramok 252
mélyfűróciklus G83 192
mélyfűróciklus, nagysebességű 189
memória 16
menetemelkedés fordulatonkénti változása 80

menetemelkedés programozása 74
menetes furat általános adatai 300
– – szerszámsekvenciái 301
menetesesztergálás 74, 205, 216
menetesesztergálási ciklus 216
– –, clemi 206
menetesesztergáláskor interpolációs állandók 74
menetesesztergálásra példa 218
menetfűrés, G84 194
menetfűróciklus (balmenet), G74 190
menetmarás 65
mérhető felület megközelítése 229
mérés a maradék út törlésével 236
– clvc 223
– eredményeinek felhasználása 247
– és számítás végrehajtása G kóddal 241
– fix ciklusok felhasználásával 249
– folyamata 229
– különböző G kódok alkalmazásával 245
– programozása 221, 229, 288
– – megmunkálóközpontra 288
– tapintóval 223
mérési alprogramok esztergaképre és esztergaköz-
pontra 252
– – megmunkálóközpontra 252
– eredmények felhasználása 227
– feladat mozgásciklusa 244
– hiba diagram 238
mérés-művelet elem esztergaközpontokon 260
méret- és alakhibák mérése 231
mérő típusú tapintó 224
mérőelemek hitelesítése 235
mérőfej ismétlési pontossága 227
– kialakítása 225
mérőtapintók csoportosítása 224
metsző egyenes és kör 115
M funkciók programozása 154
mínusz 166
MIRROR és AMIRROR 95
MMS, (Manufacturing Messages Specification)
16
modulo képzés 167
mondatfelépítés szabályai 42
mondatszám 38
monitoring 16
mozgás a kontúrúg vagy a kontúron túla 124
– G31 mellett 237
mozgásciklusok ábrázolása 183
mozgásirányítási módok számjegyevezérlésnél 35
mozgások pályavezérlésnél 34
– pontvezeérlésnél 32
– szakaszvezeérlésnél 33
multiplikatív aritmetikai műveletek 167
munkadarab- és szerszámmérések 221
munkadarab kétszános megmunkálásra 345

munkadarab koordináta-rendszer 21, 294
– koordináta-rendszerének megválasztása 26
– mérése 225, 227, 229
– mérés: nullpontmérés 222
– szállítása a megmunkálóorsóval 340
– szállítása egyik orsóból a másikba 260
– tűrése 229
–-szállítás 325
– – a két orsó között 324
munkaeltolódás 136
műhelyszintű (párbeszéd) programozás 255 műveletcímek homlokmarásánál 283
– leírása 264
– menetes furatkészítésnél 284
– menüi 260
– programozása 329
– számszámrendje 296

N, NY

nagyítás- kicsinyítés 95
„nagyobb mint” 168
„- vagy egyenlő” 168
nagyoló hosszsztergálási ciklus, G71 210
– oldalazási ciklus, G72 213
– – összetett ciklus 212
nagysebességű mélyfűrészciklus, G73 189
NC, (Numerical Control) 13
NC-gépek előnyei, hátrányai 18
– – (cszterga) koordináta-rendszerei 22
– – irányítása 13
NCL programozási nyelv 36
NC-program interpreter 17
– programozás nyelvi eszközei 36
negáció 166
négyzetmarás 317
négyzetgömbmarás 196
négytengelyes csztergáló központ mozgásrendszerre 305
négyzetgyökvonás 167
„nem egyenlő” 168
növekménycs adatmegadás értelmezése a fűrésztengely irányában 185
– és abszolút adatok a fűrésztengely irányában 185
nullkör-programozás 130
nullponteltolás 31, 82
nullpontmérés 230
nullpontmódosítás 80
nullpontrekord 295
Numerical Control Language – NCL – programozási nyelv 36
Numerical Control, NC 13
nyelv változói 174

O

oldalazási ciklus 206
oldalazásra példa 209
operációk prioritási szintjei 158
optikai elven történő jelátadások 227
osztás 167
override (előtolás-változtatás) tiltása 142

Ö

összcadás 166
összehasonlító műveletek (relációk) 157
összetett ciklusok 209
– fix ciklusok 204
– kontúrmetézők (kúp-kör-egyenes) 273
összetett megmunkálások 327
– – két orsóval 262

P

pálya és az előtolás kapcsolata 143
pályagenerálás (automatikus sugárkorrekció alkalmazása) 122
– kikapcsolása 128
pályagenerálásra példa 135
pályahiba, gyorsulás, lassulás miatt 139
pályameghatározás nulla elmozduláskor 128
pályamenti előtolás 136
pályamódosítás változó számszámú sugar esetén 130
pályára állás 123
pályavezérlés 33
parabola-interpoláció 70
paramétercs pontmintázat 203
– programozás 156
– – G kóddal és „#” regiszterjellel 161
párbeszéd (műhelyszintű) programozás 255
PLC-modul 16
polárkoordináták 100
– programozása 103
polárkoordináták megadás 335
poligon marása 308.
póluspont definiálása (példaként az X-Y síkban) 106
pont mérése (G45) 245
pontdefiniálás RP, AP megadásával 106
pontmegadás X, Y, Z koordinátával 335
pontmintázatok 281, 286
– egyenesen 204
– fűrészkor 281
– körön 172, 202
– leírása 300
– mérése 253
– paramétercs programja 172
–, paramétercs 203
– programozása 202, 286, 302

pontos megállás (G09), (G61) 140
pontvezérlés 32
pozicionálás 125
– a fogásvételhez 54
– szegnyereg alkalmazásakor 56
pozicionálási idő szakaszvezérlésnél 32
– módok 54
– stratégia megmunkálóközpontra 55
pozicionálások csztergáláskor 56
próbagyártás párbeszéd programozás után 258
program ellenőrzése 289
– felépítése és lépései megmunkálóközpontra programozásakor 277
programellenőrzés párbeszéd programozáskor 258
–, szimuláció 277
–, – megmunkálóközpontra programozásához 290
programkészítés menete 279
programnyelv szerkezete 37
– utasításai 166
– változói 164
programozás abszolút rendszerben 109
– növekménycs rendszerben 110
programozott nullponteltolás 82
– nullpontmódosítás 80
– pont pályája 112
programszimuláció 277
programvégrehajtás alprogramok alkalmazásakor 41

R

ráhagyás a szélső homlokfelületen 261
– mérése 253
referenciaponttól való távolság 243
referenciapozíció 243
regiszter és alprogram összerendelése 161
relációk (összehasonlító műveletek) 157, 168
relatív és abszolút méretmegadás 52
rendszeres hiba 223
rendszerváltozók 165
revolverfej 305
– referenciapontja 22
revolverfejes számszámváltás 147
robotmozgatás előkészítése csztergálóközpontra 260
ROT és AROT használatára példa 91
rögzített gépi nullpont 24
– („fix”) ciklusok programozása 181
– gépi nullpont, megmunkálóközpontra 26
– –, NC-gépé 23
– logikájú számjegyzérlés (Numerical Control) 14
R pont (megközelítési pont) fűrészkor 187

S

sarok mérése 250
sarokiv-programozás 130
sarokkerülés 131
sarokmérési ciklus 250
SCALE és TRANS együttes alkalmazása 99
sebesség programozása 145
segédorsó használata 323
segédorsós gép 306
síklapúság mérése 232
síkmérés geometriai leírása 297
síkmérés 250
síkmerési ciklus 216
– ráhagyás értelmezése 334
sokszög marása 308
spirálból elliptikus interpolált kontúr 95
spirál-interpoláció 64
spirális hornyok marása 308
spirálprogramozás 64
Spline-interpoláció 70, 73
sugárkorrekció irányváltása 128
sugárprogramozásra példa 62
súlyfüggvények 71

SZ

szabadon programozható logikájú számjegyzérlés 14
szagatott élmérés 234
szakaszvezérlés 32
szállítás típusának kijelölése (CHK, BAR) 340
– és mérés végrehajtása G kóddal 241
számjegyzérlés alapelve 14
– hardverének felépítése 17
számjegyzérlési módok 32
szármaró és marófej 291
szegnyereg alkalmazásakor pozicionálás 56
szélcsésmérés 252
szerelés, NC-gépeken 20
szerszám és munkadarab relatív mozgása 27
– – munkadarabmérések 221
– programozott és vezérelt pontja 44
szerszámadatbázis 257
– csztergálógépek programozásakor 275
– megmunkálóközpontra programozásához 289
szerszámbeviteli (szerszám tartó) referenciapontja 22
szerszámcsere előtti mozgás 282
– lépései 148
–, számszámváltás 147
szerszámgép koordináta-rendszere 21
szerszámgépben történő mérés hibái 223
szerszámhossz előírása 152
– és sugár külön címmel programozva 153
–-korrekció 49

Öné a szerszám ingyenesen, ha nem lesz a megmunkálása **20%-al termelékenyebb**

szerszámhosszvetület 120
szerszámkopás 47
szerszámkorrekciók 50
szerszámközpont eltolása 143
– helyzete 334
– – esztorgáláskor 116
szerszámközpont-pálya 112
– programozása 112
szerszámmérés 227, 233
– esztorgán és esztorgaközponon 221
– megmunkálóközponon 221
szerszámmérésre megoldások 234
szerszámméret-korrekció 46
szerszámmérféj kapcsolási vázlata 226
szerszámmozgás számjegyes vezérlésének alapelve 44
szerszámok geometriai (korrekciós) adatai 49
– szerszámozás, szerszámadatbázis 257
szerszám pályák ellenőrzése 303
–, szimuláció 289
szerszám pálya meghatározása 268
szerszámsugár előjelc 129
szerszámsugárérték programozása 129
szerszámsugár-korrekció számításának kikapcsolása 128
szerszámtartó (szerszám befogó) referenciapontja 22
szerszámtengelyirányok 49
szerszámtípusok 276
szerszámtörés ellenőrzése 222
szerszámváltás, szerszámcsere 147
szerszámváltási pont 54
szimuláció, programellenőrzés 277
szinifikáns méreteltérés 229
szinkronizált üzemmód 339
szinusz 167
szó 37
szorzás 167
szögben hajló borda és horony mérés 253
szögek értelmezése 101
szögmérés 231
szögprogramozás 109

T
talppont, fűrés 187
tangens 167
tapintóhitelesítő elvi ábrája 235
tapintóval történő mérés 223
– végzett mérés előnyei, hátrányai 224
távolság meghatározása két pont között 242
– programozása 109
T-cím programozása 147

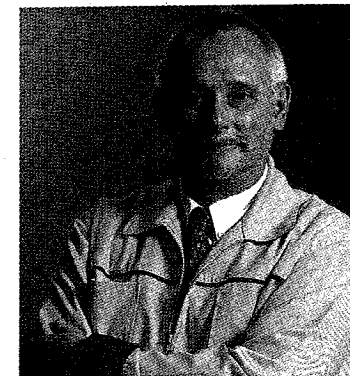
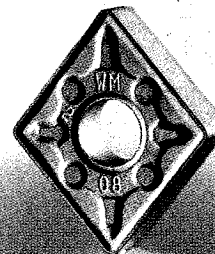
technológiai tervezés, NC-gépeken 19
teljes kör programozása 58
tengely mérés 253
tengelyprocesszor 16
tengelytávolság mérés 253
térbeli forgatás 92
– sugárkorrekció 118
termelésirányítás, NC-gépeken 20
tokmány nyomása szállítás alatt 341
– szöghelyzetének eltolása 325
több munkadarab együttes gyártása 282
– – felfogása 294
több-bekezdésű menet 78
többpontmérés 234
TRANS és SCALE együttes alkalmazása 99
transzformációk 84
– programozása 80
trigonometrikus függvények 158
túlfutás a körön 130
tükrözés alkalmazására példa 93
– értelmezése 93
– -transzformáció 92
tűrés ellenőrzése (G49) 247
tűrésmezők 228, 247

Ü
ütközésvédelem 251
ütközésvédett pozicionálás 251

V, W
valós idejű operációs rendszer 18
változó menetemelkedésű menetek programozása 80
változók azonosítása 164, 174
– használata 157
– típusa 164
várakozás (P), fűrés 187
– programozása 143
várakozási idő 144
végpont, fűrés 187
végrehajtási utasítások 158
véletlen hiba 223
WHILE-DO ciklusok 159
– – – egymásba ágyazás 169
– – – helye a programban 170
WOP (Workshop Oriented Programming) 17

ZS
zsebkörmárás, G89.3. 199
zsebmarás 201
zsebmarásra példa 201
zsebmaróciklus működése 197

Alkalmazza mindkettőt!



...és 20%-al termelékenyebb lesz megmunkálása - garantáljuk!

Az új Ultraspeed GC4015 a valaha ismert leghatékonyabb bevonatos lapka, amit acél magas vágósebességgel történő megmunkálására fejlesztettek ki.

Ez a minőség áttérést jelent az alapanyag és bevonatolási technológiában, a vágóél magas hőmértékleten is kiváló kopásálló ságával.

Legalább 20%-al hatékonyabb lesz az anyagleválasztás - ezt garantáljuk!

Tudja-e, hogy...

...az éltartam 50%-os növekedése csak **1%-os költségcsökkentést eredményez**

...a teljesítmény 20%-os növekedése **15%-os költségcsökkentést eredményez**

Több mint forgácsolószerszám. Az üzlet szerszáma.

Mi, a Sandvik Coromantnál mindig készek vagyunk segíteni a felhasználóinknak. Mérnökeink segítenek megemlíni a vágósebességet, maximalálni a kibocsátást és optimalizálni a munkadarab minőségét.

Minden egy cél elérését szolgálja: növelni az Ön termelékenységét.

Próbálja ki az Új Ultraspeed 4015-öt, még ma!

Hívja még ma a Sandvik Coromant képviselőjét, hogy elhozza az új Ultraspeed GC4015-öt az Ön megmunkálásához.

SANDVIK