

# CNC GÉPKEZELŐ

## MESTERVIZSGÁRA

### FELKÉSZÍTŐ JEGYZET

Budapest, 2014

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Szerzők:  
**Ujszászi Antal**

Lektorálta:  
**Salamonné Maráczsi Erika**

Kiadja:  
**Magyar Kereskedelmi és Iparkamara**

**A tananyag kidolgozása a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 számú,  
„Dolgozva tanulj!” című projekt keretében, az Európai Unió Európai  
Szociális Alapjának támogatásával valósult meg.**

**A jegyzet kizárólag a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 „Dolgozva  
tanulj” projekt keretében szervezett mesterképzésen résztvevő  
személyek részére, kizárólag a projekt keretében és annak befejezéséig  
sokszorosítható.**

## TARTALOM:

Bevezető .....	5
1. Baleset-, tűz- és környezetvédelmi feladatok .....	6
1.1 Munkabiztonsági ismeretek .....	6
1.1.1. Baleset- (munkavédelem) célja, alapfogalmai .....	6
1.1.2. Jogok és kötelezettségek .....	7
1.1.3. Balesetek bejelentése, nyilvántartása .....	7
1.1.4. Biztonságos munkavégzés, anyagmozgatás .....	7
1.1.5. Anyagtárolás .....	9
1.2 Tűzvédelmi ismeretek .....	10
1.2.1. Alapfogalmak .....	11
1.2.2. Szabályok, szabályzatok .....	11
1.2.3. Tűzoltás .....	12
1.2. Környezetvédelmi ismeretek .....	13
1.4. Elsősegély nyújtási ismeretek .....	13
1.4.1. Mi a teendő? .....	13
1.4.2. Elsősegélynyújtás .....	14
2. Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések .....	15
2.1. Anyagok .....	15
2.1.1. Fémek anyagok: vas, acél, könnyűfémek, színesfémek és ötvözeteik 15	
2.1.2. Nemfémek anyagok .....	17
2.1.3. Hőkezelések .....	18
2.1.4. Anyaghibák, törés, kopás, kifáradás, anyagkiválasztás .....	21
2.2. Anyagvizsgálatok .....	21
2.3. Mérés .....	24
3. Általános forgácsolás technológiai feladatok .....	27
3.1. Forgácsolások elméleti előkészítése .....	27
3.1.1. Az MKGSI rendszer .....	28
3.1.2. A forgácsolás feltételei .....	29
3.1.3. A forgácsoló technológiák mozgásviszonyai és szerszámai .....	31
3.1.4. A forgácsolás folyamata .....	31
3.1.5. Forgácsolásfajták .....	32
3.1.6. A forgácsolási hő .....	34
3.1.7. Forgácsoló szerszámok kopása, éltartam .....	34
3.1.8. Forgácsolóerő, a forgácsolás teljesítményszükséglete .....	36
3.1.9. A forgácsolószerszámok és anyaguk .....	37
3.2. Alapvető gépi forgácsolási eljárások .....	39
3.2.1. Esztergálás általános jellemzése .....	39
3.2.2. Az esztergálás részei, élgeometriája .....	41
3.2.3. A marás általános jellemzése .....	42
3.2.4. A gyalulás és a vésés általános jellemzése .....	44
3.2.5. Abrázív megmunkálások általános jellemzése .....	46
Abrázív szerszámok (köszörűkorongok) szerkezete .....	47
3.3. A gyártás folyamatának tervezése .....	47
3.3.1. Gyártástechnológiai alapismeretek .....	47
3.3.2. Előgyártmányok .....	49
3.3.3. Művelettervezési dokumentációk .....	50
3.3.4. Technológiai paraméterek meghatározása, technológiai számítások .....	56

4.	CNC forgácsolási és üzemviteli feladatok .....	61
4.1.	CNC programozás alapjai.....	61
4.1.1.	CNC program készítése.....	61
4.2.	CNC gépkezelés .....	77
4.2.1.	A gépek bekapcsolásának lépései .....	78
4.2.2.	A CNC gépeken leggyakrabban alkalmazott grafikus jelképek: [1] .. .....	79
4.2.3.	A CNC szerszámgépeken található fő üzemmódok. ....	79
4.3.	CNC vezérlők .....	94
4.3.1.	Vezérlés fogalma .....	94
4.3.2.	Siemens vezérlők.....	94
4.3.3.	Sinumerik 840D sl / ShopTurn 7.5 .....	95
4.3.4.	SINUMERIK 840D sl / 828D programozásának alapjai .....	96
4.3.5.	Sinumerik CNC program létrehozása .....	97
4.3.6.	G-funkció csoportok.....	98
4.3.7.	Heidenhain vezérlők.....	100
4.3.8.	KLARTEXT párbeszédés programozása alapjai.....	100
4.3.9.	TNC program felépítése .....	102
5.	CAD-CAM ismeretek .....	108
5.1.	Számítógéppel segített technológiák (CAx technológiák).....	108
5.1.1.	Számítógéppel segített tervezés alatt (CAD).....	108
5.1.2.	CAD rendszerek osztályozása .....	108
5.1.2.	Számítógéppel segített gyártási módszerek (CAM) .....	109
5.1.3.	Számítógéppel segített mérnöki számítások (CAE) .....	109
5.2.	CAD rendszerek története .....	109
5.2.1.	2D rajzolóprogramok .....	110
5.2.2.	3D rajzolóprogramok .....	111
5.3.	A számítógéppel segített rendszerek (CAx) integrációja.....	111
5.4.	Számítógéppel integrált gyártás (CIM) .....	113
	Felhasznált és ajánlott irodalom .....	116

**Bevezető**  
**a CNC gépkészítők mestervizsga jegyzetéhez**

Tisztelt Mesterjelölt!

A mester, mint fogalom a történelmi visszatekintésben a céhek megalakulásával kapcsolódik össze. A „mester”, mint a szakmáját magas fokon ismerő és művelő kézműves, már a céhek megjelenése előtt is ismert volt. A céhek létrejöttével azonban intézményesült az ilyen kvalifikált tudással rendelkező szakemberek képzése.

A mai mesterekkel szemben már más követelményeket állít a kor, az azonban nem változott, hogy akik e címet viselhetik, azokkal szemben magas szakmai és etikai normák vannak állítva.

Ön, mint gyakorlott szakember, a CNC gépkészítő mestervizsgára való jelentkezéssel tanújelét adta annak, hogy szélesebb körű betekintést szeretne elérni a forgácsoló szakma világában. Ehhez szeretne segítséget nyújtani e jegyzet. Bizonyára talál benne olyan információkat, amelyek segítségével felfrissítheti és kiegészítheti a korábban tanultakat, és talál benne olyan ismereteket, amelyeket korábban sem elméletben, sem gyakorlatban nem használt. A terjedelmi korlátok azonban határt szabtak a leírtaknak, így az Ön feladata, hogy az iránymutatás alapján további információkat szerezzen be, s ezáltal a szakmája MESTERE legyen.

A szerző

## 1. Baleset-, tűz- és környezetvédelmi feladatok

Az emberek, aktív életüknek jelentős részét munkahelyen töltik el. Munkavégzés közben feladatokat végeznek el, melyeket nem csak szakmailag jól, hanem biztonságosan is kell elvégezni. Ezért fontos, hogy időszakonként felfrissítsük a szakmánkhoz kapcsolódó baleset-, tűz- és környezetvédelmi ismereteket.

### 1.1 Munkabiztonsági ismeretek

#### 1.1.1. Baleset- (munkavédelem) célja, alapfogalmai

A munkavédelem célja a munkát végzők egészségének és a munkavégző képességének megóvása. A munkakörülmények emberileg elfogadhatóvá tétele.

Alapfogalmak:

- **munkavállaló** a szervezett munkavégzés keretében munkát végző személy.
- **munkáltató** a munkavállalót szervezett munkavégzés keretében foglalkoztató egyéni vállalkozó, intézmény vagy cég.
- **munkafolyamat** az a munkavégzés, melyet előre megtervezett rendszer szerint végzünk, az adott cél elérése érdekében.
- **munkahely** minden olyan tér, ahol munkavégzés céljából, vagy azzal kapcsolatos tevékenység végzése érdekében a munkavállalók tartózkodnak.
- **munkaeszköz** minden gép, szerszám, berendezés és segédeszköz, amit a munkavégzés során alkalmaznak.
- **munkavédelmi üzembe helyezés** az a munkavédelmi eljárás, melynek során a szakember meggyőződik arról, hogy a gép, eszköz, technológia vagy a munkahely a munkavédelmi követelményeknek megfelel és engedélyezi a munkavégzést.
- **baleset:** az Mvt. 87. § 1/A. szerint az emberi szervezetet ért olyan egyszeri külső hatás, amely a sérült akaratától függetlenül, hirtelen vagy aránylag rövid idő alatt következik be és sérülést, mérgezést vagy más (testi, lelki) egészségkárosodást, illetőleg halált okoz.
- **munkabaleset** az a baleset, amelyet a szervezett keretek között dolgozó munkavállaló munkavégzés során vagy azzal összefüggésben a sérült közrehatásának mértékétől függetlenül ér.
- **Súlyos munkabaleset fogalma**
  - a) a sérült halálát (halálos munkabaleset az a baleset is, amelynek bekövetkezésétől számított egy éven belül a sérült orvosi szakvélemény szerint a balesettel összefüggésben életét vesztette), magzata vagy újszülöttje halálát, önálló életvezetését gátló maradandó károsodását okozta.
  - b) valamely érzékszerv (vagy érzékelő képesség) és a reprodukciós képesség elvesztését, illetve jelentős mértékű károsodását okozta;
  - c) orvosi vélemény szerint életveszélyes sérülést, egészségkárosodást;
  - d) súlyos csonkulást, hüvelykujj vagy kéz, láb két vagy több ujja nagyobb részének elvesztését (továbbá ennél súlyosabb esetek);
  - e) beszélnőképesség elvesztését vagy feltűnő eltorzulást, bénulást, illetőleg elmezavart okozott.
- **foglalkozás egészségügy** a munkavégzésből eredő egészségkárosodások megelőzése, gyógyítása.

- **munkakörnyezet védelem** olyan munkakörnyezet kialakítása, ahol a munkavállalók jó közérzete biztosítható.

### 1.1.2. Jogok és kötelezettségek

#### a) Munkáltató joga és kötelezettsége

- **Joga:** a munkavállalótól megkövetelni, hogy az általa előírt helyen és időben munkára alkalmas állapotban jelenjen meg. Joga van munkavégzés közben a szabálytalanul munkát végző munkavállalót a munkavégzéstől eltiltani, kizárni.
- **Kötelessége:** a biztonságos munkafeltételek kialakítása. A munkakörülményeket ellenőrizni, a szabályokat betartani, betartatni. A munkavállaló részére a szükséges munkavédelmi oktatást, megfelelő munka és védőeszközt biztosítani. A munkavédelemmel kapcsolatos bejelentést azonnal kivizsgálni és intézkedni. Veszély esetén a munkavégzést leállítani.

#### b) Munkavállaló joga és kötelezettsége

- **Joga:** megkövetelni a biztonságos munkavégzéshez szükséges feltételek meglétét. A biztonságos munkavégzéshez szükséges elméleti és gyakorlati betanulás lehetőségét. A munkavégzés közben használható védő felszerelések, eszközök, ruhák meglétét és használhatóságát.
- **Kötelessége:** a munkáltató általa előírt helyen és időben munkára alkalmas állapotban megjelenni. Az egyéni védőeszközöket rendeltetésszerűen használni és tisztán tartani. Munkaterületen rendet és tisztaságot tartani. A kötelező orvosi vizsgálatokon részt venni. A munkavédelmi ismereteket elsajátítani. A balesetveszélyt tőle elvárható módon megszüntetni és jelenteni. Balesetét, sérülését rosszulletét jelenteni a munkavezetőnek.

### 1.1.3. Balesetek bejelentése, nyilvántartása

Minden munkabalesetet és megbetegedést munkabaleseti jegyzőkönyvben kell rögzíteni. Nyilvántartásnak tartalmaznia kell a sérült nevét, munkakörét, sérülés időpontját, helyszínét, a baleset jellegét (sérülés leírása) ellátás módját és, hogy a munkavállaló tudta-e folytatni a munkáját.

Munkaképtelenséget okozó munkabalesetet azonnal ki kell vizsgálni és jegyzőkönyvet kell készíteni. Több sérült esetén külön-külön jegyzőkönyvet kell készíteni.

Súlyos munkabalesetet a területileg illetékes munkaügyi felügyelőségen is be kell jelenteni.

Súlyos munkabalesetet és az olyan munkabalesetet ahol egyszerre kettő vagy több személy sérült meg, munkabiztonsági szaktevékenységnek minősül, csak munkavédelmi szakember vizsgálhatja ki.

### 1.1.4. Biztonságos munkavégzés, anyagmozgatás

- 1.) Biztonságos munkavégzés csak **ellenőrzött eszközökkel, szerszámokkal**, gépekkel és a munkavégzés céljára kialakított munkahelyen végezhető. Míg az egyszerű kéziszerszámokat (reszelő, villáskulcs, kalapács stb.) szemrevételezéssel is ellenőrizhetjük addig az elektromosokat (pisztolyfúró, csiszológép stb.) csak villamos szakember végezheti és a megfelelő nyilvántartásban az ellenőrzés tényét igazolja. Egyéb villamos berendezéseket, gépeket az érintésvédelmi méréskor kell ellenőrizni és arról a mérést végző szakembernek jegyzőkönyvet kell készíteni.

- Biztonságos munkavégzés fontos eleme a **megfelelő munkahely**. A forgácsoló műhely legyen jól takarítható, megfelelően fűthető, szellőztethető és kellően világos. Gondoskodni kell a keletkező forgács, olajos rongy és egyéb hulladék szakszerű tárolásáról úgy, hogy veszélyt ne jelentsenek és a környezetet se károsítsák.
- Fontos a munkahely **jó szellőztetése**, mely lehet természetes (huzat, ablaknyitás) és mesterséges (elszívó ventilátor). Az emberi szervezetnek közepesen nehéz fizikai munka során 30 – 40 m<sup>3</sup> / óra friss levegőre van szüksége.
- Következő fontos tényező a munkahely **hőmérséklete**. Közepesen nehéz fizikai munka esetén a hőmérséklet télen 15 – 20 °C legyen , míg nyáron 20 – 29 °C legyen. Figyelembe kell venni a fűtés módját is. Nem mindegy, hogy légfűtés, gázsugárzó vagy egy szenes kályha fűti a munkahelyet, mert más lesz a hőelosztás mindegyik esetben.
- Harmadik fontos tényező a **világítás**. Kifogástalan munkavégzéshez optimális fényviszonyokra van szükség. Ezt a forgácsoló műhelyekben természetes és (mesterséges) általános és helyi világítással lehet megoldani. E feladat biztonságos megoldásához szakember segítségére van szükség. A gépeken van rendszeresített helyi világítás, de az általánosra több lehetőség is van.
- Forgácsoló **gépek elrendezése** úgy történjen a munkahelyen, hogy legyen elég hely a napi alapanyag és a félkész termék elhelyezésére valamint a véletlenszerű forgács kirepülés se lehessen. Ez a probléma hagyományos forgácsoló gépek esetében áll fenn. A CNC gépek már általában zárt kivitelben készülnek és nincs ilyen baleset veszély.

## 2.) Anyagmozgatás: történhet kézzel, szállítóeszkővel, géppel

- A **kézi anyagmozgatás** a nagyobb súlyok esetében veszélyes tevékenység. Figyelni kell a mozgatás lehetőségére. A vonatkozó szabályok alapján a 16 – 18 éves fiú és 18 év feletti nő 20 kg mozgathat egyedül, de ketten is csak 40 kg-t. 18 év feletti férfiak 50 kg terhet mozgathatnak síkfelületen. Csoportos kézi anyagmozgatásnál külön irányító személy kell. A leggyakoribb kézi anyagmozgatásból eredő balesetek a helytelen testtartásból és a nem megfelelő megfogásból erednek.
- **Kézi szállító eszközök** a műhelyek leggyakoribb anyagmozgató eszközei. Lehetnek egykerekű targoncák (talicska), kétkerekű targonca (molnár kocsi), kézikocsik (három vagy négy kerékkel) és a raklapemelők.. Kézi szállítóeszközök használatakor fontos az anyag stabil, biztonságos elhelyezése. A kézi szállítóeszközök használata is korhoz és nemhez kötött. Előírás szerint 16 – 18 éves fiúk és a 18 év feletti nők talicskával 50 kg, molnár kocsival 100 kg, kézikocsival és raklapemelővel 150 kg mozgathatnak sík területen. A 18 év feletti férfiak ugyanezeket az eszközöket 100 – 200 és 500 kg teherrel mozgathatják.
- **Gépi anyagmozgatás** eszközei a targoncák és az emelőgépek.
- A targoncák közül mindig a legmegfelelőbb üzemmódú gépet kell használni. Zárt helységben lehetőleg pl. elektromos üzeműt és/vagy gázüzeműt). Targoncát csak az arra érvényes jogosítvánnyal rendelkező munkavállaló vezethet.
- Emelőgéppel (daruval) a nagyobb gépeket, anyagokat mozgatjuk. Ezek lehetnek helyhez kötöttek, sínen futók vagy autó daruk. Mindegyik



kezeléséhez érvényes darukezelői igazolványra van szükség. A segítő kötöző munkatársaknak is darukötözői vizsgával kell rendelkeznie.

### 1.1.5. Anyagtárolás

Az anyagokat mindig halmazállapotuknak megfelelő módon kell tárolni. A darabárukat, alkatrészeket polcon, szálanyagokat az erre a célra gyártott vízszintes vagy függőleges tárolókban kell elhelyezni, ömlesztett anyagot ládákban vagy zárt rekeszben lehet elhelyezni. Mindig figyelembe kell venni az anyagtárolás szabályait. A tárolt anyagoknak mennyiség és minőség szerint logisztikailag folyamatosan ellenőrizhetőeknek kell lenni!



1.1.1. ábra: Biztonsági jelzőtáblák és jelentésük I.

A munkahelyeken, intézményekben alkalmazott biztonsági és egészségvédelmi jelzések meghatározott mértani alakzatok, előírt szín és képformákkal. Előírás szerint kell kihelyezni őket. A munkáltatónak ki kell oktatni a munkavállalót a táblák helyes felismerésére és a követendő magatartásra

Négyféle színt használunk:  
 piros – tiltás, veszély, tűzvédelmi eszköz. (kör alakú piros szegéllyel)  
 sárga – figyelmeztetés (háromszög alakú, fekete szegéllyel)  
 kék - rendelkezés (kör alakú, nincs szegély)  
 zöld - utasítás (négyzet alakú)



1.1.2. ábra: Biztonsági jelzőtáblák és jelentésük II.  
**1.2 Tűzvédelmi ismeretek**

### 1.2.1. Alapfogalmak

- Tűzvédelem célja a tüzesetek megelőzése illetve tűz keletkezésekor annak oltása.
- Tűzoltás célja a közvetlen veszélyelhárítás és személyek, anyagok, gépek mentése.
- Égéshez három tényező szükséges: éghető anyag, oxigén, megfelelő hőmérséklet.
- Gyulladás: az a hőmérséklet, melyen az éghető anyagok nem csak ellobbanak, hanem gyulladás után tovább is égnek.
- Öngyulladás hőtermelő kémiai folyamat, mely spontán indul. (szén, széna, fűrészpor, olajos alumínium forgács, alumínium por stb.)
- Tűz jelzése: 105, ill. 112 telefonszámon
- Bejelentéskor közölni kell: mi ég, emberélet van-e veszélyben, hol van a tüzeset (cím), ki és honnan jelentette a tüzesetet.

### 1.2.2. Szabályok, szabályzatok

- Minden gazdálkodó szervezetnek, ha 5 főnél több munkavállalót foglalkoztat, akkor TŰZVÉDELMI SZABÁLYZATOT kell készítenie.
- Tűzvédelmi oktatás keretében ismertetni kell a munkavállalókkal a munkahelyre vonatkozó rendeleteket, szabályzatokat.
- Tűzveszélyességi osztályok jele: A, B, C, D, E. Minden munkaterületet be kell sorolni valamelyik osztályba a munkavégzés jellemzői szerint.



1.2.1. ábra: Osztály jelölő tábla

A: fokozottan tűz és robbanás veszély (heves égés, robbanásra induló égés)

B: tűz- és robbanásveszély (por, mely levegővel robbanásveszélyes elegyet képez)

C: tűzveszélyes (szilárd anyag, gyulladási hőmérséklete 300°C-nál kisebb)

D: mérsékelten tűzveszélyes (szilárd anyag, gyulladási hőmérséklete 300°C-nál magasabb)

E: nem tűzveszélyes (nem éghető anyag)

- Tűzveszélyes tevékenység, amely a környezetében lévő anyagok gyulladási hőmérsékleténél magasabb hőmérséklettel, lánggal, izzással, szikrázással jár. (pl. hegesztés, lángvágás, forrasztás, köszörülés, anyag égetése, szabálytalan dohányzás stb.)

Szilárd és folyékony halmazállapotú anyagokkal történő fűtés. Fontos a fűtő berendezésre vonatkozó üzemeltetési szabályok betartása.



1.2.2. ábra: Porral oltó készülék

### 1.2.3. Tűzoltás

Tűzoltáskor fontos, hogy az égés három feltételéből legalább egyet megszüntessünk. Lehet az éghető anyagot eltávolítani (olajos kannát kivinni a helységéből, gázcsapot elzárni stb.), lehet az oxigént elvonni (kisebb tárgyat takaró anyaggal letakarni, nagyobbakat vízzel-habbal oltani) lehet az éghető anyag hőmérsékletét csökkenteni (vegyi anyagoknál a kémiai reakciók figyelembe vételével).

Leggyakrabban használ oltóanyagok: víz, oltóhab, oltógáz, oltó por. **Mindig az égő anyag fizikai-kémiai tulajdonságainak figyelembe vételével kell használni!**

Tűzoltó készülék, olyan eszköz melyből a benne lévő anyagot a tűz fészkeire lehet „rálőni”. Ezek a készülékek csak a tűz azonnali oltására használhatók. Lehetnek kézi hordozható kivitelben és beépített (víztömlő). A kézi tűzoltó készülék színe piros, súlya maximum 20 kg lehet. A bennük lévő oltóanyag lehet víz, hab, por, széndioxid és halogén gáz, melyet a tartályba lévő nyomás hatására tudunk a tűz fészkeire „rálőni”. Tűzoltó készüléket szakembernek rendszeresen felül kell vizsgálni (1-2 év) és a hibát kijavítani, és a biztonságos követelményeknek való megfelelést bizonylatolni kell.

Tűzoltó készüléket a tűzvesélyességi osztálynak megfelelő mennyiségben, de minimum 1 db készüléket kell elhelyezni jól látható, könnyen hozzáférhető, táblával megjelölt helyen.



1.2.3. ábra: Jelölő tábla



1.2.4. ábra: Széndioxiddal oltó készülék

## 1.2. Környezetvédelmi ismeretek

A XX. századi társadalmak újkori problémája a környezet védelme. Az ipari fejlődéssel arányosan nőtt a környezet szennyezése, pusztítása. Ezt a folyamatot kell megállítani és visszafordítani a környezetvédelemmel.

Mit tehetünk a saját szakterületünkön a cél érdekében? Környezet tudatosan cselekszünk. A forgácsot, mely veszélyes hulladék a rajta lévő emulzió miatt zárt konténerben tároljuk és szállítjuk el. Lehetőség szerint gyorsan bomló minőségi kenő és hűtő anyagokat használunk a munkahelyen. Szelektíven gyűjtjük az olajos rongyot, a vas, alumínium és más fémforgácsot valamint a kommunális hulladékot. Szakipari céggel szállítatjuk el a veszélyes hulladékot az ártalmatlanító helyekre, égetőműbe. Az olajat, olajjal szennyezett vizet nem öntjük bele a csatornába. Ártalmatlanítatjuk.

A vállalkozás méretétől és tevékenységétől függően a keletkező hulladékról rendszeres jelentést kell adni az illetékes környezetvédelmi hatóságnak, és ha olajos anyag is van a tevékenységben, ki kell jelölni egy speciálisan kialakított tároló helységet is.

Ha ezeket a szempontokat figyelembe vesszük ipari tevékenységünk során és így cselekszünk, nagyban hozzájárulunk a környezetünk védelméhez.



1.3.1. ábra: Óvjuk a természetet

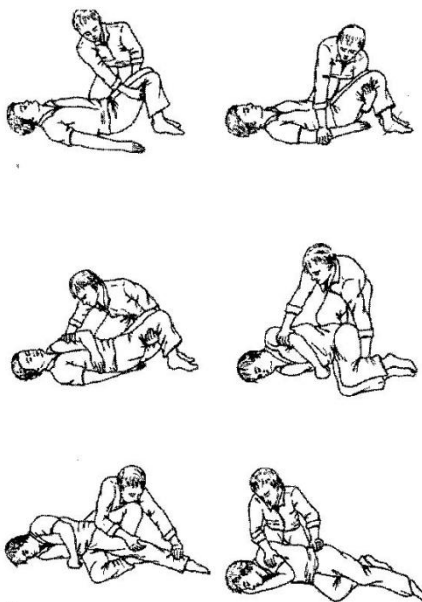
## 1.4. Elsősegély nyújtási ismeretek

Mindenkit bárhol érhet baleset. Történhet utcán, otthon, de munkavégzés közben. Ezért igyekezzünk figyelmesen dolgozni. Ha mégis baleset történik a környezetünkben, lehetőleg azonnal intézkedni kell.

### 1.4.1. Mi a teendő?

- nézzük meg a sérülés mértékét, könnyű elsősegélynyújtást igénylő vagy súlyosabb orvosi ellátást igénylő esemény történt,
- könnyű esetben a sérülést minden elsősegélynyújtásban járatos ember segíthet, elláthatja a sérültet,
- súlyosabb esetben a sérült állapotának rögzítése mellett mentőt kell hívni.
- Gerincsérülés gyanúja esetén tilos a sérültet mozgatni!
- Legyünk nyugodtak, határozottak, de ne kapkodjunk.
- Tudjuk meg mi történt, és ha szükséges hívjunk orvost vagy mentőt.

- Biztosítsuk a sérült számára a legmegfelelőbb testhelyzetet (hagyjuk mozdulatlanul, ültessük fel, fektessük oldalra stb.) a mentő kiérkezéséig.
- Minden elsősegélynyújtáskor használjuk az mentődobozban lévő kötszereket.



1.4.1. ábra: Ájult ember oldalra fordítása elsősegélynyújtáskor

#### 1.4.2. Elsősegélynyújtás

- vérzés esetén:
- hajszáleres vérzéskor (horzsolás) csak gyöngyözik a vér, a sebkörnyék megtisztítása után steril gézlappal letakarjuk a sérült felületet és rögzítjük a gézt.
- Vénás vérzéskor lassan folyik a sebből a vér. A sebkörnyék megtisztítása után egy steril nyomókötést teszünk a sérült részre.
- Artériás sérüléskor világos piros vér lüktetve folyik a sebből. Ültessük vagy fektessük le a sérültet. Szorítsuk el az ütőeret, hogy csillapodjon a vérzés. Tegyük nyomókötést a sebre. Szorítás közben ügyeljünk arra, nehogy elhaljon a sérült testrész.
- törés esetén stabilizáljuk (rögzítjük) a sérültet és mentőt hívunk.
- áramütés esetén megszüntetjük az áramforrást. Ha ájult, megkezdjük az újraélesztést (légzés vizsgálata, szabad légút, szív működés van-e, ha nincs 30 kompresszió 2 szájba fújás) és közben mentőt hívatunk. Ha nem ájult, elsősegélyben részesítjük és minden esetben mentőt hívunk, a104 vagy 112 telefonszámon, mert az áramütés kései szívmegállást is okozhat.
- idegen test a légutakban, szemben. Ha nem sikerül az elsősegélynyújtónak eltávolítani az idegen testet, kísérje azonnal szakorvoshoz a sérültet.

## 2. Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések

### 2.1. Anyagok

#### 2.1.1. Fémes anyagok: vas, acél, könnyűfémek, színesfémek és ötvözeteik

Vasipari fontosságú elem. Érceiből redukálással állítják elő. Legfontosabb ötvözete az acél. Elektromosságot, hőt közepesen vezet. Jól mágnesezhető.

Acélnak nevezzük a 2 % -nál kevesebb szenet valamint egyéb ötvözőket tartalmazó vasat. Általában képlékenyen alakítható.

Vannak ötvözött és ötvözetlen acélok.

Ötvözetlen alapacél, melyre nincs előírva olyan minőségi követelmény, mely az acélgártás során különös gondosságot igényelne. Általános összetétele:  $C \geq 0,1$  % az S és a  $P \leq 0,045$  % ennél kevesebb Mn – t és Si –t tartalmaz. Könnyen megmunkálható. Forgácsoláskor éles szerszámra van szükség, mert anyag lágy és ragadós. Fontos a jó hűtő-kenő anyag. Abban az esetben, ha az acélban ötvözők együttes mennyisége 5 % alatt van, akkor alacsonyán ötvözött acélról beszélünk, ha 5 % feletti akkor erősen ötvözött az anyag.

**Lágy acélok** keménysége  $< 120$  HB, szakító szilárdsága  $< 400$  N / mm<sup>2</sup>.

Ötvözött minőségi acéloknál már egyéb ötvözőket is találunk az anyagban, így Mn  $\leq 1,8$  % és a Cr, Ni, Cu  $\leq 0,5$  % . Ilyen minőségi alapanyagból készülnek a hegeszhető finomszemcsés acélok, a melegen hengerelt és a hidegen húzott termékek. Jól megmunkálhatók. A jó forgácsolhatóság érdekében gyakran ötvözik kénnel (S) vagy ólommal (Pb). Ettől a többi tulajdonsága nem változik meg.

Erősen ötvözött acélnak számítanak azok a szénacélok, ahol az összes ötvöző anyag mennyisége 5 % felett van. Gépalkatrészekhez, hidraulikus alkatrészekhez, forgácsoló szerszámokhoz használják. Megmunkálhatósága csökken az ötvöző tartalom és a keménység növekedésével.

**Öntöttvasak:** széntartalom 2% és 6,7 % között van

Lemezgrafitos öntöttvas: az alapszövet ferrit vagy perlit, mely grafitos lemez formában található. Tulajdonsága: jól önthető, kicsi a zsugorodása dermedéskor, kis szilárdság, rideg, főleg nyomó igénybevételre. Alkalmazzák: gépállványok hajtómű házak, öntő kokillák készítésénél.

Gömbgrafitos öntöttvas: ferrit – perlit alapszövetbe ágyazott gömbös grafit. Jól önthető, jó kopásállóságú, kiváló a szilárdsága, hőállósága. Alkalmazzák: tengelyek, hajtórudak, fogaskerekek stb. gyártására.

#### **Alumínium és ötvözetei**

Legfontosabb könnyűfém.

Öntészeti alumínium. Kis sűrűség (2,3 g/cm<sup>3</sup>), alacsony olvadáspont (660 C°), jó villamos és hővezető képesség, kiváló korrózió állóság, jól alakítható, kis szilárdságú, de ötvözéssel (Mn, Mg, Si, Cu, Zn ), hőkezeléssel (Al-Si-Cu ötvözet ajánlott gépalkatrészek), felületi bevonással (eloxálás) szilárdsága jelentősen növelhető.

Az ötvözés mértékétől függően lehetnek képlékenyen alakíthatók (kovácsolás, sajtolás), vagy önthetők

#### **Réz és ötvözetei**

A réz 1083 C° - on olvadó, vasnál nehezebb (8,96 kg/dm<sup>3</sup>) színesfém. Jó elektromos és hővezető képességű. Jól alakítható. Főbb fajtái:

- Lemezalakításra alkalmas sárgarezek
- Éremkészítésre alkalmas bronzok
- Ónbronzzal a gépalkatrészekhez öCuSn12



- Vörös ötvözetek sikló csapágyakhoz, csigakerekekhez  $\text{öCuSn10Zn2}$
- Ólombronz a csapágyhoz  $\text{öCuPb20Sn5}$
- Sárgaréz öntészeti célra

**Acélminőségek színjeleinek táblázata**

Az acélminőség			
jele	színjele	jele	színjele
2Cr10Mo45.47*		A0	
10CrMo9 10		A34*	
12Cr10MoVN;70,47*		A34*	
12CrMo20.5		A34	
16CrMo9 3		A34B	
17CrMoV10		A34SZ	
20CrMoV13 5		A34X	
21CrVMoW12		A35*	
24CrMo10		A35K*	
31CrMo12		A35.47*	
34CrAlMo54		A37*	
37B		A37B*	
37C		A37C*	
37D		A37X	
38Si7		A38*	
41CrAlMo74		A38*	
45B		A38	
45C		A38B	
45D		A38X	
51CrV4		A44*	
52CrMoV4		A44	
52C*		A44B*	
52C		A44B	
52D		A44C*	
52E		A44SZ	
55Si7		A44X*	
60Cr3		A45*	
60CrB3		A45K*	
60CrMo3		A45.47*	
60SiMn5		A50	
61Si7		A52*	
61SiCr7		A52B*	

\*Csőacél (A táblázat folytatódik)

2.1.1. ábra: Acélminőségek színjeleinek táblázata

Minden fém a pontosítás végett számokkal, jelekkel, színekkel látnak el. Ez országonként, földrészenként változik. Ha nem ismerjük a jelet és a hozzátartozó anyagot, keressünk táblázatot az interneten.

Alább két példát láthatunk erre:

Böhler K100 - DIN X210Cr12 - WNr 1.2080 - MSZ K1 (ez mind egy anyag típus)  
 S235JR            DIN St 37-2            WNr 1.0037    MSZ A38



**A gyártó Minden anyagról adatlapot készít.** Az általában megtalálható az interneten. A megnevezés szabványos, de lehetnek gyártó specifikus jellemzők is. Ilyen főleg a szerszámacéloknál fordul elő. Hőkezelés, nemesítés, köszörülés stb.

Az alábbi táblázat egy szerszámacél és egy ötvözött alumínium adatlapjának az adatait tartalmazza.

Megnevezés	1.2343  DIN X38CrMoV51  Összetétel: C-0,38 Cr-5,3 V-0,4 Si-1,0 Mo-1,3 %	WNr. 3.4365  AlZnMgCu 1,5  Összetétel: Zn-5,6 Mg-2,5 Cu-1,6 %
Jellemzői	Meleg szilárd, szívós, jó hővezető, csekély meleg repedési hajlam.  Felhasználható: magas hőmérsékleten dolgozó szerszámokhoz.	Melegen alakított, edzett szerszámanyag magas keménységgel, könnyen megmunkálható, jól polírozható, kemény krómozható és eloxálható.  Felhasználható: fröccs és flakonfúvó formák, mélyhúzó szerszámok és rotációs öntéshez.
Tulajdonság	Nemesített 230 HB Edzés: 1000-1030 C° olajban Keménység: 54 HRC Megeresztés: 100 C° 52 HRC	Keménysége: 130 HB Szakítószilárdsága: 480 N/mm <sup>2</sup> Folyáshatár: 390 N/mm <sup>2</sup> Rugalmassági modulus: 70 KN/mm <sup>2</sup>
Egyéb		Tömege: 2,8 kg / dm <sup>3</sup> Hőtágulási együttható: 23,3 x 10 / C°

2.1.1. táblázat: Egy szerszámacél és egy ötvözött alumínium adatlapjának az adatai

### 2.1.2. Nemfémes anyagok

Lehetnek szervesek és szervetlenek.

Szerves anyagok közé tartoznak a műanyagok (polimerek), fa, gumi, bőr. Szervetlenek a fémek, kerámiák, kompozitok (pl. ragasztott autó karosszéria)

Mit nevezünk műanyagnak? Főleg szerves vegyületekből álló, szintetikus úton előállított szerkezeti anyagokat. Fajtái a hőre lágyuló és a hőre keményedő.

Főbb típusai:

PE polietilén, PP polipropilén, PVC polivinilklorid, PS polisztirol, PTFE teflon, PA poliamid, PET polietilén, PC polikarbonát.

# TERAMID

A Teraglobus Kft. által gyártott és forgalmazott "TERAMID" márkanevű poliamidok egyenletes kristályos szerkezetű, hőre lágyuló műanyagok.

A PA-6 G (öntött) és PA-6 E (extrudált) termékek hő és méretstabilizált, temperált, ultrahanggal bevizsgált rudak, lemezek, amelyek fő tulajdonságait az alábbiak jellemzik:

- nagy mechanikai szilárdság, merevség, keménység, szívósság
- jó kifaradási ellenállás, ütészállóság
- magasfokú mechanikai csillapítási képesség
- jó csúszási és kényszerfutási tulajdonságok
- igen magas kopásállóság, vegyszerállóság
- jó megmunkálhatóság (forgácsolás, marás, gyalulás, menetvágás)
- élelmiszeripari alkalmazhatóság

A Teramid PA-6 G és PA-6 E félkésztermékek alkalmazási területei:

- hengerek, korongok, dobok, kerekek, tárcsák gyártása
- fogaskerekek, fogaslécek, fogaslécek gyártása
- csapágyak, csúszóelemek, csigák, orsók gyártása
- csavarok, csavaranyák, alátétek, kötőelemek gyártása
- tömlő, hő és elektromos szigetelő alkatrészek gyártása

## MŰSZAKI ANYAGJELLEMZŐK

Tulajdonságok	Mértékegység	Teramid PA-6 G	Teramid PA-6 E
Sűrűség	g/cm <sup>3</sup>	1,15-1,17	1,15-1,17
Szaktöviszárdság	N/mm <sup>2</sup>	95	70
Szakadási nyúlás	%	*75	*45
Rugalmasági modulus húzásból	N/mm <sup>2</sup>	60	50
Keménység, Shore D		*250	*200
Ütő- hajtószilárdság hornyolt	KJ/m <sup>2</sup>	3000	2800
Max. nyomóterhelés 1%-os deformációnál rövid idejű	N/mm <sup>2</sup>	*2000	*1500
Hőállóság - tartós	°C	83	77
- rövid ideig		7	7
Villamos ellenállás	Ohm-cm	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>
Villamos átütőszilárdság	KV/mm	*10 <sup>10</sup>	
		20	12

2.1.2. ábra: TERRAMID műanyagok termékklapja

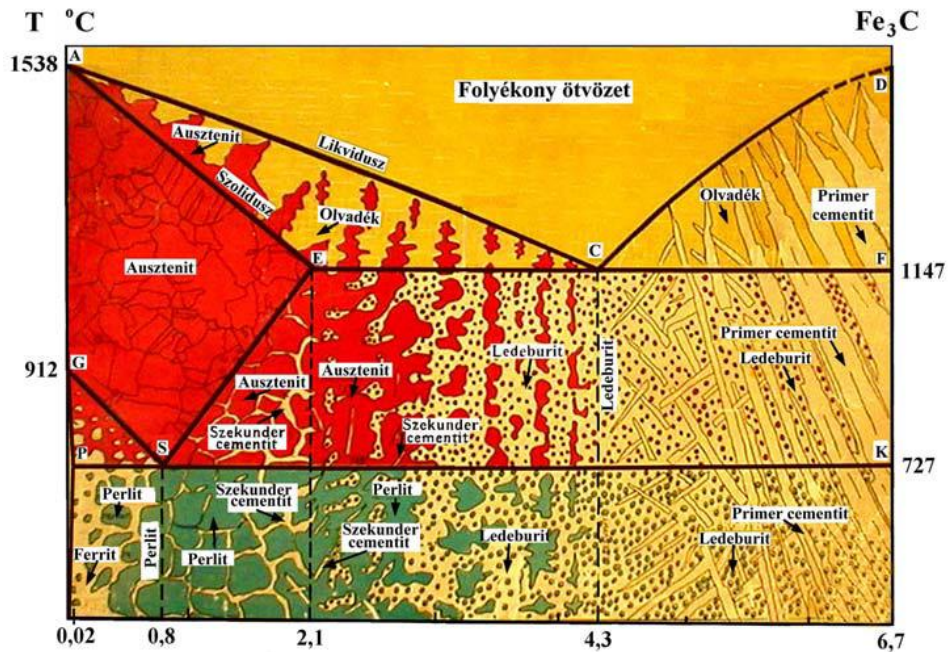
Típustól függően jól megmunkálhatók, kopásálló, ütészálló, vegyszerálló. Felhasználás előtt ajánlott szakember vagy szakirodalom segítségét igénybe venni, mert gyorsan fejlődik a műanyag ipar és mind több, jobb mechanikai és vegyi igénybevételnek ellenálló termék kerül a piacra.

A fa, gumi, bőr, kerámia tulajdonságait általában ismerjük, de a fémiparban ritkábban dolgozunk velük.

Műanyagok alkalmazásánál kiemelten fontos a környezetvédelmi szempontok figyelembevétele.

### 2.1.3. Hőkezelések

A hőkezelés egy olyan fizikai folyamat, melyben a fém belső szerkezete megváltozik. A hőkezelés eredményét befolyásolja az ötvözők mennyisége. A hőkezelés az anyag kristályszerkezetének megváltozásával jár együtt. A kristályszerkezet formája meghatározza az anyag fizikai tulajdonságait. A vasötvözetek kristályszerkezetének átalakulásáról a vas-szén állapotábra ad eligazítást.



2.1.3. ábra: Szövetelemek előfordulási tartományai.

**A hőkezelési technológiák:** lágyítás, feszültség csökkentés, nemesítés.

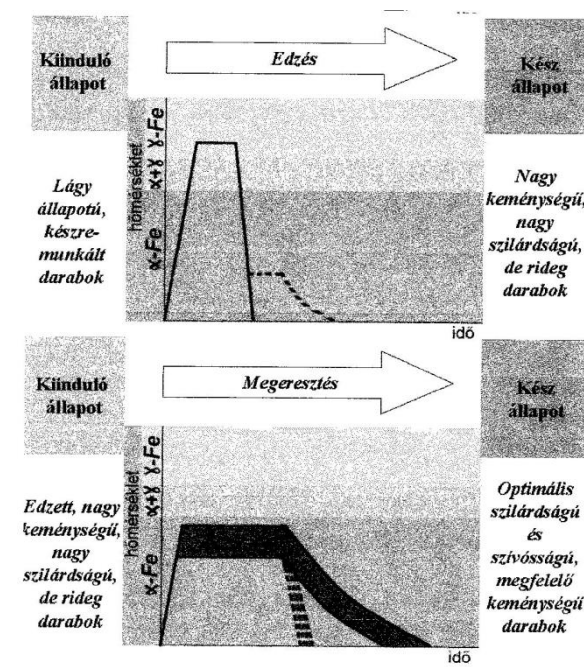
**Lágyítás** egy olyan hőkezelési eljárás, melyben a kemény rideg, nehezen forgácsolható anyagot a hőkezelés során a szemcseszerkezet megváltoztatásával lágyítjuk, ezáltal könnyebben forgácsolhatóvá válik. Az acélt ötvözőktől függően felhevítjük max. 900 – 1100 °C -ra, majd a kemencében visszahűtjük kb. 660 °C-ra. Ezt követően levegőn hűtjük le az anyagot. A lágyulás mértéke a hűlési sebességtől függ. Keménység méréssel kontroláljuk az eredményt.

**Feszültségcsökkentés.** A forgácsolás során időnként az anyagban lévő feszültség hatására az alkatrész deformálódik. Ennek elkerülésére használjuk a feszültségcsökkentő hőkezelést. Forgácsolás megkezdése előtt vagy nagyolt állapotban az alkatrészt felmelegítjük a lágyulási hőmérsékletre (edzett és hidegalakított alkatrészek max. 250 °C, de öntvények, hegesztett szerkezetek akár 650 °C is lehet) és hagyjuk lehűlni.

35. MŰVELETI UTASÍTÁS		A művelet megnevezése Betétedzés		Munkaszám			
A munkadarab megnevezése Csigakerék		Anyag BNC5	Darab- szám	Méret ∅ 500×80	Tömeg 40 kg		
<p>Vázlat</p> <p>Elkészítés: Cementáláshoz és edzéshez ∅ 8 mm vasluzai kaloda</p> <p>Minőségi előírás</p> <p>Szakítószilárdság magban: <math>R_m = \text{min. } 800 \text{ MPa}</math> Rétegvastagság 0,9...1,3 mm Kéregkeménység 58...62 HRC</p>		<p>Munkamenet</p>					
A művelet tagozódása, jellemző adatok							
sor- szám	művelet	hőmör- sék- let, °C	idő	berendezés	db adag	készülék	megjegyzés
1.	Előmelegítés	500	4 h	∅600 × 1000 mm munka- terű villamos fűtési légkavardósos kemence			
2.	Cementálás	920	6 h	∅500 × 600 mm téglá- méretű sókemence			enyhé hatású cementáló- fűrdő
3.	Visszahűtés	600	1,5 h	∅500 × 600 mm téglá- méretű, ellenálló fűtési kemence			IS 580 izzító
4.	Bemerítés	860	25 min	∅500 × 600 mm téglá- méretű sókemence			IS 580 izzító + + inertor
5.	Hűtés olajban	150	30 min	olajkád			EA 40 edzőolaj
6.	Hűtés levegőn						
7.	Mosás	85	1 h	mosókád			
8.	Hevítés	200	4 h	villamos fűtési légkavardósos kemence			
9.	Hűtés levegőn						

2.1.3. táblázat: Csigakerék betétedzésének technológiája

A **nemesítés** két fő folyamatból áll az edzésből és megeresztésből. Célja a finomszemcsés anyagszerkezet előállítása. Ez az edzés utáni megeresztés technológiájával jön létre. Megeresztés után csökken a keménység és a szilárdság, de nő az ütőmunka és az alakíthatóság. Az edzés folyamán az anyagot felhevítjük, majd azt követően gyorsan lehűtjük. A hevítés mértéke és a lehűtés módja nagyban befolyásolja az anyag keménységét. Ha nem szeretnénk, hogy túl rideg legyen az anyag, akkor következik a megeresztés. Ez minden anyagra más és más. A 2.1.3 táblázat egy csigakerék hőkezelési utasítását mutatja be.



2.1.4. ábra: Az edzés és megeresztés diagramja

#### 2.1.4. Anyaghibák, törés, kopás, kifáradás, anyagkiválasztás

**Törés**, mechanikai igénybevétel, terhelés hatására következik be. Lassú statikus igénybevétel esetén vagy nagy túlterheléskor.

**Kopás** elsősorban súrlódó felületek között jön létre, siklócsapágy-tengely vagy prizmák egymáson súrlódásakor, elégtelen kenési viszonyok mellett.

**Kifáradás** a szerkezeti elemek egyik tönkremeneteli módja. Ismétlődő terhelések esetén jelentkezik. Egy bizonyos ismételt igénybevételi szám hatására már az anyag szakítószilárdságánál kisebb terhelés esetén is bekövetkezhet, tervezési, gyártási vagy üzemeltetési hiba folytán.

**Anyagkiválasztás** az előbb felsorolt hiba lehetőségének elkerülését figyelembe véve nem is egyszerű. Mindig több szempontot is figyelembe kell venni. Feleljen meg a műszaki követelményeknek. Legyen beszerezhető. Költség hatékonyan lehessen megmunkálni. Ha nem ismerjük a kiválasztott anyagot, használjunk katalógust vagy termékismertetőt.

Az alábbi leírás egy acélkereskedő cég szóróanyagában található

*1.2311 Nemesített acél, nitridálható, polírozható, vegyi és galvanikus felületkezeléshez. Jól megmunkálható, polírozható, pácolható és maratható. Nitridálással kopásálló a felülete, nem vetemedik. Alkalmazható nagy formalapokhoz a műanyagiparban, tengelyekhez a gépiparban.*

## 2.2. Anyagvizsgálatok

Az anyagvizsgálat egy olyan fontos tevékenység, amely közvetve, vagy közvetlenül hozzájárul a jó minőségű termék gyártásához. Növeli a termék biztonságát, élettartamát. Megvéd bennünket a váratlan eseményektől.

Anyagvizsgálat célja az anyagokra jellemző fizikai, kémiai tulajdonságok megállapítása, mérőszámmal való összehasonlítása. Végezhetjük roncsolással és/vagy roncsolásmentesen. A roncsolásos vizsgálattal az anyagok mechanikai tulajdonságait, anyag jellemzőit vizsgáljuk, roncsolás mentessel az anyagok, alkatrészek belső rejtett hibáira tudunk következtetni.



2.2.1. ábra: Webster típusú keménységmérő fogó 0,6 – 8 mm anyagvastagsághoz.  
Rockwell keménységmérés táblázat használatával

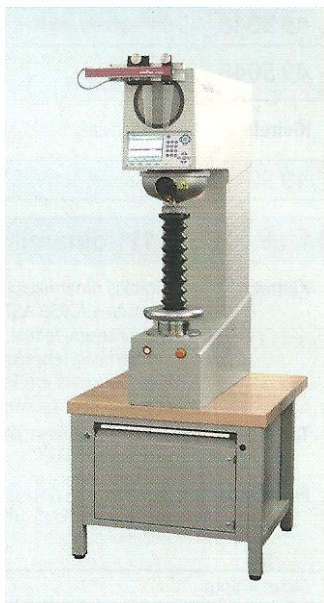
A mai kor átlag műhelyében csak egy-két anyagvizsgálatra van szükség és lehetőség. Ez általában egy keménységmérés és egy repedésvizsgálat. Az alapanyag, alkatrész kiválasztásához szükséges anyagvizsgálati adatokat a gyártó, kereskedő cég a rendelkezésünkre bocsájtja. Ahhoz, hogy értékelni tudjuk a mérőszámokat, ismernünk kell a mögötte rejlő anyagvizsgálati módszereket.

**Mechanikai anyagvizsgálatok:** keménységmérések - Brinell, Vickers, Rockwell  
Poldi, Shore,  
szakító vizsgálat  
nyomó vizsgálat  
hajlító vizsgálat  
nyíró vizsgálat  
ütés vizsgálat (törés teszt)  
fárasztó vizsgálat.

Forgácsoló megmunkálás előtt leggyakrabban az anyagok keménységét vizsgálják. Legelterjedtebb mérési mód a Brinell féle keménységmérés. Lényege, hogy egy D átmérőjű keményre edzett acélgolyót meghatározott erővel belenyomunk a vizsgálandó anyagba, majd lemérjük a lenyomat átmérőjét és abból állapítjuk meg a keménységet.

A Vickers vizsgálat ugyan ilyen, de golyó helyett 136° -os gyémántkúpot használunk. Rockwell típusú mérésnél 120° -os gyémántkúpot nyomunk a vizsgálandó anyagba. A terhelést két lépésben adjuk. Először kb. 10 kg előterhelést, majd 150 kg nyomóterhelést adunk a gépen. Mérőóráról azonnal leolvashatjuk a mért eredményt.





2.2.2. ábra: Zwzck/Roel ZHU 250 típusú keménységmérő készülék  
HV, HB, HR keménységmérésekhez, PC csatlakozással  
300 x 200 munkatérrel

**Roncsolásmentes anyagvizsgálatok:** vizuális vizsgálat szemrevételezéssel (nagyítóval)

    folyadékbehatolásos repedésvizsgálat  
    mágneses-poros repedésvizsgálat  
    ultrahangos vizsgálat  
    radiológiai vizsgálat (röntgen).

Legegyszerűbb vizsgálati módszer a szemrevételezés. Jó szakmai tapasztalatra van szükség hozzá. Csak az anyag, alkatrész felszínén látható hibák észlelhetők így.

Felszínig kibúvó repedések, anyaghiányok kimutatására a folyadékbehatolásos repedésvizsgálat szolgál.

Mágneses-poros vizsgálat csak mágnesezhető anyagoknál használható, korlátozott anyagvastagság mellett. Hegesztett szerkezetek varrat vizsgálatánál alkalmazzák.

Az ultrahangos anyagvizsgálat az anyag belsejében lévő vonalszerű, kontúros hibák kimutatására alkalmas. Többfajta ultrahangos vizsgálatot ismerünk.

Radiológiai vizsgálatnál az anyag, alkatrész belső üreges hibát mutatja ki. Kétféle sugárforrás ismert. A röntgen gép és az izotóp.

Mindkét utóbbi vizsgálatot mérőlaboratóriumokban lehet elvégeztetni. A mérés eredményéről jegyzőkönyvet, képet adnak.

Az eddig tárgyalt anyagvizsgálatokon kívül léteznek más vizsgálatok is. Az fémek szemcseszerkezetét, folyadékok, olajok viszkozitását, villamos ipari méréseket, de még a hang és fényjelenségeket is lehet mérni, elemezni.

A különböző eljárásokkal mért keménységi értékeket, ill. szakítószilárdságot a 12. táblázat hasonlítja össze.

**12. táblázat. Acélok Vickers-, Brinell- és Rockwell-szerinti keménységének és szakítószilárdságának összehasonlító táblázata az MI 15191–79 alapján**

Vickers, HV	Brinell, HB	Rockwell,			$R_m$ , MPa	Vickers, HV	Brinell, HB	Rockwell,			$R_m$ , MPa
		HRB	HRC	HRA				HRB	HRC	HRA	
100	95	58,0			320	400	380				1290
110	105	62,3			350	420	399		40,8	70,8	1350
120	114	66,7			385	440	418		42,7	71,8	1420
130	124	71,2			415	460	437		44,6	72,8	1485
140	133	75,0			450	480	(450)		46,1	73,6	1555
150	143	78,7			480	500	(475)		47,7	74,5	1630
160	152	81,7			510	520	(494)		49,1	75,3	1690
170	162	85,0			545	540	(513)		50,5	76,1	1700
180	171	87,1			575	560	(532)		51,7	76,7	1775
190	181	89,5			610	580	(551)		53,0	77,4	1845
									54,1	78,0	1920
200	190	91,5			640	600	(570)		55,2	78,6	1995
210	199	93,5			675	620	(589)		56,3	79,2	2070
220	209	95,0			705	640	(608)		57,3	79,8	2145
230	219	96,7			740	660			58,3	80,3	
240	228	98,1	20,3	60,7	770	680			59,2	80,8	
250	238	99,5	22,2	61,6	800	700			60,1	81,3	
260	247	24,0	62,4	835	720				61,0	81,8	
270	257	25,6	63,1	865	740				61,8	82,2	
280	266	27,1	63,8	900	760				62,5	82,6	
290	276	28,5	64,5	930	780				63,3	83,0	
300	285	29,8	65,2	965	800				64,0	83,4	
320	304	32,2	66,4	1030	820				64,7	83,8	
340	323	34,4	67,6	1095	840				65,3	84,1	
360	342	36,6	68,7	1155	860				65,9	84,4	
380	361	38,8	69,8	1220	880				66,4	84,7	
						900			67,0	85,0	
						920			67,5	85,3	
						940			68,0	85,6	

*Megjegyzés: A különböző módszerrel mért keménység másik módszerrel való összehasonlításakor bizonyos szórás figyelhető meg. A zárójeles Brinell-keménységek a szabványos keménységi vizsgálatok érvényességi területén kívül esnek, a gyakorlatban azonban sokszor közelítő értéként használják. Ezek csak wolfram-karbid golyóval végzett vizsgálatokhoz használhatók.*

2.2.3. ábra: Hőkezelési példatár összehasonlító 12. táblázata

### 2.3. Mérés

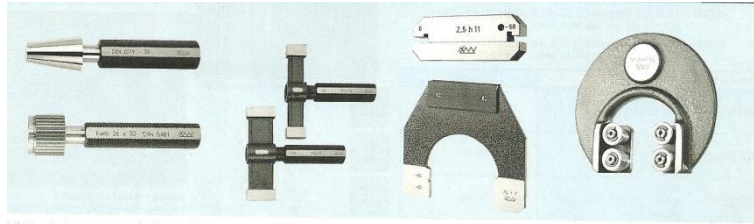
A mérés tervszerűen végrehajtott gyakorlati tevékenység, amely valamilyen fizikai mennyiség nagyságának jellemzésére szolgál. A mért érték előre választott mértékegységben kapjuk meg. Az információtartalom igénye szabja meg a mérési pontosság módját, igényét. Az ezt meghaladó mérés, felesleges pontosságra való törekvést és költség többletet jelent.





### 2.3.1. ábra: Merlin tip. 2 tengelyes mérőmikroszkóp

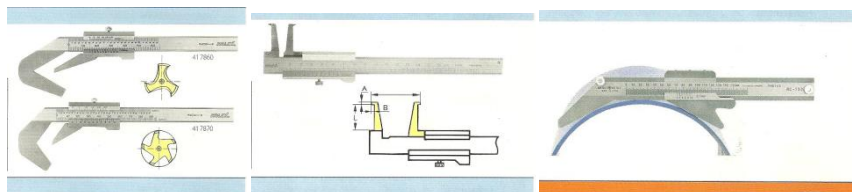
Magyarországon törvény szabályozza, hogy a méréssel kapcsolatos országos hatáskörű irányító, felügyelő és ellenőrző feladatokat az Országos Mérésügyi Hivatal látja el. Joghatással járó mérést a mérési feladat elvégzésére alkalmas hiteles mérőeszközzel vagy használati etalonnal ellenőrzött mérőeszközzel kell végezni. Hitelesítést csak az OMH végezhet, melyről bizonyítványt ad ki és megjelöli a mérőeszközt.



2.3.2. ábra: Speciális idomszerek

A mérést végezhetjük közvetlenül (tolómérő, mérőszalag stb.) és közvetett módon (léser, 2-3 D mérőgép stb.)

A mérőeszközök lehetnek analóg vagy digitális működésűek. Az analóg mérőeszközök előnye, hogy működés szempontjából igénytelenek, egyszerű a kezelésük, hátrányuk a mérési eredmény leolvasásakor előforduló típushibák. A digitális mérőeszközök gyors, pontos leolvasást tesznek lehetővé és sok esetben adathordozó eszközzel is összekapcsolhatók. Hátrányuk csupán az elemek lemerülésekor fellépő „megbolondulás” és a környezeti behatásoknak nem mindegyik típus áll ellen (pl. fröccsenő víz). Fontos megjegyeznünk, hogy minden mérhető, csak lehet, hogy nekünk nincs olyan mérőeszközünk, vagy nem tudunk róla.



3 – 5 ponton mérő

Speciális tolómérők

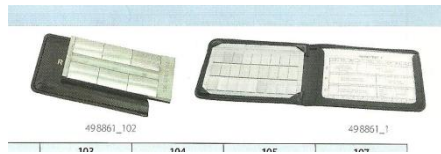
belsőhorony mérő

rádiusmérő

2.3.3. ábra: Mérők

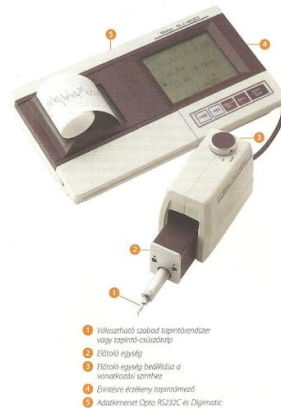
Bármilyen kézi működtetésű mérőeszközzel is mérünk, mindig előfordulhatnak mérési hibák. Egyik leggyakoribb a mikrométer ellenőrzése, kalibrálása. A digitális tolómérő jó beállítása (pl. összeadja a mért eredményeket), nullázása. Analóg mérőeszköznél nem megfelelő világítás mellett a nóniusz téves leolvasása. Gyakran használt riportereknél a kopás. Vannak véletlenszerű hibák, melyek a nem megfelelő mérési technika, vagy környezeti behatás miatt következnek be. Ezt egy mérési hely többszöri mérésével lehet kompenzálni.

Összehasonlításnál számolni kell az emberi szubjektivitással.



2.3.4. ábra: Felületi érdesség összehasonlító lapok

Pontos méréseket az egyéntől független mérőműszerekkel végezhetünk.



1. Visszafejtő csatlakozó lapindítózár vagy tapintó-csúcsleír
2. Előző egység
3. Feltöltő egység beállításai a munkadarab szemébe
4. Érintőre érzékeny tapintómező
5. Adatkimenet Opto RS232C és Digitalis

2.3.5. ábra: Felületi érdességmérő műszer Mitutoyo SJ 401 tip.

Durva hiba, személyi tévedés következtében áll elő. Leggyakoribb a rajzok méreteinek, jeleinek helytelen értelmezése, nagyságrendi tévedés a mérőeszköz méréshatárának figyelmen kívül hagyása miatt. Mikrométer nóniuszának helytelen leolvasása. Ugyanilyen mérésbeli problémát okozhat a technológiai utasítás figyelmen kívül hagyása pl.: köszörülési ráhagyás vagy a hőkezelés utáni megmunkálás.

Ha MEO-sként végezzük a mérést következő rendszer szerint ajánlott az elvégzése:

- megrendelő igényei szerinti mérőhelyek kijelölése
- megfelelő mérőeszközök kiválasztása
- adatgyűjtés – mérés a munkadarabon
- jegyzőkönyvben rögzítés
- elemzés, minősítés

Mérési jegyzőkönyv egy öntőszerszámról.

A méréshez használni kell az alkatrész rajzát, melyen előre meghatároztuk az irányadó mérési pontokat. Mérőeszközök fajtája, típusa nincs meghatározva.

**MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV**

KOVÁCS kft

**Céjja: Új kokilla méretmegállapítása**

Mérést végezte: Kovács Károly

Alkatrész alanyaga: A1 9.

Mintaöntést végezte: P - Metál kft

Alkatrész megnevezése: Rohling-Platinenhebel-GST-TMI-11

Rajzszáma: 4100264635

Végzendő feladat: mintadarab mérése

sorszám	előírt méret	mért méret	döntés	vevő mérése
1	180,0 + 1	180,1	jó	kiemelt méret
2	26,0 - 2	26	jó	kiemelt méret
3	13,8 +2	13,8 - 14,1	jó	öntési küposág kiemelt méret
4	32 + 1	32,9	jó	kiemelt méret
5	35,5	35,3	jó	
6	98	98	jó	
7	40	39,9 - 41	jó	öntési küposág
8	55	54,9	jó	
9	65	64,8	jó	
10				

Az alkatrész gyártásáról szóló döntés: JÓ

Dátum: Tatabánya, 2013.07.04.

Alíráás: *Kovács Károly*

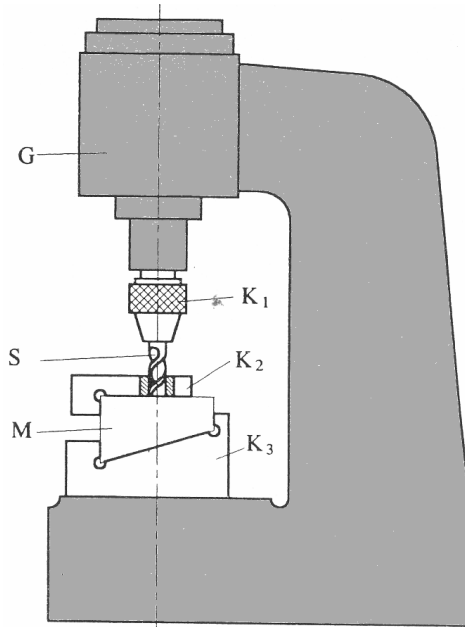
### 3. Általános forgácsolás technológiai feladatok

#### 3.1. Forgácsolások elméleti előkészítése

A forgácsolás a legelterjedtebb alkatrészgyártó gépipari technológia. A technológia görög eredetű szó, átalakítást jelent, melynek során a technológia tárgya egy alacsonyabb szintű állapotból egy magasabb szintű értékesebb állapotba kerül. A forgácsolások esetében ez úgy valósul meg, hogy a munkadarabról (a technológia tárgyáról) a felesleges anyagmennyiséget forgács formájában leválasztjuk. A forgácsoló technológiákat többféle szempont szerint lehet rendszerezni. Legegyszerűbb a technológia energiaforrása szerint. Így megkülönböztetünk emberi erőforrással működtetett, úgynevezett kézi forgácsoló technológiákat (reszelés, kézi fűrészelés, kézi hántolás stb.) és gépi forgácsoló technológiákat (esztergálás, marás, gyalulás stb.). A gépi forgácsoló technológiák működtetésük alapján lehetnek hagyományos működtetésűek és korszerű, NC, CNC működtetésű technológiák.

### 3.1.1. Az MKGSI rendszer

A gépi forgácsolásokat az úgynevezett **MKGS**I rendszerben vizsgáljuk, melynek elemeit a következő ábra segítségével tudjuk szemléltetni.



3.1.1. ábra: MKGSI rendszer

A betűk jelentése a következő:

- **M = Munkadarab.** (A technológia tárgya, vagyis a rendszer azon eleme, amelyen a forgácsolással az átalakítást elvégezzük)
- **G = Gép.** (Mégmunkáló gép) Olyan bonyolultabb, nem emberi erővel működtetett berendezés, amelynek legfontosabb feladata a forgácsleválasztáshoz szükséges mozgások és erőhatások biztosítása.
- **S = Szerszám.** Olyan különböző bonyolultságú eszköz, amellyel a forgácsolást elvégezzük, tehát a szerszám a munkadarabot közvetlenül alakítja. A forgácsoló szerszámokat is sok szempont szerint lehet osztályozni. A legelterjedtebb a forgácsoló élék száma szerinti osztályozás, amely szerint lehetnek:
  - **egyélű szerszámok** (esztergakécek, gyalukécek, vésőkécek)
  - **kétélű szerszámok** (csigafúró)
  - **szabályosan több élű szerszámok** (marók, üregelő tuskék)
  - **szabálytalanul sok élű (abrazív) szerszámok** (köszörűkorongok)
- **I = Irányítás.** A rendszer működtetése, például elindítása, bekapcsolása, leállítása stb. Lehet kézi, vagy automatikus az NC és CNC forgácsoló technológiáknál.
- **K = Készülék.** A készülék a rendszer három fő elemét (**M, G, S**) összekötő eszköz, mely közvetlenül nem vesz részt a megmunkálási, forgácsolási

folyamatban, de az adott technológia műszakilag megfelelő és gazdaságos megvalósításához nélkülözhetetlen. A készülék sokszor a gép tartozéka. Az egyetemes készülékek kereskedelemben kaphatók, a speciális készülékeket meg kell tervezni, le kell gyártani és ezután kerülhet sor az alkalmazásukra. A készülékeken keresztül záródik a megmunkálási erőfolyam. A nagypontosságú sorozat- és tömeggyártás, mely csereszabatos alkatrészeket állít elő gazdaságosan, készülékek alkalmazása nélkül elképzelhetetlen. A készülékek a rendszerben betöltött **kapcsolatlétesítő szerepük** szerint lehetnek:

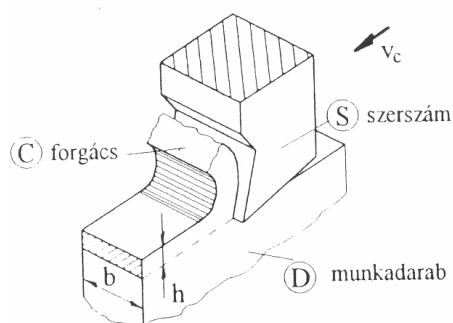
- **Szerszámbefogó készülékek (K1)** pl. fűrőtorkmány, marótüske stb.
- **Munkadarab-befogó készülékek (K3)** pl. esztergatótorkmány, gépsatu.
- **Szerszámvezető készülék (K2)** pl. fűrőkészülék, kúpvonalzó...



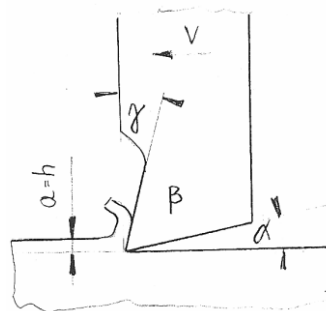
3.1.2. ábra: Készülékek kapcsolatlétesítő szerepe

### 3.1.2. A forgácsleválasztás feltételei

A forgácsolási folyamat modellje a következő ábrákon látható:



3.1.3. ábra: A forgácsleválasztás modellje



3.1.4. ábra: A szerszám ékhatása

A  $h$  mélységre beállított szerszám  $v_c$  sebességgel behatol a munkadarab anyagába és  $b$  szélességben anyagot (forgácsot) választ le. A forgácsolási folyamat megvalósulásához (a forgács leválasztásához) a következő alapfeltételek biztosítása szükséges:

a) Szerszámél kialakítása

Rendelkezzen a szerszám olyan kialakítással, amely **ékhata**st biztosít. Ezt a feltételt a forgácsolószerszám megfelelő élképzésével (élgeometriával) teljesítjük. A szerszám dolgozó részén **homloklapfelület** (homloklapot) alakítunk ki, melyen a leválasztott anyaréteg forgácsként távozik. A homloklap helyzetét a  $\gamma$  **homlokszög** adja meg. A munkadarab forgácsolt felületével a szerszám nem érintkezhet, hiszen azt roncsolná, illetve a felesleges súrlódás a forgácsolás teljesítményét növelné meg. Ezért alakítjuk ki a megmunkált felülettel szemben a **hátfelületet** (hátlapot), melynek helyzetét az  $\alpha$  **hátszöggel** adjuk meg. Így kialakul a homloklap és a hátlap által bezárt  $\beta$  **ékszög**, amely az ékhatast biztosítja. A felületek metszsvonalai adják a szerszám éleit.

A különböző típusú forgácsolószerszámok más-más élgeometriával rendelkeznek, amelyet nem csak a szerszám típusa, hanem a megmunkált anyag minősége és egyéb tényezők is befolyásolnak.

b) Megfelelő **forgácsolómozgások** biztosítása.

A forgácsolómozgás a szerszám és a munkadarab egymáshoz viszonyított elmozdulását jelenti. Ez egy összetett mozgás, amelyet a megmunkáló gép biztosít, és fő- és mellémozgásokból áll. A forgácsoló főmozgás a forgácsleválasztás irányába eső mozgás, amit a szerszám gép főhajtóműve létesít. Ennek irányában jön létre a forgácsolóhossz. Lehet folyamatos vagy szakaszos, valamint forgó vagy egyenes vonalú mozgás. Végezheti a munkadarab és a szerszám is. A forgácsoló **főmozgás sebességét** (a **vágósebességet**)  $v_c$  –vel **jelöljük**, mértékegysége m/s vagy m/min. Forgó főmozgásnál a vágósebesség a szerszám vagy a munkadarab kerületi sebessége:  $v_c = D \cdot \pi \cdot n$  (m/s), ahol a D a forgó szerszám vagy munkadarab átmérője (m), n pedig a fordulatszáma (1/s). Egyenes vonalú forgácsoló főmozgásnál a

forgácsoló sebességét a  $v_c = \frac{s}{t} \left( \frac{m}{s} \right)$  képlettel számoljuk, ahol az s a megtett út

(m), a t pedig a megtételéhez szükséges idő (s).

A forgácsoló mellémozgások a forgács szélességi és vastagsági méretét határozzák meg, vagyis a forgács keresztmetszetét adják. A mellémozgás lehet előtoló vagy fogásvétel irányú mozgás. Az előtoló mozgás merőleges a forgácsoló főmozgásra. Lehet hosszirányú, keresztirányú, folyamatos vagy szakaszos, a főmozgástól függő vagy független. Az **előtolás jele: f**, mértékegysége lehet:

- mm/ford (pl. esztergálásnál)
- mm/kettőslöket (pl. gyaluláskor)
- mm/fog (marásnál)
- mm/min (pl. a gépasztal előtoló sebessége marásnál).

A másik mellémozgás a **fogásvétel irányú fogásmélység**, melynek **jele: a**. Rendszerint merőleges a megmunkált felületre, és mértékegysége mm.

c) Szerszám keménysége

A szerszám a forgácsleválasztáshoz szükséges megfelelő **keménységgel rendelkezzen**. Ezt az úgynevezett relatív keménységgel adjuk meg. A forgácsolás hőmérsékletén a szerszám anyag keménysége kétszerese-háromszorosa legyen a munkadarab keménységének.  $(H_{\text{szerszám}}/H_{\text{munkadarab}} \geq 2-3$  kritériumnak kell teljesülnie)

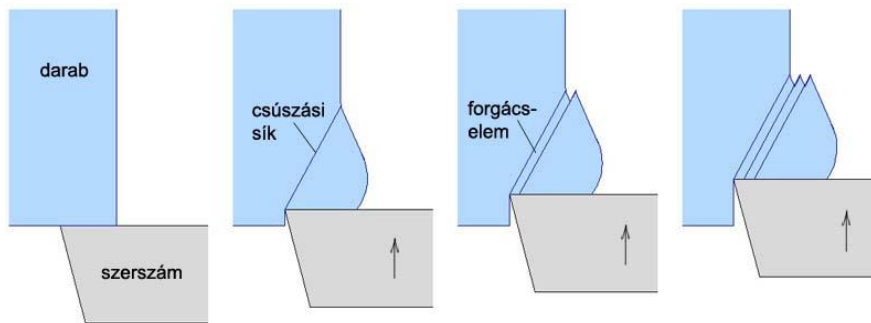
d) Forgácsoló erő

A forgácsleválasztáshoz **megfelelő erőhatás szükséges**. Ezt a forgácsoló szerszám gép fejt ki és igénybe veszi a teljes MKGSI rendszert. A rendszer terhelhetőségének, valamint a szükséges teljesítménynek a meghatározásához szükség van a forgácsolóerő nagyságának ismeretére is. Ezzel majd a későbbiekben foglalkozunk. A forgácsolásoknál különböző elrendezésű, több erőből álló erőrendszerek hatnak.

### 3.1.3. A forgácsoló technológiák mozgásviszonyai és szerszámai

TECHNOLÓGIA	FŐMOZGÁS	MELLÉKMOZGÁS	SZERSZÁM
<b>ESZTERGÁLÁS</b>	forgó és a munkadarab végzi	egyenes vonalú folyamatos és a szerszám végzi	egyélű
<b>HOSSZGYALULÁS HARÁNTGYALULÁS VÉSÉS</b>	egyenes vonalú, a munkadarab, a szerszám, a szerszám végzi	egyenes vonalú, szakaszos a szerszám, a munkadarab, a munkadarab végzi	egyélű
<b>FÚRÁS</b>	forgó és a szerszám végzi	egyenes vonalú folyamatos és a szerszám végzi	általában kétélű
<b>MARÁS</b>	forgó és a szerszám végzi	egyenes vonalú folyamatos és a munkadarab végzi	szabályosan többélű (3—20)
<b>KÖSZÖRÜLÉS</b>	forgó és a szerszám végzi	egyenes vonalú folyamatos és a szerszám, vagy a munkadarab végzi	Szabálytalanul sokélű
<b>ÜREGELÉS</b>	egyenes vonalú egyirányú és a szerszám végzi	nincs!	szabályosan többélű

### 3.1.4. A forgácsleválasztás folyamata



3.1.5. ábra: A forgácsleválasztás folyamata

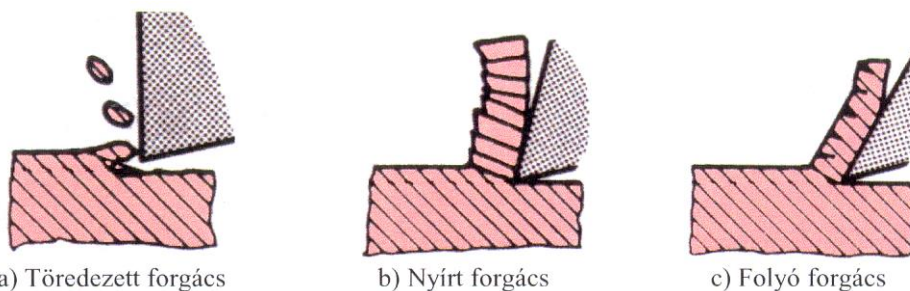
Az ábra a forgácsképződési folyamatot szemlélteti. Először a szerszám belehatol a munkadarab anyagába, majd a homlokfelület előtti anyagrészt összetömöríti. A forgácsolóerő hatására az anyagban először rugalmas, majd később képlékeny deformáció keletkezik. Az ébredő feszültségek egy síknak feltételezett felület (*iránysík vagy csúszási sík*) mentén meghaladják az anyagrészecskék összetartó erejét, így az a szerszám haladási irányában bereped, felszakad az anyag. A szerszám előrehaladásával a forgács felkúszik a homlokfelületen, majd leválik a munkadarabról. Tehát a forgácsképződés a következő részfolyamatok sorozata:

- rugalmas alakváltozás,
- képlékeny alakváltozás,
- elcsúszás az irány síkban, azaz a forgács elem létrejötte,
- a forgács elem elmozdulása a szerszám homlokfelületén.

Ezeknek a mozzanatoknak az állandó ismétlődése révén jön létre a forgács. A forgács felületén gyakran szabad szemmel is jól láthatók a forgács elem-csúszások.

### 3.1.5. Forgácsfajták

A képződött forgács alapvetően három féle lehet.



a) Töredezett forgács

b) Nyírt forgács

c) Folyó forgács

3.1.6. ábra: Forgácsfajták

a) Töredezett forgács: Különálló, egymással nem kapcsolódó forgács elemek válnak le, melyek alakja és mérete jelentősen eltér egymástól. A kitöredezés a fém szemcsehatárai mentén történik, képlékeny alakváltozás nincs, a megmunkált felület érdes lesz. Rideg anyagok forgácsolásakor, illetve szívós anyagok kis vágósebességgel történő forgácsolásakor keletkezik töredezett forgács.

b) Lemezes vagy nyírt forgács: A leváló forgács elemek a keletkező hő és nyomás hatására részlegesen összehegednek. A forgácsnak a szerszám homloklapján lefutó



oldala sima, a másik oldalon a forgácselemek szabad szemmel is jól láthatók. Lehet egyenes vagy csavart. Szívós anyagoknál közepes, rideg anyagoknál csak igen nagy forgácsoló sebesség esetén keletkezik.

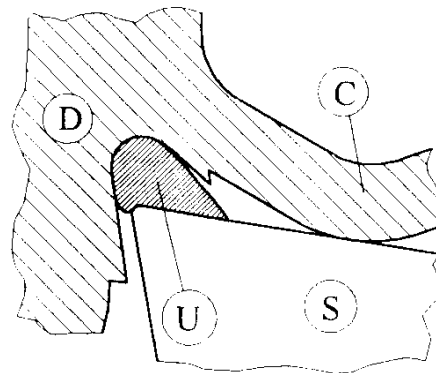
c) **Folyó forgács:** Szívós és képlékeny anyagok viszonylag nagy sebességgel történő megmunkálásánál keletkezik. A forgácsot alkotó forgácselemeket szabad szemmel nem lehet megkülönböztetni. Simító megmunkálásoknál folyó forgácsra kell törekedni a megfelelő felületi minőség miatt.

A keletkező forgács fajtája többféle tényezőtől függ, például:

- a munkadarab anyagától,
- a forgácsolási körülményektől (a vágósebességtől és a forgácsvastagságtól),
- a szerszámgeometriától (elsősorban a homlokszögötől),
- az alkalmazott hűtéstől, kenéstől stb.

Szívós anyagból is kaphatunk töredezett forgácsot kis forgácsoló sebességgel és nagy előtolással, viszont rideg anyagból (akár üvegből is) tudunk folyó forgácsot leválasztani nagy forgácsoló sebességgel, kis forgácsvastagság esetén.

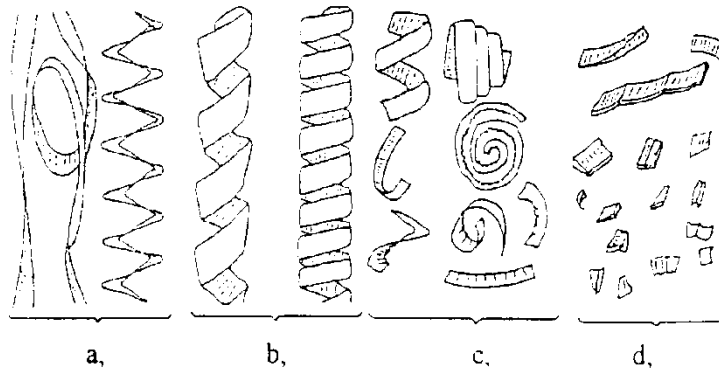
Élratétképződés: A szerszám homloklapjának élközeli részén, ahol a forgács mozgása irányt vált és lelassul, kialakul az úgynevezett stagnálási zóna (D). Itt az anyagrészek a nagy nyomás és a magas hőmérséklet hatására egymással és a szerszám anyagával összehegednek. Az így kialakult élratét (U), miután magassága eléri egy meghatározott értéket darabokra törik és részben a forgáccsal, részben a munkadarabra ragadva azzal együtt távozik. Káros jelenség, a vágósebesség növelésével lehet megelőzni.



3.1.7. ábra: Élratétképződés

#### Különböző forgácsalakok

Ha a leváló forgács kis sugarú alakzatot vesz fel, akkor a leválás után nem sokkal magától eltörik, könnyen kezelhetővé válik. Ezt nevezzük természetes forgácstörésnek, a forgácsalakot pedig tört forgácsnak (d. ábra). A folyó forgácsot, ami simító forgácsolásoknál a megmunkált felület minősége miatt elvárás (a, b. ábra), a leválás után mesterséges forgácstöréssel tudjuk „feldarabolni” és ezáltal könnyen kezelhetővé alakítani. A forgácstörésről a 3.4. fejezetben bővebben lesz szó.



3.1.8. ábra: Különböző forgácsalakok

### 3.1.6. A forgácsolási hő

A forgácsoláshoz bevitt teljesítmény (vagyis a mechanikai energia) a forgácstőben végbemenő **alakváltozás** és a fellépő **súrlódás** miatt hővé alakul át. A keletkezett hőmennyiség általánosságban következőképpen oszlik el:

- kb. 75% a forgácsba,
- **kb. 20 % a szerszámba,**
- kb. 4 % a munkadarabra, és
- kb. 1% a környezetbe jut.

Ezt a hőeloszlást sokféle tényező befolyásolja, például a technológia jellege (esztergálásnál vagy fúrásnál vizsgáljuk a hőfejlődést), a munkadarab anyagminősége stb. A forgácsolásnál keletkező hőmennyiség szerszám éltartamát kedvezőtlenül befolyásolja, ezért lehetőleg csökkenteni kell.

A forgácsolási hő káros hatása csökkenthető:

- a forgácsolási adatok (vc, f, a ) helyes megválasztásával,
- optimális szerszámkialakítással,
- hőelvezetés javításával (hűtéssel)
- a súrlódás csökkentésével (kenéssel, bevonatolással).

Itt kell megemlíteni a hűtés-kenés „dualitását”, kettős funkcióját. Vannak forgácsolások, ahol, a hűtés funkció dominál, a kenés szinte elhanyagolható. Ilyen forgácsolások a nagyoló megmunkálások. A simító megmunkálásoknál a kenés funkciónak is jelentős a szerepe. Az üregelési technológiánál például a kenésnek van nagyobb szerepe.

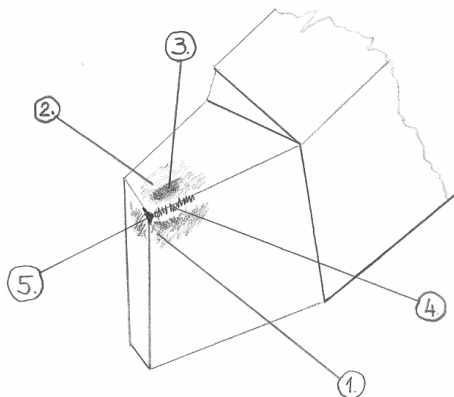
### 3.1.7. Forgácsoló szerszámok kopása, éltartam

A forgácsolószerszámok működésük közben fokozatosan elhasználódnak, kopnak, tehát a szerszámkopás nem rendellenesség, forgácsolási „betegség”, hanem a forgácsleválasztással együtt járó, természetes jelenség. A kopást bonyolult fizikai és kémiai folyamatok okozzák (abrázió, adhézió, diffúzió oxidáció stb.)

A szerszámkopás megnyilvánulási formái:

- a munkadarab felületi minősége romlik,
- a forgács alakja megváltozik, elszíneződik,
- a forgácsolóerő megnő,
- a hőfejlődés fokozódik
- rendellenes rezgések, hanghatások keletkeznek.

Kopásformák. Általában egyidejűleg több kopásforma együtt jelentkezik. A kopás fajtáit legjobban egy esztergákés esetében tudjuk szemléltetni.



- 1. hátkopás (rideg anyagoknál, simításnál)
- 2. homlokkopás (nagyolásnál)
- 3. kráterkopás (szivós anyagok nagyolásánál)
- 4. élkopás (műanyagok forgácsolásánál)
- 5. csúcskopás (simításnál, kis csúcscsugar esetén)

3.1.9. ábra: Kopásfajták

Kopásgörbe: A kopásgörbe a forgácsolószerszám kopásának mértékét mutatja a forgácsolással eltöltött idő függvényében. A szerszám elhasználódási folyamatának három, egymástól jól elkülöníthető szakasza van.

I. Kezdeti kopás (bekopás) szakasza

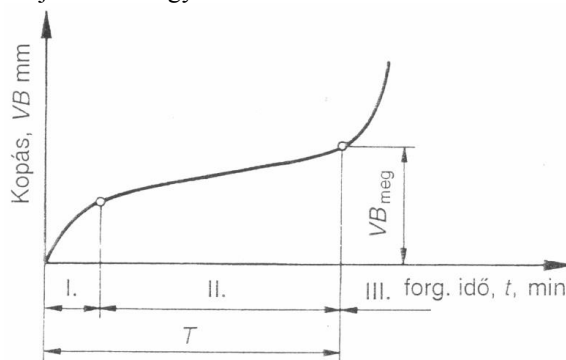
Az élezett szerszámról az élezésből adódó mikroegyenetlenségek lekopnak.

II. Egyenletes kopás szakasza

A görbe kis meredekségű, mert viszonylag hosszú forgácsolással eltöltött időhöz minimális kopás tartozik.

III. Túlkopási szakasz

A kopott szerszám miatt megnő a súrlódás, intenzívebb a hőfejlődés. A szerszám rohamosan kopik, majd tönkremegy.



3.1.10. ábra: Kopásgörbe

Éltartam: A szerszám utánélezés nélkül forgácsolással eltöltött ideje. Vagyis az a forgácsolással eltöltött idő, ami a megengedett kopás eléréséig tart.

Jele: **T**, mértékegysége: **perc** (min)

A szerszámok utánélezését még a túlkopási szakasz előtt kell elvégezni.

Az éltartamot befolyásoló tényezők:

**a) Forgácsolósebesség**

Ez a legfontosabb befolyásoló tényező. Minél nagyobb sebességgel forgácsolunk, annál rövidebb idő alatt éri el a szerszámkopás a megengedett értéket. Ennek oka az, hogy a nagyobb sebességhez tartozó nagyobb forgácsolási hőmérsékleten csökken a szerszámkopásállósága, másrészt pedig nagyobb sebesség esetén az időegység alatt a szerszám nagyobb utat tesz meg, tehát több anyag koptatja a szerszámot. Az úgynevezett **Taylor-**

**képletből** vezethető le a következő összefüggés:  $v_0 \cdot T_0^m = v_1 \cdot T_1^m$ , ahol

$v_0$  = gazdaságos forgácsoló sebesség,

$T_0$  = a gazdaságos forgácsolási sebességhez tartozó éltartam,

$v_1$  = megváltozott forgácsoló sebesség,

$T_1$  = a megváltozott forgácsolási sebességhez tartozó éltartam,

$m$  = éltartam kitevő, amely a szerszám anyagminőségétől függ.

Látható, hogy a hatványfüggvény miatt már viszonylag kismértékű vágósebesség változás is nagymértékű éltartam változást okoz. Az üzemi gyakorlatban a szerszámgyártók által közreadott éltartamokhoz határozzuk meg a szerszámgépen megvalósítandó forgácsoló sebességet, és ez alapján számoljuk ki a gépen beállítandó fordulatszámokat.

**b) Előtolás.**

Növelésével az éltartam csökken.

**c) Fogásvétel.**

Növelésével az éltartam csökkenése nem olyan jelentős, mint az előtolás hatására, mert a fogásvétel növelésével csökken a szerszám egységnyi élvonalhosszára jutó terhelés, viszont a szerszámél hőterhelése nő.

**d) A munkadarab anyaga.**

Minél jobban megmunkálható valamely anyag, annál nagyobb éltartama lesz az azt forgácsoló szerszámnak. A kisebb fajlagos forgácsolási ellenállással ( $k_c$ ) rendelkező anyagok forgácsolásánál nagyobb lesz a szerszám éltartama.

**e) A szerszám anyaga.**

Minél jobb a szerszám forgácsoló képessége, annál nagyobb az éltartam, vagy azonos éltartam mellett nagyobb sebességgel lehet vele forgácsolni.

**f) Szerszámkiállítás.**

A megfelelő élgeometria (homlokszög, hátszög, főél-elhelyezési szög, csúcsgugar stb. értéke) erősen befolyásolja az éltartamot.

**g) Hűtés-kenés.**

Megfelelő, jól megválasztott hűtés-kenéssel a vágósebesség 15-20%-al növelhető, változatlan éltartam mellett.

**3.1.8. Forgácsolóerő, a forgácsolás teljesítményszükséglete**

A forgácsleválasztás megfelelő erő hatására jön létre. A forgácsolóerő ( $F_c$ ) igénybe veszi az MKGSI rendszer minden elemét. A szerszámterhelés, valamint a szükséges gépteljesítménynek a meghatározásához szükség van a forgácsolóerő ismeretére. A forgácsolóerőt laboratóriumi körülmények között mérésekkel is meg lehet határozni. A gyakorlatban legtöbbször számítással határozzuk meg leválasztott forgács

keresztmetszetéből (A) és a fajlagos forgácsolóerőből ( $k_c$ ), a következő összefüggés alapján:  $F_c = k_c \cdot A$  (N).

A forgácskeresztmetszet állandó keresztmetszetű forgács esetében az előtolás és a fogásmélység szorzata:  $A = f \cdot a$  ( $\text{mm}^2$ ).

A fajlagos forgácsolóerő (vagy fajlagos forgácsolási ellenállás) azt mutatja meg, hogy az adott technológiánál az adott anyagminőségű munkadarabról  $1\text{mm}^2$  keresztmetszetű

forgács leválasztásához hány N erő szükséges. Mértékegysége tehát  $\frac{N}{\text{mm}^2}$ .

A forgácsoláshoz szükséges teljesítmény a forgácsolóerő és a forgácsolósebesség szorzata.  $P_c = F_c \cdot v_t$  (W), ahol a  $v_t$  a beállított fordulatszámából számított tényleges

vágósebesség ( $\frac{m}{s}$ ). A kiszámított forgácsolási teljesítmény alapján eldönthető, hogy egy

adott teljesítményű és hatásfokú szerszámgépen egy bizonyos forgácsolás elvégezhető-e.

### 3.1.9. A forgácsolószerszámok és anyaguk

Egy forgácsolás elvégzéséhez a megfelelő szerszám kiválasztása sok tényezőtől függ, ezért nagy körültekintést és gyakorlatot igényel. A szerszám típusának kiválasztására általános érvényű szabályok nincsenek. A munkadarab alakja, mérete, illetve a megmunkált felületek bizonyos támpontot nyújtanak a szerszám típusának megválasztásához. A szerszám alakját gazdaságossági kérdések is befolyásolhatják, választható például ugyanannak a felületnek a megmunkálására olcsó, de kis termelékenyséű egyenes fogú palástmaró, vagy drágább, de nagyobb termelékenyséű ferde fogú palástmaró. A szerszám típusának kiválasztásakor mindig támaszkodni kell a gyakorlati tapasztalatokra és a szabványokra. A forgácsoló szerszámokkal szemben két fő követelményt támasztunk. Eszerint alkalmas legyen a meghatározott anyag rész gazdaságos leválasztására, és a munkadarab előírt méretpontosságának, alakhűségének és felületi érdességének biztosítására.

A különböző forgácsolási feladatok ellátására sokféle forgácsoló szerszám létezik.

Ezeket az alábbi szempontok szerint csoportosíthatjuk:

- **az élek száma szerint** lehet egyélű, kétélű, szabályosan többélű és szabálytalanul sokélű
- **az alkalmazás szerint** van esztergakés, gyalukés, fűrő, maró, üregelő túske stb.
- **a dolgozó rész anyaga szerint** szerszámacél, keményfém, kerámia, gyémánt és egyéb anyag
- **szerkezeti kivitel szerint** tömör, tompán hegesztett, váltólapkás, betétkéses stb.
- **egyéb szempontok szerint** (pl. az élszögek nagysága, a szerszám méretei stb.).

#### Szerszámanyagokkal szemben támasztott követelmények:

A forgácsoló szerszámok anyagának a kiválasztásakor a következő jellemzőket kell figyelembe venni: az anyag keménységét (kopásállóságát), szilárdságát, szívósságát, hőkezelhetőségét és a gazdaságossági kérdéseket.

A szerszámok anyagának kiválasztásakor sok egymással ellentétes szempont figyelembevételével kell dönteni. Ha például csak az éltartósságot tartanánk szem előtt, akkor pl. a gyorsacélt egyértelműen előnybe kellene részesíteni a szénacéllal szemben. Ha viszont csak a szerszámanyag árát vennénk figyelembe, akkor éppen ellenkezőleg kellene dönteni, mert a szénacélok ára csak kb. egy tizede a gyorsacél árának.

A forgácsoló szerszámok készítéséhez az alábbi anyagokat használják:

- acél alapú szerszámanyagok
  - ötvözetlen szerszámacélok
  - ötvözött szerszámacélok
  - gyorsacélok
- - keményfémek
- - kerámia szerszámanyagok
- - egyéb szerszámanyagok (CBN: köbös bórnitrid, gyémánt)

#### **Ötvözetlen szerszámacélok**

Forgácsoló szerszámok készítésére a 0,6-1,5 % C-tartalmú acélanyagok használatosak. A szénacélok előnyei: olcsók, könnyen megmunkálhatók, edzési hőmérsékletük alacsony. Jól használhatók kis forgácsolási sebességű és kis teljesítményű szerszámokhoz

Hátrányai: csak kis forgácsolási sebességgel lehet velük dolgozni, mert 250°C felett keménységük rohamosan csökken. A szénacél szerszámok köszörülését csak bőséges vízhűtéssel, lehet elvégezni, mert a köszörülési hő hatására is kilágyulhatnak. Menetfűrők, menetmetszők, dörzsárak készülnek belőle.

#### **Ötvözött szerszámacélok**

Ebbe a csoportba tartoznak a króm, a mangán és a volfrám ötvözésű acélok. A krómacélok jele K (K1...K6), a mangánacélok jele M (M1...M2), a volfrámacéloké pedig W (W1...W10). A króm növeli az átedzhetőséget és a megeresztéssel szembeni ellenállást. A krómkarbidok növelik a keménységet. A volfrám növeli a szilárdságot és az éltartósságot, a mangán növeli a melegszilárdságot és csökkenti a kritikus lehülési sebességet.

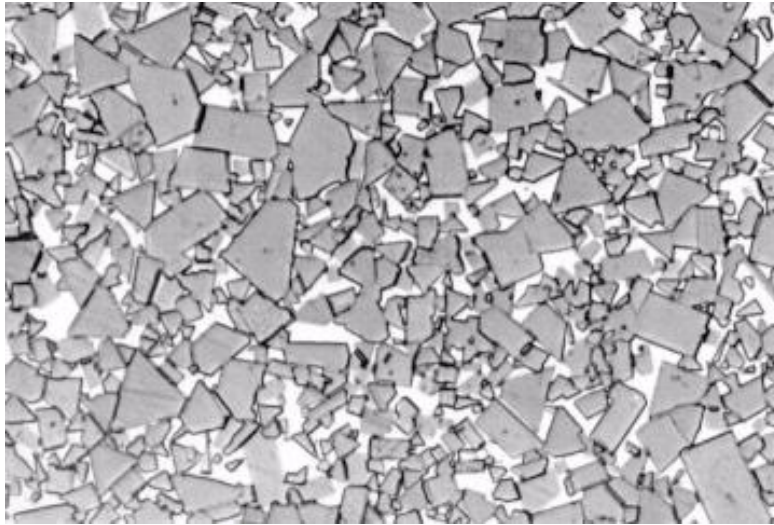
#### **Gyorsacélok**

MSZ szerinti jelölésük: R1-R14, ami az angol Rapid = gyors szóból ered. Az új, MSZ EN jelölésük HSS betűkkel és számokkal történik pl. HSS 10-4-3-10. Ennek értelmezése: HSS az angol High Speed Steel = nagy sebességű acél kifejezésből, a számok pedig sorrendben a W – Mo – V - Co %-os mennyiségét mutatják. A Cr mennyiségét, ami 3,8-4,5 %, nem jelölik. Hőállóságuk 550 – 600°C. A gyorsacélokat a hagyományos acélgyártó eljárásokon kívül porkohászati úton (szinterezéssel) is elő lehet állítani. Főleg gépi forgácsolószerszámokat, csigafűrőket, marókat, gépi dörzsárakat, esztergakékeket stb. készítenek belőle. A gyorsacélok legjellegzetesebb tulajdonsága a nagy W-tartalom, ami nagy éltartósságot és nagy forgácsolási teljesítményt biztosít.

#### **Keményfémek**

A keményfém a mai korszerű szerszámok leginkább használt anyaga. A gyorsacéllal ellentétben a keményfém alapanyaga nem vas, hanem wolfram-karbid (WC), amelyet kiegészíthetnek más karbidok (TiC, TaC) és a kobalt, mint összekötő elem.

A keményfém a gyorsacélnál nagyobb nyomószilárdsággal rendelkezik, keményebb, kopásállóbb, de ridegebb, törekenyebb, mert hajlítószilárdsága kisebb. A keményfém minőségét és tulajdonságait az alapanyagok aránya adja (több Co = nagyobb szívósság, kisebb keménység). A szemcsenagyság csökkentésével a keményfém is javítható. Az első porkohászati keményfém (Co kötőfémbe ágyazott WC) 1923-ban állították elő a német Krupp cégnél, Widia márkaneven szabadalmazták, és forgalmazzák ma is. (Elnevezése a wie Diamant = mint a gyémánt kifejezésből ered.)



3.1.11. ábra: A keményfém szerkezete

A forgácsoló szerszámok készítéséhez használt keményfémek wolfram-, titán- és kobaltkarbidokból álló anyagok. Az alkotókat finom porrá őrlik, ebből különböző alakú, kisméretű lapkákat sajtolnak, ezeket kemencében előzsugorítják, majd ezt követi a készre zsugorítás. Az így készített lapkák elérik forgácsolási keménységüket, amely utólagos hőkezeléssel már nem szabályozható. Mivel a keményfémek drágák, keményfémről csak ritkán gyártanak tömör, teljes szerszámot. A forgácsoló lapkákat különböző szerszámacélból vagy szerkezeti acélból készült szerszámtesten kialakított fészekbe rögzítik (mechanikusan vagy forrasztással).

#### **Kerámiák**

A kerámia lapkák alapanyaga tiszta alumíniumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), amit por alakban lapkákká sajtolnak, és égetve zsugorítanak. Az ilyen anyagok nagy keménységűek és kb.  $900^\circ\text{C}$ -ig éltartóak. Hátrányuk, hogy nagyon ridegek, ezért hajlítószilárdságuk csekély, köszörülésük nehéz. Kis előtolással és nagy forgácsolási sebességgel kell velük dolgozni. A lapkákat mechanikusan lehet a szerszámtestre erősíteni.

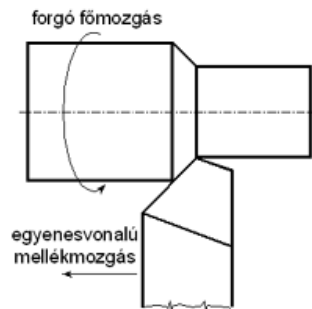
#### **Gyémánt**

A gyémánt a legkeményebb anyag, ezért éltartóssága igen nagy, az előforduló legnagyobb forgácsolási sebességet is elbírja. Nyomószilárdsága nagy, hajlítószilárdsága viszont kicsi. A gyémánt szerszám köszörülése csak különleges csiszolási módszerrel lehetséges. A gyémántbetétes szerszámokat csak különleges finom megmunkálásokhoz használják. Az ilyen szerszámokkal kis előtolással, kis fogásmélységgel és nagy forgácsolási sebességgel szabad forgácsolni. A gyémánt betétek befogása a szerszámtestbe mechanikus rögzítéssel vagy befoglaló forrasztással végezhető el.

### **3.2. Alapvető gépi forgácsolási eljárások**

#### **3.2.1. Esztergálás általános jellemzése**

Az esztergálás az egyik legelterjedtebb, főleg forgástestek megmunkálására alkalmas gépi forgácsoló technológia. Főmozgása forgómozgás, amit a munkadarab végez. Az egyenes vonalú mellékmozgásokat (előtolás, fogásmélység) az egyélű szerszám (esztergakés) végzi, amely folyamatosan, állandó keresztmetszetű forgácsot választ le.



3.2.1. ábra: Esztergálás

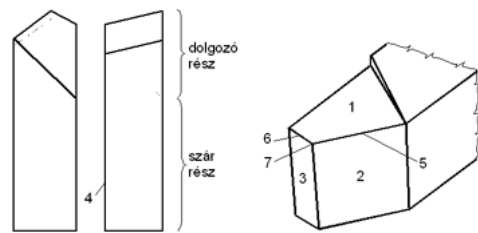
Az esztergálás lehet:

- **Nagyolás:** célja az anyagfelesleg gyors és gazdaságos eltávolítása. Nagyoláskor a lehető legnagyobb forgácsolási sebességgel az esztergagép motorjának a teljes kihasználására kell törekedni. Számolni kell azzal, hogy nagy forgácsoló erők ébrednek, a deformációk csökkentése érdekében merev befogást kell alkalmazni. A fogásmélység értéke 3-5mm között van, az alkalmazott előtolás nagyobb, mint 0,3 mm/ford. A nagyolt felülettől IT12-14 pontosság várható el, az elérhető érdesség pedig  $R_a \geq 12,5\mu\text{m}$ .
- **Félsimító esztergálás:** hőkezelés előtt alkalmazzák, ha köszörülés a forgácsolás befejező művelete, vagy simításhoz készítik vele elő a munkadarabokat. Pontossága: IT10-11, az elérhető átlagos érdesség:  $R_a = 3,2 - 12,5\mu\text{m}$ .
- **Simítás:** célja az előirt pontosság és felületminőség (érdesség) biztosítása. Simításkor kicsi az időegység alatt leválasztott forgácsmennyiség (a fajlagos forgácstérfogat) és kis forgácsolóerővel, a meghajtómotor teljesítményének minimális kihasználásával dolgozunk. Kis előtolással, magas fordulatszámon végezzük. Simításnál a IT7-9 méretpontosság érhető el, a megmunkált felület átlagos érdessége  $R_a = 1,6 - 3,2 \mu\text{m}$ .

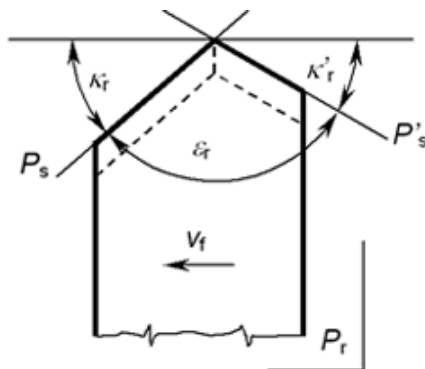


### 3.2.2. Az esztergakés részei, élgeometriája

- Befogórész vagy szár
- Dolgozó rész vagy késfej
- Homloklap (1)
- Főél (5)
- Főél hátlap (2)
- Mellékél (6)
- Mellékhátlap (3)
- Szerszámsúcs (7)



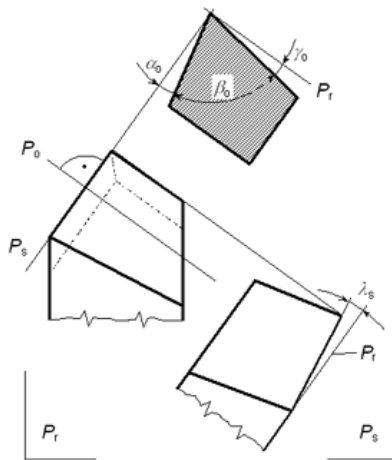
3.2.2. ábra: Esztergakés



3.2.3. ábra: Alapsíkban értelmezett élszögek

Az alapsíkban értelmezett élszögek:

- szerszám-elhelyezési szög ( $\kappa_r$ ) a szerszám élsík és az előtoló irány közötti szög,
- szerszámcúcsszög ( $\varepsilon_r$ ) a szerszám élsík és a szerszám melléksík között mérhető,
- a mellékforgácsoló él elhelyezési szöge ( $\kappa'_r$ ) az előtoló irány és a szerszám melléksík által bezárt szög. Régebbi jelölése:  $\tau$  ( $\kappa_r + \varepsilon_r + \kappa'_r = 180^\circ$ )



3.2.4. ábra: Ortogonális élszögek

Az ortogonális síkban, a szerszám metszetén értelmezett élszögek:

- hátszög ( $\alpha_0$ ),
- ékszög ( $\beta_0$ ),
- homlokszög ( $\gamma_0$ )

A terelőszögnek ( $\lambda$ ) a leváló forgács távozási irányításában van szerepe. A megfelelően megválasztott terelőszög a leválasztott forgácsspirált a nyers, forgácsolandó felület felé irányítja, így nem sérti meg a megmunkált felületet és a munkadarabra való rácsavarodást is megakadályozza.

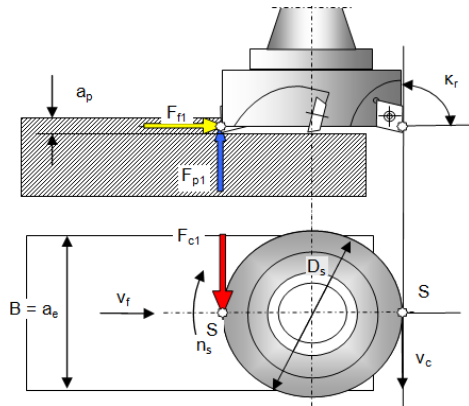
### Esztergagépen végezhető műveletek

Az esztergagépen végzett leggyakoribb művelet a hosszesztergálás. Ezen kívül végezhető síkesztergálás (oldalazás), átmenő- és zsákfurat esztergálás, külső és belső kúpok esztergálása többféle módszerrel, leszúrás, beszúrás (külső, belső, vagy síkfelületi), menetesztergálás, alakesztergálás stb. A szegnyeregbe fogott szerszámokkal furatmegmunkálásokra (központfűrés, fűrés, felfűrés, dörzsárazás stb.) is alkalmas az esztergagép, illetve speciális szerszámmal a felület szándékos, valamilyen szabályos mintázat szerinti eldurvítása a recézés is elvégezhető rajta.

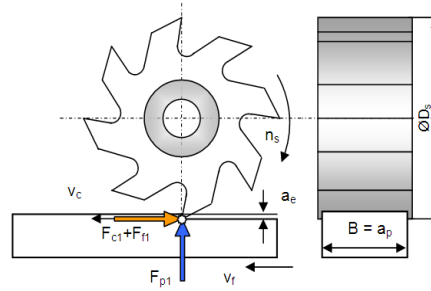
### 3.2.3. A marás általános jellemzése

A marás folyamatos forgó főmozgású szerszámmal megvalósuló, korszerű, pontos, termelékeny technológia. Szerszáma a szabályos élgeometriával rendelkező többélű maró a technológia változataiból adódóan igen sokféle kialakítású lehet. A mellékmozgásokat a változatoktól függően leggyakrabban a munkadarab végzi, de végezheti a szerszám is. A marás változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása útján valósul meg. A hagyományos marási technológia széles körben elterjedt főleg síkfelületek nagyoló és simító megmunkálására, de a korszerű CNC marógépekkel, megmunkáló központokkal tetszőleges térbeli felületek is marhatók. A marásnak a szerszám és a munkadarab egymáshoz viszonyított helyzete alapján két alapváltozata van: **a homlokmarás és a palástmarás.**

Homlokmaráskor a maró tengelye merőleges a megmunkált felületre (3.2.5. ábra.), míg palástmaráskor párhuzamos a megmunkált felülettel (3.2.6. ábra.). Mindkét változatnál a szerszám forgástengelye lehet függőleges vagy vízszintes, esetleg ferde helyzetű.

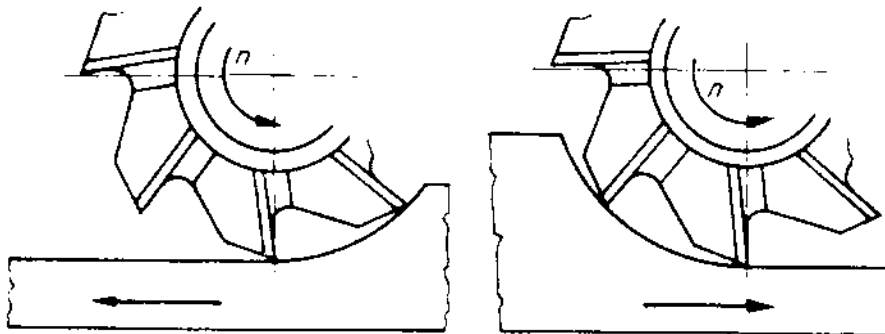


3.2.5. ábra: Homlokmarás



3.2.6. ábra: Palástmarás

Az első ábra függőleges helyzetű, szimmetrikus homlokmarást, a második vízszintes tengelyű palástmarást mutat be. Az első esetben a forgácsleválasztást és a felületkialakítást a szerszám homloksíkjában elhelyezkedő főélek végzik, melyek a palástfelületen is folytatódnak és részt vesznek a forgácsolásban. A palástmaróknál csak a szerszám palástfelületén vannak forgácsoló élek. A palástmarásnak két változata az **ellenirányú** és az **egyenirányú** palástmarás.



3.2.7. ábra: Ellenirányú és egyenirányú palástmarás

Mindkét változatnál változó keresztmetszetű, „vessző” alakú forgács keletkezik, ezért a gép és a szerszám terhelése nem egyenletes. Az **egyenirányú palástmarásnál** a legnagyobb forgácskeresztmetszettel kezdi a maró foga a forgácsleválasztást, így a marófogak hátkopása kisebb. Az ébredő forgácsolóerő a munkadarabot a marógép asztalára szorítja, ezért vékony, lécszerű alkatrészeket ezzel a változattal kell marni. Az egyenirányú palástmarás csak akkor alkalmazható, ha a gép elég merev és az asztalmazgatásnak nincs holtjátéka. Nagy fogásmélységgel lehet dolgozni, de külső kemény réteggel rendelkező, öntött vagy hengerelt munkadarabokat nem célszerű ezzel az eljárással forgácsolni.

Az **ellenirányú palástmarásnál** a forgácsleválasztás kezdetekor a marófogak megcsúsznak, ezért jelentős a hátkopás, de minden marógépen alkalmazható ez a módszer. Ezért a gyakorlatban ez az elterjedtebb változat.

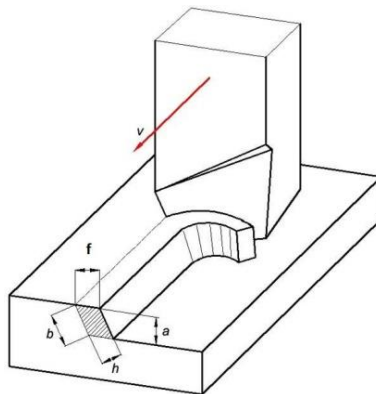
### 3.2.4. A gyalulás és a vésés általános jellemzése

A gyalulás és a vésés olyan hagyományos gépi forgácsoló technológia, amely során állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása valósul meg. A szerszáma egyélű forgácsoló szerszám (kés), amely az egyenes vonalú alternáló főmozgást végzi (kivételt képez a hosszgyalugépen végzett megmunkálás). A mellékmozgás szakaszos és a hosszgyalulás kivételével a munkadarab végzi. A főmozgás végzése alatt a mellékmozgások szünetelnek.

Főleg síkok, hornyok és egyenes alkotójú alakos felületek megmunkálására alkalmas technológiák, amelyeket egyedi, vagy kissorozat-gyártásban alkalmaznak. A gyalulás a szakaszos mozgásból adódó üresjárat miatt gazdaságtalan megmunkálási mód, melyet sok helyen már a folyamatos forgó főmozgású marás kiszorít.

### Harántgyalulás

Az egyenes vonalú alternáló vízszintes főmozgást a késszánon lévő késtartóba fogott gyalukés végzi. A harántgyalugép (3.2.9.) **lengőhimbás önirányváltó főhajtóműve** biztosítja az üresjárat nagyobb sebességét, tehát a kés irányváltás után visszafelé gyorsabban halad. Ez a mellékidő szempontjából kedvező. A fogásvétel irányú mellékmozgást (fogásmélység =  $a$ ) a gyalugép kosfejére szerelt késszán függőleges mozgásával állíthatjuk be. A munkadarabot a magassági irányban állítható és a vízszintes síkban szakaszos előtölést ( $f$ ) végző asztalra fogjuk fel.

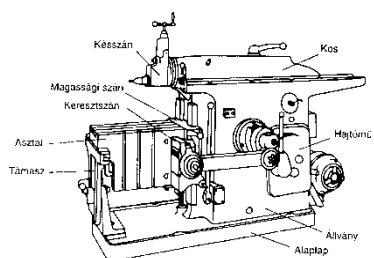


3.2.8. ábra: Harántgyalulás

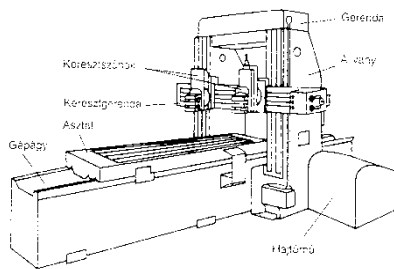
Az előtölés a kettőslöketek végén történik. A szakaszos előtölést a főhajtásról leágazó kilincsművel biztosítjuk. Lehet közvetlenül a tárgyasztalon lévő „T” hornyok segítségével a felfogást elvégezni, de az asztalra fogott gépsatuba is fogható a munkadarab. A konzolos asztal megmunkálás közbeni merevségét a támasz biztosítja. A kos lökethossza és lökethelyzete állítható. A harántgyalulás kisebb méretű tárgyak sík vagy alakos felületeinek megmunkálására alkalmas. Ferde felületek is megmunkálhatók az asztal elfordításával. A kosfejen a késtartószán szögben elállítható és kézi úton vagy kúpkerék-hajtáson keresztül, kilincsművel szakaszosan géppel is mozgatható. Üresjáratban a késkiemelést billenő késtartóval oldják meg.

## Hosszgyalulás

A hosszgyalugépeken (3.2.10. ábra) nagyméretű, hosszú munkadarabokat (például gépágyak vezetékeit) lehet gyalulni. Az egy- vagy kétállványos gépeknél az egyenes vonalú alternáló főmozgást a nagy merevségű asztalra felfogott munkadarab végzi. Van mozgóállványos hosszgyalugép is. Ezen megmunkálás közben a munkadarab álló helyzetben van. Az egymásra merőleges mellékmozgásokat az előtolást (f) és a fogásvételt (a) a szerszám végzi. A kétállványos kivitelű portálgyalugépnek is nevezik. Az igen nagy terhelésű gépágy szekrényes kivitelű, belül bordázott vasöntvény. Felső felületén kialakított prizmatikus ágyvezetékein mozog az ugyancsak bordázott öntvényből készült, hosszirányban „T” hornyokkal ellátott asztal. A 3...9 fokozatú fogaskerekes főhajtómű forgó mozgását fogaskerék-fogasléc vagy csiga-fogasléc kapcsolattal alakítják át az asztal egyenes vonalú mozgásává.



3.2.9. ábra: Harántgyalugép



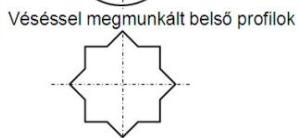
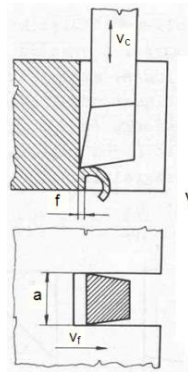
3.2.10. ábra: Hosszgyalugép

Az irányváltásnál mágneses súrlódó tengelykapcsolót alkalmaznak. A hátrameneti sebesség közel háromszorosa a munkameneti sebességnek. A nagy merevségű állványokat felül gerenda fogja össze, ezáltal nyeri a gép a portál kivitelű. Az állványok mellső felületén helyezkednek el a vezetékek, melyek a mellgerenda (keresztgerenda) függőleges mozgását vezetik. Ezen mozognak a keresztoszánok. A nagyobb hosszgyalugépeken oldalszánok is találhatóak. A mellékajtóművek működtetik a szánok előtolómozgását és gyorsmenetét.

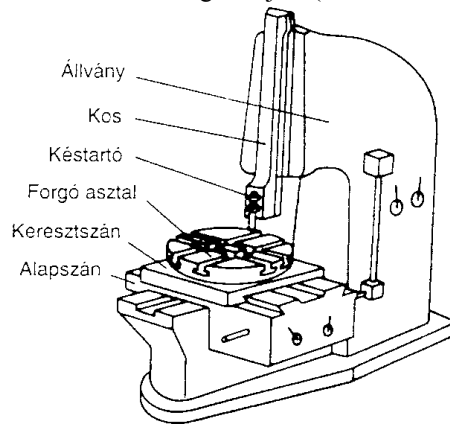
## Vésés

A vésés rokon művelete a gyalulásnak. A függőleges egyenes vonalú, váltakozó irányú főmozgást a vésőkés végzi, melynek élgeometriája a gyalukésektől kissé eltér. Az előtolás (f) egyenes vonalú szakaszos mozgás, amelyet minden kettőslöklet után a főmozgás irányára merőlegesen végez a munkadarab. Fogásvétel irányú mellékmozgás nincs a

vésésnél, a fogásmélységet (a) a vésőkés élének hosszúsága adja. (3.2.11. ábra)



3.2.11. ábra: Vésés jellemzői



3.2.12. ábra: Vésőgép

Véséssel furatokban lévő hornyokat, bordás agyakat, előfűrt szögletes üregeket (pl. vágólapok, vezetőlapok áttörései) munkálunk készre. A vésést főleg egyedi gyártásban alkalmazzák. Sorozat és tömeggyártásban a jóval költségesebb szerszámgépjű üregelés helyettesíti. A szikraforgácsolás elterjedése szintén a vésési technológia háttérbeszorulását eredményezi.

A kisebb kivitelű vésőgépek konzolos, a nagyobbak pedig ágyas kivitelűek. A 3.2.12. ábrán egy ágyazatos vésőgép látható.

### 3.2.5. Abrázív megmunkálások általános jellemzése

Az abrazív megmunkálás olyan forgácsolási folyamat, melynek során egy adott felületről a felesleges anyag eltávolítása rendkívül apró részecskék (forgácsok) formájában, mechanikus karcolás révén valósul meg. Szerszáma nagyszámú, szabálytalan alakú és orientációjú szemcsét tartalmaz. Az időegység alatt leválasztott forgácstérfogat (fajlagos forgácsköb-tartalom) általában igen alacsony. A megmunkált felület jó minőségű, méretpontos. Edzett, igen kemény anyagok is megmunkálhatók abrazív forgácsolással. A szemcsék kötött formájú köszörűkorongokban vagy csiszolóhasábokban, csiszoló szalagokon, esetleg folyékony pasztákban helyezkednek el.

#### Abrázív megmunkálások felosztása:

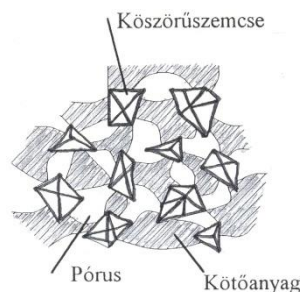
- **Kötött szemcséjű koronggal végzett köszörülések**
  - síkköszörülés,
  - palástköszörülés,
  - csúcsnélküli köszörülés,
  - szerszámélezés,
  - jellegzetes felületek köszörülése (furat-, menet-, fogköszörülés)
- **Kötött szemcsés csiszolótestekkel végzett finommegmunkálások**
  - dörzsköszörülés (hónolás)
  - tükörsimítás (szuperfiniselés)

- **Szabad szemcsével végzett abrazív megmunkálások**
  - tükrösítés (leppelés)
  - polírozás (fényesítés)
  - ultrahangos megmunkálás
  - mágneses megmunkálás
  - koptató csiszolás
  - szemcseszórás

### **Abrazív szerszámok (köszörűkorongok) szerkezete**

A szerszám minőségét, alkalmazhatóságát a következő tényezők befolyásolják:

- a megmunkáló szemcse anyaga és mérete
- a kötőanyag minősége és mennyisége (kötéskeménység)
- az abrazív szemcsék és a kötőanyag térbeli elhelyezkedése, a pórusok mennyisége (porozitás)



3.2.13. ábra: Abrazív szerszámok szerkezete

## **3.3. A gyártás folyamatának tervezése**

### **3.3.1. Gyártástechnológiai alapismeretek**

A **gépgyártástechnológia** a műszaki tudományoknak az egyik ága, amely a gépek, gépipari berendezések és az alkatrészek előállításának kérdéseivel foglalkozik. Két fő munkaterületét lehet megkülönböztetni: a tervezést és a kivitelezést. A gépi forgácsoló szakember elsősorban az alkatrészek forgácsolással történő előállítását, tehát a kivitelezést végzi, de egy szakmáját „mester” szinten végző szakmunkástól elvárható, hogy a gyártástervezés területéről is megfelelő ismeretei legyenek. A forgácsoló szakember végezheti munkáját előre kidolgozott, részletes technológiai dokumentációk alapján is, de előfordulhat olyan eset, amikor egy alkatrészrajz (esetleg egy meghibásodott, törött alkatrész) alapján saját magának kell kidolgoznia a szakmailag helyes, gazdaságos végrehajtást, a forgácsolási folyamat megtervezését. Ehhez nélkülözhetetlen a gyártástechnológiai és művelettervezési alapok ismerete. A gyártástevezésen a gyártási folyamatok részletes, egyértelmű, előre történő megtervezését és rögzítését értjük, melynek legfontosabb területe a művelettervezés.

### **Gyártási rendszerek és gyártási módok.**

A gyártási folyamatot és azon belül a művelettervezést nagymértékben befolyásolja, hogy a termék milyen gyártási rendszerben és milyen gyártási módon készül.

A termékek előállítása háromféle gyártási rendszerben történhet: műhelyrendszerű gyártásban, csoportrendszerű (ciklus) gyártásban és folyamrendszerű (szalag) gyártásban. A gyártási módok - az alkatrészek gyártandó darabszámától függően – szintén háromfélék lehetnek. Ezek a következők: egyedi gyártás, sorozatgyártás és tömeggyártás.

Az **egyedi gyártásban** az alkatrészek darabonként készülnek. Univerzális gépi berendezéseket, egyetemes készülékeket használnak. Speciális gyártóeszközöket nem alkalmaznak, mert nem kifizetődőek, ezzel szemben jól képzett, nagy szaktudással rendelkező munkaerőre van szükség, hogy az előírt minőséget biztosítani lehessen. Az egyedi gyártás általában műhelyrendszerben történik. Az egyedi gyártás a részletes művelettervezést sokszor teljesen nélkülözi, esetleg vázlatos műveleti utasításokkal, vagy csak vázlatos rajzi dokumentációval találkozhatunk. **Sorozatgyártás** esetében egy-egy szerszámgépen ugyanazt a műveletet egymás után többször végzik el. Az univerzális gépeket sok speciális gyártóeszkővel látják el, és egyes helyeken a szakmunkásokat olcsóbb betanított munkaerő is helyettesítheti. A gyártás alatt lévő szériák periodikusan ismétlődnek. Sorozatgyártásnál fordul elő leggyakrabban a ciklusos gyártási rendszer és itt már részletesen kidolgozott művelettervekkel találkozunk. **Tömeggyártásnál** egy munkahelyen csak egy művelet készül el. Nagyfokú automatizálású célgépeken kis szakképzettségű munkaerő dolgozik. Általában folyamrendszerű gyártásban valósul meg.

**Művelettervezés** alatt a technológiai folyamatok részletes és egyértelmű megtervezését, a tervek írásban és rajzban való rögzítését értjük, amely nagymértékben függ a gyártási módtól.

**Műveletnek** nevezzük a technológiai folyamatnak azt az önmagában befejezett részét, amelyet egy munkás, egy munkahelyen, egy meghatározott munkadarabon, meghatározott gyártóeszközökkel megszakítás nélkül végez. Az alkatrészek forgácsolásánál általában egy adott gépen egy felfogásban elvégzett megmunkálási folyamatszakaszt értjük műveleten. Törekedni kell arra, hogy lehetőleg minél kevesebb befogásból, felfogásból forgácsoljuk készre az alkatrészt, hiszen új műveletnél, új befogásnál bázisváltási hiba léphet fel. Jellemzőes folyamatszakaszok: a nagyolás, a simítás és a készre munkálás. Egy alkatrész elkészítésénél az előgyártmány fajtájától függően gyakran találkozunk darabolási művelettel és a különféle forgácsolásokkal, pl. esztergálás, marás, fúrás, köszörülés stb. Külön műveletként szerepelnek a hőkezelő eljárások, illetve a gyártás közbeni minőségellenőrzések és a végellenőrzés.

A **műveletelem** a műveleten belüli legkisebb, különválasztható, jól megfogalmazható és még tervezhető rész. Megkülönböztetünk fő műveletelemeket és mellék műveletelemeket.

A **fő műveletelemek** a forgácsolási műveletben az alkatrész egy-egy felületének (felületcsoportjának) kialakulását eredményező folyamatrész. (pl. oldalaz tisztára, központfuratot fúr, simító esztergál Ø50,2mm-re 48mm hosszon, beszúr Ø23 x 1,2H12, élet letör 2x45°-ban stb.)

A **mellék műveletelemek** a munkadarab felületének kialakításában közvetlenül nem vesznek részt, de nélkülük a technológia nem valósul meg. Mellék műveletelemek a munkadarabok be- és kifogása, ütköztetése, megtámasztása, a műveletek közbeni szerszámcsere, ellenőrző mérések stb.



### 3.3.2. Előgyártmányok

Azt a **nyersdarabot**, amely a forgácsolt munkadarab kiindulási anyaga előgyártmánynak nevezzük. A nyersdarab külső méretei nagyobbak, belső méretei kisebbek a kész munkadarab méreténél. A különbséget nevezzük **ráhagyásnak**, amit a forgácsolás során egy vagy több lépésben (általában több fogással) választunk le. A túl nagy, felesleges ráhagyásokat kerülni kell, mert az megnöveli az anyagköltséget és a forgácsolás költségeit. A túlságosan kis ráhagyások viszont selejtet okozhatnak: az elvégzett forgácsolási műveltelem után már „nem adja ki” a munkadarab a szükséges méretet.

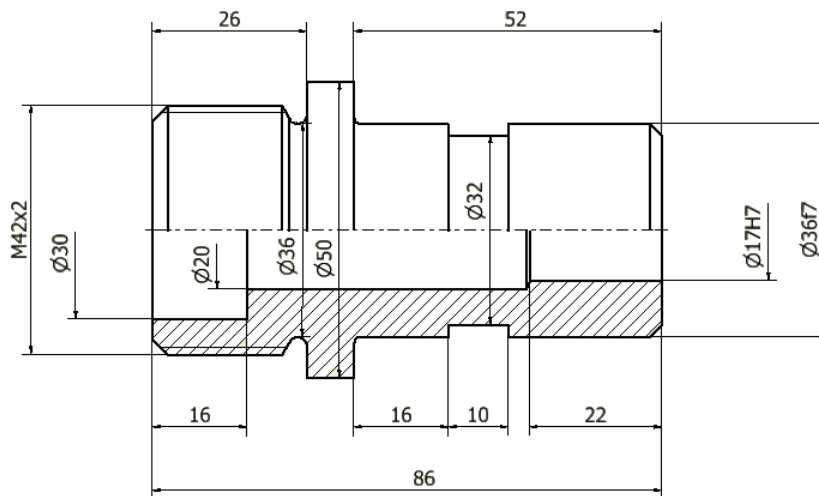
#### Az előgyártmányok megválasztása

A forgácsolt fémalkatrészek előgyártmányai a következők lehetnek:

- Hengerelt
- Húzott
- Kovácsolt
- Öntött
- Sajtolt.

Az előgyártmány célszerű megválasztásánál műszaki és gazdaságossági szempontok játszanak szerepet. Egy nagyobb méretű lépcsős tengely előgyártmánya lehet hengerelt köracél vagy süllyesztékben kovácsolt kovácsdarab. A hengerelt előgyártmánynál sokkal több a hulladék, viszont nem jelentkezik a süllyesztékkészítés és a kovácsolás költsége. A kovácsolt előgyártmánynak azonban sokkal jobbak a mechanikai, szilárdsági tulajdonságai az átkovácsolás és a kedvező szálrendeződés miatt. Egyedi gyártás esetén elképzelhető a hengerelt előgyártmány, (esetleg szabadon alakított kovácsdarab), de sorozatgyártásnál mindenképpen süllyesztékben kovácsolt előgyártmányt választunk. A másik példánk legyen egy kisebb fejes csapszeg-szerű alkatrész. Az előgyártmánya lehet hengerelt vagy húzott köracél. Egyedi gyártás esetén hengerelt előgyártmányt választunk (esetleg a legnagyobb átmérőt is forgácsolva), míg sorozat- és tömeggyártásnál a drágább, de a legnagyobb átmérőnek megfelelő méretű húzott köracélt választjuk. Itt a húzott átmérőjű méret a kész munkadarabon már nem lesz forgácsolva, hiszen a hideg húzással elérhető felületi minőség és méretpontosság már megfelel az elvárásoknak. Vannak olyan esetek, amikor az előgyártmány már teljesen determinált, nincs választási lehetőség: például egy forgácsolással készre munkált öntvényház előgyártmánya csak öntéssel készülhet. Itt kell megemlíteni, hogy a hegesztési technológiák fejlődésének következtében az üreges, szekrényyszerű öntvényeket már több helyen kiszorítja az olcsóbb hegesztett előgyártmány. Az előgyártmányok megválasztásánál természetesen figyelembe kell venni az anyagminőséget is.

A következő **példánkban** (3.3.1. ábra) egy esztergálással készített alkatrész előgyártmány választásának gondolatmenetét ismertetjük: Az előgyártmány kiválasztásánál az Ø50-es méretet és a hossz méretet kell figyelembe venni. Az alkatrész alakjából adódik, hogy köracél előgyártmányt választunk, ami melegen hengerelt vagy hidegen húzott állapotban kapható a kereskedelemben (az utóbbi azonos anyagminőségnél magasabb áron). A melegen hengerelnél a tűrés  $\phi 50_{-1,0}^{+0,6}$  mm. Figyelembe véve a külső revés, elszéntelenedett réteget, az Ø50-es méret nem „adja ki” a munkadarabot, tehát melegen



3.3.1. ábra: Előgyártmány megválasztása

hengerelt előgyártmány esetében az Ø55 mm-es méretet kell választanunk. A hidegen húzott kivitelnél a tűrés h11, vagyis a tűrésezett méret  $\phi 50_{-0,16}^0$  mm, ami már megfelel a munkadarabhoz. A hosszmeletnél a darabolási ráhagyást 4mm-re választjuk. Az anyagminőséget figyelembe véve (Fenyvessy Tibor – Fuchs Rudolf – Plósz Antal: Műszaki táblázatok NS 108 027606 001-3), három választási lehetőségünk van: S jelű szerkezeti acél, E jelű gépacél, vagy C jelű karbonacél választása.

### 3.3.3. Művelettervezési dokumentációk

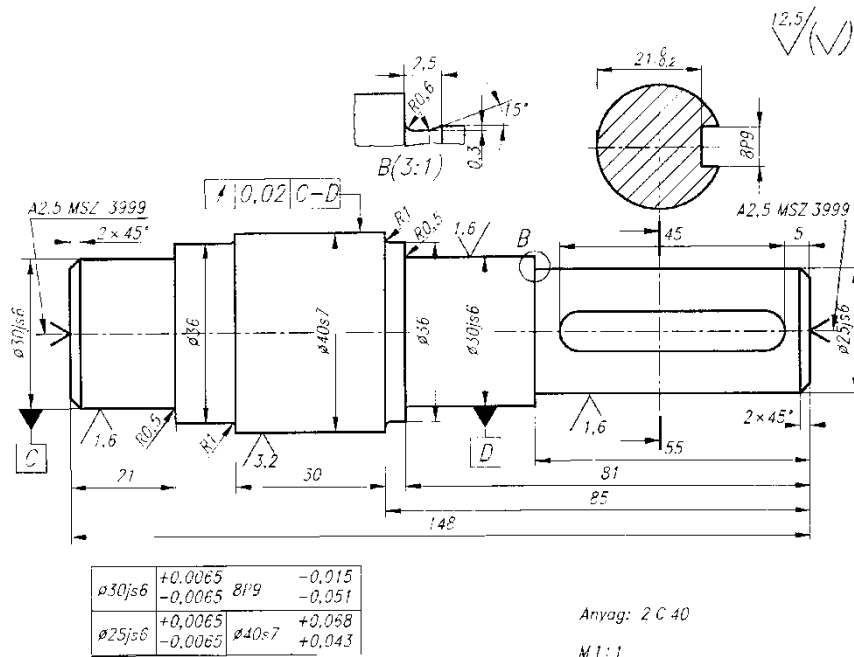
Műszaki rajz:

A forgácsolt alkatrészek művelettervezése az alkatrészrajzok alapján történik. Az alkatrészrajz készülhet manuálisan (szerkesztett vagy szabadkézi vázlat formájában), és számítógép segítségével valamilyen rajzolóprogram alkalmazásával. Az utóbbi sokkal flexibilisebb, nem igényel kezűgyességet, viszont megfelelő informatikai háttérismeretek kellene hozzá. Az alkatrészrajzok egyértelmű, magabiztos értelmezése, a „rajzolásai” képesség elengedhetetlen egy mester szintű szakember számára.

Az alkatrészrajzok tartalmát egy forgácsolással készített tengely alkatrészrajza alapján foglaljuk össze. (3.3.2. ábra)

- a) Az alkatrész geometriai alakját az **ábrázolási módok** alkalmazásával adjuk meg. A műszaki rajzokon vetületi ábrázolást alkalmazunk, ami lehet európai és amerikai vetítési mód szerinti. Az európai vetületrendet rajzainkon előnybe kell részesíteni. Az ábrázolási módok sokfélék lehetnek: nézeti, metszeti képek, szelvények, kiegészítő ábrázolások, egyszerűsített és jelképes ábrázolások stb.). Ezt a tengelyt nézettel, nyomvonalra rajzolt szelvényvel és egy kiemelt részlettel ábrázoltuk. Az ábrázolás értelmezésével el tudjuk képzelni a tengely alakját, a rajta található kiképzéseket, vállakat, beszúrást, hornyot stb., de nem tudjuk megállapítani, hogy mekkora a rajzolt objektum.
- b) Az alkatrész nagyságát, méreteit a **méretmegadás** szabványban rögzített elemeivel (méretszám, méretvonal, méret segédvonal és méretvonal határoló) és szabályainak betartásával adjuk meg.

- c) **Tűrés.** Tökéletes minőségű gyártás nem valósítható meg. Meg kell adni az ideális mérettől, alaktól, helyzettől a még megengedett eltérést. Ezt nevezzük tűrésnek. A névleges mérettől való megengedett eltérés a mérettűrés. Kétféle módon adható meg: határeltéréses megadással vagy ISO rendszerű mérettűréssel. Határeltéréses mérettűrést a



3.3.2. ábra: Lépcsős tengely alkatrészrajza

horonymélység megadásánál láthatunk. ISO rendszerű, vagy más néven táblázatos mérettűrés 4 db van az alkatrészrajzon. Ezeknél a határeltéréseket táblázatból kell kikeresni és kis táblázatban kell rögzíteni; innen az elnevezése. Az ideális alaktól a megengedett eltérés az alaktűrés (pl. köralakúság, egyenesség tűrése). Ilyennel a rajzunkon nem találkozunk. Az ideális helyzettől való megengedett eltérést nevezzük helyzettűrésnek. A tengely rajzán az C és D betűkkel jelölt csapágyazási felületekhez képest az  $\varnothing 40s_7$  tűrésezett méretű hordozócsap radiális ütése 0,02mm-nél kisebb kell, hogy legyen. A méret-, alak- és helyzettűréseket **makrogeometriai eltéréseknek nevezzük**. A megmunkált felület minőségére vonatkozó minőségi követelményeket **mikrogeometriai eltéréseknek** nevezzük. Az érdességre vonatkozó előírásokat érdességi jelekkel és érdességi mérőszámokkal adjuk meg. Például a lépcsős tengelyen az  $\varnothing 30j_6$  tűrésezett méretű tengelycsapok és az  $\varnothing 25j_6$  tűrésezett méretű végcsap átlagos felületi érdessége 1,6 $\mu$ m, az  $\varnothing 40s_7$  tűrésezett méretű hordozócsap átlagos érdessége 3,2 $\mu$ m, az összes többi felületre a kiemelt érdességi előírás vonatkozik, amit az alkatrészrajz jobb felső sarkában kell feltüntetni (12,5 $\mu$ m). A rajzon még szerepelhet szöveges utasítás is, például felületkikészítésre, hőkezelésre vonatkozó előírások. Fontos szabály, hogy feleslegesen túl nagy pontosságot nem szabad előírni, hiszen az a gyártási költségeket növeli.

Láthatjuk, hogy az alkatrészrajz előírásait csak a helyesen kidolgozott és végrehajtott gyártástechnológiával tudjuk teljesíteni.

A szerelés jellegzetes rajztípusa az **összeállítási rajz**, amely az összeszerelendő elemek, alkatrészek egymáshoz viszonyított helyzetét adja meg. Az összeállítási rajzokon található táblázat, a darabjegyzék a tételszámozással az alkatrészek azonosítására szolgál. A gépi forgácsoló szakemberek munkájuk során inkább alkatrészrajzokkal találkozhatnak.

### Műveleti sorrend

Olyan művelettervezési dokumentáció, amely tartalmazza a műveletek végrehajtásának sorrendjét, valamint az előzési sorrend lehetséges változatait arra az esetre, ha gépek leterheltsége, vagy valamilyen gyártóeszköz hiánya ennek a sorrendnek a betartását nem teszi lehetővé. Természetesen csak ott lehet műveletelőzési sorrendet felállítani, ahol ezt a technológia megengedi. (pl. az edzést és a köszörülést, vagy a nagyoló és simítóesztérgálást nem lehet felcserélni, de egy horonymarást és a bordamarást lehet) A műveleti sorrend tartalmazza az egyes műveleteknél alkalmazott munkagép típusát, illetve berendezés megnevezését (pl. oszlopos fűrőgép, hőkezelő kemence stb.). A következő táblázatban (3.2.3. ábra) a lépcsős tengely elkészítésének műveleti sorrendje látható. Esetünkben csak az esztérgálás I. és II., illetve a palástköszörülés I. és II. műveletek cserélhetők fel, ami a gépterhelést nem befolyásolja.

Művelet sorszáma	Művelet megnevezése	Megmunkálógép, berendezés
1	Darabolás	OPTI S275G szalagfűrészgép
2	Esztérgálás I.	E 400 egyetemes csúcsesztérge
3	Esztérgálás II.	E 400 egyetemes csúcsesztérge
4	Horonymarás	ME 1000 konzolos marógép
5	Hőkezelés	Hőkezelő berendezés
6	Palástköszörülés I.	KU 250 egyetemes palástköszörűgép
7	Palástköszörülés II.	KU 250 egyetemes palástköszörűgép
8	Végellenőrzés	Mérő és ellenőrző eszközök

3.3.3. ábra: Műveleti sorrend

### Műveletterv

Olyan űrlap, amelyen a művelettervező a forgácsolt alkatrész (vagy egyéb termék) megmunkálását megtervezi. Rögzíti mindazokat a főbb adatokat, amelyek az adott munkadarab elkészítéséhez szükségesek. A műveletterv a technológus saját használatára készülő tervezési dokumentáció, amelyet a termelés részére (a műhelyeknek) nem adnak ki. Tartalmazza a teljes műveletsort, ugyanis a műveletterv alapján készülnek a műveleteket végrehajtó szakmunkásokhoz kikerülő műveleti utasítások. **Áttekintést ad a gyártmány elkészítésének teljes menetéről.** Művelettervet általában bonyolultabb alkatrészek sorozatgyártásához készítenek

A művelettervekben a következő információk szerepelnek:

- a munkadarab megnevezése,
- azonosítási jelek, számok,
- anyagminőség, anyagnorma,
- műveletek megnevezése, jele, sorrendje
- műveletek leírása,

- műveleti vázlatrajzok a műveletvégi állapotban, egyezményes rajzi és színjelöléssel,
- az adott műveletet végző termelőegység megnevezése,
- az adott műveletet végző gép, vagy berendezés típusa,
- az adott művelet elkészítésénél alkalmazott készülékek, szerszámok, mérőeszközök,
- a műveleteknél az ellenőrzésre vonatkozó előírások,
- megjegyzések.

### **Műveleti utasítás**

A műveleti utasítás részletes utasítás egy adott művelet elvégzéséről. Tulajdonképpen a műveletterv egyes műveleteinek különálló lapokon való leírása. Tartalmazza az adott művelet tagozódását (a fő- és mellékműveletelemeket) és az elvégzésükhöz szükséges valamennyi információt. A műveleti utasítást a műveletet végrehajtó dolgozó kapja, általában másolt formában. A műveleti utasításon lévő rajzon a munkadarab a műveletvégi állapotban van ábrázolva, és csak az adott művelet elvégzéséhez szükséges méretek találhatóak meg rajta. Sokszor a méretek sincsenek a rajzon feltüntetve, csak a műveletelemek azonosításához szükséges betűjelek. A befogást, ütköztetést, megtámasztást stb. egyezményes technológiai jelekkel szintén jelölhetik a rajzos műveleti utasítás ábráján. Természetesen az alkatrészrajzot a műveleti utasításokhoz mindig mellékelik.

Az úrlapon külön oszlop található ez egyes műveletelemeknél alkalmazott szerszámok, illetve mérő- és ellenőrző eszközök feltüntetésére. A megmunkálások normaideje is leolvasható a dokumentumról.

A műveletelemek fő technológiai paramétereit is tartalmazzák a műveleti utasítások (fogásmélység, előtolás, fordulatszám, forgácsolósebesség, fogások száma).

A következő ábrán (3.3.4. ábra) egy forgácsolással készült alkatrész műveleti utasítása látható esztergálási műveletre:

	<b>MŰVELETI UTASÍTÁS</b>		Megnevezés: BEFOGÓCS AP					
Gyártmány:			Művelet megnevezése : <b>Esztergálás</b>					
Rajzszám:	Anyag:  C 45	Kiinduló méret:  Ø50x100	Hőkezelési állapot Gyártási jel:					
Műveleti vázlat:								
Befogás:	Hárompofás tokmányba		Géptípus: E 400					
Készülék:			egyetemes csúcseszterga					
Műveletelemek:	jel	a	f	v <sub>c</sub>	n	i	L	Szerszám és mérészköz
	-	mm	mm	<u>m</u> min	ford min	-	mm	
<b>Esztergálás</b>								Tolómérő, mikrométer
Hárompofás tokmányba befog								
Oldalaz tisztára	a	1	0,1		560	1		Homlokélű esztergakés
Központot fűr	b		kézi		560	1		A 2,5 központfűrő
Hosszesztergál Ø37mm-re	c	3	0,25	40	335	2	51	Oldalélű esztergakés
Élet letör 2x45°-ra	e		0,1	40	335	1		Oldalélű esztergakés

Beszúr Ø32x10mm-re	d		0,1	11,5	112	1		Szűrő esztergakés
Simítóesztergál Ø36f7	c	0,5	0,15	102	900	1	24	Oldalélű esztergakéskés
Simítóesztergál Ø36 <sub>0</sub> <sup>+0,1</sup>	c	0,5	0,15	102	900	1	16	Oldalélű esztergakéskés
Előfűr Ø10x50mm-re	f		kézi	10	335	1	50	Hengeresszárú csigafűrő
Felfűr Ø16,8x45mm-re, sorjáz	f		kézi	18	335	1	45	Kúposzárú csigafűrő
Dörzsáraz Ø17H7-re	f		kézi	5	90	1	30	Kúposzárú gépi dörzsár
Kifog, fordít, befog, ütköztet								
Méretre oldalaz	g		0,1		560	1		Homlokélű esztergakés
Központot fűr	h		kézi		560	1		A 2,5 központfűrő
Hosszesztergál: Ø42x26mm-re	i	2	0,25	45	335	2	26	Oldalélű esztergakéskés
Élet letör 2x45°-ra	j		kézi	45	335	1		Oldalélű esztergakéskés
Beszúr Ø36x4 mm-re	k		kézi	15	112	1		Szűrő esztergakés
Előfűr Ø10x50mm-re	h		kézi	10	335	1	50	Hengeresszárú csigafűrő
Felfűr Ø20x64mm-re	h		kézi	14	224	1	64	Kúposzárú csigafűrő
Furatesztergál Ø30x16mm-re	l	1	0,2	42	450	5	16	Zsákfuratkés
Menetet esztergál M42x2	i	0,2	2	23	180	10	20	Menetkés
t <sub>g</sub> =	t <sub>m</sub> =	Készítette:						Műhely:
		Ellenőrizte:						
t <sub>eb</sub> =	t <sub>N</sub> =	Javította:						Műhely:
		Jóváhagyta:						

3.3.4. ábra: Műveleti utasítás

### 3.3.4. Technológiai paraméterek meghatározása, technológiai számítások

A szakmáját „mester” szinten ismerő és művelő forgácsoló szakembereknek az alapvető forgácsolástechnológiai számításokkal tisztában kell lennie. A következőkben a leggyakoribb gépi forgácsolásra, az esztergálásra, fúrásra és marásra látunk feladatokat, illetve a feladatok megoldásait.

#### Esztergálással kapcsolatos technológiai számítások.

##### 1. feladat

Tengelyszerű alkatrész nagyoló hosszesztergálását végezzük. A kiindulási átmérő  $D = 68$  mm, a kész méret  $d = 58$  mm. A ráhagyást két azonos fogással forgácsoljuk le. A munkadarab esztergált hossza  $l = 250$  mm, a kés ráfutása és kifutása együttesen  $(l_r + l_k) = 7$  mm.

További adatok:

- - a fajlagos forgácsolóerő  $k_s = 2400 \frac{N}{mm^2}$
- - az előtolás  $f = 0,2 \frac{mm}{ford}$
- a gépen beállítható fordulatszámok 90, 112, 140, 180, 224, 280, 335, 450, 560, 710, 900, 1120, 1400, 1800, 2240, 2800  $\frac{1}{min}$
- - az esztergagép motorjának teljesítménye  $P_m = 4$  kW
- - a hatásfok  $\eta = 70\%$
- - a gazdaságos forgácsolási sebesség  $v_g = 2 \frac{m}{s}$

Feladatok:

- Határozza meg a beállítandó fordulatszámot ( $n_{be}$ ) és a tényleges vágósebességet! ( $v_t$ )
- Számítsa ki a főforgácsoló erő nagyságát! ( $F_v = ?$ )
- Határozza meg a forgácsolás teljesítményszükségletét! ( $P_v = ?$ )
- Határozza meg a szerszámgép kihasználtságát %-ban! ( $K_{ih} = ?$ )
- Számítsa ki a művelet gépi idejét a rá- és túlfutás figyelembevételével! ( $t_g = ?$ )

##### **Az 1. feladat megoldása:**

a.) a beállítandó fordulatszám és a tényleges forgácsolósebesség

$$v = d \cdot \pi \cdot n \rightarrow n = \frac{v}{d \cdot \pi} = \frac{120 \frac{m}{min}}{0,068m \cdot \pi} = 561,7 \frac{1}{min} \rightarrow n_{be} = \underline{\underline{560 \frac{1}{min}}}$$

$$v_t = d \cdot \pi \cdot n_{be} = 0,068m \cdot \pi \cdot 560 \frac{1}{min} = 119,6 \frac{m}{min} = 1,993 \frac{m}{s}$$

b.) a főforgácsolóerő meghatározása

$$F_v = k_s \cdot A = 2400 \frac{N}{mm^2} \cdot 0,5mm^2 = \underline{\underline{1200 N}}$$



$$A = f \cdot a = 0,2 \frac{mm}{ford} \cdot 2,5mm = 0,5mm^2$$

$$a = \frac{D - d}{2 \cdot i} = \frac{68mm - 58mm}{2 \cdot 2} = 2,5mm.$$

c.) a forgácsolás teljesítményszükséglete

$$P_v = F_v \cdot v_t = 1200 N \cdot 1,993 \frac{m}{s} = \underline{\underline{2392 W}}.$$

d.) a szerszámgép kihasználtsága

$$Kih = \frac{P_v}{P_{eff}} = \frac{2392 W}{2800 W} = 0,85 = \underline{\underline{85\%}}.$$

$$P_{eff} = P_m \cdot \eta = 4000W \cdot 0,7 = 2800W.$$

e.) a gépi idő

$$t_g = \frac{\Sigma L \cdot i}{n_{be} \cdot f} = \frac{257 mm \cdot 2}{560 \frac{1}{min} \cdot 0,2 \frac{mm}{ford}} = \underline{\underline{4,6 min}}.$$

$$\Sigma L = l + l_r + l_t = 250mm + 7mm = 257mm.$$

## 2. feladat

Tengelyszerű alkatrész nagyoló hosszesztergálását végezzük. A kiindulási átmérő  $D = 60$  mm, a kész méret  $d = 53$  mm. A ráhagyást egy fogással forgácsoljuk le. A munkadarab esztergált hossza  $l = 270$  mm, a kés ráfutása és kifutása együttesen  $(l_r + l_k) = 6$  mm.

További adatok:

- a fajlagos forgácsolási ellenállás  $ks = 1800 \frac{N}{mm^2}$
- az előtolás  $f = 0,25 \frac{mm}{ford}$
- a gépen beállítható fordulatszámok ... 355, 450, 560, 710, 900...  $\frac{1}{min}$
- az esztergagép motorjának teljesítménye  $P_m = 4$  kW
- a hatásfok  $\eta = 80\%$
- a főél elhelyezési szöge  $\kappa = 90^\circ$
- - a gazdaságos forgácsolási sebesség  $vg = 1,8 \frac{m}{s}$

Feladatok:

- a.) Határozza meg a beállítandó fordulatszámot ( $n_{be}$ ) és a tényleges vágósebességet ( $v_t$ )!
- b.) Számítsa ki a forgácsolóerő nagyságát! ( $F_v = ?$ )
- c.) Határozza meg a forgácsolás teljesítményszükségletét! ( $P_v = ?$ )
- d.) Határozza meg a szerszámgép kihasználtságát %-ban! ( $Kih = ?$ )
- e.) Számítsa ki a művelet gépi idejét a rá- és túlfutás figyelembevételével! ( $t_g = ?$ )

(Megoldások: a.).....b.).....stb)

### Fúrással kapcsolatos technológiai számítások.

#### 1. feladat

Tömör anyagba átmenő furatot kell készíteni előfűrés nélkül.

Adatok:

- a furat átmérője  $d = 16 \text{ mm}$
- az anyag vastagsága  $L = 40 \text{ mm}$
- a forgácsolási sebesség  $v = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- az előtolás  $f = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
- a fajlagos forgácsolási ellenállás  $k_s = 3000 \text{ MPa}$
- - a csigafúró csúcshöge  $2 \kappa = 120^\circ$  (így  $x = 4,6 \text{ mm}$ )
- - a fűrógépen beállítható fordulatszámok  $\left( \frac{1}{\text{min}} \right)$

$n_1 = 14, n_2 = 22,4, n_3 = 35,5, n_4 = 56, n_5 = 90, n_6 = 140, n_7 = 224, n_8 = 355, n_9 = 560,$   
 $n_{10} = 900, n_{11} = 1400, n_{12} = 2240$

Feladatok:

- Határozza meg a gépen beállítandó fordulatszámot és a beállítás után kialakuló, tényleges forgácsolási sebességet! ( $n_{be} = ?, v_t = ?$ )
- Számítsa ki a forgácsolóerőt! ( $F_{1v} = ?$ )
- Számítsa ki a fűrórsót terhelő nyomaték nagyságát! ( $M_f = ?$ )
- Számítsa ki a fűrés teljesítményigényét! ( $P_v = ?$ )
- Határozza meg a művelet gépi idejét! ( $t_g = ?$ )

#### **Az 1. feladat megoldása:**

a.) a beállítandó fordulatszám és a tényleges forgácsolási sebesség meghatározása

$$v = d \cdot \pi \cdot n \rightarrow n = \frac{v}{d \cdot \pi} = \frac{0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,016 \text{ m} \cdot \pi} = 5,97 \frac{1}{\text{s}} = 358 \frac{1}{\text{min}}$$

$$n_{be} = n_8 = 355 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_t = d \cdot \pi \cdot n_{be} = 0,016 \text{ m} \cdot \pi \cdot 355 \frac{1}{\text{min}} = 17,84 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,297 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b.) a forgácsolóerő kiszámítása

$$F_{1v} = k_s \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{f}{2} = 3000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}} = \underline{\underline{2400 \text{ N}}}$$

c.) nyomaték számítása

$$M_f = F_{1v} \cdot \frac{d}{2} = 2400 \text{ N} \cdot 0,008 \text{ m} = \underline{\underline{19,2 \text{ Nm}}}$$

d.) a fúrási teljesítmény kiszámítása

$$P_v = M_f \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 19,2 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 5,92 \frac{1}{s} = \underline{\underline{714,2 \text{ W}}}$$

$$n_{bc} = 355 \frac{1}{\text{min}} = 5,92 \frac{1}{s}$$

e.) a művelet gépi ideje

$$t_g = \frac{l \cdot i}{n \cdot f} = \frac{44,62 \text{ mm} \cdot 1}{5,92 \frac{1}{s} \cdot 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}} = \underline{\underline{37,69 \text{ s}}} = 37,7 \text{ s} = 0,63 \text{ min}$$

$i = 1$  (telibefúrás) és  $L = 40 \text{ mm}$

$$l = L + x = 40 + 4,6 \approx 44,6 \text{ mm}$$

## 2. feladat

Tömör anyagba zsákfuratot kell készíteni.

Adatok:

- a furat átmérője  $d = 18 \text{ mm}$
- a furat mélysége  $L = 35 \text{ mm}$
- az előtolás  $f = 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$
- a fajlagos forgácsolási ellenállás  $k_s = 3500 \text{ MPa}$
- a csigafúró csúcshöge  $2 \kappa = 120^\circ$  (így  $x = 5,2 \text{ mm}$ )
- - a fűrőgépen beállított fordulatszám  $n = 224 \left( \frac{1}{\text{min}} \right)$

Feladatok:

- a.) Határozza meg a tényleges forgácsolási sebességet! ( $v_t = ?$ )
  - b.) Számítsa ki az egy élre jutó forgácskeresztmetszetet! ( $A_1 = ?$ )
  - c.) Számítsa ki az egy élre jutó forgácsolóerőt! ( $F_{1v} = ?$ )
  - d.) Számítsa ki a fúróorsót terhelő nyomaték nagyságát! ( $M_f = ?$ )
  - e.) Számítsa ki a fúrás teljesítményigényét! ( $P_v = ?$ )
  - f.) Határozza meg a művelet gépi idejét! ( $t_g = ?$ )
- (Megoldások: a.).....b.).....stb)

## Marással kapcsolatos technológiai számítások.

1. feladat Homlokmarást végzünk egytetemes marógépen.

Adatok:

- a munkadarab szélessége  $B = 100 \text{ mm}$
- a fogásmélység  $a = 3 \text{ mm}$
- a marószerszám átmérője  $D = 125 \text{ mm}$
- a marószerszám fogszáma  $z = 12$

- a maró fordulatszáma  $n = 90 \frac{1}{\text{min}}$
- fogankénti előtolás  $f_z = 0,1 \text{ mm}$
- a beállítható asztalsebességek  $v_{f \text{ be}} \dots 56, 80, 112, 160, 224 \dots \frac{\text{mm}}{\text{min}}$
- a fajlagos forgácsolási ellenállás  $k_c = 3000 \text{ MPa}$

Feladatok:

- Számolja ki a maró forgácsoló sebességét! ( $v_c$ )!
- Számolja ki a beállítandó előtolósebességet ( $v_{f \text{ be}}$ )!
- Számolja ki a fajlagos forgácsolástérfogatot ( $V_t$ )!
- Határozza meg a forgácsolás teljesítményszükségletét az időegység alatt leválasztott forgácsköbtartalom alapján ( $P_c$ )!
- Számítsa ki a forgácsolóerőt ( $F_c$ )!

**Az 1. feladat megoldása:**

a.) a forgácsoló sebesség kiszámítása

$$v = D \cdot \pi \cdot n = 0,125 \text{ m} \cdot \pi \cdot 90 \frac{1}{\text{min}} = 35,34 \frac{\text{m}}{\text{min}} = \underline{\underline{0,589 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

b.) az előtolósebesség meghatározása

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \text{ mm} \cdot 12 \cdot 90 \frac{1}{\text{min}} = 108 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$v_{f \text{ be}} = \underline{\underline{112 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}}$$

c.) a fajlagos forgácsolástérfogat meghatározása

$$V_t = A \cdot v_{f \text{ be}} = 300 \text{ mm}^2 \cdot 1,867 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = \underline{\underline{560 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}}}$$

$$A = B \cdot a = 100 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} = \underline{\underline{300 \text{ mm}^2}}$$

$$v_{f \text{ be}} = 112 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 1,867 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

d.) a forgácsolás teljesítményszükséglete

$$P_c = k_c \cdot V_t = 3000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 560 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}} = 1680000 \frac{\text{Nmm}}{\text{s}} = \underline{\underline{1680 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}}} \text{ (W)}.$$

e.) a forgácsolóerő

$$P_c = F_c \cdot v \rightarrow F_c = \frac{P_v}{v} = \frac{1680 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}}{0,589 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \underline{\underline{2852 \text{ N}}}$$

## 2. feladat

Homlokmarást végzünk egyetemes marógépen.

Adatok:

- a munkadarab szélessége  $B = 80 \text{ mm}$
- a fogásmélység  $a = 4 \text{ mm}$
- a marószerszám átmérője  $D = 100 \text{ mm}$
- a marószerszám fogszáma  $z = 12$
- a maró fordulatszáma  $n = 125 \frac{1}{\text{min}}$
- fogankénti előtolás  $f_z = 0,11 \text{ mm}$
- a beállítható asztalsebességek  $v_{f\text{be}} \dots 56, 80, 112, 160, 224 \dots \frac{\text{mm}}{\text{min}}$
- a fajlagos forgácsolási ellenállás  $k_c = 2500 \text{ MPa}$

Feladatok:

- Számolja ki a maró forgácsoló sebességét! ( $v_c$ )!
  - Számolja ki a beállítandó előtolósebességet ( $v_{f\text{be}}$ )!
  - Számolja ki a fajlagos forgácsolási sebességet ( $V_f$ )!
  - Határozza meg a forgácsolás teljesítményszükségletét az időegység alatt leválasztott forgácsköbtartalom alapján ( $P_c$ )!
  - Számítsa ki a forgácsolóerőt ( $F_c$ )!
- (Megoldások: a.).....b.).....stb)

## 4. CNC forgácsolási és üzemviteli feladatok

### 4.1. CNC programozás alapjai

#### 4.1.1. CNC program készítése

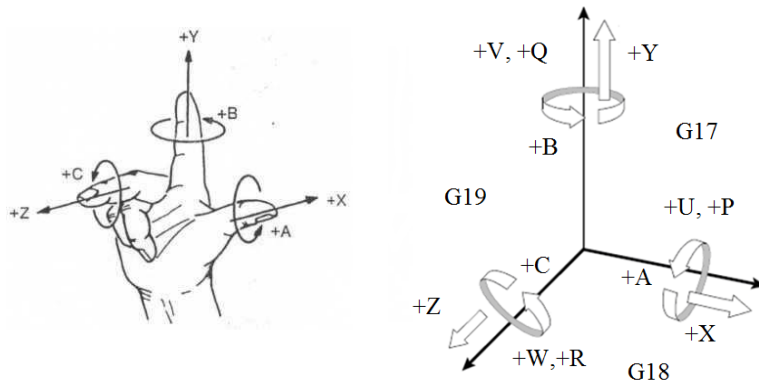
Az NC - technika elve tulajdonképpen Neumann János számítástechnikai elgondolásának alkalmazása a szerszámgép irányítására. Neumann alapgondolata az, hogy az adatokat és a parancsokat (tehát azt, hogy mit kell tenni az adatokkal) is számok formájában rögzíthetjük és tárolhatjuk. A parancsok és az adatok megadása nem elegendő az adott munkadarab megmunkálásához. Szükség van az egyes parancsok mennyiségi behatárolására. Például: Mekkora utat tegyünk meg és milyen irányban? [5]

A munkadarab megmunkálása során a számjegyvezérlésű szerszámgépeknek a szerszámpályáját pontosan le kell írni. Tehát a szerszámgép munkaterében lévő összes pontot egyértelműen azonosítani kell. Az egyértelmű megfeleltetés érdekében koordináta-rendszerek használata szükséges.

#### A CNC szerszámgépek koordináta-rendszerei és vonatkozási pontjai

A CNC gépek koordináta-rendszereit, mozgási tengelyeit, elnevezését és jelölését nemzetközi szabványok határozzák meg. Minden CNC szerszámgépnél ezeket az elveket alkalmazzák.

A CNC gépek fő mozgási irányait a jobbkéz-szabály szerint elhelyezett derékszögű koordináta-rendszer (Descartes féle) határozza meg. A jobb kéz első három ujjja sorrendben a koordináta-rendszer három tengelyének pozitív irányába mutat (lásd. 3.3.1. ábrát).



4.1.1. ábra: Síkok tengelyek elnevezése

A fő (elsődleges) tengelyek megnevezései: X, Y, Z. **A Z tengely iránya a főorsó tengelyének irányával esik egybe, a pozitív iránya pedig a munkadarabtól a szerszám felé mutat.** Az X tengely a pozicionáló sík főtengelye, és párhuzamos a munkadarab felfogó felületével. Pozitív iránya a munkadarabtól a szerszám felé esik. Az Y tengely helyzete és iránya törvényszerűen adódik a Z és X tengely rögzítésével a jobbsodrású derékszögű koordináta-rendszer definíciója alapján. A bővítő (másodlagos) tengelyek elnevezése: U, V és W. Az U, V, W tengelyek párhuzamosak elsődleges tengellyel. Az X tengellyel párhuzamos bővítő tengely neve U, az Y-nal párhuzamos neve V és a Z-vel párhuzamos neve W. Harmadlagos mozgások P, Q, R (lásd 4.1.1. ábra). A forgó tengelyek értelmezése: X tengely körül A, Y tengely körül B és Z tengely körül C. **A forgó tengelyek mozgását akkor tekintjük pozitívnak, ha az origótól a X, Y és Z tengely pozitív iránya felé nézve a forgás az óramutató járásával megegyezik.** Egy munkadarab megmunkálása különböző síkokban történhet. Két koordinátatengely határoz meg egy megmunkálási síkot. Esztergálásnál a forgácsolás a G18-as síkban történik (ezt a síkot az X és Z tengelyek határozzák meg). A marógépeknél a megmunkálás a G17-es síkban valósul meg (ezt a síkot az X és Y tengelyek határozzák meg).

#### Szerszámgépek vonatkozási pontjai.

##### Gépi nullpont:



Jele: M

A gép gyártója határozza meg, az összes koordináta-rendszer kezdőpontja. A szerszámgépek valamennyi vonatkozási rendszerét ehhez képest adják meg. Helyzete a gépkezelő által nem változtatható (szerviz állíthatja a gépi paraméterek megváltoztatásával). Esztergagépeknél általában a főorsó peremének ütközési felületének a középpontjában található (ide rögzítik az eszterगतokmányt).

### Referenciapont:

Jele: 


Növekményes mérőrendszerű CNC gépek bekapcsolásakor a vezérlés nem ismeri fel a szán tényleges helyzetét. A CNC gépek indításakor ezért elsőként a referenciapont felvétele utasítást kell kiadni. A gép gyártója választja meg, amelyet azért rögzítenek, hogy a szerszámot (pl. a munka megkezdése előtt) pontosan meghatározott kiindulási helyzetbe lehessen állítani. A referenciapont a szerszám- és szánmozgás mérőrendszerének hitelesítésére és ellenőrzésére alkalmas és használatos. A referenciapont általában a munkatér határán található, és automatikusan elérhető.

### Munkadarab nullpont:

Jele: 


A munkadarab koordinátarendszerének kezdőpontja. Ez a pont szabadon választható, és gép beállításakor vagy a program kezdetén a gépi nullappontra, illetve a referenciapontra vonatkoztatva rögzítik. A gépkezelő vagy a programozó határozza meg a helyzetét. Megválasztásakor fontos, hogy oda vegyünk fel, ahonnan a legtöbb méret kiindul (bázis felületre).

### Szerszámvonatkoztatási pont:

Jele: 

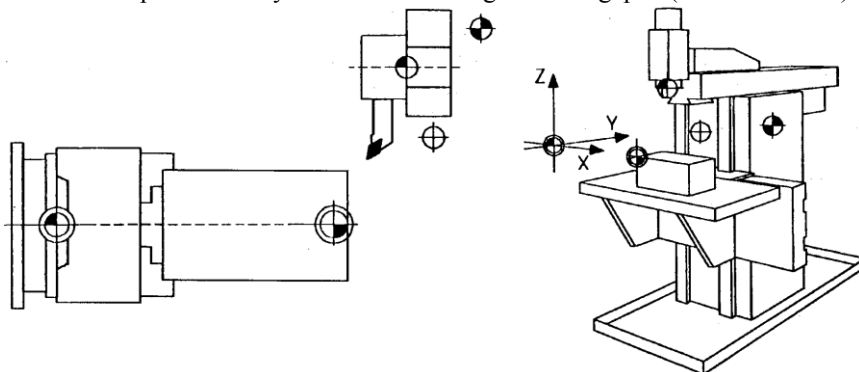
A szerszám koordinátarendszerének kezdőpontja. A szerszám geometria méreteit (hossz- és keresztirányú) e rendszerben kell megadni. A vezérlés alapvetően a szerszámvonatkoztatási pontot irányítja. A szerszám koordinátarendszerének tengelyei párhuzamosak a gépi, illetve a munkadarab koordinátarendszerével, de irányaik ellentétesek.

### Szerszámcsere pont:

Jele: 

A gép munkaterületén belül található, ahol a szerszámcsere biztonságosan végrehajtható. Az automatikus szerszámcserélővel rendelkező CNC gépeknél helyzetét a gép gyártója határozza meg.

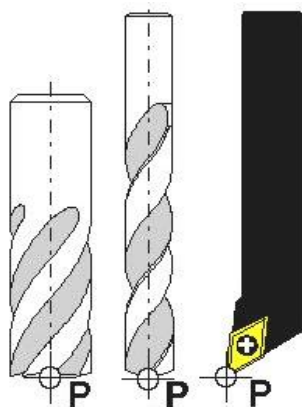
Vonatkozási pontok elhelyezése CNC- eszterga és marógépen (lásd.4.1.2. ábra).



4.1.2. ábra: Vonatkozási pontok elhelyezése CNC- eszterga és marógépen

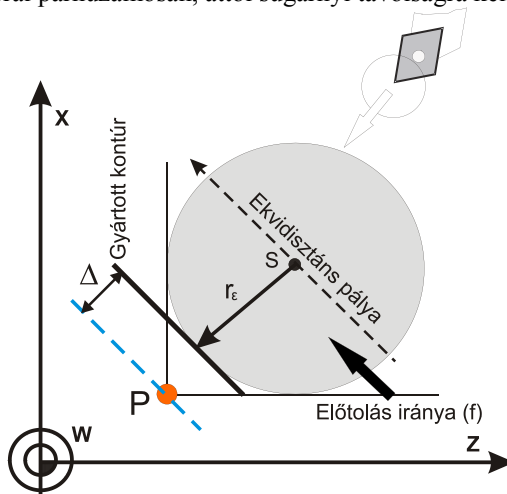
### A szerszám programozott pontjának, értelmezése.

A CNC gép munkaterében a szerszámok pontos helyzetének a meghatározása érdekében a szerszámhoz hozzárendelünk egy „P” pontot. A vezérlés a megmunkálás során ezt a nevezetes pontot mozgatja. Ez a pont segítséget nyújt abban is, hogy a működő program független legyen a szerszámkinyúlástól (4.1.3. ábra). Forgó szerszámoknál a „P” pont a szerszám geometriai középpontja. A szerszám programozott pontja, „P” a lekerekítési sugár koordinátatengelyekkel párhuzamos érintőinek metszéspontja. Az „S” ponttal szemben a „P”-t használjuk gyakrabban, mivel a szerszám bemérő készülékkel, illetve a CNC-esztergagépen közvetlenül mérhető, beállítható.



4.1.3. ábra: „P” pont [3]

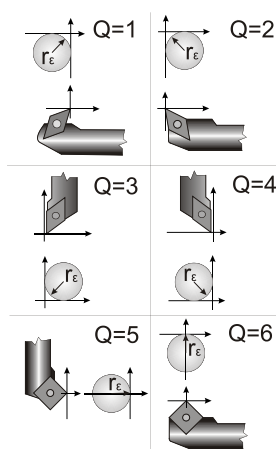
A „P” pont nem pontja a főélnek, ezért abban az esetben, ha mind a két tengely mentén mozgatjuk a szerszámot, „ $\Delta$ ” hibával gyártjuk a munkadarabot (4.1.4. ábra). Ahhoz, hogy egy tetszőleges alakzatot pontosan lehessen esztergálni, és az alakzatnak a rajz szerinti pontjait kelljen a programban megadni, a vezérlésnek a szerszám sugár középpontját a programozott kontúrral párhuzamosan, attól sugáryi távolságra kell vezetnie.



4.1.4. ábra. A szerszám programozott „P” pontjának értelmezése [3]



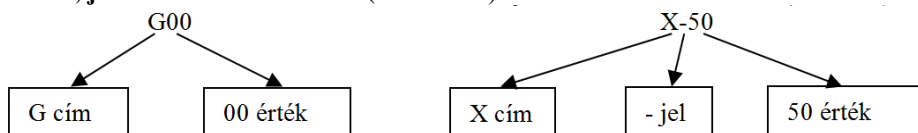
Az egytávolságú pálya (ekvidisztáns pálya) meghatározásához a vezérlésnek egyértelműen meg kell adni, hogy a korrekció a munkadarab beprogramozott körvonalától „balra” (G41) vagy „jobbra” (G42) található. Az ekvidisztáns pályát az „S” pont írja le. Azon kívül a szerszám lekerekítési sugarának nagyságát ( $r_e$ ), valamint a szerszámállás kódját (Q) is közölni kell a vezérléssel (lásd 4.1.5. ábra). Ezeket, az adatokat a gépkezelő a gép beállításakor egyéb szerszámadatokkal (hosszirányú és keresztirányú eltérés) együtt adja be a korrekciós tárba. A szerszámállás kódja (Q) azt mutatja meg, hogy a szerszámsugár középpontjából nézve a szerszám elméleti csúcsa milyen irányban található. A szerszám elméleti csúcsához van az X és Z irányú hosszkorrekció bemérve. A szerszámállás kódja (Q) egyjegyű szám, értéke 0-9 között értelmezett. A szerszámállás kódja függ az alkalmazott koordináta-rendszer állásától. Jobbsodrású koordináta-rendszer esetében külső felület megmunkálásánál Q=3 és Q=4, belső felület megmunkálásánál ez a szám Q=1 és Q=2. [3]



4.1.5. ábra: Szerszámállás kódja (Q) CNC szerszámgépeken [3]

### CNC programozás alapjai

A technológus a munkadarab elkészítéséhez szükséges tevékenységeket (pl. oldalazás, beszúrás, keretmarás stb.) tovább nem osztható műveletekre bontja (pl. oldalazás művelet elemei a következők: szerszámváltás, főorsó fordulatszám és az előtolás beállítása, főorsó forgás bekapcsolása, hűtés elindítása, a munkadarab gyorsjárat megközelítése, X irányú munkamenet, gyorsjárat eltávolodás a munkadarabtól, főorsó megállítása, hűtés leállítása. A műveletelemekhez különböző betű és szám kombinációkat rendelünk (pl. hűtés elindítása: M08, gyorsjárat megközelítés: G00). Ezeket szavaknak nevezzük. **A szavak címből, jelből és értékből állnak** (4.1.6. ábra).



4.1.6. ábra: A szavak összetétele

A NC címek jelentését az 4.1.1. táblázat tartalmazza.

Karakterek	Jelentés
A	Szögméret „X” tengely körül
B	Szögméret „Y” tengely körül
C	Szögméret „Z” tengely körül
F	Előtolás
G	Előkészítő funkció
I	Interpolációs méret „X” tengely irányában
J	Interpolációs méret „Y” tengely irányában
K	Interpolációs méret „Z” tengely irányában
M	Vegyes (kiegészítő) funkciók
N	A mondat sorszáma
S	Orsófordulat, forgácsolási sebesség
T	Szerszámfunkció
U	Másodlagos mozgási méret „X” tengellyel párhuzamos
V	Másodlagos mozgási méret „Y” tengellyel párhuzamos
W	Másodlagos mozgási méret „Z” tengellyel párhuzamos
X	Elsődleges „X” mozgási méret
Y	Elsődleges „Y” mozgási méret
Z	Elsődleges „Z” mozgási méret

4.1.1. táblázat: Címek jelentése [3]

A geometriai információ szavai előjelet is (plusz, vagy mínusz) tartalmazhatnak. Előjel nélküli szó pozitív értéként kerül értelmezésre. **A mínuszjelet (-) minden esetben programozni kell. Az értékeknél a tényleges szám előtt álló nullákat nem szükséges kiírni** (pl. G00-G0, M08-M8).

**A CNC mondat a szavak sorozatából áll, mely mondat vége jellel záródik.**

pl. N50 G00 X20 Z-10

**A CNC programot a mondatok összefűzése után kapjuk**, melynek végrehajtása során elkészül a műhelyrajzon megadott munkadarab.

#### **Mondatfelépítés**

Az üzemi gyakorlatban sokféle CNC szerszámgéppel (pl. esztergagéppel, megmunkálóközponttal, köszörűgéppel, huzalszikkával, tömbszikkával stb.) és hozzájuk tartozó vezérléssel (pl. NCT, HUNOR, FANUC, HEIDENHAIN, MITSUBISHI, MAZAK, SIEMENS, FAGOR, HURCO, HAAS, EMCO stb.) találkozhatunk. Az eltérő vezérléseket különböző módon kell programozni. A legtöbb vezérlés a DIN 66025 német szabvány utasításait alkalmazza, de ettől eltérő párbeszédű formátumú programnyelv is van. A CNC mondatban megadott szavak sorrendje lehet kötetlen illetve kötött. A mondat szavainak megadását a DIN 66025 a következőképpen ajánlja:

1. Mondat sorszám (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)

## A mondatfelépítés szabályai

Az alkatrészprogram mondatfelépítésének szabályait a konkrét vezérlés határozza meg, ezért a következőkben a magyar NCT vezérlés törvényszerűségei lesznek ismertetve.

1. Az alkatrészprogram mondatai általában N mondatsorsszámmal kezdődnek, de feltételes mondatkihagyást is programozhatunk törtvonal / címen. Vannak olyan vezérlések, amelyeknél nem szükséges mondatszámokat programozni. Természetesen az egyes programrészek azonosítására (ugrás, ciklusszervezés, alprogramhívás) ilyen esetekben is a mondatsorszámot használjuk.
2. A különböző, egy mondatba írt funkciókat a vezérlés általában az alábbi sorrendben hajtja végre:
  - a. szerszámhívás: T
  - b. főorsó tartományváltás: M11, ..., M18
  - c. főorsó fordulatszám: S
  - d. főorsó kezelés: M03, M04, M05, M19
  - e. hűtő víz: M07, M08, M09
  - f. egyéb M funkció: Mnnn
  - g. főorsó indexálás: M funkcióval
  - h. A funkció: A
  - i. B funkció: B
  - j. C funkció: C
  - k. programvezérlő kódok: M00, M01, M02, M30, M96, M97, M98, M99

Amennyiben a fenti végrehajtási sorrend nem megfelelő, a mondatot több mondatra kell bontani, és az egyes mondatokba a kívánt sorrendnek megfelelően kell beírni a funkciókat. [7]

3. A legtöbb szó mindaddig hatásos marad, míg ugyanazt a szót a program más értékkel felül nem írja (öröklődő funkció). Pl. gyorsjárat (G00), főorsó forgás bekapcsolása (M03).
4. Vannak szavak, melyek csak akkor érvényesek, ha minden mondatban megadjuk őket (nem öröklődő funkció). Pl. várakozás (G04), szerszámcsere (M06).
5. A mondatban nem minden címet kell kitölteni. Pl. a körív megmunkálásához elég megadni a szerszám haladási irányát (G02), a körív végpontját (X20, Z-10) és a sugarát (R10). Nem kell programozni a körinterpolációs segédparamétereket (I, K).

## A program felépítése

A program % karakterrel kezdődik, és % karakterrel végződik. A programszerkesztés során a programzáró karakter mindig az utolsó mondat után áll, így biztosítható, hogy a már lezárt mondatok akkor is megőrződnek, ha programszerkesztés közben áramkimaradás történik. A programszám és programnév a program azonosítására szolgál. A programszám használata kötelező, a programnévé nem. A **programszám** címe: **O**, melyet pontosan **négy számjegynek** kell követni. A programnevet, megjegyzéseket és szöveges kiegészítéseket a programba „(” „)” jelek közé, más vezérlés esetén „;”-t követően tehetők. [7]

%O1234 (Programnév)

program kezdete, program azonosítása

N10 G0 X100 Z50	biztonsági pozicionálás
N20 T0101	szerszámváltás
N30 G0 X32 Z0	pozicionálás
N40 G96 S150 F0.1 M3 M8	technológiai értékek beállítása, főorsó forgás, hűtés elindítása
N50 G01 X-0.8	oldalazás
N60 G00 X28 Z2	elpozicionálás
N70 G01 Z-40	átmérőzés
N80 X32	oldalazás
N90 G0 X100 Z50	elpozicionálás
N100 M30	program vége
%	

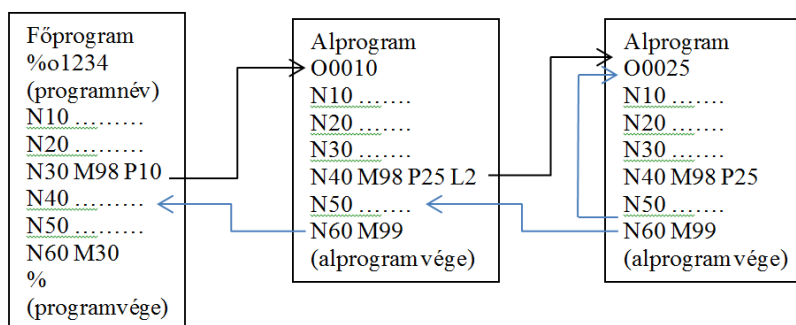
Kétféle programot különböztetünk meg: **főprogramot és alprogramot.**

Egy alkatrész megmunkálása során adódhatnak ismétlődő tevékenységek, amelyeket ugyanazzal a programrészlettel lehet leírni. Annak érdekében, hogy az ismétlődő részeket ne kelljen többször leírni a programban, ezekből a részekből alprogramot készíthetünk, amelyet az alkatrészprogramból hívhatunk. Kettejük között a különbség az, hogy míg a főprogram végrehajtása után a megmunkálás befejeződik, és a vezérlés arra vár, hogy újra elindítsák, az alprogram végrehajtása után a vezérlés visszatér a hívó programba és onnan folytatja a megmunkálást. A főprogram végét M02, vagy M30-as kóddal, az alprogramot pedig M99 kóddal kell lezárni.

Az alprogram hívása az M98 típuskóddal lehetséges úgy, hogy a „P” címen megadjuk az alprogram számát. Alprogramból hasonló módon lehet meghívni újabb alprogramokat (négyszer). Az alprogramot M99 zárja le, és ezután automatikusan visszaugrik az előző program M98-at követő mondatára. „L” címen megadott számban hívja egymás után a „P” címen jelzett alprogramot. Ha „L”-nek nem adunk értéket, az alprogram egyszer hívódik meg, azaz L=1-et tételez fel a vezérlő (4.1.7. ábra).

Az alprogram szervezésénél az alábbiakra kell ügyelni:

A főprogramban, valamint az alprogramban módosított regiszterértékek érvényben maradnak. Az alprogramban megváltoztatott öröklődő kódok az alprogramból való visszatéréskor is érvényben maradnak. [7]



4.1.7. ábra: Főprogram és alprogramok

A típuskód megnevezése	FANUK* (16-18-21)	NCT- 104T
------------------------	----------------------	--------------

		-104M
Gyorsmenet	G00	G00
Lineáris (egyenes) interpoláció programozott előtolással	G01	G01
Körinterpoláció az óramutató járásával azonos irányban (harmadik tengely irányából nézve)	G02	G02
Körinterpoláció az óramutató járásával ellenkező irányban (harmadik tengely irányából nézve)	G03	G03
A megmunkálási sík kiválasztása (X-Y sík)	G17	G17
A megmunkálási sík kiválasztása (Z-X sík)	G18	G18
A megmunkálási sík kiválasztása (Y-Z sík)	G19	G19
Inches adatmegadás (egyes típusnál G70*)	G20	G20
Metrikus adatmegadás (egyes típusnál G71*)	G21	G21
Programozható munkatér behatárolás bekapcsolása	G22	G22
Programozható munkatér behatárolás kikapcsolása	G23	G23
Menetvágás állandó menetemelkedéssel	G32	G33
Szerszámkorrekció megszüntetése	G40	G40
Szerszámkorrekció balra. Az előtolás irányába nézve a szerszám a munkadarabot balról érinti.	G41	G41
Szerszámkorrekció jobbra. Az előtolás irányába nézve a szerszám a munkadarabot jobbról érinti.	G42	G42
Léptékezés kikapcsolása	G50	G50
Léptékezés bekapcsolása	G51	G51
Tükrözés kikapcsolása	G50.1	G50.1
Tükrözés bekapcsolása	G51.1	G51.1
Lokális koordinátarendszer létrehozása	G52	G52
Gépi koordinátarendszer kiválasztása	G53	G53
Munkadarab koordináta-rendszer	G54-G59	G54-G59
Tükrözés bekapcsolása	G68	G68
Tükrözés kikapcsolása	G69	G69
Simító ciklusok (egyes típusnál G72*)	G70	G70
Kontúrnagyoló ciklusok (egyes típusnál G73*)	G71	G71
Homloknagyoló ciklus	G72	G72
Kontúrisméltó ciklusok (egyes típusnál G75*)	G73	G73
Homlok beszűrő ciklus (*NCT-104T-nél)	G74	G74*
Beszűrő ciklus	G75	G75
Menetvágó ciklusok (egyes típusnál G78*)	G76	G76
Hosszsztergáló ciklus (egyes típusnál G90*)	G77	G77
Egyszerű menetvágóciklus (egyes típusnál G92*)	G78	G78
Oldalazó ciklus (egyes típusnál G94*)	G79	G79
Fúróciklus, kiemelés gyorsmenettel (egyes típusnál G82*)	G81*	G81
Fúróciklus várakozás, kiemelés gyorsmenettel	G82	G82
Mélyfúró ciklus	G83	G83
Nagy sebességű mélyfúró ciklus	G73	G83.1
Menetfúró ciklus bal (NCT-104M-nél*)	G74	G74*
Menetfúró ciklus kiegyenlítő betét nélkül (jobb)	G84.2	G84.2
Menetfúró ciklus kiegyenlítő betét nélkül (bal)	G84.3	G84.3
Menetfúró ciklus jobb (egyes típusnál G74*)	G84	G84
Fúróciklus, kiemelés előtolással (dörzsárazás)	G85	G85
Fúróciklus, gyorsmeneti kiemelés álló főorsóval	G86	G86
Fúróciklus, kézi elhúzással a talpponton	G87	G87
Kiesztergálás visszafelé aut. szerszámelhúzással	G87	G87
Fúróciklus, várakozás után kézi működtetés a talpponton	G88	G88
Fúróciklus várakozás a talpponton, kiemelés előtolással	G89	G89
Abszolút méretmegadás (nem minden FANUC típusnál*)	G90*	G90

Növekményes méretmegadás	G91	G91
Új munkadarab koordináta-rendszer létrehozása		G92
Abszolút helyzetregiszter beültetése és max. fordulatszám beállítása „S” címen (Fanuc 21-T)*	G92*	G92
Percenkénti előtolás	G94	G94
Fordulatonkénti előtolás	G95	G95
Konstans vágósebesség-számítás bekapcsolása „S” címen	G96	G96
Konstans vágósebesség számításának kikapcsolása	G97	G97
Visszatérés fűróciklusból a kiindulási pontra	G98	G98
Visszatérés fűróciklusból az „R” (megközelítési) pontra	G99	G99

A \*-gal jelölt kódoknál az egyes vezérlési típusok és gépek között különbségek vannak.

4.1.2. táblázat: Az előkészítő funkciók jelentése [3]

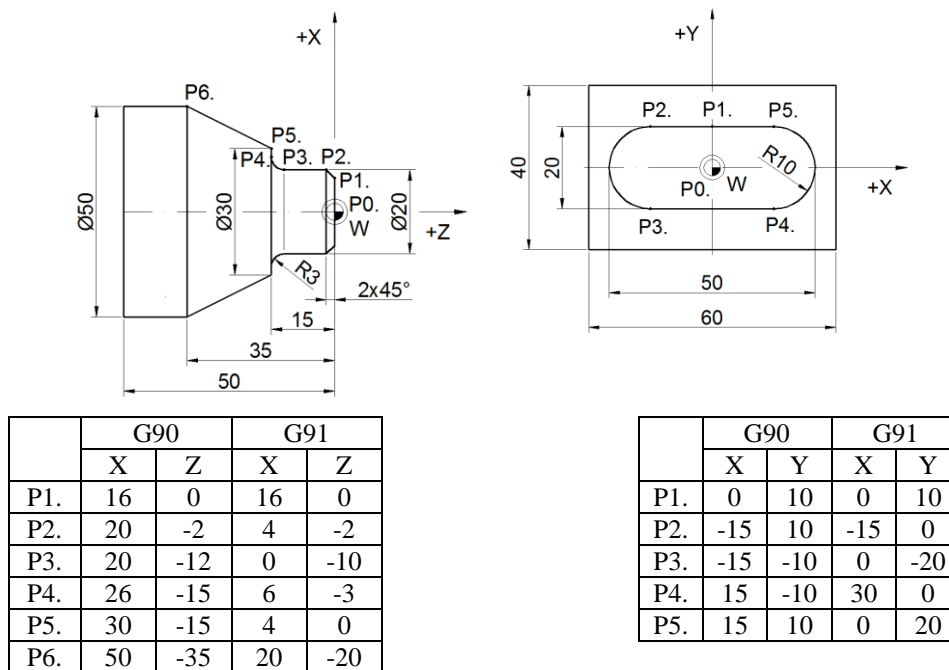
A címkód megnevezése	FANUK 0 (16-18-21)	NCT- 104T- 104M
Program stop	M00	M00
Feltételes stop	M01	M01
Program vége	M02	M02
Főorsó forgásának iránya (az óra járásával ellentétesen)	M03	M03
Főorsó forgásának iránya (az óra járásával egyezően)	M04	M04
Orsó stop	M05	M05
Szerszámcsere	M06	M06
Hűtővíz be- és kikapcsolása	M08, M09	M08, M09
Főorsó indexált megállása	M19	M19
Program vége	M30	M30
Alprogram hívása	M98	M98
Alprogram vége	M99	M99

4.1.3. táblázat: Vegyes (kiegészítő) funkciók jelentése [3]

### Méretmegadási módok

**1. Abszolút méretmegadás G90** Az abszolút méretmegadás esetében az elérendő pont koordináta értékeit kell megadni a munkadarab koordináta-rendszer origójához (középpontjához) viszonyítva előjelhelyesen.

**2. Növekményes (inkrementális) méretmegadás G91 vagy az I jelű gomb** (Az I jelölés az Inkrementális méretmegadás rövidítéséből származik.) A növekményes méretmegadás esetében a kívánt elmozdulási méretet kell előjelhelyesen az előző ponthoz viszonyítva megadni. Esztergálási és marási példa a látható a 4.1.8. ábrán a két méretmegadási mód alkalmazására.



4.1.8. ábra: Abszolút és növekményes méretmegadás

### 3. Kombinált vagy vegyes méretmegadás

Az alkatrészrajzoknál ritkán fordul elő, hogy a méretezés csak bázisfelülettől vagy csak láncszerűen történik. Általában a műszaki rajzokon a két mérőhálózat kombinációját találjuk. Tehát kombinált vagy vegyes méretmegadásról beszélünk, ha a CNC programban abszolút és növekményes rendszer is megtalálható.

A munkadarab mérőhálózatból következtetni lehet, hogy melyik méretmegadási módot célszerű választani. Törekedni kell arra, hogy az alkatrészrajzon szereplő méretek kerüljenek be a CNC programba. Így kevesebb hibát követünk el a munkadarab geometriájának leírásakor.

### 4. Polárkoordinátás méretmegadás G16

A végpont koordináták értékei polárkoordinátás adatmegadással, azaz szög és rádiusz megadásával is bevihetők.

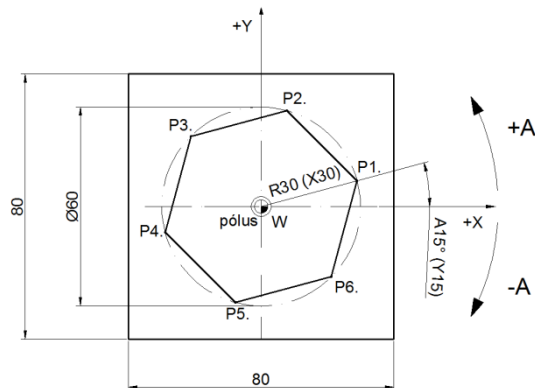
G16: Polárkoordinátás adatmegadás bekapcsolása

G15: Polárkoordinátás adatmegadás kikapcsolása

Resetre a vezérlés G15 állapotba kerül. A G15, G16 öröklődő funkciók. A polárkoordinátás adat a G17, G18, G19 által meghatározott síkban érvényes.

Adatmegadásakor a sík vízszintes tengelyének címét tekinti a sugárnak, függőleges tengelyét pedig a szögnek. Pl.: G17 állapotban az X (U) címre írt adat a sugár, Y (V) címre írt adat a szög. Vigyázat: G18 állapotban Z a vízszintes tengely (R adat) és X a függőleges

tengely (szögadat). A szög adatmegadása esetén az óramutató járásával ellentétes irány a szög pozitív iránya, az óramutató járásával megegyező irány a szög negatív iránya. A többi tengely adatait Descartes (derékszögű) koordináták adatként veszi. A sugarat és a szöget is meg lehet adni úgy abszolút, mind növekményes értéként is. A munkadarab nullpontnak és a polárkoordináta rendszer középpontjának (pólus pont) meg kell egyeznie. Ezt mutatja a 4.1.9. ábra.



	G90		G91	
	X (R)	Y (A)	X (R)	Y (A)
P1.	30	15	30	15
P2.	30	75	0	60
P3.	30	135	0	60
P4.	30	195	0	60
P5.	30	255	0	60
P6.	30	315	0	60

4.1.9. ábra: Nullpont

## Alaputasítások

### Elmozdulás Gyorsmenetben G00.

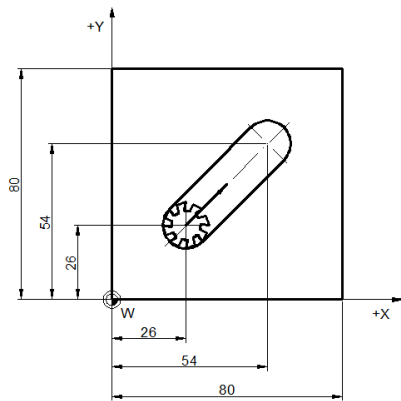
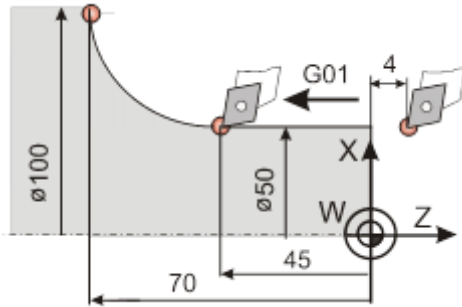
A gyorsmenetben történő elmozdulást (G00) a szerszám és a munkadarab pozicionáló mozgásainál használjuk. A célpontot a vezérelt pont a szerszámgépre megengedett maximális sebességgel éri el. Az elmozdulások lehetnek abszolút és növekményes méretmegadással. A pozicionálás sebességét nem lehet programból állítani. Az értékét a szerszámgép építője a paramétertárban rögzíti. A „G00” utasítás végrehajtása során a mozgás indításakor a vezérlés minden esetben lineáris gyorsítást, a mozgás befejezésekor lineáris lassítást hajt végre. Mozgás közben a százalékos előtolás kapcsoló (előtolás override) hatásos. A „G00” öröklődő kód, addig érvényes, amíg egy másik interpolációs parancs át nem írja.

### Lineáris (egyenes) interpoláció G01.

A lineáris interpoláció (G01) programozásakor a szerszám vezérelt pontja (P) a programozó által meghatározott előtolási sebességgel (F), egyenes pályán halad a célkoordinátára. Az elmozdulás közben a szerszám forgácsol. A G01 kód öröklődik, addig érvényes, amíg egy másik, interpolációs parancs át nem írja. A végpont koordinátái megadhatók abszolút (G90) vagy növekményes (G91) módon. A lineáris mozgás



sebességét (az előtolást) F címen kell programozni. Az előtolás értéke öröklődő, nem kell minden mondatban újra beírni, csak ha az előző értéket módosítani akarjuk. Az előtolás értéke a pálya mentén állandó, azaz ferde egyenes programozásakor a vezérlő kiszámítja az egyes tengelyek irányába eső sebességét. Az előtolás mértékegysége lehet [mm/fordulat] (G95), vagy [mm/perc] (G94) (lásd 4.1.10. ábra). [3]

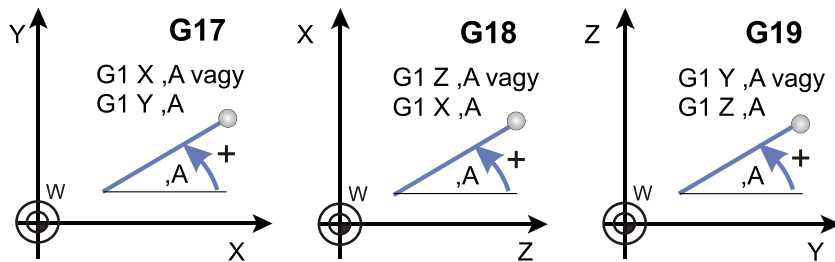


G90 G00 X50 Z4 M03 M08  
G01 Z-45 F0,1  
vagy G91 G01 Z-49 F0,1

G90 G00 X26 Y26 M03 M08  
G01 X54 Y54 F100  
vagy G91 G01 X28 Y28 F100

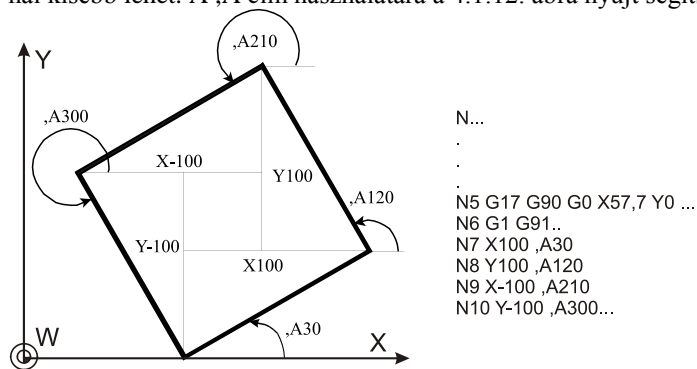
4.1.10. ábra: Az előtolás mértéke

Egyenest a **G17**, **G18**, **G19** kódok által meghatározott síkban meg lehet adni a kiválasztott sík egyik koordinátájával és az „A címen értelmezett egyenes irányszögével (4.1.11. ábra)



4.1.11. ábra: Egyenes megadása irányszöggel [3]

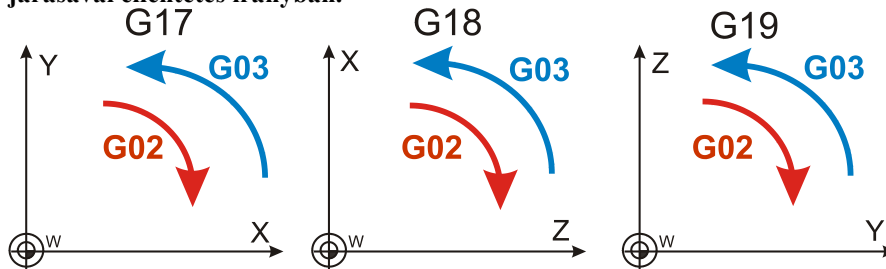
Az ,A címen történő megadás a G0 és G1 kód mellett is használható. Az ,A szög a kiválasztott sík első tengelyétől számítható, és a pozitív irány az óramutató járásával ellentétes, negatív az az óramutató járásával megegyező. Az ,A értéke  $-360^\circ$ -nál nagyobb, illetve  $360^\circ$ -nál kisebb lehet. A ,A cím használatára a 4.1.12. ábra nyújt segítséget.



4.1.12. ábra: Példa a ,A alkalmazására. [3]

### Körinterpoláció G02, G03

A körinterpoláció programozásakor a szerszám a pillanatnyi és a célpont közötti utat körív mentén teszi meg. A körinterpoláció a G17, G18, G19 parancs által kiválasztott síkban megy végbe, G02 esetén az óramutató járásával megegyező, G03 esetén az óramutató járásával ellentétes irányban.



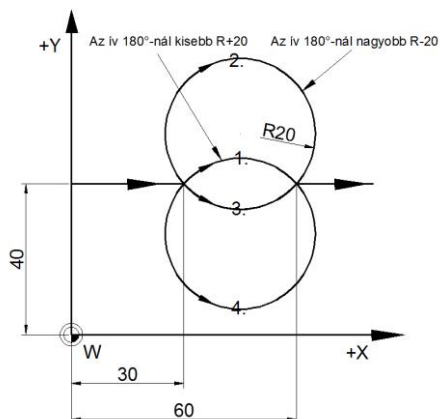
4.1.13. ábra: Körinterpoláció értelmezése az egyes síkokban [3]

A kör megadása kétféleképp történhet:

- Körvégpont és sugár (R) megadással.
- Körvégpont és az I, J, K körinterpolációs segédparaméterek megadásával.

**A kör megadása sugárral (R).**

A 3.3.14. ábrán látható, hogy a kezdő és végpont között két különböző, R sugarú kör húzható, ha a **kör sugarát pozitív** számmal adjuk meg a vezérlés a **180°-nál kisebb ív** mentén halad, ha **R-re negatív** számot adunk meg a **180°-nál nagyobb ívet** járja be. Körív programozására alkalmas. Egy teljes kört ezzel az utasítással csak két egymást követő mondattal lehet elkészíteni.



N20 G90 G01 X30 Y40 F100

1. N30 G02 X60 Y40 R+20

2. N30 G02 X60 Y40 R-20

3. N30 G03 X60 Y40 R+20

4. N30 G03 X60 Y40 R-20

4.1.14. ábra: A kör megadás sugárral

### A kör megadása I, J, K körinterpolációs segédparaméterekkel.

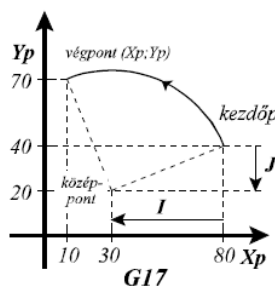
Az I, J, K címeken megadott értékeket mindig inkrementálisan értelmezi a vezérlő, úgy, hogy az I, J, K értékek által definiált vektor a kör kezdőpontjából a kör középpontjába mutat.

**I** vektor (körinterpolációs paraméter) párhuzamos az **X** tengellyel.

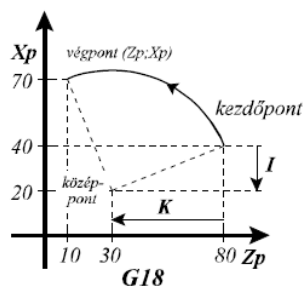
**J** vektor (körinterpolációs paraméter) párhuzamos az **Y** tengellyel.

**K** vektor (körinterpolációs paraméter) párhuzamos az **Z** tengellyel.

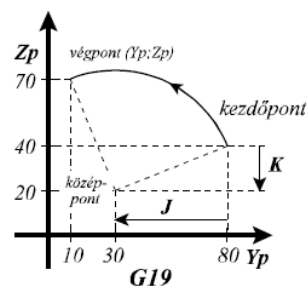
A körinterpolációs paraméterek értelmezését a 4.1.15. ábra mutatja különböző megmunkálási síkokban.



G03 X10 Y70 I-50 J-20



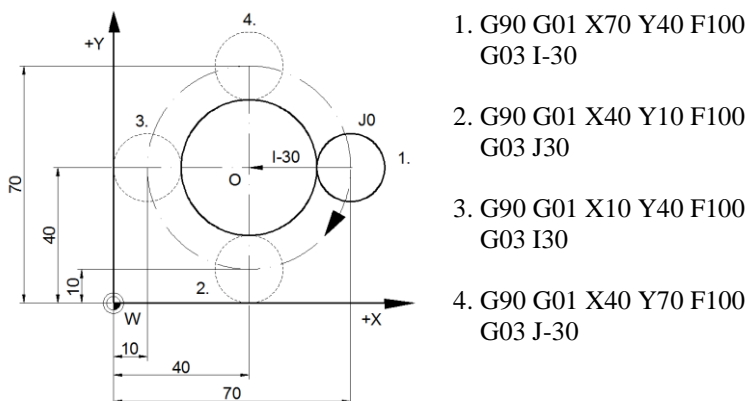
G03 X70 Z10 I-20 J-50



G03 Y10 Z70 J-50 K-20

4.1.15. ábra: Körinterpolációs paraméterek értelmezését

(Egyes vezérléseknél a kör középpontjának koordinátáit adják meg abszolút méretmegadással I, J, K címen.) Ezzel az utasítással teljes kör (360°) és körív is programozható. A teljes kör programozásakor a kezdő és a végpont megegyezik. Ha az I, J, K értéke nulla, megadása elhagyható (lásd. a 4.1.16. ábra).



1. G90 G01 X70 Y40 F100  
G03 I-30
2. G90 G01 X40 Y10 F100  
G03 J30
3. G90 G01 X10 Y40 F100  
G03 I30
4. G90 G01 X40 Y70 F100  
G03 J-30

4.1.16. ábra: J, K értéke nulla, megadása elhagyható

## 4.2. CNC gépkezelés

Ha egy CNC gépkezelőt új szerszámgép kezelésével bízzák meg, a biztonságos gépkezelés érdekében először jól meg kell ismernie a kezelendő gépet. Ehhez a meglévő általános programozási, forgácsolási és karbantartási ismeretek mellett szükséges a géphez rendelkezésre álló dokumentációk tanulmányozása és a munkatársak (főleg a géppel korábban dolgozók) tanácsainak figyelembe vétele.

A CNC szerszámgép bekapcsolása előtt célszerű szemrevételezéssel ellenőrizni, hogy a gép biztonságos, bekapcsolható állapotban van-e:

- Biztonsági berendezései sértetlenek legyenek.
- Ne legyen fogásban az éppen beváltott szerszám.
- Ne legyen szemmel látható módon végálláson egy vagy több szán.
- Ne legyenek törések vagy rögzítetlen gépelemek (pl. meghibásodás miatt rögzítetlen revolverfej)

Különösen akkor fontos a munkatársak véleményét kérni bekapcsolás előtt, ha a géppel többen dolgoznak, vagy ha bárki már felhasználható tapasztalatokkal rendelkezik a működésére vonatkozóan. Ilyenek lehetnek pl. a következők:

- „Z” tengely mentén nem minden referencia pontra küldési művelet sikeres. Esetleg többször ismételni kell a műveletet.
- „X+” irányban a végálláson megszorul a szán, a hajtás biztonsági rendszere leold és csak kulccsal lehet felszabadítani a mozgást.
- A hűtőfolyadék szivattyú eltömődött, ki kell tisztítani.
- A géplámpa izzója kiégett, ki kell cserélni.
- Az olajnyomás figyelmeztető jelzése folyamatosan világít, nem megfelelő viszkozitású kenőolaj lett betöltve.
- A túl alacsony fordulatszámok bekapcsolása időnként sikertelen.
- A vezérlőn az OVERRIDE gomb 120%-ánál érintkezési hibás (120%-ra állítva az előtolás leáll).

Fentiek mellett kiemelt fontossága van az ún. „üzenő füzeteknek” melyekben a váltótársak apró, de fontos információkat adnak át egymásnak. Ilyenek lehetnek pl. a következők:

- Figyelni kell az „X” mellékajtást működtető motort mert az utóbbi időben a szokásosnál melegebb.
- A hűtőfolyadék elvezető cső kezd eldugulni és a hűtőfolyadék időnként ráfolyik a mellékajtást működtető motorokra. Meg kell szüntetni a hibát.
- A szegnyereg mozgató orsója egy bizonyos ponton szorul, valószínűleg berágódott.

#### **4.2.1. A gépek bekapcsolásának lépései.**

A CNC–szerszámgép bekapcsolása előtt célszerű szemrevételezéssel ellenőrizni a gép biztonságos, bekapcsolható állapotban van-e:

Biztonsági berendezései sértetlenek legyenek (pl. vészleállító gomb, ajtóreteszelés, forgácsvédő ajtó stb.).

Ne legyen végálláson a gép egyik irányban sem.

A szerszám és a munkadarab egymáshoz viszonyított helyzete megfelelő legyen (pl. a szerszám ne legyen fogásban).

Az előtolás szabályozót (Override) ~80%-ra állítsuk.

Fontos a munkatársak információit, véleményeit meghallgatni a gép működésével kapcsolatban főleg, ha több műszakban dolgoznak vele.

Csak akkor végezzük el a bekapcsolást, ha minden körülményt úgy ítélünk meg, hogy a szerszámgép bekapcsolható állapotban van.

#### **A gépek bekapcsolásának lépései:**

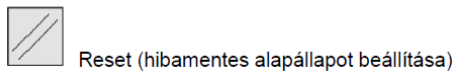
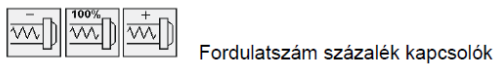
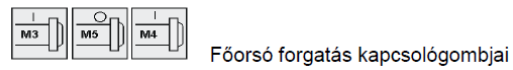
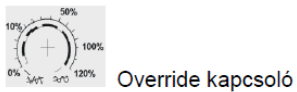
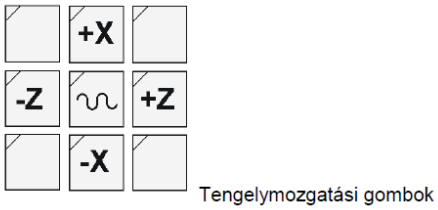
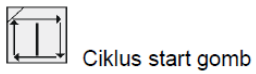
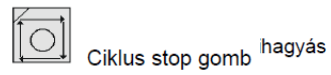
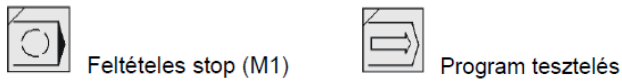
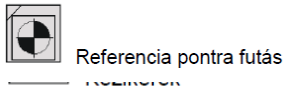
- 1. A főkapcsoló bekapcsolása (fali) és szükség esetén (pl. marógép) a gép sűrített levegővel való ellátása..*
- 2. A gép oldalán lévő főkapcsoló bekapcsolása „ON” állásban.*
- 3. A vészkapcsoló kioldása (a gomb fejének a nyíl irányában való elforgatásával történik).*
- 4. Relé vezérlő feszültség bekapcsolása (a vezérlés és a gép összekapcsolódik).*

#### **A gép lekapcsolásának lépései.**

**A kikapcsolási sorrend** fordított, tehát a vezérlőnél kezdjük és a fali főkapcsolónál fejezzük be.

- 1. Kézi üzemmódra váltsunk*
- 2. A szerszámot a munkatérből hozzuk el és a szánokat a mozgástartomány közepére állítsuk.*
- 3. A vészkapcsolót nyomjuk meg (Egyes gépeknél a vezérlésből történik a gépkikapcsolása).*
- 4. A gép oldalán lévő főkapcsoló kikapcsolása „OFF” állásban.*
- 5. A főkapcsoló kikapcsolása (fali) és a sűrített levegővel való tápellátás megszüntetése.*

#### 4.2.2. A CNC gépeken leggyakrabban alkalmazott grafikus jelképek: [1]



#### 4.2.3. A CNC szerszámgépeken található fő üzemmódok.

- *Referenciapont felvételi üzemmód.*
- *Kézi üzemmód.*
- *Kézikerék üzemmód.*
- *MDI (Manual Data Input) vagy MDA (Manual Data Automatic) üzemmód.*
- *Program bevitel és szerkesztési üzemmód.*
- *Programteszt üzemmód.*
- *Mondatonkénti programfuttatás.*
- *Folyamatos vagy automata programfuttatás.*

- **Referenciapont felvételi üzemmód**

A bekapcsolást követően a szerszámgép mérőrendszerét tengelyenként vagy több tengelymentén egyszerre hitelesíteni kell. A referenciapont felvétel sorrendjét a gép gyártója határozza meg (esztergagépeknél X, Z, marógépeknél Z, Y, X), de ettől el is térhetünk. Ha valamelyik tengelyen nincs referenciapont felvéve, azon a tengelyen nem lehet abszolút pozicionálást (G90) programozni, tehát nem működik a gép automatikus, mondatonkénti és MDI üzemmódokban. A szoftver (paraméteren beállított) végállások is csak a referenciapont felvétele után működnek.

**A referenciapontra futás típusai: [4]**

- Referenciapont felvétel kapcsolóra futással*, utána nullimpulzusra állás. A kiválasztott tengely nagy sebességgel ráfut a referenciapontkapcsolóra, majd leáll. Vagy a ráfutás irányában, vagy ellenkező irányban lassú sebességgel lejön a kapcsolóról és megkeresi az első nullimpulzust, és ezt a pontot jegyzi be referenciapontként.
- Referenciapont felvétel távolságkódolt mérőrendszerrel*. A kiválasztott tengely lassú sebességgel két szomszédos nullimpulzust keres meg. A két nullimpulzus távolságából megállapítja a tengely abszolút helyzetét.
- Referenciapontfelvétel rácsponton*. A kiválasztott tengely lassú sebességgel megkeresi a nullimpulzust és ezt a pontot jegyzi be referenciapontként.
- Lebegő referenciapont felvétel*. A megfelelő mozgatógomb lenyomása után mozgás nem történik, hanem a szán pillanatnyi pozícióját jegyzi be referenciapont gyanánt.

**A referenciapont felvétel típusai**

Az üzemmód kiválasztását követően addig nyomjuk a kiválasztott tengelyirányú gombot, amíg az adott tengely mentén a szán referenciapontra nem fut. A tengelyirány gomboknál a „+” vagy „-” kiválasztásának a legtöbb vezérlőnél nincs jelentősége, mivel a referenciapontra futás irányát a vezérlő „ismeri”.

Szokásos eljárás, hogy az üzemmód beváltása és a START gomb megnyomása után a mozgatógombokat csak rövid ideig kell nyomva tartani, majd el lehet őket engedni és a folyamat ezután automatikusan lejátsszódik. Ebben az esetben a STOP gombbal lehet a folyamatot leállítani.

Mindkét módszernél hatásos az előtolás szabályzó (Override gomb), tehát a referenciapontra küldés sebességét a gépkezelő megválaszthatja. Előfordulhat, hogy valamelyik tengely mentén a referenciapontra küldés nem minden esetben sikeres. Célszerű ilyenkor a referenciapontra futást megismételni úgy, hogy nem a START gombon keresztül végezzük, hanem folyamatosan nyomjuk a tengelyirány gombot. A sikeres felvételtől a képernyő kijelzőjén keresztül meggyőződhetünk.



## 2. Kézi üzemmód [4]

A kijelző a következő információk találhatóak (lásd. 4.2.1. ábra):

*Abszolút pozíció (Pill.):* a kiválasztott koordinátarendszerben a megfelelő nullponteltolások és korrekciók figyelembe vételével.

Relatív pozíció: referenciapont felvétele után megegyezik az abszolút pozícióval. Tetszőleges helyzetben átírható, vagy nullázható.

*Gépi pozíció (Ref.):* a G53-as koordinátarendszerben mért pozíció a hosszkorrekciók figyelembe vételével.

*Végponti pozíció (Cél):* az aktuális koordinátarendszerben a mondat végponti pozíciója a hosszkorrekciók figyelembe vételével.

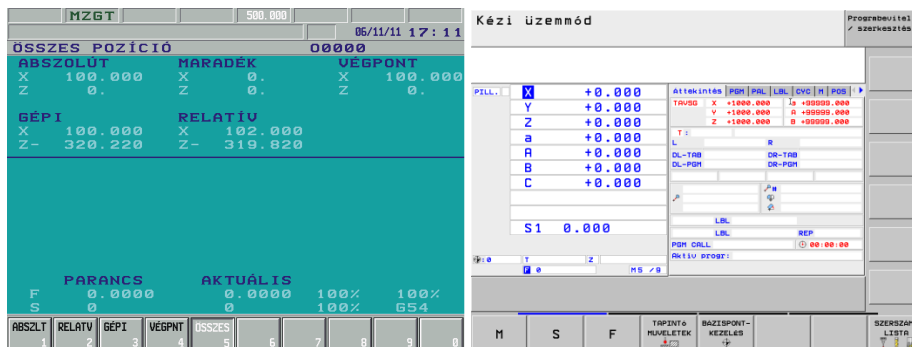
*Maradék (Távsg.):* is kijelzésre kerül, ami azt mutatja, hogy az aktuális mozgásból még mennyi van hátra.

*Derékszögű pozíció:* A polárkoordináta interpoláció bekapcsolt állapotában a szerszám pozíciója a programozott derékszögű koordinátarendszerben. A polárkoordináta interpoláció kikapcsolt állapotában az itt kijelzett pozíciók megegyeznek az Abszolút képernyőn látható pozíciókkal.

*Fordulatszám értéke (S1000).*

*Előtolás értéke (F100).*

*Az aktuális nullpont (G54).*

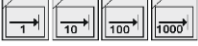


4.2.1. ábra: Kijelzőn látható pozíciók [1]

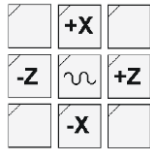
Ez az üzemmód alkalmas egyszerű megmunkálások elvégzésére, szerszám-és munkadarabnullpont (nullponteltolás) bemérésre.

*Egyszerű megmunkálások.*

A forgácsolási művelet elvégzéséhez szerszámot, fordulatszámot, előtolást, fosásmélységet és, ha szükséges hűtővizet kell beállítani. A megmunkálás egyenletes forgácsleválasztását kétféle módon biztosíthatjuk. A kívánt tengelyirányú gomb folyamatos nyomva tartásával és az előtolás szabályzó állításával. A másik, hogy a mozgás indításakor a kiválasztott tengelyirányú gombot és a START gombot egyszerre benyomjuk. Veszélyt jelent, ha mozgás közben a gyorsjárat gombot is benyomjuk, mert folyamatos gyors elmozdulás jön létre. A ciklus STOP vagy a Reset gombbal lehet megállítani a mozgást. A kívánt fogásmélységet legegyszerűbben a léptetéssel vehetünk. Először a ki kell választani a lépésmélységet, ami 1,10,100,1000 inkremens lehet (1

inkremens 0,001 mm).  Vannak vezérlések, ahol a léptetés nagysága

szabadon választható. A léptetés indítását a megfelelő tengelyirányú gomb megnyomásával végezhetjük.



A léptetési üzemmódot beállításokhoz is alkalmazható. Nagyobb lépések végrehajtását kerülni kell. Biztonságot nyújt, ha az előtolás szabályzóval állítjuk be a léptetés sebességét.

*Szerszám-és munkadarabnullpont (nullponteltolás) bemérésre.*

A gépi nullpontot a gép gyártója határozza meg. A gépen lévő összes koordinátarendszer kiindulási pontja. Esztergagépeknél általában a főorsó perem ütközőfelületének középpontjában (tengelyvonalban) található. Marógépek esetén a gép gyártók különböző helyeken rögzítik.

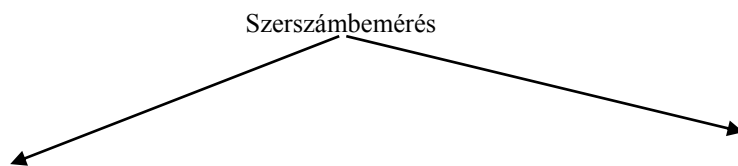


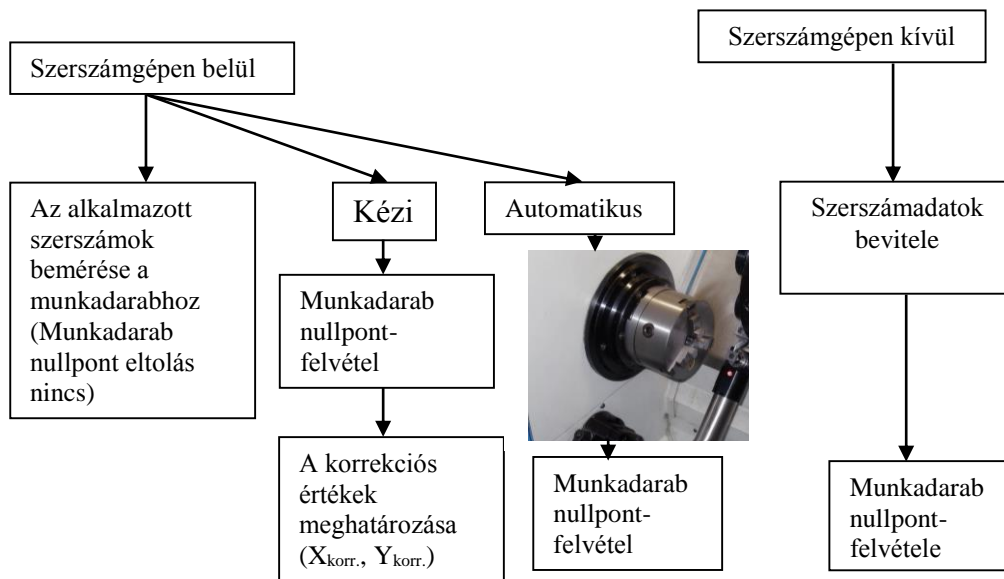
A szerszámvonatkoztatási pont a szerszám koordinátarendszerének kezdőpontja. A szerszám geometriai méreteit (esztergagépeknél  $X_{korrt.}/2$ ,  $Z_{korrt.}$ , marógépeknél  $L$ ,  $D(R=D/2)$  ehhez képest kell megadni. A vezérlés alapvetően a szerszámvonatkoztatási pontot irányítja. A szerszám csúcса úgy kerül a munkadarab kívánt pontjára, hogy a vezérlés a korrekciós adatokkal átszámítja a szerszám vonatkoztatási pont helyzetét.



*Munkadarab nullponteltolás felvétele és szerszám bemérés esztergagépeken.*

A CNC esztergáknál a két bemérés összetartozik (gyakran össze is keverik). Az üzemi helyi sajátosságai döntik el, hogy milyen módszereket választanak. Vázlatszerű áttekintést mutatunk be az 3.8.2. ábrán a bemérési eljárásokról.





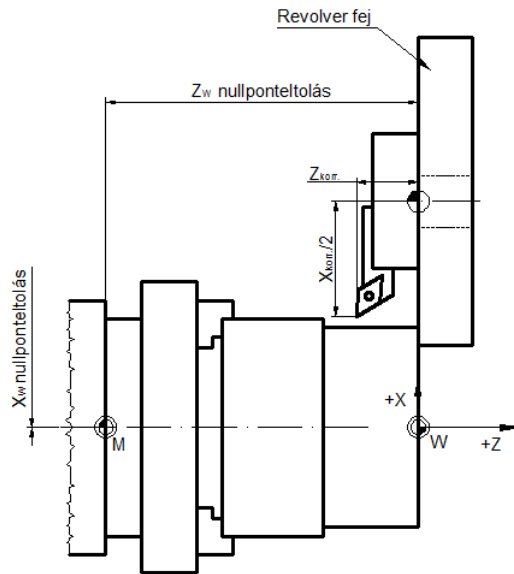
4.2.2. ábra: Szerszámbemérési eljárások

*Gépen belüli szerszámbemérés* esetén elterjedt gyakorlat, hogy nullaértékű nullponteltolás mellett mérünk be minden szerszámot, vagyis elhagyjuk a nullpontfelvételi műveletet. A megmunkálási helyzetbe beállított szerszámmal tengelyenként próbafogást veszünk és a próbafogás méretén állva a szerszámbemérés üzemmódban beadjuk a lehető legpontosabban mért értéket. A szerszámkorrekciós tárbá ilyen jellegű bemérés esetén a szerszám forgácsolóél pontjának a gépi nullponton elfoglalt helyzetének és a beméréskor felvett pozíciójának a távolsága kerül. Ez az érték minden bemért szerszámnál magában foglalja a munkadarab nullponteltolást és a szerszámkinyúlást is. Előnye, hogy rendkívül egyszerű, viszonylag gyors, mindazonáltal a több szerszámot tartalmazó munkáknál a gépi idő nagyobb lehet, mint a gépen kívüli szerszámbemérés esetén. Kezdő gépkezelőknek ezt a módszert ajánljuk mivel itt az ún. beállási folyamat csak néhány lépésből áll és könnyen áttekinthető.

*Gépen kívüli szerszámbemérés munkadarab nullpont felvétellel (lásd. 4.2.3. ábra).*

Végezhető a közvetlen módszerrel, vagyis úgy, hogy a revolverfej homloksíkjával óvatosan megközelítjük a munkadarab homloklapfelületét és megérintjük azt (ügyelve az ütközés elkerülésére). A gépi koordináta kijelzőn olvasható le a nullponteltolási érték. Fontos, hogy ilyenkor egy nulla korrekciós értékű szerszám legyen előzetesen beváltva egyedi mondat segítségével és az esetlegesen korábban betöltött nullponteltolási értéket is törölni kell. Korszerű CNC esztergáknál az X irányú nullponteltolás korrekciós tárból kiolvasható értéke általában nulla (nem kell külön felvenni) mivel a gyártó szoftveres úton a főorsó tengelyvonalára helyezi a gépi nullpont „X” tengelyét (így a fűrő jellegű szerszámok 0 (nulla) átmérő korrekciós érték lehívása esetén mérés, beállítás nélkül azonnal a fűrész tengelyvonalába pozícionálhatók).

Közvetett módszer alkalmazása esetén nem a szerszám koordináta rendszer nullpontjával, hanem a beszerelt szerszám forgácsolóélével vesszük fel a nullponteltolást úgy, hogy a művelet folyamán a vezérlő beszámítja a szerszámkinyúlást, sőt a munkadarab méretét is.



4.2.3. ábra: Munkadarab nullponteltolás és a szerszám hosszkorrekciók értelmezése

**Korrekciónás.**

A CNC gépkezelők feladata egyszerűbb programírása, programbelövése, gépfelügyelete, munkadarabcsere, méretek ellenőrzése és a mérés alapján történő szerszámkorrekciónás. A korrekciónás a pontatlan szerszámbe mérés vagy a szerszámkopás miatti helyesbítést értjük. A korrekciónás általában század vagy tized milliméter nagyságrendű. Ezzel a művelettel történik az előirt rajzi tűrések beállítása. A szerszámkorrekciónás tárba a következő értékek módosíthatók (lásd. 4.2.4. ábra):

- a.  $X_{kor}/2$ , a szerszám éle és a revolver furatának tengelyvonala közötti távolság és a hozzátartozó növekmény.
- b.  $Z_{kor}$ , a szerszám éle és a revolver homloksíkja közötti távolság és a hozzátartozó növekmény.
- c. R a szerszám sugara és a hozzátartozó növekmény.
- d. Q a szerszámállás kódja.

REF		05/11/12 11:47	
SZERSZÁMKORREKCIÓNÁS			
		GEOMETRIA	KOPÁS
N01	X	0.000	0.000
	Z	-320.220	0.000
	R	0.000	0.000
	Q	0	0
N02	X	0.000	3.000
	Z	0.000	0.300
	R	0.000	0.000
	Q	0	0
N03	X	0.000	2.000
	Z	0.000	0.250
	R	0.000	0.000
	Q	0	0
N04	X	0.000	4.400
	Z	0.000	0.200
	R	0.000	0.000
	Q	0	0
Z			

4.2.4. ábra: Szerszámkorrekciónás [1]

Általánosan használt szabály, hogy amennyivel növelni szeretnénk a munkadarab méretét, akkor pozitív irányban annnyival nagyobb értékre állítjuk be a szerszám adott tengelyen mért hosszkorrekciós értékét, illetve fordítva.

Az alábbi példán keresztül mutatjuk be a helyes korrekciózást. Egy 40 mm átmérőjű és 20 mm hosszú csap gyártására írtunk programot, majd le is gyártottuk. Az elkészült munkadarab mérete a következő: a csap átmérője  $\varnothing 39,9$  mm, a csap hossza 19,94 mm. Az  $X_{\text{kor}}$  növekménye (kopás): +0,1 mm, az  $Y_{\text{kor}}$  növekménye (kopás): -0,06 mm.

*Munkadarab nullponteltolás felvétele és szerszám bemérés marógépeken.*

A munkadarab nullpont szabadon választható és a gép beállításakor vagy a program kezdetén a gépi nullpontra vonatkoztatva rögzítik. A munkadarab rajz alapján határozzuk meg úgy, hogy a legtöbb méret kiindulópontja legyen (bázisfelület).

Nullpont meghatározás főbb eszközei:

a. *Forgácsoló szerszám.* A legrégebbi és a legolcsóbb eljárás. Szerszámmal mind a három irányban fel lehet venni a munkadarab nullpontot (X, Y, Z). Hátránya, hogy a mérés pontatlan, mert az érintő fogás nagyságát nem lehet tudni és a munkadarabban nyomot hagyunk.

b. *Rugós szélkereső.*



Két félből álló forgó tapintó, melyet rugó köt össze. A mérőeszközt megforgatva  $S=500$  1/min-es fordulatszámmal a két különálló rész üt egymáshoz képes, mely szemmel jól látható. A munkadarab felületéhez érve az alsó és felső hengeres részek palásfelületei pontos tapintás esetén egy vonalba esnek mely szemmel követhető. Előnye nem hagy nyomot az alkatrészben és olcsó. Hátránya a beállítás pontossága a gépkezelőtől függ és csak kétirányú mérésre alkalmas (X, Y).

c. *Elektromos szélkereső.*



A mérőeszközben elem és led égő található. A munkadarabhoz érve záródik az áramkör és a led égő pirosan világít, ezért csak olyan alkatrészekhez használható, melyek vezetnek az áramot. A szélkereső végén rugóval behúzott meghatározott átmérőjű golyó található, amelynek a kilengése kicsi, így a helytelen irányú elmozduláskor a szára könnyen elhajolhat. Kétirányú mérésre alkalmas (X, Y)

d. *3D taster.*



Az elnevezése is utal arra, hogy háromirányú mérésre alkalmas. A mérőórán két mutató található (Egy fekete és egy piros). A mérésnél mind a két mutatónak a nulla értéken kell állnia, ilyenkor a gömbvégű tapintó kihajlik, a szerszám tengelyvonala és a munkadarab felülete egy síkba esik. A mérés befejeztével vigyázni kell a helyes irányba történő elmozdulással, mert a cserélhető porcellán tapintószár eltörhet (erre a mérőóra számlapján

lévő piros rész figyelmeztet). Rendkívül kedvelt és sokat használt mérőeszköz.

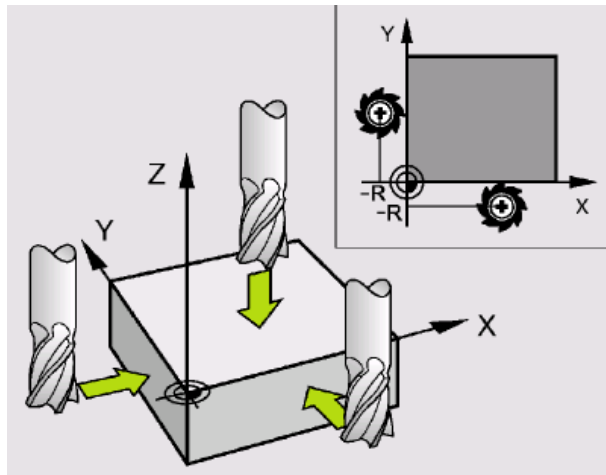
*e. Heidenhain tapintó.*



Az eddig felsorolt eszközöknél a gépkezelő végezte el a munkadarabra való ráállást. A heidenhain tapintónál kiválasztjuk a tapintó üzemmódot és az alkatrész felületét megközelítjük, majd a ciklus START gomb megnyomásával a mérőeszköz automatikusan elvégzi a bemérést. Különböző feladatok végezhetők el vele: Gyors és pontos munkadarab nullpontfelvétel, automatikus munkadarab helyreigazítás, munkadarab mérés programfuttatás végrehajtása alatt, 3D-alakzatok digitalizálása, szerszám bemérés és ellenőrzés.

*Munkadarab nullpont bemérés menete.*

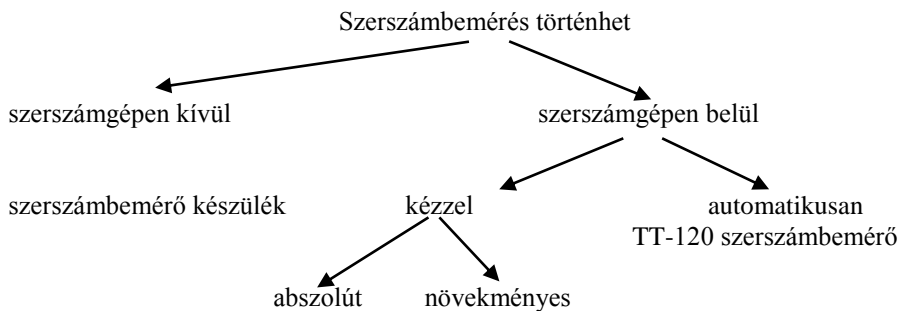
Az 4.2.5. ábra szerint forgó szerszámmal (vagy az fent említett nullpont bemérővel) érintsük meg az előgyártmányt. Az érintést annak a tengelynek az irányában végezzük, amely mentén a nullpontot szeretnénk felvenni. A marógép vezérlőjében a szerszám középpontjának a távolságát kell megadni a munkadarab nullpontjához képest. Az ábra alapján ez az érték X és Y irányba  $-R$  és Z-be nulla.

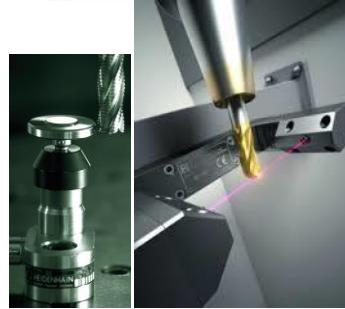


4.2.5. ábra: Nullpont bemérés menete [2]

**Szerszámbemérés**

*Szerszámgépen kívüli és belüli szerszámbemérési módok:*



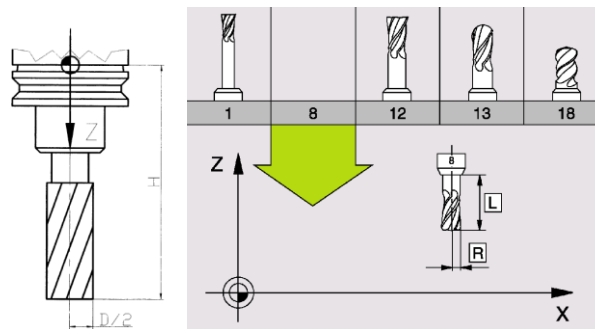


#### *Szerszámgépen kívüli szerszámbemérés*

A bemérő készülékeknél a szerszámtartó meredek kúpos (ISO 30, ISO40 vagy ISO50) befogó része ugyanúgy kerül be a befogó kúpba, mint a szerszámgép főorsójába. Ezért a főorsó homloksíkjától (szerszám koordináta rendszer kezdőpontja) mért szerszámhossz a bemérő készülékben is ugyanolyan értékű mintha a főorsóba befogott szerszám kinyúlását mérnénk. Az átmérőt akkor is meg tudjuk mérni, ha a szerszám páratlan élű mivel a készülékek a szerszámsugarat mérik a forgástengelytől. A legmodernebb szerszámbemérő készülékek PC-s támogatás mellett dolgoznak így a mért adatok a PC-n archiválhatók, sőt helyi hálózaton akár be is tölthetők a szerszámgépek korrekciós tájraiba. Egyszerűbb bemérő készülékek adatait kézzel kell a szerszám korrekciós tárhoz betölteni. Ha csupán a szerszámok hosszkorrekciójának bemérését kívánjuk megoldani, egy a főorsót modellező kúpos hüvellyel és digitális talpas tolómérővel viszonylag egyszerűen létrehozhatunk egy mérőhelyet. A bemért hosszkorrekciókat kézzel kell a szerszám korrekciós tárhoz betölteni.

#### *Szerszámgépen belüli abszolút szerszámbemérés*

A szerszámgépen belüli kézi bemérésnél csak a Z irányú korrekció határozható meg. Elve, hogy a szerszám hosszát a szerszámvonalozási ponthoz képest kell meghatározni. Ez legegyszerűbben úgy hajtható végre, hogy a gépasztalra mérőhasábot helyezünk (pl. 100 mm-es) és a főorsó homloklapjával megérintjük. Az érintés akkor jó, ha a mérőhasábot „húzósan” tudjuk mozgatni a főorsó alatt. A kijelzőt ezután Z irányban lenullázzuk. A mérendő szerszámokat egyenként behelyezzük a főorsóba és mindegyikkel megérintjük (húzósan) a mérőhasábot. A kijelzőről leolvasható a szerszámhossza (L), melyet a hosszkorrekciós tárhoz lehet bevinni. Lásd az 4.2.6. ábrát.



Az ábrán lévő számok a szerszámok korrekcióstárát jelölik.

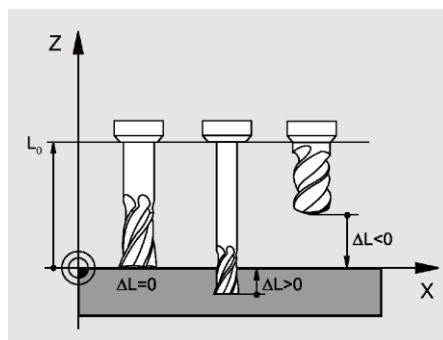
4.2.6. ábra: Abszolút szerszámbe mérés [2]

#### *Szerszámgépen belüli növekményes szerszámbe mérés*

Ezt a módszer már ritkán alkalmazzák. A mérés lényege, hogy egy kiválasztott szerszámtól „nullszerszámtól” adjuk meg a többi szerszám hosszeltérését. A befogott munkadarab felületét megérintjük a bázis szerszámmal (nullszerszám) és a kijelzött Z irányba lenullázzuk. Ezután a mérendő szerszámokat is egyenként behelyezzük a főorsóba és mindegyikkel érintőt veszünk a munkadarab felületén. A kijelzőről leolvashatók a szerszámhossz különbségeket ( $\Delta L$ ), melyet a hosszkorrekciós tárho lehet bevinni. Lásd az 4.2.7. ábrát.

A szerszám hosszabb, mint a bázis szerszám, akkor a  $\Delta L$  értéke pozitív.

A szerszám rövidebb, mint a bázis szerszám, akkor a  $\Delta L$  értéke negatív.



4.2.7. ábra: Növekményes szerszámbe mérés [2]

#### *Szerszámgépen belüli automatikus szerszámbe mérés*

A szerszámok gépen való be mérése mellékidőket takarít meg, növeli a megmunkálási pontosságot és csökkenti a selejtet és az utánmunkálást. A HEIDENHAIN az érintéssel működő TT tapintókkal és a TL lézeres rendszerekkel két különböző lehetőséget kínál a szerszámok meg mérésére. Robusztus kialakításuk és magas, IP 67-es védettségük miatt ezek a szerszám tapintó rendszerek közvetlenül a szerszám gép munkaterébe telepíthetők.

A szerszám be mérése bármikor elvégezhető: a megmunkálás előtt, két megmunkálási lépés között vagy a megmunkálás végeztével. Mérőciklusok segítségével meghatározható a szerszám hossza és átmérője, ellenőrizhető a vágóélek alakja és megállapítható a

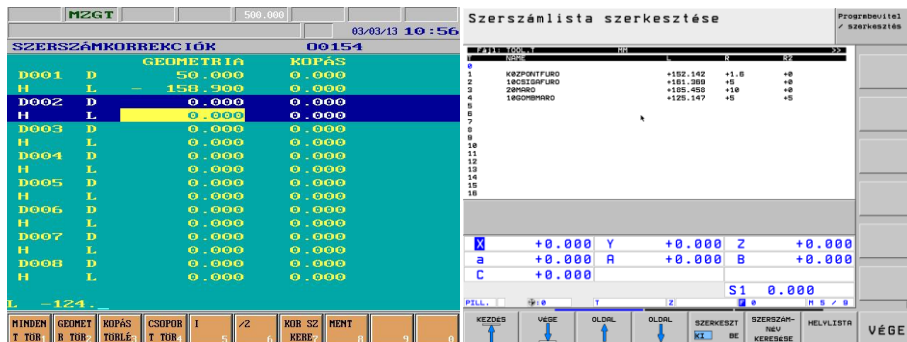


szerszámkopás mértéke vagy a szerszámtörés ténye. A megmért szerszámadatokat a vezérlő beírja a szerszám táblázatokba.

#### Korrektíózás.

A CNC marógépeken bonyolultabb munkadarabok készülnek, mint a CNC esztergagépeken. Az összetett alkatrészek gyártásához sok szerszámra és szerszámtartóra van szükség. A programok hosszabbak, mint az esztergagépeken. A CNC marással készülő alkatrészek ellenőrzése és méreteinek korrigálása nagyobb felkészültséget igényel. A szerszámkorrekciós tárban is több érték módosítható (lásd. 4.2.8. ábra):

- a. L a szerszám hossza.
- b. R (D) a szerszám sugara vagy átmérője.
- c. R a szerszám 2. sugara (pl. gömbmaró).
- d.  $\Delta L$  a szerszámhossz kopása.
- e.  $\Delta R$  a szerszámsugár kopása.
- f.  $\Delta R2$  a szerszám 2. sugárának kopása.




4.2.8. ábra: Szerszámkorrekciós tár két vezérlés képernyőjén. [1]

Általánosan használt szabály, hogy amennyivel növelni szeretnénk a munkadarab mélységi méretét, akkor negatív irányban annival nagyobb értékre állítjuk be a szerszámhossz hosszkorrekciós értékét, illetve fordítva. Külső zárt kontúr marásakor, ha a méretet növelni szeretnénk, akkor a szerszámsugár korrekciót a növelt méret felével pozitív értékkel módosítjuk. Belső zárt kontúr marásakor fordítva van, ha a méretet növelni szeretnénk, akkor a szerszámsugár korrekciót a növelt méret felével negatív értékkel módosítjuk. Az alábbi példán keresztül mutatjuk be a helyes korrekciózást. T1-es szerszámmal a munkadarabba 70x70 mm-es keretet kell kimarni 5 mm mélységbe, T2-es szerszámmal pedig középre 40 mm átmérőjű és 4 mm mély körzseb. A gyártására írtunk programot, majd le is gyártottuk. Az elkészült munkadarab mérete a következő: a keret mérete 70,14x70,14 mm, mélysége 5,1 mm; a körzseb átmérője Ø40,08mm, a mélysége 3,96 mm. A T1-es szerszám korrekciói  $\Delta L=+0,1$ ;  $\Delta R=-0,14$ . A T2-es szerszám korrekciói  $\Delta L=-0,04$ ;  $\Delta R=+0,04$ .

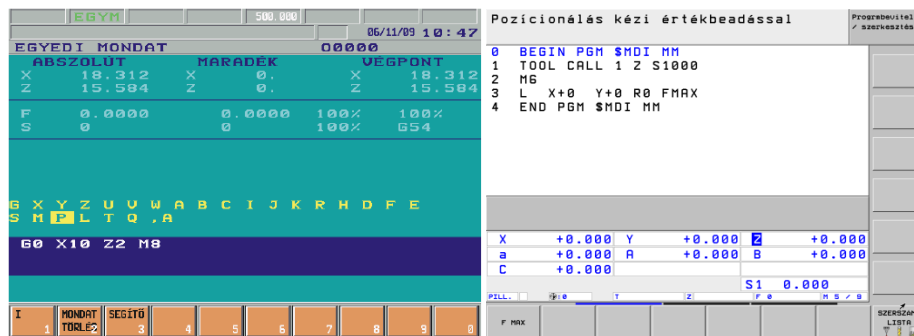
### 3. Kézikerék üzemmód



Az üzemmódot a  nyomógomb megnyomásával kapcsoljuk be. A kézikerek üzemmódban a tengelyek mozgását elektronikus kézikerek segíti. Egyszerre csak egy kiválasztott tengely mentén történhet elmozdulás. A tengelyirányt „+” vagy „-” a kézikerek forgatási iránya határozza meg. A kézi kerék egy körülfordítására a meggett út változtatható, tehát a mozgás sebessége állítható. Így nagyon kis elmozdulások is végrehajthatók vele. Alkalmos a munkadarab nullpont és érintő fogások felvételére, valamint szerszámbemérésre. A kézikerek elhelyezhető a kezelőablán vagy vezeték segítségével a munkatérbe bevihető.

#### 4. MDI (Manual Data Input) vagy MDA (Manual Data Automatic) üzemmód

Egyszerű műveletek, szerszámok cseréjére, előpozícionálására és ellenőrzési műveletek (pl. munkadarab nullpont ellenőrzés) elvégzésére alkalmas. Egyszerre csak egy CNC mondat hajtható végre, ezért „egymondatos program üzemmód”-nak is nevezik. Indítása ciklus START nyomógombbal történik. A mozgás sebessége az előtolás szabályzóval módosítható. Két különböző vezérlésű gép képernyőjén az MDI üzemmód látható (4.2.9. ábrán).



4.2.9. ábra: MDI üzemmód képernyője [1]

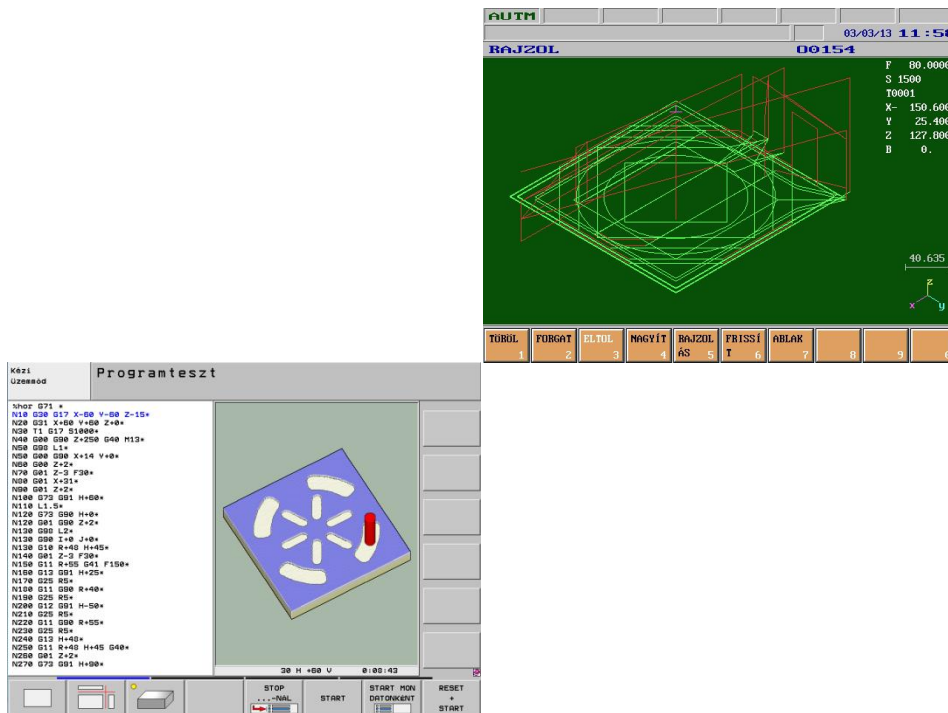
#### 5. Program bevitel és szerkesztési üzemmód

Az alkatrészprogramok létrehozására, szerkesztésére, módosítására, betöltésére (pl. PC-ről), kimentésére (ún. archiválásra) a programszerkesztés üzemmódot használjuk. A programszerkesztés üzemmód angol nyelvű kezelőelem feliratoknál általában EDIT (editálás=szerkesztés) felirattal van ellátva. A CNC eszterga gépeknél megszokott munkamódszer, hogy a megmunkáló programot maga a dolgozó készíti mivel a CNC eszterga programok általában rövidebbek és egyszerűbbek, mint a CNC marók, ill. megmunkáló központok programjai. A marógépek programozásánál is hasonló a módszer az egyszerű rövid programokat a gépkezelő készíti. A bonyolultabb programokat a programozó számítógépes szoftver (CAD-CAM) segítségével írja. A CNC esztergánál ritkán fordul elő, hogy külön a programozó készíti a megmunkáló programot. Fontos megjegyezni, hogy az automata üzembe futó programok nem módosíthatók.

#### 6. Programteszt üzemmód

Teszt üzemmódban a programok vagy programrészek futása szimulálható. A vezérlés ellenőrzi a geometriai hibákat (pl. a kör végpontja nem jó), hiányzó adatokat (pl. nincs

előtolás megadva), a munkatér elhagyását, nem végrehajtható utasításokat. A grafikával program esetleges durva geometriai hibáit és a szerszám pályákat jól lehet tanulmányozni, lásd. 4.2.10. ábra. Teszt üzemmódban általában lehetséges a grafika nagyítása/kicsinyítése, a kép vonszolása, forgatása, a színek megválasztása, a megközelítési utak kijelzése vagy elhagyása stb. Grafikai ellenőrzést el lehet végezni mondatonkénti vagy automata üzemmódban. Kezdőknek célszerű a mondatonkénti üzemmódot választani, mert így programsoronként követheti a szerszám mozgását.



4.2.10. ábra: Két különböző vezérlés képernyőjén a programteszt üzemmód [4]

## 7. Mondatonkénti programfuttatás

A programfuttatásához a következő előkészületeket kell megtenni: munkadarab és szerszám rögzítése, munkadarab nullpont és szerszám bemérés, program kiválasztása.

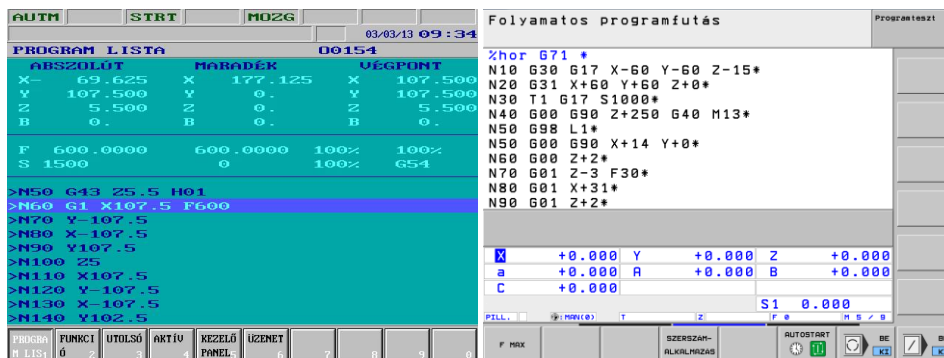
A programtesztelést követően a programot „éles” forgácsolással is be kell löni. A forgácsolás nélküli tesztelés nem világíthat rá a program minden esetleges hibájára (pl. túl nagy fogások, túl nagy előtolások, nagy fordulatszám stb.), ezért még jelentős hibalehetőséggel kell számolni. Abból az általános elvből kiindulva, hogy a gépkezelőnek minden általa végzett beavatkozás következményeit előre fel kell tudni mérnie, a belövésnél lehetetlen a programot folyamatosan futtatni, hiszen csak egy-egy mondat következményeit lehet előre felbecsülni. Egy azonnali folyamatos próbafuttatás jelentős veszélyekkel járhat, ezért van szükség a mondatonkénti futtatásra. Minden mondat végén stop állapot jön létre (főorsó forgás mellett) és miután a következő mondat adatait illetve a forgácsolás paramétereit ellenőriztük, a start gombbal indítható az újabb mondat.

## 8. Folyamatos vagy automata programfuttatás

Az alkatrészprogram beírása vagy betöltése után ajánlott tesztelési lépéseket elvégezni. Komplet alkatrész programot futtatni általában az Automata üzemmódban lehetséges. A program futtatása a ciklus start gomb megnyomásának hatására történik. Vannak olyan vezérlők, melyeknél a végrehajtandó programot külön ki kell jelölni és ki kell adni a „futtat” parancsot (pl. NCT 104T) és vannak olyanok, melyeknél a szerkesztés alatt álló (monitoron lévő) program bármikor indítható az automata majd a start gomb megnyomásával. A futtatott megmunkáló program megszakítása az alábbi módokon történhet:

- a. Súlyos veszélylehetőség észlelése esetén a vészstop nyomógombbal (gomba alakú piros nyomógomb). Ilyenkor minden gépi funkció azonnal leáll, kivéve a géplámpa működése, mely az esetleges hibaelhárítást segíti.
- b. A reset gomb hatására lassítást követően a gépi funkciók leállnak, és ha nincs törölhető hibaforrás (pl. hidraulika tápnyomás hiánya) beáll a hibamentes alapállapot, vagyis az álló főorsó, álló szánok melletti gépállapot. Ha a resetelési művelettel nem lehetséges beállítani a hibamentes alapállapotot, a működési funkciók leállnak és a vezérlő kódolt vagy szöveges hibaeüzenetet küld a monitorra.
- c. Tervezett program megszakítások végezhetőek az M0 vagy M1 parancsok programbeli használatával. M0 programozása esetén feltétel nélküli stop állapot jön létre a programfutás folyamán pl. mérés, ellenőrzés, forgácseltávolítás stb. céljára. Az M1 használata esetén a gépkezelő döntésétől függ a stop állapot létrejötte attól függően, hogy az M1-et tartalmazó mondat beolvasása előtt megnyomja vagy sem a feltételes programstop nyomógombot. Ha a nyomógombot megnyomja, az világító állapotba kerül és jelzi, hogy az M1 parancs aktiválódik.
- d. A legrugalmasabban használható stop állapot létrehozási lehetőség a ciklus STOP nyomógomb használatával érhető el. A CNC vezérlőknél a kezelő döntésétől függően bármely pillanatban (kivéve a menetvágási, ill. menetfűrészi műveleteket) leállítható a szánok mozgása a STOP gomb megnyomásával. Ezután a forgás stop gombot megnyomva a főorsó forgása is leállítható és pl. elvégezhető a nem kívánt módon felgyülemlett forgács eltávolítása vagy megfigyelhető a szerszám állapota, illetve a munkadarab stb. Végrehajtás alatt lévő program ezt követően a forgás indítása és a START gomb megnyomása útján folytatódik. Simítás alatt lévő profil esetén az ilyen megállítás, ill. újra indítás nem javasolt, mivel számolni kell a felületen maradó nyomokkal. Nagyoláznál a stop és start gombok gyors egymásutánban történő használatával bármely pillanatban forgáscstörés végezhető.
- e. A végrehajtás alatt lévő mondatok végén stop állapot hozható létre, ha a mondatonkénti üzemmód nyomógombját megnyomjuk. Ezt követően a START nyomógombbal indul a következő mondat végrehajtása.

Folyamatos programfuttatás üzemmódba elkészítünk egy munkadarabot, lásd. 4.2.11. ábrát. Ellenőrizzük a végleges méreteket és szükség szerint további programjavításokat és korrekciózásokat végzünk. Legyártunk még egy munkadarabot úgy, hogy az eltolás és a fordulatszám szabályzót 100%-ra állítjuk. A legyártott alkatrészt a minőségbiztosítási osztállyal beméretjük, ha megfelel a rajzi követelményeknek, akkor a folyamatos gyártása elkezdődhet. A széria végeztével a tökéletesített programot archiváljuk PC-re történő mentéssel.



4.2.11. ábra: Két különböző vezérlés képernyőjén az automata üzemmód. [4]

A program megszakítása esetén (pl. lapkatörés) az automata üzemmódot a STOP nyomógombbal felfüggesztett állapotba hozhatjuk. Ilyenkor a kézi üzemmódok egyikét (pl. a kézikerek vagy a mozgat üzemmódot) használva eltávolodhatunk a szerszámmal a munkadarabtól. Miután megszüntettük a problémát (pl. lapkát cseréltünk) a programnak a megszakítástól történő folytatására két lehetőségünk van: *visszaállunk a megszakítási mondat elejére* vagy magára *a megszakítási pontra* mely lehet az érintett mondat adott pontján. Tipikusan lapkatörés esetén célszerű használni a megszakítási mondat elejére történő visszaállást, mivel ennek használatánál az időközben elvégzett korrekciómódosításokat (pl. az új lapka miatti néhány század nagyságrendű módosítás) a vezérlő a visszaállási pont koordinátájánál figyelembe veszi. A kézi üzemmódba a visszaállítás a mondat elejére nyomógomb megnyomását követően addig mozoghatunk a szánnal –kikerülve az esetleges akadályokat - amíg a megszakítási mondat kezdő pozícióját elérjük, ezután a választott kezelőelem hatástalan és az automata üzemmódba visszatérve indítható a programfutás. Nem szükséges teljesen a mondat kezdőpontjáig mozgatni a szánnak, mivel az automata üzemmódba visszatérve a START nyomógomb hatására a szánnak folytatják a visszatérést. Ha a megszakítás nem egyszerű mozgásparancsnál (pl. G1) történt a megszakítási mondat típusának (beégetett ciklus hívása, vagy pályakövetést tartalmazó mondat stb.) függvényében a visszaállási művelet sajátosságai változnak. Az ide vonatkozó részleteket a vezérlés kézikönyvében részletesebben tanulmányozni kell.

A program megszakítása és a probléma elhárítása esetén visszatérhetünk magára a megszakítási pontra is ugyanazokat a módszereket követve, melyeket a visszaállítás a mondat elejére parancsnál használtunk.

Ha a program megszakítása úgy történik, hogy ki kell lépni az automata üzemmódból (pl. programozási hibát veszünk észre). A programhiba kijavítása után, hogy ne kelljen a programot az elejéről indítani lehetőség van adott mondatra való rákeresésre és onnan történő programindításra. A folytatásnál figyelembe kell venni a vezérlés öröklési sajátosságait.

### 4.3 CNC vezérlők

#### 4.3.1. Vezérlés fogalma

A vezérlésen azt értjük, amikor a gép megmunkálást végző részei a szerszámgépek koordinátáin belül végzett mozgásának sorrendjét, nagyságát, sebességét a gépben, vagy a gépen kívül elhelyezett berendezéssel, például kapcsolókkal, lyukszalaggal előre beállítják, és a gép ennek alapján a műveleteket elvégzi. A vezérlő információk rögzíthetők mágnesszalagon, vagy az egész szerszámgépet, a számítógép technikában használatos memóriaegységben rögzített adatok alapján vezérlik. A programozás lehet teljes, vagy részleges, amikor például csak egy munkaciklust, vagy csak egy tevékenységet (pl. szerszámváltás) végez el önműködően a szerszámgép. Az irányító berendezésnek a munkafeladat teljesítéséhez információra van szüksége. Az információkat jelekkel teszik érzékelhetővé. A vezérléstechnika az irányítástechnika egyik válfaja. Vezérlést akkor alkalmazhatunk, ha rendelkezésünkre áll a vezérelt berendezés egy modellje, amely bármely bemeneti jelkombináció esetén, elegendően pontosan megadja a vezérelt jel(ek) értékét. Jellemzője, hogy a hatáslánc nyitott. A nyitott hatáslánc azt jelenti, hogy nem az előírt, és a tényleges vezérelt jellemző közötti különbség határozza meg a rendelkező jelet. A vezérlés nagy előnye, hogy strukturálisan stabil, nem léphet fel öngerjedés. Bonyolult technológia, vagy berendezés vezérlésének leírásához elegendő a beavatkozási pontok, működési feltételeinek definiálása, és így egyszerű hatásláncokból építhető fel a bonyolult rendszer.

Az üzemi gyakorlatban sokféle CNC szerszámgéppel (pl. esztergagéppel, megmunkáló központtal, köszörűgéppel, huzalszikkával, tömbszikkával stb.) és a hozzájuk tartozó vezérléssel (pl. NCT, HUNOR, FANUC, HEIDENHAIN, MITSUBISHI, MAZAK, SIEMENS, FAGOR, HURCO, HAAS, EMCO stb.) találkozhatunk.

A jegyzet terjedelmi korlátai miatt ezek közül SIEMENS és a HEIDENHAIN vezérlés kerül ismertetésre.

#### 4.3.2. Siemens vezérlők

A Siemens, az 1950-es évek legjelentősebb európai szerszámgépgyártója a Sinumerik cég égisze alatt piacra dobja az első ipari szabványnak minősülő NC (numerical control – számvezérlésű) rendszerét. A kis cég gyakorlatias hozzáállásának bizonyosságául nem sokkal később az első revolver-esztergapad kifejlesztése szolgált. A további, egyre újabb generációs rendszerek jelentik az első lépéseket a különálló elektronikai alkatrészekből felépülő PLC (programozható logikai vezérlők) rendszerek felé. Ezt a PLC technológia különböző megmunkálási technológiákhoz (esztergálás, marás, köszörülés és nibbelés) kifejlesztett változatai követik.

1973-ban a Sinumerik 500C-vel megtörtént az első nagy lépés a CNC felé. Az 1976-ban bemutatott Sinumerik System 7 az első mikroprocesszoros CNC, amely már lehetővé tette a DNC (distributed numerical control) hálózati működtetést. A továbbfejlesztett Sinumerik "System 7 Sprint" pályavezérlés programozását tette lehetővé. 1979 – Többcsatornás CNC A Sinumerik System 8 egy integrált programozható logikai vezérlőt (PLC-t) tartalmazó többcsatornás CNC rendszer volt, amely egyformán alkalmas volt esztergáláshoz és maráshoz, csakúgy, mint fúráshoz és nibbeléshez (kivágáshoz). Ezt a „cipősdoboznyi méretével” kitűnő gépet egy időben fejlesztették ki a Sinumerik Primo-val. Az IBM 5150 (az első IBM PC) 1981-es piacra dobását a Sinumerik System 3, a System 8 és a Primo közötti CNC rendszer megjelenése követte.

A közepes teljesítményű Sinumerik 810T/M és a 820T/M rendszerek nyílt ember-számítógép kezelőfelülettel (human-machine interface – (HMI)) rendelkeztek. A

következő években jelent meg a piacon a moduláris felépítésű, felsőkategóriás teljesítményű Sinumerik 850 és 880 (különböző számú tengellyel). Ezt a PLC-családot az alsóbb kategóriák felé a kompakt Sinumerik 805egészítette ki.

A Siemens 1994-ben dobja piacra a felső kategóriás Sinumerik 840D-t, melyben a PLC-t digitális vezérlő csatolóval és nyílt NC maggal. Ez lehetővé teszi a szoftverelemek CNC-be történő integrációját, így biztosítva azt, hogy a szerszámgépgyártók technológiai szakértelme az automatizálási folyamat részévé váljék. A vezérlés és a CNC digitális csatolása végre lehetővé teszi a további fejlesztéseket különböző szinteken. A PLC-k családja újra kibővült: a Sinumerik 810D közép szintű igényekre lett kifejlesztve, míg a cég az alsóbb alkalmazási területeket a 802D-vel elvégzi ki.

### **2001 – Szimuláció és virtuális prototípus-gyártás**

A szerszámgépgyártók- és felhasználók további teljesítménynövelése érdekében a Siemens az ezredfordulón új korszakot nyitott a „gépszimuláció” és a „virtuális prototípus-gyártás” bevezetésével. A „mechatronikai támogatás” a fejlesztési szakaszban szolgáltat segítséget a gépgyártók számára. Az új fejlesztésű szimulátorok lehetővé teszik a megmunkálási eljárások és teljes gyártási folyamatok virtuális elemzését, míg a virtuális CNC-vezérlés segítségével gyári szimulációs rendszerekkel történő integráció is megvalósítható. A végfelhasználók rendelkezésére álló egyéb alkalmazások között már megjelennek a web alapú feltételmonitoring és a gyártók közötti platformok online diagnosztikai, karbantartási és szervizelési feladatok ellátásának céljára.

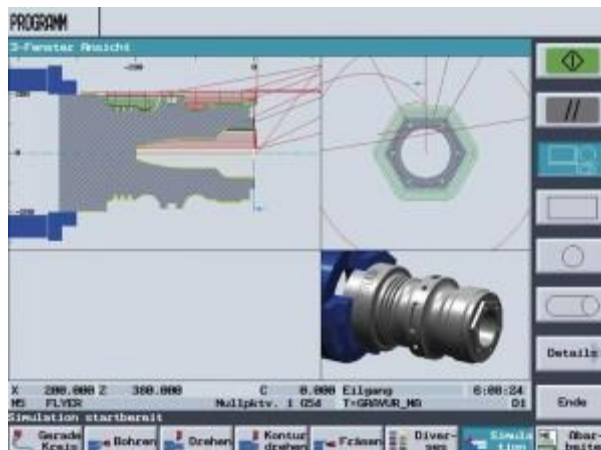
Az NX CAM szoftverrel a szerszámok és a funkciók virtuálisan, gyártási körülmények között tesztelhetők. A CAM programnyelv NC kódra fordítható a gép számára az optimalizált posztprocesszorok alkalmazásával, majd a DNC-vel a Sinumerik számára továbbítható.

Sinumerik 840D sl és a Sinumerik 828D gépekhez mellékelt technológiai csomag már tartalmazza az új Advanced Surface mozgatóvezérlést, amely a korábban lehetséges megoldásokhoz képest finomabb felületmunkálást biztosít, ráadásul rövidebb megmunkálási idő alatt.

#### **4.3.3. Sinumerik 840D sl ShopTurn 7.5**

A ShopTurn lehetővé teszi a komplex marási munkálatok hatékony kivitelezését és a marógép egyszerű használatát. A programozási hibák elkerülésének érdekében a teljes megmunkálás, beleértve a B-tengelyes folyamatokat is, ellenőrizhető egy szimuláció segítségével. A folyamatoknak ez a megnövekedett megbízhatósága teszi a műhelyprogramozást egyre vonzóbbá. Összetett, többtengelyes és egyidejű megmunkálásra is van már lehetőség egy B-tengellyel felszerelt maróberendezésen. A teljes ShopMill eszköztár, ideértve a beforgatást is, be van ágyazva a ShopTurn rendszerbe, és az azonos kezelőfelület lehetővé teszi a maró-esztergált alkatrészek igen gyors elkészítését. Nem szükséges semmilyen különleges programozási tudás a folyamatos grafikus támogatásnak köszönhetően. A B-tengely nem csak maráshoz használható, hanem irányított esztergáló és fejlett többfunkciós szerszámok esetén is.

A ShopTurn univerzális műhelyprogramozása a ShopMill maró eszköztárával felszerelve, és mindezt egyetlen felhasználói felületen; ennél hatékonyabb vezérlés nehezen képzelhető el.



#### 4.3.4. SINUMERIK 840D sl / 828D programozásának alapjai

Az eltérő vezérléseket különböző módon kell programozni. A legtöbb vezérlés a DIN 66025 német szabvány utasításait alkalmazza, de ettől eltérő – az ipari gyakorlatnak jobban megfelelő - párbeszédese formátumú programnyelv is van.

Mivel a DIN 66025 utasításkészlet a modern szerszámgépek összetett megmunkálási folyamatainak programozására már nem elegendő, kibővíthető a magas szintű NC nyelv elemeivel. A DIN 66025 szerinti utasításoktól eltérően a magas szintű NC nyelv utasítások több címbetűből állnak, pl.:

- OVR fordulatszám-korrekciónhoz (Override)
- SPOS orsó pozicionáláshoz
- Jelölők (definiált nevek): Egy jelölő egyértelmű kell, hogy legyen és nem szabad különböző objektumokhoz használni.
- Rendszerváltozók
- Felhasználó által definiált változók
  - alprogramok
  - kulcsszavak
  - ugrás jelzők
  - makrók
- Összehasonlító operátorok
- Logikai operátorok
- Számítási műveletek
- Vezérlő-struktúrák

A programozás irányvonala a DIN 66025. A vezérléshez tartozó programozási kézikönyv tartalmazza azokat az alapismereteket, amelyek segítségével a felhasználó képes lesz programok és szoftver-felületek tervezésére, írására, tesztelésére és a hibák megszüntetésére. A programozási kézikönyvben az CNC programozás leírása két részre van felosztva:

#### Alapok

Az "Alapok" programozási kézikönyv a gépkezelő szakmunkások részére készült és feltételezi a fúrési, marási és esztergálási megmunkálások megfelelő ismereteket.



Egyszerű programozási példákon elmagyarázásra kerülnek a DIN 66025 szerint ismeretes utasítások és parancsok is.

### **Munka-előkészítés**

A "Munka-előkészítés" Programozási utasítás technológusok részére ismereteket ad a teljes programozási lehetőségekről. A SINUMERIK vezérlés egy speciális programozói nyelv segítségével lehetővé teszi egy komplex munkadarabprogram programozását (pl. szabad formafelületek, csatorna-koordinálás,...) és megkönnyíti a technológusok részére a bonyolultabb programozást.

#### **4.3.5 Sinumerik CNC program létrehozása**

Egy CNC program előállításánál a programozás, tehát az egyes munkalépések NC nyelvre történő átültetése, a programozói munkának csak egy kis része. A tulajdonképpeni programozás előtt a munkalépések tervezését és előkészítését kell elvégezni. Áttekinthető programok különösen akkor bizonyulnak előnyösnek, ha később változtatásokat kell végrehajtani. Természetesen nem minden munkadarab egyforma, így nem ésszerű minden programot azonos eljárás szerint elkészíteni. De a legtöbb esetre a következő eljárási lépések célszerűnek bizonyulnak:

1. Munkadarab-rajz előkészítése
  - munkadarab-nullapont meghatározása
  - koordináta-rendszer berajzolása
  - esetlegesen hiányzó koordináták kiszámítása
2. Megmunkálás-lefutás meghatározása
  - Melyik szerszám mikor és melyik kontúr megmunkálására kerül alkalmazásra?
  - Milyen sorrendben kerülnek a munkadarab egyes elemei elkészítésre?
  - Melyik egyedi elemek ismétlődnek meg (esetleg elforgatva is) és ezeket egy alprogramba tesszük-e le?
  - Létezik-e ez a munkadarab-kontúr vagy ehhez hasonló más munkadarabprogramokban, ill. alprogramokban, amelyet esetleg alkalmazni tudnánk?
  - Hol célszerű vagy szükséges nullaponteltolás, forgatás, tükrözés, skálázás (framekoncepció)?
3. Munkaterv felállítása. Határozzuk meg lépésenként a gép összes megmunkálási lépéseit, pl.:
  - gyorsmeneti mozgások pozicionáláshoz
  - szerszámcsere
  - megmunkálási sík megadása
  - szabadra-menet után mérésre
  - orsó, hűtőszer ki-/bekapcsolás
  - szerszámadatok felhívása
  - fogásvétel
  - pályakorrekció
  - kontúrra rámenet
  - kontúrról lemenet
  - stb.
4. Munkalépések lefordítása a programozó-nyelvre

- Minden egyedi lépés NC-mondatkénti felírása
5. Összes egyedi lépés összefogása egy programba

#### 4.3.6. G-funkció csoportok

A DIN 66025 szerinti utasítások a magas szintű NC nyelvekben többek között az úgynevezett jelölőkkel lesznek kiegészítve.

A jelölők az alábbiak helyett lehetnek:

- rendszerváltozók
- felhasználó által definiált változók
- alprogramok
- kulcsszavak
- ugrás jelzők
- makrók

A G-funkciók funkciócsoportokba vannak beosztva. Egy mondatban egy csoportból csak egy G-funkció írható. Egy G-funkció lehet modálisan hatásos (a visszahívásáig az azonos csoport egy másik funkciója által), vagy csak arra a mondatra hatásos, amelyikben áll (mondatonként hatásos).

Csoport 1: Modálisan hatásos mozgásutasítások	
G0	gyorsmeneti mozgás
G1	lineáris interpoláció (egyenes interpoláció)
G2	kör-interpoláció órajárás irányában
G3	kör-interpoláció órajárás irányával szemben
CIP	kör-interpoláció közbensőponton keresztül
ASPLINE	Akima-Spline
BSPLINE	B-Spline
CSPLINE	köbös Spline
POLY	polinom-interpoláció
G33	menetvágás állandó emelkedéssel
G331	menetfűrés
G332	visszahúzás (menetfűrés)
CT	kör érintőleges átmenettel
G34	menetvágás lineárisan növekvő emelkedéssel
INVCW	evolvens-interpoláció órajárás irányában
INVCCW	evolvens-interpoláció órajárás irányával szemben
Ha a modális G-funkcióknál a csoportból nincs egy funkció se programozva, akkor a gépadattal (MD20150 \$MN_\$MC_GCODE_RESET_VALUES) változtatható alapbeállítás hatásos	
Csoport 2: Mondatonként hatásos mozgások, várakozási idő	
G4	várakozási idő, időben előre-meghatározott
G63	menetfűrés szinkronizáció nélkül
G74	referenciapontra menetel szinkronizációval
G75	fixpontra menetel
REPOSL	újra-rámenet a kontúrra lineárisan
REPOSQ	újra-rámenet a kontúrra negyedkörben

REPOSH	újra-rámenet a kontúrra félkörben
REPOSA	újra-rámenet a kontúrra lineárisan az összes tengellyel
REPOSQA	újra-rámenet a kontúrra lineárisan az összes tengellyel, geometria-tengelyek negyedkörben
REPOSHA 10	újra-rámenet a kontúrra lineárisan az összes tengellyel, geometria-tengelyek félkörben
G147	rámenet a kontúrra egyenessel
G247	rámenet a kontúrra negyedkörrel
G347	rámenet a kontúrra félkörrel
G148	lemenet a kontúrról egyenessel
G248	lemenet a kontúrról negyedkörrel
G348	lemenet a kontúrról félkörrel
G5	ferde beszúrás köszörülés
G7	kiegyenlítő mozgás ferde beszúrás köszörülésnél
Csoport 3: Programozható frame, munkatér-határolás és pólus-programozás	
TRANS	TRANSLATION: programozható eltolás
ROT	ROTATION: programozható forgatás
SCALE	SCALE: programozható skálázás
MIRROR	MIRROR: programozható tükrözés
ATRANS	Additive TRANSLATION: additív programozható eltolás
AROT	Additive ROTATION: programozható forgatás
ASCALE	Additive SCALE: programozható skálázás
AMIRROR	Additive MIRROR: programozható tükrözés
G25	minimális munkamező-behatárolás /orsófordulatszám-behatárolás
G26	maximális munkamező-behatárolás /orsófordulatszám-behatárolás
G110	pólusprogramozás relatív az utolsó programozott parancspozícióhoz
G111	pólusprogramozás relatív az aktuális munkadarab koordináta-rendszer nullapontjához
G112	pólusprogramozás relatív az utolsó érvényes pólushoz
G58	programozható eltolás, tengelyre helyettesítő abszolút
G59	programozható eltolás, tengelyre helyettesítő additív
ROTS	forgatás térszöggel
AROTS	additív forgatás térszöggel
Csoport 6: Sík választás	
G17	sík-választás 1. - 2. geometria-tengely
G18	sík-választás 3. - 1. geometria-tengely
G19	sík-választás 2. - 3. geometria-tengely
Csoport 7: Szerszámsugár-korrekció	
G40	nincs szerszámsugár-korrekció
G41	szerszámsugár-korrekció a kontúrtól balra
G42	szerszámsugár-korrekció a kontúrtól jobbra
Csoport 8: Beállítható nullaponteltolás (m)	
G500	beállítható nullaponteltolások (G54 ... G57, G505 ...G599) kikapcsolása
G54...G57, G505...G599	beállítható nullaponteltolás

Csoport 14: Munkadarab méretezés abszolút/növekményes	
G90	abszolút méretadat
G91	lánc méretadat
Csoport 15: Előtolás típus	
G93	idő-reciprok előtolás (1/perc)
G94	lineáris előtolás mm/perc ill. hüvelyk/perc-ben
G95	fordulati előtolás mm/fordulat ill. hüvelyk/fordulat-ban
G96	állandó vágósebesség és előtolás-típus mint G95-nél BE
G97	állandó vágósebesség és előtolás-típus mint G95-nél KI
G931	előtolás megadása elmozdulási idővel, állandó pályasebességet kikapcsolni
G961	állandó vágósebesség és előtolás-típus mint G94-nél BE
G971	állandó vágósebesség és előtolás-típus mint G94-nél KI
G942	lineáris előtolás és állandó vágósebesség vagy orsófordulatszámot befagyasztani
G952	fordulati előtolás és állandó vágósebesség vagy orsófordulatszámot befagyasztani
G962	lineáris előtolás vagy fordulati előtolás és állandó vágósebesség
G972	lineáris előtolás vagy fordulati előtolás és állandó orsó-fordulatszámot befagyasztani
G973	fordulati előtolás orsó-fordulatszám határolás nélkül (G97 LIMS nélkül ISO-módushoz)

#### 4.3.7 Heidenhain vezérlők

A vállalat elődjének a Wilhelm Heidenhain által 1889-ben Berlinben alapított fémmarató cég tekinthető, amely különféle sablonokat, feliratos táblákat, osztásokat és skálákat gyártott. A vállalat a második világháborúban igen súlyos károkat szenvedett, ezért a cégalapító fia a bajorországi Traunreuthban alapította meg a DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH-t. Az első termékek itt is az osztások és az árkijelzős mérlegek skálái voltak. Nem sokkal később elkezdődött a szerszámgépekbe építhető optikai pozíciómérő eszközök gyártása. Ezek továbbfejlesztéseként a hatvanas évek elején megjelentek a foto elektromos leolvasás elvén működő út- és szögelfordulás mérők. Az említett fejlesztések tették lehetővé a termelő iparban a gépek és berendezések automatizálását.

A hetvenes évek közepe óta a HEIDENHAIN a szerszámgépekben használatos vezérlő- és hajtástechnika mind fontosabb gyártójává is vált, jelenleg több, mint 50 országban képviselteti magát, többnyire saját leányvállalataival. Értékesítő mérnökök és szerviz technikusok a helyszínen segítik a felhasználókat műszaki információkkal és vevőszolgálati tevékenységgel.

#### 4.3.8 KLARTEXT párbeszédés programozása alapjai

A TNC vezérlők „*Klartext*” párbeszédés programozása iránymutatóvá vált Európában a szerszámgyártás területén.

A program létrehozásakor könnyen érhető szavakból felépített párbeszéddel vezeti a szakembert a HEIDENHAIN TNC vezérlés. Segítségével a megmunkálási programok különösen egyszerűen és a műhely igényei szerint hozhatók létre.









```

13 L X+0 Y+0
14 FN 9: IF +0
15 LBL 101
16 FUNCTION TC
17 L M118 Z2.5
18 L X+0 Y+0
19 LN X+10.12
20 LN X+10.12

```

A kontúrelemek képezik az NC programkészítés alapját. Ezen alapok megfelelő ismerete gyors kezdést biztosít a megmunkálási programok tervezésében és kivitelezésében. Egy egyszerű munkadarabkontúr különböző kontúrelemekből tevődik össze, jellemzően egyenesekből és körökből. Egy kontúrelem definiálásához

- a pálya alakjára,
- a kezdőpontra,
- a végpontra,
- körív esetén a sugárra van szükség.

Funkció	Funkciógomb	Szorszám mozgás	Szükséges adatok
Egyenes L engl.: Line		Egyenes	Az egyenes végpontjainak koordinátái
Letörés CHF engl.: CHamFer		Letörés 2 egyenes között	A letörés szöge
Körközpont CC; engl.: Circle Center		Nincs	A körközpont koordinátái
Körív C engl.: Circle		Körív a CC körközponttal és a megadott végpontig	A kör végpontjának koordinátái, Forgásirány
Körív sugárral CR engl.: Circle by Radius		Körív adott sugárral	A kör végpontjának koordinátái, A kör sugara, Forgásirány
Körív érintőlegesen CT engl.: Circle Tangential		Körpálya érintőleges csatlakozással	A kör végpontjának koordinátái,
Sarok lekerekítés RND engl.: RouNDing of Corner		Saroklekerekítés	R lekerekítési sugár
Szabad kontúr programozása FK		Egyenes vagy kör tetszőleges érintőleges csatlakozása a következő kontúrhoz.	lásd 6.6. fejezet

Az olyan pályavezérlésekkel, amilyen például az iTNC 530, kiváló minőségű térbeli felületek is létrehozhatók. Ehhez a program létrehozója a kontúrelemek egész sorát használhatja. A TNC vezérlésnek vannak olyan programozási funkciói, amelyekkel ferde síkok, kúpok, lekerekítések és szabad formájú felületek a lehető legkevesebb ráfordítással

programozhatók. Ebben segítséget nyújtanak az olyan funkciók, mint a programrészek tetszőleges ismétlése vagy rengeteg egyszerű matematikai függvény.

Az összetett kontúrok és felületek gyakran nem programozhatók közvetlenül a gépen. Az ilyen kontúrokat általában CAD rendszerben szerkesztik meg és posztprocesszorral konvertálják a megmunkálási programba. Egy ilyen kész megmunkálási programot a TNC közvetlenül a hálózatról vagy egy külső adathordozóról tudja betölteni és végrehajtani.

#### **4.3.9. TNC program felépítése**

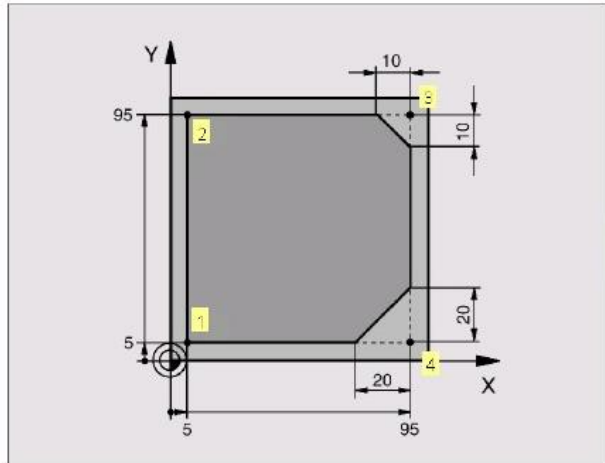
Minden NC program meghatározott elemekből áll. Ide tartozik a nyers munkadarab meghatározása, a szerszámok definiálása és a munkadarab kontúrjának leírása pályafunkciókkal.

#### **Program mondatok**

Egy megmunkálási program tetszőleges számú programmondatból állhat. Egy programmondat első eleme mindig a mondatszám. A program bevitelekor a TNC minden bevitt mondatnak automatikusan ad egy mondatszámot. A munkadarab megmunkálásakor a program az egymást követő mondatszámok sorrendjében hajtja végre az utasításokat. Ezt a sorrendet ugró utasítások, alprogramok vagy programrész ismétlések változtathatják meg. A mondatszámot a pályafunkciók követik. A pályafunkciót egy rövidítés jelöli, mely a pályafunkció angol kifejezésének egy vagy több betűjéből áll, így például az L (Line) jelenti az egyenest. A pályafunkciót az utána következő szavak pontosan meghatározzák. A tipikus szavak meghatározzák a célkoordinátákat, a szerszámkorrekciót, az előtolási sebességet, a gépi és a kiegészítő funkciókat.

Szerszámmozgások programozásakor a TNC megkönnyíti a programozó dolgát. A programmondatok létrehozásakor egyszerűen meg kell adni a műhelyrajzon szereplő értékeket, mint koordinátákat, vagyis a munkadarab kontúrját kell programoznia. A program létrehozása közben grafikusán is megjelenítődik a kontúr. A szerszám- és geometriai adatok alapján a TNC kiszámítja a szerszámmozgás tényleges pályáját.

## Példa: egyenes mozgás és letörés



0 BEGIN PGM LINEAR MM	
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-20	Blokk forma definíció a grafikus szimulációhoz
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0	
3 TOOL DEF 1 L+0 R+10	Szerszám definíció a programban
4 TOOL CALL 1 Z S4000	Szerszám hívás fordulatszámmal és Z mozgással
5 L Z+250 R0 F MAX	Szerszám elmozgatása gyorsmenetben Z irányban
6 L X-10 Y-10 R0 F MAX	Szerszám előpozicionálás
7 L Z-5 R0 F1000 M3	A forgácsolási sikra mozgás F = 1000 mm/min sebességgel
8 APPR LT X+5 Y+5 LEN10 RL F300	Rállás az 1. kontúrpontra érintőleges egyenesen
9 L Y+95	Ráállás a 2. pontra
10 L X+95	3. pont: egyenes a 3. sarokponthoz
11 CHF 10	Letörés 10 hosszán
12 L Y+5	4. pont: egyenes a 4. sarokponthoz
13 CHF 20	Letörés 20 hosszán
14 L X+5	Utolsó kontúrpontra, egyenesen az első sarokponthoz
15 DEP LT LEN10 F1000	Leállás a kontúrról
16 L Z+250 R0 F MAX M2	Szerszám elmozgatás
17 END PGM LINEAR MM	Program vége

## Program bevitele

Program bevitelkor sok funkció közül választhat a funkciógombok segítségével. A funkciógombok a képernyő alsó szélén és jobb oldalán találhatók. A billentyűk funkciója mindig a programozás aktuális állapotának megfelelően változik. Program bevitelkor a funkciógombokat elsősorban

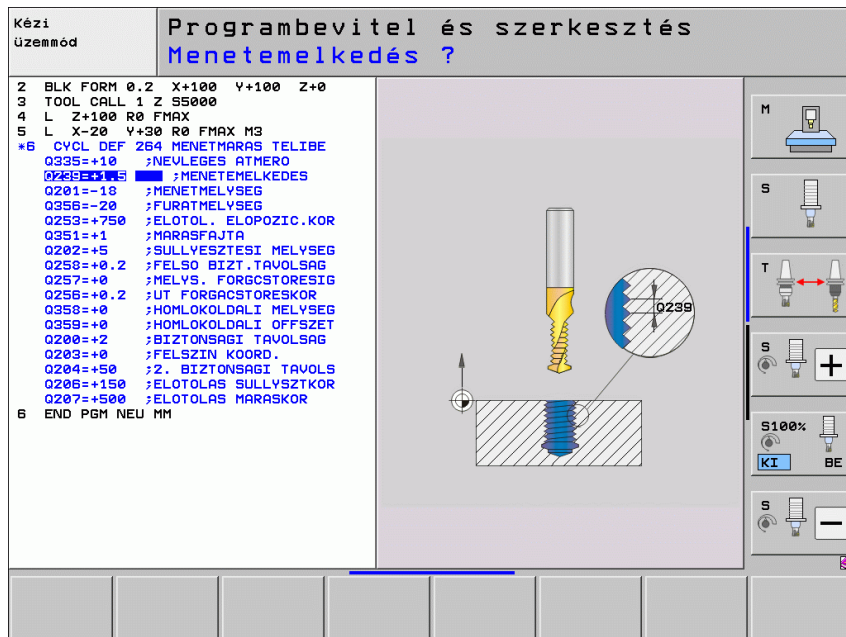
- ciklusok kiválasztásához, vagy
- kiegészítő pályafunkciók kiválasztásához használják, amelyekre például a munkadarab kontúrjának megközelítések és elhagyások van szükség.

Ciklus	Funkcióbillentyű
1 Mélyfűrőciklus (MELYFURAS) Automatikus előpozicionálás nélkül	
200 Fúrás (FURAS) Automatikus előpozicionálás, 2. biztonsági távolság	
201 Dörzsárazás (DORZSARAZAS) Automatikus előpozicionálás, 2. biztonsági távolság	
202 Kiesztergálás (KIESZTERGALAS) Automatikus előpozicionálás, 2. biztonsági távolság	
203 Univerzális fűrőciklus (UNIVERZALIS FURAS) Automatikus előpozicionálás, 2. biztonsági távolság, forgácsolás, fogásvétel csökkentés	
204 Visszasüllyesztő ciklus (HATRAFELE SULLYESZTES) Automatikus előpozicionálás, 2. biztonsági távolság	
2 Menetfúrás (MENETFURAS) Kiegészítő tötokmányal	
17 Merevszárú menetfúrás (MEREVSZ. MENETFURAS) Kiegészítő tötokmány nélkül	

#### Ciklus meghatározása funkciógombokkal

A funkció gombsor a választható cikluscsoportokat mutatja. Nyomja meg a kívánt cikluscsoport funkciógombját, például a „FÚRÁS”-t a fűrési ciklusokhoz.





### Megmunkálási ciklusok

A több megmunkálási lépést tartalmazó gyakran előforduló megmunkálási ciklusok standard ciklusként el vannak mentve a TNC memóriájában. A koordináta-transzformációk és több speciális funkció is elérhető ciklusokban. A legtöbb ciklus Q paramétereket használ átviteli paraméterként. Azoknak a meghatározott funkciójú paramétereknek, melyek több ciklusban is szükségesek, mindig ugyanaz a számuk. Például a Q200 mindig a biztonsági távolságot jelöli, a Q202 a fogásvételi mélységet stb.

### NC példamondatok

**7 CYCL DEF 200 FÚRÁS**  
**Q200=2; BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG**  
**Q201=3; MÉLYSÉG**  
**Q206=150; FOGÁSVÉTELI ELŐTOLÁS**  
**Q202=5; FOGÁSVÉTELI MÉLYSÉG**  
**Q210=0; VÁRAKOZÁSI IDŐ FENT**  
**Q203=+0; FELSZÍN KOORDINÁTA**  
**Q204=50; 2. BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG**  
**Q211=0.25; VÁRAKOZÁSI IDŐ LENT**

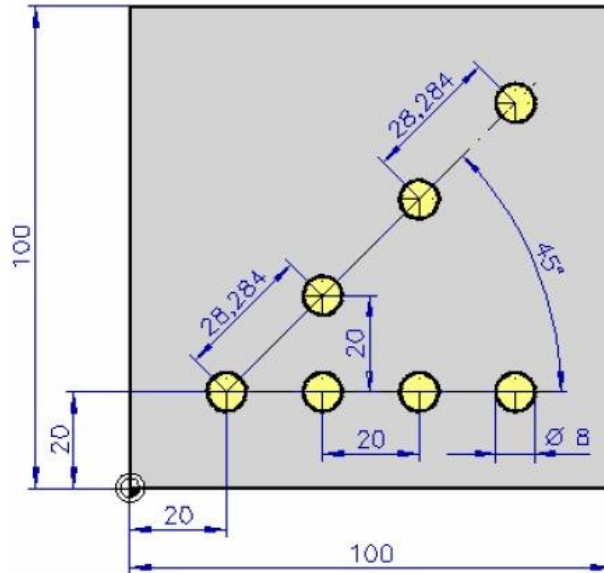
### Példa

Munkadarab 100 x 100 x 16

Szerszám : T01 Fűrő 8mm

T03 Süllyesztő 12.5/90° (NC- Bekezdőfűrő)

Anyag : ST37-2K



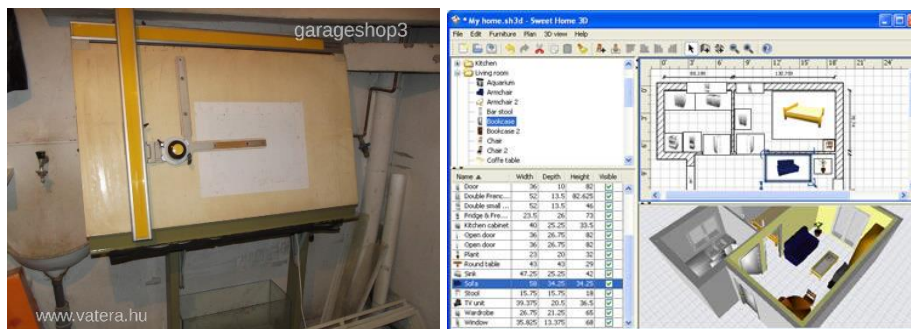
```
BEGIN PGM 1111 MM
N72 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-16
N73 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0
N78 TOOL CALL 2 Z S2500
N79 L X+20 Y+20 Z+10 F MAX M13
N80 L Z+2
N81 CYCL DEF 200 FÚRÁS ~
Q200=+2; BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG ~
Q201=-5; MÉLYSÉG ~
Q206=120; ELŐTOLÁS SÜLLYESZTÉSKOR ~
Q202=-5; SÜLLYESZTÉSI MÉLYSÉG ~
Q210=0; KIVÁRÁSI IDŐ FENT ~
Q203=+0; FELSZÍN KOORD. ~
Q204=+2; 2. BIZTONSÁGI TÁVOLS
N89 CYCL DEF 221 LYUKSOROK ~
Q225=+20; KIIND. PONT 1. TENG. ~
Q226=+20; KIIND. PONT 2. TENG. ~
Q237=+28.284; TÁVOLSÁG 1. TENG. ~
Q238=+0; TÁVOLSÁG 2. TENG. ~
Q242=+4; OSZLOPOK SZÁMA ~
Q243=+1; SOROK SZÁMA ~
Q224=+45; ELFORGATÁSI SZOG ~
```

Q200=+2; BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG ~  
 Q203=+0; FELSZÍN KOORD. ~  
 Q204=+2; 2. BIZTONSÁGI TÁVOLS  
 N100 CYCL DEF 221 LYUKSOROK ~  
 Q225=+40; KIIND. PONT 1. TENG. ~  
 Q226=+20; KIIND. PONT 2. TENG. ~  
 Q237=+20; TÁVOLSÁG 1. TENG. ~  
 Q238=+0; TÁVOLSÁG 2. TENG. ~  
 Q242=+3; OSZLOPOK SZÁMA ~  
 Q243=+1; SOROK SZÁMA ~  
 Q224=+0; ELFORGATÁSI SZOG ~  
 Q200=+2; BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG ~  
 Q203=+0; FELSZIN KOORD. ~  
 Q204=+2; 2. BIZTONSÁGI TÁVOLS  
 N111 TOOL CALL 1 Z S1200  
 N80 CYCL DEF 200 FÚRÁS ~  
 Q200=+2; BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG ~  
 Q201=-19; MÉLYSÉG ~  
 Q206=120; ELŐTOLÁS SÜLLYSZTÉSKOR ~  
 Q202=-5; SÜLLYESZTÉSI MÉLYSÉG ~  
 Q210=0; KIVÁRÁSI IDŐ FENT ~  
 Q203=+0; FELSZIN KOORD. ~  
 Q204=+2; 2. BIZTONSÁGI TÁVOLS  
 N88 CYCL DEF 221 LYUKSOROK ~  
 Q225=+20; KIIND. PONT 1. TENG. ~  
 Q226=+20; KIIND. PONT 2. TENG. ~  
 Q237=+28.284; TÁVOLSÁG 1. TENG. ~  
 Q238=+0; TÁVOLSÁG 2. TENG. ~  
 Q242=+4; OSZLOPOK SZÁMA ~  
 Q243=+1; SOROK SZÁMA ~  
 Q224=+45; ELFORGATÁSI SZÖG ~  
 Q200=+2; BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG ~  
 Q203=+0; FELSZIN KOORD. ~  
 Q204=+2; 2. BIZTONSÁGI TÁVOLS  
 N99 CYCL DEF 221 LYUKSOROK ~  
 Q225=+40; KIIND. PONT 1. TENG. ~  
 Q226=+20; KIIND. PONT 2. TENG. ~  
 Q237=+20; TÁVOLSÁG 1. TENG. ~  
 Q238=+0; TÁVOLSÁG 2. TENG. ~  
 Q242=+3; OSZLOPOK SZÁMA ~  
 Q243=+1; SOROK SZÁMA ~  
 Q224=+0; ELFORGATÁSI SZÖG ~  
 Q200=+2; BIZTONSÁGI TÁVOLSÁG ~  
 Q203=+0; FELSZIN KOORD. ~  
 Q204=+2; 2. BIZTONSÁGI TÁVOLS  
 N110 L Z+150 F MAX M30  
 END PGM 1111 MM

## 5. CAD-CAM ismeretek

### 5.1. Számítógéppel segített technológiák (CAx technológiák)

A tervezési technikák és technológiák fejlődésének hatása a tervezési környezet változásán keresztül mérhető a legjobban. Mint az 5.1 ábrán látható, hogy a rajztablán történő kézi rajzolást felváltotta a számítógépes grafikai környezet. A CAD rendszerek megjelenése mellett, hogy hatékonyabbá tette a tervezői munkát, hatással volt a tervezési folyamatra és a munkakörnyezetre is. A nagyméretű rajzasztalok eltűntek, helyüket számítógépek vették át. Ezzel együtt eltűnt számos korábbi olyan feladat is, melyet nem a tervező mérnökök végeztek, például a pauszra történő kihúzását végző műszaki rajzolók feladata megszűnt.



5.1 ábra A tervezési környezet változása

#### 5.1.1 Számítógéppel segített tervezés alatt (CAD)

A számítógéppel segített tervezés alatt (CAD – computer aided design) többféle, a mérnököket és más tervezéssel foglalkozó szakemberek tervezési tevékenységét segítő módszert értünk. A jelenleg használatos CAD rendszerek kínálata igen széles körű, a 2D (síkbeli) vektor-grafikai rajzoló programoktól a 3D-s (térbeli) parametrikus asszociatív integrált modellező rendszerekig. CAD rendszerek alkalmazása a gépészeti tervezés, az építészeti tervezés, az elektronikai termékek, áramkörök, mikrocsipek tervezés, a ruha- és cipőipari tervezés területén is széles körben elterjedt. A különböző alkalmazási területek természetesen más-más igényeket támasztanak a CAD rendszerrel szemben.

#### 5.1.2 CAD rendszerek osztályozása

##### Alkalmazási terület szerint:

Léteznek általános rendszerek, a legtöbb rendszer vagy iparág specifikus, vagy létezik iparág specifikus szakmodulja. A gépészeti / elektronikai / építészeti / ruha- és cipőipari CAD rendszerek azonban alapvető eltéréseket mutatnak.

##### Modellezési módszer szerint:

Az alkalmazott modellezési módszerek szerint, léteznek drótváz-, felület- és testmodellező rendszerek, valamint hibrid modellezési rendszerek is, melyek egyszerre képesek többféle modellezési módszert kezelni. A modellezési módszer lehet 2D-s, vagyis síkbeli és a 3D-s, vagyis térbeli modellezés.

### **Modellkezelés szerint:**

A CAD rendszer modellkezelése lehet parametrikus és nem parametrikus. A parametrikusság azt jelenti, hogy a geometriai elemek méretét a méretszámok megadásával tudjuk módosítani, vagyis a méretszám módosításával a modell is módosul. A nem parametrikus rendszereknél a modell határozza meg a méretszámot, a módosítása a modell geometriai elemeinek manipulálásával tudjuk elérni.

#### **5.1.2 Számítógéppel segített gyártási módszerek (CAM)**

A CAD rendszerek fejlődésével felvetődött az igény a termékfejlesztés illetve gyártás más területein is a számítógépek adta lehetőségek kiterjesztésére.

A számítógéppel segített gyártási módszerek (CAM – computer aided manufacturing) az CAD adatok alapján képes meghatározni forgácsoló megmunkálásokhoz szükséges NC programokat.

#### **5.1.3 Számítógéppel segített mérnöki számítások (CAE)**

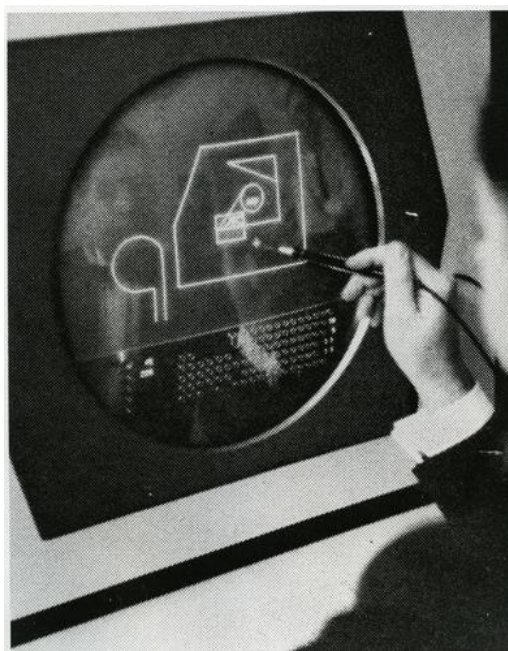
A számítógépek alkalmazása megjelent a mérnöki számítások (CAE – computer aided engineering), folyamattervezés (CAPP – computer aided process planning), a minőségbiztosítás (CAQA – computer aided quality assurance), a termelésirányítás (CAPPS – computer aided production planning and scheduling), a raktározás (CAST – computer aided storage and transport) területén is, mely funkciók integrálása jelentős kihívást jelentett az elmúlt 30 évben.

**Ezen technológiákat együttesen CAx technológiának nevezzük.**

## **5.2. CAD rendszerek története**

A CAD rendszerek története i.e. 300-ra nyúlik vissza. Euklidész ekkor alkotta meg geometriáját, ezzel megteremtve az alapokat, mely végül a technikával együtt fejlődve az 1960-as évek elejére lehetővé tette a számítógéppel segített tervezés megteremtését.

A kezdeti lépéseket az 1960-as években tette meg a repülőgép és gépkocsi ipar a 3D felülettervezés és az NC technológia terén. A görbék matematikai leírására az első lépéseket már az 1940-es évek elején megtette Isaac Jacob Schoenberg. A CAD rendszerek fejlődésében fordulópontot jelentett a SKETCHPAD rendszer megalkotása.



5.2 ábra Sketchpad rendszer

Ez Ivan Sutherland nevéhez fűződik és lényege az volt, hogy először itt jelent meg az a lehetőség, hogy a tervező a grafikus rendszerbe közvetlenül beavatkozhatson (interakció). Ebben a rendszerben ez egy katódsugárcső és fényceruza segítségével valósult meg. Ténylegesen itt jelent meg először a grafikus interface, ami a modern CAD rendszerek nélkülözhetetlen eszköze. Az első kereskedelmi forgalomba került rendszereket a nagy cégek fejlesztették a gépkocsi, repülőgép és elektronikai iparban. Ahogy a számítógépek fokozatosan egyre olcsóbbak és könnyebben kezelhetők lettek, úgy terjedt el a CAD alkalmazása gyakorlatilag minden mérnöki tervezésre. Fontos lépés volt a személyi számítógépek megjelenése. Ugyancsak kulcsfontosságú volt a nagy számítástechnikai cégek bekapcsolódása a fejlesztésbe (United Computing, Intergraph, IBM) az 1960-as és 70-es években. 1981-ben megjelentek a szilárdtest modellező programok (például Romulus és Uni-Solid) valamint a CATIA. Az Autodesk céget 1982-ben alapította John Walker, az ő programjuk a 2D rajzoló AutoCAD lett. A következő mérföldkő az 1988-ban megjelent Pro/Engineer, melyhez az alaksajátosság alapú modellezés bevezetése fűződik. Ugyancsak itt kell megemlíteni a B-rep szilárdtest modellező matematikai programcsomagok (grafikus motorok) megjelenését (Parasolid és ACIS) az 1990-es évek elején. Ez vezetett a közepes bonyolultságú szoftverek megjelenésére (Solid Works 1995, Solid Edge 1996).

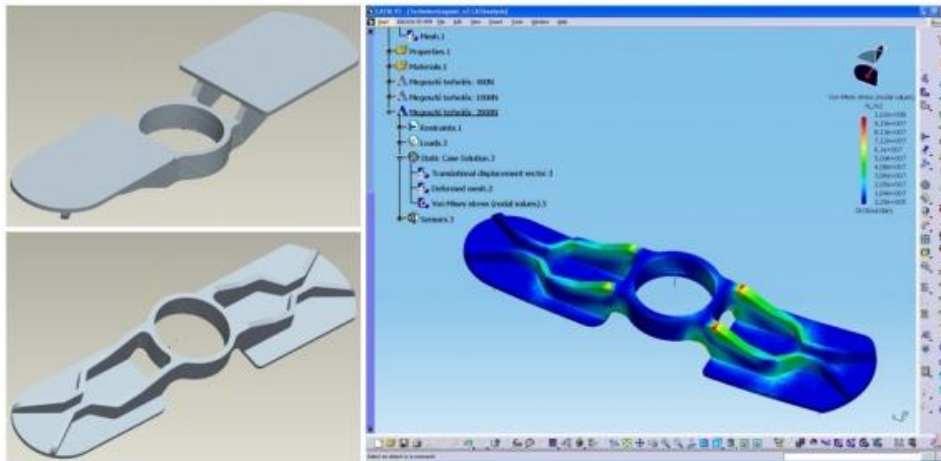
### 5.2.1. 2D rajzolóprogramok

Történetileg az első CAD szoftverek 2D rajzolóprogramok voltak. Ezek tulajdonképpen egy intelligens rajztábla funkcióját töltötték be. Legismertebb és világszerte leggyakrabban használt képviselőjük az asztali számítógépekre készült AutoCAD, mely ma a világ legerősebb CAD szoftvere. Ezeknek a szoftvereknek ma is van létjogosultságuk, ugyanis lehetővé teszik azt, hogy különböző szakmák is használják.

A 2D-s CAD programok kibővíthetők szakmai részekkel, melyek az egyes szakágak tervezési sajátosságait segítik, anélkül, hogy a korábbi rajzokkal elvesztenék a kompatibilitást.

### 5.2.2. 3D rajzolóprogramok

A 70-es évekre nagymértékben megnőtt az igény a 3D tervezőrendszerek iránt. Addig a legtöbb esetben 2D rendszert használtak, amellyel hagyományos műszaki rajzok állíthatók elő. Ez a módszer tulajdonképpen a régi rajztábla felváltása számítógéppel. Ezek a 2D rendszerek uralták a piacot, ameddig nem kerekedtek felül a 3D **alaksajátosság** alapú modellezők. A munkadarab részeit vagy szabad formájú felület modellek vagy szilárdtest modellek vagy e kettő keverékét használó hibrid modellek segítségével szerkesztik. Ezekből az egyedi rész-modellekből állítják össze a végső terméket, ez a módszer az ún. alulról felfelé tervezés. Az összeállítás modelleken ütközésvizsgálatot lehet végrehajtani, mely segítségével igazolhatjuk, hogy a termék az alkatrészekből összerakható és terv szerint illeszkednek egymáshoz a komponensek, valamint kinematikai és dinamikai analízis is végrehajtható. **Végeselemes** analízis (FEA) is alkalmazható az alkatrészekre és az összeállításra, melynek segítségével a szilárdsági, dinamikai, termikus, áramlási stb. viszonyok ellenőrizhetők. Az elmúlt néhány év alatt kifejlesztettek olyan módszereket és technológiákat, melyek segítségével a felülről lefelé tervezés is megvalósítható. Ezen azt kell érteni, hogy a tervezés egy vázlatos elképzelésből indul ki, melyből fokozatos finomítás útján egyre részletesebb terveket alakít ki a tervező, végül eljut a termék teljes részletességű műszaki dokumentációjáig. A 3D modelleket általában 2D műszaki rajzok automatikus vagy félautomatikus generálásához használják, de egyes esetekben a technológiai terv (például szerszámgépek CNC programja) műszaki rajz közbeiktatása nélkül, közvetlenül a 3D-s modelltől készül megfelelő CAM szoftver segítségével. A fejlődés a műszaki rajz kiiktatása irányába tart, ezt CAM, CNC, gyors prototípus készítés és más módszerek segítik.



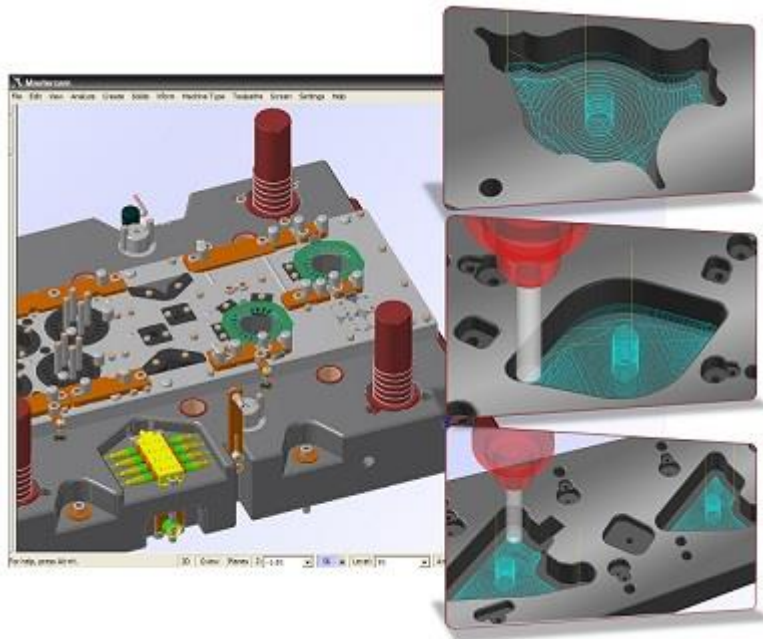
5.3. ábra 3D-s modell, végeselem-analízis eredménye és műszaki rajz CATIA rendszerben.

### 5.3. A számítógéppel segített rendszerek (CAx) integrációja



A számítógéppel segített tervezés (CAD), gyártás-előkészítés (CAM) és mérnöki tervezés (CAE) számítógépes rendszerei nem önmagukban, elszigetelten dolgoznak, hanem egy adott feladat megoldása során egyetlen rendszert alkotnak, melyben a különböző feladatok végrehajtásán, együttesen dolgozik több mérnök, akik akár földrajzilag is eltérő helyen vannak.

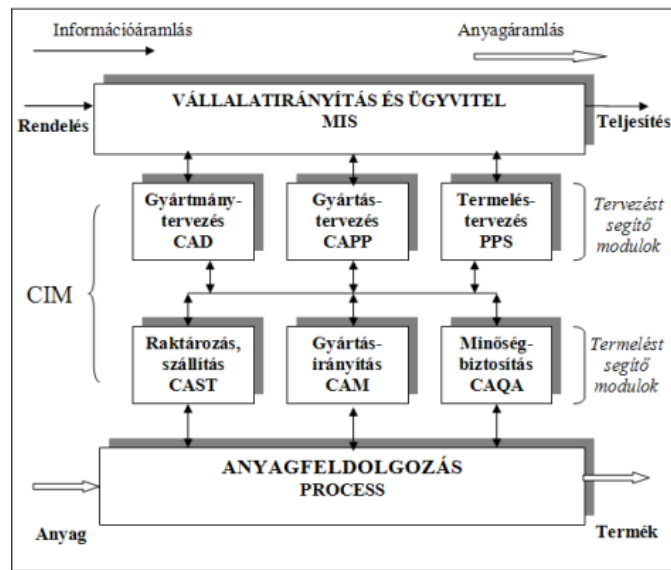
Az egymásra hatás nyilvánvaló: a felhasználói igények egyre bonyolultabb termékgeometriát igényelnek, tehát szükséges a CAD rendszerek fejlesztése, hogy a szükséges geometria lemodellezhető legyen. Ez azonban hasztalan, ha nem tudjuk legyártani a megtervezett geometriát, melyhez a CNC vezérlésű szerszámgépek fejlesztése vált szükségessé.



5.4 ábra Megmunkálás szimuláció

A 5.4. ábra egy korszerű CAM program által generált megmunkálás szimulációt mutat, melynek segítségével a CNC vezérlésű megmunkáló központ marással elő tudja állítani a 3D-s felületet. A számítógéppel segített technológiák kapcsolódását mutatja a 5.5 ábra.





5.5. ábra Egy számítógép segítségével irányított vállalat struktúrája

A számítógéppel segített koncepcionális tervezés (CACD), amely segít összegyűjteni, megfogalmazni a termékkel szembeni elvárásokat, valamint a korai formaterveket, koncepciókat. A számítógéppel segített tervezést (CAD), amely jelenthet 2D-s rajzolást, szerkesztést, vagy 3D-s modellezést és az alapján rajzgenerálást, különféle mérnöki számításokkal, termék szimulációval, mérnöki számításokkal támogatjuk (CAE). A CAD adatok alapján a számítógéppel segített gyártás (CAM) rendszerek segítségével tervezhetjük meg a gyártáshoz szükséges szerszámpályákat és NC programokat. A két rendszer elem közötti kapcsolatot a számítógéppel segített folyamattervezés (CAPP) teremti meg, melynek feladata a gyártási folyamat lépéseinek megtervezése (művelettervezés). A CAM szorosan összekapcsolódik a számítógéppel segített minőségellenőrzéssel (CAQC), amely elsősorban koordináta mérés-technika támogatását jelenti. A gyártás-előkészítés fontos feladata a gyártási erőforrások és az anyagszükséglet biztosítása, valamint a gyártás ütemezése, melyet a számítógéppel segített termelés-tervezés (CAPP) valósít meg. A gyártáshoz kapcsolódó logisztikai feladatokat a számítógéppel segített raktározás és szállítás modul (CAST) segítségével tervezhetjük.

#### 5.4. Számítógéppel integrált gyártás (CIM)

Erdélyi Ferenc szerint a CIM fogalma:

„A termeléshez kapcsolódó vállalati funkciók olyan együttese, amelyben a funkciók informatikai folyamatait számítógép támogatja és az alkalmazási modulok informatikai kapcsolatait helyi hálózat (LAN) egységes adatbázis üzenetszolgáltatások (MMS) biztosítják.”

A hardver és szoftver eszközök fejlődésével létrejött az integrált gyártás koncepciója (CIM) abból indul ki, hogy a termelési rendszerek eredményességét az erőforrások kapcsolatainak minősége és a rajtuk végrehajtott operációk együttesen határozzák meg. Egy vállalatban belüli legfontosabb termelési alrendszer:

- a vállalatirányítási (management)

- a műszaki (engineering)
- a termelési (production).

A CIM rendszerek a vállalatirányítási, gazdasági, pénzügyi, vevő és beszállító funkcióikat integrálja a műszaki folyamatokkal együtt.

## Képforrások megjelölése

Horváth József: Munka és környezetvédelem, Nemzeti tankönyvkiadó  
Dr. Pap Zoltán Elsősegélynyújtás, Medicina 1988  
TRINTI kft honlapja  
Dr. Kisfaludi Antal – Borossai Béla: Az acélok hőkezelésének alapjai. (2004)  
Dr. Smóling Kálmán: Hőkezelési példatár, Műszaki könyvkiadó (1981)  
Dr. Reé András, Műegyetem Anyagtudományi és technológiai tanszék. Anyagismeret jegyzet 2008/09  
Hoffmann Group-Nóniusz kereskedőház szerszámkatalógusa 2008  
Horváth M. – Markos S. Gépgyártástechnológia 45018 Műszaki Kiadó  
Borsos T.- Czéh M. –Dr. Nagy P. S.: Szerszám- és készülékgyártás technológiája 59341 Skandi Wald Könyvkiadó  
Fenyvessy T. – Seres F.: Gépi forgácsoló szakrajz 59091 Műszaki K.  
Dr.Boza Pál-Burunyi Pál: CNC forgácsolás 1. CNC programszerkesztés,Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 2007  
Czéh Mihály-Cselle Tibor: Szerszámgépek számjegyes programozása Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1982  
Mátyási Gyula-Sági György: Számítógéppel támogatott technológiák CNC, CAD/CAM Műszaki kiadó, Budapest, 2009  
NCT Ipari Elektronikai kft.: NCT 101M, 104M, 115M Marógép és megmunkáló központ vezérlő programozási leírás  
NCT Ipari Elektronikai kft.: NCT101T,104T, 115T Eszterga vezérlő programozási leírás  
Ducsai János Forgácsolási eljárások TM-21016  
Dr. Szabó András, Kozma István: Gyártóeszközök tervezése és gyártása (2011) www. Tankönyvtár.hu  
Frischherz-Piegler: Fémtechnológia 2. Szakismeretek 36001/II.  
Szabó István: Gépelemek TM-21007  
Dudás L. - Valánsik Á.: Forgácsolási technológia I. 36103/1. M. K.  
Ducsai János Forgácsolási eljárások TM-21016  
Czéh M. – Hervay P. – Dr. Nagy P. S.:59 230 Megmunkológépek Műszaki Könyvkiadó  
Horváth M. – Markos S. Gépgyártástechnológia 45018 Műszaki Kiadó  
Ambrusné – Dr. Árva – Dr. Nagy P. S. : 59 229 Forgácsoló eljárások, Műszaki Könyvkiadó  
NCT Ipari Elektronikai kft.: NCT101T,104T, 115T Eszterga vezérlők kezelési és működési leírás  
Horváth M. – Markos S. Gépgyártástechnológia 45018 Műszaki Kiadó

Internetes oldalak:  
Bogner Magyarország Kft, 1.2343 és WNR 3.4365 anyag adatlap,  
Terraglobus Kft, Terramid terméklap  
Sandvik Coromant Hungary, CoroKey 2010 katalógus  
Seco Tools Kft. honlapja  
Miskolci Egyetem honlapja: www.uni-miskolc.hu  
Heidenhain: Kezelési leírás TNC 410  
www.tankonyvtar.hu/hu -Forgácsolás és szerszámai  
www.tankonyvtar.hu - Szerszámgépek és gyártórendszerek  
www.sandvik.coromant.com  
www.szerszamok.hu/lex/kefem.htm  
www.pariszkizki.hu/.../A\_gepi\_forgacsolas\_alapfogalmai

[www.protoolkft.hu/mircona/index.html](http://www.protoolkft.hu/mircona/index.html)  
[www.maskinisten.net](http://www.maskinisten.net)  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)  
<http://mesterszerszam.hu/webaruhaz/befogoszerszam/marotuske>  
[www.vatera.hu](http://www.vatera.hu)  
[www.hepworth.hu](http://www.hepworth.hu)  
[www.computerhistory.org](http://www.computerhistory.org)  
[www.gyartastrend.hu](http://www.gyartastrend.hu)  
[www.sme.org](http://www.sme.org)

### **Felhasznált és ajánlott irodalom**

Munkavédelmi Törvény (internet)  
Dr. Kisfaludi Antal – Borossai Béla: Az acélok hőkezelésének alapjai. 2004. (oktatási segédlet, internet)  
Dr. Smóling Kálmán: Hőkezelési példatár, Műszaki könyvkiadó (1981)  
Dr. Bagyinszki Gyula- Dr. Kovács Mihály: Gépipari alapanyagok és félkészgyártmányok Anyagismeret  
Csizmazia Ferencné dr.: Szerszámanyagok és kezelésük, Kézirat, Győr (2004)  
Horváth M. – Markos S.: Gépgyártástechnológia 45018 Műszaki Kiadó  
Ducsai János: Forgácsolási eljárások TM-21016  
Szabó István: Gépelemek TM-21007  
Fenyvessy T. – Seres F.: Gépi forgácsoló szakrajz 59091 Műszaki Kiadó  
Fenyvessy T. – Fuchs R. – Plósz A.: Műszaki táblázatok NS 108 027606 001-3  
Dr. Zsidai-Kakuk- Kári- Horváth- Szakál: Forgácsoló eljárások tervezése; NS 108 027606 003-7  
Dr. Zsidai-Kakuk- Kári- Horváth- Szakál: Gyártástervezés NS 108 027606 005-1  
Ambrusné Dr. Alda Márta- Dr. Árva János- Dr. Nagy P. Sándor: Forgácsoló eljárások 59229, Műszaki Könyvkiadó  
Borsos T.- Czéh M. –Dr. Nagy P. S.: Szerszám- és készülékgyártás technológiája 59341, Skandi Wald Könyvkiadó  
Dudás István -Valázsik Árpád: Szakmai ismeret az esztergályos szakma számára 59287, Műszaki Könyvkiadó  
Frischherz - Piegler: Fémtechnológia 2. Szakismeretek 36001/II.  
Dudás L. - Valázsik Á.: Forgácsolási technológia I. 36103/1.; Műszaki Könyvkiadó, (1984)  
Czéh M. – Hervay P. – Dr. Nagy P. S.: Megmunkálógépek 59230, Műszaki Könyvkiadó  
Dr. Bakondi Károly: Forgácsoláselmélet és forgácsolástechnika; Műszaki Kk, Budapest, (1984)  
Nemzeti Tankönyvkiadó- Tankönyvmester Kiadó, Budapest (2001)  
Dr. Boza Pál - Burunyi Pál: CNC forgácsolás 1. CNC programszerkeszté; Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest (2007)  
Czéh Mihály-Cselle Tibor: Szerszámgepek számjegyes programozása; Műszaki könyvkiadó, Budapest (1982)  
Mátyási Gyula-Sági György: Számítógéppel támogatott technológiák CNC, CAD/CAM; Műszaki kiadó, Budapest (2009)

NCT Ipari Elektronikai kft.: NCT 101M, 104M, 115M Marógép és megmunkáló központ vezérlő programozási leírás  
NCT Ipari Elektronikai kft.: NCT101T,104T, 115T Eszterga vezérlő programozási leírás  
Sandvik Coromant Hungary: <http://www.sandvik.coromant.com/hu> CoroKey 2010 katalógus  
Seco Tools Kft. honlapja: [www.secotools.com/hu](http://www.secotools.com/hu)  
Dr. Boza Pál - Burunyi Pál: CNC forgácsolás 2. CNC gépkezelés; Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest (2007)  
Heidenhain: Kezelési leírás TNC 410  
Siemens: SINUMERIK 840D/840Di/810D Programozási kézikönyv  
NCT Ipari Elektronikai Kft.: NCT101T,104T, 115T Eszterga vezérlők kezelési és működési leírás  
NCT Ipari Elektronikai Kft.: NCT101M NCT104M Marógép és megmunkáló központ vezérlők kezelési és működési leírás  
Dr. Mikó Balázs: Bevezetés a CAD/CAM/CAE rendszerek alkalmazásába  
Kovács Károly-Zeller László: Gépi forgácsoló mestervizsgára felkészítő jegyzet