



Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

Gépgyártástechnológiai Szakcsoport



Gépműhelygyakorlat I.

3. Forgácsolástechnológiai alapfogalmak

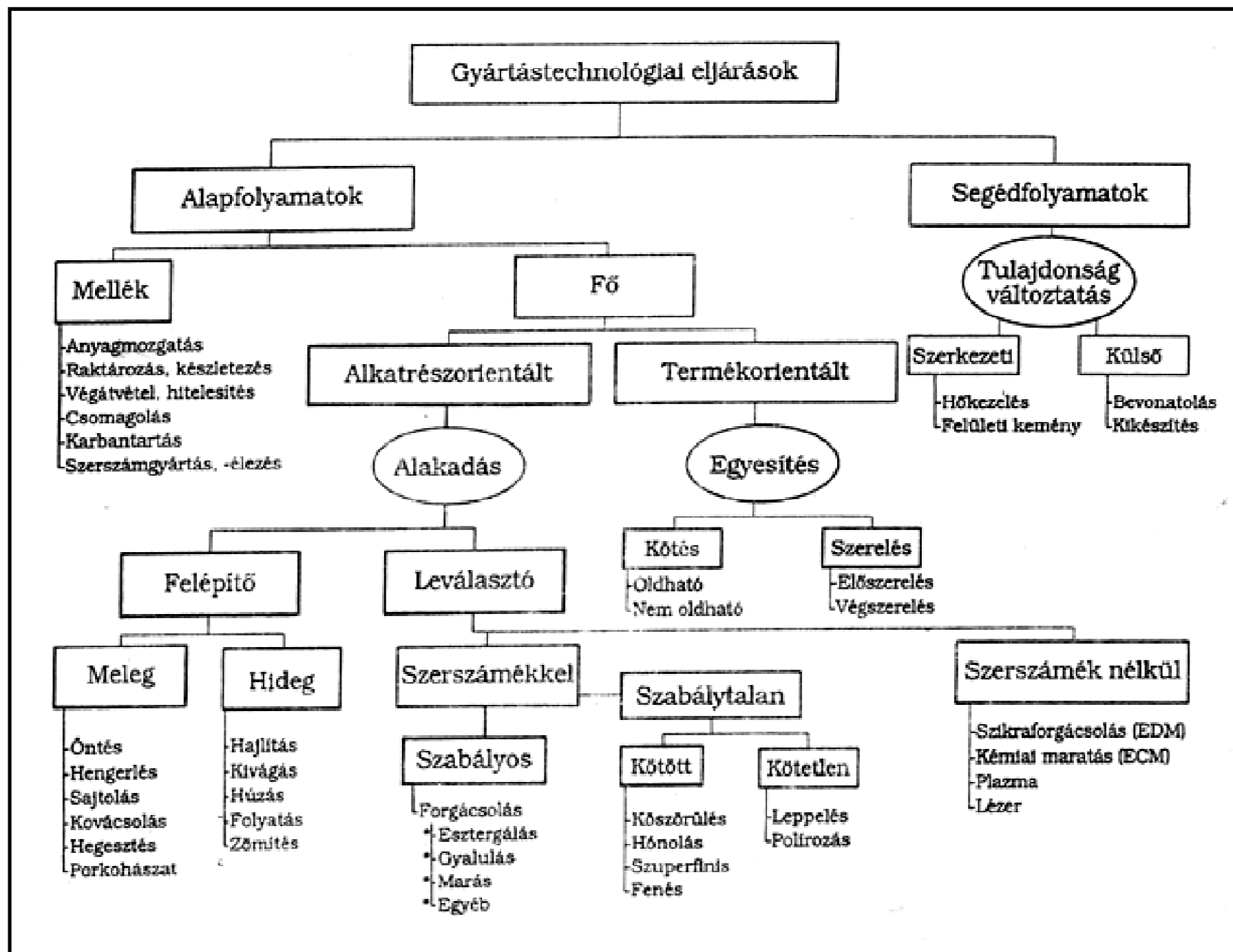
1. A forgácsolás helye és szerepe a gyártásban
2. A forgácsolás definíciója, alapfogalmai
3. A forgácsolás négy tényezője

2013_Biró Szabolcs

1. A forgácsolás mint gyártási eljárás

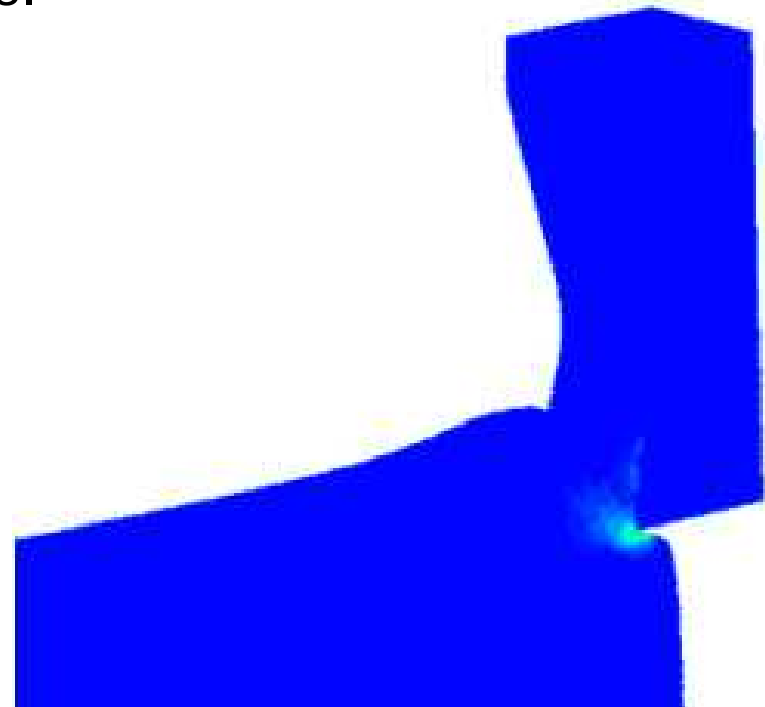
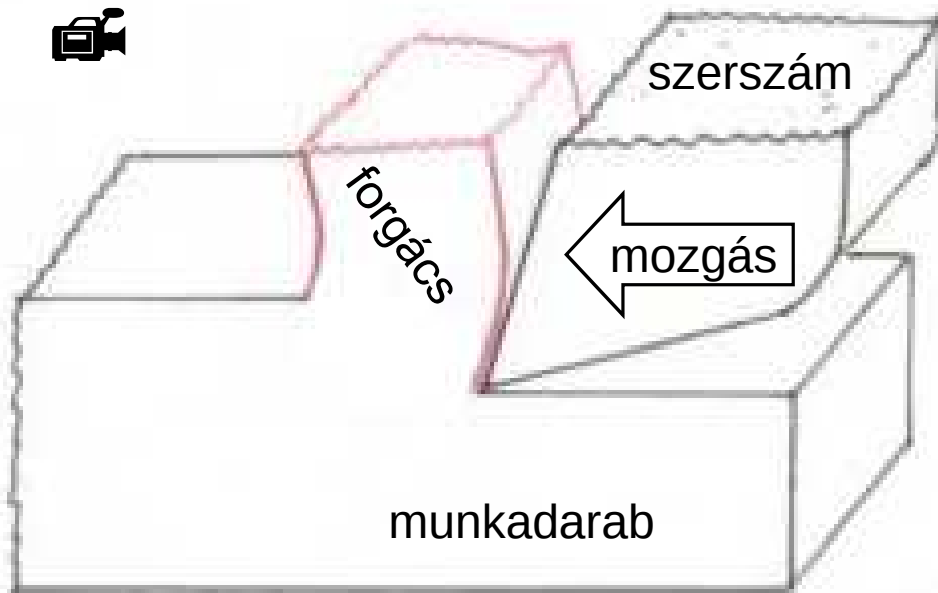


Egy bonyolult termék előállítása gyakran több gyártási eljárás összessége, mert a termékek általában több alkatrészből, vagy összetett gyártási folyamatokból állnak.

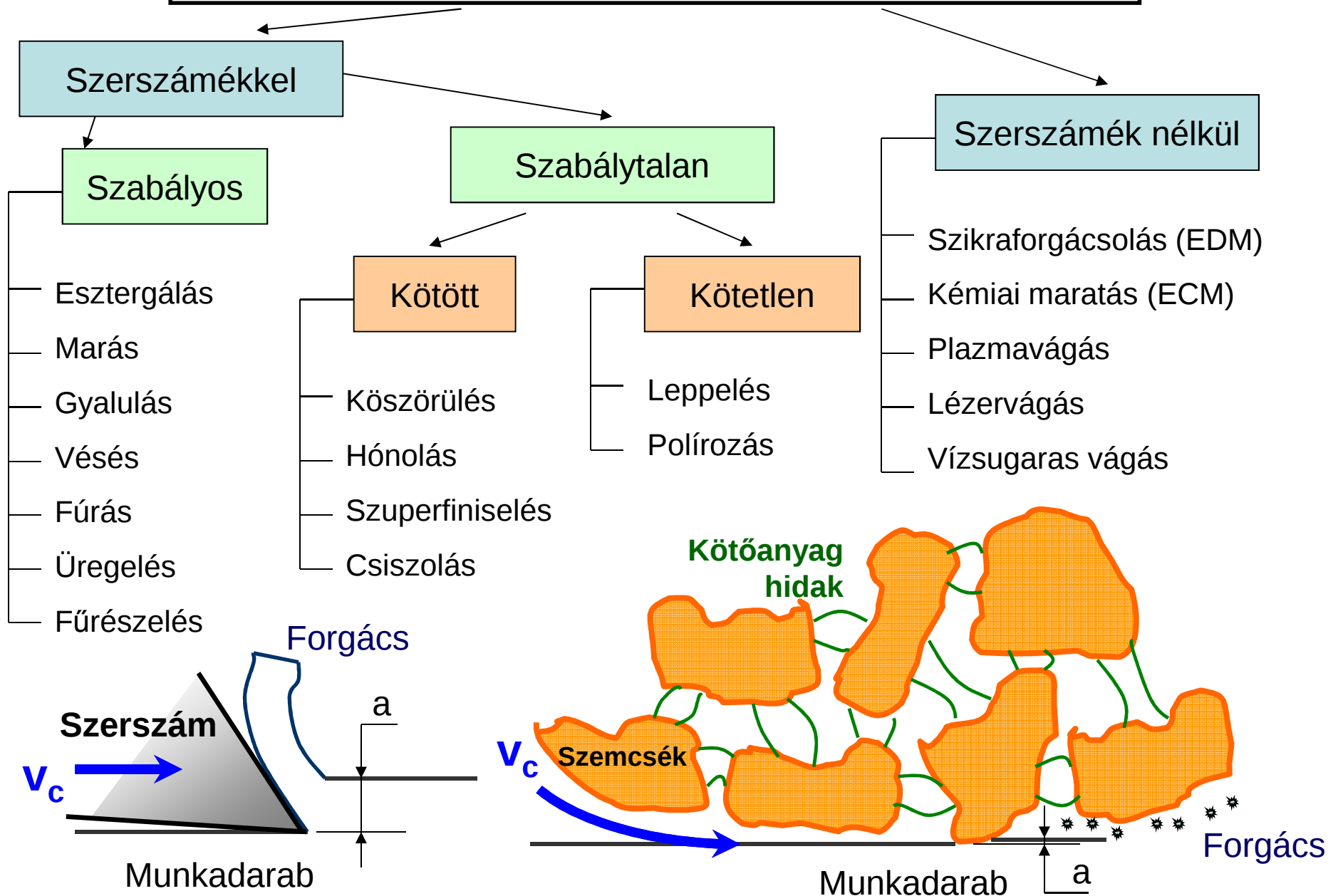


2. A forgácsolás definíciója

- A **munkadarab**on levő felesleges anyagmennyiséget **mozgások** segítségével **forgács** formájában egy arra alkalmas **szerszámmal** választjuk le.
- A forgácsolás során a munkadarabban alakváltozási folyamatok zajlanak le, a hozzá szükséges energia hővé alakul $\Rightarrow$ a munkadarab elnyeri megfelelő alakját, méretét, pontosságát.
- Az alakváltozás során fellépő erőket a szerszámgépnek kell legyőznie, ezért a forgácsolási folyamat valamennyi eleme (**Munkadarab-Készülék-Gép-Szerszám**) nagy igénybevételnek van kitéve.



Forgácsoló eljárások

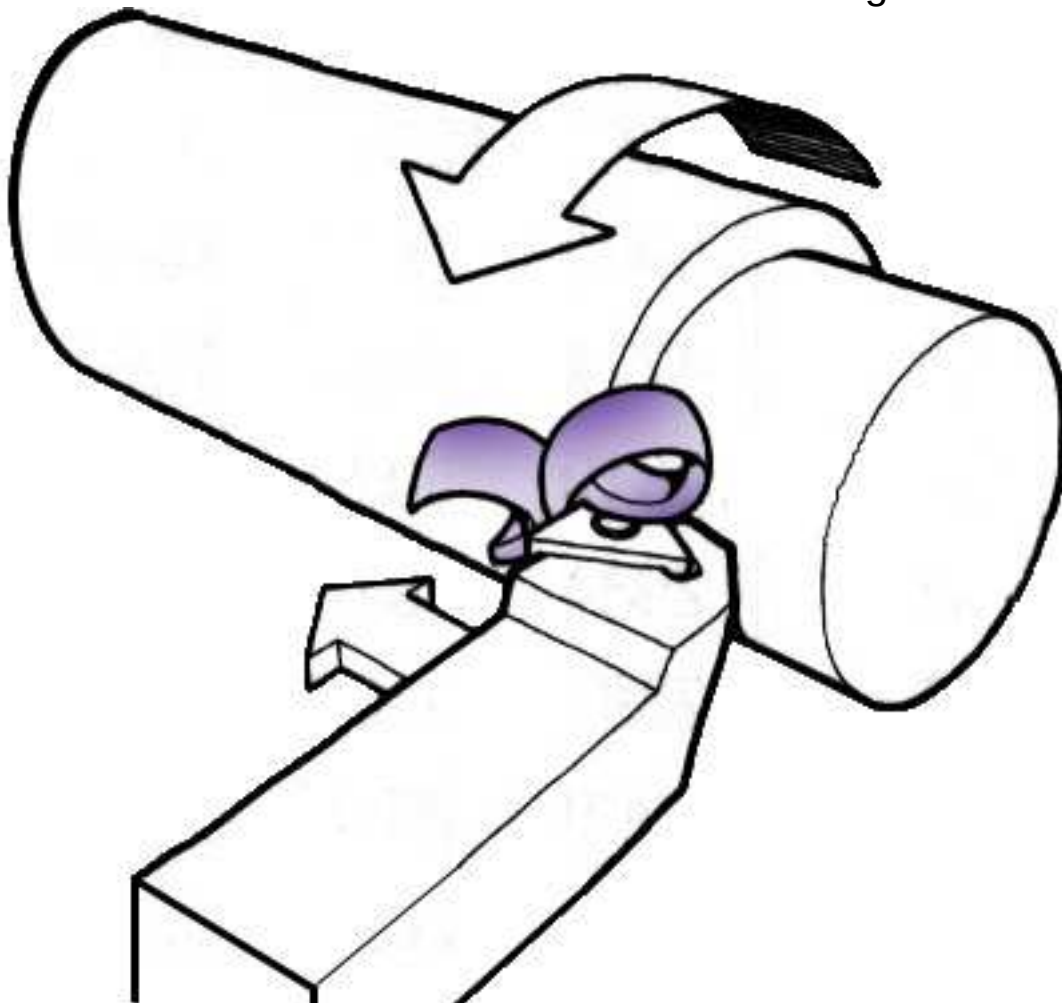


3. A forgácsolás négy fő tényezője

- **Mozgás**

Főmozgás

Mellékmozgás



- **Munkadarab**

Anyagminőség

Szilárdsági jellemző

Geometriai méret

Alak

Felületminőség

Pontosság

- **Szerszám**

Felépítése, élszögei

Anyaga

Típusa

Kialakítása

- **Forgács**

Alakja

Típusa

Képződése

- A **mozgások** kézi erő kifejtésével történnek.

Kézi

3.1.Mozgás

Gépi

- Hagyományos szerszámacélokból készült szerszámokkal végezzük.
- Kis termelékenységű eljárások.
- Ide tartozik a fűrészelés, reszelés, csiszolás, vésnöki munka.

- A mozgások szerszámgépek segítségével történnek.
- A sebesség értéke állítható.
- Nagy termelékenységű eljárások.
- Kemény szerszámanyagok.
- Valamennyi forgácsoló technológiában.

Hagyományos szerszámgépekkel



- A szerszám/munkadarab elmozdulása kézi kerekek vagy előtolóművek segítségével történik.
- A gépi előtolást a hagyományos szerszámgép mechanikusan biztosítja, értékét általában fogaskerék áttételekkel lehet módosítani.
- Egyszerű kontúrok előállítására van lehetőség.

CNC vezérlésű szerszámgépekkel

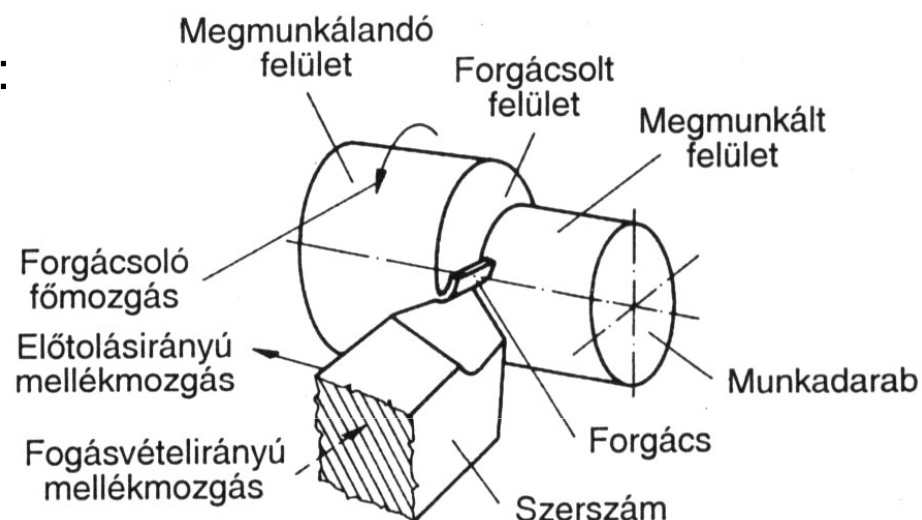


- A szerszám/munkadarab elmozdulása számjegyvezérlés segítségével történik.
- A kézi előtolást a CNC szerszámgép végtelenített potméterével lehet végrehajtani.
- A gépi előtolás programozható, melyet a CNC szerszámgép hidraulika, szervomotorok vagy lineáris hajtás segítségével biztosít.
- Összetett, bonyolult kontúrok előállítására is lehetőség van.

A mozgásokat forgácsoló szerszámgépek segítségével hozzuk létre, melyek magukban foglalják az anyagleválasztáskor ébredő erők leküzdését biztosító meghajtásokat és elmozdulásokat.

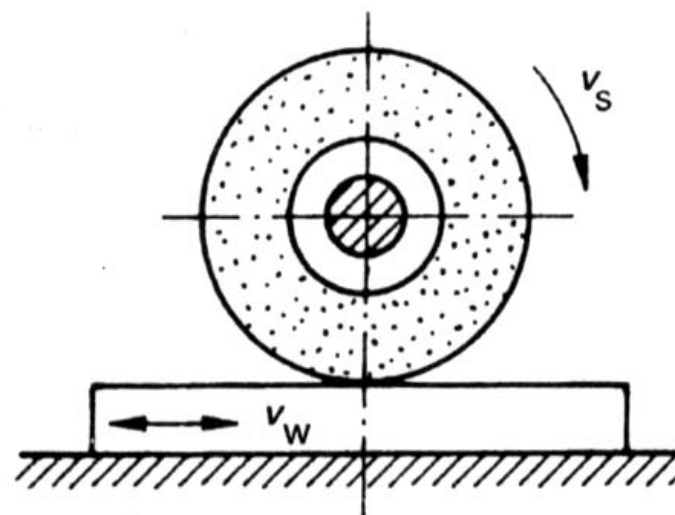
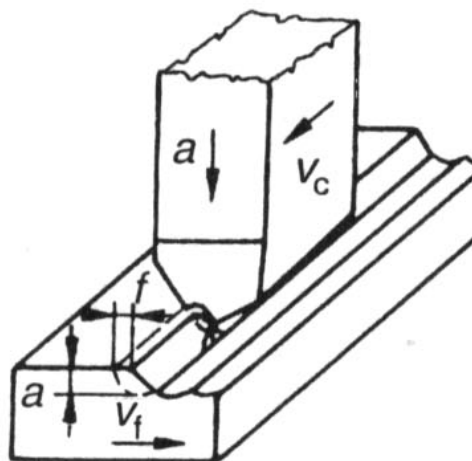
A forgácsolásnál előforduló mozgásfajták:

- **forgácsoló** $\Rightarrow$ **főmozgás**
 - **előtoló**
 - **fogásvételi**
 - *működő*
 - *hozzaállító*
 - *utánállító*
- $\Rightarrow$ **mellékmozgás**



A forgácsolómozgás lehet

- **egyenes vonalú** (pl. gyalulás, vésés, üregelés),
- **forgó** (pl. esztergálás, marás, fúrás, köszörülés).



Forgácsolósebesség

A főmozgás sebessége a **forgácsolósebesség**, meghatározása forgó **főmozgás** esetén:

$$V_c = \frac{d \times \pi \times n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

képlet alapján történik, ahol

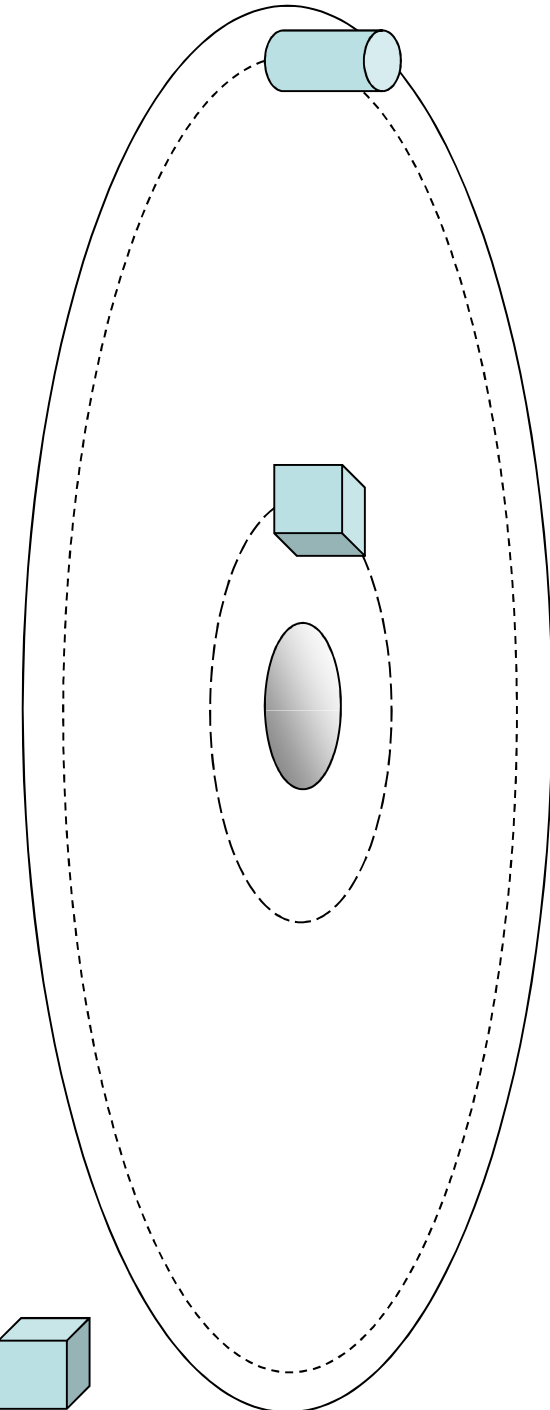
d – a munkadarab átmérője [mm]

n – az esztergagép főorsó fordulatszáma [1/min]

- a forgács hosszirányú kiterjedése, a munkadarab kerületi sebessége 
- a produktivitás alapja, hatással van a termelékenységre és a szerszámkopás folyamatára, a munkadarab felületének minőségére
- értéke függ a technológia jellegétől, a forgácsolószerszámtól és a munkadarabtól

n = állandó, konstans

$$V_c \text{ (cylinder) } > V_c \text{ (cube) }$$



- az indokulatlanul alacsony forgácsolósebesség hatására élrátét képződik a szerszámon, mely meggátolja a hatékony forgácsleválasztást



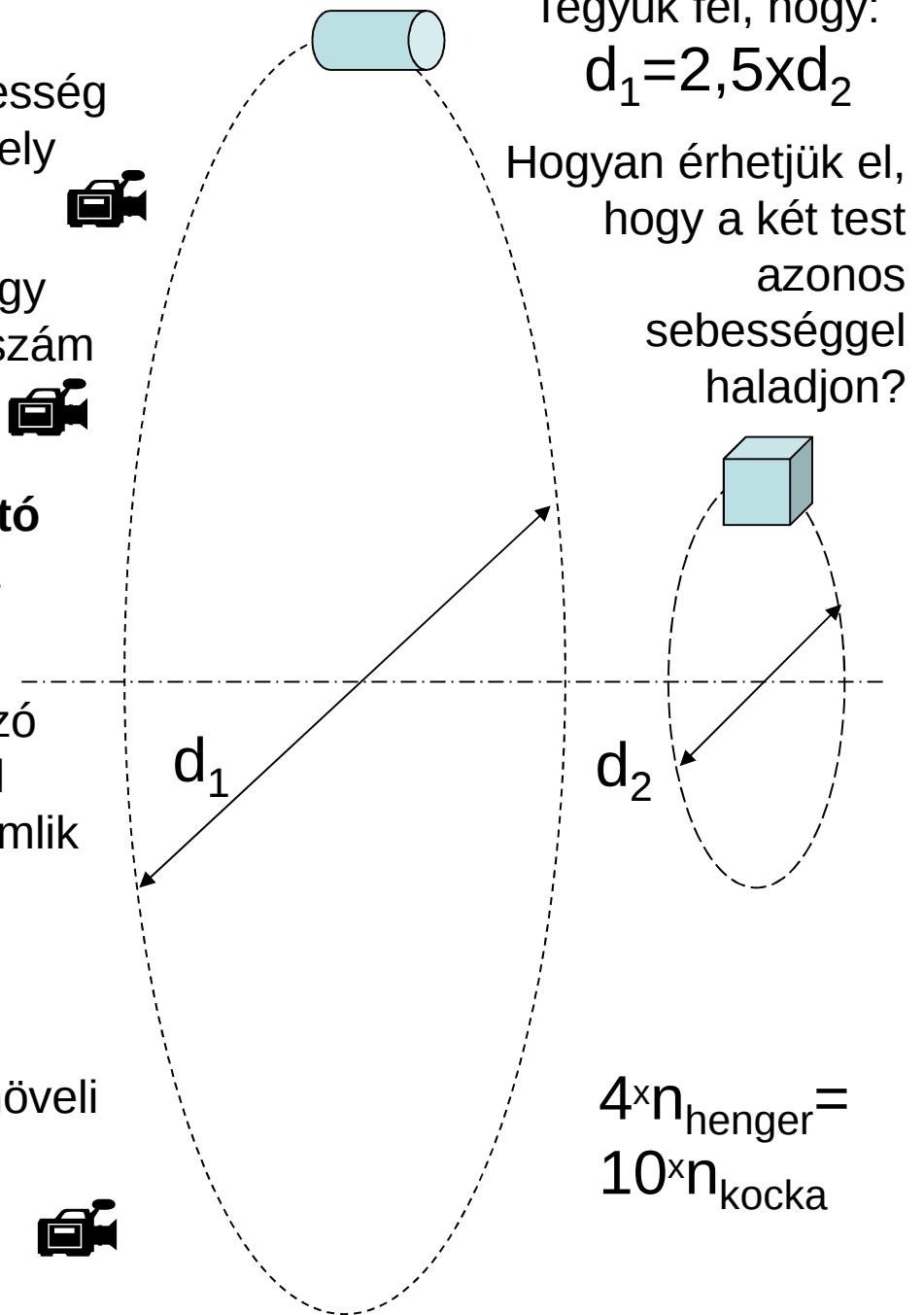
- a túlzottan magas forgácsolósebesség nagy hőmérsékleteket eredményez, mely a szerszám idő előtti tönkremenetelét okozza.



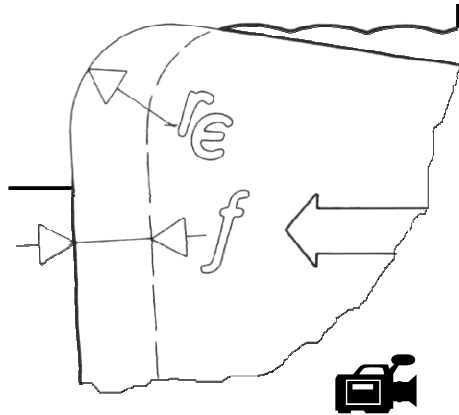
- az egyetemes esztergagépen a **beállítható** fordulatszámoknak megfelelően módosul a forgácsolósebesség értéke.

- egyetemes esztergagépen történő oldalazó megmunkálásnál az átmérő csökkenésével 'elfogy' a forgácsolósebesség, láthatóan romlik a felület minősége.

- CNC esztergagépeken paraméteresen definiálható a forgácsolósebesség, állandó értékre programozva a gép folyamatosan növeli a fordulatszámot az átmérő csökkenésével (konstans vágósebesség).



Előtolás



- a forgács vastagságát adja

- a munkadarab egy fordulatra vetített szerszám elmozdulása, melynek értéke és iránya meghatározza az esztergálás jellegét



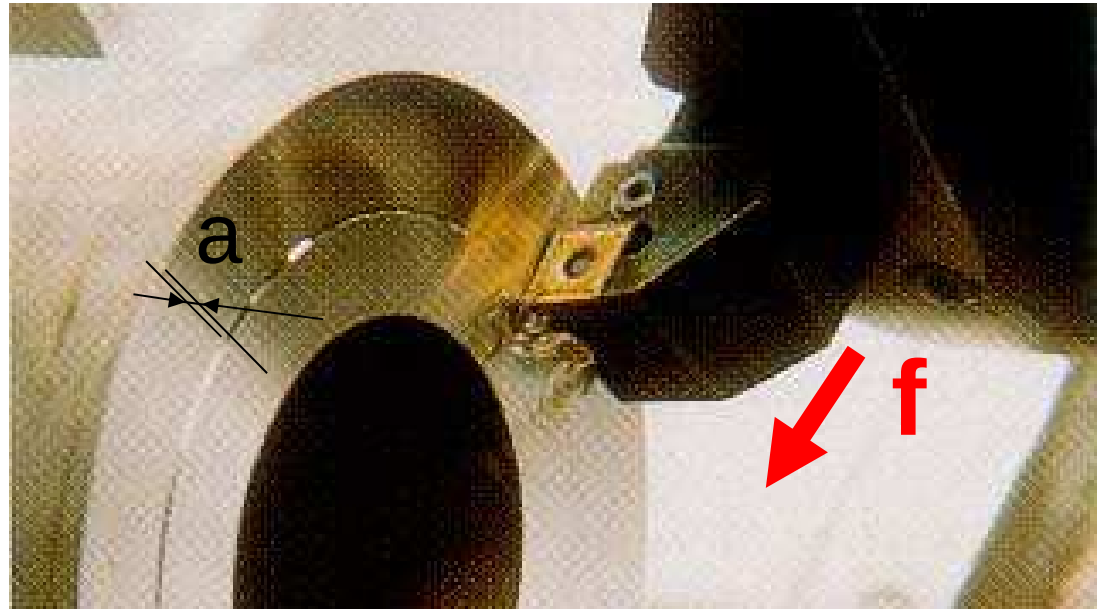
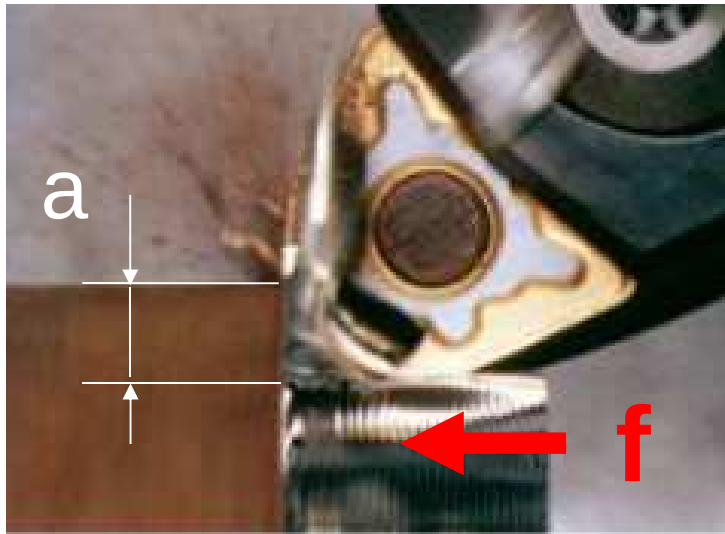
[mm/ford $\Rightarrow$ mm]

- végezhetjük kézzel ($\omega \neq \text{áll.}$), biztosíthatja a szerszámgép ($\omega = \text{áll.}$)
- értéke nagyban függ a technológia jellegétől, a megkívánt felületi minőségtől, a szerszám kialakításától (r_ϵ).



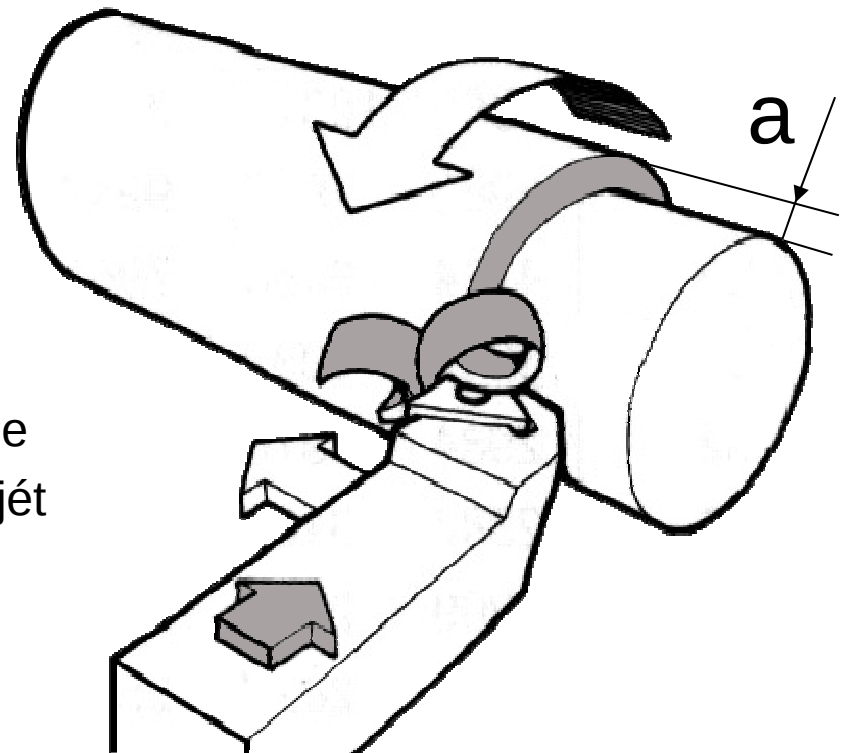
A nagy ($f > 0,2$ mm/ford) gépi előtolással készült felületen szemmel látható az egyenletes menetemelkedésű csavarvonal, amely a szerszám kialakításától hullámos.

Fogásvétel

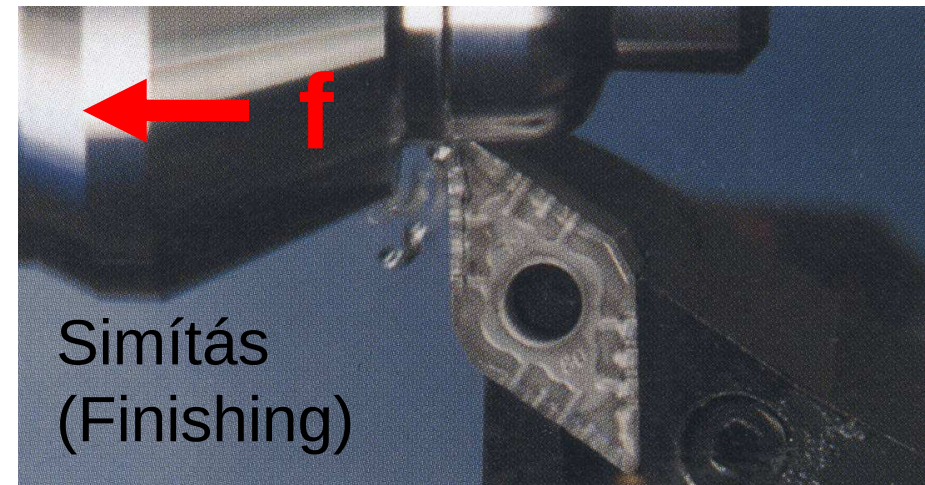
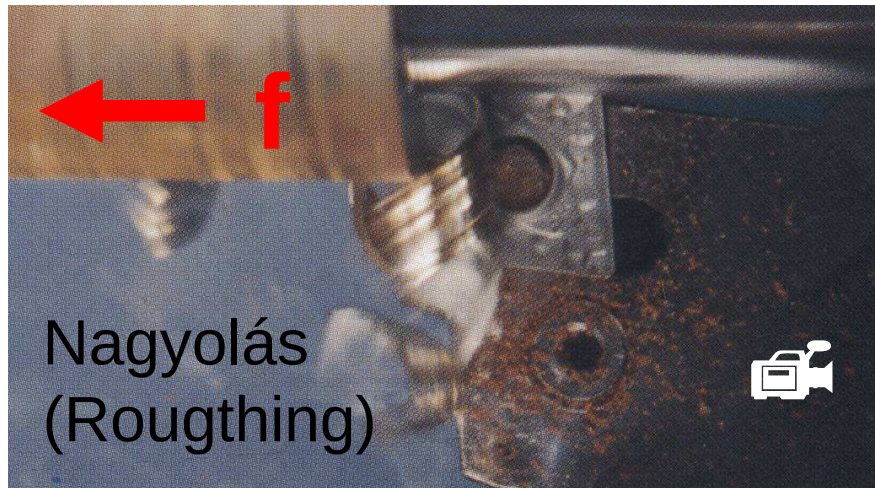


A **fogásvételi mozgással** a leválasztandó anyagréteg vastagságát állítjuk be. Eredménye a **fogásmélység**, az anyagba hatolás mértéke jele: ***a***, [mm].

- a forgács szélességét adja
- nagysága befolyásolja a termelékenységet
- a fogásmélység érintőfogásvétel után állítható be
- keresztirányú fogásvétel a hengerpalást átmérőjét adja, ezért a fogásvétel nagyságának helyes beállítása a munkadarab pontossága is egyben
- oldalazáskor hosszirányban vesszük a fogást

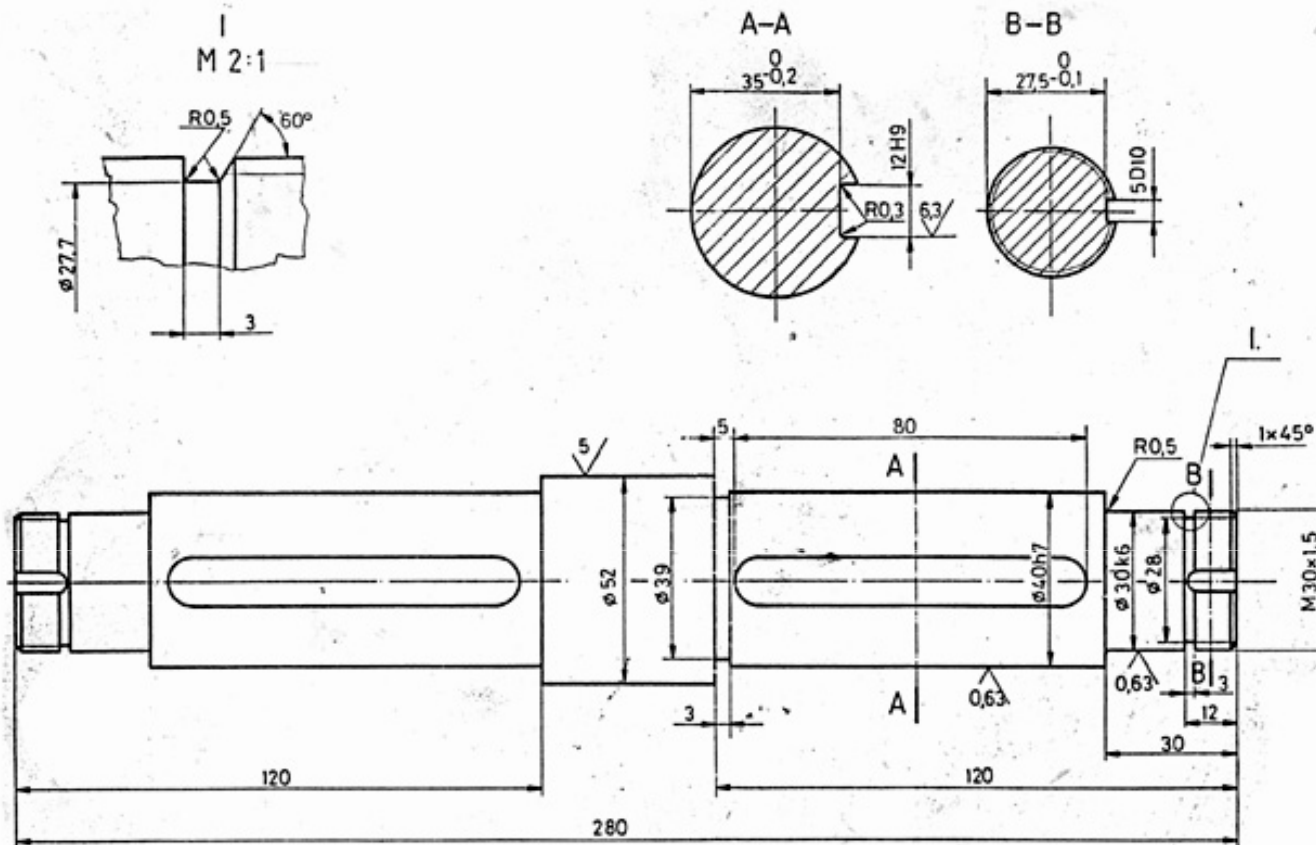


A mozgások technológiai értelmezése



- adott idő alatt a legtöbb felesleges anyagmennyiség leválasztása
- simítási ráhagyás megtartása
- a felület minősége másodlagos
- nagy fogásmélység és nagy előtolás
- mérsékelt forgácsolósebesség
- merev nagy teljesítményű szerszámgép
- tömeggyártásban a szerepe csökken, mert az előgyártmányt megközelítő méretre készítik
- hatékony forgácsleválasztás
- köszörülési ráhagyás kalkulálása
 - a felület minősége elsődleges
- kis fogásmélység és mérsékelt előtolás
 - nagy forgácsolósebesség
- nyugodt járású szerszámgép
 - minden szintű gyártásban

3.2 Munkadarabok



- Rajzolvasás
- Rejtett információk
- Géprajzi jelek
- Technológiai következtetések

5D 10	+0.078
	+0.030
12H9	+0.043
	0
$\phi 30k6$	+0.015
	+0.002
$\phi 40h7$	0
	-0.025

Ellenőrzés:	TENGELY	Anyag:	B DGMF
Dátum:		Előző:	
	Név:	Méret:	Rajzszám:
		M 1:1	

Munkadarabok anyagminősége

P

Acél - öntött acél, hosszú forgácsú képlékeny vas

M

Rozsdamentes acél - ausztenites acél, ferrites acél, martenzites acél

K

Öntöttvas - szürkeöntvény, gömbgrafitos öntvény

N

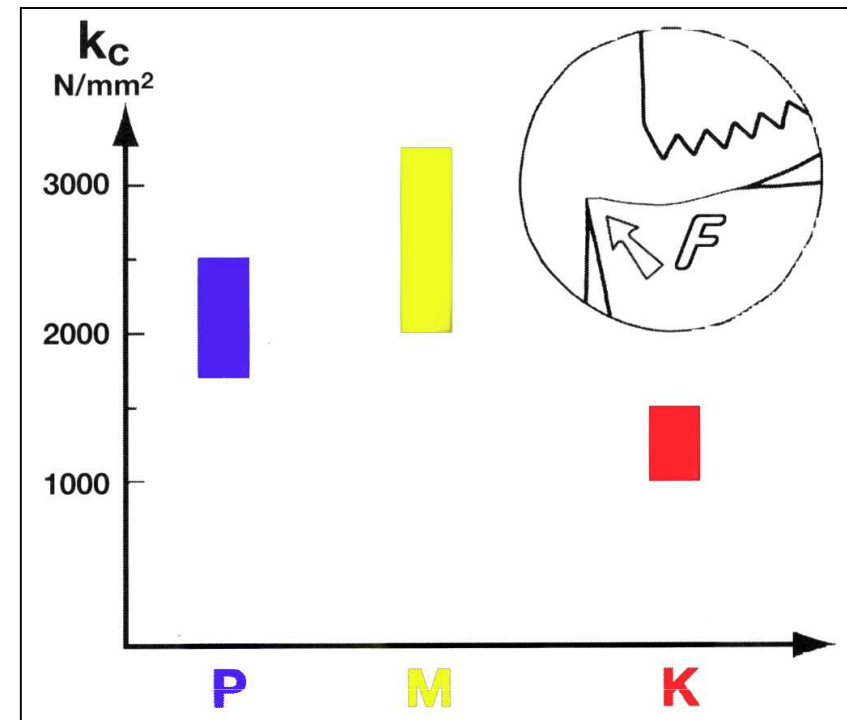
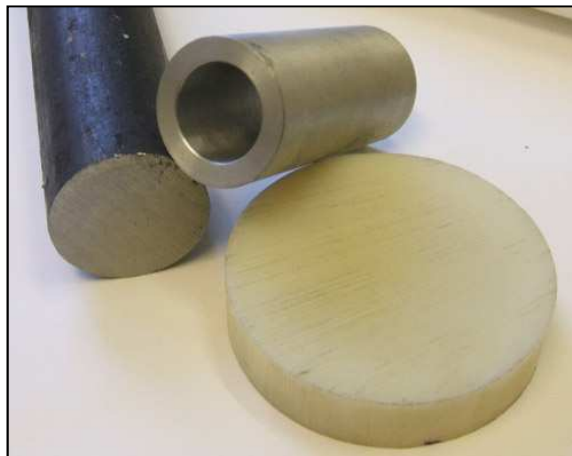
Nemfémes anyagok – alumínium, réz, bronz, műanyag, fa

S

Melegszilárd és superötvözt acélok

H

Edzett anyagok



fajlagos forgácsolóerő – k_c [N/mm²] - a forgácstöréshez szükséges erő

P

Acél -
1700-2500 N/mm²

M

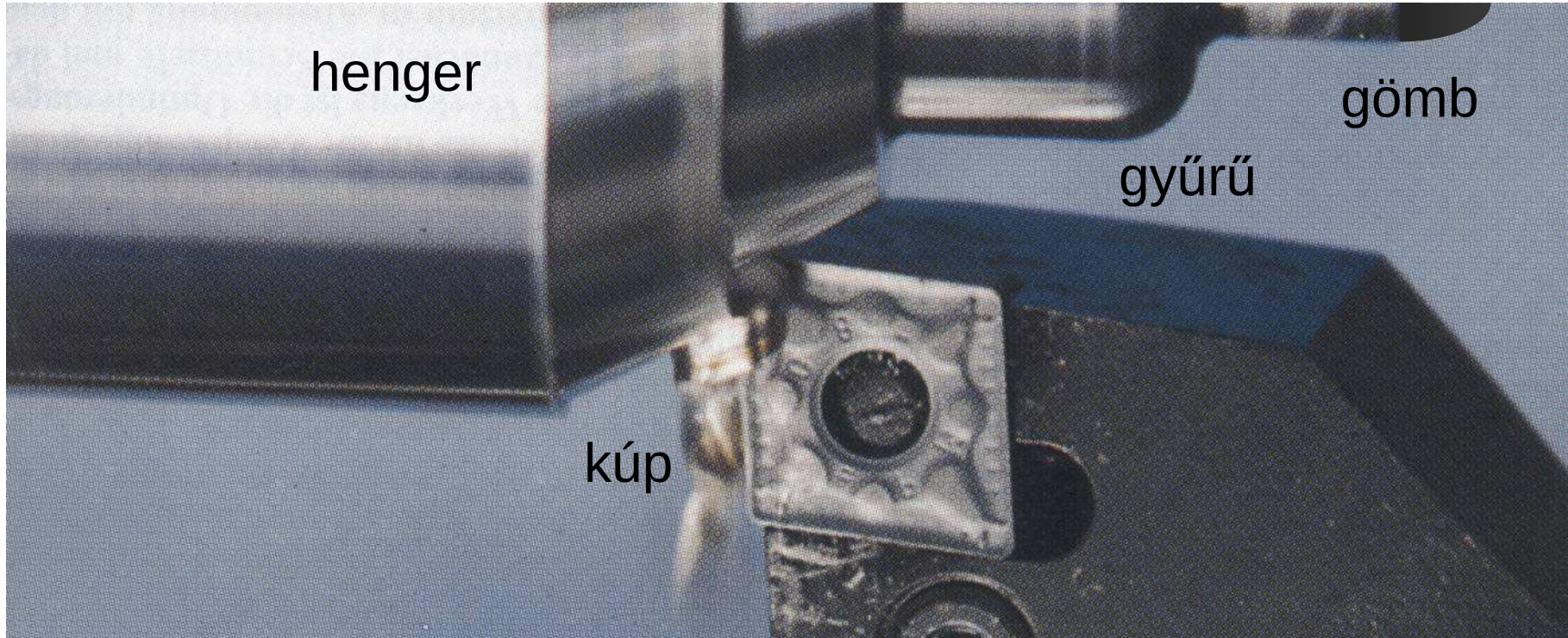
Rozsdamentes acél -
2000-3200 N/mm²

K

Öntöttvas -
1000-1500 N/mm²

Munkadarabok geometriája

Az esztergált alkatrész egyszerű mértani testekből épül fel, tehát geometriai elemekre bontható.



Egyetemes esztergagépen a hengeres felület előállítása a legegyszerűbb feladat, a többi test ill. testelem létrehozásához általában speciális szerszámra, készülékekre, vagy a szerszámgép elállítására van szükség.

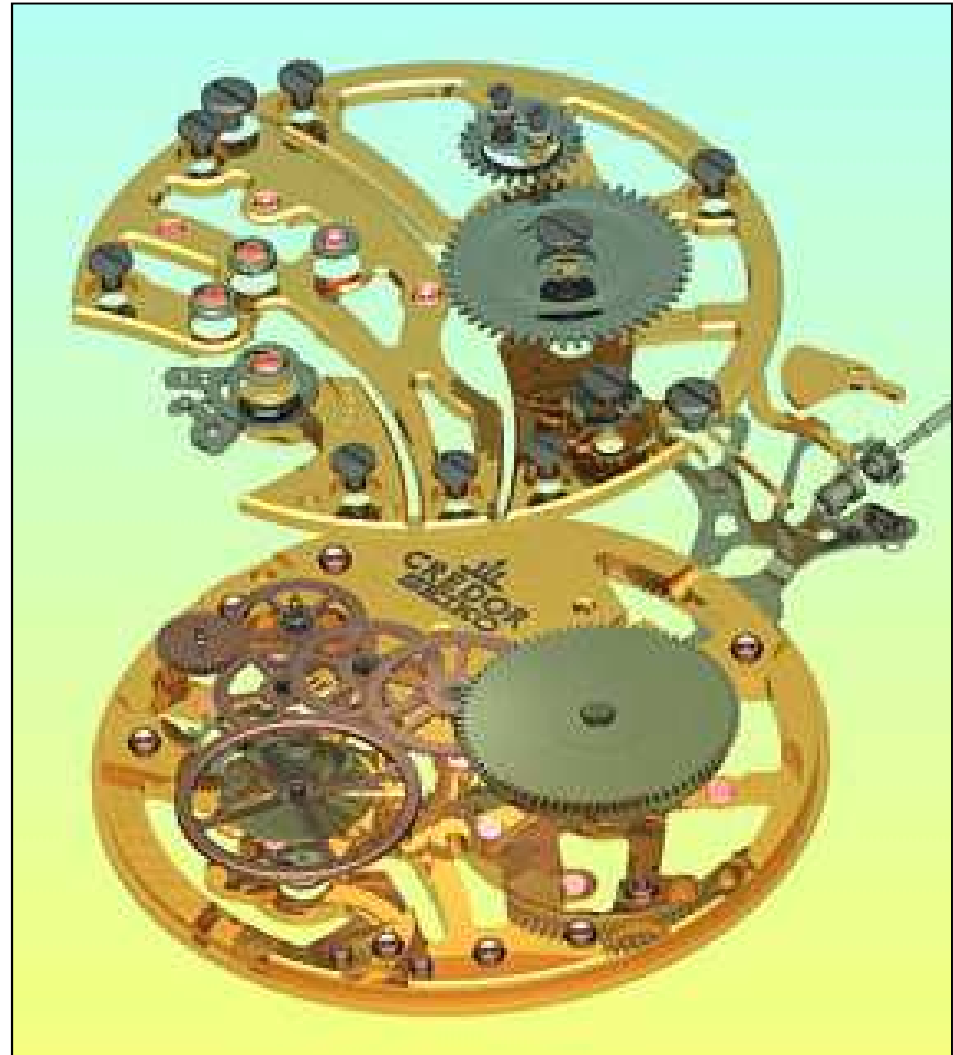
CNC gépeken a szerszám pálya pontosan az alkatrész kontúrját írja le, bármilyen bonyolultságú test a felületek paraméteres definiálásával elkészíthető.

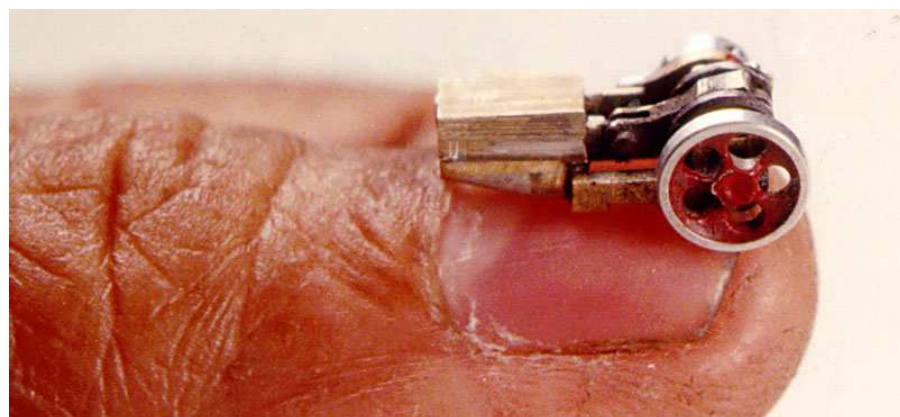
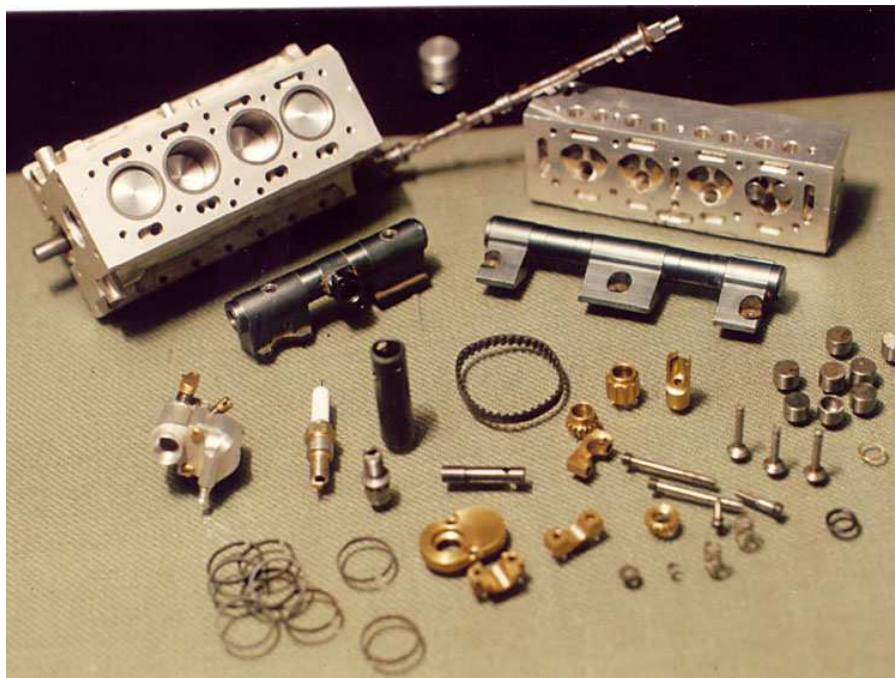
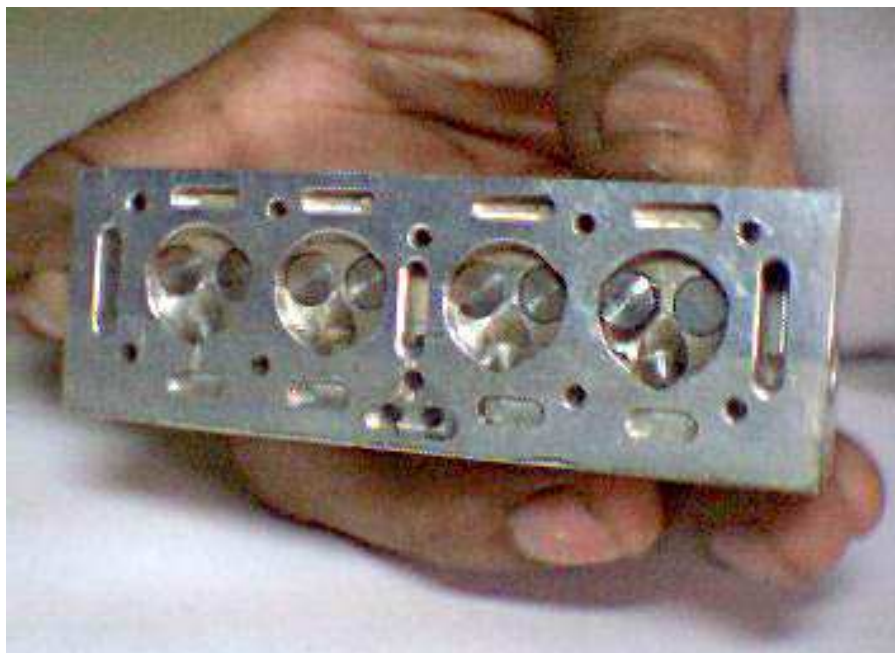
Munkadarabok mérete

Kis méretű alkatrészek



finommechanika, precíziós gyártás
műszerészszterga, kis méretű éles
szerszámok, drága technológia!





Normál méretű alkatrészek

- gépgyártás



Megfelelő szerszámgép, szerszám, technológia kiválasztása!

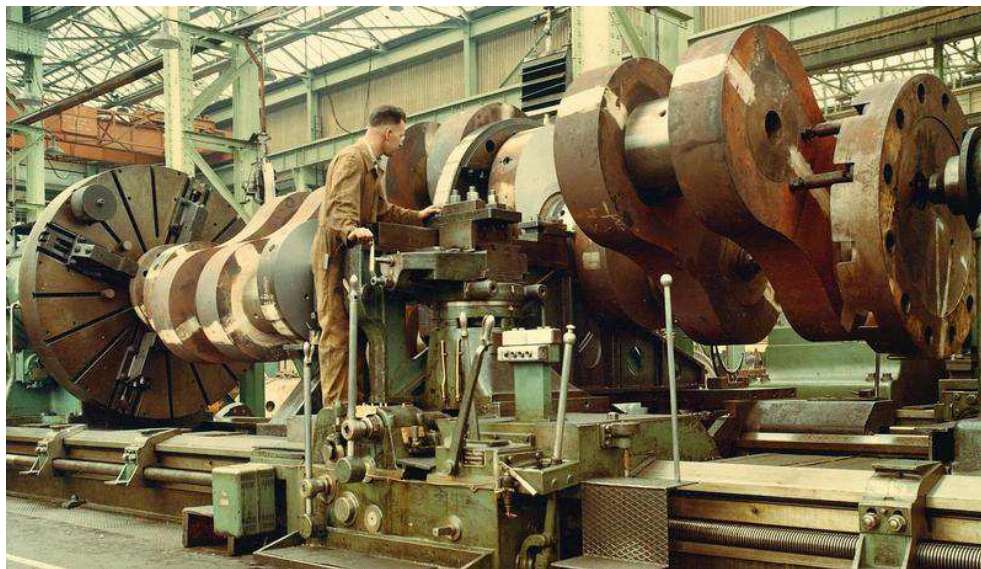
- egyedi gyártás
- sorozatgyártás
- tömeggyártás



Nagy méretű alkatrészek

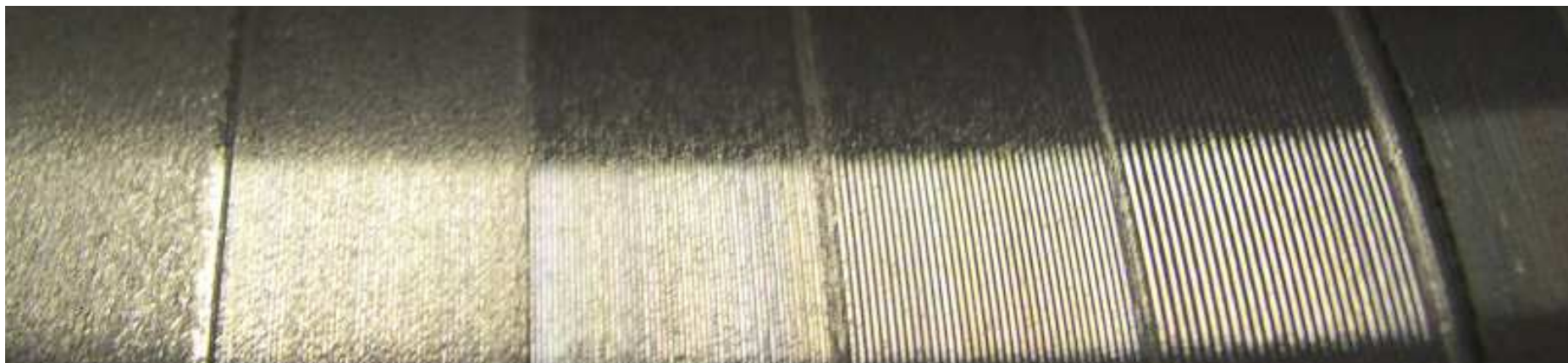
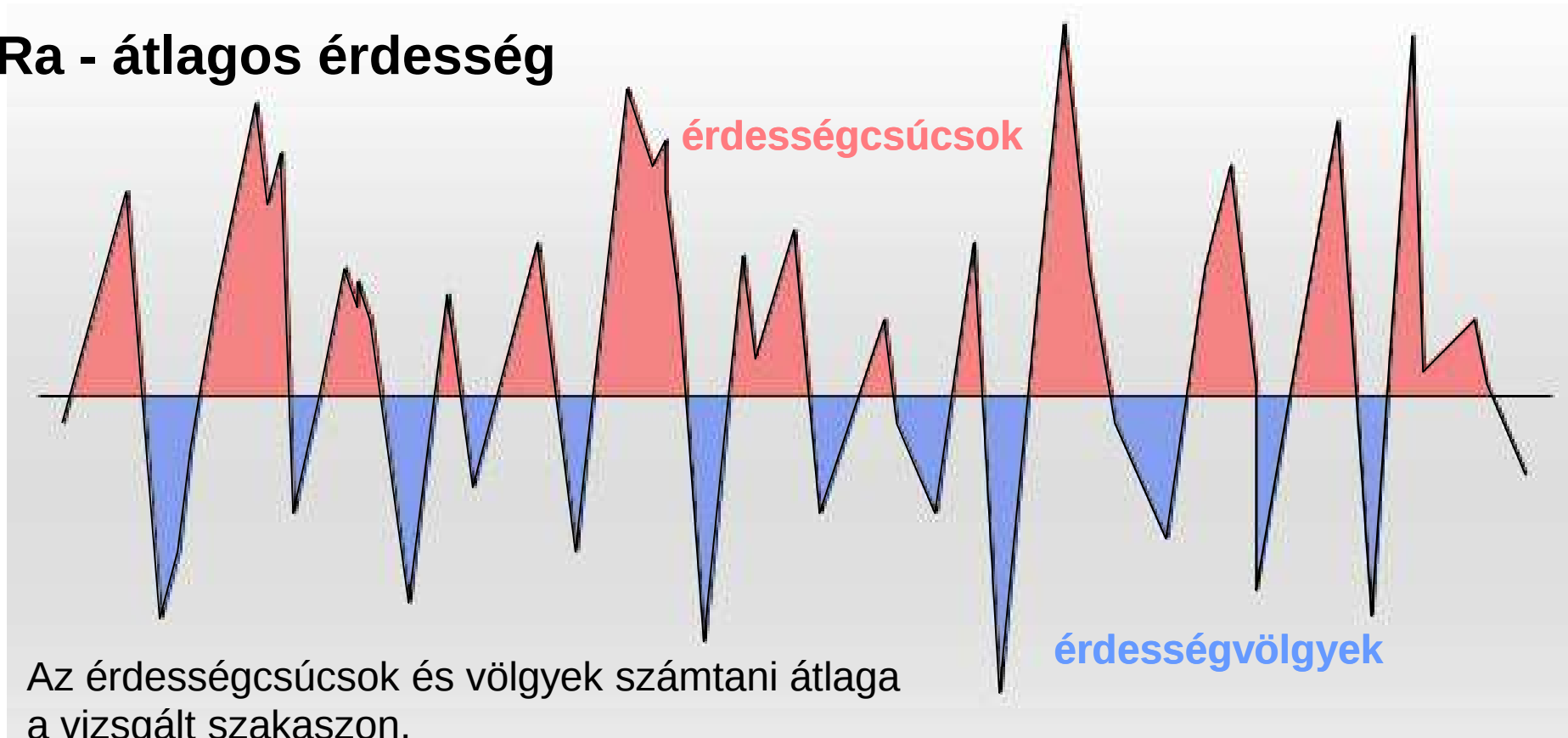
– egyedi gyártás

Célgép, célszerszám, egyedi technológia!



Munkadarabok felülete

Ra - átlagos érdesség



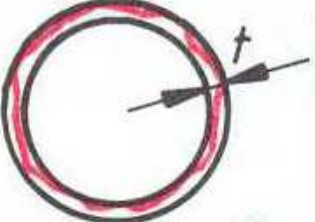
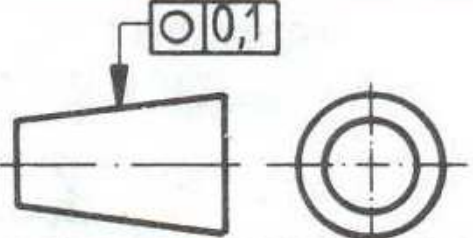
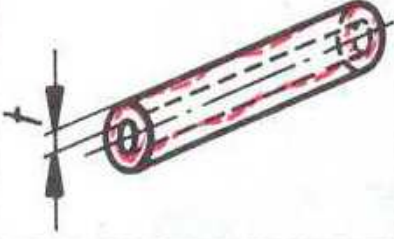
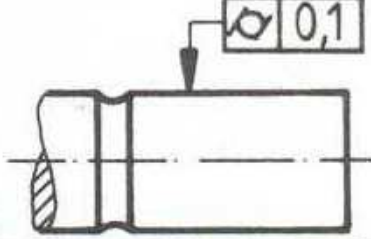
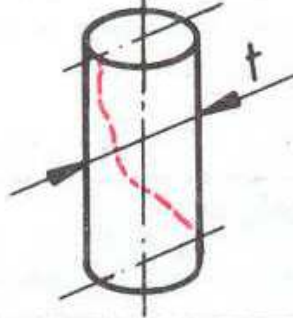
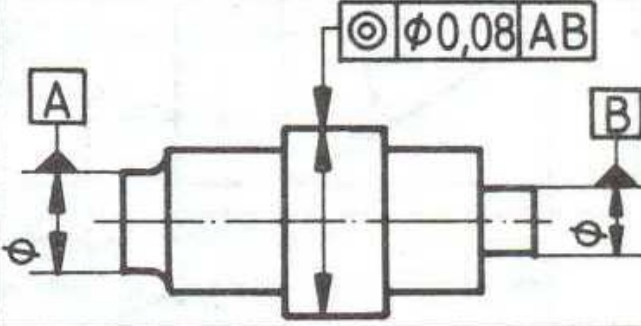
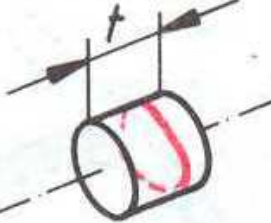
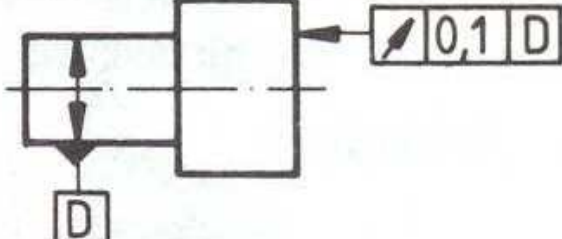
Munkadarab pontossága

Az adott forgácsoló eljárással elérhető pontosságok és átlagos felületi érdességek

[illegible]

Munkadarabok alak- és helyzetűrései

A tűrés az alkatrész tényleges alakjának, helyzetének és méretének egy megengedett hibájú mérőeszkővel mért (észlelt) mérete.

alakűrések	köralak 		
	hengeresség 		
helyzettűrések	koncentrikus egytengelyűség 		
	ütés 		

Munkadarabok mérettűrései

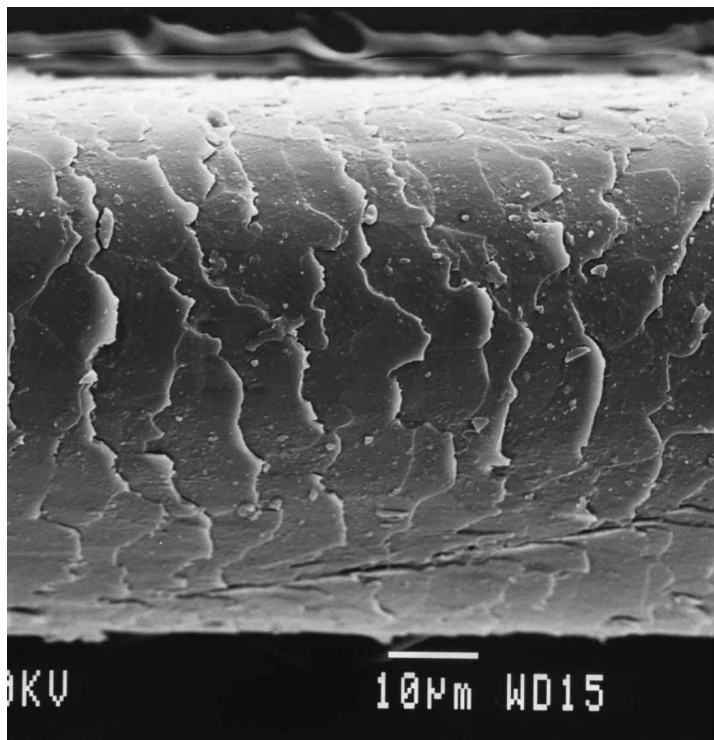
A termékek különböző alkatrészekből állnak, melyeket gyakran egymástól távol, más-más üzemben állítanak elő. Ennek ellenére az így elkészített alkatrészek utánmunkálás és válogatás nélkül szerelhetők kell legyenek, amit mérettűrésük megválasztása tesz lehetővé. Egy termék nivóssága a benne található alkatrészek gyártási precizitásától nagyban függ.



Tűrés:

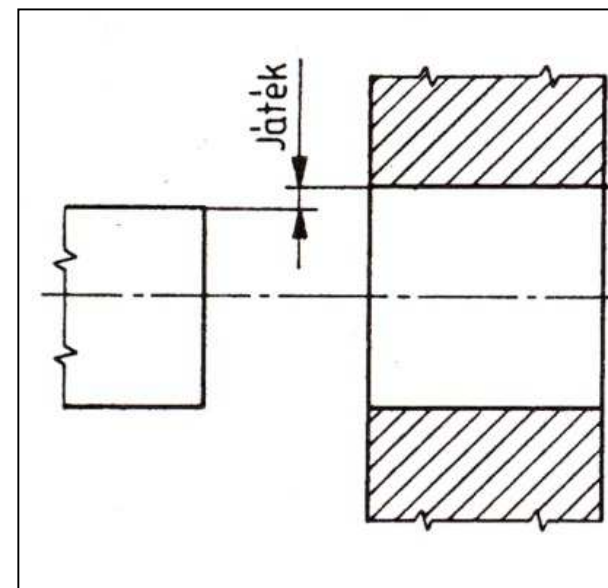
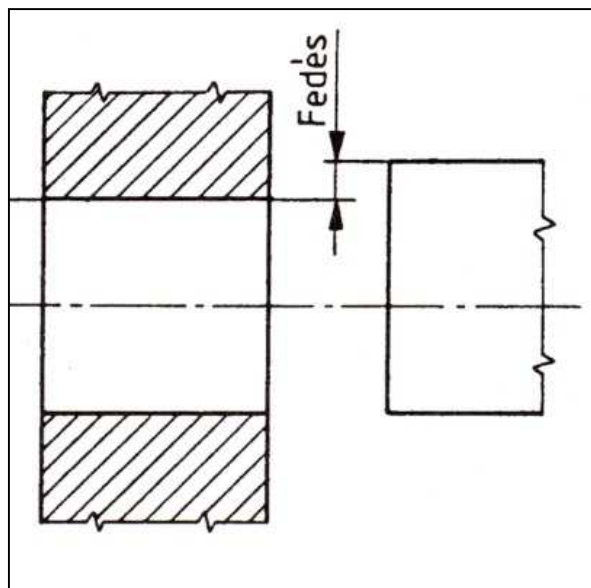
A felső és az alsó határméret különbsége a **tűrés** (T). A gépészeti alkatrészekben a tűrés általában század (tized) **milliméter** nagyságrendű érték.

Egy emberi hajszál átlagos mérete $\sim 0,05$ mm (18 és 180 μm között változhat)



Illesztés:

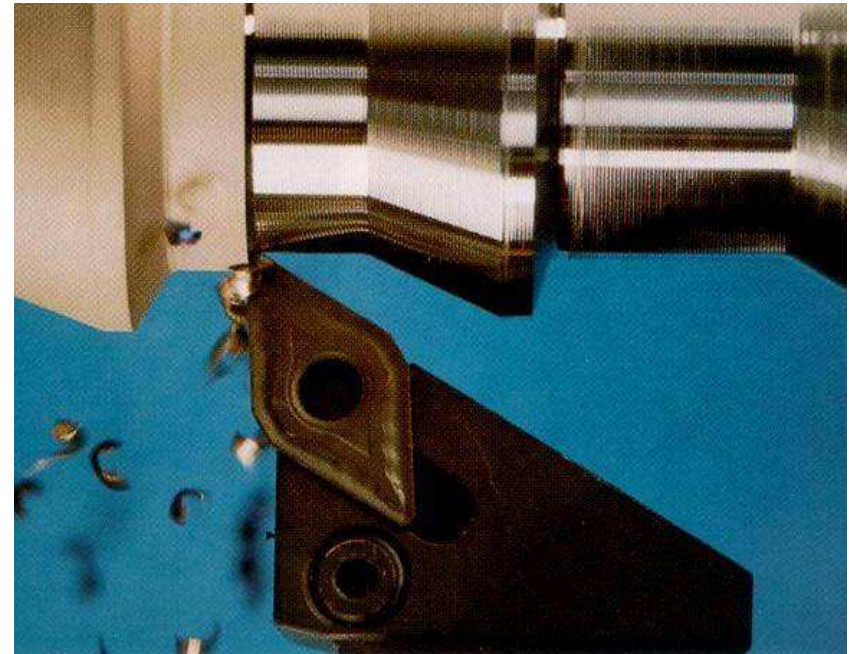
Az illesztés nem más, mint két azonos alpméretű alkatrész csatlakozásának a jellege, amely meghatározza a kapcsolódó alkatrészek közötti játék vagy fedés nagyságát.



3.3 Szerszámok

A forgácsoló szerszámokkal szemben két fő követelményt támasztunk:

- a szerszám legyen alkalmas a meghatározott anyagrész leválasztására,
- a munkadarab előírt méretpontosságának, alakhűségének és felületi érdességének biztosítására.



Ezeket a követelményeket úgy lehet maradéktalanul kielégíteni, ha a szerszám forgácsoló részét helyesen alakítják ki, anyaga keményebb a munkadarabénál és a szerszám pontos - a géphez és a munkadarabhoz viszonyított - befogását biztosítani lehet. Ebből következik, hogy a forgácsoló szerszámnak két fő részből kell állnia: dolgozó és csatlakozó részből.



Szerszámok csoportosítása anyagminőségük szerint

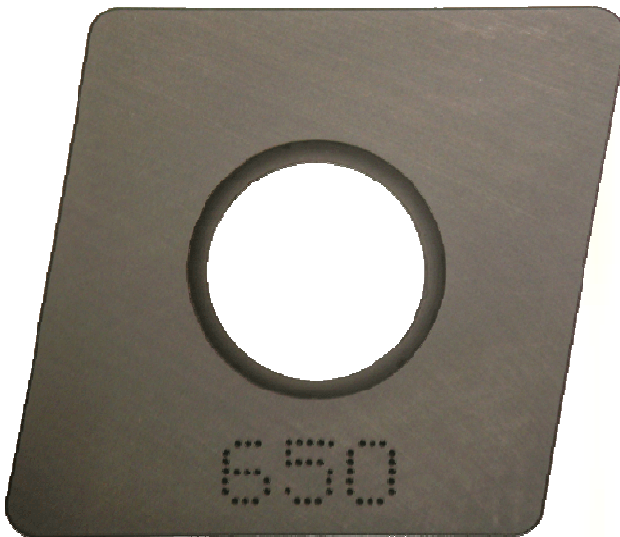
Acélapú:

- **gyorsacél R1-R11**
W-Cr-V ötvözés
63-70 HRC
550° hőálló
- **bevonatos gyorsacél**
súrlódás csökken
keménység nő
hőszigetel
TiN, TiCN, TiAlN, stb.



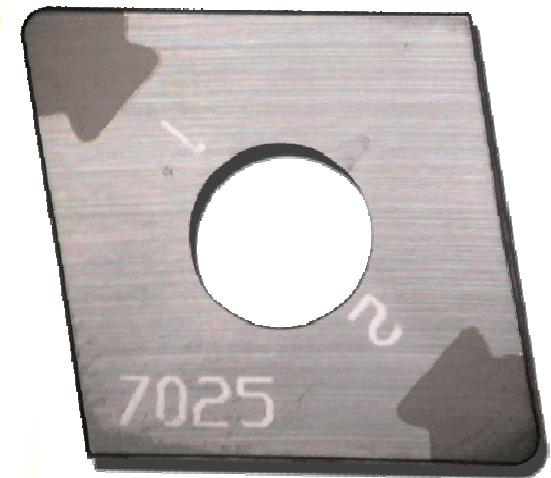
Kemény/Szuperkemény:

- **keményfém P1-D1**
porkohászatilag gyártják
87-92 HRA
800° hőálló
- **kerámia Al_2O_3**
90-96 HRA
1400° hőálló
rideg, csak simításra

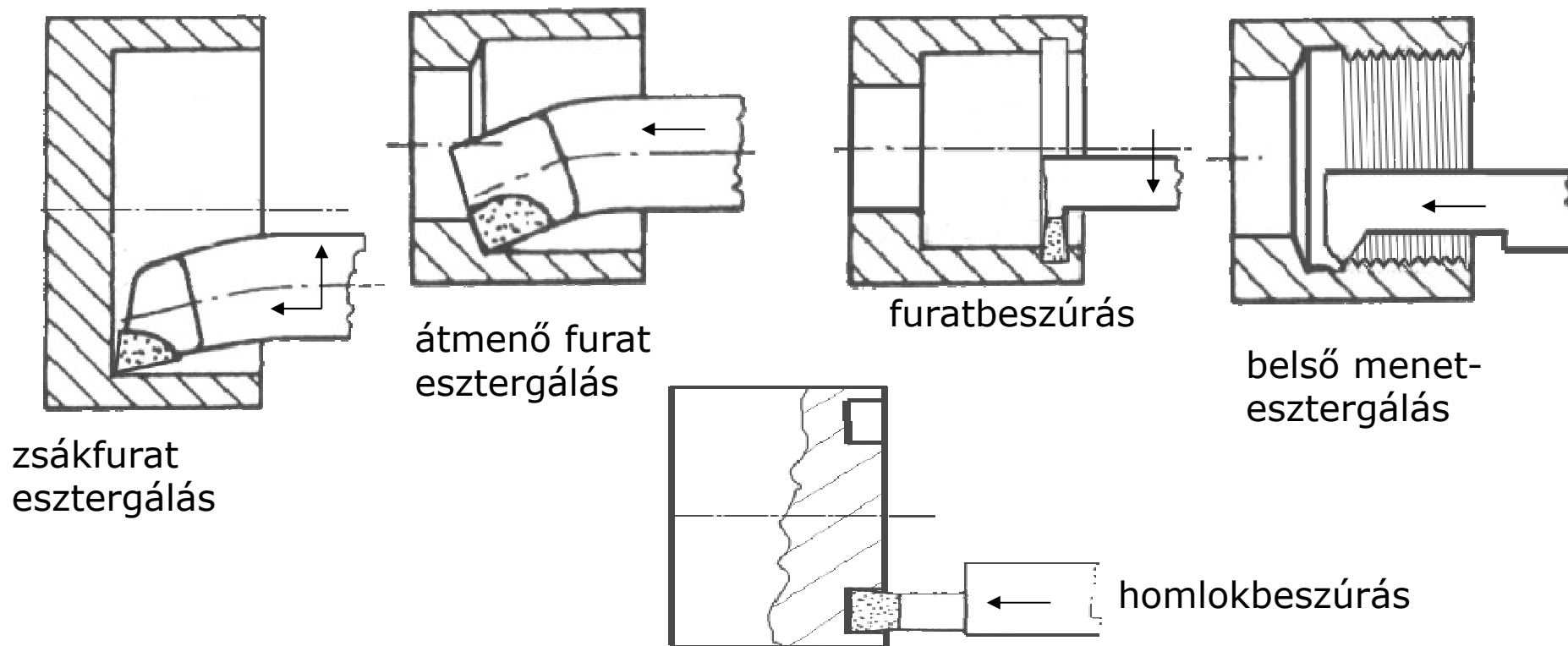
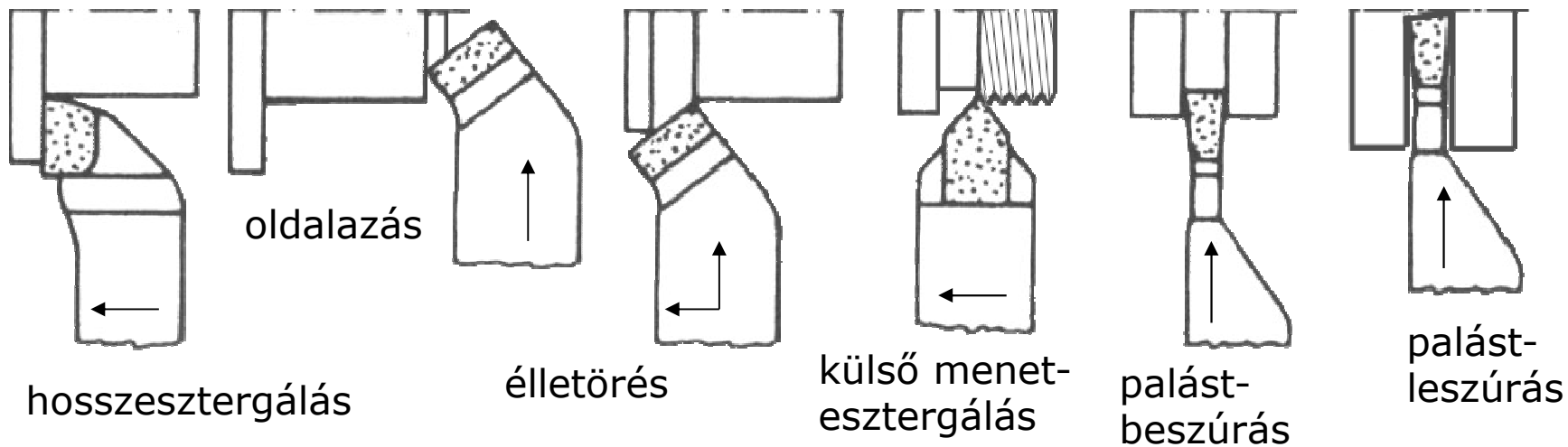


Kompozit:

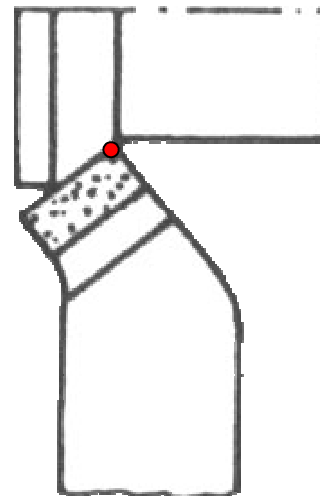
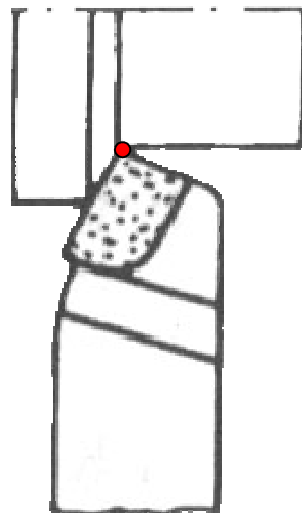
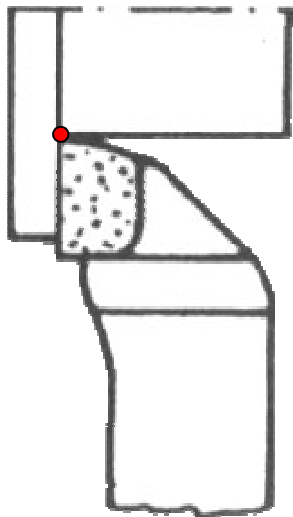
- **gyémánt**
nem vasalapú fémekhez
- **köbös térrácsú bórnitrid**
edzett acélokhoz



Esztergaszerszámok kialakításai - technológiák



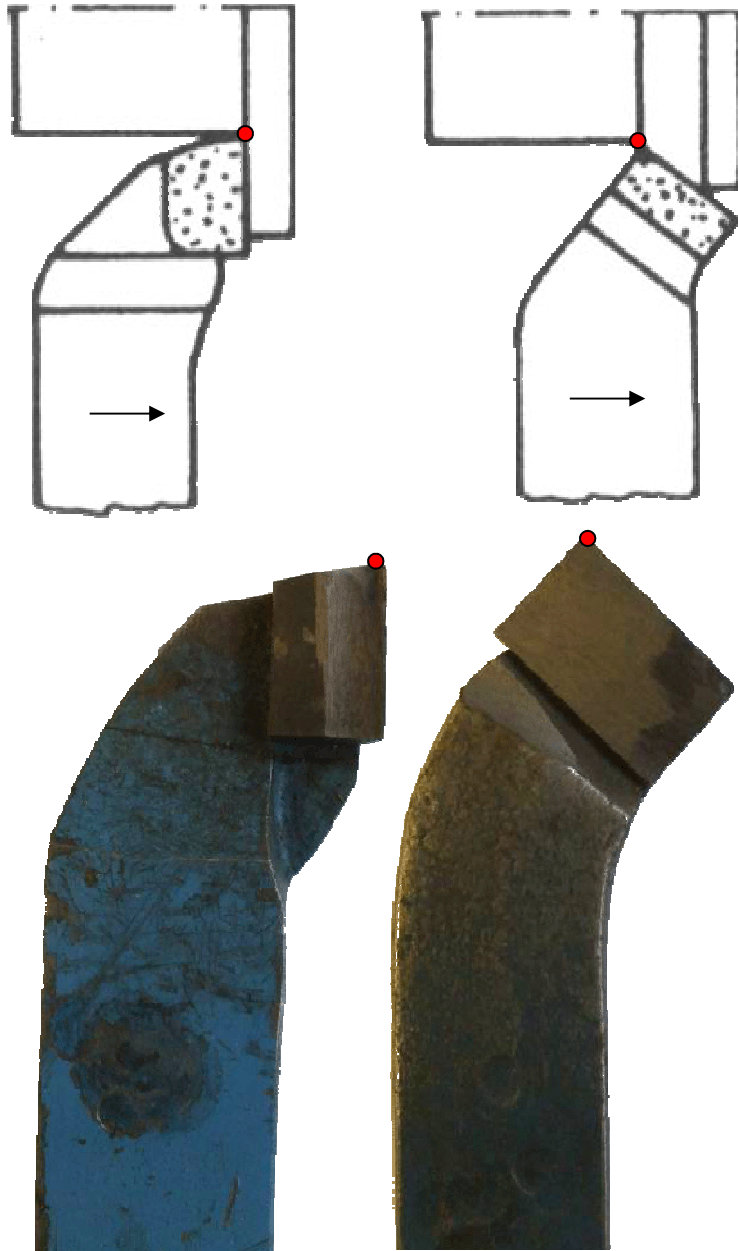
Hosszsztergálás művelete és szerszámai



Hosszsztergálásnál:

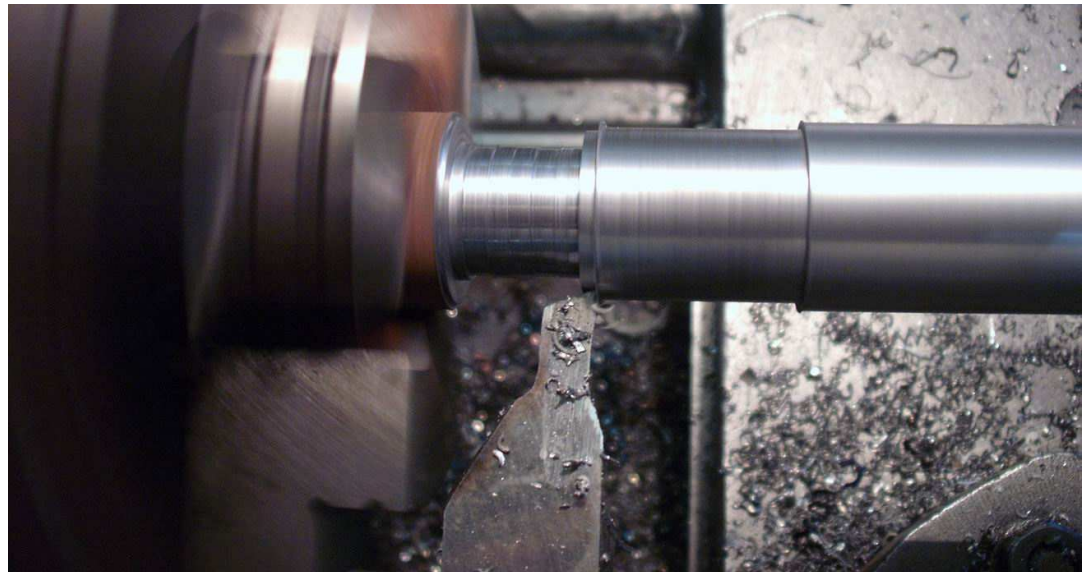
- a munkadarab palástfelületét készítjük el a hossz-, vagy a késtartó szán elmozdításával
- az előtolás iránya párhuzamos a munkadarab tengelyközépvonalával
- oldalélű, egyenes és hajlított szerszámokkal végezhető, de előtérbe helyezzük azokat a szerszámokat, melyekkel vállfelület is készíthető
- a főél elhelyezkedésével megváltoznak a forgácsolási körülmények, így a fellépő erők és forgácsterelés

Hosszsztergálás balos késekkel

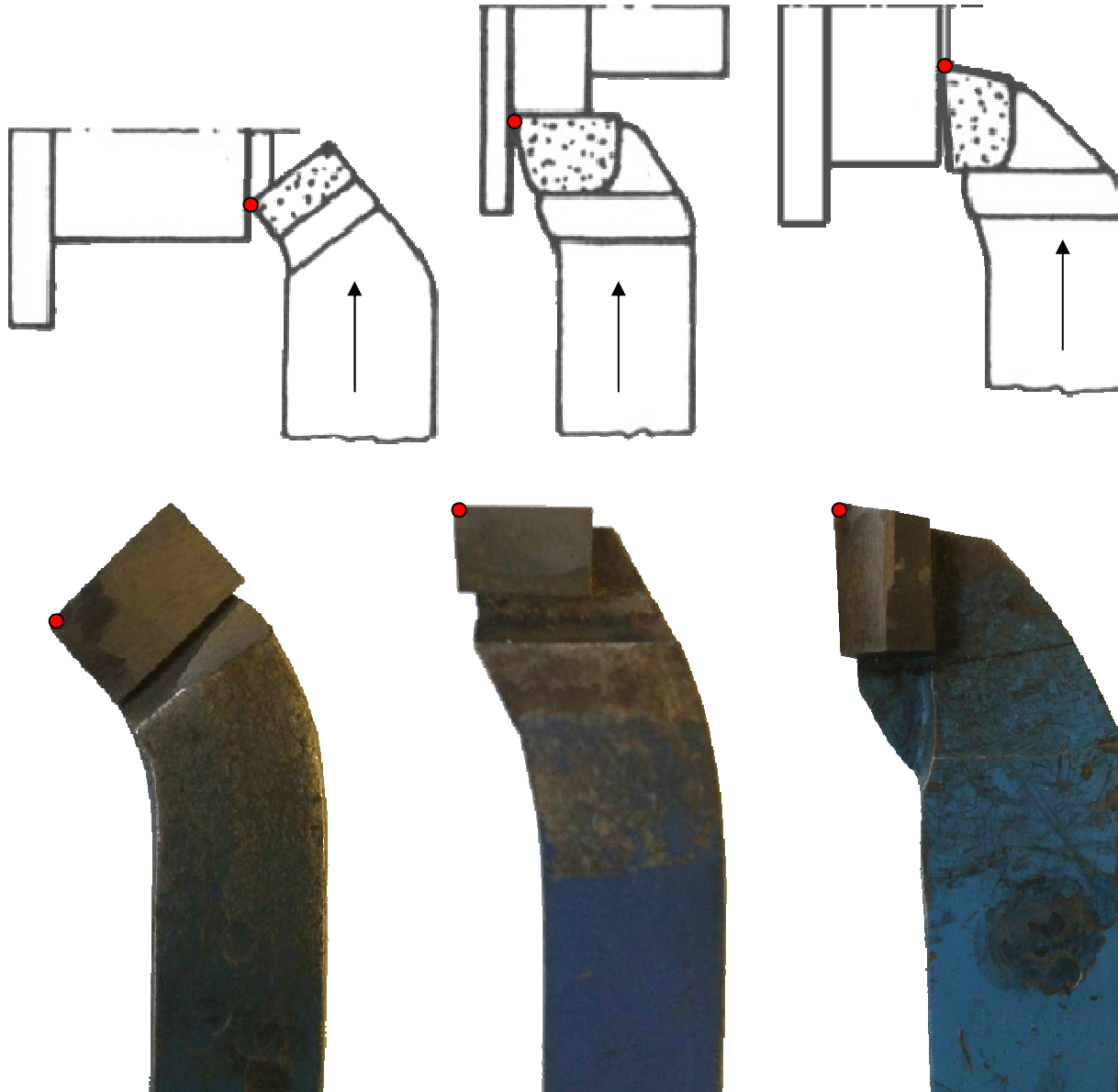


Balos kések alkalmazása:

- a munkadarabot egy felfogásból kell elkészíteni
- váll mögötti felületeket kell kialakítani
- a hosszelőtolás iránya megváltozik, a szerszám a tokmánytól a szegnyereg felé halad.
- CNC vezérlésű gépeken gyakori a balos kés.



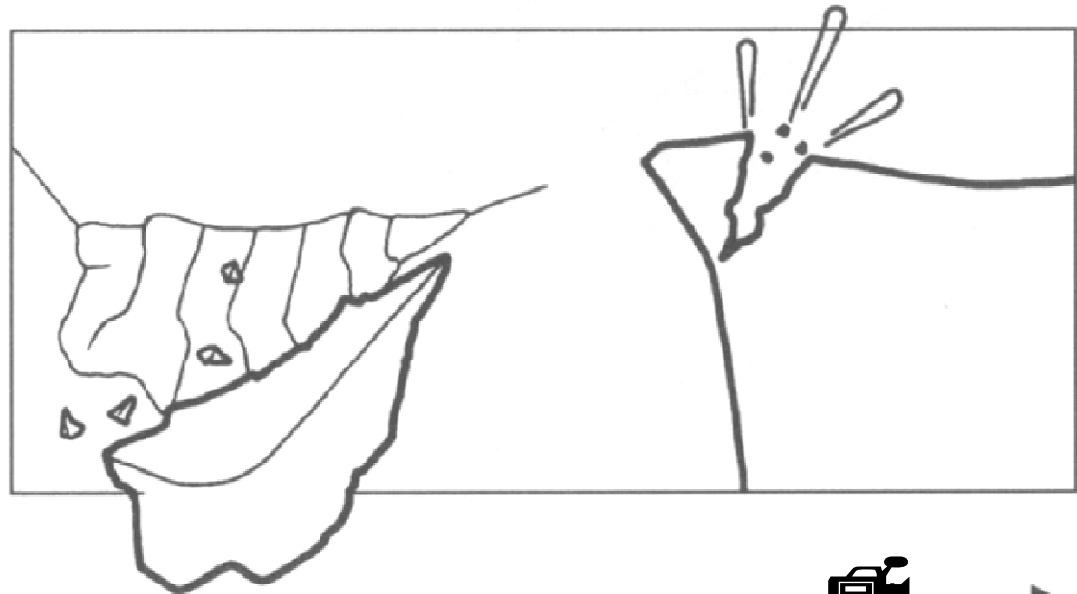
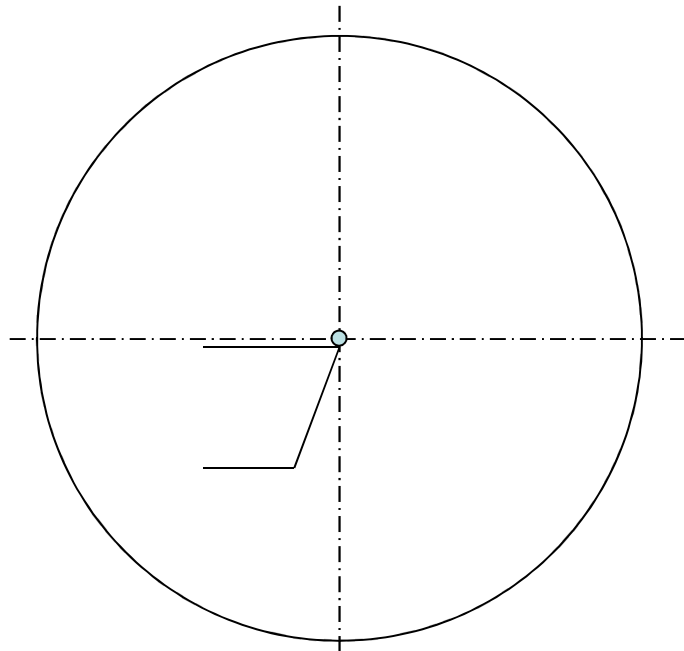
Keresztesztergálás művelete és szerszámai



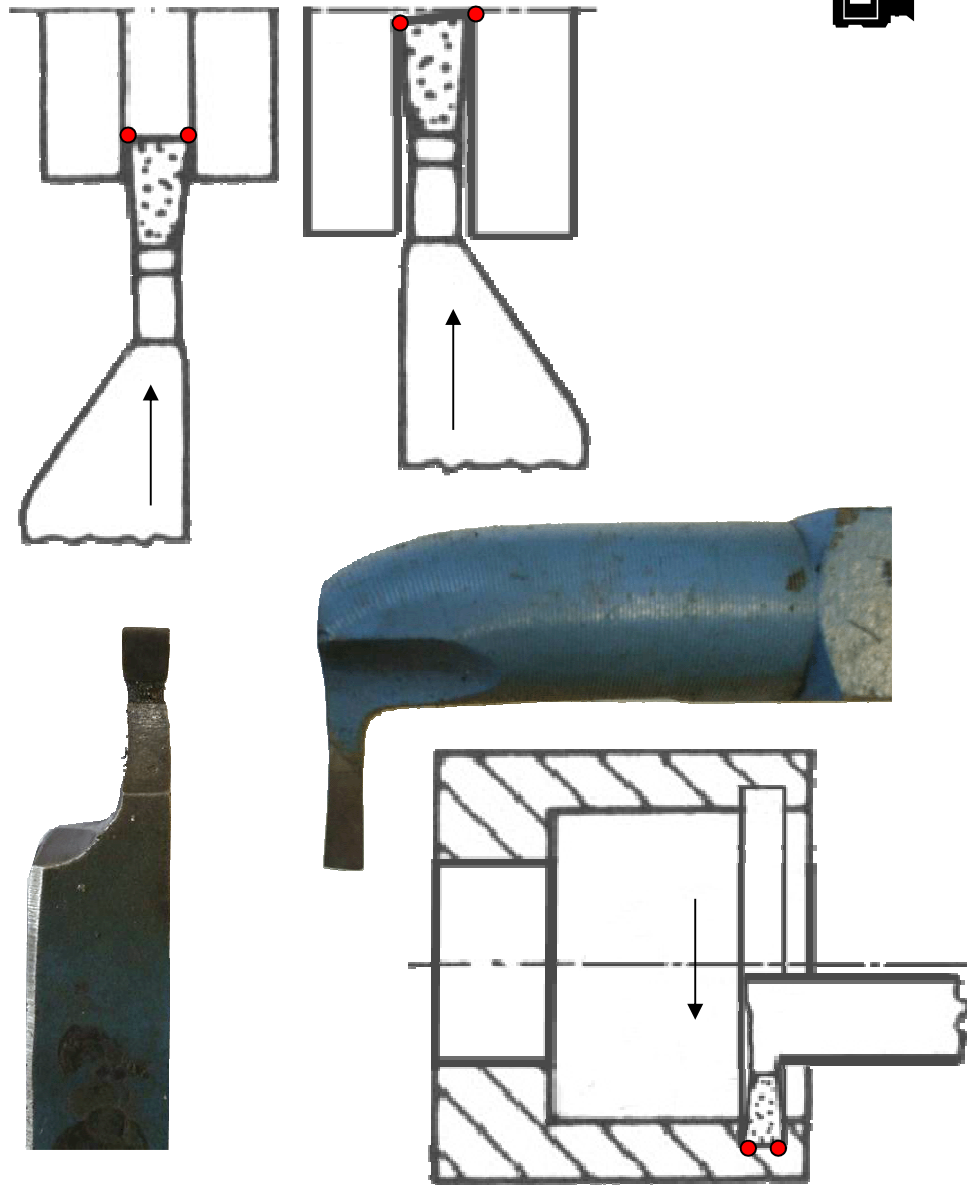
- a munkadarab homlokfelületét készítjük el a keresztszán elmozdításával
- az előtolás iránya merőleges a munkadarab tengelyközépvonalára
- hajlított, homlokélű és alámunkált oldalélű szerszámokkal végezhető, de előtérbe helyezzük azokat a szerszámokat, melyekkel vállfelület is készíthető
- a főél elhelyezkedésével megváltoznak a forgácsolási körülmények, így a fellépő erők és forgácssterelés

Oldalazás

- oldalazáskor a munkadarab homlokfelületét esztergáljuk meg, keresztirányú elmozdulást végzünk.
- a feloldalazott felület a hosszméretek bázisa, ezért elkészítése különös jelentőséggel bír.
- ha furatos a munkadarab, akkor az oldalazás művelete a furat eléréséig tart és az áthatásnál sorja keletkezik.
- ha tömör a munkadarab, akkor az oldalazás tengelyközépvonalig tart, a csúcsmagasság alá állított szerszám csonkot hagy a felületen, a csúcsmagasság fölé állított szerszám kicsorbulhat.



Be- és leszúrás művelete, szerszámai

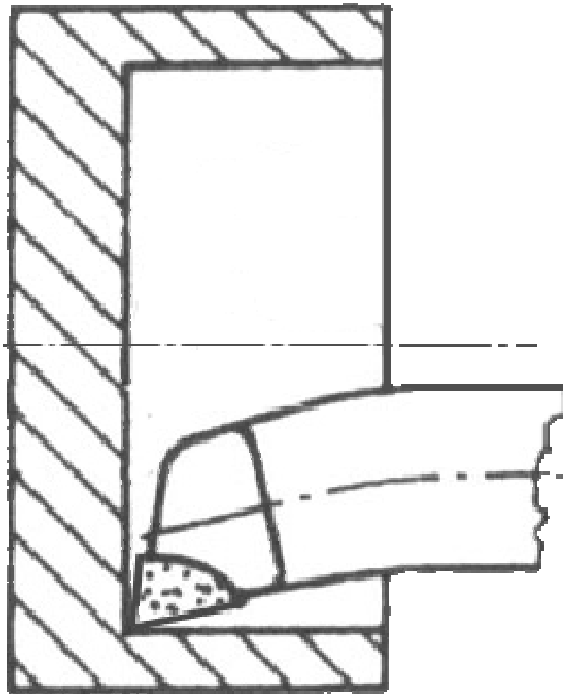


- jellegzetes kereszttergáló művelet a beszúrás és a leszúrás, ahol a munkadarab palástfelületére hornyokat készítjük el a keresztszán elmozdításával.
- beszúrást készíthetünk külső palástfelületre és furatban is.
- míg a beszúrás eredménye jellemzően a tengelyirányú elmozdulás elleni védelem (seeger gyűrű fészke), addig leszúrásnál a munkadarabon levő felesleges anyag rész eltávolítása.
- tömör munkadaraboknál a leszúrás tengelyközépvonalig tartó elmozdulás, furatos alkatrészeknél a felületek átszakadásával ér véget.
- a leszúrószerszámok ferde főéle néhány °-os szöget zár be a tengelyközépvonallal, az előreálló csúcsa tiszta oldalfelülettel választja le a munkadarabot.

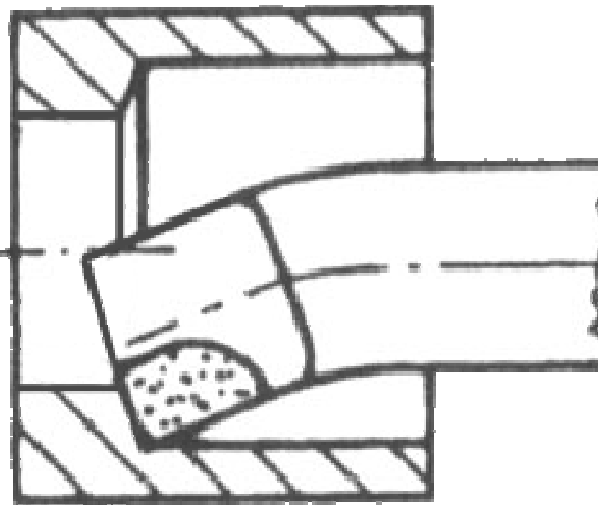
Furatmegmunkálás művelete és szerszámai



zsákfurat esztergálás



átmenő furat esztergálás



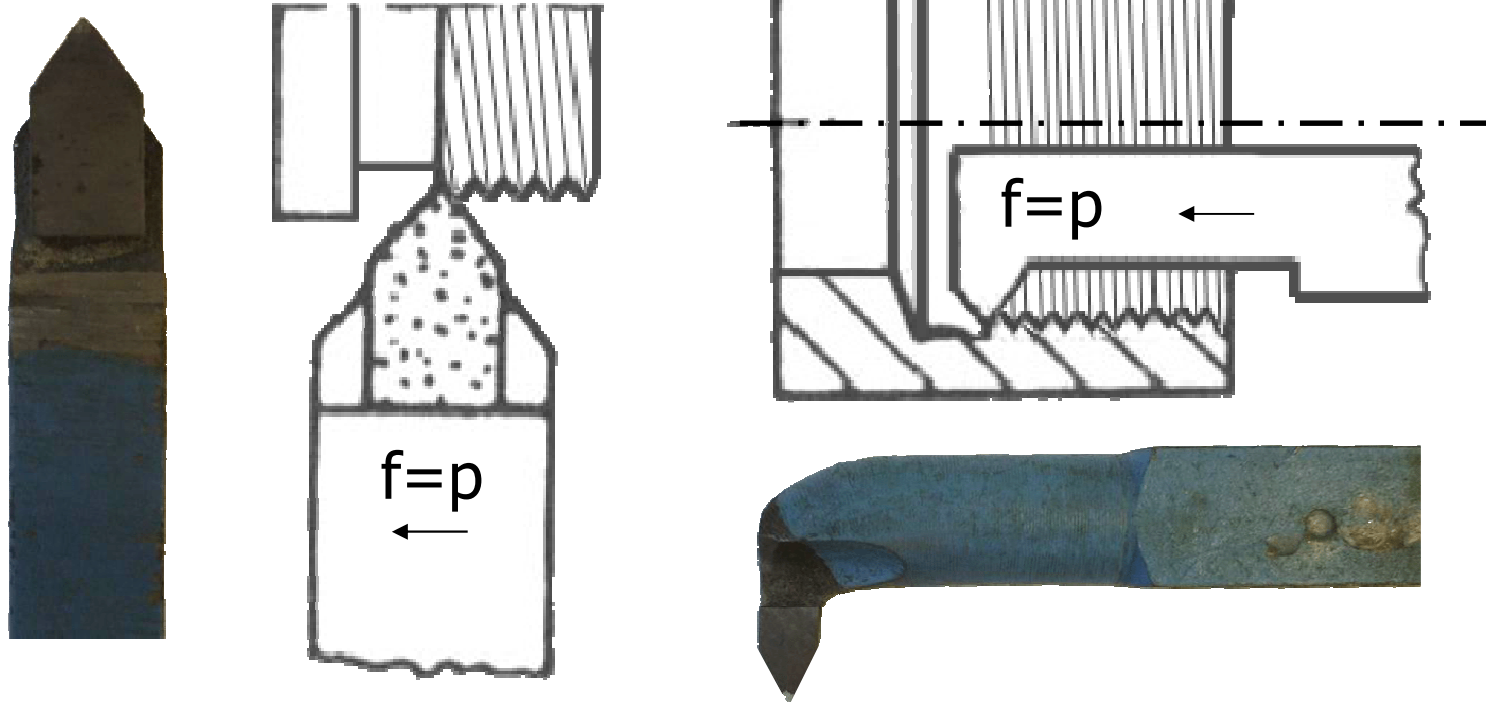
- furatmegmunkálási általános művelete a zsák és furatesztergálás, ahol a munkadarab belső palást- és homloklületét készítjük el.
- átmenő furatkéssel csak csőszerű munkadarabok esztergálhatók, illetve a munkadarabot teljes hosszában ki kell fúrni.
- zsákfuratkéssel fenekes, vagy belső vállas furatok is készíthetők, a teljes homloklület előállítása tengelyközépvonalig tartó elmozdulással valósítható meg, melynek feltétele, hogy a szerszám teljes terjedelmével elférjen a furatban.

Menetmegmunkálás művelete és szerszámai

belső menetesztorgálás

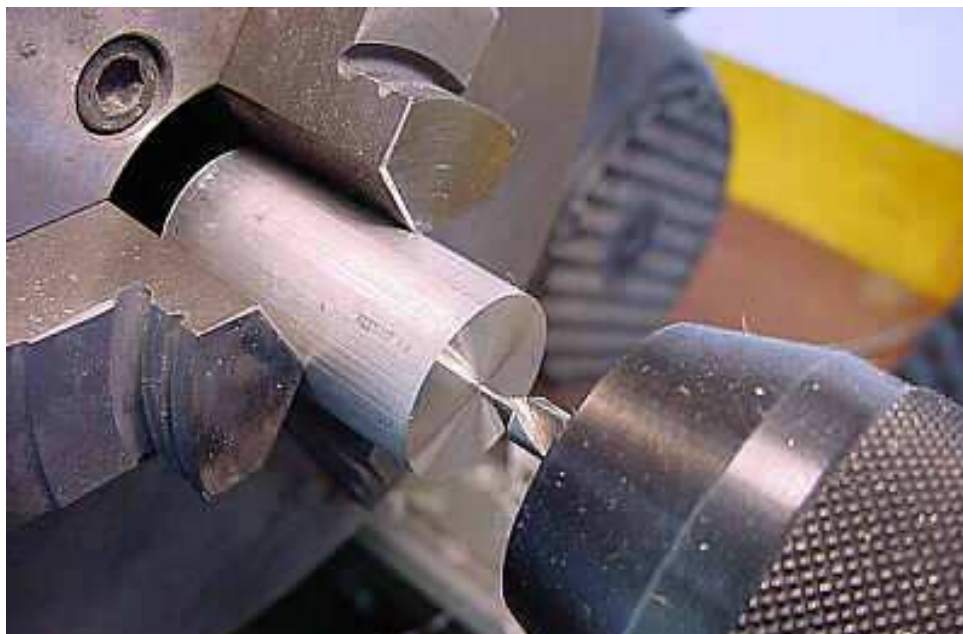
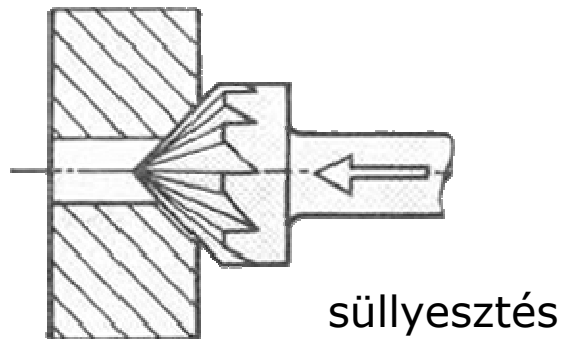
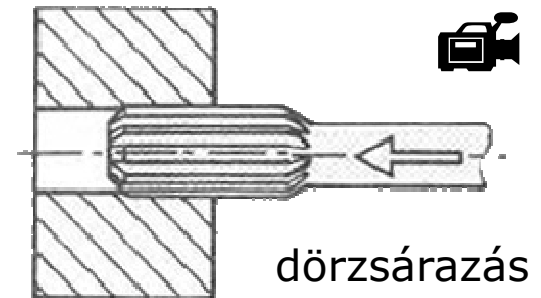
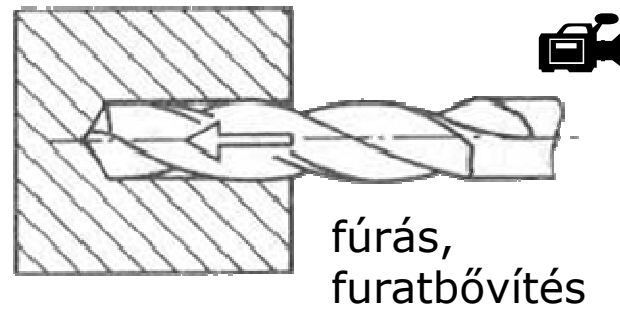
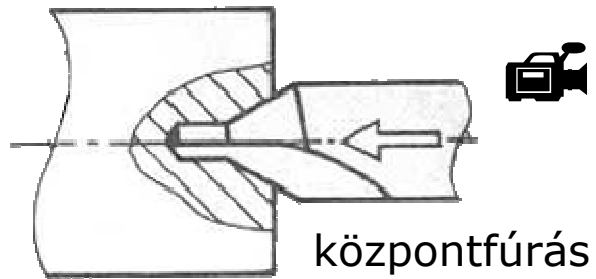


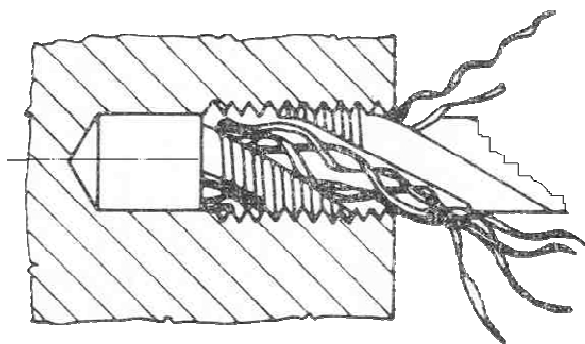
külső menetesztorgálás



- Menetmegmunkálás során a menet profiljával megegyező késsel alakítjuk ki a munkadarabot, a metrikus és withwort menetek eltérő geometriájúak.
- A menetesztorgálásnál gyakran mindkét él forgácsol, a szerszámot nem tehetjük ki nagy igénybevételnek, ezért több fogás eredménye lesz a kész menetprofil.
- Az esztorgagép mellékajtóműve biztosítja a menetemelkedés értékét, a vezérorsóra zárt lakatánya pedig a főajtómű és az alapszán közötti kényszerkapcsolatot.

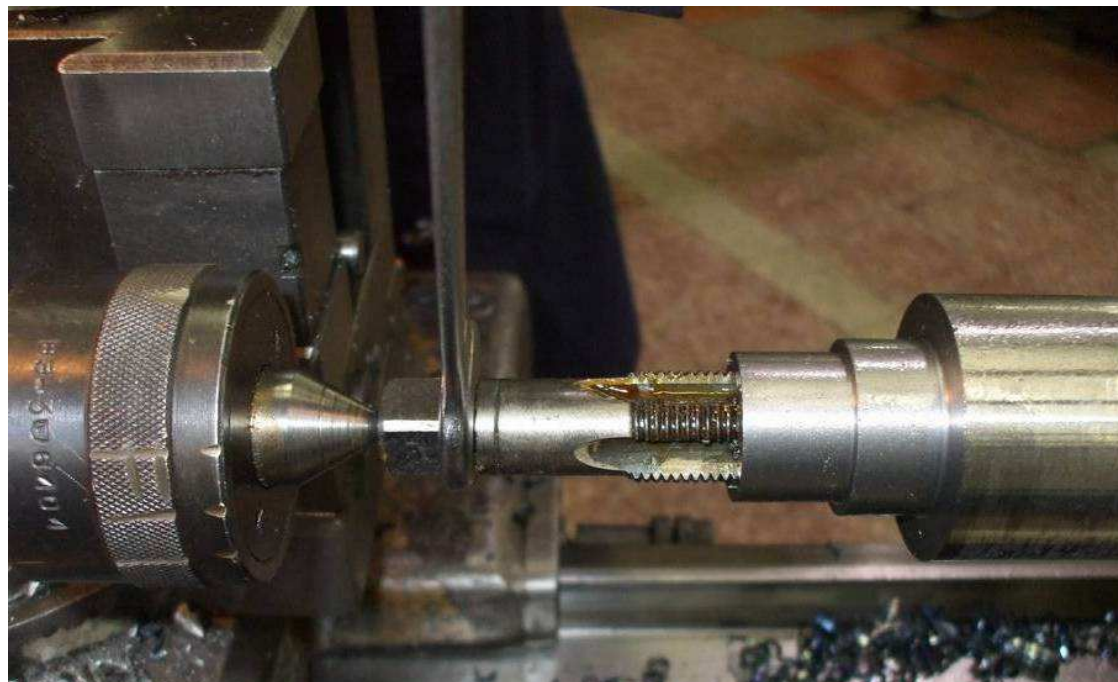
Szegnyeregből végezhető műveletek



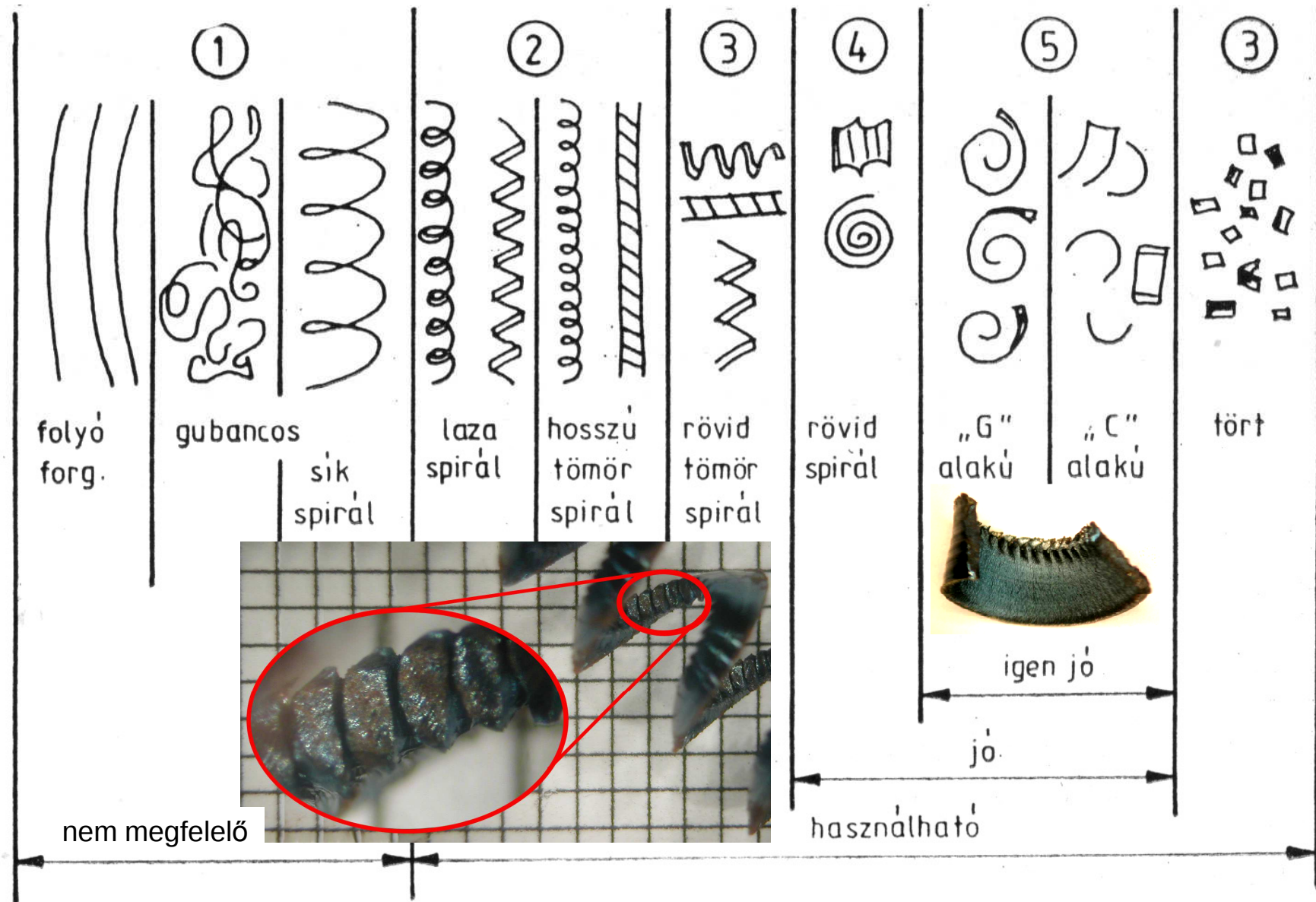


menetfúrás

menetmetszés



3.4. Forgács



Különféle anyagminőségek esztergálhatósága

P

Acél:



K

Öntöttvas:



M

Rozsdamentes acél:



N

Alumínium:



N

Réz, bronz:



N

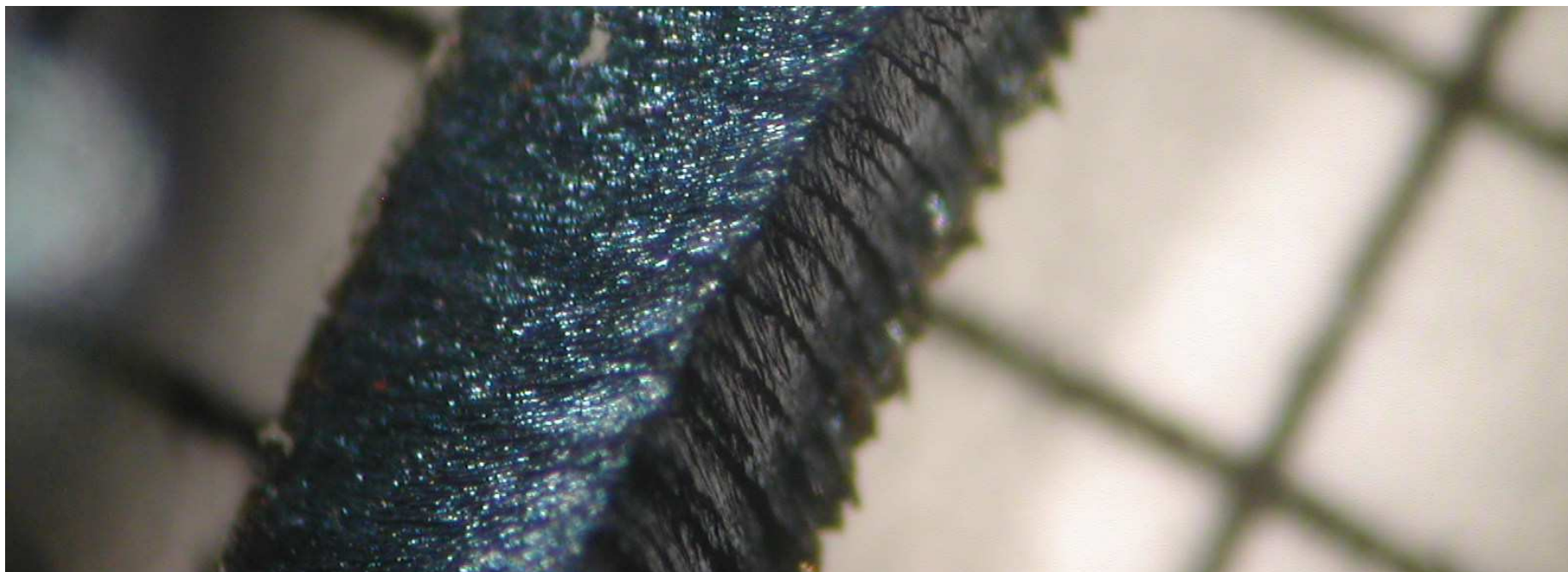
Műanyag:



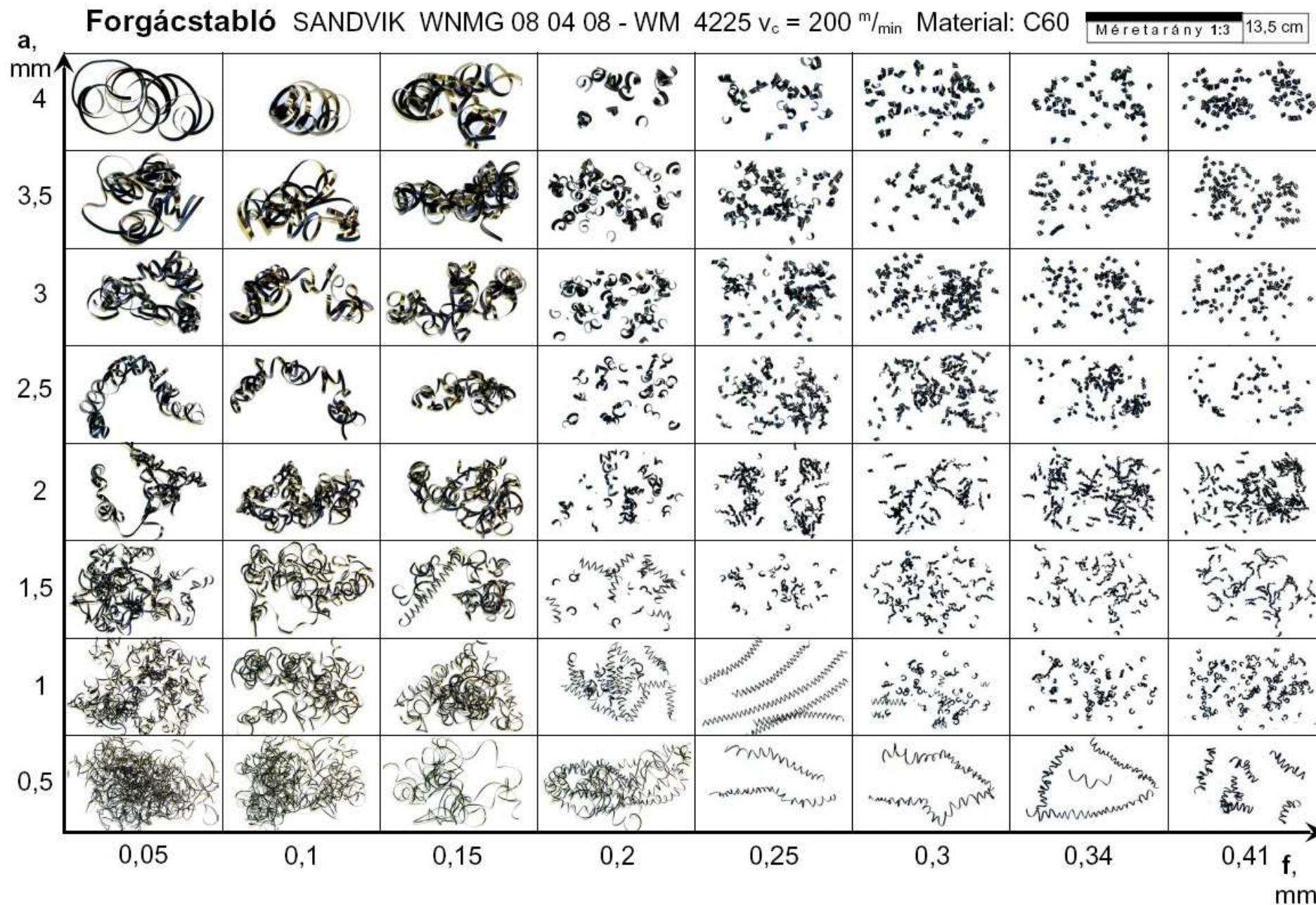
H

Edzett anyagok:

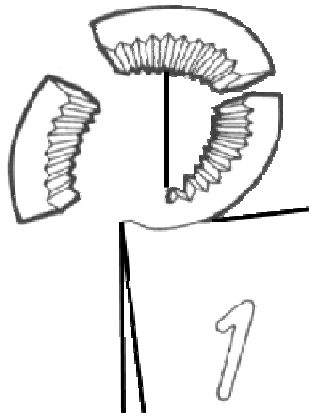




Esztergált forgácsok geometriája a **mellékmozgás** adatainak függvényében

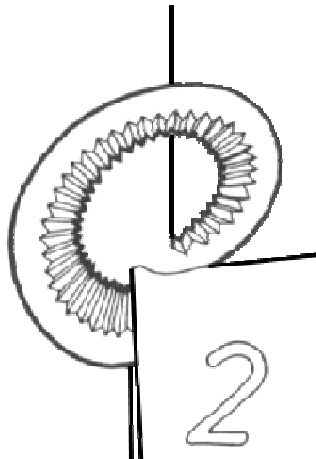
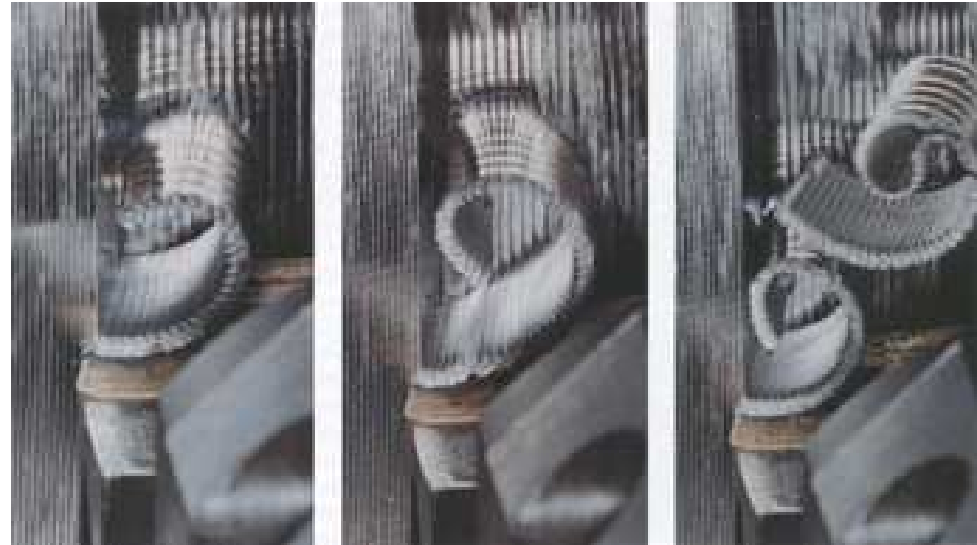


Forgácstörés



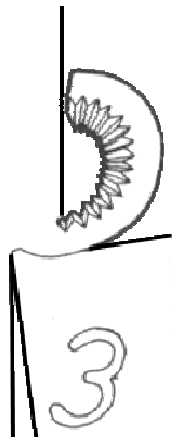
1 – Öntörés

Az ívelés
következtében
önmagától eltörik



2 – Szerszámon eltörő forgács

A körbe hajló forgács a
szerszámmal érintkezve
alakváltozást szenved és
eltörik.



3 – Munkadarabon eltörő forgács

A forgács a megmunkált
felülettel érintkezve
elroppan.



Rozsdamentes acélok esztergálásakor gyakran nehezen törhető a forgács, könnyen feltekeredhet a munkadarabra, tokmányra. A munkadarab sorjásodik.



Edzett acélok esztergálásakor kis keresztmetszetű forgács keletkezik, a magas hőmérséklet miatt 'lángolva' távozik a munkadarabról.