

A termelésinformatika alapjai  
2. gyakorlat:  
Esztergálás, marás

2013/14 2. félév  
Dr. Kulcsár Gyula

# Esztergálás

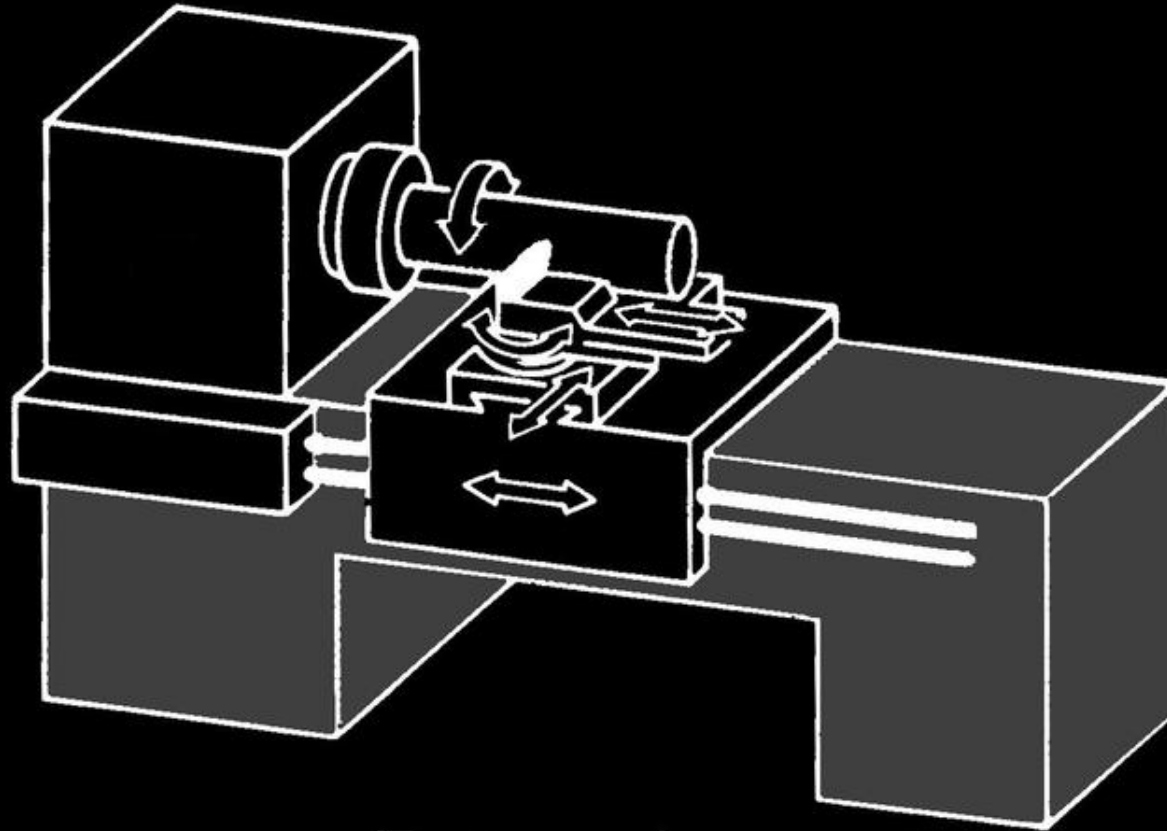
## Forgácsolóeljárások

Forgácsolási mód	Főmozgás		Mellékmozgás		Szerszám-főelek száma
	jellege	végzi	jellege	végzi	
Esztergálás	forgó	munkadarab	egyenes vonalú	szerszám	1
Gyalulás	egyenes vonalú váltakozó	szerszám vagy munkadarab	egyenes vonalú szakaszos	munkadarab vagy szerszám	1
Vésés	egyenes vonalú váltakozó	szerszám	egyenes vonalú szakaszos	munkadarab	1
Fúrás	forgó	szerszám	egyenes vonalú	szerszám	2
Marás	forgó	szerszám	egyenes vonalú	munkadarab vagy szerszám	3-20
Köszörülés	forgó	szerszám	egyenes vonalú vagy forgó	munkadarab vagy szerszám	∞

# Esztergálás

- Határozott élű szerszámmal végzett forgásszimmetrikus forgácsolás.
- Forgácsoló főmozgás: a munkadarab által végzett forgómozgás.
- Mellékmozgások: a szerszám által végzett mozgások (hossz, kereszt, kombinált).
- Szerszáma: forgácsoló kés.
- Hengeres, sík, kúpos, alakos felületek és különböző profilú menetek készíthetők.

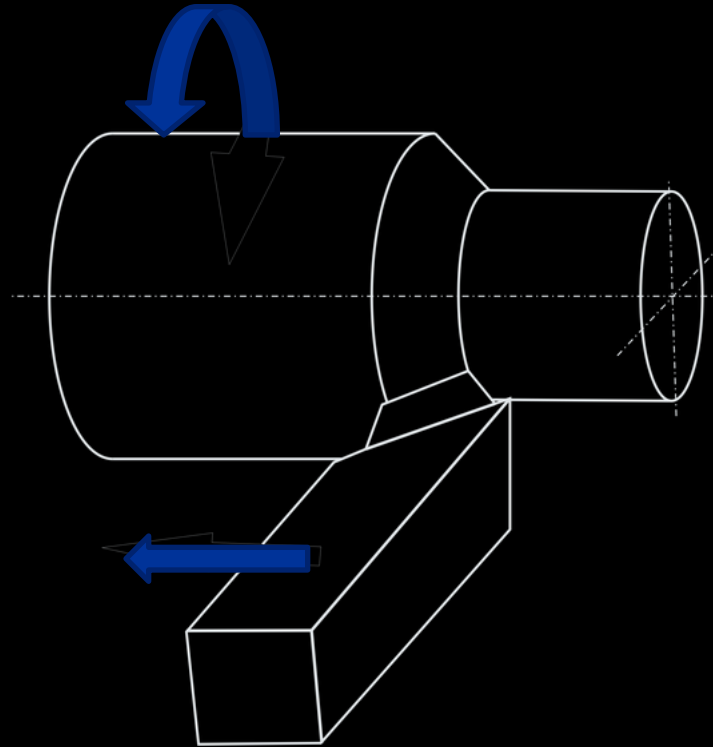
# Esztergagép



Esztergagép

Főmozgás: a munkadarab forgó mozgása  
Mellékmozgás: a szerszám egyenes vonalú előtoló mozgása

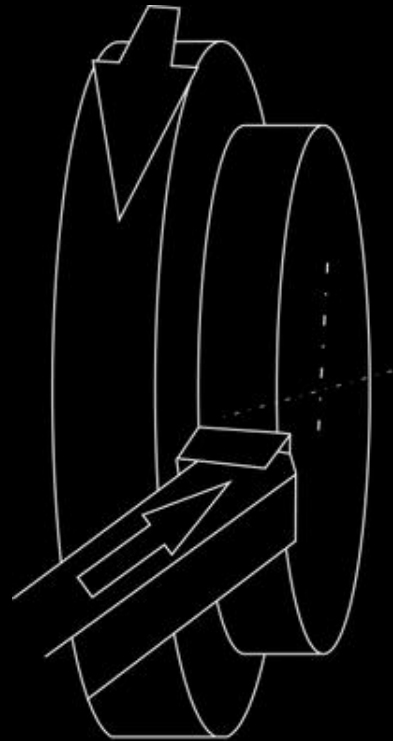
# Hosszesztergálás



# Hosszesztergálás

- A munkadarab palástfelületét azonos átmérővel munkáljuk meg.
- Az előtolás a munkadarab forgási tengelyével párhuzamos, esetleg a tengelyre merőleges.
- Hossz - és lépcsős felületek esztergálásához általában egyenes és hajlított nagyoló, és simító késeket használnak.

# Oldalazási művelet

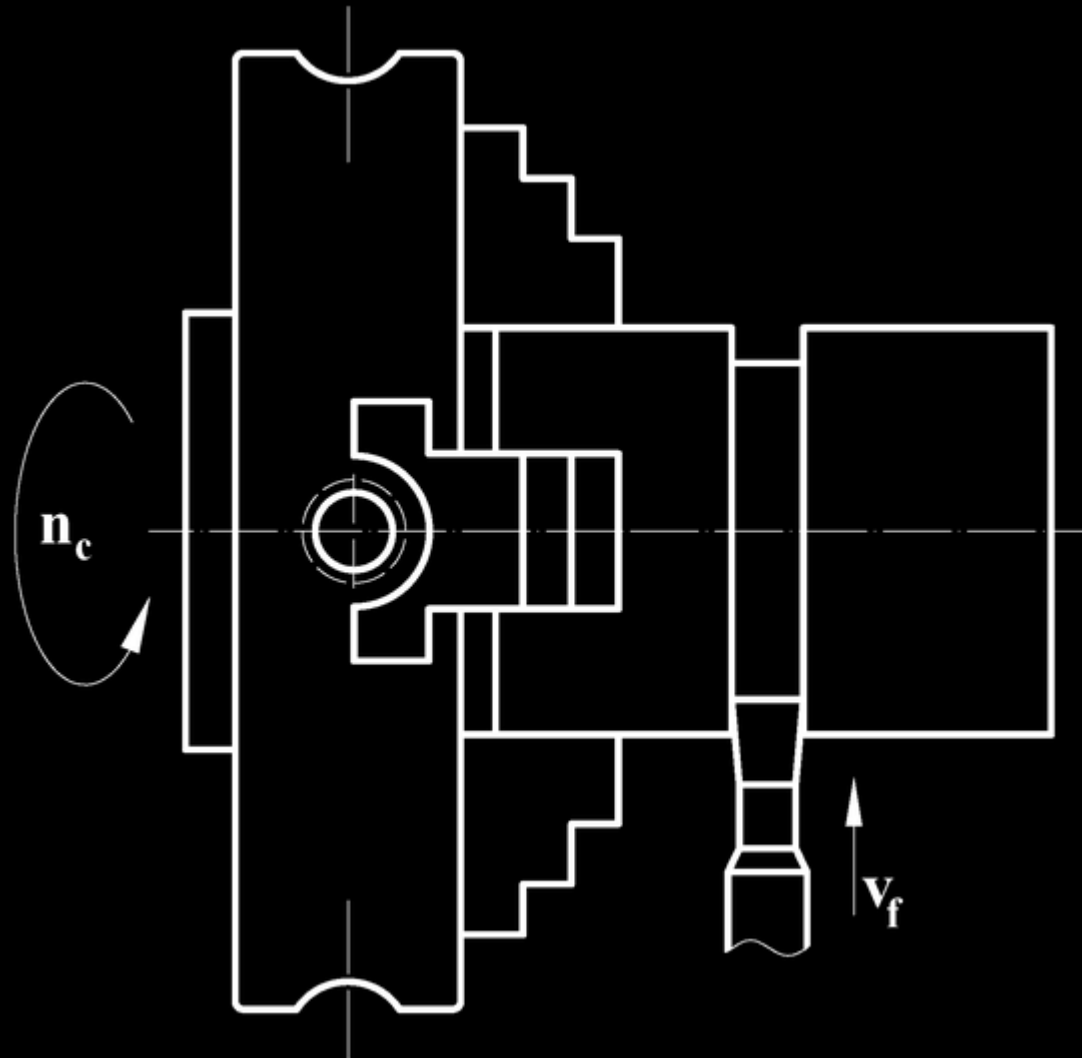




# Oldalazási művelet (síkesztergálás)

- A munkadarab két végén vagy oldalán – tehát sík felületén – a fogásmélység irányában vagy azzal ellentétesen, a tengelyre merőleges irányban végzett megmunkálás.
- A művelethez oldalazókést használunk. Oldalazáskor a hosszszánt rögzítjük, és a keresztoszánnal mozgatjuk.

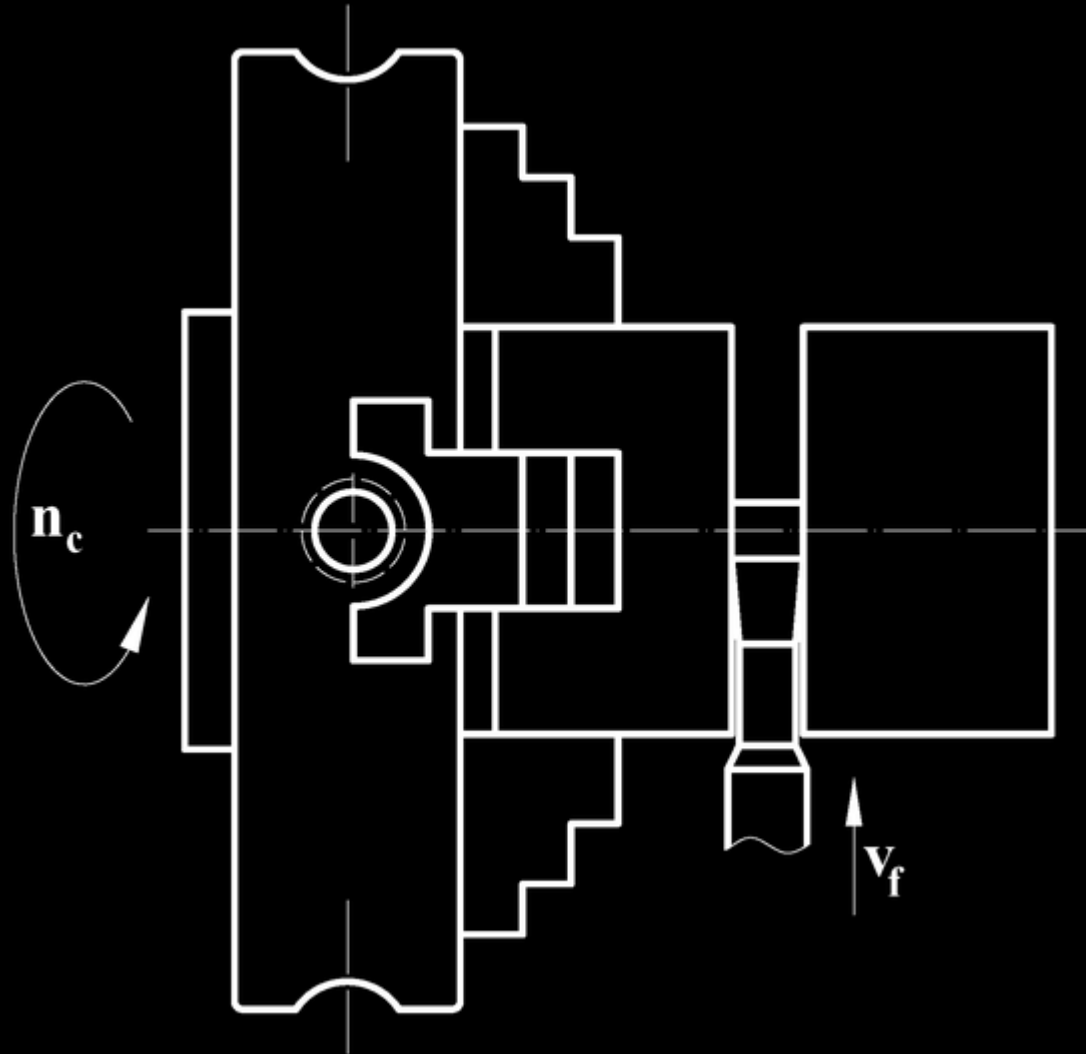
# Beszúrás



# Beszúrás

- A fogásmélység irányában, a munkadarab tengelyére merőlegesen végzett megmunkálás.
- Alkalmazása: horony készítésére, ha esztergálás közben az esztergakésnek szabad kifutást kell biztosítani. Ilyen esetben a beszúrás mélységét mindig a kés fogásvételi mélysége határozza meg.

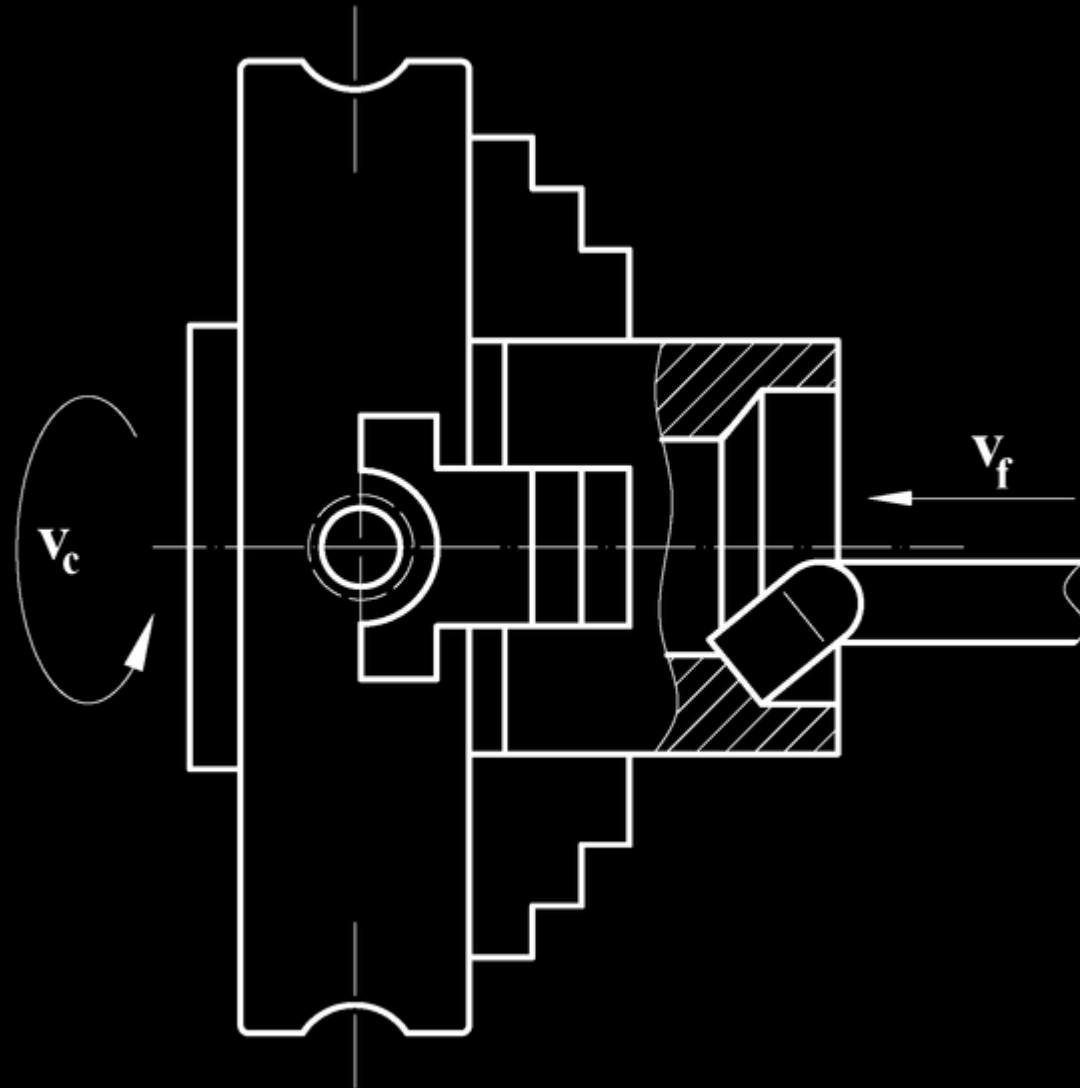
# Leszúrás



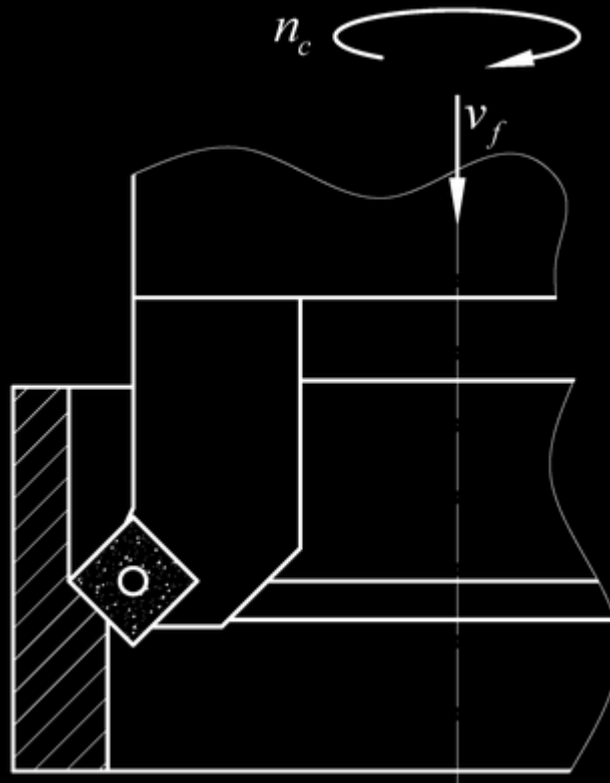
# Leszúrás

- A munkadarab tengelyéig történő beszúrás (esztergán végzett darabolás).
- Különleges késeket használunk, amelyeknek közös jellemzője, hogy vágóélük rövid, a késfej a vágóéltől kezdve befelé és lefelé fokozatosan keskenyedik.

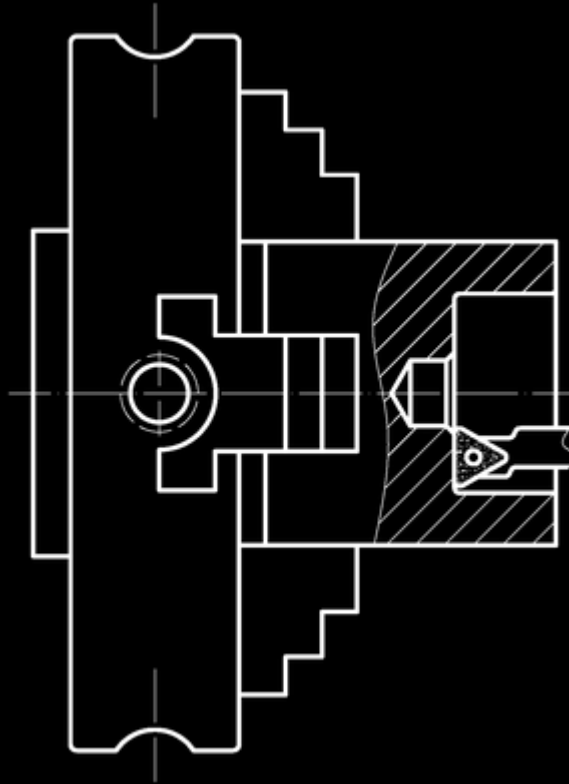
# Furatesztergálás



# Megmunkálás fúrórúddal



# Fenékesztergálás

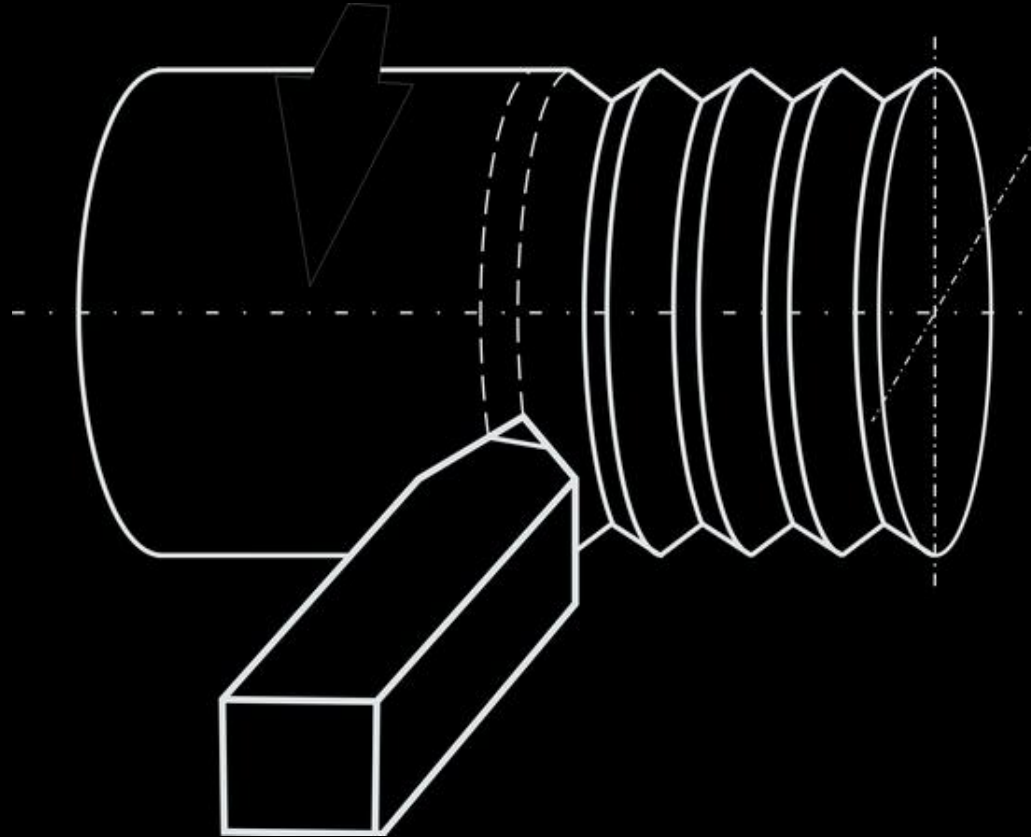




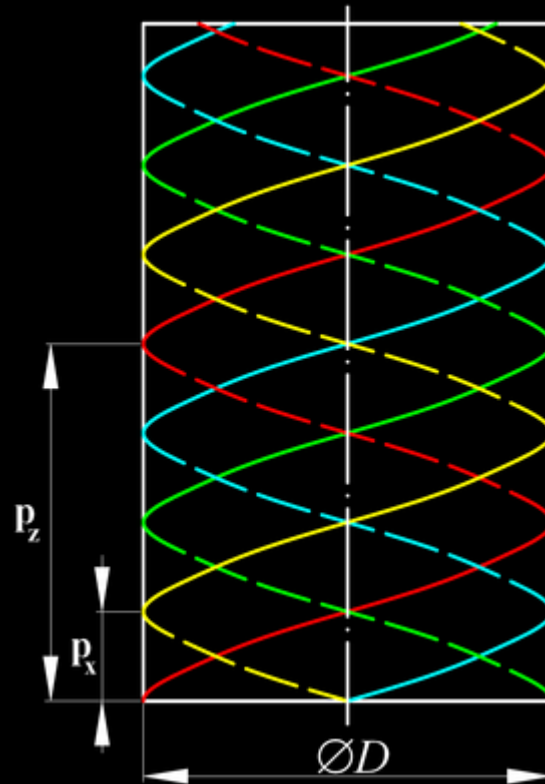
# Furatesztergálás

- Az előfúrt furatot nagyobb átmérőre esztergálja.
- Szerszáma: lyukkés, fúrórúd
- Belső hengeres felületek esztergálással történő megmunkálása lehet:
  - nagyoló,
  - felsimítő,
  - simító esztergálás és
  - finomfúrás.

# Menetesztergálás



# Több-bekezdésű menet



# Menetesztergálás

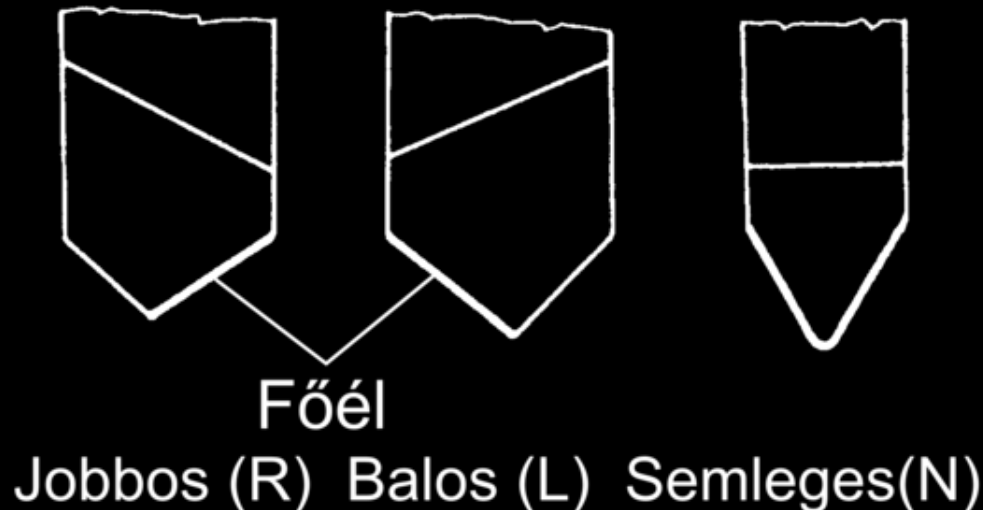
- Célja: külső és belső menetek készítése.
- Menet
  - Szabványos vagy nem szabványos profilú
  - Egy vagy több bekezdésű
- A munkadarab forog, annak forgási tengelyével párhuzamos előtolással mozog a szerszám (menetemelkedés).
- Szerszáma: menetprofilos esztergakés.

# Esztergakés

- Egyélű forgácsoló szerszám,
  - amellyel a munkadarabról az anyagfelesleget távolítjuk el, állandó keresztmetszetű folyamatos forgács alakjában.
  - Két fő funkcionális részre lehet osztani, a késfejre, és a késszárra.
- Csoportosíthatók:
  - Munkavégzés, alak, rendeltetés, anyag szerint

# Esztergakések csoportosítása

- Munkavégzés (mindig előtolás irányban)
  - Jobbos, balos, semleges élkialakítású(A kések állása a dolgozó rész befogórészhez viszonyított helyzetét jelenti.)



# Esztergakések

- Alak szerint
  - Egyenes: a dolgozó része és a befogórésze egy egyenesen van
  - Hajlított:



**Hajlított  
nagyoló kés**



**Hajlított  
simító kés**

# Esztergakések

- Élgeometria szerint:
  - Sokféle lehet főként beszúrás esetén
  - Pl. alakos
    - Hasábos kés
    - Körkés stb.



# Esztergakések

- Rendeltetésük szerint:
  - nagyoló-
  - simító-
  - beszűrő-
  - leszűrő-
  - furatkések,
  - egyéb alakos forgácsológések.

# Esztergakések

- Anyag szerint:
  - tömör
    - szerszámacél
  - tompán hegesztett
    - szerkezeti acél szár
    - gyorsacél fej
  - cserélhető lapkás kivitelű esztergakések
    - szerkezeti acél szár
    - gyorsacél, keményfém, kerámia, gyémánt lapkás

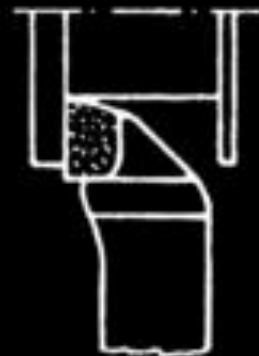
# Keményfém-lapkás esztergakések



Egyenes  
forgácsolókés



Hajlított  
forgácsolókés



Oldalélű  
forgácsolókés



Széles  
forgácsolókés



Homlokélű  
forgácsolókés



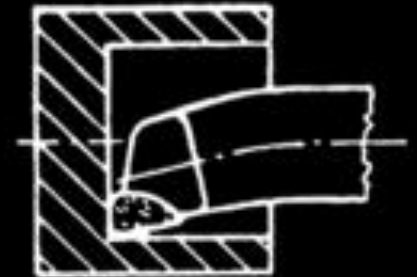
Hegyes  
forgácsolókés



Beszűrő  
forgácsolókés

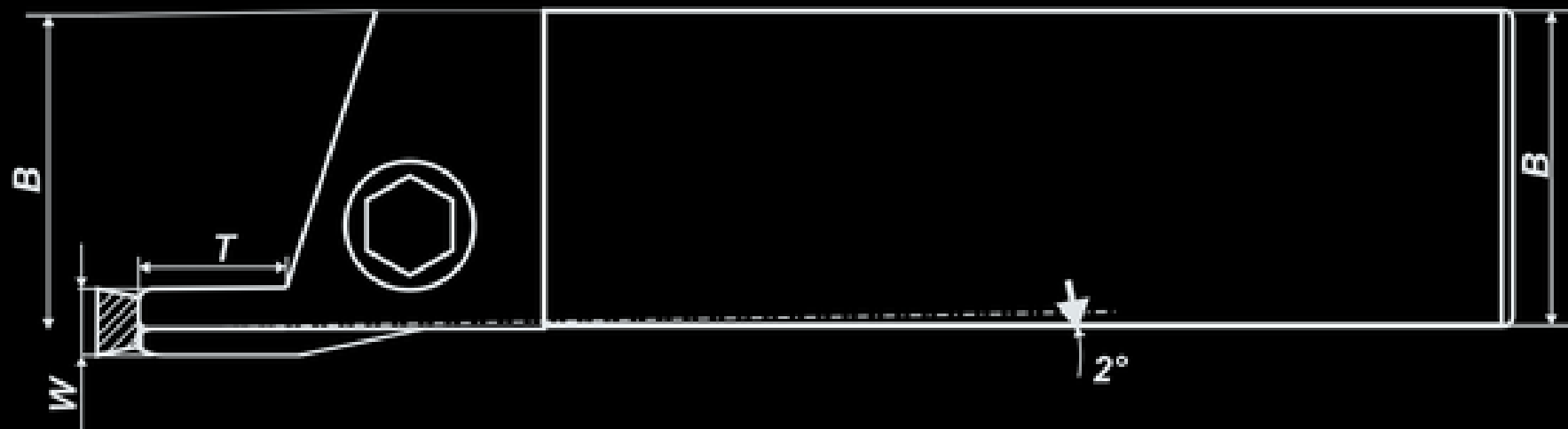
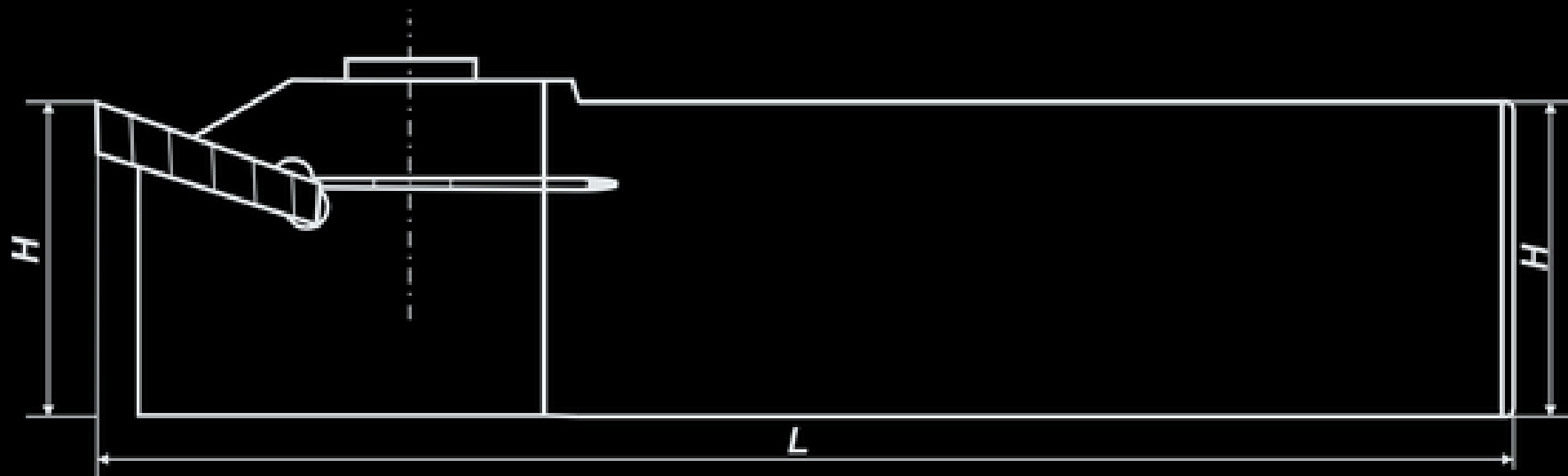


Furatkés  
átmenőfurathoz

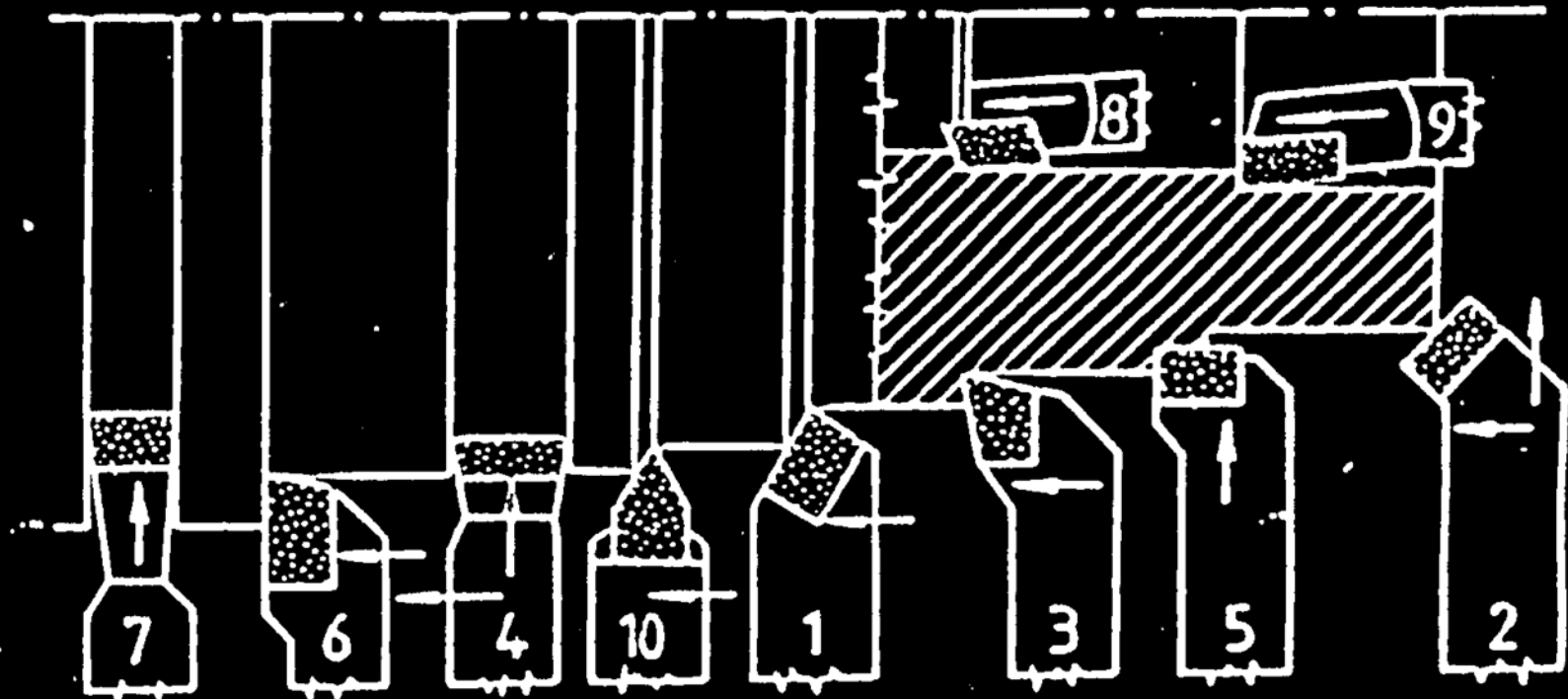


Furatkés  
zsákfurathoz

# Szerelt lapkás esztergákés

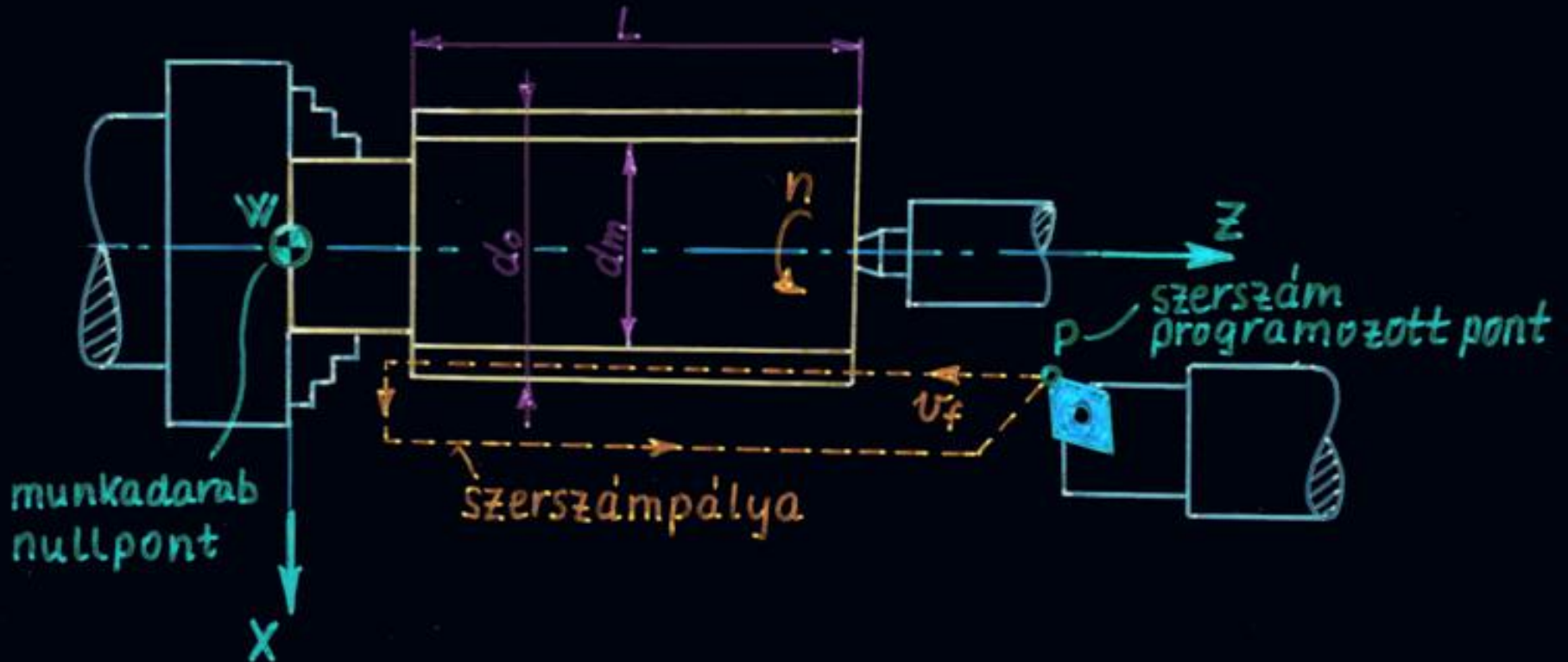


Feladat: nevezze meg az alábbi  
szerszámokat és esztergálási műveleteket!



A forrasztott keményfémlapkás szerszámok fajtái  
és alkalmazási lehetőségei

# Külső hengeres felület esztergálása



# Külső hengeres felület esztergálása

$d_0$ : nyersdarab átmérő (mm)

$d_m$ : készdarab átmérő az  
m. fogás után (mm)

$L$ : megmunkálandó hossz (mm)

$a_p$ : fogásmélység (mm)

$$\sum_{i=1}^m a_p = \frac{d_0 - d_m}{2}$$

$n$ : főorsó fordulatszám

$v_c$ : forgácsolási sebesség (m/min)

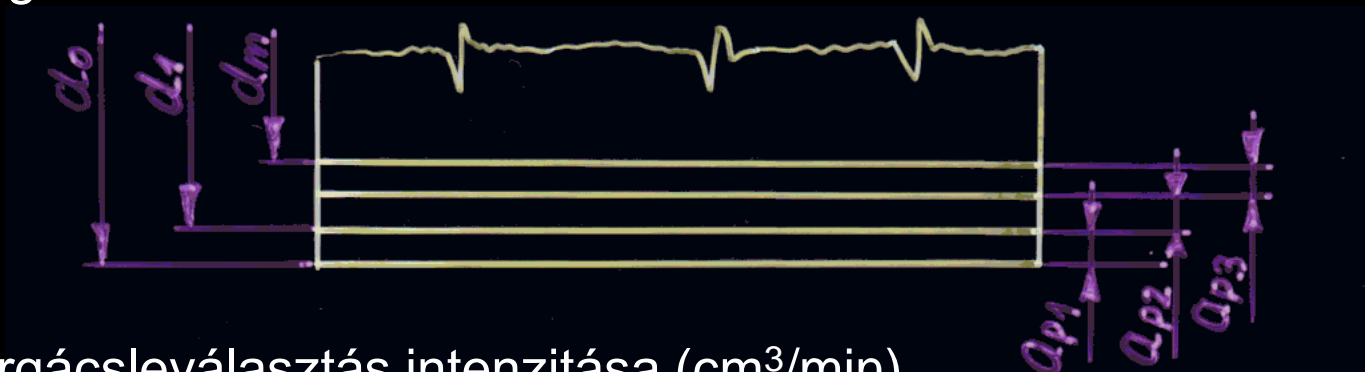
$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}$$

$f$ : előtolás (mm/ford)

$v_f$ : előtoló sebesség (m/min)

$$v_f = f_z \cdot n$$

## Forgácsleválasztási terv



$Q_i$ : forgácsleválasztás intenzitása ( $\text{cm}^3/\text{min}$ )

$$Q_i = v_{cki} \cdot f \cdot a_p$$

$v_{cki}$ : közepes forgácsolósebesség az  $i$ . anyagréteg leválasztásánál ( $\text{m}/\text{min}$ )

$$v_{cki} = \frac{d_{ki} \cdot \pi \cdot n}{1000} \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

$d_{ki}$ : közepes átmérő az  $i$ . anyagréteg leválasztásánál ( $\text{mm}$ )

$$d_{ki} = \frac{d_i + d_{i+1}}{2}$$



$$Q_i = \frac{d_{ki} \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{m}} \cdot \frac{v_f}{n} \cdot a_{pi} = \frac{d_{ki} \cdot \pi \cdot a_{pi}}{1000 \frac{mm}{m}} \cdot v_f$$

$V_{mi}$ : leválasztandó térfogat az i. anyagréteg leválasztásánál ( $cm^3$ )

$$V_{mi} = \frac{d_{i-1}^2 - d_i^2}{4 \cdot 1000 \frac{mm^3}{cm^3}} \cdot \pi \cdot L$$

$V_m$ : leválasztandó térfogat ( $cm^3$ )

$$V_m = \sum_{i=1}^m V_{mi} = \frac{d_0^2 - d_m^2}{4 \cdot 1000 \frac{mm^3}{cm^3}} \cdot \pi \cdot L$$

$t_{mi}$ : forgácsolás főideje az i. anyagréteg leválasztásánál (min)

$$t_{mi} = \frac{V_{mi}}{Q_i} = \frac{L}{v_f}$$

$t_m$ : forgácsolás főideje (min)

$$t_m = \sum_{i=1}^m t_{mi} = m \cdot \frac{L}{v_f}$$

## A forgácskeresztmetszet:

$\kappa_r$ : szerszám (főél) elhelyezkedési szög (fok)



$b$ : forgácsszélesség (mm)

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

$h$ : forgácsvastagság (mm)

$$h = f_{z1} \cdot \sin \kappa_r$$

$A_a$ : forgácskeresztmetszet (mm<sup>2</sup>)

$$A = f \cdot a_{pi} = b \cdot h$$

A forgácsolóerő:

$F_c$ : főforgácsoló erő (N)

$$F_c = k_c A$$

$k_c$ : fajlagos forgácsolóerő

(N/mm<sup>2</sup>),

$k_c = f(h, b, \text{anyagminőség, élgeometria, hűtés, kopottság})$

$$F_c = c_F \cdot v_c^{z_F} \cdot f^{x_F} \cdot a_p^{y_F} \cdot k_E$$

$c_F$ : konstans  $\left(\frac{\text{min} \cdot \text{N}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}\right)$

$z_F \approx 0,1; x_F \approx 0,75; y_F \approx 1$

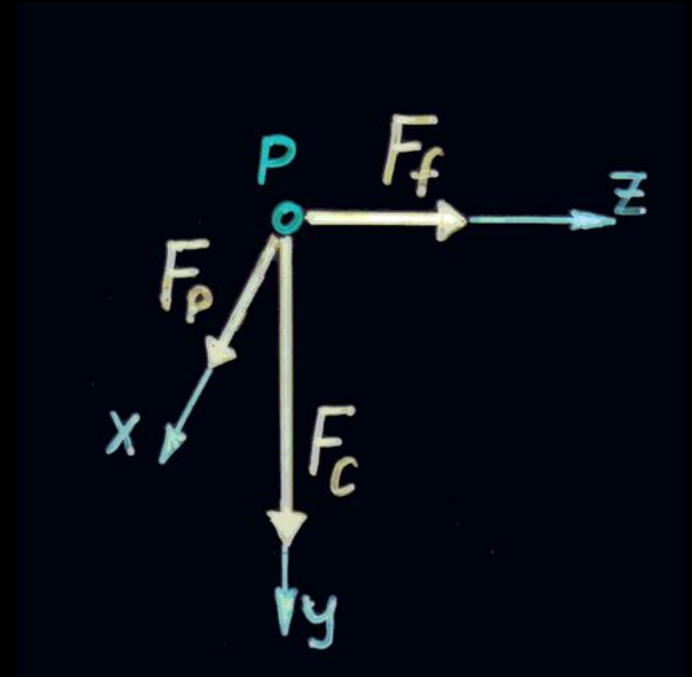
$k_E$ : korrekciós tényezők eredője

$F_f$ : előtolás irányú erők (N)

$F_p$ : fogásvétel irányú erő (N)

$p$ : fajlagos élterhelés (N/mm)

$$p = \frac{F_c}{b} = k_c \cdot h$$



$$F_c : F_f : F_p = 1 : (0,25-0,32) : (0,40-0,25)$$

M: forgácsolási nyomaték (Nm)

$$M = \frac{F_c \cdot d_k}{2000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}$$

P: forgácsolási teljesítmény

$$P = F_c v_c + F_f v_f \approx F_c v_c$$

$$P = F_c \cdot \frac{d_k \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} = M \cdot n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} = M \cdot \omega$$

$\omega$ : szögsebesség (radián/s)

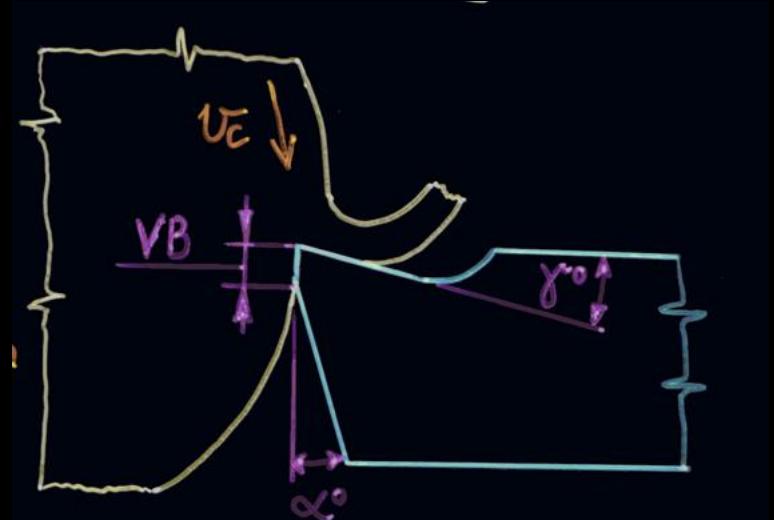
A szerszámkopás:

$\gamma^0$ : homlokszög (fok)

$\alpha^0$ : hátszög (fok)

VB: hátkopás (mm)

$VB_{\max} = 0,3 - 0,8 \text{ mm}$



Taylor egyenlete:

$$v_c \cdot T^m = C_v$$

$$m = -1/k = 0.25 \quad (k = -4 \sim -3)$$

$C_v = \text{konstans}$

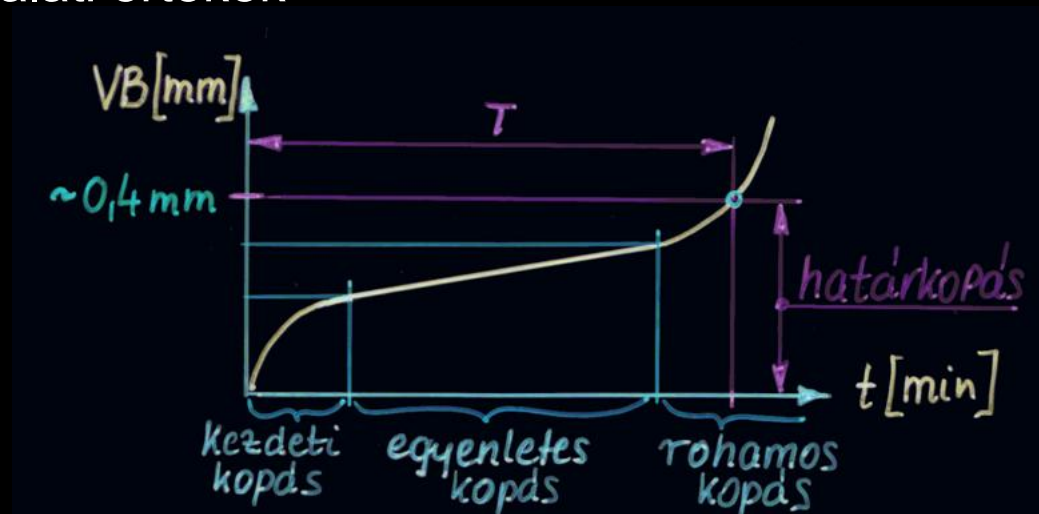
$C_v = v_c$ , ha  $T = 1 \text{ min}$

Bővített Taylor egyenlet:

$$v_c = \frac{C_v}{f^p \cdot a_p^q \cdot T^m} \cdot VB^n$$

ahol

$p, q, m, n$  tapasztalati értékek



### **Mintapélda:**

Normalizált, C45 anyagú rúdacélból  $d=92$  mm átmérőjű,  $L=250$  mm hosszúságú munkadarabokat esztergálunk. Kiinduló átmérő  $d_0=100$  mm. Főorső fordulatszám = 500 ford/min, fogásmélység  $a_p=2$  mm, előtolás  $f=0,5$  mm/ford. A fajlagos forgácsolóerő  $k_c=2250$  N/mm<sup>2</sup>.

### **Határozzuk meg:**

1. A fogások számát ( $m=?$ )
2. Az előtolás sebességét ( $v_f=?$ )
3. A forgácsolási főidőt ( $t_m=?$ )
4. A főforgácsolóerőt ( $F_c=?$ )
5. A forgácsolás teljesítményét az első fogásnál. ( $P_1=?$ )

# Megoldás excelben

L=	250	mm				
d=	92	mm		m=?	2	
d0=	100	mm		vf=?	250	mm/min
n=	500	ford/min		tm=?	2	min
ap=	2	mm		Fc=?	2250	N
f=	0,5	mm/ford		P1=?	5,831581	kW
kc=	2250	N/mm2				
m=	$(d0-d)/(2*ap)=$	2				
vf=	$n*f=$	250	mm/min			
tm=	$L*m/vf=$	2	min			
Fc=	$kc*A=kc*ap*f=$	2250	N			
P1=	$M*\omega=$	5831,581363	W	5,831581	kW	
M=	$Fc*dk/2=$	111375	Nmm=	111,375	Nm	
dk=	$(d0+d1)/2=$	$(d0+d0-ap)/2=$	99	mm		
omega=	$2*Pi*n=$	3141,592654	rad/min=	52,35988	rad/s	

## Mintapélda:

Egy hosszesztergálási műveletnél mekkora lehet a forgácsolósebesség a bővített Taylor egyenlet alapján, ha:

$$T=30 \text{ min}$$

$$a_p=2 \text{ mm}$$

$$f=0,4 \text{ mm/ford}$$

$$p=0,33$$

$$q = 0,08$$

$$C_v=350$$

$$VB=0,6 \text{ mm}$$

$$n=0,5$$

$$K=-4$$

Megoldás:

$$m = -\frac{1}{k} = -\frac{1}{-4} = 0.25$$

$$v_c = \frac{C_v}{f^p \cdot a_p^q \cdot T^m} \cdot VB^n = \frac{350}{0.4^{0.33} \cdot 2^{0.08} \cdot 30^{0.25}} \cdot 0.6^{0.5} = 148 \frac{m}{min}$$



# Források

1. Tóth T., Dudás L., Hornyák O.:  
Termelési rendszerek és folyamatok,  
gyakorlati jegyzet, Miskolci Egyetem,  
Alkalmazott Informatikai Tanszék.
2. <http://sdt.sulinet.hu/>  
Szakképzés → gépészet → forgácsolás →  
esztergálás

Marás

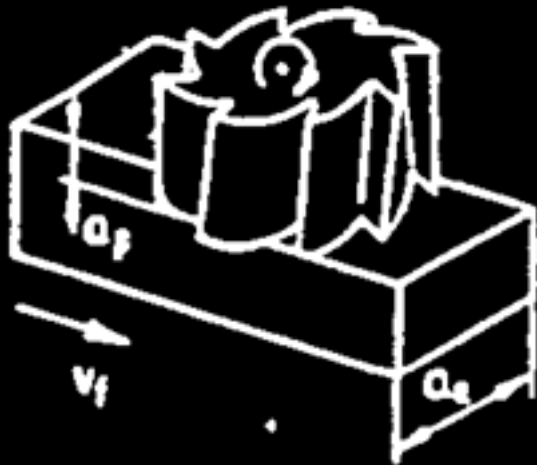
## Forgácsolóeljárások

Forgácsolási mód	Főmozgás		Mellékmozgás		Szerszám-főelek száma
	jellege	végzi	jellege	végzi	
Esztergálás	forgó	munkadarab	egyenes vonalú	szerszám	1
Gyalulás	egyenes vonalú váltakozó	szerszám vagy munkadarab	egyenes vonalú szakaszos	munkadarab vagy szerszám	1
Vésés	egyenes vonalú váltakozó	szerszám	egyenes vonalú szakaszos	munkadarab	1
Fúrás	forgó	szerszám	egyenes vonalú	szerszám	2
Marás	forgó	szerszám	egyenes vonalú	munkadarab vagy szerszám	3-20
Köszörülés	forgó	szerszám	egyenes vonalú vagy forgó	munkadarab vagy szerszám	$\infty$

# Marás

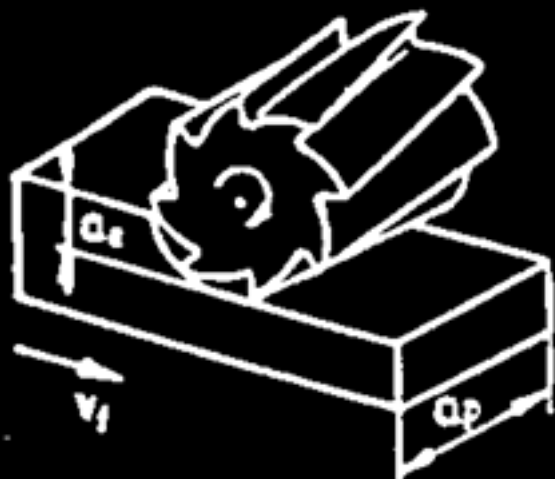
- Szabályosan többélű forgácsoló szerszámmal végzett megmunkáló eljárás.
- Forgácsoló főmozgás: a marószerszám által végzett forgómozgás.
- Előtoló mellékmozgás: a munkadarab, vagy a szerszám által végezett (legtöbbször egyenes vonalú) mozgás.
- A marásnak két alapeljárása van:
  - palástmarás,
  - homlokmarás.

# Homlokmarás



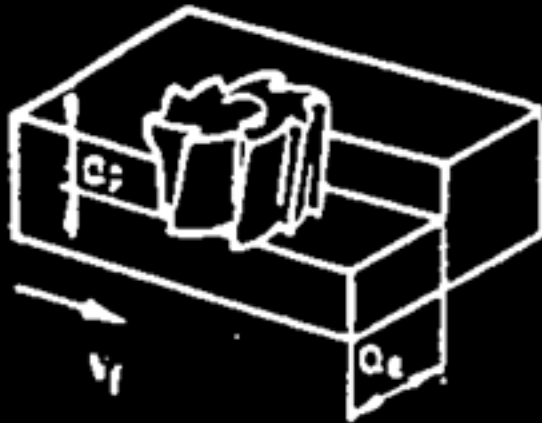
- A maró forgástengelye merőleges a megmunkált felületre.
- Paláston a főélek, homlokon a mellékélek forgácsolnak.
- Megmunkált felület: sík.

# Palástmarás



- A maró forgástengelye párhuzamos a mart felülettel.
- A paláston lévő főélek forgácsolnak.
- Megmunkált felület: sík.

# Palást-homlokmarás



- A paláston a főélek, a homlokon a mellékélek forgácsolnak.
- Megmunkált felület: lépcsős (derékszög).

# Ellenirányú marás

- Hagyományos eljárás.
- Bármilyen marógépen kivitelezhető.





# Egyenirányú marás

- Újabb keletű eljárás.
- Játékmentes asztal mozgatású gépet igényel.



# Marószerszámok



➤ Ujjmaró



➤ Süllyesztékmaró



➤ Hosszlyukmaró



➤ T-horonymaró



➤ Ívesreterszhoronymaró

# Marószerszámok



- Szögmaró szár felé csökkenő kúppal



- Szögmaró szár felé növekvő kúppal



- Kúpos süllyesztékmaró



- Gömbölyűvégű kúpos süllyesztékmaró

# Palástmarás mozgási és forgácsolási viszonyai

A maró forgástengelye párhuzamos a megmunkált felülettel.

$z$ : a maró fogainak száma

$f_z$ : fogankénti előtolás (mm)

$a_e$ : fogásmélység (mm)

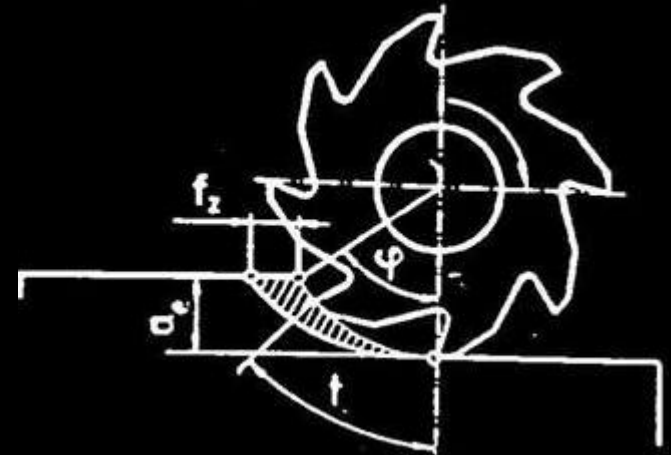
$n$ : maró fordulatszám (ford/min)

$v_f$ : előtolás sebessége

$$v_f = z \cdot f_z \cdot n$$

$t$ : a maró fogosztása (mm)

$$t = \frac{d \cdot \pi}{z}$$



# Palástmarás geometriai és forgácsleválasztási jellemzői

Változó keresztmetszetű (bajusz alakú)  
forgács szakaszos leválasztása.

$d$  : maróátmérő (mm)

$i$  : forgácsolási ív hossza (mm)

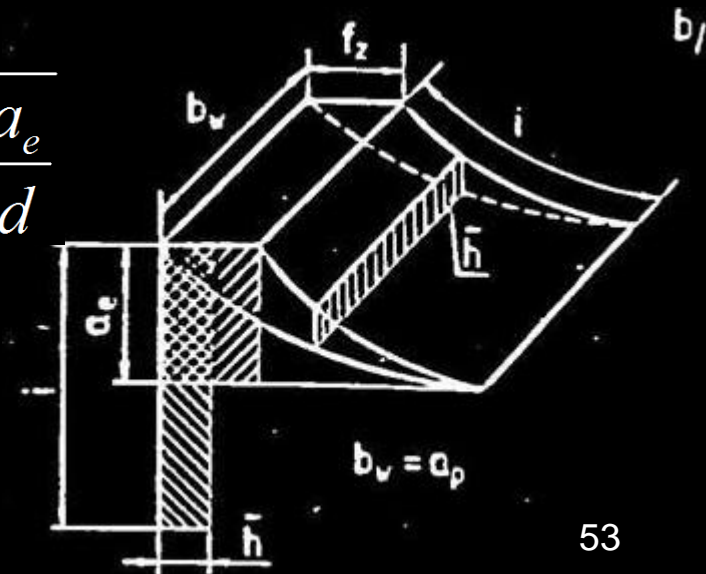
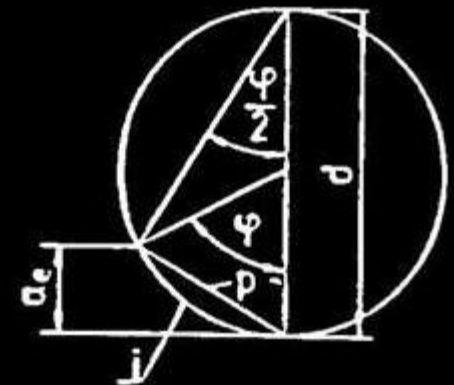
$$i \approx p \approx \sqrt{a_e \cdot d} \quad (\varphi < 30^\circ)$$

$\bar{h}$  : közepes forgácsvastagság (mm)

$$\bar{h} \cdot i \cdot b_w = a_e \cdot f_z \cdot b_w \Rightarrow \bar{h} = f_z \cdot \frac{a_e}{i} \approx f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d}}$$

$Q$ : a forgácsleválasztás intenzitása (cm<sup>3</sup>/min)

$$Q = \frac{a_e \cdot b_w \cdot v_f}{1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}}$$



# Palástmarás erőszükséglete

A leggyakoribb palástmarók furatosak és ferde élűek. A ferde él nyugodt, rezgésmentes járást és kis erőhullámzást biztosít a szerszámnak. A nagyobb marók éle hullámos vagy forgácstörő hornyokkal tagolt.

$F_{c1}$ : egy fogra eső forgácsolási sebesség irányú erő (N)

$$F_{c1} = k_c \cdot A_c = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h}$$

$k_c$ : fajlagos forgácsolóerő (N/mm<sup>2</sup>)

$A_c$ : átlagos forgácskeresztmetszet (mm<sup>2</sup>)

$F_c$ : teljes forgácsolási sebesség irányú erő (N)

$$F_c = \Psi \cdot F_{c1}$$

$\Psi$ : kapcsolószám (az egyidejűleg forgácsoló fogak száma)

$$\Psi = \frac{i}{t} \approx \frac{p}{t} = \frac{z \cdot \sqrt{a_e \cdot d}}{d \cdot \pi} = \frac{z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d}}$$

# Palástmarás erő- és teljesítményszükséglete

$F_c$  (közéérték) behelyettesítve:

$$F_c = k_c \cdot a_e \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{z}{d \cdot \pi}$$

$P_c$ : teljesítményszükséglet (W)

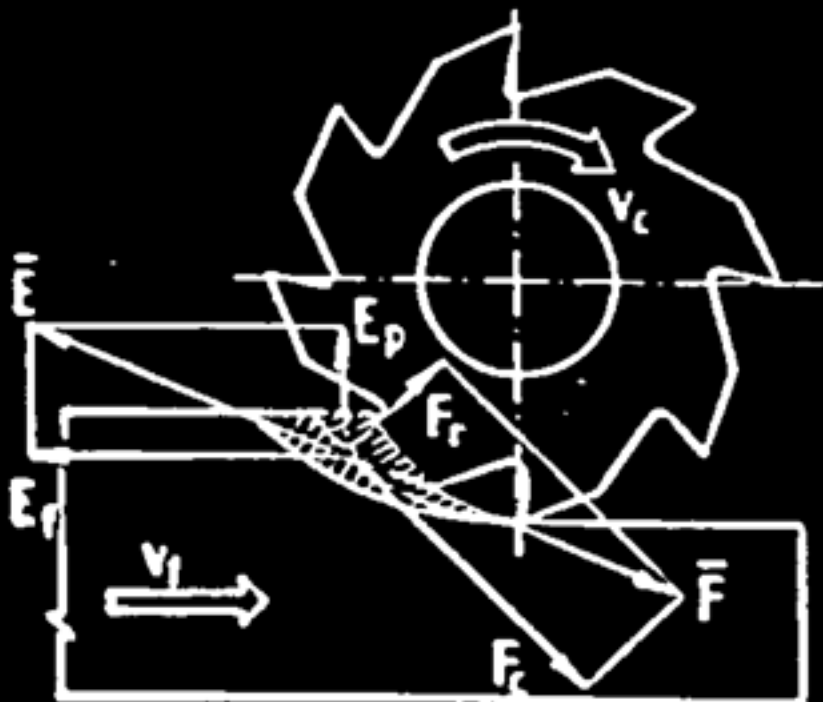
$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \frac{s}{\min}}$$

$v_c$ : forgácsoló sebesség

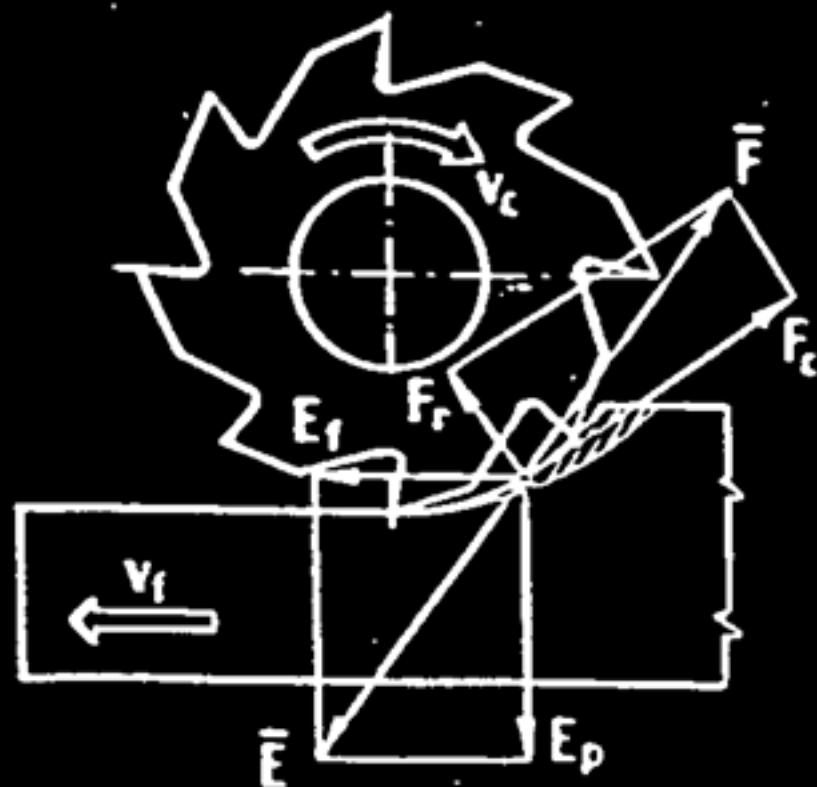
$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{\min}}$$

# Palástmarás erőviszonyai

Ellenirányú marás

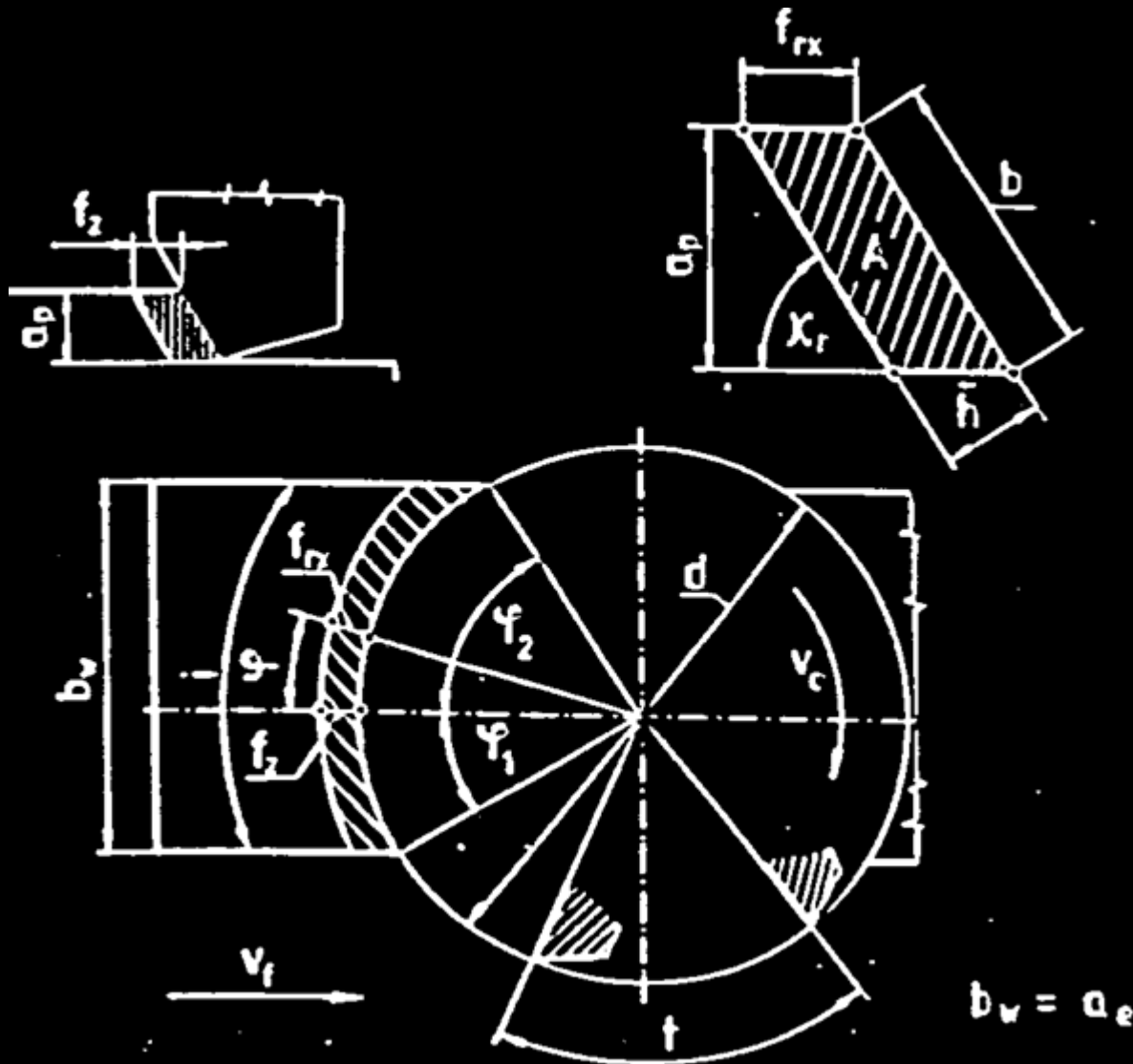


Egyenirányú marás





# Homlokmarás



# Homlokmarás mozgási és forgácsolási viszonyai

A maró forgástengelye merőleges a megmunkált felületre.  
A megmunkált felület mindig síkfelület.

Geometriai viszonyok

$f_{rx}$ : közepes forgácsvastagságnak megfelelő fogankénti előtolás (mm)

Területegyenlőség:

$$f_{rx} \cdot i = f_z \cdot b_w \Rightarrow f_{rx} = \frac{f_z \cdot b_w}{i} = f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

$\bar{h}$ : közepes forgácsvastagság (mm)

$$\bar{h} = f_{rx} \cdot \sin \kappa_r$$

# Homlokmarás erő- és teljesítményszükséglete

$F_{c1}$ : egy fogra jutó főforgácsolóerő (N)

$$F_{c1} = k_c \cdot A = k_c \cdot b \cdot \bar{h} = k_c \cdot a_p \cdot f_{rx}$$

$F_c$ : teljes főforgácsolóerő (N)  $F_c = \Psi \cdot F_{c1} = \frac{i}{t} \cdot F_{c1}$

t: fogosztás (mm)  $t = \frac{d \cdot \pi}{z}$

$\Psi$ : kapcsolószám (az egyidejűleg forgácsoló fogak száma)

$$\Psi = \frac{(\varphi_1 + \varphi_2) \cdot z}{360^\circ}$$

P: a teljesítményszükséglet (W)  $P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \frac{s}{\min}}$

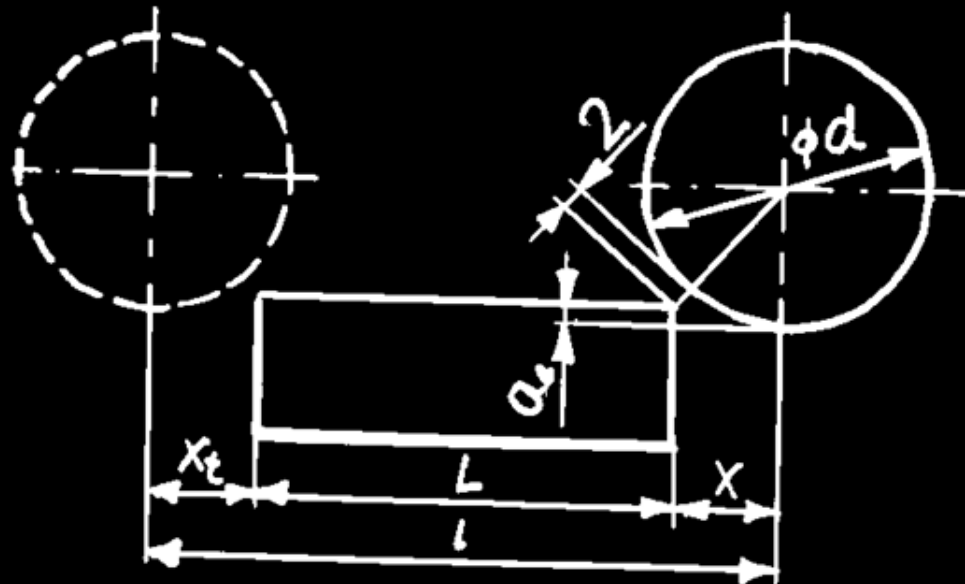
$v_c$ : forgácsolósebesség (m/min)  $v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{\min}}$

# Mintapélda palástmarásra

- A50 anyagminőségű munkadarabon  $L=120\text{mm}$  hosszú,  $b_w=65\text{mm}$  széles síkfelületet gyorsacél palástmaróval kell megmunkálni.
- A szerszám adatai a következők:  $d=80\text{mm}$ ,  $z=8$  fog.
- A forgácsolási adatok:  $a_e=3\text{mm}$ ,  $f_z=0,1\text{mm/fog}$ ,  $v_c=25\text{ m/min}$ . Táblázatból  $k_c=4734\text{ N/mm}^2$  A50-hez.

Számítsa ki

1. a teljes főforgácsoló (forgácsoló sebesség irányú) erőt;
2. az átlagos teljesítményszükségletet;
3. az anyagleválasztás intenzitását;
4. a gépi főidőt!



# Megoldás

$$1. \quad F_c = k_c \cdot a_e \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{z}{d \cdot \pi}$$

$$F_c = 4734 \frac{N}{mm^2} \cdot 3mm \cdot 0,1mm \cdot 65mm \cdot \frac{8}{80mm \cdot \pi} = 2938N$$

$$2. \quad P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \frac{s}{min}} = \frac{2938N \cdot 25 \frac{m}{min}}{60 \frac{s}{min}} = 1224W$$

$$3. \quad Q = \frac{a_e \cdot b_w \cdot v_f}{1000 \frac{mm^3}{cm^3}} = \frac{a_e \cdot b_w \cdot z \cdot f_z \cdot n}{1000 \frac{mm^3}{cm^3}} = \frac{a_e \cdot b_w \cdot z \cdot f_z \cdot v_c \cdot 1000 \frac{mm}{m}}{d \cdot \pi \cdot 1000 \frac{mm^3}{cm^3}}$$

$$Q = \frac{3mm \cdot 65mm \cdot 8 \cdot 0,1mm \cdot 25 \frac{m}{min} \cdot 1000 \frac{mm}{m}}{80mm \cdot \pi \cdot 1000 \frac{mm^3}{cm^3}} = 15,5 \frac{cm^3}{min}$$

# Megoldás folytatása

4.

$$x_t \cong 2mm$$

$$x = \sqrt{\left(\frac{d}{2} + 2mm\right)^2 - \left(\frac{d}{2} - a_e\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{80mm}{2} + 2mm\right)^2 - \left(\frac{80mm}{2} - 3mm\right)^2}$$

$$v_f = z \cdot f_z \cdot n = z \cdot f \cdot \frac{v_c \cdot 1000 \frac{mm}{m}}{d \cdot \pi} = 8 \cdot 0,1mm \cdot \frac{25 \frac{m}{min} \cdot 1000 \frac{mm}{m}}{80mm \cdot \pi} = 79,6 \frac{mm}{min}$$

$$t_m = \frac{l}{v_f} = \frac{L + x + x_t}{v_f} = \frac{120mm + 19,9mm + 2mm}{79,6 \frac{mm}{min}} = 1,78 min$$

## Felhasznált jegyzet:

1. Tóth T., Dudás L., Hornyák O.:  
Termelési rendszerek és folyamatok,  
gyakorlati jegyzet, Miskolci Egyetem,  
Alkalmazott Informatikai Tanszék.

## Ajánlott link:

<http://www.uni-miskolc.hu/~wwwfemsz/forg5.htm>

Köszönöm a figyelmet!



Köszönöm a figyelmet!