



Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Alkalmazott Informatikai Tanszék

A termelésinformatika alapjai

TIA

Dr. Kulcsár Gyula
egyetemi docens

Esztergálás

A termelésinformatika alapjai

3. gyakorlat 1. rész

Dr. Kulcsár Gyula

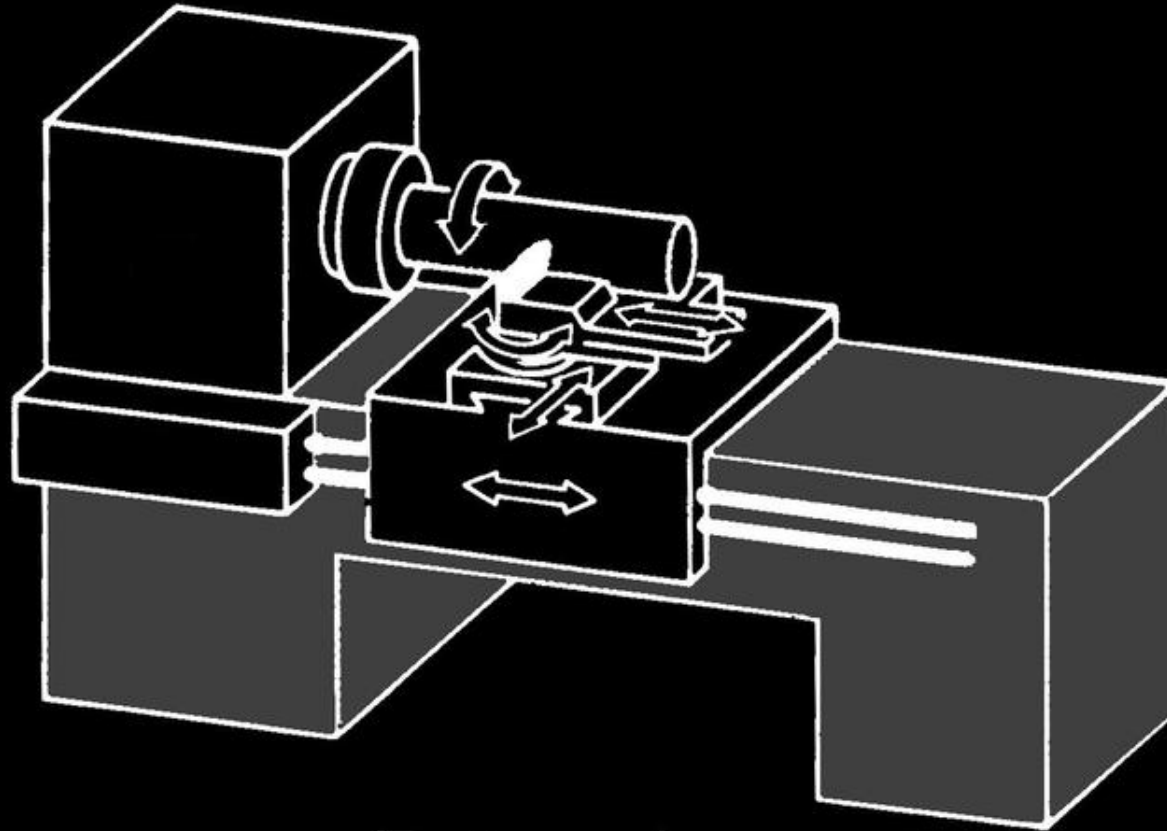
Forgácsolóeljárások

Forgácsolási mód	Főmozgás		Mellékmozgás		Szerszám-főélek 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.

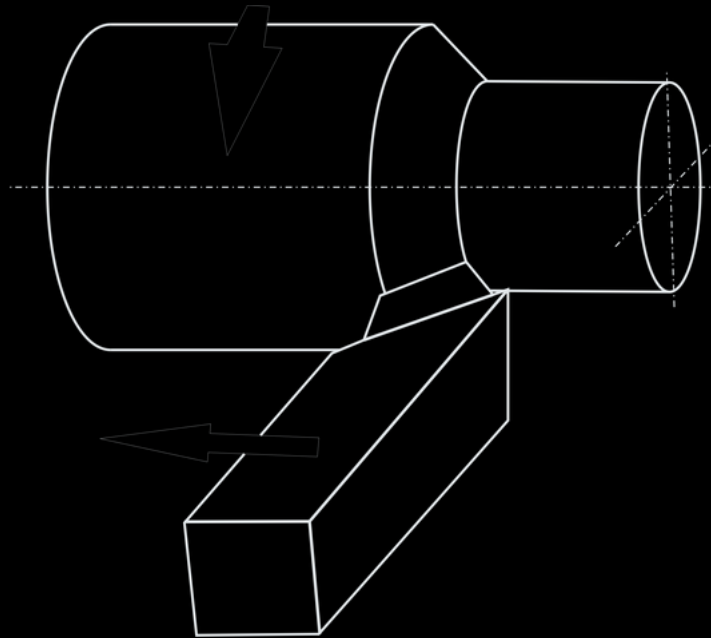
Esztergagép



Esztergagép

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

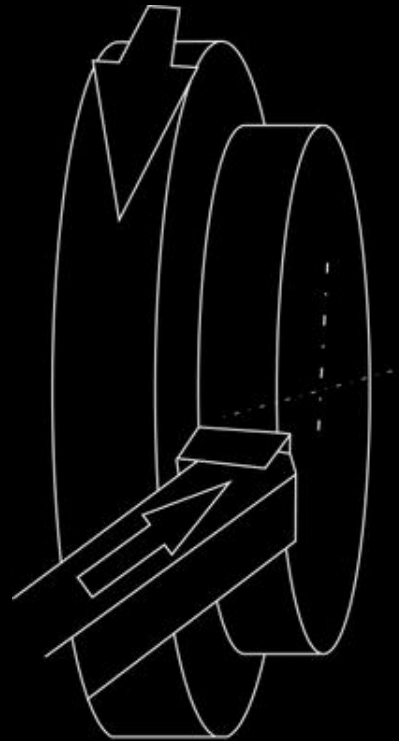
Hosszesztergálás



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.

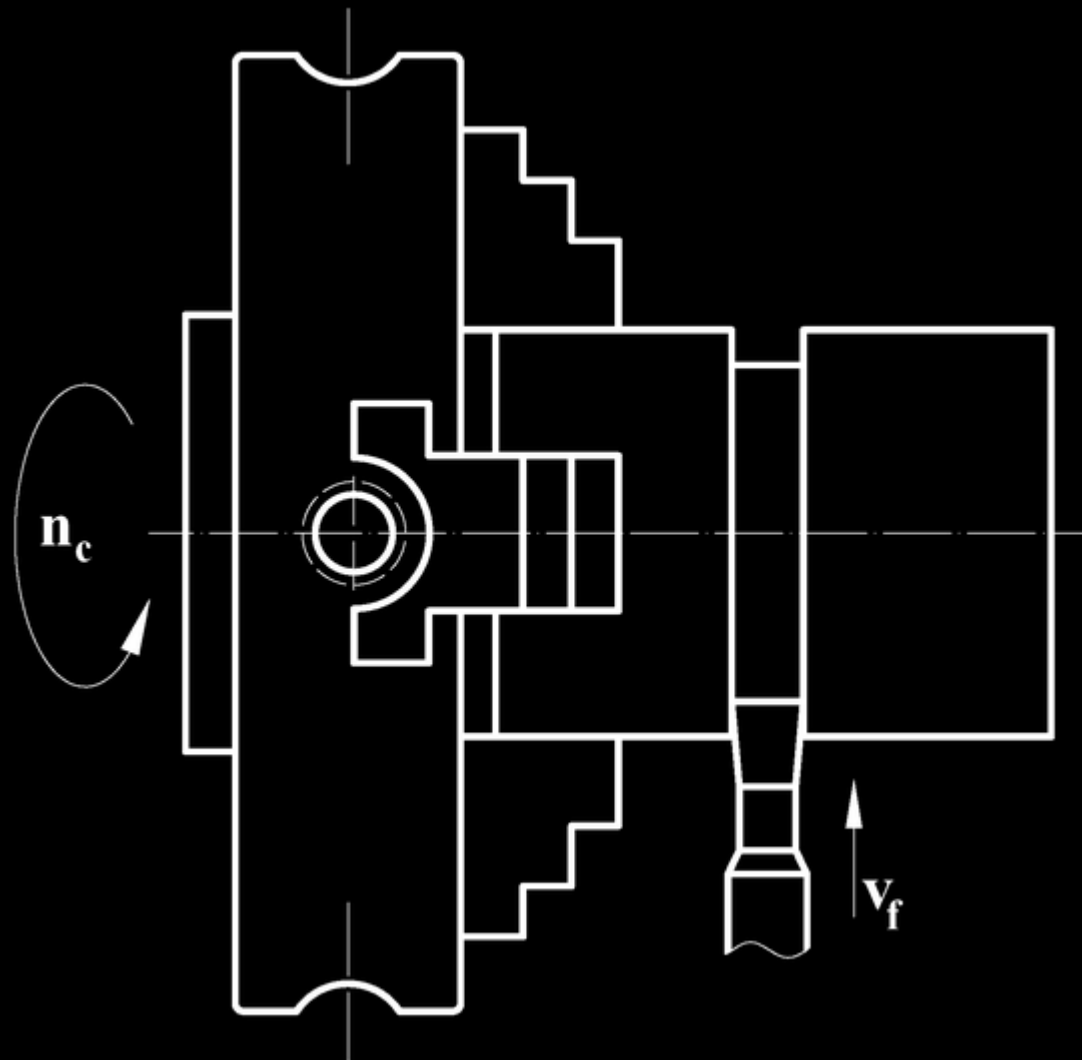
Oldalazási művelet



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 keresztzánnal mozgatjuk.

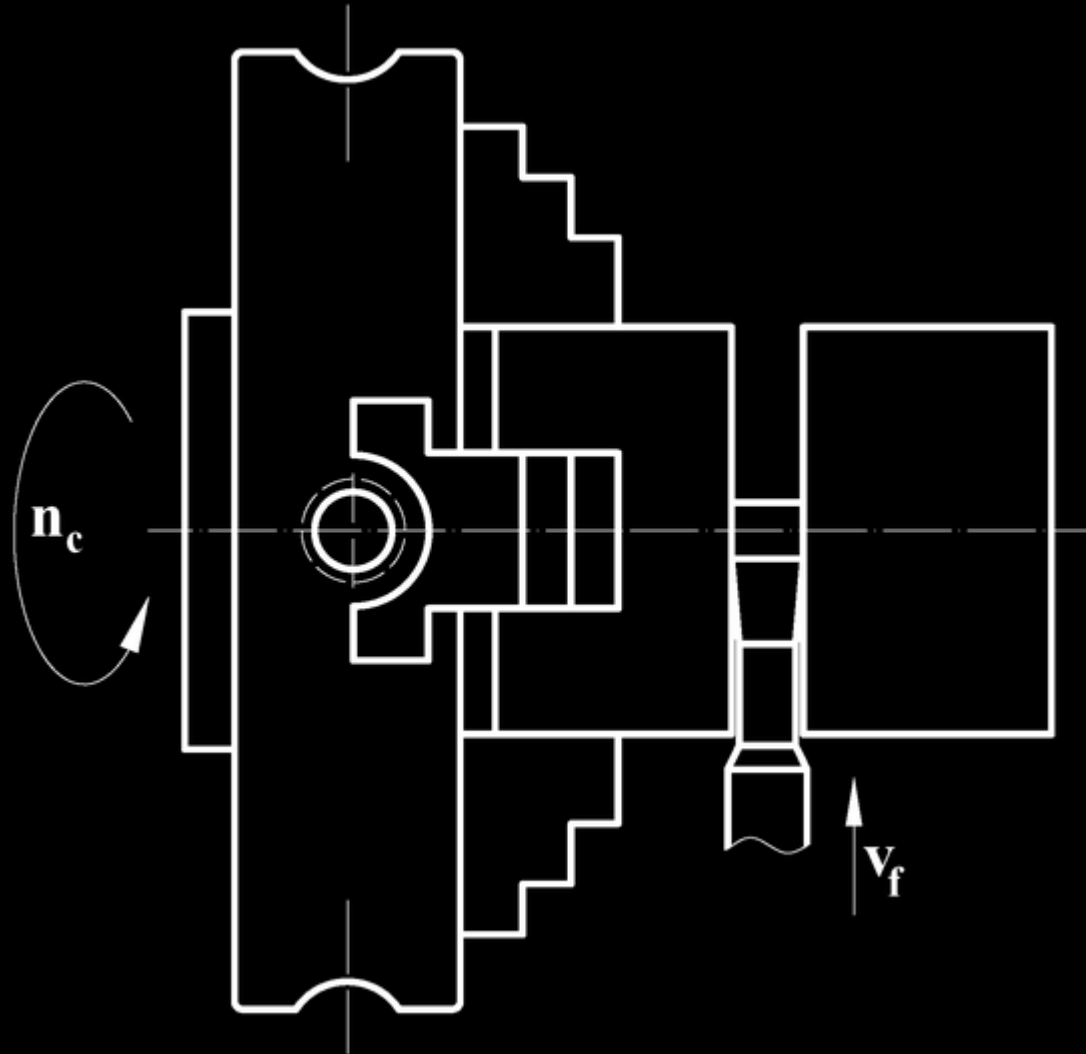
Beszúrás



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.

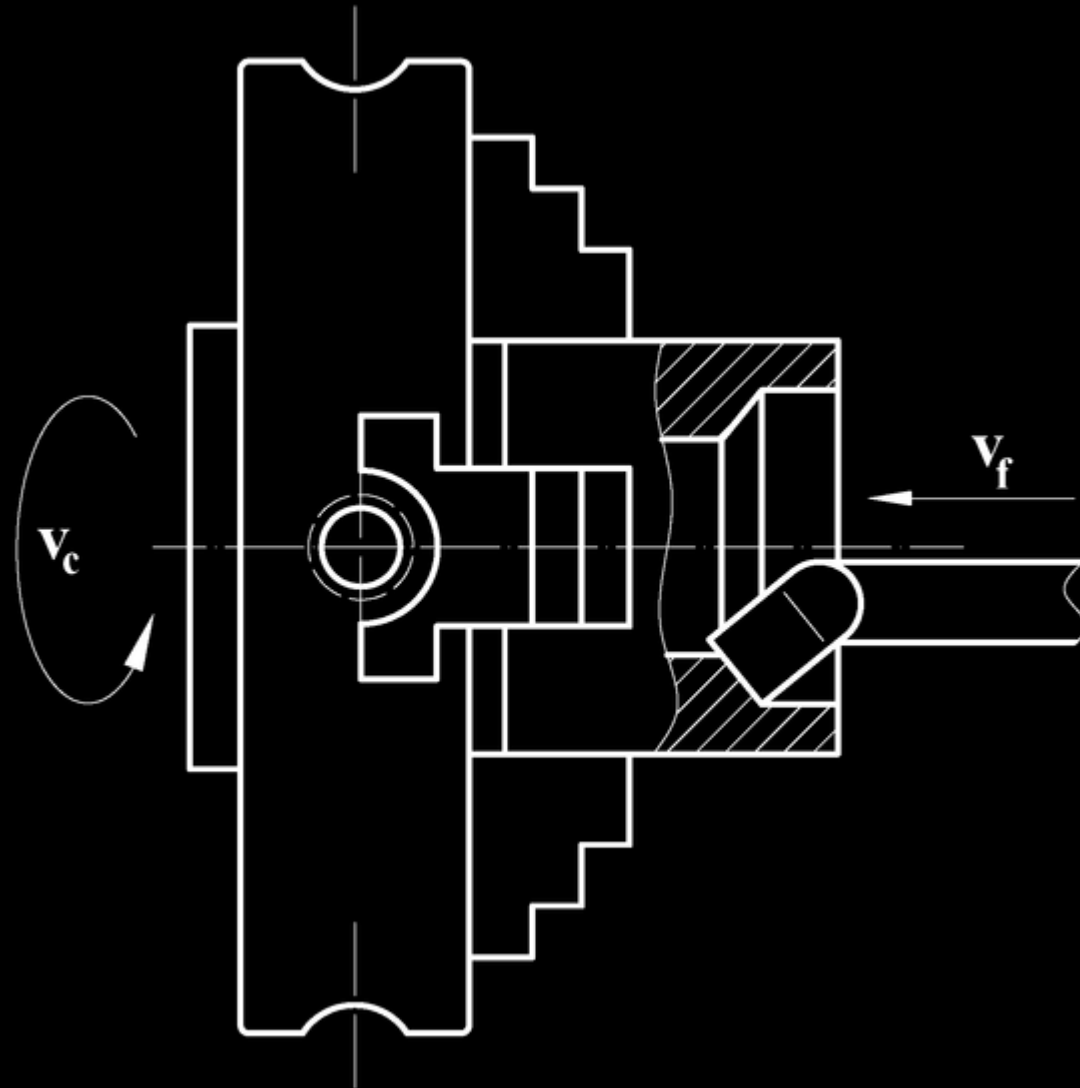
Leszúrás



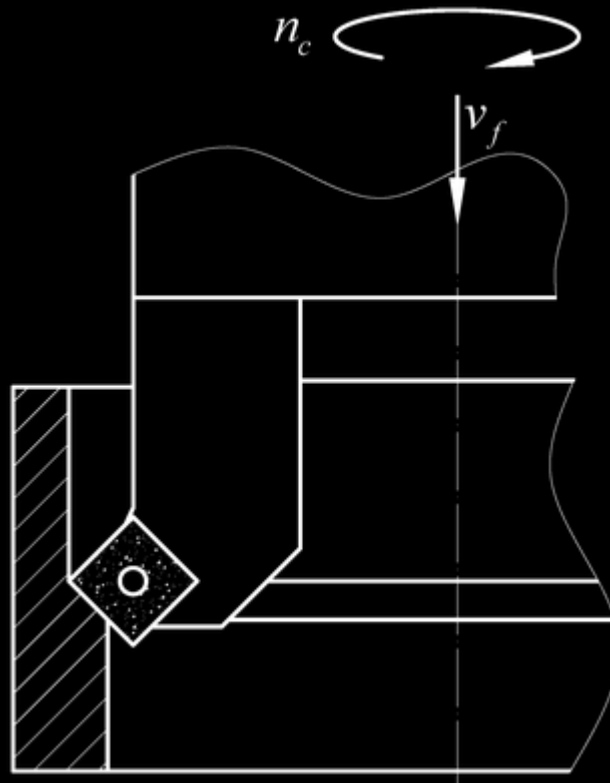
Leszúrás

- 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.

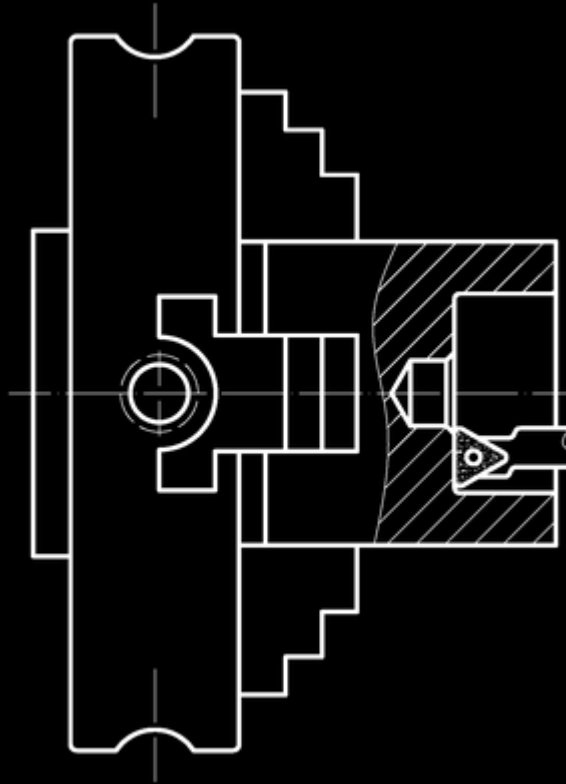
Furatesztergálás



Megmunkálás fúrórúddal



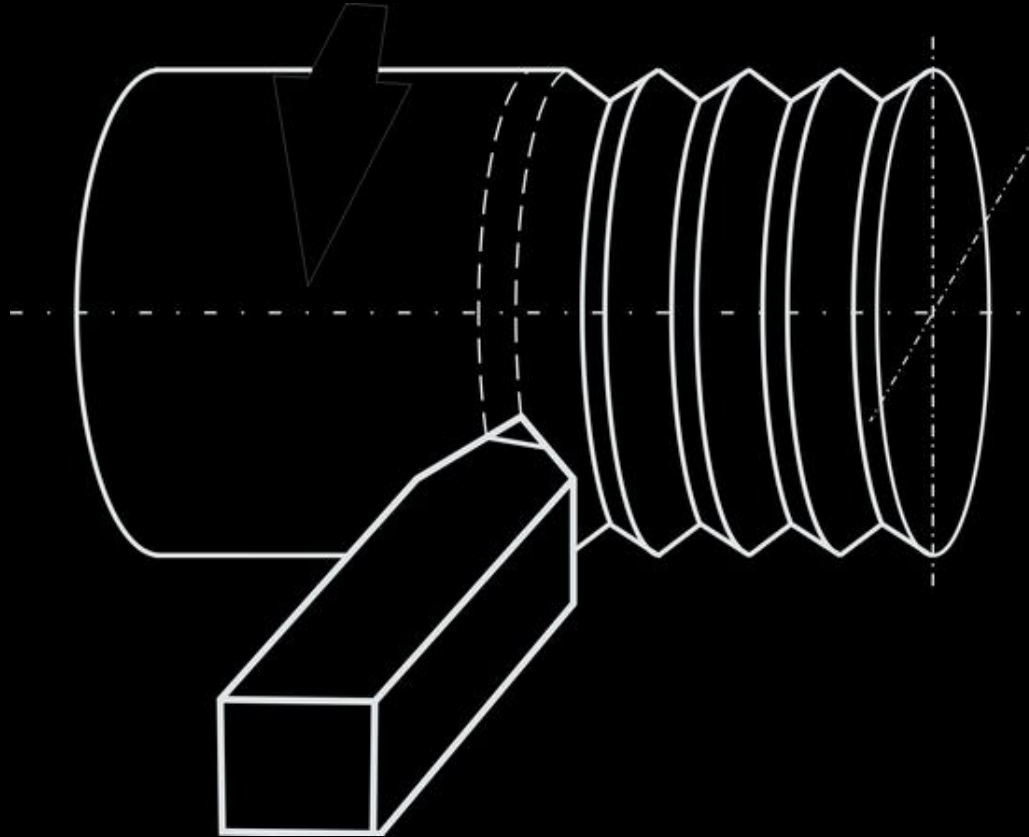
Fenékesztergálás



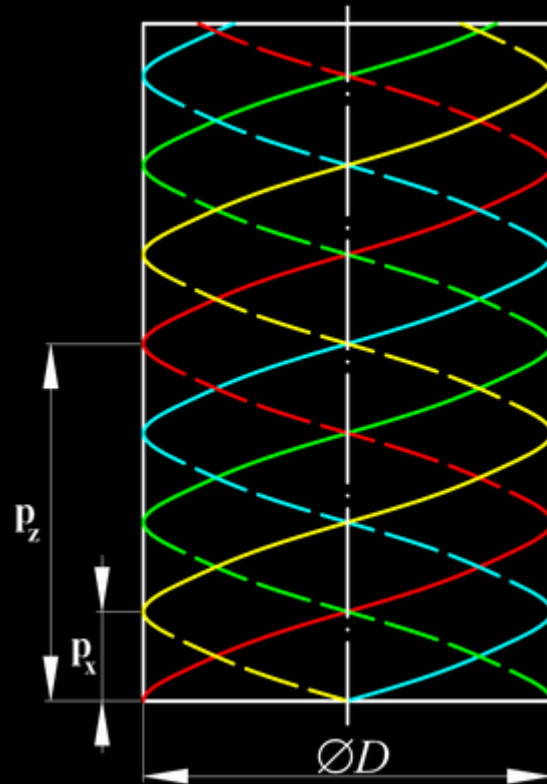
Furatesztergálás

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

Menetesztergálás



Több-bekezdésű menet



Menetesztergálás

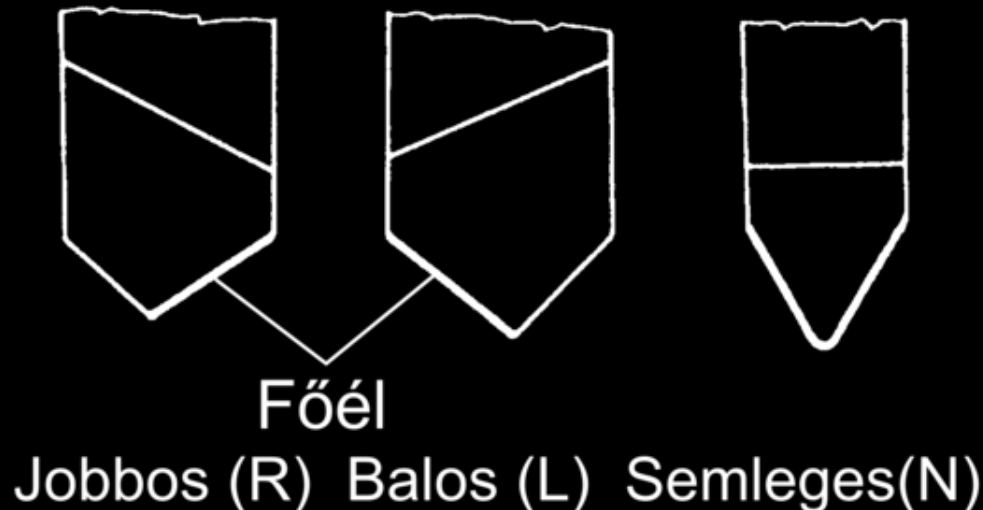
- Célja: külső és belső menetek készítése.
- Menet
 - Szabványos vagy nem szabványos profilú
 - Egy vagy több bekezdésű
- A munkadarab forog, annak forgási tengelyével párhuzamos előtolással mozog a szerszám (menetemelkedés).
- Szerszáma: menetprofilos esztergakés.

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

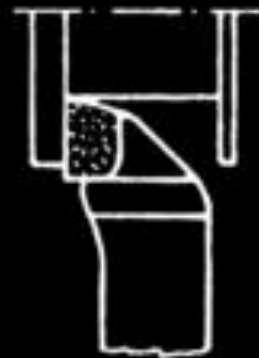
Keményfém-lapkás esztergakések



Egyenes
forgácsolókés



Hajlított
forgácsolókés



Oldalélű
forgácsolókés



Széles
forgácsolókés



Homlokélű
forgácsolókés



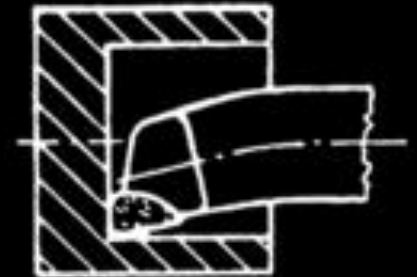
Hegyes
forgácsolókés



Beszűrő
forgácsolókés

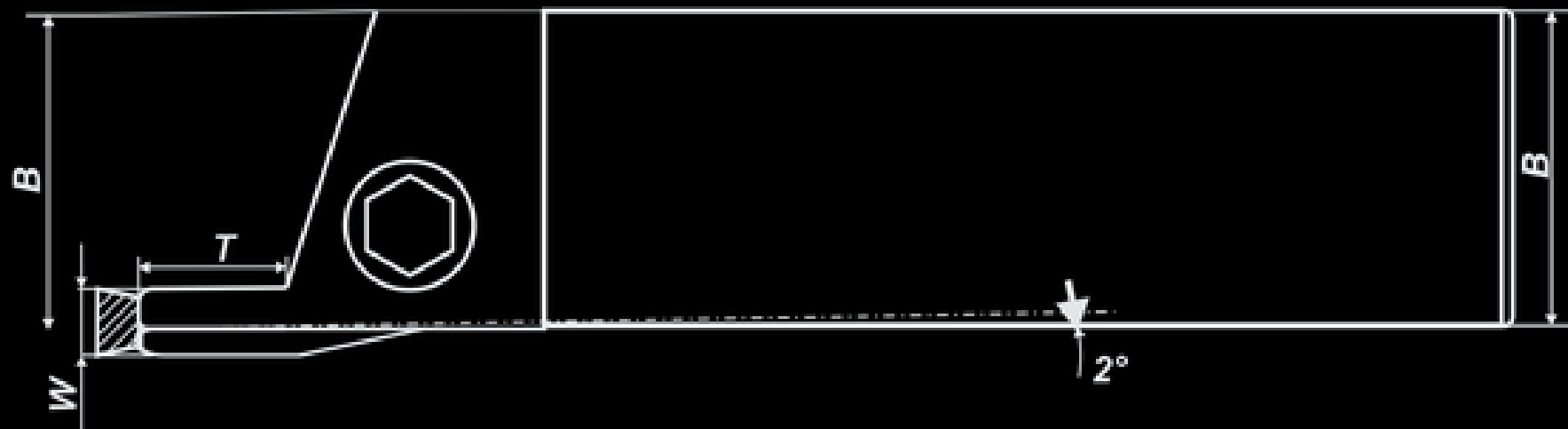
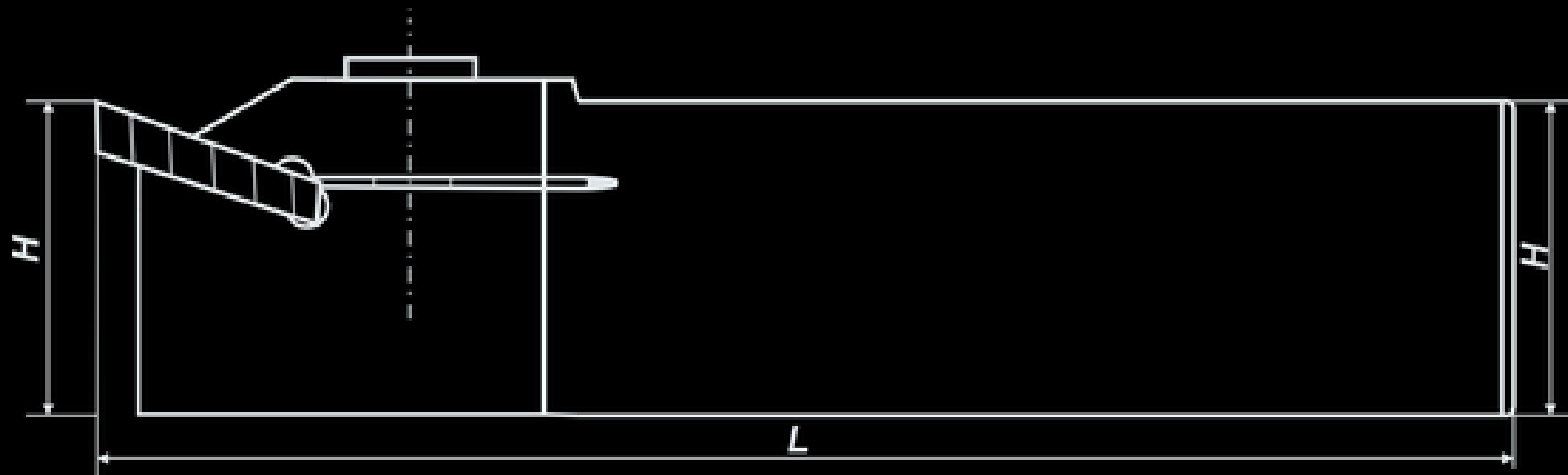


Furatkés
átmenőfurathoz

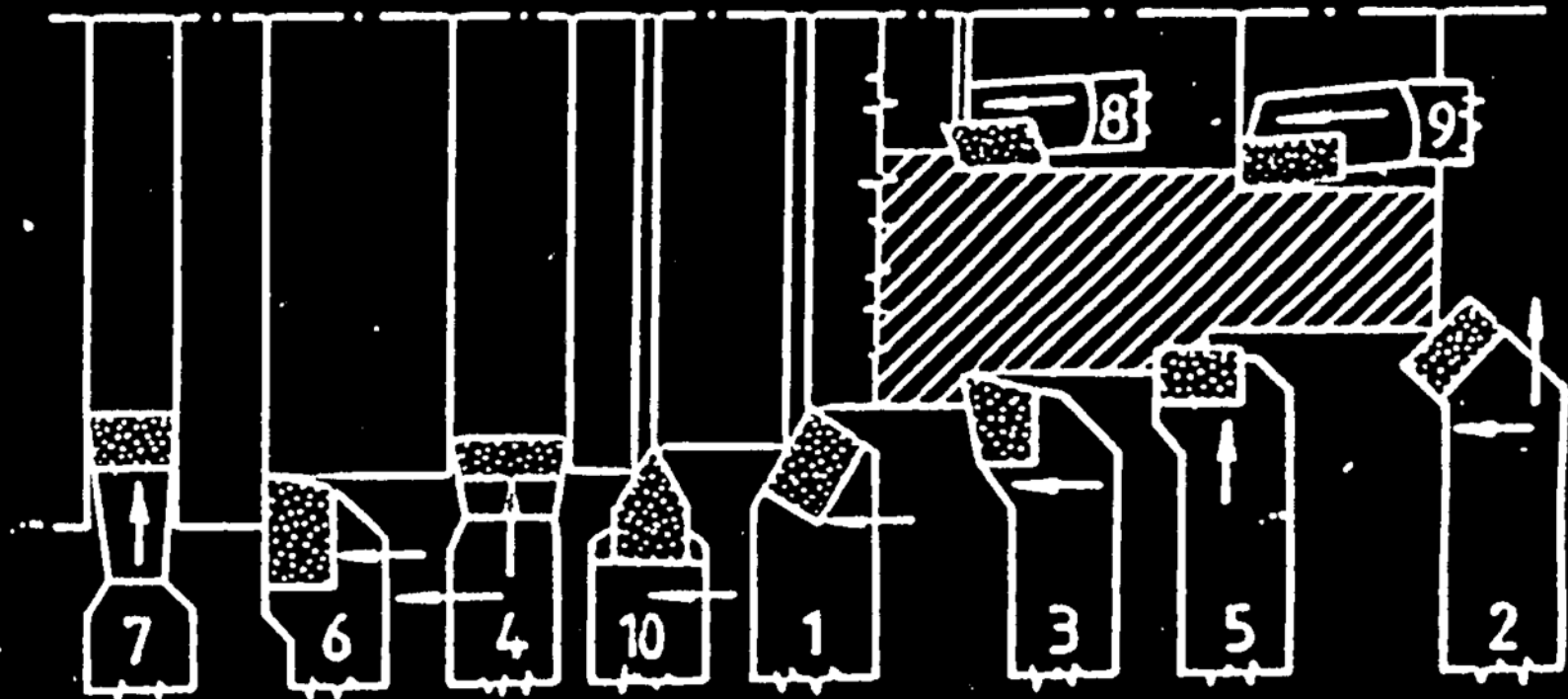


Furatkés
zsákfurathoz

Szerelt lapkás esztergákés

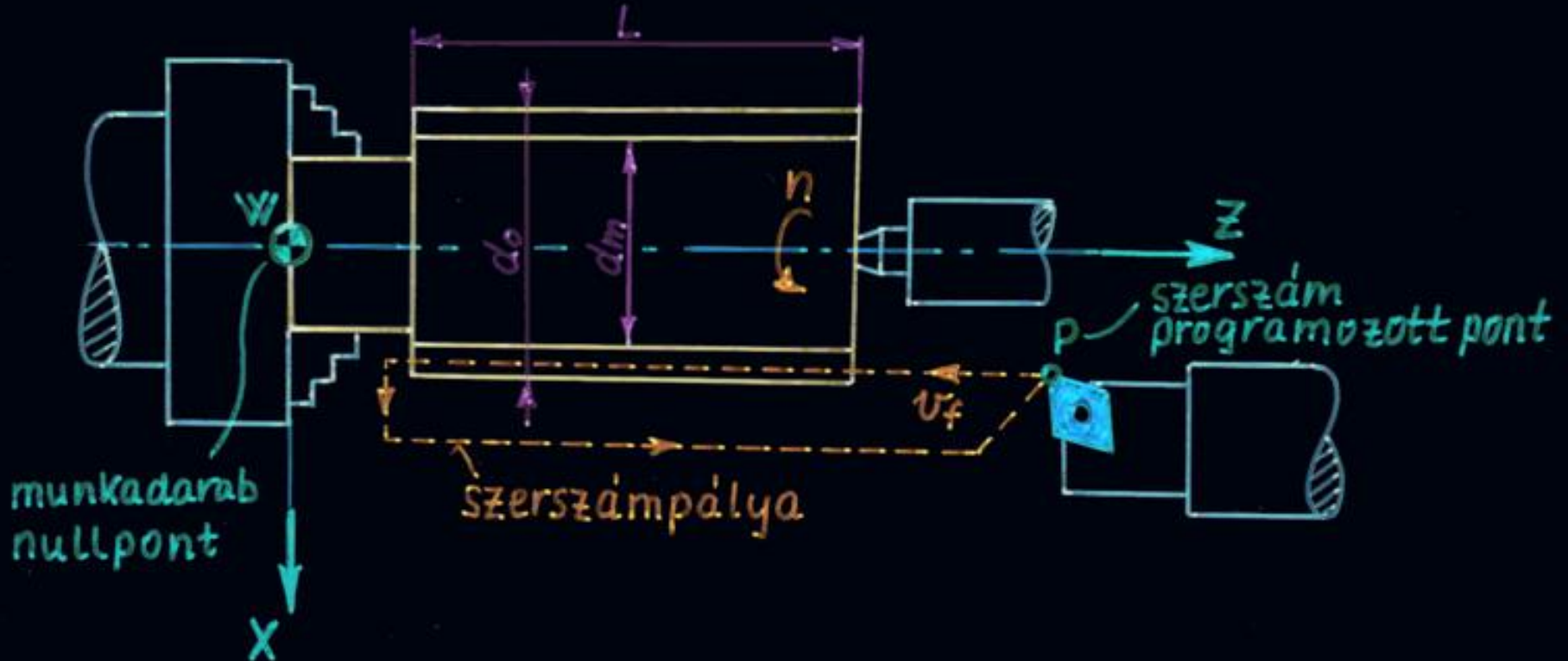


Feladat: nevezze meg az alábbi
szerszámokat és esztergálási műveleteket!



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)

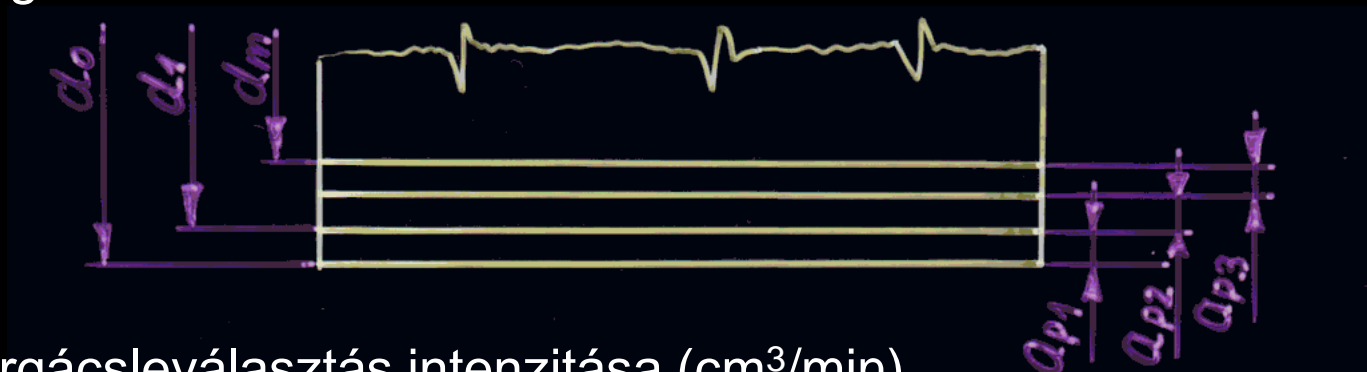
$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}$$

f : előtolás (mm/ford)

v_f : előtoló sebesség (m/min)

$$v_f = f_z \cdot n$$

Forgácsleválasztási terv



Q_i : forgácsleválasztás intenzitása (cm^3/min)

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

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

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

d_{ki} : közepes átmérő az i . anyagréteg leválasztásánál (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)

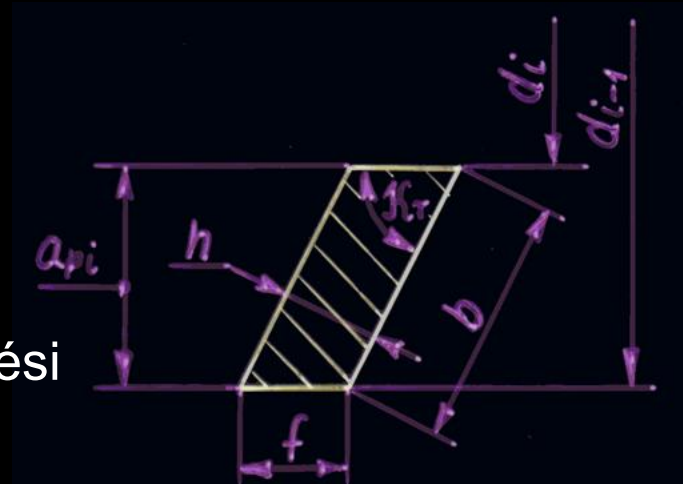
$$t_{mi} = \frac{V_{mi}}{Q_i} = \frac{L}{v_f}$$

t_m : forgácsolás főideje (min)

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

A forgácskeresztmetszet:

κ_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 (mm²)

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

A forgácsolóerő:

F_c : főforgácsoló erő (N)

$$F_c = k_c A$$

k_c : fajlagos forgácsolóerő

(N/mm²),

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

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

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

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

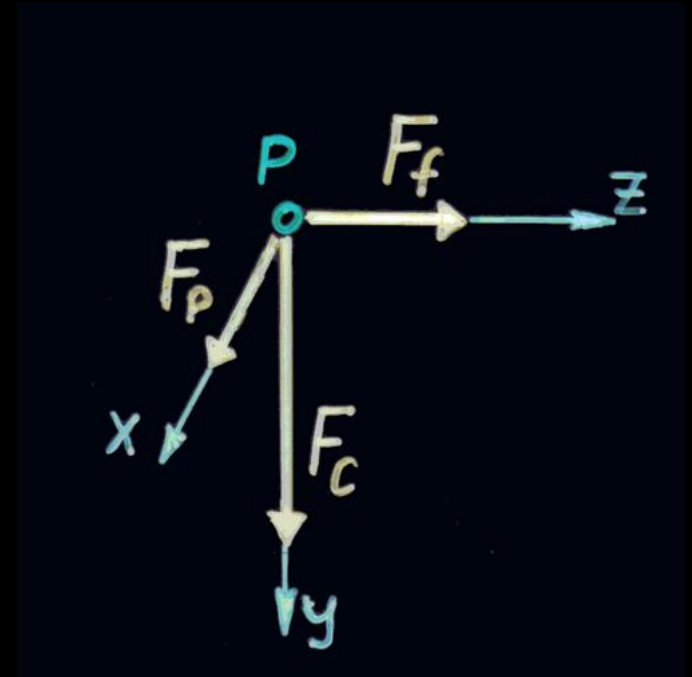
k_E : korrekciós tényezők eredője

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

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

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

ω : szögsebesség (radián/s)

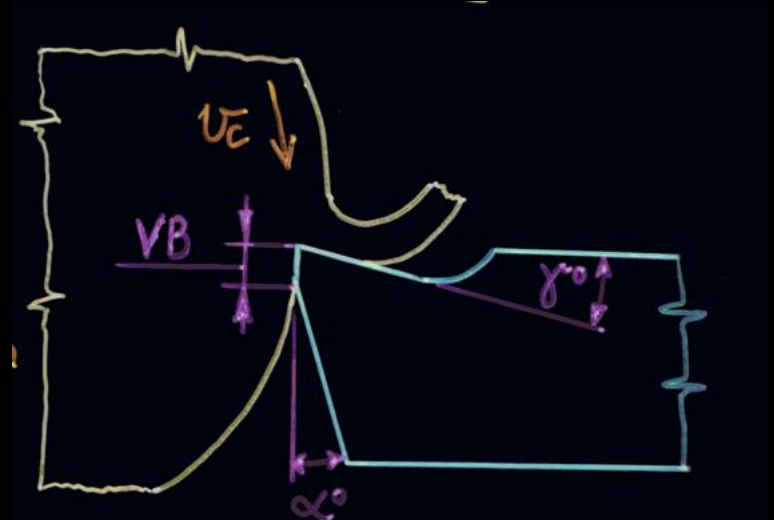
A szerszámkopás:

γ^0 : homlokszög (fok)

α^0 : hátszög (fok)

VB: hátkopás (mm)

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



Taylor egyenlete:

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

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

$C_v = \text{konstans}$

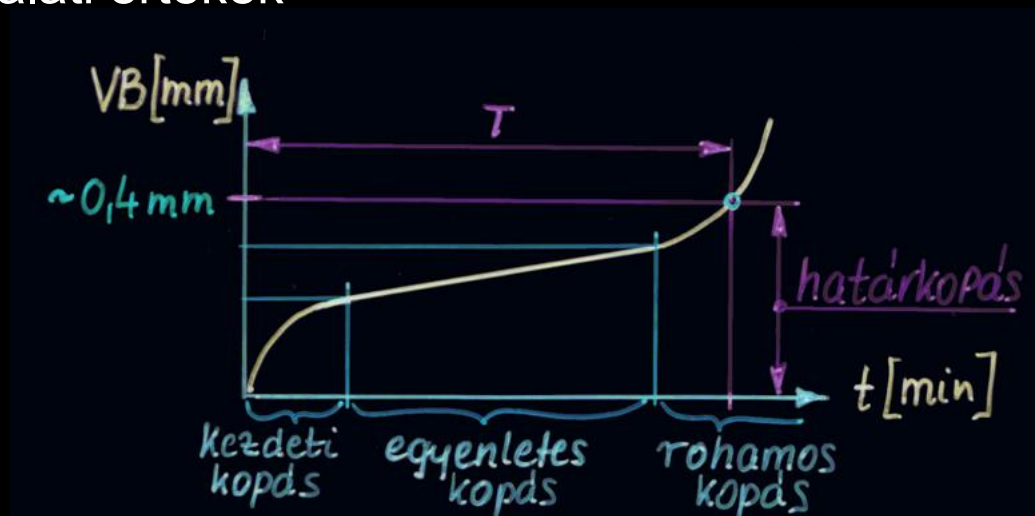
$C_v = v_c$, ha $T = 1 \text{ min}$

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/mm².

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. ($P_1=?$)

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

A termelésinformatika alapjai

3. gyakorlat 2. rész

Dr. Kulcsár Gyula

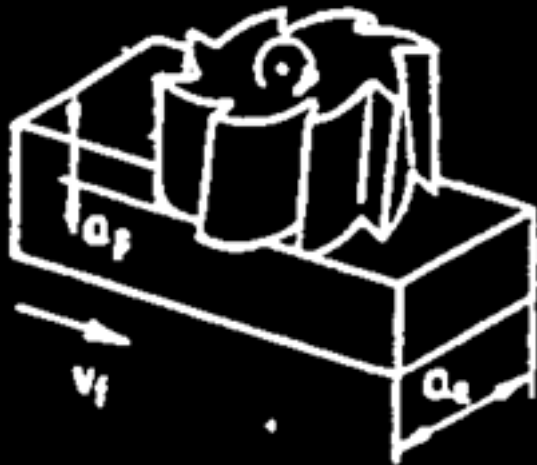
Forgácsolóeljárások

Forgácsolási mód	Főmozgás		Mellékmozgás		Szerszám-főélek 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	∞

Marás

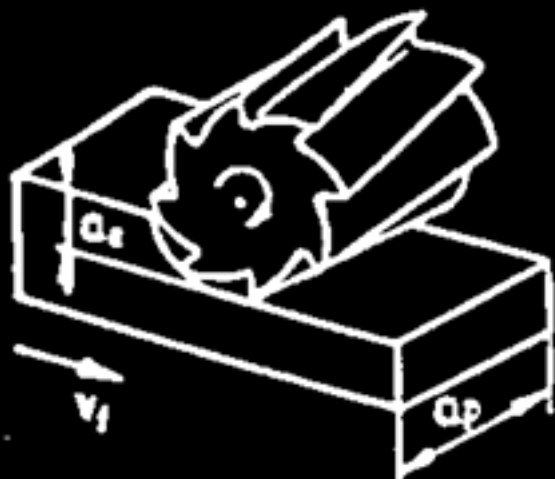
- Szabályosan többélű forgácsoló szerszámmal végzett megmunkáló eljárás.
- Forgácsoló főmozgás: a marószerszám által végzett forgómozgás.
- Előtoló mellékmozgás: a munkadarab, vagy a szerszám által végeztet (legtöbbször egyenes vonalú) mozgás.
- A marásnak két alapeljárása van:
 - palástmarás,
 - homlokmarás.

Homlokmarás



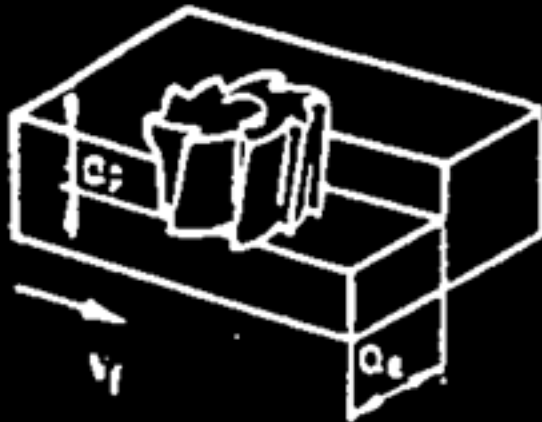
- A maró forgástengelye merőleges a megmunkált felületre.
- Paláston a főélek, homlokon a mellékélek forgácsolnak.
- Megmunkált felület: sík.

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 mozgató 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)

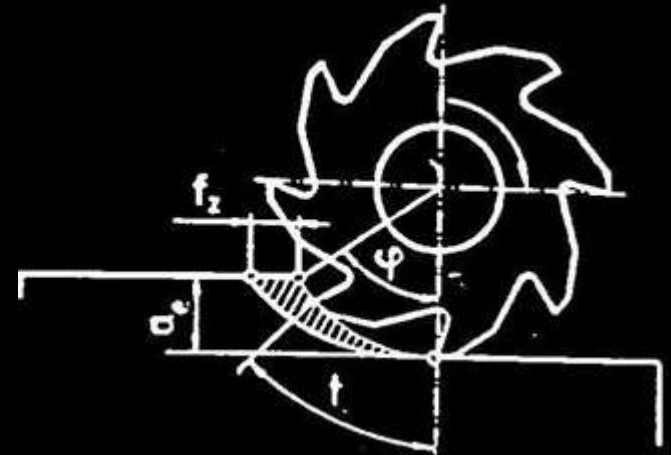
n : maró fordulatszám (ford/min)

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)

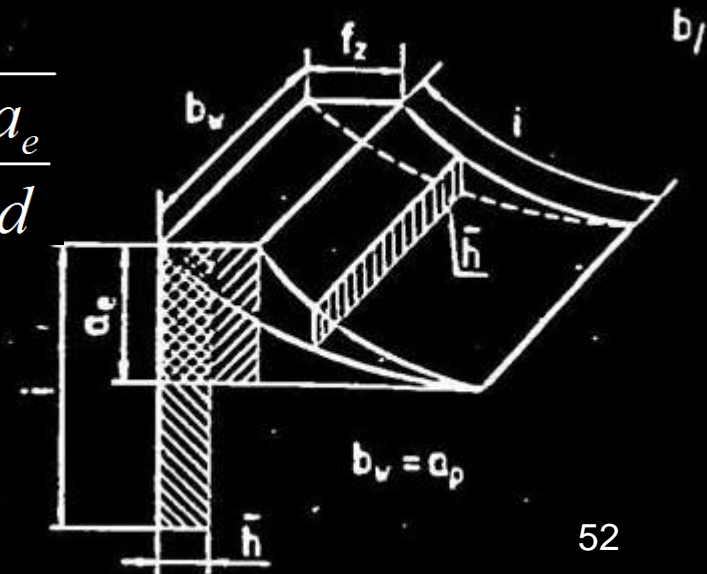
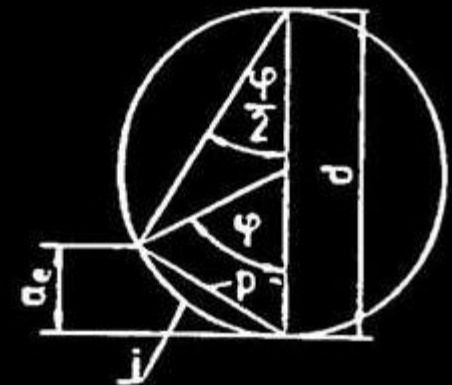
$$i \approx p \approx \sqrt{a_e \cdot d} \quad (\varphi < 30^\circ)$$

\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 (cm³/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/mm²)

A_c : átlagos forgácskeresztmetszet (mm²)

F_c : teljes forgácsolási sebesség irányú erő (N)

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

Ψ : 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)

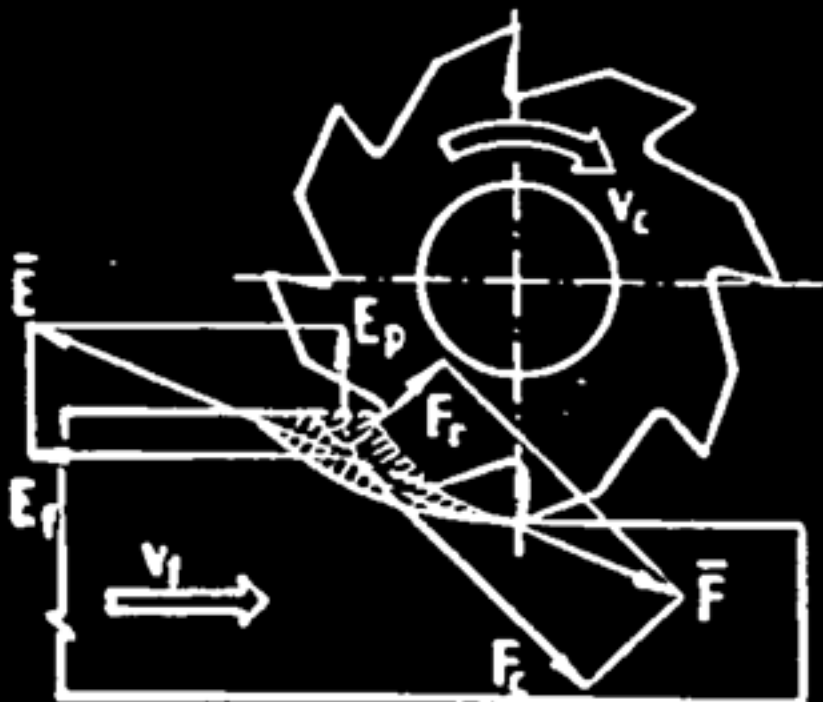
$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \frac{s}{\min}}$$

v_c : forgácsoló sebesség

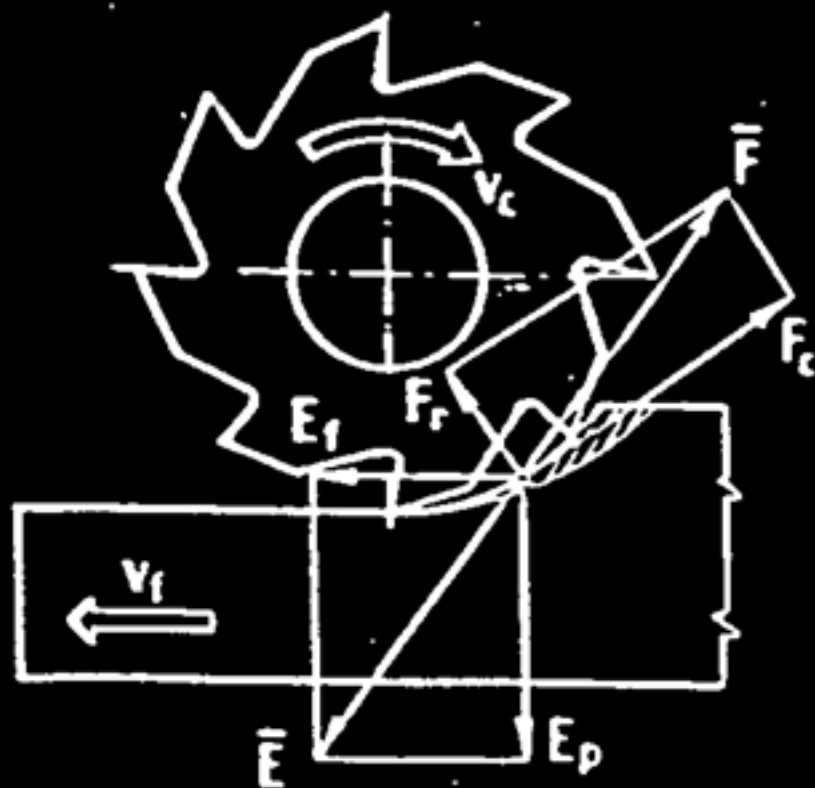
$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{\min}}$$

Palástmarás erőviszonyai

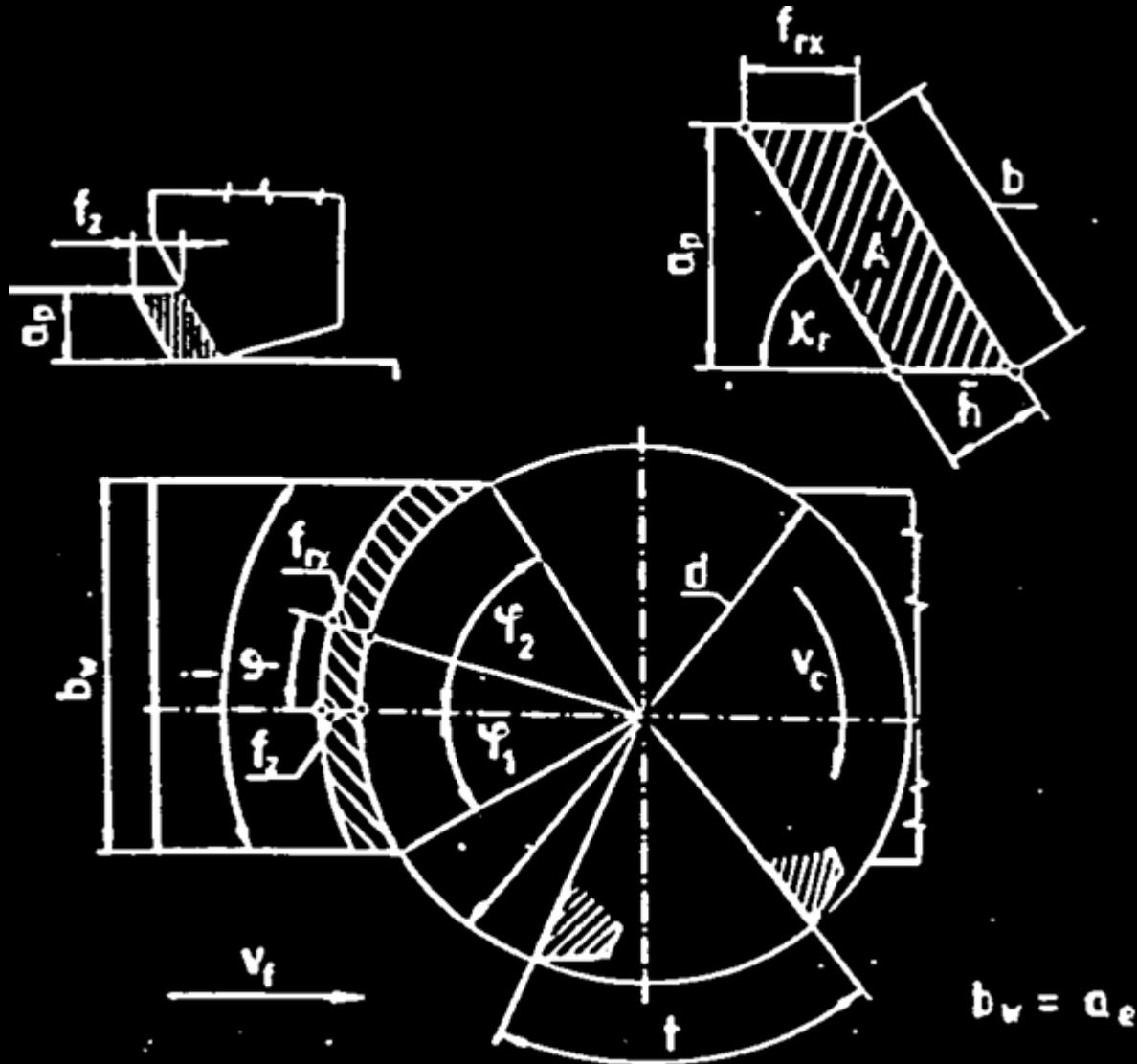
Ellenirányú marás



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

Ψ : kapcsolószám (az egyidejűleg forgácsoló fogak száma)

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

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

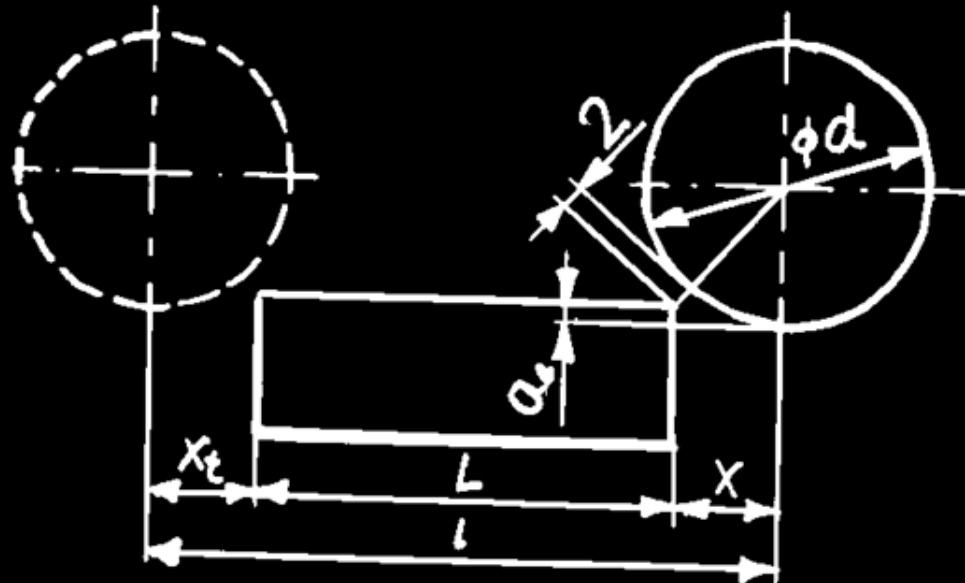
v_c : forgácsolósebesség (m/min) $v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{\min}}$

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!