

Gyártástechnológiai III

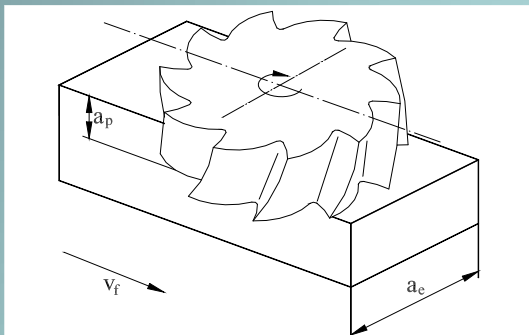
8. előadás Marás

Előadó: Dr. Szigeti Ferenc
főiskolai tanár

A marás jellemzői

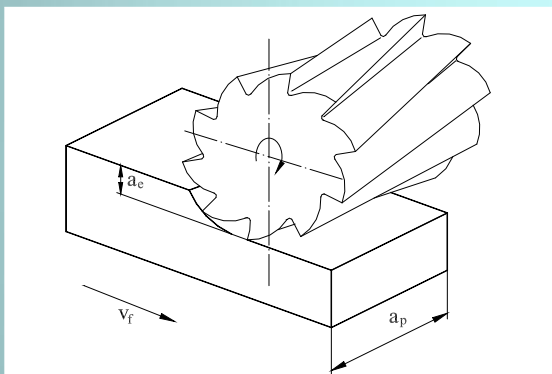
- A forgácsoló főmozgást a szerszám, a fogásvételt, előtolást a mdb. végzi;
- Változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása történik;
- Nagy anyagleválasztási sebességgel dolgozik, igen termelékeny; sík és alakos felületek megmunkálására (lánckerék, fogaskerék, hornyok, stb);
- A marási módok ISO szerinti csoportosítása: palást- és homlokmarás;

1. Homlokmarás



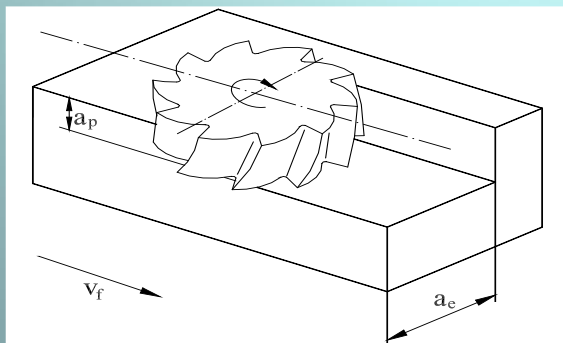
1. A maró forgástengelye merőleges a mart felületre;
2. Paláston a főélek, homlokon a mellékélek forgácsolnak;
3. Megmunkált felület: sík.

2. Palástmarás



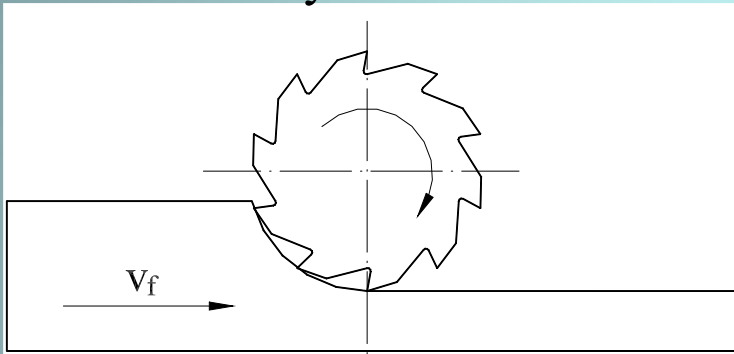
1. A maró forgástengelye párhuzamos a mart felülettel;
2. A paláston lévő főélek forgácsolnak;
3. Megmunkált felület: sík.

3. Palást-homlokmarás



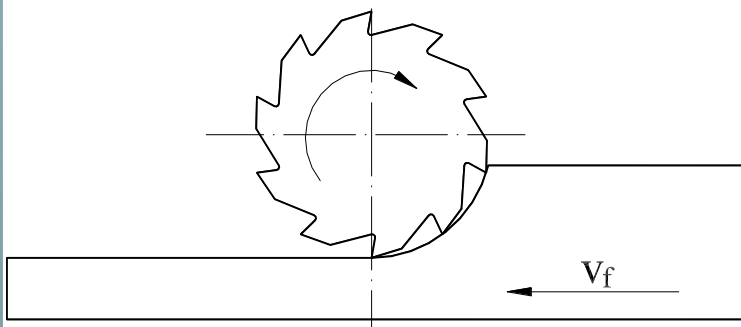
1. A paláston a főélek, a homlokon a mellékélek forgácsolnak;
2. Megmunkált felület: lépcsős (derékszög).

1. Ellenirányú marás



- Hagyományos eljárás,
- Bármilyen gépen kivitelezhető.

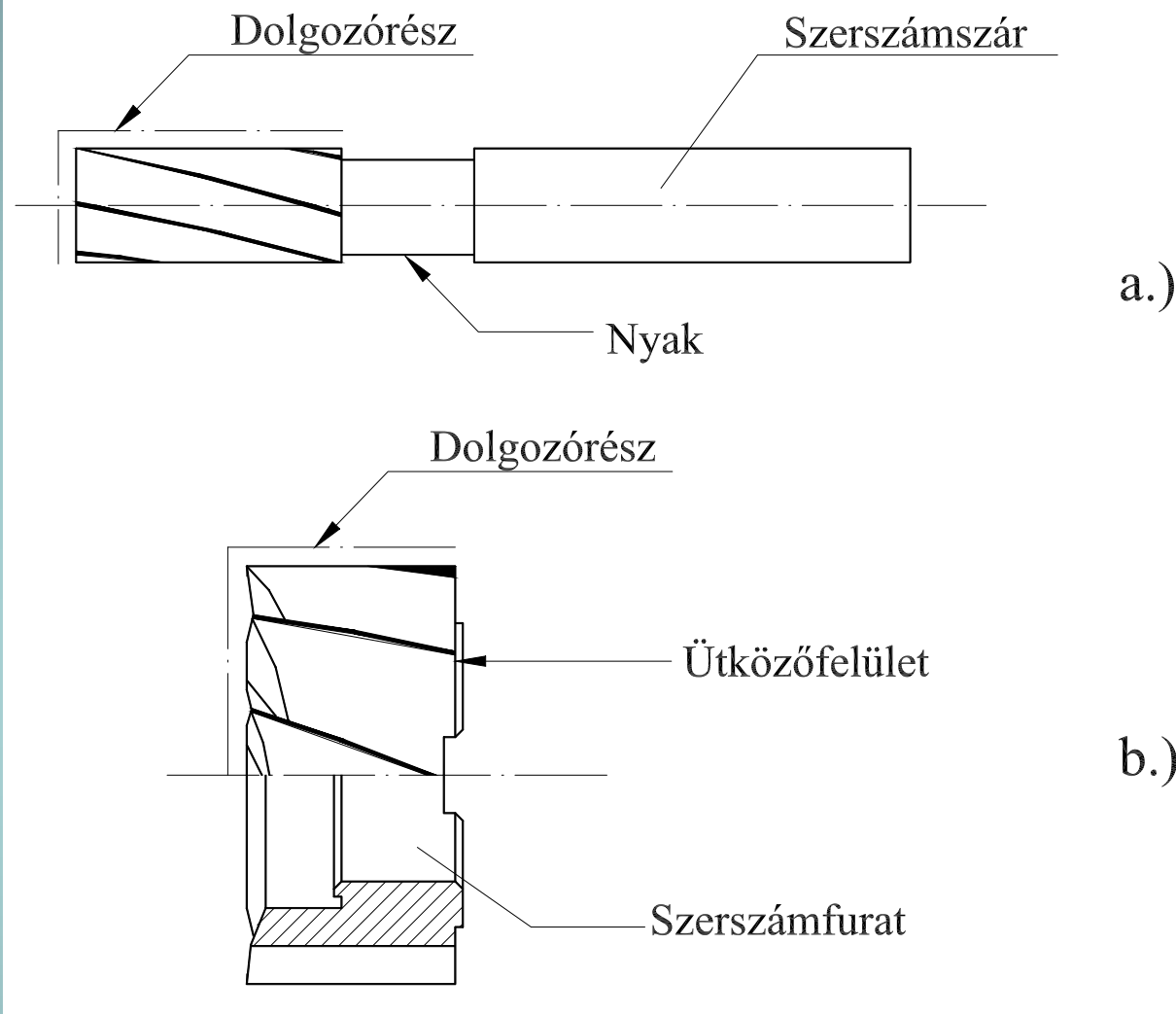
2. Egyenirányú marás



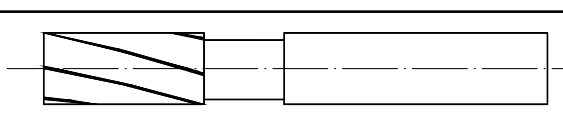
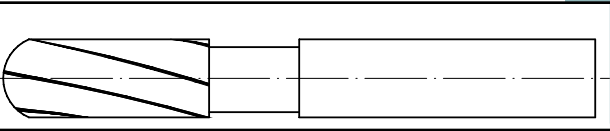
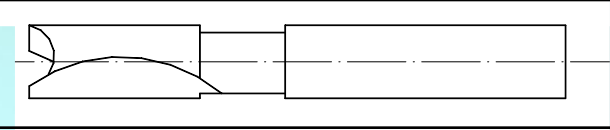
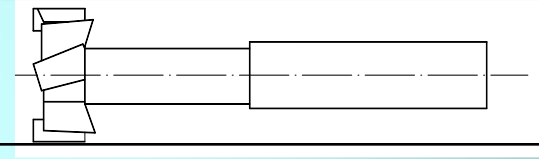
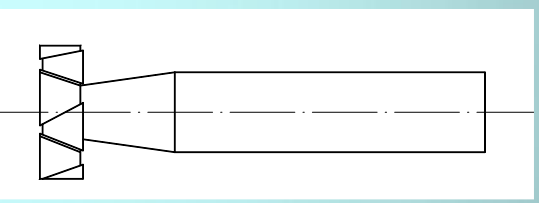
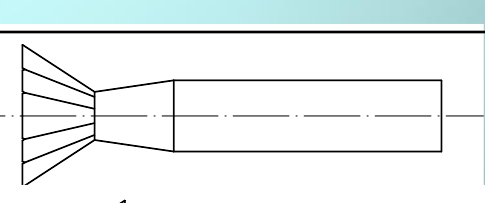
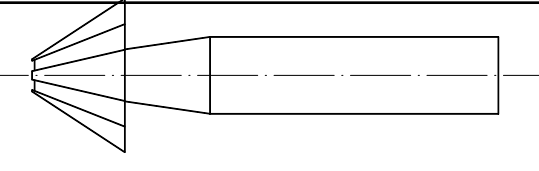
- Újabb keletű eljárás,
- Játékmentes asztalmazgatású gépet igényel.

A marás szerszámai

- Forgástest alakú, többélű, szabályos (határozott) élgeometriájú szerszámok;
- A befogórész alapján: - száras marók (kisebb Ø-
jük miatt),
- furatos marók;
- Közvetve lehet a marógépbe befogni;
- Anyaguk: HSS, HM, forrasztott vagy váltólapkás;
- A furatos és száras marók egyaránt alkalmasak palást- és homlokmarásra.



A marószerszámok két fő típusa: a.) száras maró,
b.) furatos maró

1.Ujjmaró	
2.Süllyesztékmaró	
3.Hosszlyukmaró	
4.T-horonymaró	
5.Ívesreteszhorony-maró (Woodruff-ék horonymaró)	
6.Szögmaró szár felé csökkenő kúppal	
7.Szögmaró szár felé növekvő kúppal	

A száras marók főbb típusai

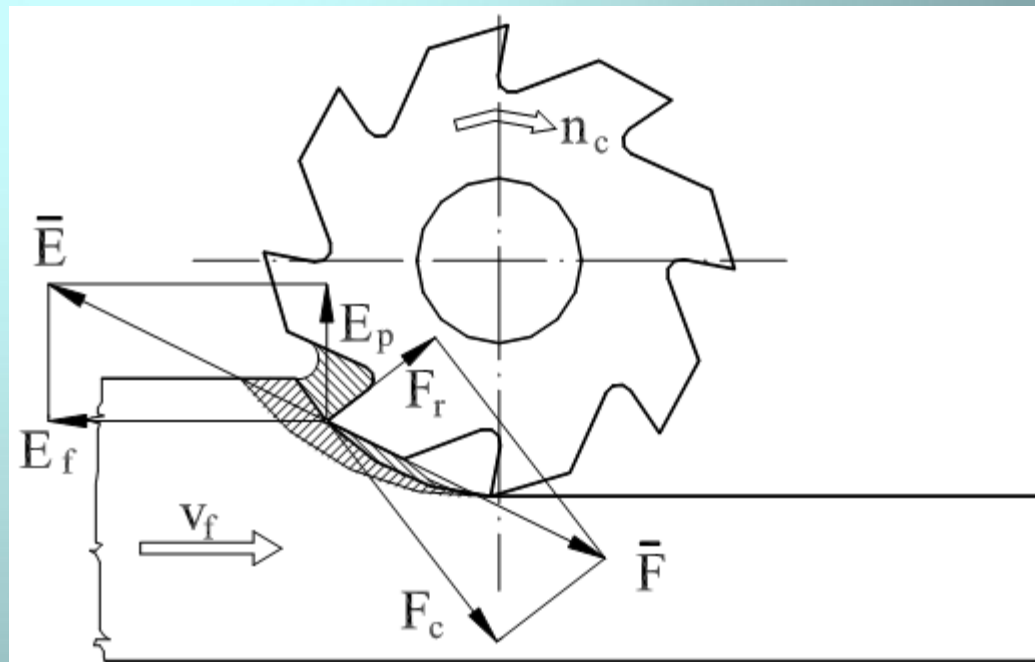
Palástmarás

A maró forgástengelye párhuzamos a megmunkált felülettel.

- simító fokozatban elérhető: $IT9 - 10$; $R_a = 6,3 \dots 12,5 \mu m$
- a palástmarás változatai: a, ellenirányú
b, egyenirányú

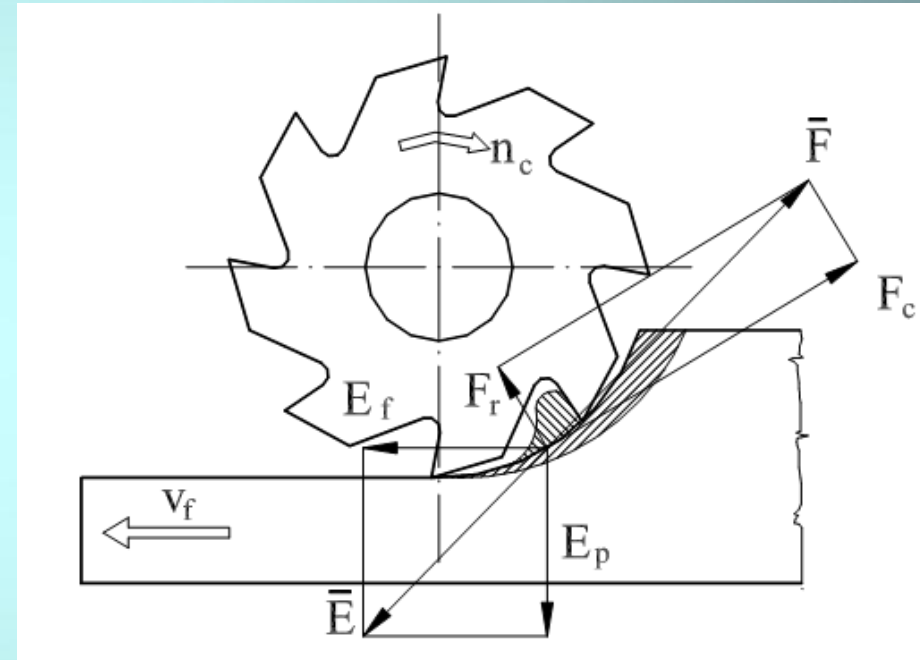
a, ellenirányú palástmarás:

- A csavarorsós asztalmazgatás holtjátéka nem érezteti hatását (E_f ellentétes v_f -fel);
- E_p : mdb-ot megemelni igyekszik (ha nem elég a merev befogás, mdb. rezgésbe jön);
- Fogásba lépéskor a szerszám éle megcsúszik a felületen $\rightarrow$ él kopását gyorsítja.



b, Egyenirányú palástmarás

- E_f egyirányú v_f -el, az asztalt E_f a holtjátéknak megfelelően előretolja – kilépve a marófog a fogásból ($E_f \downarrow$) az asztal pillanatra megáll, $\rightarrow$ orsó az asztalt v_f sebességgel magával viszi, amíg a következő fog ismét előre löki $\rightarrow$ a fogakra nagy terhelés jut $\rightarrow$ fogtörés, rezgések;
- E_p hatása kedvező, a darabot az asztalra szorítja;
- Kedvező a maróél fogásba lépése, a szerszám nem csúszik meg, kevésbé kopik;
- Csak holtjátékmentes asztalmazgatásnál használható;
- Az anyagleválasztás sebessége 50-70%-al nagyobb mint ellenirányúnál.



$$Q_c = a_p \cdot b_w \cdot v_f \left[\frac{\text{cm}^3}{p} \right]$$

Forgácsolási viszonyok

Forgácskeresztmetszet:

- változó: vessző vagy bajusz alakú,
- közepes forgácsvastagság:

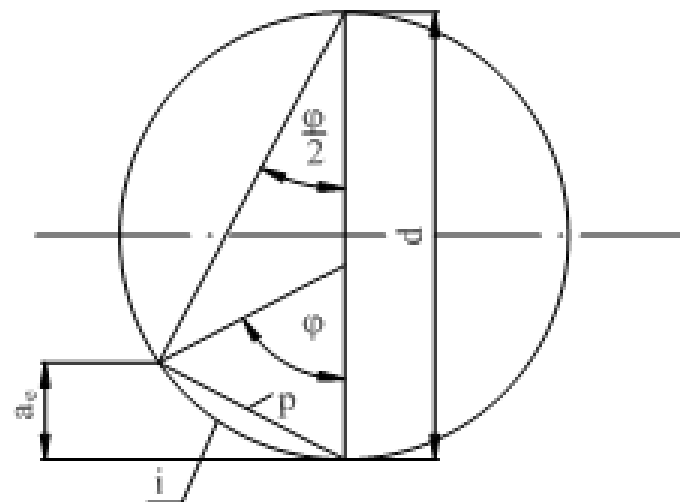
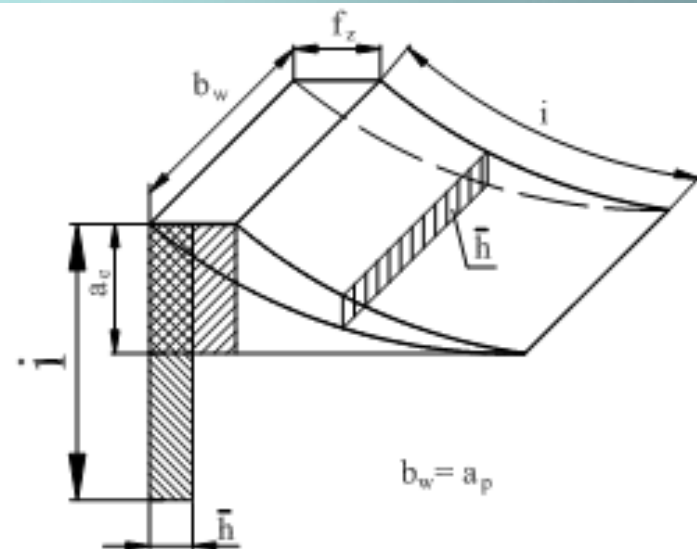
$$\bar{h} \cdot b_w \cdot i = a_e \cdot f_z \cdot b_w$$

$$\bar{h} = f_z \frac{a_e}{i}; a_e = a; i \cong p = \sqrt{a \cdot d}$$

$$\bar{h} = f_z \cdot \frac{a}{\sqrt{a \cdot d}} = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{d}}$$

$i = p$ csak $\varphi \leq 30^\circ$ –ig

$\varphi > 30^\circ \rightarrow \bar{h}$ mint homlokmará snál



Erőszükséglet palástmarásnál

- Egy fogra jutó forgácsolóerő (F_{c1}): $F_{c1} = k_c \cdot A_c = k_c \cdot b \cdot \bar{h}$ [N] (közepes)
- Teljes forgácsolóerő: $F_c = \psi \cdot F_{c1}$;
- Kapcsolószám: egyszerre (egyidőben) fogásban lévő fogak száma:

$$\psi = \frac{i}{t} \approx \frac{p}{t} = \frac{\sqrt{a \cdot d}}{\frac{d \cdot \pi}{z}} = \frac{z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{d}}$$

- Maró fogosztása: $t = \frac{d \cdot \pi}{z}$

$$F_c = \frac{z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{d}} \cdot k_c \cdot b \cdot f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{d}} = k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b \cdot \frac{z}{d \cdot \pi} \text{ [N]}$$

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_k \cdot K_s \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

A maráshoz szükséges teljesítmény:

átlagos, közepes: $P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} [\text{kW}]$

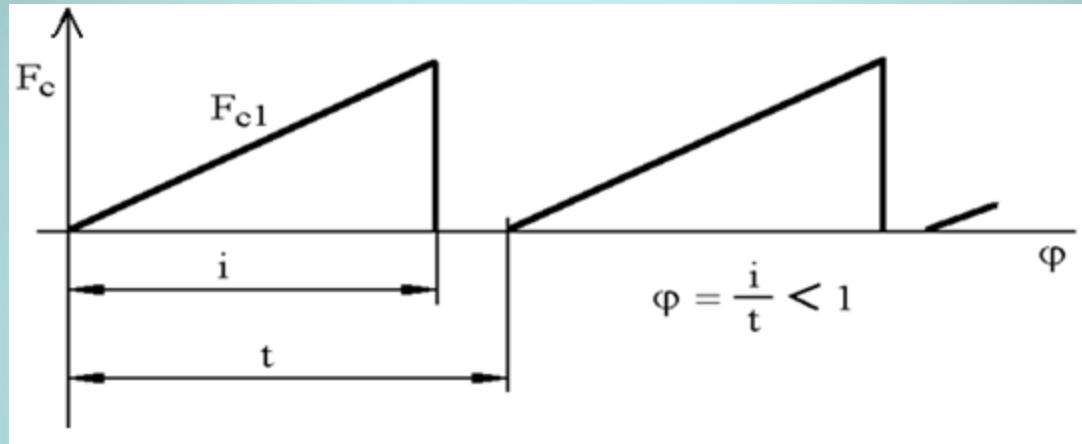
$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b \cdot z \cdot v_c}{d \cdot \pi \cdot 60 \cdot 10^3} = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b \cdot z \cdot d \cdot \pi \cdot n}{d \cdot \pi \cdot 60 \cdot 10^6} = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b \cdot n}{60 \cdot 10^6} [\text{kW}]$$

mivel $v_f = f_z \cdot z \cdot n \left[\frac{\text{mm}}{\text{p}} \right] \rightarrow P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot b \cdot v_f}{60 \cdot 10^6} [\text{kW}]; P_{\ddot{o}} = \frac{P_c}{\eta} [\text{kW}]$

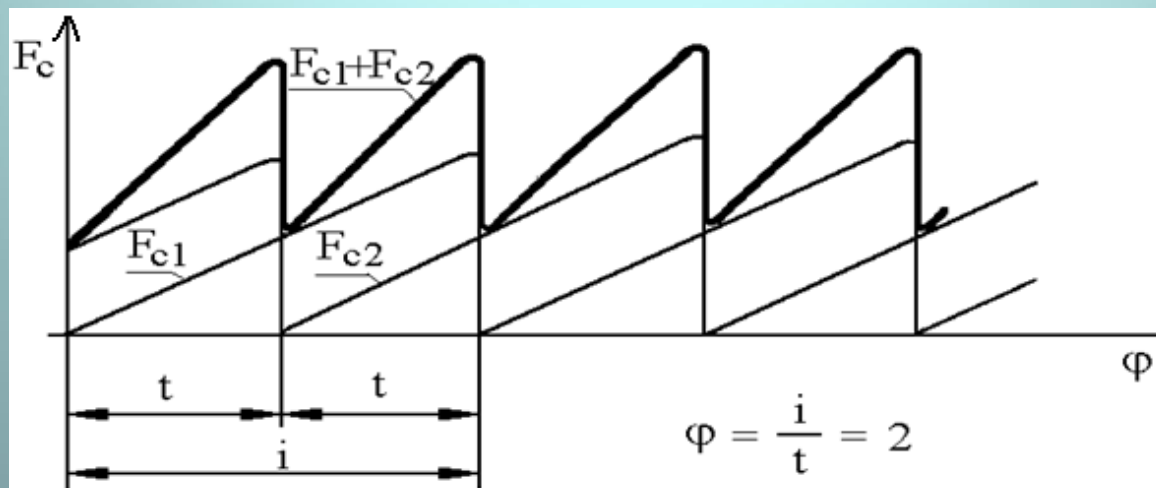
csúcserő és teljesítmény: $h_{\max} \approx 2\bar{h}$

Erőhullámozás egyenes élű marónál

$\Psi < 1$: van olyan időszak, mikor egyetlen fog sem forgácsol $\rightarrow$ erőhullámozás



$\Psi > 1$: F_c nem csökken 0-ra, de az erőhullámozás megmarad



Erőhullámváz csökkentése

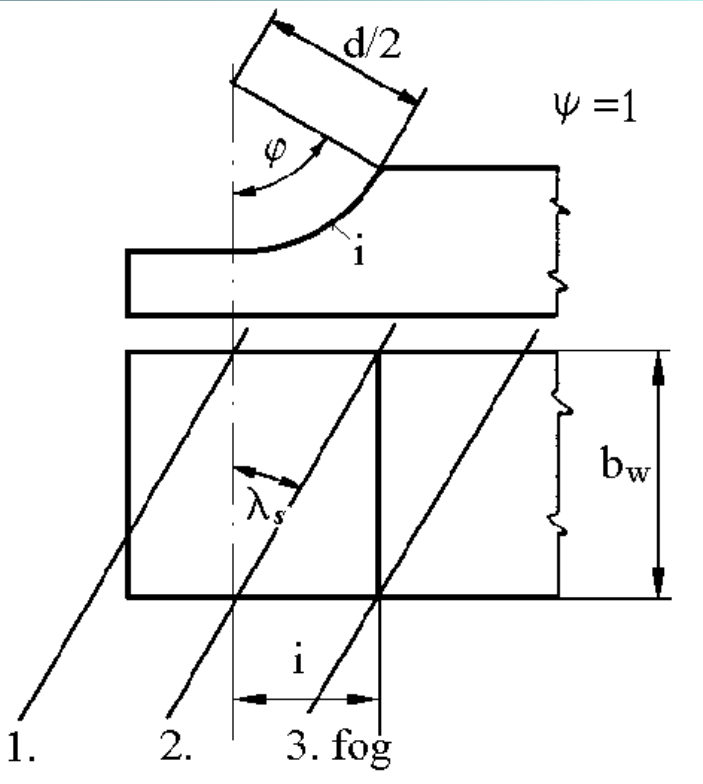
Ferde élű maró alkalmazásával.

- az él be- és kilépése fokozatosan történik, erő nem szűnik meg hirtelen – legkedvezőbb: ha az élek ferdeségét úgy választjuk meg, hogy egyik ferde él kilépése pillanatában a másik éppen munkába lép → szükséges λ_s

$$\operatorname{tg} \lambda_s = \frac{i}{b} = \frac{d \cdot \pi \cdot \varphi}{b \cdot 360^\circ}; \quad \sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{a}{d}}$$

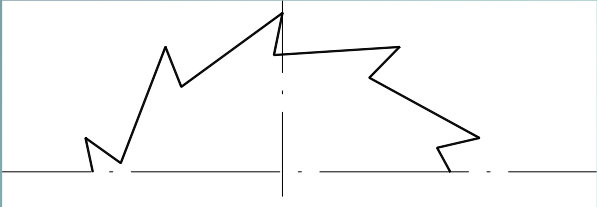
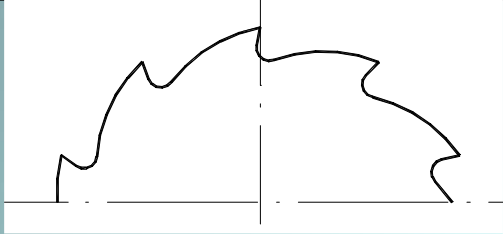
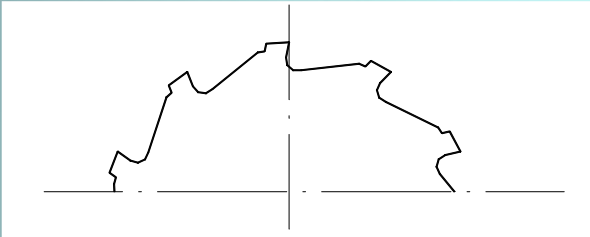
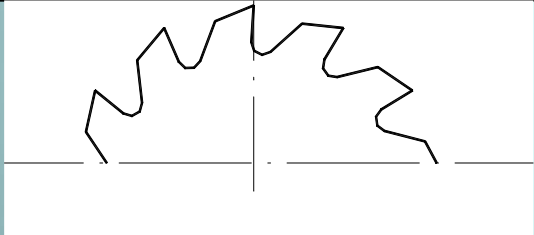
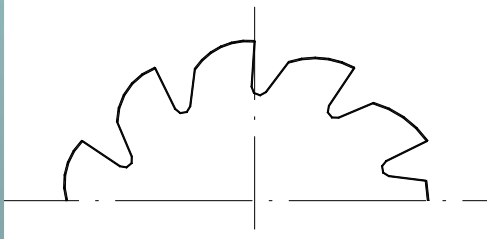
$\Psi=1$; λ_s esetén az erőhatás teljesen egyenletes

- „d” vagy „a” változásával, az ideális viszonyok megszűnnek,
- hullámvázmentesség: minden körülményre más-más szerszám szükséges.



Palástmarók élgeometriája

- határozott élgeometriájú, többélű szerszám,
- kemény anyagokhoz sűrűbb, lágyakhoz ritkább fogú marót választunk (fogazat sűrűségét a fogosztás fejezi ki: $t = \frac{d \cdot \pi}{z}$)
- fogalak (forgácsoló ék) ISO szerint három féle:
 1. **martfogú maró** (hát- és homlokfelület marással készül)
 2. **hátraesztergált fogú maró** (homlokfelület: mart, hátfelület: hátraesztergált): újraélezés a homlokfelületen történik → a fogba bemunkált alakzat nem változik meg, alakos hornyok, alakos bordák készítésére szolgál,
 3. **öntött vagy zsugorított fogú** marók: fog parabolikus alakú, általában az élszalag köszörült.

	Hegyes fűrészfog (mart)
	Parabolikus fog (öntött, zsugorított)
	Parabolikus fog élszalaggal (öntött, zsugorított)
	Sík felületekkel határolt - merevített - fog (mart)
	Archimedesi spirál foghátú (hátraesztergált)

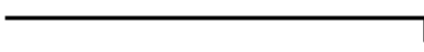
A marószerszámok fogalakjai

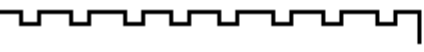
Palástmarók csoportosítása kivitelük szerint:

- monolit,
- forrasztott keményfémlapkás,
- gyorsacél betétkéses (szerelt élű) marók,
- váltólapkás (HM, SK) marók.

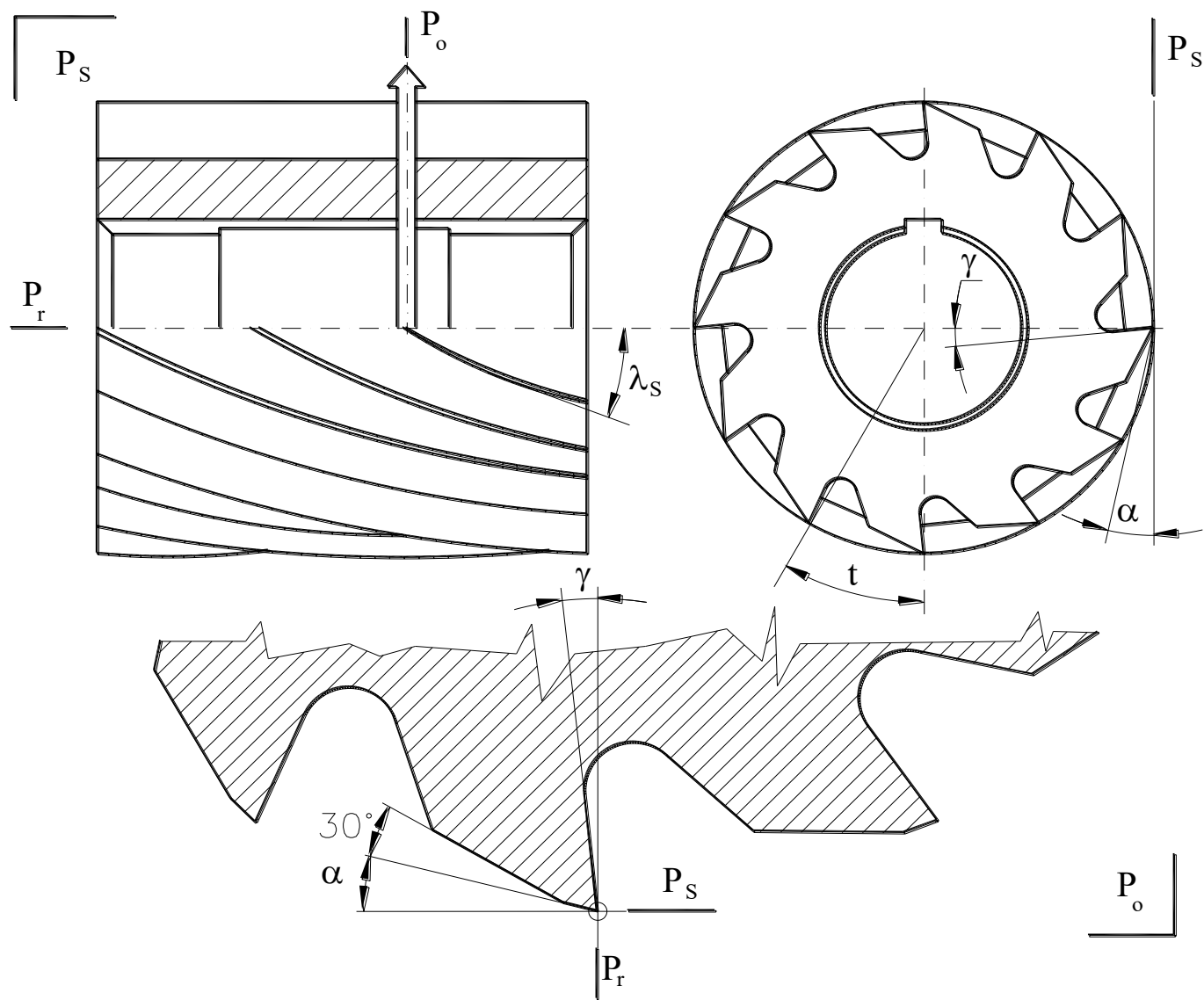
Palástmarók leggyakrabban furatosak és ferde élűek ($d=40\ldots150\text{mm}$):

- nyugodt, rezgésmentes járás, kis erőhullámozás,
- α , γ - t a marótest edzése után köszörüléssel alakítják ki,
- A hosszú élvonal a forgács egybemaradó alakja miatt kedvezőtlen (forgácsoló hornyok, vagy hullámos él kialakítás biztosítja a kedvező forgács alakot).

1.  folytonos élvonal

2.  forgácsosztó hornyok

3.  hullámos élvonal



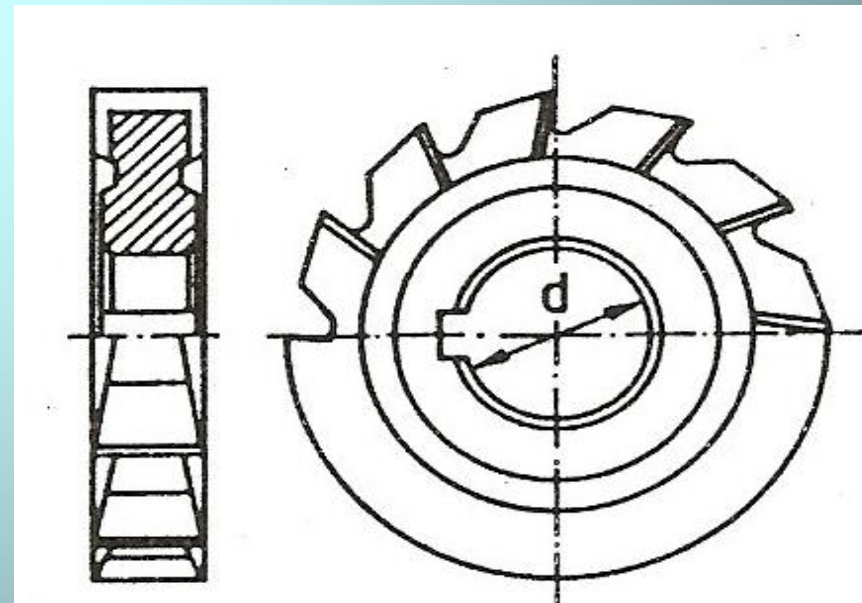
A ferdeélű palástmaró élgeometriája

A palástmarás jellegzetes szerszámai

a, tárcsamarók ($d=40\ldots180\text{mm}$):

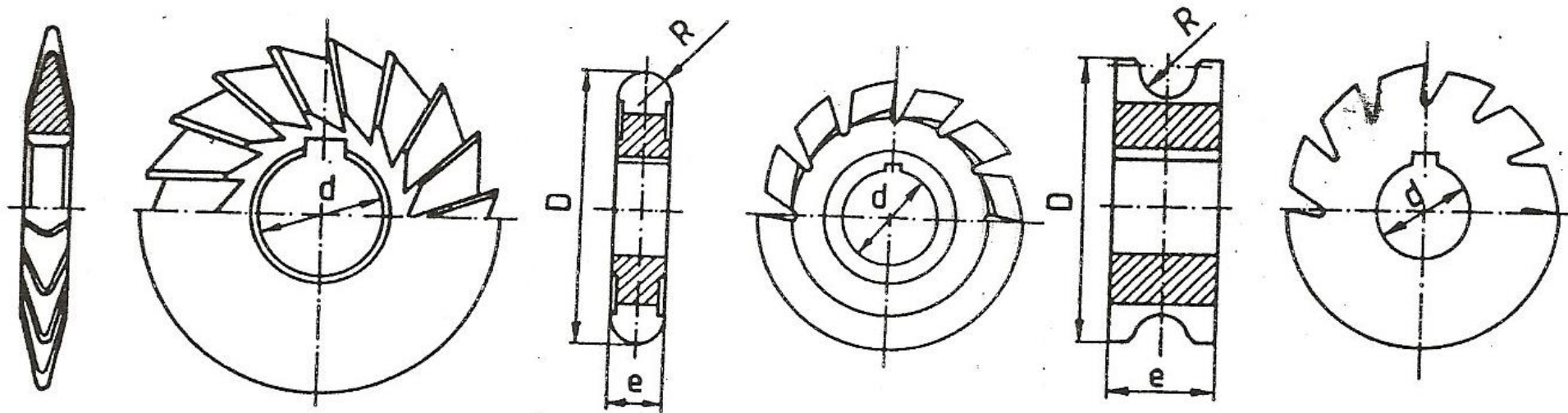
- hornyok, hasítékok marására,
- homlokpalást marók, mindkét oldalukon forgácsoló éllel rendelkeznek,
- egyenes-, ferde-, kereszt-élűek; monolit vagy szerelt kivitelűek,
- keskeny tárcsamarók: fűrész tárcsák ($d=25\ldots315\text{mm}$); körfűrészek ($d=315\ldots1250\text{mm}$)

Tárcsamaró:



b, idommarók vagy alakmarók:

- vezetékek, fogárkok, nyílások készítésére,
- szögmarók (szimmetrikusak vagy asszimmetrikusak),
- hátraesztergált fogú alakmarók.



a, szögmaró

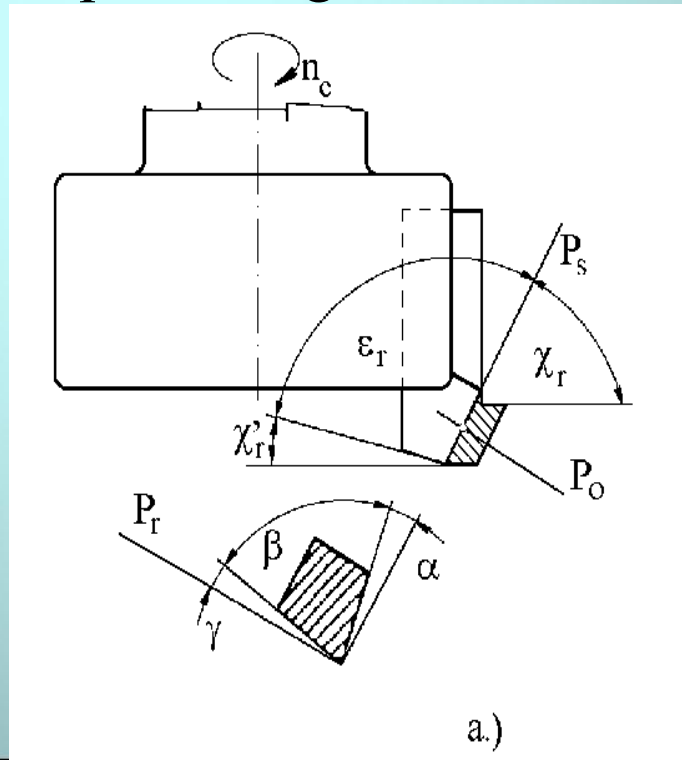
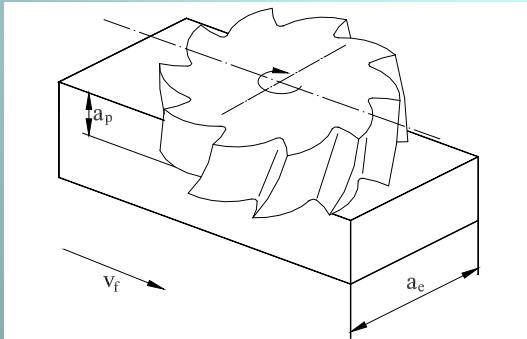
b, rádiuszmaró

c, alakmaró

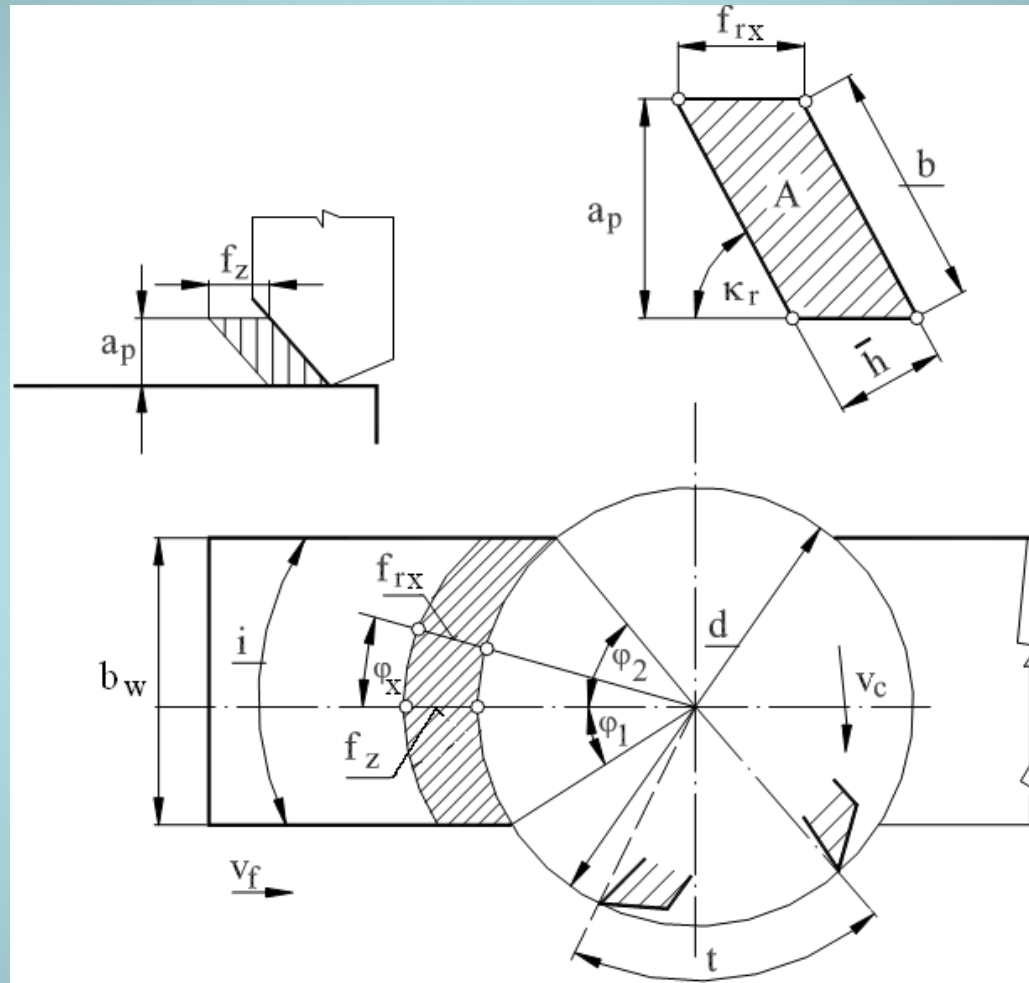
Homlokmarás

A homlokmarás mozgási és forgácsolási viszonyai

- A forgácsoló főmozgást a szerszám; előtolást a mdb. végzi;
- A maró forgástengelye merőleges a megmunkált felületre, amely mindig síkfelület;
- Simító fokozatban elérhető pontosság: IT8...IT9; $R_a = 3,2 \dots 12,5 \mu\text{m}$



Forgácsolási viszonyok, forgács keresztmetszet



f_z : fogankénti előtolás (a marótengelyre merőleges síkban)

f_{rx} : sugárirányú előtolás (forgács közepes vagy átlagos vastagságának felel meg); φ_x -nél

- A forgács keresztmetszete változó: legkisebb a belépés vagy kilépés helyén, legnagyobb a marótengely előtolás irányába eső szimmetria síkjában:

$$f_{rx} \cdot i = f_z \cdot b_w \quad (\text{területegyenlőség})$$

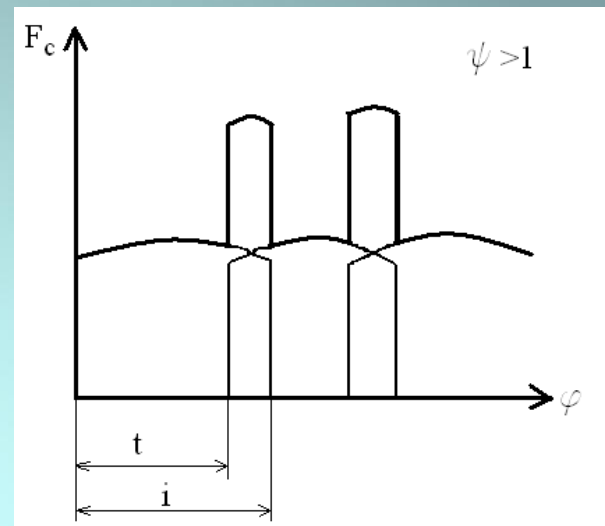
$$f_{rx} = f_z \cdot \frac{b_w}{i}; \quad i = \frac{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)}{360^\circ}; \quad f_{rx} = f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

$$\bar{h} = f_{rx} \cdot \sin \kappa_r; \quad \kappa_r = 90^\circ; \quad \bar{h} = f_{rx}$$

$$\frac{d}{b_w} = 1,5 \dots 1,7 \rightarrow \psi = 2 \dots 3$$

Erőszükséglet

- forgácsolóerő ingadozás
- erőhullámszám $\downarrow$ $\psi \uparrow$



$$F_{c1} = k_c \cdot a_c = k_c \cdot b \cdot \bar{h} = k_c \cdot a_p \cdot f_{rx} = k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)} [\text{N}]$$

$$a_p = a; \quad F_c = \psi \cdot F_{c1}; \quad \psi = \frac{i}{t}; \quad t = \frac{d \cdot \pi}{z}; \quad \psi = \frac{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2) \cdot z}{360^\circ \cdot d \cdot \pi} = \frac{(\varphi_1 + \varphi_2) \cdot z}{360^\circ}$$

$$F_c = k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)} \cdot \frac{(\varphi_1 + \varphi_2) \cdot z}{360^\circ} = k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{z}{d \cdot \pi} [\text{N}]$$

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_k \cdot K_s \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Teljesítményszükséglet

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} [\text{kW}];$$

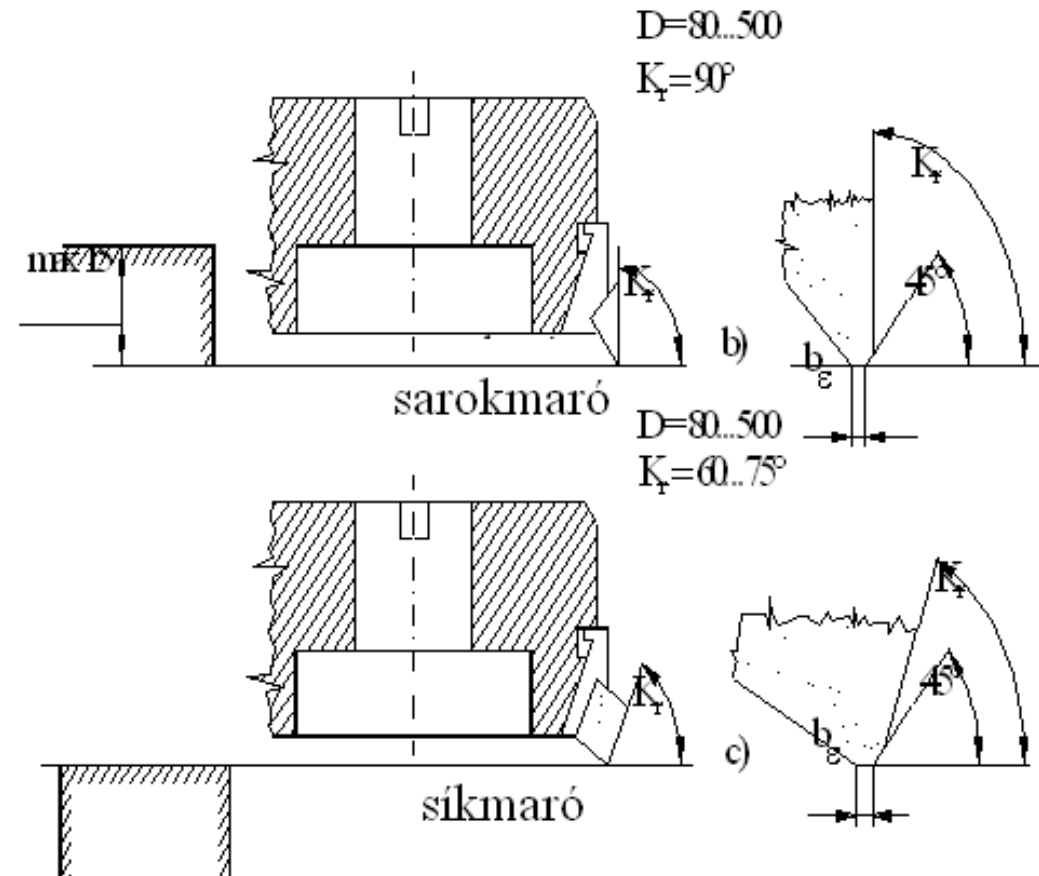
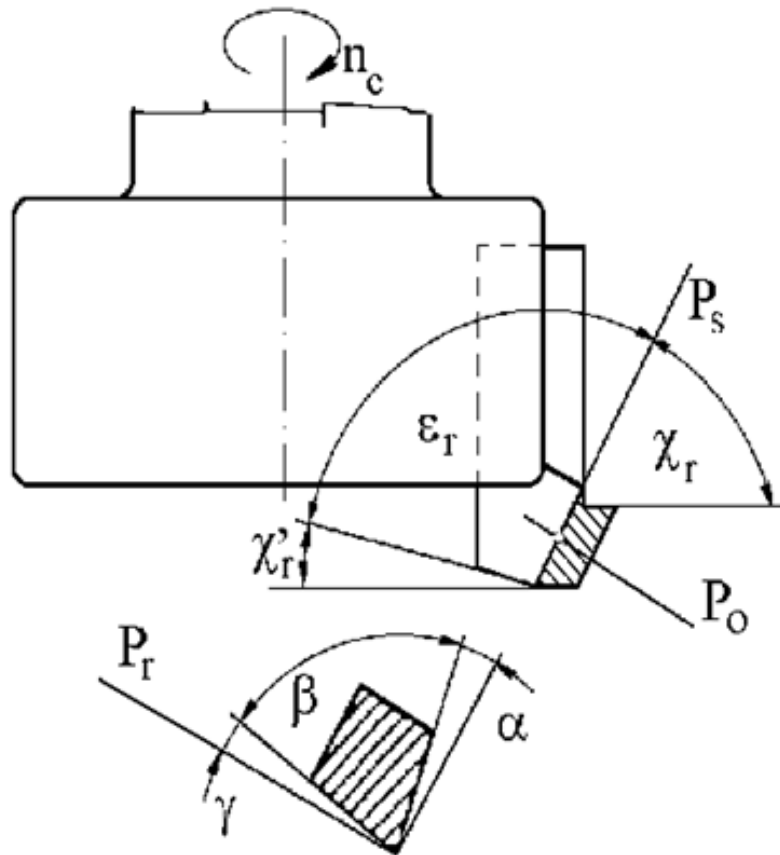
$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot z \cdot d \cdot \pi \cdot n}{d \cdot \pi \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot z \cdot n}{60 \cdot 10^6} [\text{kW}]$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \left[\frac{\text{mm}}{\text{p}} \right] \rightarrow P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot b_w \cdot v_f}{60 \cdot 10^6} [\text{kW}]; \quad P_{\text{ö}} = \frac{P_c}{\eta} [\text{kW}]$$

Gazdaságos forgácsoló sebesség: $v_{\text{alk}} = v_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \dots K_m \left[\frac{\text{m}}{\text{p}} \right]$

$v_{\text{alk}} = f(\text{anyagminőség, szerszám típus, } a, f_z, \text{ maró } \emptyset, \text{ típus, } z, B)$

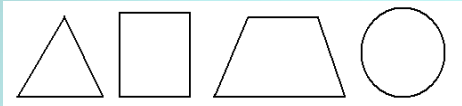
Homlokmaró élgeometriája



Homlokmarás jellegzetes szerszámai

→ régebben betétkéses – jelenleg **váltólapkás kialakítás:**

- váltólapkások: HM, SK, lapkák a szerszám csúcsán nem rádiuszosak, hanem fazettásak,

- lapka alak:  , szimmetrikus, aszimmetrikus,

- forrasztott lapkás korszerűtlen.

→ **főbb típusok:**

A, *sarokmaró*: kisebb lépcső is készíthető ($\chi_r = 90^\circ$), $m = l/2$,

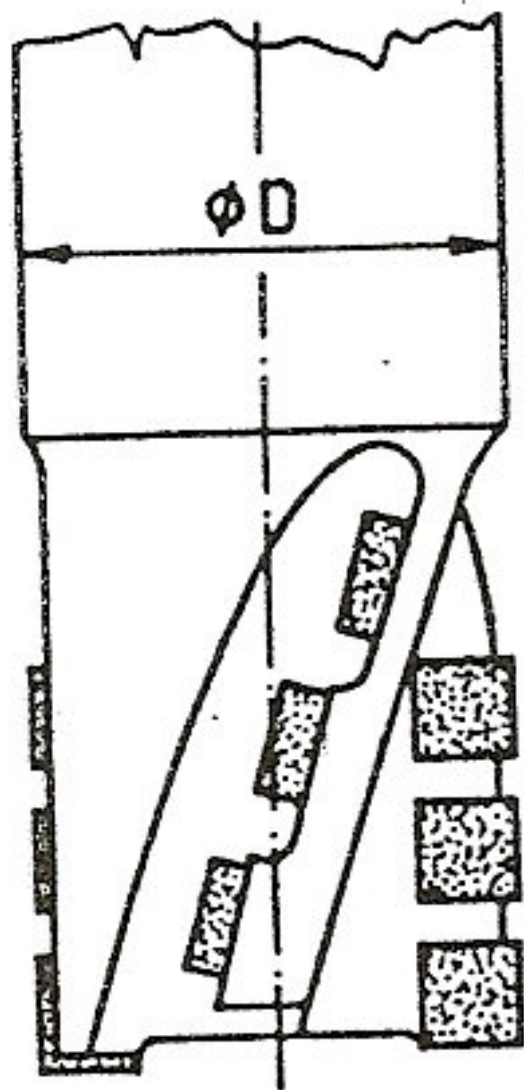
B, *síkmaró*: lépcső nélküli síkfelületekhez ($\chi_r = 60 \dots 75^\circ$),

C, *palást-homlokmaró*: a, b keveréke (Igelfräser: sünmaró, kukoricamaró) $m=d$,

→ monolit vagy lapkás kivitelűek, Ø30mm-től lapkásak.

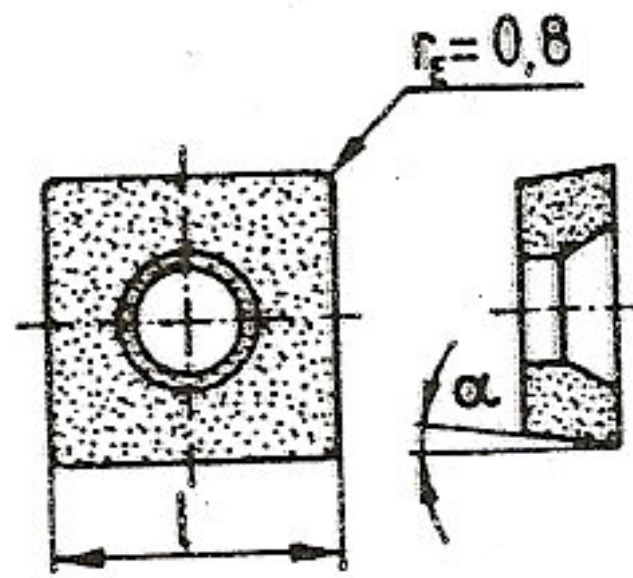
Palást-homlokmarás lényege és szerszámai

- Általában száras kivitelűek, kis Ø-ek, palást- és homlok-felületük is képes forgácsolni;
- Sarokfelületek készítésére valók, a lépcsőméret lényegesen nagyobb, mint sarokmarónál, $m=d$;
- A száras palást-homlokmarók elnevezései:
 - szármaró,
 - ujjmaró,
 - nyelesmaró,
 - hosszlyukmaró;
- Forgácsolási viszonyok a $\chi_r = 90^\circ$ –os homlokmaróéhoz hasonlóak.



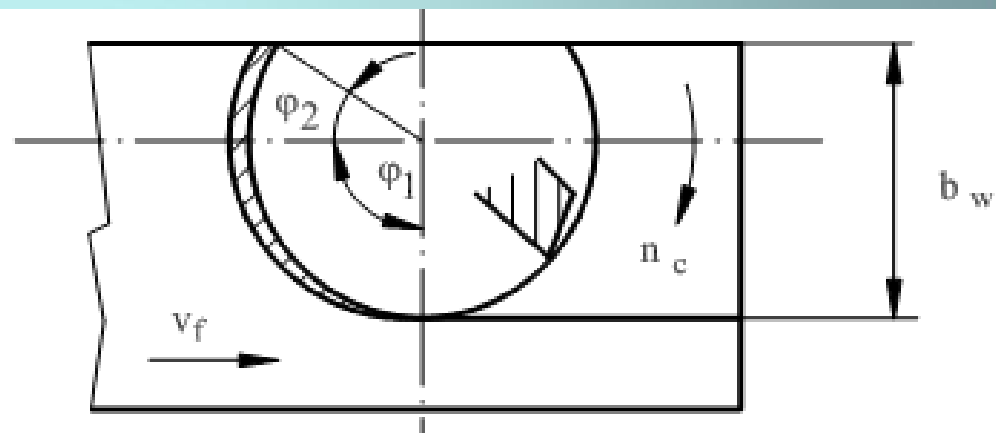
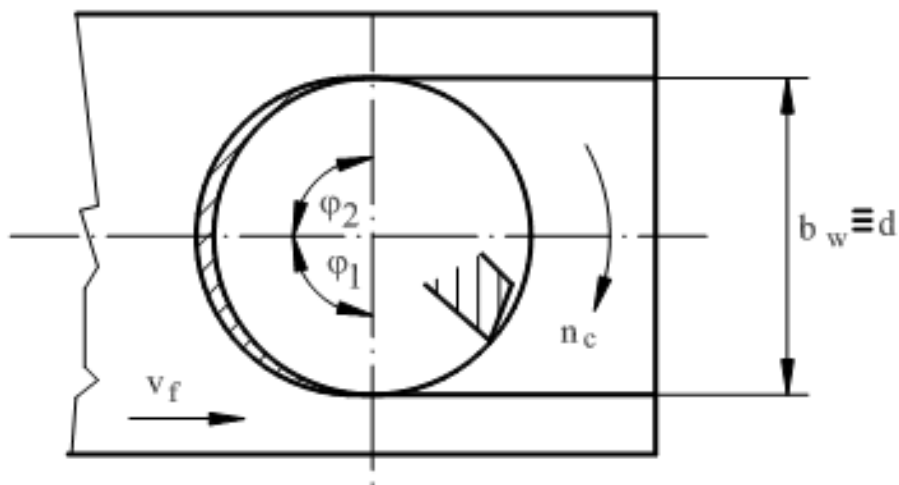
$$D = 30 \dots 125$$

$$l = 9 \dots 12$$



Palást - homlokmaró

Szerszám elrendezési lehetőségek (palást-homlokmarók)



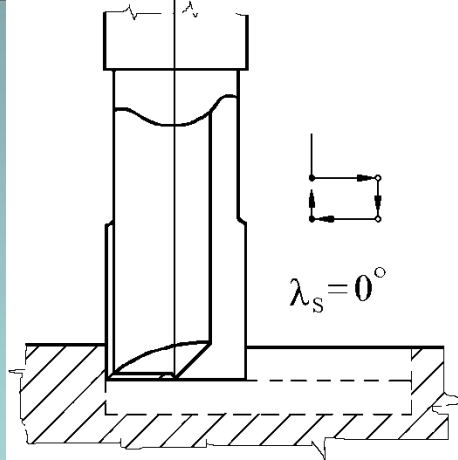
$$\bar{h} = f_{rx} = f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot 180^\circ} =$$

$$\bar{h} = f_z \cdot \frac{2}{\pi} \cong 0,63 f_z \text{ [mm]}$$

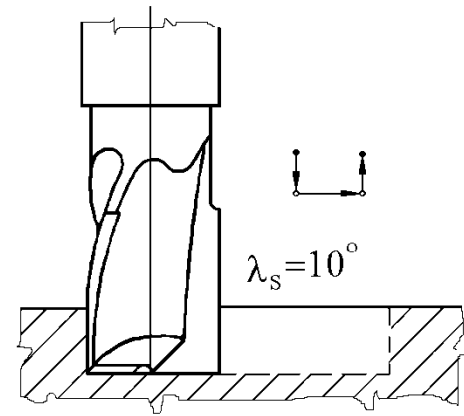
$$\bar{h} = f_{rx} = f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)} \text{ [mm]}$$

Hosszlyukmarók

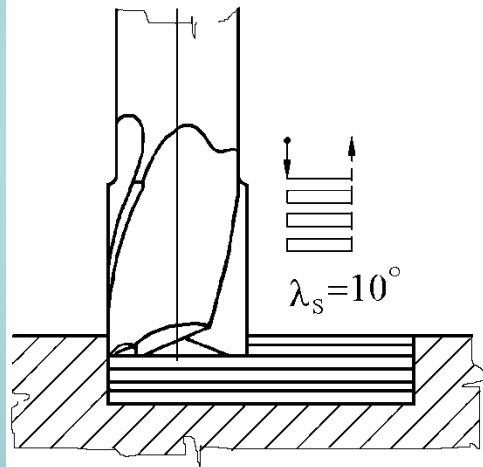
- Két- vagy három-élű palást-homlokmarók, amelyeknek homlokéle aszimmetrikus (egyik hosszabb, mint a másik) – a hosszabb homlokél középig nyúlik;
- fő típusai:
 - egyenes és ferdeélű,
 - ferdeélű szimmetrikus homlokélekkel: hornyot mélyíteni csak lassan lehet,
 - csavartélű: igazi nagyteljesítményű;
- Einwegschlichten: reteszhorony egyik oldalát simítja;
- Zweiwegschlichten: reteszhorony mindkét oldalát simítja: IT6; $R_m < 10 \mu\text{m}$.



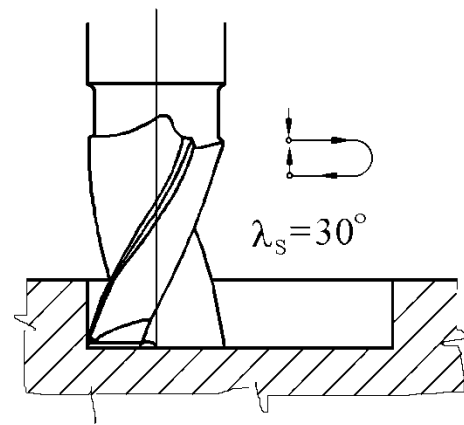
a.)



b.)



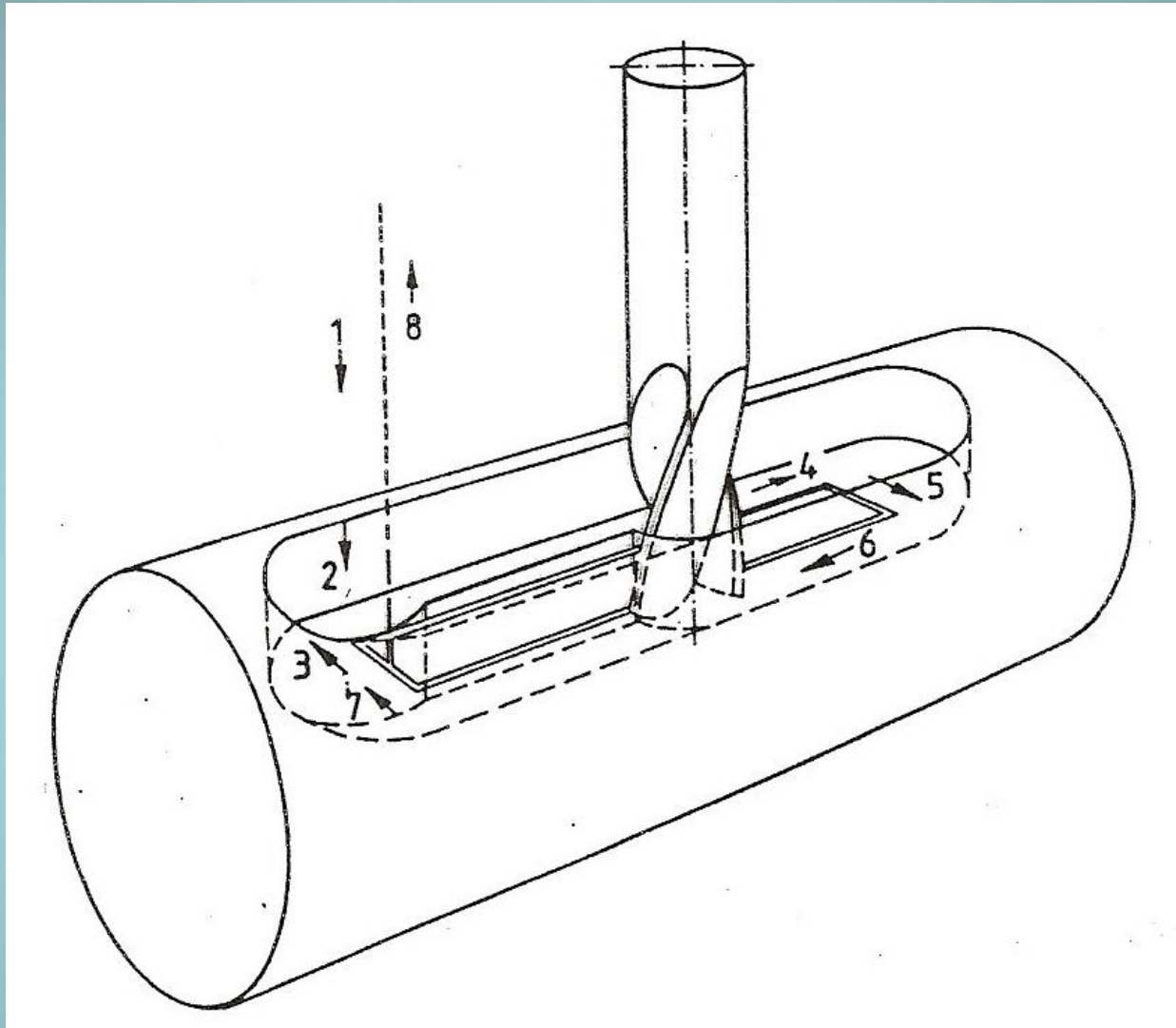
c.)



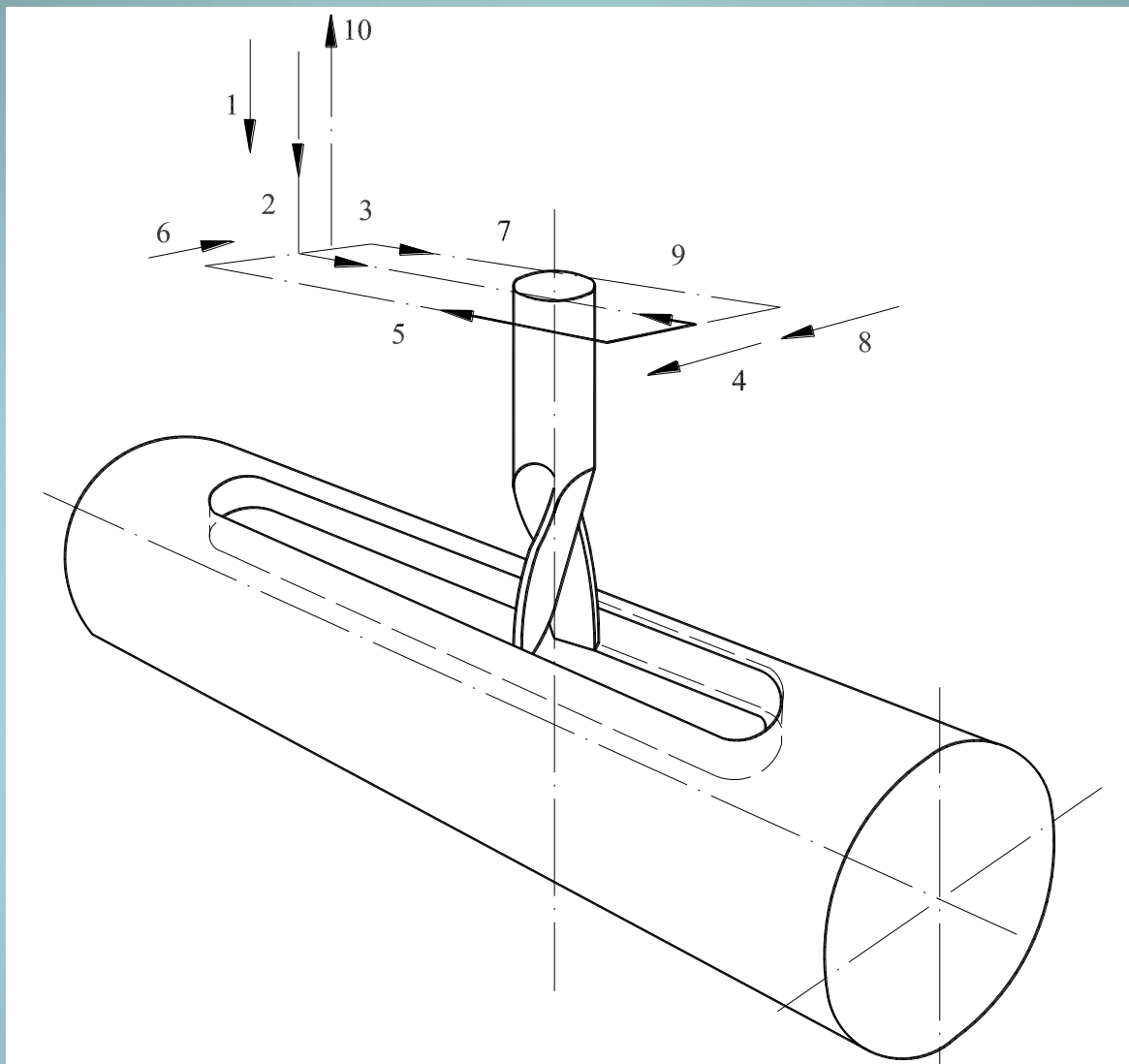
d.)

A hosszlyukmarók típusai

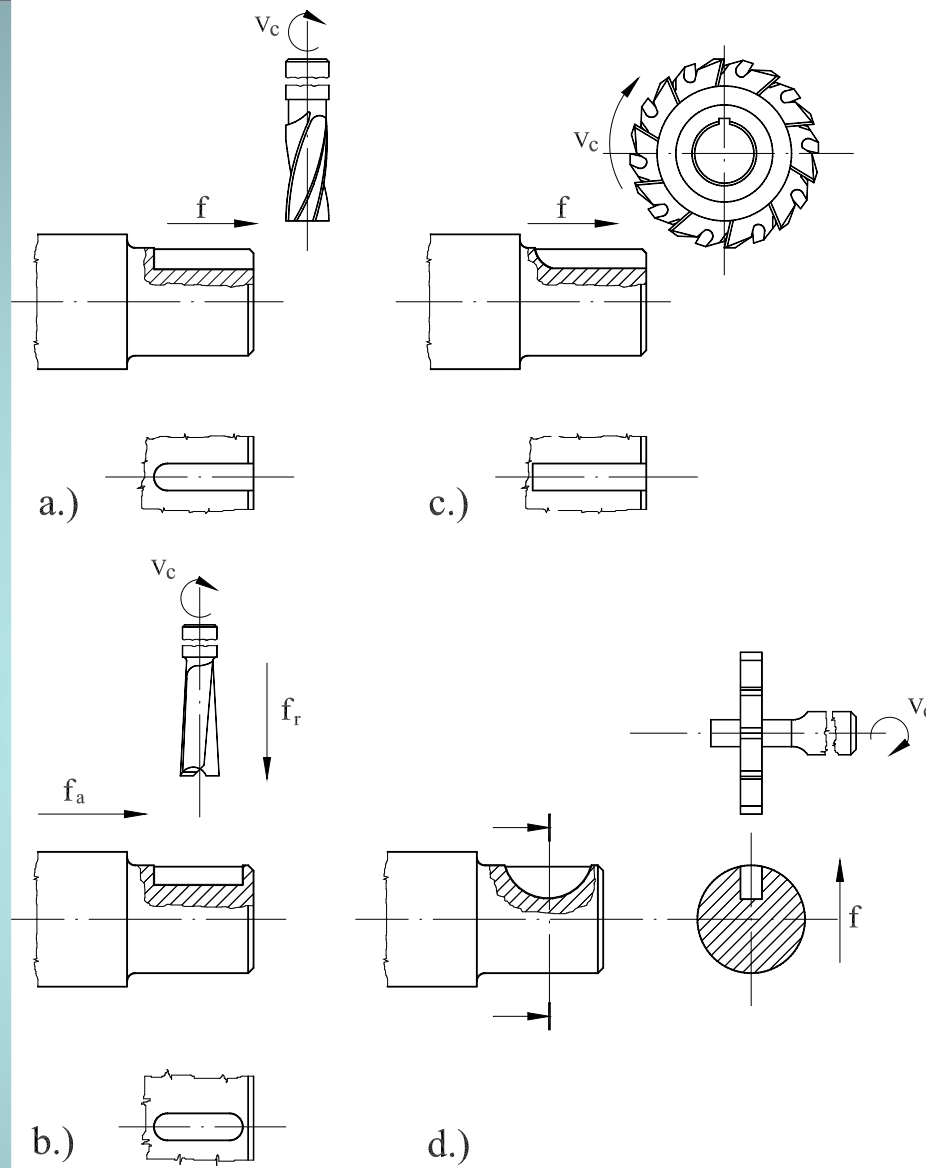
a.) egyenesélű, b.) ferdeélű,
c.) ferdeélű szimmetrikus homlokélekkel, d.) csavartélű



Horonymarás csavartélű Hurth-maróval
egyoldalas simítással



Horonymarás csavartélű Hurth-maróval
kétoldalas simítással



Ék- és reteszhorony forgácsolása külső hengeres felületen

a.) ujjmaróval, b.) hosszlyukmaróval, c.) keresztfogazású tárcsamaróval,
d.) íves reteszhorony maróval