



MARÁS, FŰRÉSZELÉS



A marás, többélű szerszám (maró) kör alakú főmozgásával és a munkadarab haladó, előtoló mozgásával megvalósuló forgácsolás. A változó keresztmetszetű forgács leválasztása szakaszos.

Síkok, hornyok, hasábfelületek, körhenger előállítására alkalmaz-
zák, de tetszés szerinti felületek létrehozására is alkalmas (profil-
marás, kontúrmarás). Széles körben elterjedt eljárás, mivel a leg-
egyszerűbbektől a legbonyolultabbakig minden fajta felület elő-
állítására alkalmas.

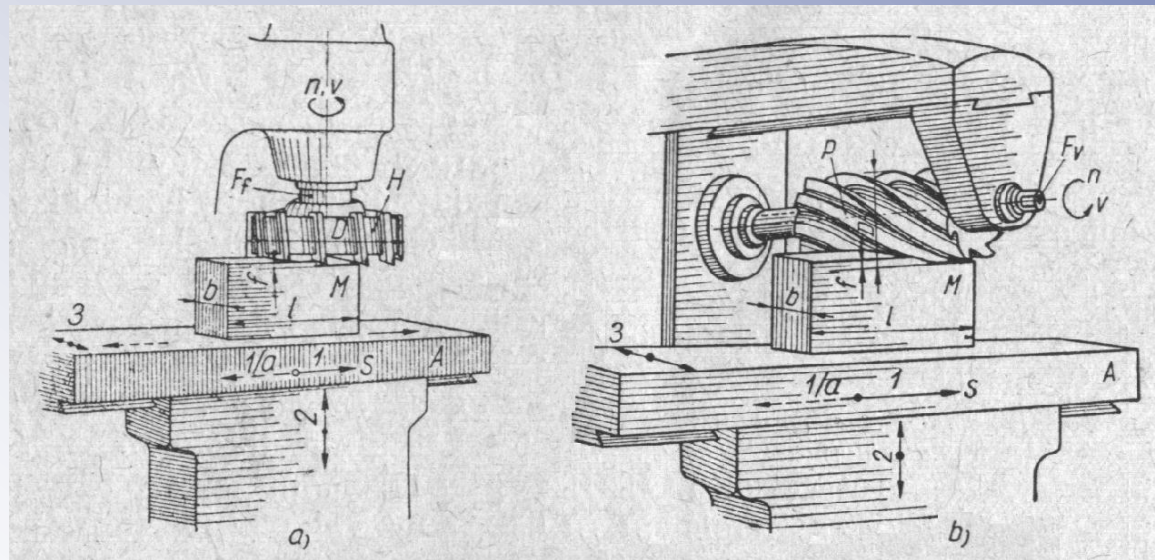
Előnyös tulajdonságaiként a termelékenységet és az elérhető vi-
szonylag nagy pontosságot kell megemlíteni.

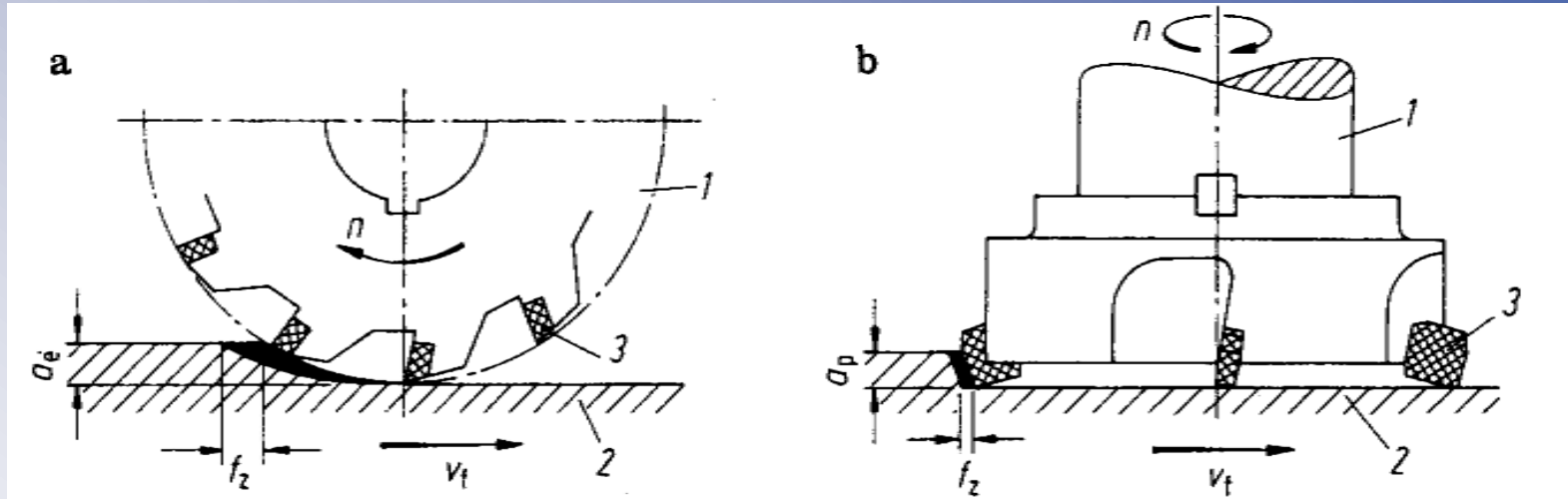


• A MARÁS VÁLTOZATAI

A marás a megmunkált felület alakja, a szerszám alakja és a megmunkálás kinematikai viszonyai alapján osztályozható.

A forgácsolási folyamat fontos jellemzője, hogy a szerszámél mely része alakítja ki a megmunkált felületet. Eszerint megkülönböztünk **homlokmarást** és **palástmarást**. Vannak határesetek is (alakmarás, menetmarás stb.), amelyek mindkét csoportba besorolhatók.





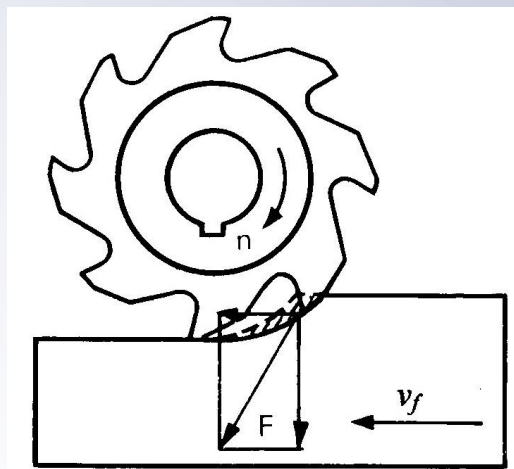
5-1. ábra. A palástmarás és a homlokmarás összevetése
a) palástmarás; b) homlokmarás;
1 - szerszám, 2 - munkadarab, 3 – forgácsolóél

Palástmarás esetén a megmunkált felület kialakítását kizárólag a maró palástfelületén elhelyezkedő főélek végzik (5-1. ábra).

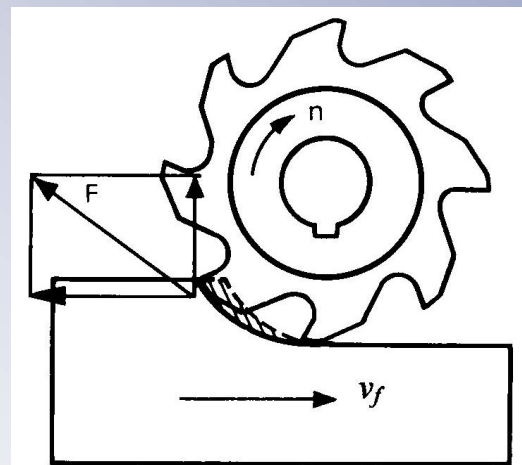
Homlokmarásnál a forgácsleválasztás szintén a palástfelületen elhelyezkedő főélekkel történik, de a megmunkált felület kialakítását a maró homlokfelületén elhelyezkedő mellékélek végzik.

Az előtoló– és a főmozgás viszonyának alapján a marás lehet **egyenirányú** (lefelé) vagy **ellenirányú** (felfelé, hagyományos) (a, b, ábra).

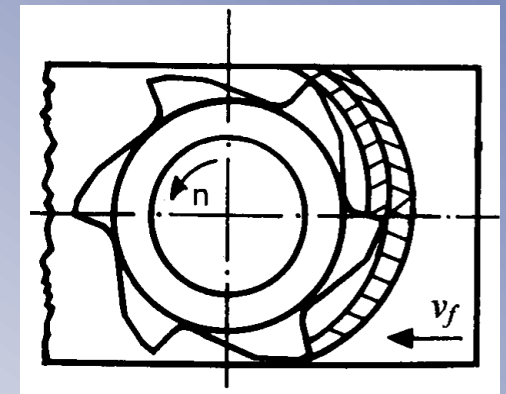
Homlokmarásnál a szerszám és a munkadarab viszonylagos helyzetétől függően egyidejűleg felléphet ellenirányú- és egyenirányú marás is (kombinált marás c, ábra). Mivel ez a legtermelékenyebb eljárás, ahol lehet ezt válasszuk!



a,



b,



c,



Az egyenirányú marás esetében a munkadarabbal kapcsolatban lévő élek kerületi sebességének iránya és a mellékmozgás iránya „megegyeznek” (van azonos irányú komponensük). Itt élbelépésnél a legnagyobb a forgácsvastagság.

Egyenirányú marásnál jobb a felület minősége, matt és bársonyos tapintású, a szerszám éltartama hosszabb, de csak olyan gépeken alkalmazható, ahol biztosított a hézagmentesség a mellékmozgás kinematikai láncában (holtjáték kiküszöbölés).

Nagyobb marási teljesítmény érhető el, mert a vágósebesség 50-70%-al nagyobbra vehető, mint az ellenirányú marásnál. Bőséges hűtésről kell gondoskodni!

Jól bevált kevés fogú (nagy forgácsterű), nagy csavaremelkedésű szármarók alkalmazásánál ($z=2-4$ fog, $\lambda=30-45^\circ$ emelkedési szög).



Kedvezőtlen az egyenirányú marás, ha a munkadarabnak kemény, élkoptató kérge van (durva öntvény, revés kovácsdarab stb.).

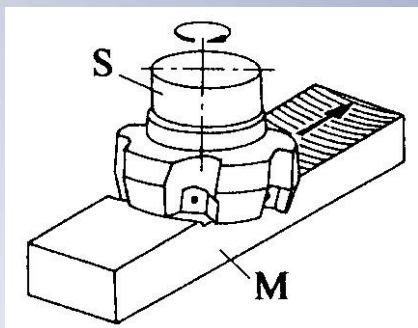
Igen alkalmas eljárás viszont mély villák, hornyok, vékonyfalú munkadarabok marásakor, mert a forgácsolóerő az asztal felé mutat, így kis leszorítóerő is elegendő a munkadarab rögzítéséhez.

Nagy szakítószilárdságú anyagok és menet marása esetén is kedvezőbb választani.

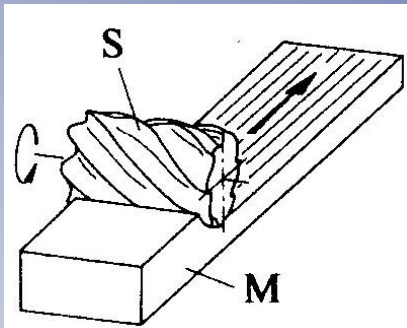
Ellenirányú marás esetén élbelépésnél a forgácsvastagság $h=0$, ezért a kezdeti fázisban az anyag rugalmasan deformálódik és a szerszám hátfelületén jelentős súrlódás jelentkezik. Ezért a maró homlok- (γ) és hátszöge (α) célszerűen nagyobb, mint egyenirányú maráskor.

Ellenirányú marásnál a felület fényesen csillogó, sima tapintású.

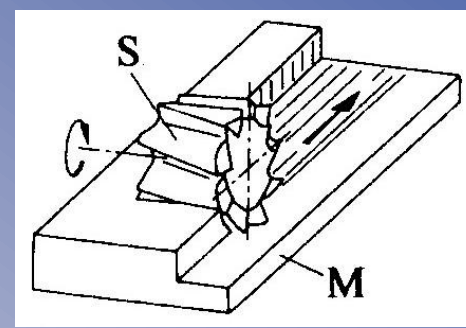
A DIN 8589 a marás hét alapváltozatát sorolja fel (5-3. ábra):



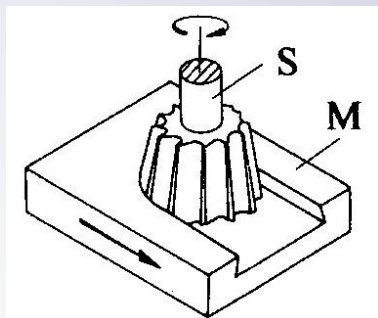
Síkmарás homlokmaróval
(marófejvel)



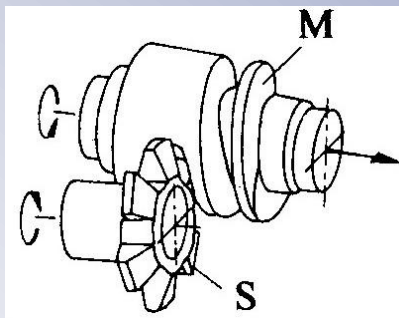
Síkmарás palástmaróval



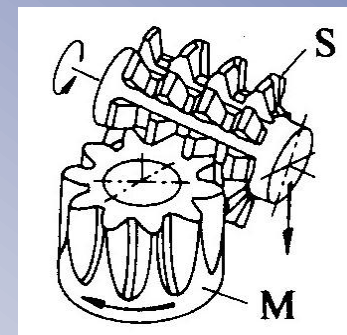
Sarokmarás
palást-homlokmaróval



Profilmarás



Csavarmenet-marás

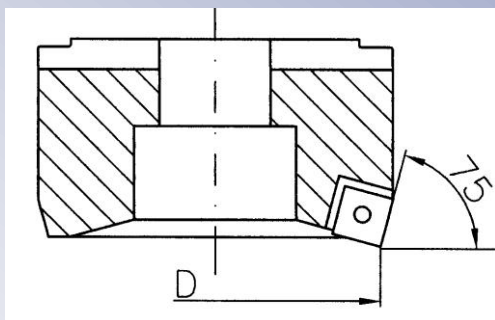


Lefejtőmarás

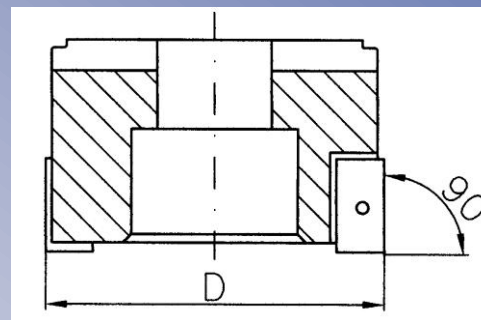
Tetszőleges kontúr marása, többnyire lekerekített végű maróval

• MARÓSZERSZÁMOK

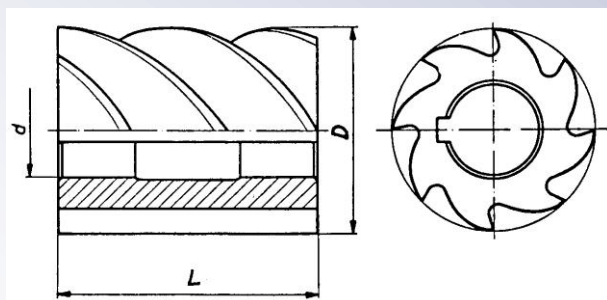
Szerkezeti és felhasználási jellemzők szerint a gyakoribb maró-típusok az alábbiak (5-4a. ábra)



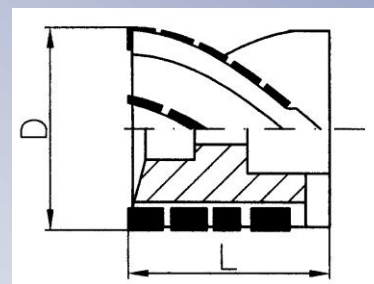
Homlokmaró (marófej)



Sarokmaró fej

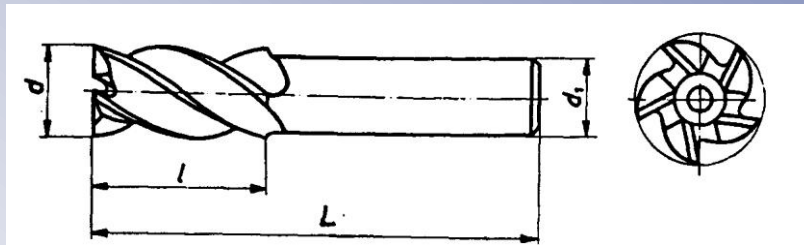


Palástmaró

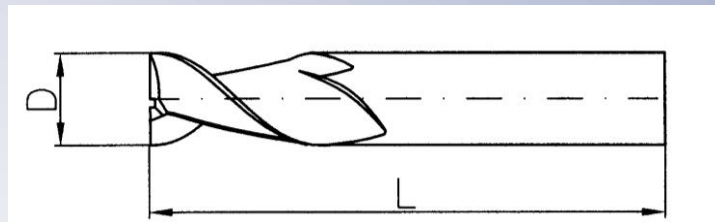


Osztott élű, nagyoló
palást-homlok maró

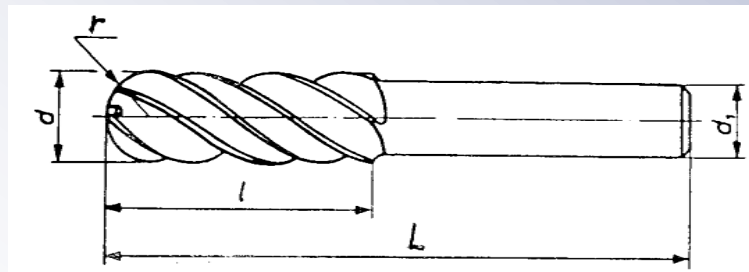
Szerkezeti és felhasználási jellemzők szerint a gyakoribb maró-
típusok az alábbiak (5-4b. ábra)



Szár- vagy ujjmaró



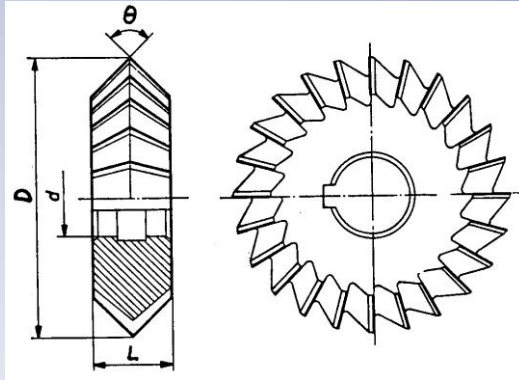
Hosszlyuk maró



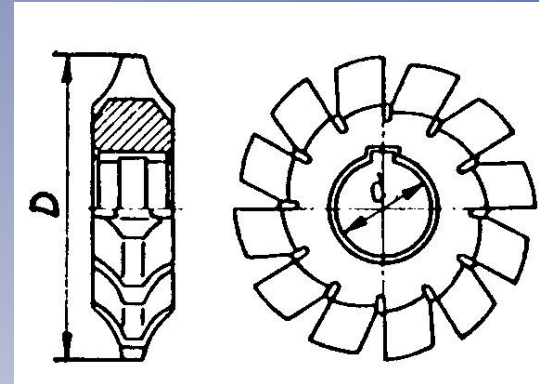
Süllyesztékmaró



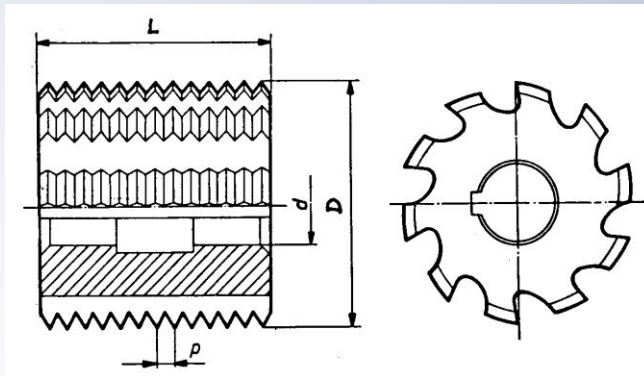
Szerkezeti és felhasználási jellemzők szerint a gyakoribb maró-típusok az alábbiak (5-4c. ábra)



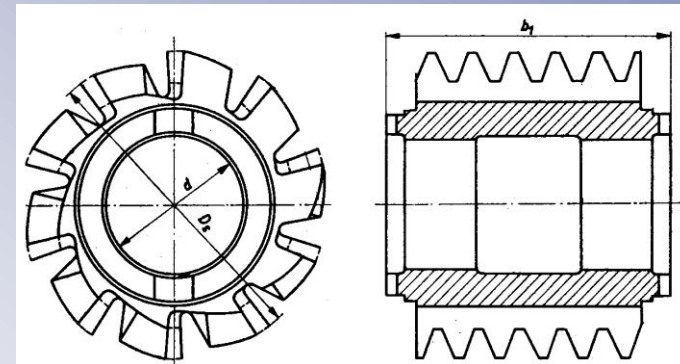
Kétoldalas szögmaró



Modul tárcsamaró



Fésűs menetmaró



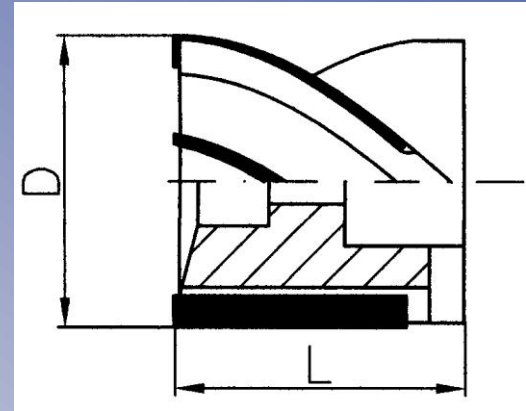
Lefejtőmaró

Szerszámanyag tekintetében gyorsacél- és keményfém marókat alkalmazunk.

Nagyobb méretű keményfém marók esetén csak az él készül keményfémből. Az élek felerősítése a szerszámtesthez történhet forrasztással vagy mechanikus szorítómegoldással, amelyek lehetővé teszik a lapkák váltását miután azok élei elkopnak.

Forrasztott keményfém-lapkás palást-homlokmaró

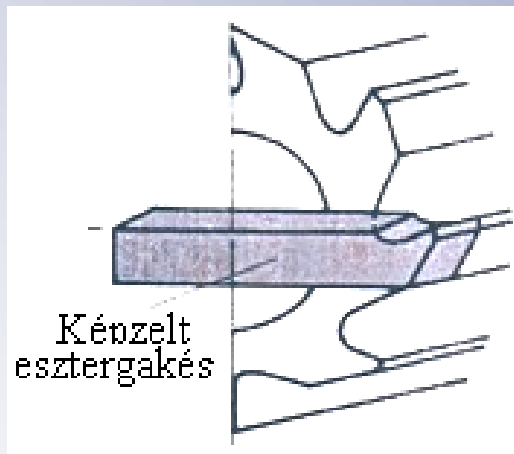
A keményfém anyag és a váltólapkás kivitel részaránya nagy és egyre növekvő tendenciát mutat.



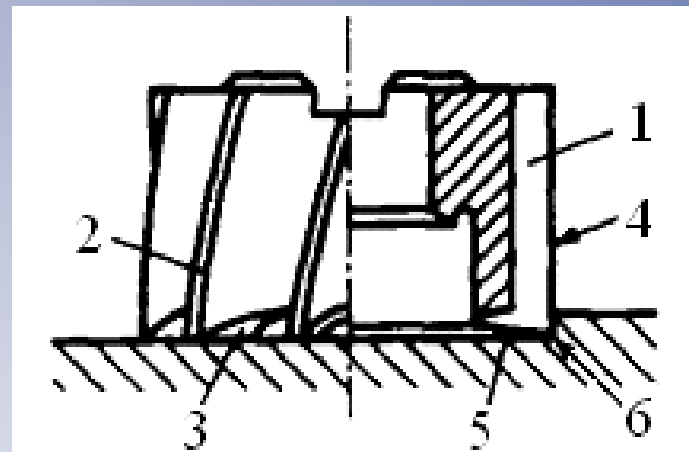


• Marószerszámok élgeometriája

Többélű szerszámnál minden élen (fogon) megállapíthatók az egyélű szerszámra jellemző szögek és felületek (5-5. ábra).



5-5. ábra. Az egyélű- és többélű szerszám összevetése [22]



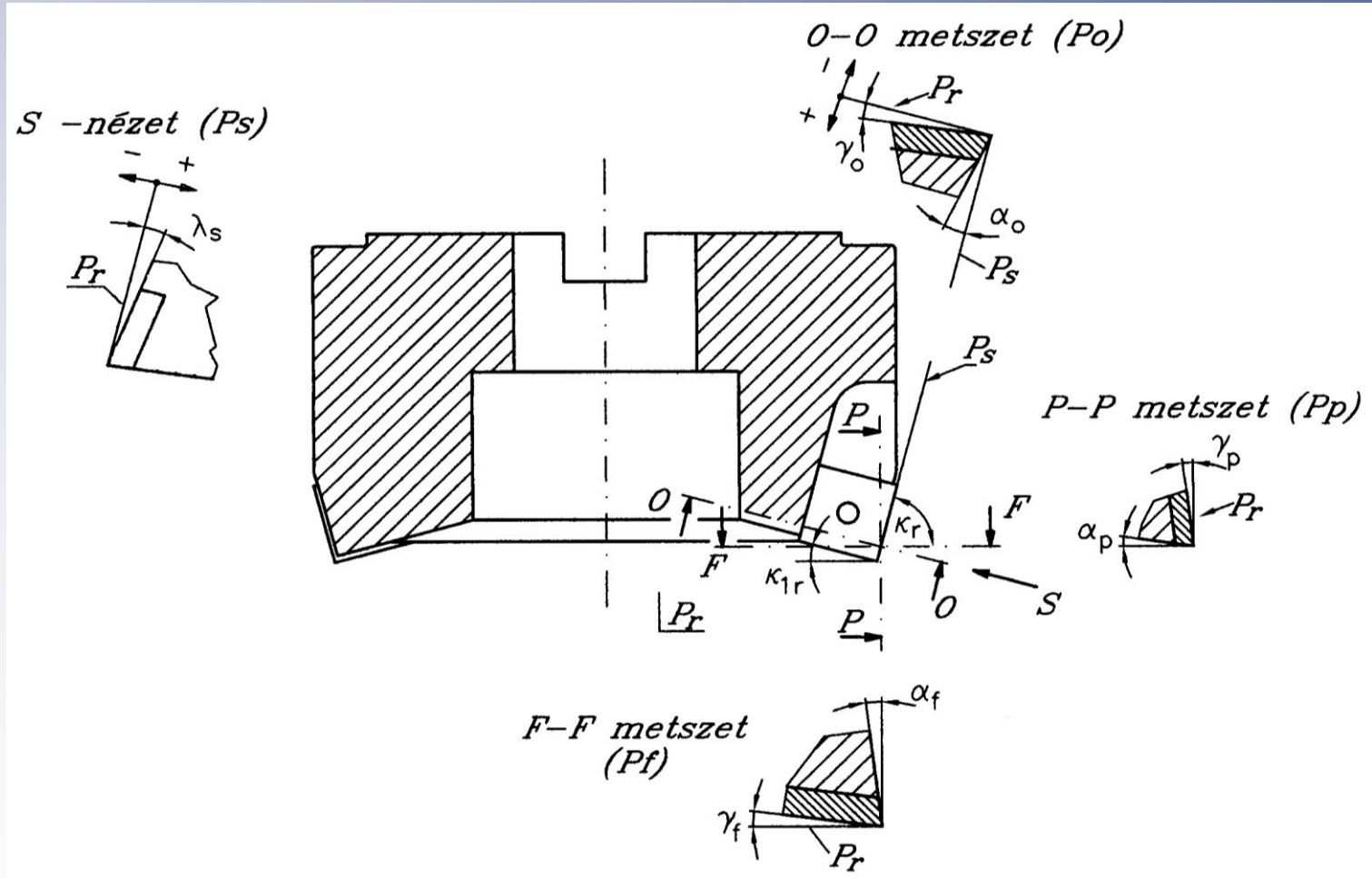
- 1 – homloklap,
- 2 – hátlap,
- 3 – mellékhátlap,
- 4 – forgácsolóél,
- 5 – mellékél,
- 6 – élcsúcs

5-6. ábra. Palást-homlokmaró felületei és élei

A dolgozó rész szempontjából a palást-homlokmaró (5-6. ábra) tekinthető általános esetnek, itt ui. az élkialakítás a palást- és a homlokfelületen is megtalálható.



A jellemző élszögek homlokmaró (marófej) esetére (5-7. ábra).





5-1. táblázat.

Keményfém váltólapkás marók élszögei fokokban (Degner)

A munkadarab anyaga		Marófej		Palást-homlokmaró		
		γ_f	γ_p	α_o	γ_o	λ_s
Acél, R_m	≤ 500	-3...-13	4...7			
	≤ 600	-9...-16	0...5	6	5	15
	≤ 850	-13...-22	-1...1	6	5	12
	> 1000	-11...-2	-1...0	4	5	6
Öntöttvas	HB<200	0...6	0...10	6	-5	12
	HB>200	0...6	0...10	6	-5	10
Bronz, sárgaréz		0...8	0...11	6	-5	15
Réz, könnyűfémek		9...15	5...17	10	20	25

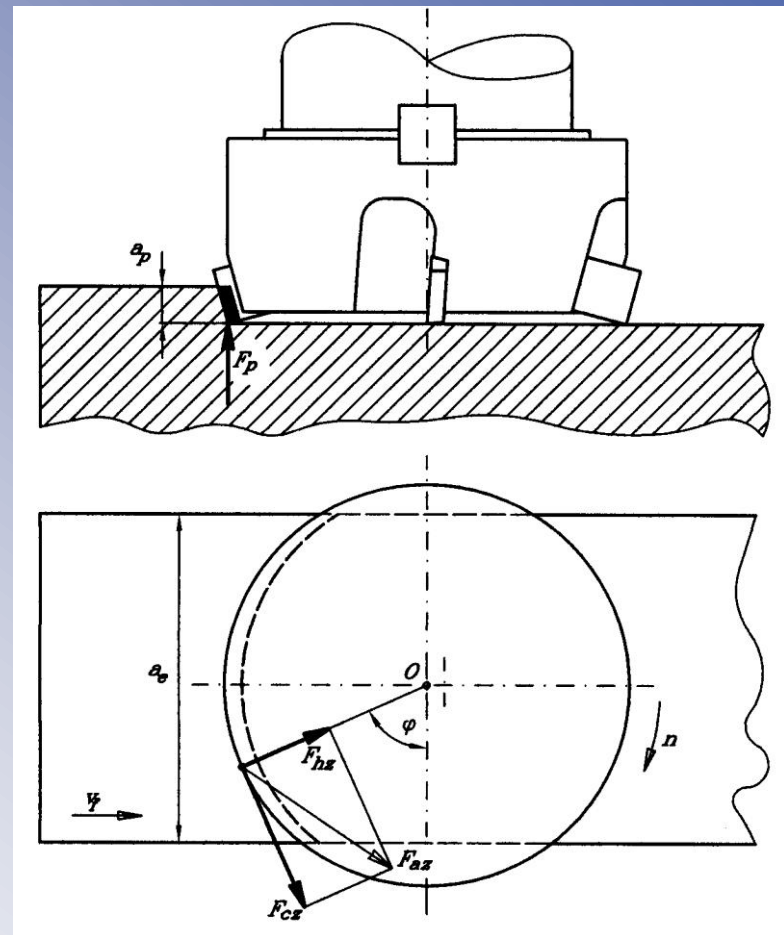


5-2. táblázat. Gyorsacél marók élszögei

Munkadarab anyaga		Palástmaró			Palást-homlokmaró			Tárccsamaró			Szármaró			Marófej		
		α_o	γ_o	λ_s	α_o	γ_o	λ_s	α_o	γ_o	λ_s	α_o	γ_o	λ_s	α_o	γ_o	λ_s
Acél, R_m	≤ 600	7	15	45	7	15	25	7	15	20	8	15	30	7	15	15
	≤ 850	6	12	40	6	12	25	6	12	15	7	10	20	6	10	12
	≤ 1000	5	8	35	5	8	20	5	7	10	6	6	15	5	6	7
Öntöttvas		6	12	40	6	12	20	6	12	15	7	12	30	6	15	12
Bronz		5	12	40	5	12	20	6	12	15	6	10	30	6	15	12
Réz		6	20	45	6	15	25	6	15	20	6	12	45	6	25	15
Alumínium		8	25	50	8	25	35	8	25	30	10	25	40	8	25	20

• Forgácsolóerő homlokmarásnál

Marásnál a forgács leválasztása szakaszos, és a forgácskeresztmetszet állandóan változik. Az F forgácsolóerő fölbontható a munkasíkban ható F_a aktív erőre és a munkasíkra merőleges F_p passzív erőre. Az aktív erő iránya változik a φ helyzetszög függvényében (5-8. ábra). Az aktív erő felbontható a forgácsoló sebesség irányába eső F_c főforgácsoló erőre és a rá merőleges F_h forgácsvastagság irányú erőre.



Weilenmann szerint homlokmarás esetén a forgácsolóerő meghatározható a következő gondolatmenetet követve.

A maró egy élére ható forgácsolóerő pillanatnyi értéke az általános erőösszefüggés szerint írható fel:

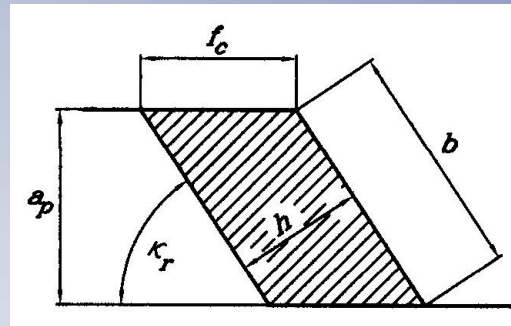
$$F_{cz} = k_c \cdot A = k_c \cdot b \cdot h$$

A fenti egyenletben a forgácsszélesség (5-9. ábra)

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

és a forgácsvastagság

$$h = f_c \cdot \sin \kappa_r$$





Az 5-10. ábra szerint a radiális irányú előtolás értéke közelítően

$$f_c \approx f_z \cdot \sin \varphi$$

ahol

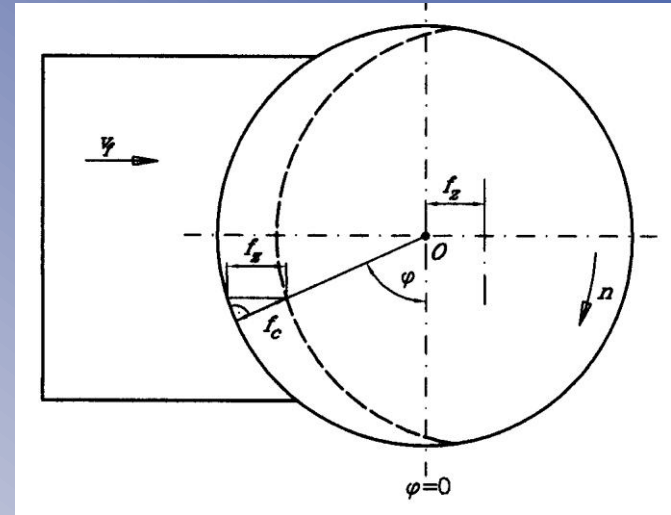
φ a pillanatnyi élhelyzet-szög

$$f_z = \frac{f}{z} = \frac{v_f}{n \cdot z} \quad \text{az egy élre eső előtolás}$$

$$f = f_z \cdot z = \frac{v_f}{n} \quad \text{fordulatonkénti előtolás (mm/ford)}$$

z a maró fogszáma

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad \text{előtolási sebesség (mm/min)}$$



Ezzel a forgácsvastagság pillanatnyi értéke felírható mint:

$$h = f_z \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa_r$$

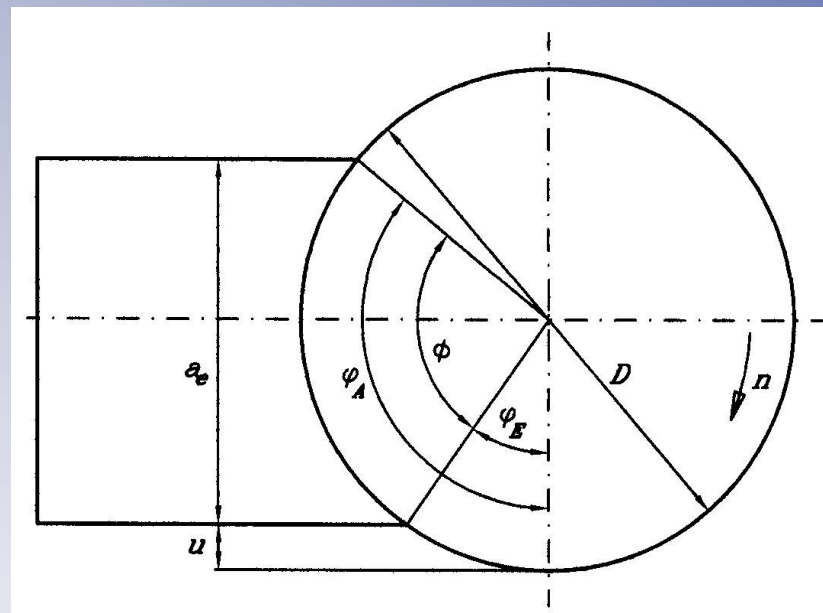


Könnyen belátható, hogy a forgácsvastagság legnagyobb értéke $\varphi=90^\circ$ esetén lesz

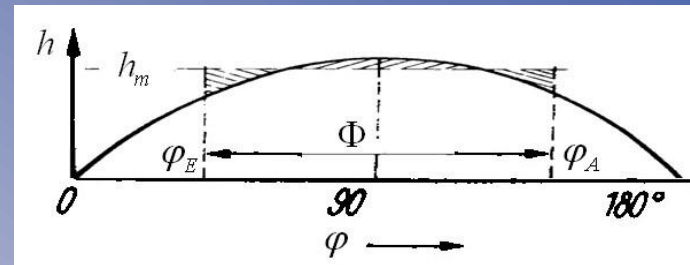
$$h_{\max} = f_z \cdot \sin \kappa_r$$

Ezzel meghatározható az egy élre ható forgácsolóerő legnagyobb értéke, de az energetikai számításoknál nagyobb jelentősége van a forgácsolóerő átlagos értékének (középértékének) az élbelépés és élkilépés között, amelyet az átlagos forgácsvastagság alapján határozhatunk meg.

Az élbelépés (φ_E) és élkilépés (φ_A) helyzetszögeit, valamint a Φ kapcsolószöget homlokmarás esetén az 5-11. ábra szemlélteti.



Ha a forgácsvastagságot a φ helyzetszög függvényében ábrázoljuk az 5-12. ábrán látható görbét kapjuk.



A görbe alatti felület megegyezik az alaphossz és az átlagos vastagság alkotta téglalap területével, ahol az átlagos forgácsvastagság

$$h_m = \frac{1}{\Phi} \int_{\varphi_E}^{\varphi_A} h \cdot d\varphi = \frac{f_z \cdot \sin \kappa_r}{\Phi} \int_{\varphi_E}^{\varphi_A} \sin \varphi \cdot d\varphi = \frac{1}{\Phi} f_z \cdot \sin \kappa_r (\cos \varphi_E - \cos \varphi_A)$$

Az élbe- és kilépési szögek koszinuszai az 5-11. ábra jelöléseivel:

$$\cos \varphi_E = \frac{\frac{D}{2} - u}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2u}{D} \qquad \cos \varphi_A = 1 - \frac{2(a_e + u)}{D}$$



Ezzel az átlagos forgácsvastagság:

$$h_m = \frac{1}{\Phi} f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot \frac{2a_e}{D}$$

A fenti képletbe a Φ kapcsolási szög értékét radiánban kell behelyettesíteni.

Az átlagos, egy élre ható forgácsolóerő:

$$F_{czm} = k_c \cdot b \cdot h_m = k_c \cdot a_p \cdot \frac{f_z}{\Phi} \cdot \frac{2a_e}{D}$$

A fajlagos forgácsolóerő meghatározásánál az átlagos forgácsvastagságot vesszük figyelembe

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h_m^m}$$

($k_{c1.1}$ és m az 1.3 táblázatban található).



A forgácsolóerőt befolyásoló másodlagos tényezőket marásnál is az összesített korrekciós tényezővel vesszük figyelembe [6], [131] , [253].

$$K_F = K_{FV} \cdot K_{F\gamma_0} \cdot K_{FVB} \cdot \dots$$

ahol

- K_{FV} sebesség módosító tényező, értéke az 1-24. ábra szerint határozható meg,
- $K_{F\gamma_0} = 1 - \frac{\gamma_0 - \gamma_k}{66,7}$ homlokszög módosító tényező.
 γ_0 a maró homlokszöge, γ_k értéke pedig acél esetében 6° , öntöttvas esetében 2° .
- $K_{FVB} = 1,2 \dots 1,4$ szerszámkopás-tényező (Weilenmann szerint).

Így az egy élre ható forgácsolóerő középértéke

$$F_{czm} = k_c \cdot b \cdot h_m \cdot K_F$$



A maróra ható kerületi erő (forgácsolóerő) meghatározható, ha az egy élre ható erőt szorozzuk a kapcsolatban lévő élek számával

$$F_{cm} = F_{czm} \cdot i$$

ahol

$$i = \frac{\Phi}{\tau} \quad \text{az egyidejűleg forgácsoló fogak száma (kapcsolószám),}$$

$$\tau = \frac{360}{z} \quad \text{a maró szögosztása.}$$

A főforgácsoló erőre merőleges F_h forgácsvastagság irányú (mélyítő) erő értéke a főforgácsoló erőhöz hasonlóan [13]:

$$F_{hzm} = k_h \cdot b \cdot h_m$$

ahol a

$$k_h = \frac{k_{h1.1}}{h^{m_h}} \quad \text{a fajlagos mélyítő erő,}$$

$$\frac{k_{h1.1}}{m_h} \quad \text{a fajlagos mélyítő erő főértéke,}$$

kitevő.



A gyakorlatban az F_h erő arányossági tényező segítségével az F_c erőből határozható meg.

$$F_{hzm} = \lambda_{ch} \cdot F_{czm}$$

A forgácsolóerő és a forgácsvastagság irányú erők eredőjeként meghatározható a munkasíkban ható aktív erő (5-8. ábra):

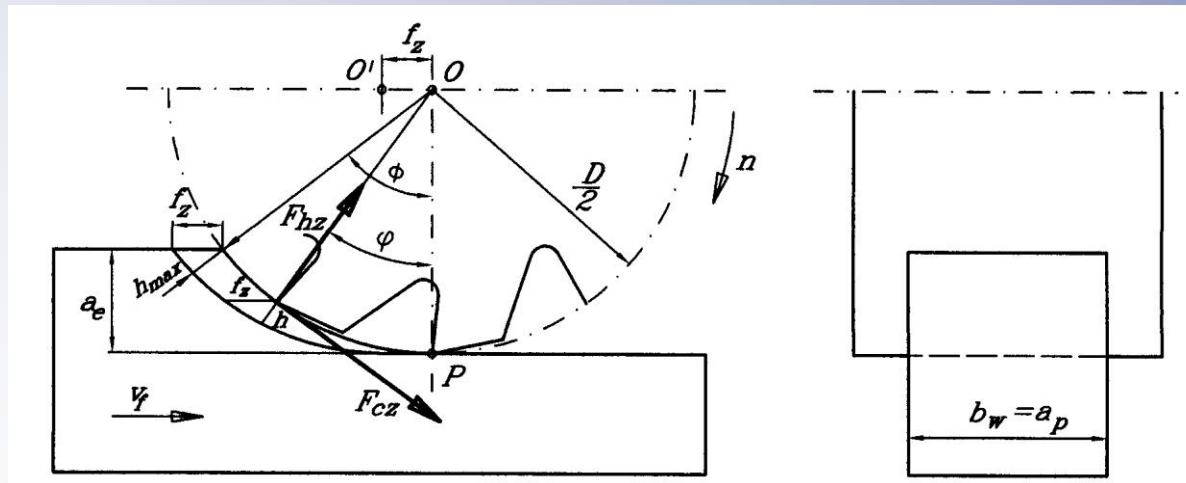
$$F_a = \sqrt{F_c^2 + F_h^2}$$

Az aktív erő előtolás irányú és rá merőleges irányú összetevőkre bontható, és így meghatározható az előtóláshoz szükséges erő, illetve teljesítmény is.

• Forgácsolóerő palástmarásnál

A szerszám és a munkadarab kapcsolatát egyenes fogú (élű) maróval történő ellenirányú marás esetére az 5-13. ábra szemlélteti. Az élbelépés a P pontban történik, itt a forgácsvastagság nulla. A legvastagabb forgács (h_{max}) élkilépéskor lesz. A homlokmarásnál lefektetett általános érvényű összefüggések ebből adódóan palástmarásnál egyszerűbbek lesznek:

$$K_r = 90^\circ, \quad \varphi_E = 0, \quad \Phi = \varphi_A, \quad a_p = b_w$$





$$h = f_c = f_z \cdot \sin \varphi$$

$$h_{\min} = 0$$

$$h_{\max} = f_z \cdot \sin \Phi$$

$$\cos \Phi = \frac{\frac{D}{2} - a_e}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2 \cdot a_e}{D}$$

$$\sin \Phi = \sqrt{1 - \cos^2 \Phi} = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2a_e}{D}\right)^2} \cong 2\sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

Ezzel a legnagyobb forgácsvastagság

$$h_{\max} = 2f_z \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

A forgácsvastagság középértéke

$$h_m = \frac{1}{\Phi} f_z \cdot (\cos \varphi_E - \cos \varphi_A) = \frac{1}{\Phi} f_z \cdot (1 - \cos \Phi) = \frac{f_z}{\Phi} \cdot \frac{2a_e}{D}$$



Kis szögek esetén ($\Phi < 30^\circ$)

$$\Phi \approx \sin \Phi = 2\sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

És ezzel a forgácsvastagság középértéke

$$h_m = f_z \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

A legnagyobb- és az átlagos forgácsvastagság ismeretében meghatározható a legnagyobb és az átlagos forgácsolóerő:

$$F_{cz \max} = k_c \cdot h_{\max} \cdot b_w$$

$$F_{czm} = k_c \cdot b_w \cdot f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

$$F_{cz \min} = 0$$

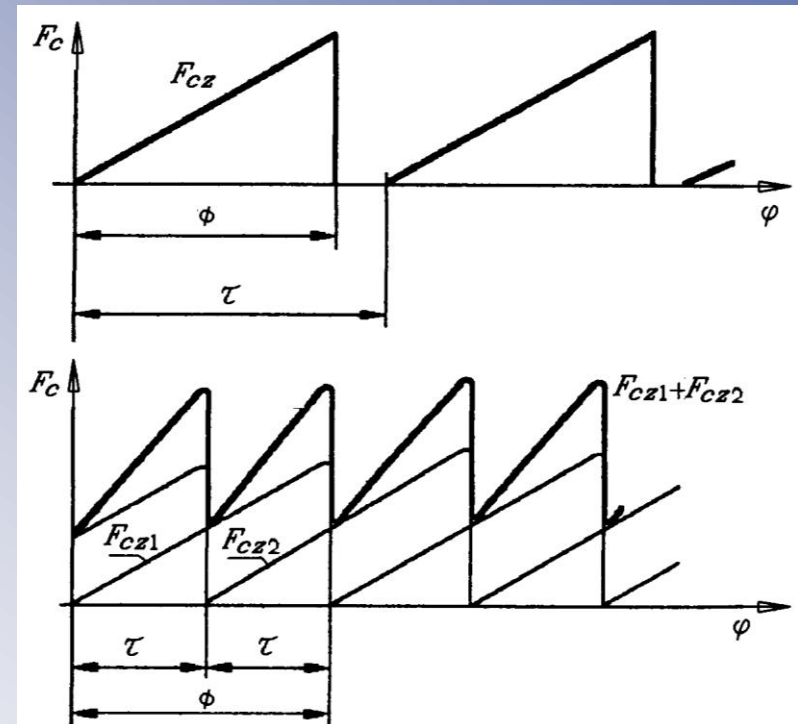


A marás erősen dinamikus folyamat, hiszen a változó forgácsvastagság mellett a kapcsolatban lévő élek száma (kapcsolószám) is ingadozik. Amikor a kapcsolószám egynél nagyobb, a forgácsolóerő egy alsó- és egy felső határ között ingadozik. Ha a kapcsolószám egynél kisebb, a forgácsolóerő nulla és egy maximális érték között ingadozik.

Az erőhullámozás jelentősen csökkenthető ferde élű maróval, melynél az élbélés és kilépés fokozatosan történik a maró szélessége mentén. Ugyanakkor jelentkezik egy, a maró tengelyirányában ható passzív erőösszetevő is:

$$F_{ax} = F_c \cdot \operatorname{tg} \lambda_s$$

ahol λ_s az élhajlás szöge.





A többi erőösszetevőt a gyakorlatban az F_c főforgácsolóerővel fejezzük ki. Palástmarásnál a forgácsvastagság irányú erő megközelíti a főforgácsoló erő értékét. A gyakorlatban kis eltéréssel használhatók a következő arányok [38]:

- ellenirányú marás esetén $F_h \approx (0,6 \dots 0,8) \cdot F_c$
- egyenirányú marás esetén $F_h \approx (0,35 \dots 0,6) \cdot F_c$

Ha a legnagyobb értékeket vesszük alapul, akkor az eredő aktív erő a következő összefüggésekkel írható fel:

- ellenirányú maráshoz

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_h^2} = \sqrt{F_c^2 + (0,8 \cdot F_c)^2} = 1,28 \cdot F_c \cong 1,28 \cdot F_{c_{zm}} \cdot i$$

- egyenirányú maráshoz

$$F = \sqrt{F_c^2 + (0,6 \cdot F_c)^2} = 1,16 \cdot F_c \cong 1,28 \cdot F_{c_{zm}} \cdot i$$



• A FORGÁCSOLÁSI ADATOK MEGHATÁROZÁSA

A fogásmélység meghatározása

A fogásmélység nagysága elsősorban a ráhagyások méretéből, azaz az előgyártmány méretéből és a megmunkálás utáni méretekből adódik. A ráhagyások szokásos értékeit az 5-3. táblázat tartalmazza. Esetenként a leválasztandó anyagréteg vastagságától függően fogásosztást kell végezni nagyolásnál.

A fogások száma

$$i = \frac{R}{a_{\max}}$$

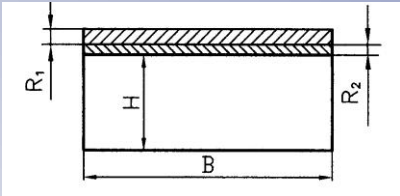
egész számra kerekítve, ahol:

- R a ráhagyás értéke,
- a_{\max} a megengedett legnagyobb fogásmélység.

A simító megmunkálás mindig egy fogásban történik.

5-3. táblázat.

Ráhagyások irányadó értékei marásnál és gyalulásnál (mm-ben)

	A darab szélessége B	A darab hossza	A darab magassága H		
			6...30	30...50	>50
			Ráhagyás		
Ráhagyás nagyolásra R_1	≤ 200	90...100	1	1	1,5
		100...250	1,2	1,5	1,7
		250...400	1,5	1,7	2
	200...400	90...100	1,2	1,5	1,7
		100...250	1,5	1,7	2
		250...400	1,7	2	2,5
Ráhagyás simításra R_2	≤ 200	90...100	0,7	1	1
		100...250	1	1	1,3
		250...400	1	1,2	1,5
	200...400	90...100	1	1	1,3
		100...250	1	1,2	1,5
		250...400	1	1,2	1,5



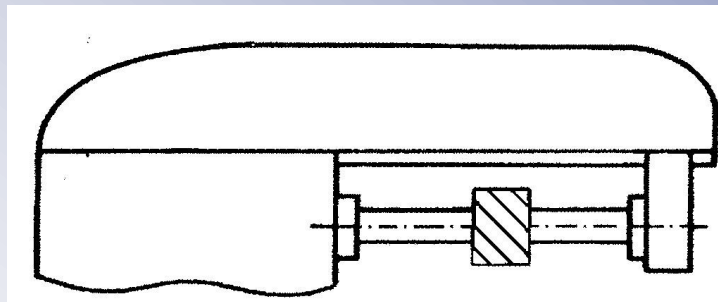
Az előtolás meghatározása

Marásnál az egy élre eső előtolás a mértékadó, ezért először ezt kell meghatározni, majd ebből számolni a fordulatonkénti előtolást, illetve az előtoló sebességet. A fogankénti előtolást célszerű a szerszámgyártó cégek által javasolt értékre választani (5-4., 5-5. táblázatok).

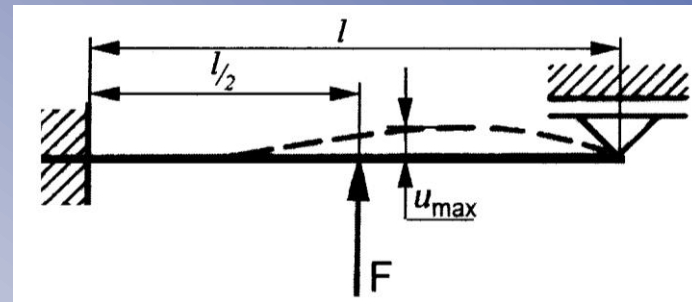
A kiválasztott előtolás nagyságát ellenőrizni kell a konkrét megmunkálásra vonatkozó adatok alapján!

A marótengely behajlásának ellenőrzése

Vízszintes főorsójú marógépnél a marótengely a forgácsolóerő hatására rugalmas deformációt szenved (5-15. ábra).



a) marótengely



b) a tengely mechanikai modellje

Adott gépen és adott szerszám esetén a behajlás az erő, a forgácsolóerő viszont az előtolás függvénye, így összefüggés írható fel az előtolás és a marótengely behajlása között. A marótengely megengedett behajlásából (nagyolás esetén $u_{max} \leq 0,20$ mm, simításnál pedig $u_{max} \leq 0,05$ mm) meghatározható a megengedett legnagyobb fogankénti előtolás értéke.



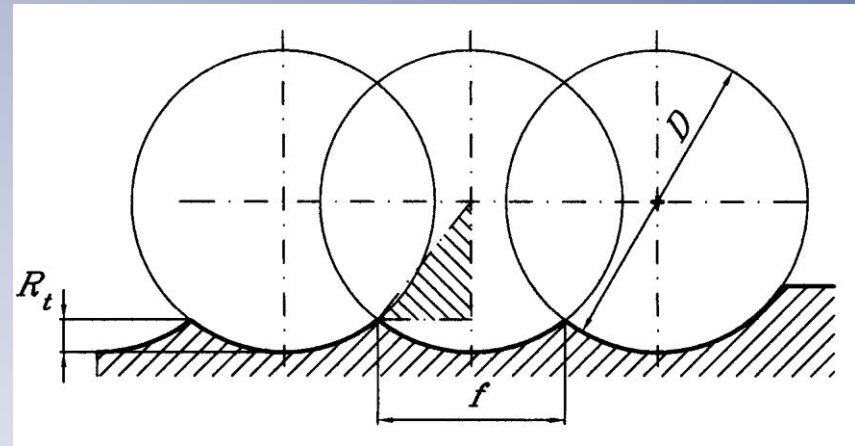
A felületi érdesség ellenőrzése

Palástmarásnál az elméleti érdesség az előtolás és a maróátmérő függvénye. Hasonló módszerrel számítható, mint az egyélű szer számnál. A maró geometriai hibájából adódóan egy fog, amely a legnagyobb átmérőn működik, minden fordulaton „törli” az előző fogak nyomát, ezért nem a fogankénti előtolást kell mértékadónak tekinteni, hanem a fordulatonkénti előtolást (5-16. ábra).

$$R_t = \frac{f^2}{4D} \quad \text{ebből} \quad f \leq \sqrt{4D \cdot R_t}$$

A valódi érdesség ettől eltérő (egyesek módosító tényező bevezetését javasolják), de

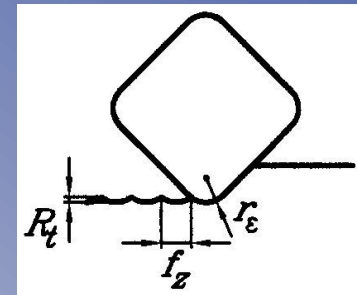
az összefüggés jól mutatja, hogy az előtolás és a maróátmérő mi-
képpen befolyásolja az érdesség alakulását.



Homlokmarásnál három jellemző esetet kell megkülönböztetni:

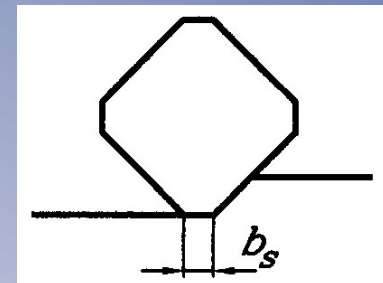
(1) ha a főél és a mellékél lekerekített átmenettel rendelkezik, vagy a marófej éleit kerek lapkák képezik, akkor az érdességet a fogankénti előtolás és az él (lapka) csúcssugara alapján határozzuk meg:

$$R_t = \frac{f_z^2}{8 \cdot r_\varepsilon}$$



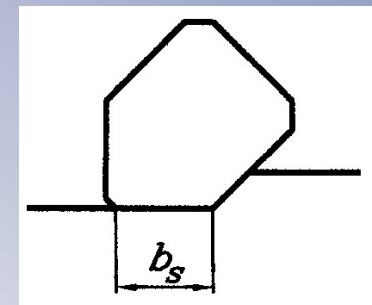
(2) ha a szerszámél (lapka) fazettával rendelkezik, jó ha a fordulatonkénti előtolás kisebb, mint a fazetta szélessége, ui. ilyenkor a legjobban kiálló lapka törli a többi nyomát:

$$f \leq b_s$$



(3) ha a marófej széles simító foggal rendelkezik, az fordulatonként lesimítja az előző fogak nyomát, ezért a simító él hossza szab korlátot a fordulatonkénti előtolás értékének:

$$f \leq 0,6 \cdot b_s$$





A forgácsolósebesség és a fordulatszám meghatározása

Marásnál a forgácsolósebesség alatt a maró kerületi sebességét értjük.

$$v = \frac{D\pi \cdot n}{1000} \quad \text{innen a maró fordulatszáma} \quad n = \frac{1000 \cdot v}{D\pi}$$

A forgácsolósebességre vagy táblázatokból választunk tapasztalati-, illetve szerszámgyártók által javasolt értékeket (5-4, 5-5. táblázat), vagy az éltartam-összefüggés alapján kialakított empirikus képletekkel számítjuk ki.

$$v_c = \frac{C_v \cdot D^{w_v}}{T^m \cdot f^{x_v} \cdot a_p^{y_v} \cdot a_e^{q_v} \cdot z^{u_v}} \cdot K_v$$

ahol:

$C_v, x_v, y_v, m, q_v, u_v, w_v$ állandó és kitevők (5-6. táblázat).

$T [min]$ a szerszám éltartama. A marók drága szerszámok, cseréjük időigényes, így az éltartamot nagyobbra ($T=120\dots420$ min) választják, mint esztergaszerszámoknál (5-7. táblázat).



$K_v = K_{vm} \cdot K_{vK} \cdot K_{vKO} \cdot K_{vH}$ összesített sebesség módosító tényező.

K_{vm} a munkadarab anyagminőségétől függő módosító tényező

$C < 0,6\%$ -nál szénacélok esetében $K_{vm} = \left(\frac{65}{R_m}\right)^n$

$C > 0,6\%$ -nál szénacélok esetében $K_{vm} = 0,8 \cdot \left(\frac{65}{R_m}\right)^n$

ahol R_m a szakítószilárdság,
 n értékei az 5-8. táblázat szerint választhatók.

Öntöttvas megmunkálásánál a
összefüggés használható. $K_{vm} = \left(\frac{180}{HB}\right)^n$

K_{vK} főél elhelyezési szög módosító tényező (5-9. táblázat).

K_{vKO} marási változat módosító tényező

$K_{vKO} = 1$ ellenirányú marás esetén;

$K_{vKO} \approx 1,1 \dots 1,25$ egyenirányú marásnál
(nagyobb értékek nagyobb forgácsvastagság mellett).

K_{vH} hűtő és kenőanyag alkalmazás módosító tényező

$K_{vH} = 1$ hűtőanyag alkalmazása esetén

$K_{vH} = 0,8$ ha nem alkalmazunk hűtést.



A forgácsoló-sebességből számított fordulatszám értékének korlátot szabhat a gép teljesítménye, ezért erre ellenőrizni kell, és ha szükséges, akkor kellő mértékben csökkenteni kell a sebességet.
A munkagép teljesítménye:

$$P_m = \frac{F_{cm} \cdot v_c}{1000 \cdot 60 \cdot \eta} \quad [\text{kW}],$$

innen $v_c \leq \frac{60000 \cdot P_m \cdot \eta}{F_{cm}}$, illetve $n \leq \frac{60 \cdot 10^6 \cdot P_m \cdot \eta}{F_{cm} \cdot D \cdot \pi}$



• A GÉPI FŐIDŐ MEGHATÁROZÁSA

A forgácsoló paraméterek és a munkadarab, valamint a maró méreteinek ismeretében meghatározható minden műveletemhez a forgácsoláshoz szükséges gépi főidő.

$$t_g = \frac{L}{v_f} \cdot i$$

ahol:

$v_f = n \cdot f = n \cdot f_z \cdot z$ az előtolási sebesség,

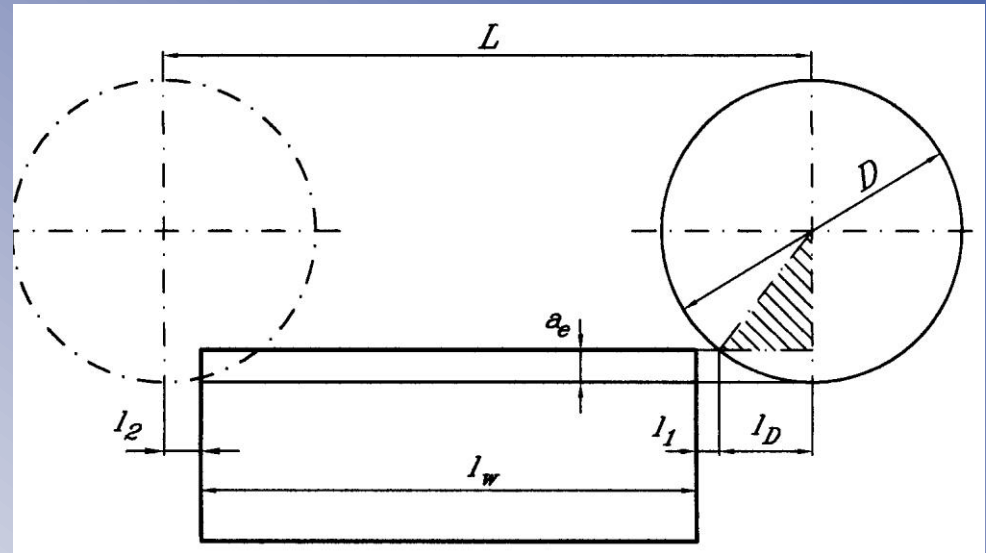
i a fogások száma,

L a szerszámút hossza.



A szerszámút meghatározása palástmarás esetén (5-20. ábra).

$$L = l_w + l_1 + l_2 + l_D$$



ahol

l_w a megmunkálás hossza,

$$l_1 = l_2 \approx 2 \dots 3 \text{ mm}$$

a szerszám rá- és túlfutás hossza,

$$l_D = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - a_e\right)^2} = \sqrt{a_e(D - a_e)}$$

a maróátmérőből és fogásmélységből adódó ráfutási hossz.

A szerszámút meghatározása homlokmarás esetén

Nagyoló megmunkálás esetén a szerszámút az 5-21. ábra szerint:

$$L = \frac{D}{2} + l_w + l_1 + l_2 - l_D$$

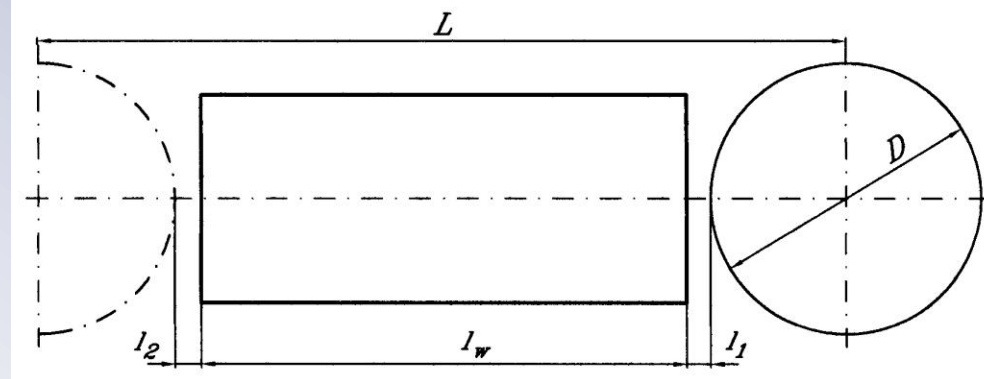
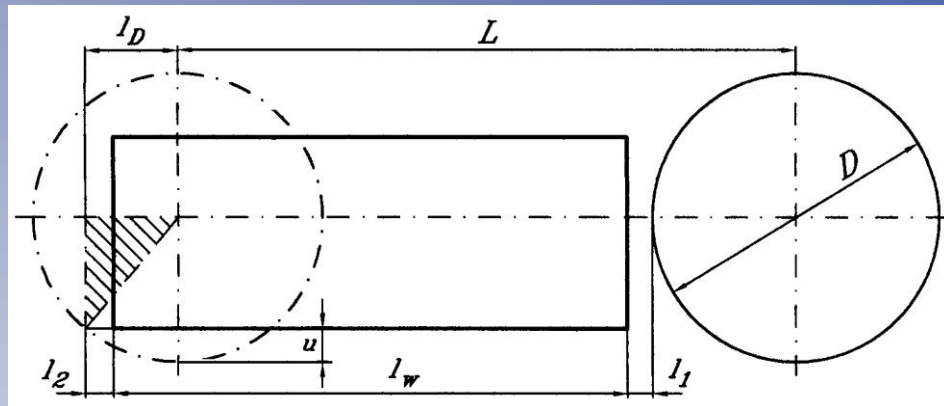
ahol

$$l_D = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - u\right)^2} = \sqrt{u(D-u)}$$

u a maró helyzetét meghatározó méret.

Simító homlokmarás esetén a marónak teljes átmérőjével túl kell haladni a megmunkált felületen (5-22. ábra):

$$L = D + l_w + l_1 + l_2$$



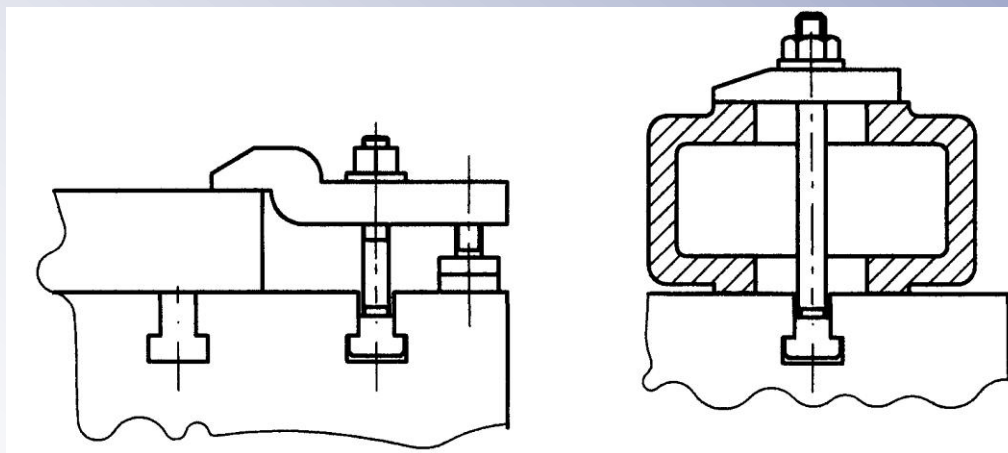


• A MUNKADARABOK BEFOGÁSA MARÓGÉPEKEN

A marógépek asztalainak munkafelülete rendszerint „T” hornyokkal van ellátva, amelyek segítségével vagy a befogókészüléket, vagy közvetlenül a munkadarabot a rögzítjük gépasztalhoz.

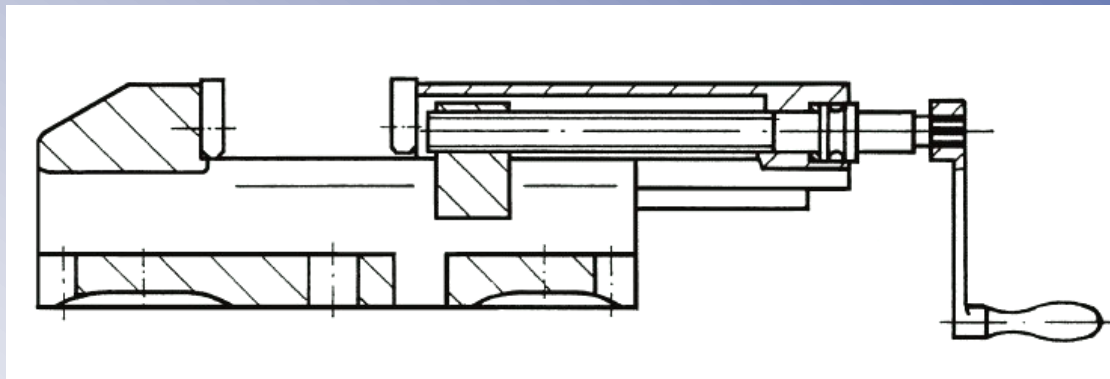
Marógépeken a munkadarab és a marási változatok sokféleségéből adódóan a befogás is nagyon sokféle lehet.

A munkadarab leszorítása egyszerűbb esetekben történhet szorítóvasak alkalmazásával közvetlenül a gépasztalra (5-23. ábra).





A viszonylag egyszerű hasábszerű darabok befogása gépi satuval történik (5-24. ábra).



A bonyolultabb darabok befogása gyakran speciális befogókészüléket igényel.

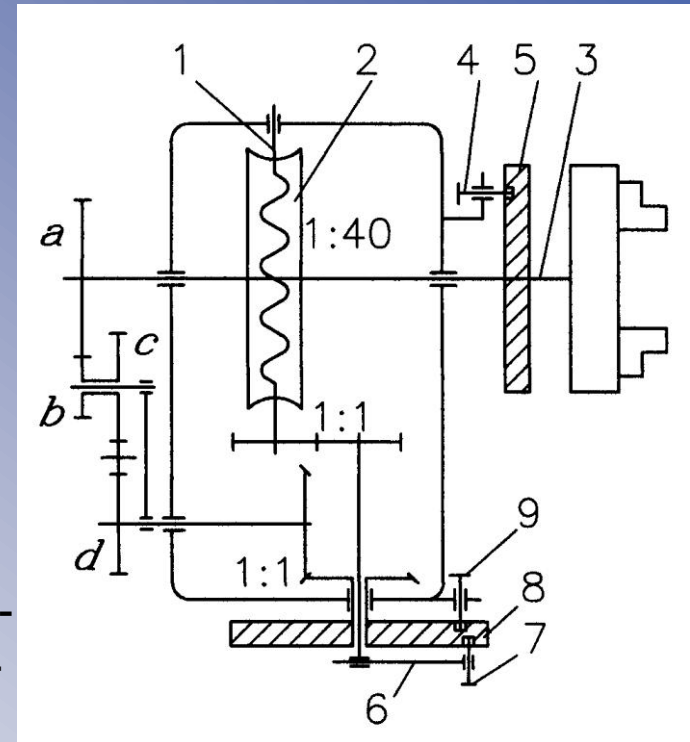
Olyan esetekben pl., amikor egy munkadarab több pontján ugyanazt a megmunkálást kell elvégezni, osztókészüléket alkalmazunk. A marógépek rendszeres tartozéka az egyetemes osztófej, amely alkalmas mindenfajta osztási feladat elvégzésére (5-25. ábra).



- 1- csiga,
- 2- csigakerék,
- 3- főtengely,
- 4- rögzítőcsap a közvetlen osztáshoz,
- 5- osztótárcsa a közvetlen osztáshoz,
- 6- hajtókar,
- 7- osztócsap,
- 8- cserélhető osztótárcsa,
- 9- reteszelő csap az osztótárcsa rögzítésére.

A munkadarabot az osztófej főorsójába (3) fogjuk be, a rászertelt tokmányba, vagy csúcsok közé. Az osztófej főtengelyén egy csigakerék (2) helyezkedik el, amely egy egybekezdésű csigával (1) kapcsolódik. A csigapár áttétele az osztófej legfontosabb jellemzője, legtöbbször 40, esetenként 60, illetve 80 is lehet.

A csiga forgatását egy 1:1 áttételű kerékpár közvetítésével, a hajtókar (6) elfordításával végezzük. 1:40 áttételű csigapár esetén a hajtókar 40 fordulata jelent egy főorsó fordulatot.





Az osztófejhez általában három, cserélhető osztótárcsa (8) tartozik, amelyek adott körökön a következő furatsorokat tartalmazzák:

I. tárcsán: 15, 16, 17, 18, 19, 20

II. tárcsán: 21, 23, 27, 29, 31, 33

III. tárcsán: 37, 39, 41, 43, 49

A főorsó első részére erősített osztótárcsa (5), illetve a cserélhető osztótárcsák (8) segítségével az osztás három módon történhet.

Közvetlen osztás

A rögzítő csapot (4) az osztótárcsa megfelelő furatába vagy bevágásába helyezzük. A közvetlen osztásra szolgáló osztótárcsán legtöbbször 24 furat vagy bevágás van, így ezzel az összes olyan osztás megvalósítható, amely a 24-ben maradéktalanul megvan: 24, 12, 6, 3, 2. Vannak 36, 42, vagy 60 furatú osztótárcsák is.



Közvetett osztás

Egy adott (z) osztás megvalósításához azt kell meghatározni, hogy ismert lyukú tárcsán mekkora a hajtókar szükséges elfordulása.

A hajtási lánc áttétele (módosítása) alapján felírható:

$$\frac{n_k}{n_o} = \frac{40}{1} \quad \text{innen} \quad n_k = 40 \cdot n_o = \frac{40}{z}$$

$$n_o = \frac{1}{z} \quad \text{a főorsó egy osztásnyi elfordulása.}$$

Az eredményként kapott szám egész része azt fejezi ki, hogy a hajtókarral hány egész fordulatot kell megtenni.

Amennyiben a tört részt olyan alakra hozzuk, hogy a nevező egy lehetséges lyukkör furatszámának felel meg, akkor a számláló azt mutatja, hogy az egész fordulatok mellett még hány lyukat kell az adott lyukkörön befutnia a hajtókaroknak.



Példa közvetett osztásra

Az elérendő osztások száma $z=25$

$$n_k = \frac{40}{25} = 1 + \frac{15}{25} = 1 + \frac{3}{5} = 1 + \frac{12}{20}$$

Ez azt jelenti, hogy a hajtókarnak egy teljes kört és a 20-as lyukkörön 12 lyukat kell befutnia.



Differenciál osztás

Abban az esetben, ha az osztások száma prímszám, az osztást nem tudjuk megoldani egyszerű közvetett osztással. Ilyenkor egy, az osztáshoz közeli számot (z_1) választunk és az eltérésből adódó hibát (különbséget) pedig az osztótárcsa kiegészítő mozgásával kompenzáljuk a reteszelő csap (9) kioldásával és az a , b , c , d cserekerék beiktatásával. A cserekerék fogszámát úgy kell megválasztani, hogy éppen olyan mozgást eredményezzenek, amely a különbséget kompenzálja.

Ezt a következő összefüggések alapján határozhatjuk meg:

$$n_k = \frac{40}{z_1} + n_d \qquad n_d = \frac{40}{z} - \frac{40}{z_1} = k \cdot n_o$$

ahol

$$n_o = \frac{1}{z}, \text{ illetve } k = \frac{n_d}{n_o} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$$

a cserekerék áttétele, amiben az a , b , c , d a kerék fogszáma.



Ha behelyettesítjük az n_d és n_o fenti kifejezéseit

$$k = \frac{40}{z_1} (z_1 - z) = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$$

Az a , b , c , d értékeit úgy kell megválasztani, hogy azok a rendelkezésre álló cserekerék fogszámainak feleljenek meg.

A cserekerék készlet fogszámai rendszerint 24, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 60, 64, 72, 80, 88, 100 és 127.

A kiegészítő mozgás iránya megegyezik a hajtókar mozgásirányával amikor $z_1 < z$, illetve azzal ellentétes amikor $z_1 > z$ (ilyenkor k értéke negatív lesz).

A forgásirányt közbenső kerék beiktatásával lehet megváltoztatni.



Példa differenciál osztásra

A kívánt osztások száma $z=53$

Vegyük fel $\rightarrow z_1=54$

$$n_k = \frac{40}{54} = \frac{20}{27}$$

A hajtókarnak a 27-es lyukkörön 20 lyukat kell befutnia.

A kiegészítő mozgást létrehozó kerek módosítása

$$k = \frac{40}{z_1} (z_1 - z) = \frac{40}{54} (54 - 53) = \frac{40}{54} = \frac{4 \cdot 10}{3 \cdot 18} = \frac{64 \cdot 40}{48 \cdot 72} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$$

Megvalósítható, ha a cserekerek fogszáma:

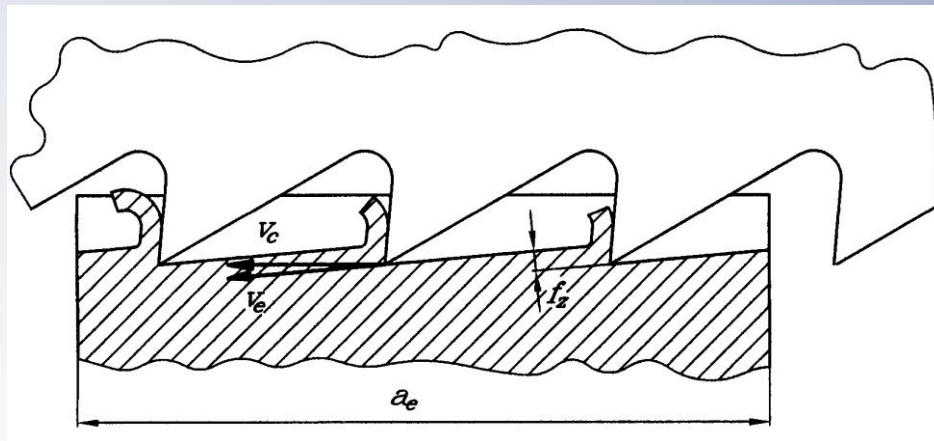
$$a=64, b=48, c=40 \text{ és } d=72.$$

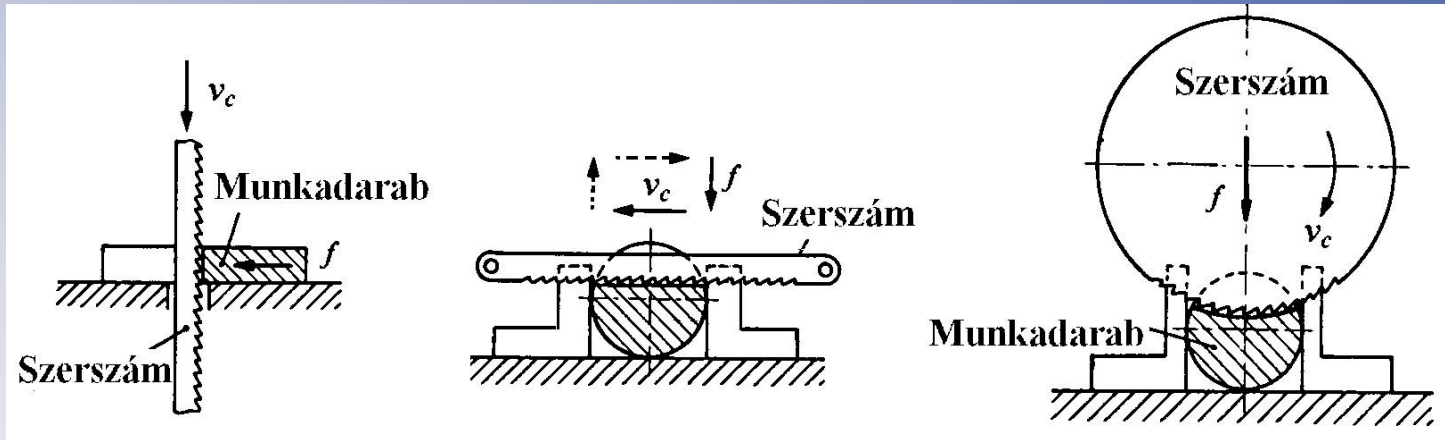


FŰRÉSZELÉS

A fűrészelés többélű szerszámmal történő forgácsolás, amelyet rúdanyag- vagy lemezek darabolásához alkalmazunk. A forgó-, vagy egyenes vonalú főmozgást a szerszám végzi.

Szalagfűrészelés esetén a szerszám egy fogakkal ellátott végtelelített acélszalag, amely folyamatos mozgást végez. A munkadarabbal kapcsolatban lévő fogak (élek) egyenes vonalú mozgást végeznek (ábra). A szokásos forgácsoló-sebesség értékek gyorsacél szalagfűrészek esetén $v_c = 6 \dots 45$ m/min, míg a fogankénti előtolás $f_z = 0,1 \dots 0,4$ mm tartományban vannak.





Fűrészlappal történő fűrészelés esetén a szerszám egy meghatározott hosszúságú fűrészlap, amely alternáló egyenes vonalú mozgást végez. A forgácsolás nem folyamatos, mert forgácsolás csak a munkamenetben van.

Körfűrészelés esetén a szerszám kör alakú fűrész tárcsa. A kapcsolódási- és forgácsleválasztási viszonyok egy egészen keskeny szerszámmal végzett palástmaráshoz hasonlóak.