

Anyag- és gyártásismeret II.

BAGAG22NNC

FORGÁCSOLÁS

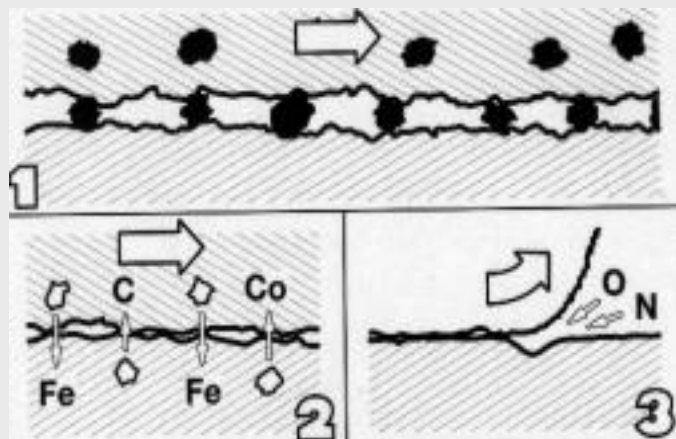
2. Előadás

Alapjelenségek-II.

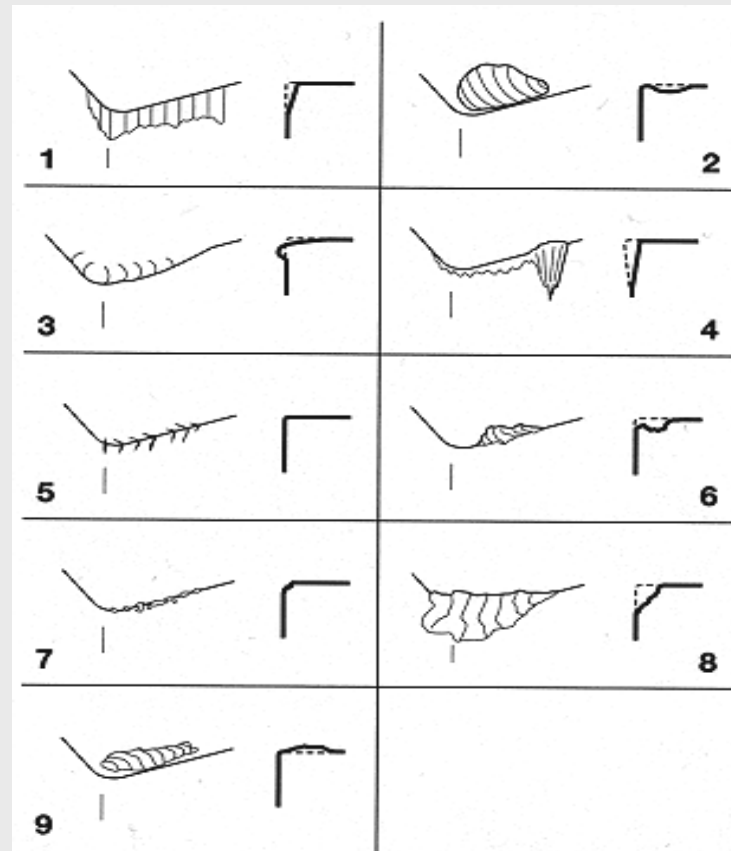
Szerszámkopás, éltartam

A kopás mikrojelenségei:

- atomi- vagy kis méretekben játszódnak le
- tribológiai folyamatok
- **abrazív kopás**: a M kemény részecskéi [1]
- **adhéziós kopás**: homloklapon, hátlapon
- **diffúziós kopás**: magas hőmérsékleten [2]
- **oxidációs kopás**: $> 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (keményfém: Co) [3]



Makrojelenségek: kopásformák

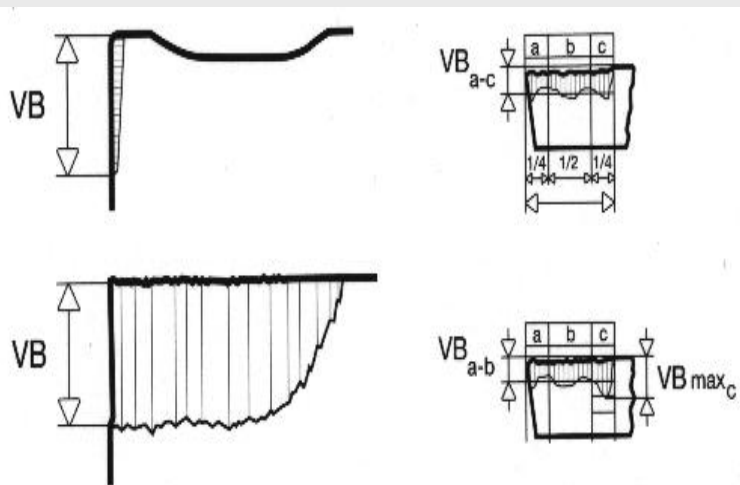


Szerszámkopás, éltartam

Hátfelületi kopás (VB)

- elsősorban **rideg** anyagoknál (pl. öntöttvas)
- főként **simítás**nál
- az él mentén **változik** a mérete
- a **leggyakoribb** kopásforma!

Értelmezése, méretei:



Hátkopás képe:

Bevonatos keményfém váltólapka



Szerszámkopás, éltartam

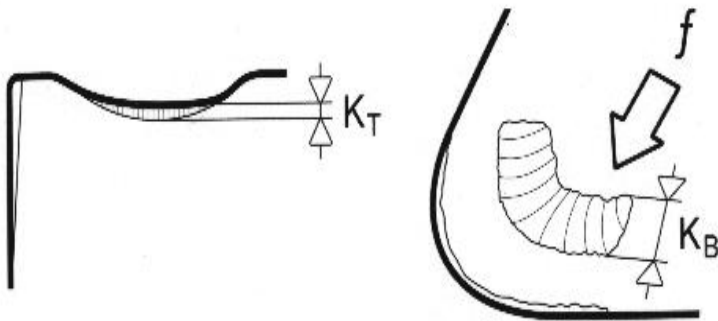
Kráteres kopás (KT, KB)

- a szerszám (lapka) homloklapján
- elsősorban **szívós** anyagoknál (főként acél)
- főként **nagyoláskor** alakul ki
- edzett acélok (HRC>50) PCBN-nel végzett simító és finomesztergálásakor is gyakori

Értelmezése, méretei:

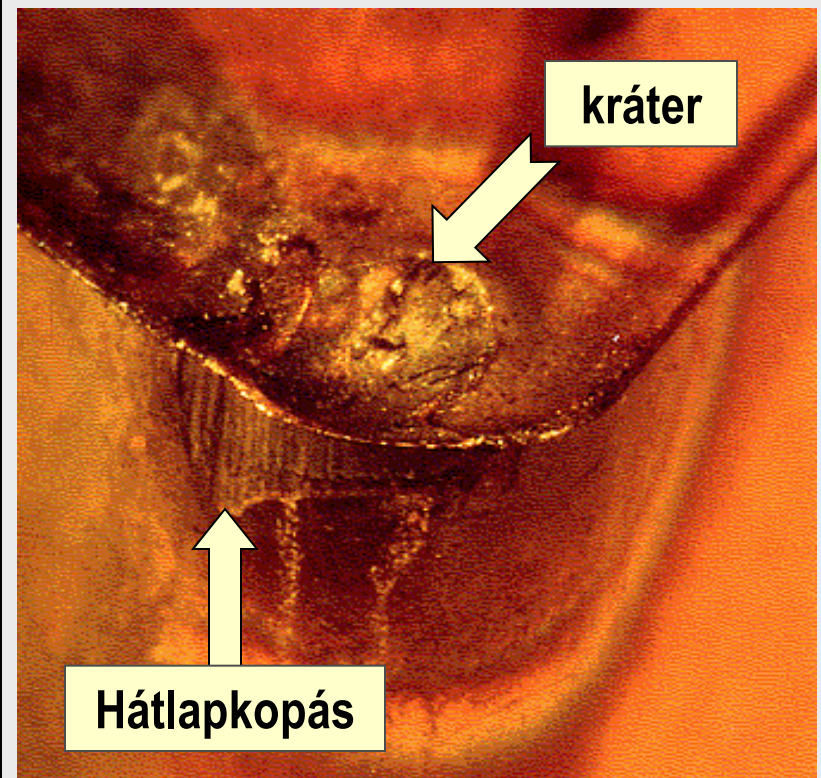
KT - kráter mélység (kolk tiefe), mm

KB - kráter szélesség (kolk breite), mm



Kráterkopás képe:

Bevonatos keményfém váltólapka

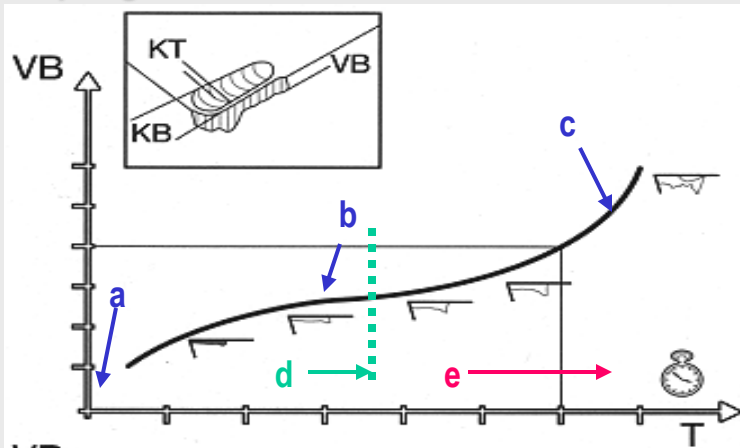


Szerszámkopás, éltartam

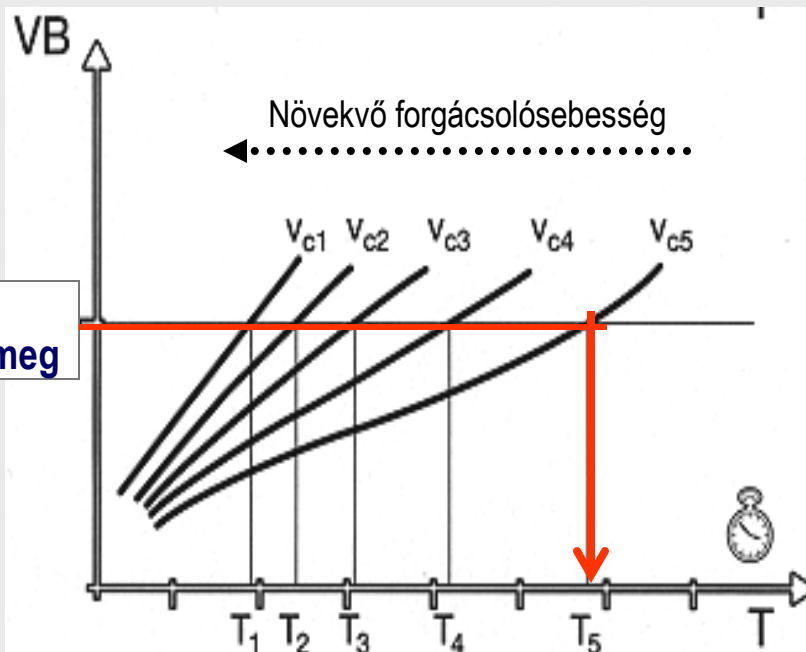
A kopás időbeli alakulása

- **kezdeti** kopás: 1 - 2 perc alatt kialakul (a)
- **állandósult** kopás: egyenletes kopásnövekedés (b)
- **túlkopás**: a szerszám tönkremeneteléig (c)
- **degresszív kopásintenzitás**: a kopásváltozás üteme csökken (d)
- **progresszív kopásintenzitás**: a kopásváltozás üteme növekszik (e)

Kopásgörbe: a kopás időbeli alakulása



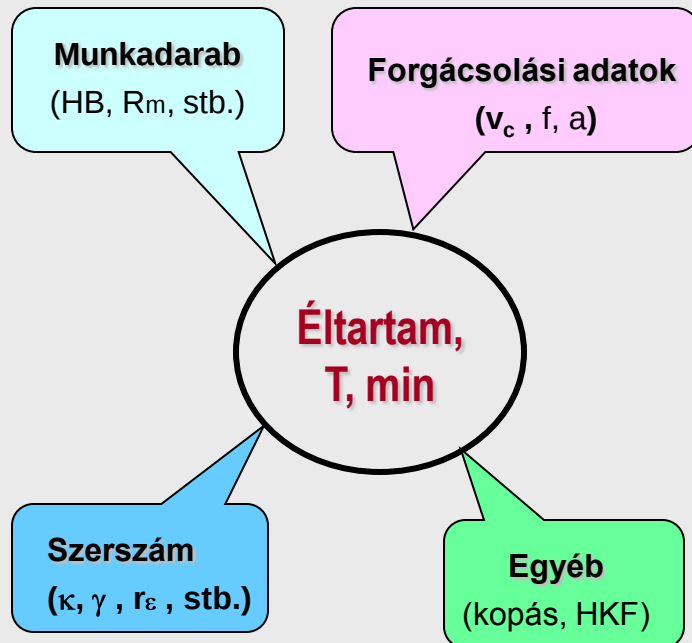
A kopás és az éltartam kapcsolata



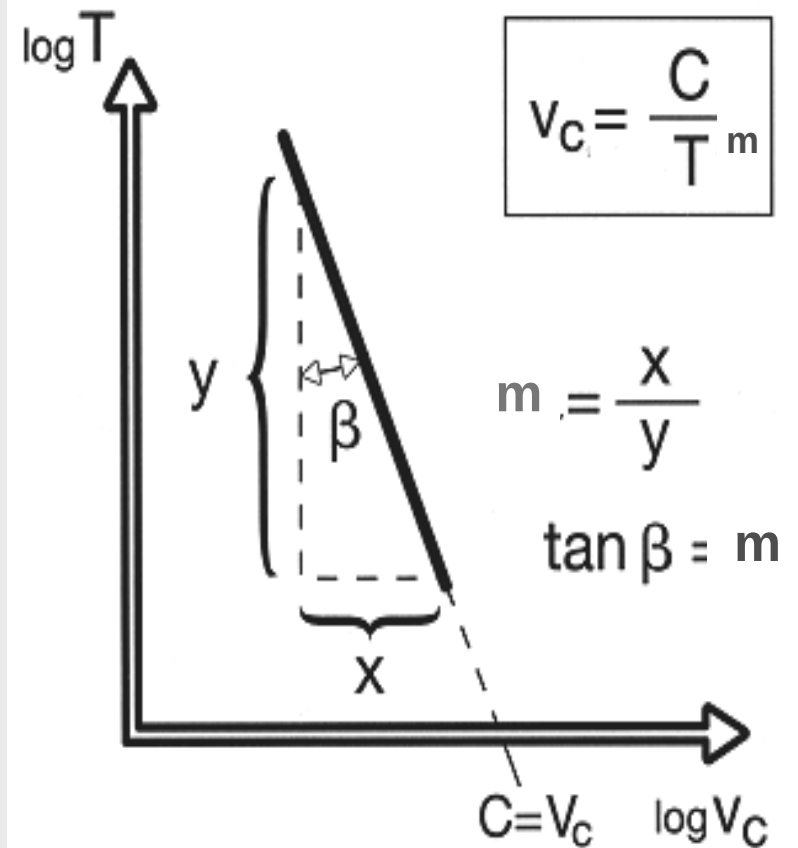
Éltartam: a megengedett kopás (VB_{meg}) eléréséig forgácsolásban töltött idő.

Szerszámtartam

Éltartamot befolyásoló tényezők



Éltartam - modell



A forgácsolás gazdaságossága

Cél: minél termelékenyebben !

1. Minimális gépi főidő
2. Minimális darabidő

Cél: minél olcsóbban !

Állandó költségelemek:

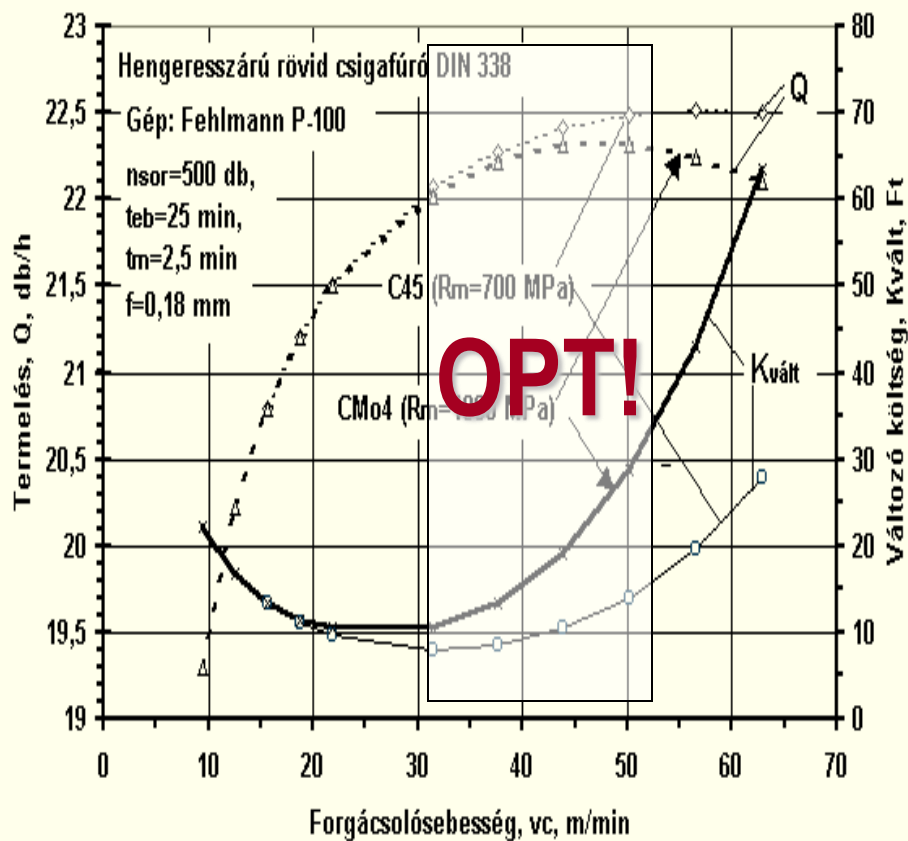
- előkészületi költség
- mellékidők költségei

Változó költségelemek:

- gépüzemköltség (k_G , Ft/min)
- szerszámcseré költsége
- szerszámköltség (K_S , Ft)

A gazdaságos forgácsolás törvénye

Cél: a termelékenység és a költség összhangba hozása



Gazdaságosnak az a forgácsolósebesség tartomány tekinthető, amelyet

- *alulról* a minimális műveleti költséghez tartozó $v_{\text{copt}, K}$ érték,
- *felülről* pedig a maximális termelékenységet adó $v_{\text{copt}, Q}$ érték határol.



Felületminőség

Definíció: a felületminőség komplex fogalom, amely a megmunkált (forgácsolt, alakított stb.) felület

- **mikrogeometriai** jellemzőit (érdesség, hullámosság), valamint a
- a **felület alatti**, meghatározott vastagságú **réteg**
 - szövetszerkezeti módosulásait (pl. köszörülés)
 - mikrokeménységének megváltozását (kilágyulás, felkeményedés)
 - maradófeszültség kialakulását (húzó- vagy nyomó jellegű)
 - elektromos,
 - mágneses, illetve
 - vegyi (korróziós) tulajdonságainak módosulásáttartalmazza.

Felületi érdesség

A forgácsolt felület elméleti (kinematikai) érdessége

- a szerszám élének nyoma a darabon
- csak az előtolás és a csúcssugar értékétől függ
- a valós felületi érdességnél általában sokkal kisebb
- hasznos összefüggések:

Nagyoló esztergálás:

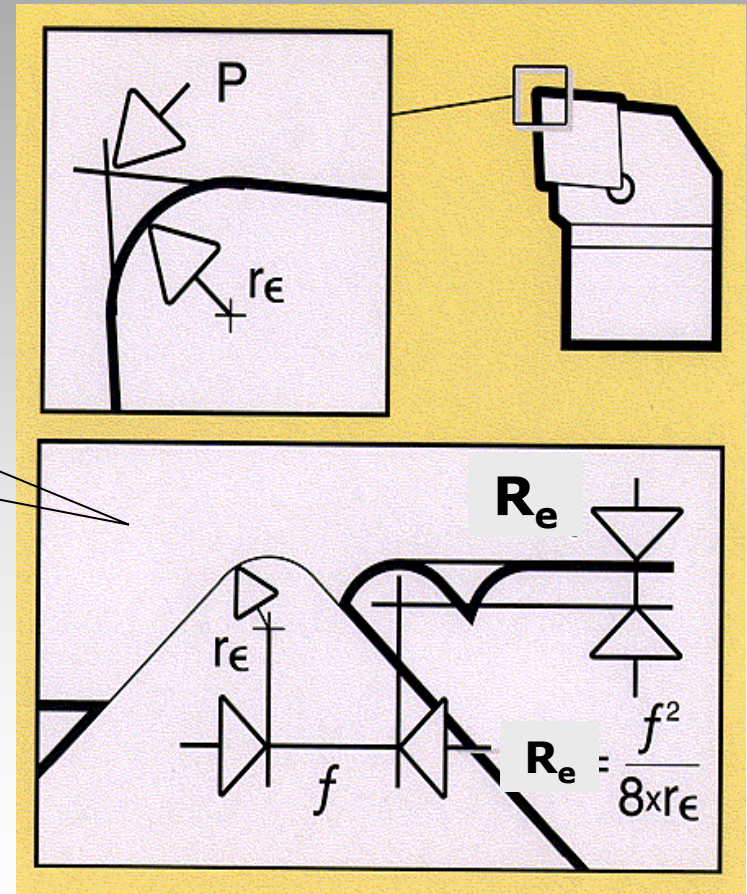
$$R_e \approx R_z \approx 4 \cdot R_a$$

$$R_a \approx 32 \cdot \frac{f^2}{r_\epsilon} \quad \mu\text{m}$$

$$R_e = 125 \cdot \frac{f^2}{r_\epsilon} \quad \mu\text{m}$$

Simító esztergálás:

$$R_z \approx (5 \dots 6) \cdot R_a$$

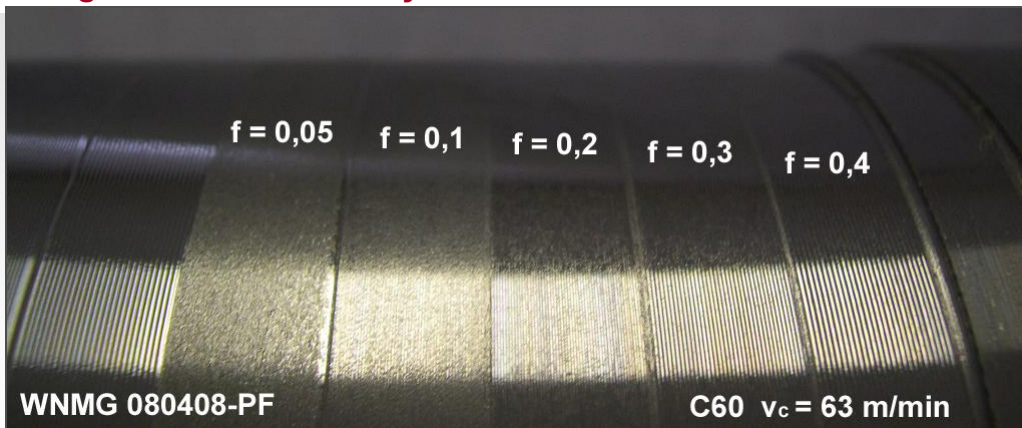
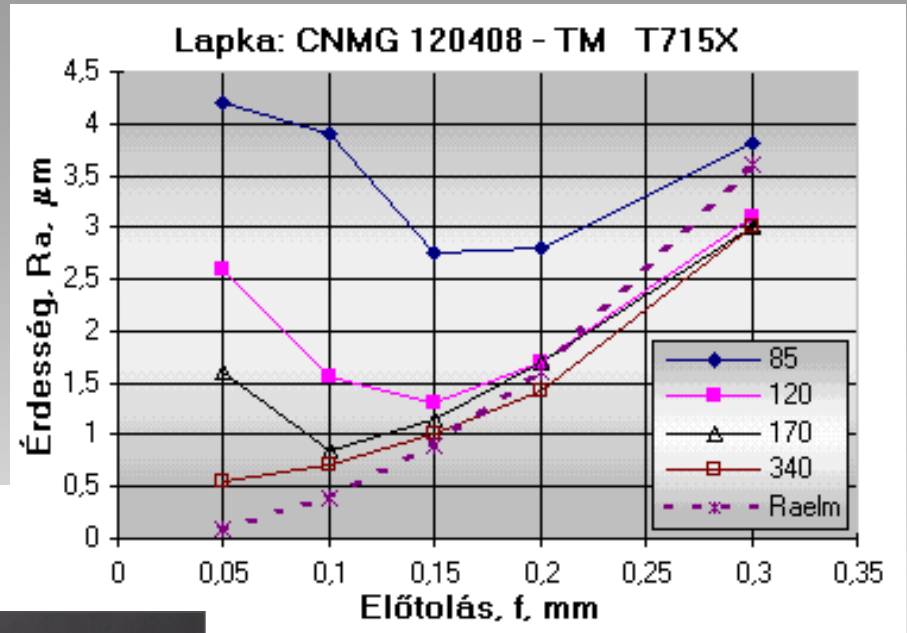


Felületi érdesség

Az elméleti és a valós érdesség kapcsolata

Munkadarab: C60 (ötvözetlen szerkezeti acél)

Forgácsolási körülmények: $a = 1 \text{ mm}$; szárazon



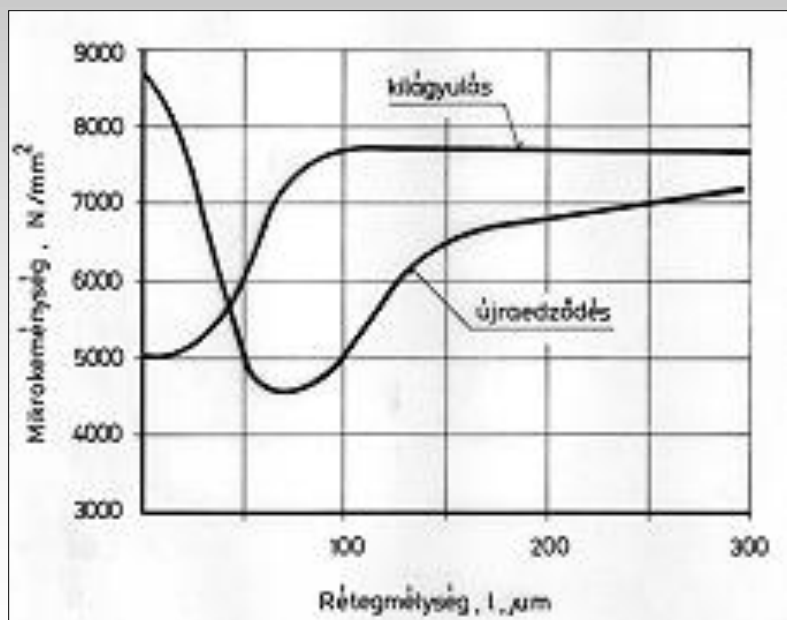
Felületminőség: rétegtulajdonságok

A köszörülés példáján vizsgálva:

Mikrokeménység változás

Edzett acél köszörülésekor két gyakori eset:

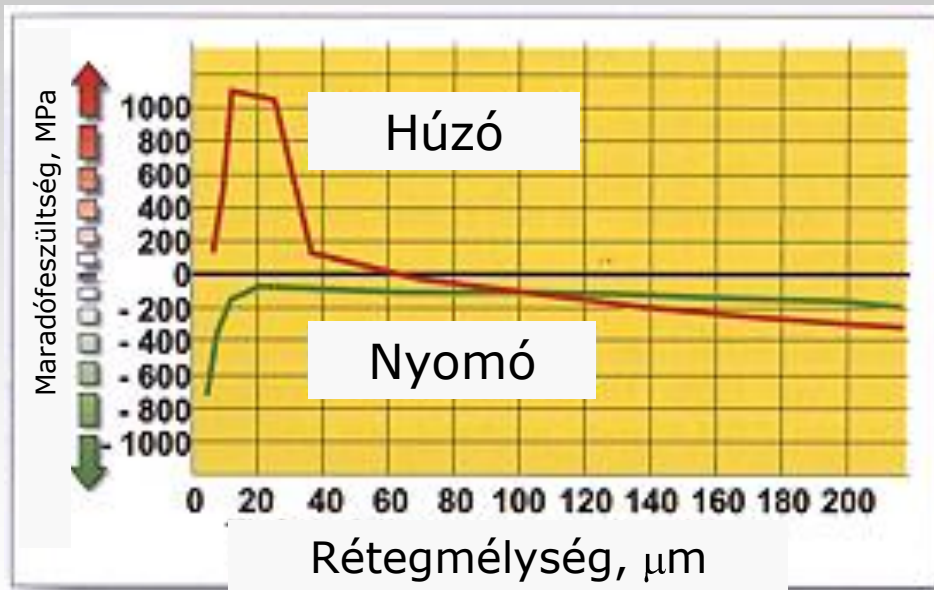
- 1.) **elégtelen hűtés:** felületi kilágyulás
- 2.) **túlzott hűtés:** a felületi réteg a kilágyulást követően újraedződik (kritikus lehűlés)



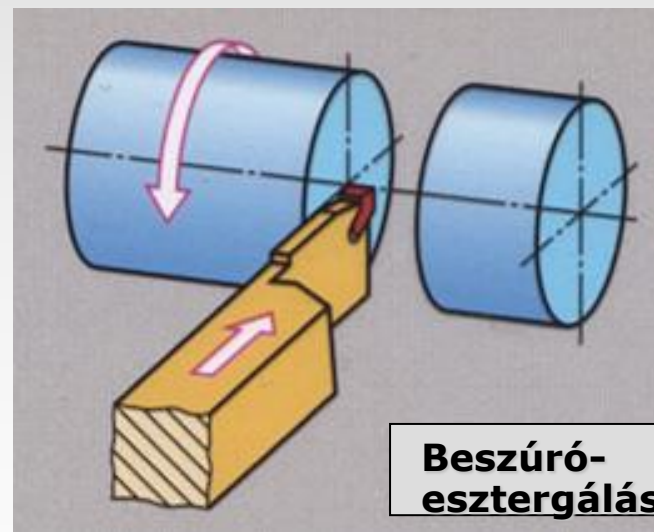
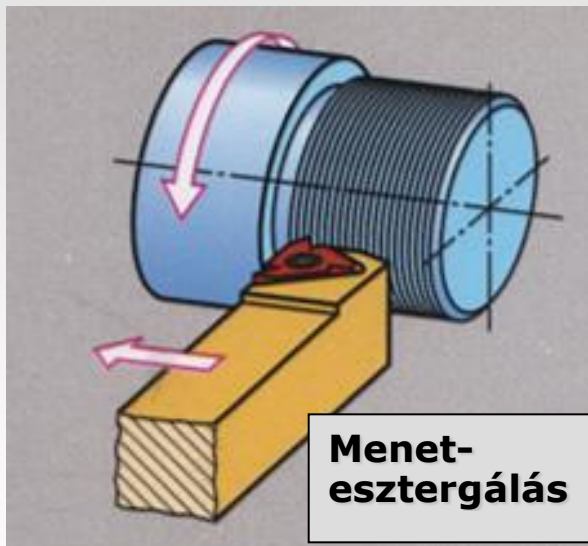
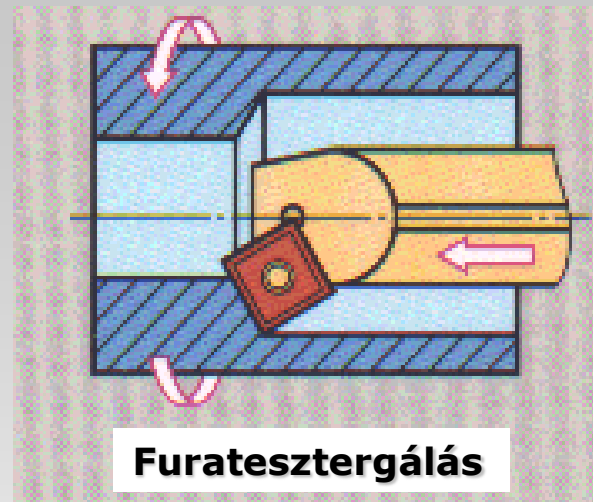
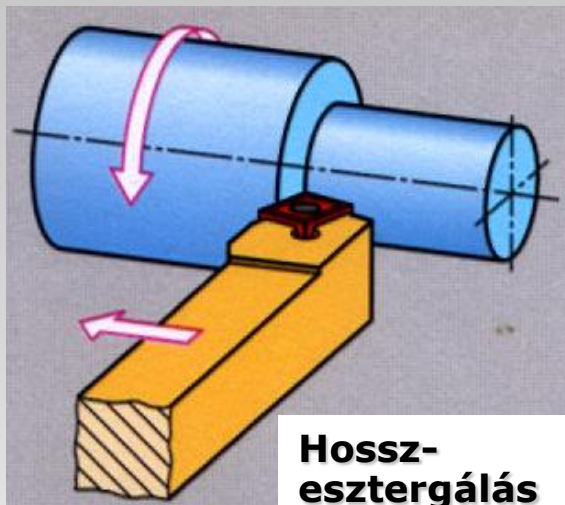
Kedvezőtlen maradó feszültség

Edzett acél köszörülésekor:

az egyenlőtlen hődilatació és a martenzit-bomlás miatt **húzó** maradó feszültség alakul ki, ezért az alkatrész élettartama lecsökken (terhelés szuperponálódás).



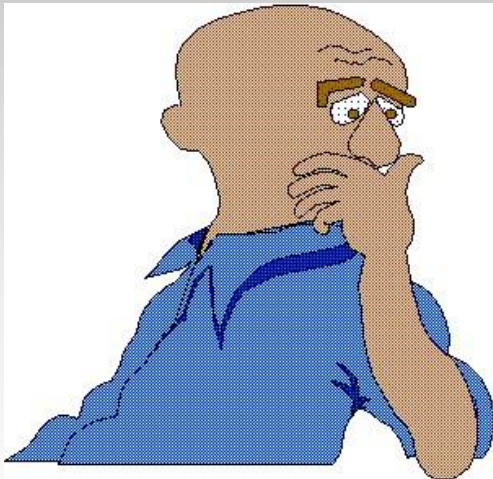
Esztergálás



Esztergálás

Edzett acél ($HRC > 50$) esztergálása

- a köszörülés kiváltása érdekében
- kerámiával és/vagy
- köbös kristályú bórnitriddel (PCBN)



Gyalulás

Sajátosságai:

- **Főmozgás:** vízszintes irányú, egyenes vonalú, alternáló jellegű (munka - és visszameneti löket)
- **Mellékmozgások:** kettőslöketenkénti előtolás és fogásvétel, így
- a **szerszámot** be- és kilépéskor dinamikus terhelés éri
- **analógia:** végtelen nagy sugarú munkadarab esztergálása
- **változatai:**

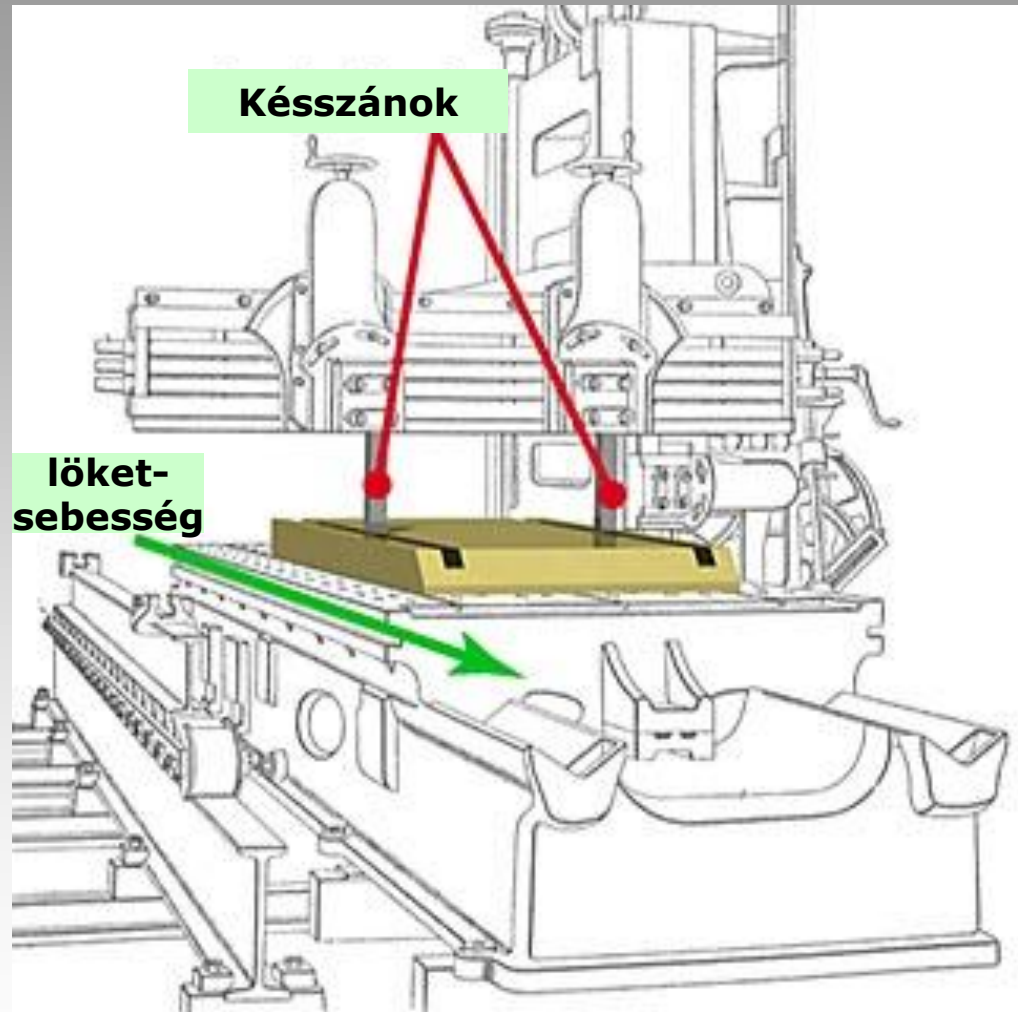
harántgyalulás:

- a **S** végzi a főmozgást és a fogásvételi mellékmozgást
- a **M** kis/közepes méretű, közepes/nagy ráhagyással

Gyalulás

Hosszgyalulás:

- A **M** végzi a főmozgást, a **S** a mellékmozgásokat.
- A **M** közepes/nagy méretű, kis/közepes ráhagyással.



Vésés

Főmozgás: függőleges síkban végzett alternáló jellegű

Mellékmozgások:

- ◆ fogásvételei mozgás: S éle reprezentálja
- ◆ előtolómozgás: kettőslöketenként

Alkalmazása:

- kizárólag egyedi gyártásban
- hornyok, hasítékok, ritkábban alakos felületek
- fogazás: MAAG eljárás

Üregelés

Sajátosságai:

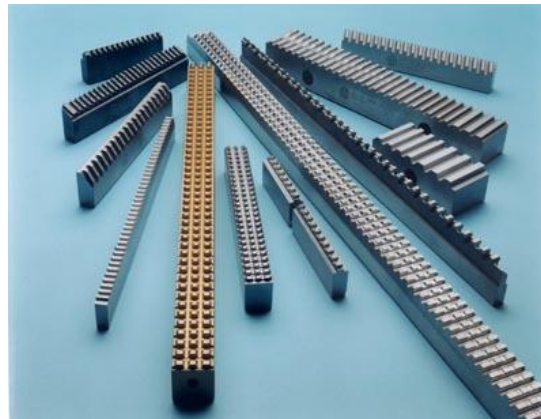
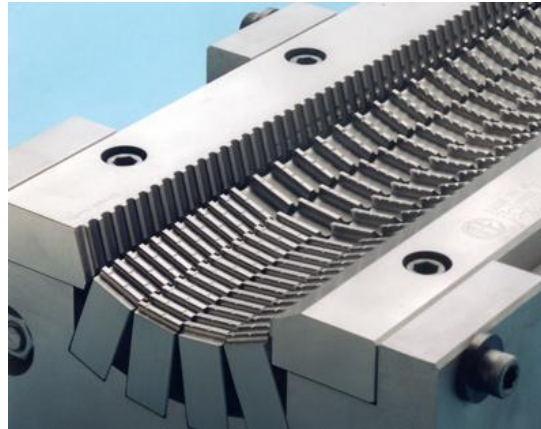
- **főmozgás:** egyenes vonalú, folyamatos, a **szerszám** végzi
- **mellékmozgás:** állandó, a **S** méretei adják!
- **gépelrendezés:** vízszintes / függőleges
- az üregeléssel megmunkálható **felületek:**
 - ↳ **külső** (sík/alakos) ↳ **belső** [hengeres/alakos (bordás, ékes stb.)]
- alaki korlátozások (belső felület: csak átmenő jellegű)
- a ráhagyás nagyságától függően az **eljárás** lehet:
 - ↳ **nyomó** (kis ráhagyás, rövid **S**) ↳ **húzó** (nagy ráhagyás, hosszú **S**)
- nagy ráhagyás / pontos felület (IT7) esetén több lépésben:
nagyoló + **simító** fokozat
- a **szerszám:** bonyolult, drága (anyag- és gyártási költség)
- **alkalmazása:** sorozat / nagysorozat / tömeggyártásban

Üregelés

Szerszámai:



COURTESY OF GENERAL BROACH CO.



Munkadarab

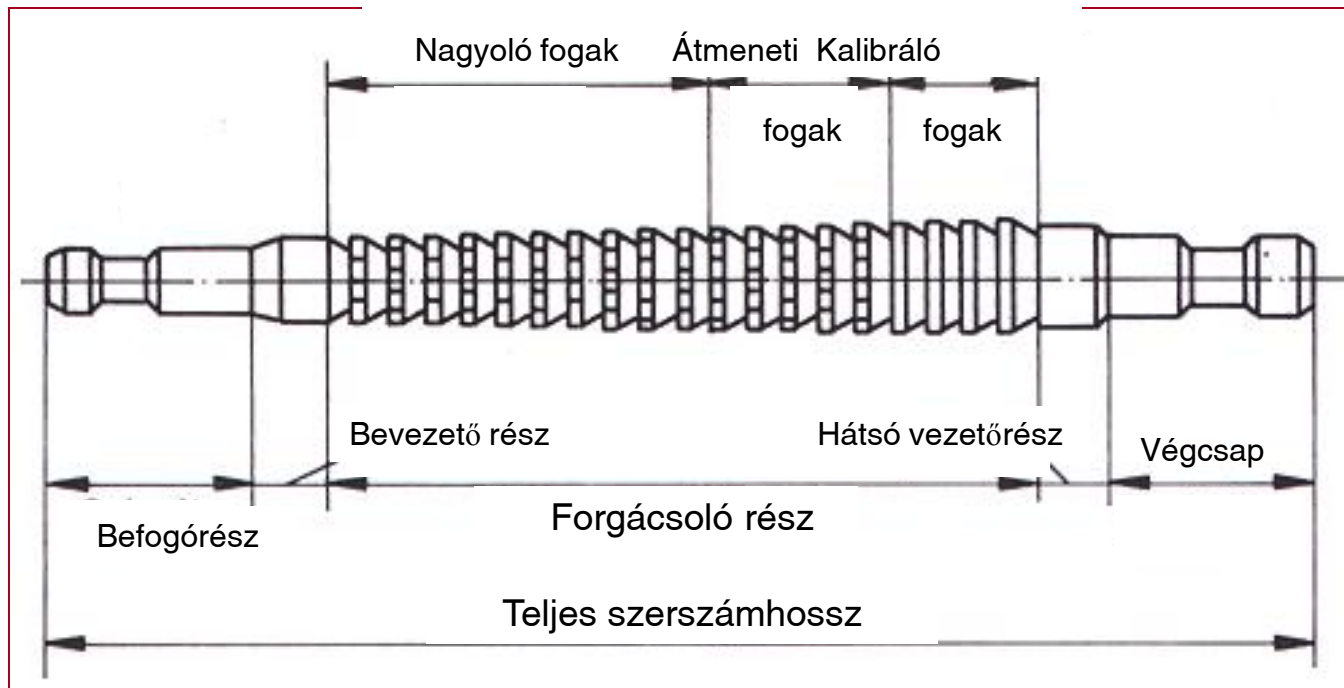


Szerszám



Üregelés

A húzó üregelőszerszám (tüske) felépítése:



Furatmegmunkálás

A furat alakja: átmenő furat (kedvezőbben megmunkálható)
zsákfurat (félig zárt forgácstér, forgácselvezetés megoldatlan)

A furat alakjellemzője a hossz / átmérő viszonyszám:

≤ 3 (normál furat)

≤ 5 (hosszú furat)

$15 \leq l/d \leq 70$ (mélyfurat, speciális szerszámmal)

A furat pontossága:

nagyolás: fúrás (IT 10 - 12)

„félsimítás”: felfúrás, süllyesztés

simítás: dörzsárazás

Szerszáma: „méretes”, a fogásvétel a szerszámba „beépített”
az állítható méretű kivitel ritka (pl. szerelt dörzsár)

Furatmegmunkálás

Főmozgás: forgó, a **S** végzi (mélyfúrásnál: **M**)

Mellékmozgás: egyenes, a **S** végzi (mélyfúrásnál: **M**)

Forgácsolóél: elhelyezkedése kúpfelület mentén, ezért az él mentén a forgácsolósebesség **változik** ($0 \Rightarrow v_c$)

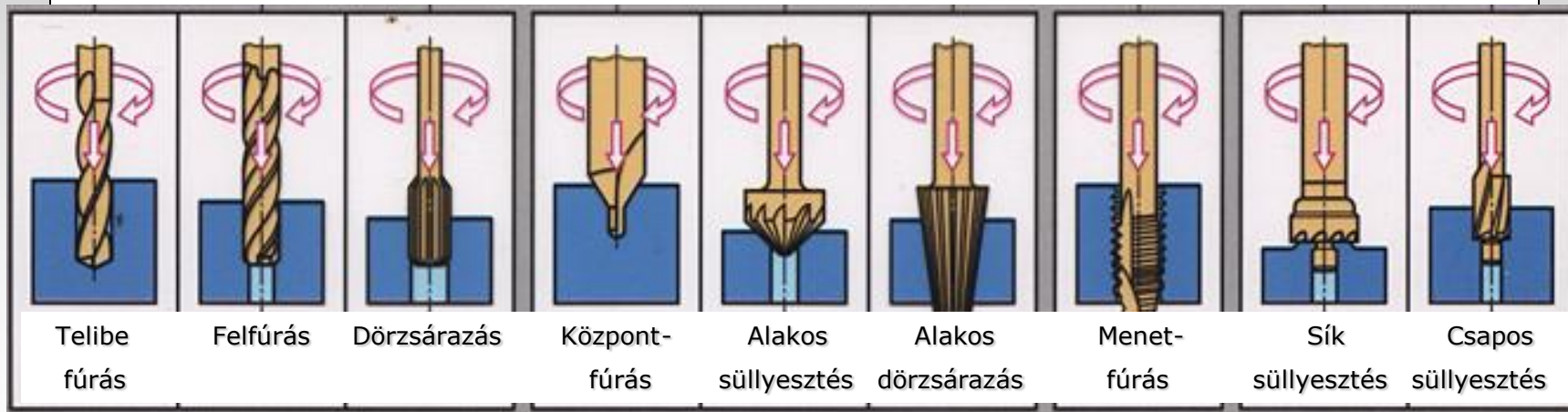
Változatai:

hengeres furatok

alakos furatok

menet

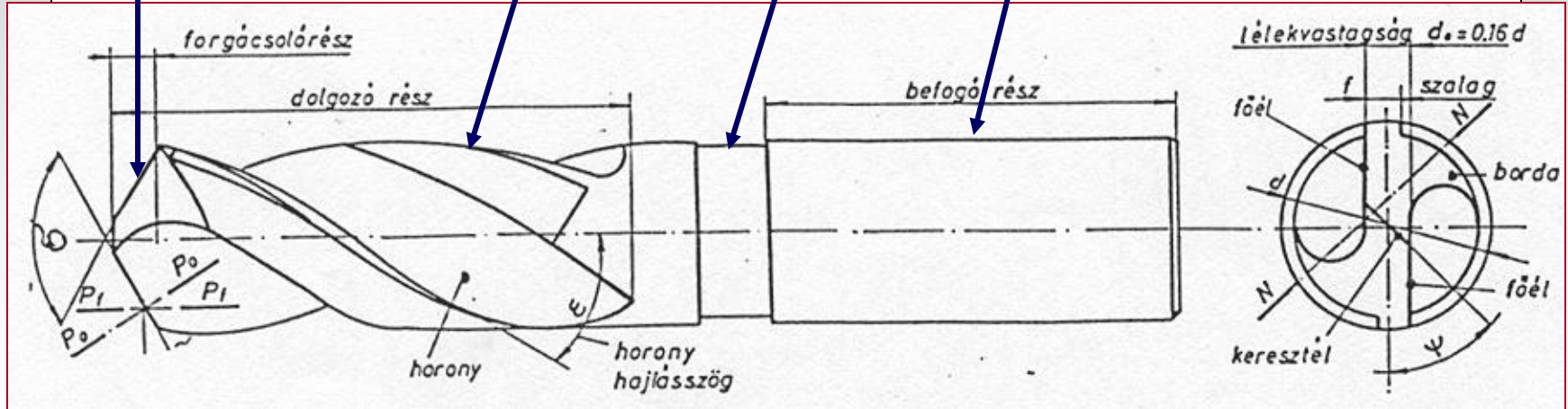
síkfelület



Fúrás

- a leggyakrabban alkalmazott furatmegmunkáló eljárás
- kis pontosságú furatok ($IT \geq 10$) befejező megmunkálására
- pontos, vagy nagy $\varnothing$ -jű furatok előmunkálására
- hosszú furatok $3 \times d$ hossz 1 lépésben, ennél hosszabbak fúrókiemeléssel készülnek
- a furatok $\varnothing \leq 25$ mm-ig egy lépésben, efölött több lépésben (pl. felfúrással, süllyesztéssel, esztergálással stb.) készülnek
- a 2 élű csigafúró felépítése:

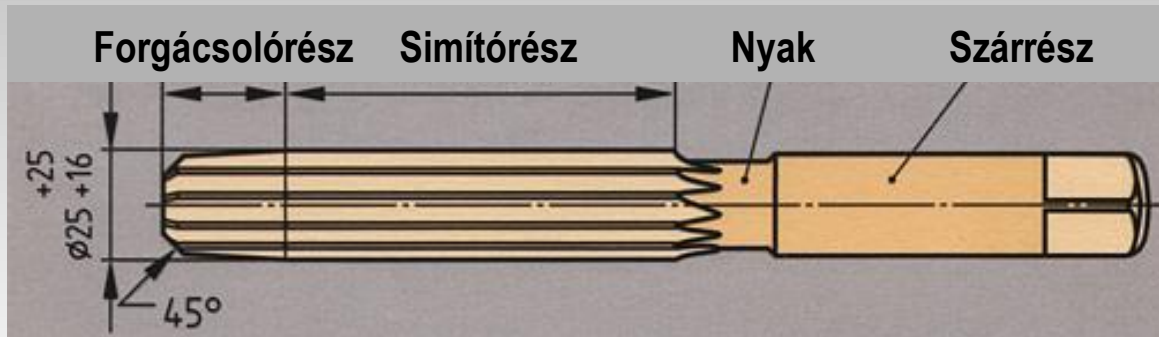
befogórész



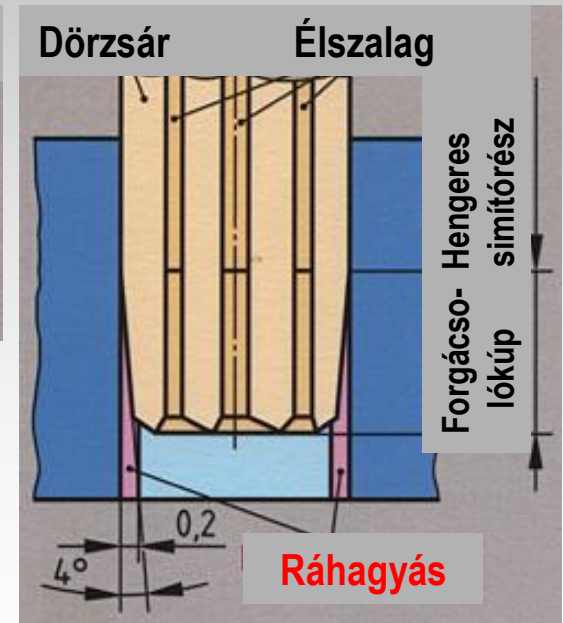
Dörzsárazás

- nagy pontosságú és kis érdességű furatok előállítása
- kis ráhagyás, több ($z=6 \dots 12$) élű szerszám
- egy lépésben IT8, IT9; $R_a = 1,25 \dots 2,5 \mu\text{m}$ érdesség
- két lépésben IT6, IT7; $R_a = 0,8 \dots 1,25 \mu\text{m}$ érdesség

- részei: forgácsoló- és simítórész, nyak, szár



- a forgácsvastagság lényegesen kisebb, mint fúrásnál (okai: z és σ)



Marás

Sajátosságai:

- **főmozgás:** **állandó** sebességű **forgó** mozgás, **szerszám** végzi
- **forgácsleválasztás:** szakaszos (egy fog be- és kilép)
változó keresztmetszetű a forgács, ezért
„duplán” dinamikus jellegű

- **szerszáma:** **maró** átmérője: ϕd , mm; fogszáma: z

- **mellékmozgások:**

- ◆ előtolás irányú: a szerszám és/vagy a munkadarab végzi
a főmozgástól független (főorsótól nem függ)

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

ahol: f_z - fogankénti előtolás, mm

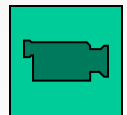
z - a maró fogszáma

n - a maró fordulatszáma, min^{-1}

- ◆ fogásvételi mozgások: a szerszám és/vagy a munkadarab végzi

a_e - sugárirányú fogásvétel, mm

a_p - passzív (tengelyirányú) fogás, mm



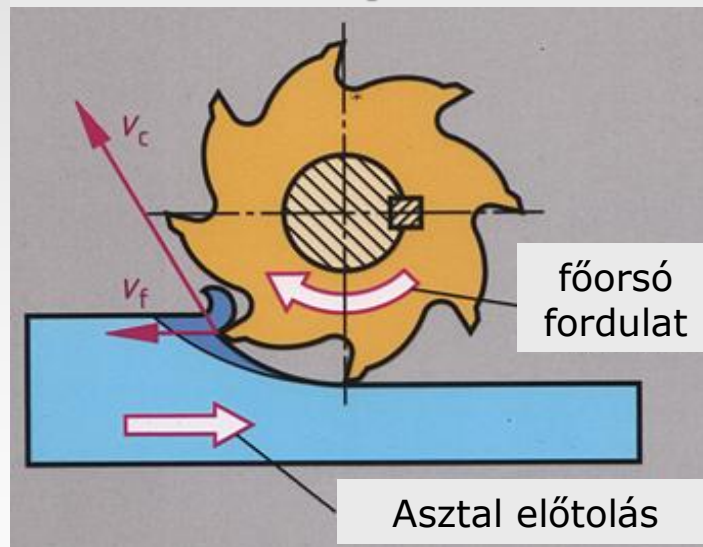
Marás

Változatai:

- **palástmarás: elérhető pontosság IT9-11 ; $Ra = 1,6-25 \mu m$**
a **szerszám:** a palástfelületén elhelyezett fogakkal forgácsol,
tengelye a felülettel párhuzamos,
foghossza nagyobb a munkadarab szélességénél (b_w)

kinematikai változatai:

Ellenirányú marás



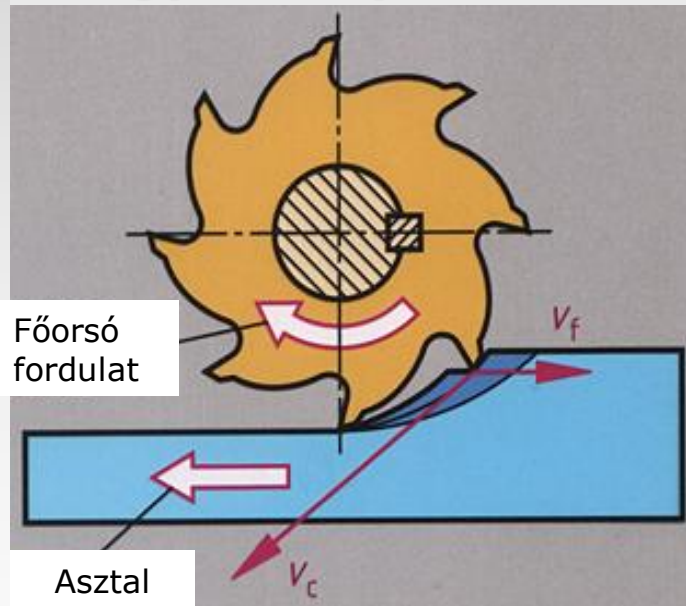
- forgácsvastagság növekszik, ezért
- egyre nagyobb a forgácsolóerő
- az eredő erők emelő hatásúak
- rosszabb felületi érdesség
- nagyobb szerszámkopás
- kedvezőtlenebb éltartam
- régi gépen is alkalmazható
- kopott gépen is alkalmazható

Marás

Változatai:

- **palástmarás**
kinematikai változatai:

Egyenirányú marás

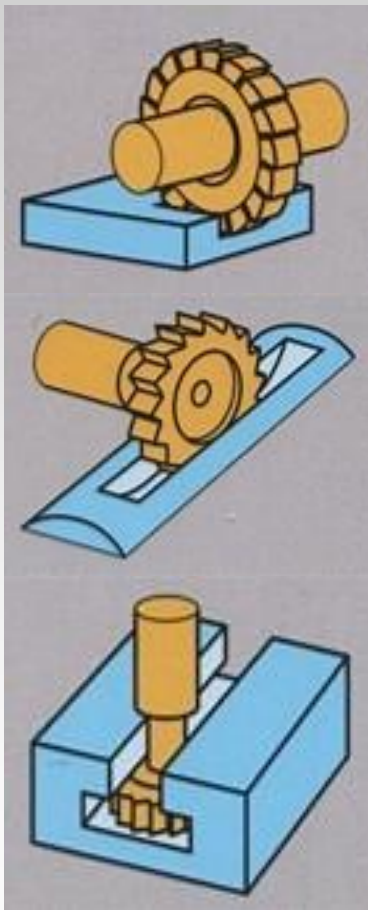


- forgácsvastagság csökken, ezért
- a forgácsolóerő maximumról 0-ra csökken
- az eredő erő leszorító hatású
- termelékenyebb megmunkálás
- jobb érdességű felület
- mérsékeltebb szerszámkopás
- kedvezőbb éltartam
- új, főleg CNC-gépeken alkalmazható
- csak karbantartott gépen alkalmazható

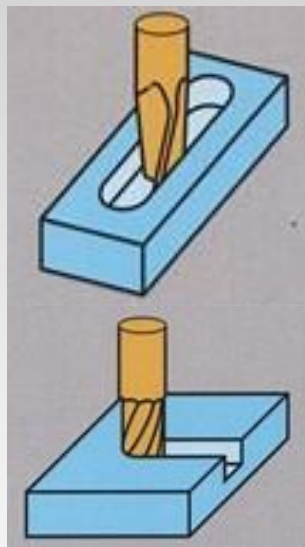
A palástmarás változatai

H o r o n y m a r á s

tárcsamaróval

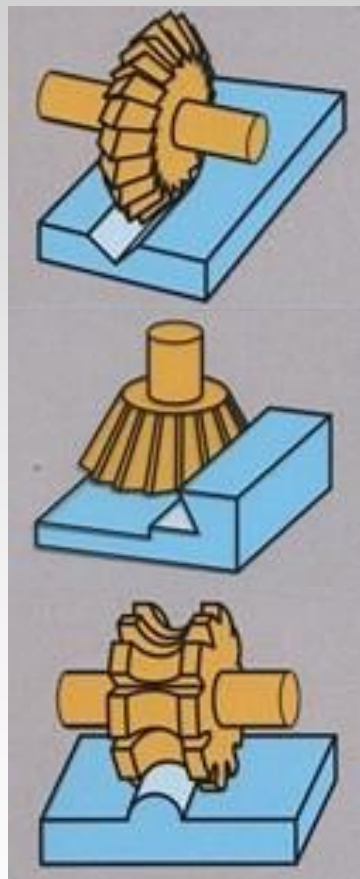


szármaróval

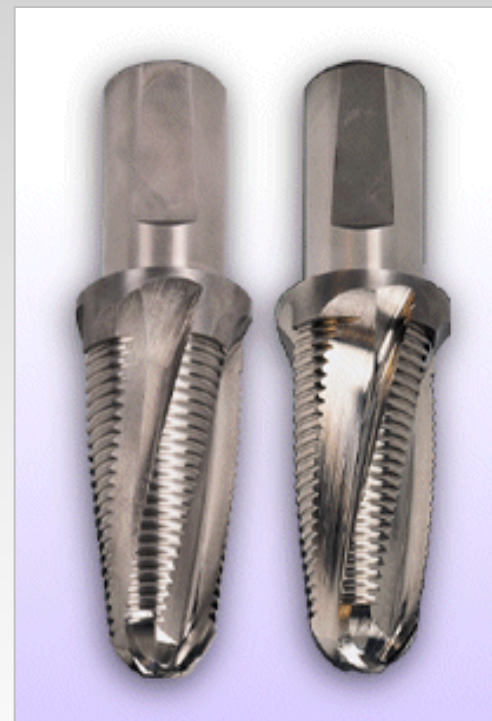


A l a k m a r á s

tárcsamaróval



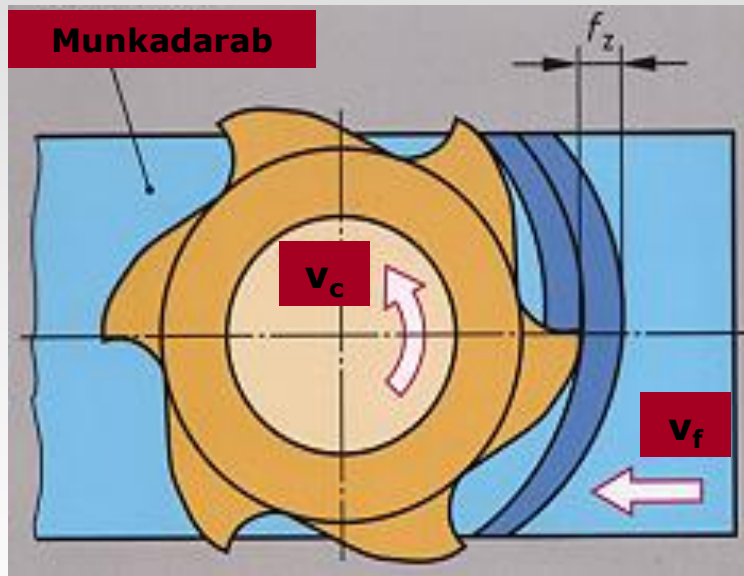
szármaróval



Marás

Változatai:

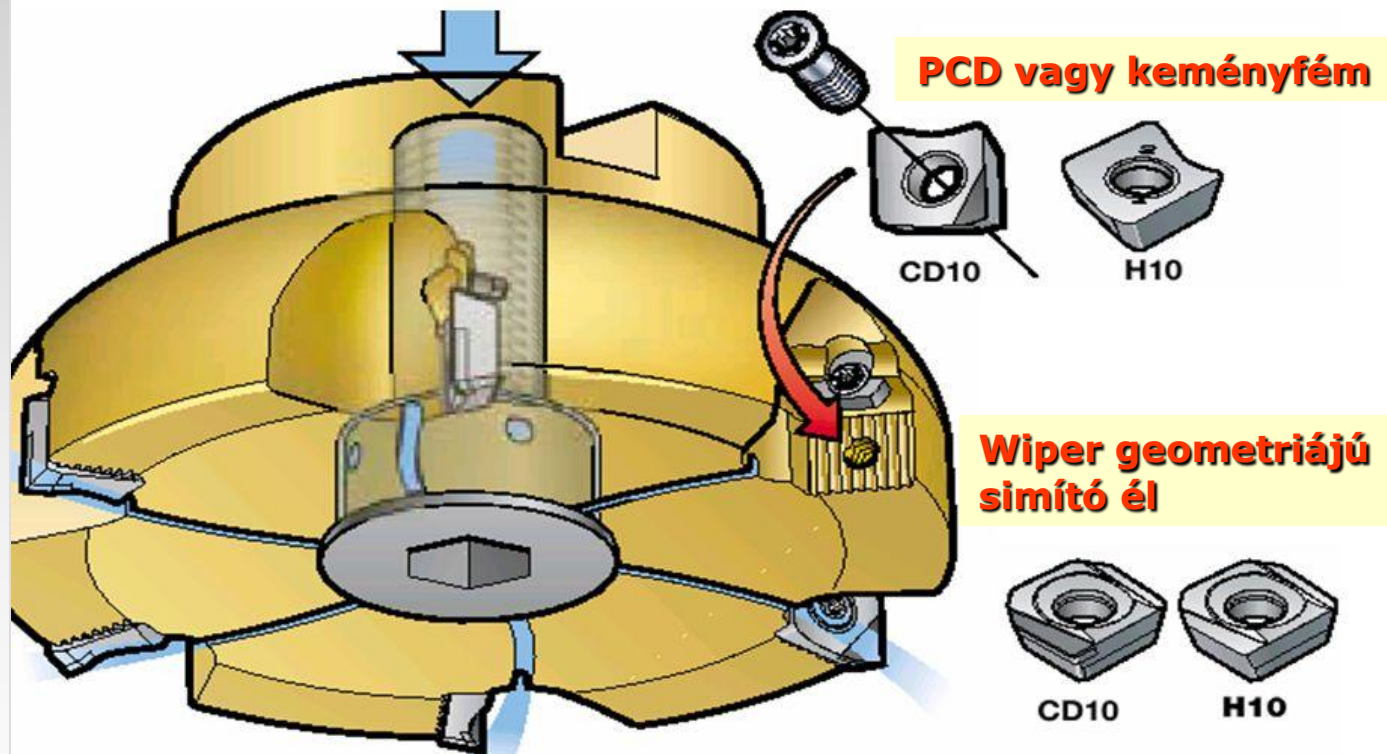
- **homlokmarás: elérhető pontosság IT9-11 ; $Ra=1,6-25 \mu m$**
a szerszám: a palástfelületén elhelyezett fogakkal forgácsol,
tengelye a felületre merőleges,
átmérője nagyobb a munkadarab szélességénél (b_w)



- forgácsvastagság változó, ezért
- a forgácsolóerő növekszik, majd csökken
- korszerű szerszámanyagok: bevonatos keményfém, kerámia, köbös bórnitrid, gyémánt
- a felület érdessége változó
- a legtermelékenyebb marási változat
- nagyteljesítményű gépeken előnyös
- finommarás: IT7, IT8 ; $Ra = 0,8-1,6 \mu m$

Marás

Motorblokk marása korszerű homlokmaróval



Forrás: Coromant Akadémia, 2005. május

A köszörülés sajátosságai

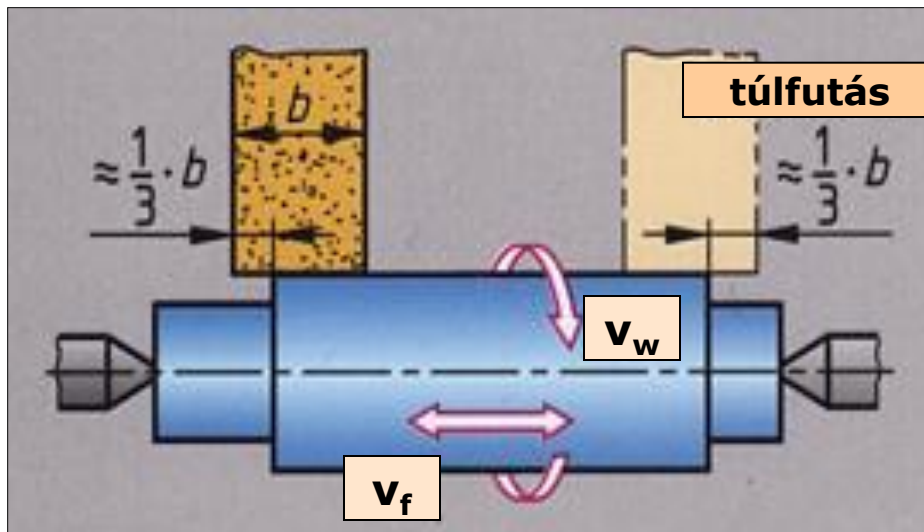
- abrazív (koptató) eljárás
- nagyon sok, kis méretű, kötött abrazív részecske (szemcse) dolgozik
- a „forgácsolóélek” statisztikus elrendezésűek és élszögűek
- a forgó főmozgást mindig a szerszám végzi
- nagy forgácsolósebesség: $v_c \sim 20 \dots 50 \text{ (150) m/s}$
- szakaszos forgácsleválasztás, változó forgácskeresztmetszet, magas forgácsolási hőmérséklet, izzó forgács („szikra”)
- csekély ráhagyás leválasztása kis fogásmélységgel
- a szerszám:
 - többalkotós és porózus szerkezetű
 - korlátozott önéleződés (forgácsolóképeség megújulás)
 - szabályozással a forgácsolóképeség megújítható
 - kölcsönös megmunkálás történik: a leválasztott anyag és a szerszámkopás összemérhető térfogatú

A köszörülés sajátosságai

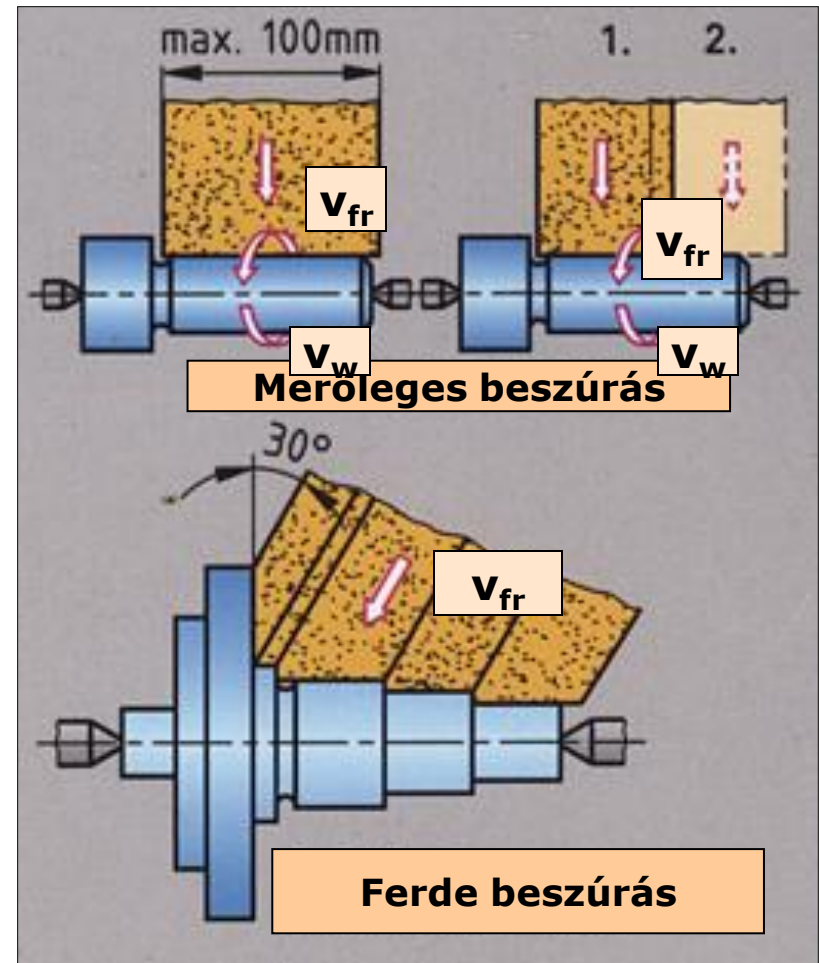
- hőkezelt (nemesített, edzett) acélok, nehezen forgácsolható anyagok (kőzetek, márvány) megmunkálására
- durva köszörülés (kohászat) $\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow$ precíziós köszörülés (műszeripar)
- **alkatrészgyártásban:**
 - hengeres, sík, alakos (csiga, menet, fogazat stb.) felületek előállítása
- **szerszámgyártásban és - élezéshez**
- nagy (IT 3 ... 7) méretpontosság elérése
- nagy alakpontosság érhető el
- nagyon kis ($0,1 \leq R_a$, $\mu m \leq 1,25$) felületi érdesség állítható elő
- kedvező felületminőség (?)
- a legősibb forgácsoló eljárás !
- alternatív technológiák (esztergálás, marás) megjelenése !!

Külsőpalást készítése

Hosszelőtolásos külsőpalást készítés

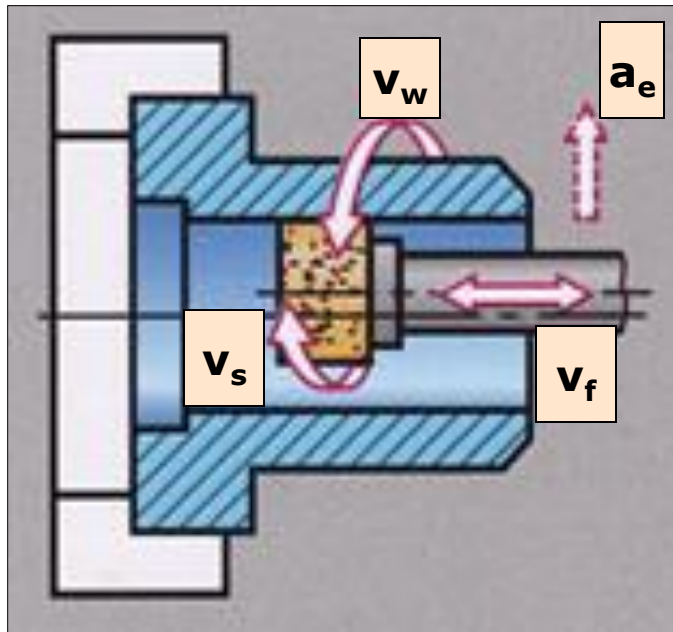


Beszúró külsőpalást készítés

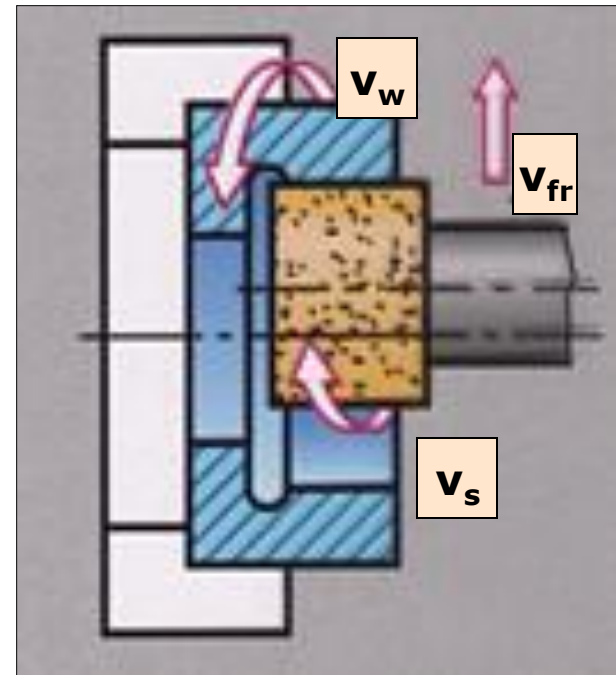


Belsőpalást készítése

Hosszelőtolásos furatköszörülés



Beszűrő furatköszörülés



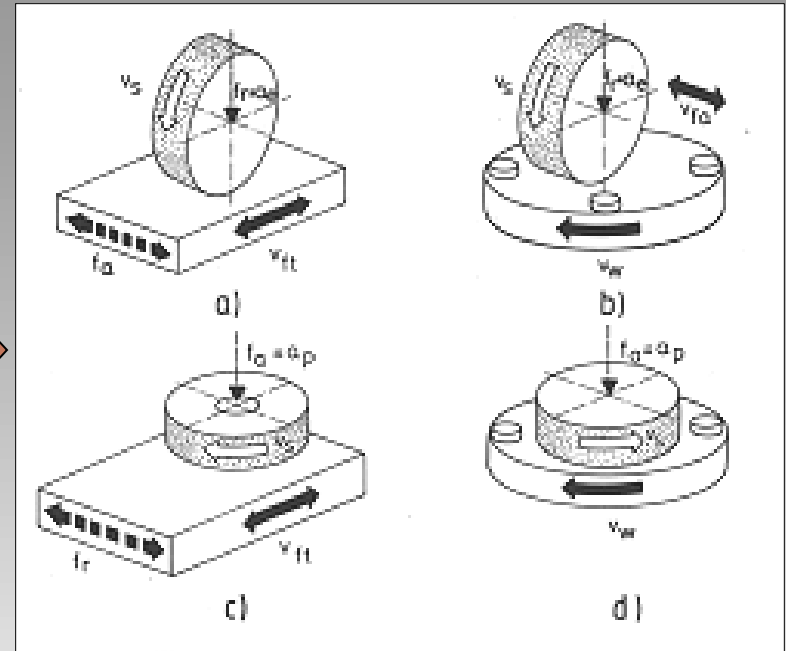
További változatok:

- ↪ bolygó köszörülés (álló munkadarab)
- ↪ csúcsnélküli köszörülés (csapágyipar)

Síkköszörülés

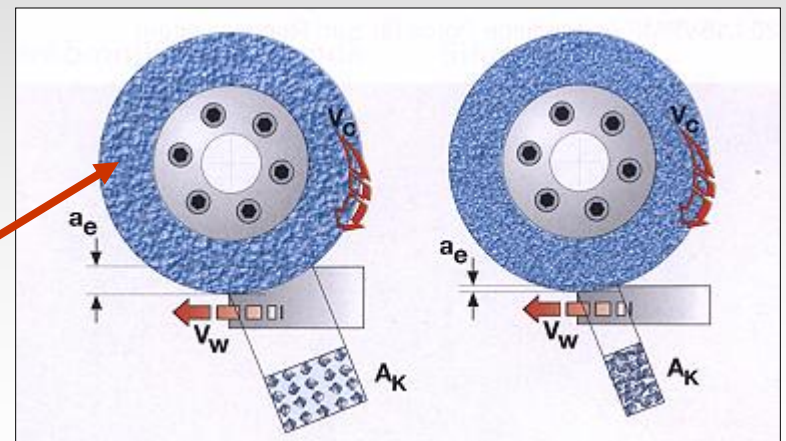
Változatok:

- a) alternáló asztal, korongpalást
- b) forgó asztal, korongpalást
- c) alternáló asztal, koronghomlok
- d) forgó asztal, koronghomlok



Mélyköszörülés:

- teljes fogásvétel ($a_e \Rightarrow \text{MAX!}$)
- kúszó előtolás ($v_f \Rightarrow \text{MIN! } q \Rightarrow \text{MAX!}$)
- nyitott (13 ... 20) korongszerkezet



A köszörűszerszám szerkezete (felépítése)

szemcsék (anyagminőség, méret, mennyiség)

kötőanyag (anyagminőség, mennyiség)

pórus (mennyiség)

$$(V_k \pm \Delta V_k) + (V_b \pm \Delta V_b) + V_p = 100 \%$$

