

Gyártástechnológiai III

5. előadás: Forgácsoló szerszámok kopása és éltartama

Előadó: Dr. Szigeti Ferenc

főiskolai tanár

Szerszám kopás okai

Forgácsolás közben jelentős **mechanikai igénybevétel** keletkezik a homlokl felületen és a hátfelületen, mely súrlódás formájában jelentkezik.

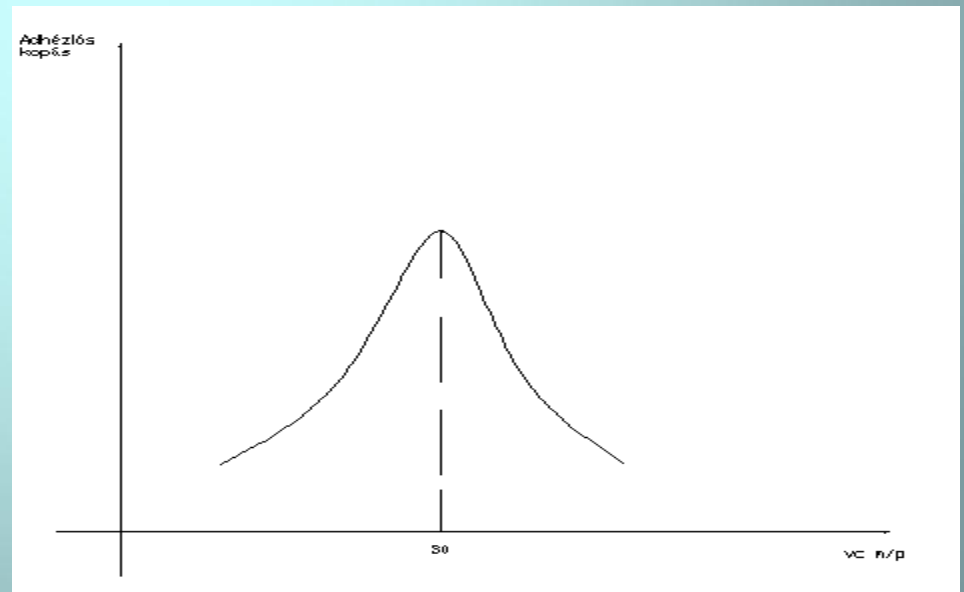
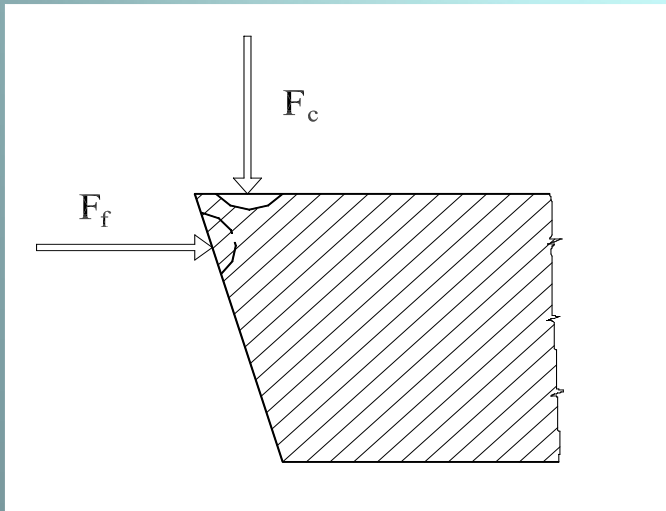
A kopás kialakulásában szerepet játszik: F_c , v_c , μ

HSS: $\mu=0,4$

HM: $\mu=0,15$

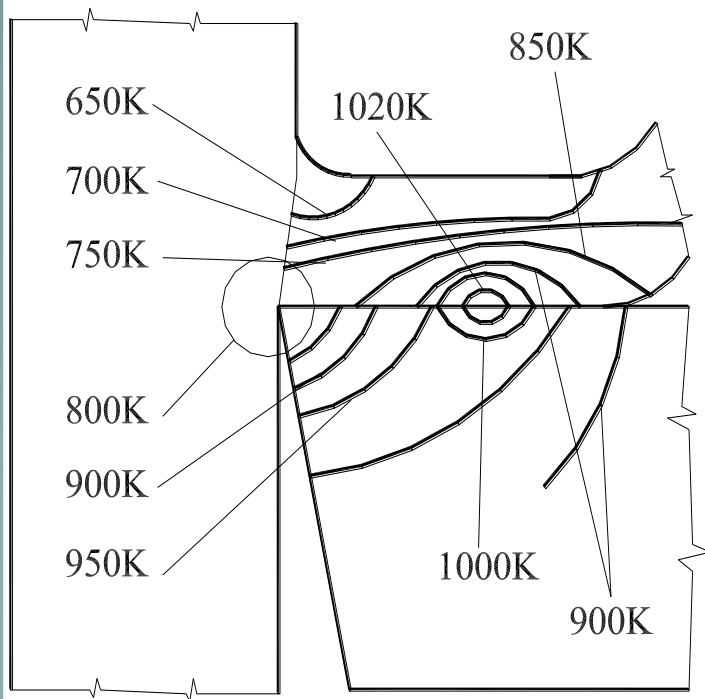
PKD: $\mu=0,04$

} a „ μ ” száraz és félszáraz súrlódási körülmények miatt többszörös.

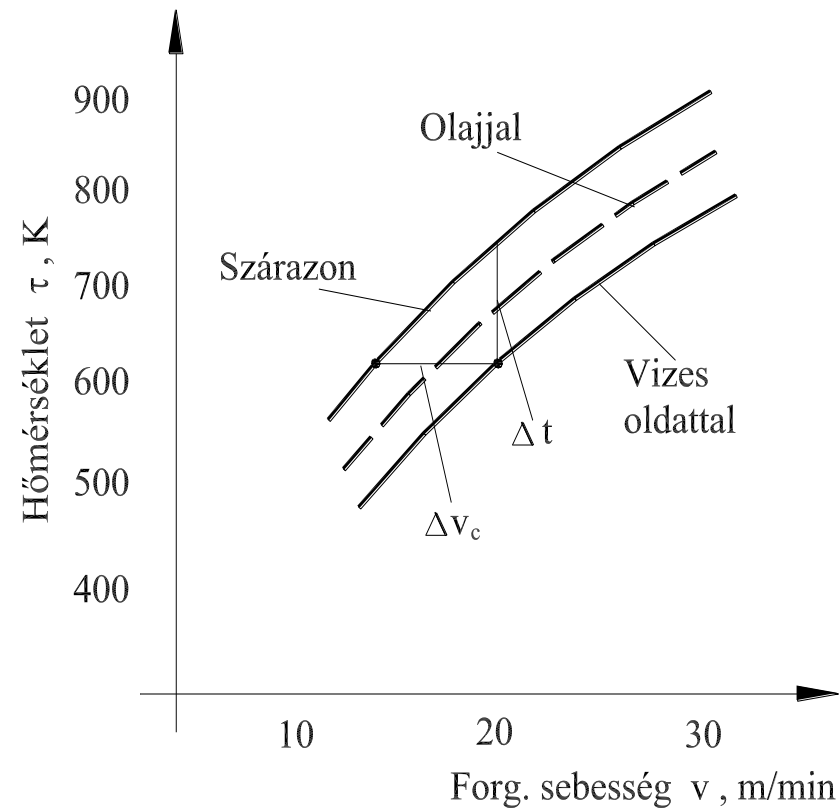


Hőmérsékleti igénybevétel: homlok és hátfelületen oxidációs, adhéziós, diffúziós folyamat.

- maximális hőmérséklet nem a szerszám csúcsán hanem a homlokfelületen keletkezik
- hőmérséklet növekedése elősegíti a kopási folyamatot, veszélyezteti a hőszilárdságot is (kilágyul).
- hűtő – kenő folyadék alkalmazásával a v_c nőhet; olaj: kisebb hőhatás
- HM, SK általában nem hűtjük



*Hőmérsékleteloszlás
(Hőeloszlás Lössl szerint,
acél esztergálása
keményfémszerszám esetén)*

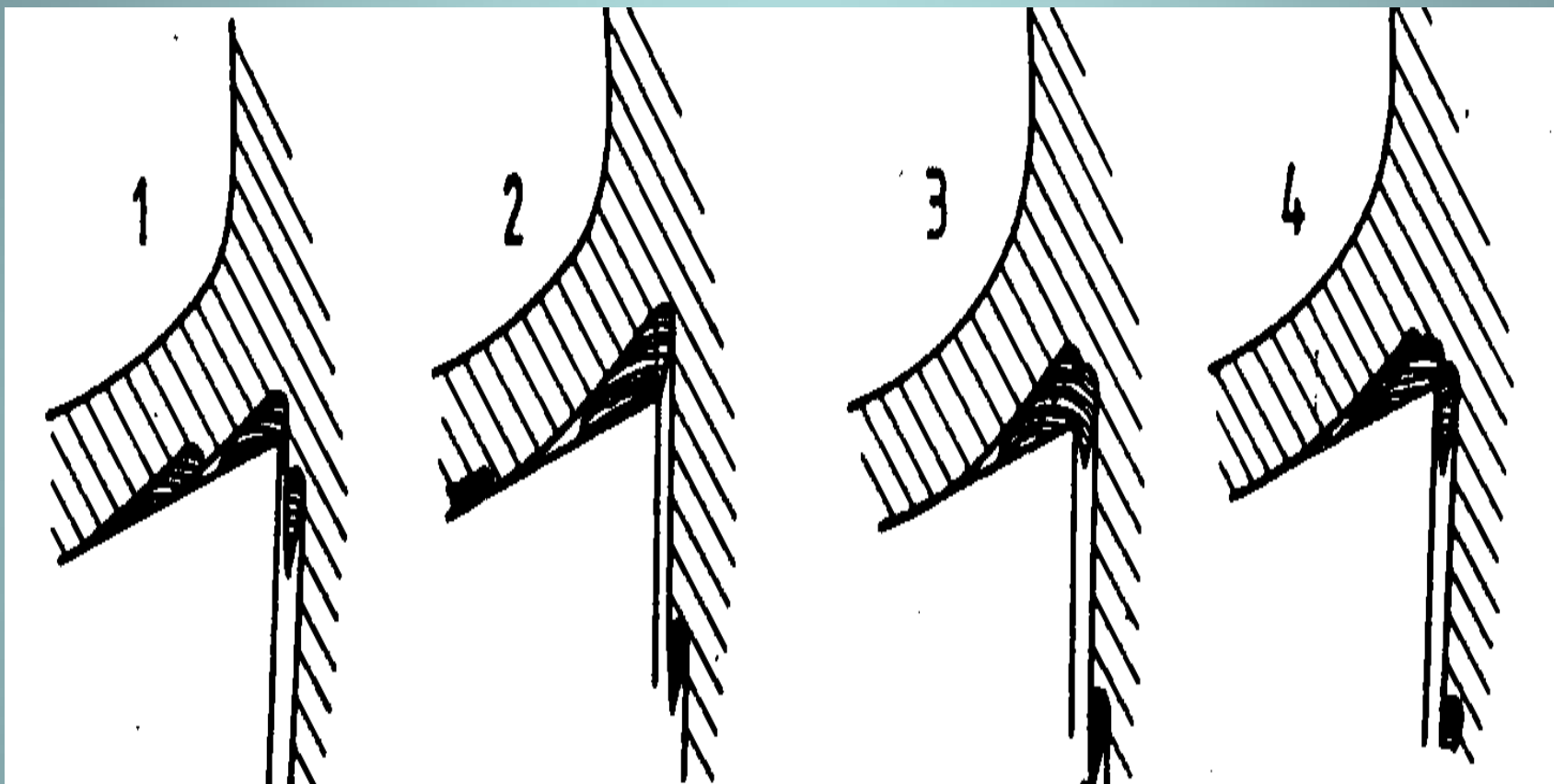


*Hűtéssel jelentősen csökken a
hőmérséklet*

Kopásfajták

1. **Abrázív kopás:** forgács és homlokfelület, hátfelület és munkadarab közé, a súrlódás következtében kemény szemcsék kerülnek (WC, TiC, Fe₃C)kösz. szemcseként forg. a szerszám fel.t
2. **Adhéziós kopás:** fellépő nyomás és hőmérséklet hatására kilágyult anyagrészecskék a szerszám felületére rakódnak, majd a lefutó forgácsra tapadva anyagrészecskéket szakítanak ki a szerszám felületéből.

Anyagfelrakódás: élsisak acél forgácsolása esetén gyorsacéllal erőteljes, HM kevésbé és SK esetén egyáltalán nincs.



Élrátétképződés

- 3. Diffúziós kopás:** magas hőmérsékleten $(0,3-0,4)T_{olv.}$ (800-900°C) a szerszám és a forgács között diffúziós folyamat indul meg, HM-nél, HSS-nél nem, T alacsonyabb)
- Co diffúzió HM acélforgácsba, karbidok kötőanyag nélkül maradnak, forgács elhordja
 - Karbid oldódás: TiC oldódik, szabaddá váló C acélba diffundál
 - Karbid oldódás öntöttvasaknál: Fe és C diffúziója indul a keményfémbe
 - gyémántszerszám gyors elhasználódását okozza, ha acélt forgácsolunk

4. **Oxidációs kopás:** 7-800°C-on WC-ok oxidálódnak, keménységűszerszámoknál jelentősége csökken.
5. **Elektromechanikus:** munkadarab és szerszám hőelemet alkot, a keletkező áram anyagleválasztást végez, keménységűszerszámoknál jelentősége csökken.

Kopásgörbe

- a kopásfajták együttes hatása okozza a kopásformákat
- megengedett mértéke szabja meg a szerszám élettartamot: az az idő, ameddig a szerszámmal forgácsolni lehet.

Kopásgörbe: kopási jelenségek törvényszerűségeit mutatja (abrazív és adhéziós kopás egyidejű fellépésének időbeli változására vonatkozik)

Kopás
mértéke

Kezdeti
kopás

Munkaéles állapot

Stabil
szakasz

Túlkopás

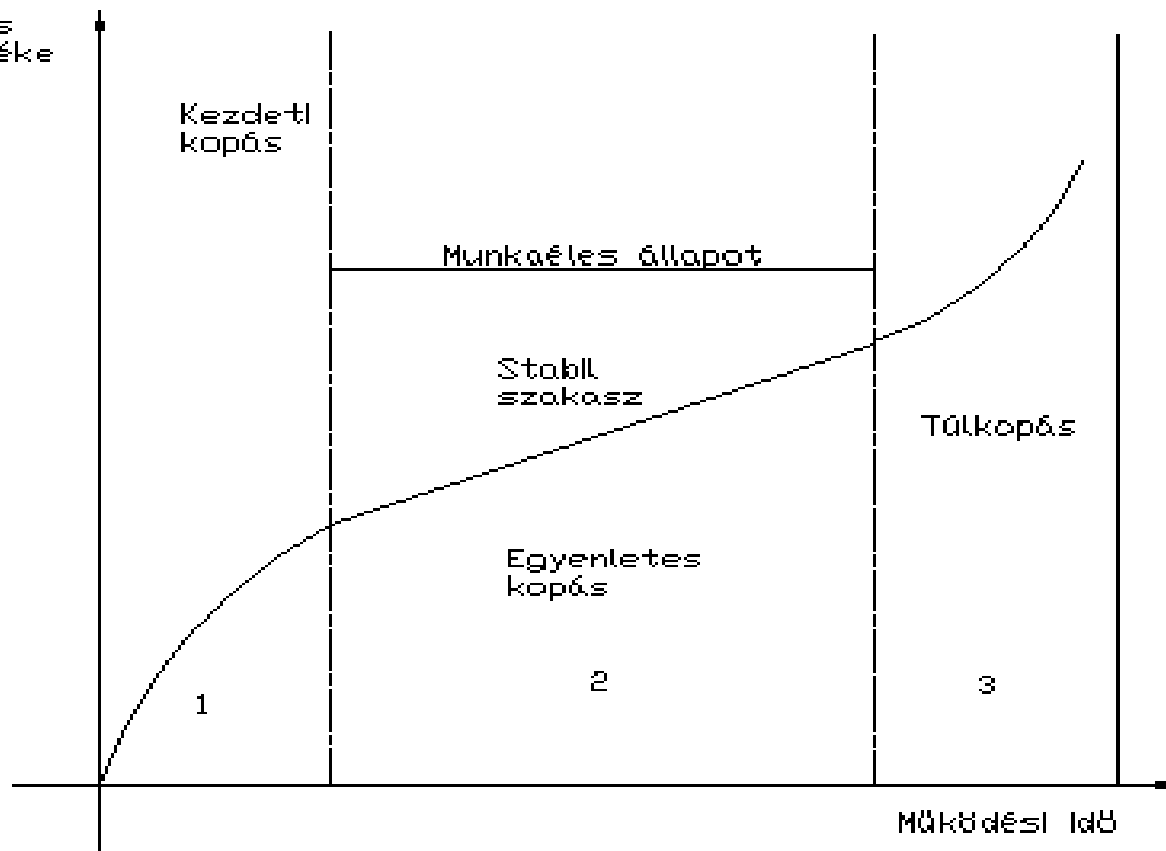
Egyenletes
kopás

1

2

3

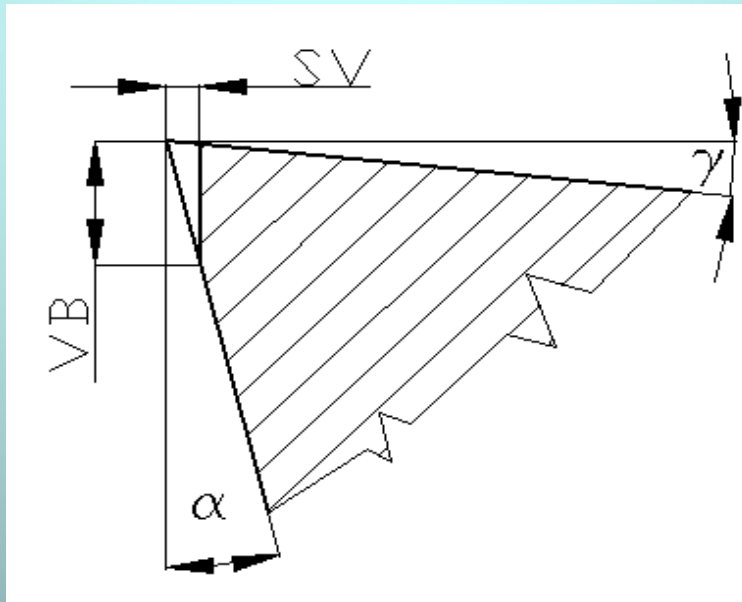
Működési idő



- 1, Meredek, degresszív szakasz. Kiálló csúcsok, nagyobb egyenetlenségek gyorsan lekopnak. Kopás fokozatosan csökken, a szerszám eléri a munkaéles állapotot.
- 2, Lineáris. Anyagfogyásból állandó, kismértékű. Kopási sebesség állandó
- 3, Túlkopás (katasztrofális kopás): v_{kop} nő. Progresszív. Nem szabad forgácsolni vele. A szerszám bármikor kicsorbulhat, nehéz újraélezni.

Kopásformák

- 1, hátkopás:** főél és mellékél alatt vagy mögött létrejött, forgácsolási irányba eső, kopásnyom. VB általánosan elfogadott éltartamkritérium.
- az előírt méretpontosság és R_a alapján kell dönteni a megengedett hátkopásról.
 - a szerszámon élrövidülést (SV) okoz, a munkadarabon méretváltozást eredményez



VB: hátkopás
SV: élrövidülés

Megmunkálási eljárás	VB (mm)
Nagyoló eszt. forrasztott keményfém szerszámmal	0.6-0.8
Nagyoló eszt.váltólapkás szerszámmal	0.8-1.6
Másoló esztergálás	0.8
Esztergálás kerámiával	0.5
Nagyoló palástmarás	0.2
Nagyoló homlokmarás	0.6-0.8
Simítóesztergálás	0.2-0.3
Finomesztergálás	0.1-0.2

2, homlokkopás: főéltől kiinduló, homlokfelületen jelentkező kopás, csak adott feltételek mellett:

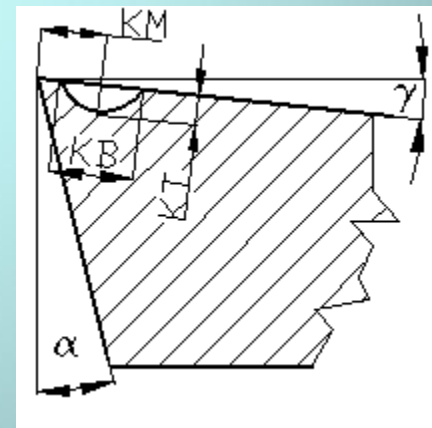
- igen kicsi v_c , f
- igen nagy $+\gamma$
- Töredezett forgács, kerámia szerszám anyag

3, kráterkopás: homlokfelületen, a legnagyobb hőmérsékletű helyen diffúzió és súrlódás következtében létrejövő, a főél mentén elhelyezkedő hosszúkás mélyedés. Nagyméretű kráterképződés esetén: élkicsorbulás

HM: $KT/KM=0,4$ kráterarány

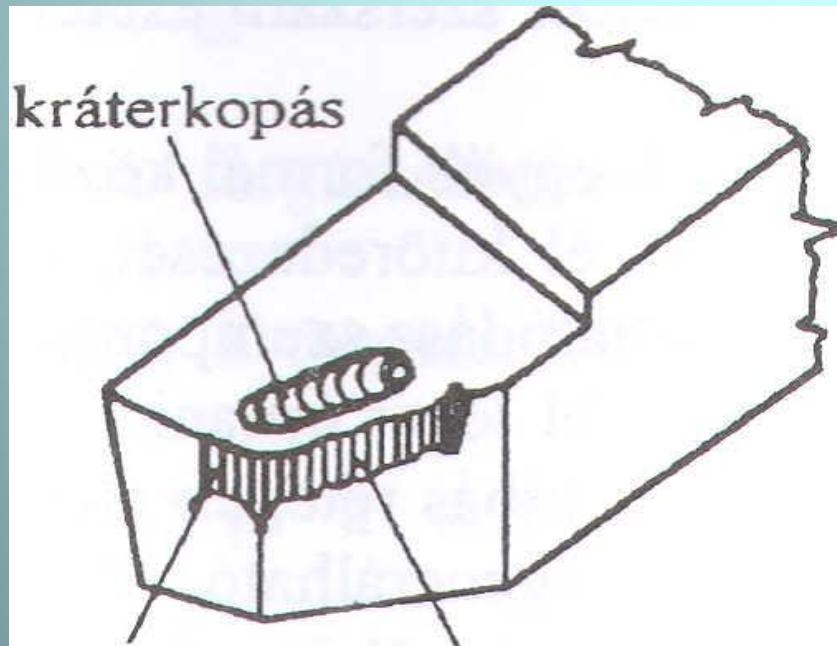
HSS: $KT/KM=0,25-0,3$

(megengedett értékek)



4, további kopásformák:

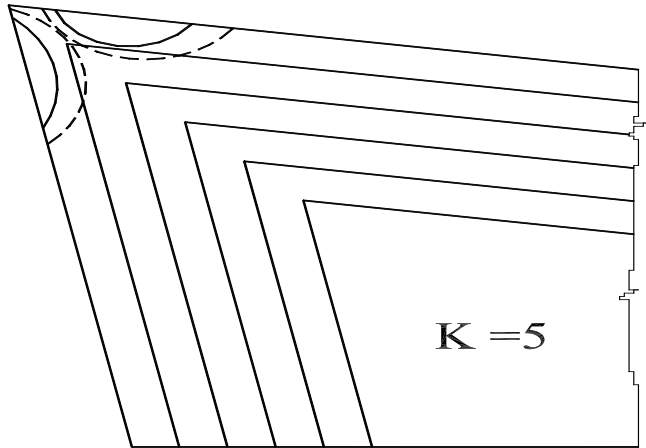
- sarokkopás :főél és mellékél találkozási pontjánál (fúrásnál, menetfúrásnál, dörzsölésnél ez határozza meg az éltartam végét)
- csúcskopás (kis a_p)
- élkopás (éllekerekedés)
- élrepedések (hátfelületen, főélből kiindulva)
- szélkopás (munkadarab külső keményebb (reve, öntési kéreg) réteg súrlódó hatása miatt)



A teljes kopási kép

Forgácsoló szerszám éltartama

- a, **Éltartam:** határozott élű szerszámok eredeti szabályos mértani alakjukat bizonyos forgácsolási idő után elvesztik (újraélezés, lapkaváltás, élváltás); **Éltartam:** Két egymást követő élezés v. élváltás között a szerszám forgácsolással eltöltött ideje, T , perc.
- b, **Összesített éltartam:** élettartam: $T_{\Sigma} = (K+1)T$ (perc)
Kopott szerszám újraköszörülhető (törés, csorbulás nélkül):
 $K=8...12$, újraélezések száma

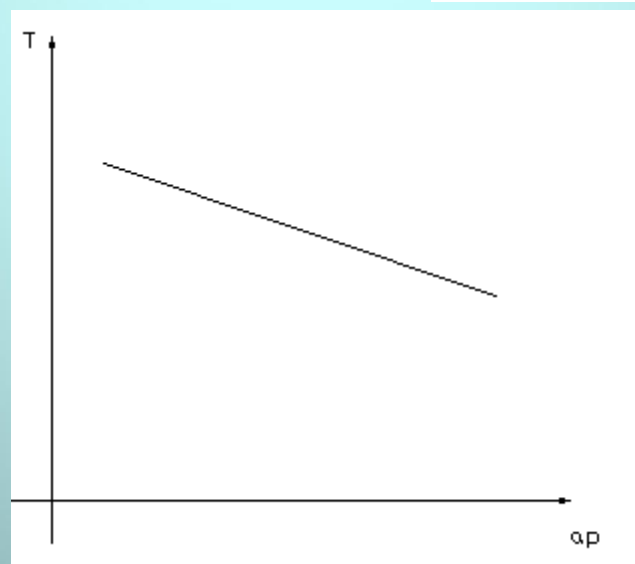
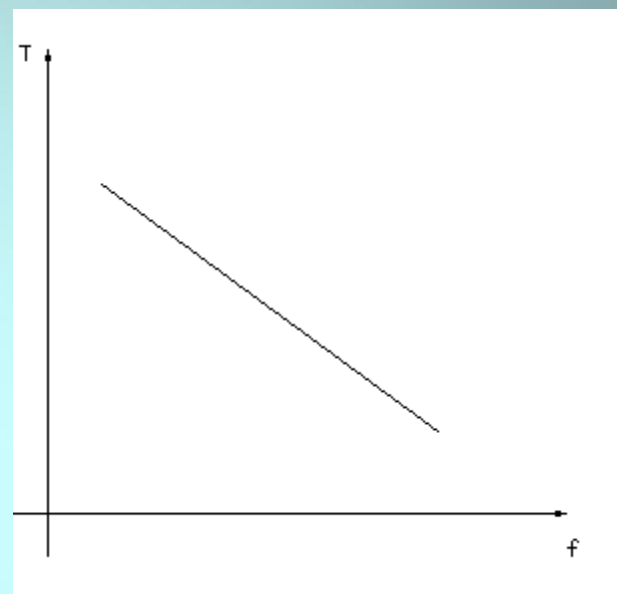
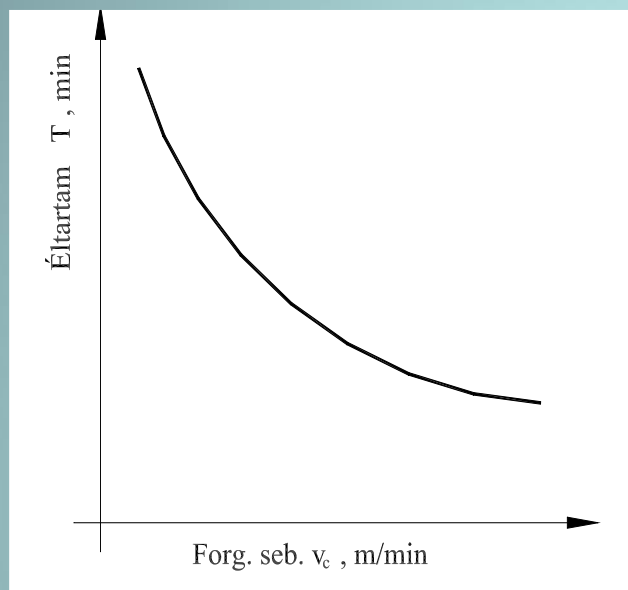


Egyélű szerszám újraélezése

Éltartam fogalmak:

- éltartamút: $W_t = T \cdot v_c$ (mm), a forgácsoló élnek forgácsoló irányban megtett útja, alkalmazása: gyalulás, vésés, üregelés
- éltartamhossz: $L_T = T \cdot v_f$ (mm), a forgácsoló élnek előtoló irányban megtett útja, alkalmazása: fúrás, dörzsárazás, menetfúrás stb.
- éltartamtérfogat: $V_{W,T} = A_c \cdot v_c \cdot T$ (cm³), T idő alatti forgács térfogata (köszörülés)
- éltartam darabszám: $z_t = T/t_g$ (db), T idő alatt megmunkált darabszám (tömeggyártásnál, z_t után pl. köszörűkő felszabályozás, szerszám csere, váltás)

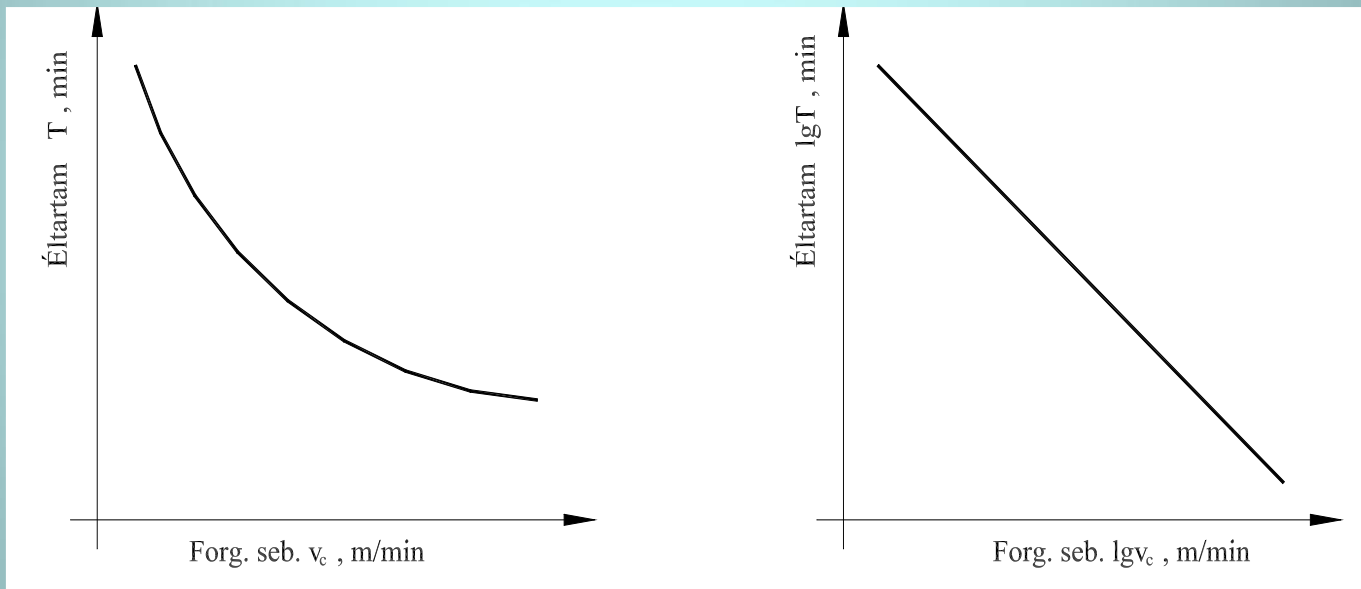
Forgácsolási paraméterek hatása az éltartamra



Általános éltartam egyenlet:

$$T = f(v_c, a_p, f)$$

Forgácsolás technológia adatai közül leginkább a v_c befolyásolja a szerszám éltartamot (T). T és v_c között hiperbolikus az összefüggés.



1907: Taylor egyenlet;

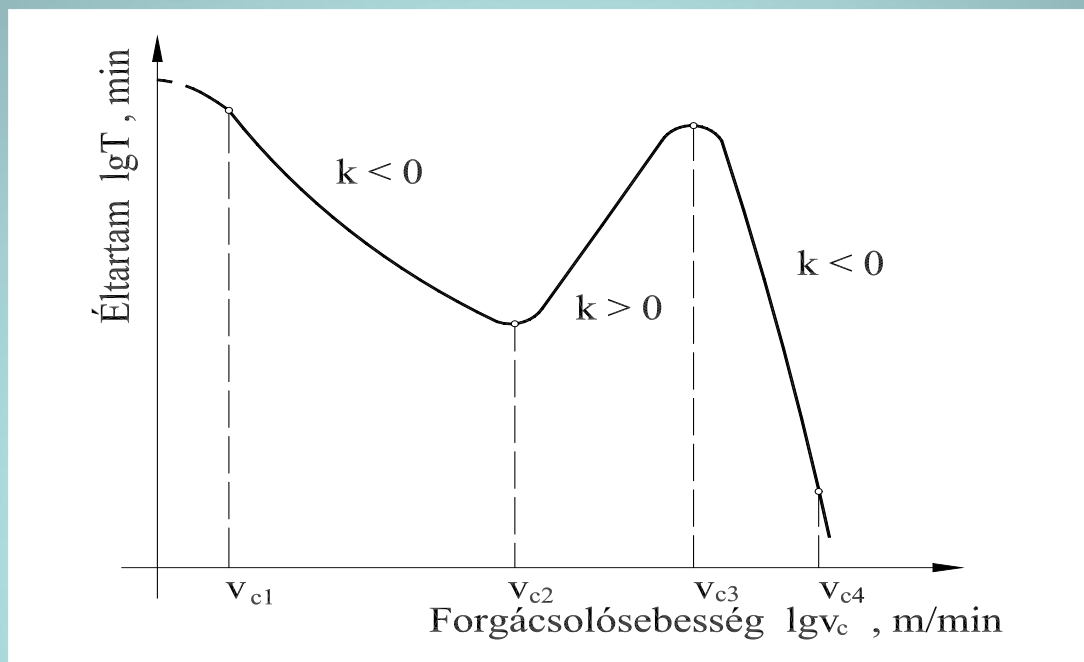
$$v \cdot T^m = C$$
$$v_1 \cdot T_1^m = v_2 \cdot T_2^m \quad \longrightarrow \quad v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^m$$

MSZ 3904: $v_c \cdot T^{-\frac{1}{k}} = C_v$, „k” tájékoztató értékei:

Anyag	Szerszám	A k értékei	
		Tartomány	Átlag
Acélok és acél öntvények	Kerámia, Keménység, Gyorsacél	-4.....-3	-3,5
		-5.....-2,5	-4
		-9.....-5	-7
Öntöttvas	Keménység	-3.5	-3.5
Réz bázisú ötvözetek	Keménység	-3.5-3	-3
Könnyűfém-ötvözetek	Keménység	-2.5	-2.5

- csak akkor lehet számolni vele, ha T-n és v_c -n kívül minden szerszám, munkadarab és forgácsolási paraméter változatlan marad! ➡ általános Taylor-egyenlet

Szakaszos Taylor-egyenlet:



bővített Taylor-egyenlet:

VB, f, a_p

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

T_{opt} minden forgácsolási eljárásnál más:

rövid:

- olcsó szerszám, könnyen beállítható szerszámgépek
- CNC esztergák, váltólapkás szerszámok, nagy termelékenység

hosszú:

- bonyolult szerszám, nehezen beállítható szerszámgépek (többorsós automaták)

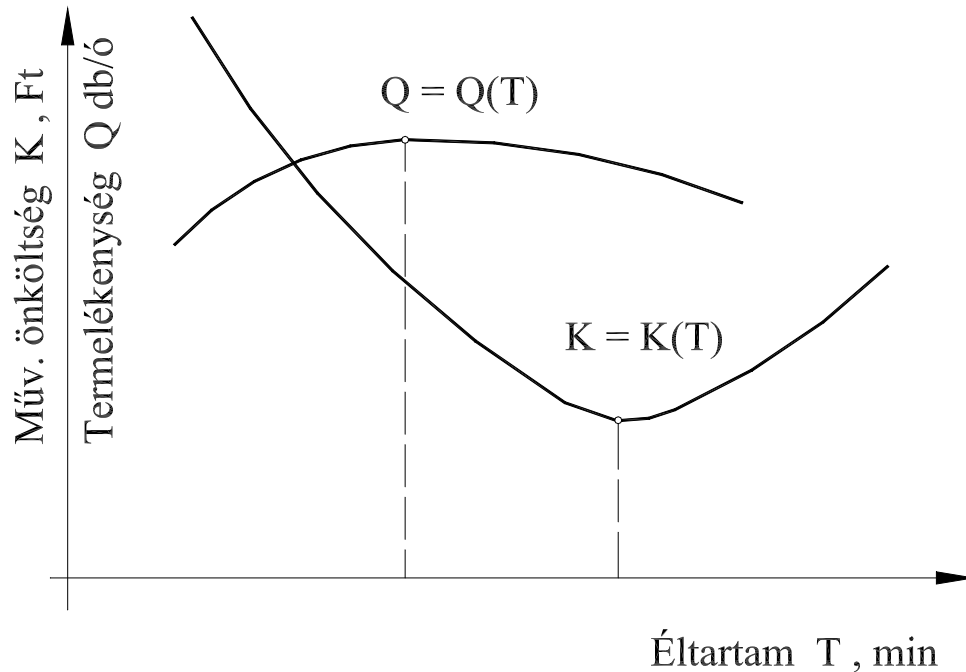
Eljárás	T (min)
Esztergálás	30
Revolveresztergálás	120
Esztergálás egyorsós automatán	240
Esztergálás többorsós automatán	300

Éltartam-irányértékek gyorsacél forgácsoló késekre

Éltartam megválasztása, optimális éltartamok

A T értékét úgy kell megválasztani, hogy meghatározott gazdaságossági vagy termelékenységi követelményeknek feleljen meg.

- legkisebb műveleti önköltség melletti éltartam (T_{ok})
- legnagyobb termelékenység melletti éltartam (T_{oQ})



$$T_{o,c} = (-k-1) \cdot \left(t_{cs} + \frac{60 \cdot K_{sz}}{K_m} \right)$$

t_{cs} : szerszám csere ideje, perc
 K_{sz} : éltartam időre eső szerszám költség, Ft
 K_m : munkahely üzemeltetési költsége, Ft/év
 k : éltartam kitevő (Taylor egyenlet)

$$T_{o,Q} = (-k-1) \cdot t_{cs}$$

Lehetőség:

- „T” ismeretében határozzuk meg a forgácsolási adatokat
- korszerűbb: optimális forgácsolási adatok
 (v_c, a_p, f) meghatározása és ezek függvényében számítjuk az optimális éltartamot

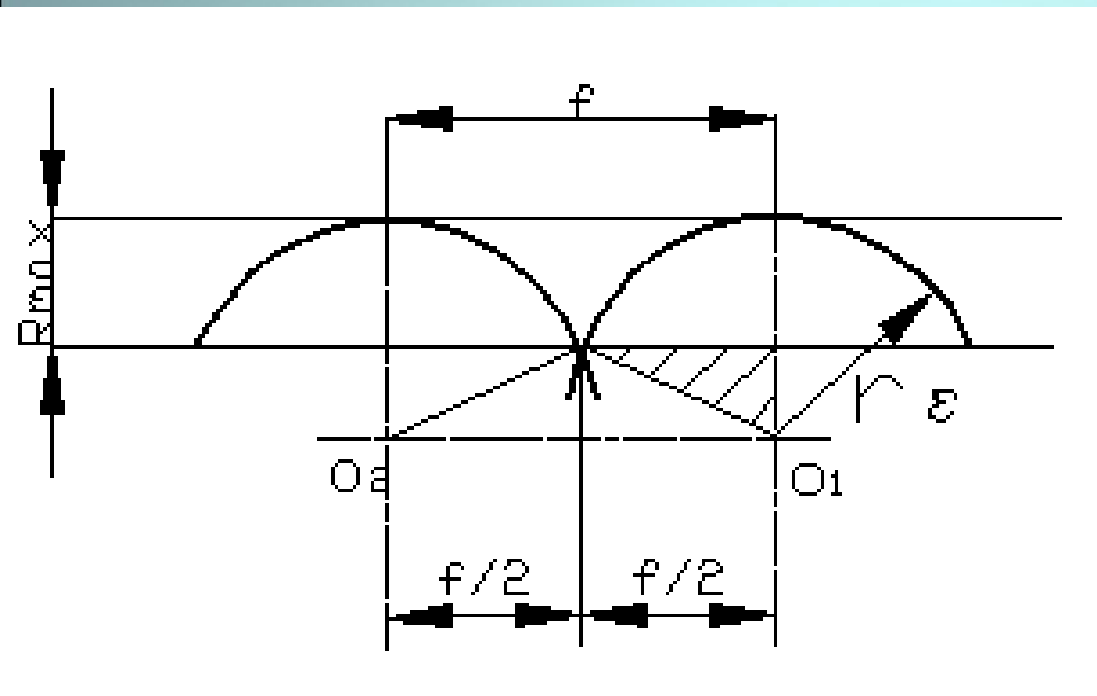
A forgácsolt felület minősége

A felület minőségét az érdesség, a felületi réteg keménysége, szövetszerkezete és belső feszültségi állapota határozza meg, melyek hatással vannak az alkatrész élettartamára.

Az igénybevételek többsége a felületet éri (súrlódás, kopás, hő, feszültség, korrózió) fáradásos repedések is gyakran a felületről indulnak ki.

1, Elméleti érdekesség:

Az a mikrogeometriai profil, amely a szerszám geometriai jellemzői és a technológiai adatok alapján számítható.



$$R_{\max} = r_\epsilon - \sqrt{r_\epsilon^2 - \left(\frac{f}{2}\right)^2} \approx \frac{f^2}{8r_\epsilon}$$

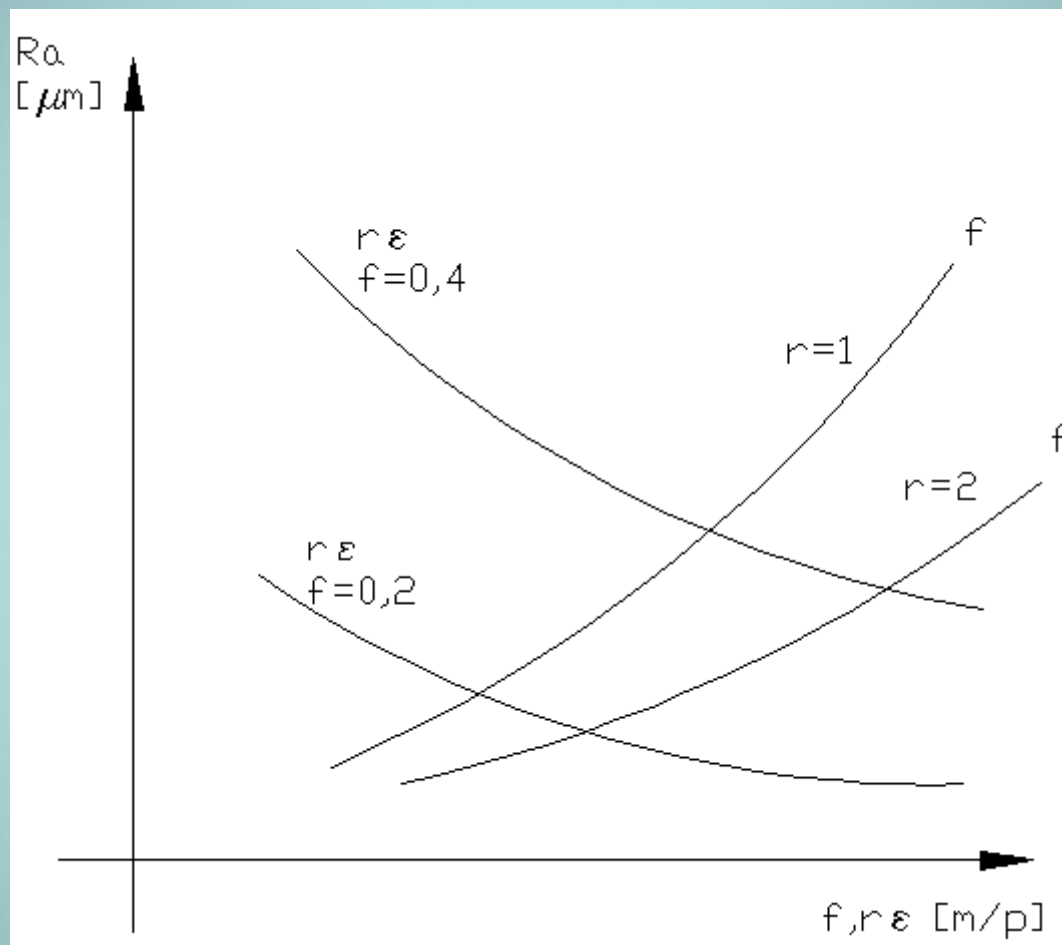
$$R_{\max} = f(r_\epsilon, f)$$

$$f = \sqrt{8r_\epsilon \cdot R_{\max}}$$

$$R_a = \frac{1}{l} \int |y| dx$$

$$R_z = 4,5 R_a$$

$$R_{\max} \approx R_z$$



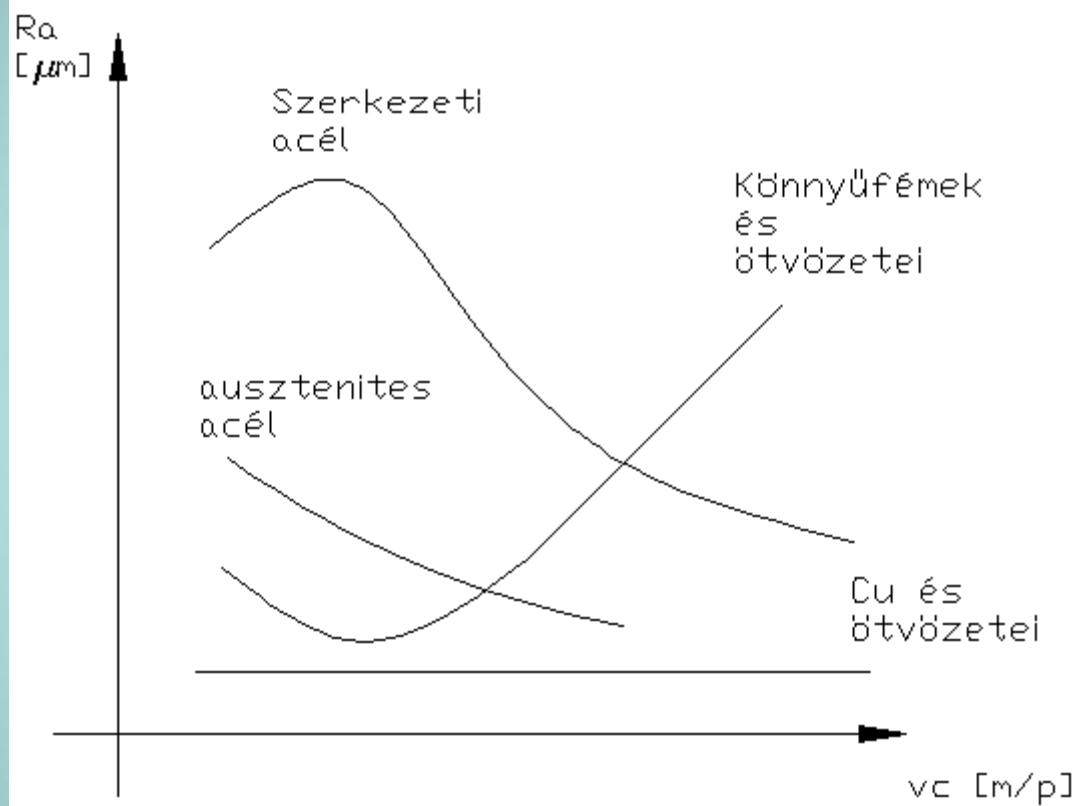
2, Valóságos érdekesség:

eltér az elméletileg számítottól, befolyásolja:

- képződő forgács típusa,
- forgácsolási paraméterek,
- hűtés-kenés,
- forgácsoló sebesség v_c ,
- munkadarab anyagtulajdonságai,
- szerszám állapota,
- rezgések.

Acéloknál a v_c növelése előnyös, mert csökken az R_a és forgácsolási teljesítmény.

Al és Cu ötvözeteknél a v_c növelése nem előnyös.



Forgácsolt felület valóságos érdessége

A tényleges felületi érdesség jelentősen eltérhet az elméleti értéktől.

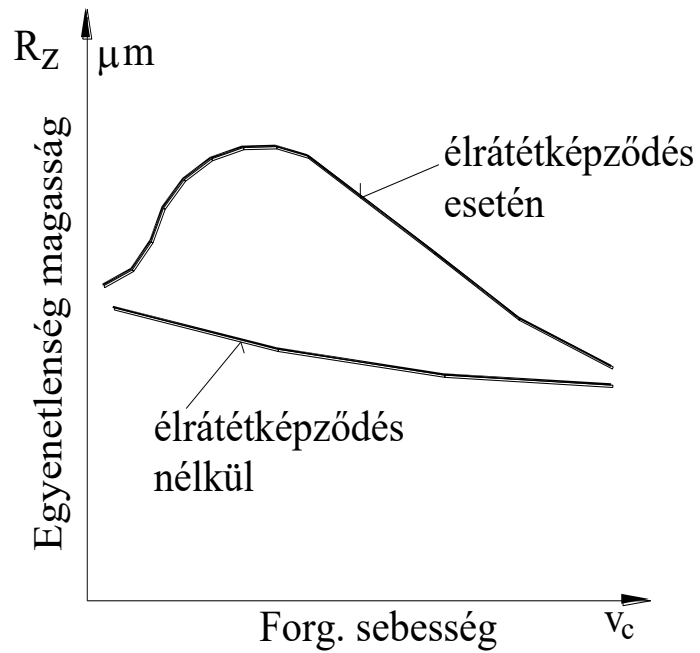
Okai:

- az anyag a profil csúcsok közelében képlékenyen megfolyik, képlékeny alakváltozás nő, R_z is nő,
- a munkadarab és a szerszám rezgése,
- a szerszám hátfelülete súrlódik a megmunkált felületen,
- a szerszám él egyenetlensége, szerszám kopás,
- élrátét képződés, R_z nő.

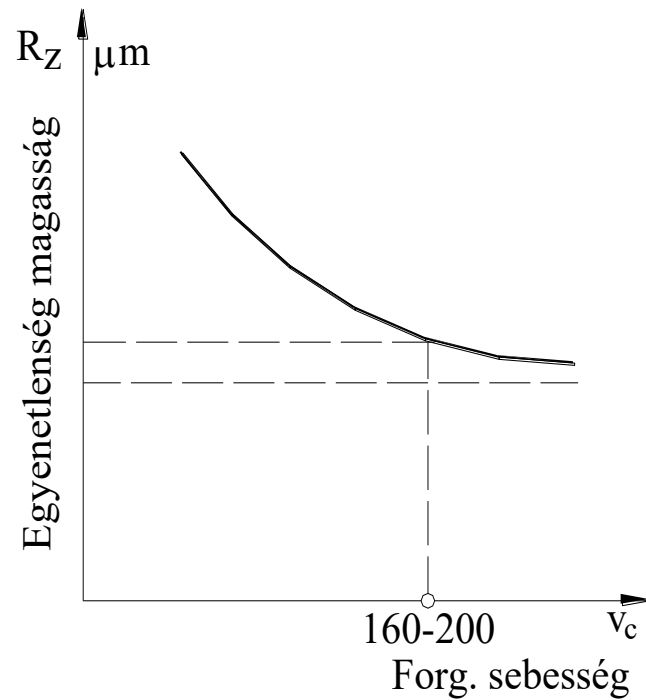
Tényleges (tapasztalati) felület érdesség:

$$R_z = C_R \cdot v_c \cdot f^{x_R} \cdot r_\varepsilon^{\mu_R}, \quad C_R - \text{érdesség állandó}$$

1, v_c hatása:



a.)

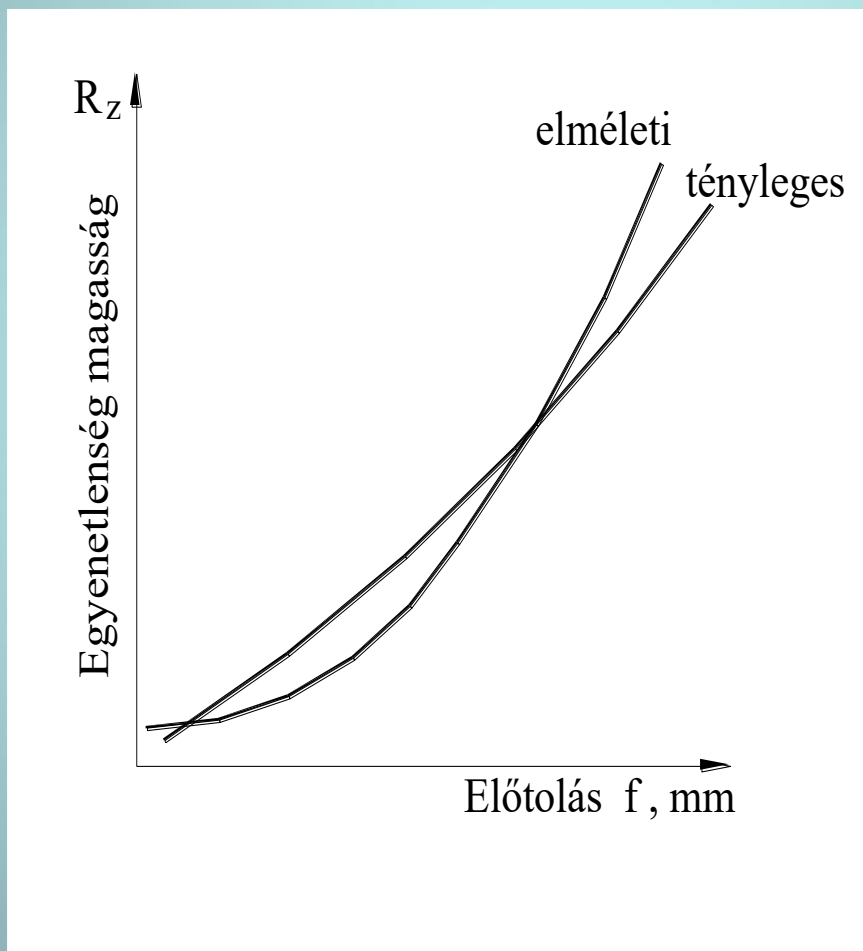


b.)

A forgácsolási sebesség hatása az
érdességre

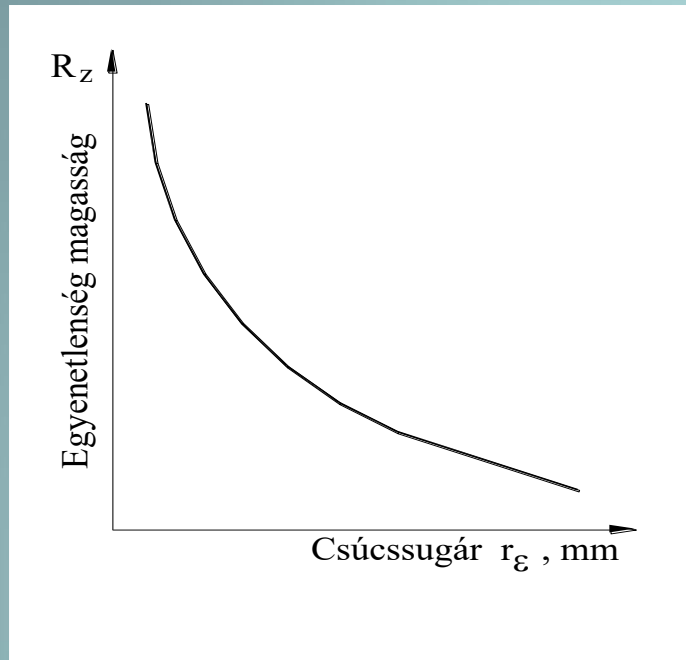
$z_R = -(0,15-0,25)$, sebességekitevő

2, „f” hatása:



$X_R=1-1,6$
előtolás kitevő

3, Az „ r_ε ” hatása:



$$\mu_R = -(0.75-1.25)$$

4, Egyéb hatások:

- Ha a munkadarab keménysége nő (HV) akkor R_z csökken,
- A hűtő- kenő folyadék alkalmazásának hatására R_z csökken:
 - HKF a folyó forgács képződését segíti,
 - a súrlódás csökken,

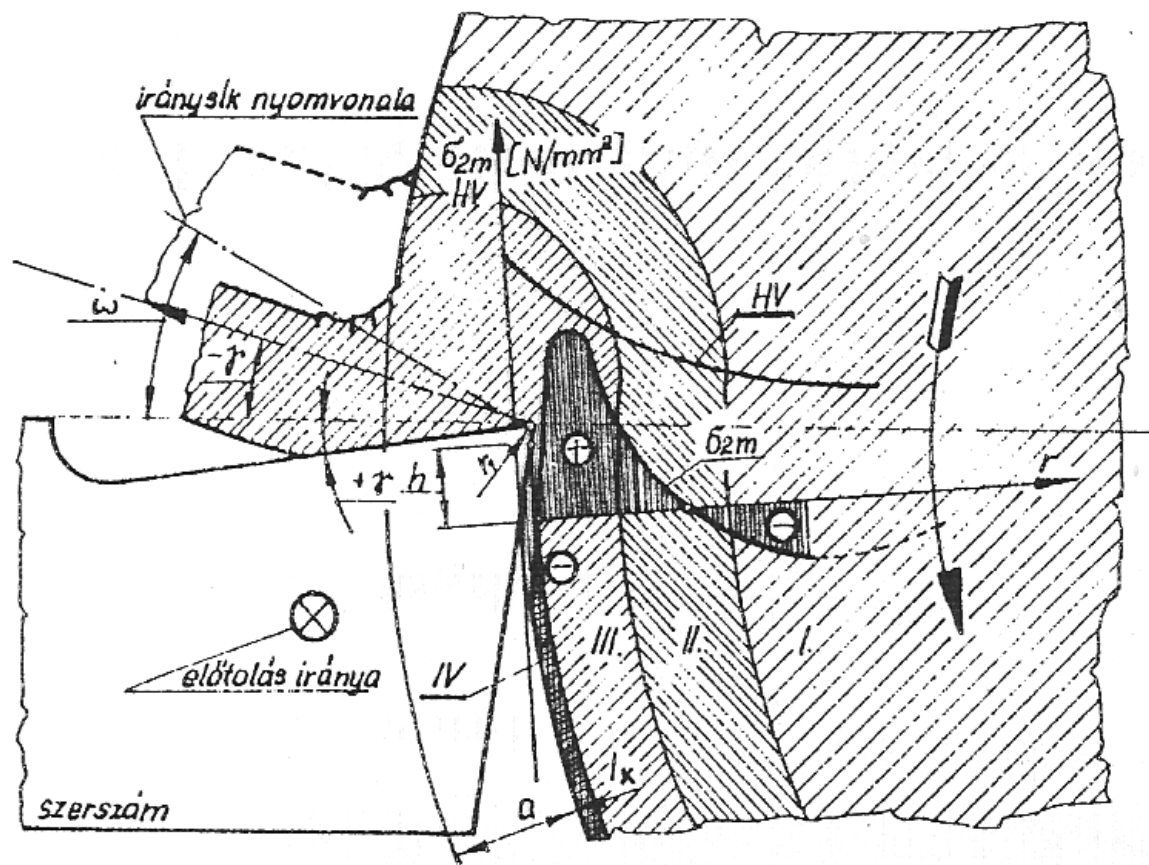
A felületi réteg tulajdonságai: (HV, szövetszerkezet, belső feszültségi állapot)

Forgácsolás hatására bekövetkező tulajdonság változás anyagminőségtől függő. ***Szívós, képlékeny anyagra:***

- vékony képlékeny megnyúlt réteg (IV), nyomó feszültség
- képlékenyen rövidült réteg (III), húzó feszültség
- átmeneti (II), rugalmas deformáció

1, képlékeny anyagok:

- forgácsolt felület tömörödik, hatására HV nő
- forgács homloklappal érintkező része is felkeményedik



45. ábra

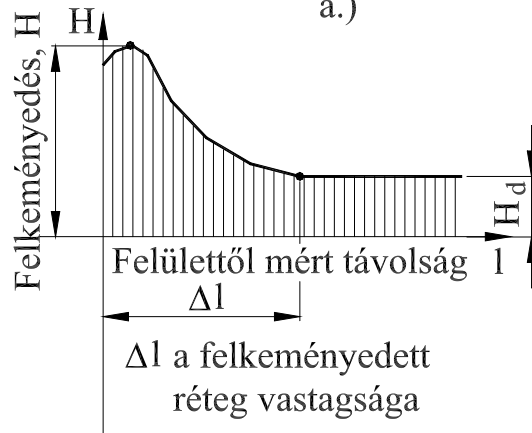
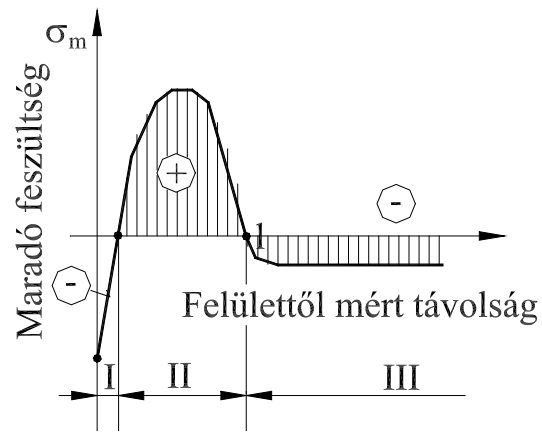
A felületi réteg alakváltozásai a keménység és maradó feszültségek eloszlásával

Felületi réteg állapotát jellemző mutatók:

- maradó feszültség: nagysága (jellege) előjele, behatolási mélysége
- felkeményedés mértéke (ΔH)
- felkeményedett réteg vastagsága (Δl)

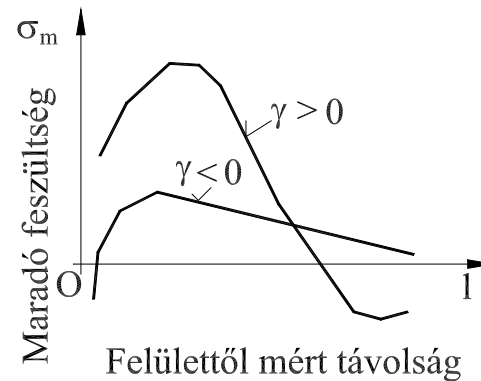
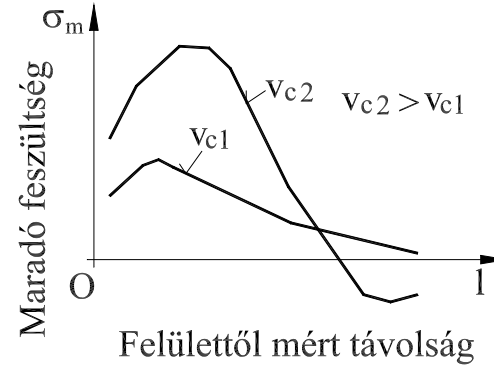
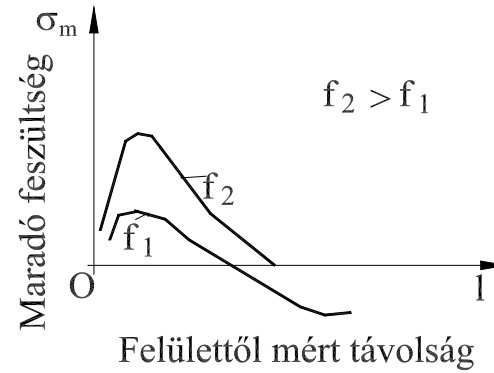
Az anyag felkeményedési foka (ΔH):

$$\Delta H = \frac{H_{\max} - H_d}{H_d}$$



a.)

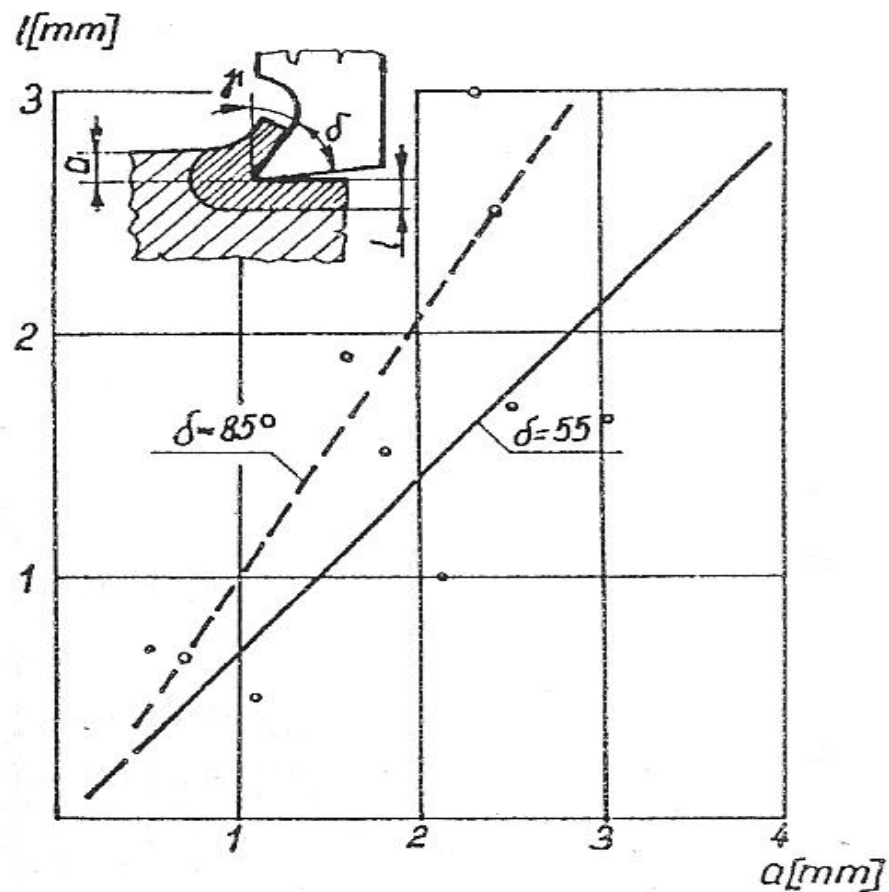
c.)



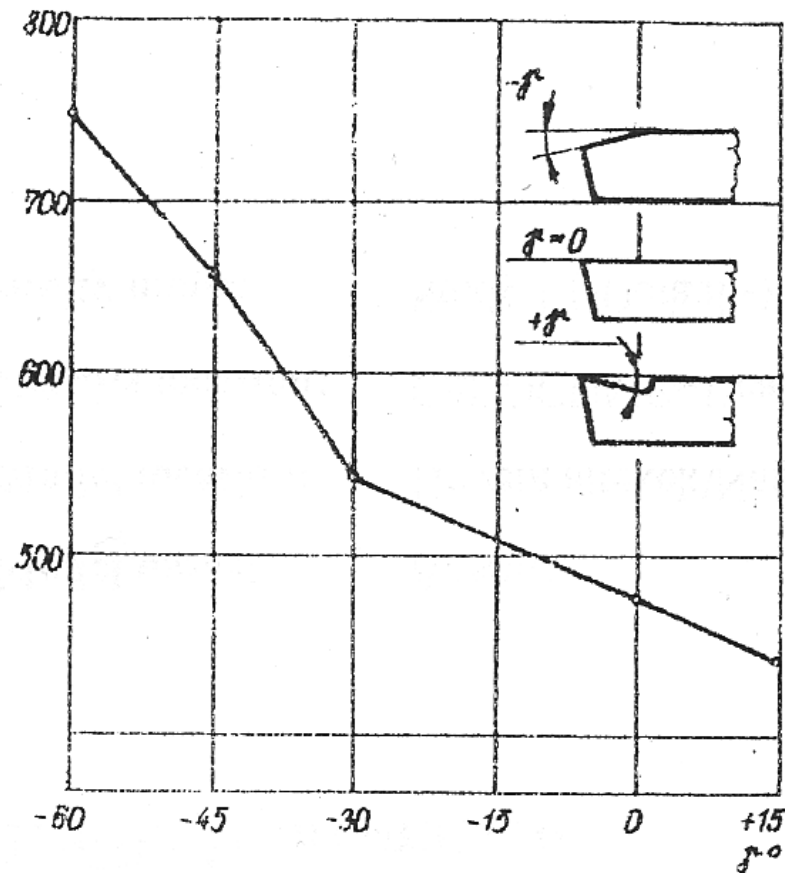
b.)

A megmunkált felület feszültségi állapota

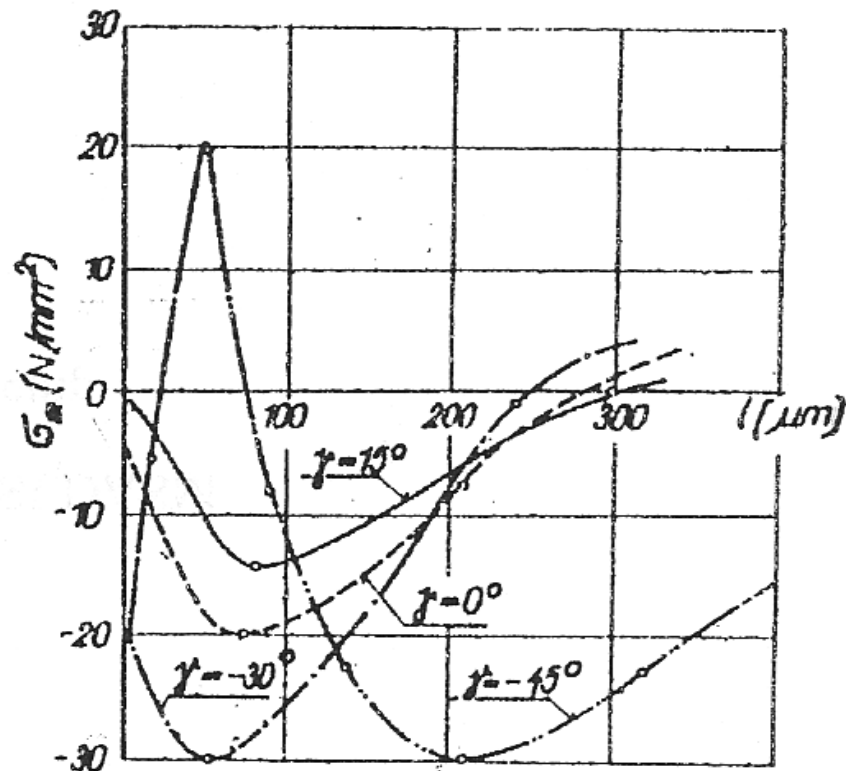
- Fogásmélység növelése, γ csökkenése a felület tömörödését növeli (alakváltozott réteg vastagsága nő)



- Ha a homlokszöget $\gamma=15^\circ$ -ról $\gamma=-60^\circ$ -ra növeljük, akkor HV=450-ről HV=750-re nő.



- Ha a $\gamma=15^\circ$ -ról $\gamma=-30^\circ$ -ra csökkentjük, akkor a maradó nyomófeszültség növekszik, $\gamma=45^\circ$ -nál az alakváltozási, súrlódási munka által okozott hőfejlődés növekedés miatt beedződik az anyag.



2, Rideg anyagok:

Számottevő képlékeny alakváltozás nem lép fel, a tömörödés térfogat változással jár, nyomó feszültség ébred.