

NGB_AJ012_1 Forgácsoló megmunkálás
(Forgácsolás és szerszámai)

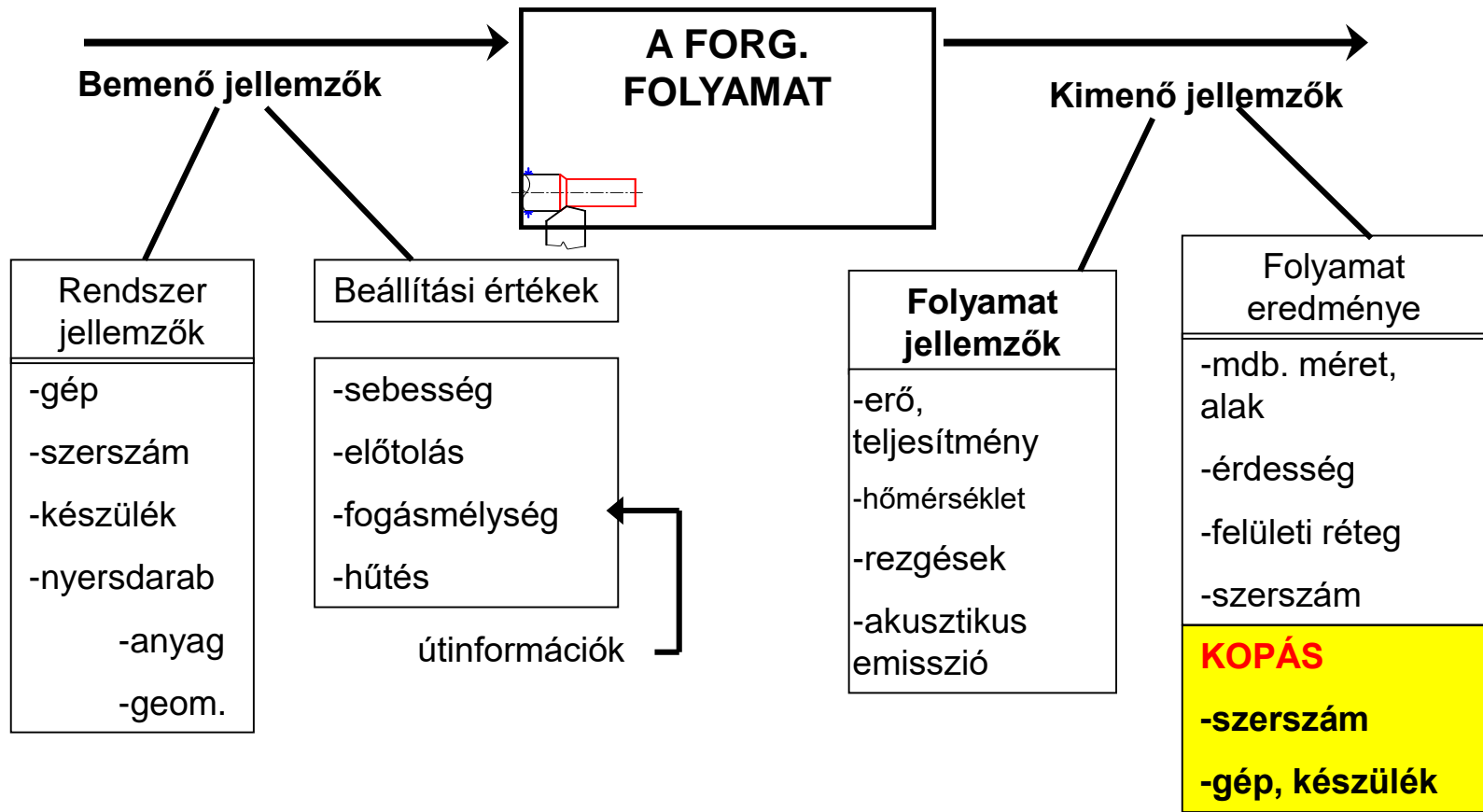
**Szerszámkopás, szerszámtartam,
rezgések, a forgácsolt felület minősége**

Dr. Pintér József

2018.

Felhasznált irodalom:

- Dr. Kodácsy János - Dr. Pintér József: Forgácsolás és szerszámai. Széchenyi István Egyetem 2011. Digitális Tankönyvtár.
- Pápai Gábor .ppt prezentációja 2013.
- Dr. Szmejkál Attila – Ozsváth Péter Járműszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II. (Előadásanyag 2007-2008) – BME Járműgyártás és –Javítás Tanszék, Bp.
- Dr. Igaz Jenő: Forgácsoló megmunkálás II.1. SZE, Győr 145-211. oldal



A forgácsolás során az érintkező felületek elsősorban a **nagy nyomás, a magas hőmérséklet és a nagy sebesség** miatt kopnak.

KOPÁSI FOLYAMAT

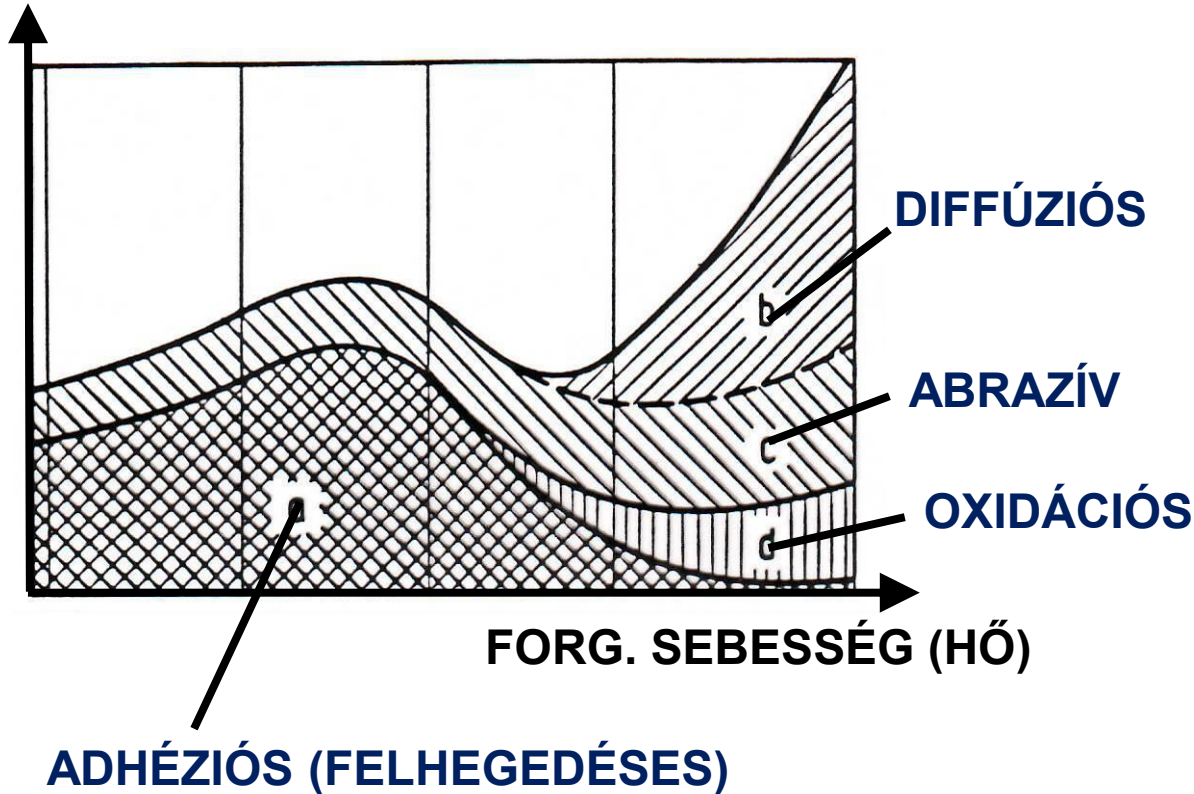


Szerszámkopás hatása a gyakorlatban

- Megmunkált felület minősége (érdessége) romlik
- Pontosság csökken (csúcs-kopás)
- Rezgések erősödnek
- Mdb melegedése
- Forgácsolóerő nő → törés
- Szerszám élettartama lecsökken

KOPÁSFAJTÁK

ÖSSZKOPÁS



KOPÁS- FORMÁK

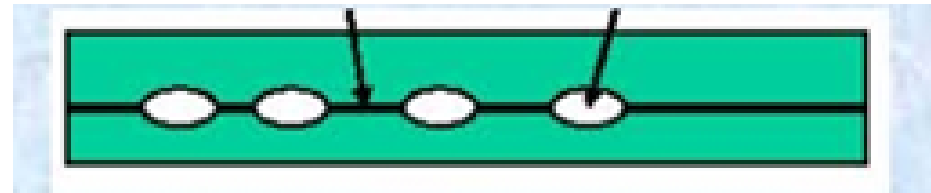
- HÁTKOPÁS
- KRÁTERES KOPÁS
- FÉSÜS KOPÁS
- SZÉLKOPÁS (SAROKKOPÁS)
- KIMORZSOLÓDÁS
- KITÖREDEZÉS
- PLASZTIKUS DEF.
- TÖRÉS

Kopásfajták

Adhéziós kopás:

- a határfelületek között kialakult kötés - mikro felhegedés következtében - jön létre, amikor a kötés a tangenciális mozgás következtében megszűnik és a szerszám felületéről apró részecskék válnak le.
- alacsony hőfok, sebesség tartományra jellemző ez kopásforma elsősorban ferrites, ausztenites acéloknál.

Megjegyzés: az élrátét képződés is a felhegedés-leválás folyamatán alapul, de nagyobb méretekben.



Kopásfajták

Abrazív kopás:

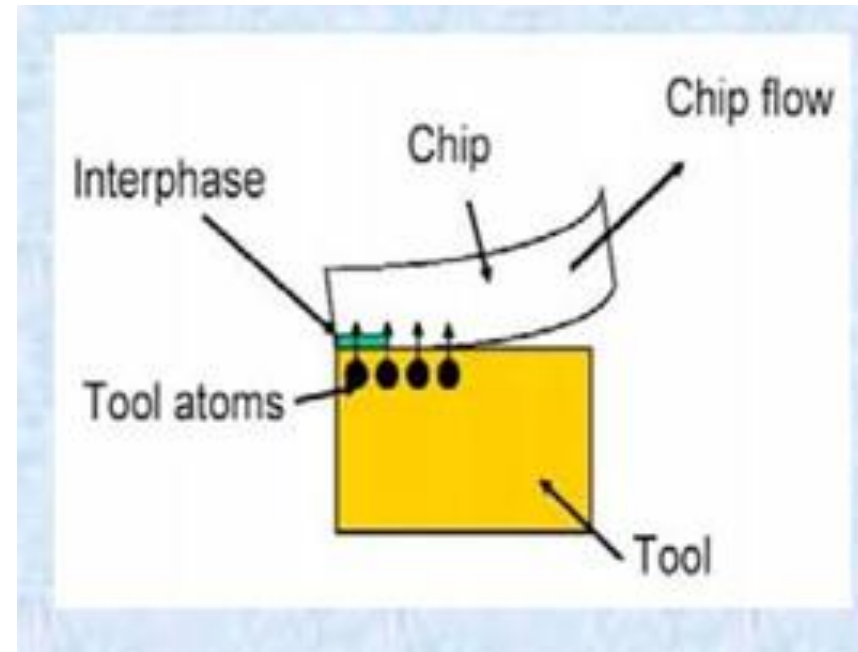
- a *leggyakrabban előforduló kopás*, a két súrlódó felület között,
- az érdességi csúcsok, vagy a már levált kemény részecskék benyomódnak a felületbe, és mikro forgácsot képezve barázdát húznak abba a köszörüléshez hasonlóan.



Kopásfajták

Diffúziós kopás:

- *kémiai folyamat*, mely nagy hőmérsékleten és nyomáson megy végbe,
- a munkadarab ill. szerszám alkotói kölcsönösen *átdiffundálnak* megváltoztatva az anyagkopás jellemzőit.
- acél keményfém szerszámmal történő forgácsolása esetén a szerszámba és a munkadarabba elsősorban kobalt atomok diffundálnak.



Forrás: Dr. Szejmál Attila – Ozsváth Péter
Járműszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II.
(2007-2008)

Kopásfajták

Oxidációs kopás:

- magas hőmérsékleten a környezet levegőjével a legtöbb fém oxidálódik, a keletkező oxidok tulajdonságai igen különbözőek.
- A wolfram és a kobalt porózus, könnyen leváló réteget alkot, melyet a forgács visz magával.

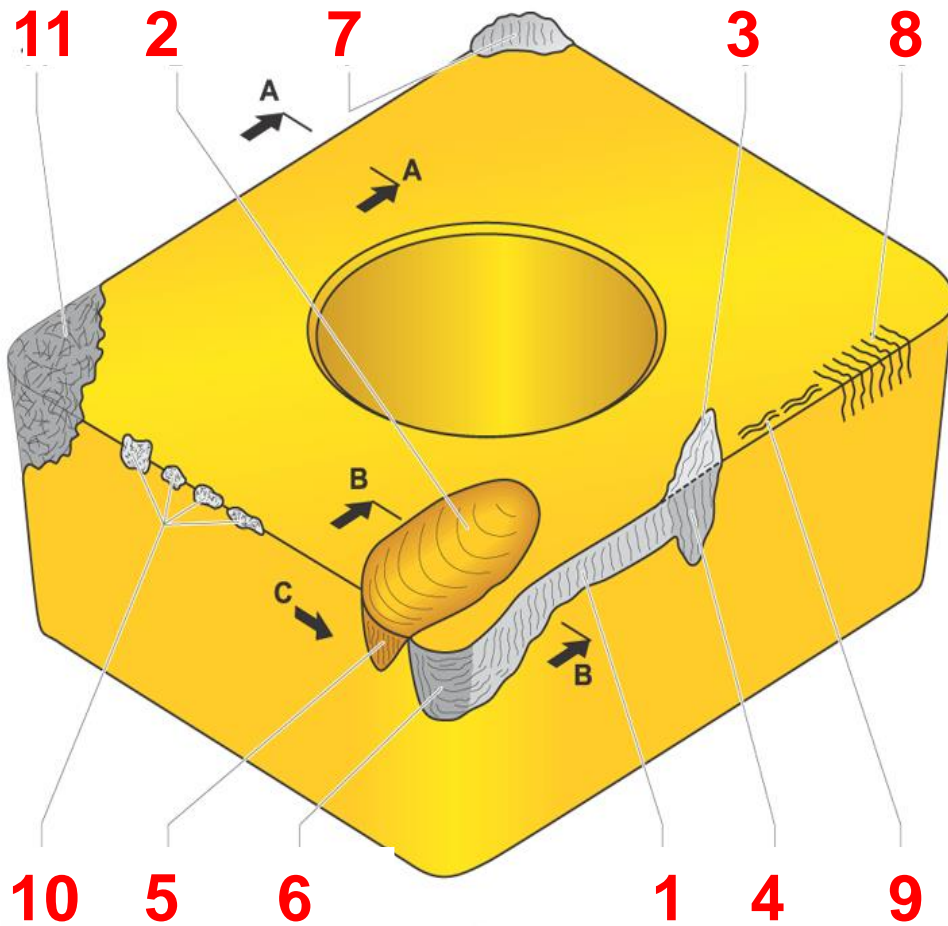
Fáradásos kopás: a váltakozó hő- és mechanikai terhelés következtében jön létre.

Kopási jelenségek

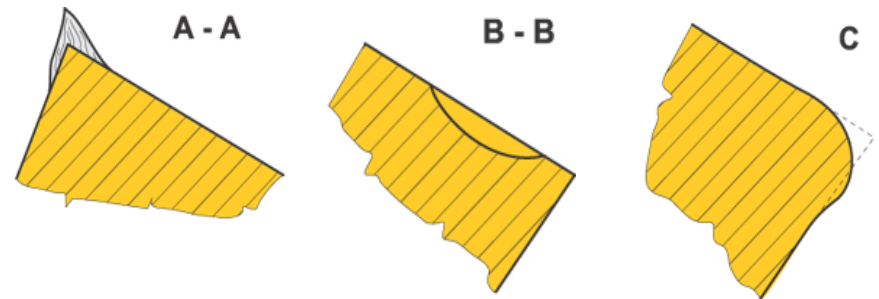
A forgácsolás során a következő tényezők befolyásolják a kopást:

- a munkadarab anyaga
- a szerszám élének anyaga
- a szerszám élgeometriája
- a technológiai adatok (sebesség, előtolás,...)
- a hűtés – kenés

Kopásformák

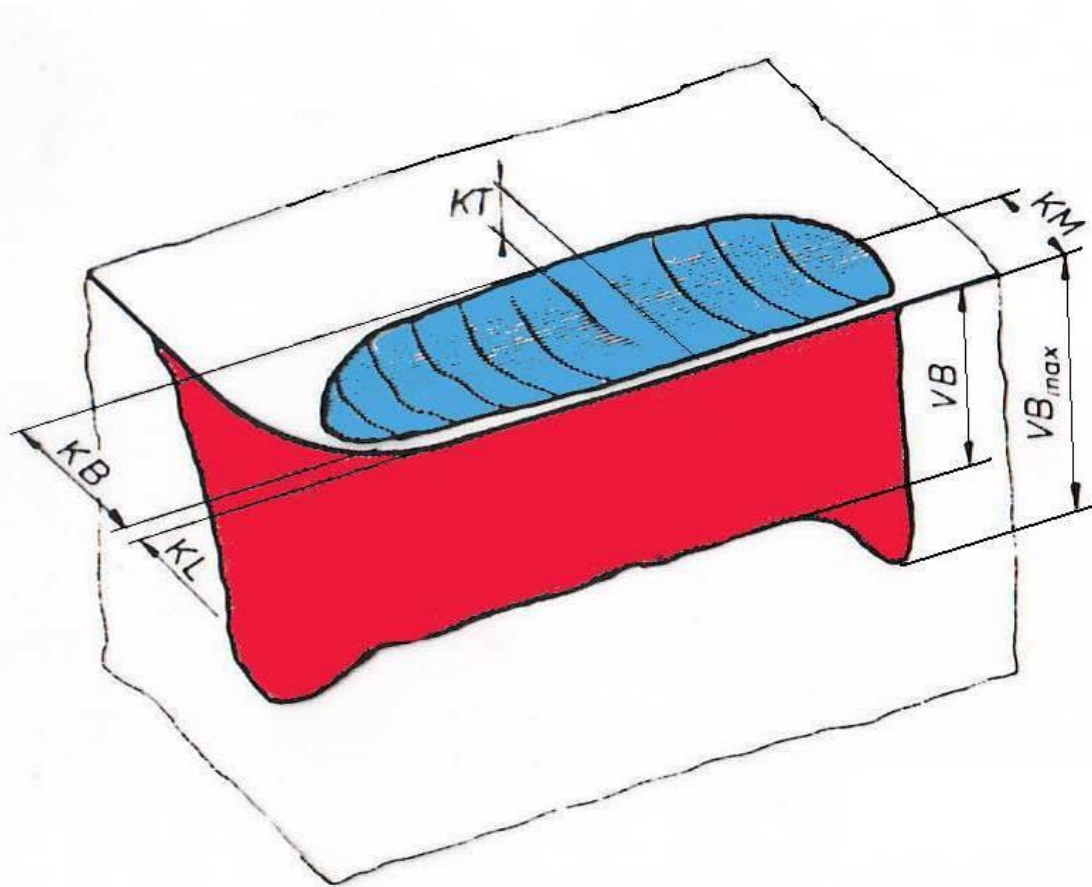


- 1 = Hátkopás
- 2 = Kráteres kopás (B – B)
- 3 = Főél hasítékos kopása
- 4 = max. hasítékos kopás
- 5 = Oxidációs vájat a mellékélen
- 6 = Plasztikus deformáció (C)
- 7 = Élrátét (A – A)
- 8 = Fésűs repedések
- 9 = Kifáradásos repedés
- 10 = kitöredezés fogáson kívül
- 11 = Szerszámcsúcs roncsolás



Kopásformák

Hátkopás és
homlokkopás (kráteres
kopás)



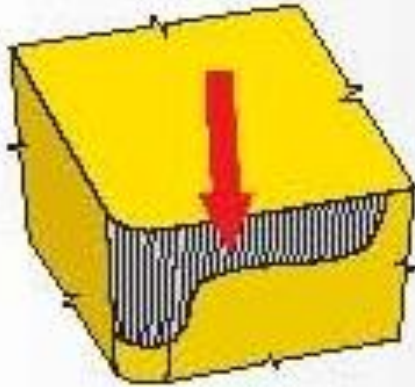
VB – HÁTKOPÁS

KT – KRÁTERMÉLYSÉG

**KB – KRÁTER
SZÉLESSÉG**

**KM – KRÁTER
KÖZÉPTÁVOLSÁG**

Hátkopás



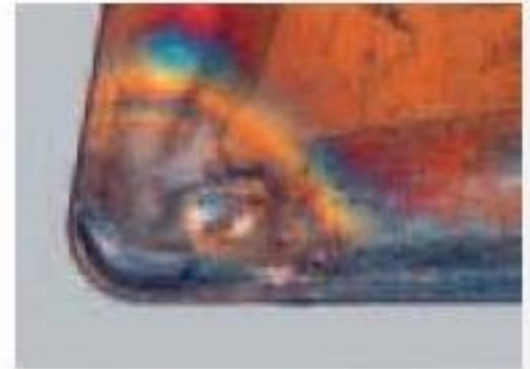
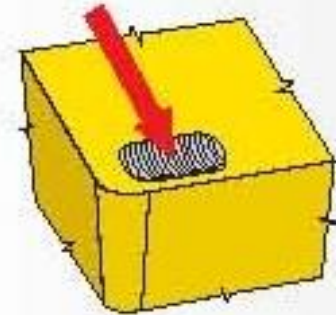
- Elkerülésének/csökkentésének módszerei:
- Kopásállóbb keményfém
- Forgácsolási sebesség csökkentése
- Előtolás növelése
- Intenzívebb hűtés



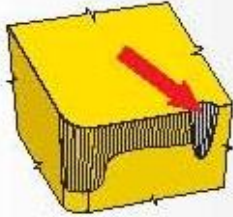
Kráteres kopás

Elkerülésének/csökkentésének
módszerei:

- Kopásállóbb keményfém
- Bevonatos lapka
- Forgácsolási sebesség csökkentése
- Pozitív élgeometria
- Intenzívebb hűtés



Főél hasítékos kopása



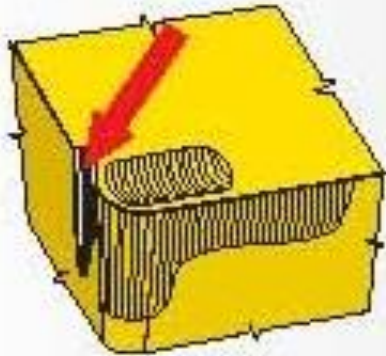
Elkerülésének/csökkentésének módszerei:

- Bevonatos (Al_2O_3), kopásálló lapka
- Forgácsot egyenlőtlenül kell elosztani (homloklap-forgácsstörő kialakítás)
- Forgácsolási sebesség csökkentése

Oxidációs vájat a mellékélen

Elkerülésének/csökkentésének módszerei:

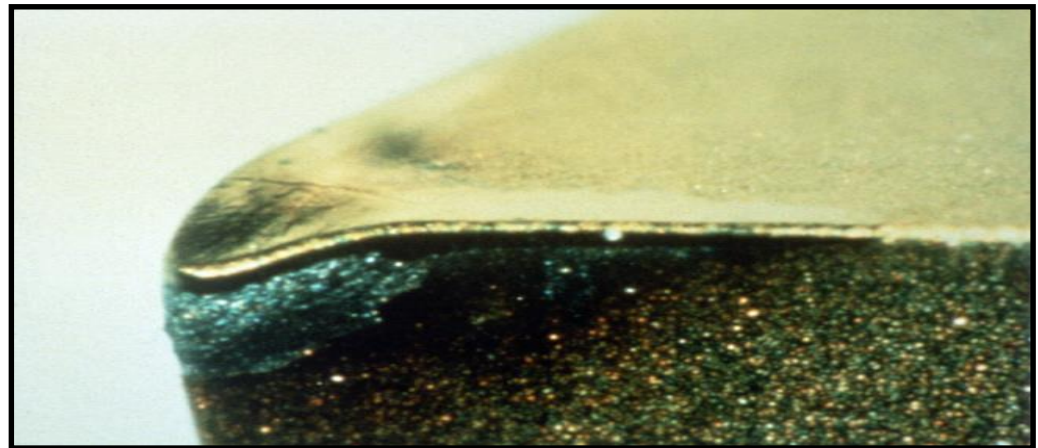
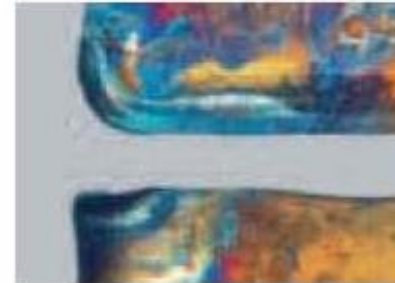
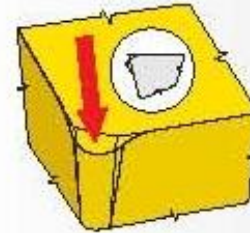
- Bevonatos (Al_2O_3), kopásálló lapka
- Jó kenőhatású és fokozott hűtés
- Forgácsolási sebesség csökkentése



Él plasztikus deformációja

Elkerülésének/csökkentésének módszerei:

- Kopásálló keményfém
- Forg. seb. csökkentése
- Előtolás csökkentése
- Hűtőemulzió, intenzív hűtés
- Nagyobb csúcs-sugarú lapka



Kopásformák

Élűsisak - élfelrakódás

Elkerülésének/csökkentésének módszerei:

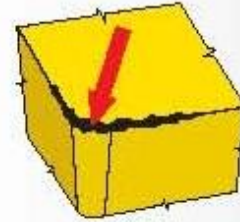
- Forgácsolási sebesség növelése
- Előtolás növelése
- Bevonatos keményfém
- Pozitív élgeometria
- Felrakódás-gátló hűtőfolyadék használata, vagy a hűtés megszüntetése



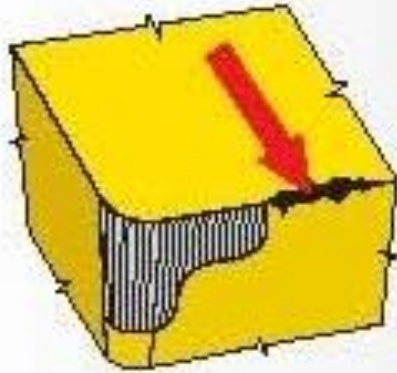
Forgácsoló él rideg kitöredezése

Elkerülésének/csökkentésének módszerei:

- Szívósabb keményfém lapka
- Eltérő élgeometria alkalmazása
- Fogás kezdetén csökkentett előtolás
- Kevésbé intenzív forgácsolási feltételek



Forgácsolóél (fogáson kívüli) sérülése



Elkerülésének/csökkentésén
ek módszerei:

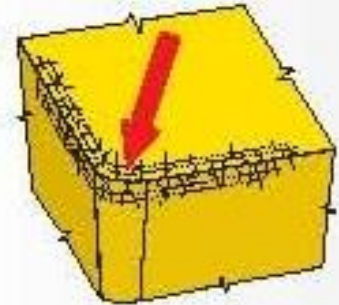
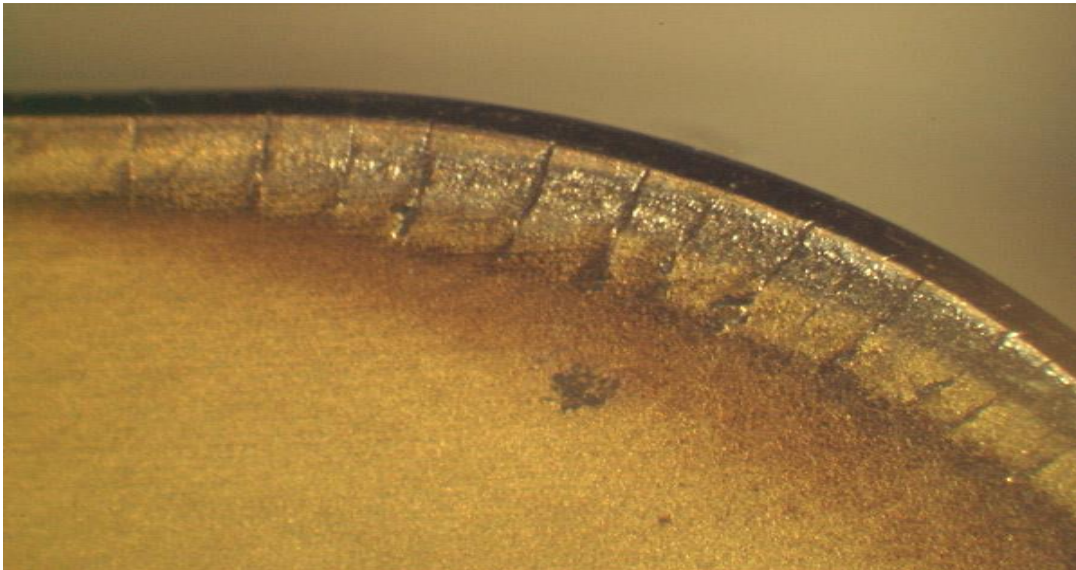
- Előtolás változtatása
- Élgeometria változtatása (forgácstörő)
- Szívósabb keményfém



Fésűs repedés

Elkerülésének/csökkentésének
módszerei:

- Levegős hűtés
- Szívósabb lapka
- Forgácsolási sebesség csökkentése



Kifáradásos repedés a hátfelületen



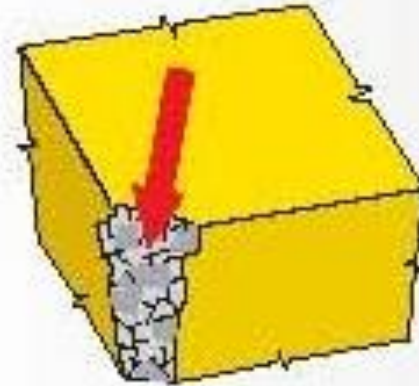
Elkerülésének/csökkentésének módszerei:

- Szívósabb keményfém
- Szerszám be- és kilépés megváltoztatása
- Forgácsolási feltételek változtatása
- Élgeometria módosítása
- Előtolás módosítása

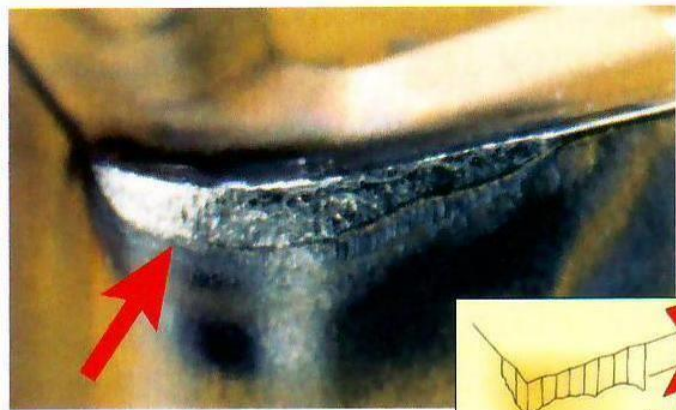
Forgácsolóél-, szerszámcsúcs roncsolása

Elkerülésének/csökkentés
ének módszerei:

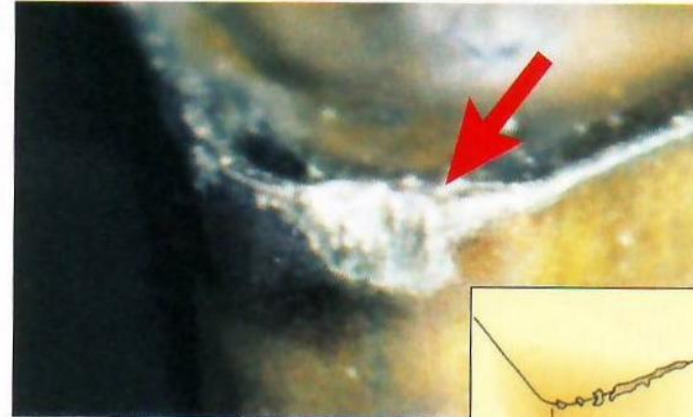
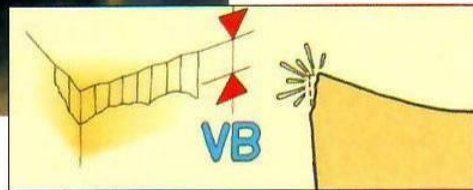
- Szívósabb keményfém
- Nagyobb csúcs-sugár
- Nagyobb csúcs-szögű
lapka
- Más élgeometria
- A fogás elején
csökkentett előtolás



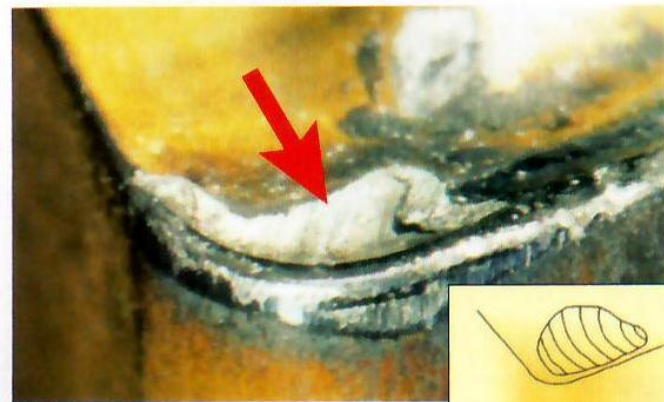
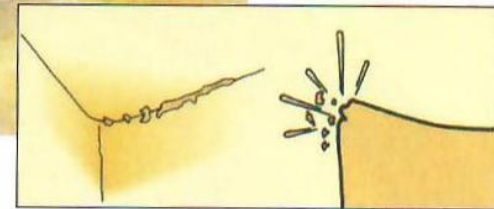
Kopások a forgácsoló lapkán



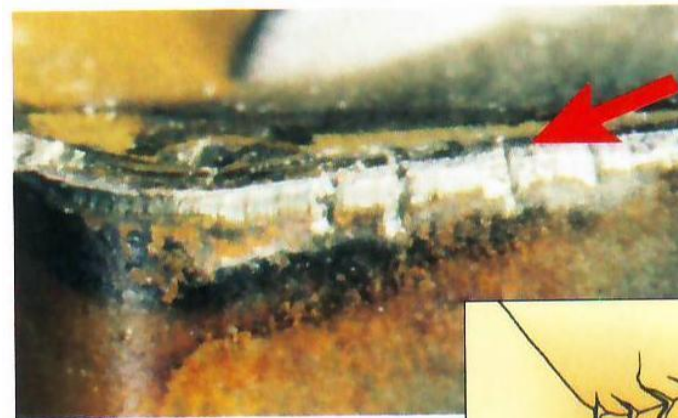
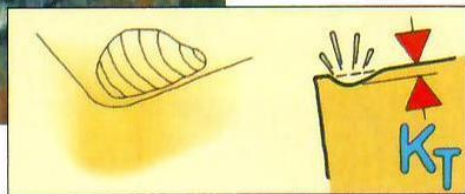
Hátkopás



Szélkopás



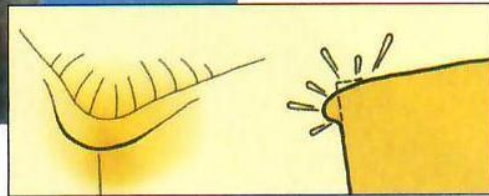
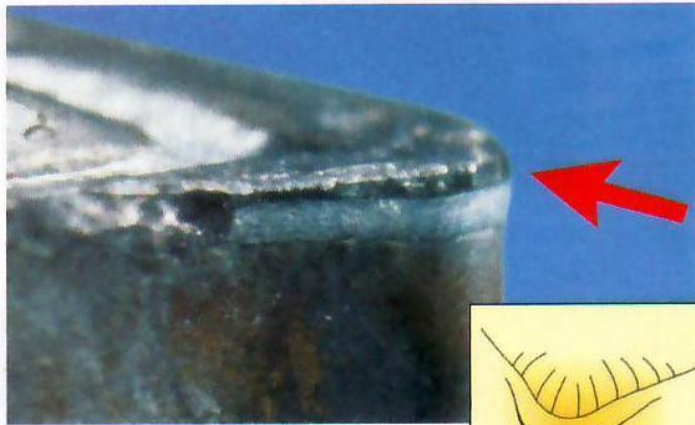
Kráteres kopás



Fésüs kopás



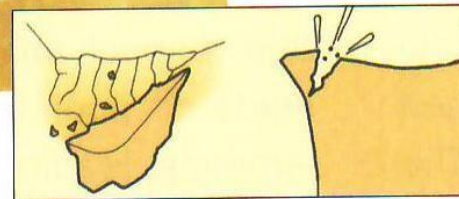
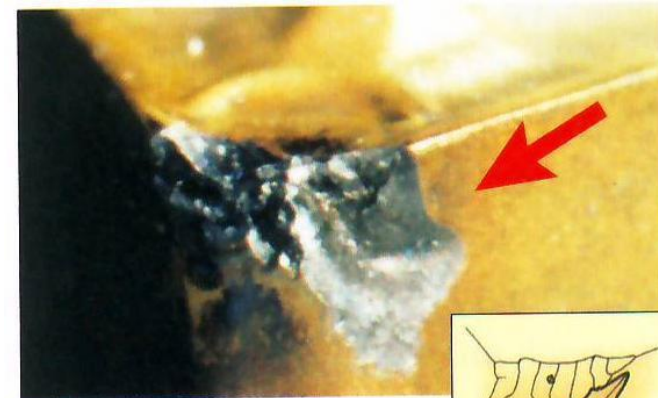
Kopások a forgácsoló lapkán



Plasztikus deformáció



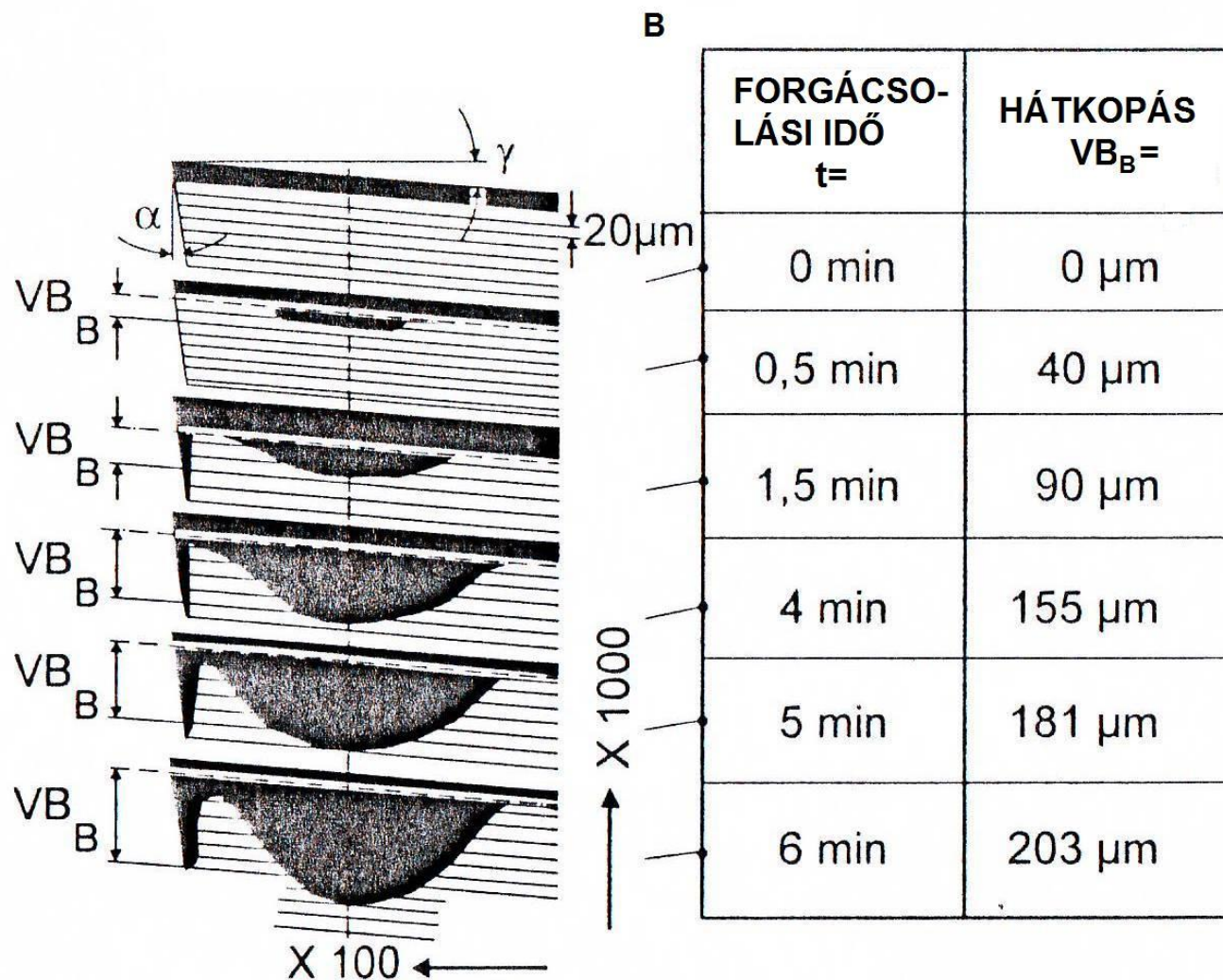
Kitöredezés háton



Kitöredezés csúcson

forrás: Coromant

KOPÁS AZ IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN



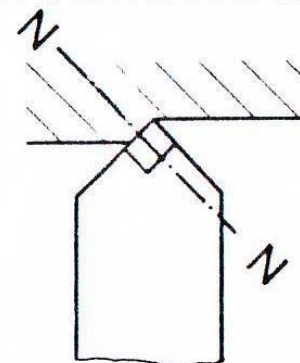
MDB. ANYAG : Ck 60
ÉLANYAG : HM P 30

$a \times f = 1 \times 0,2 \text{ mm}^2$

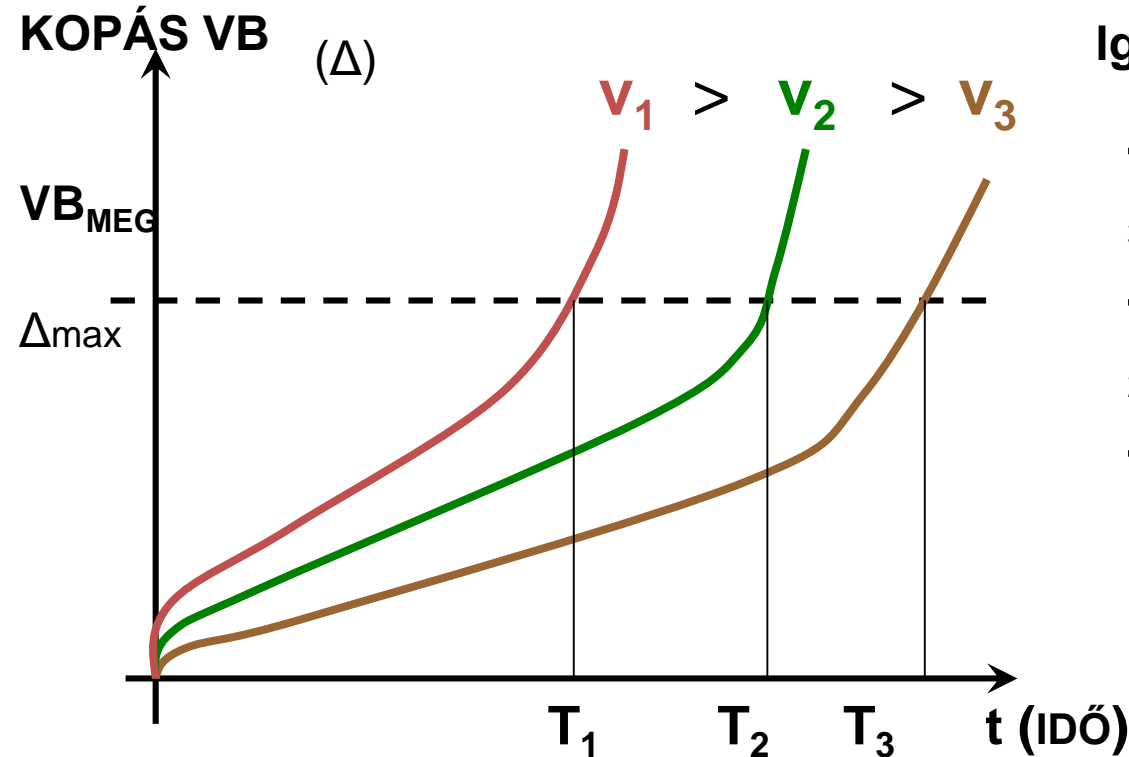
$v = 150 \text{ m / min}$

$\kappa = 45^\circ, \gamma = 6^\circ$

KOPÁS FELVÉTEL AZ
N-N METSZETBEN

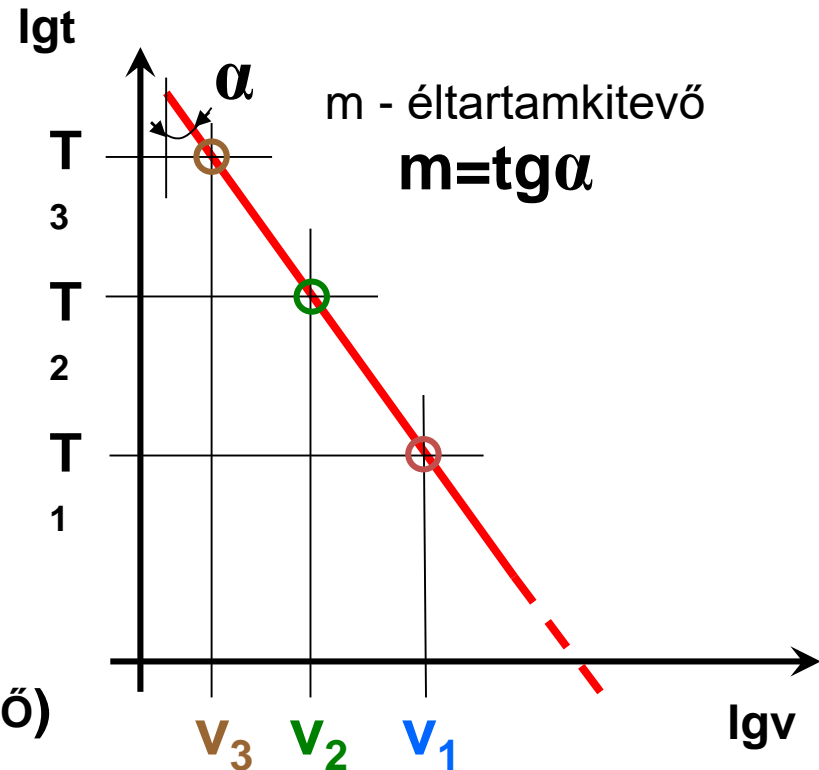


KOPÁSOK → DOMINÁNS KOPÁS → MEGENGEDETT KOPÁS
 KRITIKUS KOPÁS



ÉLANYAG – MDB. ANYAG
 ÉLGEOMETRIA
 f, a

ÁLLANDÓ



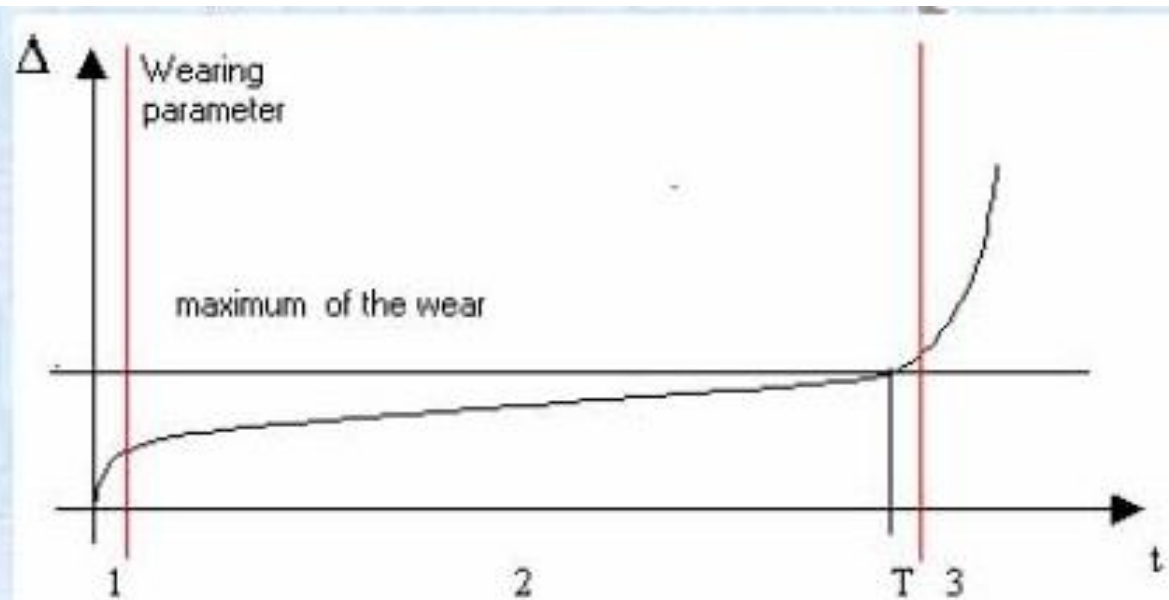
TAYLOR EGYENLET

$$v \cdot T^m = Cv$$

Cv - sebességállandó

A kopás folyamata

- Szakaszai
 1. Kezdeti kopás
 2. Egyenletes kopás
 3. Túlkopás



$$T = \frac{\left(\frac{\Delta_{\max}}{C_{\Delta}} \right)^{\frac{1}{\mu_{\Delta}}}}{\frac{z_{\Delta}}{v^{\mu_{\Delta}}} \cdot \frac{x_{\Delta}}{h^{\mu_{\Delta}}} \cdot \frac{y_{\Delta}}{b^{\mu_{\Delta}}}}$$

$$\Delta_{\max} = C_{\Delta} \cdot v^{z_{\Delta}} \cdot h^{x_{\Delta}} \cdot b^{y_{\Delta}} \cdot T^{\mu_{\Delta}}$$

$$T = \frac{C_T}{v^{z_T} \cdot h^{x_T} \cdot b^{y_T}}$$

Éltartam – T

Taylor éltartam egyenlet

- F. W. Taylor volt az első, aki az előzőhöz hasonlóan meghatározta a fogácsolási paraméterek és az éltartam összefüggését:

$$C_v = T^m v_c$$



- Más alakban:

$$T = \frac{C_T}{v_c^{z_T}}$$

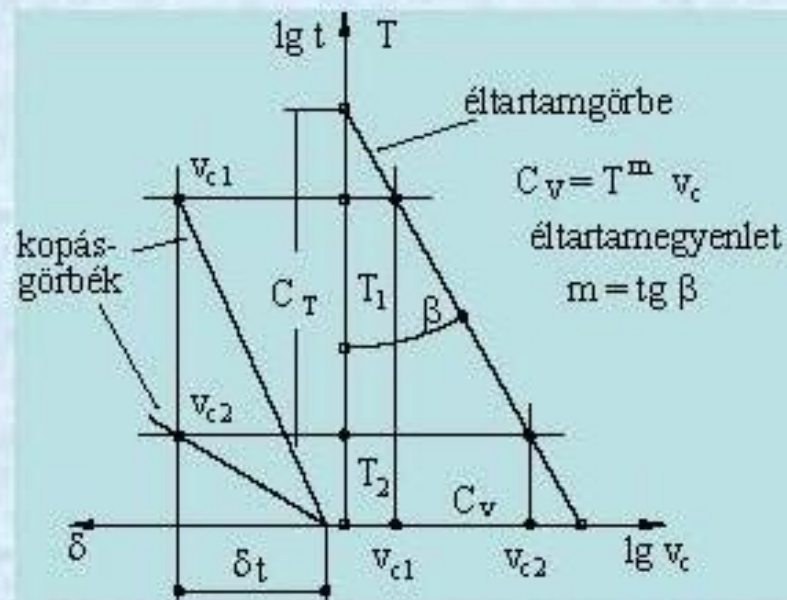
$$C_T = \frac{C_v}{h^{x_T} \cdot b^{y_T}};$$

- Összevetve:

$$T = \frac{C_T}{v_c^{z_T} \cdot h^{x_T} \cdot b^{y_T}}$$

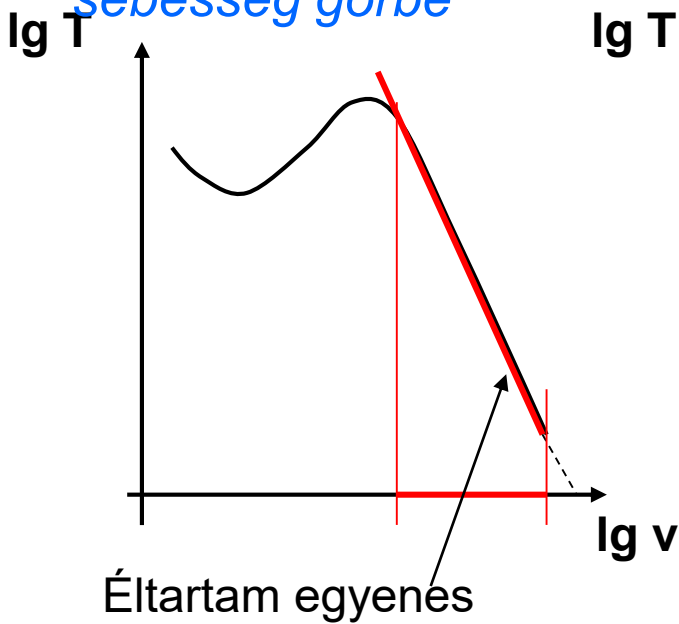
$$C_v = C_T^m;$$

$$m = \frac{1}{z_T};$$

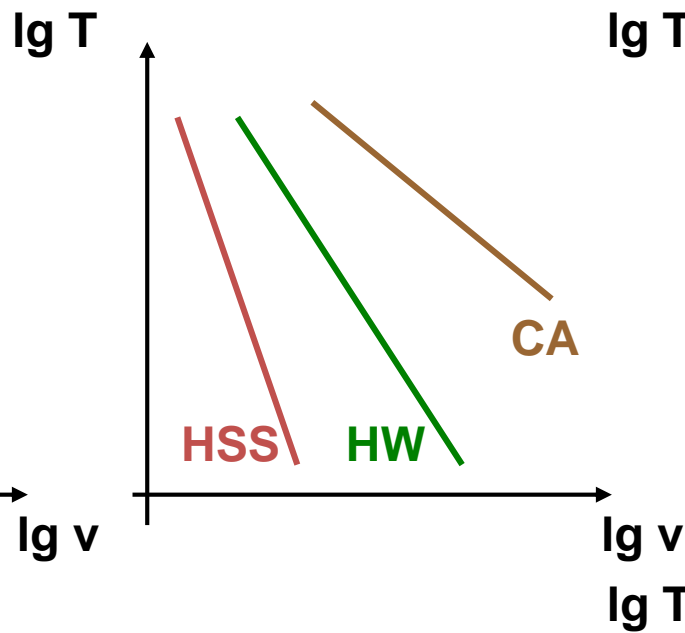


Állandó forgácsolási sebesség esetén!

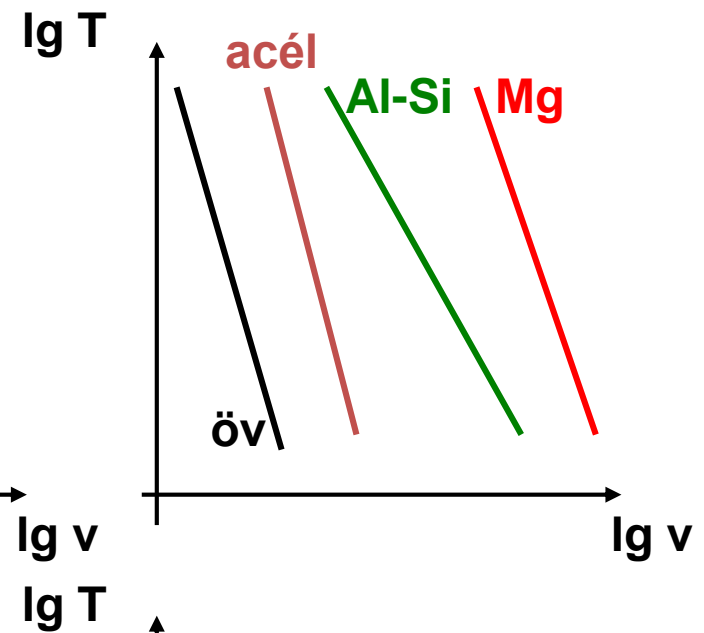
Valós élettartam –
sebesség görbe



Különböző élananyagok
élettartam egyenesei



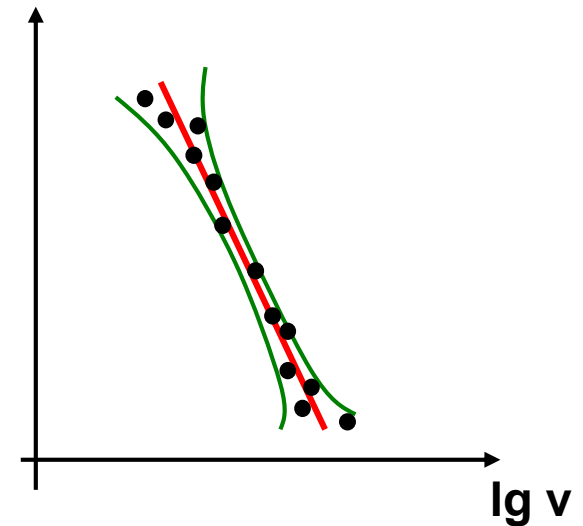
Néhány munkadarab anyag
élettartam egyenese



BŐVÍTETT TAYLOR EGYENLET

$$v = \frac{C_v}{b^{x_v} \cdot h^{y_v} \cdot T^m}$$

Élettartam mérési
pontjai és
jellegzetes
szórásképe



MUNKADARAB ANYAGÁNAK HATÁSA AZ ÉLTARTAMRA

| R_m [N/mm ²] | 500-600 | 700-800 | 800-900 |
|----------------------------|---------|---------|---------|
| KORREKCIÓ: | 1,69 | 1 | 0,81 |

FELÜLET: KÉRGES, REVÉS

KORR: **0,7-1,0**

SZERSZÁM

❖ ANYAGA

❖ ÉLGEOMETRIÁJA

SZERSZÁMGÉP

TELJESÍTMÉNY, ÁLLAPOT, BEÁLLÍTHATÓSÁG

ÉLTARTAMOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

-MUNKADARAB

-ANYAGA

-FELÜLETE (REVE, KÉREG)

-SZERSZÁM

-ÉLANYAG

-ÉLGEOMETRIA

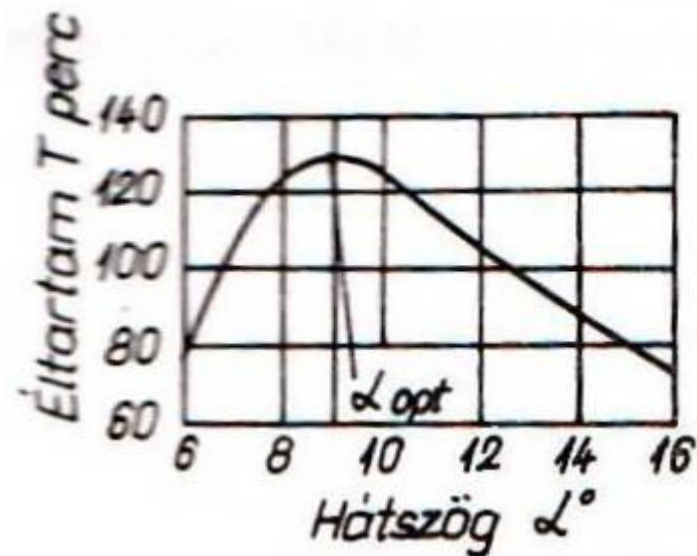
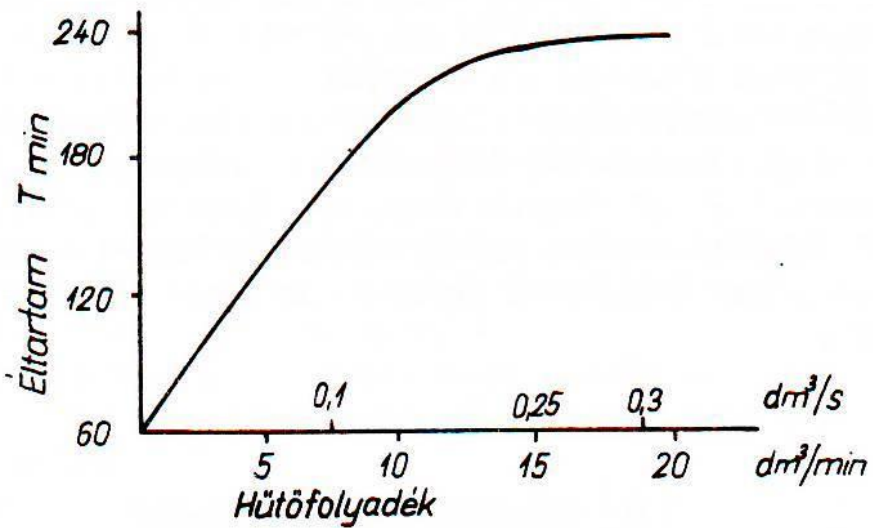
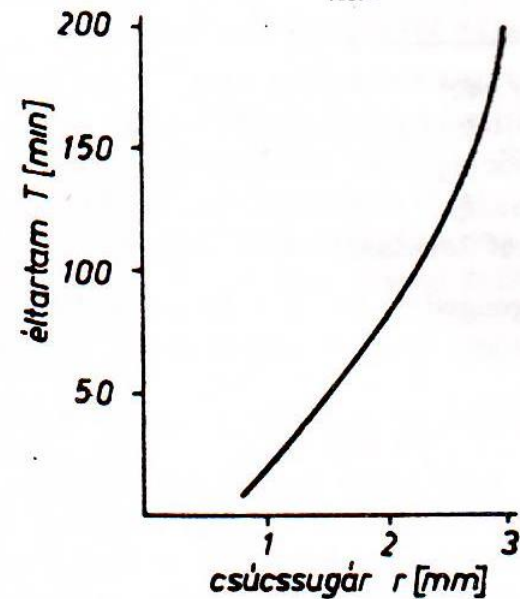
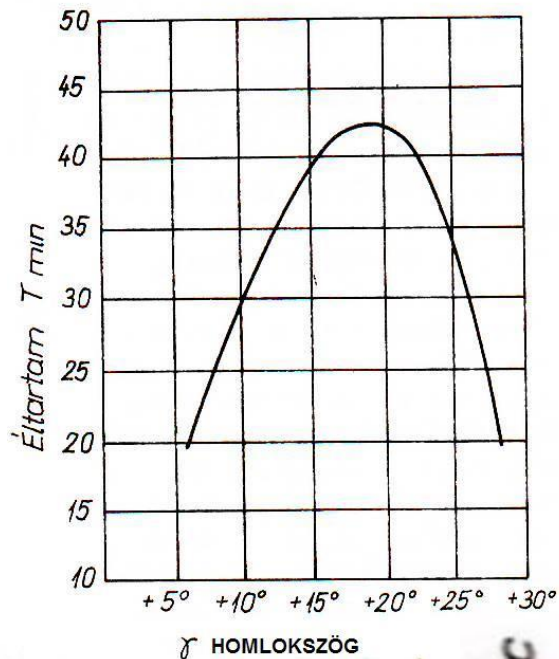
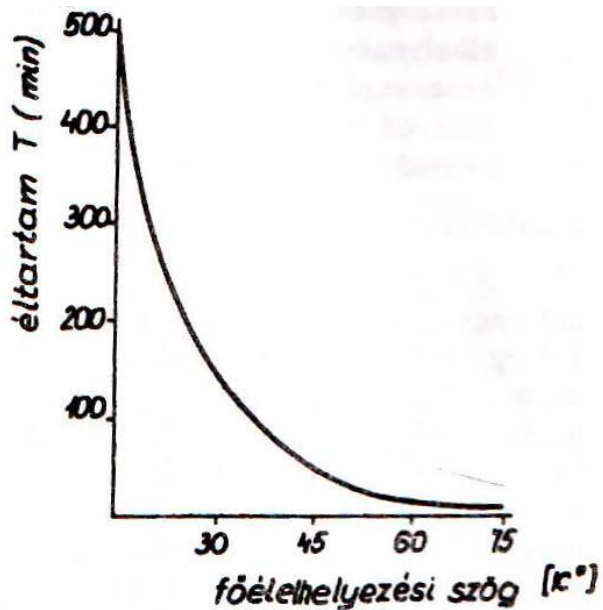
-SZERSZÁMGÉP

-TELJESÍTMÉNY

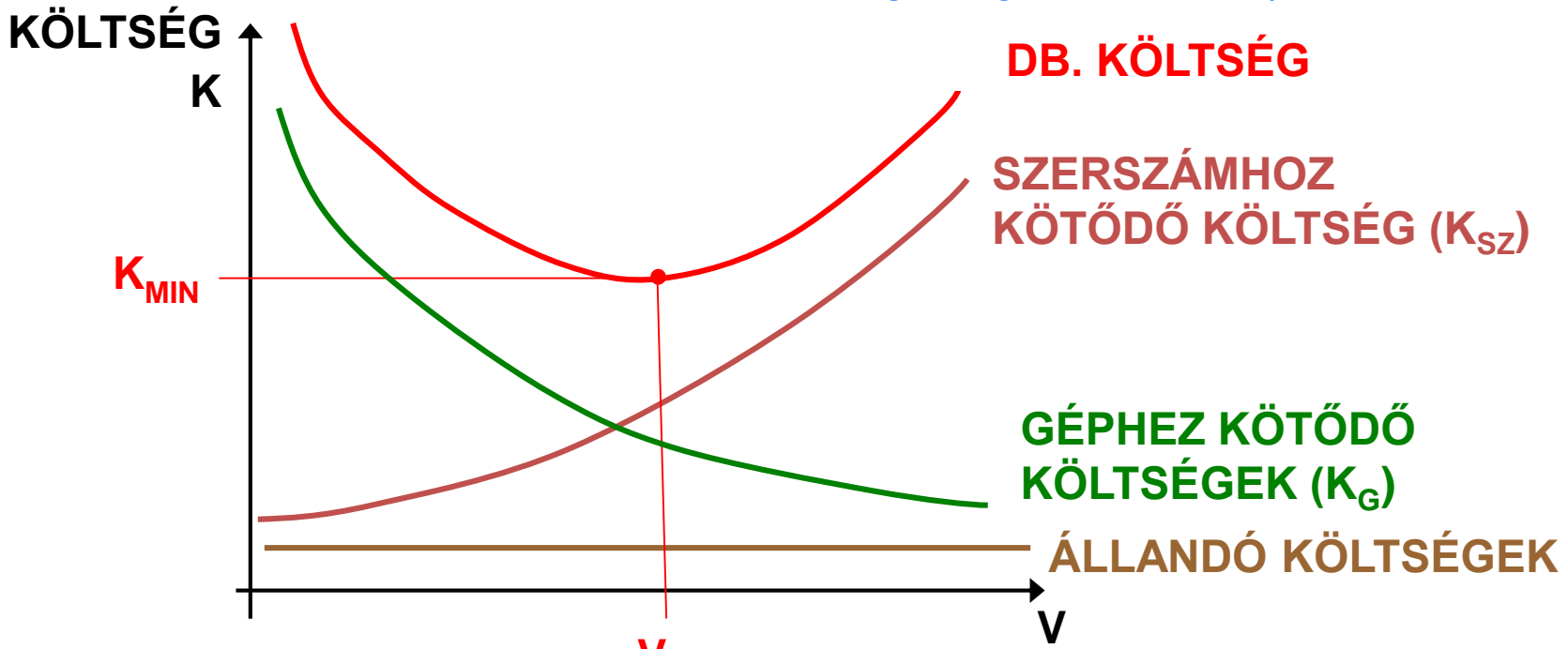
-ÁLLAPOT (DINAMIKAI, TULAJDONSÁGOK)

-BEÁLLÍTHATÓSÁG

ÉLTARTAMOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK



GAZDASÁGOS ÉLTARTAM (költség optimális forgácsolási sebesség meghatározása)



$K = F(v)$

$\frac{dK}{dv} = 0 \rightarrow v_{K_{OPT}}$

$T_{K_{OPT}} = \left(\frac{1}{m} - 1\right) \left(t_{cs} + \frac{K_{sz}}{K_G}\right)$

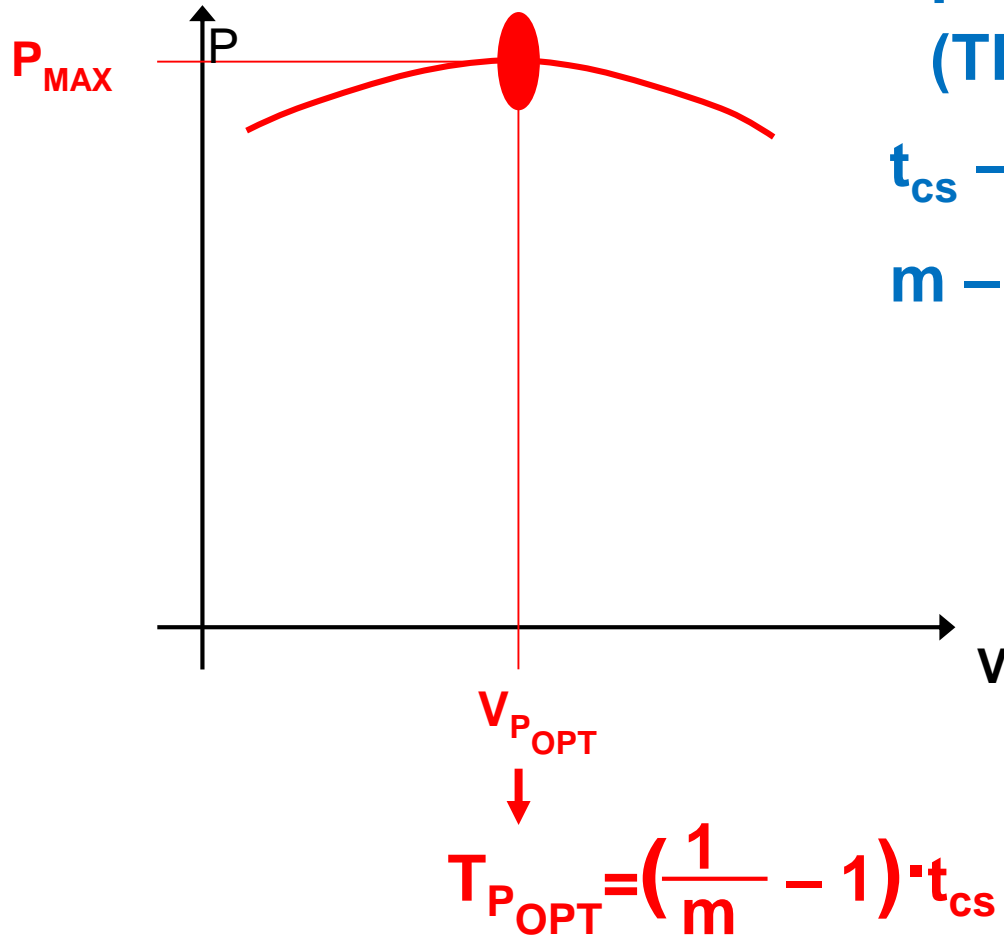
t_{cs} – SZERSZÁM CSERE IDŐ

m – TAYLOR - KITEVŐ

P – PRODUKTIVITÁS (TERMELÉKENYSÉG)

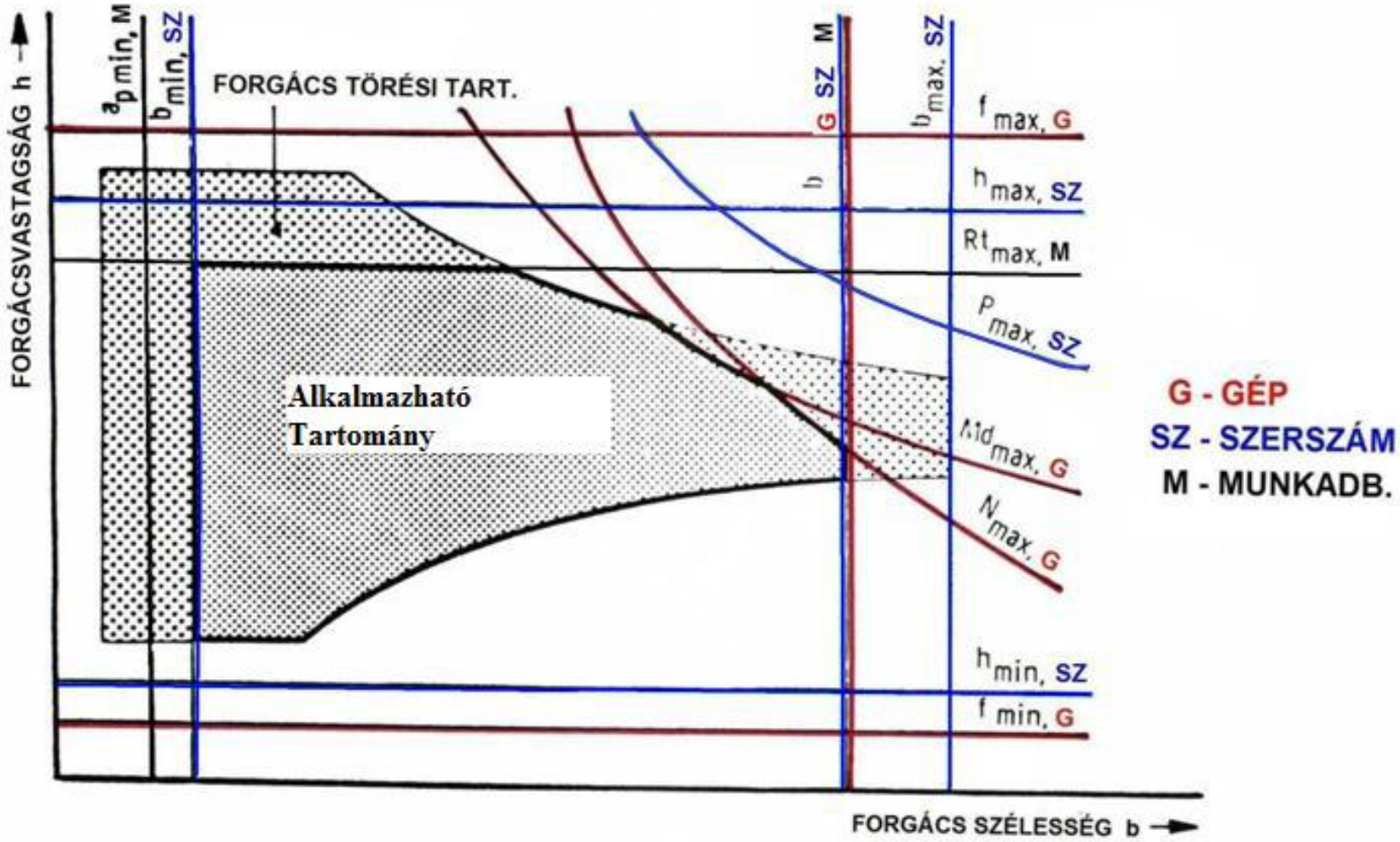
t_{cs} – SZERSZÁM CSERE IDŐ

m – TAYLOR - KITEVŐ

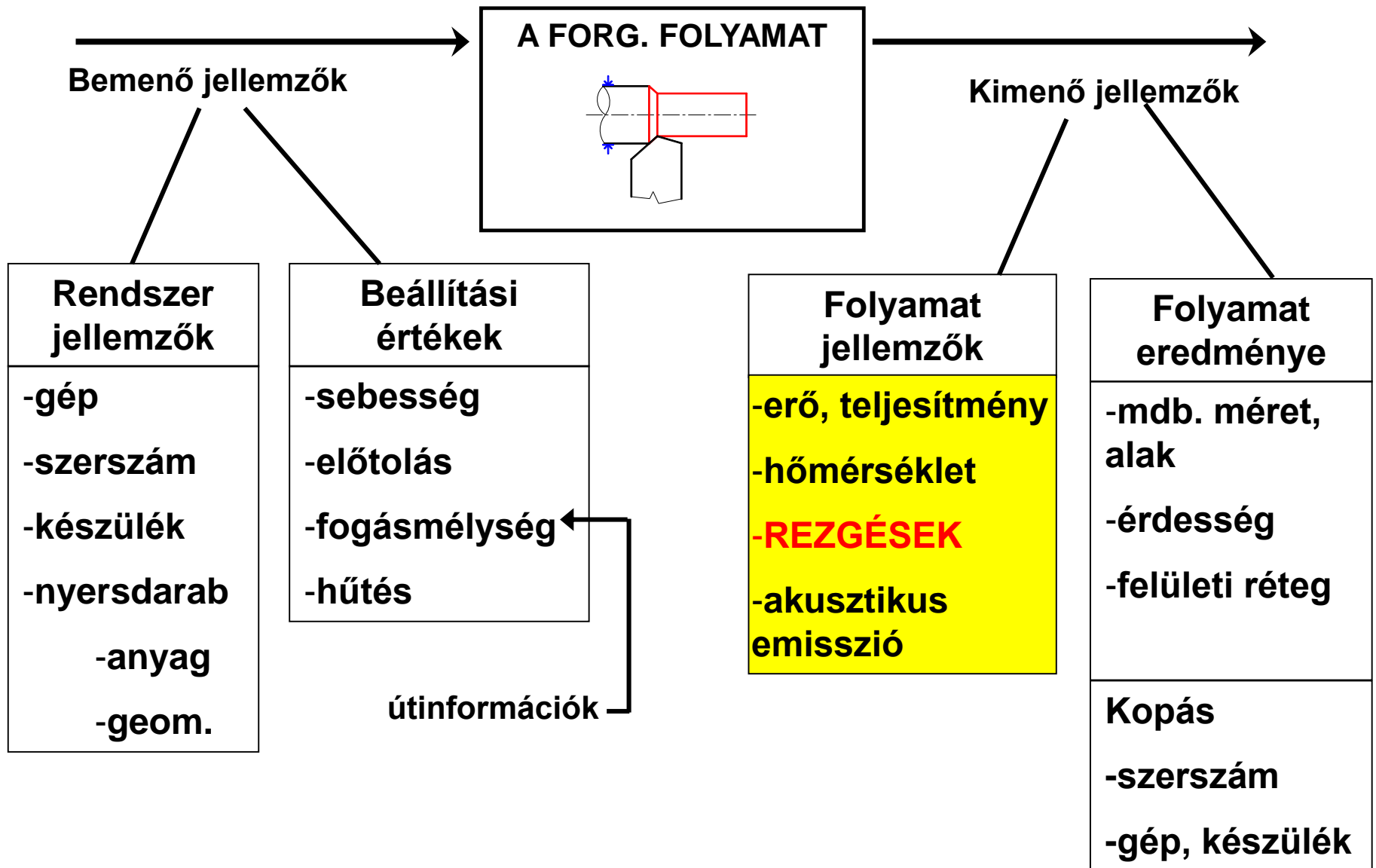


A termelékenység a sebesség növelésével növekszik, de megnő a kopás is, gyakrabban kell cserélni a szerszámot. Egy sebesség határ felett a gyakoribb csere miatt már csökken a termelékenység.

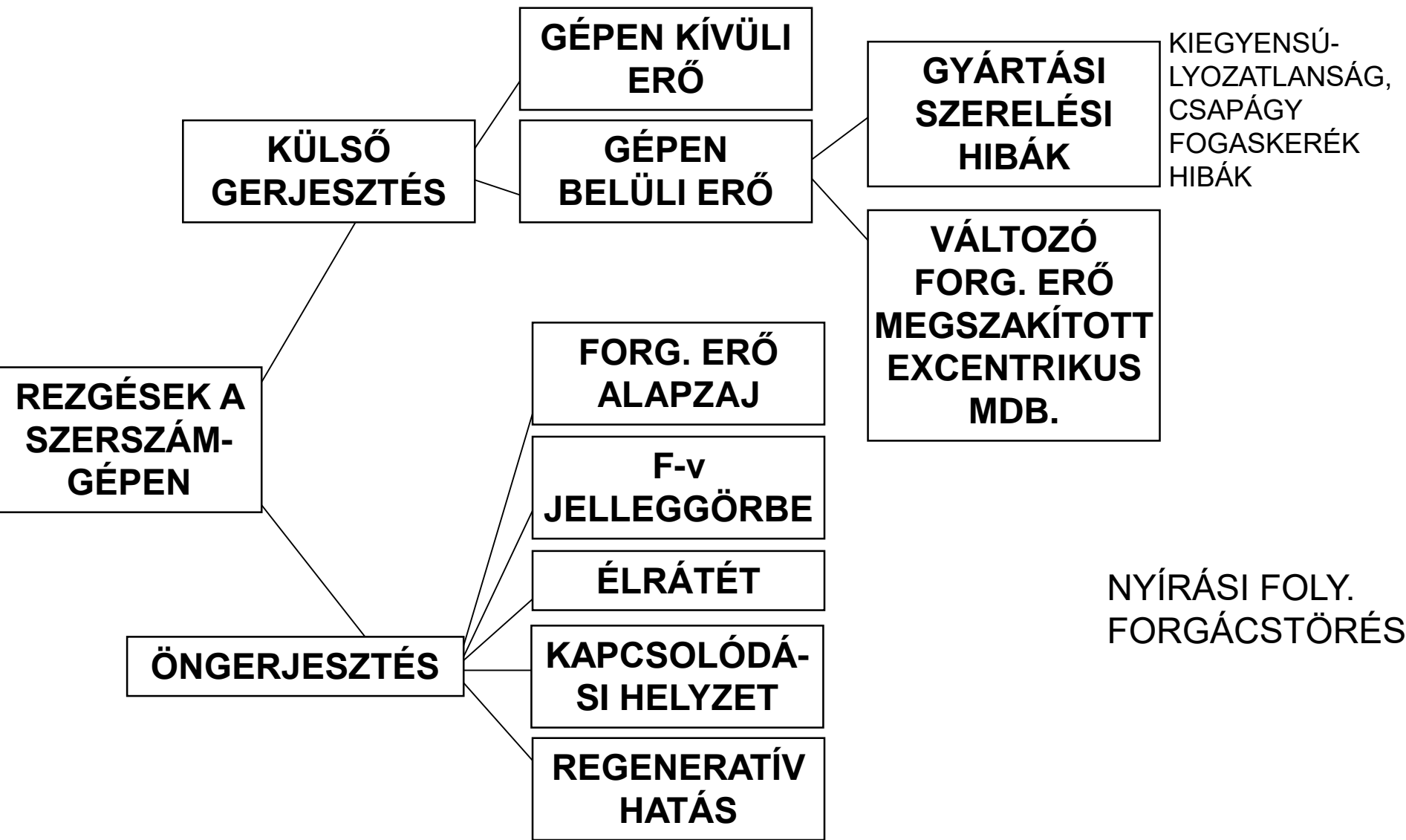
A költségminimumot az optimális sebesség mellett a megengedett legnagyobb előtolás és forgásmélység biztosítja, melynek nagyságát a munkadarab,- gép -, szerszám - oldali korlátok határozzák meg. Az ábra *esztergálás* esetére mutatja be a korlátokat kijelölve az alkalmazható tartományt.



Rezgések forgácsolás közben

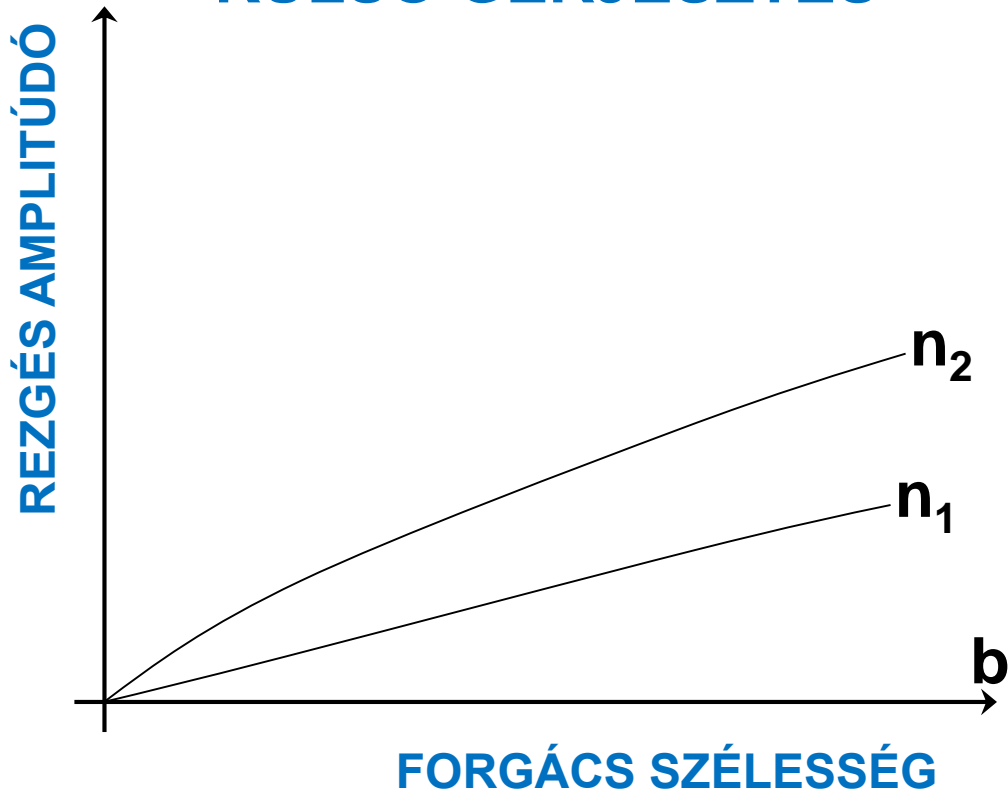


REZGÉSEK



REZGÉSEK

KÜLSŐ GERJESZTÉS



ÖNGERJESZTÉS



WECK

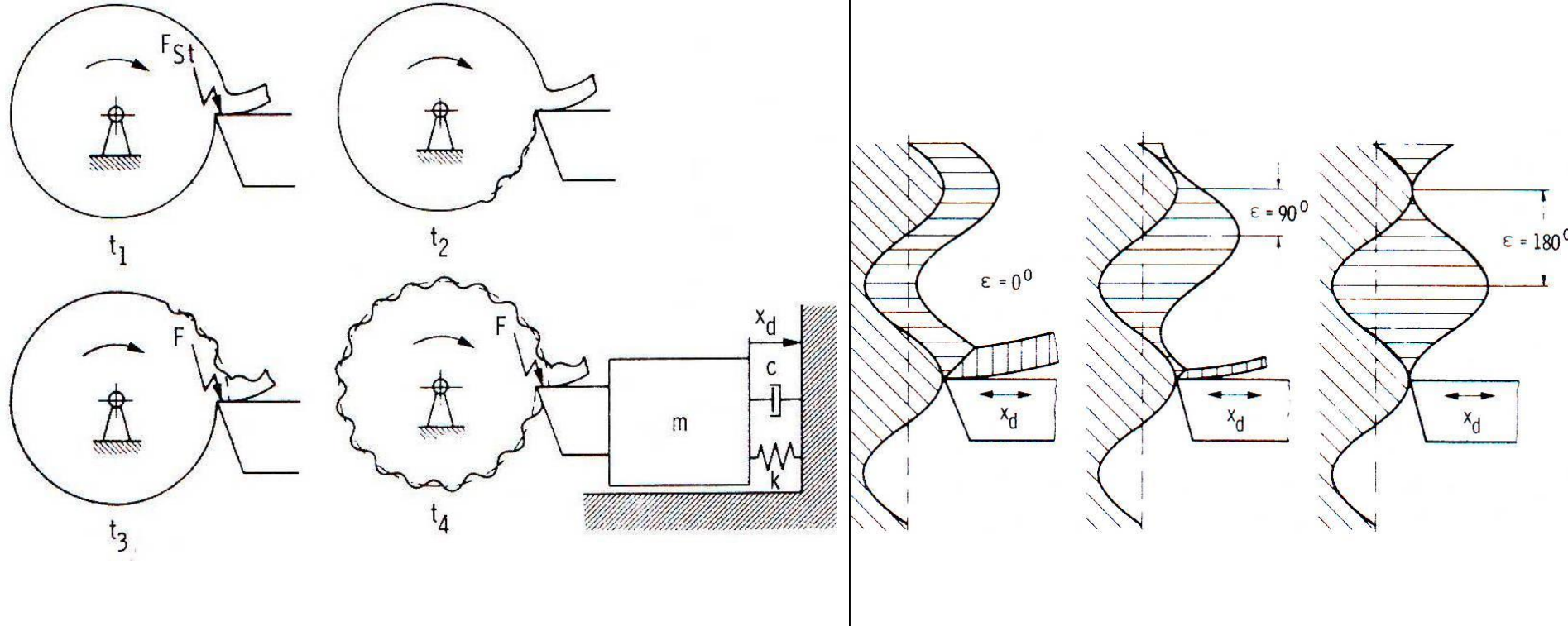
REZGÉSEK

HATÁR FORGÁCSSZÉLESSÉG

$b_h = f$ (GÉP, MDB/SZERSZÁM, FORG. FOLYAMAT)

| GÉP | | MDB / SZERSZÁM | FORGÁCSOLÁSI FOLY. |
|--|---|-------------------------|--|
| ÜZEMI KÖRÜLM. | IRÁNYFÜGGŐSÉG | | |
| 1. ALAP, FEL- ÁLLÍTÁSI KÖRÜLM. | GEOMETRIA BEFOLYÁSA | 1. MDB. MEREVSÉG | 1. MDB. ANYAGA |
| 2. ALKATRÉSZEK HELYZETE | 1. DINAMIKUS ERŐ IRÁNYA (FŐÉL ELHELYEZKEDÉSI SZÖG, TERELŐSZÖG | 2. MDB. TÖMEGE | 2. ÉLGEOMETRIA |
| 3. ORSÓ FORDSZ. | | 3. MDB. BEFOGÁSA | 3. SZERSZÁM KOPÁSÁLLÓSÁG |
| 4. SZÁN-, ASZTAL MOZGÁS | 2. MDB-SZERSZÁM KONFIGURÁCIÓ | 4. MDB. ÁTMÉRŐ | 4. CSÚCSRÁDIUSZ |
| 5. JÁTÉKOK, FESZÜLTSEGEK, NEM- LINEARITÁSOK, ELŐFESZÍTÉS, ILLESZTÉSEK | | 5. SZERSZÁM MEREVSÉG | 5. FORGÁCS SZÉLESSÉG |
| 6. ÜZEMI HŐMÉRSÉKLET | | 6. SZERSZÁM TÖMEGE | 6. ELŐTOLÁS |
| | | 7. SZERSZÁM BEFOGÁSA | 7. MDB. ANYAG- ÉLANYAG PÁROSÍTÁS |
| | | | 8. HŰTŐ-KENŐ ANYAG |

REZGÉSEK



**REGENERATÍV
REZGÉS
(RATTERN)**

m – tömeg
c – csillapítás
k – rugóállandó
F – forg. erő

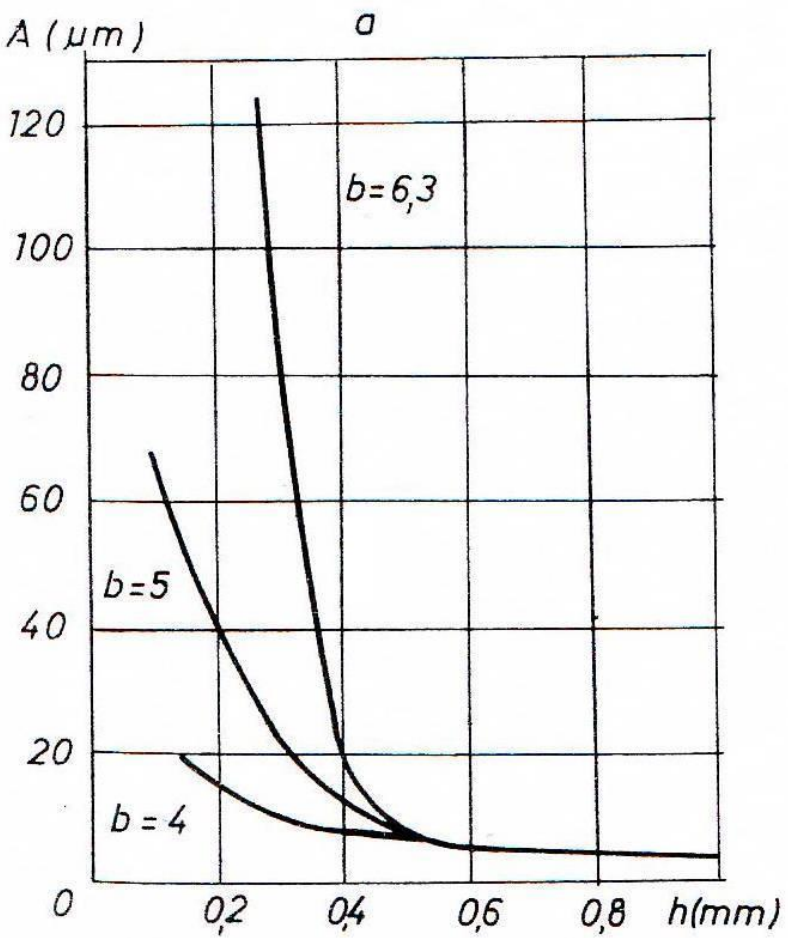
**FORGÁCS
VASTAGSÁG
VÁLTOZÁSA**

„Bizonyára sokan tapasztalták már, hogy szerszámgépek egyes műveleteinél a **szerszámvibráció** olyan nagy, hogy nem csak az elkészített felület lesz rossz minőségű, hanem **akár szerszámtörés is bekövetkezhet**. Azonban – ha nem is történik törés -, a megmunkálás során keletkező vibrációk **ronthatják a szerszám élettartamát**. A jelenség vizsgálata ezért elengedhetetlen. A folyamat megértése után pedig fontos, hogy **olyan módszerek** kerüljenek kidolgozásra és alkalmazásra, **melyekkel gyorsan lehet kiküszöbölni a nem kívánt rezgéseket**.

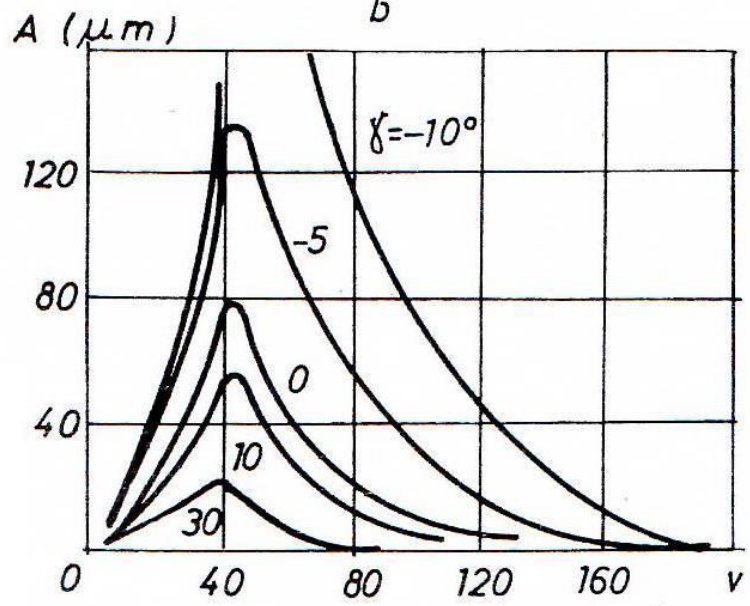
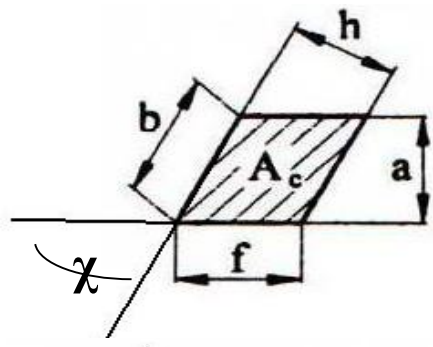
A rezgéseknek **két fő forrása** különböztethető meg. Az egyik, mikor a gép-készülék-munkadarab-szerszám rendszer sajátfrekvenciája és a periodikusan változó forgácsoló erő által gerjesztett rezgés frekvenciája, vagy egy felharmonikusának frekvenciája elegendően közel van egymáshoz. Ebben az esetben **rezonancia** alakul ki.

A rezgés másik oka az úgynevezett **regeneratív hatás** lehet. A megmunkálás során a fogásmélység, forgácsszélesség nem állandó, csak bizonyos mértékű elhanyagolások mellett. Ezeket az elhanyagolásokat is figyelembe kell azonban venni, mikor a regeneratív rezgéseket vizsgáljuk. A fogásmélység befolyásolja az ébredő forgácsoló erőket, a forgácsoló erő hatására pedig deformálódik a szerszám. A deformáció eredményeképpen megváltozik a fogásmélység, ami a következő fordulat során eltérő nagyságú erőhatást ébreszt. Emiatt a ciklikusság miatt nevezik regeneratív rezgésnek ezt a jelenséget. Mikor instabillá válik a folyamat, kialakul a **“chatter”-nek nevezett öngerjesztett rezgés**”.

REZGÉSEK



**FORGÁCS SZÉLESSÉG (b)
FORGÁCS VASTAGSÁG (h)
HATÁSA AZ AMPLITÚDÓRA**



**FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉG ÉS
HOMLOKSZÖG
HATÁSA AZ AMPLITÚDÓRA**

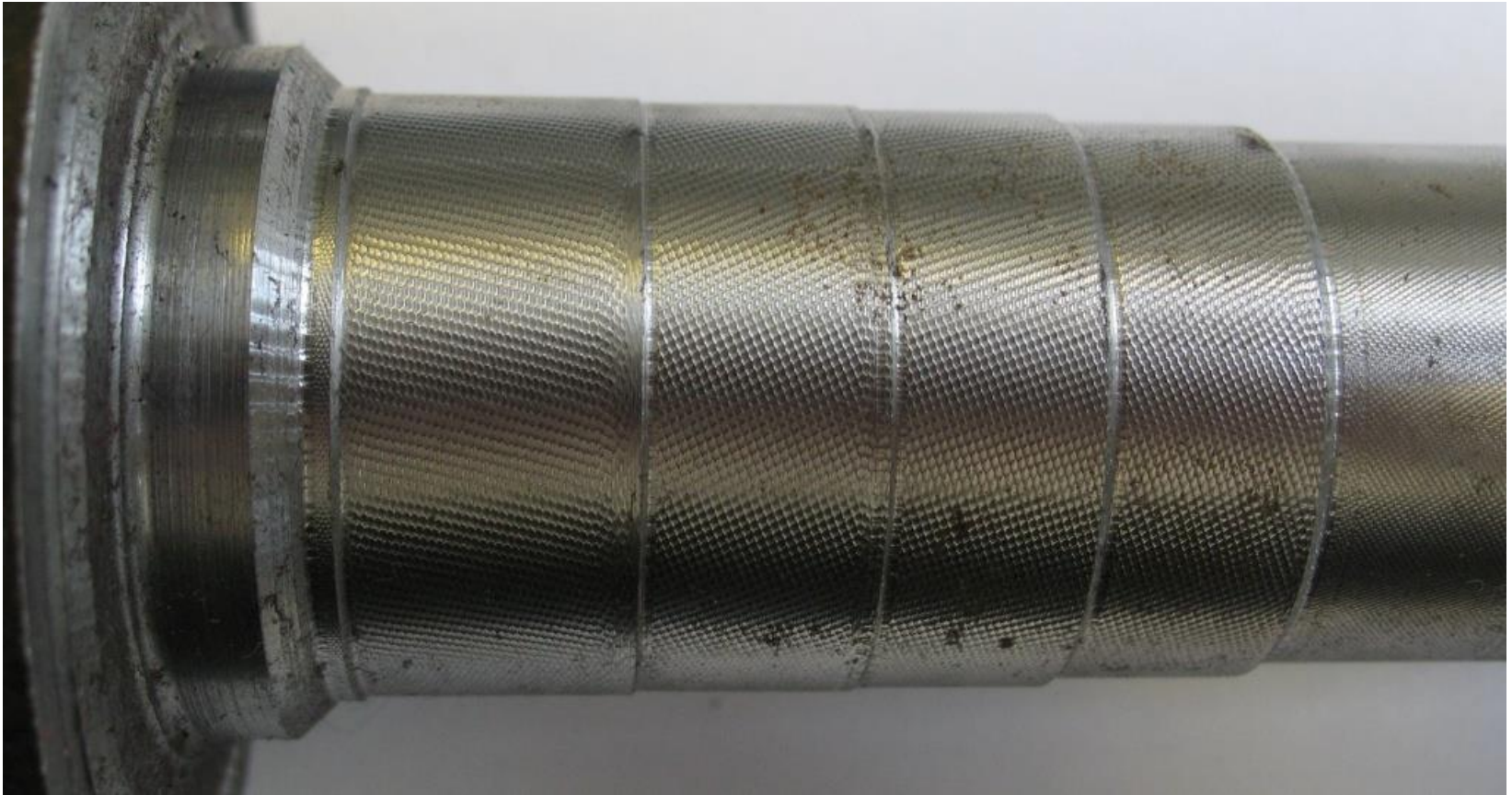
REZGÉSEK

REZGÉSEK HATÁSA A MEGMUNKÁLT FELÜLETRE
ESZTERGÁLÁSKOR:

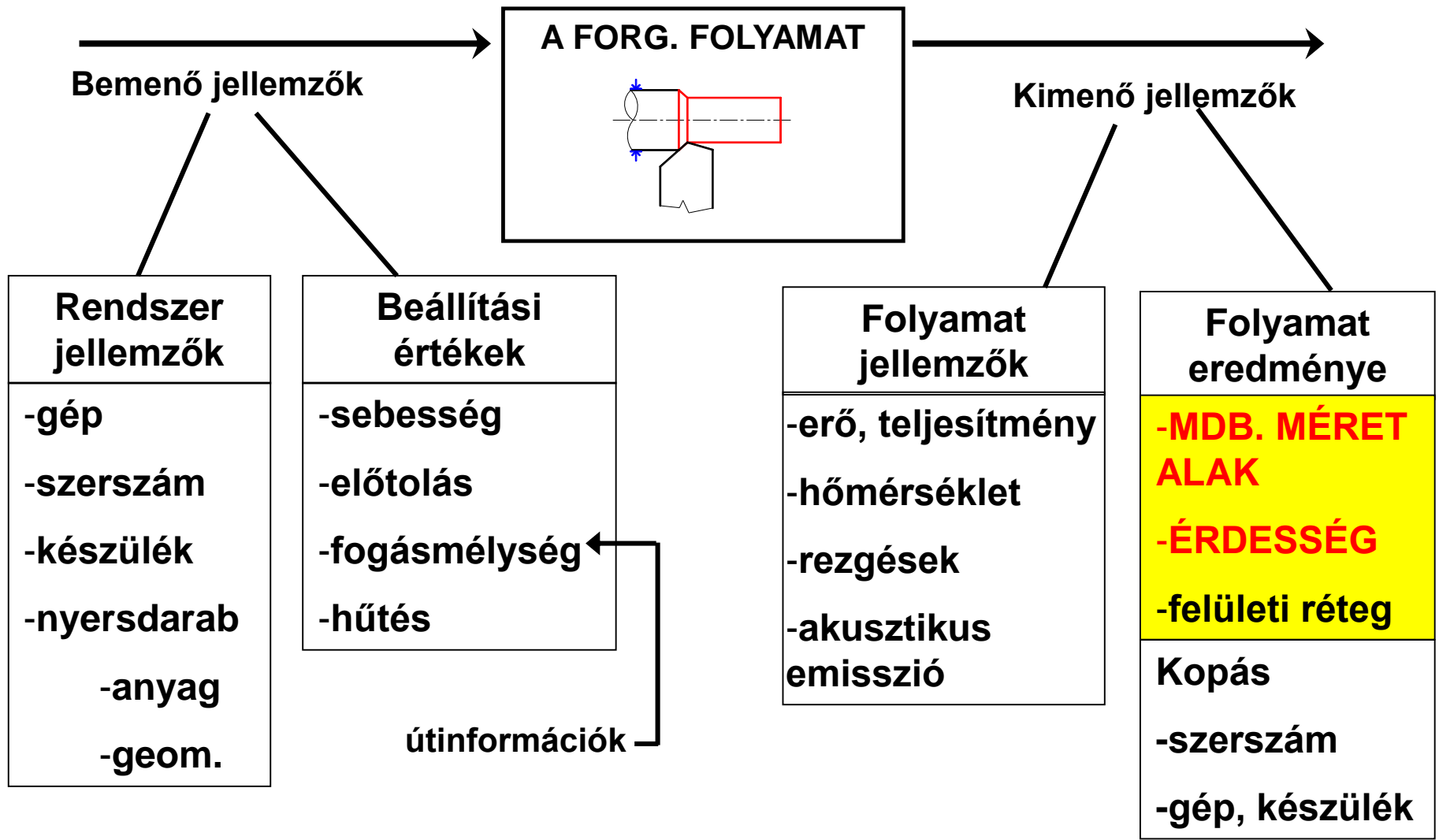


REZGÉSEK

REZGÉSEK HATÁSA A MEGMUNKÁLT FELÜLETRE
ESZTERGÁLÁSKOR:



Forgácsolt felület minősége



MUNKADARAB FELÜLETI ÉRDESSÉGE

A munkadarab megmunkált felületének érdeessége elsősorban

- ❖ a szerszámgeometriától és
- ❖ az alkalmazott technológiai adatoktól függ

Nagy csúcssugarú szerszám és kis előtolás \Rightarrow a) ábra

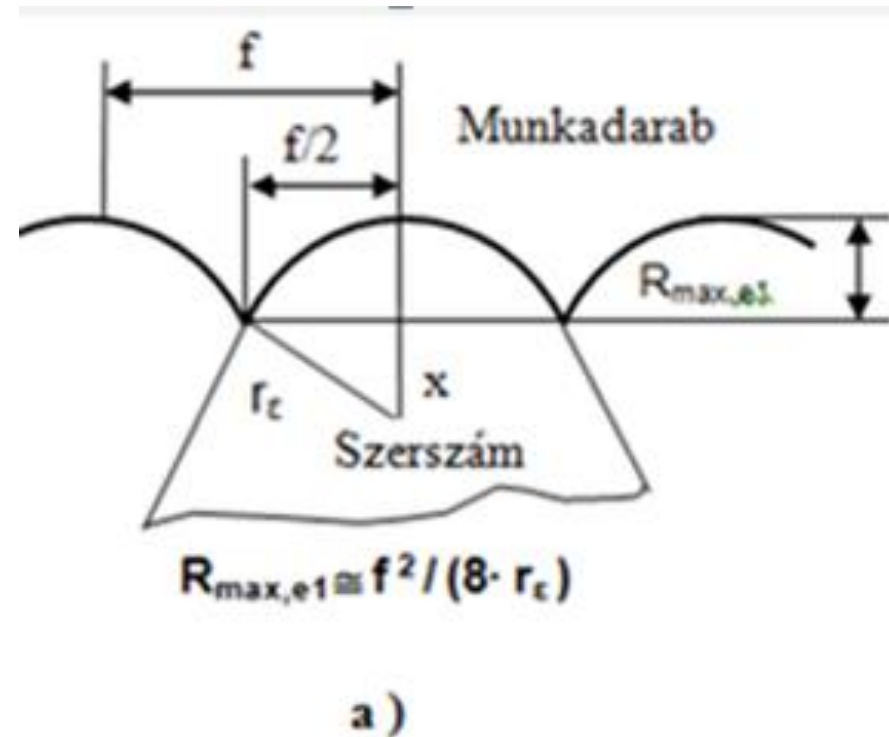
A maximális felületi érdeesség a **Bauer** képlettel:

$$R_{\max, e1} = f^2 / (8 \cdot r_\epsilon),$$

ahol

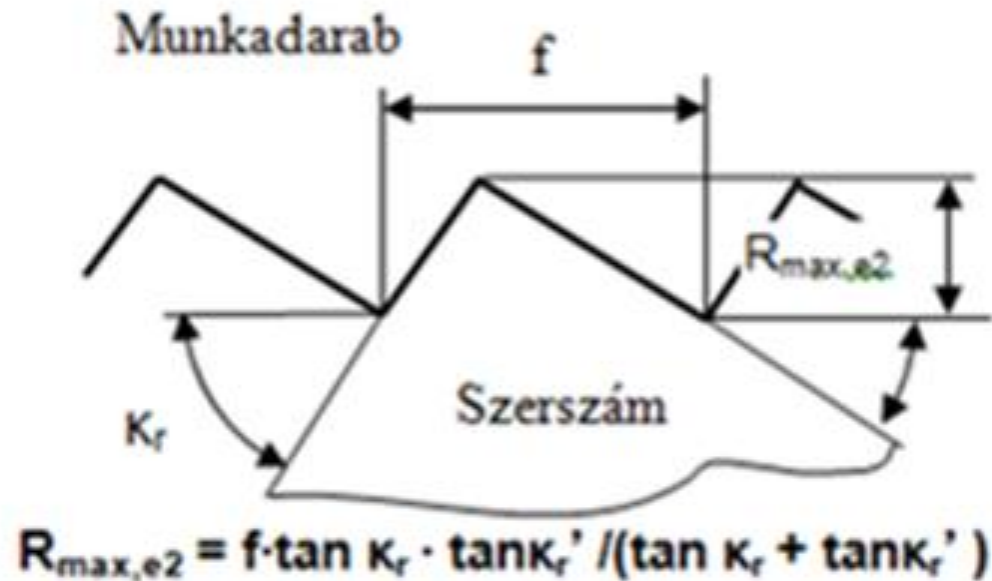
f - az előtolás

r_ϵ - a csúcssugár



MUNKADARAB FELÜLETI ÉRDESSÉGE

Hegyes szerszám és nagy előtolás
(a mellékél is forgácsol)
esetén a számítóképlet:



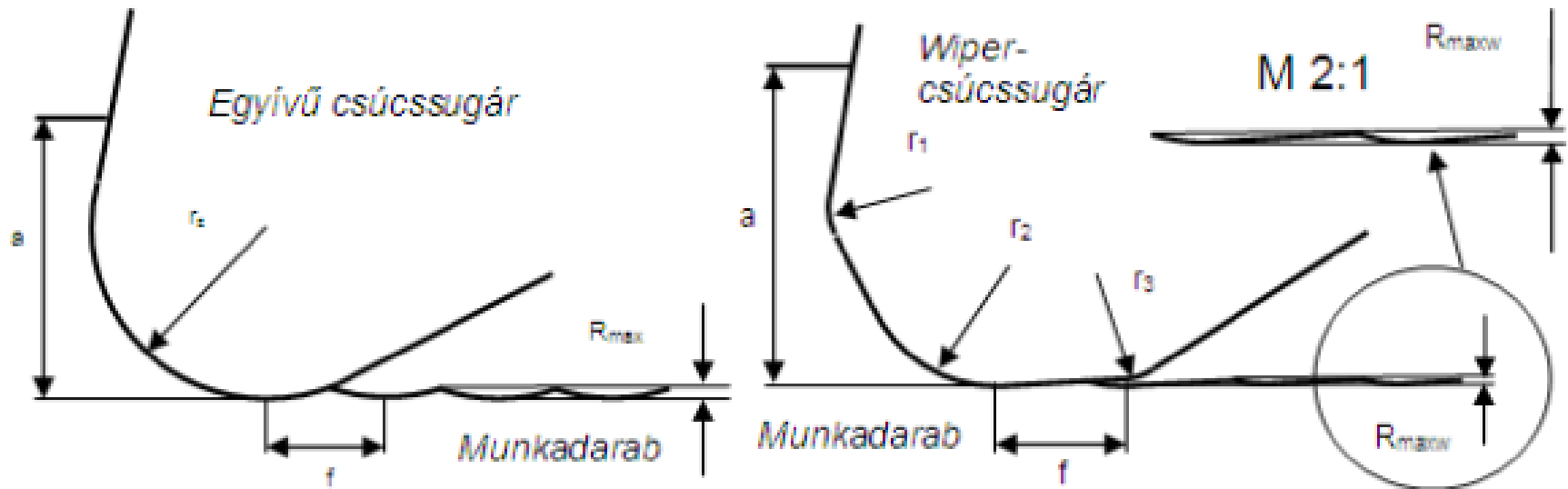
b)

$R_{\max,e2} = f \cdot \tan \kappa_r \cdot \tan \kappa_r' / (\tan \kappa_r + \tan \kappa_r')$, ahol
 κ_r - a főél elhelyezési szög
 κ_r' - a mellékél elhelyezési szög

MUNKADARAB FELÜLETI ÉRDESSÉGE

Újabban előszeretettel használják a WIPER-geometriájú keményfém lapkákat, mert ezekkel a termelékenység változatlanul hagyása mellett a felületi érdesség akár felére csökkenthető.

A technológiai paraméterek (a , f) változatlanul hagyása mellett az érdesség hozzávetőleg felére csökken: $R_{\max} \approx 2R_{\max w}$.



Forgácsolás egyívű és WIPER csúcssugarú szerszámmal

Forrás: Dr. Kodácsy János - Dr. Pintér József : Forgácsolás és szerszámai (2011)

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!