

NGB_AJ012_1 Forgácsoló megmunkálás
(Forgácsolás és szerszámai)

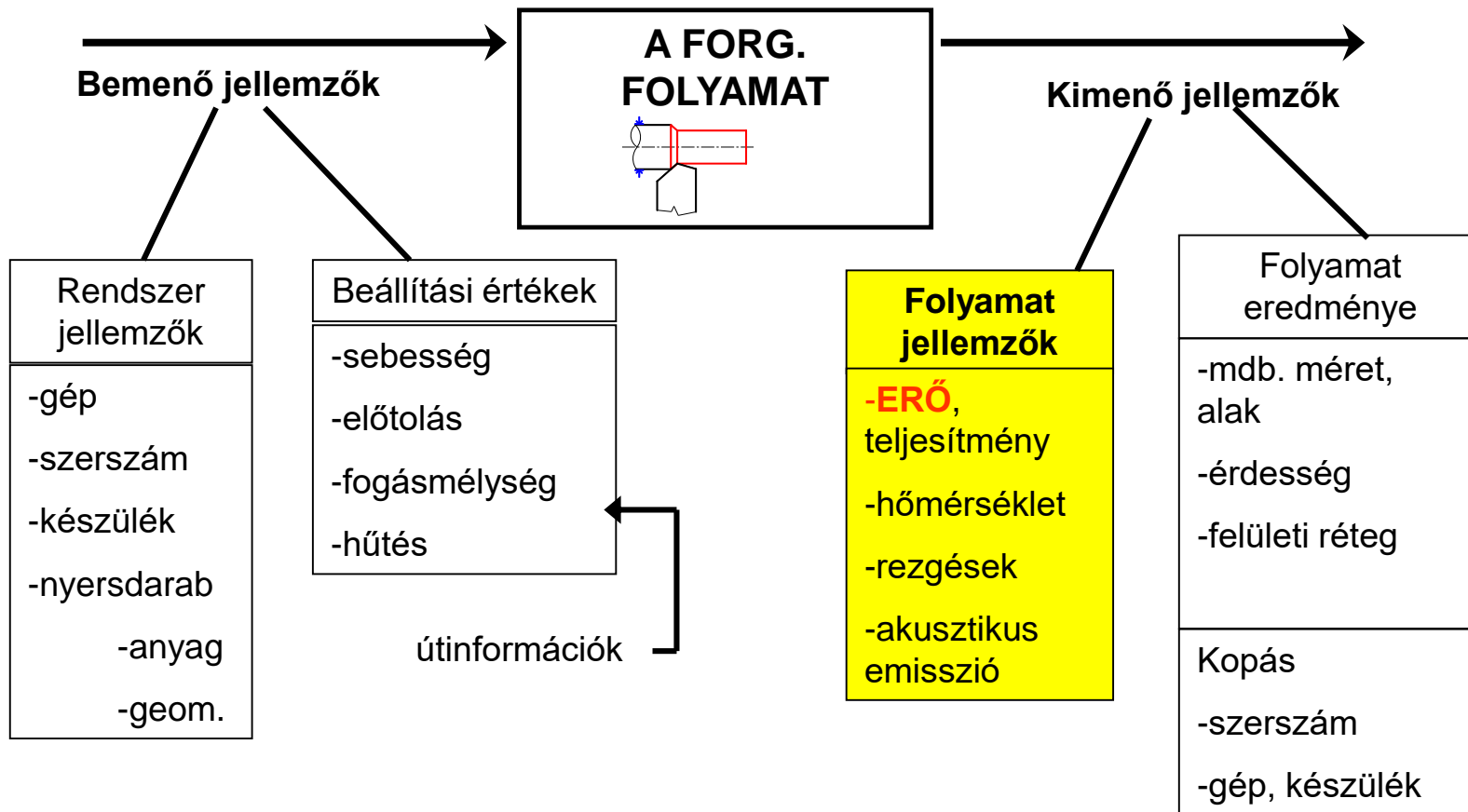
Forgácsoló erő, teljesítmény
A forgácsoló megmunkálás hőjelenségei

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 99 – 143. oldal



A forgácsolási erő ismeretében meghatározható:

- A forgácsoláshoz szükséges teljesítmény
- Mechanikai igénybevétel: szerszám, munkadarab, gép, készülék

A forgácsoló erő

A forgács leválasztása erő hatására jön létre.

Az erő ismerete szükséges:

- Gyártóeszközök (szerszámgép, szerszám, készülék) kiválasztásához
- Új eszközök tervezéséhez
- Megmunkálási pontosság technológiai meghatározásához
- Forgácsolási teljesítmény meghatározásához

Az erő nagyságát befolyásoló tényezők:

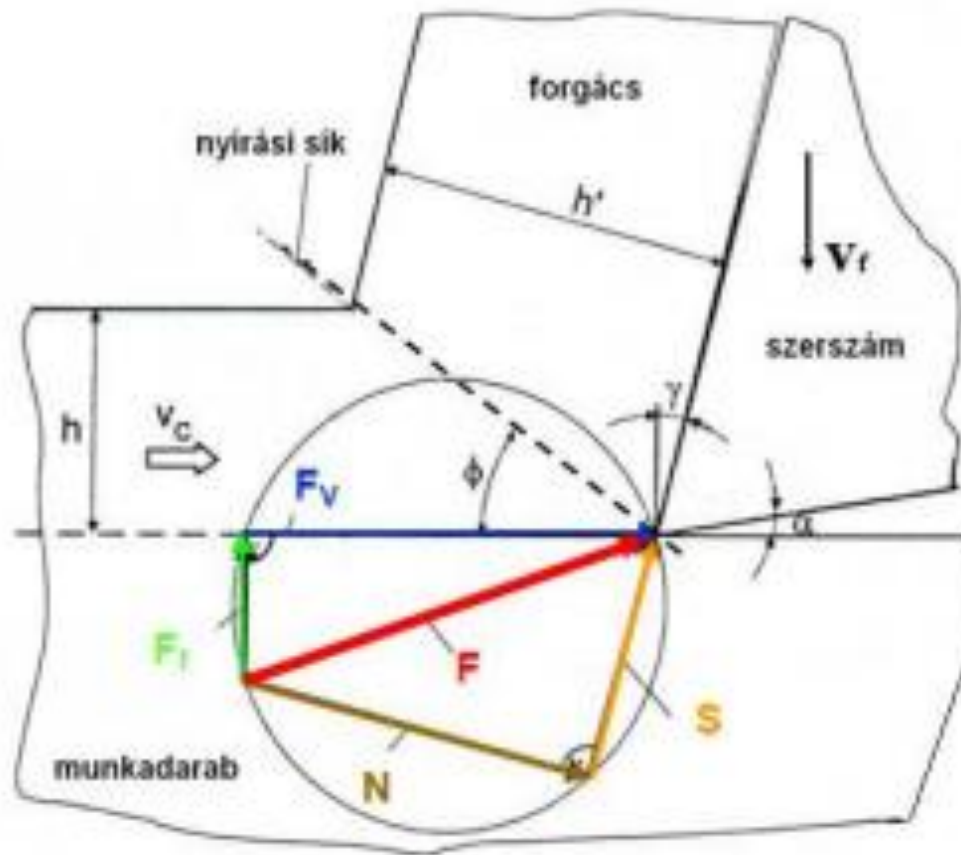
- Megmunkálandó anyag szilárdsága
- Leválasztandó forgácskeresztmetszet nagysága
- A szerszám forgácsoló-ékének geometriája és felületi minősége
- Forgácsolósebesség
- stb.

Az erő hatásvonalának iránya függ a:

Megmunkálási módtól, melyet a

- Szerszám fajtája és a
- Forgácsleválasztás körülményei befolyásolnak.

Forgácsolási erő és összetevői szabadforgácsolás esetén



N – nyomóerő

S – súrlódási erő

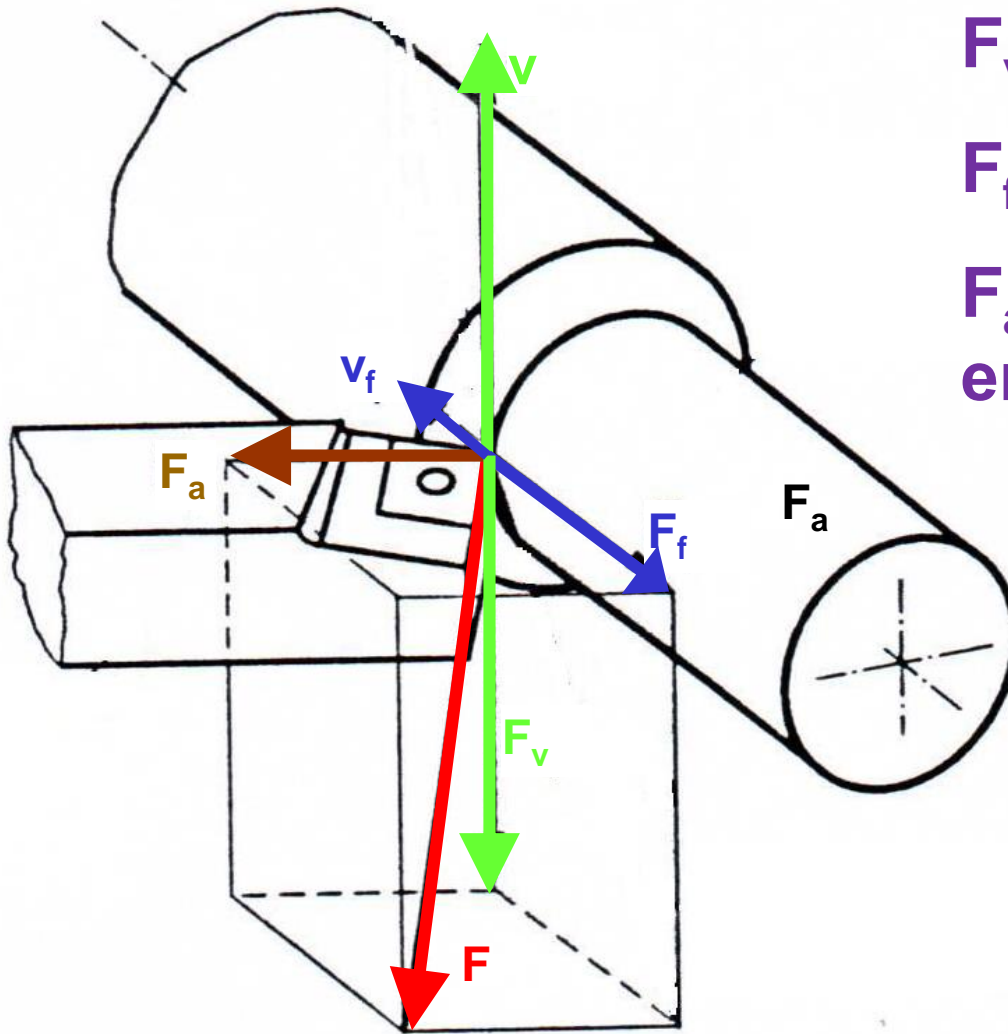
$$S = \mu \cdot N$$

F_v – főforgácsoló erő -
főmozgás irányú erő

F_f – előtolás irányú erő

F - forgácsoló erő

Forgácsolási erő komponensei esztergálásnál



F_v – főforgácsoló erő

F_f – előtolás irányú erő

F_a – fogásvétel irányú erő

Erőkomponensek egymáshoz való viszonya:

$$F_v \gg F_f > F_a$$

Forgácsolóerő

- A főforgácsoló-erő, előtoló-erő és fogásvételi erő mérése



A mérés lebonyolítása



FORGÁCSOLÁSI ERŐT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

• **MUNKADARAB**

- Anyag összetétele
- Hőkezelttségi állapota

• **SZERSZÁM**

- Élanyag
- Élgeometria
- Homloklfelület kialakítása (érdessége)

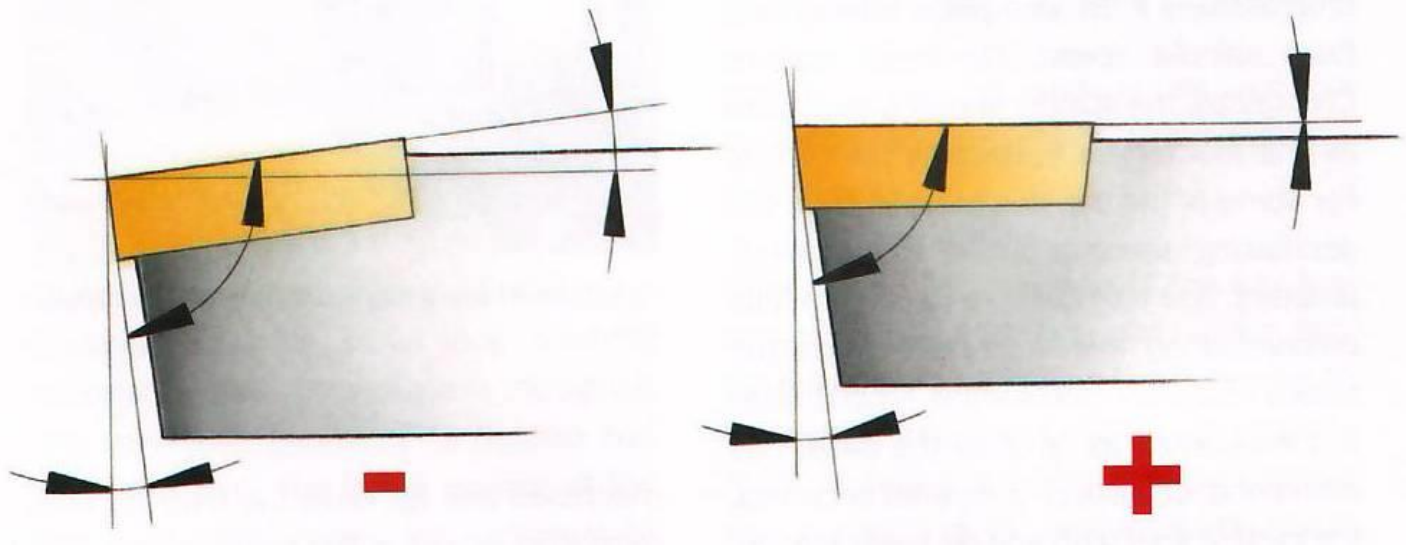
• **TECHNOLÓGIAI ADATOK**

- Forgácskeresztmetszet (előtolás és fogásmélység határozza meg)
- Forgácsolás sebessége
- Hűtés, kenés

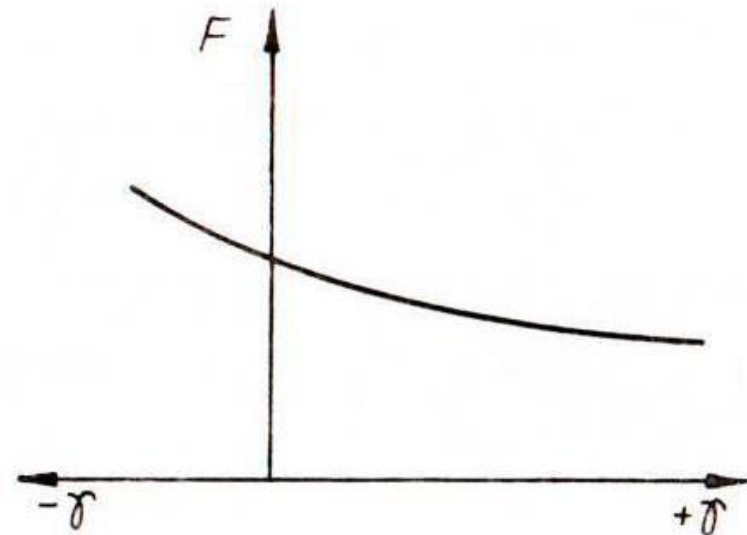
FORGÁCSOLÁSI ERŐT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK HATÁSA

- a **HOMLOKSZÖG**,
- a **TERELŐSZÖG**,
- az **ELŐTOLÁS**,
- a **FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉG**,
- a **FŐÉL-ELHELYEZÉSI SZÖG**,
- a **FOGÁSMÉLYSÉG**,
- a **MUNKADARAB ANYAGÁNAK**,
- a **SZERSZÁM ANYAGÁNAK**,
- a **SZERSZÁM ÉLGEOMETRIA**,
- a **HŰTÉS**,
- a **CSÚCSSUGÁR** hatása a forgácsolási erőre

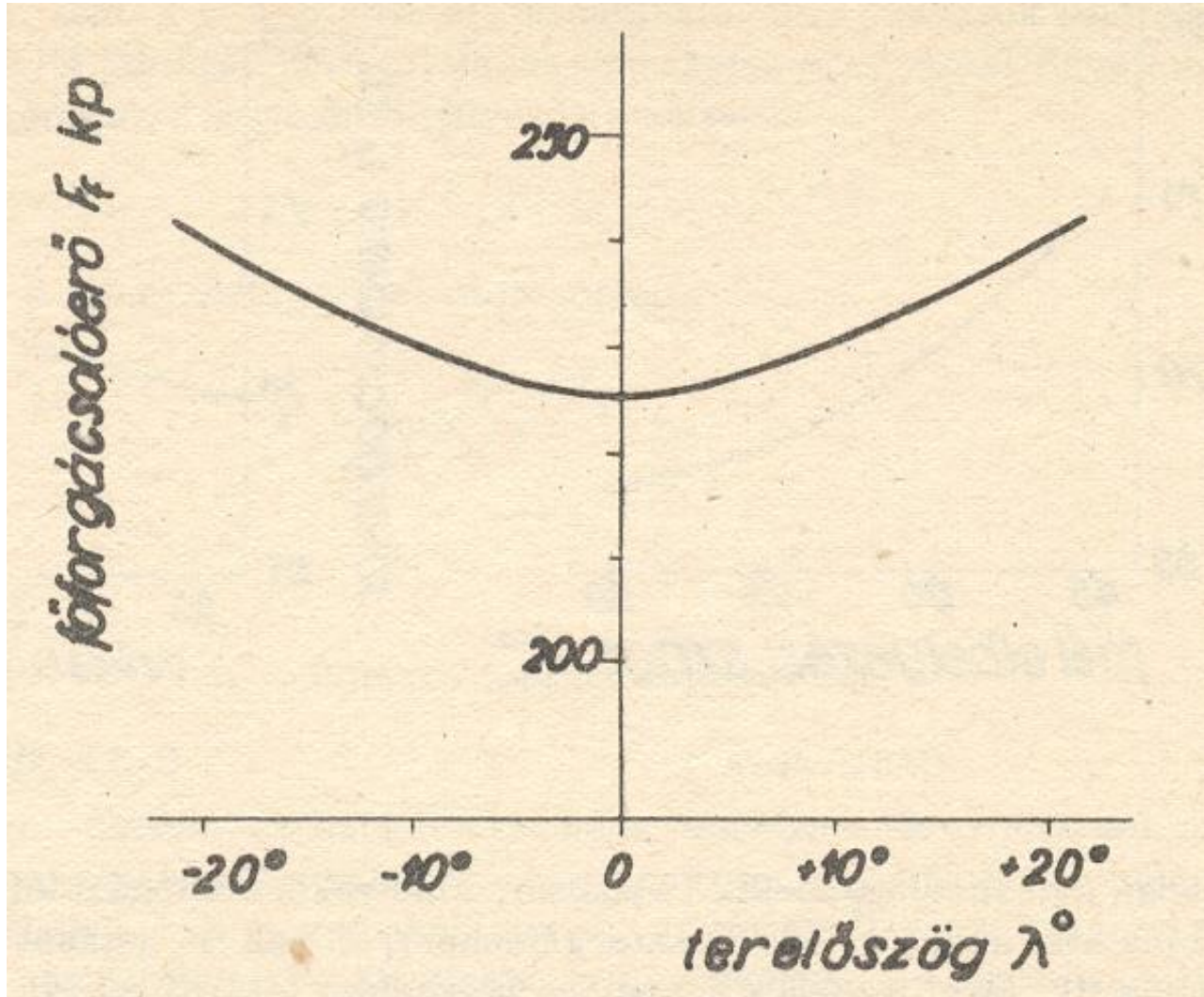
FORGÁCSOLÁSI ERŐT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK HATÁSA

















**A HOMLOKSZÖG
VÁLTOZÁSÁNAK
HATÁSA A
FORGÁCSOLÁSI
ERŐRE**



Terelőszög hatása

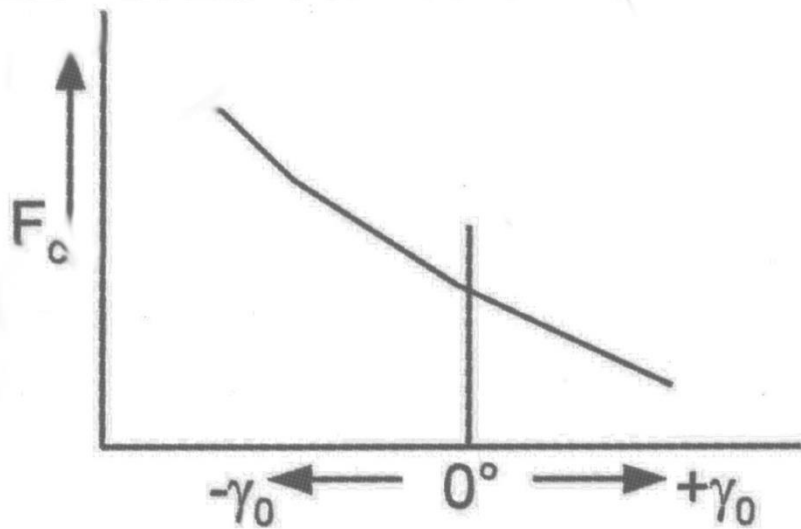


FORGÁCSOLÁSI ERŐT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK HATÁSA

BEFOLYÁSOLÓ HATÁS		A FORGÁCSOLÁSI ERŐ ÖSSZETEVŐINEK VÁLTOZÁSA FOKONKÉNT		
		FŐFORG. ERŐ F_v	ELŐTOLÓ E. F_f	PASSZÍV E. F_a
 CSÖKK.	HOMLOKSZÖG	 1,5%	 5,0%	 4,0%
	TERELŐSZÖG	 1,5%	 1,5%	 10,0%
 NÖVEKVŐ	HOMLOKSZÖG	 1,5%	 5,0%	 4,0%
	TERELŐSZÖG	 1,5%	 1,5%	 10,0%

Forrás: König-Klocke

Homlokszög hatása

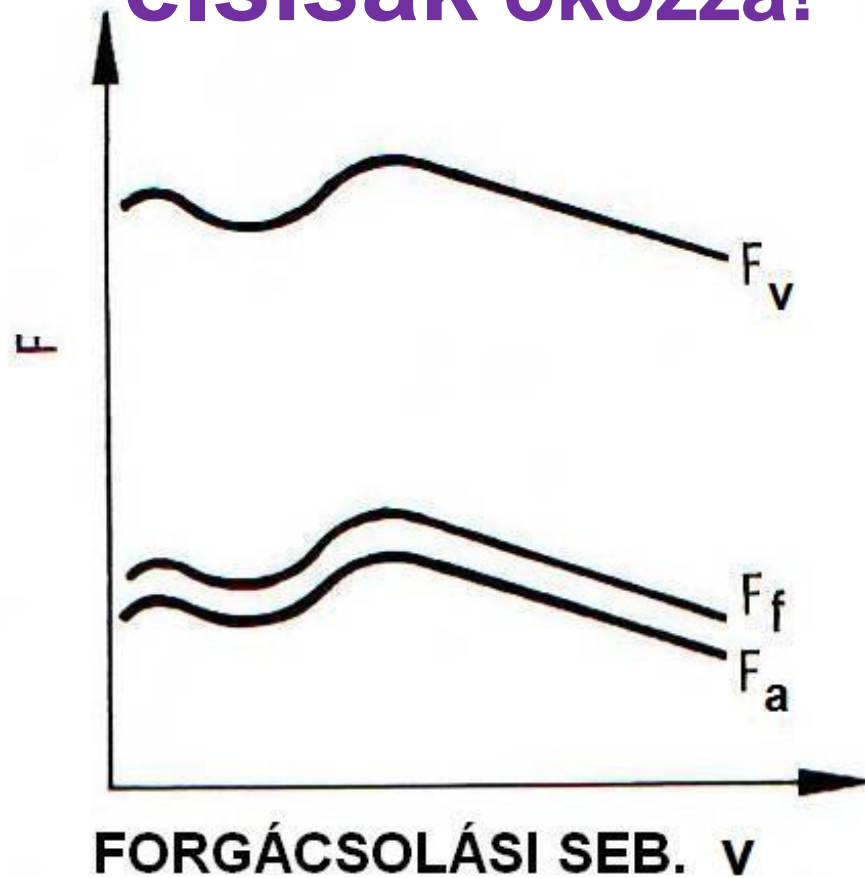
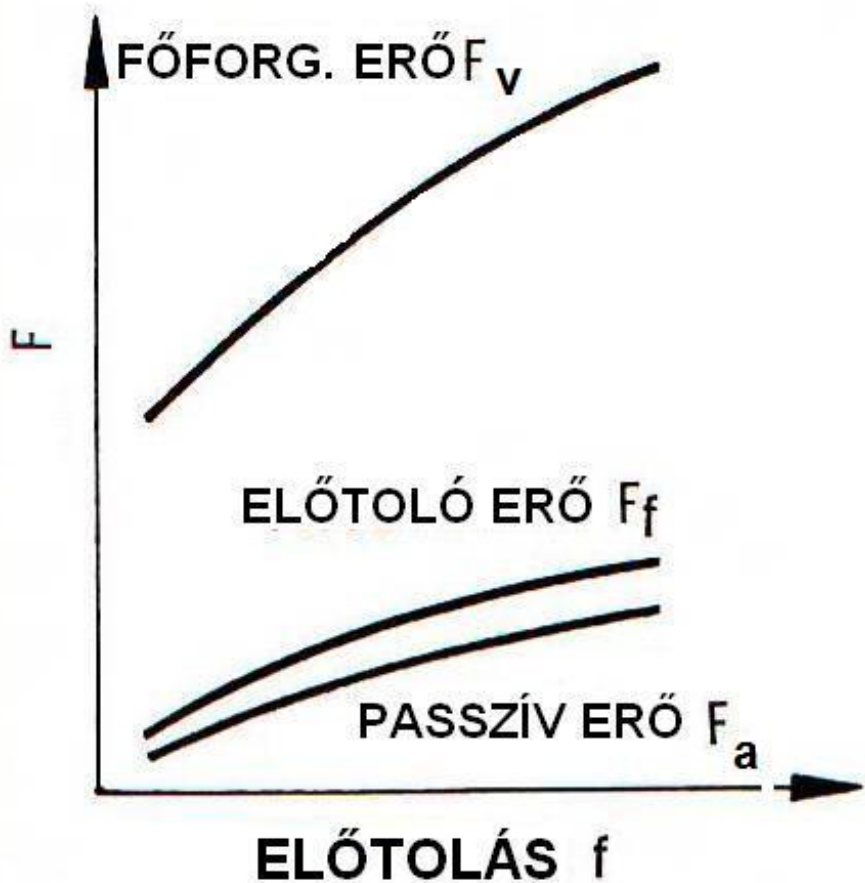


- A szerszámél geometriája: homlokszög (γ)
- A forgácsoló erő változása egy foknyi homlokszög változásánál: kb. 1... 2% ($\gamma = -20^\circ \dots +30^\circ$)

A diagramból leolvasható, hogy a **nagyobb homlokszög használatakor kisebb erő kell** a forgácsoláshoz. Gyakorlati forgácsoló erő számításnál általában **1°-os homlokszög változás 1%-os erőváltozást eredményez**. Ez erősen függ a megmunkálandó anyagtól.

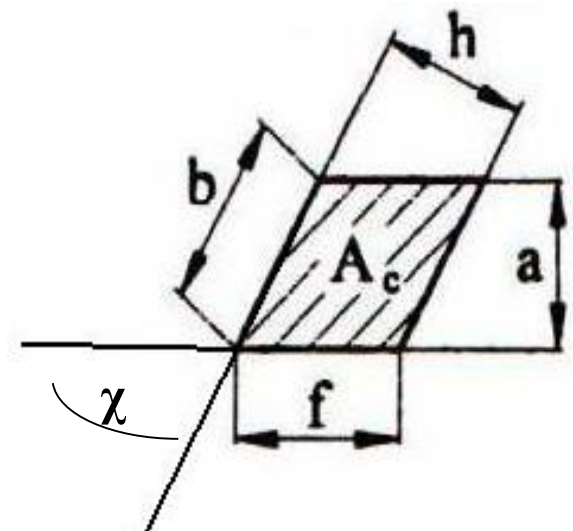
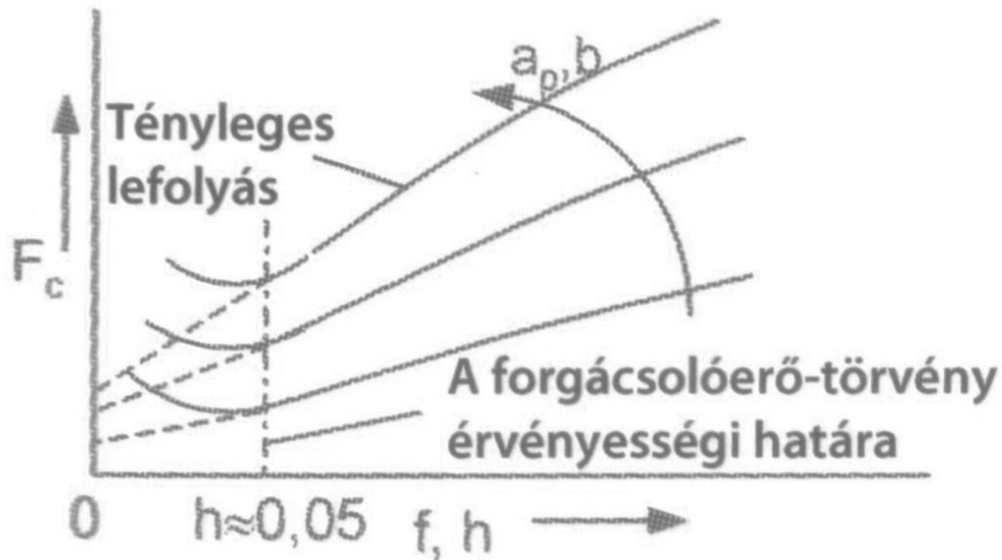
FORGÁCSOLÁSI ERŐT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK HATÁSA

A hullámzást az élsisak okozza!



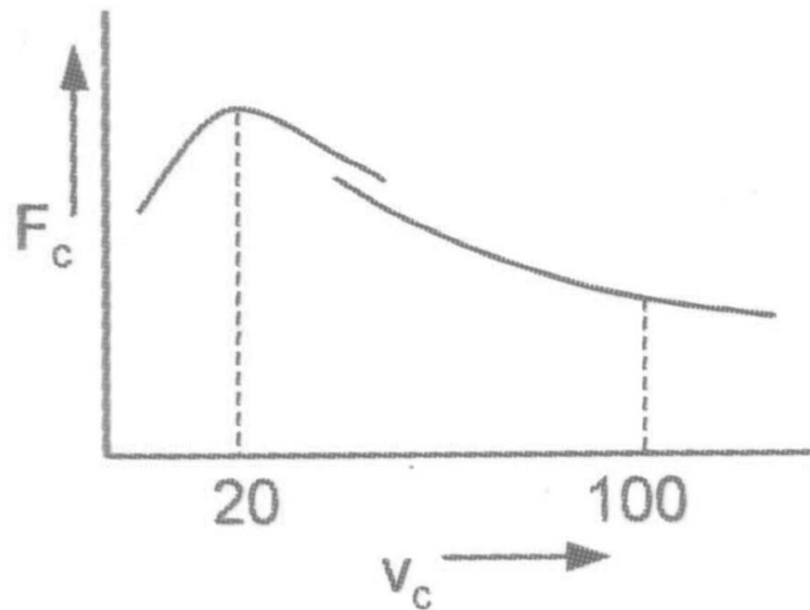
Előtolás hatása

- Az f előtolás, illetve a h forgácsvastagság jelentős hatással van a forgácsoló erőre

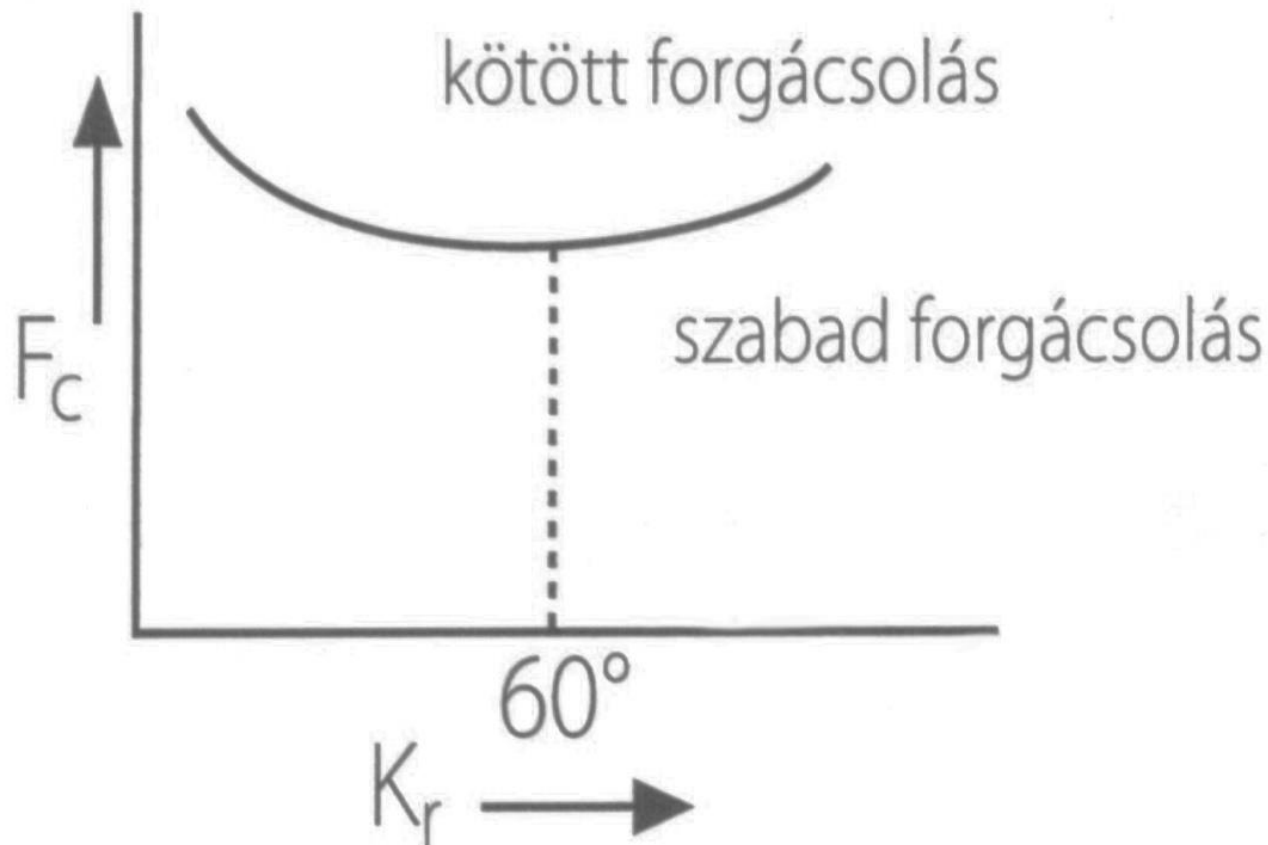


Forgácsoló sebesség hatása

- ❖ A **100 m/perc feletti** tartományban a forgácsoló erő már csak jelentéktelen mértékben csökken a forgácsoló sebesség emelkedésével.
- ❖ A **100 m/perc alatti** tartományban az F emelkedése mindig a megmunkálendő anyagtól függ.
- ❖ Általánosságban elmondható: a **forgácsoló erő csökkentése** érdekében célszerű **minél nagyobb sebességgel forgácsolni**.



Főél-elhelyezési szög hatása

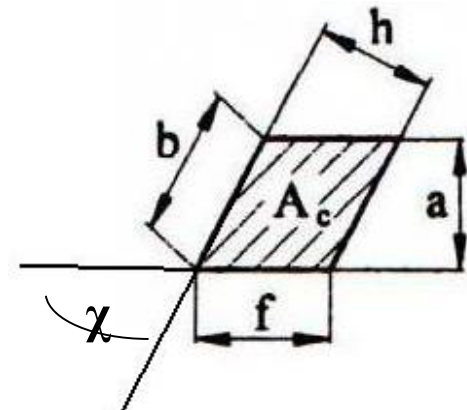
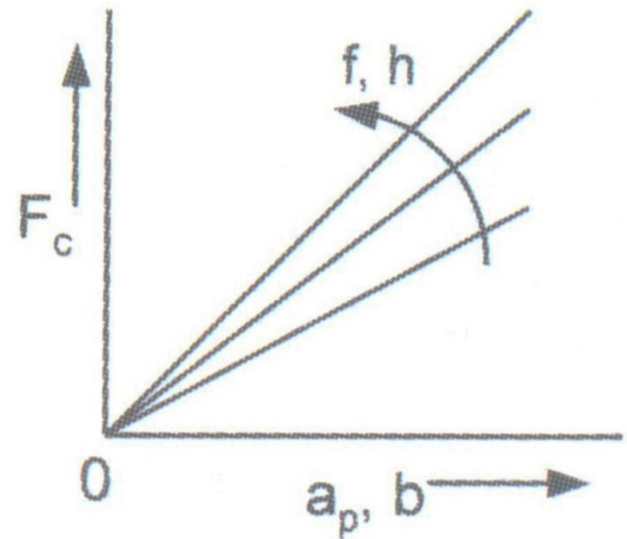


A főél-elhelyezési szögnek (K_r) viszonylag csekély hatása van a forgácsoló erőre (F_c).

Fogásmélység és az előtolás hatása

A **fogásmélység (a)** növekedésével a forgácsoló erő arányosan növekszik.

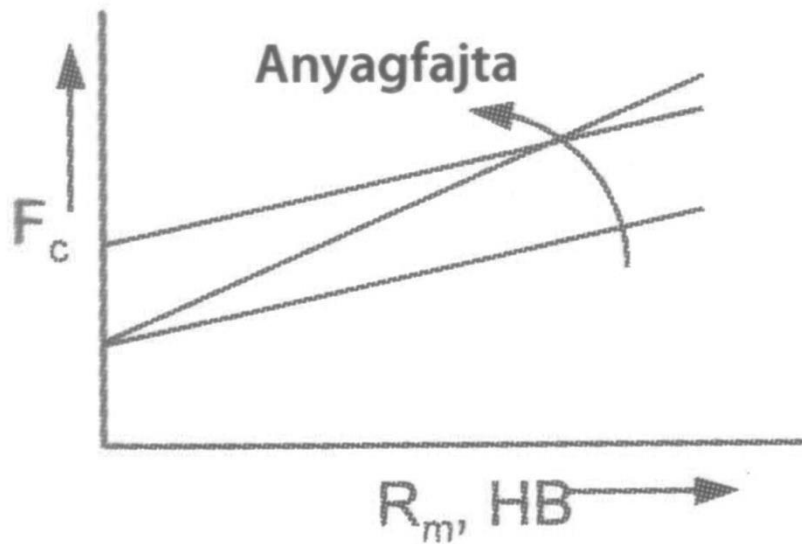
A beállított **előtolástól (f)** függően az egyenesek meredekebben, vagy kevésbé meredeken emelkednek.



Munkadarab anyagának hatása

A különböző anyagok

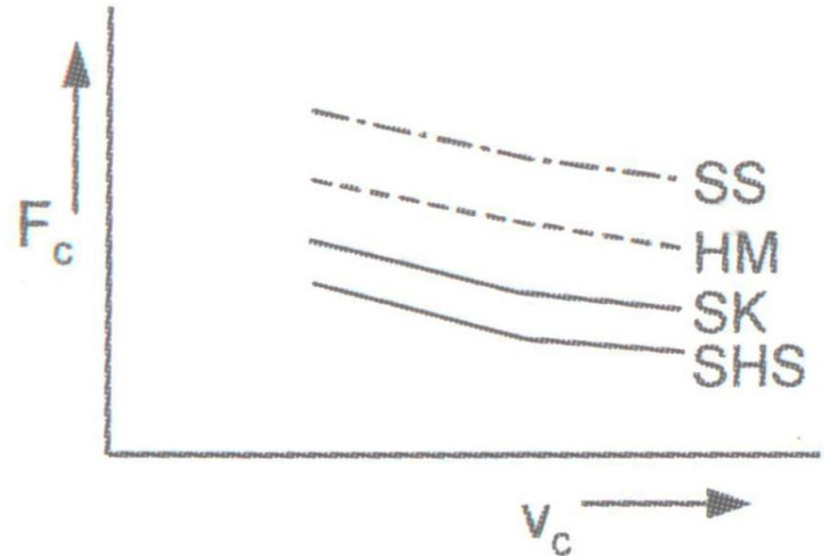
forgácsolásakor, - egyébként állandó forgácsolási feltételek mellett-, a különböző tulajdonságok miatt különböző forgácsoló erők adódnak. Megállapítható: **az szakítószilárdság(R_m), illetve a keménység (HB) növelésével a forgácsolási erő is növekszik.**



Szerszámanyag hatása

Szerszámanyag

- SS Gyorsacél
- HM Keményfém
- SK Kerámia
- SHS Szuperkemény forgácsoló szerszámanyagok. (pl. CBN)



Az ábrázolt arányok vas alapú anyagok forgácsolása esetén érvényesek!

Szerszám élgeometriája

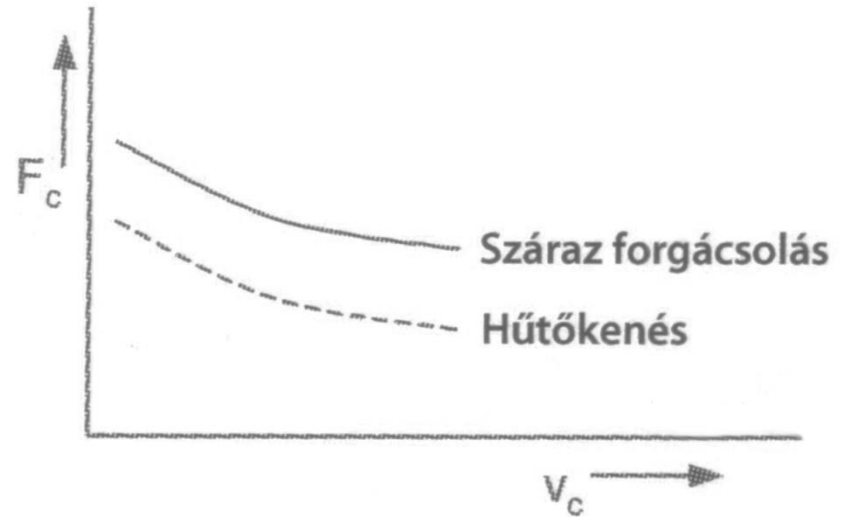
A szerszám anyagán kívül **a szerszám kiképzése, élgeometriája** is jelentős mértékben befolyásolja

- a fellépő **erőket**,
- a szerszám és a munkadarab közötti **súrlódási tényező** értékét.

A súrlódási tényező változásával változik a forgácsleválasztáshoz szükséges erő.

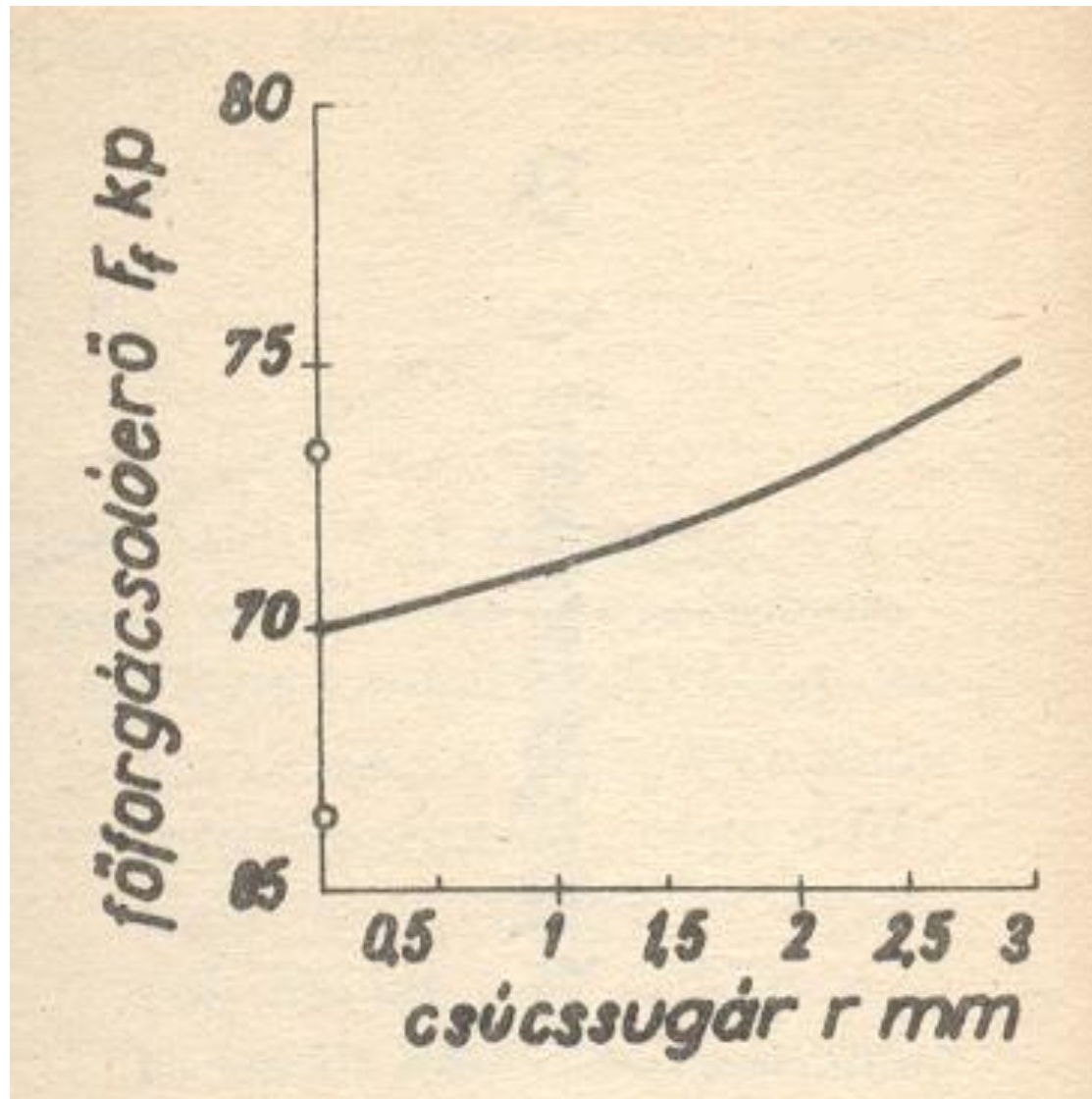
Hűtés befolyása

A megfelelő **hűtő - kenőfolyadék** alkalmazásával a forgácsoló erők a száraz megmunkáláshoz képest kis mértékben csökkenthetők.



A forgácsoló erő befolyásolása szempontjából sokkal lényegesebb a **megfelelő szerszám-anyagok** kiválasztása!

Csúcssugár (r) hatása



A forgácsoló erő meghatározása

A forgácsolásnál fellépő erők meghatározhatók:

❖ Számítással

❖ Méréssel: közvetlen erőméréssel:

- rugó alakváltozáson,

- hidraulikus elven,

- villamos elven,

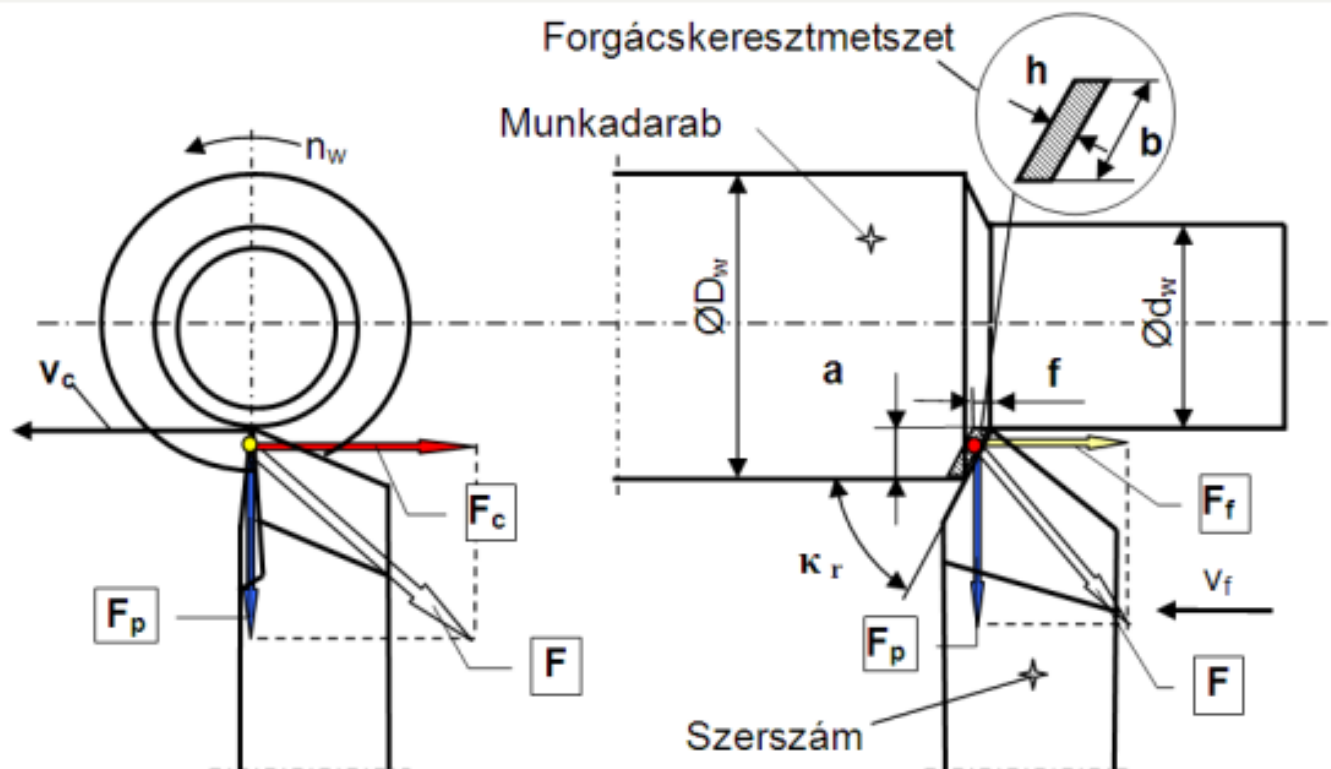
- maradó alakváltozáson alapuló

❖ Teljesítmény-mérésből történő meghatározással

❖ Táblázatokból

Forgácsoló erő meghatározása számítással

A forgácsoló erő komponensei esztergálásnál



a - a fogásmélység,
 f - az előtolás,
 h - a forgácsvastagság,
 b - a forgácsszélesség,
 v_c - a forgácsolósebesség,
 v_f - az előtolósebesség,
 D_w - nyers átmérő,
 d_w - a kész átmérő,
 κ_r - a főél elhelyezési szög.

A forgácsoló erő:

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} \quad [N].$$

A forgácsoló erő komponensei esztergálásnál

Az ábra szerint a munkadarabról a szerszámra ható F forgácsolóerő a főforgácsoló (F_c), az előtoló (F_f) és a fogásvétel irányú (F_p) erőkomponensekből számítható:

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} \quad [N].$$

A forgácsoló erő meghatározása számítással

Az F_c főforgácsoló erő a munkadarab anyagjellemzőiből, a technológiai paramétereiből és a szerszámgeometriából az ún. Kienzle-féle összefüggéssel számítható:

$$F_c = k_c \cdot A = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot f \cdot a = k_{c1.1} \cdot f^{1-z} \cdot a \cdot (\sin \kappa_r)^{-z} \quad [N],$$

ahol

$A = f \cdot a$ – forgácskeresztmetszet

$k_{c1.1}$ fajlagos forgácsoló erő

κ_r főél elhelyezési szöge

A $k_{c1.1}$ fajlagos forgácsoló erő és a z kitevő értékei néhány szerkezeti acélra:

Anyag	$k_{c1.1}$, N/mm ²	z	Anyag	$k_{c1.1}$, N/mm ²	z
Fe 235	1780	0,17	C 60	2130	0,18
Fe 490 (C45)	2110	0,17	X12CrNi 189	2300	0,30
C 15	1820	0,32	16MnCr5	2100	0,26

A forgácsoló erő meghatározása számítással

Ötvözetlen szerkezeti acélok nagyoló és simító esztergálásakor a szerszámok és a készülékelemek szilárdsági méretezéséhez felhasználható az alábbi tapasztalati összefüggés:

$$F_c \sim 3F_f \sim 1,6 F_p \text{ [N]}$$

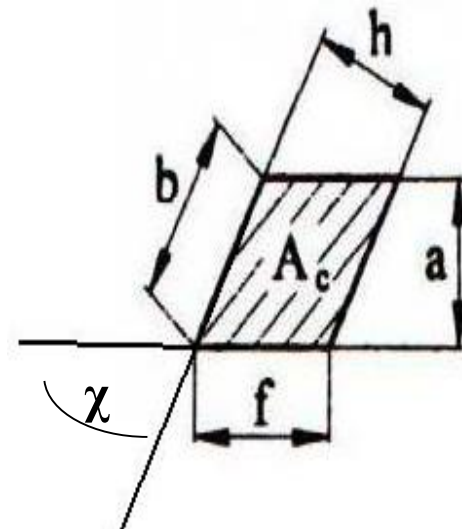
A forgácsoló erő meghatározása számítással

Fajlagos forgácsoló erő (k_c): az egységnyi forgácskeresztmetszet leválasztáshoz szükséges főforgácsoló erő.

Fajlagos forgácsolási energia: a térfogategységnyi anyag, forgácsolással történő leválasztásához szükséges munka.

Az egységnyi forgácskeresztmetszet mérete: $A=1 \text{ mm}^2$

A fajlagos forgácsoló erő fő értéke: $k_{c1.1}$
 $h=1\text{mm}, b=1\text{mm}$



Fajlagos forgácsoló erőt befolyásoló tényezők

Befolyásoló tényezők (döntő mértékben)

- a forgácsolandó anyag anyagminősége
- a **h** forgács vastagság
- a megmunkálandó anyag szilárdsága
- az ötvöző elem tartalom
- a szerszám élgeometriája

A forgácsoló erő meghatározása számítással

A fajlagos forgácsoló
erő kiszámítása a
definíció alapján:

Kienzle - Victor:

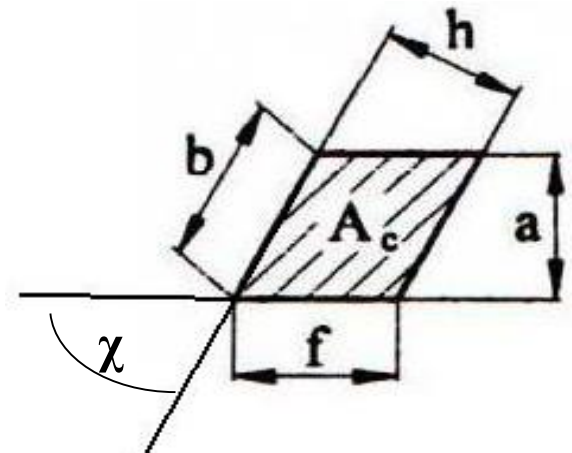
$$F_v = k_c \cdot A \text{ [N]}$$

$$A = b \cdot h = a \cdot f$$

Az időegység alatt leválasztott
anyagmennyiség, a **fajlagos
forgácsstérfogat:**

$$q = v \cdot A$$

$$k_c = \frac{F}{A} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$



A forgácsoló erő meghatározása számítással

A k_c fajlagos forgácsoló erő meghatározásával sok kutató foglalkozott, egyes kutatók kísérleti úton, mások pedig számítási módokkal próbálták meghatározni.

A tapasztalatok szerint a kísérleti úton nyert forgácsoló erő értékek az anyagon és a közepes forgácsvastagságon kívül elsősorban a forgácsleválasztás jellegétől és a forgácskeresztmetszet alakjától függenek

A fajlagos forgácsoló erő meghatározása számítással

- A kísérletek megmutatták, hogy **a szívós anyagok esetén** a fajlagos forgácsoló erő és a **szakítószilárdság (R_m)**, **rideg anyagoknál** pedig a fajlagos forgácsoló erő és a **Brinell – keménység (HB)** közötti összefüggés:

$$k_c = (2,5 \dots 4,5) * R_m \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$k_c = (0,5 \dots 1) * HB \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

- Mivel a fajlagos forgácsoló erő értéke erősen függ a forgácsvastagságtól, ezért fontos, hogy a megadott intervallumok alsó határa a viszonylag vastag forgácsra, nagyolásra, a felső határa pedig a vékony forgács leválasztására, simításra vonatkozik.

A forgácsoló erő meghatározása számítással

A fajlagos forgácsoló erő tovább bontható:

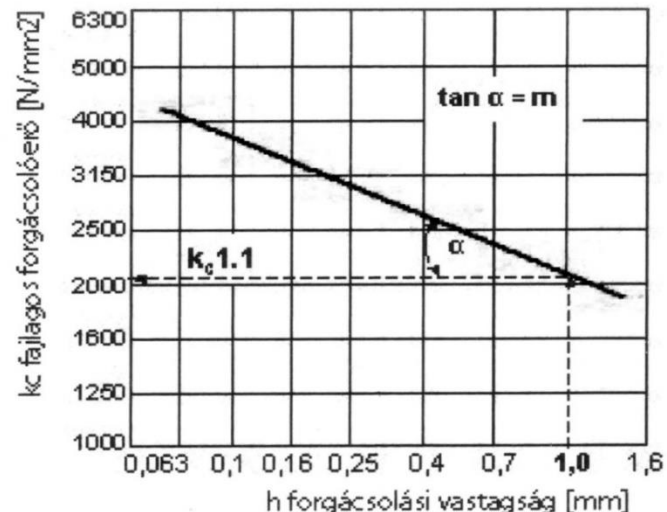
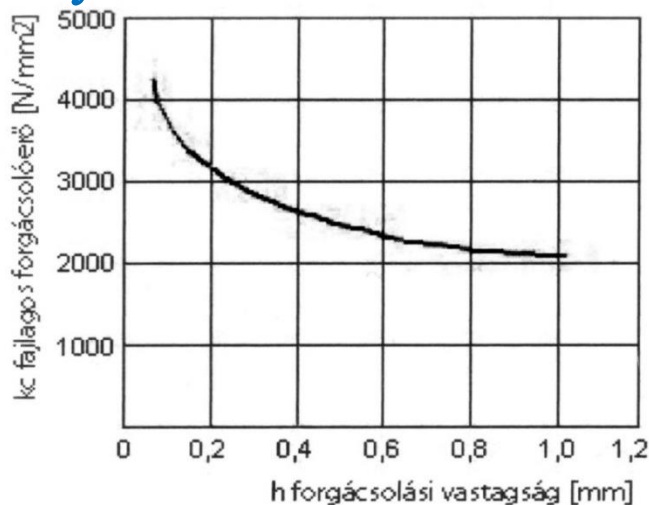
$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^m}$$

$k_{c1.1}$ - fajlagos forgácsoló erő fő értéke, vagyis $A=1\text{mm}^2$ ($b=1\text{mm}$ és $h=1\text{mm}$) forgácsolási keresztmetszet.

$h \implies$ a forgácsvastagság,

$m = \tan \alpha \implies$ az emelkedési szög tangense (a diagrammban!)

A következő ábrák aritmetikus és dupla logaritmikus ábrázolással szemléltetik a k_c fajlagos forgácsoló erőt a h forgácsolási vastagság függvényében.



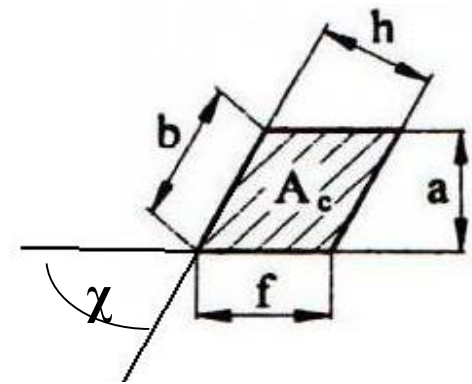
A forgácsoló erő meghatározása számítással

- A $k_{c1.1}$ fajlagos fő forgácsoló erő értéke és az a emelkedési szög tangensének emelkedése anyagfüggő érték, ezeket a különböző anyagokra vonatkozóan kísérletek alapján állapították meg.
- A $k_{c1.1}$ értékei anyagtáblázatból vehetők ki.

A forgácsoló erő meghatározása számítással

Abban az esetben, amikor a táblázatban $k_{c1.1}$ értékhez megadott forgácsolási feltételektől eltérés áll fent, akkor az F_c forgácsoló erő kiszámításához korrekciós tényezőkre van szükség. Különösen a következő korrekciós tényezőkre kell figyelni:

- K_γ homlokszög korrekció
- K_v forgácsolási sebesség korrekció
- K_{sch} szerszámanyag korrekció
- K_{ver} kopási korrekció



Mindent egybevetve, és a korrekciós tényezőket figyelembe véve a következő módon számítható ki a forgácsoló erő:

$$F_c = b * h * K_c * K_\gamma * K_v * K_{sch} * K_{ver}$$

FORGÁCSOLÁSI TELJESÍTMÉNY

$$P = \frac{F \cdot v}{1000} = \frac{k_c \cdot A \cdot v}{1000}$$

k_c [N/mm²]

P [kW]

$$P_{\text{GÉP}} = \frac{P}{\eta}$$

A [mm²]

v [m/s]

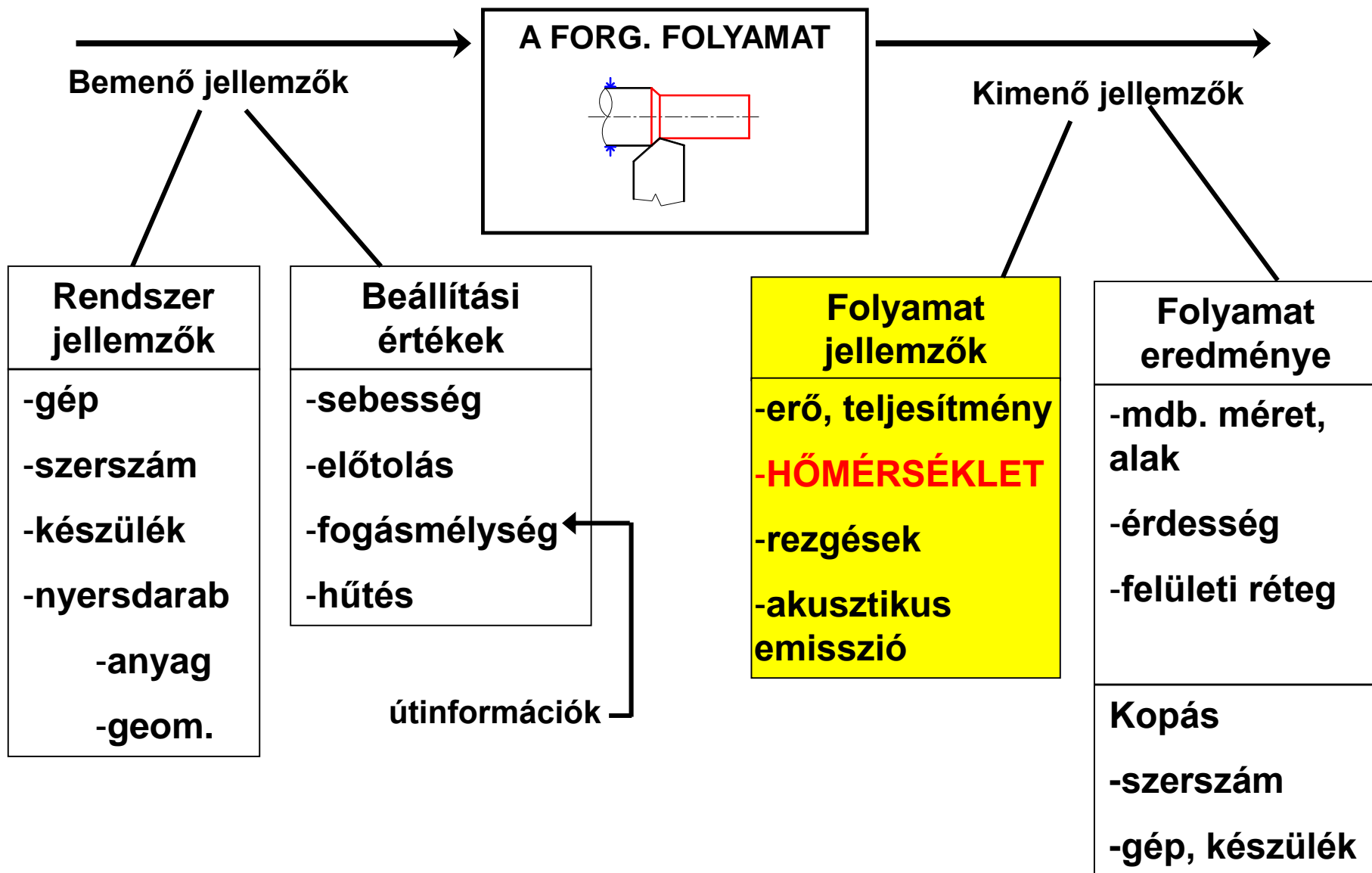
ELŐTOLÁSI TELJESÍTMÉNY:

$$P_f = F_f \cdot v_f$$

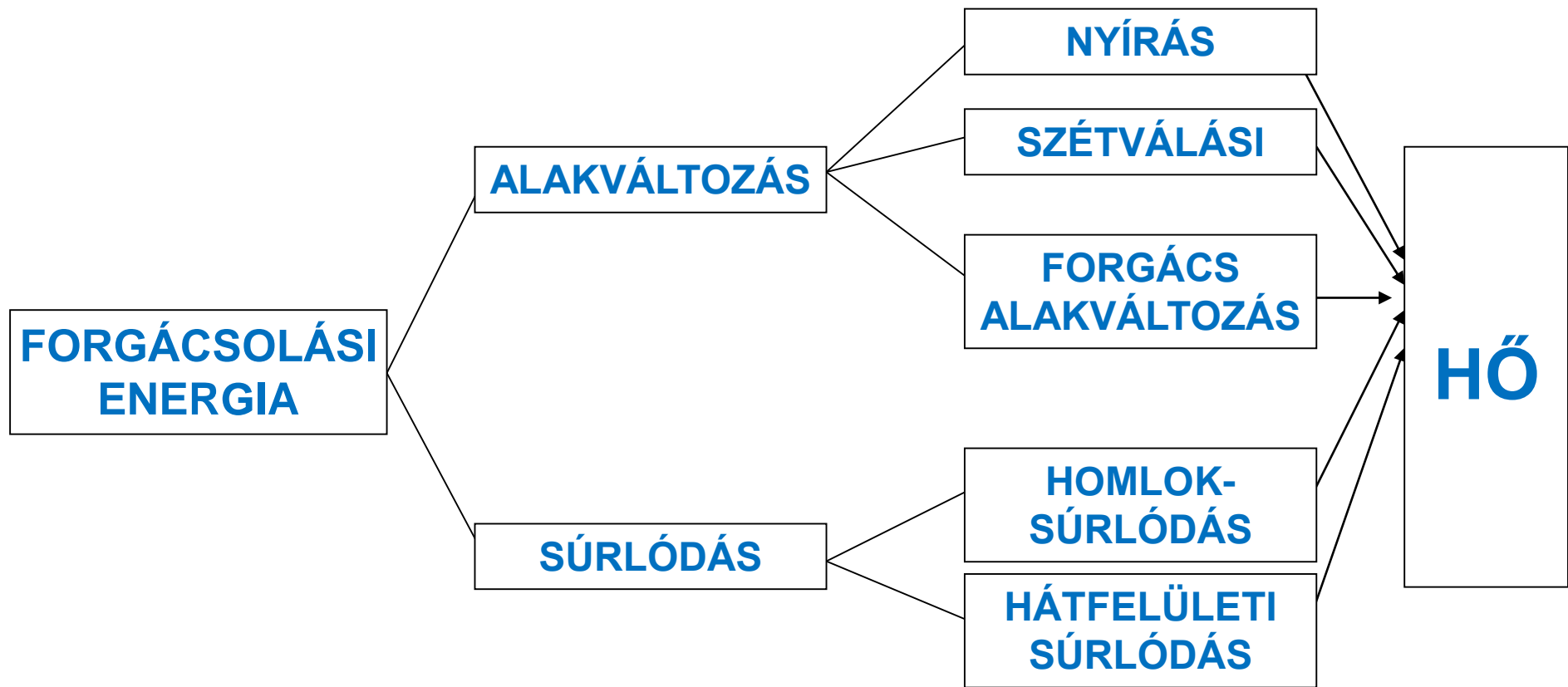
ÁLTALÁBAN: $V \gg v_f$

$$F_v > F_f$$

Forgácsolási hőmérséklet



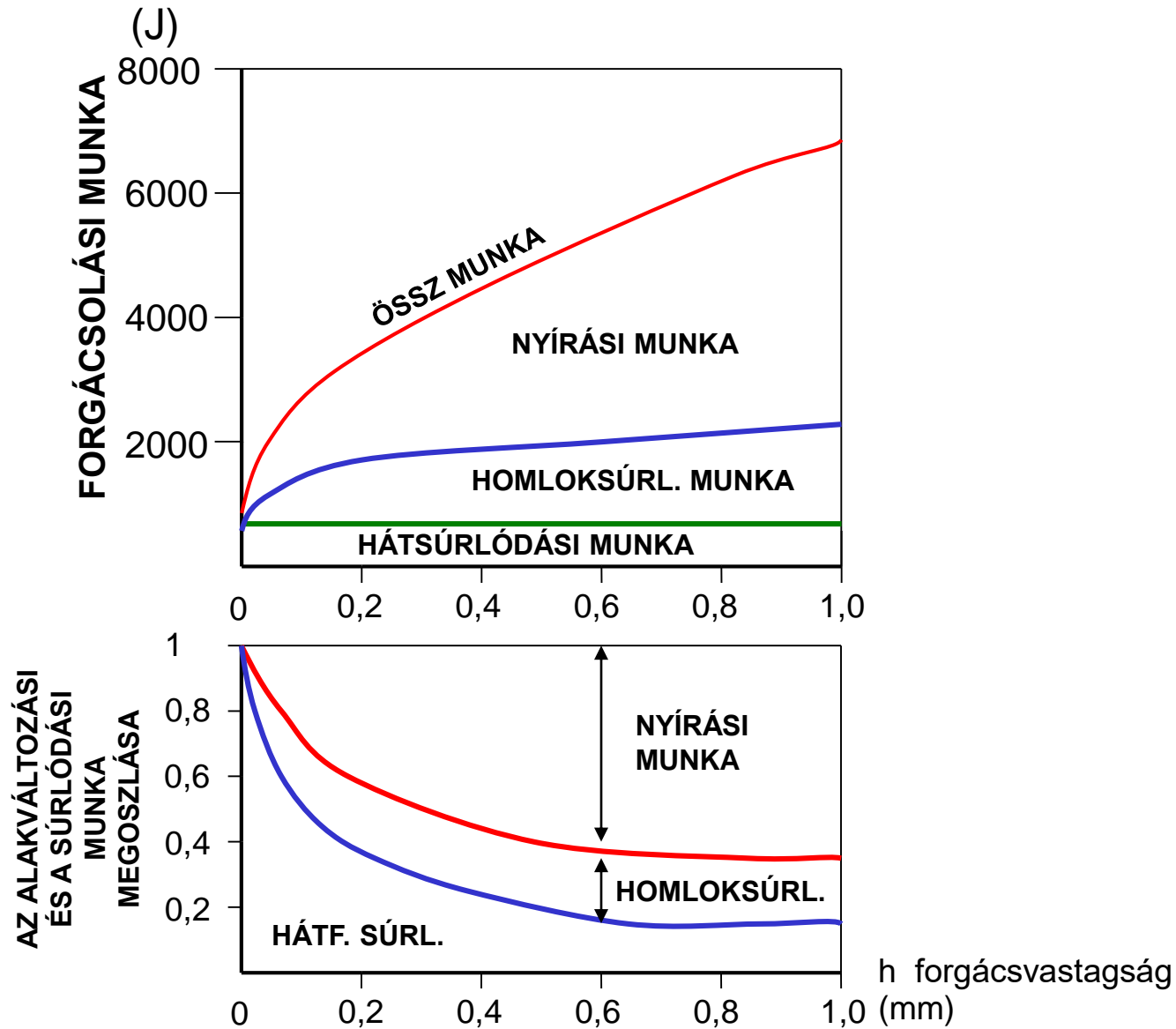
FORGÁCSOLÁSI HŐ



$$U_{\text{FORG}} = U_{\phi} + U_{\text{SZ}} + U_{\text{F}} + U_{\gamma} + U_{\alpha}$$

$$U_{\phi} + U_{\gamma} + U_{\alpha} \gg U_{\text{SZ}} + U_{\text{F}} \text{ (ELHANYAGOLHATÓK!)}$$

FORGÁCSOLÁSI HŐ



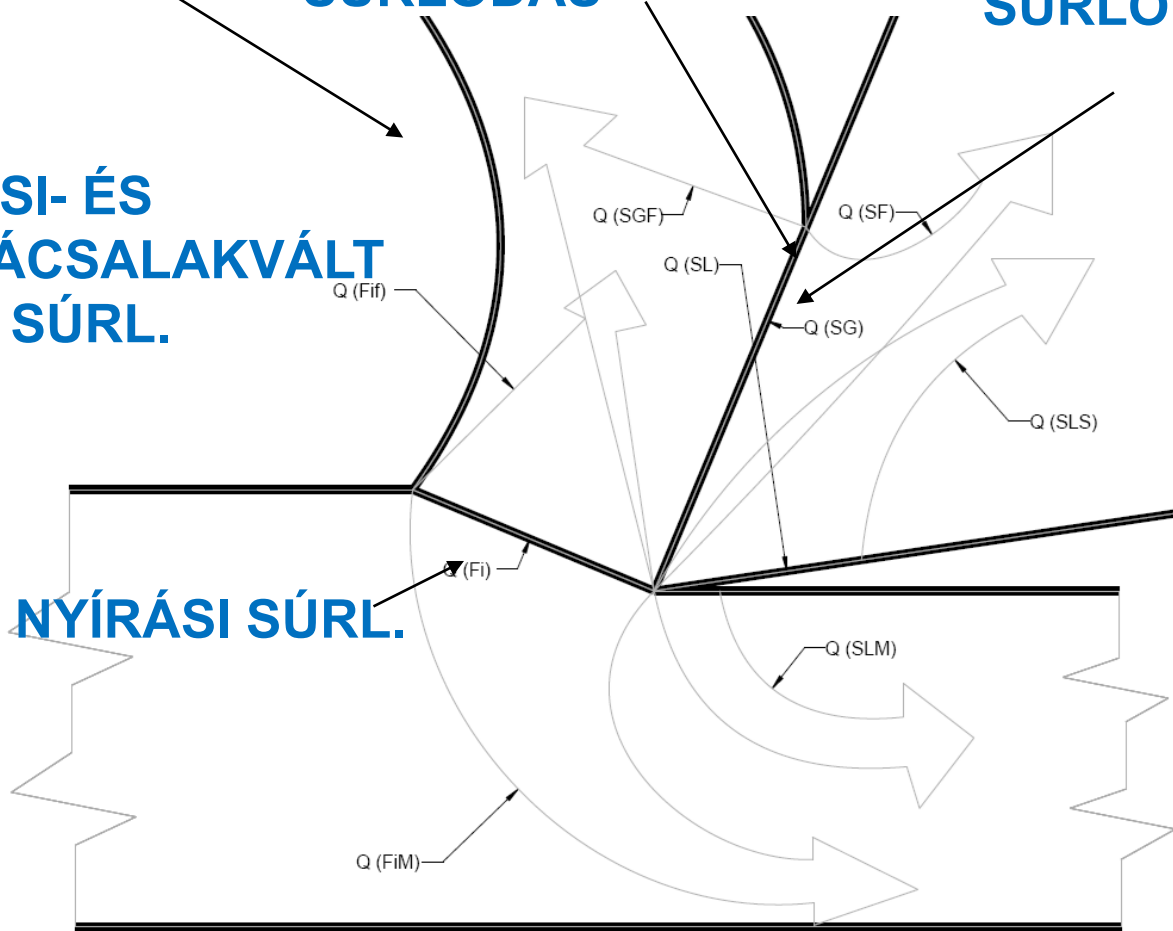
FORGÁCSOLÁSI HŐ

SUGÁRZÓ HŐ

HOMLOKFELÜLETI
SÚRLÓDÁS

HOMLOKFELÜLETI ÉS
FORGÁCSALAKVÁLT.
SÚRLÓDÁS

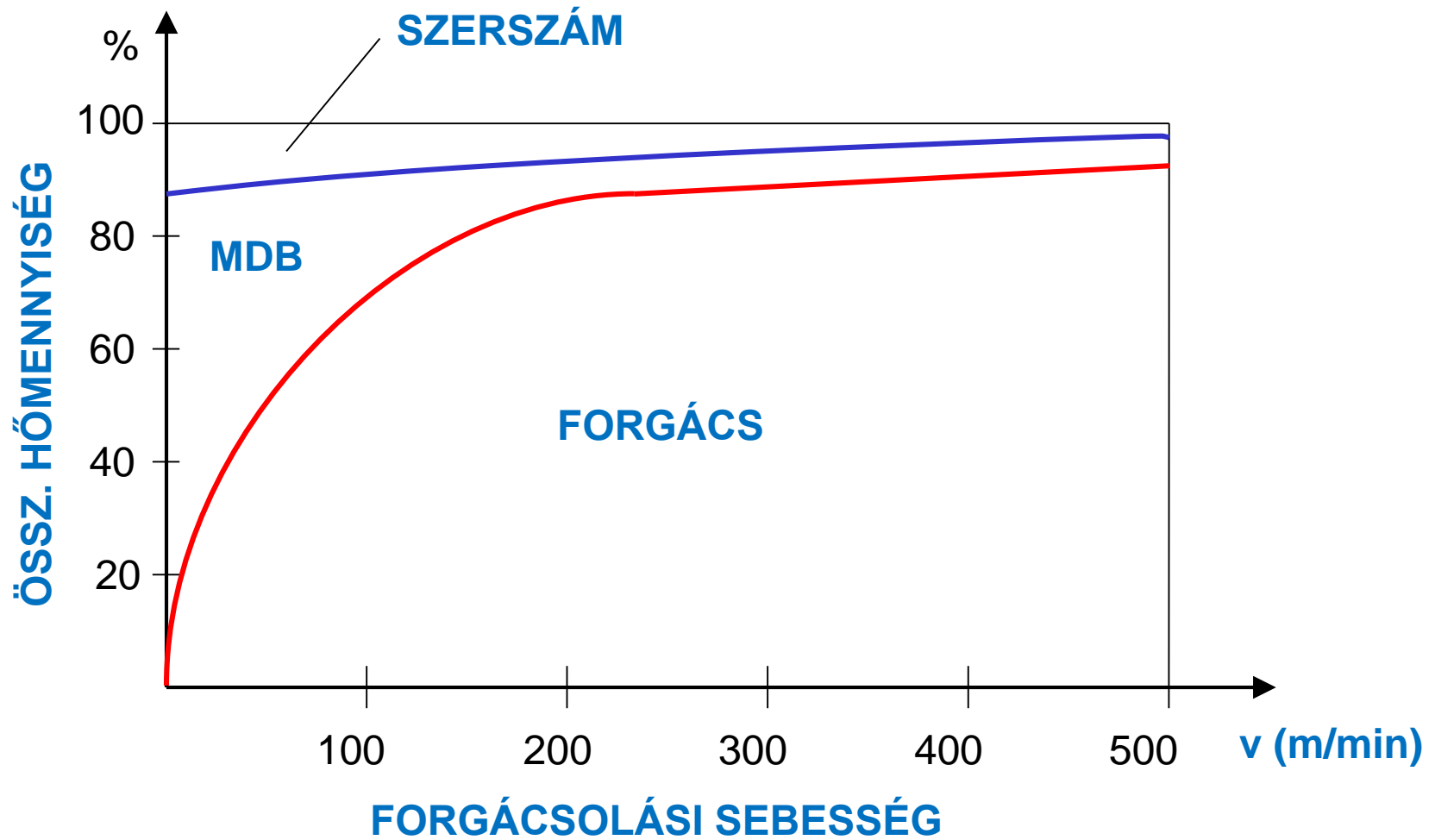
NYÍRÁSI- ÉS
FORGÁCSALAKVÁLT
OZÁSI SÚRL.



NYÍRÁSI SÚRL.

HÁTFELÜLETI ÉS SZÉTVÁLÁSI
SÚRLÓDÁS

HŐELOSZLÁSI ARÁNYOK A FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉG FÜGGVÉNYÉBEN



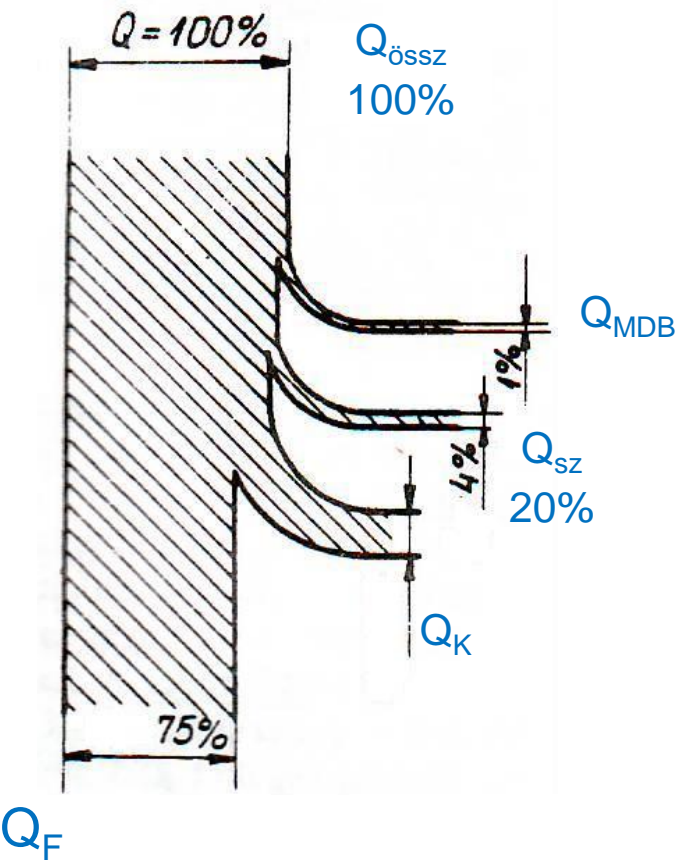
A forgácsolás hőmérséklete alatt az érintkező felületek közepes hőmérsékletét értjük

HŐ HATÁSA:

- ❖ **MDB – MÉRET, ALAK, FELÜLETI RÉTEG VÁLTOZÁS**
- ❖ **SZERSZÁM – KEMÉNYSÉG, ÉLTARTAM CSÖKKEN**
- ❖ **SZERSZÁMGÉP – MEGMUNKÁLÁSI PONTOSSÁG CSÖKKEN**

HŐELOSLÁS FÜGG:

- ❖ **FORGÁCSOLT ANYAG (HŐVEZETŐ KÉPESSÉG)**
- ❖ **FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉGTŐL**



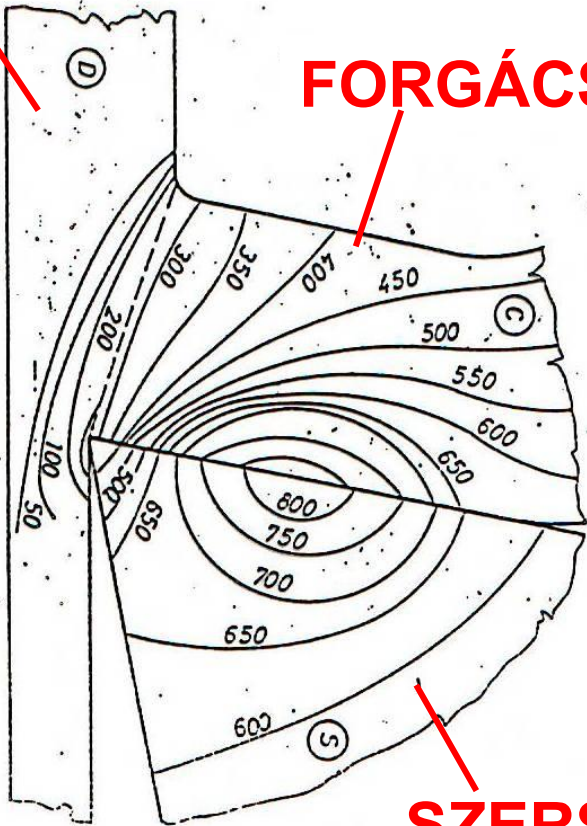
(acél $R_m = 630 \text{ N/mm}^2$)

FORGÁCSOLÁSI HŐ

MDB.

FORGÁCS

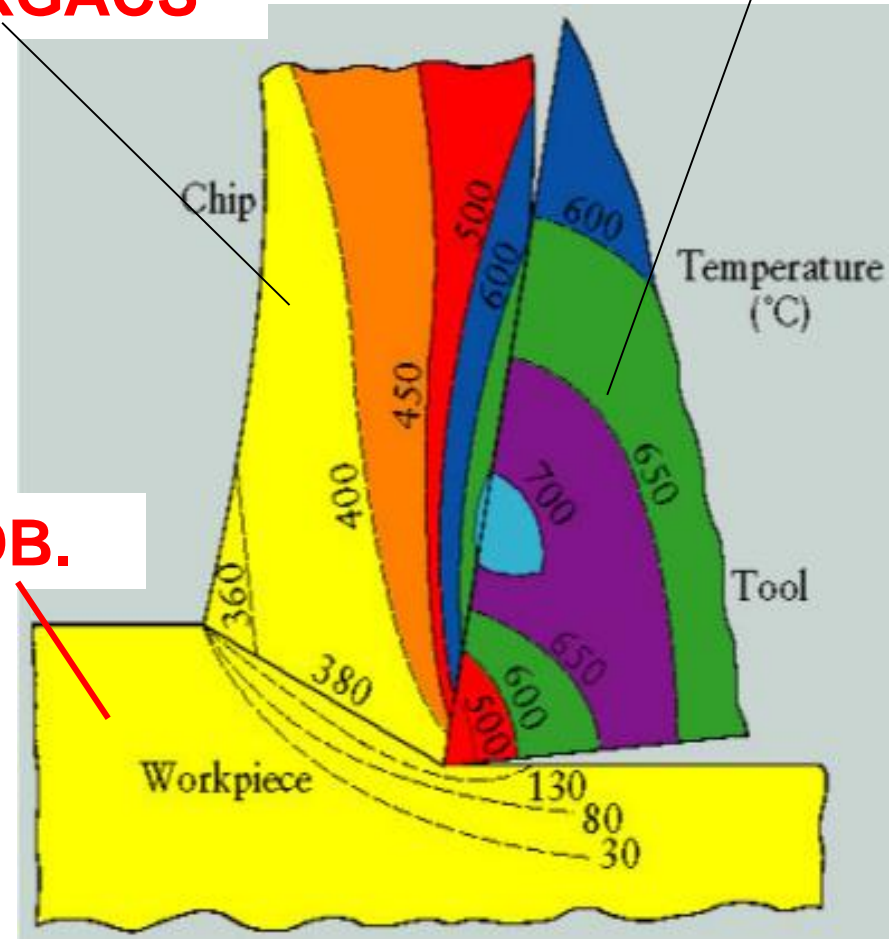
SZERSZÁM



FORGÁCS

SZERSZÁM

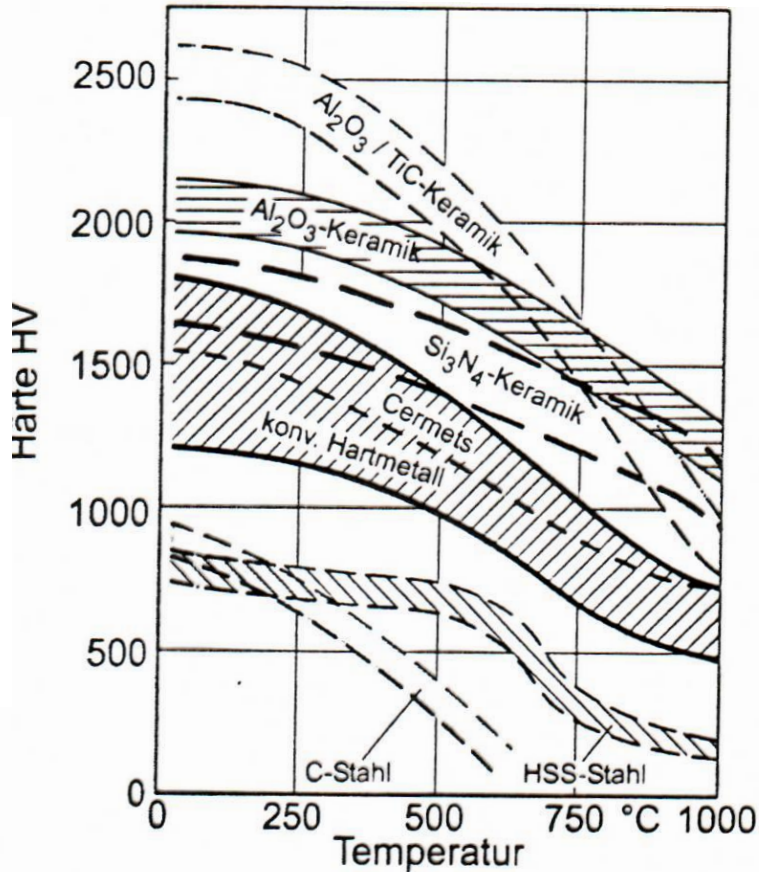
MDB.



HŐELOSZLÁS

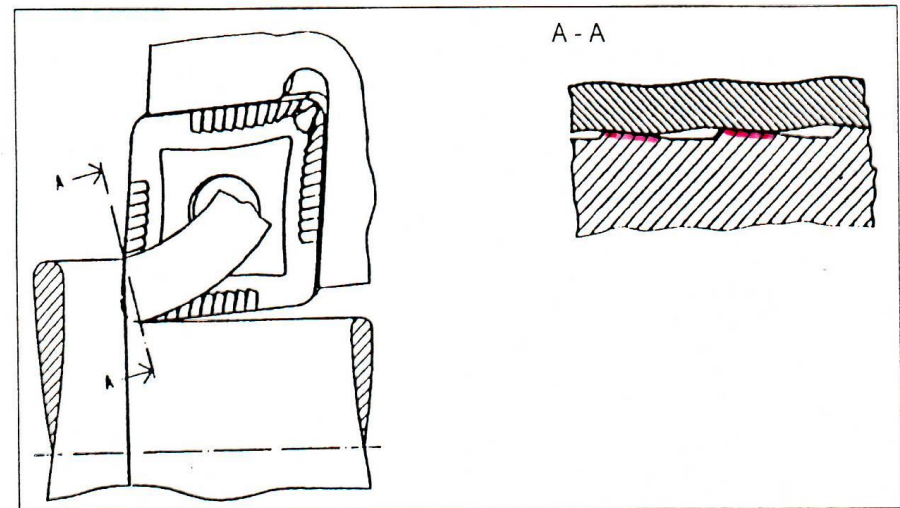
SZERSZÁM ÉLANYAGOK MELEGKEMÉNYSÉGE

KEMÉNYSÉG HV



HŐMÉRSÉKLET

HŐÁTADÓ FELÜLET CSÖKKENTÉSE

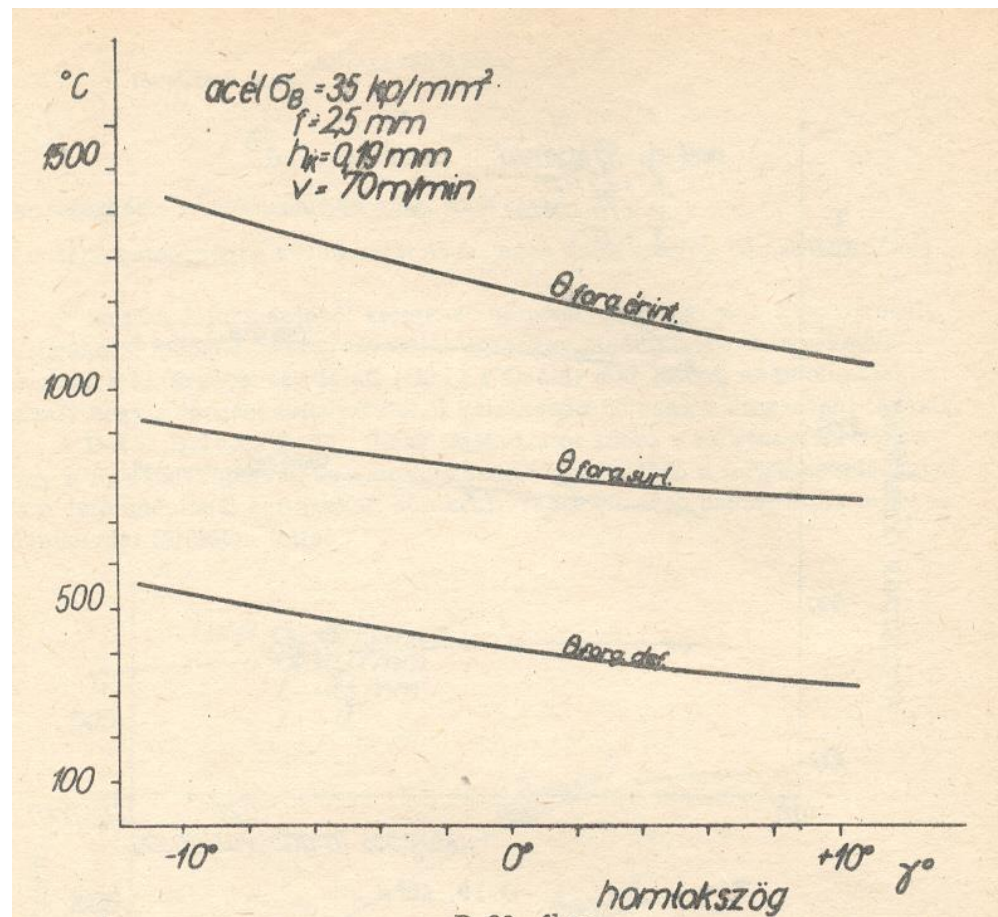


A forgácsolási hőmérséklet befolyásolása

- A fogásban lévő élvonalhossz növelésével javul a szerszámba irányuló hőátadás.
- A forgácsvastagság növelésekor megnövekszik a forgács nyomása a szerszámon és nagyobb lesz a szerszám homloklapján a forgács súrlódó felülete is. *Emiatt a közepes forgácsvastagság növekedése jelentősebb mértékben hat a forgácsolási hőmérsékletre, mint a forgácsszélesség változása.*
- A forgácsolási hőfok nagyságára hatással van a szerszám kiképzése is. *A szerszám főélelhelyezési szögének növelésével a fogásban lévő élvonalhossz rövidül, ezáltal - a hőátadás gyengülése miatt - a forgácsolási hőfok nő.*

Homlokszög hatása a hőmérsékletre

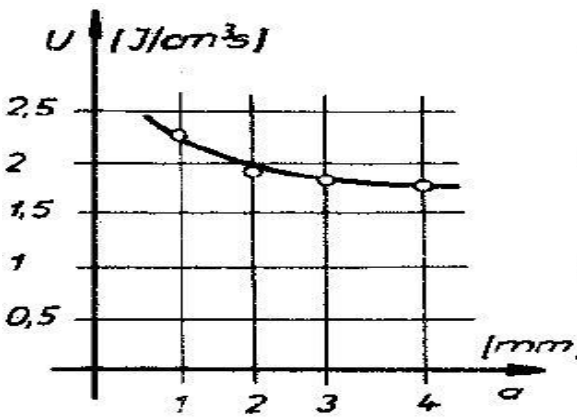
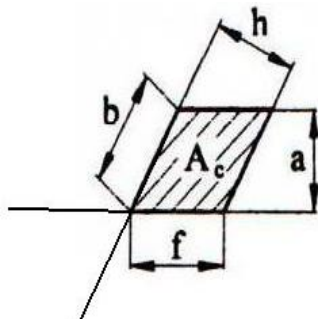
➤ Mivel a homlokszög növelésével **csökken** a forgácsleválasztáshoz szükséges **forgácsolási energia**, **csökken** a **fejlődő hő** mennyisége is. Azonban **kisebb** lesz a szerszám **ékszöge**, ami lerontja a hővezetést. A két hatásból általában a hőforrás energiájának csökkenése dominál.



A forgácsolási hőmérséklet befolyásolása

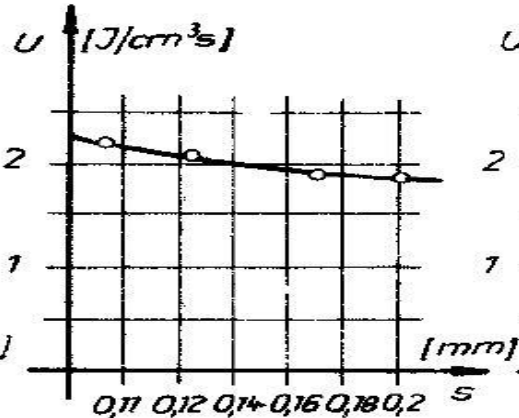
A forgács hőtartamát a forgácsolási adatok eltérően befolyásolják.

A forgács 1cm^3 -ében időegység alatt távozó hőmennyiség a fogásmélység, az előtolás és a forgácsolási sebesség függvényében változik.



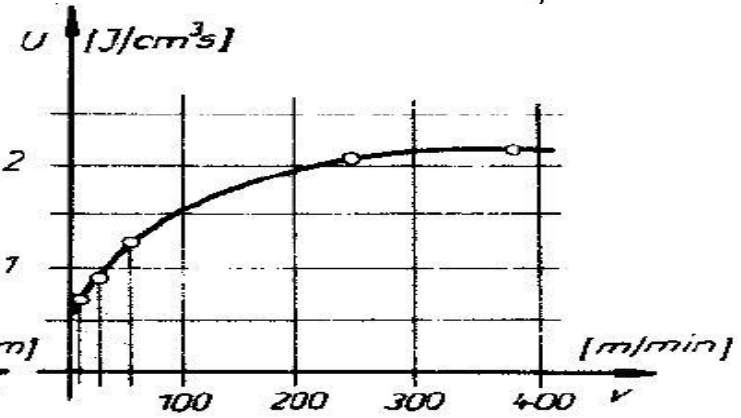
C40
 $s = 0,125$
 $v = 200$

a)



$a = 1,5$
 $v = 200$

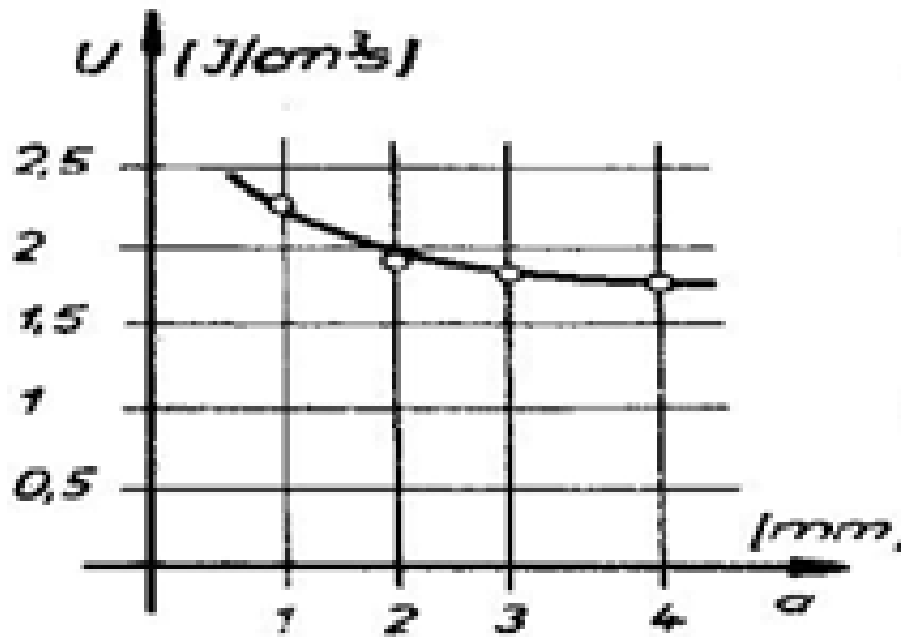
b)



$a = 1,5$
 $s = 0,125$

c)

A forgácsolási hőmérséklet befolyásolása

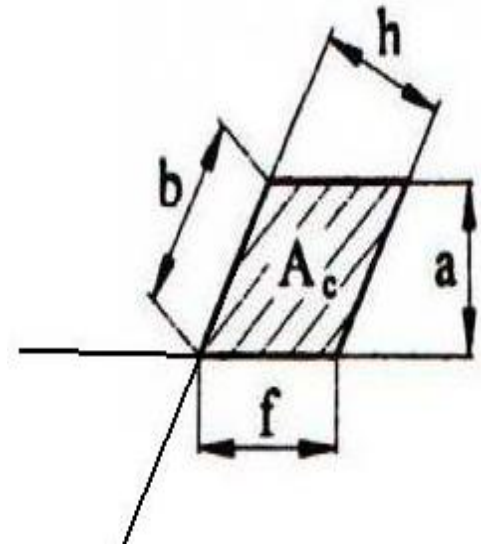


C40

$s = 0,125$

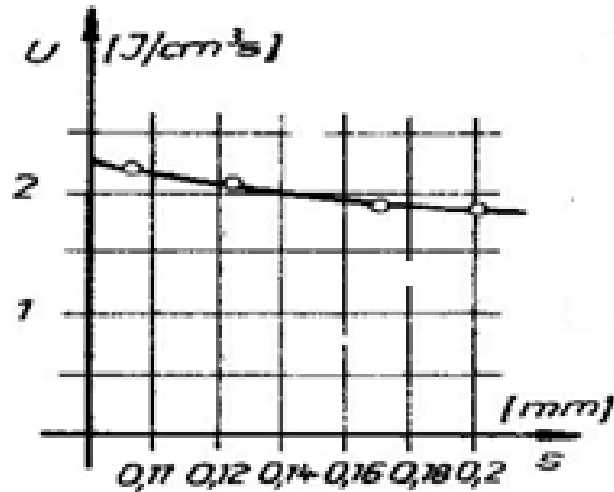
$v = 200$

a).



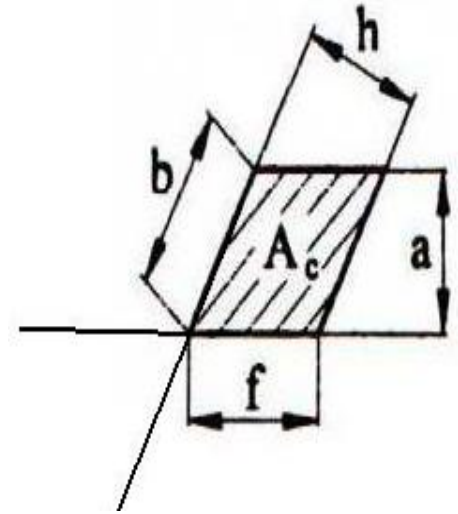
A fogásmélység (a), azaz a fogásban lévő élvonalhossz (b) növekedésével a forgácsba jutó fajlagos hőmennyiség csökken.

A forgácsolási hőmérséklet befolyásolása



$$a = 1,5$$
$$v = 200$$

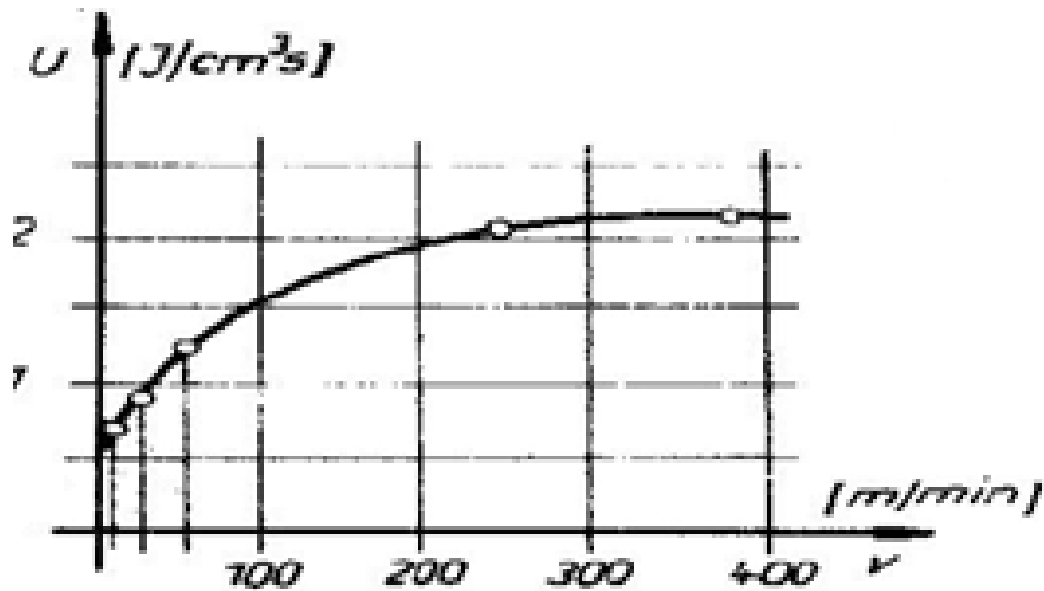
b)



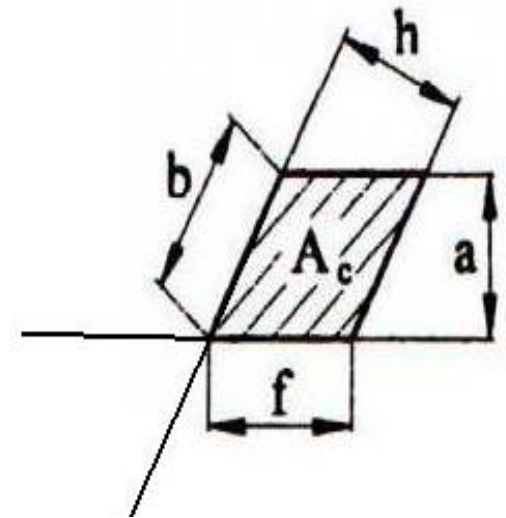
Az előtolás (s , illetve f), azaz a közepes forgácsvastagság (h) növelésével a hőáram nem változik meg jelentősen.

Előző két ábrából következik, hogy a forgácskeresztmetszetet meghatározó méretek (a és s) növekedésekor a forgács közepes hőmérséklete nem változik meg lényegesen.

A forgácsolási hőmérséklet befolyásolása



$$\sigma = 1,5$$
$$s = 0,125$$



A **forgácsolási sebesség** (v) növelésével a forgácsba jutó fajlagos hőmennyiség növekszik.

A **forgácsolási sebesség** növelésekor a forgács közepes hőmérséklete intenzíven nő, de egy bizonyos határ után a növekedés lelassul.

A forgácsolási hőmérséklet meghatározása

A forgácsolási hőmérséklet hatásosan **csökkenthető hűtőfolyadék felhasználásával**. Nemcsak az a jelentősége, hogy hőelvonással **csökkenti a szerszámél hőfokát**, hanem az adott hűtőközegtől függően **kenőhatást is kifejt**, amely **csökkenti a súrlódást** a szerszám és a forgács, illetve a szerszám és a munkadarab között. Adott forgácsolási esetre legmegfelelőbb hűtőközeg kiválasztását és mennyiségét **kísérletileg célszerű meghatározni**.

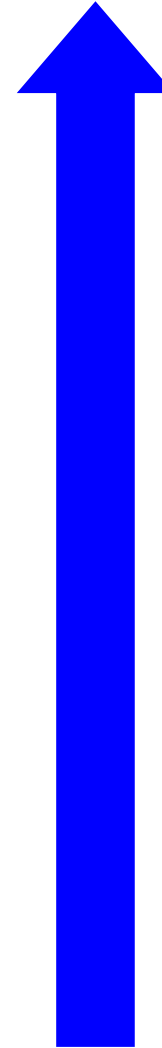
HŰTÉS – KENÉS

**FORGÁCSOLÁSI
SEBESSÉG**



**KÖSZÖRÜLÉS
ESZTERGÁLÁS
MARÁS
FÚRÁS
ÜREGELÉS
MÉLYFÚRÁS
FŰRÉSZELEÉS
PALÁSTMARÁS
MENETVÁGÁS
MENETFORMÁZÁS**

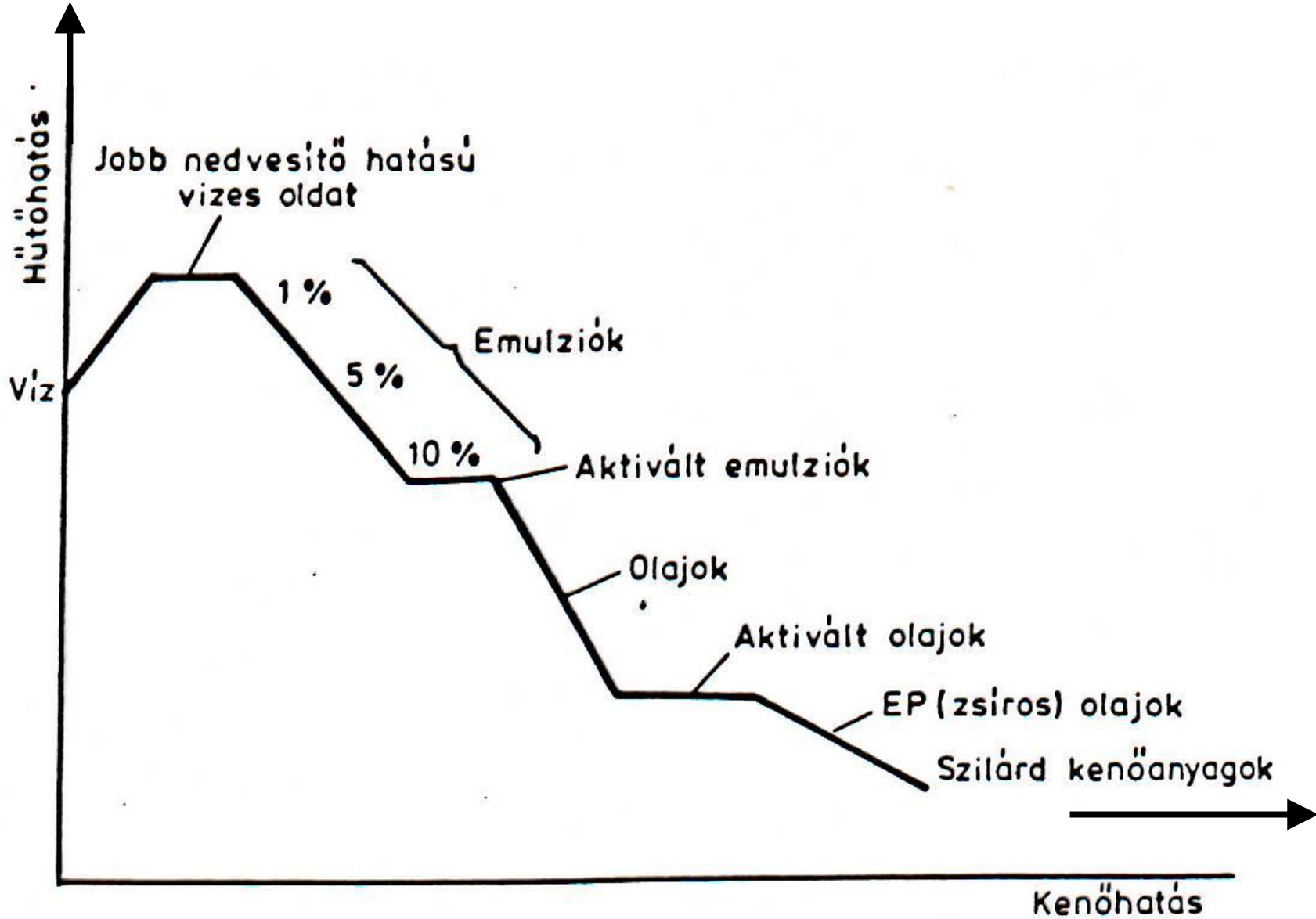
**SZÜKSÉGES
HŰTŐHATÁS**



**SZÜKSÉGES
KENŐHATÁS**



HŰTÉS – KENÉS



HŰTÉS – KENÉS

KÖRNYEZET KÍMÉLŐ HŰTŐ-KENŐ FOLYADÉK ALKALMAZÁS

Hűtő-kenő folyadék mellőzése

- Száraz megmunkálás

Hűtő-kenő folyadék módosítása

- Emulzió helyettesítése
- Minőség javítás (Növényolaj)
- Szintetikus anyag

Hűtő-kenő folyadék csökkentése

- Belső hűtés
- Adagolt hozzávezetés
- Szűrés optimalása

Hűtő-kenő folyadék mara- dék nélküli felhasználása

- Minimál hűtés

Hűtő-kenő folyadék megsemmisítése

- Üzemen belül
- Külső cégnél

HŰTÉS – KENÉS

INTENZÍV HŰTÉS-KENÉS

MENNYISÉG
+ NYOMÁS
NÖVELÉSE

MENNYISÉG
CSÖKKENTÉSE
MINIMÁLKENÉS

SZÁRAZ FORGÁCSOLÁS

MINIMÁLKENÉS (MMS, MML)

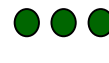
**A LEHETŐ LEGKEVESEBB,
DE MÉG ELÉGSÉGES**

**KENŐANYAG FELHASZNÁLÁSA
(2-50 ml/h)**

HŰTÉS – KENÉS

HŰTŐ-KENŐ ELJÁRÁSOK ÖSSZEHASONLÍ- TÁSA

ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTOK	ELÁRASZ- TÁSOS	MMS	SZÁRAZ FORG.
HŰTŐ HATÁS	● ● ●	○ ○ ●	○ ○ ○
KENŐ HATÁS	○ ○ ●	● ● ●	○ ○ ○
FORGÁCS SZÁLLÍTÁS	● ● ●	○ ○ ●	○ ○ ○
KORRÓZIÓVÉDELEM	● ● ●	○ ○ ●	○ ○ ○
MUNKADARAB TISZTÍTÁSA	○ ○ ○	○ ● ●	● ● ●
A FORGÁCS ÚJRAFELHASZNÁLHATÓSÁGA	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●
BERUHÁZÁSI KÖLTSÉG	○ ○ ●	○ ○ ○	● ● ●
ÜZEMELTETÉSI KÖLTSÉG	○ ○ ●	○ ○ ●	● ● ●
HŰTŐ-KENŐ ANYAG KARBANTARTÁS KÖLTSÉG	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●
ÁRTALMATLANÍTÁSI KÖLTSÉG	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●
HŰTŐ-KENŐ ANYAG KIHORDÁS	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●
EGÉSZSÉGÜGYI SZEMPONTOK	○ ○ ●	○ ● ●	○ ● ●



Igen
kedvező



Jó



Kevésbé jó



Nem
megfelelő

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!