

Gyártástechnológiai III

4. előadás

Forgácsoló erő és teljesítmény

Előadó: Dr. Szigeti Ferenc
főiskolai tanár

Forgácsoló erő és teljesítmény

Fontossága: forgácsoló erő és teljesítmény alapján történik:

- szerszámgépek és szerszámok szilárdsági és merevségi méretezése,
- mdb. pontosságának számítása,
- szerszámgépek villamos teljesítmény-szükségletének meghatározása.

F : forgácsoló erő: a szerszámra vagy a mdb.-ra ható megoszló térbeli erő, komponensekre bontható (koncentrált erőként számítjuk).

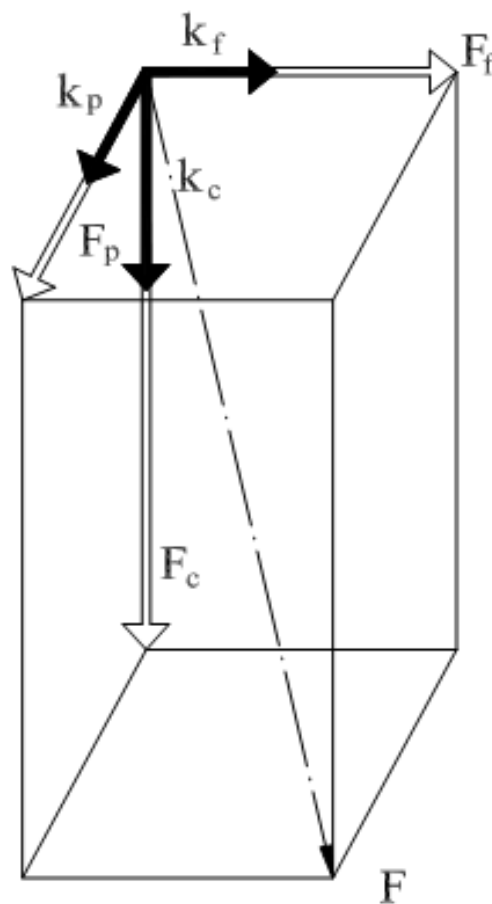
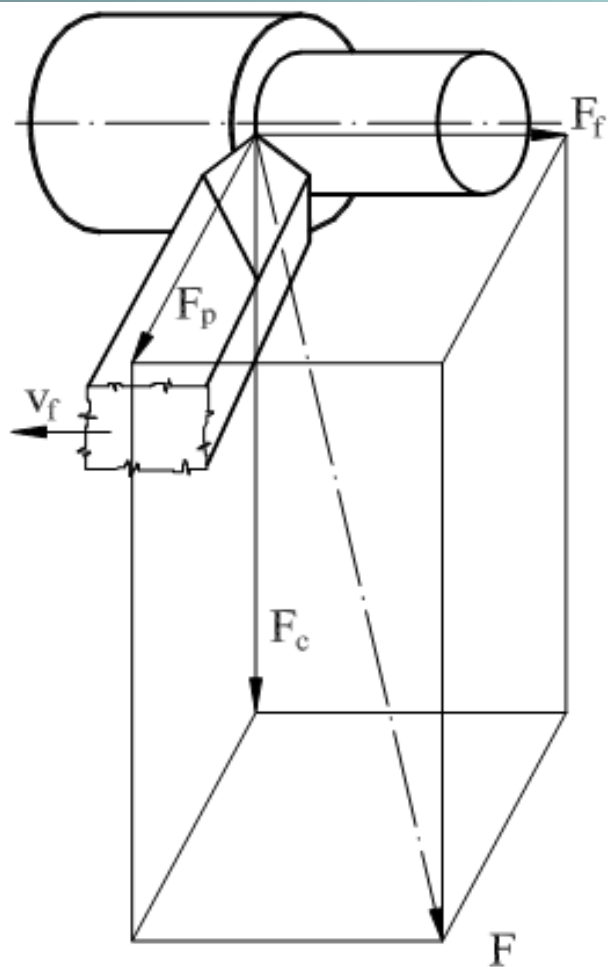
F_c: főforgácsoló erő: a forgácsolás irányába eső, legnagyobb, mértékadó erő.

F_f: előtolás irányú erő: legkisebb, az előtoló hajtómű teljesítmény szükségletének meghatározásához szükséges.

F_p: fogásvétel irányú erő (passzív erő): forgácsolás közben elmozdulás nincs, teljesítményigénye nincs, de a mdb. és a szerszám igénybevétele szempontjából nem elhanyagolható.

$$F_f \cong \frac{1}{8} F_c \quad F_p \cong \frac{1}{3} F_c \quad F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2} \quad F_c = k_c \cdot A_c = k_c \cdot f \cdot a_p [\text{N}]$$

Számítással meghatározhatók (közelítően), ill. pontosan mérhetők.



$$F_c = k_c A_c$$

$$F_f = k_f A_c$$

$$F_p = k_p A_c$$

$$A_c = \text{forgács-keresztmetszet}$$

Forgácsoló erő és komponensei

A fajlagos forgácsolási ellenállás (k_c)

- k_c : fajlagos forgácsolási ellenállás [N/mm^2] : 1 mm^2 forgács leválasztásához szükséges erő. $k_c = f(\text{anyag}, h, \gamma, v_c, A_c)$.
- leggyakrabban az F_c főforgácsoló erőre van szükség (szerszámgép kiválasztása, kés szárkeresztmetszet meghatározása)

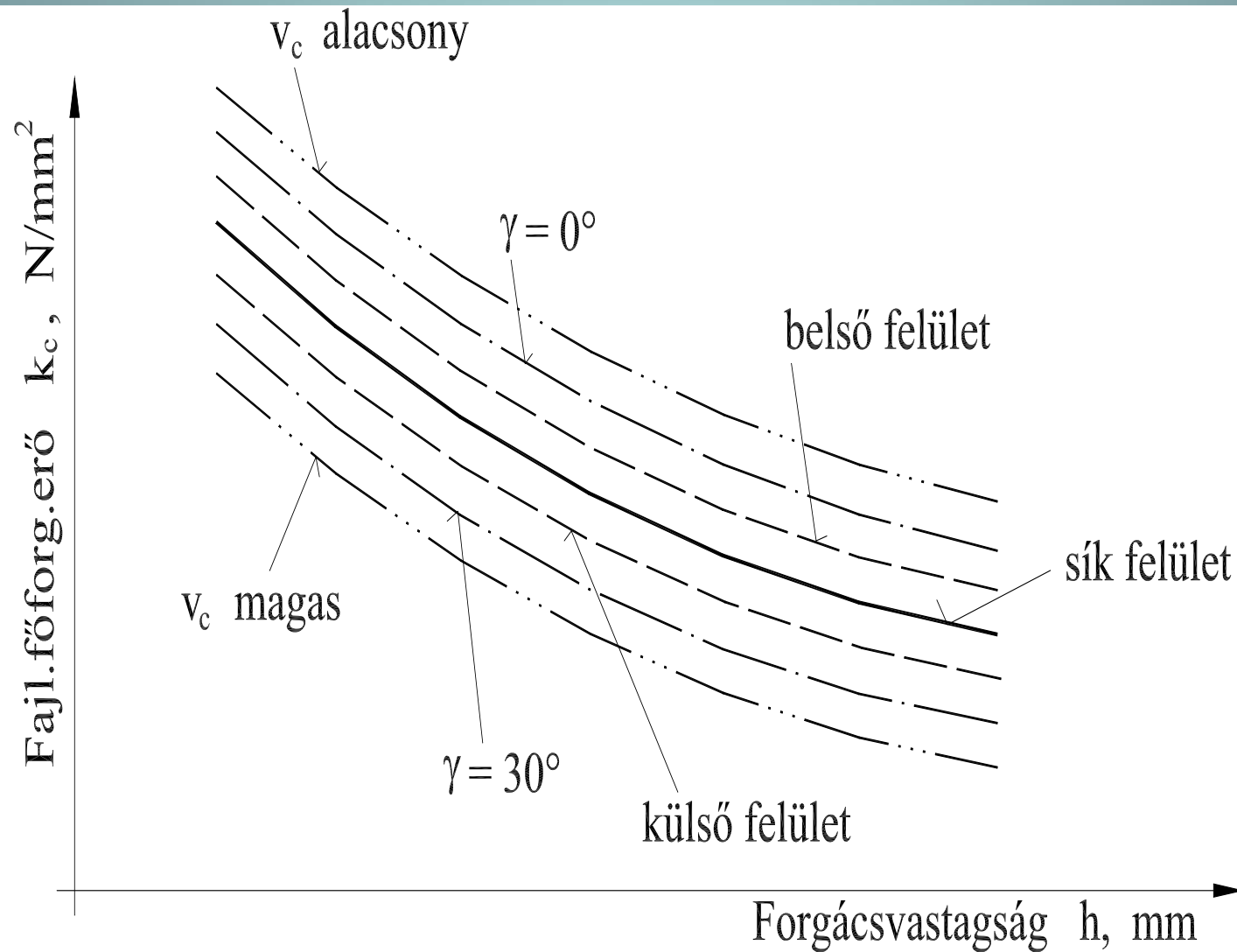
$k_c = (2,5-4,5) R_m$ (szívós anyagokra, acélra)

$k_c = (0,5-1) HB$ (rideg anyagokra, öntött vasra)

(Preger: $k_c = 4$ ($h=0,8\text{mm}$) – 6 ($h=0,2\text{mm}$) R_m)

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z}$$

$k_{c1.1}$; $z = \text{fgv. (anyag)}$

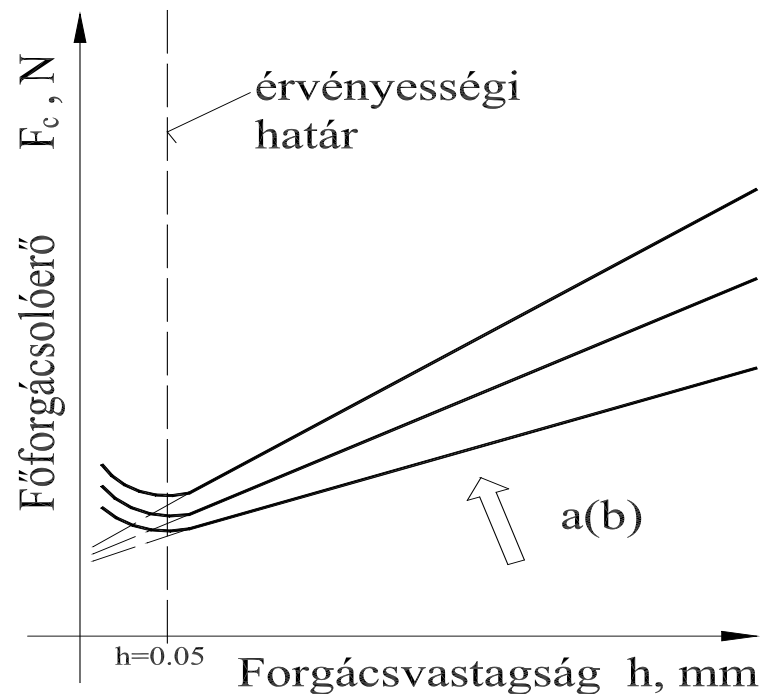
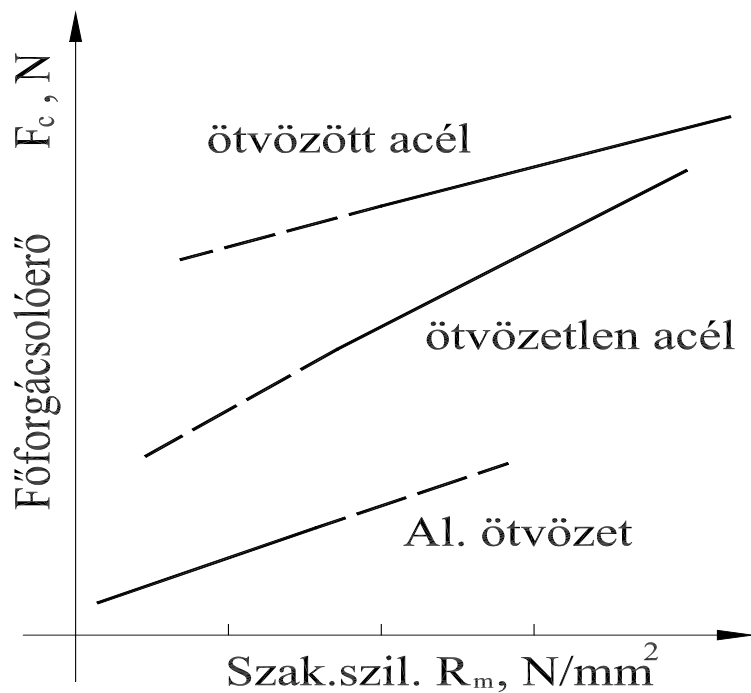


A k_c a forgácsvastagsággal exponenciálisan változik

A forgácsolóerőt befolyásoló tényezők

- 1.A munkadarab anyaga
- 2.Forgácsvastagság (előtolás)
- 3.Forgácsszélesség (fogásmélység)
- 4.Forgácsarány
- 5.Homlokszög
- 6.Szerszám elhelyezési szög
- 7.Forgácsoló sebesség
- 8.A szerszám anyaga
- 9.Hűtés-kenés
- 10.Szerszámkopás

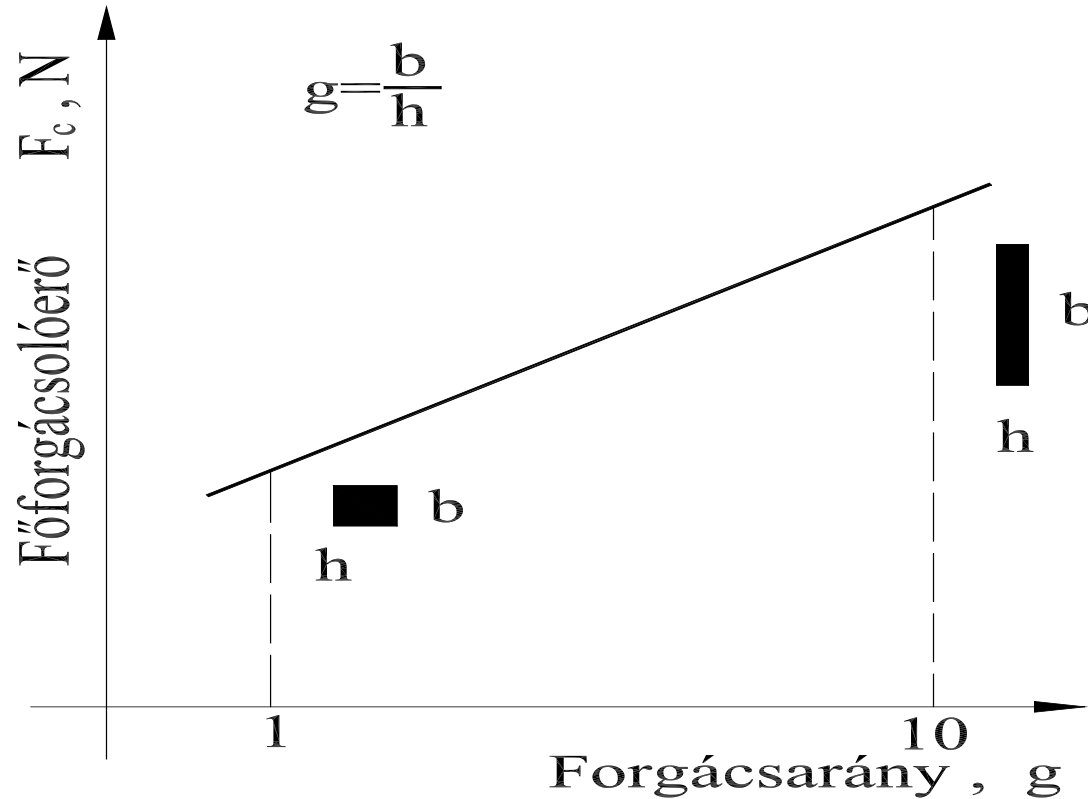
A munkadarab anyagának hatása



A főforgácsolóerő az anyag szakítószilárdságának függvényében

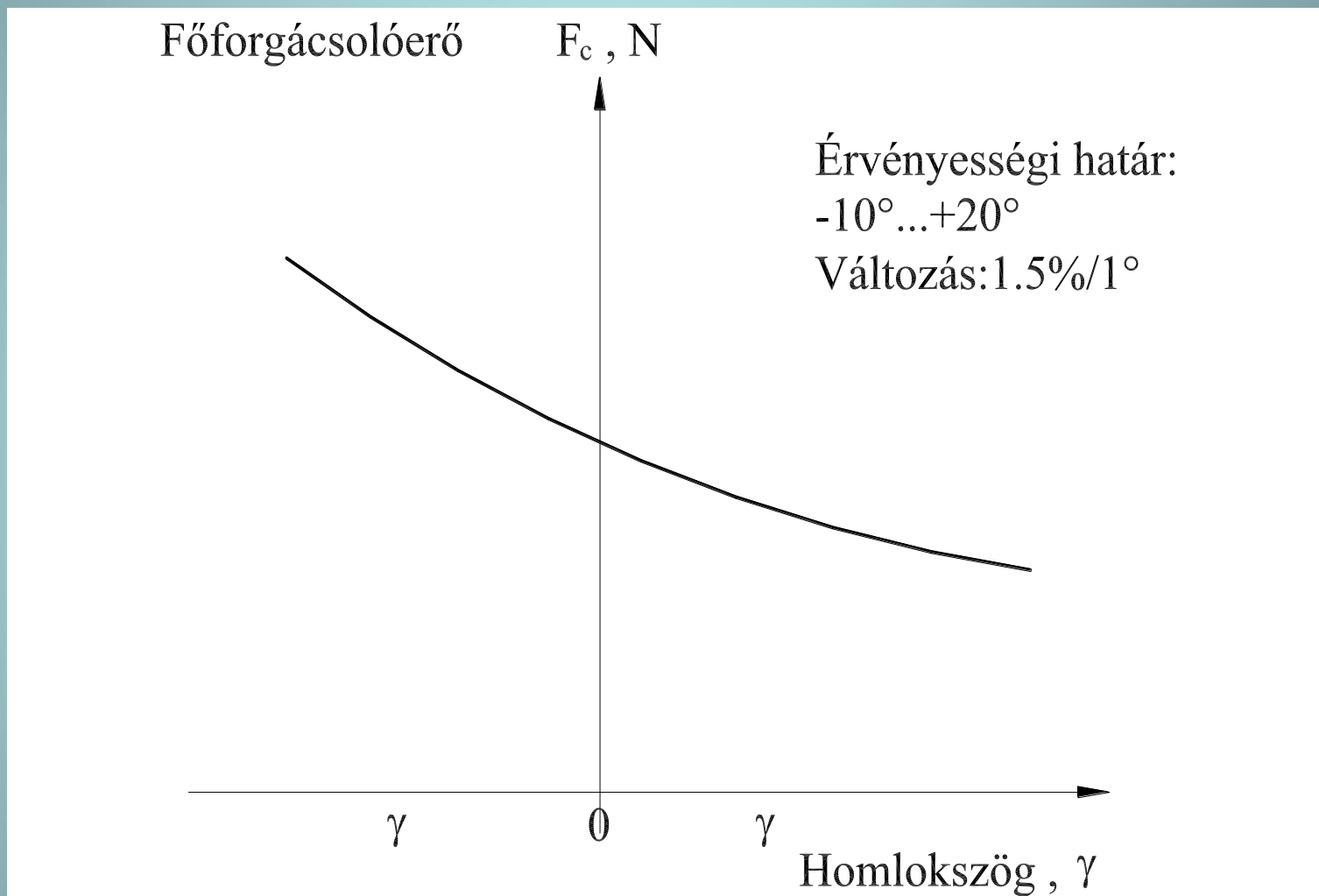
A főforgácsolóerő és a forgácsvastagság összefüggése

A forgácsvastagság, a forgácsszélesség, a forgácsarány befolyásolja a forgácsolóerőt



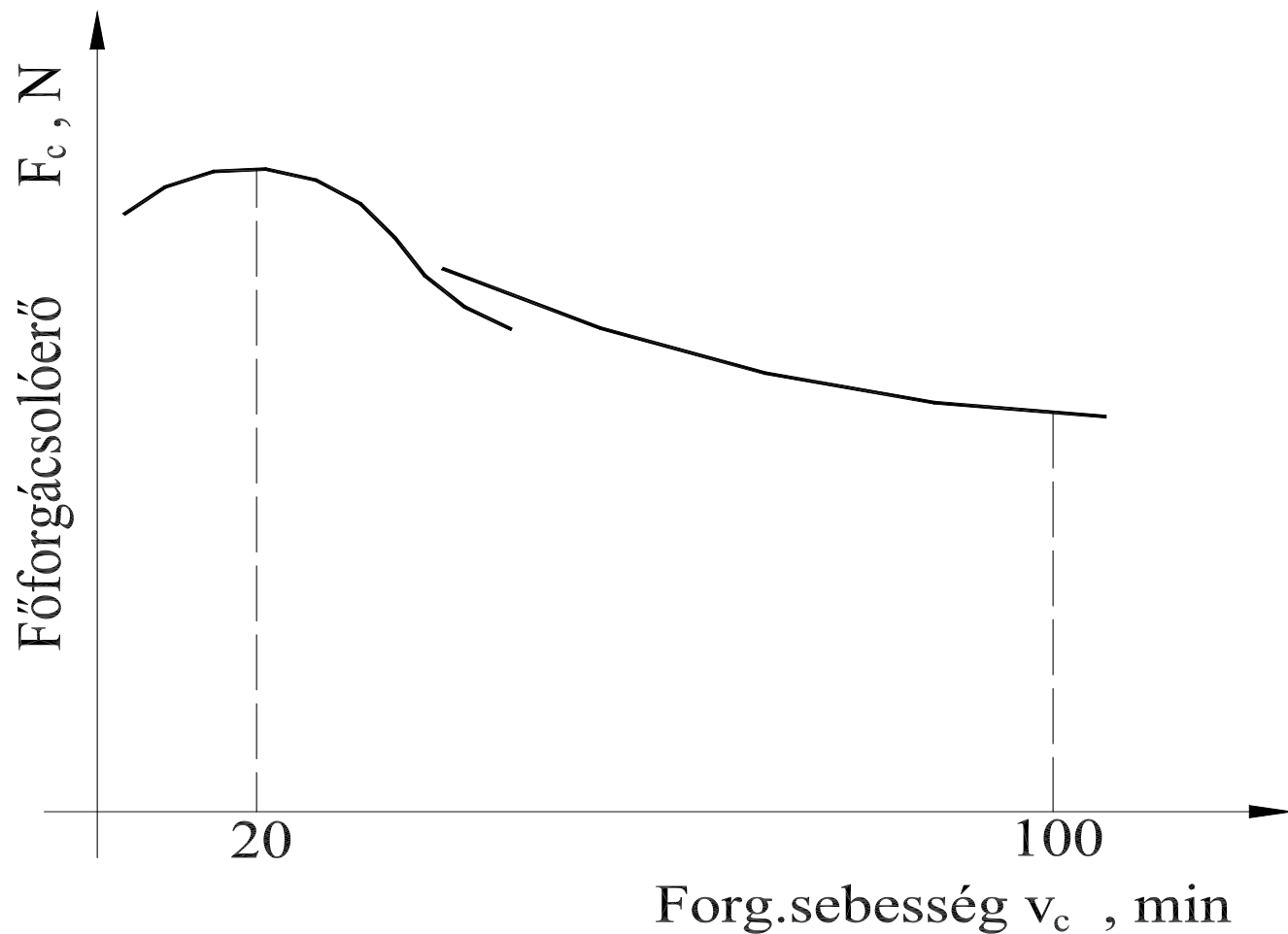
A főforgácsolóerő és a forgácsarány összefüggése

A homlokszög befolyása

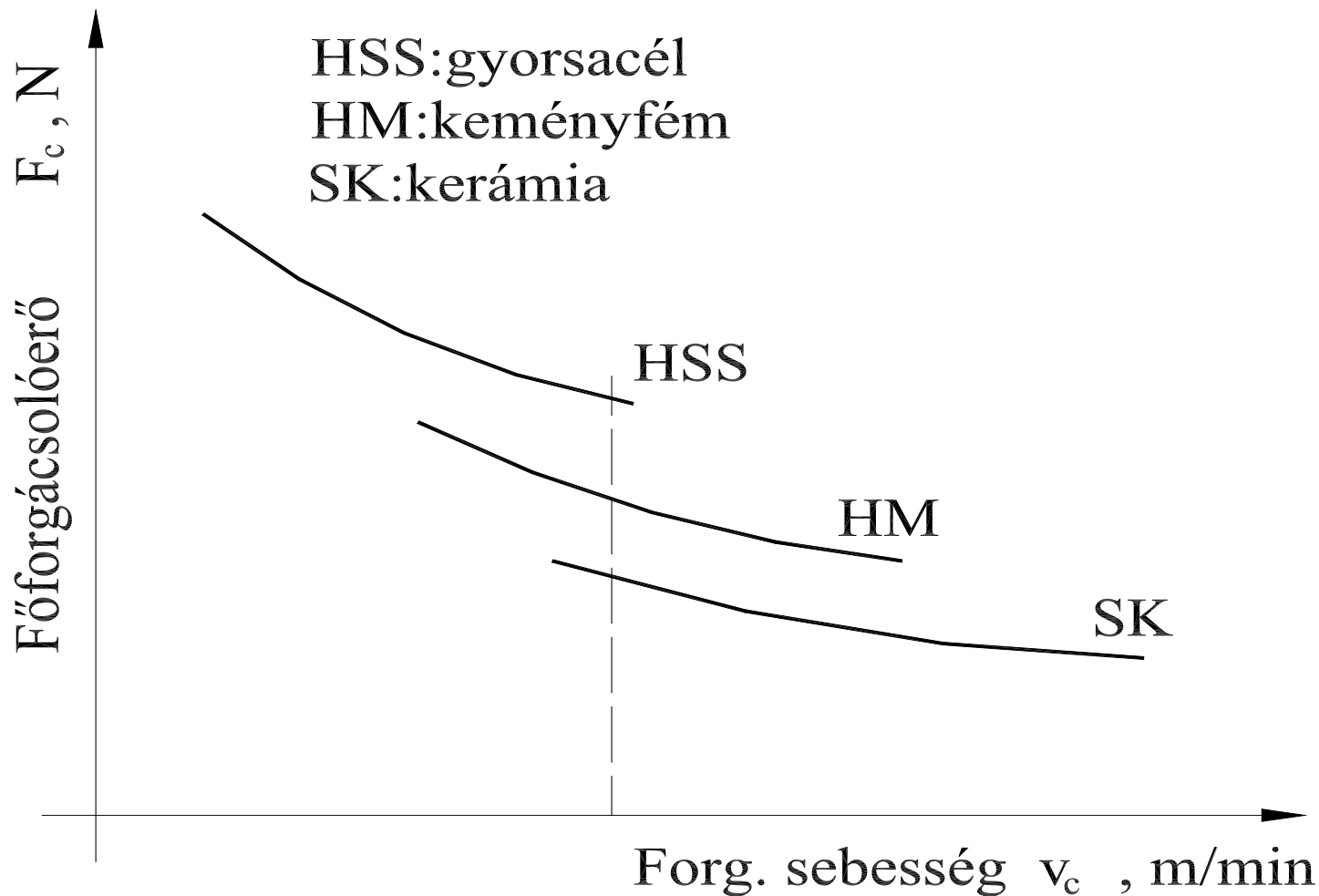


A főforgácsolóerő és a homlokszög összefüggése

A főforgácsolóerő és a forgácsolósebesség összefüggése



A főforgácsolóerő különböző szerszámanyagoknál



A hűtés-kenés hatása: 10...15%-kal csökken a forgácsolóerő a szárazon való megmunkáláshoz viszonyítva. Keményfémeknél és kerámiáknál inkább szárazon dolgozunk a közismert hősokkérzékenyséjük miatt.

A szerszámkopás befolyása: igen jelentős, a forgácsoló erőt 30-50%-al is növelheti.

Forgácsolóerő számítása

Kienzle és Viktor-féle erőszámítási módszer: alapja a fajlagos forgácsolóerő meghatározása.

A főforgácsolóerő általános képlete:

$$F_c = k_c \cdot A_c \text{ (N)}$$

amelyet vagy az

$$F_c = k_c \cdot a_p \cdot f \text{ (N)}$$

vagy pedig az

$$F_c = k_c \cdot b \cdot h \text{ (N)}$$

alakban alkalmazunk.

A bővített k_c képlet

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z}$$

A fajlagos főforgácsolóerő módosító tényezői

- homlokszög korrekció K_γ ;
- forgácsolósebesség korrekció K_v ;
- szerszámkopás korrekció K_k ;
- szerszámanyag korrekció K_s ;
- alak korrekció K_a .

A bővített k_c képlet:

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_k \cdot K_s \cdot K_a \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

A fajlagos főforgácsolóerő módosító tényezői

$$K_{\gamma} = \frac{109 - 1,5\gamma}{100} \quad \text{acélra, } \gamma = -5^{\circ} \dots +20^{\circ};$$

$$K_{\gamma} = \frac{103 - 1,5\gamma}{100} \quad \text{öntött vasra, } \gamma = -10^{\circ} \dots +15^{\circ};$$

$$K_v = \left(\frac{100}{v_c} \right)^{0,1} ;$$

$$K_k = 1,3 \dots 1,5 \text{ (éltartam végi állapot) ;}$$

$$K_s = 1,2 \rightarrow \text{HSS (gyorsacél) ;}$$

$$K_s = 0,9 \rightarrow \text{SK (kerámia) ;}$$

$$K_a = 1 \rightarrow \text{külső hengeres felület ;}$$

$$K_a = 1,05 + 1/d \rightarrow \text{belső hengeres felület ;}$$

$$K_a = 1,05 \rightarrow \text{sík felület .}$$

Kinzle-Viktor féle erőszámítási módszer

Táblázati adatok:

$$v_c = 90 \dots 125 \text{ m/p};$$

$$\text{Acélra: } \alpha_n = 5^\circ; \varepsilon = 90^\circ$$

$$\beta_n = 79^\circ; \kappa = 45^\circ$$

$$\gamma_n = 6^\circ; \lambda = 4^\circ$$

$$g > 4$$

$$r = 1 \text{ mm}$$

$$h = 0,1 \dots 1,4 \text{ mm}$$

$$\text{érvényes: } h = 0,05 - 2,5 \text{ mm}$$

Munkadarab		$k_{c1.1}$ $\frac{N}{mm^2}$	z	$k_c, N/mm^2$ a h, mm függvényében				
anyaga	$R_m; HB$ N/mm^2			0,10	0,16	0,25	0,40	0,63
A50	560	1500	0,29	2940	3560	2250	1960	1720
A70	820	1600	0,32	3350	2880	2490	2140	1850
C15 lágyított	370	1480	0,28	2830	2480	2190	1920	1690
C35 lágyított	490	1440	0,32	3010	2590	2240	1930	1670
C35 normalizált	550	1520	0,27	2790	2460	2190	1930	1710
C45 lágyított	520	1420	0,25	2570	2280	2040	2820	1620
C45 normalizált	620	1570	0,24	2850	2520	2250	1990	1770
C45 nemesített	760	1580	0,25	2850	2520	2250	2000	1780
C60 lágyított	610	1610	0,24	2800	2500	2250	2010	1800
C60 normalizált	770	1690	0,22	2770	2500	2270	2060	1860
BNC5 lágyított	580	1446	0,27	2676	2360	2090	1580	1640
CM03 lágyított	630	1550	0,28	2960	2600	2290	2010	1770
CM0V1 lágyított	660	1530	0,24	1640	2360	2120	1900	1700
CM0V1 nemesített	1030	1500	0,26	2760	2440	2170	1920	1700
G03 lágyított	620	1730	0,28	3320	2900	2560	2240	1970
SZ1 lágyított	680	1580	0,25	2790	2490	2230	1980	1770
SZ2 lágyított	670	1850	0,27	2940	2590	2300	2030	1790
NK lágyított	940	1740	0,24	3070	2720	2390	2170	1930
NK nemesített	HB=3450	1920	0,24	3310	2950	2660	2380	2100
K011	HB=2480	2500	0,25	4430	3950	3540	3140	2810
K032	HB=1570	1600	0,32	3480	2880	2500	2140	1850
Öv25	HB=1960	1160	0,25	2110	1870	1660	1740	1300
Öv30	HB=2250	1200	0,26	2180	1930	1720	1520	1350

A táblázat értékei éles ($V_B = 0$ mm) keménység szerszámmal (szívós anyaghoz $\gamma_n = 6^\circ$, rideg anyaghoz $\gamma_n = 2^\circ$); $v_c = 100$ m/min forgácsolósebességgel) történő megmunkálásra érvényesek. Ettől eltérő esetben a $k_{c1.1}$ és k_c értékeit módosítani kell.

Forgácsolás teljesítményigénye

- F_c komponens mértékadó, F_p irányában nincs, F_f irányában nem számottevő a teljesítmény.
- tiszta vagy hasznos teljesítmény: (szerszámgép kiválasztásához szükséges)

$$(P_v) = P_h = \frac{F_c \cdot v_c [\text{m/p}]}{60 \cdot 10^3} \quad [\text{kW}];$$

- összes felvett teljesítmény:

$$P_{\text{ö}} = \frac{P_h}{\eta_m \cdot \eta_g} \quad [\text{kW}] \quad ;$$

η_m : motor hatásfoka

η_g : szerszámgép hajtómű
hatásfok

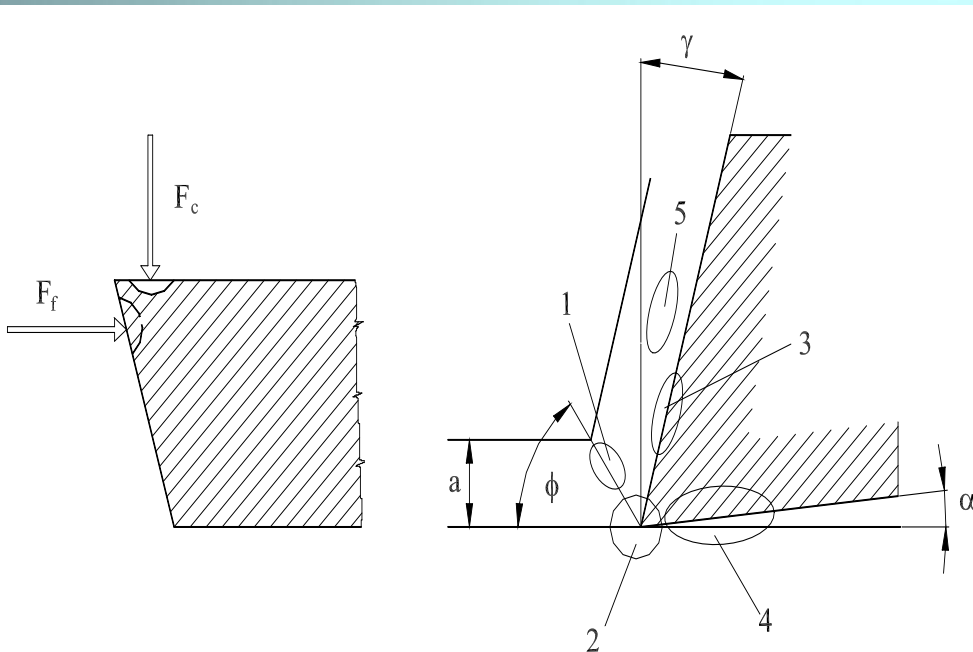
$$\eta_m \cdot \eta_g \approx 75\%$$

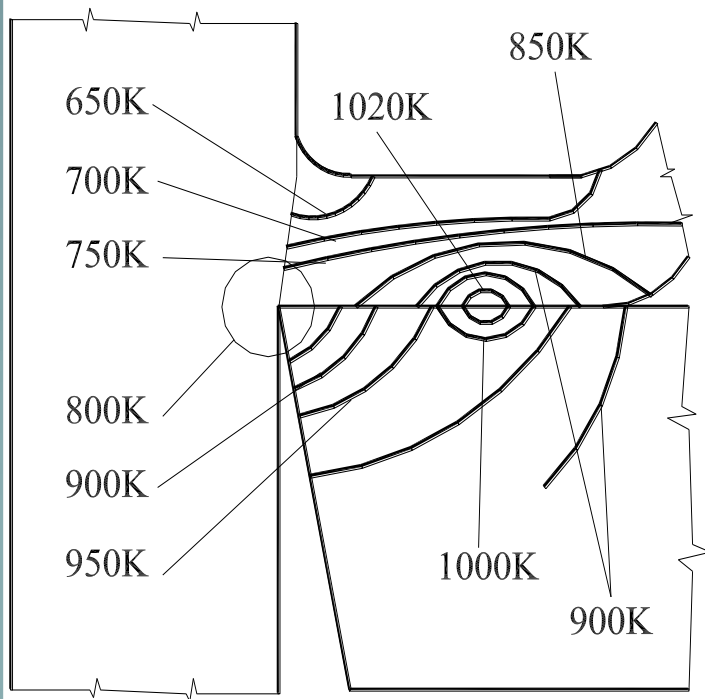
Forgácsoló szerszám hűtése

Forgácsolási hő megoszlása: a forgácsolásba fektetett munka csaknem teljesen (több mint 90%-ban) hővé alakul.

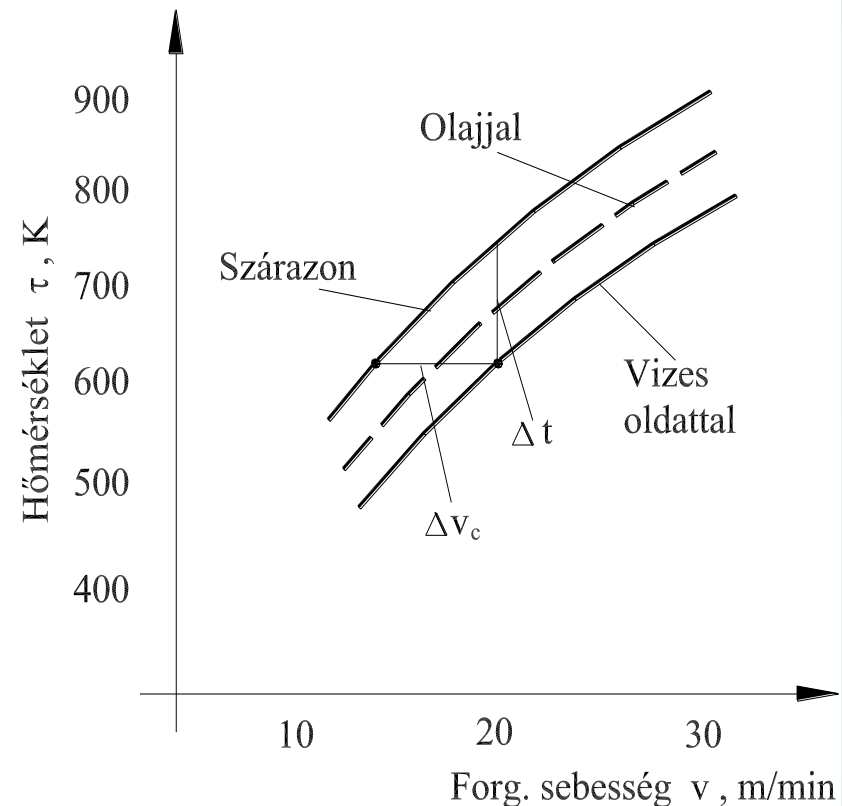
A hőigénybevétel különösen nagyobb forgácsoló sebességeknél a homlok és a hátfelületen oxidációs, diffúziós, és adhéziós folyamatok elindítója. A forgácsolás hőforrásai az ábra jelöléseivel:

- belső súrlódás a nyírási síkban, (1)
- anyagszétválasztás a szerszám csúcsánál, (2)
- súrlódás a homlokfelületen, (3)
- súrlódás a hátfelületen, (4)
- további anyagdeformációk, (5)





Hőmérsékleteloszlás
(hőeloszlás Lössl szerint,
acél esztergálása,
keményfémszerszám esetén)



Hűtéssel jelentősen csökken a
hőmérséklet

Hőeloszlási arányok különböző anyagoknál

Munkadarab	J/cm ³	Átl. forg. hőfok	Hőeloszlás %-ban		
			forg.- ba	mdb.- ba	szerszámba
Acél (R _m =630)	3200	450 °C	~75	~25	~1,5
Öntöttvas (HB=200)	2500	300 °C	~50	~50	~1,5
Alumínium	1600	150 °C	~25	~75	~1,5

Forgácsolásnál keletkező hő hatása: szerszám él felmelegszik → romlik a forgácsolóképesség (szerszám kopik, szilárdsága csökken)

Hűtő-kenő folyadék szerepe:

- elvezeti a hőt
- súrlódást csökkenti (kenés)

Hűtő-kenő folyadék típusai:

→ **vizes oldatok:**

- jó hűtőképesség
- köszörüléshez, nagyoló megmunkáláshoz
- szóda, szappanoldatok

→ **olajok:**

- kenőhatás érvényesül
- simább felületet adnak, simításra
- főleg növényi olajok (repce) ill. G-15 gépolaj

→ **olajemulzió:**

- olaj – víz arány változtatásával a hűtő-kenő hatás beállítható
- fúróolaj 5-10%: általános forgácsoló célra
2%: köszörülésre

Hűtőfolyadék alkalmazásának előnyei

- csökken a szerszámél felmelegedése,
- v_c növelhető,
- lassul a szerszámkopás,
- csökken a forgácsolás teljesítmény igénye,
- forgácsolt felület minősége javul $R_a \downarrow$,
- elősegíti a forgács eltávolítását.

A forgácsoló szerszámok anyagai

A forgácsoló ék úgy tud a mdb.-ba hatolni, ha a szerszám anyagának keménysége nagyobb, optimálisan 3 szorosa a mdb. keménységének.

Szerszámanyagokkal szembeni követelmények:

a, Keménység: 3x, ha túlzott, ridegséggel párosul, a szerszámél kitöredezik.

b, Szívósság: ellentétes követelmény a keménységgel. Jellemzői: ütőmunka, hajlítoszilárdság. Rideg él kitörik.

c, Hőállóság: jelentése: a szerszám milyen hőmérsékletig tartja meg eredeti keménységét (keménységmegőrző – képesség)

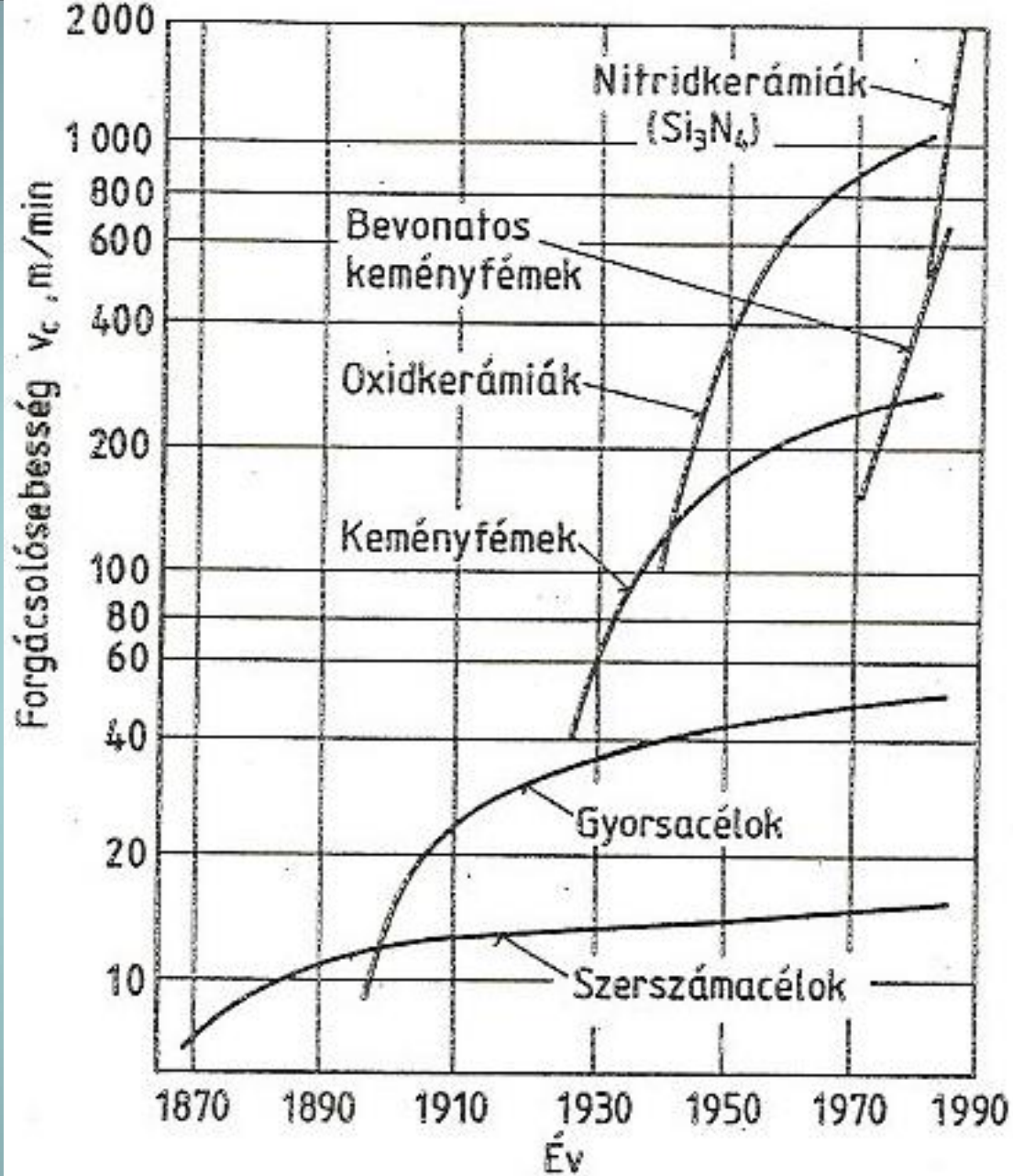
szerszám acél: 250 C° ; keménység: 1000 C° ; gyémánt: 700C°

HSS: 600 C° ; kerámia: 1200 C° ; köbös bór-nitrid: 1200 C°.

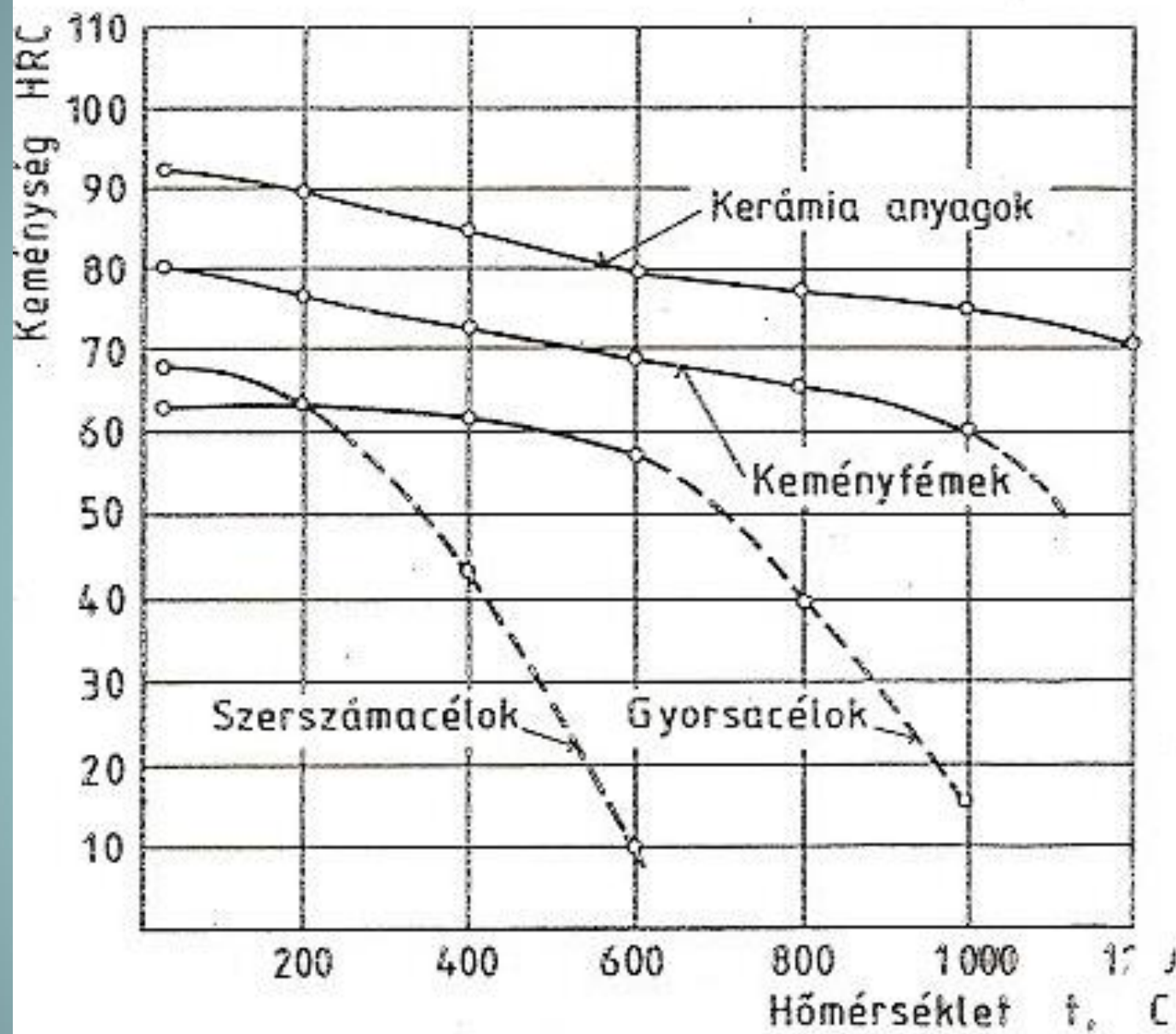
d, Kopásállóság: ellenálló képesség a megmunkálendő anyag koptatóhatásával szemben.

e, Hő sokkállóság: hirtelen hőmérséklet változással szembeni érzéketlenség (meleg szerszámmra hűtő-kenő folyadék ráömlése – pl. kerámia, keménység megrepedhet!)

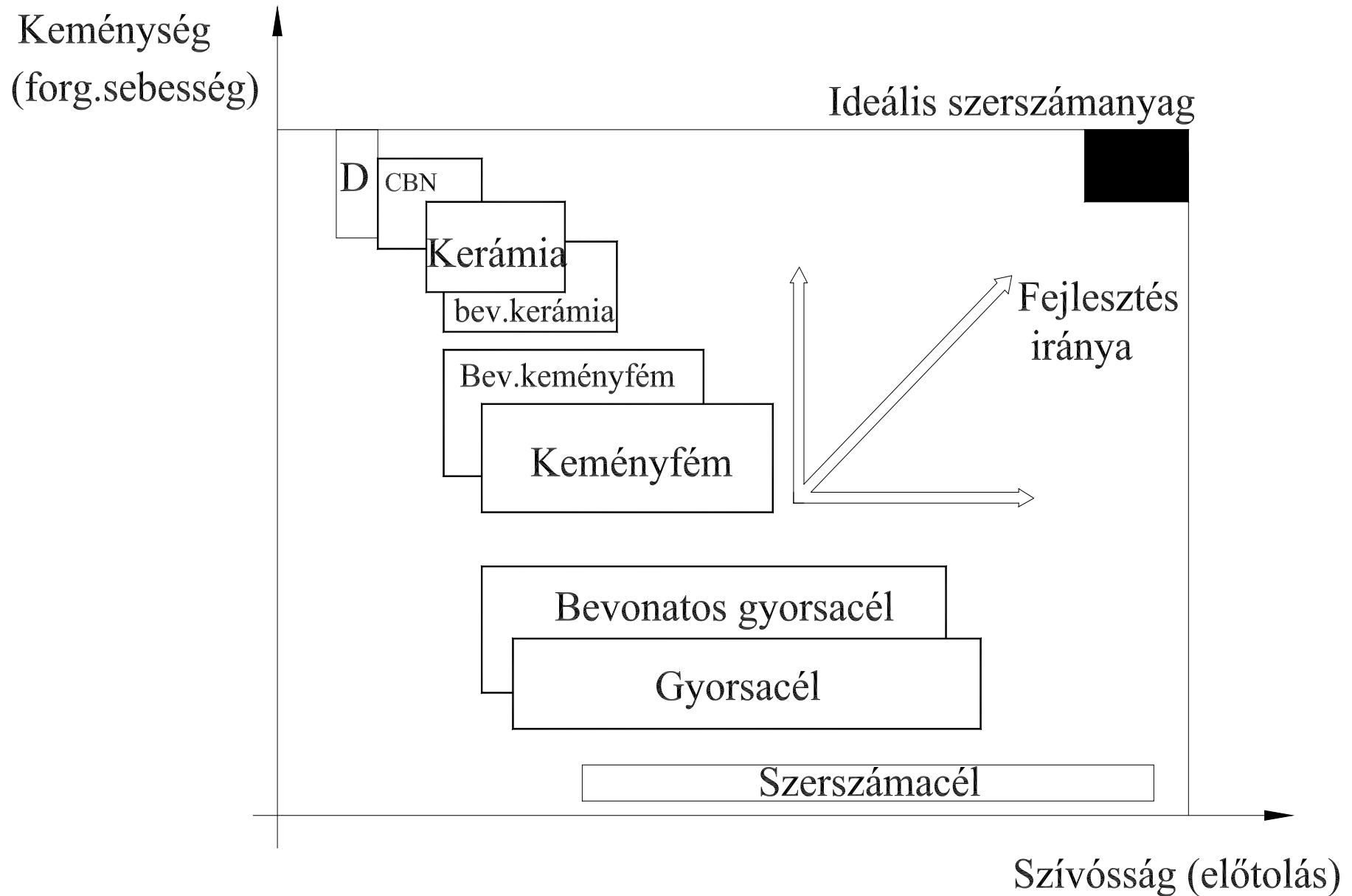
f, Hővezetőképesség: ettől függ, mennyi hőt vesz fel a szerszám → szerszám méretváltozása, kilágyulása



A forgácsoló sebesség növekedése esztergálásnál



A szerszámanyagok hőállósága (középértékek)



Szerszámanyagok fejlesztési irányai