

8. BELSŐ HENGERES FELÜLETEK HIDEG-KÉPLÉKENY, BEFEJEZŐ MEGMUNKÁLÁSA

8.1. Hagyományosan elterjedt előkészítő és befejező munkálási eljárások

Előkészítő és befejező megmunkálások:

- finomesztergálás,
- finomfúrás,
- dörzsölés,
- furatköszörülés,
- simító esztergálás,
- tükrösítés, stb.

Ezekre elsősorban jellemző:

- makro-mikro forgács leválasztás,
- viszonylag hosszú megmunkálási idő,
- „kis” termelékenység,
- részben:
 - kemény vagy,
 - lágy anyagok megmunkálására alkalmasak,
- sokféle szerszám és gép szükséges.

Napjainkban egyre inkább terjedő – igényelt, korszerű, progresszív – technológia a KHF és BHF-ek befejező (finom) megmunkálása, az anyag hideg-képlékeny alakításával, amikor forgácsleválasztás nincs. [113, 114]

Ezen befejező finom megmunkáláshoz a felületeket:

- simító esztergálással,
- finom esztergálással,
- dörzsöléssel,
- köszörüléssel,
- fúrással, finomfúrással, stb. elő kell vagy elő lehet készíteni.

Hideg-képlékeny alakítással, az egyéb finom megmunkálási módokhoz viszonyítva:

- nagy termelékenység,
- lényegesen jobb felületminőség,
- nagy méret- és alakpontosság és egyéb minőségjavulás érhető el.

A hideg-képlékeny alakítás alapvetően **háromféle módon** történhet:

- **vasalással** (statikus megmunkálás)
- **ütőtestes szilárdítással** (dinamikus)
- **hengerléssel – görgözéssel** (statikus, dinamikus)

Ezek – röviden – az alábbiak szerint jellemezhetők.

8.2. Belső hengeres javítása.

felületek tartósságnövelő mechanikai megmunkálásai

Cél:

- **mikrogeometriai jellemzők** javítása vagy,
- **méret és alakpontosság** és a mikrogeometriai jellemzők javítása vagy,
- **felületi réteg** (felületi keménység, maradó feszültség, hordozó felület) és az előzőek

Simító műveletek:

- mikrogeometria javítására,
- ha a mikrogeometria alak- és méretpontosságát is elvárjuk (kalibrálás is szükséges),
- alakító eljárás: a KHF és BHF-ek befejező (finom) megmunkálása, az anyag hideg-képlékeny alakításával, amikor forgácsleválasztás nincs.

Előnyei:

- termelékeny,
- nem igényel speciális géptípust – esztergán kivitelezhető,
- nagy méret- és alakpontosság érhető el,
- esetenként hőkezelés is kiváltható vele,
- egyszerű műveletek (betanított munkás is elvégezheti),
- forgácselvezetési probléma nincs,
- lényegesen jobb felületminőség.

Korlátok:

- anyagfüggőség,

A_5 (fajlagos nyúlás): $> 18 \%$

(10% is már megmunkálható),

$HRC \leq 30$ (50),

ÖV: $HB < 420$,

Színes és könnyűfémek jól megmunkálhatók.

Alakító szerszámtípusok csoportosíthatók:

- alakító elem és a felület kapcsolata szerint:
 - csúszásos \Rightarrow vasalás (statikus megmunkálás),
 - gördüléssel \Rightarrow hengerlés a leggyakoribb (statikus dinamikus),
 - ütéses \rightarrow (BHF \Rightarrow 0) (ütőtestes szilárdítással, dinamikus ritkán).
- a szerszám konstrukciós kialakítása szerint:
 - tömör,
 - szerelt: rugalmas vagy merev (leggyakoribb).

Technológiai előmunkálási feltételek:

- méretpontosság $< 0,05$ (század nagyságrendű),
- $R_a < 5 \mu\text{m}$,
- $R = 5 \div 20 \mu\text{m}$ a ráhagyás értéke,
- nagyoló köszörülés, simító finomesztergálás,
- finom fúrás,
- dörzsöléssel kell, vagy lehet előkészíteni.

Ezek betartásával a megmunkálás után a változás méretpontosság $< 0,005 \text{ mm}$;

$R_a < 0,05 \mu\text{m}$; BHF simító és hengerlő szerszámok:
kombinált szerszámok.

Technológiai jellemző:

- v sebesség általában a gyorsacéllal való megmunkálás nagyságrendjében mozog, ezért bő hűtő-kenő folyadék (hígfolyós olaj) szükséges,
- $f = 0,3 - 3 (4,5)$ mm/ford. az alkalmazott előtolás értéke.

A hideg képlékeny alakítás alapvetően háromféle módon valósulhat meg:

- vasalással,
- ütötestes szilárdítással,
- hengerléssel (görgözéssel).

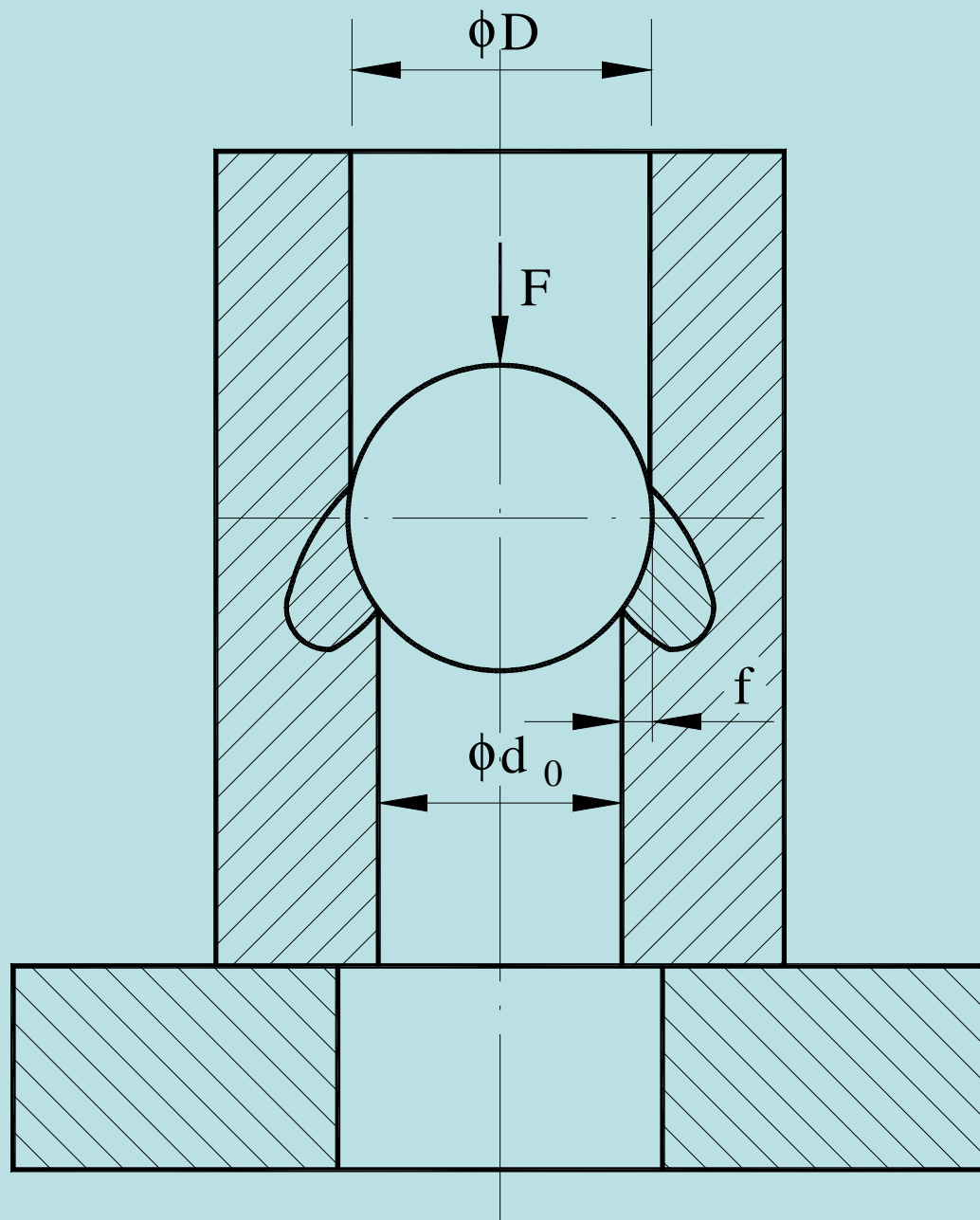
8.2.1. Belső hengeres felületek vasalása

a) Belső hengeres felületek vasalása

Célja:

- a pontosság növelése,
- a forgácsolással kialakított érdesség csökkentése,
- a kopásállóság növelése,
- a kifáradással szembeni ellenálló képesség fokozása.

Lényeg: A vasaló tűske és a vasalni kívánt furat felülete között fedést hoznak létre. A tűskét a furaton áttolva a felületi rétegben képlékeny alakváltozás alakul ki. (8.1. ábra)



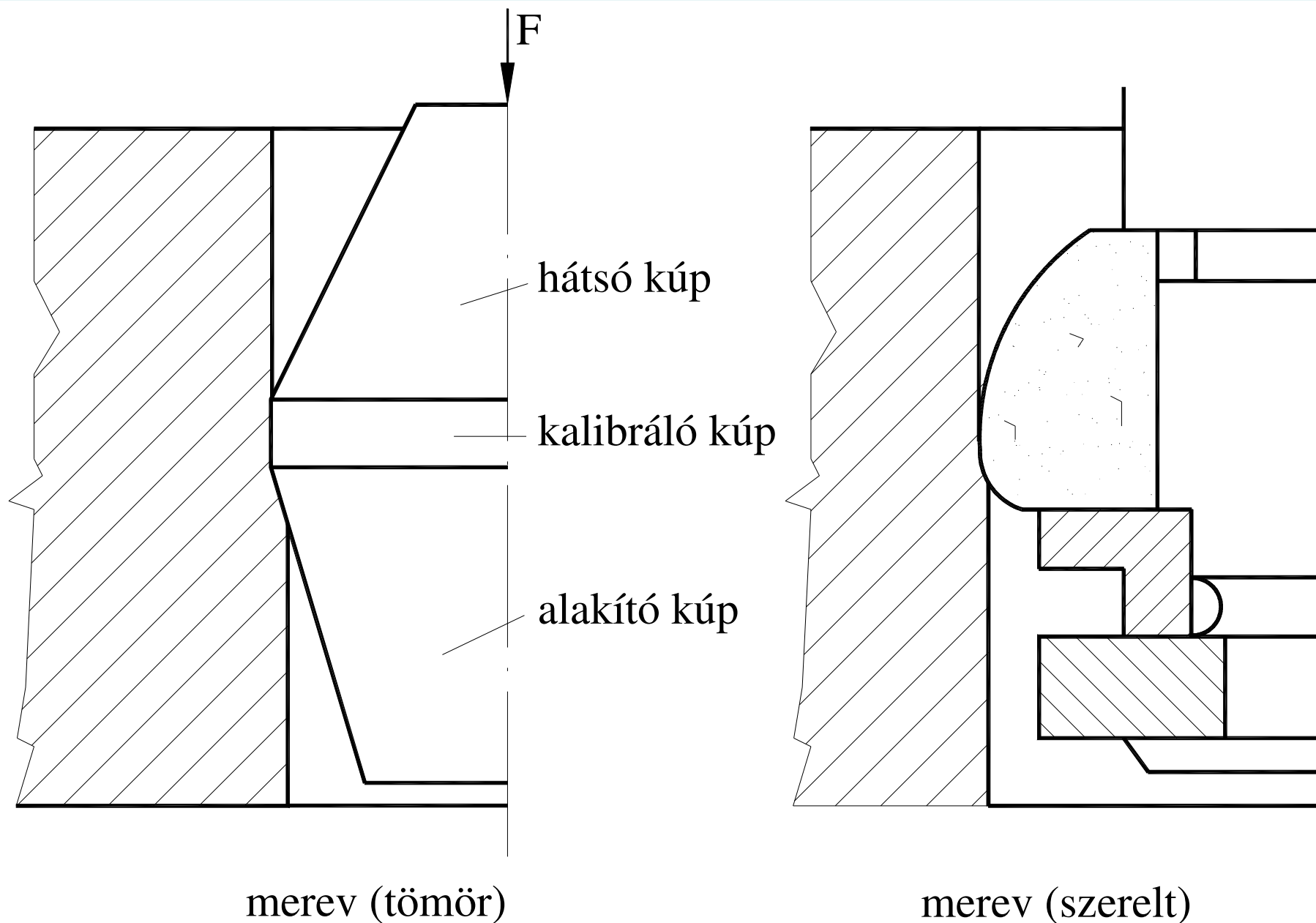
8.1. ábra

Golyó alakú szerszám

A gépgyártásban a BHF vasalásakor végbemenő méretváltozás szerint megkülönböztetik:

- a simító vasalást,
- az alakító vasalást.

A furatvasalást általában állandó méretű merev szerszámokkal végezzük.



8.2. ábra

Merev szerszámok

A kúpos furatvasaló szerszámok fő részei(8.2. ábra):

1. alakító kúp,
2. kalibráló kúp,
3. hátsó kúp.

Színesfém vasalásakor az alakító elem anyaga:

- golyóscsapágy acél,
- szerszámacél.

Acélok vasalásakor az alakító elem anyaga:

- keményfém.

A furatvasalás jellegét a munkadarab belső hengeres felületét érő terhelés mértéke határozza meg.

A keletkező feszültségek és alakváltozások nagyságát a vastag falú csövek szilárdságtana alapján vizsgálják.

Ha a furatvasalás célja elsősorban vagy kizárólag a felület érdességének javítása, akkor elegendő olyan hatás, mely a furat felületi határrétegét a vasalás során rugalmassági határfeszültséggel terheli.

Nyomáshatások (mechanikai törvényszerűségek szerint):

A rugalmas alakváltozást előidéző nyomás számítóképlete:

$$p_r = \sigma_{0,02} \cdot \frac{D^2 - d_0^2}{2D^2} \approx R_{eH} \cdot \frac{D^2 - d_0^2}{2D^2} = \frac{R_{eH}}{2} \cdot \left[1 - \frac{d_0^2}{D^2} \right] \quad (8.1)$$

ahol:

$\sigma_{0,02}$ - a munkadarab anyagának rugalmassági határa

R_{eH} - a munkadarab anyagának folyáshatára, N/mm²

d_0 - a munkadarab furatátmérője (8.5.ábra)

D - a munkadarab külső átmérője

Az egész keresztmetszet maradó alakváltozását biztosító nyomás (P_K) mértéke:

$$p_K = R_{eH} \cdot \ln \cdot \frac{D}{d_0} \quad (8.2)$$

b) Technológiai adatok

Szükséges adatok:

- átfedés mértéke táblázatból [77],
- első alakító kúp α_0 szöge,
- forgácsolási erő szükséglet $\alpha_{opt} = \alpha_0 (f/d_0)$
($2 \div 10^\circ$).

$$F_v = F_a + F_s + F_j$$

vasalási alakváltozáshoz súrlódáshoz járulékos
erő szükséges erő- szükséges erő- (pótlólagos
komponens komponens alakváltozás)

$F = F(f)$ $F = F(\alpha_0)$; f – fedés

c) Pontosság

Sorozatban gyártott alkatrészek furatainak vasalása-
kor a méretek szóródása csökken, a szóródás nagysága:

$$T_1 = \frac{T}{1 + \frac{3E}{e \cdot \left(2 + \frac{d_0^2}{D^2} \right)}} \quad (8.3)$$

ahol:

T: – a furatok szóródása a furatvasalás előtt

T_1 : – a furatok szóródása a furatvasalás után

E: – munkadarab rugalmassági modulusa

$$e = \frac{4 \cdot D_m}{3}$$

D_m – munkadarab anyagának keményedési modulusa

Szerszám: golyó vagy görgő.

Gép:

- eszterga vagy célgép
- csúcsnélküli eljárás

Az előtolósebességet az alakító görgő β szögű elfordítása, az előtolószög eredményezi. Ennek nagysága 1-5°-ig terjed. Az alakítóerők általában jelentősek!

Előírt felkeményedési mélység biztosítása:

Ha feltételezzük, hogy a görgő és a munkadarab felületének érintkezése pontszerű, az alakváltozott réteg vastagsága (Hejfec leegyszerűsített összefüggése alapján):

$$\Delta l = \sqrt{\frac{F}{2R_{eH}}} \quad (8.4)$$

ahol:

F: - az alakító erő, N

Az előtolás értéke:

$$f \leq C \cdot \frac{2a}{N_g} \cdot z \quad [\text{mm}/\alpha] \quad (8.5)$$

ahol:

C: – (0,5-1) előírt érdesség függvényben

2a: – előtolásirányú lenyomatméret

N_g : – átgörögzési szám (3-15), az érdességcsökkenés mértékének függvényben.

z: – görgők száma

Hengerlési sebesség:

$$v \approx 30-100 \text{ m/min}$$

Az optimális érdességhez tartozó erő:

$$F_{\text{opt.}} = m_0 \cdot \sin^n \cdot \varphi_e \cdot D_e^2 \quad (8.6)$$

ahol:

m_0 :– Meyer keménység acéloknál

n : – Meyer kitevő (acéloknál $\sim 2,3$)

φ_e : – $f(R_{ae})$ előzetes felület érdességének függvénye
($\varphi = 2^\circ-6^\circ$)

D_e : – „egyenértékű golyóátmérő” egy olyan fiktív golyónak a sugara, mely sík felületen a lenyomattal egyenértékű nyomot hagy:

$$D_e = \sqrt{\frac{2r_g \cdot D_m \cdot D_g}{D_m + D_g}} \quad (8.7)$$

ahol:

D_m : – a munkadarab átmérője [KHF (+); BHF (-)]

D_g : – a görgő átmérője

r_g : – a görgő lekerekítési sugara

Síkfelület estében:

$$D_e = \sqrt{D_g \cdot 2r_g} \quad (8.8)$$

Az előtolás összefüggése ugyanaz, de C, Ng, értéke különböző, például $N_g = 20-60$

Sebesség:

$v \approx 30-100$ m/min

- A szerszám alakítóelem és az alakított felület között csúszó súrlódás van.
- Az alakítási zónában rendszerint azonos szerszámfelület deformálja az anyagot.
- Kemény (63-65 HRC) és lágy anyagok megmunkálására is alkalmazható.

d) Szerszámkialakítások

- esztergakés-szerű,
- üregelő tűske alakú,
- golyós tárcsa alakú, stb.

A megmunkálás történhet:

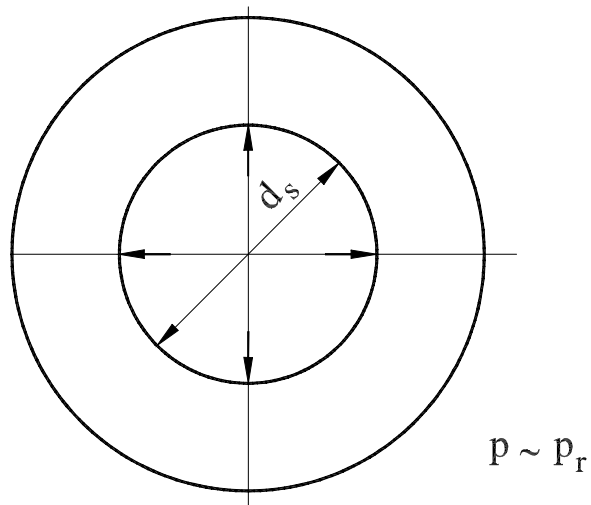
- merev vagy,
- rugalmas szerszámmal.

Golyó csak akkor alkalmazható, ha a mdb furatának méretét hozzá tudjuk alakítani, mert a golyó mérete adott..

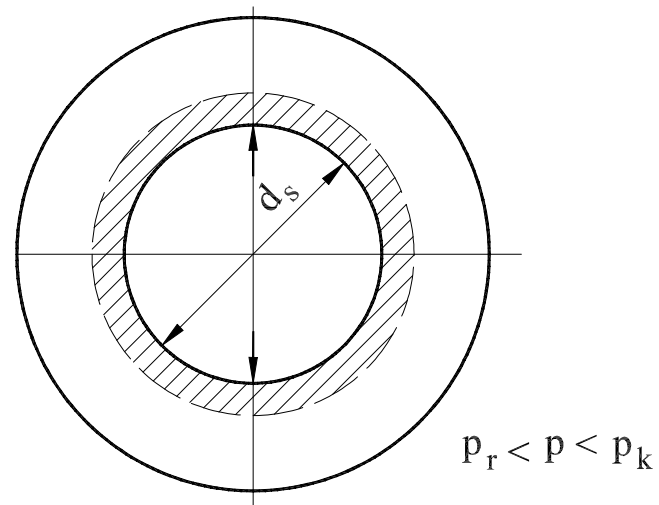
Gyártható: vasalótest tömör vagy szerelt kivételben különleges esetben.

Anyaga:

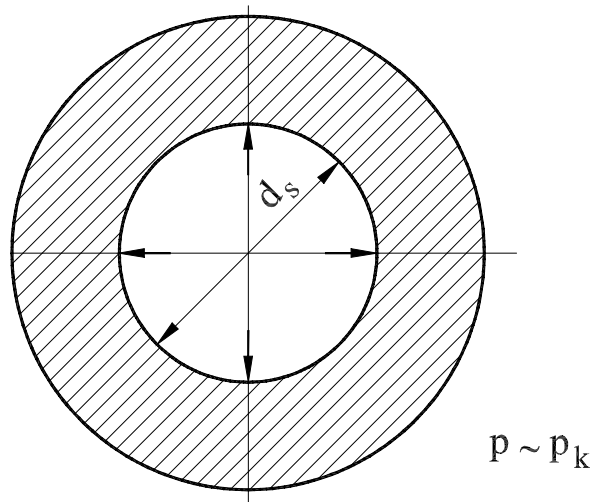
- szerszámacél
- GO3 színesfémekhez
- keményfém acél és öntöttvas megmunkálására.



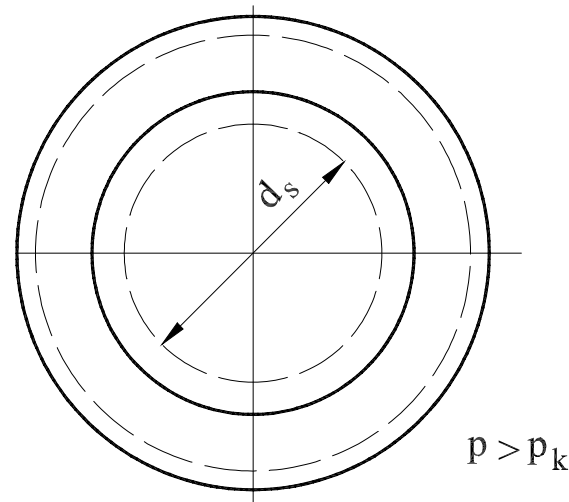
a)



b)



c)



d)

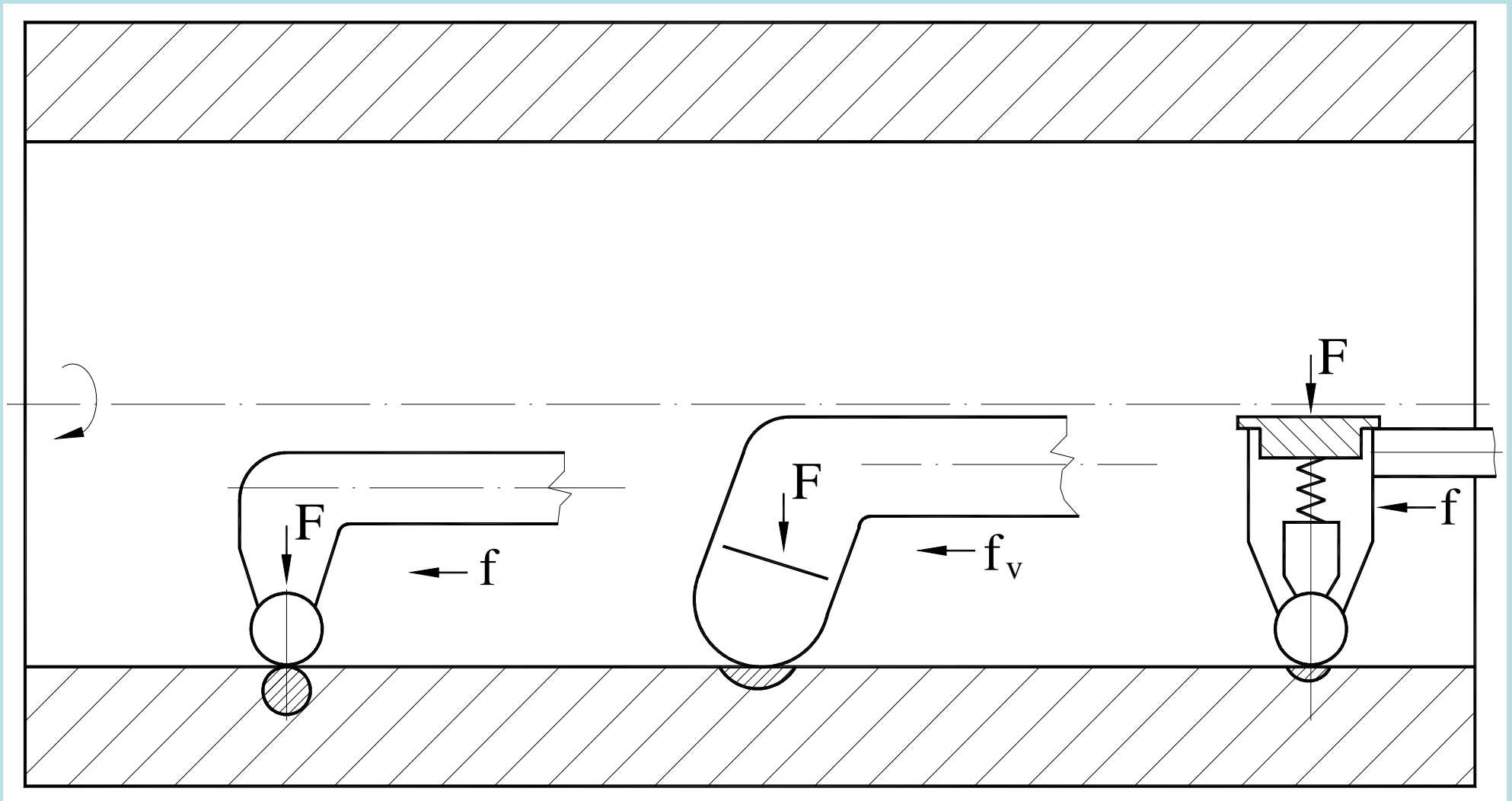
8.3. ábra

Jellegzetes alakváltozások furat vasaláskor

Csak érdességjavulás van (a). Rugalmas – képlékeny alakváltozás (b). Teljes keresztmetszetben képlékeny alakváltozás (c). Képlékeny alakváltozás belső- és külső méretváltozással (d).

Rugalmas rendszerű vasalás:

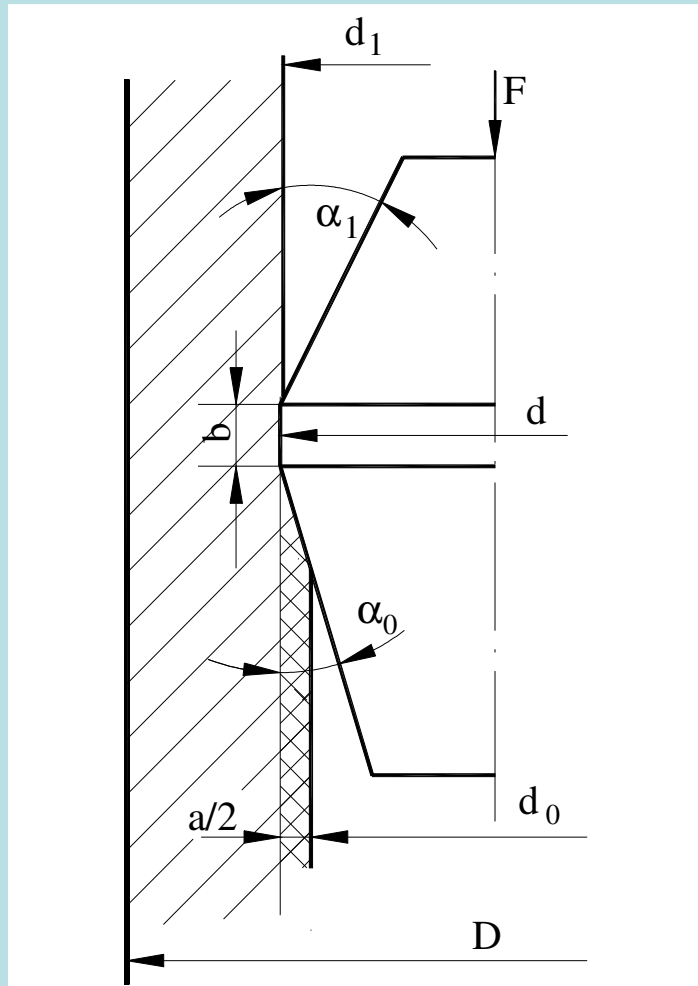
Rugalmasságot a szerszám szára illetve a beépített rugó biztosítja (8.4. ábra).



8.4. ábra

Rugalmas rendszerű vasalás

e) Geometriai viszonyok kúpos, tömör vasalótestnél



Paraméterek:

d, b, α_0, α_1

d_0, d_1, D, E, σ_F

F

származtatott ($f, \dots \Delta d$)

8.5. ábra

Merev furatvasaló szerszám jellegzetes adatai

Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet, Prof. Dr. Dudás Illés

$\alpha \sim \alpha_1$ ha α_1 csökken, javul az alakhiba (tengelymetszet), de F nő.

Nagyságrendje $2^\circ \div 5^\circ$.

Irodalomban $\alpha_{\text{opt.}} = f \cdot (d_0, f, D_s, \mu, \dots)$.

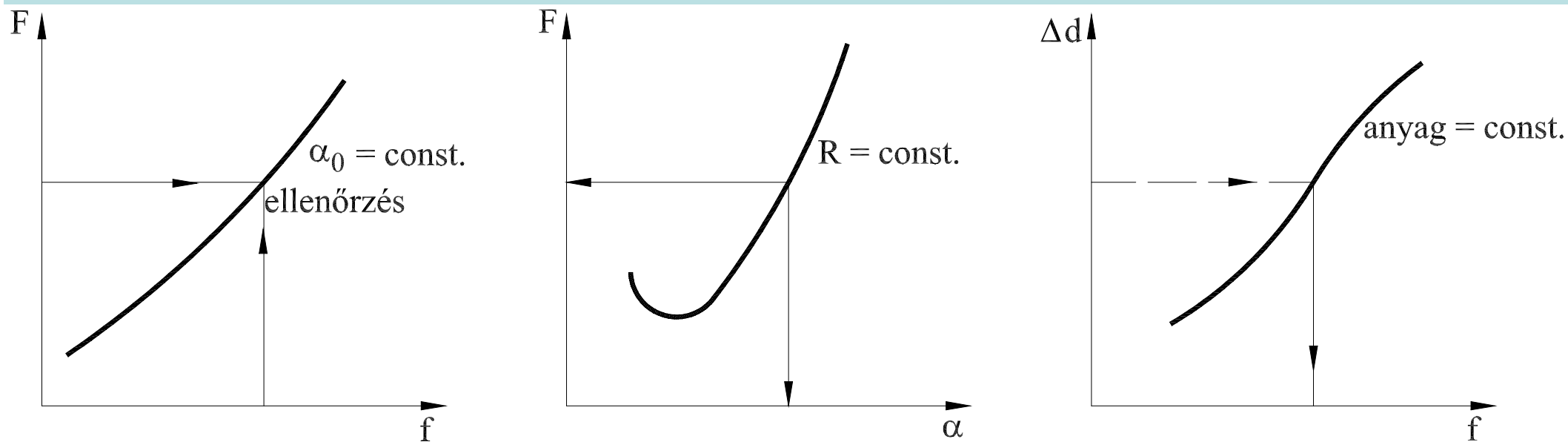
Relatív fedés:

$$\lambda = \frac{f}{d_0}.$$

Értéke: $0 < \lambda < 0,1$

D_s csökken, ha f csökken.

D_s ; F -re ugyanaz a rendszer szerint.



8.6. ábra

Technológiai ajánlások nomogram rendszere (technológiai kísérletek) alapján

Megjegyzés:

Nagy átmérő esetén a kinematikai vasalás (gyémánt) csak érdekességet javít!

8.2.2. Belső hengeres felületek hengerlése

A hengerlő eljárás tömeggyártásnál előnyös, egyetemessége miatt rohamosan terjed. Eljárások (a működési elv, illetve az erőátadás szempontjából) lehetnek:

1. Rugalmas eljárásnál az alakító elemek:

- görgők,
- tárcsák,
- golyók.

2. Merev eljárásnál (ezek terjedtek el) az alakító elemek:

- golyók,
- görgők (speciális kúpgörgők).

8.2.2.1. „Rugalmas” simító hengerlés

Megmunkáláskor az alakításhoz szükséges erőt valamilyen rugalmas anyag, elem, rugó, gumi, stb. biztosítja, ezért az alakító elemek sugárirányban elmozdulhatnak (simító hengerlés); csak nagy átmérőnél alkalmazzák. (8.8. ábra)

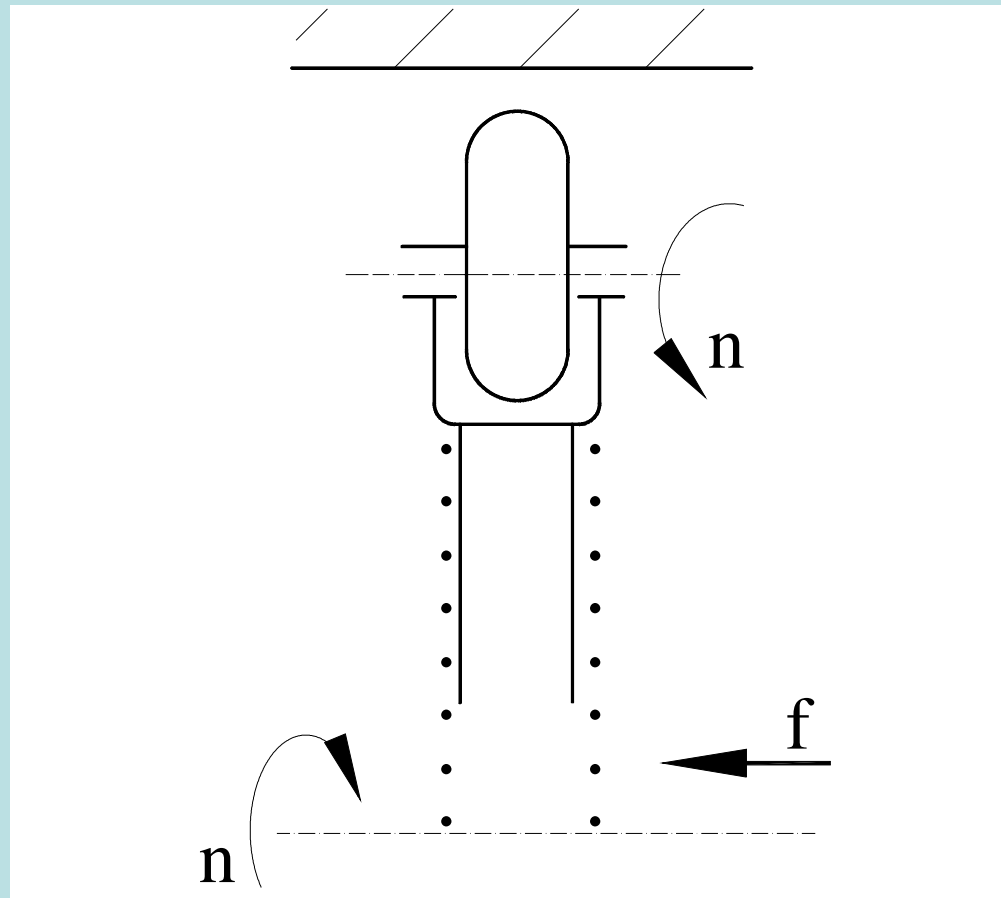
A szerszámok lehetnek:

- önelőtolásúak: ha az alakadó elemek a legördülésből adódó forgómozgásból (görgő kerületi sebességéből) tengelyirányú (előtolás irányú) sebesség származik.

- kényszerelőtolásúak: ha az alakadó elemek a legördülésből adódó forgómozgásból (görgő kerületi sebességéből) tengelyirányú (előtolás irányú) sebesség nem származik.

Készülnek:

- átmenő,
- zsák furatokhoz.

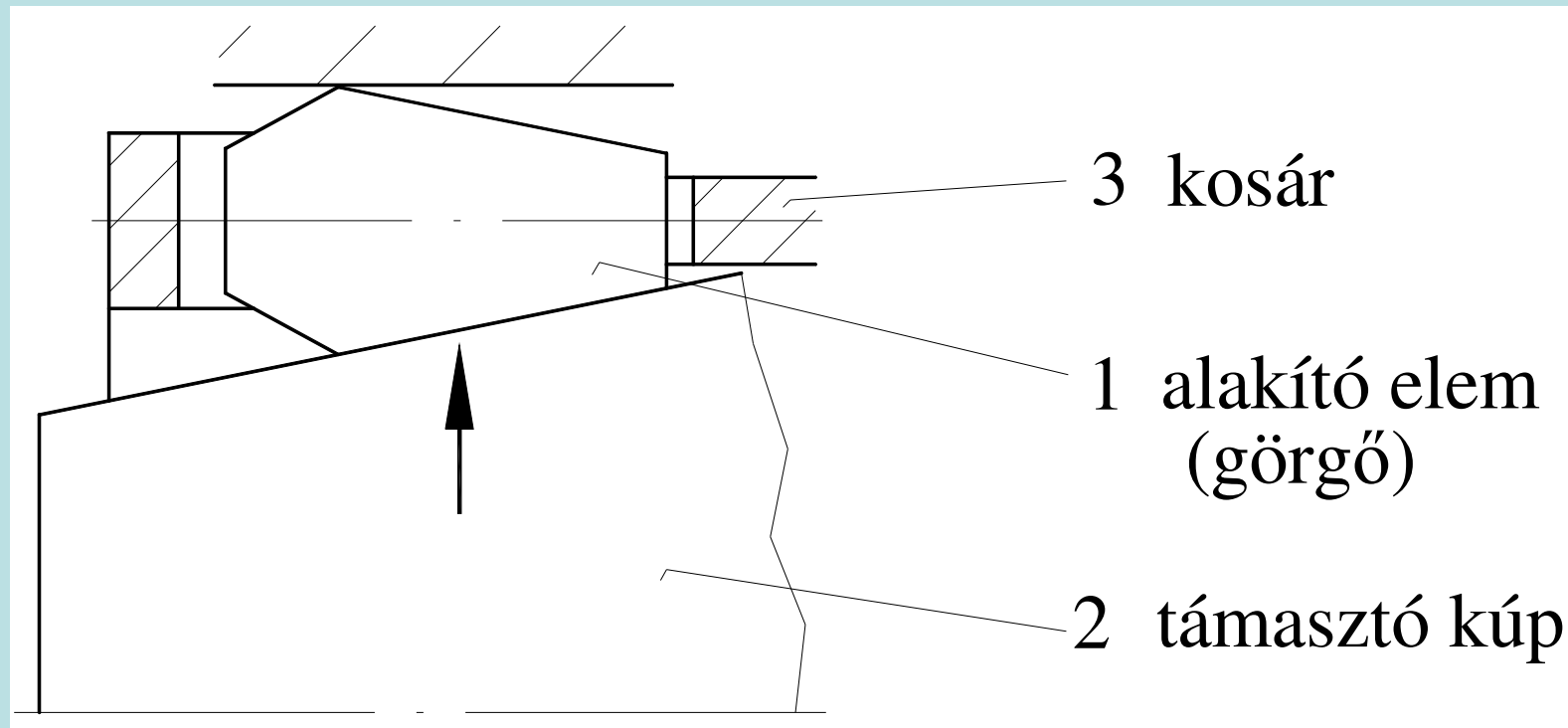


8.8. ábra

Rugalmas simítóhengerlés vázlat

8.2.2.2. „Merev”, gyakrabban alkalmazott elvi konstrukció

Az alakító elemek sugárirányban nem mozdulhatnak el, ezt az ún. támasztókúp biztosítja.

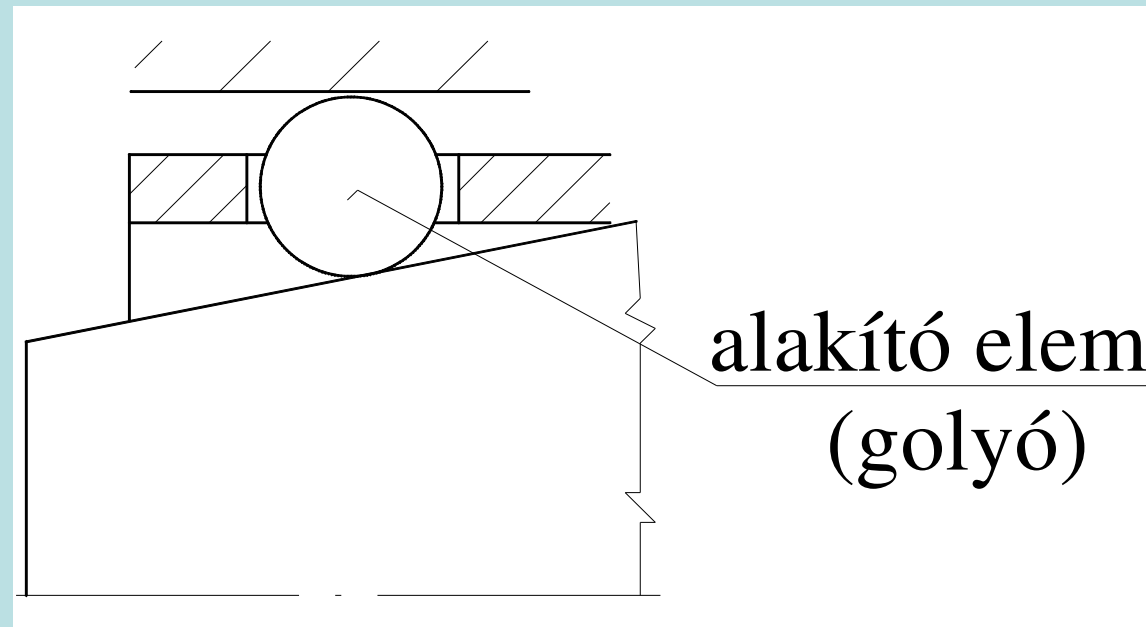


8.9.a. ábra

Merev kúpgörgős szerszám

Az alakító elemek kis csúszás mellett az anyagba hatolva legördülnek. Elterjedtebb, mert a több alakító görgő miatt többszörös előtolást tud biztosítani.

$$f \gg f_z$$



8.9.b. ábra

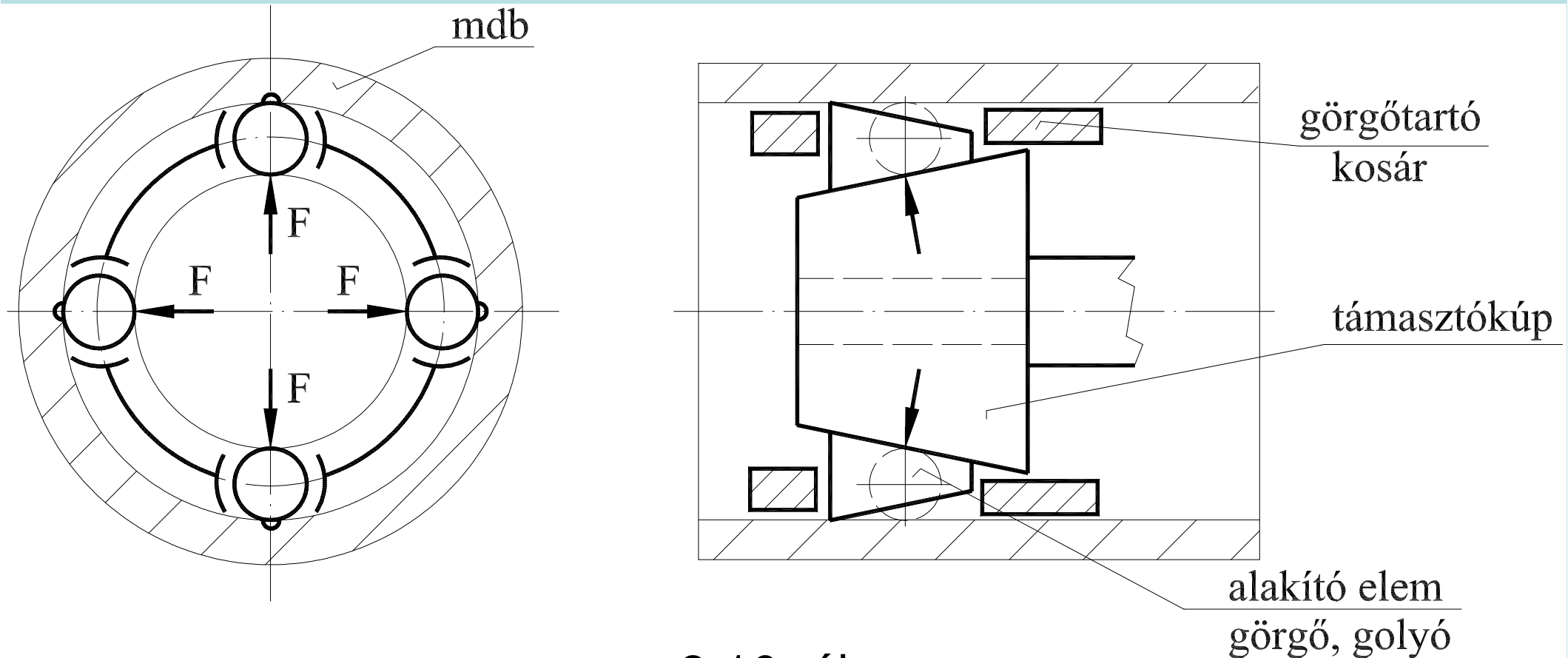
Merev golyós szerszám

A szerszámok lehetnek:

- kényszer előtolásúak,
- összelőtolásúak.

Készülhetnek:

- átmenő furathoz,
- zsákfurathoz.



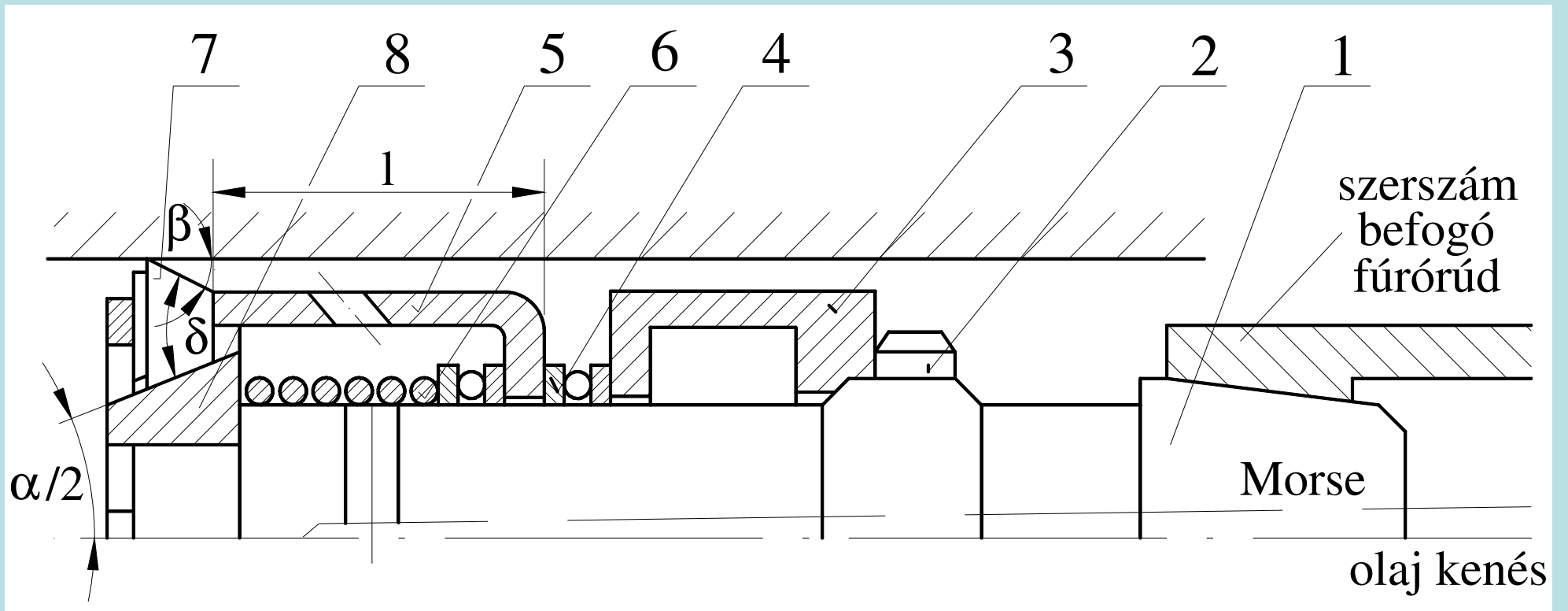
8.10. ábra

Szerszám kialakítása a kalibráláshoz

8.2.2.3. Szerszám kialakításának általánosítható követelményei

- egyszerű konstrukció legyen,
- könnyű kezelhetőség (pl. skála),
- állítható legyen (1 mm, a megfelelő fedés beállításához),
- családelv alapján épüljön fel (így a szerszám kihasználhatósága bővíthető (20-200 mm),
- legkedvezőbb alakítási tulajdonságot biztosítsák, pl.: csepp alakú lenyomatot kapunk (minden más alak repedésveszély – R_a romlását okozza).

Merev támasztókúpos szerszám (átmenő furathoz kényszerelőtollással) (8.11 ábra)



8.11. ábra

Merev támasztókúpos szerszám fő részei

1.alaptest,

2.rögzítő anya,

3.állító anya,

4.axiális golyós csapágy,

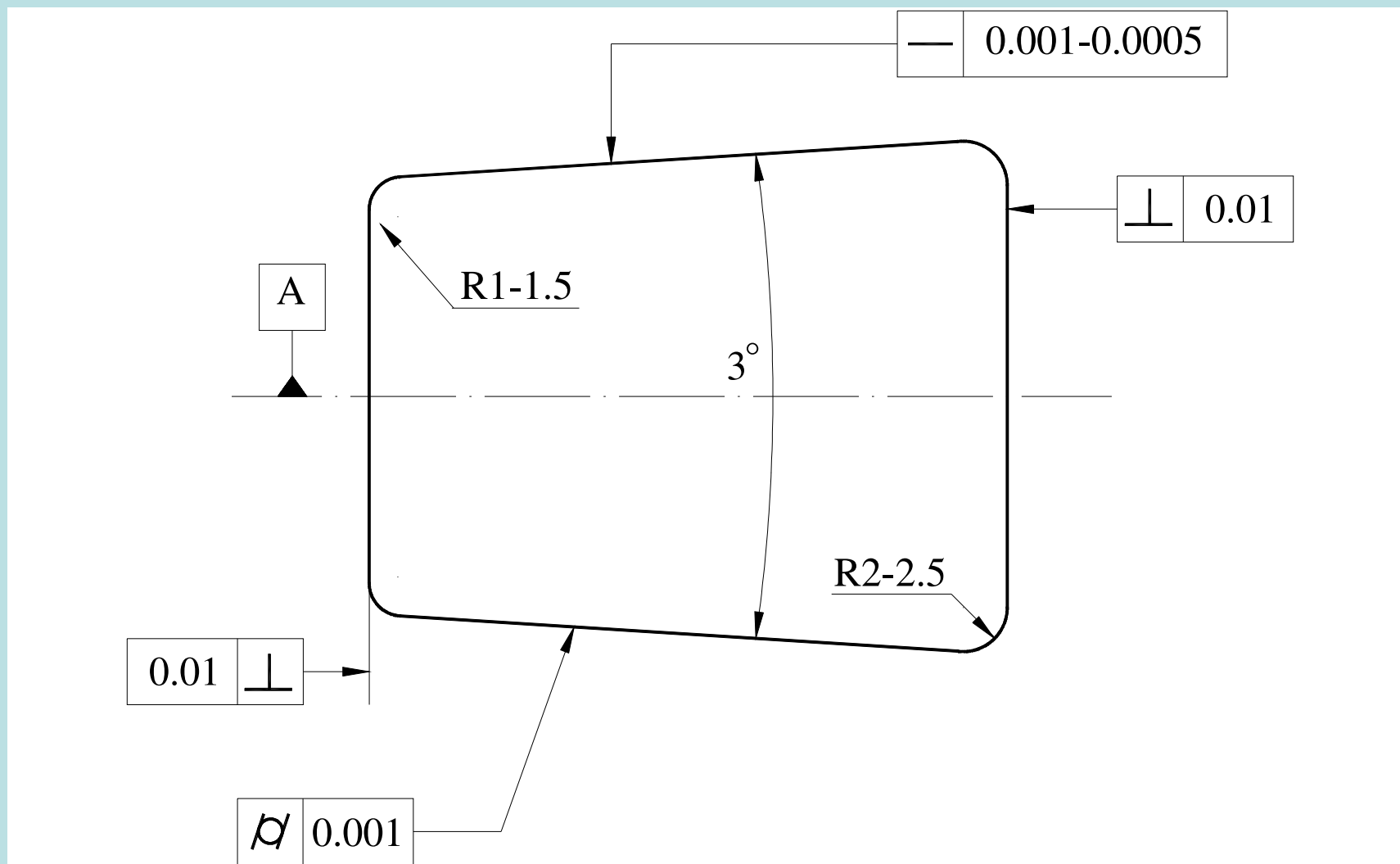
5.kosár,

6.feszítő rúgó,

7.alakító görgő,

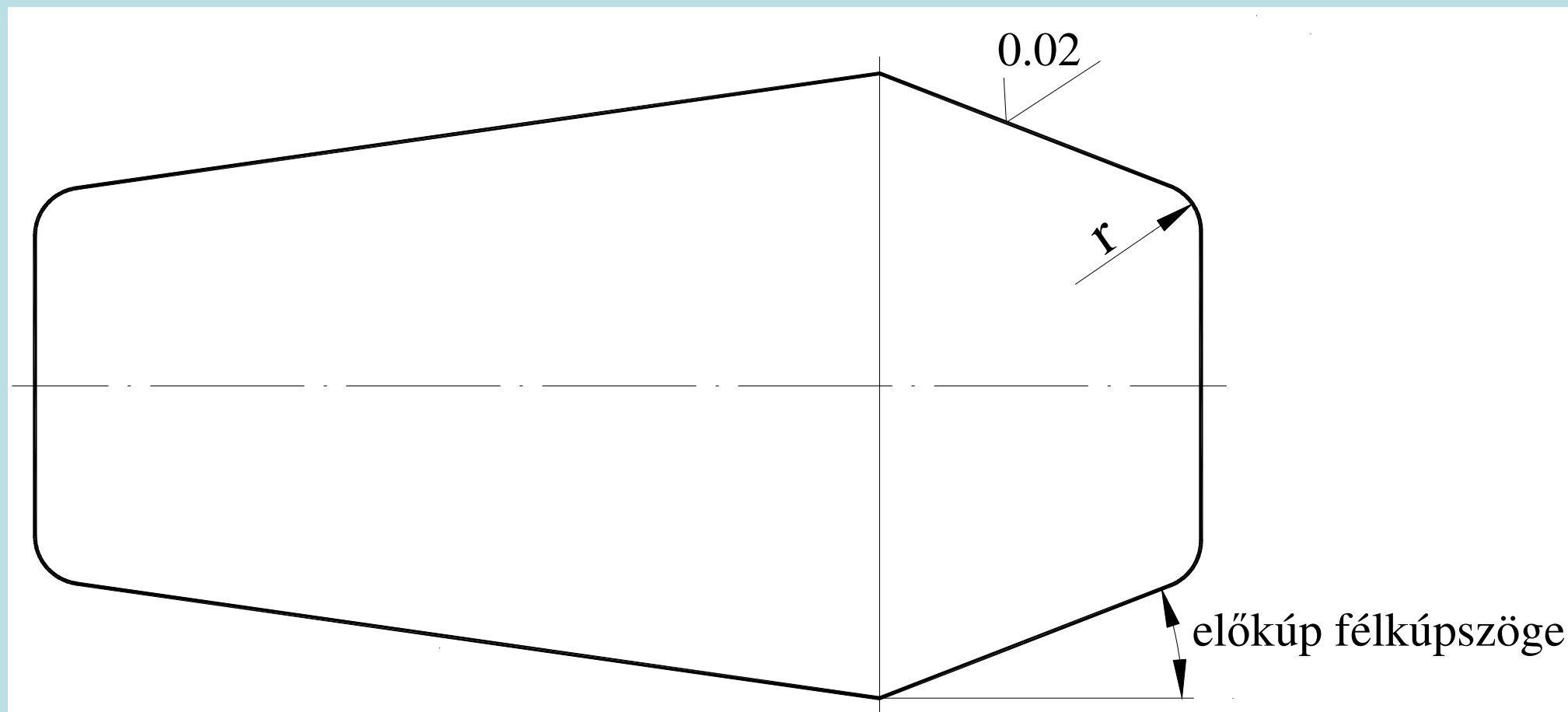
8.támasztókúp.

- a) Görgőgeometriai kialakítása lehet:
- sima rádiuszos kúpgörgő (8.12. ábra).



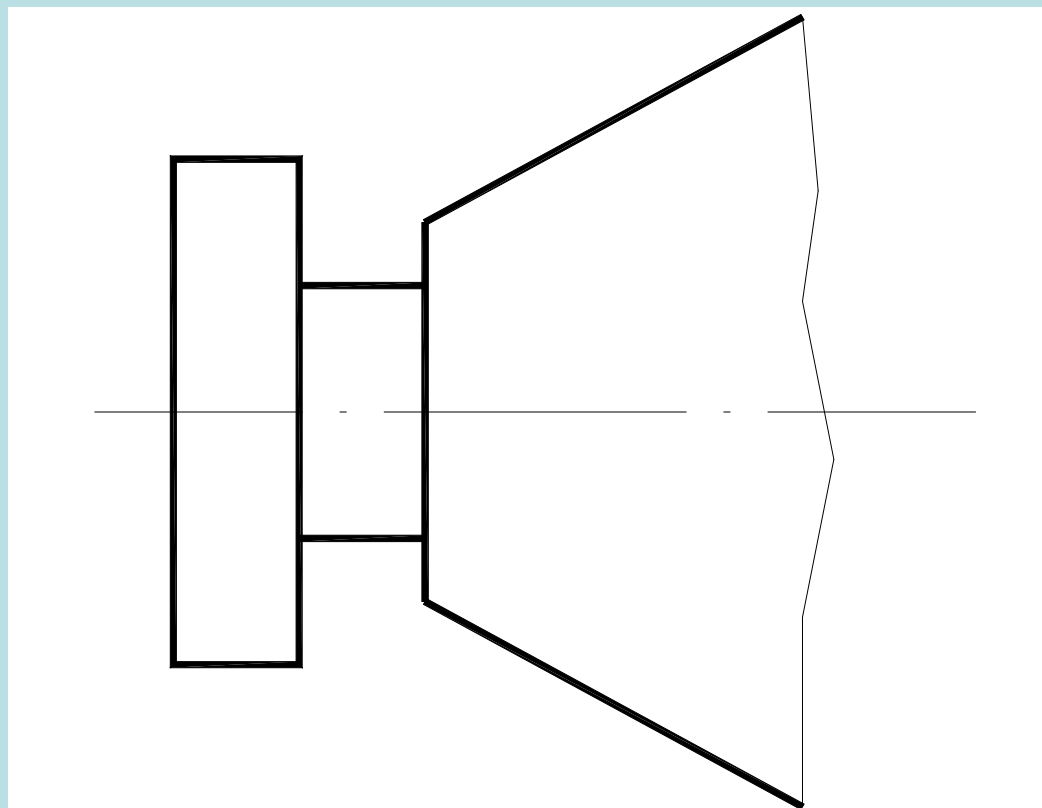
8.12. ábra

- ha ez nem felel meg akkor „előkúpos” görgőt kell alkalmazni (8.13. ábra).



8.13. ábra

Görgővégződés zsákfurat megmunkálásához (8.14. ábra):



8.14. ábra

Görgő végződés zsákfurathoz

Görgők száma:

Elvileg tetszőleges:

- páros (előnye, hogy mérni lehet a beállított szerszám átmérőjét),
- páratlan (stabilabb megmunkálást biztosít).

Nagyságrend (a görgők száma szerszámoknál):

- ϕ 20 mm-ig 7 db,
- ϕ 400 mm-ig maximum 27 db.

Görgő átmérője:

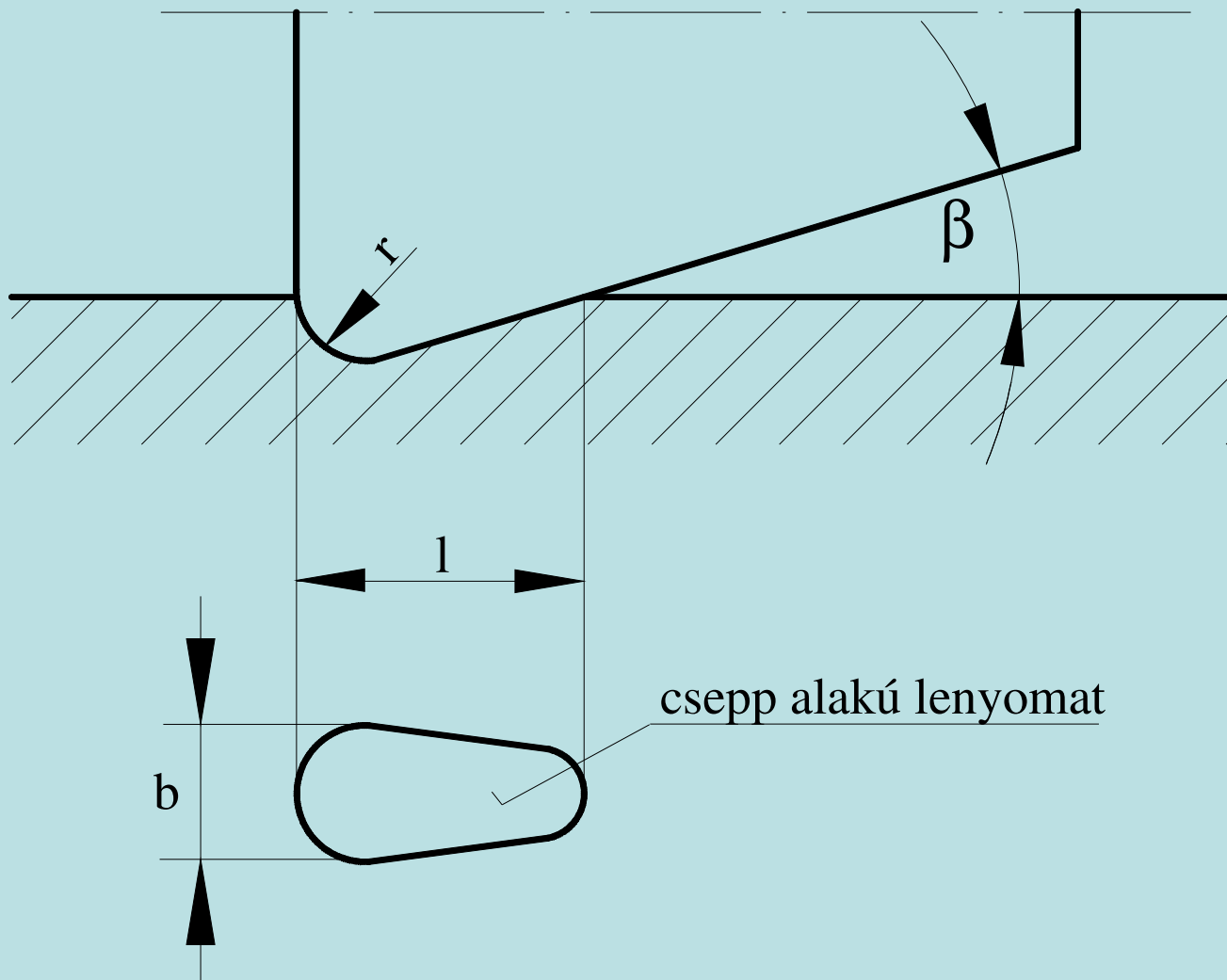
- viszonylag szabadon választható, ha $d_0 \downarrow$ F is csökken,
- cél: kisebb görgők beépítése.

Görgő hossz (b):

$b = (2 \div 3,5) \cdot d_0$, ahol d_0 a görgő legnagyobb átmérője.

b) Támasztókúp:

A kúpszög meghatározásával leginkább a „csepp” alakot lehet befolyásolni.



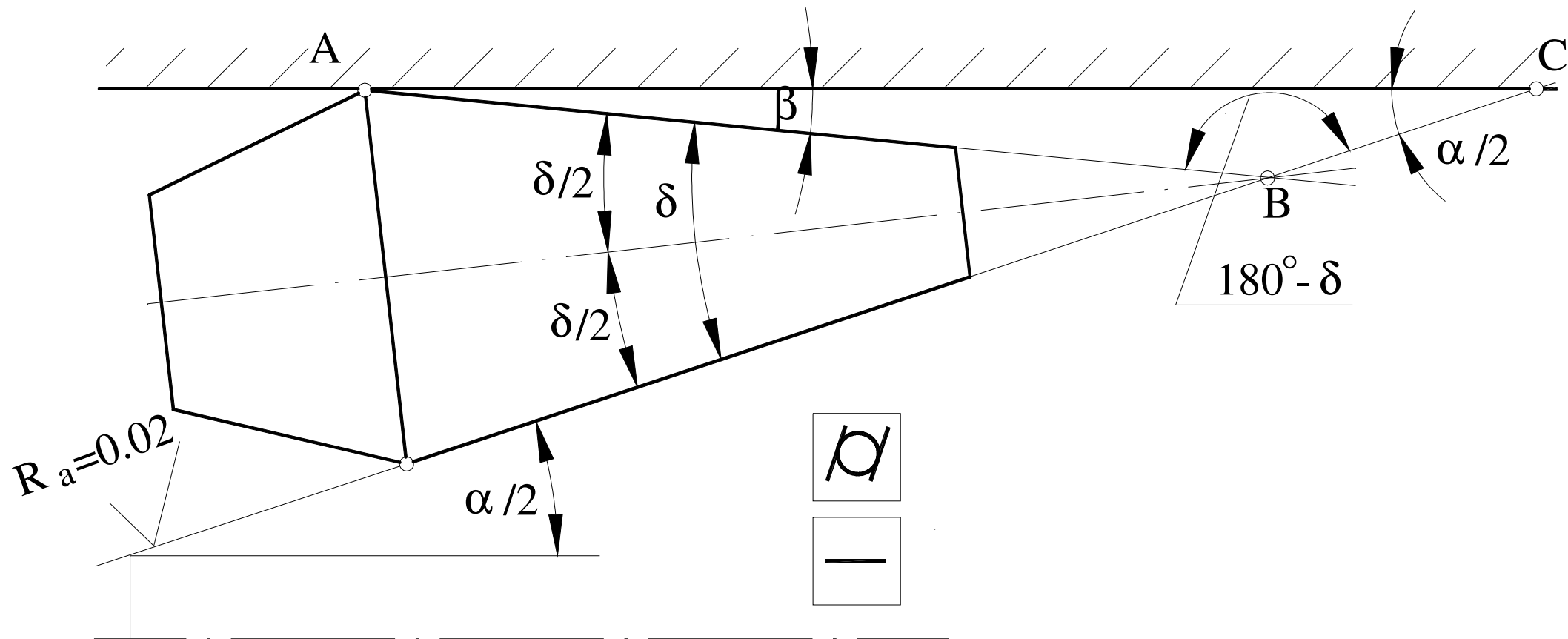
8.15. ábra

Csepp alakú lenyomat

β - alakítási szög meghatározása a feladat.

Geometriai kialakítás:

- általában δ és $\alpha \approx 0,5^\circ \div 2^\circ (2,5^\circ)$,
- konkrét esetben a 8.16. ábra szerint számolunk.



8.16. ábra

Geometriai viszonyok, beállítás

ABC Δ -ből:

$$\beta + \frac{\alpha}{2} + (180^\circ - \delta) = 180^\circ \quad (8.10)$$

$$\left(\beta + \frac{\alpha}{2} - \delta \right) = 0 \quad (8.11)$$

Két szög ismeretében a harmadik szög számítható:

$$\text{a) } \beta = \delta - \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{b) } \delta = \beta + \frac{\alpha}{2}$$

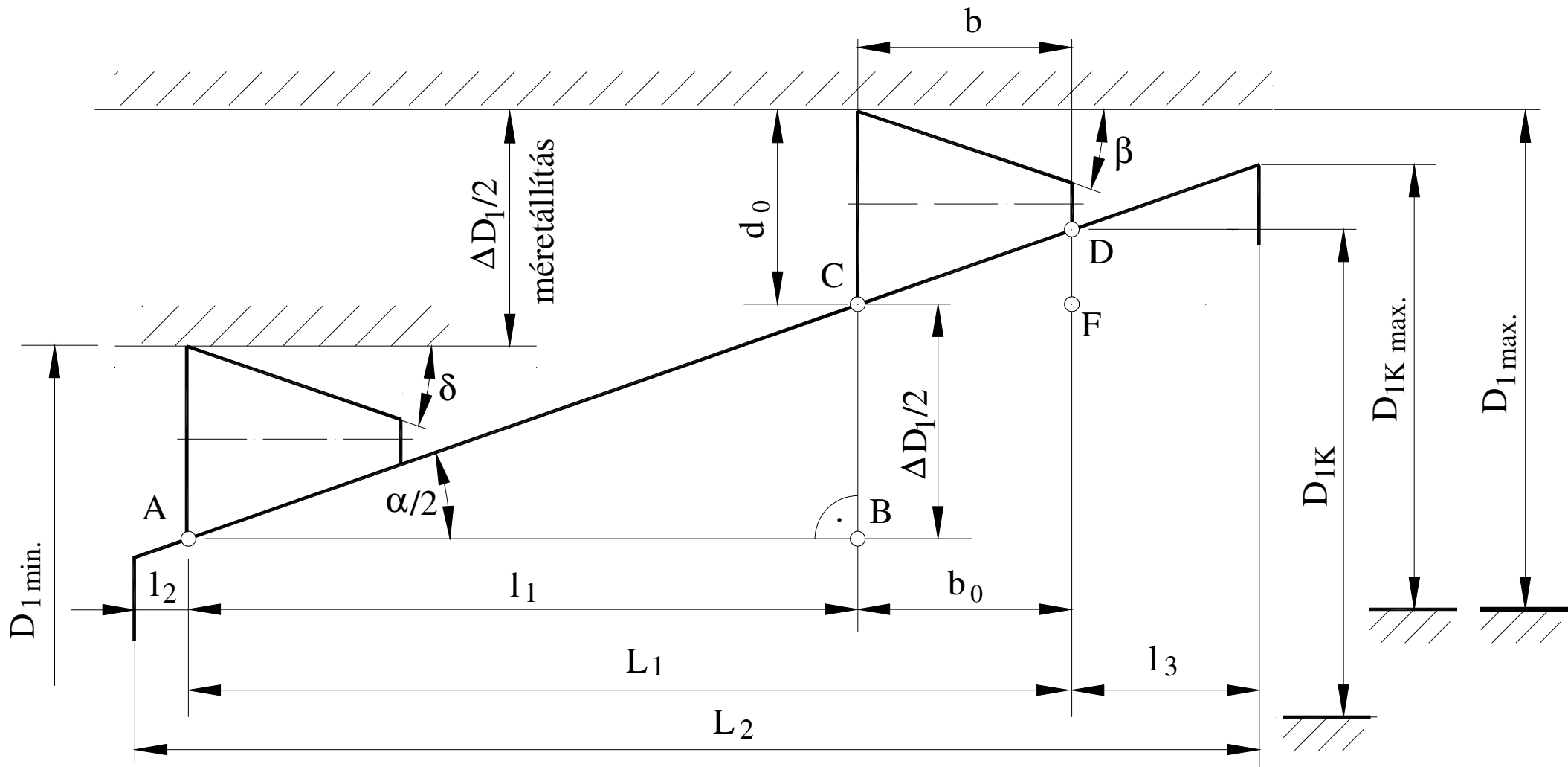
$$\text{c) } \alpha = 2 \cdot (\delta - \beta)$$

A támasztókúp keménysége: $HRC = 62 \pm 2$; átlagos érdessége: $R_a = 0,02\mu\text{m}$ – ezt gyémánt pasztázással készítik.

Támasztókúp geometriai méretei: (8.17. ábra)

Függ:

- a megmunkálandó ϕ -től,
- az α kúpszögtől,
- a méretállítás tartományától ($\Delta D_1 \cong \text{mm}$),
(pl.: $\Delta D_1 = 1\text{mm}$),
- az alakító elemek geometriai jellemzőitől.



8.17. ábra

Geometriai viszonyok

A támasztókúp aktív hossza:

$$L_1 = l_1 + b_0 \quad (8.12)$$

ABC Δ -ből:

$$l_1 = \frac{\Delta D_1}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (8.13)$$

A kisebb (δ) szögek miatt: $b \sim b_0$ közelítés és így

$$L_1 \cong b_0 + \frac{\Delta D_1}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (8.14)$$

A teljes kúp hossza:

$L_2 = L_1 + l_2 + l_3$ a kúp teljes hossza

$l_2 + l_3 = (2 \div 2,5) + (3 \div 3,5)$ a gyakorlatban

$$D_{1K} \cong D_{1\max} - 2d_0 + 2\overline{FD}$$

CFD Δ -ből: \rightarrow

$$\overline{FD} = b_0 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

A támasztókúp legnagyobb aktív átmérője:

$$D_{1K} \cong D_{1\max} - 2d_0 + 2b \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

A támasztókúp legnagyobb átmérője:

$$D_{1K_{\max}} \cong D_{1K} + 2l_3 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Megmunkálható legkisebb átmérő:

$$D_{1\min} = D_{1\max} - \Delta D_1$$

c) Kosár

- $D_{1\min} > D_2$ kosárkülső: $D_2 = D_{1\min} - p_1$,
- $D_{1K_{\max}} < D_1$ kosárbelső: $D_1 = D_{1K_{\max}} + p_2$,

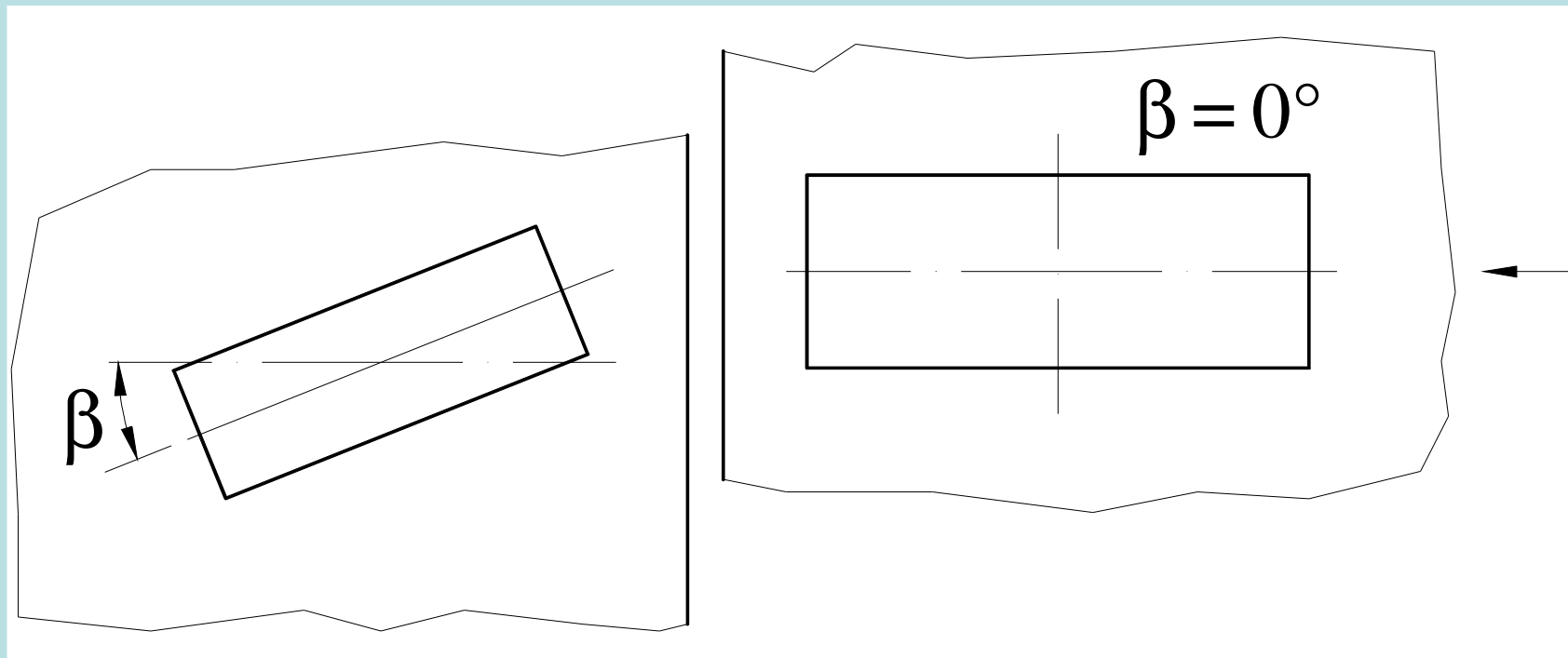
különbségek – átmérő csökkentési (p_1) és növelési (p_2) tényező.

$$p_1 = 0,3 - 6 \text{ mm}$$

$$p_2 = 1 - 1,5 \text{ mm}$$

Horony elhelyezkedése:

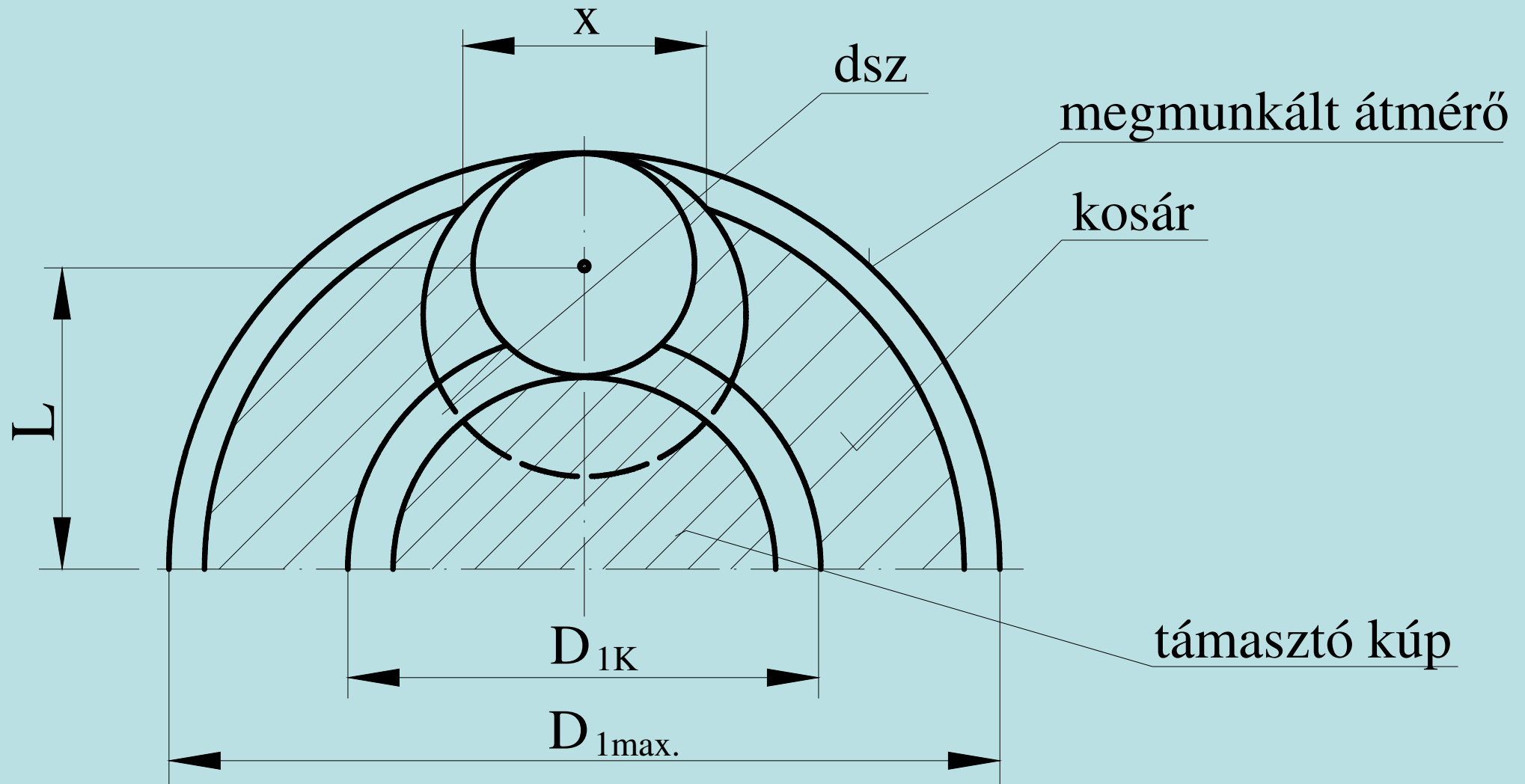
- $\beta=0^\circ$, kényszer-előtolásos a szerszám,
- $\beta>0^\circ$, önelőtolásos a szerszám.



8.18. ábra

Horony elhelyezése

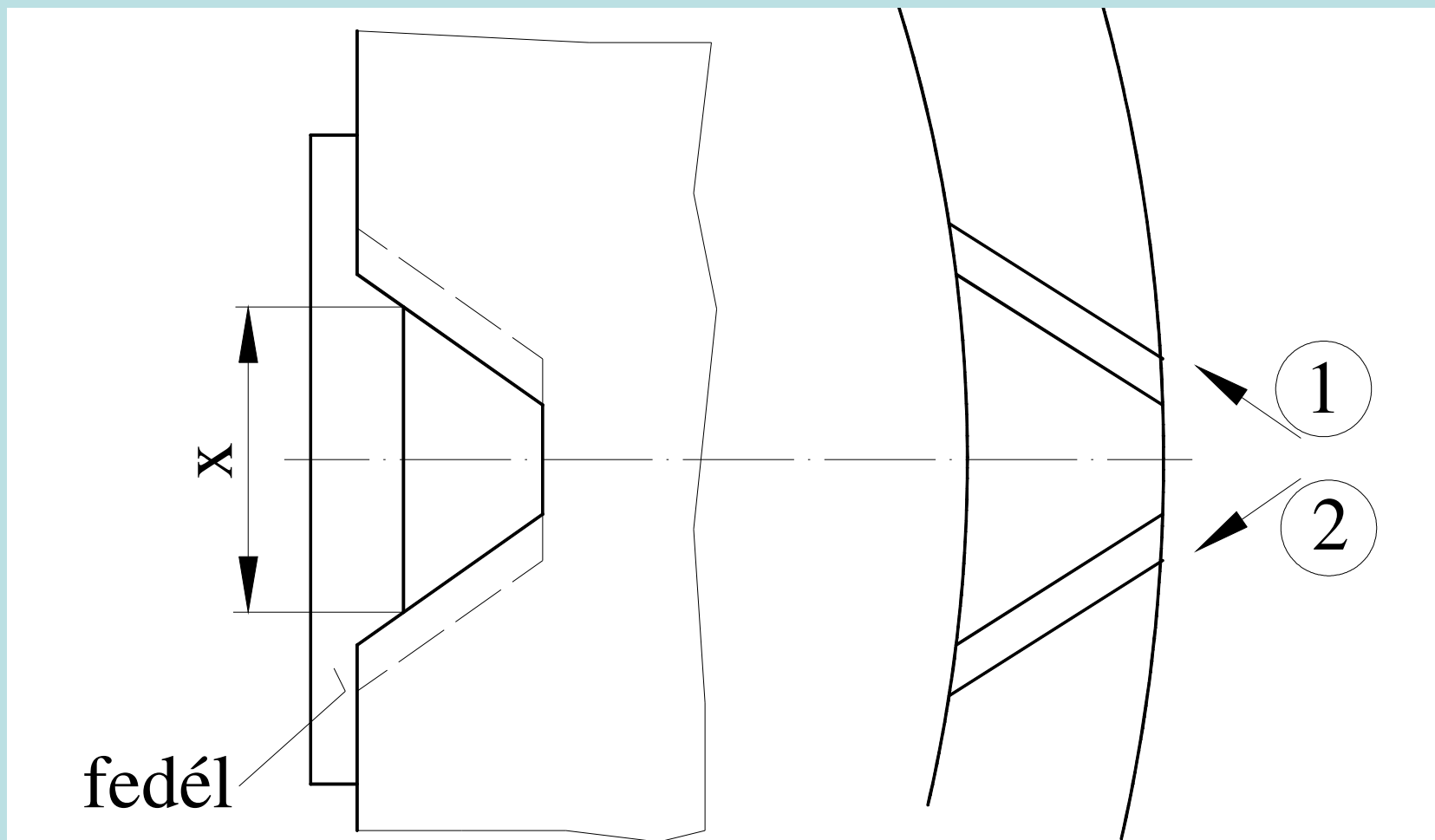
Önelőtölásos szerszám – forgásirány érzékeny.
Geometriai viszonyok, a hornyoknál: (8.19 és 8.20. ábra)



8.19. ábra

Kúpgörgő esetén:

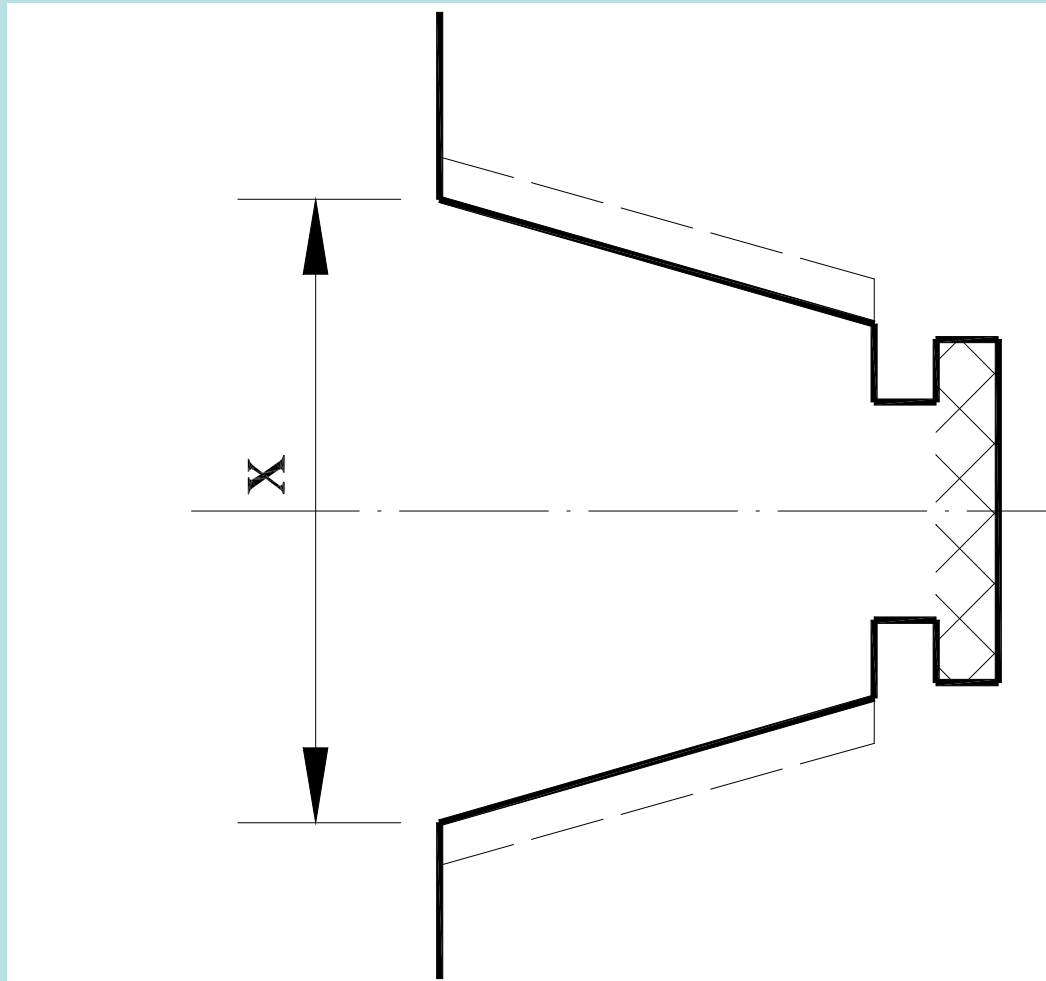
A dsz-ről lemondva 1-1 felület megmunkálva (8.20 ábra):



8.20. ábra

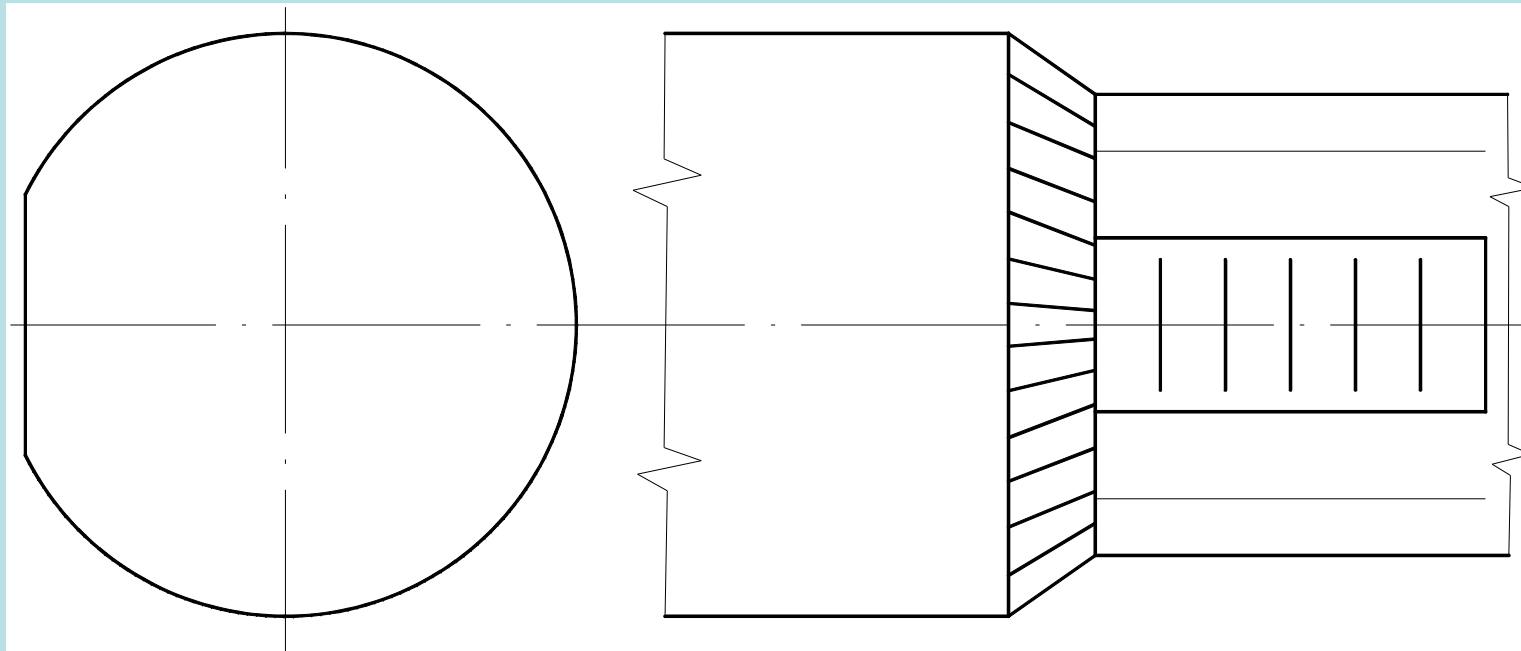
Megjegyzés: zsákfuratnál. (8.21 ábra)

Cél: homloksfelülete elérje a zsákfurat alját, nem lehet zárt.



8.21. ábra

d) Méretállítás (skála): (8.22. ábra)



8.22. ábra
Méretskála

Skálaosztás:

$$S = \frac{2P}{Z} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad [\text{mm}, \mu\text{m}] \quad (8.15)$$

ahol:

P – menetemelkedés

S – skálaérték

Z – skálaosztások száma

α - támasztókúp szöge

8.2.3. Hengerlés – furathengerlés – görgőzés

Technológiai paramétereit:

- Különböző konstrukciós kialakítású fejekkel,
- Az alakító elemek, a felületen legördülnek,
- Az alakító elemek:
 - golyók, hengergörgők,
 - speciális kúpgörgők,
 - tárcsák,
- „Lágy – közép kemény” anyagok megmunkálása.

Az előbb felsorolt valamennyi esetben a cél lehet:

Kalibrálás (merekv szerszám):

- méretpontosság,
- alakpontosság (körkörösség, hengeresség, alkotó egyenesség),
- felületi simaság – mikrogeometriai jellemzők (R_a , R_{max} , R_z , t_p , stb.) fokozása.

Simítás (rugalmas merekv szerszám):

- elsődleges cél a felület simasági mikrogeometriai jellemzőinek fokozott javítása,

Szilárdítás:

- Élettartam (tartósság) növelés.

Cél:

- a felületi réteg tulajdonságainak a megváltoztatása,
- keménység (mikrokeménység),
- feszültség állapot,
- stb. (pl. dinamikus-ütőtestes megmunkálás, statikus-nyomó hengerlés).

A fenti célok variálhatók is, és valamilyen mértékig mindig együtt is jelentkeznek.

- A KHF-ekre kezdték előbb alkalmazni, mivel az lényegesen egyszerűbb.
- A furat mérete a szerszám méretét lehatárolja, nehéz megfigyelni, ellenőrizni, minősíteni a produktumot.

- Furatnál (különösen, ha hosszú) nehezebb a jó előmunkálást is megvalósítani.

Ez a technológia szinte nélkülözhetetlen, csaknem mindenütt alkalmazható.

Különösen fontos és elsődleges az alkalmazása:

- hidraulikus,
- pneumatikus hengereknél,
- bányatámoknál,
- csapágyfuratoknál, perselyeknél,
- házak furatainál (hajtóműveknél) (nehezen köszörülhető furatrendszeréknél, stb.).

8.2.3.1. Furathengerlés előnyei a hónolással szemben

1. A termelékenység növekedés 5-10-20-szorosára nő.
2. Az önköltség lényegesen csökken.
3. A hengerelendő felület általában elegendő:
 - simítóesztergálással,
 - finomesztergálással,
 - finomfúrással,
 - fúrással,
 - dörzsöléssel esetleg,
 - nagyoló köszörüléssel előmunkálni.

4. Nő a felületi réteg:

- keménysége (30-60 %),
- kedvező nyomófeszültségek növelik az élettartamot.

5. A felület a korrózióval szemben ellenállóbb.

6. Javulnak a felület siklási, csúszási tulajdonságai.

7. Növekszik a teherhordó felület.

8. Nagy méret- és alakpontosság érhető el.

9. A felületi simaság (mikrogeometriai jellemzők) nagymértékben javulnak. (A lineáris pontosítás vagy simítási szám pl. R_a -nál:

$$K_{Ra} = \frac{Ra_e}{Ra_h} = 20 - 100).$$

10. Nincsenek forgácselvezetési problémák.

11. Nagy a szerszám élettartama, a fontos szerszámelemek

- alakító görgők, golyók,
- támasztókúp,
- görgőtartó kosár hazai anyagokból előállítható.

12. A szerszám a család-elv szerint kialakítható (szabványosíthatók az elemei).

13. A szerszám alkalmazása nem igényel különleges – speciális gépet.

A szerszám alkalmazható:

- esztergán,
- revolveresztergán,
- automatán, NC gépen,
- fúrógépen,
- marógépen,
- horizonton,
- stb.

14. Az esztergatípusú gépek hosszú furatok (hidraulikus, pneumatikus, bányatámhengerek) finom megmunkálásra (felfúrásra is) „kis” ráfordítással átalakíthatók.

15. Energiatakarékos a megmunkálás, stb.

A hengerlés (furathengerlés) alkalmazható:

- acélok, lágy- és középkemény (ötvözött is),
- öntöttvasak: ($HB < 420$),
- színesfémek (Bz, SR, AC, stb.) megmunkálására.

A megmunkálhatóságot a gyakorlat számára acéloknál a fajlagos nyúlással és a keménységgel (HRC) adják meg.

Acélok esetén a jó alakíthatóság kritériumai:

- fajlagos nyúlás: $A_{10} \geq 18 \%$,
- keménység: $HRC \leq 32$.

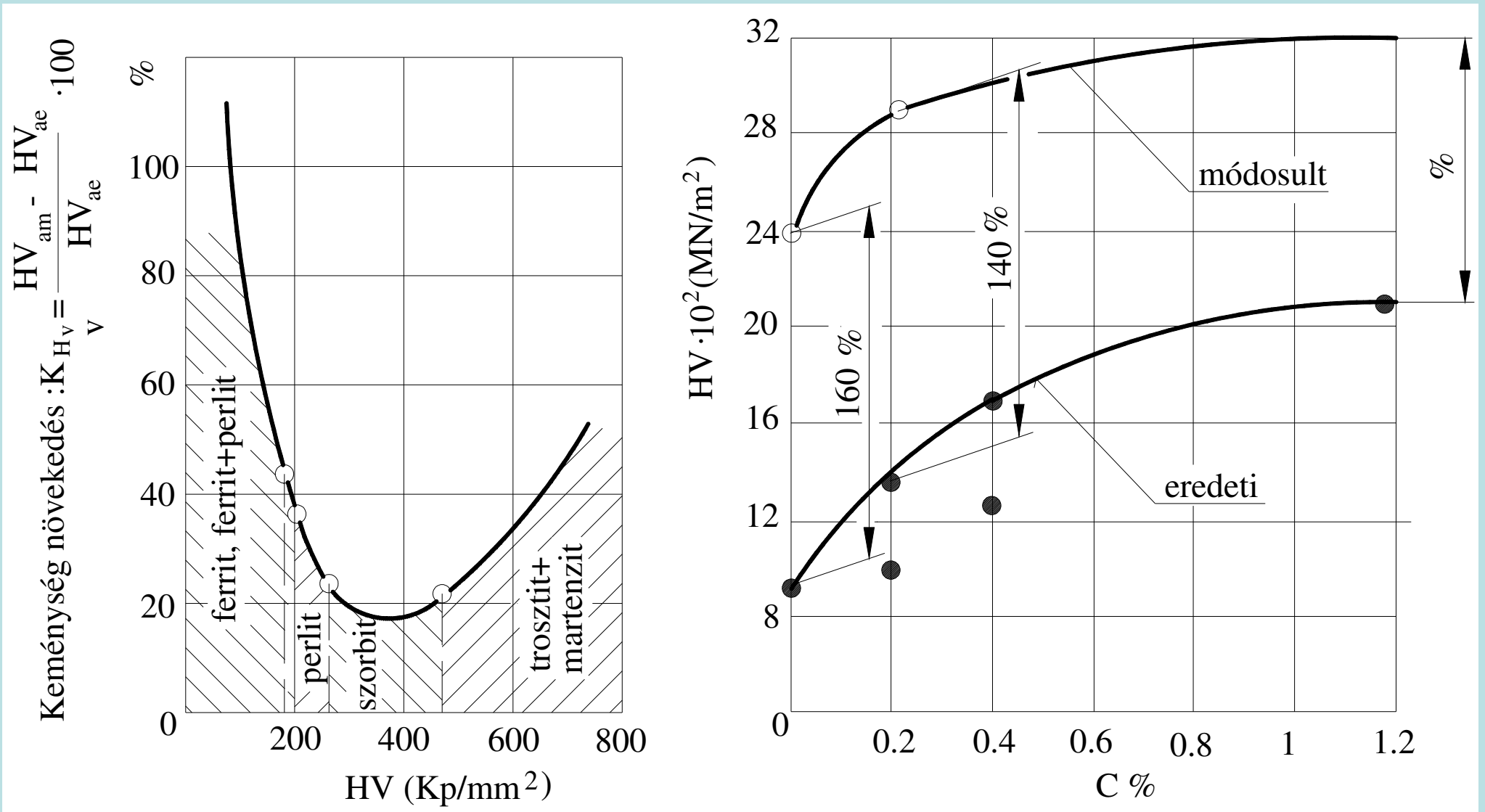
A felület kisimulása ilyenkor a legjobb.

Az A_{10} csökkenésével és a HRC növekedésével a hideg alakíthatóság romlik, de bizonyos feltételek mellett HRC = 50-55 keménységű anyagok is hengerelhetők.

Acélok hengerelhetősége nagymértékben függ a:

- szövetszerkezettől,
- szénttartalomtól.

Ezt szemlélteti a 8.23. ábra.



8.23. ábra

A keménység változása a szénttartalom függvényében

Az előmunkált felület érdessége:

- Irodalmi ajánlás (dörzsölt, esztergált) szerint általában:
 - $R_{\max.e} = T/2$, ahol: T – a furat előírt végeleges tűrése
vagy konkrétan: $R_{ae} = 5 \mu\text{m}$; $R_{\max.e} \leq 20\text{-}30 \mu\text{m}$.
 - Jól alakítható anyagoknál (pl. Ko, Bz, Br, Al) ezek az értékek nagyobbak is lehetnek.

A hengerelt felület érdessége:

- Általában elérhető: $R_{ah} \sim 0,03\text{-}1,5 \mu\text{m}$, $R_{\max.h} = 0,2\text{-}2 \mu\text{m}$.
- Az egyéb mikrogeometriai jellemzők is fokozottan javulnak (R_z , t_p).

Hengerléskor alkalmazott túlfedés (fogásmélység):

- $f_h = 0,01-0,03-(0,06-0,08)$ mm/sugár.

A beállítandó érték több tényezőtől függ:

- mdb anyagától (nyúlás, keménység, szilárdság, szénttartalom, szövetszerkezet),
- az előmunkált R_{ae} , $R_{max.e}$ -től,
- az előmunkált felület mikroprofiljának alakjától,
- a hengerelendő furat falvastagságától (merevségétől),
 - ha v (falvastagság) kicsi: f_h – nagy,
 - ha v (falvastagság) nagy: f_h – kicsi,

- ha kicsi a falvastagság, az alakítandó anyag, a görgők (alakítóelem) előtt kitér azért, hogy a felület sima legyen, nagyobb f_h – fedést kell alkalmazni,
- ez pikkelyesedéshez vezethet, különösen kemény anyagnál).

Hengerlés után az alakhiba (körkörösség, hengeresség) több tényezőtől függ:

- az előmunkált H_e – köralakhibától,
- az anyag homogenitásától,
- az előmunkált furat – feszültségállapotától és annak szimmetriájától,

- csövek, perselyek esetén az egytengelyűségtől (változó falvastagság esetén),
- a falvastagsági aránytól – ($v/D_f = 1/8$).

Furathengerlés szempontjából a cső merevsége már kedvező.

- $v/D_f = 1/20$ – is hengerelhető, de célszerű merevítő készüléket alkalmazni.

Hengerlési ráhagyás:

- $R_h \sim 0,05-0,02$ mm/sugár, vagyis általában az előmunkált furat átmérője:
- $D_e = AH - 2R_h$,
- Sorozatgyártásnál, R_h – értékét néhány kísérlettel célszerű behatározni (próbahengerlés),
- Nagy tűrésű furat esetén – az AH méretre célszerű a furatot készíteni, és az ajánlott R_a -val előmunkálni!

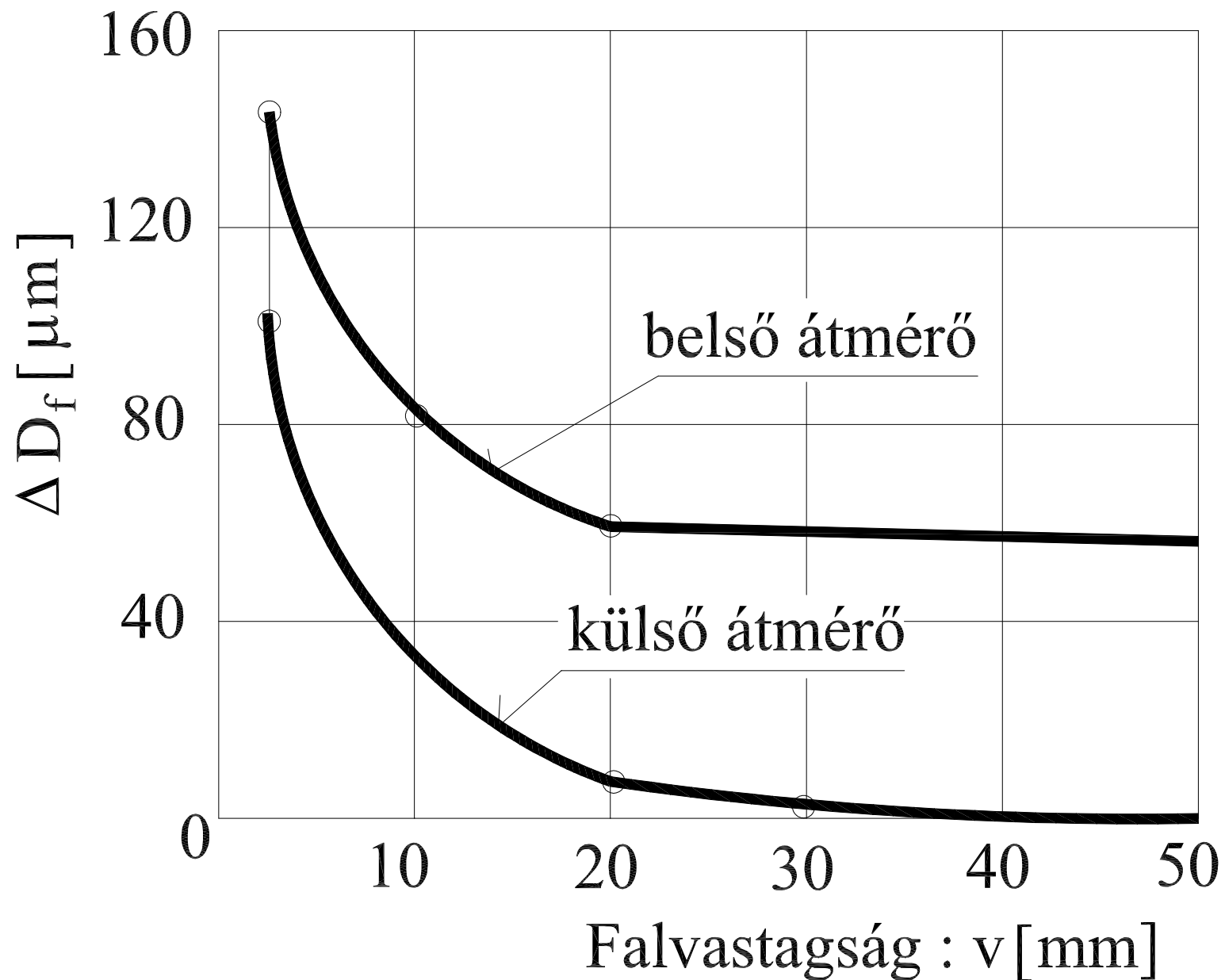
Hengerlésnél az előtolás:

- minőségi (simaság),
- termelékenységi tényező általában: mm/ford.,
- a nagysága függ a szerszámba beépített alakító elemek:
 - számától – kis szerszám kis előtolás,
 - nagy szerszám (szakg.) nagy előtolás,
 - geometriai alakjától:
 - golyó
 - kúpgörgő,
- méretétől,
- az ún. döntési szögtől (nagy szög, kis erő, nagy fajlagos nyomás).

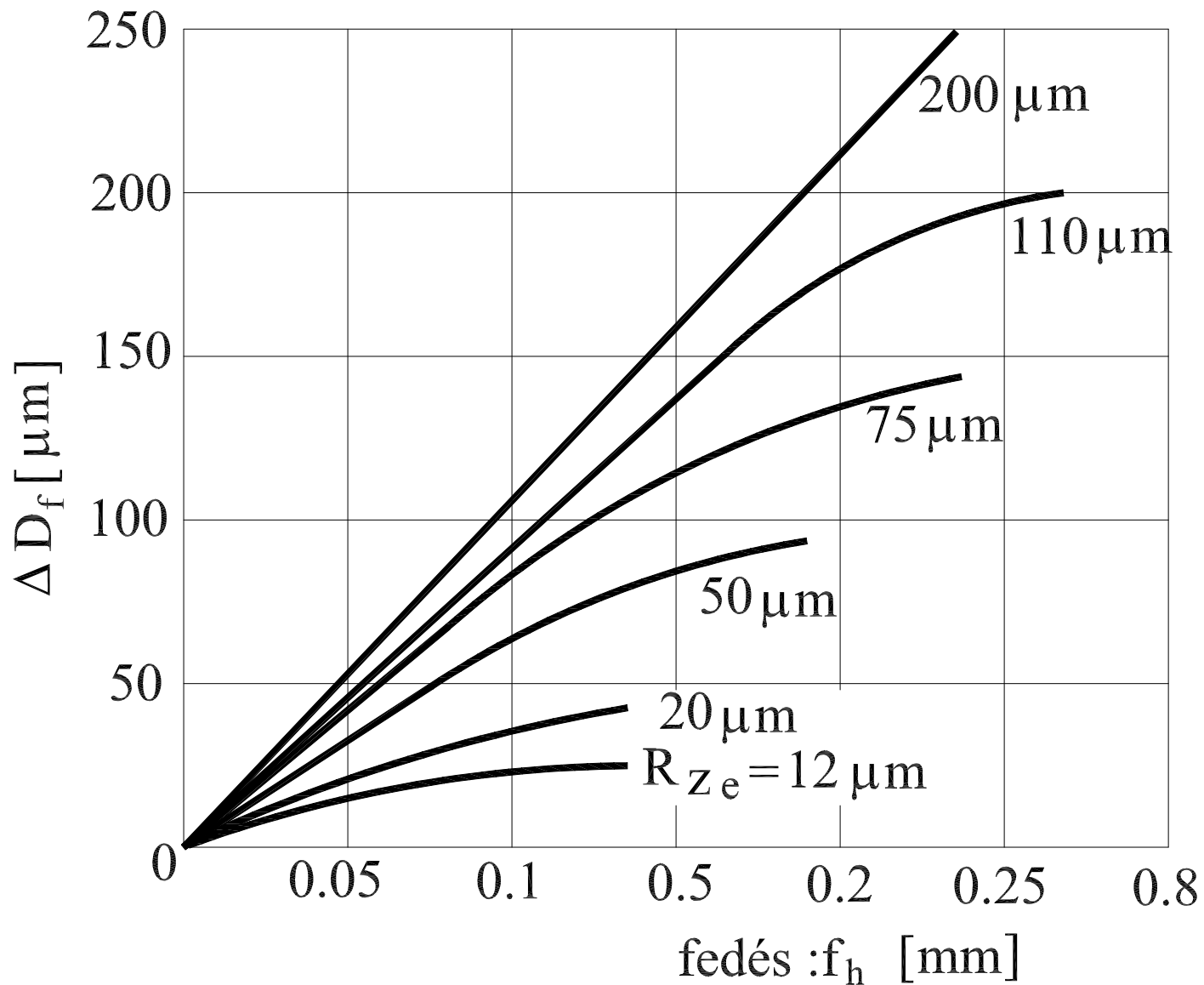
Hengerlési sebesség – fordulatszám:

A tapasztalat szerint nem minőségi, hanem termelékenységi tényező. Tehát elvileg tetszőleges, de vannak természetes korlátok:

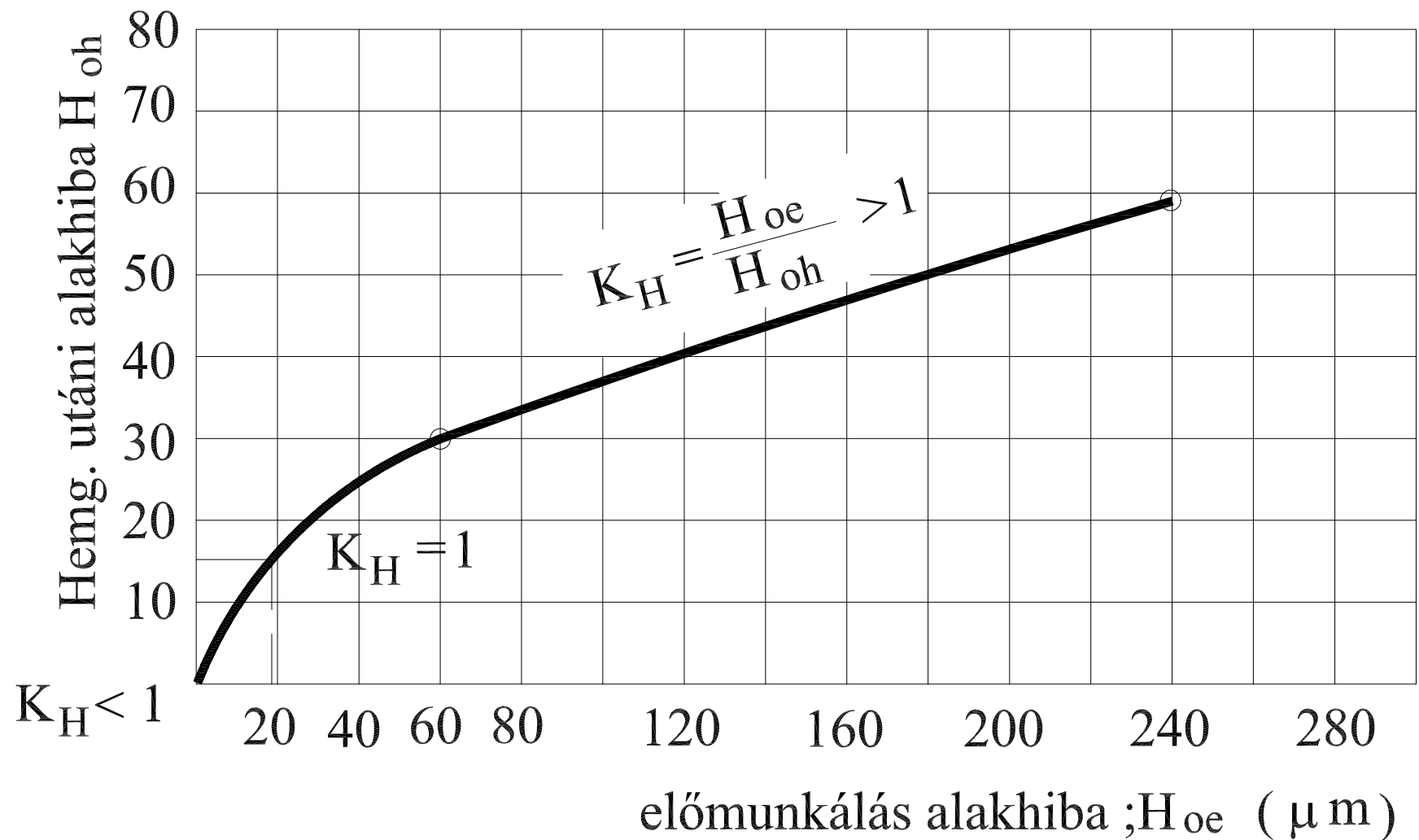
- gép állapota,
- MKGS-rendszer merevsége,
- tömeg kiegyensúlyozatlanság,
- rezgések.



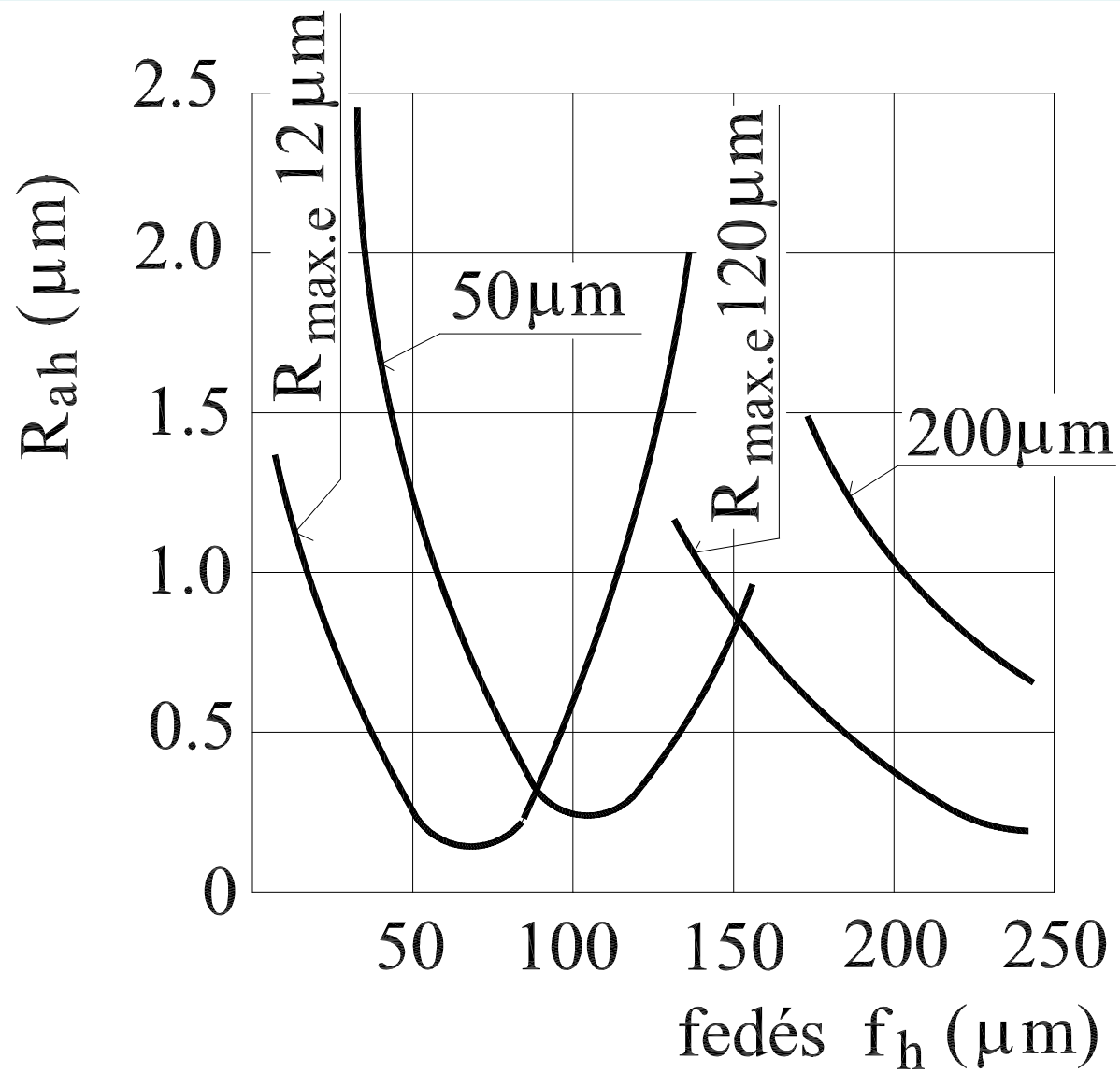
8.24. ábra *Az átmérők változása egy konkrét acélnál a v falvastagságtól függően*



8.25. ábra Az átmérőváltozás vastagfalú csőnél (acél) különböző az R_z és f_h – fedéstől függően



8.26. ábra *Köralak-hiba hengerlés után az előmunkált alakhiba függvényében*



8.27. ábra

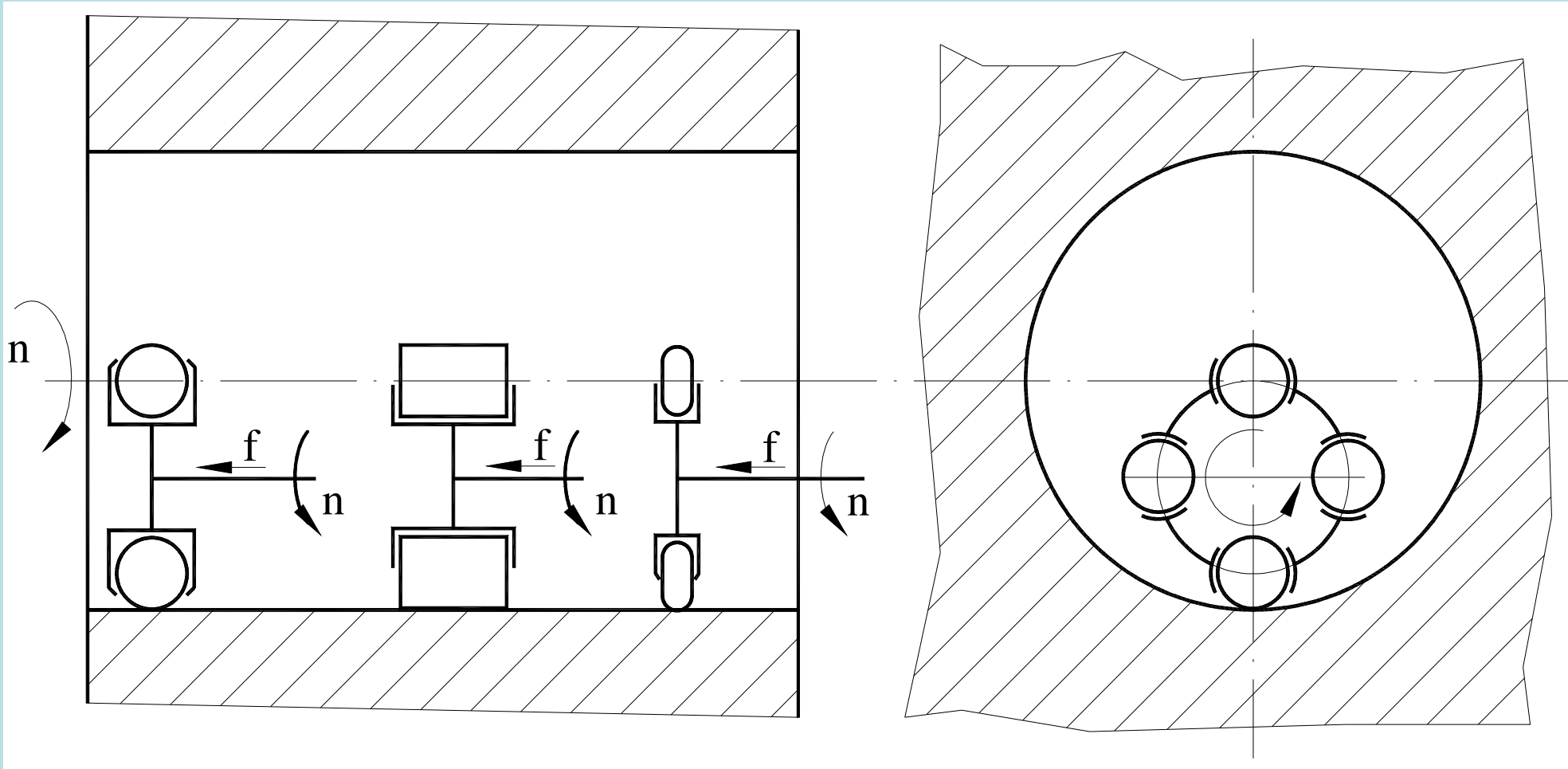
A túlfedés és az előmunkált felület érdekessége

- optimum, fedésig csökken az R_{ah}
- optimum után romlik (túlhengerlés, pikkelyesedés, felválnak a felület).

8.3. Jellegzetes felületek ütőtestes szilárdítása

Ütőtestes szilárdítás (dinamikus megmunkálás, élettartam növelés)

- A szerszám speciális forgófej, különböző konstrukciós kialakítású:
 - golyós,
 - görgős alakító elemekkel.
- A szerszám nagy sebességgel forog, az alakító elemek „rövid” ideig érintkeznek (dinamikus becsapódás) az alakítandó felülettel.
- Kemény- és lágy anyagok megmunkálására használható. [77]



8.28. ábra

Nyomó és dinamikus hengerlés

Az FM változását a megmunkálandó anyagnál jóval keményebb anyagú szabad vagy korlátozott mozgású ütőtestek és a szilárdítandó felület ütközésekor végbemenő dinamikus kölcsönhatás eredményezi.

Az elterjedt berendezések működési elve szerint az ütőtestekkel végzett felületszilárdítás történhet:

- szabadon mozgó ütőtestekkel,
- kötött elhelyezésű ütőtestekkel.

Ha az ütőtestet (illetve ütőtesteket) fedésbe hozzuk a megmunkálandó felülettel, az ütőtestek a felületre ütések mérnek, melyek a felületi rétegben hidegképlékeny alakváltozást eredményeznek.

Az egyedi ütések nagyságát:

- az ütőtest tömege,
- az ütési sebesség (szerszám kerületi sebesség),
- a fedés nagysága befolyásolja.

8.3.1. Jellegzetes felületek sörétezése

a) Sörétnyaláb ütügető hatása:

- a sörétek az ütügetés közben,
 - saját súlyuk,
 - sűrített levegő nyomással,
 - forgó lapátkerekek röpitőereje révén szilárdítanak.

Sörét anyaga:

- nagy szilíciumtartalmú öntöttvas (olcsó),
- nagy szénttartalmú acéldrót (drágább, de gazdaságosabb).

Sörét mérete:

- ált. $0,5 \div 2$ mm, de van $4 \div 5$ mm is.

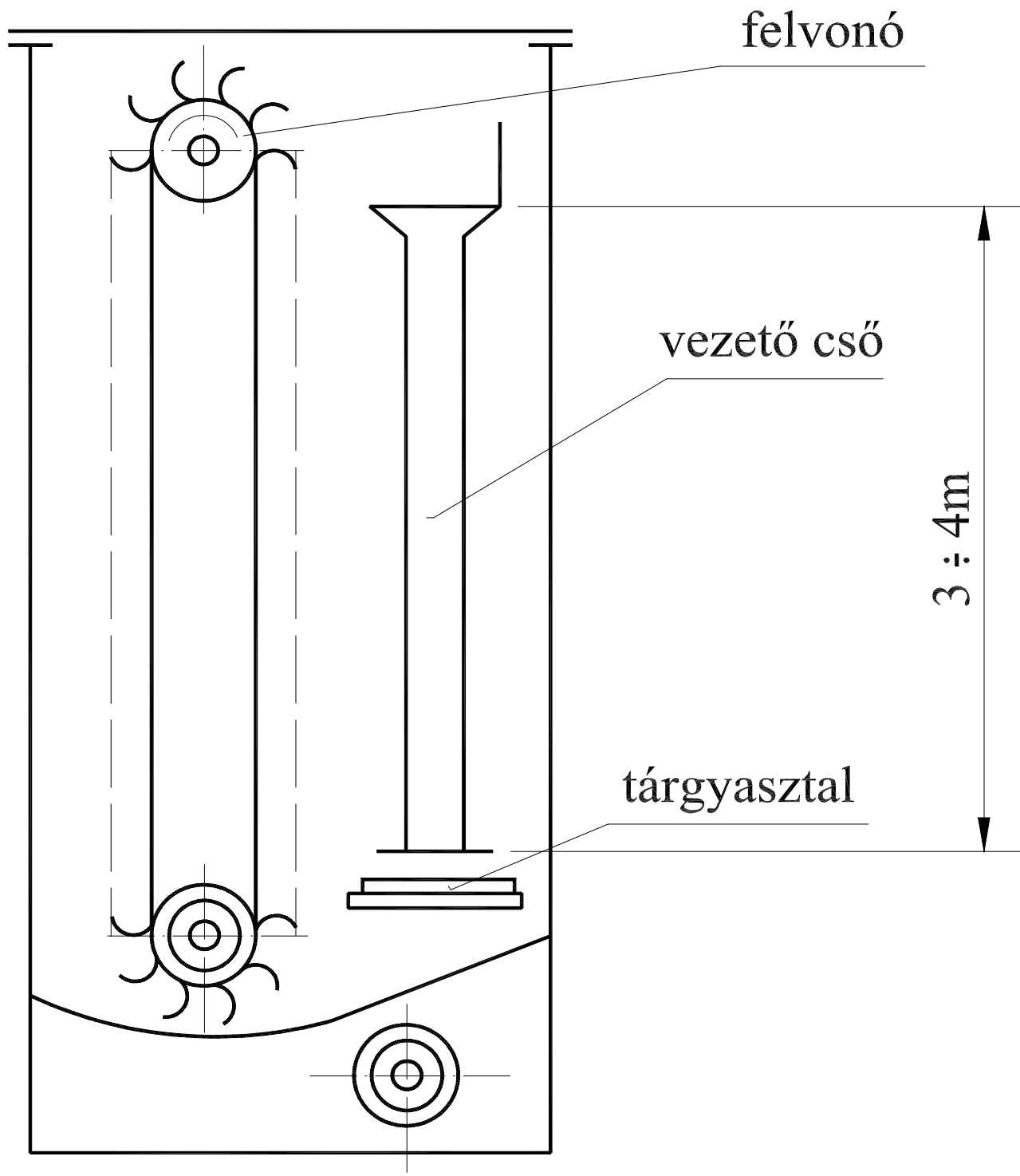
Sörétnyaláb sebessége: $5 \div 150$ m/s.

A sörétezés végezhető:

- gravitációs sörétező berendezéseken,
- mechanikus sörétező berendezéseken.

Gravitációs sörétezés:

- 3 ÷ 4 méter magasból esnek a megmunkálandó felületre a sörétek,
- ϕ 2 ÷ 3 mm méretűek,
- sörétnyaláb sebessége 5 ÷ 7 m/s,
- egyszerű, de termelékenysége igen kicsi,
- kis sebesség miatt felületszilárdító hatása sem nagy.



8.29. ábra
*Gravitációs
 sörétező
 berendezés
 elvi felépítése*

Pneumatikus sörétezés:

Elterjedtek, mert:

- szerkezeti kialakításuk egyszerű,
- felvonó a tárolóba szállítja a sörétet.

Mechanikus sörétező berendezés:

- sörétnyaláb gyorsan forgó 600-3500 ford/min, nagy átmérőjű $D = 300-1000$ mm lapátkerékből zúdul a munkadarab felületére,
- sebesség igen nagy $v = 70 \div 150$ m/s,
- termelékenység közel 20-szoros,
- üzemeltetés költségét nagymértékben növeli az intenzív lapátkopás (üzemórájuk: 80-100 óra).

b) Technikai adatok:

Sörétezéskor a keményedett réteg vastagsága:

$$\Delta l = k \cdot \frac{d_s \cdot v_s \cdot \sin \alpha}{\sqrt{H_{\text{din}}}} \quad (8.31)$$

ahol:

Δl – a keményedett réteg vastagsága

d_s – a sörét átmérője

v_s – a sörétnyaláb sebessége

α – a megmunkált felület és a sörétnyaláb által bezárt szög

H_{din} – a munkadarab anyagának dinamikus keménysége

c) Pontosság: IT 8-11

d) Termelékenység: Gravitációs, pneumatikus, mechanikus kivitel függvénye.

e) Felület érdessége: $R_a = 0,63-25 \mu\text{m}$

8.3.2. Jellegzetes felületek szilárdítása forgó alakos ütőtestekkel

a) dinamikus alakítás

- tárcsaszzerű szerszám kerületén elhelyezkedő ütőtestek: gyűrű, golyó,
- méret és alakadó megmunkálásoknál az ütőtestek alakos gyűrűk,
- tartósságnövelő megmunkálásnál legtöbbször acélgolyó.

b) A felületi réteg alakváltozását dinamikus felületszilárdításkor az ütéserő, illetve az ütési impulzus határozza meg.

Az impulzus nagysága:
$$I = C \cdot v \cdot \sqrt{f} \quad (8.32)$$

ahol:

C: konstans

v: szerszám kerületi sebessége

f: átfedés

Technológiai adatok:

v: Acél: 12-40 m/s

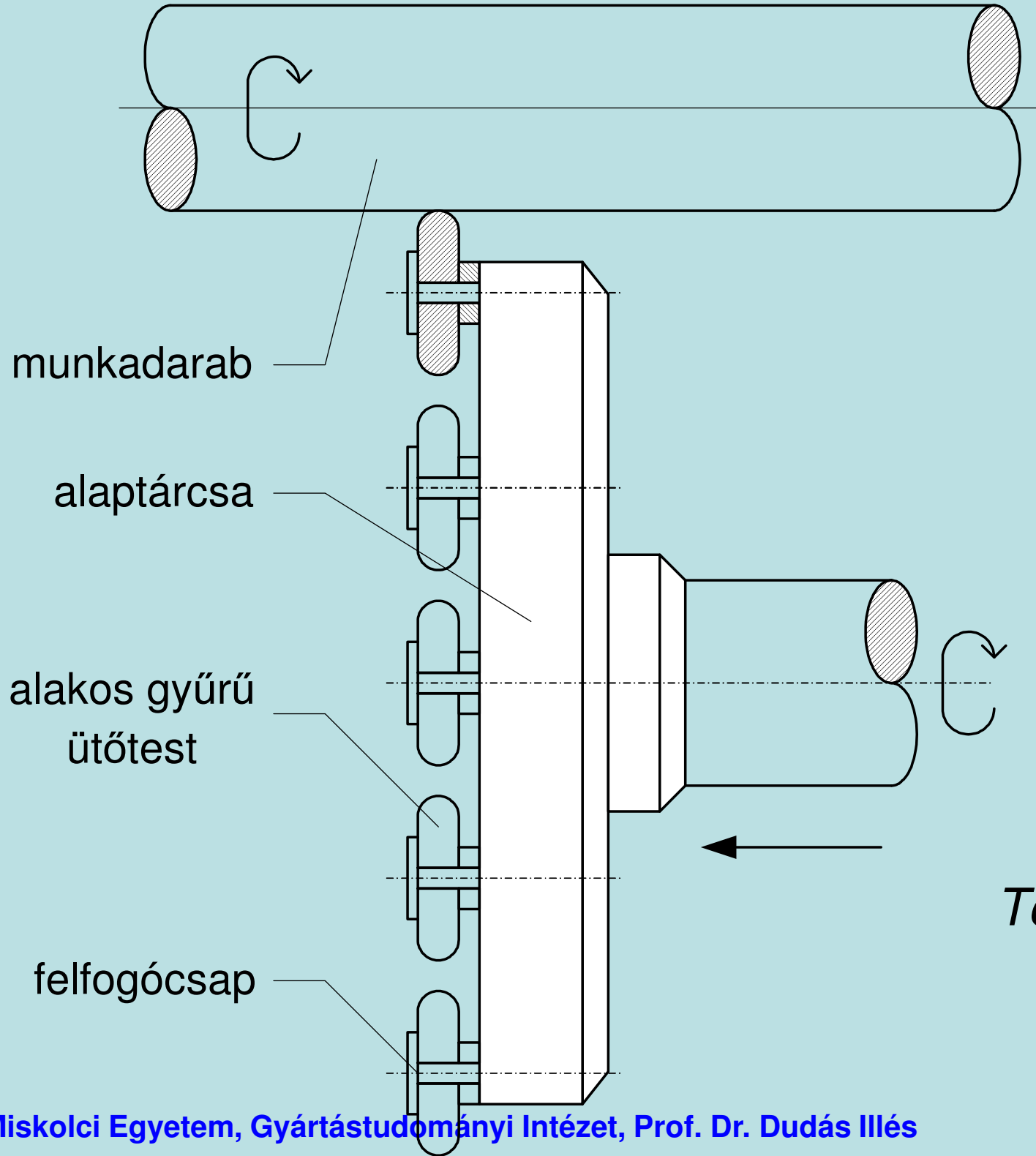
Öv: 15-20 m/s

Színesfém: 8 ÷ 12 m/s

Átfedés: $f = 0,05 \div 0,8$ mm

Fajlagos ütésszám:

$$N_{\ddot{u}} = 30-70 \text{ ütés/mm}^2$$



8.30. ábra
*Tömörítő szerszám
alakos gyűrű
ütőtestekkel*

c) Pontosság: IT 7-10

d) A felületszilárdítás hatékonyságát, illetve az alakképzés termelékenységét az alábbiak határozzák meg:

- az ütőtest alakja és méretei,
- az átfedés,
- a szerszám kerületi sebesség,
- az ütőtestek száma,
- a szerszám előtolása,
- a munkadarab kerületi sebessége,
- a „fogásszám”,
- a munkadarab anyaga.

e) A felületi mikrogeometriáját elsősorban a fajlagos ütésszám ($M_{\ddot{u}}$) határozza meg:

$$M_{\ddot{u}} = \frac{u \cdot n_{sz} \cdot i}{d_{md} \cdot f \cdot \pi \cdot n_{md}} \quad (8.33)$$

ahol:

u – a szerszám ütéseinek száma

n_{sz} – a szerszám fordulatszáma l/min

d_{md} – a munkadarab átmérője mm

f – a szerszám előtolása mm/ford

n_{md} – a munkadarab fordulatszáma l/min

i – forgásszám

$R_a = 0,04-1,25$

8.1. táblázat

Szilárdító eljárás	Szilárdítás célja	Pontosság IT	Érdesség μm	Keményedési mélység		Élettartam növekedés
				mm	%	%
Vasalás	a, e, b, d, c	6-10	$R_a = 0,04-0,63$	0,2-15	5-60	50-300
Hengerlés	a, b, c, d, e	7-10	$R_a = 0,04-0,63$	0,2-15	10-60	50-400
Sörétezés	b	8-11	$R_a = 0,63 - 25$	0,2-0,5 0,4-1,5	20-40	30-400
Forgó ütőtestes felületszilárdítás	b, a, d, c	7-11	$R_a = 0,04-1,25$	0,5-2,5	15-60	50-400

Különböző szilárdító eljárások különféle paramétereit

- a – kopásállóság növekedése,
- b – kifáradási növekedése,
- c – korrózió állóság növekedése,
- d – érdesség csökkentés,
- e – kalibrálás.

További ismeretek a [77] irodalomban jelentek meg.