

Dudás Illés

GÉPGYÁRTÁS-TECHNOLÓGIA III.

A.Megmunkáló eljárások és szerszámaik

B.Fogazott alkatrészek gyártása és szerszámaik

1. BELSŐ HENGERES FELÜLETEK MEGMUNKÁLÁSA

Gépalkatrészekben a belső hengeres felületek (BHF) igen nagy számban fordulnak elő, megmunkálási gyakoriságuk pedig közel azonos a külső hengeres (KHF) felületekével.

Megmunkálásuk viszont **nehezebb**, az alábbiak miatt:

- a **megmunkálás** körülményei és **feltételei kedvezőtlenebbek**,
- az **anyagleválasztás**, a forgácseltávolítás, a forgácsolóél hűtése **bonyolultabb**,
- az **MKGS**-rendszer **merevsége kisebb**,
- a **szerszámozás kedvezőtlenebb**,
- a forgácsolási folyamat **ellenőrzése**, a furat mérése **nehézkesebb**, stb.

Megállapítható, hogy a gazdaságos gyártási tűrés BHF-ek esetén **nagyobb** mint a KHF-ek („ $IT_{BHF} > IT_{KHF}$ ”) megmunkálásakor.

1.1. Belső hengeres felületek megmunkálása határozott élű szerszámokkal

A BHF-ek megmunkálásánál az **alkalmazott gyártóeszközök és eljárások**, a **furat hosszának (L)** és **átmérőjének (D)** viszonyától függően különbözőek.

Technológiai szempontból a BHF-ek lehetnek:

- **rövid** furatok, $L/D < 0,5$ (önvezető szerszámot is vezetni kell)
- **normál** furatok, $0,5 < L/D < 3$ (nincs különleges követelmény)
- **hosszú** furatok, $3 < L/D < 10$ (szerszámkiemelési igény)
- **mély furatok,** $L/D > 10$ (különleges gépszerszám és forgácsolási követelmények)

A határozott élű szerszámmal való **furatmegmunkálás** a forgácskeresztmetszet és a forgácsleválasztás függvényében történhet:

állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásával, (pl.: hossz-menetmarás)

változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztásával, (pl.: örvénylő megmunkálás vagy rotációs marás)

állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztásával. (pl.: henger felület gyalulása)

A fejezet továbbiakban az állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásának jellemzőit foglalja össze.

A BHF-ek legnagyobb része rövid és normál furat.

Ezek előállítása elsősorban asztali-, oszlopos-, sugár-fúrógépeken, esztergákon, fúró-maró műveken, stb. történik.

1.1.1. Belső hengeres felületek forgácsolása állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásával

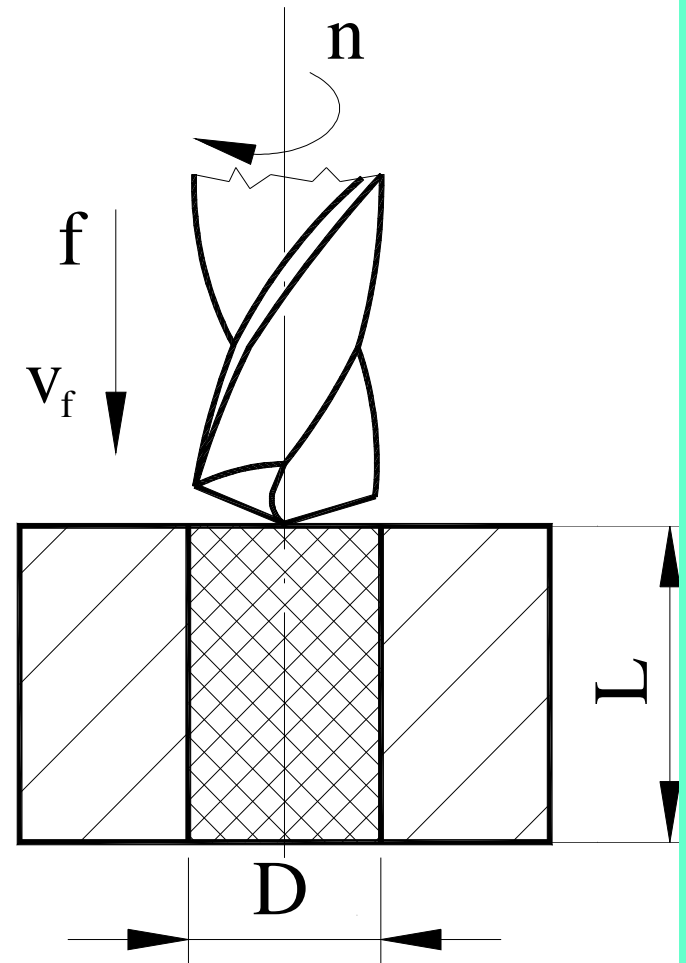
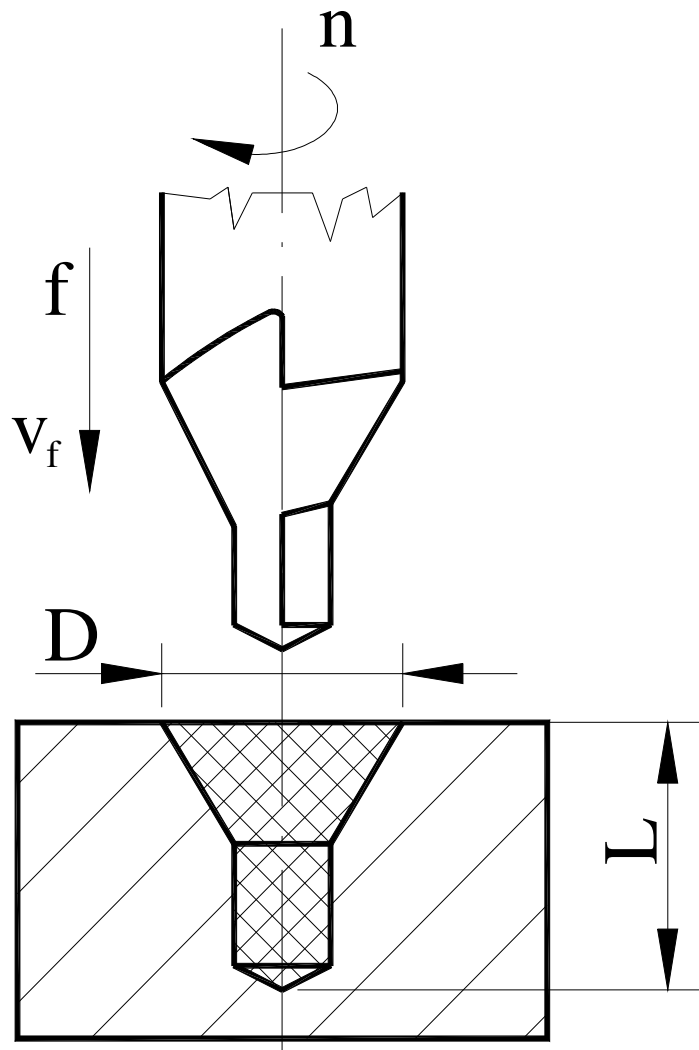
A **megmunkálás** történhet:

- **egy**,
- több élű** határozott élű szerszámokkal.

Az alkalmazott megmunkálási változatokat az 1.1. és 1.2. ábrák szemléltetik.

1.1. ábra Furatmegmunkálások

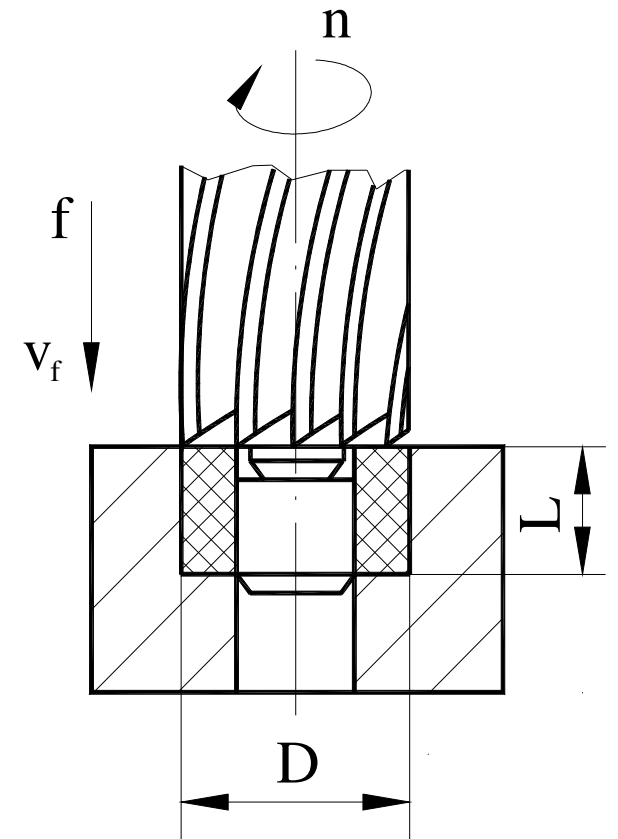
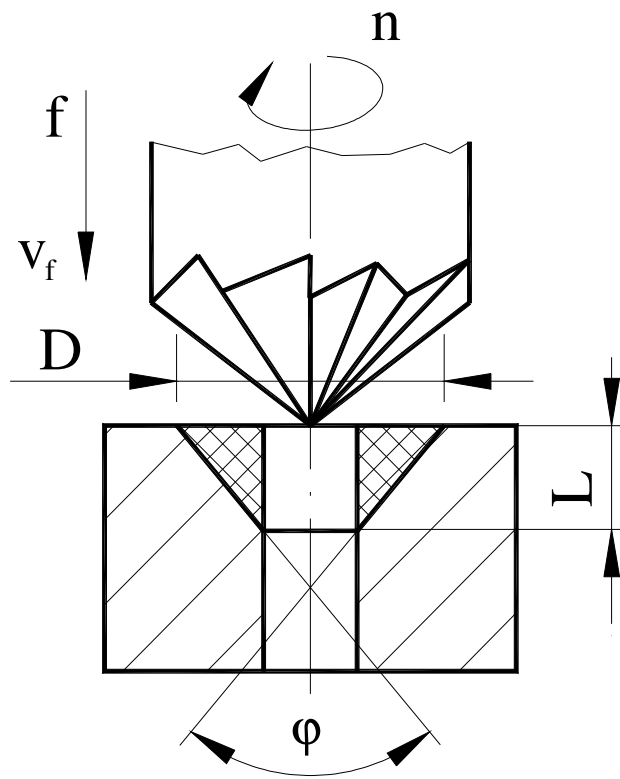
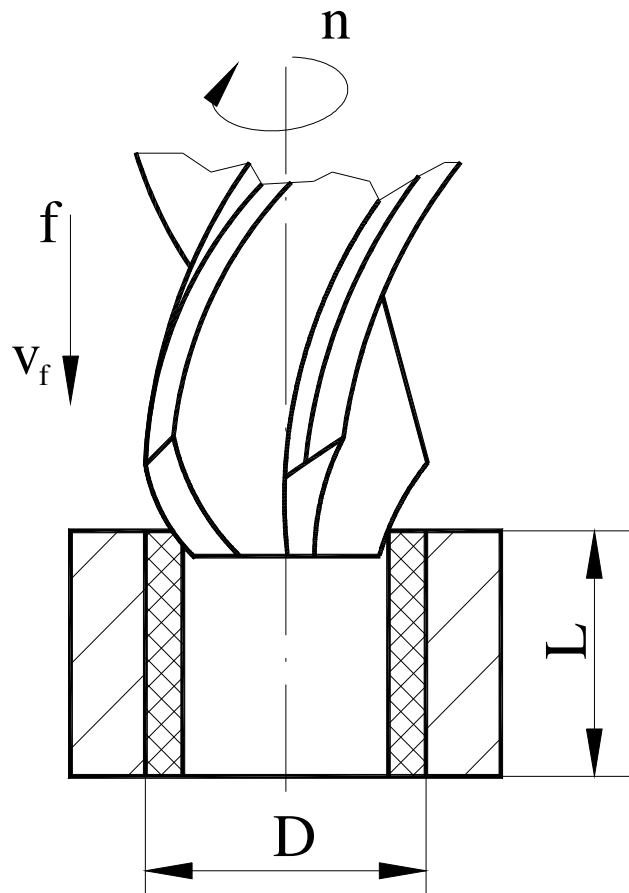
a). Fúrás



1.1. ábra

Furatmegmunkálások

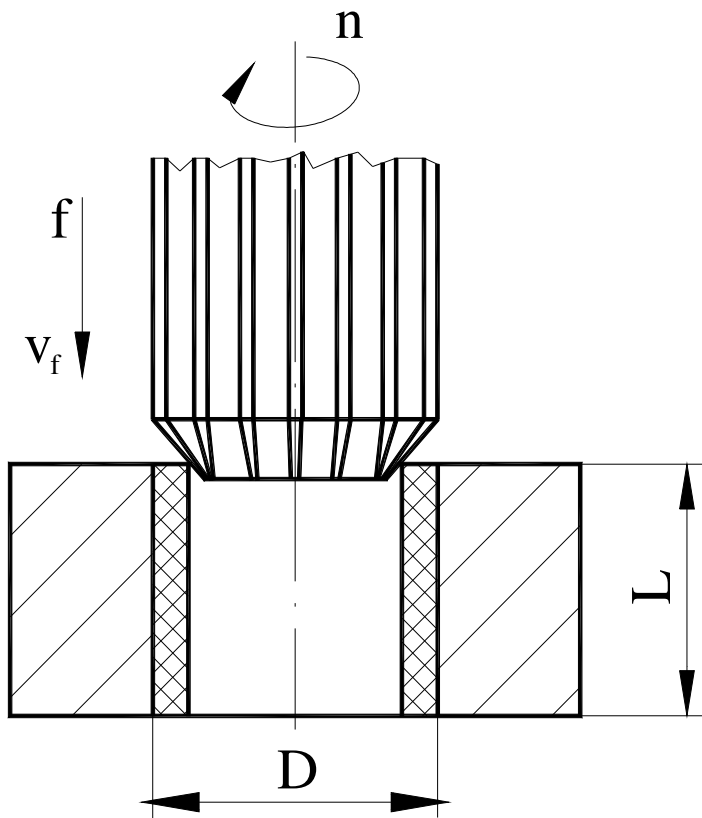
b). Süllyesztés



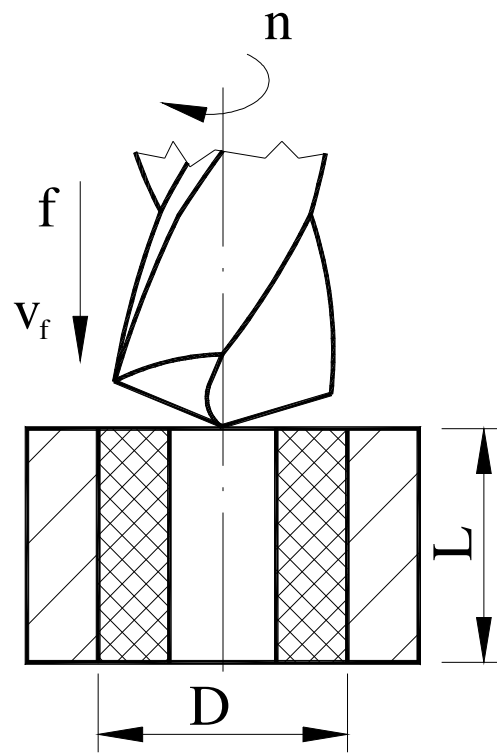
1.1. ábra

Furatmegmunkálások

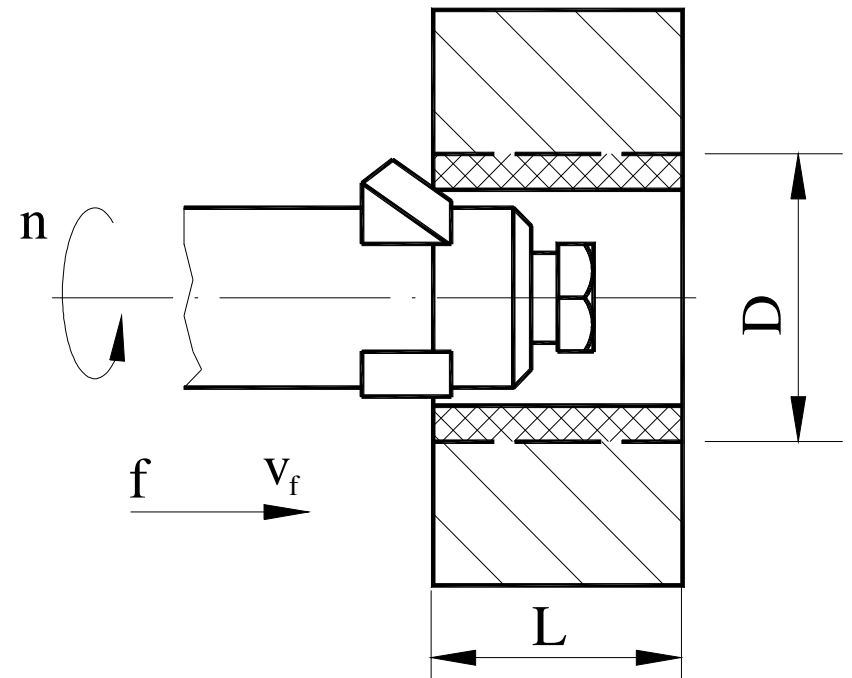
c). Dörzsárazás

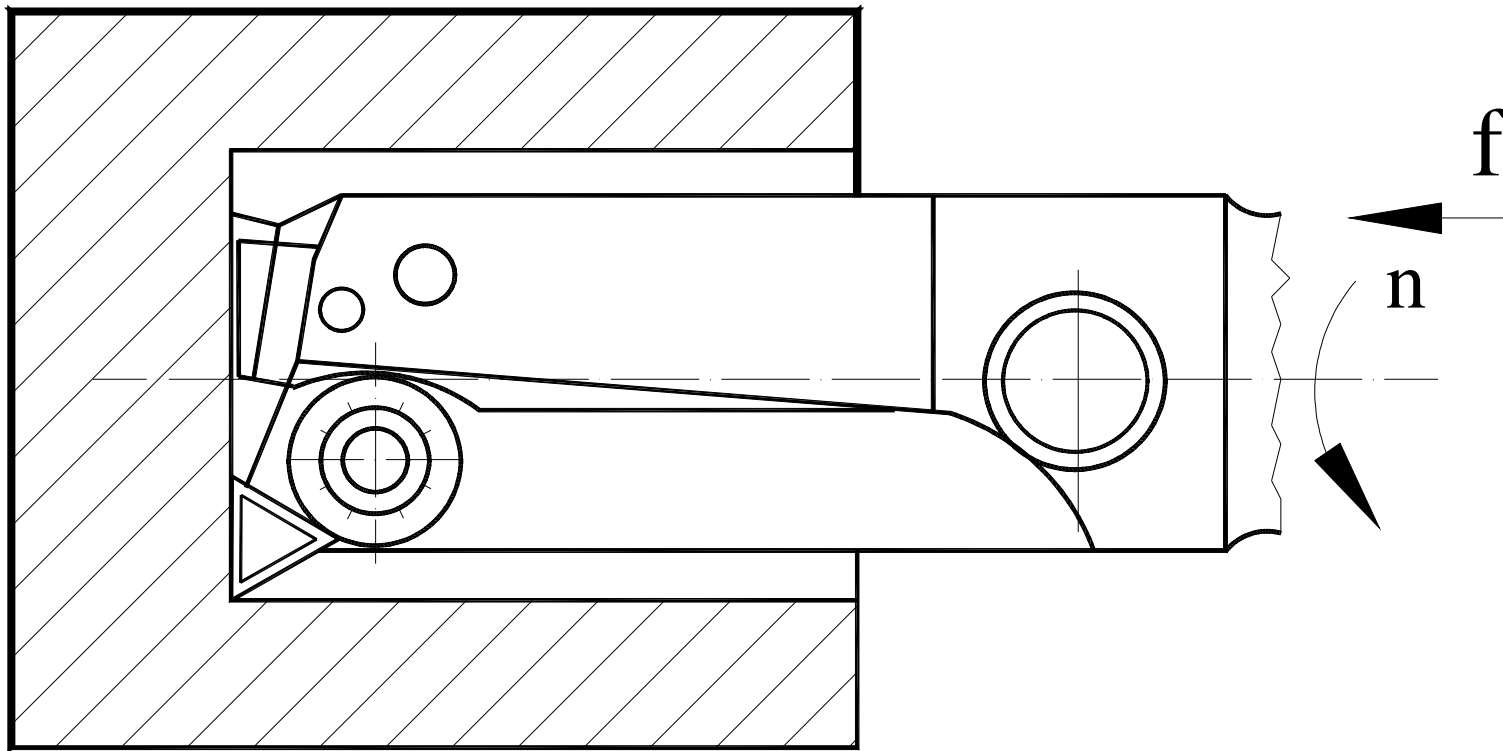


d). Furatbővítés csigafúróval



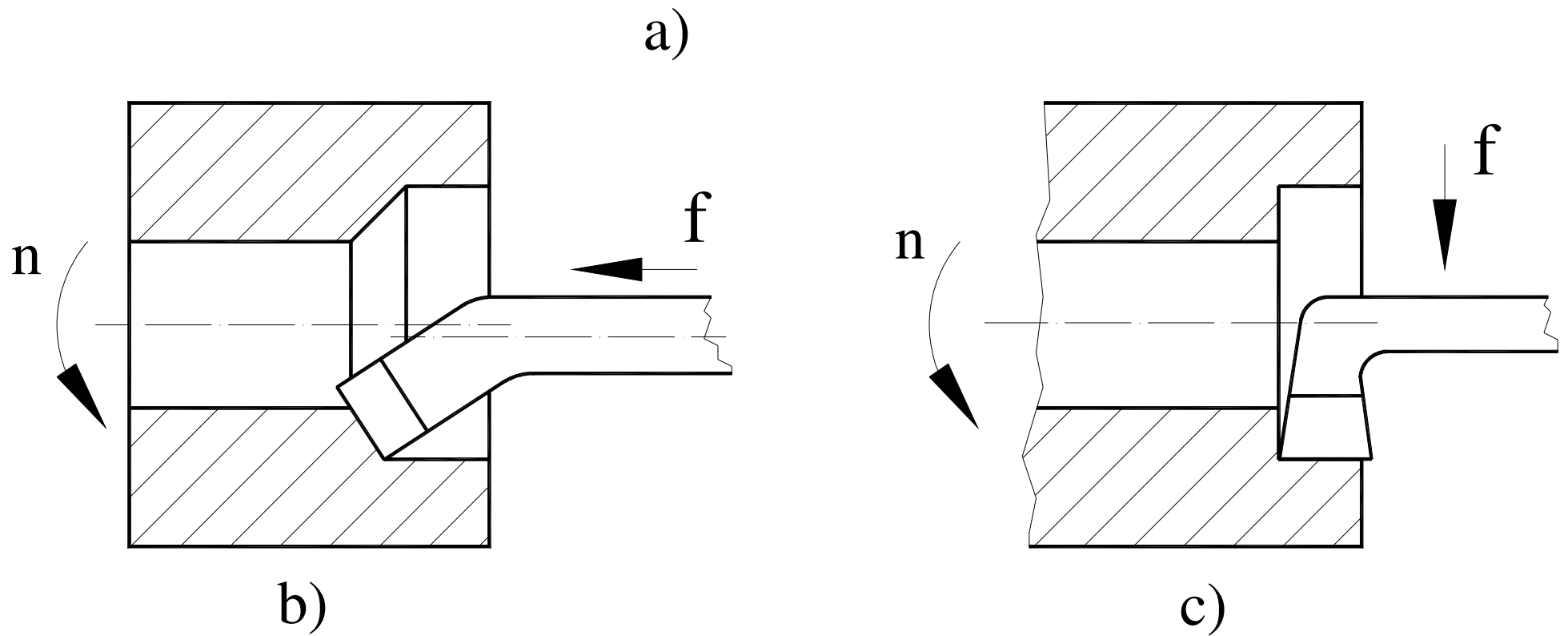
e). Furatbővítés fúróruddal





a)

1.2. ábra
Furatmegmunkálások
a) Forgácsolás váltólapkás fúróval



1.2. ábra

Furatmegmunkálások

b) Forgácsolás tengelyirányú előtolással, esztergakéssel

c) Forgácsolás sugárirányú előtolással, esztergakéssel

1.1.2. Technológiai adatok meghatározása

A furatmegmunkáló szerszámok – kevés kivételtől eltekintve – kettő vagy több élűek. Ezért a KHF-ek forgácsolásához képest néhány speciális kérdés merül fel, így

- **forgácsoló élék száma:** z
- a szerszámra vonatkoztatott anyagleválasztási sebesség:

$$q = q_z \cdot z$$

ahol:

q_z : az egy élre vonatkoztatott **anyagleválasztási sebesség.**

Furatmegmunkálásnál a **forgácsoló sebesség változása** az él pontjaiban igen jelentős, ezért célszerű megkülönböztetni:

- v_c max : **maximális forgácsoló sebességet,**
- v_{ck} : **közepes (átlagos) forgácsoló sebességet.**

Ez a megkülönböztetés teljesítményválasztás szempontjából és az éltartam vonatkozásában lényeges.

A furatmegmunkáló szerszám fogai felfoghatók mint egy-egy „esztergakés”, amely önállóan választja le a forgácsot és ellenáll az erőhatásoknak. Ezért megkülönböztetnek szerszámra és **egy élre ható előtolás irányú erőt**, amelynek jele általánosan: F_z .

1.1.2.1. *Mozgások, forgácskeresztmetszet méreteinek meghatározása*

- **Az előtolás:** a furatmegmunkálásnál – általában – a forgó főmozgást és az előtoló mozgást a szerszám végzi. Ez a két mozgás összehangolt, a szerszám egy fordulata alatt előtolás irányban f távolságra helyeződik át (f – a szerszám egy fordulatra értelmezett előtolás). Ez teszi lehetővé a folyamatos anyagleválasztást.

Az egy- f_z távolságra helyezkednek el egymástól (f_z – az egy élre jutó előtolás).

A szerszámra és az élre vonatkoztatott előtolások közötti összefüggés:

$$f = z \cdot f_z. \quad (1.1)$$

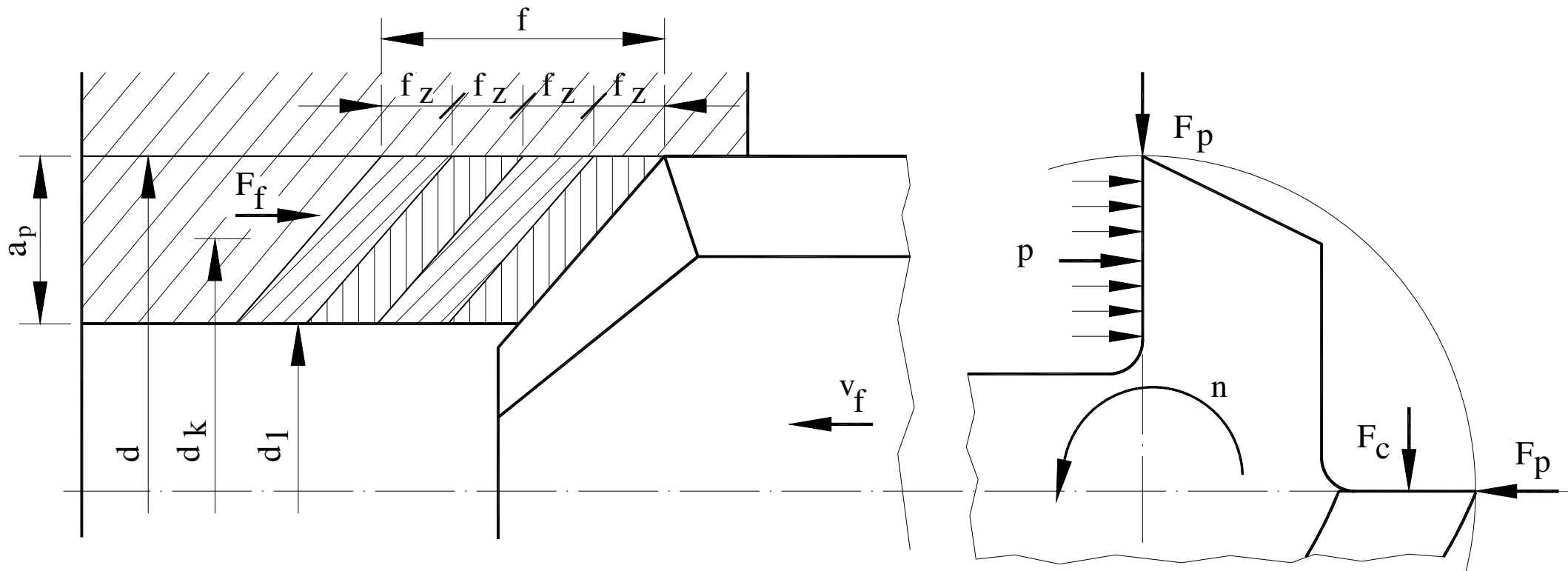
ahol:

z - a forgácsoló élek száma

- A fogásmélység: a furatbővítést bemutató 1.3. ábra alapján határozható meg.

$$a_p = \frac{d - d_1}{2} \quad (1.2)$$

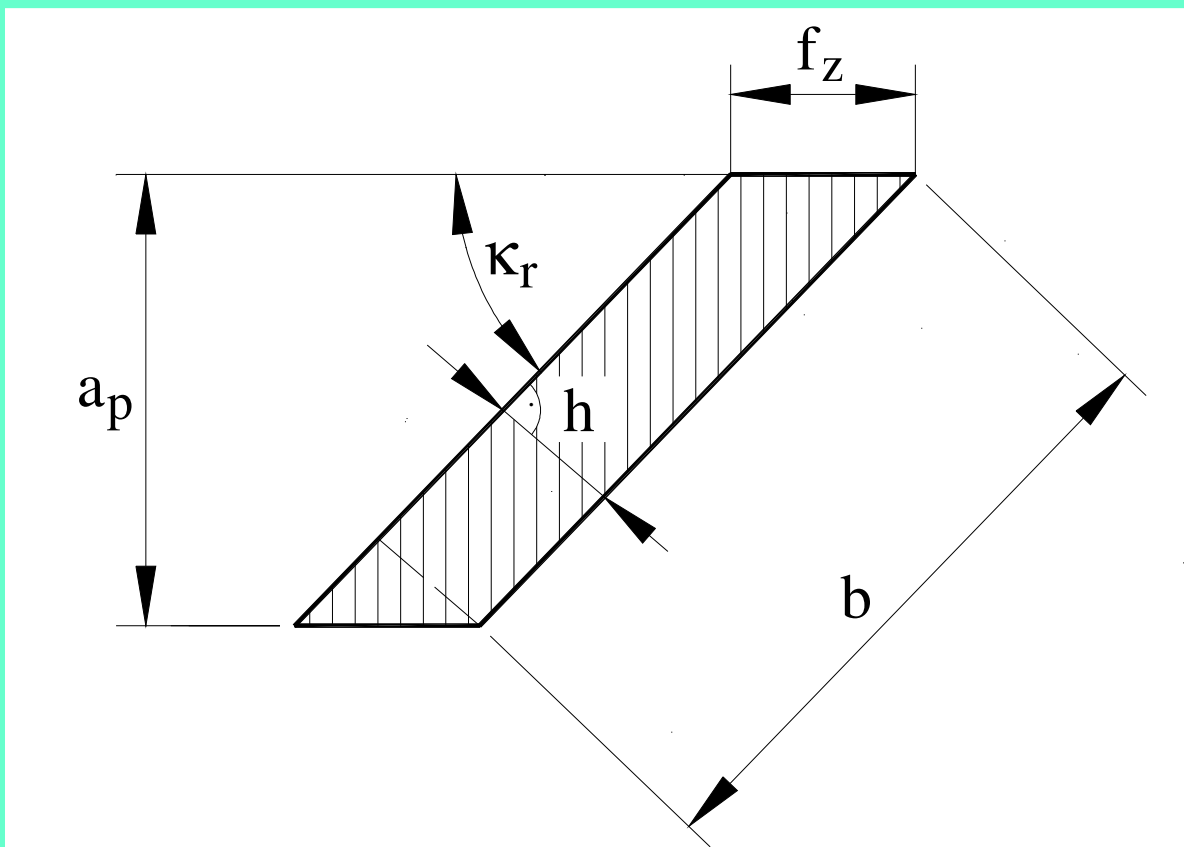
d – a szerszám vagy furat átmérője,
 d_1 – az előfurat átmérője.



1.3. ábra
Furatbővítés

- **A forgácskeresztmetszet:** furatmegmunkálásnál a forgácskeresztmetszetet egy élre értelmezik (1.4. ábra).

$$A_1 \equiv f_z \cdot a_p \quad (1.3)$$



1.4. ábra
A forgácskeresztmetszet értelmezése fúrásnál
($a_p = d/2$)

- **A forgácsvastagság:**

$$h = f_z \cdot \sin \kappa_r \quad (1.4)$$

- **A forgácsszélesség:**

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (1.5)$$

- **A forgácsoló sebességek:**

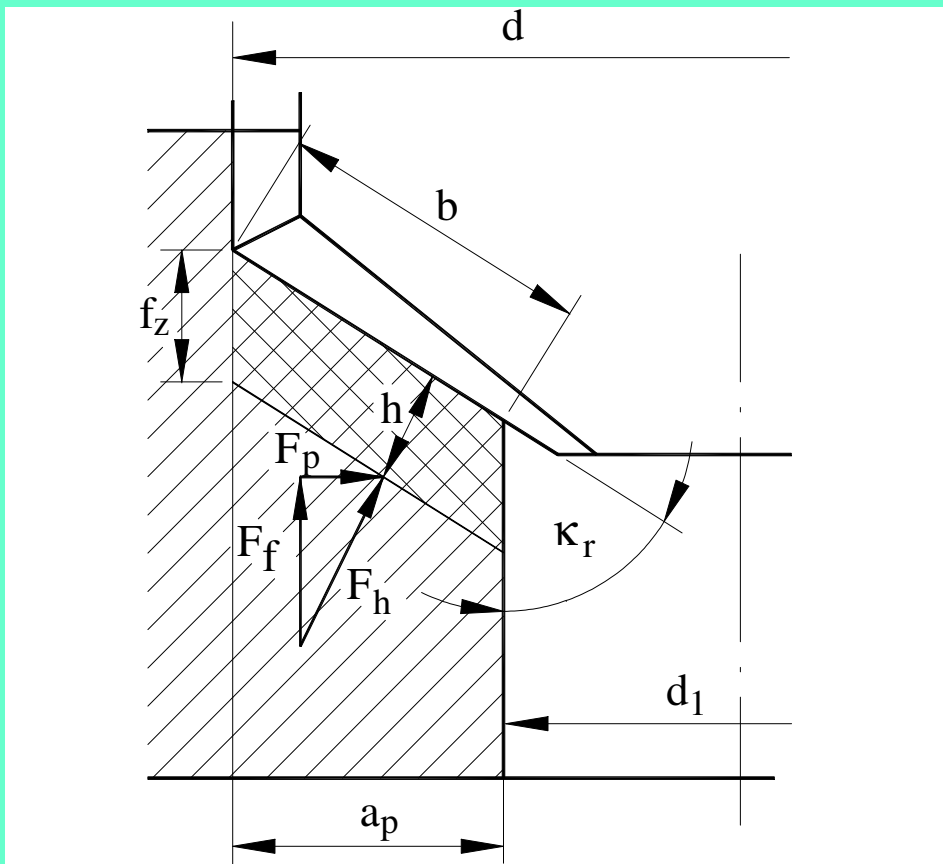
$$V_{ck} = \frac{\pi \cdot n \cdot (d + d_1)}{1000 \cdot 2}; \quad V_{cmax} = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} \left[\frac{m}{min} \right] \quad (1.6)$$

- **Az előtoló sebesség:**

$$v_f = n \cdot f = n \cdot z \cdot f_z \quad \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right] \quad (1.7)$$

ahol:

n: a szerszám percenkénti fordulatszáma



*1.5. ábra
Forgácskeresztmetszet
süllyesztésnél*

- **Az anyagleválasztási sebesség:** úgy értelmezhető, mint egy v_f hosszúságú, d külső és d_1 belső átmérőjű cső térfogata, egy időszakra (1.5. ábra).

$$q = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2) \cdot v_f \quad \left[\frac{\text{mm}^3}{\text{min}} \right] \quad (1.8)$$

Az **anyagleválasztási sebesség** furat megmunkálásnál az egyélű szerszámnál értelmezett módon is meghatározható, de a képletbe a **forgácsolási sebesség közepes értékét** kell behelyettesíteni.

$$q = \pi \cdot n \cdot \left(\frac{d + d_1}{2} \right) \cdot f \cdot \left(\frac{d - d_1}{2} \right) = v_{ck} \cdot f \cdot a_p = v_{ck} \cdot f_z \cdot z \cdot a_p \quad \left[\text{mm}^3/\text{min} \right] \quad (1.9)$$

Az egy élre értelmezett **anyagleválasztási sebesség** közel azonos lehet az esztergálásnál elérhető értékkel, de a **szerszámmra** vonatkoztatva az anyagleválasztási sebesség **arányos a szerszám élszámával**. A többélű szerszámok alkalmazásának előnye többek között ebben mutatkozik meg.

1.1.2.2. Erő, nyomaték, teljesítmény meghatározása

• **Erők:** (a szerszámmal együtt forgó koordináta rendszerben értelmezendők). A szerszámmra ható főforgácsoló- és sugárirányú (passzív) erő

$$\sum_{i=1}^n F_{z1} = 0 \quad \sum_{i=1}^n F_{p1} = 0 \quad (1.10)$$

- **Az egy élre ható főforgácsoló erő:** a k_c fajlagos főforgácsolóerő és a forgácsolási paraméterek ismeretében meghatározható:

$$\begin{aligned} F_c &= k_c \cdot A = k_{c1.1} \cdot h^{1-z} \cdot b \cdot \prod K_i = k_{c1.1} \cdot h^{x_F} \cdot b^{y_F} \cdot \prod K_i = \\ &= k_c^x \cdot h^{x_F} \cdot b^{y_F} = p \cdot b \end{aligned} \tag{1.11}$$

ahol:

$x_F \approx 0,75$ acél esetén
 $y_F \approx 1$ acél esetén
 p - fajlagos élterhelés N/mm.

- **Fajlagos életterhelés:**

$$p = \frac{F_c}{b} = \frac{k_c^x \cdot h^{x_F} \cdot b^{y_F}}{b} \quad (1.12)$$

- **Nyomaték:**

– egy élre értelmezett forgácsoló nyomaték:

$$M_{cz} = F_c \cdot \frac{d_k}{2} = F_c \cdot \frac{d_1 + d}{4} \quad (1.13)$$

– a szerszámra ható forgácsolási nyomaték:

$$M_c = z \cdot M_{cz} = z \cdot k_c \cdot A \cdot \frac{d_1 + d}{4} = z \cdot k_c \cdot a_p \cdot f_z \cdot \frac{d_1 + d}{4} \quad (1.14)$$

figyelembe véve, hogy:

$$A = f_z \cdot a_p, \quad a_p = \frac{d - d_1}{2}, \quad f = z \cdot f_z \quad (1.15)$$

kapjuk:

$$M_c = z \cdot k_c \cdot f_z \cdot \frac{d - d_1}{2} \cdot \frac{d + d_1}{4} = k_c \cdot f \cdot \frac{d^2 - d_1^2}{8 \cdot 10^3} \quad (1.16)$$

Teljesítmény:

$$P_c = M_c \cdot \omega, \quad \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \approx 0,1 \cdot n$$

$$P_c = \frac{M_c \cdot n}{10^4} \text{ [KW]} \quad (1.17)$$

A furatmegmunkálás másik fontos paramétere az axiális vagy előtolás irányú erő. Az esztergáláshoz hasonlóan furatmegmunkálásnál is az előtolás irányú erő a főforgácsoló erőből származtatható:

$$F_{fz} = \lambda_{cf} \cdot F_{cz}; \quad (1.18)$$

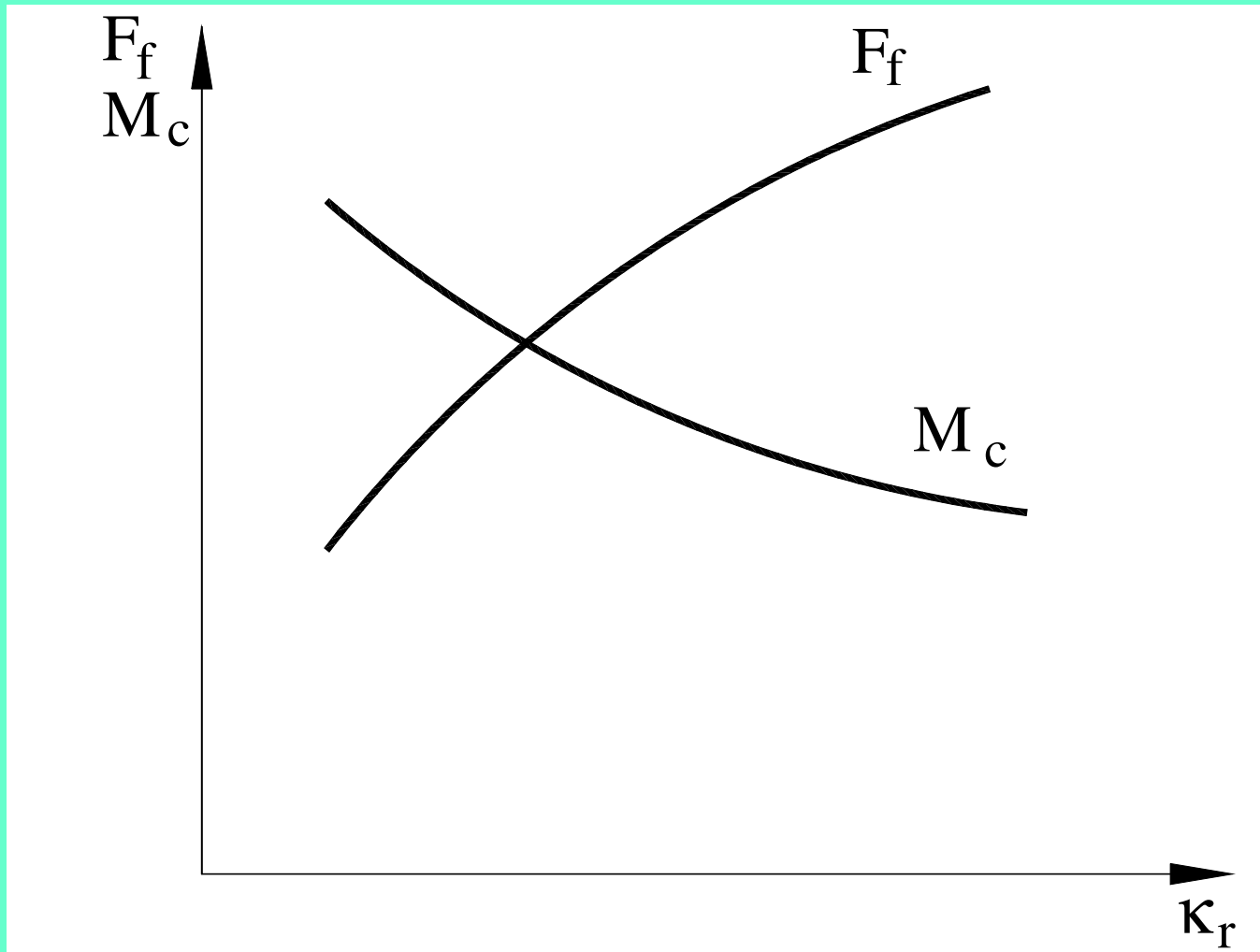
$$F_f = z \cdot F_{fz}$$

ahol:

F_f – a szerszámra ható előtolás irányú erő,

F_z – egy élre ható előtolás irányú erő,

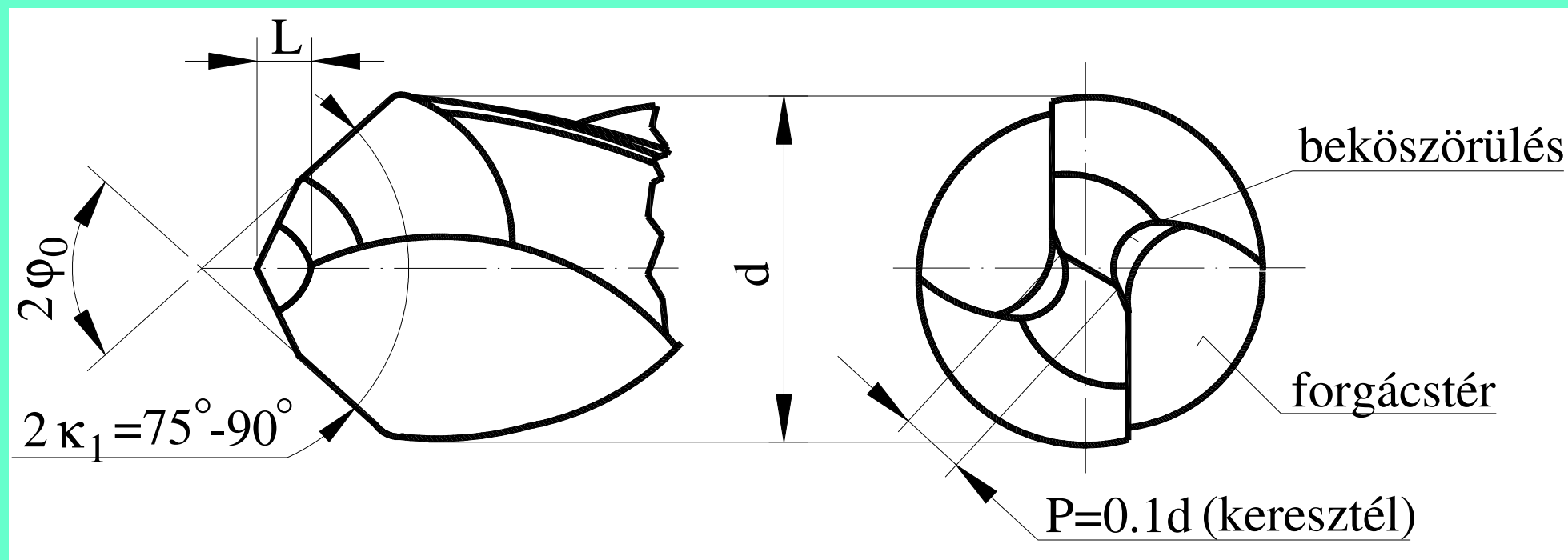
λ_{cf} – arányossági tényező.



1.6. ábra

A nyomaték (M_c) és az előtolás irányú forgácsolóerő (F_f) a szerszámelhelyezési szög (κ_r) függvényében

A nyomaték M_c és az F_f erő elsősorban a szerszámelhelyezési szöggel befolyásolható. Növelésével csökken a főforgácsoló erő F_c , tehát vele arányosan a forgácsolási nyomaték is.



1.7. ábra

A keresztél csökkentése élezéssel

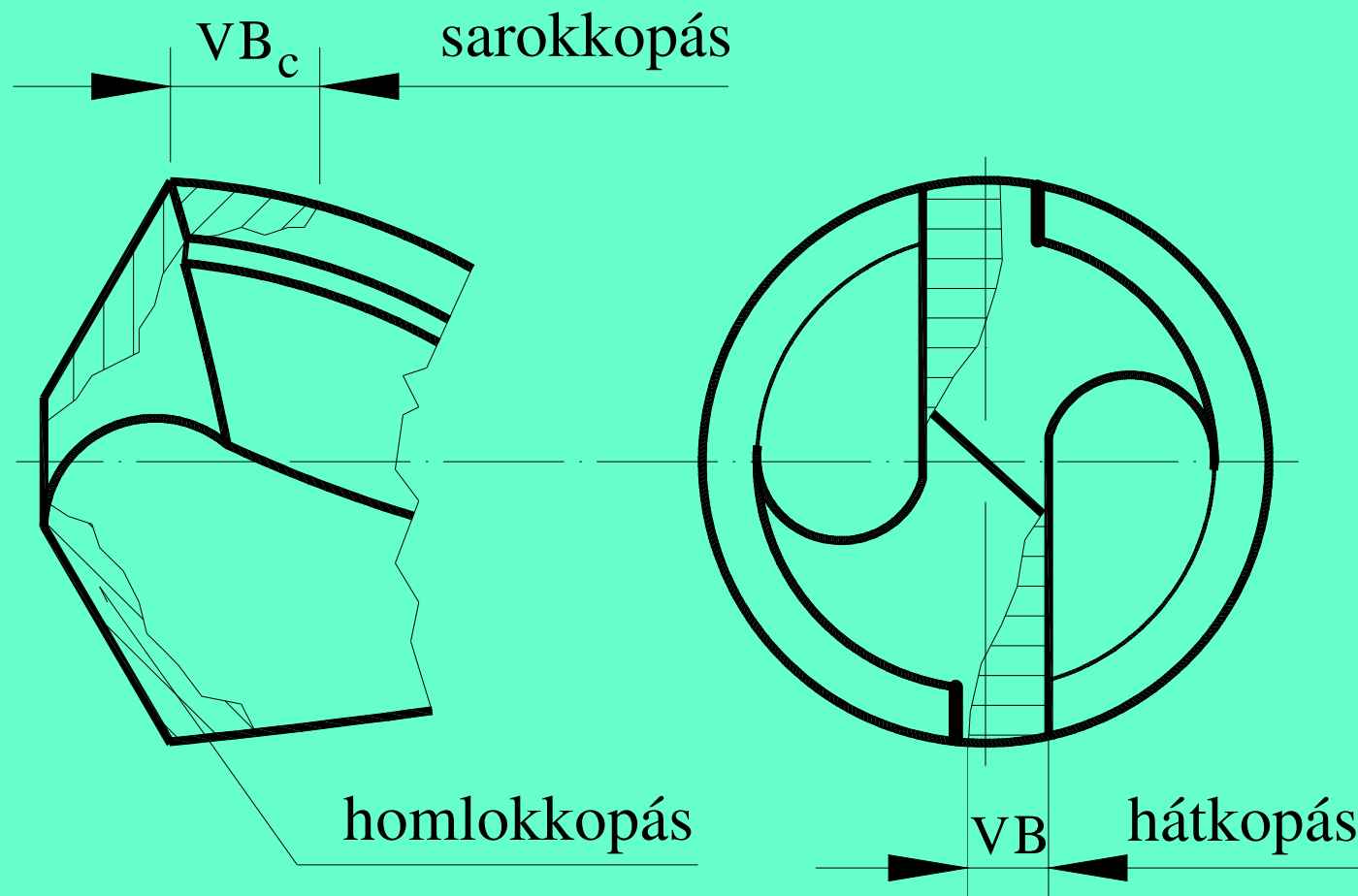
Az F_f előtolásirányú erő telibefúrásakor nagymértékben a keresztéltől függ. Ez csökkenthető kettősélezéssel, keresztélcsökkentő élezéssel (1.7. ábra).

Módosító tényezők a κ_r -re, illetve furat hosszára:

$$K_{\kappa M} = \left[\frac{\sin 60^\circ}{\sin \kappa_r} \right]^{0,25} \quad (1.19)$$
$$K_{\frac{l}{d} M} = \sqrt{\frac{l}{3d}}, \quad \text{ha} \left(3 < \frac{l}{d} \leq 12 \right)$$

1.1.2.3. Szerszámkopás, szerszáméltartam

A legnagyobb kopás a főélek sarokpontjain jön létre, mert itt a legnagyobb a mechanikai- és a hőterhelés.



1.8. ábra

A szerszámkopás jellemzői

Az éltartamkritérium a sarokkopás (VB_c), amelynek maximális értéke:

$$VB_{c_{\max}} = 0,1 \cdot \sqrt{d} \quad [\text{mm}] \text{ lehet.} \quad (1.20)$$

A szerszáméltartam a bővített Taylor egyenlettel:

$$T = C_T \cdot \frac{d^{w_T}}{V_c^{x_T} \cdot f^{x_T}} \cdot \prod K_i \quad (1.21)$$

$V_c = V_{c_{\max}}$ -al számolva

Az éltartamot befolyásoló tényezők:

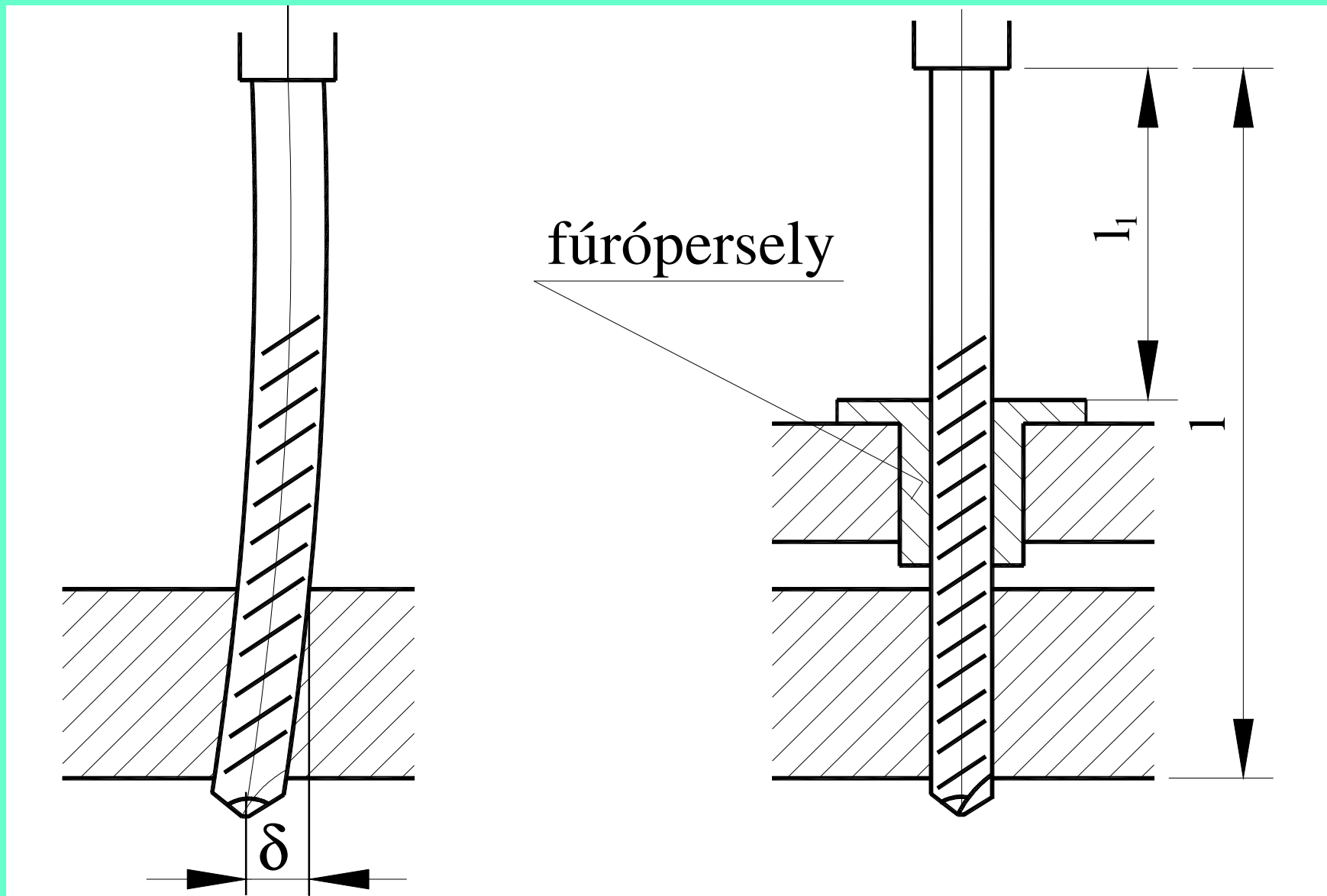
- az éltartamot elsősorban a furatmélység befolyásolja, ennek módosító tényezője:

$$K_{T \frac{l}{d}} = \left[\frac{3d}{l} \right]^{0,75} \quad \text{ha } 3 < \frac{l}{d} \leq 12 \quad (1.22)$$

- a $(180^\circ - 2\kappa_r)$ csúcsszög ugyanolyan hatást fejt ki az éltartamra, mint egyélű szerszám esetén: a csúcsszög csökkentése növeli az éltartamot,
- hűtőfolyadék hiányában az éltartam csökken, mivel a hőkoncentráció miatt a fúró sarka elég!

1.1.3. A forgácsolási tényezők meghatározása

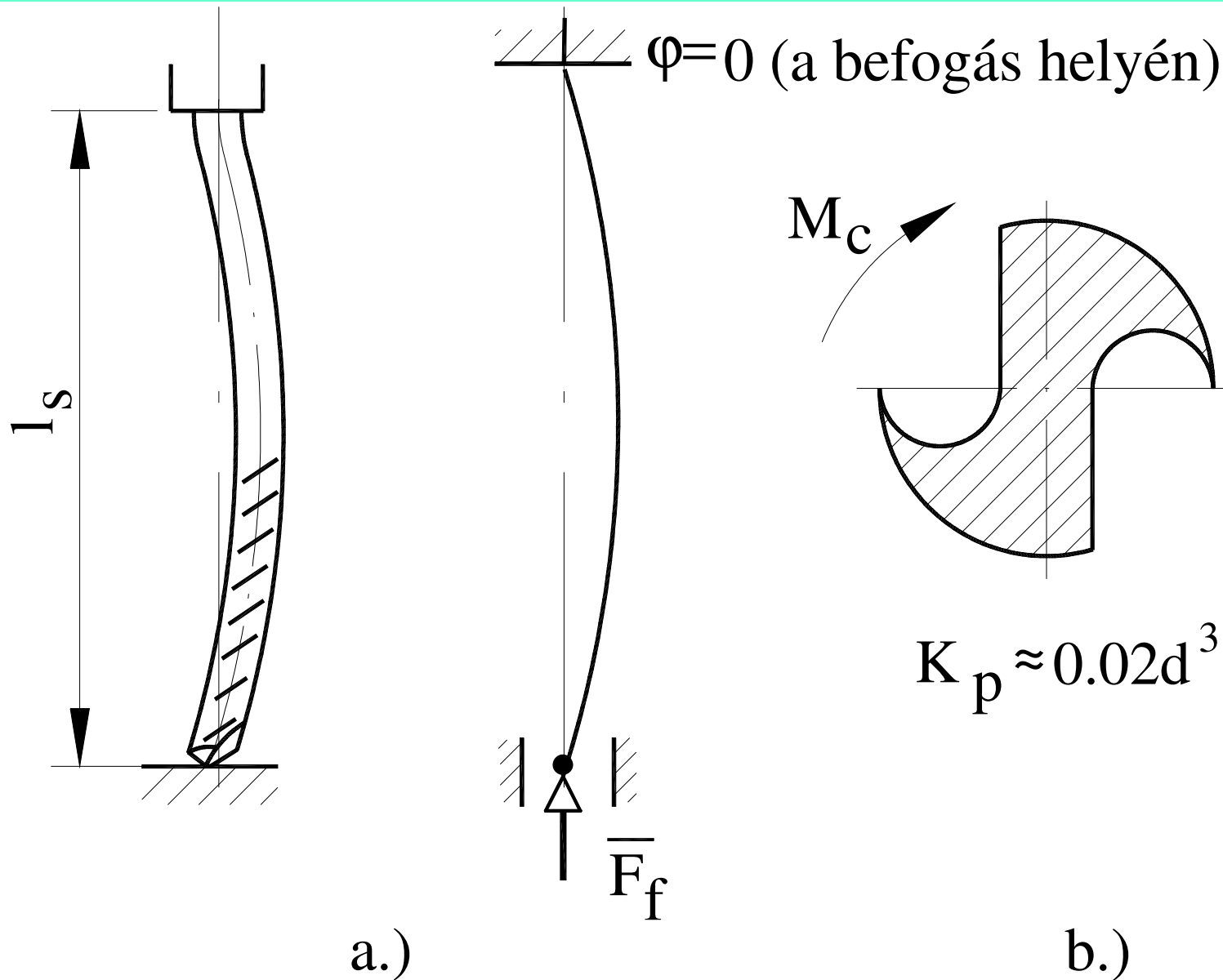
A csigafúró erősen legyengített keresztmetszete, valamint az igen gyakran alkalmazott nagy szerszámkinyúlás miatt a korlátokat a szerszám stabilitása és szilárdsága szempontjából is vizsgálni kell (1.9. ábra). A fúrási művelet helyzet- és méretpontosságának növelése céljából a szerszámot fúróperselyben vezetik meg. Ez csökkenti a fúrókinyúlást, növeli a szerszám stabilitását (1.9. ábra).



1.9. ábra

*A szerszám fúróperselyben való megvezetése
a pontosság növelése céljából*

Az 1.10. ábrán befogott csigafűrő és annak szilárdságtani modellje látható. A befogott csigafűrő szilárdságtani szempontból egy, az egyik végén befogott és a másikon kitámasztott l_s hosszúságú és az 1.10.b. ábrán látható keresztmetszetű rúdnak felel meg, melyet F_f erő és M_c nyomaték terhel.



1.10. ábra

a) Szerszámbefogás modellezése

b) Szerszám keresztmetszeti tényező

A forgácsolási tényezők megválasztásánál két speciális korlátot kell figyelembe venni:

- stabilitási,
- szilárdsági,

$$M_c < M_{cmeg}; \quad F_f < F_{ax}$$

ahol:

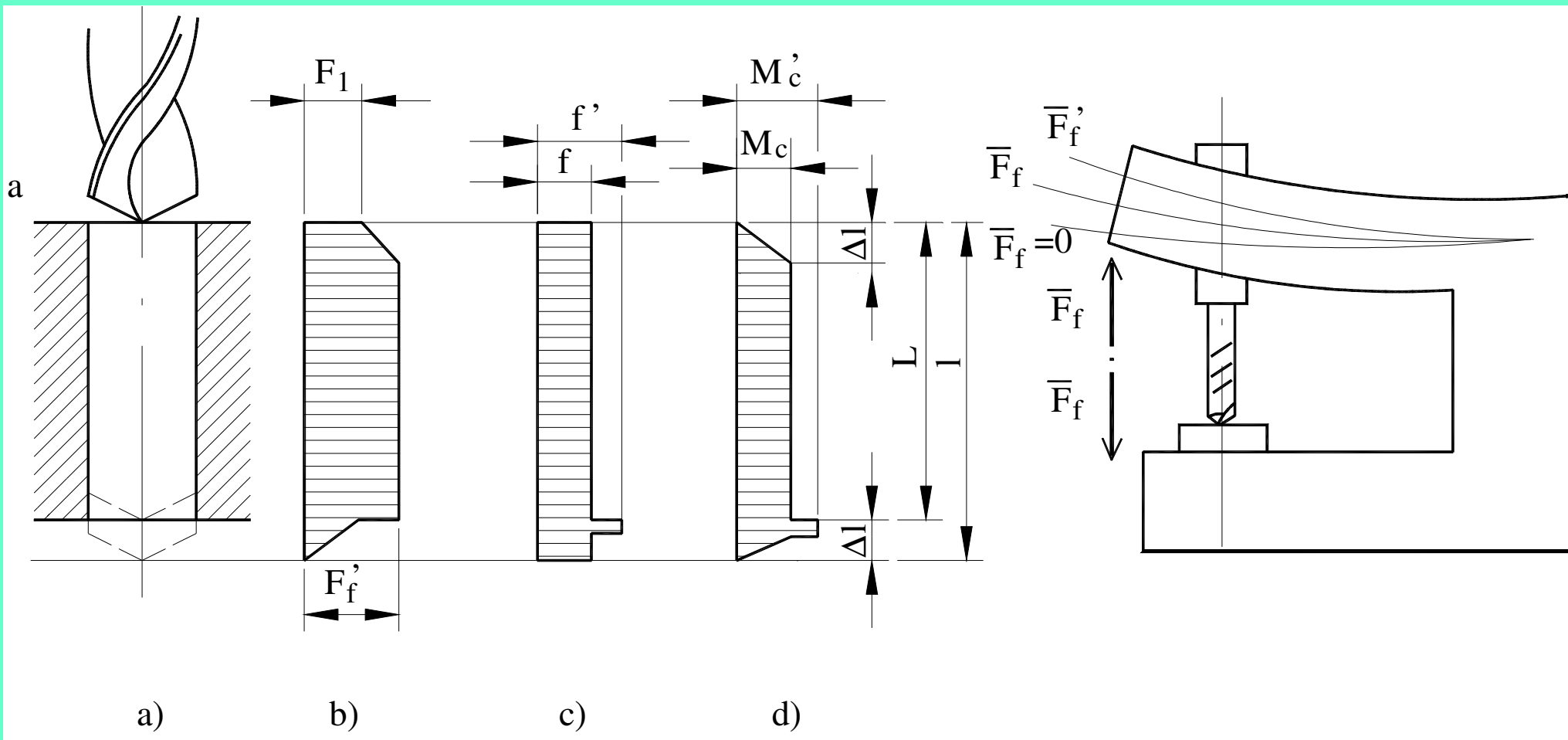
M_{cmeg} – a csigafúróra megengedhető nyomaték (furat kilépésnél),

F_{ax} – a csigafúróra megengedhető axiális erő.

A két korlát két előtolást eredményez: [5]

f_{Fmax} – a szerszám kihajlás szempontjából megengedhető maximális előtolás,

f_{Mmax} – a szerszám szilárdsága szempontjából megengedhető ún. törőelőtolás.



1.11. ábra
 Az axiális irányú erők hatása

Az 1.11. ábrán az axiális erő F_f okozta alakváltozások alakulása látható, amit még figyelembe kell venni f_{Mmax} megállapításánál.

Átmenő furatnál a keresztél kilépésekor (a) az előtolásirányú erő (b) és a megmunkáló rendszer deformációja hirtelen lecsökken, következésképpen az előtolás (c) ugrásszerűen megnő, azaz a forgácsolási nyomaték is növekszik (d), amely balesetveszélyes, mivel fúrótörés következhet be.

1.1.4. *Belső hengeres felületek megmunkálásának pontossága*

A megmunkálás pontossága függ:

- a szerszám **geometriai pontosságától** (pl. csigafúrónál asszimmetrikus élkiképzés),
- a szerszám **fordított kúposságától,**
- a munkadarab anyagának az **inhomogenitásától,**
- helytelen **szerszámbe fogástól,**
- MKGS-rendszer **merevségétől,**
- a **mozgásviszonyoktól,**
- **egyenlőtlen ráhagyástól,** stb.

1.1.4.1. Méretpontosság

Az 1.1. táblázat adatai tapasztalatokon alapulnak, (ú.n. ökölszabály) amelyet a technológiai előtervezésnél kell felhasználni.

Nagyoló megmunkálás:

1.1.táblázat

	<i>IT</i>	<i>Ra</i> (μm)
fúrás	10-13	25-100
furatbővítés	10-11	12,5-100
süllyesztés	11-13	12,5-100
furatesztergálás	12-13	25-100
mélyfúrás	8-11	0,8-3,2

Simító megmunkálás:

	<i>IT</i>	<i>Ra(μm)</i>
félsimító furatesztergálás	10-11	6,3-12,5
simító süllyesztés	10-11	1,6-6,3
simító furatesztergálás	8-9	1,6-6,3
dörzsölés	7-8	0,4-1,6
üregelés	6-7	0,4-1,6

Finommegmunkálás:

	<i>IT</i>	<i>Ra</i> (μm)
finomfúrás	6-7(5)	0,1-1,6

Méretpontosságok és felületi érdességek különböző megmunkálások esetén

A mérethiba alakulása

Az MKGS-rendszer merevségétől függően: pl. a forgácsoló élek geometriai egyenlőtlenségei okoznak hibát.

Ha csigafúró forgácsoló éleinek elhelyezési szögei eltérőek ($\kappa_{r1} \neq \kappa_{r2}$), a fúró forgácsoló éleire egyenlőtlen radiális erő hat ($F_{p1} \neq F_{p2}$) (1.12. ábra), ami a megmunkált átmérő növekedéséhez vezet.

A keletkező átmérőhiba nagysága a radiális erők eltérésétől, a csigafúró adataitól (hossz, merevség), az orsórendszer merevségétől (befogás, fúróorsó kinyúlás) függ (lásd 1.12. ábra).

A hiba nagysága:

$$y = \Delta F_p \left(W_0 + \frac{l^3}{3IE} \right) \quad (1.23)$$

$$\Delta d = 2y = 2\Delta F_p \left(W_0 + \frac{l^3}{3IE} \right)$$

ahol:

y – a csigafúró tényleges és elméleti középvonalának távolsága a keresztélnél,

ΔF_p – a fogásvétel irányú forgácsoló erők különbsége,

W_0 – a fúrógép orsórendszerének elmozdulékonysága a csigafúró befogási helyénél,

l – a csigafúró kinyúló hossza,

E – a csigafúró anyagának rugalmassági modulusa,

I – a csigafúró poláris másodrendű nyomatéka ($I = 0,004 d^4$).

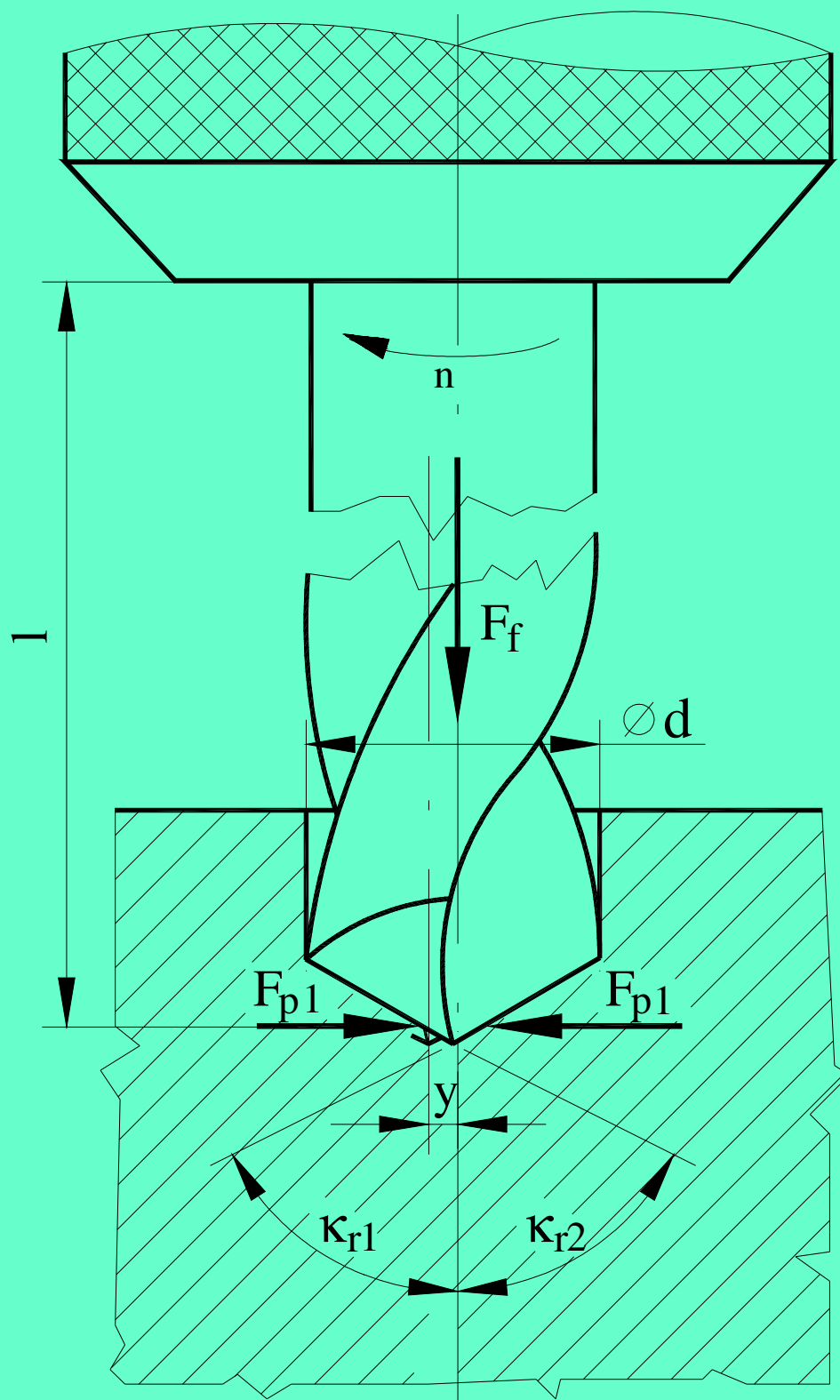
Gluhov szerint ebből a mélyítő irányú erő egyenlőtlensége:

$$\Delta F_p \approx 0,00765 \cdot F_f \quad (1.24)$$

ahol:

$$F_f = C_{Ff} \cdot d \cdot f^{0,75} \cdot HB^{0,7} \quad \text{előtolás irányú erő} \quad (1.25)$$

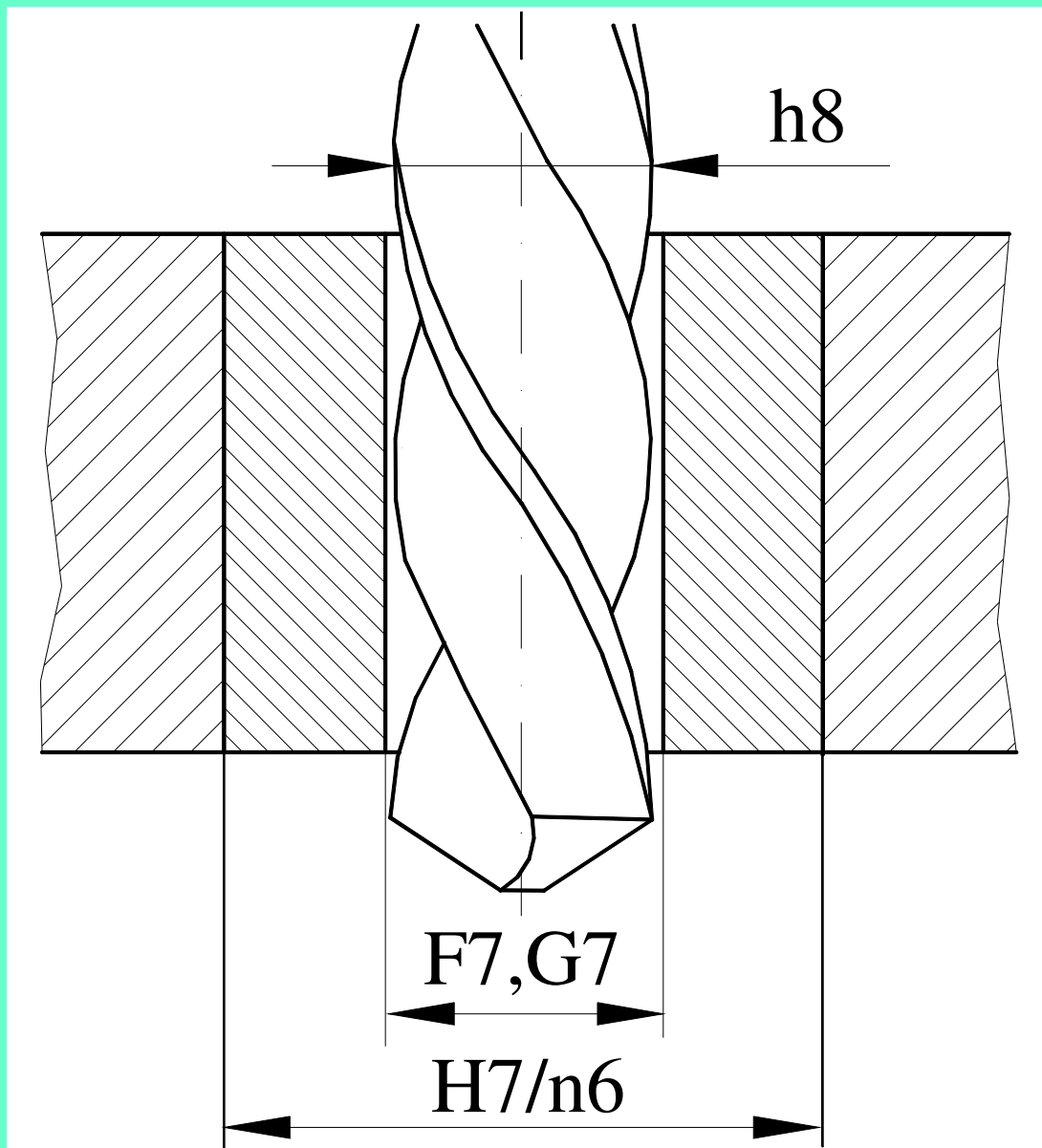
C_{Ff} - konstans



*1.12. ábra
Az élelhelyezési szögek és
a radiális erők eltérésének
hatása a megmunkálás
pontosságára*

1.1.4.2. Furatok méretpontossága szerszámvezetés esetén

A fúrókészülék szerszámvezetőinek kialakításától függően változhat a munkadarab méret-, alak-, helyzetpontossága. Rögzített alapperselyben való megmunkálást szemlélteti az 1.13. ábra.



*1.13. ábra
A fúró megvezetése
alapperselyben*

Rögzített perselyben való fúráskor az átmérőn:

$$\Delta d_r = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = (54,5 - 65) \cdot i \quad (1.26)$$

ahol:

i – a mérettűrés ISO alapegysége

δ_1 – a fúróátmérő tűrése = $25i$ (IT 8)

δ_2 – kisjáték a fúró és a persely között:

F7-nél = $16 i$

G7-nél = $5,5 i$

δ_3 – a persely belső átmérőjének tűrése = $16 i$ (IT 7)

δ_4 – a fúrópersely megengedett kopása = $8 i$

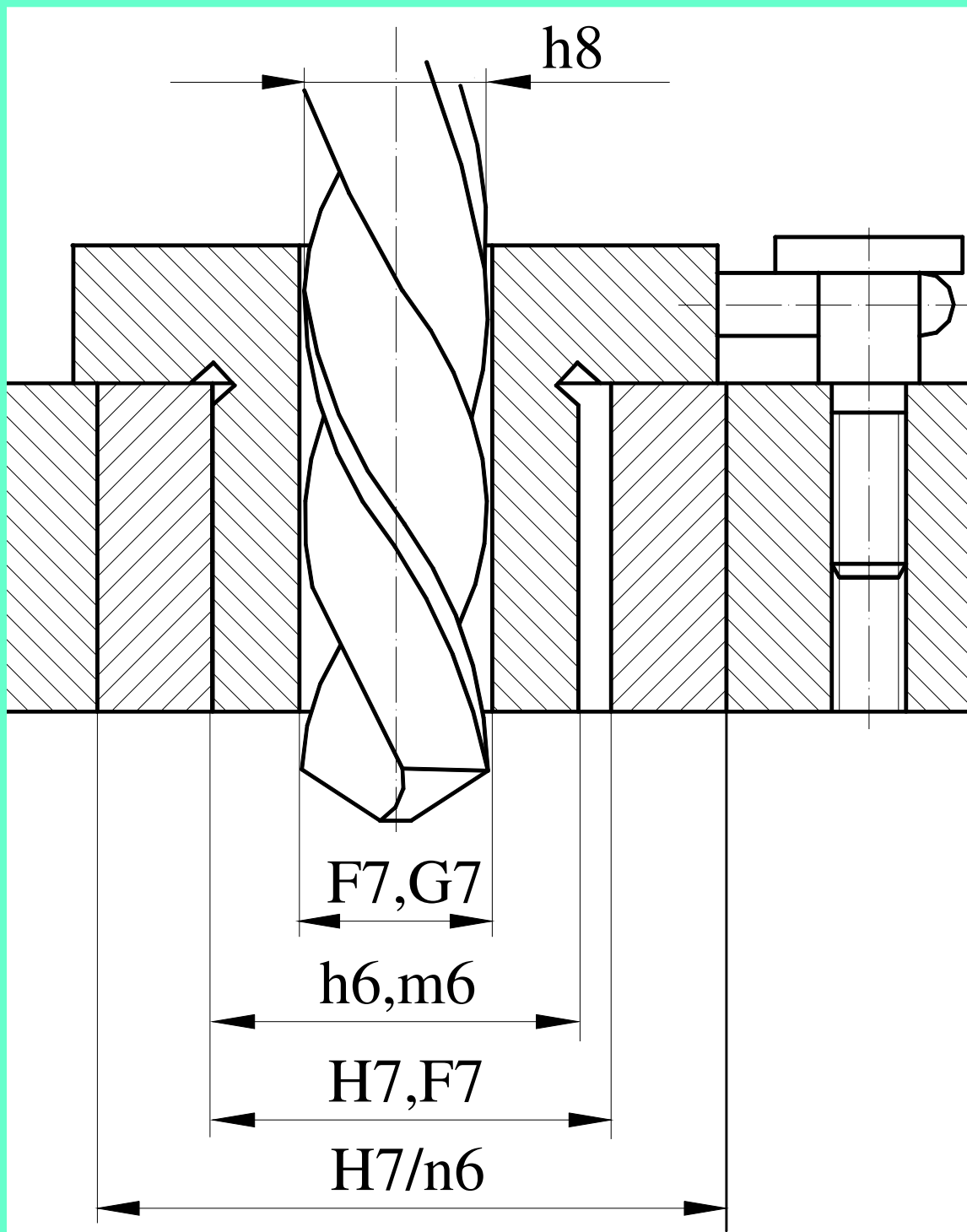
$\Delta d = (54,5-65) i$ ez IT 10-nek megfelelő pontosságú.

A furatközép helyzetpontossága:

$$\delta_r = \pm \left(\frac{\Delta d_r}{2} + e \right) \quad (1.27)$$

ahol:

e – a fúrópersely excentricitása ($5 \mu\text{m}$)



1.14. ábra
 A fúró megvezetése
 csereperselyben

Csereperselyben való fúráskor az átmérő pontossága (1.14. ábra):

$$\Delta d_{cs} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 \quad (1.28)$$

ahol:

$\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ ugyanaz, mint az előbb,

δ_5 – a cserepersely külső átmérőjének tűrése = 10i (IT6, n6, m6)

δ_6 – az alappersely belső átmérőjének tűrése = 16i (IT7, H7, F7)

δ_7 – az alappersely kopása = 8i

$$\Delta d_{cs} = (54,5 - 65) \cdot i + 10 \cdot i + 16 \cdot i + 8 \cdot i = (88,5 - 99) \cdot i$$

ez IT 11-nek megfelelő pontosságú.

A furat közép helyzetpontossága:

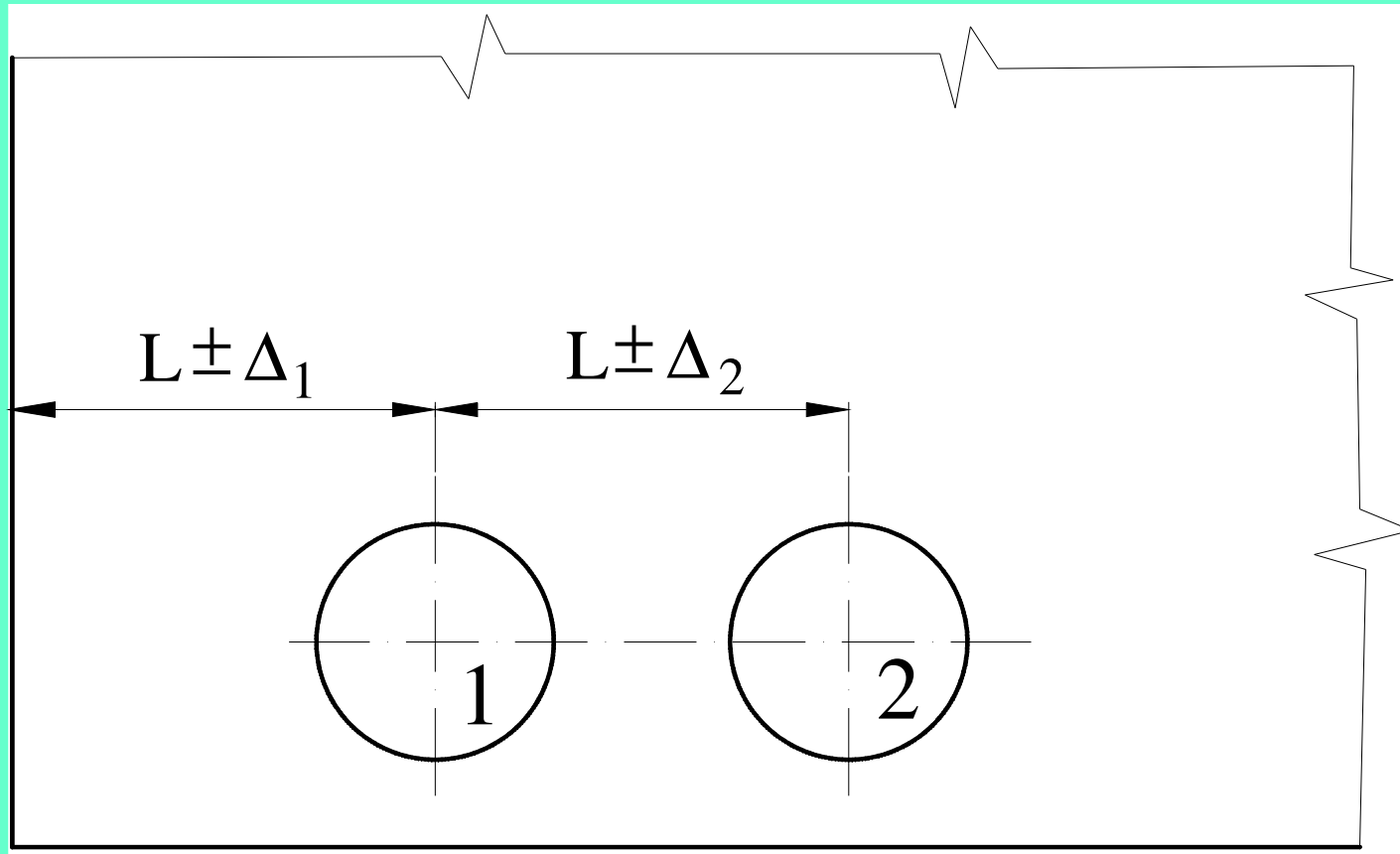
$$\delta_{cs} = \left(\frac{\Delta d_{cs}}{2} + e_1 + e_2 \right) \quad (1.29)$$

ahol:

e_1 – az alappersely excentricitása ($5 \mu\text{m}$),

e_2 – a cserepersely excentricitása ($5 \mu\text{m}$).

A furat helyzetpontossága két esetre (1.15. ábra):



1.15. ábra

*A furat helyzetpontossága bázisfelülettől vagy
másik furattól számítva*

$\Delta_1 = \delta_{r1} + \vartheta$	$\Delta_1 = \delta_{cs1} + \vartheta$
$\Delta_2 = \delta_{r1} + \delta_{r2} + \vartheta$	$\Delta_2 = \delta_{cs1} + \delta_{cs2} + \vartheta$
<p>ϑ: az alappersely furatközépvonalának elkészítési tűrése a fúrólapon</p>	
<p>$\vartheta = \pm 0,005$ ha $L \leq 200$</p>	<p>koordináta- fúrógépen vagy idomszerfúrógépen</p>
<p>$\vartheta = \pm \frac{L}{40000}$ ha $L > 200$</p>	
<p>$\vartheta = \pm 0,02$</p>	<p>vízszintes fúró- maróművön vagy esztergán</p>
<p>δ_r ill. δ_{cs} a furatközép szóródása az elméleti közép körül.</p>	

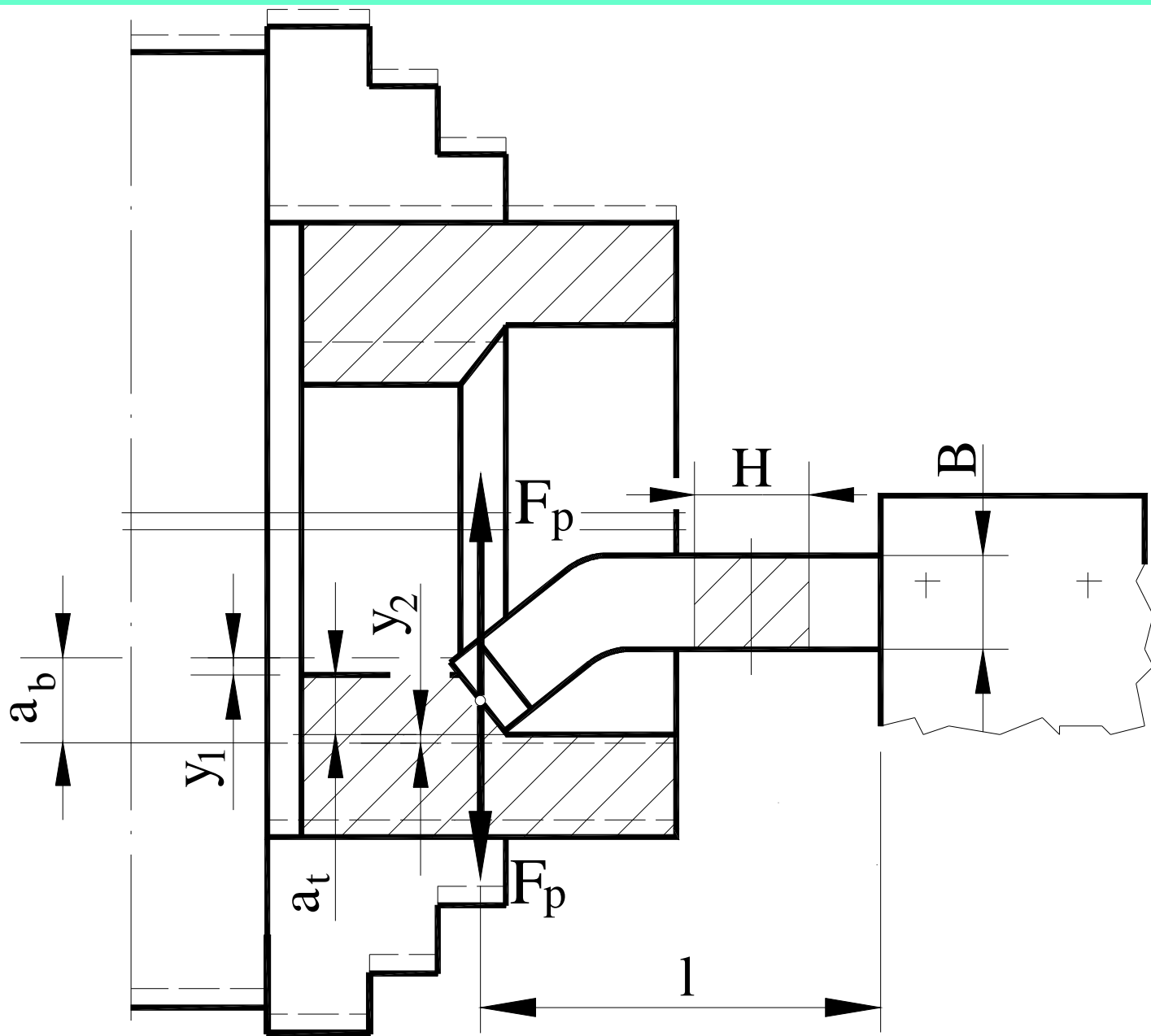
1.1.4.3. Furatok méretpontosságának további esetei

Az előgyártott vagy csigafúróval készített **furatok** **átmérőjének pontosbítása** történhet:

- **méretes** szabályos élű **szerszámmal** (**süllyesztő** IT10, **dörzsárral** IT7-ig),
- **egyéb** egy- vagy többélű szerszámmal (**esztergálás**, **fúrórudkés**).

Furatesztergálásnál:

BHF-ek mérethibáját – rövid furatok megmunkálásánál – az MKGS-rendszerben fellépő fogásvétel irányú erőkomponensek okozzák (1.16. ábra).



1.16. ábra

Az MKGS rendszer
elmozdulásai az F_p hatására

$$\Delta D = 2 \cdot (a_b - a_t) = 2 \cdot (y_1 + y_2) \quad (1.30)$$

Az elmozdulás értékei – a késtartó megfelelő rögzítése esetén és a szánrendszerek játékainak teljes kiküszöbölésekor – a fellépő fogásvétel irányú erők és az **elmozdulékonyságok ismeretében:**

$$y_1 = F_p \cdot W_0 \quad (1.31)$$

$$y_2 = F_p \left(W_{sz} + \frac{l^3}{3IE} \right) \quad (1.32)$$

a KHF – analógiájára [13]

$$\Delta D = 2 \cdot a_b \left(1 - \frac{1}{C \cdot k \left[W_0 + W_{sz} + \frac{l^3}{3IE} \right]} \right) \quad (1.33)$$

ahol:

a_b – beállított fogásmélység

a_t – tényleges fogásmélység

C – adott anyag, szerszám és előtolás esetén állandó

$$\left(C = C_{Fm} \cdot f^{y_{Fm}} \cdot k \right)$$

k – helyesbítő tényező (ha $x_{Fm}=0,9$)

W_0 – munkadarab befogószerkezete és kapcsolódó géprészek elmozdulékonyága

W_{sz} – a szerszám befogószerkezet és a kapcsolódó géprészek elmozdulékonytsága

l – a szerszám kinyúlása

E – a késszár anyagának rugalmassági modulusa

I – a késszár másodrendű nyomatéka: $I = \frac{H \cdot B^3}{12}$

H – késszár szélessége

B – késszár magassága

• **Süllyesztővel** előgyártott (öntött, sajtolt, kovácsolt, stb.) vagy csigafúróval megmunkált furatok bővítése illetve pontosbítása végezhető el (IT 10). A készresüllyesztők tűrésmezeje teljes terjedelemmel az alapvonal felett helyezkedik el, a készítendő furat tűrésmezejétől függően az alábbi összefüggéssel határozható meg a szerszám felső határmérete:

$$D_{SFH} = D_{AH} + K \cdot T \quad (1.34)$$

ahol:

D_{SFH} – az új süllyesztő felső határmérete

D_{AH} – a készítendő furat alsó határmérete

T – a készítendő furat tűrése

K – munkadarab anyagtól függő tényező

• **Dörzsárral** a süllyesztésben pontosított furatok pontossága tovább növelhető (IT 8 – IT 7), esetenként IT 6 értékig. Mivel a dörzsár önvezető, megmunkáláskor lengő vagy úszólengő befogást kell alkalmazni.

Az elődörzsár tűrésmezeje az alapvonal alatt helyezkedik el, átmérőjének behatárolását a következő összefüggés adja:

$$D_{ED} = (D_{AH} - 5 \mu\text{m}) \quad (1.35)$$

ahol:

D_{ED} – elődörzsár átmérője

D_{AH} – a készítendő furat alsó határmérete

A simító dörzsár tűrésmezeje az alapvonal felett helyezkedik el:
(lásd 2.24. ábra)

$$D_{SD} = D_{FH} \begin{matrix} -0,15T \\ -0,5T \end{matrix} \quad (1.36)$$

ahol:

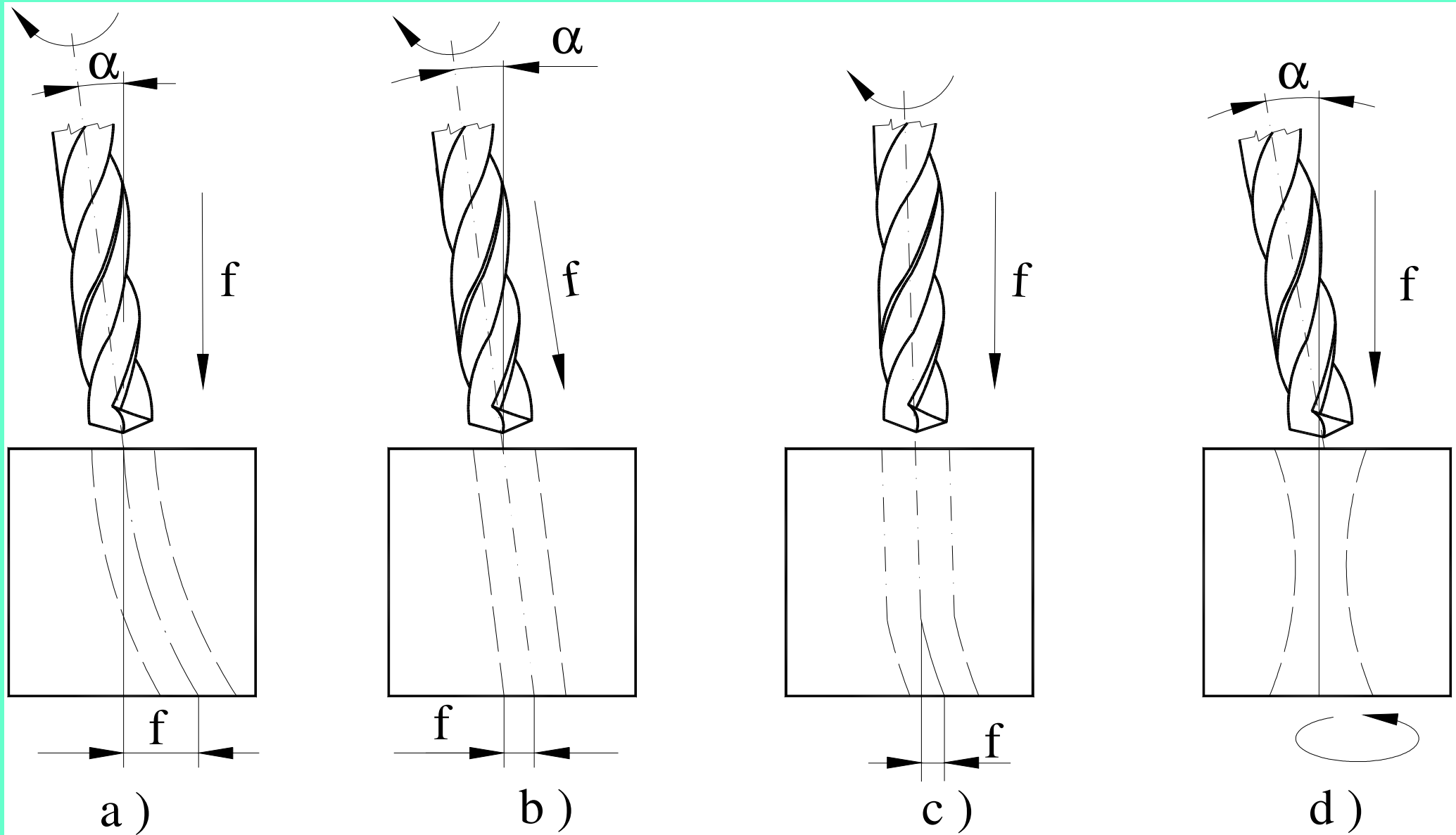
D_{SD} – a simító dörzsár átmérője

D_{FH} – a készítendő furat felső határmérete

T – a furat tűrése

1.1.4.4. A furat alakpontossága

- Tengelymetszetben



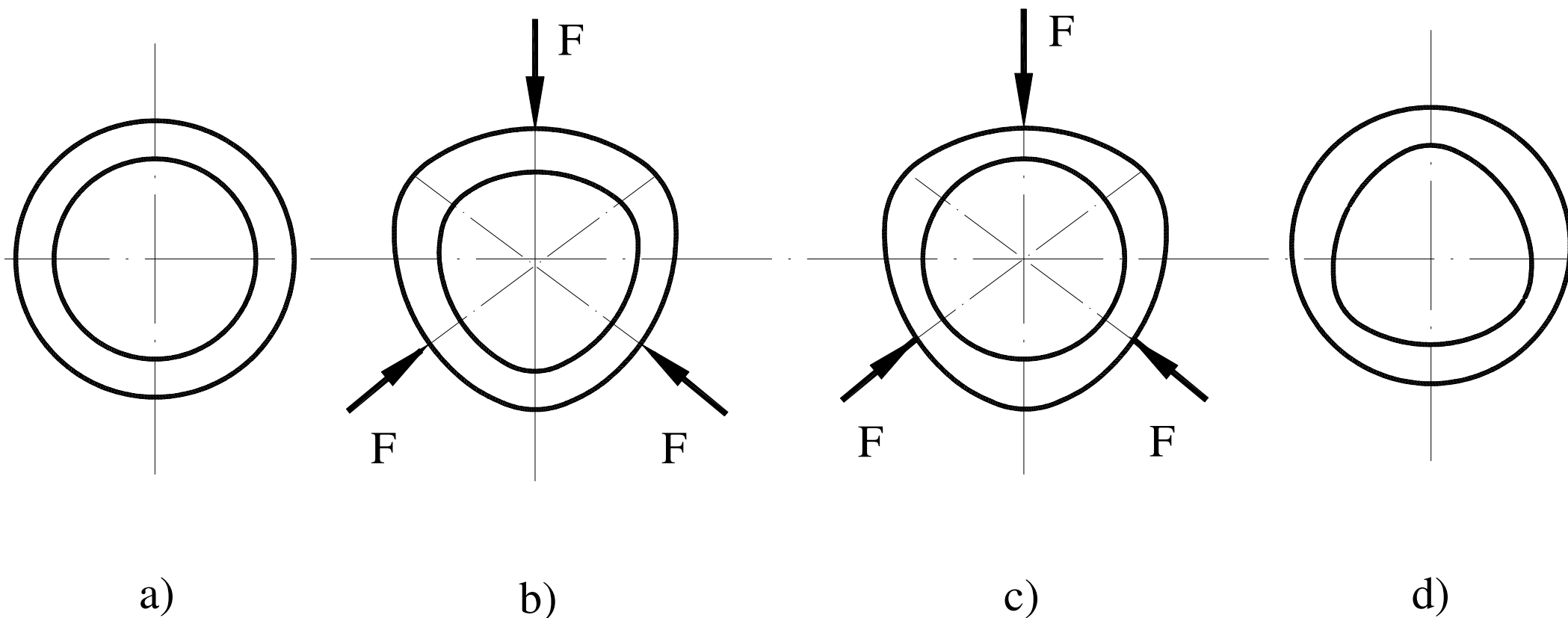
1.17. ábra Furatok alakpontossága tengelymetszetben álló illetve forgó munkadarab esetén

- a) A fúró tengelyvonala nem egyezik az előtolás irányával. Kisebb fúróknál görbe tengelyű lesz a furat. A nagyobb fúró eltörik, vagy a gépet lefékezi.
- b) A fúró játékkal illeszkedik a főorsó kúpjába, így be tud állni az előtolás irányába. A furat ferde tengelyű lesz.
- c) Ha a bekezdés helyes, eredeti hibák nincsenek, ez esetben is a furat görbe tengelyű lesz, de a hiba kisebb a b) esetnél.
- d) A fúró tengelyvonalban nem egyezik az előtolás irányával. A furat egyenes tengelyű, de hiperboloid alakú lesz.

- **Tengelyre merőleges metszetben**

Elsősorban vékonyfalú, rövid gyűrű alakú munkadarab megmunkálásakor a szorításból ered a hiba.

Vékonyfalú munkadarabok (perselyek, gyűrűk, stb.) belső hengeres felületének megmunkálásakor, ha a helyzetmeghatározás, illetve felfogás tokmányban történik, a szorítás számottevő változást idézhet elő (1.18. ábra).

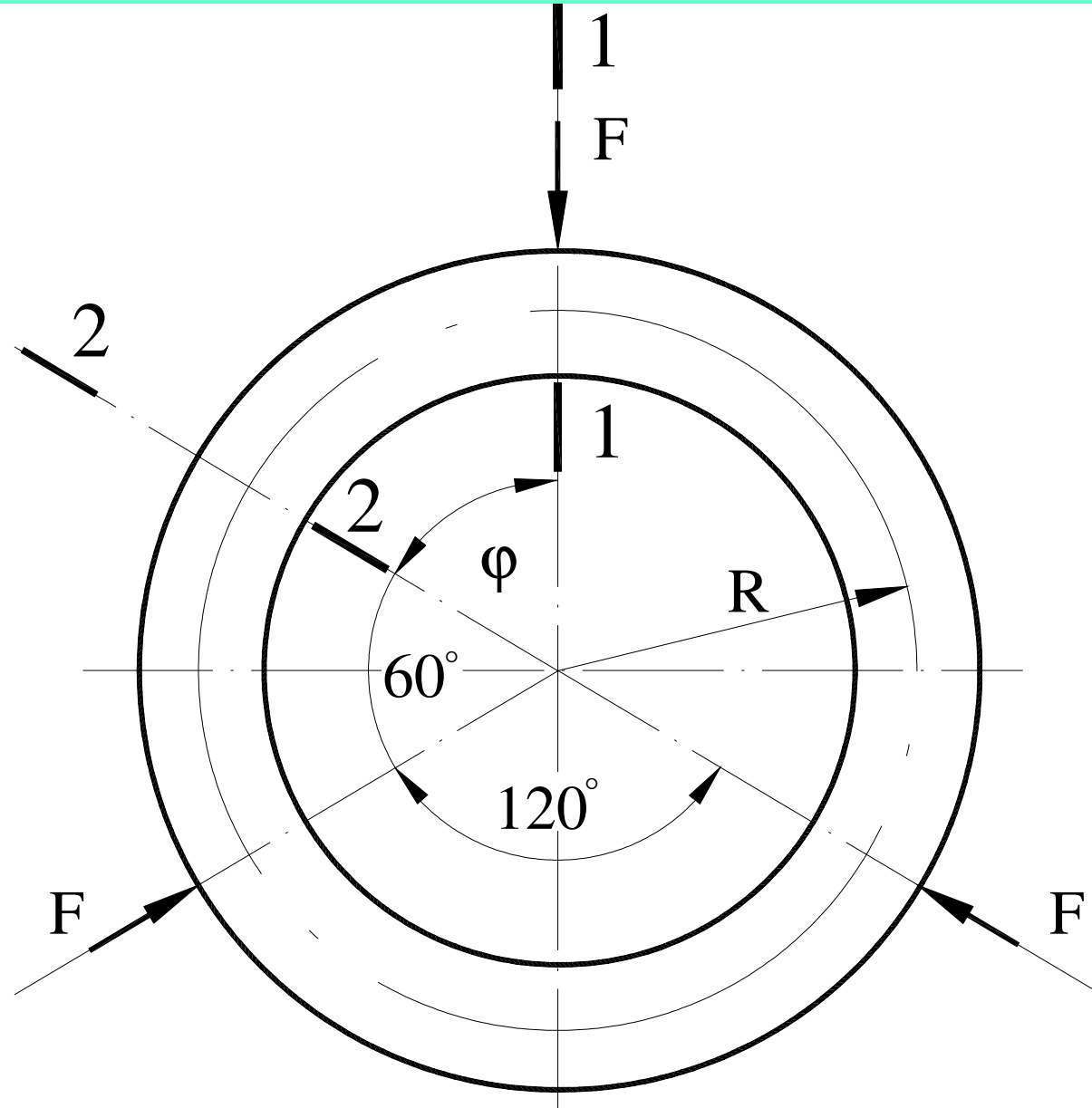


1.18. ábra

Furatok alakpontossága tengelyre merőleges metszetben

A gyűrű alakja:

a) befogás előtt, b) befogás után, c) befogott állapotban a megmunkálás után, d) kifogás után.



1.18.e. ábra
*Hárompofás
tokmányba való
befogás hatása az
alakváltozásra*

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

A köralaktól való eltérés:

$$\Delta = 2 \cdot (|\delta_1| + |\delta_2|) \quad (1.39)$$

A felfogás hatására eltorzult munkadarab (1.18.b. ábra), a kívánt pontosságúra megmunkált körkörös furata (1.18.c. ábra), a tokmány pofák szorító hatásának megszűnésével alakhibássá válik (1.18.d. ábra).

Az alakhiba jellege a tokmány pofáinak számától függően ovalitás, pszeudokör, illetve szögletesség lesz.

Az alakhiba nagysága, a tokmány pofáinak számától és felfogó felületeinek kialakításától is függ.

Hárompofás tokmány alkalmazásakor a három tokmánypofa és a munkadarab érintkezésénél jelentős deformáció képződik. (1.18.e. ábra 1-1 metszet) Természetesen elmozdulás keletkezik a tokmánypofáktól mért 60° -os síkban is. (1.18.e. ábra 2-2 metszet) Az 1-1 ill. 2-2 síkban lévő δ_1 és δ_2 elmozdulások értéke az (1.37) és (1.38) képlet alapján számítható. [77]

1.1.4.5. Belső hengeres felületek helyzetpontossága, minősége

A készülék nélkül esztergált furatok helyzetpontossága elsősorban a beállítási módtól függ, ez végezhető:

- előrajzolással: $\pm (0,1 - 0,5)$ mm,
- mérőhasábbal végzett orsóbeállítással: $\pm (0,01 - 0,03)$ mm,
- helyzetfúrógépen: $\pm 0,005$ mm.

A furat helyzetpontosságát a dörzsölés, az üregelés - önvezető szerszámok lévén - nem javítják. Szabályos élű szerszámokkal való forgácsolásnál a felület minősége (mikrogeometriája) az élek számától is függ.

Egyélű szerszámnál az R_a , HV_μ szövetszerkezet, σ_m ugyanolyan mechanizmussal alakul ki, mint KHF-nél.

Méretes szerszámokkal végzett megmunkálásoknál az R_a átlagos érdesség elsősorban az élek állapotától függ, míg a mikrokeményiség (HV_μ), a szövetszerkezet a szerszám által létrehozott felületi nyomástól, valamint a felületi réteg forgácsolásakor kialakuló hőállapottól függ.

1.2. Belső hengeres felületek köszörülése

A BHF köszörülése abban tér el a KHF-ek köszörülésétől, hogy az alkalmazható korong átmérőjét a furatátmérőtől, szélességét pedig a korong furat keresztmetszetétől függően kell megválasztani.

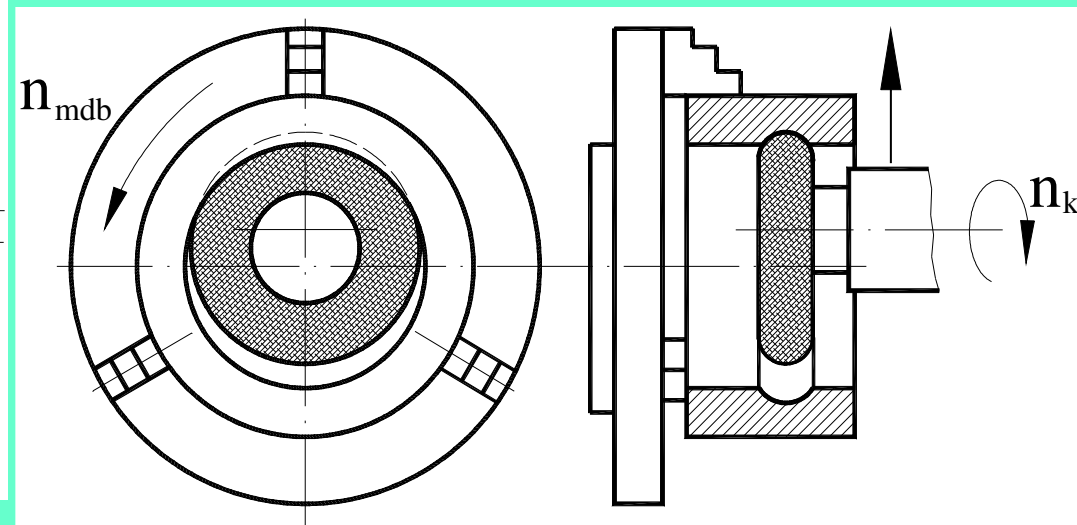
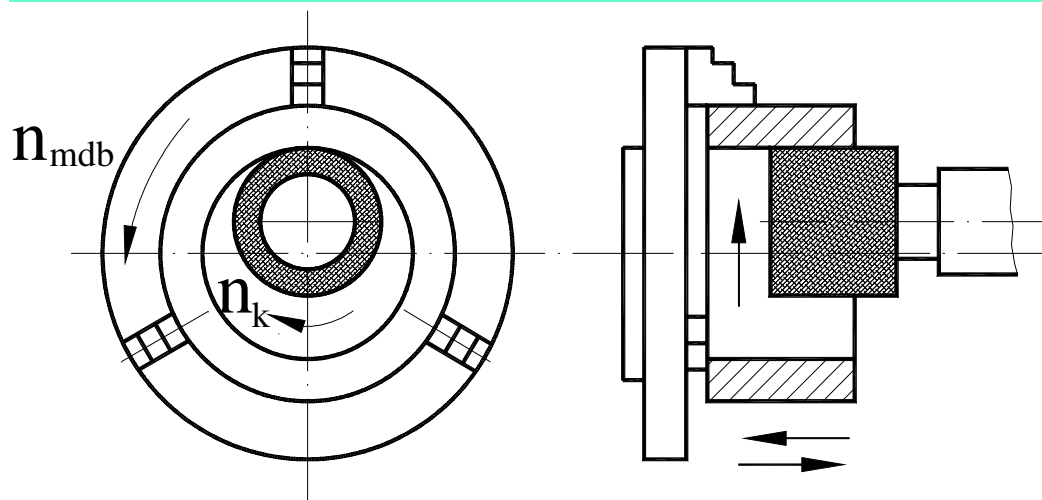
A korongátmérő és korongszélesség javasolt értékeit az 1.2. táblázat adja.

1.2. táblázat

Furatátmérő, mm	20-25	30-35	75-100	> 150
Korong \varnothing , a furatátmérő hányadában	0,9	0,9	0,8	0,6-0,7
Korongszélesség, mm	16-20	22-28	> 80	> 80

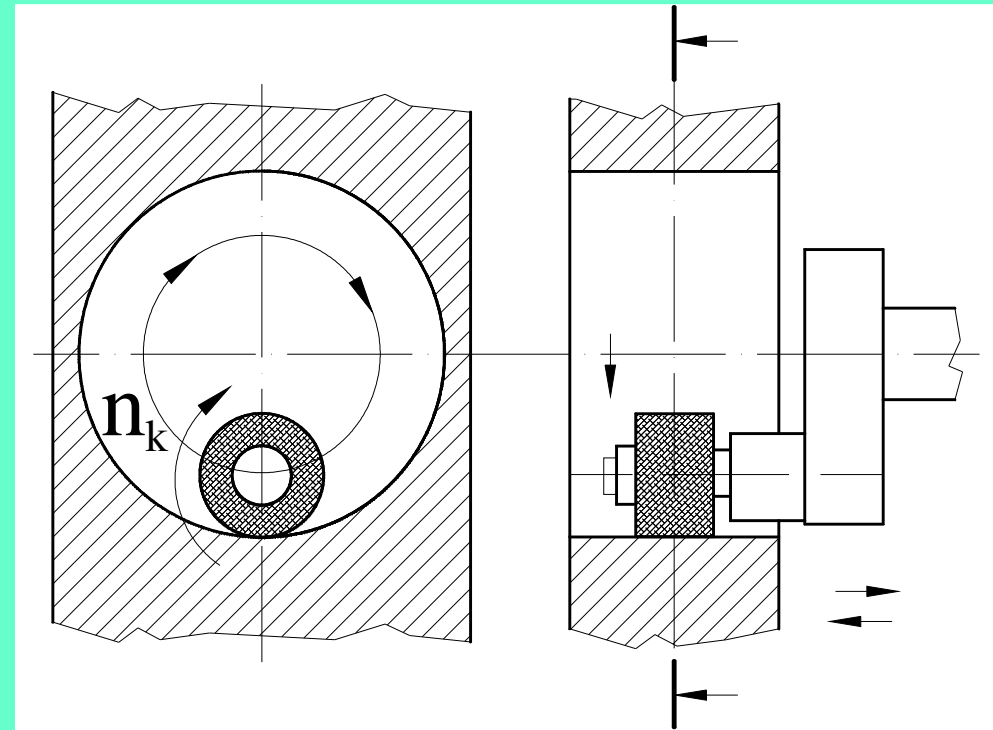
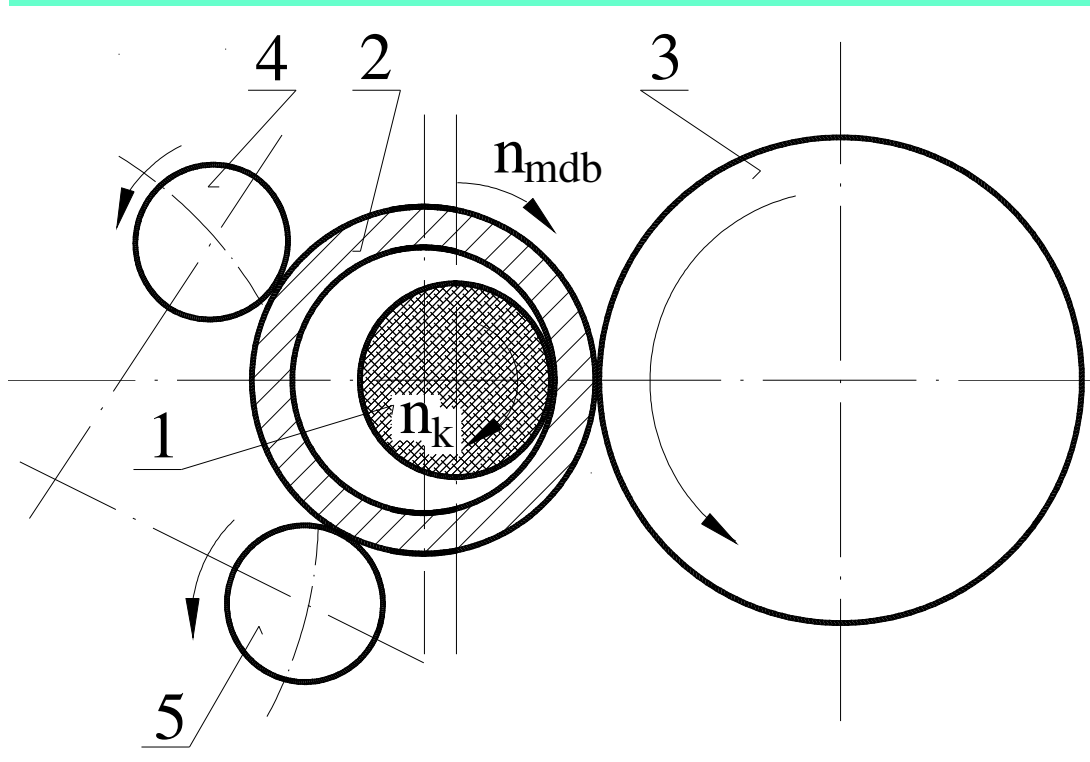
A korongátmérő és korongszélesség javasolt értékei

A furatköszörülés főbb módjait az 1.19. ábra szemlélteti



a) hosszirányú előtolással végzett köszörülés (fokozatos fogásvétel)

b) radiális irányú előtolással végzett köszörülés



1. köszörűkorong,
2. munkadarab.,
3. támasztókorong,
- 4.,5. támasztó görgők

c) csúcsnélküli köszörülés

d) bolygórendszerű köszörülés

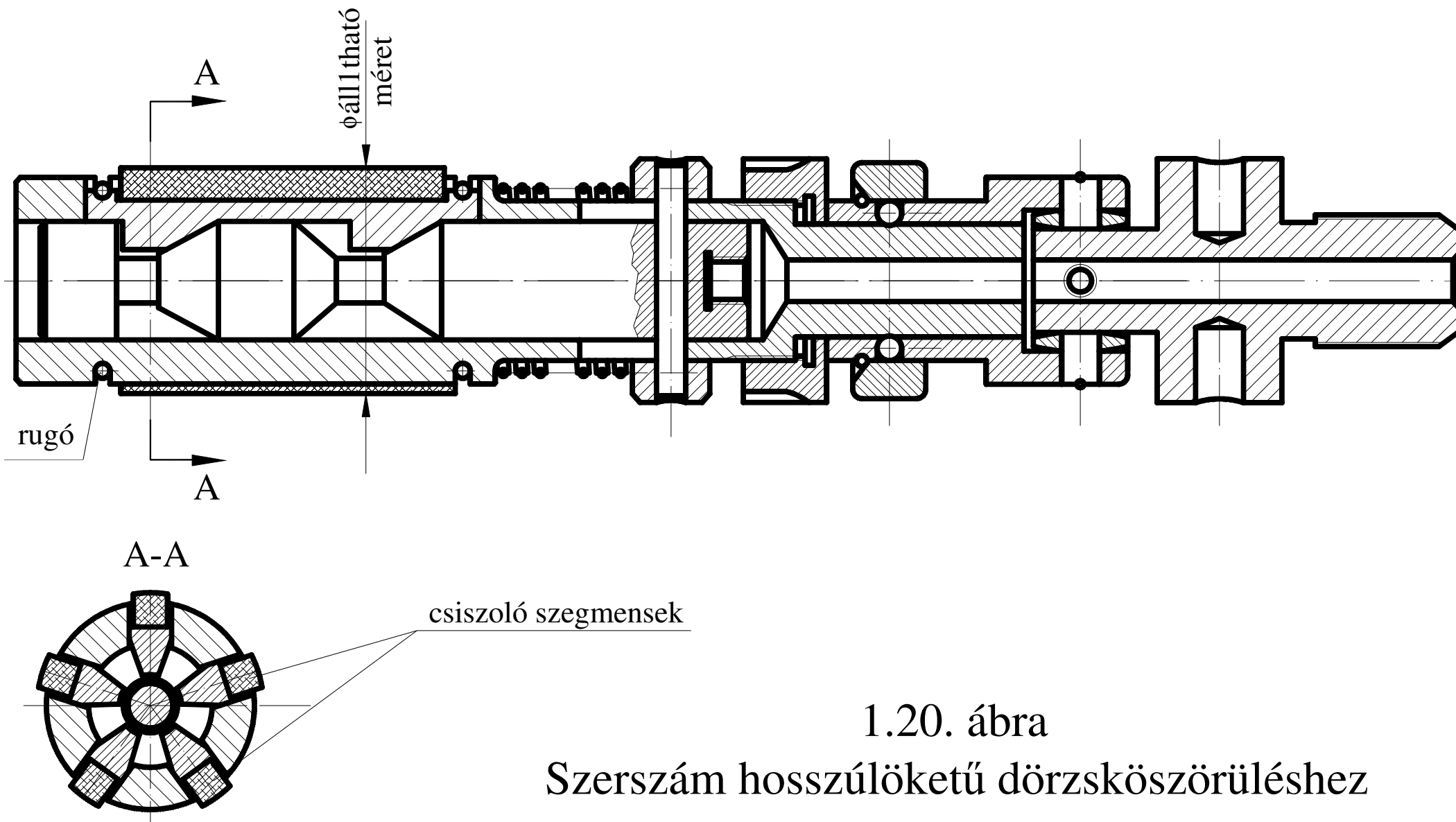
1.19. ábra *Furatköszörülés módoszatai*

- ad a) A hosszirányú előtolással végzett furatköszörülés igen elterjedt, elsősorban forgástestek központi furatainak megmunkálásához.
- ad b) A radiális irányú előtolással végzett (beszűrő) furatköszörülés a szerszám kis merevsége miatt ritkán használatos. Ezt hivatott megoldani az adaptív szabályozás.

- ad c) A csúcsnélküli furatköszörülés főleg perselyek furatának köszörülésére alkalmazható tömeg- és nagysorozat-gyártás esetén, mivel a felfogó bázis a KHF, a megmunkálás állandó falvastagságot és jó egytengelyűséget biztosít, de a külső felület szabálytalanságai a furatra is átmásolódnak.
- ad d) A bolygórendszerű furatköszörülést nagyméretű (nehezen forgatható) gépalkatrészek nagy átmérőjű furatának köszörüléséhez használjuk.

1.3. Belső hengeres felületek befejező megmunkálása

A furatoknak nagy méretpontosságot és kis felületi érdességet biztosító, s egyben a legelterjedtebb megmunkálása a hosszúlökötű dörzsköszörülés (hónolás). A furatok dörzsköszörülését speciális dörzsköszörű fejben elhelyezkedő abrazív hasábokkal végzik (1.20. ábra).



1.20. ábra

Szerszám hosszúlökötű dörzsköszörüléshez

A hasábok elhelyezkedése a szerszámban lehet:

- szimmetrikus
- aszimmetrikus.

Az előtolási sebesség:

$$v_f = 10 \div 20 \text{ m/min}$$

A kerületi és az előtoló sebesség nagyságát illetve arányát a következőképpen határozhatjuk meg:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_f}{V_k} \quad (1.40)$$

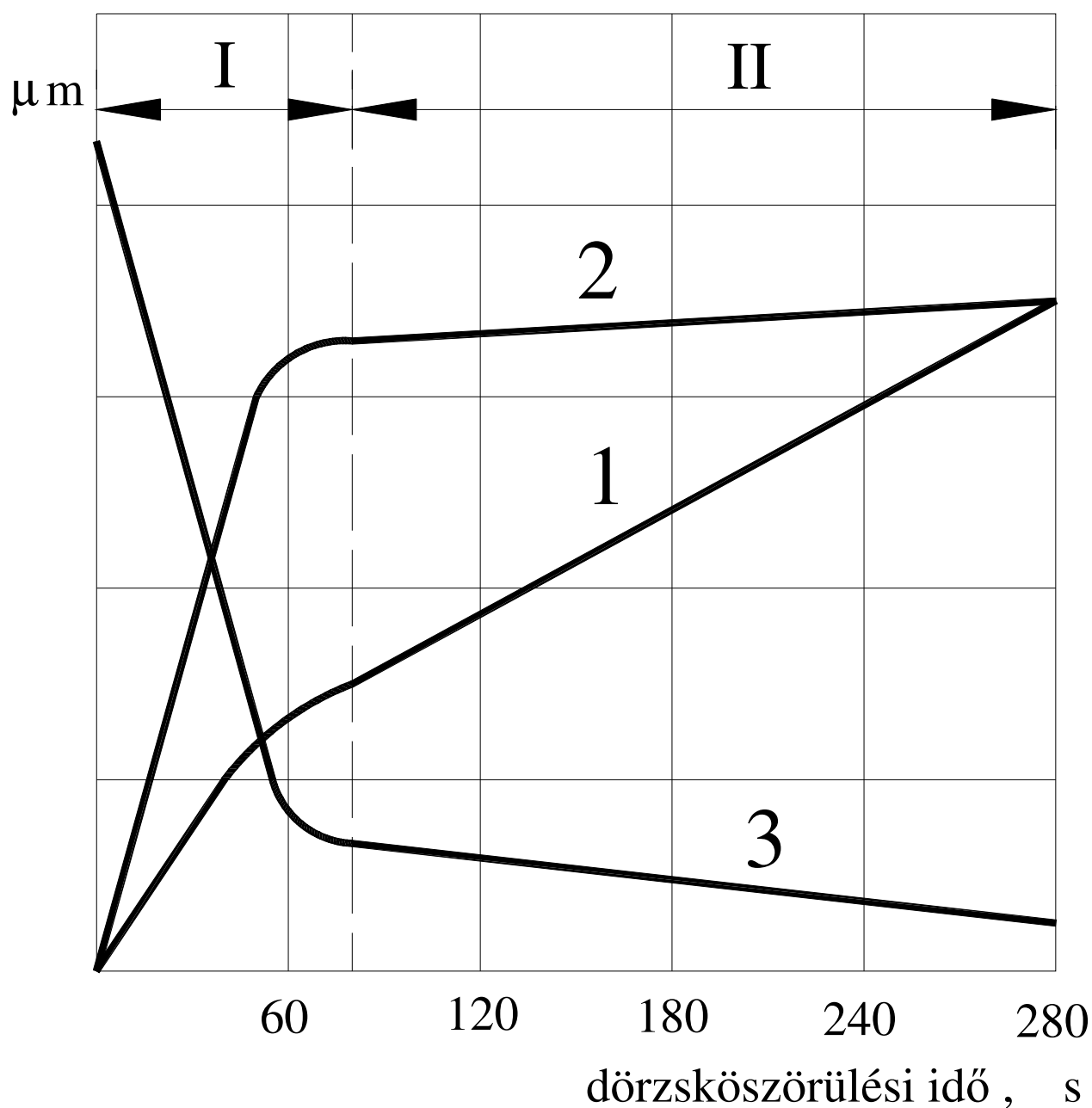
ahol: v_f – előtolási (tengelyirányú) sebesség

v_k – kerületi sebesség

α - egymást keresztező karcok közötti szög

$\alpha = 50^\circ - 60^\circ$ – előzetes dörzsköszörülésnél

$\alpha = 15^\circ - 20^\circ$ – befejező dörzsköszörülésnél.



- 1. leválasztott anyag
- 2. hasáb kopás
- 3. érdesség

1.21. ábra

A megmunkálási idő hatása a technológia különböző jellemzőire

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

A dörzsköszörülési folyamat két jellegzetesen eltérő szakaszra osztható (1. 21. ábra):

- nagyolás (I),
- simítás (II),

A rövidlökötű dörzsköszörülést és a leppelést a Gépgyártástechnológia I. című könyv 9.3. fejezete tárgyalja.