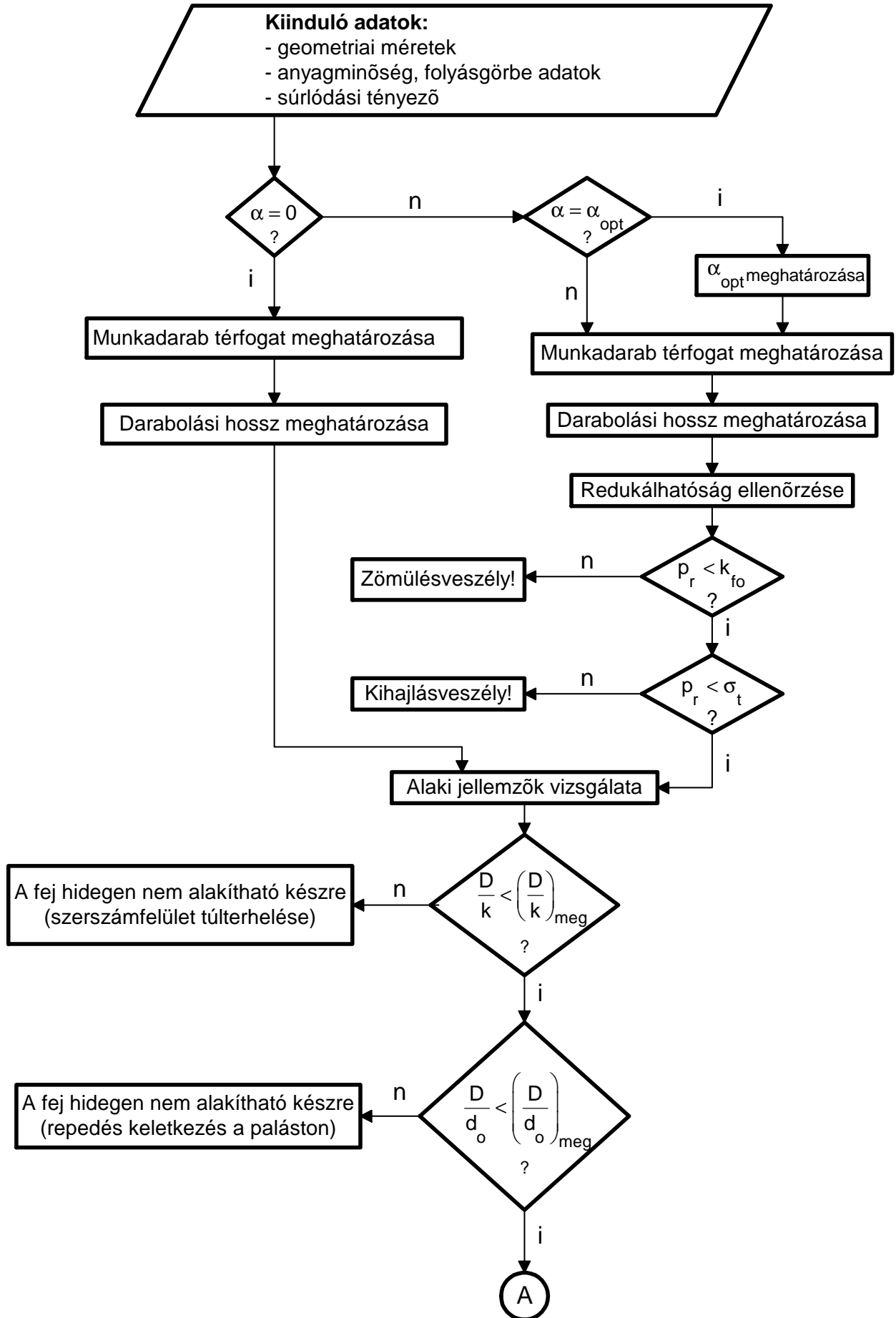
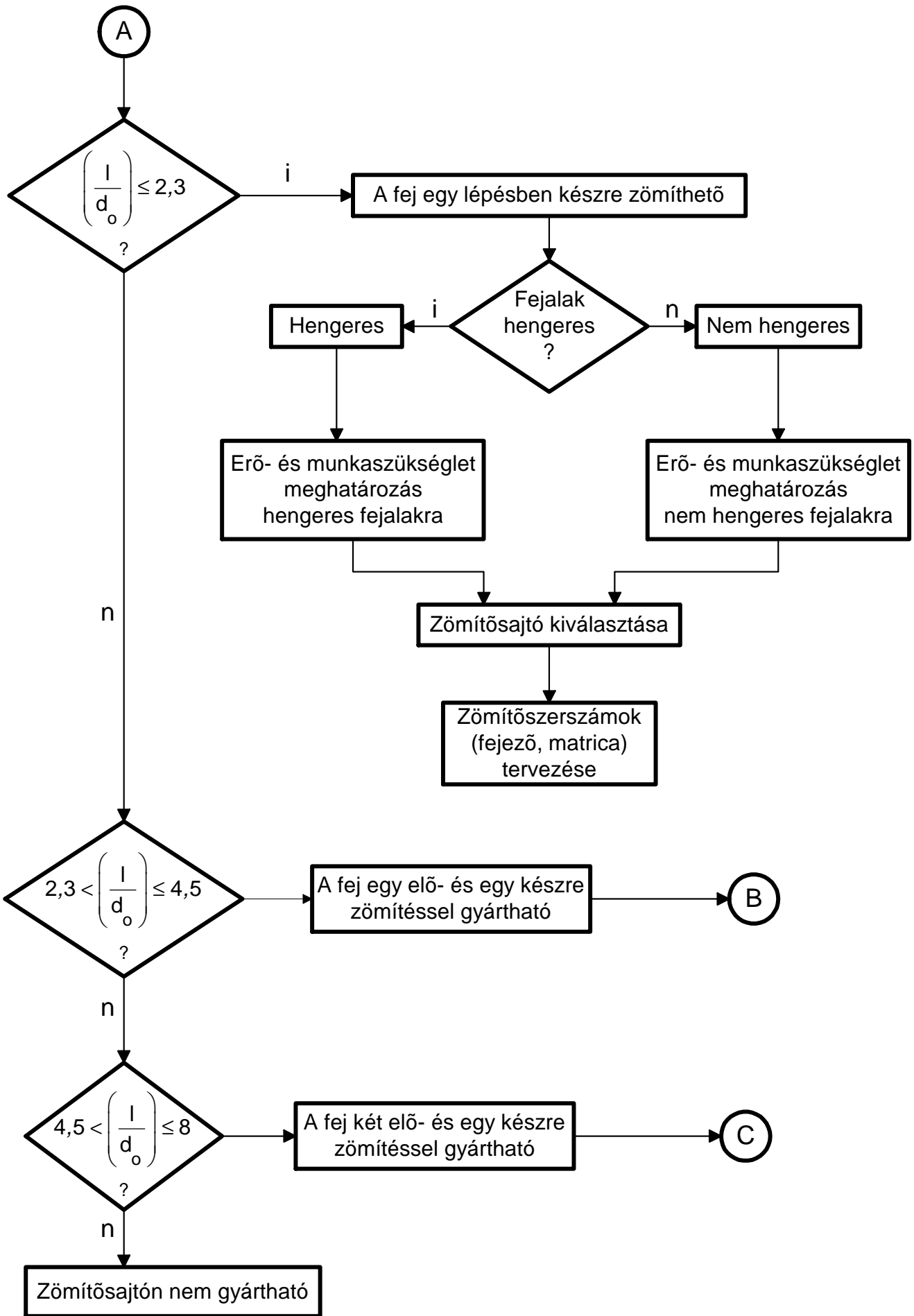
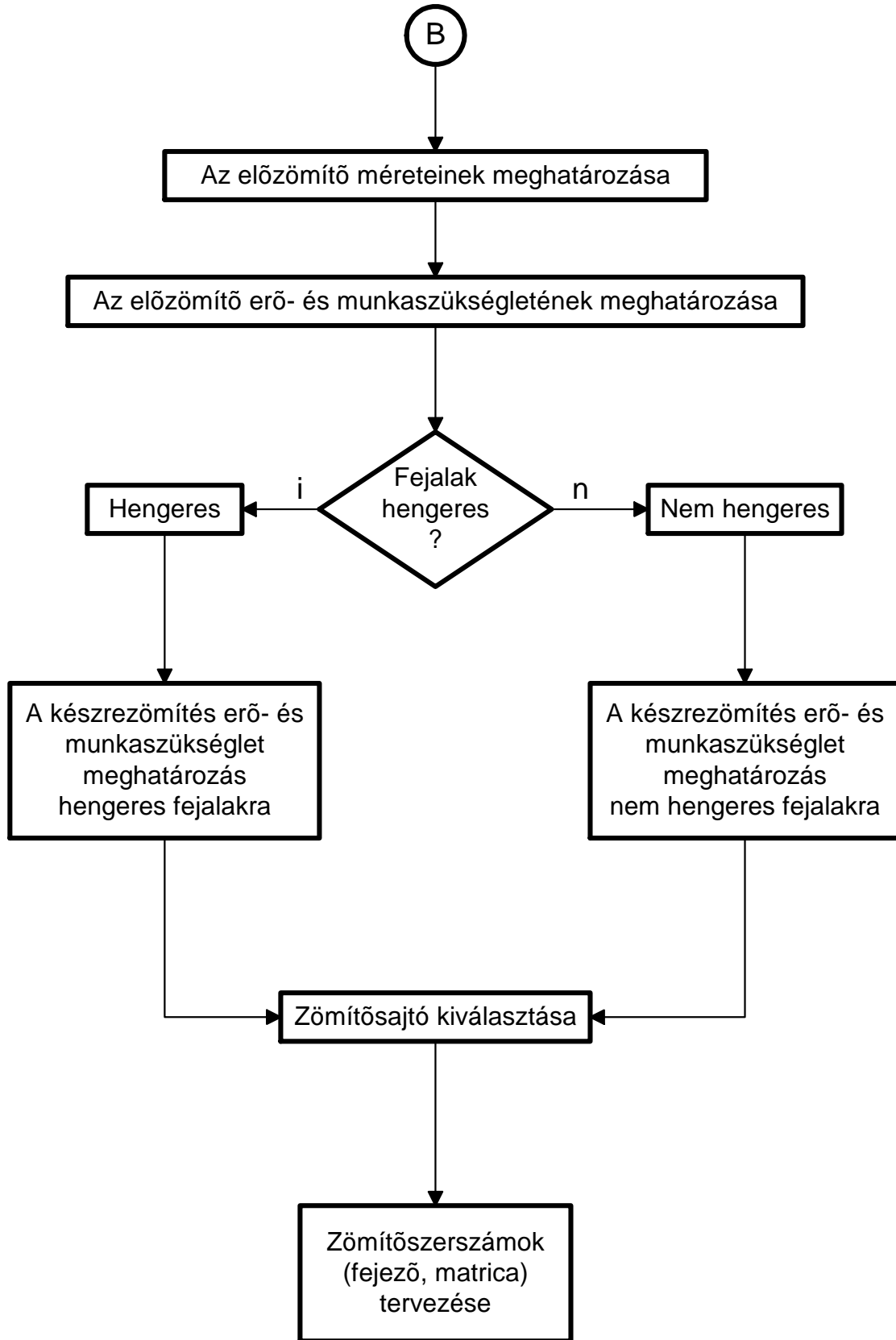
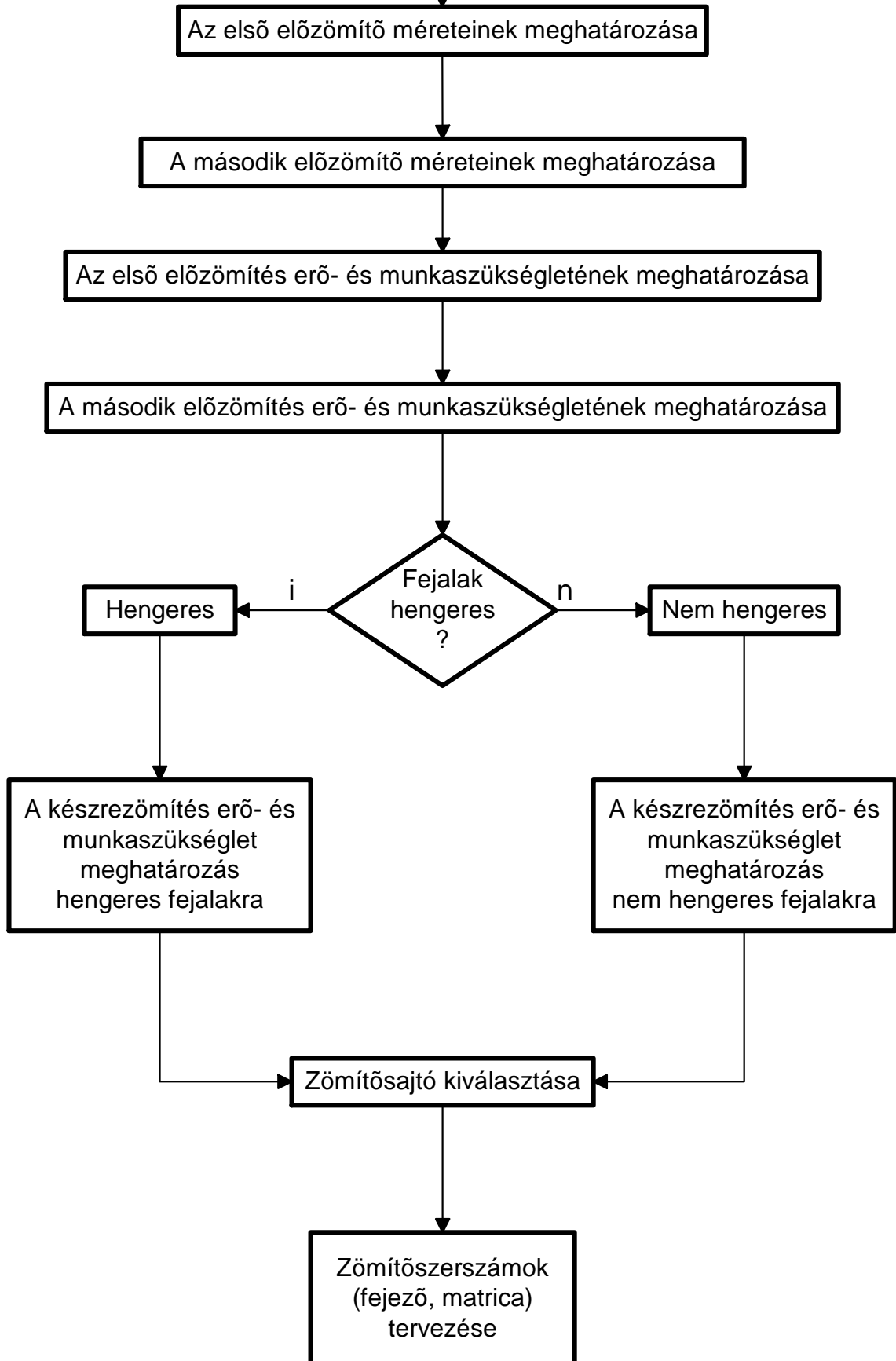


Redukálás, zömítés, technológia tervezés:





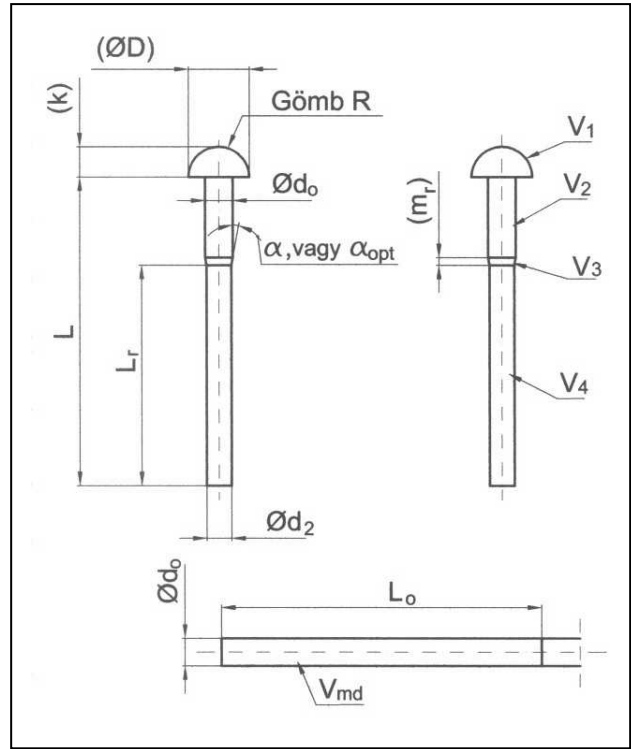
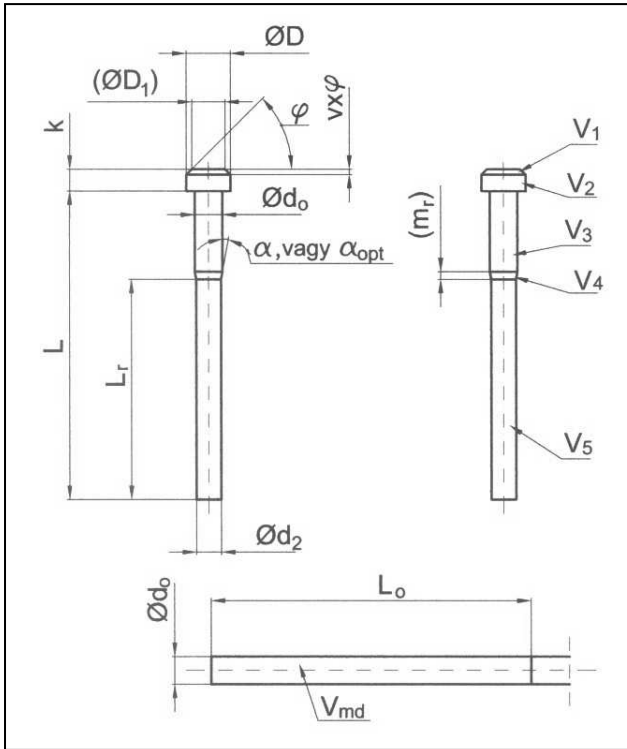




Kiinduló adatok:

Hengeres fejalak

Félgömb, vagy gömbsüveg fejalak:



Geometriai méretek [mm, ill. °]:

- $d_0 :=$
- $d_2 :=$
- $D :=$
- $\alpha :=$
- $L_r :=$
- $k :=$
- $v :=$
- $\varphi :=$
- $L :=$
- $\alpha :=$ vagy $\alpha_{opt} :=$

- $d_0 :=$
- $d_2 :=$
- $D :=$
- $\alpha :=$
- $L_r :=$
- $k :=$
- $R :=$
- $L :=$
- $\alpha :=$ vagy $\alpha_{opt} :=$

Anyagjellemzők:

Anyagminőség:

- $c :=$
- $n :=$
- $k_{fo} :=$
- $E :=$
- $\kappa_e :=$

Kihajlási eset:

Súrlódás:

- $\mu_r :=$
- $\mu_z :=$



α_{opt} meghatározás:

$$\lambda_{\text{ör}} = 2 \cdot \ln\left(\frac{d_0}{d_2}\right)$$

$$\alpha_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \mu_r \cdot \lambda_{\text{ör}}}$$

Munkadarab térfogat meghatározás:

$\alpha = 0$

Hengeres fejalak:

$$D_1 = D - 2 \cdot \frac{v}{\tan(\varphi)}$$

$$V_1 = \frac{v \cdot \pi}{12} \cdot (D^2 + D_1^2 + D \cdot D_1)$$

$$V_2 = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (k - v)$$

$$V_{\text{fej}} := V_1 + V_2$$

$$V_3 = d_0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L_r$$

$$V_{\text{md}} = V_{\text{fej}} + V_3$$

Félgömb, vagy
gömb szelet fejalak:

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot k^2 \cdot (3 \cdot R - k)$$

$$V_{\text{fej}} := V_1$$

$$V_2 = d_0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L$$

$$V_{\text{md}} = V_{\text{fej}} + V_2$$

$\alpha \neq 0$

Hengeres fejalak:

$$D_1 = D - 2 \cdot \frac{v}{\tan(\varphi)}$$

$$V_1 = \frac{v \cdot \pi}{12} \cdot (D^2 + D_1^2 + D \cdot D_1)$$

$$V_2 = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (k - v)$$

$$V_{\text{fej}} := V_1 + V_2$$

$$m_r = \frac{d_0 - d_2}{2 \cdot \tan(\alpha)}$$

$$V_3 = d_0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (L - L_r - m_r)$$

$$V_4 = \frac{m_r \cdot \pi}{12} \cdot (d_0^2 + d_2^2 + d_0 \cdot d_2)$$

$$V_5 = d_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L_r$$

$$V_{\text{md}} = V_{\text{fej}} + V_3 + V_4 + V_5$$

Félgömb, vagy
gömb szelet fejalak:

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot k^2 \cdot (3 \cdot R - k)$$

$$V_{\text{fej}} := V_1$$

$$m_r = \frac{d_0 - d_2}{2 \cdot \tan(\alpha)}$$

$$V_2 = d_0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (L - L_r - m_r)$$

$$V_3 = \frac{m_r \cdot \pi}{12} \cdot (d_0^2 + d_2^2 + d_0 \cdot d_2)$$

$$V_4 = d_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L_r$$

$$V_{\text{md}} = V_{\text{fej}} + V_2 + V_3 + V_4$$

$$\alpha = \alpha_{\text{opt}}$$

Hengeres fejalak:

$$D_1 = D - 2 \cdot \frac{v}{\tan(\varphi)}$$

$$V_1 = \frac{v \cdot \pi}{12} \cdot (D^2 + D_1^2 + D \cdot D_1)$$

$$V_2 = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (k - v)$$

$$V_{\text{fej}} := V_1 + V_2$$

$$m_r = \frac{d_o - d_2}{2 \cdot \tan(\alpha_{\text{opt}})}$$

$$V_3 = d_o^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (L - L_r - m_r)$$

$$V_4 = \frac{m_r \cdot \pi}{12} \cdot (d_o^2 + d_2^2 + d_o \cdot d_2)$$

$$V_5 = d_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L_r$$

$$V_{\text{md}} = V_{\text{fej}} + V_3 + V_4 + V_5$$

Félgömb, vagy
gömbszelet fejalak

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot k^2 \cdot (3 \cdot R - k)$$

$$V_{\text{fej}} := V_1$$

$$m_r = \frac{d_o - d_2}{2 \cdot \tan(\alpha_{\text{opt}})}$$

$$V_2 = d_o^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (L - L_r - m_r)$$

$$V_3 = \frac{m_r \cdot \pi}{12} \cdot (d_o^2 + d_2^2 + d_o \cdot d_2)$$

$$V_4 = d_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L_r$$

$$V_{\text{md}} = V_{\text{fej}} + V_2 + V_3 + V_4$$

Darabolási hossz meghatározás:

$$A_o = d_o^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$L_o = \frac{V_{\text{md}}}{A_o}$$

Redukálhatóság ellenőrzés:

Zömülésveszély:

$$k_{\text{fkr}} := \frac{c}{n+1} \cdot \lambda_{\text{ör}}^n$$

$\alpha \neq 0$

$$p_r := k_{\text{fkr}} \cdot \lambda_{\text{ör}} \cdot \left(1 + \frac{\mu_r}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\bar{\alpha}}{\lambda_{\text{ör}}} \right)$$

$\alpha = \alpha_{\text{opt}}$

$$p_r := k_{\text{fkr}} \cdot \lambda_{\text{ör}} \cdot \left(1 + \frac{\mu_r}{\alpha_{\text{opt}}} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\bar{\alpha}_{\text{opt}}}{\lambda_{\text{ör}}} \right)$$

$$p_r \leq k_{\text{fo}}$$

$$F_r := p_r \cdot A_o$$

Kihajlásveszély:

$$I_2 := \frac{d_o^4 \cdot \pi}{64}$$

$l_0 := L_0$ Kihajlási eset : I.

$$\kappa := \sqrt{\frac{l_0^2 \cdot A_0}{I_2}}$$

$$\kappa \leq \kappa_e$$

$$\kappa \geq \kappa_e$$

$$\sigma_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\kappa_e^2}$$

$$\sigma_F := k_{f0}$$

$$\sigma_t^{(E)} := \frac{\pi^2 \cdot E}{\kappa^2}$$

$$\sigma_t^{(T)} := \sigma_F - \frac{\kappa}{\kappa_e} \cdot (\sigma_F - \sigma_e)$$

$p_r \leq \sigma_t^{(E)}$ nincs kihajlásveszély!

$p_r \leq \sigma_t^{(T)}$ nincs kihajlásveszély!

$$F_t^{(E)} := \sigma_t^{(E)} \cdot A_0$$

$$F_t^{(T)} := \sigma_t^{(T)} \cdot A_0$$

Alaki jellemzők vizsgálata:

$$l := \frac{V_{fej}}{A_0}$$

$$S := \frac{l}{d_0}$$

$$\frac{D}{d_0} =$$

$$\frac{D}{k} =$$

A fej egy lépésben készre zömíthető:

$$\frac{l}{d_0} \leq \left(\frac{l}{d_0} \right)_{meg}$$

A zömítés erő- és munkaszükségletének meghatározása

Hengeres fejalak:

Hengerestől eltérő fejalakra

$$\lambda_{özmax} := 2 \cdot \ln \frac{D}{d_0}$$

$$k_{fzmax} := c \cdot \lambda_{özmax}^n$$

$$p_{zmax} := k_{fzmax} \cdot \left(1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{D}{k} \right)$$

$$\varepsilon := \frac{k}{l} - 1$$

$$p_{zmax} := k_{fzmax} \cdot \left[1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1+\varepsilon} \right)^3} \right]$$

$$F_{zmax} := D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p_{zmax}$$

$$k_{fkz} := \frac{c}{n+1} \cdot \lambda_{özmax}^n$$

$$w_{idz} := k_{fkz} \cdot \lambda_{özmax}$$

$$\eta_z := \frac{k_{fz \max}}{p_{z \max}}$$

$$w_z := \frac{w_{idz}}{\eta_z}$$

$$W_z := V_{fej} \cdot w_z$$

A fej egy elő- és egy kézre zömítéssel gyártható: $2,3 < \frac{l}{d_o} \leq 4,5$

Előzömítő méreteinek meghatározása:

$$a := l - 2.6 \cdot d_o$$

$$D_e := d_o \cdot \sqrt[3]{6 \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \frac{l-a}{d_o} + 1}$$

$$D'_e := D_e - 2 \cdot \delta_m \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

$$m_{csk} := \frac{D_e - d_o}{2 \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$$

$$m' := m_{csk} - \delta_m$$

$$l_1 := a + m_{csk}$$

Előzömítés erő- és munkaszükségletének meghatározása:

$$\varepsilon_e := \frac{m_{csk}}{l-a} - 1$$

$$S_e := \frac{l-a}{d_o}$$

$$\lambda_{\ddot{o}e} := 2 \cdot \ln\left(\frac{D_e}{d_o}\right)$$

$$k_{fe} := c \cdot \lambda_{\ddot{o}e}^n$$

$$k_{fke} := \frac{c}{n+1} \cdot \lambda_{\ddot{o}e}^n$$

$$p_{e \max} := k_{fe} \cdot \left[1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_e} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1+\varepsilon_e}\right)^3} \right]$$

$$F_{e \max} := p_{e \max} \cdot \frac{D_e^2 \cdot \pi}{4}$$

$$\eta_e := \frac{1}{1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_e} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1+\varepsilon_e}\right)^3}}$$

- 10 -

$$W_{ide} := k_{fke} \cdot \lambda_{\ddot{o}e}$$

$$w_e := \frac{W_{ide}}{\eta_e}$$

$$V_e := \frac{m_{csk} \cdot \pi}{12} \cdot (D_e^2 + D_e \cdot d_o + d_o^2)$$

$$W_e := w_e \cdot V_e$$

Fej készrezömítésének erő- és munkaszükséglete:

$$d_{ek} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{fej}}{\pi \cdot l_1}}$$

$$\varepsilon_k := \frac{k}{l_1} - 1$$

$$S_k := \frac{l_1}{d_{ek}}$$

$$\lambda_{\ddot{o}kmax} := 2 \cdot \ln\left(\frac{D}{D_e}\right)$$

$$k_f := c \cdot (\lambda_{\ddot{o}e} + \lambda_{\ddot{o}kmax})^n$$

$$k_{fkk} := \frac{c}{n+1} \cdot \frac{(\lambda_{\ddot{o}e} + \lambda_{\ddot{o}kmax})^{n+1} - \lambda_{\ddot{o}e}^{n+1}}{\lambda_{\ddot{o}kmax}}$$

$$p_{max} := k_f \cdot \left[1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_k} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_k}\right)^3} \right]$$

$$F_{kmax} := p_{max} \cdot D^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$\eta_k := \frac{1}{1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_k} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_k}\right)^3}}$$

$$W_{idk} := k_{fkk} \cdot \lambda_{\ddot{o}kmax}$$

$$w_k := \frac{W_{idk}}{\eta_k}$$

$$W_k := w_k \cdot V_{fej}$$

Félgömbfejű csap redukálása, zömítése

Kiinduló adatok:

a./ Geometriai méretek [mm]-ben:

A félgömb alakú fej sugára: $R := 5.5$

A zömített fej magassága: $k := R$

A redukálatlan szár átmérője: $d_0 := 5$

A redukált szár átmérője: $d_2 := 4.5$

A munkadarab hossza: $L := 44.5$

A redukált szár hossza: $L_r := 40$

A redukálás félkúpszöge: $\alpha := \alpha_{opt}$

b./ Anyagjellemzők:

Anyag minőség: C10 MSZEN 10277/2-2000

Keményedési együttható: $c := 683.51$ [N/mm²]

Keményedési kitevő: $n := 0.235$

Előgyártmány alakítási szilárdsága: $k_{fo} := 186.4$ [N/mm²]

Rugalmassági modulus: $E := 210000$ [N/mm²]

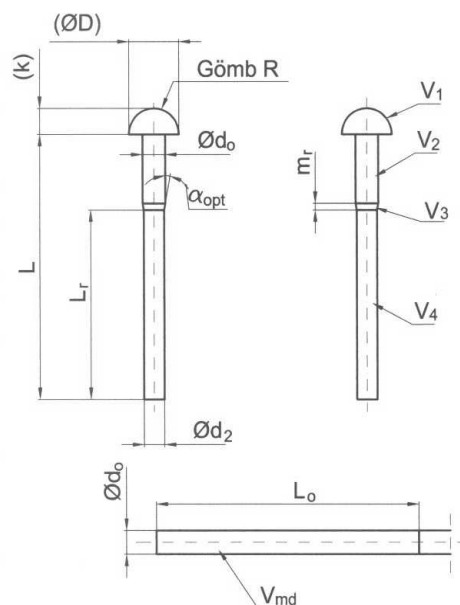
A rugalmas kihajlás kezdetéhez tartozó karcsúság: $\kappa_e := 116.3$

Kihajlási eset: I.

c./ Coulomb-féle súrlódási tényezők:

redukálásnál: $\mu_r := 0.1$

zömítésnél: $\mu_z := 0.1$



■ **1./ Darabolási hossz (L_o) meghatározása:**

a./ Összehasonlító alakváltozás redukálásnál:

$$\lambda_{\ddot{o}r} := 2 \cdot \ln\left(\frac{d_o}{d_2}\right) \quad \lambda_{\ddot{o}r} = 0.211$$

b./ Redukálás optimális félkúpszöge radiánban:

$$\alpha_{opt} := \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \mu_r \cdot \lambda_{\ddot{o}r}} \quad \alpha_{opt} = 0.18 \quad [\text{rad}] \quad \text{fokban: } \alpha_{opt} = 10.19 \text{ deg}$$

c./ Redukálásnál keletkező csonkakúp magassága:

$$m_r := \frac{d_o - d_2}{2 \cdot \tan(\alpha_{opt})} \quad m_r = 1.39 \quad [\text{mm}]$$

d./ Fejtérfogat:

$$V_1 := \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot k^2 \cdot (3 \cdot R - k) \quad V_1 = 348.5 \quad [\text{mm}^3]$$

$$V_{fej} := V_1$$

e./ A (d_o) átmérőjű rész hossza és térfogata:

$$V_2 := \frac{d_o^2 \cdot \pi}{4} \cdot (L - L_r - m_r) \quad V_2 = 61.04 \quad [\text{mm}^3]$$

f./ A redukálásnál keletkező csonkakúp térfogata:

$$V_3 := \frac{m_r \cdot \pi}{12} \cdot (d_o^2 + d_o \cdot d_2 + d_2^2) \quad V_3 = 24.68 \quad [\text{mm}^3]$$

g./ A redukált rész térfogata:

$$V_4 := d_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L_r \quad V_4 = 636.2 \quad [\text{mm}^3]$$

h./ A munkadarab térfogata:

$$V_{md} := V_{fej} + V_2 + V_3 + V_4 \quad V_{md} = 1070.3 \quad [\text{mm}^3]$$

i./ Darabolási hossz:

$$\text{Az előgyártmány keresztmetszete:} \quad A_o := d_o^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad A_o = 19.63 \quad [\text{mm}^2]$$

$$L_o := \frac{V_{md}}{A_o} \quad L_o = 54.51 \quad [\text{mm}]$$

2./ Redukálhatóság ellenőrzése:

a./ Közepes alakítási szilárdság redukálásnál:

$$k_{fkr} := \frac{C}{n+1} \cdot \lambda_{\text{ör}}^n \quad k_{fkr} = 383.8 \quad [\text{N/mm}^2]$$

b./ Redukálás fajlagos- és teljes erőszükséglete:

$$\rho_r := k_{fkr} \cdot \lambda_{\text{ör}} \cdot \left(1 + \frac{\mu_r}{\alpha_{\text{opt}}} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha_{\text{opt}}}{\lambda_{\text{ör}}} \right) \quad \rho_r = 171.9 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$F_{\text{red}} := A_o \cdot \rho_r \quad F_{\text{red}} = 3374.7 \quad [\text{N}]$$

c./ Ellenőrzés zömülésre:

$$k_{fo} = 186.4 \quad [\text{N/mm}^2] \quad \rho_r = 171.9 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$\rho_r < k_{fo}$ nincs zömülésveszély!

d./ Ellenőrzés kihajlásra (kihajlás I. eset):

A keresztmetszet másodrendű nyomatéka:

$$I_2 := \frac{d_o^4 \cdot \pi}{64} \quad I_2 = 30.68 \quad [\text{mm}^4]$$

$$l_o := L_o \quad \sigma_F := k_{fo} \quad \sigma_F = 186.4 \quad [\text{N/mm}^2]$$

A karcsúság: $\kappa := \sqrt{\frac{l_o^2 \cdot A_o}{I_2}} \quad \kappa = 43.61 \quad \kappa < \kappa_e$ ellenőrzés Tetmayer szerint

κ_e -hez tartozó σ_e határfeszültség

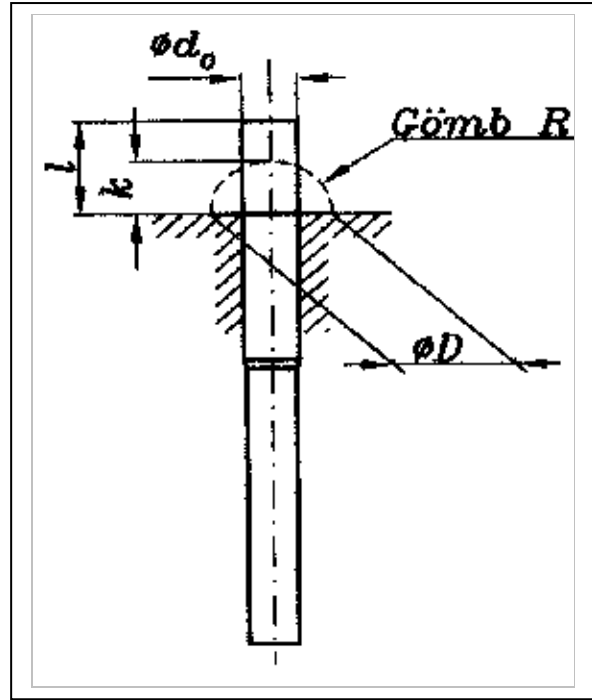
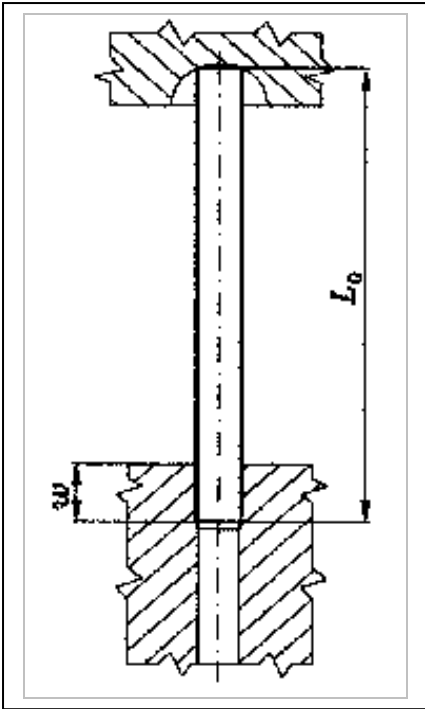
$$\sigma_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\kappa_e^2} \quad \sigma_e = 153.2 \quad [\text{N/mm}^2]$$

κ -hoz tartozó Tetmayer-féle határfeszültség

$$\sigma_{tT} := \sigma_F - \frac{\kappa}{\kappa_e} \cdot (\sigma_F - \sigma_e)$$

$$\sigma_{tT} = 173.96 \quad [\text{N/mm}^2] \quad \rho_r = 171.9 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$\rho_r < \sigma_{tT}$ nincs kihajlásveszély!



3./ Alaki jellemzők:

a./ Zömítendő hossz:

$$l := \frac{V_{fej}}{A_0} \quad l = 17.75 \quad [\text{mm}]$$

b./ A fej legnagyobb átmérője:

$$D := 2 \cdot R \quad D = 11 \quad [\text{mm}]$$

c./ Zömítési viszony:

$$S := \frac{l}{d_0} \quad S = 3.55$$

d./ Átmérőviszony:

$$\frac{D}{d_0} = 2.2$$

e./ Alakviszony:

$$\frac{D}{k} = 2$$

Feltételek:

- 1./ Ha $l/d_0 < 2,3$, a fej előzömítés nélkül készre alakítható.
- 2./ Ha $2,3 < (l/d_0) < 4,5$, egy elő + egy készre zömítéssel készíthető el a fej.
- 3./ Ha $4,5 < (l/d_0) < 8$, két elő + egy készre zömítéssel készíthető el a fej.
- 4./ Ha $(D/d) > (D/d)_{meg}$, közbenső lágyítás nélkül nem alakítható készre a darab.
- 5./ Ha $(D/k) > (D/k)_{meg}$, a szerszám nagy felületi terhelése miatt élettartama rövid. Megvizsgálandó a megalakítás lehetősége.

4./ Előzőmítő méreteinek meghatározása:

a./ Előzőmítő által megfogott hossz:

$$a := l - 2.6 \cdot d_o \quad a = 4.75 \quad [\text{mm}]$$

b./ Előzőmítő kúpszögének megválasztása:

$$\frac{l}{d_o} = 3.55 \quad \begin{array}{l} \text{ha } l/d_o < 4.0 \quad \gamma = 15 \text{ [fok],} \\ \text{ha } 4.0 \geq l/d_o \leq 4.5 \quad \gamma = 20 \text{ [fok],} \\ \text{ha } l/d_o > 5.0 \quad \gamma = 25 \text{ [fok].} \end{array}$$

$$\gamma := 15 \cdot \text{deg} \quad \gamma = 0.26 \text{ rad}$$

c./ Az előzőmített darab maximális átmérője:

$$D_e := d_o \cdot \sqrt[3]{6 \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \frac{(l-a)}{d_o} + 1} \quad D_e = 7.25 \quad [\text{mm}]$$

d./ Az előzőmítő belépő átmérője: $\delta_m := 0.2 \quad [\text{mm}]$

$$D'_e := D_e - 2 \cdot \delta_m \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \quad D'_e = 7.2 \quad [\text{mm}]$$

e./ A zömített csomkakúp magassága:

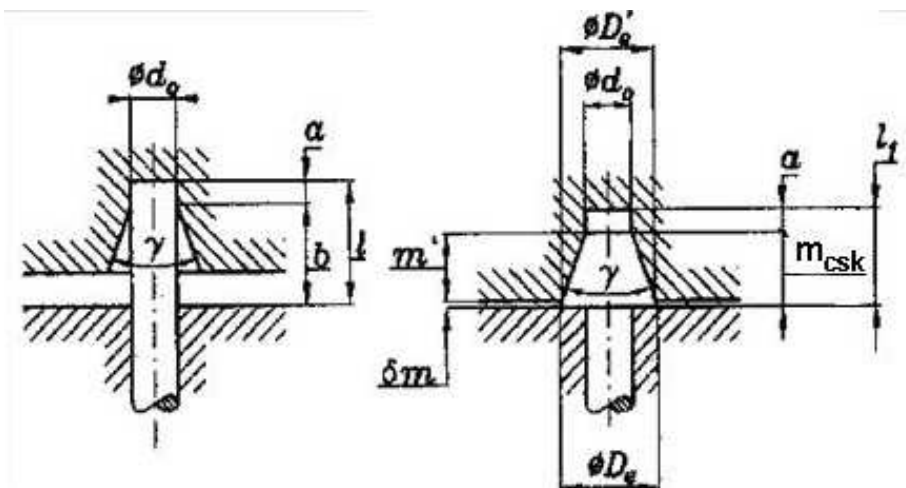
$$m_{\text{csk}} := \frac{D_e - d_o}{2 \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)} \quad m_{\text{csk}} = 8.56 \quad [\text{mm}]$$

f./ Az előzőmítő csomkakúp alakú üregének magassági mérete:

$$m' := m_{\text{csk}} - \delta_m \quad m' = 8.36 \quad [\text{mm}]$$

g./ Előzőmített darab magassági mérete:

$$l_1 := a + m_{\text{csk}} \quad l_1 = 13.31 \quad [\text{mm}]$$



5./ Előzömítés erő- és munkaszükséglete:

a./ Fajlagos hosszváltozás előzömítéskor:

$$\varepsilon_e := \frac{m_{\text{csk}}}{l - a} - 1 \quad \varepsilon_e = -0.34$$

b./ Zömítési viszony előzömítéskor:

$$S_e := \frac{l - a}{d_o} \quad S_e = 2.6$$

c./ Összehasonlító alakváltozás maximális értéke előzömítéskor:

$$\lambda_{\text{öe}} := 2 \cdot \ln\left(\frac{D_e}{d_o}\right) \quad \lambda_{\text{öe}} = 0.74$$

d./ Maximális alakítási szilárdság előzömítéskor:

$$k_{fe} := c \cdot \lambda_{\text{öe}}^n \quad k_{fe} = 637.7 \quad [\text{N/mm}^2]$$

e./ Közepes alakítási szilárdság előzömítéskor:

$$k_{fke} := \frac{c}{n+1} \cdot \lambda_{\text{öe}}^n \quad k_{fke} = 516.3 \quad [\text{N/mm}^2]$$

f./ Maximális fajlagos zömítőerő előzömítéskor:

$$\rho_{\text{emax}} := k_{fe} \cdot \left[1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_e} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_e}\right)^3} \right] \quad \rho_{\text{emax}} = 653 \quad [\text{N/mm}^2]$$

g./ Maximális előzömítőerő:

$$F_{\text{emax}} := \rho_{\text{emax}} \cdot \frac{D_e^2 \cdot \pi}{4} \quad F_{\text{emax}} = 26987 \quad [\text{N}]$$

h./ Alakítás hatásfoka előzömítéskor:

$$\eta_e := \frac{1}{1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_e} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_e}\right)^3}} \quad \eta_e = 0.98$$

i./ Előzömítés ideális fajlagos munkaszükséglete:

$$w_{\text{ide}} := k_{fke} \cdot \lambda_{\text{öe}} \quad w_{\text{ide}} = 384.3 \quad [\text{Nmm/mm}^3]$$

j./ Valóságos fajlagos munkaszükséglet előzőmítéskor:

$$w_e := \frac{W_{ide}}{\eta_e} \quad w_e = 393.5 \quad [\text{Nmm/mm}^3]$$

k./ Valóságos teljes munkaszükséglet előzőmítéskor:

$$V_e := \frac{m_{csk} \cdot \pi}{12} \cdot (D_e^2 + D_e \cdot d_o + d_o^2)$$

$$W_e := w_e \cdot V_e \quad W_e = 100444 \quad [\text{Nmm}]$$

6./ Készrezömítés erő- és munkaszükséglete:

a./ Előzőmített fej közepes átmérője:

$$d_{ek} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_{fej}}{\pi \cdot l_1}} \quad d_{ek} = 5.77 \quad [\text{mm}]$$

b./ Fajlagos hosszváltozás készrezömítéskor:

$$\varepsilon_k := \frac{k}{l_1} - 1 \quad \varepsilon_k = -0.59$$

c./ Zömítési viszony készrezömítéskor:

$$S_k := \frac{l_1}{d_{ek}} \quad S_k = 2.3$$

d./ A maximális összehasonlító alakváltozás készrezömítéskor:

$$\lambda_{ökmax} := 2 \cdot \ln\left(\frac{D}{D_e}\right) \quad \lambda_{ökmax} = 0.83$$

$$\text{Ellenőrzés: } 2 \cdot \ln\left(\frac{D}{d_o}\right) = 1.58 \quad \lambda_{öe} + \lambda_{ökmax} = 1.58$$

e./ A maximális alakítási szilárdság készrezömítéskor:

$$k_f := c \cdot (\lambda_{öe} + \lambda_{ökmax})^n \quad k_f = 760.7 \quad [\text{N/mm}^2]$$

f./ A közepes alakítási szilárdság készrezömítéskor:

$$k_{fkk} := \frac{c}{n+1} \cdot \frac{(\lambda_{öe} + \lambda_{ökmax})^{n+1} - \lambda_{öe}^{n+1}}{\lambda_{ökmax}} \quad k_{fkk} = 705 \quad [\text{N/mm}^2]$$

g./ Fajlagos erőszükséglete készrezömítés befejezésekor:

$$\rho_{\max} := k_f \cdot \left[1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_k} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_k} \right)^3} \right] \quad \rho_{\max} = 802.1 \quad [\text{N/mm}^2]$$

h./ Készrezömítés erőszükséglete:

$$F_{k\max} := \rho_{\max} \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad F_{k\max} = 76230 \quad [\text{N}]$$

i./ Zömítés hatásfoka készrezömítéskor:

$$\eta_k := \frac{1}{1 + \frac{\mu_z}{3} \cdot \frac{1}{S_k} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{1 + \varepsilon_k} \right)^3}} \quad \eta_k = 0.95$$

j./ Ideális fajlagos munkaszükséglet készrezömítéskor:

$$w_{idk} := k_{fkk} \cdot \lambda_{ök\max} \quad w_{idk} = 587.1 \quad [\text{Nmm/mm}^3]$$

k./ Valóságos fajlagos munkaszükséglet készrezömítéskor:

$$w_k := \frac{w_{idk}}{\eta_k} \quad w_k = 619 \quad [\text{Nmm/mm}^3]$$

l./ Valóságos tényleges munkaszükséglet készrezömítéskor:

$$W_k := w_k \cdot V_{fej} \quad W_k = 215697 \quad [\text{Nmm}]$$