

## Z1./ Hengeresfejű csap zömítése, redukálása

Kiinduló adatok:

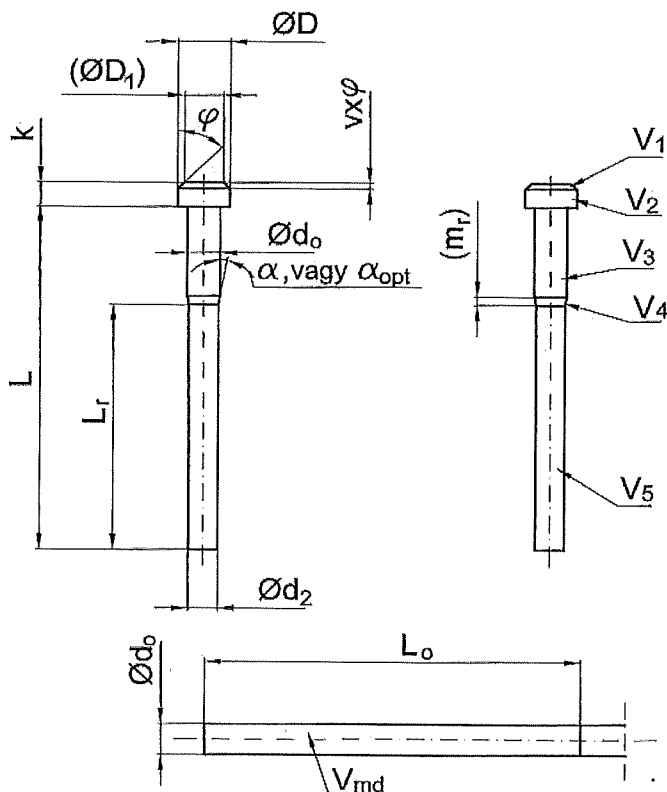
a./ Geometriai méretek:

A hengeres fej átmérője:	$D := 8$	[mm]
A zömített fej magassága:	$k := 4$	[mm]
A redukálatlan szár átmérője:	$d_o := 5$	[mm]
A redukált szár átmérője:	$d_2 := 4.5$	[mm]
A munkadarab hossza:	$L := 56$	[mm]
A redukált szár hossza:	$L_r := 40$	[mm]
A redukálás félkúpszöge:	$\alpha := \alpha_{opt}$	
A letörés mérete:	$v := 1$	[mm]
A letörés szöge:	$\phi := 45 \cdot \text{deg}$	

b./ Anyagjellemzők:      Anyagminőség: C10; MSZ 31-85

Keményedési együttható:	$c := 683.51$	[N/mm <sup>2</sup> ]
Keményedési kitevő:	$n := 0.235$	
Előgyártmány alakítási szilárdsága:	$k_{f0} := 226.6$	[N/mm <sup>2</sup> ]
Rugalmassági modulus:	$E := 210000$	[N/mm <sup>2</sup> ]

c./ COULOMB féle súrlódási tényező: redukálásnál:  $\mu_r := 0.1$       zömítésnél:  $\mu_z := 0.1$



Z1.1 ábra.

## A./ REDUKÁLÁS TECHNOLOGIA TERVEZÉSE

### 1./ Az előgyártmány hossz ( $L_o$ ) meghatározása: (Z1.1 ábra.)

a./ Összehasonlító alakváltozás redukálásnál:

$$\lambda_{\text{ored}} := 2 \cdot \ln\left(\frac{d_o}{d_2}\right) \quad \lambda_{\text{ored}} = 0.211$$

b./ Redukálás optimális félkúpszöge radiánban:

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

c./ Redukálásnál keletkező csonkakúp magassága:

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

d./ Fejtérfogat:

$$D_1 := D - 2 \cdot v \cdot \tan(\phi) \quad V_1 := \frac{v \cdot \pi}{12} \cdot (D^2 + D_1^2 + D \cdot D_1) \quad V_2 := \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot (k - v)$$

$$V_{\text{fej}} := V_1 + V_2 \quad V_{\text{fej}} = 189.5 \quad [\text{mm}^3]$$

e./ A "d<sub>o</sub>" átmérőjű rész hossza (w) és térfogata:

$$w := L - L_r - m_r \quad w = 14.61 \quad [\text{mm}]$$

$$V_3 := d_o^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot w \quad V_3 = 286.8 \quad [\text{mm}^3]$$

f./ A redukálásnál keletkező csonkakúp térfogata:

$$V_4 := \frac{m_r \cdot \pi}{12} \cdot (d_o^2 + d_o \cdot d_2 + d_2^2) \quad V_4 = 24.68 \quad [\text{mm}^3]$$

g./ A redukált rész térfogata:

$$V_5 := \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot L_r \quad V_4 = 24.7 \quad [\text{mm}^3]$$

h./ A munkadarab térfogata:

$$V_{\text{md}} := V_{\text{fej}} + V_3 + V_4 + V_5 \quad V_{\text{md}} = 1137.2 \quad [\text{mm}^3]$$

i./ Darabolási hossz:

$$\text{Az előgyártmány keresztmetszete: } A_0 := d_0^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad A_0 = 19.63 \quad [\text{mm}^2]$$

$$L_0 := \frac{V_{md}}{A_0} \quad L_0 = 57.9 \quad [\text{mm}]$$

## 2./ Redukálhatóság ellenőrzése:

### Ellenőrzés zömülésre:

a./ Közepes alakítási szilárdság redukálásnál:

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

b./ Redukálás fajlagos erőszükséglete:

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

c./ Redukálás teljes erőszükséglete:

$$F_{\text{red}} := A_0 \cdot p_r \quad F_{\text{red}} = 3374.7 \quad [\text{N}]$$

d./ Ellenőrzés zömülésre:

$$k_{fo} = 226.6 \quad [\text{N/mm}^2] \quad p_r = 171.87 \quad [\text{N/mm}^2]$$

**$p_r < k_{fo}$  nincs zömülésveszély!**

**Ellenőrzés kihajlásra (Z1.2 ábra) (megfogási mód, I. és II. eset):**

a./ A keresztmetszet másodrendű nyomatéka:

$$I_2 := \frac{d_0^4 \cdot \pi}{64} \quad I_2 = 30.68 \quad [\text{mm}^4] \quad \sigma_F := k_{fo} \quad \sigma_F = 226.6 \quad [\text{N/mm}^2]$$

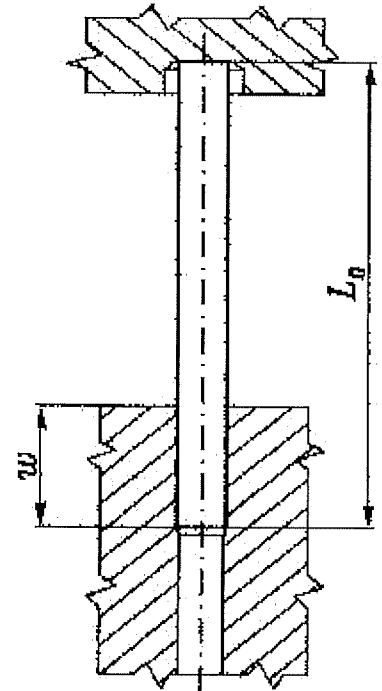
b./ A rugalmas és a rugalmas-képlékeny kihajlás határához tartozó karcsúság:

$$\kappa_e := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0.8 \cdot k_{fo}}} \quad \kappa_e = 106.93$$

$$\text{c./ } \kappa_e\text{-hez tartozó } \sigma_e \text{ határfeszültség} \quad \sigma_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\kappa_e^2} \quad \sigma_e = 181.3 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{d./ A befalazott hossz (II. eset):} \quad w := L - (L_r + m_r) \quad w = 14.61 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{e./ A kihajlásban résztvevő hossz (I. és II. eset):} \quad l_{oI} := L_0 \quad l_{oII} := 2 \cdot (L_0 - w)$$



Z1.2 ábra.

$$f./A \text{ karcsúság (I. és II eset): } \kappa_I := \sqrt{\frac{l_{0I}^2 \cdot A_0}{I_2}} \quad \kappa_{II} := \sqrt{\frac{l_{0II}^2 \cdot A_0}{I_2}}$$

$$\kappa_I = 46.34 \quad \kappa_{II} = 69.3$$

g./ Mivel:  $\kappa_{II} > \kappa_I$ , és  $\kappa_{II} < \kappa_e$ , ezért:  $\kappa = \kappa_{II}$  tehát, a Tetmayer egyenes szolgáltatja a határfeszültsége

$$\kappa := \kappa_{II}$$

$$A \text{ Tetmayer-féle határfeszültség: } \sigma_{tT} := \sigma_F - \frac{\kappa}{\kappa_e} \cdot (\sigma_F - \sigma_e) \quad \sigma_{tT} = 197.23 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$p_r = 171.9 \quad [\text{N/mm}^2] \quad p_r < \sigma_{tT} \text{ nincs kihajlásveszély!}$$

## B./ ZÖMÍTÉS TECHNOLÓGIA TERVEZÉSE:

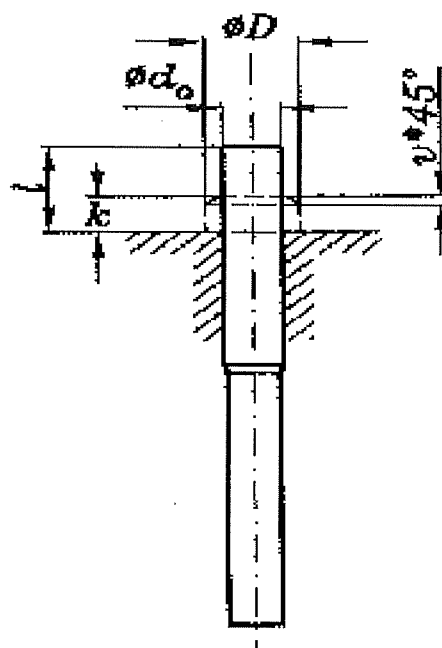
### 1./ Alaki jellemzők: (Z1.3 ábra.)

$$a./ \text{ Zömítendő hossz: } l := \frac{4 \cdot V_{fej}}{d_0^2 \cdot \pi} \quad l = 9.65 \quad [\text{mm}]$$

$$b./ \text{ Zömítési viszony: } S := \frac{l}{d_0} \quad S = 1.93$$

$$c./ \text{ Átmérőviszony: } \frac{D}{d_0} = 1.6$$

$$d./ \text{ Alakviszony: } \frac{D}{k} = 2$$



Z1.3 ábra.

Feltételek:

- 1./ Ha  $l/d_0 \leq 2,3$ , a fej előzömítés nélkül készre alakítható.
- 2./ Ha  $2,3 < l/d_0 \leq 4,5$ , egy elő + egy készre zömítéssel készíthető el a fej.
- 3./ Ha  $4,5 < l/d_0 \leq 8$ , 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 melegalakítás lehetősége.

a./ Mivel  $l/d_0 < (l/d_0)_{meg}$ , ezért a fej **egy lépésben készrezömíthető**.

b./ A munkadarab anyagának széntartalma ( $C \sim 0,1\%$ ) ezért:  $(D/d_0)_{meg} = 2,7$  és  $(D/k)_{meg} = 7,0$ , tehát a fej zömítése során repedés képződéstől, valamint a szerszám túlzott felületi terhelésétől nem kell tartani.

### 2./ A zömítés fajlagos- és teljes erőszükséglete:

a./ A fej összehasonlító alakváltozása a zömítés befejezésekor:

$$\lambda_{özmax} := 2 \cdot \ln\left(\frac{D}{d_0}\right) \quad \lambda_{özmax} = 0.94$$

b./A fejtörési szilárdsága a zömítés befejezésekor:

$$k_{fzmax} := c \cdot \lambda_{özmax}^n \quad k_{fzmax} = 673.6 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

c./ Zömítés fajlagos erőszükséglete a zömítés befejezésekor:

$$p_{zmax} := k_{fzmax} \cdot \left( 1 + \frac{\mu_z \cdot D}{3 \cdot k} \right) \quad p_{zmax} = 718.6 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

d./ Erőszükséglet a zömítés befejezésekor:

$$F_{zmax} := p_{zmax} \cdot D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad F_{zmax} = 36118 \text{ [N]}$$

### 3./A zömítés munkaszükséglete (az alakítási hatások felhasználásával):

a./ A közepes alakítási szilárdság a fej zömítése során:

$$k_{fkz} := \frac{c}{n+1} \cdot \lambda_{özmax}^n \quad k_{fkz} = 545.5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

b./ Zömítés hatásfoka a zömítés befejezésekor:

$$\eta := \frac{k_{fzmax}}{p_{zmax}} \quad \eta = 0.94$$

c./A fej zömítés fajlagos ideális munkája:

$$w_{id} := k_{fkz} \cdot \lambda_{özmax} \quad w_{id} = 512.7 \text{ [Nmm/mm}^3\text{]}$$

d./A fej zömítés fajlagos valóságos munkája:

$$w := \frac{w_{id}}{\eta} \quad w = 546.9 \text{ [Nmm/mm}^3\text{]}$$

e./A fej zömítés munkaszükséglete:

$$W := w \cdot V_{fej} \quad \frac{W}{1000} = 103.7 \text{ [Nm]}$$