

Falredukciós húzás technológia tervezése:

[N=3, l=1]

N - húzások száma,  
l - iterációk száma

**BA** Bemenő adatok:

A húzott csésze belső átmérője:  $d_b := 60$  [mm]

Falvastagság a falvékonyítás előtt:  $s_o := 0.45$  [mm]

Falvastagság falvékonyítás után:  $s_v := 0.14$  [mm]

A csésze magasság a falvékonyítás után:  $H := 120$  [mm]

Folyásgörbe egyenlet paraméterei: Anyagminőség: **AlMgSi1**  $k_f := a + b \cdot \lambda_{\delta} + c \cdot e^{d \cdot \lambda_{\delta}}$

$a := 176.208$        $b := 35.467$        $c := -103.477$        $d := -31.1$

Súrlódási tényező a húzógyűrűn:  $\mu_1 := 0.08$

Súrlódási tényező a húzóbéllyegen:  $\mu_2 := 0.08$

Elvárt biztonsági tényező:  $BE := 1.5$

A megengedhető legnagyobb különbség a biztonsági tényezők között:  $\Delta BT_{meg} := 0.01$

=====  
**Az alakváltozási állapot kezelhető közelítően síkalakváltozásként, vagy nem?**

**Összehasonlító alakváltozás** a csészepalástban a falredukálás után (**egzakt** meghatározás):

A radiális irányú valódi nyúlás:  $\lambda_r := \ln\left(\frac{s_v}{s_o}\right)$        $\lambda_r = -1.168$

A tangenciális irányú valódi nyúlás:  $\lambda_t := \ln\left(\frac{d_b + s_v}{d_b + s_o}\right)$        $\lambda_t = -0.005$

Az axiális irányú valódi nyúlás:  $\lambda_z := -(\lambda_r + \lambda_t)$        $\lambda_z = 1.173$

$\lambda_{\delta} := \sqrt{\frac{2}{3} \cdot (\lambda_r^2 + \lambda_t^2 + \lambda_z^2)}$        $\lambda_{\delta} = 1.3512$

**Összehasonlító alakváltozás** a csészepalástban a falredukálás után (**közelítő** meghatározás):

**Alakváltozási állapottól függő tényező** ( $\beta$ ) meghatározása:  $T=1\%$        $t := 0.01$

$\alpha := \frac{\lambda_z}{\lambda_r}$        $\beta := \frac{1 - \alpha}{\sqrt{3 \cdot \alpha^2 + 3 \cdot \alpha + 3}}$        $\beta_{krit} := \frac{2}{\sqrt{3}} - \left(\frac{2}{\sqrt{3}} - 1\right) \cdot t$

$\alpha = -1.004$        $\beta = 1.15469$        $\beta_{krit} = 1.15315$

$\beta > \beta_{\text{krit}}$  értékéből látható, hogy a **feladat közel tiszta síkalakváltózási állapotként kezelhető**.  
Ekkor az összehasonlító alakváltózás az alakítás előtti és utáni keresztmetszetekkel is (közelítően) meghatározható.

Csészepalást keresztmetszete a falredukálás előtt:  $A_0 := (d_b + s_0) \cdot \pi \cdot s_0$

$$A_0 = 85.5 \quad [\text{mm}^2]$$

Csészepalást keresztmetszete a falredukálás után:  $A_v := (d_b + s_v) \cdot \pi \cdot s_v$

$$A_v = 26.45 \quad [\text{mm}^2]$$

$$\lambda_{\text{öMAX}} := \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \ln\left(\frac{A_0}{A_v}\right) \quad \lambda_{\text{öMAX}} = 1.3542 \quad \text{Jó közelítéssel: } \lambda_{\text{öMAX}} \sim \lambda_{\text{ö}}$$

**SR1** Húzás egy lépésben:  $N := 1$

**Az egy lépésben végzett húzás technológiai adatainak meghatározása:**

Optimális félkúpszög:  $\alpha_{\text{opt}} := \sqrt{2 \cdot \mu_1 \cdot \lambda_{\text{öMAX}}}$

$$\alpha_{\text{opt}} = 0.465 \text{ rad} \quad \alpha_{\text{opt}} = 26.7 \text{ deg}$$

A redukált csészefal alakítási szilárdsága:  $k_f := a + b \cdot \lambda_{\text{öMAX}} + c \cdot e^{d \cdot \lambda_{\text{öMAX}}}$

$$k_f = 224.2 \quad [\text{N/mm}^2]$$

Közepes alakítási szilárdság a képlékeny zónában:

$$k_{fk} := a + \frac{b}{2} \cdot \lambda_{\text{öMAX}} + \frac{c}{d} \cdot \left( e^{d \cdot \lambda_{\text{öMAX}}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\lambda_{\text{öMAX}}}$$

$$k_{fk} = 197.8 \quad [\text{N/mm}^2]$$

A kihúzott **csészefalat terhelő húzófeszültség:**

$$\sigma_f := k_{fk} \cdot \left[ \left( 1 + \frac{2 \cdot \mu_1}{\sin(2 \cdot \alpha_{\text{opt}})} - \frac{\mu_2}{\tan(\alpha_{\text{opt}})} \right) \cdot \lambda_{\text{öMAX}} + \frac{\alpha_{\text{opt}}}{2} \right]$$

$$\sigma_f = 324.6 \quad [\text{N/mm}^2]$$

A biztonsági tényező:  $BT := \frac{k_f}{\sigma_f}$

$BT = 0.691$

A biztonsági tényező értéke  $BT < BE$ , ezért a falvékonyítás **N = 1 lépésben nem végezhető el!**

=====

**SR2** Húzás  $N = N + 1$  lépésben:  $N := N + 1$   $i := 1 .. N$   $N = 2$

-----

**SR3**  $\lambda_{\text{öMAX}}$  felosztása "N" egyenlő részre:

Összehasonlító alakváltozás az egyes húzási fokozatokban:  $\lambda_{\text{ö}_i} := \frac{\lambda_{\text{öMAX}}}{N}$

$\lambda_{\text{ö}_i} =$   

0.677
0.677

A teljes összehasonlító alakváltozás az egyes húzások után:  $\lambda_{\text{öt}_i} := \sum_{i=1}^i \lambda_{\text{ö}_i}$

$\lambda_{\text{öt}_i} =$   

0.677
1.354

**SR4** A húzások technológiai adatainak meghatározása az egyes húzási fokozatokban:

Optimális félkúpszög az i.-ik húzási fokozatban:  $\alpha_{\text{opt}_i} := \sqrt{2 \cdot \mu_1 \cdot \lambda_{\text{ö}_i}}$

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

0.329
0.329

 rad]       $\alpha_{\text{opt}_i} =$   

18.9
18.9

 deg

A csészepalást alakítási szilárdsága az i.-k húzás után:  $k_{f_i} := a + b \cdot \lambda_{\text{öt}_i} + c \cdot e^{d \cdot \lambda_{\text{öt}_i}}$

$k_{f_i} =$   

200.2
224.2

 N/mm<sup>2</sup>]

**Közepes alakítási szilárdság** az i.-ik húzási fokozat képlékeny zónájában:

$$k_{fk_i} := a + \frac{b}{2} \cdot \frac{[(\lambda_{\dot{o}t_i})^2 - (\lambda_{\dot{o}t_{i-1}})^2]}{\lambda_{\dot{o}t_i} - \lambda_{\dot{o}t_{i-1}}} + \frac{c}{d} \cdot \frac{e^{d \cdot \lambda_{\dot{o}t_i}} - e^{d \cdot \lambda_{\dot{o}t_{i-1}}}}{\lambda_{\dot{o}t_i} - \lambda_{\dot{o}t_{i-1}}}$$

$$k_{fk_i} =$$

183.3
212.2

[N/mm<sup>2</sup>]

A kihúzott **csészefalat terhelő húzófeszültség** az i.-ik húzási fokozatban:

$$\sigma_{f_i} := k_{fk_i} \cdot \left[ \left( 1 + \frac{2 \cdot \mu_1}{\sin(2 \cdot \alpha_{opt_i})} - \frac{\mu_2}{\tan(\alpha_{opt_i})} \right) \cdot \lambda_{\dot{o}i} + \frac{\alpha_{opt_i}}{2} \right]$$

$$\sigma_{f_i} =$$

157.7
182.6

[N/mm<sup>2</sup>]

A **biztonsági tényező** i.-ik húzási fokozatban:  $BT_i := \frac{k_{f_i}}{\sigma_{f_i}}$

$$BT_i =$$

1.27
1.228

A biztonsági tényezők átlaga:  $BT_{\text{átl}} := \frac{\sum_i BT_i}{N}$

$$BT_{\text{átl}} = 1.249$$

**N=2 lépésben a húzás nem végezhető el, mivel:  $BT_{\text{átl}} < BE$**

=====

**SR2** Húzás  $N = N + 1$  lépésben:  $N := N + 1$   $i := 1..N$   $N = 3$

-----

**SR3**  $\lambda_{\text{öMAX}}$  felosztása "N" egyenlő részre:

Összehasonlító alakváltozás az i.-ik húzási fokozatban:

$$\lambda_{\text{ö}_i} := \frac{\lambda_{\text{öMAX}}}{N}$$

$$\lambda_{\text{ö}_i} =$$

0.451
0.451
0.451

A teljes összehasonlító alakváltozás az i.-ik húzásnál:

$$\lambda_{\text{öt}_i} := \sum_{i=1}^i \lambda_{\text{ö}_i}$$

$$\lambda_{\text{öt}_i} =$$

0.451
0.903
1.354

---

**SR4** A húzások technológiai adatainak meghatározása az egyes húzási fokozatokban:

Optimális félkúpszög az i.-ik húzási fokozatban:

$$\alpha_{\text{opt}_i} := \sqrt{2 \cdot \mu_1 \cdot \lambda_{\text{ö}_i}}$$

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

0.269	rad
0.269	
0.269	

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

15.4	deg
15.4	
15.4	

A csészepalást **alakítási szilárdsága** az i.-ik húzás után:

$$k_{f_i} := a + b \cdot \lambda_{\text{öt}_i} + c \cdot e^{d \cdot \lambda_{\text{öt}_i}}$$

$$k_{f_i} =$$

192.2
208.2
224.2

[N/mm<sup>2</sup>]

**Közepes alakítási szilárdság** az i.-ik húzási fokozat képlékeny zónájában:

$$k_{fk_i} := a + \frac{b}{2} \cdot \frac{\left[ (\lambda_{\dot{o}t_i})^2 - (\lambda_{\dot{o}t_{i-1}})^2 \right]}{\lambda_{\dot{o}t_i} - \lambda_{\dot{o}t_{i-1}}} + \frac{c}{d} \cdot \frac{e^{d \cdot \lambda_{\dot{o}t_i}} - e^{d \cdot \lambda_{\dot{o}t_{i-1}}}}{\lambda_{\dot{o}t_i} - \lambda_{\dot{o}t_{i-1}}}$$

$$k_{fk_i} =$$

176.8
200.2
216.2

[N/mm<sup>2</sup>]

A kihúzott **csészefalat terhelő húzófeszültség** az i.-ik húzási fokozatban:

$$\sigma_{f_i} := k_{fk_i} \cdot \left[ \left( 1 + \frac{2 \cdot \mu_1}{\sin(2 \cdot \alpha_{opt_i})} - \frac{\mu_2}{\tan(\alpha_{opt_i})} \right) \cdot \lambda_{\dot{o}_i} + \frac{\alpha_{opt_i}}{2} \right]$$

$$\sigma_{f_i} =$$

105.3
119.3
128.8

[N/mm<sup>2</sup>]

A **biztonsági tényező** az i.-ik húzási fokozatban:  $BT_i := \frac{k_{f_i}}{\sigma_{f_i}}$

$$BT_i =$$

1.825
1.746
1.741

A biztonsági tényezők átlaga:  $BT_{at\ell} := \frac{\sum_i BT_i}{N}$

$$BT_{at\ell} = 1.7704$$

**N=3 lépésben a húzás elvégezhető**, mivel:  $BT_{at\ell} > BE$   $BE = 1.5$

A maximális és minimális biztonsági tényező közötti **különbség** meghatározása:  
 ("sv" segédváltozó):

$$sv := \text{submatrix}(BT, 1, N, 0, 0)$$

$$sv = \begin{pmatrix} 1.825 \\ 1.746 \\ 1.741 \end{pmatrix}$$

$$BT_{\max} := \max(sv) \quad BT_{\min} := \min(sv)$$

$$BT_{\max} = 1.825 \quad BT_{\min} = 1.741$$

$$\Delta BT_{\max} := BT_{\max} - BT_{\min}$$

$$\Delta BT_{\max} = 0.084 \quad \Delta BT_{\text{meg}} = 0.01$$

A biztonsági tényezők kiegyenlítettége **nem megfelelő**, mert:  $\Delta BT_{\max} > \Delta BT_{\text{meg}}$

A teljes összehasonlító alakváltozás ( $\lambda_{\text{öMAX}}$ ) felosztását tovább kell módosítani, hogy a  $\Delta BT_{\max} \leq \Delta BT_{\text{meg}}$  feltétel teljesüljön!

**A biztonsági tényezők kiegyenlítése:**

**SR5**  $\lambda_{\text{öMAX}}$  felosztásának módosítása: (első iteráció)

**Módosító tényező** az egyes húzási fokozatokhoz:  $m_i := \frac{BT_i}{BT_{\text{atl}}}$

$m_i =$

1.031
0.986
0.983

Az egyes húzási fokozatok összehasonlító alakváltozásának módosítása:  $\lambda'_{\text{ö}_i} := \lambda_{\text{ö}_i} \cdot m_i$

$\lambda'_{\text{ö}_i} =$

0.465
0.445
0.444

A **teljes** összehasonlító alakváltozás az egyes húzások után:

$$\lambda'_{\text{öt}_i} := \sum_{i=1}^i \lambda'_{\text{ö}_i}$$

$\lambda'_{\text{öt}_i} =$

0.465
0.91
1.354

A korrekciós tényező:  $k := \frac{\lambda_{\delta MAX}}{\lambda'_{\delta t_N}}$      $\lambda_{\delta MAX} = 1.35417108$      $\lambda'_{\delta t_N} = 1.35417108$

$k = 1$                       Mivel  $k=1$ , **nem kell korrekciót végezni!**

$\lambda_{\delta_i} := \lambda'_{\delta_i}$                        $\lambda_{\delta t_i} := \lambda'_{\delta t_i}$

---

**SR4** A húzások technológiai adatainak meghatározása az egyes húzási fokozatokban:

Optimális félkúpszög az i.-ik húzási fokozatban:  $\alpha_{opt_i} := \sqrt{2 \cdot \mu_1 \cdot \lambda_{\delta_i}}$

$\alpha_{opt_i} =$		$\alpha_{opt_i} =$
0.273	rad	15.6
0.267		15.3
0.266		15.3

A csészepalást alakítási szilárdsága az i.-ik húzás után:  $k_{f_i} := a + b \cdot \lambda_{\delta t_i} + c \cdot e^{d \cdot \lambda_{\delta t_i}}$

$k_{f_i} =$

192.7	[N/mm <sup>2</sup> ]
208.5	
224.2	

**Közepes alakítási szilárdság** az i.-ik húzási fokozat képlékeny zónájában:

$$k_{fk_i} := a + \frac{b}{2} \cdot \frac{[(\lambda_{\delta t_i})^2 - (\lambda_{\delta t_{i-1}})^2]}{\lambda_{\delta t_i} - \lambda_{\delta t_{i-1}}} + \frac{c}{d} \cdot \frac{e^{d \cdot \lambda_{\delta t_i}} - e^{d \cdot \lambda_{\delta t_{i-1}}}}{\lambda_{\delta t_i} - \lambda_{\delta t_{i-1}}}$$

$k_{fk_i} =$

177.3	[N/mm <sup>2</sup> ]
200.6	
216.4	



A kihúzott csészefalat terhelő húzófeszültség az i.-ik húzási fokozatban:

$$\sigma_{f_i} := k_{fk_i} \cdot \left[ \left( 1 + \frac{2 \cdot \mu_1}{\sin(2 \cdot \alpha_{opt_i})} - \frac{\mu_2}{\tan(\alpha_{opt_i})} \right) \cdot \lambda_{\ddot{o}_i} + \frac{\alpha_{opt_i}}{2} \right]$$

$$\sigma_{f_i} =$$

108.5
118
127

[N/mm<sup>2</sup>]

A biztonsági tényező i.-ik húzási fokozatban:  $BT_i := \frac{k_{f_i}}{\sigma_{f_i}}$

$$BT_i =$$

1.776
1.767
1.766

A biztonsági tényezők átlaga:  $BT_{atl} := \frac{\sum_i BT_i}{N}$

$$BT_{atl} = 1.7696$$

A maximális és minimális biztonsági tényező közötti **különbség** meghatározása:

$$sv := \text{submatrix}(BT, 1, N, 0, 0) \quad BT_{max} := \max(sv) \quad BT_{min} := \min(sv)$$

$$sv = \begin{pmatrix} 1.776 \\ 1.767 \\ 1.766 \end{pmatrix}$$

$$BT_{max} = 1.776 \quad BT_{min} = 1.766$$

$$\Delta BT_{max} := BT_{max} - BT_{min} \quad \Delta BT_{meg} = 0.01$$

$$\Delta BT_{max} = 0.0096$$

A biztonsági tényezők kiegyenlítetttsége **megfelelő**, mert:  $\Delta BT_{max} < \Delta BT_{meg}$ , valamint  $BT_i > BE$

Ezzel az összehasonlító alakváltozás felosztással számított **technológiai paraméterek elfogadhatók!**

**SR6** További technológiai adatok meghatározása:

Csészepalást keresztmetszete az i.-ik húzási fokozat után:  $A_i := A_0 \cdot e^{-\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \lambda_{\ddot{o}i}\right)}$

 $A_i =$ 

57.12
38.85
26.45

[mm<sup>2</sup>]

A húzás erőszükséglete (a bélyegerő) az i.-ik húzási fokozatban:

$$F_{b_i} := k_{fk_i} \cdot A_i \cdot \left[ \left( 1 + \frac{2 \cdot \mu_1}{\sin(2 \cdot \alpha_{opt_i})} \right) \cdot \lambda_{\ddot{o}i} + \frac{\alpha_{opt_i}}{2} \right]$$

 $F_{b_i} =$ 

7546
5600
4103

[N]

A kihúzott csészefalat terhelő húzóerő az i.-ik húzási fokozatban:

$$F_{f_i} := \sigma_{f_i} \cdot A_i$$

 $F_{f_i} =$ 

6198.6
4584.5
3358.2

[N]

Az i.-ik fokozatban a csészefalat terhelő húzóerő kritikus értéke:

$$F_{krit_i} := k_{f_i} \cdot A_i$$

 $F_{krit_i} =$ 

11007.4
8099.7
5931.3

[N]

Az i.-ik húzás után a csésze külső átmérője:

$$d_{k_i} := \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot A_i + d_b^2}$$

 $d_{k_i} =$ 

60.603
60.411
60.28

[mm]

Falvastagság az i.-ik húzás után:  $s_i := \sqrt{\frac{A_i}{\pi} + \left(\frac{d_b}{2}\right)^2} - \frac{d_b}{2}$

$s_i =$

0.302
0.205
0.14

[mm]

A csészepalást térfogata:  $V_p := A_v \cdot H$

$V_p = 3174.1 \text{ [mm}^3\text{]}$

A csészepalást magassága az i.-ik húzás után:  $H_i := \frac{V_p}{A_i}$

$H_i =$

55.6
81.7
120

[mm]

**PRN2** Az "N" lépésben végzett húzás technológiai adatainak nyomtatása:

Az optimális félkúpszög az i.-ik húzási fokozatokban:

$\alpha_{opt_i} =$

0.273
0.267
0.266

rad

$\alpha_{opt_i} =$

15.63
15.29
15.27

deg

A húzott csésze külső átmérője az i.-ik húzási fokozatban:  $d_{k_i} =$

60.6
60.41
60.28

[mm]

Az i.-ik húzás után a falvastagság:  $s_i =$

0.302
0.205
0.14

[mm]

Az i.-ik húzás után a csészefal keresztmetszete:

$A_i =$

57.1
38.8
26.5

[mm<sup>2</sup>]

A csészefal alakítási szilárdsága az i.-ik húzási fokozat után:

$k_{f_i} =$

192.7
208.5
224.2

[N/mm<sup>2</sup>]

A húzóerő (**bélyegerő**) az i.-ik húzási fokozatban:

$F_{b_i} =$

7546
5600
4103

[N]

A csészefalat terhelő kritikus húzóerő az i.-ik húzási fokozatban:

$F_{krit_i} =$

11007.4
8099.7
5931.3

[N]

A csészefalat terhelő húzóerő az i.-ik húzási fokozatban:

$F_{f_i} =$

6198.6
4584.5
3358.2

[N]

A biztonsági tényező az i.-ik húzási fokozatban:

$BT_i =$

1.776
1.767
1.766

Az elvárt biztonsági tényező:  $BE = 1.5$

**Falredukciós húzás munkaszükségletének meghatározása az egyes húzási fokozatokban:**

A csészepalást térfogatában elnyelődő munka:

- 1./ az ideális alakváltozás munkaszükségletének,
- 2./ a matrica kúpfelületen létrejövő súrlódás munkaszükségletének és az
- 3./ elemi szálak kettős ajlításához szükséges munkaszükséglet összege:

A csészepalástban az i.- ik húzási fokozatban elnyelt **ideális munka**:

$$W_{id_i} := k_{fk_i} \cdot \lambda_{\ddot{o}_i} \cdot V_p$$

$$\frac{W_{id_i}}{1000} =$$

261.8
283.4
304.8

[Nm]

Az i.-ik húzásnál akúpfelületen létrejövő **súrlódás munkaszükséglete**:

$$W_{sk_i} := k_{fk_i} \cdot \lambda_{\ddot{o}_i} \cdot \frac{1}{\sin(2 \cdot \alpha_{opt_i})} \cdot V_p$$

$$\frac{W_{sk_i}}{1000} =$$

504.5
557.1
599.9

[Nm]

Az i.- ik húzásnál azelemi szálak **kettős hajlításának munkaszükséglete**:  $W_{h_i} := k_{fk_i} \cdot \alpha_{opt_i} \cdot V_p$

$$\frac{W_{h_i}}{1000} =$$

153.5
169.9
183

[Nm]

Az i.-ik **fokozat teljes munkaszükséglete**:

$$W_i := W_{id_i} + W_{sk_i} + W_{h_i}$$

$$\frac{W_i}{1000} =$$

919.8
1010.4
1087.8

[Nm]

Az "N" számú fokozat együttes munkaszükséglete:  $W_{\max} := \sum_i W_i \quad \frac{W_{\max}}{1000} = 3018 \quad [\text{Nm}]$

Feltételezve, hogy a sajtó percenkénti löketszáma  $n = 150$  löket/perc, (2,5 darab készül el másodpercenként) akkor egy alakítási ciklus időtartama 0,4 sec. Figyelembe véve, hogy az alakítás az alakítási ciklus első felében (nyomószán a hátsó holtponttól a mellső holtpont felé halad) megy végbe, ezért az akítás időtartama közelítőleg:

$t := 0.2 \quad [\text{s}]$

Az alakítás teljesítményszükséglete:  $P_{\text{al}} := \frac{W_{\max}}{1000 \cdot t} \quad \frac{P_{\text{al}}}{1000} = 15.1 \quad [\text{kW}]$

## A falredukciós mélyhúzás hőmérlegének közelítő meghatározása

Az alakított térfogatban elnyelt ideális alakváltozási munka szinte teljes egészében hővé alakul és a húzott csészepalást hőmérsékletét növeli.

A három gyűrű az áthúzás kb. 0.2 sec alatt megy végbe, mert a  $t=0.4$  sec ciklusidő a bélyeg előre és hátrameneti mozgásának időtartamát jelenti.

Tehát az alakítás igen rövid idő alatt megy végbe, így a bélyeg hőelvonó hatása alig érvényesül. Az alakított anyag fajhőjének, a palást tömegének, valamint az elnyelt alakváltozási munka ismeretében a palást hőmérséklet növekedése meghatározható.

A csészepalástban elnyelt ideális alakváltozási munka  $W_{\text{id}} := \sum_i W_{\text{id}_i} \quad \frac{W_{\text{id}}}{1000} = 850.1 \quad [\text{Nm}]$

Az alakított darab anyagának közepes fajhője:  $c_k := 900.21 \quad [\text{Joule/kg}^\circ\text{C}]$

Az alumínium sűrűsége:  $\rho_{\text{Al}} := 2700 \quad [\text{kg/m}^3]$

A csészepalást térfogata:  $V_p := \frac{V_p}{10^9} \quad V_p = 3.174 \times 10^{-6} \quad [\text{m}^3]$

A csészepalást tömege:  $m_p := V_p \cdot \rho_{\text{Al}} \quad m_p = 8.57 \times 10^{-3} \quad [\text{kg}]$

A csészepalást hőmérséklet-növekedése a falvékonyító mélyhúzás során:  $\Delta T := \frac{W_{\text{id}}}{m_p \cdot c_k}$

$\Delta T = 110.2 \quad [^\circ\text{C}]$

A számítás során nem vettük figyelembe:

- 1./ a hagyományos húzással előállított előgyártmány palástjának szilárdságnövekedését,
- 2./ valamint a húzógyűrűn létrejövő súrlódás hőmérséklet növelő hatását.

A közelítő számítás felhívja a figyelmet arra, hogy az alakítási folyamat stabilitása (alakítási szilárdság állandó értéken tartása, a húzógyűrűk és a bélyeg hőtágulása okozta méretváltozásának elkerülése) érdekében az alakítótér intenzív hűtésével jelentős hőmennyiséget kell elvonni a munkatérből, úgy hogy annak hőmérséklete szűk tűréshatárokon belül maradjon.