

1) Exercício de trefilação

$$D0 := 1.5 \cdot \text{mm} \quad \mu := 0.05 \quad N := 1 \cdot \text{newton}$$

$$Df := 1.3 \cdot \text{mm} \quad \alpha := 6 \cdot \text{deg} \quad \text{MPa} := \text{Pa} \cdot 10^6$$

Material trefilado: alumínio comercial $\sigma = 174 \cdot \varepsilon^{0.3}$ MPa

$$C := 174 \cdot \text{MPa} \quad n := 0.3$$

Cálculo da deformação total $\varepsilon := 2 \cdot \ln\left(\frac{D0}{Df}\right)$

Cálculo da tensão média σ_0 $\varepsilon = 0.286$

$$\sigma_0 := C \cdot \frac{\varepsilon^n}{n + 1}$$

$\sigma_0 = 92 \cdot \text{MPa}$

Cálculo da tensão de trefilação - Stref - Expressão (1)

$$B := \frac{\mu}{\tan(\alpha)}$$

$B = 0.476$

$$\text{Stref} := \sigma_0 \cdot \frac{1}{B} \cdot (1 + B) \cdot \left[1 - \left(\frac{Df}{D0} \right)^{2 \cdot B} \right]$$

$\text{Stref} = 36.3 \cdot \text{MPa}$

Cálculo da força de trefilação - F_{tref}

$$F_{\text{tref}} := \frac{\pi \cdot \text{Stref} \cdot Df^2}{4}$$

$F_{\text{tref}} = 48.2 \cdot \text{N}$

Cálculo da redução máxima de seção por passe - R_{max}

A redução por passe será máxima quando a tensão de trefilação **Stref** se igualar à tensão de escoamento média σ_0 .

Rearranjando a expressão (1), com $\text{Stref} = \sigma_0$ e com $D0$ constante, tem-se:

$$Df := D0 \cdot \left(1 - \frac{B}{1 + B} \right)^{\frac{1}{2 \cdot B}}$$

$Df = 1 \cdot \text{mm}$

A redução máxima em porcentagem pode ser calculada como:

$$R_{\text{max}} := \left[1 - \left(\frac{Df}{D0} \right)^2 \right]$$

$R_{\text{max}} = 55.9 \cdot \%$

2) Exercício de extrusão

Para determinar o valor de α que minimiza a força de extrusão, assume-se alguns valores de α e utilizando a expressão (2) calcula-se a tensão de extrusão S_{extr} :

Dados:

$$D0 := 18 \cdot \text{mm} \quad Df := 16 \cdot \text{mm} \quad \mu := 0.05 \quad L := 8 \cdot \text{mm}$$
$$Rf := \frac{Df}{2}$$

Material extrudado: aço inox 304 $\sigma = 1450 \cdot \varepsilon^{0.6}$ MPa

$$C := 1450 \cdot \text{MPa} \quad n := 0.6$$

$$\text{Cálculo da deformação total } \varepsilon := 2 \cdot \ln\left(\frac{D0}{Df}\right)$$

$$\text{Cálculo da tensão média } \sigma_0 \quad \varepsilon = 0.236$$

$$\sigma_0 := C \cdot \frac{\varepsilon^n}{n + 1} \quad \sigma_0 = 380.6 \cdot \text{MPa}$$

Cálculo da tensão de extrusão - S_{extr} - Expressão (2)

$$\alpha := 1 \dots 45$$

$$S_{extr} = \sigma_0 \cdot (X + Y + Z)$$

$$X := -2 \cdot \ln\left(\frac{D0}{Df}\right) \quad Y_\alpha := \frac{-2}{\sqrt{3}} \cdot \left[\frac{\alpha \cdot \frac{\pi}{180}}{\sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2} - \frac{1}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)} \right]$$

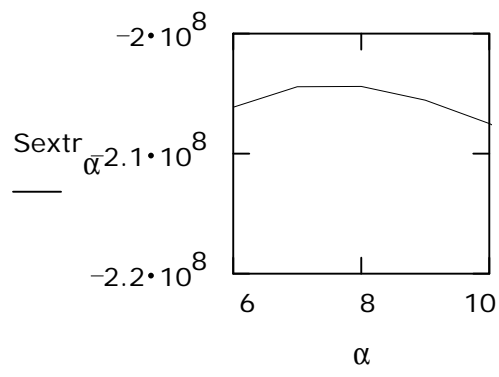
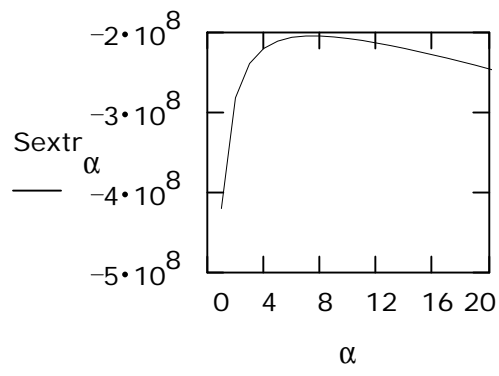
$$Z_\alpha := -2 \cdot \mu \cdot \left[\frac{1}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)} \cdot \left(1 + \ln\left(\frac{D0}{Df}\right) \right) \cdot \ln\left(\frac{D0}{Df}\right) + \frac{L}{Rf} \right]$$

$$S_{extr}_\alpha := \sigma_0 \cdot (X + Y_\alpha + Z_\alpha)$$

Pelos gráficos a seguir observa-se que o ângulo ideal está entre 7° e 8°

$$S_{extr}_7 = -204.415 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{extr}_8 = -204.408 \cdot \text{MPa}$$



1) Exercício de trefilação

$$D_0 := 1.6 \cdot \text{mm} \quad \mu := 0.05 \quad N := 1 \cdot \text{newton}$$

$$D_f := 1.4 \cdot \text{mm} \quad \alpha := 7 \cdot \text{deg} \quad \text{MPa} := \text{Pa} \cdot 10^6$$

Material trefilado: aço inox 304 $\sigma = 1450 \cdot \varepsilon^{0.6}$ MPa

$$C := 1450 \cdot \text{MPa} \quad n := 0.6$$

Cálculo da deformação total $\varepsilon := 2 \cdot \ln\left(\frac{D_0}{D_f}\right)$

Cálculo da tensão média σ_0

$$\varepsilon = 0.267$$

$$\sigma_0 := C \cdot \frac{\varepsilon^n}{n + 1}$$

$$\sigma_0 = 410.4 \cdot \text{MPa}$$

Cálculo da tensão de trefilação - σ_{tref} - Expressão (1)

$$B := \frac{\mu}{\tan(\alpha)}$$

$$B = 0.407$$

$$\sigma_{\text{tref}} := \sigma_0 \cdot \frac{1}{B} \cdot (1 + B) \cdot \left[1 - \left(\frac{D_f}{D_0} \right)^{2 \cdot B} \right]$$

$$\sigma_{\text{tref}} = 146.1 \cdot \text{MPa}$$

Cálculo da força de trefilação - F_{tref}

$$F_{\text{tref}} := \frac{\pi \cdot \sigma_{\text{tref}} \cdot D_f^2}{4}$$

$$F_{\text{tref}} = 225 \cdot \text{N}$$

Cálculo da redução máxima de seção por passe - R_{max}

A redução por passe será máxima quando a tensão de trefilação σ_{tref} se igualar à tensão de escoamento média σ_0 .

Rearranjando a expressão (1), com $\sigma_{\text{tref}} = \sigma_0$ e com D_0 constante, tem-se:

$$D_f := D_0 \cdot \left(1 - \frac{B}{1 + B} \right)^{\frac{1}{2 \cdot B}}$$

$$D_f = 1.05 \cdot \text{mm}$$

A redução máxima em porcentagem pode ser calculada como:

$$R_{\text{max}} := \left[1 - \left(\frac{D_f}{D_0} \right)^2 \right]$$

$$R_{\text{max}} = 56.8 \cdot \%$$

2) Exercício de extrusão

Para determinar o valor de α que minimiza a força de extrusão, assume-se alguns valores de α e utilizando a expressão (2) calcula-se a tensão de extrusão S_{extr} :

Dados:

$$D0 := 14 \cdot \text{mm} \quad Df := 12 \cdot \text{mm} \quad \mu := 0.05 \quad L := 6 \cdot \text{mm}$$
$$Rf := \frac{Df}{2}$$

Material extrudado: alumínio comercial $\sigma = 174 \cdot \varepsilon^{0,3}$ MPa

$$C := 174 \cdot \text{MPa}$$

$$n := 0.3$$

$$\text{Cálculo da deformação total } \varepsilon := 2 \cdot \ln\left(\frac{D0}{Df}\right)$$

$$\text{Cálculo da tensão média } \sigma_0 \quad \varepsilon = 0.308$$

$$\sigma_0 := C \cdot \frac{\varepsilon^n}{n + 1} \quad \sigma_0 = 94 \cdot \text{MPa}$$

Cálculo da tensão de extrusão - S_{extr} - Expressão (2)

$$\alpha := 1 \dots 45$$

$$S_{extr} = \sigma_0 \cdot (X + Y + Z)$$

$$X := -2 \cdot \ln\left(\frac{D0}{Df}\right) \quad Y_\alpha := \frac{-2}{\sqrt{3}} \cdot \left[\frac{\alpha \cdot \frac{\pi}{180}}{\sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2} - \frac{1}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)} \right]$$

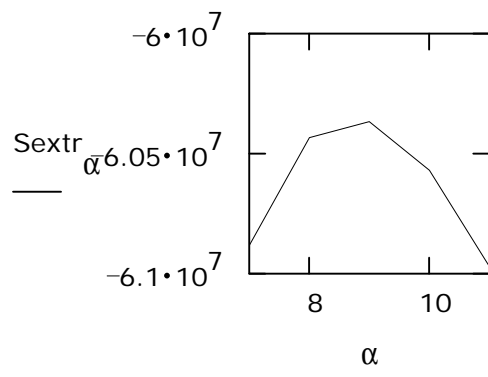
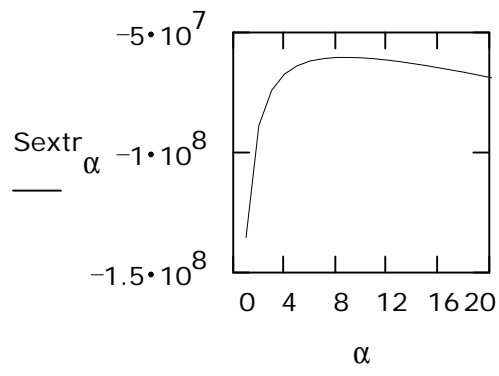
$$Z_\alpha := -2 \cdot \mu \cdot \left[\frac{1}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)} \cdot \left(1 + \ln\left(\frac{D0}{Df}\right) \right) \cdot \ln\left(\frac{D0}{Df}\right) + \frac{L}{Rf} \right]$$

$$S_{extr}_\alpha := \sigma_0 \cdot (X + Y_\alpha + Z_\alpha)$$

Pelos gráficos a seguir observa-se que o ângulo ideal está entre 8 e 9°

$$S_{extr}_8 = -60.434 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{extr}_9 = -60.367 \cdot \text{MPa}$$



1) Exercício de trefilação

$$D_0 := 1.8 \cdot \text{mm} \quad \mu := 0.1 \quad N := 1 \cdot \text{newton}$$

$$D_f := 1.6 \cdot \text{mm} \quad \alpha := 7 \cdot \text{deg} \quad \text{MPa} := \text{Pa} \cdot 10^6$$

Material trefilado: aço inox 304 $\sigma = 1450 \cdot \varepsilon^{0.6}$ MPa

$$C := 1450 \cdot \text{MPa} \quad n := 0.6$$

Cálculo da deformação total $\varepsilon := 2 \cdot \ln\left(\frac{D_0}{D_f}\right)$

Cálculo da tensão média σ_0

$$\varepsilon = 0.236$$

$$\sigma_0 := C \cdot \frac{\varepsilon^n}{n + 1}$$

$$\sigma_0 = 380.6 \cdot \text{MPa}$$

Cálculo da tensão de trefilação - Stref - Expressão (1)

$$B := \frac{\mu}{\tan(\alpha)}$$

$$B = 0.814$$

$$\text{Stref} := \sigma_0 \cdot \frac{1}{B} \cdot (1 + B) \cdot \left[1 - \left(\frac{D_f}{D_0} \right)^{2 \cdot B} \right]$$

$$\text{Stref} = 148 \cdot \text{MPa}$$

Cálculo da força de trefilação - F_{tref}

$$F_{\text{tref}} := \frac{\pi \cdot \text{Stref} \cdot D_f^2}{4}$$

$$F_{\text{tref}} = 297.6 \cdot \text{N}$$

Cálculo da redução máxima de seção por passe - R_{max}

A redução por passe será máxima quando a tensão de trefilação Stref se igualar à tensão de escoamento média σ_0 .

Rearranjando a expressão (1), com $\text{Stref} = \sigma_0$ e com D_0 constante, tem-se:

$$D_f := D_0 \cdot \left(1 - \frac{B}{1 + B} \right)^{\frac{1}{2 \cdot B}}$$

$$D_f = 1.25 \cdot \text{mm}$$

A redução máxima em porcentagem pode ser calculada como:

$$R_{\text{max}} := \left[1 - \left(\frac{D_f}{D_0} \right)^2 \right]$$

$$R_{\text{max}} = 51.9 \cdot \%$$

2) Exercício de extrusão

Para determinar o valor de α que minimiza a força de extrusão, assume-se alguns valores de α e utilizando a expressão (2) calcula-se a tensão de extrusão S_{extr} :

Dados:

$$D_0 := 15 \cdot \text{mm} \quad D_f := 13 \cdot \text{mm} \quad \mu := 0.1 \quad L := 6 \cdot \text{mm}$$
$$R_f := \frac{D_f}{2}$$

Material extrudado: alumínio comercial $\sigma = 174 \cdot \varepsilon^{0,3}$ MPa

$$C := 174 \cdot \text{MPa}$$

$$n := 0.3$$

$$\text{Cálculo da deformação total } \varepsilon := 2 \cdot \ln\left(\frac{D_0}{D_f}\right)$$

$$\text{Cálculo da tensão média } \sigma_0 \quad \varepsilon = 0.286$$

$$\sigma_0 := C \cdot \frac{\varepsilon^n}{n + 1} \quad \sigma_0 = 92 \cdot \text{MPa}$$

Cálculo da tensão de extrusão - S_{extr} - Expressão (2)

$$\alpha := 1 \dots 45$$

$$S_{extr} = \sigma_0 \cdot (X + Y + Z)$$

$$X := -2 \cdot \ln\left(\frac{D_0}{D_f}\right) \quad Y_\alpha := \frac{-2}{\sqrt{3}} \cdot \left[\frac{\alpha \cdot \frac{\pi}{180}}{\sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2} - \frac{1}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)} \right]$$

$$Z_\alpha := -2 \cdot \mu \cdot \left[\frac{1}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)} \cdot \left(1 + \ln\left(\frac{D_0}{D_f}\right) \right) \cdot \ln\left(\frac{D_0}{D_f}\right) + \frac{L}{R_f} \right]$$

$$S_{extr}_\alpha := \sigma_0 \cdot (X + Y_\alpha + Z_\alpha)$$

Pelos gráficos a seguir observa-se que o ângulo ideal está próximo de 12°

$$S_{extr}_{11} = -72.433 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{extr}_{13} = -72.502 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{extr}_{12} = -72.365 \cdot \text{MPa}$$

