

Ejercicio extrusión 1

Se desea obtener un perfil continuo de sección rectangular (20 mm x 40 mm) por extrusión directa, partiendo de un tubo de aluminio recocido (100 mm de ϕ y 1 m de longitud). Se dispone de una extrusora de 500 Ton

Datos Aluminio $\left\{ \begin{array}{l} K = 175 \text{ MPa} \\ n = 0.2 \\ \epsilon_x = 0.8 + 1.2 \epsilon \end{array} \right.$

Calcular

a) deformación, considerando la fricción (ϵ_x)

$$\left. \begin{array}{l} A_f = 20 \cdot 40 = 800 \text{ mm}^2 \\ A_0 = \pi \cdot 50^2 = 7853.98 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} \epsilon = \ln \frac{7853.98}{800} = 2.28$$

$$\boxed{\epsilon_x = 0.8 + 1.2 \cdot 2.28 = 3.54}$$

b) Tensión de fluencia media por endurecimiento:

$$\boxed{\bar{\sigma}_f = \frac{K \cdot \epsilon^n}{1+n} = \frac{175 \cdot 2.28^{0.2}}{1+0.2} = 172 \text{ MPa}}$$

c) Fuerza necesaria al final de la extrusión

$$K_x = 0.98 + 0.02 \left(\frac{C_x}{C_0} \right)^{2/25} = \begin{cases} C_x = 20 \cdot 2 + 40 \cdot 2 = 120 \text{ mm} \\ A = 40 \cdot 20 = 800 = \pi R_c^2 \Rightarrow R_c = \sqrt{\frac{800}{\pi}} = 15.957 \text{ mm} \\ C_0 = 2\pi \cdot R_c = 2\pi \cdot 15.97 = 100.26 \text{ mm} \end{cases}$$

$$K_x = 0.98 + 0.02 \left(\frac{120}{100.26} \right)^{2/25} = 1.0099$$

$$P = K_x \bar{\sigma}_f \left(\epsilon_x + 2 \frac{L}{D_0} \right) = 10099 \cdot 172 \left(3.54 + 2 \frac{0}{D_0} \right) = 615 \text{ MPa}$$

$$\boxed{F = P \cdot A = 615 \cdot 7853.98 = 4.829.474 \text{ N}}$$

d) Fuerza necesaria para iniciar la extrusión. ¿Se podía hacer en la máquina?

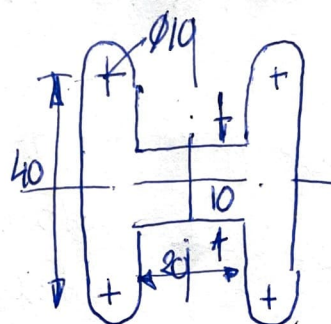
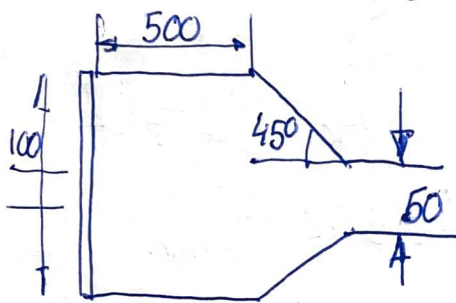
$$p = 1'0099 \cdot 172 \left(3'54 + 2 \frac{1000}{100} \right) = 4.088'96 \text{ MPa}$$

$$F = p \cdot A = 4.088'96 \cdot 7853'98 = 32.114.640 \text{ N} = 3.273.663'68 \text{ kgf}$$

$$\underline{F = 3.273'66 \text{ Ton}} \quad \text{No se podía hacer en la máquina de } 500 \text{ Ton}$$

Ejercicio de extrusión 2

Se realiza una operación de extrusión directa sobre un tubo cilíndrico de longitud y diámetro iniciales 500 mm y 100 mm, respectivamente. La operación se lleva a cabo en caliente sobre un material que tiene un coeficiente de resistencia de 100 N/mm^2 . En la expresión de Johnson, $a = 0.8$ y $b = 1.3$. Hallar: a) el factor de forma de la pieza; b) fuerza máxima realizada durante la operación; c) potencia máxima si el material extruido sale a 1600 mm/min , considerando un rendimiento del 91%; d) la longitud final si el empujador detiene su movimiento hacia adelante al inicio del cono de la matriz.



a) $K_x = 0.98 + 0.02 \left(\frac{C_x}{C_c} \right)^{2.25}$

$C_x \rightarrow$ perímetro sección extruida
 $C_c \rightarrow$ " de un círculo con la misma área que la extruida

$$1 \leq \frac{C_x}{C_c} \leq 6$$

$$C_x = 40 \cdot 2 + 30 \cdot 2 + 20 \cdot 2 + 2 \cdot 2\pi \frac{10}{2} = 242.8 \text{ mm}$$

$$A_{\text{extruida}} = 40 \cdot 10 \cdot 2 + 10 \cdot 20 + 2 \cdot \pi \frac{10^2}{4} = 1157.1 \text{ mm}^2 = 2\pi R_c \Rightarrow R_c = 19.19 \text{ mm}$$

Con lo que $C_c = 2\pi R_c = 120.58 \text{ mm}$

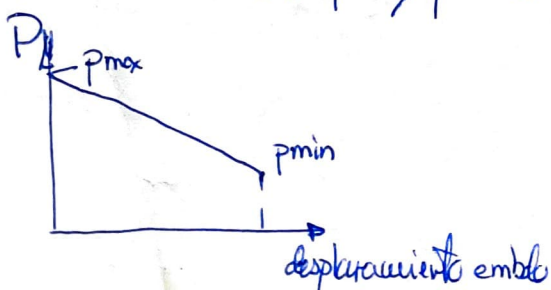
Luego, $K_x = 0.98 + 0.02 \left(\frac{242.8}{120.58} \right)^{2.25} = 1.077$

$$\frac{C_x}{C_c} = \frac{242.8}{120.58} = 2.01 \text{ OK}$$

(está entre 1 y 6)

(si no lo estuviera, la pieza tiene una forma compleja para calcular fuerza así)

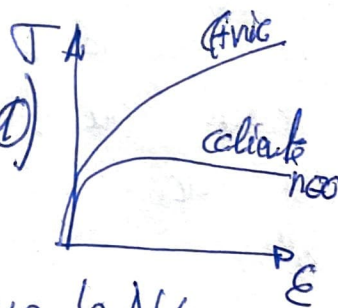
b) la fuerza máxima se da al principio. Despreciando la entrada cónica. Desde el cono, cuando L es máxima.

$$F_{\text{extrusión}} = A_{\text{embudo}} \cdot p ; p = k_x \cdot \sqrt{p_e} \left(\epsilon_x + \frac{2L}{D_o} \right) \quad \epsilon_x = a + b \epsilon_e$$


$$\epsilon_e = -\ln \frac{A_f}{A_0} = -\ln \frac{11571}{\pi \cdot 50^2} = 1'915$$

$$\epsilon_x = 0'8 + 1'3 \cdot 1'915 = 3'29$$

$$\sigma_{pe} = \frac{K \epsilon^n}{1+n} = 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{ya se extruía en caliente y } n=0)$$



$$p = k_x \cdot \sigma_{pe} \left(\epsilon_x + \frac{2L}{D_0} \right) = 1'077 \cdot 100 \left(3'29 + \frac{2 \cdot 500}{100} \right) = 1431'2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_{extrusión} = A_{emblo} \cdot p = \pi \cdot 50^2 \cdot 1431'2 = 11'24 \text{ MN}$$

c) $P_{ot} = \frac{F \cdot v_{emblo}}{\mu}$ Conservación de flujo volumétrico: $A_0 \cdot v_0 = A_f \cdot v_f$

$$v_0 = \frac{A_f \cdot v_f}{A_0} = \frac{11571 \cdot 1600}{\pi \cdot 50^2} = 235'72 \text{ mm/min}$$

Luego, $P_{ot} = \frac{F \cdot v_{emblo}}{\mu} = \frac{11'24 \cdot 10^6 \cdot 235'72 \cdot 10^{-3}}{0'91 \cdot 60} = 48'51 \text{ kW} = 66 \text{ CV}$

d) Se conserva el volumen $V_0 = V_f$

$$V_0 = L_0 \pi \frac{D_0^2}{4} = 500 \pi \frac{100^2}{4} = 3926'99 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V_0 = V_{tranco} + V_{perfil}$$

$$V_{tranco} = \frac{1}{8} \pi \frac{D_0^2}{4} h_0 - \frac{1}{3} \pi \frac{D_f^2}{4} h_f =$$

$$= \frac{1}{8} \left(\pi \frac{100^2}{4} \cdot 50 - \pi \frac{50^2}{4} \cdot 25 \right) = 1157'23 \text{ mm}^3$$

Luego, $3926'99 \cdot 10^3 = 1157'23 \cdot L_f + V_{tranco}$; $L_f = 3294'4 \text{ mm}$

