SOLUCIÓN EJERCICIO 7

**CÁLCULOS**

En el primer caso la relación de embutición es:

$$\beta_0 = \frac{D}{d} = \frac{420}{240} = 1,75 \quad \text{y} \quad \frac{d}{s} = \frac{240}{0,8} = 300$$

y en el segundo caso:

$$\beta_0 = \frac{D}{d} = \frac{170}{100} = 1,7 \quad \text{y} \quad \frac{d}{s} = \frac{100}{0,5} = 200$$

Acudiendo al gráfico de la Figura 2.23 se obtiene para el primer caso, considerando alto po embutición:

$$n = 1,06$$

También se puede resolver analíticamente, obteniendo del gráfico de la Figura 2.20 $\beta_{0\,max}$ = aplicando la fórmula aproximada (2.12):

$$n = 1,2\,\frac{\beta_0^{-1}}{\beta_{0\,max}^{-1}} = 1,2\,\frac{1,75-1}{1,85-1} \cong 1,06$$

Entonces la fuerza máxima de embutición es:

$$F_{max\,emb} = 1,06 \cdot \pi \cdot 240 \cdot 0,8 \cdot 37 = 23.600 \text{ kg}$$

De manera similar, considerando embutibilidad normal se obtiene en la gráfica correspondien

$$n = 0,89$$

O también analíticamente:

$$\beta_{0\,max} = 1,78$$

$$n = 1,2\,\frac{\beta_0^{-1}}{\beta_{0\,max}^{-1}} = 1,2\,\frac{1,7-1}{1,78-1} \cong 0,89$$

Y, por lo tanto, la fuerza de embutición será:

$$F_{max\,emb} = 0,89 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot 8 = 1.120 \text{ kg}$$

SOLUCIÓN EJERCICIO 8

## RESOLUCIÓN

1. Fuerza máxima de embutición = $F_{max}$ de la prensa = $P_{max} \cdot A = 200 \cdot \pi \cdot (25/2)^2 = 98.175$ kg.

Donde $A$ es el área lateral del cilindro hidráulico.

Fuerza de embutición:

$$F_z = n \cdot \pi \cdot d \cdot s \cdot \sigma_{ut}; \quad \text{con } n = (D/d - 1)/(1 - 0{,}001 \cdot d/s)$$

Altura máxima de embutición:

$$h_{max} = \frac{\text{carrera prensa}}{2} = \frac{408}{2} \approx 200 \text{ mm}$$

Utilizamos a continuación la expresión analítica, (2.8), correspondiente a la figura de la «Relación límite de embutición en estirado único».

Para conseguir $h_{max}$ debemos tomar $d_{min}$ teniendo en cuenta que el diámetro del material de partida es constante y que $\beta_0 = D/d < \beta_{0\,max}$, con:

$$\beta_{0\,max} = 2 - 0{,}0011 \cdot \frac{d}{s}$$

$\beta_0$ debe ser lo más aproximado posible (por defecto) a $\beta_{0\,max}$.

**Caso $S = 1$ mm:**

$$\beta_{0\,max} = 2 - 0{,}0011 \cdot \frac{d}{s} = \frac{D}{d}; \quad \text{con } D = 600 \text{ mm}; \quad s = 1 \text{ mm}$$

Sustituyendo queda: $0{,}0011 \cdot \frac{d^2}{1} - 2d + 600 = 0$

$d_1 = 1.440$ mm (solución no válida)

$d_2 = 379$ mm

Tomando múltiplos de 25 → **d = 400 mm.**

Sustituyendo $D = 1{,}1 \cdot (d + h)$ obtenemos $h$ = **145 mm** < 200 mm (altura máxima de embutición de la prensa).

Fuerza de embutición:

De acuerdo a la expresión $n = \dfrac{\beta_0 - 1}{1 - 0{,}001 \cdot \dfrac{d}{s}}$

$$n = \frac{\frac{600}{400} - 1}{1 - 0{,}001 \cdot \frac{400}{1}}; \quad n = 0{,}83$$

$$F_z = n \cdot \pi \cdot d \cdot \sigma_{ut} \cdot s = 0{,}83 \cdot 3{,}1416 \cdot 400 \cdot 56 \cdot 1 = 58.165 \text{ kg}$$

$$F_z = 58.165 \text{ kg} < F_{max}; \quad (F_z \text{ válido})$$

**Caso $S = 2$ mm:**

$$\beta_{0\,\max} = 2 - 0{,}0011 \cdot \frac{d}{s} = \frac{D}{d}; \quad \text{con } D = 600 \text{ mm}; \quad s = 2 \text{ mm}$$

Sustituyendo queda: $0{,}0011 \cdot \frac{d^2}{2} - 2 \cdot d + 600 = 0$

$d_1 = 3.306$ mm (solución no válida)

$d_2 = 330$ mm

Tomando múltiplos de 25 $\rightarrow d = 350$ mm.

Sustituyendo $D = 1{,}1 \cdot (d + h)$ obtenemos $h = 195$ mm $< 200$ mm (altura máxima de embutición de la prensa).

Fuerza de embutición:

Siguiendo la misma formulación del caso anterior:

$$n = 0{,}86; \quad F_z = 1.060.000 > F_{max}; \quad (F_z \text{ no válido})$$

Aumentamos por tanto al siguiente múltiplo de 25: $\boldsymbol{d = 375}$ **mm.**

Sustituyendo $D = 1{,}1 \cdot (d + h)$ obtenemos $\boldsymbol{h} =$ **170 mm** $< 200$ mm (altura máxima de embutición de la prensa).

Fuerza de embutición:

$$n = 0{,}738; \quad F_z = 97.400 < F_{max}; \quad (P_z \text{ válido})$$

**Caso $S = 3$ mm:**

$$\beta_{0\,\max} = 2 - 0{,}0011 \cdot \frac{d}{s} = \frac{D}{d}; \quad \text{con } D = 600 \text{ mm}; \quad s = 3 \text{ mm}$$

Sustituyendo queda: $0{,}0011 \cdot \frac{d^2}{3} - 2d + 600 = 0$

$d_1 = 5.136$ mm (solución no válida)

$d_2 = 318$ mm

Tomando múltiplos de 25 $\rightarrow d = 325$ mm.

Sustituyendo $D = 1{,}1 \cdot (d + h)$ obtenemos $h = 220$ mm $> h_{max}$ (200 mm) $\rightarrow$ altura no válida. Debe aumentarse el diámetro de embutición para reducir la altura:

Tomando el siguiente múltiplo de 25: $d = 350$ mm $\rightarrow h = 195$ mm $< 200$ mm

Fuerza de embutición:

Calculando como anteriormente se ha explicado:

$$n = 0{,}808; \quad F_z = 149.374 > F_{max}; \quad (F_z \text{ no válido})$$

Aumentando el diámetro:

$$d = 375 \text{ mm} \Rightarrow n = 0{,}6857 \Rightarrow P_z = 135.717 \text{ kg} > F_{max}; (F_z \text{ no válido})$$

Seguimos aumentando $d$:

$$d = 400 \text{ mm} \Rightarrow n = 0{,}577 \Rightarrow F_z = 121.797 \text{ kg} > F_{max}; \quad (F_z \text{ no válido})$$
$$d = 425 \text{ mm} \Rightarrow n = 0{,}48 \Rightarrow F_z = 107.607 \text{ kg} > F_{max}; \quad (F_z \text{ no válido})$$
$$\boldsymbol{d = 450} \textbf{ mm} \Rightarrow n = 0{,}39 \Rightarrow F_z = 93.139 \text{ kg} < F_{max}; \quad (F_z \text{ válido})$$

Para $d = 450$ mm se obtiene $\boldsymbol{h} =$ **95,45 mm.**