



Cálculo de la fuerza de forja y dibujo de gráfica para diferentes alturas de la pieza trabajo.

Resuelva de forma ordenada el siguiente ejercicio indicando los resultados obtenidos y mostrando los cálculos realizados.

Una pieza cilíndrica es sometida a una operación de forja en un dado abierto. El diámetro inicial de la pieza es de 45 mm y la altura inicial es de 40 mm. La altura después del forjado es de 20 mm. El coeficiente de fricción entre el troquel y el material de trabajo es de 0.20. El material de trabajo tiene una curva de fluencia definida por un coeficiente de resistencia de 600 MPa y un exponente de endurecimiento por deformación de 0.12. Construya una gráfica de fuerza instantánea contra diferencia de altura, es decir $h_0 - h$, en los siguientes puntos en el proceso: $h = 35$ mm, $h = 30$ mm, $h = 25$ mm, y $h = 20$ mm. Incluya los cálculos realizados para obtener la fuerza de forja para cada altura.

$$D_0 = 45 \text{ mm} \quad h_0 = 40 \text{ mm} \quad h_f = 20 \text{ mm} \quad \mu = 0.20 \quad K = 600 \text{ MPa} \quad n = 0.12$$

$$h_1 = 35 \text{ mm} \quad h_2 = 30 \text{ mm} \quad h_3 = 25 \text{ mm} \quad h_4 = 20 \text{ mm}$$

Fuerza para ejecutar el trabajo en forja.

$$F = Y_f A \Rightarrow Y_f = K \epsilon^n \Rightarrow \epsilon = \ln\left(\frac{h_0}{h}\right)$$

Calculando Areas Finales.

$$V_{in} = V_{fin}$$

$$A_{in} h_i = A_{fin} h_f$$

$$A_f = \frac{A_{in} h_i}{h_f}$$

Utilizando ①

$$D_{f1} = 45 \sqrt{\frac{40}{35}} = \underline{48.1070 \text{ mm}} \quad D_{f3} = 45 \sqrt{\frac{40}{25}} = \underline{56.921 \text{ mm}}$$

$$D_{f2} = 45 \sqrt{\frac{40}{30}} = \underline{51.9615 \text{ mm}} \quad D_{f4} = 45 \sqrt{\frac{40}{20}} = \underline{63.6396 \text{ mm}}$$

$$\frac{\pi}{4} D_f^2 = \frac{\pi}{4} D_i^2 \frac{h_i}{h_f}$$

$$D_f = D_i \sqrt{\frac{h_i}{h_f}} \dots \textcircled{1}$$

Calculando el factor de forma

$$K_F = 1 + \frac{(0.4 \mu D)}{h} \dots \textcircled{2}$$

Utilizando ②

$$K_{F1} = 1 + \frac{(0.4)(0.20)(48.1070)}{35} = \underline{1.1099}$$

$$K_{F3} = 1 + \frac{(0.4)(0.20)(56.921)}{25} = \underline{1.1821}$$

$$K_{F2} = 1 + \frac{(0.4)(0.20)(51.9615)}{30} = \underline{1.1386}$$

$$K_{F4} = 1 + \frac{(0.4)(0.20)(63.6396)}{20} = \underline{1.2545}$$

Calculando la deformación real

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{h_0}{h}\right) \dots \textcircled{3}$$

Utilizando

$$\varepsilon_1 = \ln\left(\frac{40}{35}\right) = \underline{0.1335}$$

$$\varepsilon_3 = \ln\left(\frac{40}{25}\right) = \underline{0.4700}$$

$$\varepsilon_2 = \ln\left(\frac{40}{30}\right) = \underline{0.2877}$$

$$\varepsilon_4 = \ln\left(\frac{40}{20}\right) = \underline{0.6931}$$

Calculando el esfuerzo de fluencia en frío.

$$\sigma_f = K \varepsilon^n \dots \textcircled{4}$$

Utilizando $\textcircled{4}$

$$\sigma_{f1} = (600) (0.1335)^{0.12} = \underline{471.2040 \text{ MPa}} \quad \sigma_{f3} = (600) (0.4700)^{0.12} = \underline{548.0283 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{f2} = (600) (0.2877)^{0.12} = \underline{516.6828 \text{ MPa}} \quad \sigma_{f4} = (600) (0.6931)^{0.12} = \underline{574.1783 \text{ MPa}}$$

Calculando fuerza de forja.

$$F = K_f \sigma_f A \dots \textcircled{5}$$

Utilizando $\textcircled{5}$

$$F_1 = (1.1099) (471.2040 \times 10^6) (0.25\pi) (48.1070 \times 10^{-3})^2 = \underline{950.6031 \text{ kN}}$$

$$F_2 = (1.1386) (516.6828 \times 10^6) (0.25\pi) (51.9615 \times 10^{-3})^2 = \underline{1247.5226 \text{ kN}}$$

$$F_3 = (1.1821) (548.0283 \times 10^6) (0.25\pi) (56.921 \times 10^{-3})^2 = \underline{1648.5120 \text{ kN}}$$

$$F_4 = (1.2545) (574.1783 \times 10^6) (0.25\pi) (63.6396 \times 10^{-3})^2 = \underline{2291.1958 \text{ kN}}$$

Calculando diferencia de alturas.

$$\Delta h = h_0 - h \dots \textcircled{6}$$

Utilizando $\textcircled{6}$

$$\Delta h_1 = 40 - 35 = 5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_2 = 40 - 30 = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta h_3 = 40 - 25 = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta h_4 = 40 - 20 = 20 \text{ mm}$$

Gráfica fuerza instantánea vs Δh

