

EXEMPLO 4-4 Aquecimento de placas de bronze em um forno

Em uma fábrica, grandes placas de latão de 4 cm de espessura, inicialmente a uma temperatura uniforme de 20 °C, são aquecidas ao serem passadas por um forno mantido a 500 °C (Fig. 4-23). As placas permanecem no forno durante o período de 7 minutos. Tomando o coeficiente combinado de transferência de calor por convecção e radiação $h = 120 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, determine a temperatura da superfície das placas quando saem do forno.

(continua)

$$T_{\infty} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h = 120 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

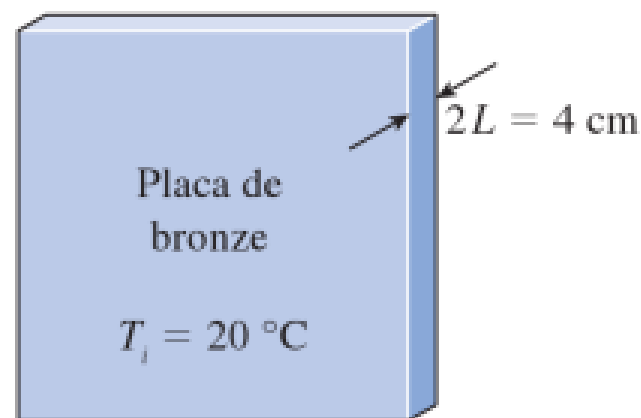


FIGURA 4-23 Esquema para o Exemplo 4-4.

Suposições 1 A condução térmica na placa é unidimensional, dado que a placa é grande em relação à espessura e há simetria térmica em relação ao plano central. 2 As propriedades térmicas da placa e o coeficiente de transferência de calor são constantes. 3 O número de Fourier é $\tau > 0,2$, de modo que as soluções aproximadas do termo único são aplicáveis.

Propriedades As propriedades do bronze na temperatura ambiente são $k = 110$ W/m.K, $\rho = 8.530$ kg/m³, $c_p = 380$ J/kg.°K e $\alpha = 33,9 \times 10^{-6}$ m²/s (Tab. A-3). Resultados mais precisos são obtidos por meio das propriedades na temperatura média.

$$\tau = \frac{\alpha t}{L^2} = \frac{(33,9 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})(7 \times 60 \text{ s})}{(0,02 \text{ m})^2} = 35,6$$

Análise A temperatura em um local específico em determinado momento pode ser encontrada a partir dos gráficos de Heisler ou das soluções de termo único. Aqui, usamos os gráficos para demonstrar sua utilização. Observando que meia espessura da chapa é $L = 0,02$ m, a partir da Fig. 4–16 temos

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\text{Bi}} = \frac{k}{hL} &= \frac{110 \text{ W/m}\cdot\text{K}}{(120 \text{ W/m}^2\cdot\text{K})(0,02 \text{ m})} = 45,8 \\ \tau = \frac{\alpha t}{L^2} &= \frac{(33,9 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})(7 \times 60 \text{ s})}{(0,02 \text{ m})^2} = 35,6 \end{aligned} \right\} \frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty} = 0,46$$

Além disso,

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{\text{Bi}} = \frac{k}{hL} = 45,8 \\ \frac{x}{L} = \frac{L}{L} = 1 \end{array} \right\} \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = 0,99$$

Portanto,

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} \frac{T_0 - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = 0,46 \times 0,99 = 0,455$$

e

$$T = T_{\infty} + 0,455(T_i - T_{\infty}) = 500 + 0,455(20 - 500) = \mathbf{282^{\circ}\text{C}}$$

Assim, a temperatura da superfície das placas quando deixarem o forno será de 282 °C.