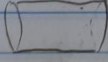


**3.68** Uma barra cilíndrica de cobre, com diâmetro  $D = 5\text{mm}$ , é aquecida pela passagem de uma corrente elétrica. A superfície da barra é mantida a uma temperatura de  $175^\circ\text{C}$  enquanto está dissipando calor por convecção para um ambiente a  $T_w = 25^\circ\text{C}$ , com um coeficiente de transferência de calor  $h = 150\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Se a barra for recoberta por uma película de  $1\text{ mm}$  de espessura e condutividade térmica  $k = 0,6\text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ , a sua perda de calor aumentará ou diminuirá?

3.68 - 03/10/19

- Regime estacionário, propriedades constantes, sem geração de energia



1º CONVECÇÃO

$$q = h(T_w - T_f) \Rightarrow q = 150(175 - 25) = 22500\text{ W/m}^2$$


| raio do isolante   | raio crítico  |                |
|--|---|----------------|
| $r_i = \frac{D + l}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-3} + 0,001}{2} = 3,5 \cdot 10^{-3}\text{ m}$ | $r_{cr} = \frac{k}{h} = \frac{0,6}{150} = 4 \cdot 10^{-3}\text{ m}$ | $r_{cr} > r_i$ |

Haverá mais perda de calor pelo raio crítico. Como  $r_{cr} > r_i$ , haverá perda de calor maior em todo o sistema.

**3.71** Um fio elétrico, de diâmetro  $D = 3\text{mm}$ , deve ser recoberto por um isolante de borracha, com condutividade térmica  $k = 0,15\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Se o coeficiente de transferência de calor externo é  $h = 50/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , qual é a espessura ótima do isolamento de borracha para provocar a máxima perda de calor pelo fio?

3.71 - 03/10/19

borrachas



Perda de calor é máxima  $\Rightarrow$  espessura =  $r_{cr}$

$$r_{cr} = \frac{k}{h} = \frac{0,15}{50} = 3 \cdot 10^{-3}\text{ m}$$

$$\text{espessura} = r_{cr} - \frac{D}{2} = 3 \cdot 10^{-3} - \frac{3 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,5 \cdot 10^{-3}\text{ m}$$

**3.77** Aletas planas de cobre com seção reta retangular, tendo espessura  $t = 1\text{mm}$ , altura  $L = 10\text{ mm}$  e condutividade térmica  $k = 380\text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ , são fixadas a uma parede plana mantida à temperatura  $T_0 = 230^\circ\text{C}$ . As aletas dissipam calor para o ar ambiente a  $T = 30^\circ\text{C}$ , com um coeficiente de transferência de calor  $h = 30\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Há um espaço de  $8\text{ mm}$  entre as aletas (isto é, 125 aletas por metro). Admita perda de calor desprezível na ponta.

- Determine a eficiência da aleta.
- Determine a eficiência da aleta ponderada pela área.
- Determine a taxa líquida de transferência de calor por metro quadrado da superfície plana da parede.
- Qual seria a taxa de transferência de calor da parede plana na ausência de aletas?

3.77-0318

Sem geração de energia; estado estacionário; perda de calor desprezível na ponta, propriedades ctes.

$$m = \frac{A \cdot h}{pvc}$$

a) Análise gráfica

$$y = L \sqrt{\frac{2h}{kt}} = 10 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{2 \cdot 40}{38 \cdot 10^{-3}}} = 0,145$$

Pela FIGURA 3.17,  $\eta = 0,948$

$$\boxed{\eta = 0,948}$$

tilibra

b) Eficiência por área

$$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ I_d = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{array} \right\} 125 \text{ aletas/metro}$$

$$\text{Área de superfície da aleta: } A_F = 2 \cdot 1 \cdot 125 = 2(1,01) \cdot 125 = 2,5 \text{ m}^2/\text{m parede}$$

$$\text{Área total de transferência de calor: } A = A_F + 1 \text{ m}(1 - 6 \cdot 125) = 3,375 \text{ m}^2/\text{m parede}$$

$$\beta = \frac{2,5}{3,375} = \boxed{0,741}$$

$$c) Q_{\text{TOT}} = \eta \cdot A \cdot h \cdot \theta_0 = 0,948 \cdot 3,375 \cdot 40 \cdot (230 - 30) = \boxed{26,87 \text{ kW/m}^2}$$

$$d) Q_{\text{sem aleta}} = A \cdot h \cdot \theta_0 = 1 \cdot 40 \cdot (230 - 30) = \boxed{8 \text{ kW/m}^2}$$

**3.78** Discos circulares de alumínio empregados como aletas, com seção retangular constante, são fixados a um tubo de diâmetro externo  $D = 2,5 \text{ cm}$  com um espaçamento de  $8 \text{ mm}$  (isto é, 125 aletas por metro de comprimento do tubo). As aletas têm uma espessura  $t = 1 \text{ mm}$ , altura  $L = 15 \text{ mm}$ , e condutividade térmica  $k = 200 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ . A parede do tubo se mantém a uma temperatura  $T = 200^\circ\text{C}$ , e as aletas dissipam convectivamente calor para o ar ambiente a  $T = 40 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ .

(a) Determine a eficiência da aleta.

(b) Determine a eficiência da aleta ponderada pela área.

(c) Determine a perda líquida de transferência de calor por metro quadrado do tubo.

(d) Qual seria a perda de calor por metro de comprimento do tubo na ausência de aletas?

3.78-0318



$$a) \text{ Calculando } y: y = L \sqrt{\frac{2h}{kt}} = 15 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{200 \cdot 10^{-3}}} = 0,42$$

$$\frac{\pi D_o}{\pi D_i} = \frac{125 \cdot 10^{-2} + 15 \cdot 10^{-3}}{125 \cdot 10^{-2}} = 1,12$$

$$\text{Figura 3.18} \Rightarrow \boxed{\eta = 0,98}$$

b) Eficiência ponderada:

$$A_t = \frac{2\pi (r_{ext}^2 - r_{int}^2) \cdot 125}{m_{tubo}} = 0,47 \text{ m}^2/\text{mtubo}$$

$$A = A_t + 2\pi r_i (1 \text{ mtubo} - t_{tubo}) = 0,47 + 2\pi \cdot 1,25 \cdot 10^{-2} (1 - 10^{-2} \cdot 125) = 0,54 \text{ m}^2/\text{mtubo}$$

Calculando  $\beta$   $\beta = \frac{A_t}{A} = \frac{0,47}{0,54} = 0,87$

Eficiência ponderada:

$$\eta' = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{0,87}{0,87 + 1} = 0,46$$

c)  $Q_{TOT} = \eta' \cdot A \cdot h \cdot \Delta T = 0,46 \cdot 0,54 \cdot 80 \cdot (190 - 40) = 6367,25 \text{ W/mtubo}$

d)  $Q_{conduta} = A h \Delta T = 2\pi r_i h \Delta T = 2\pi \cdot 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot 80 \cdot 150 = 942,5 \text{ W/mtubo}$

**3.87** Uma barra cilíndrica de ferro de comprimento  $L = 30 \text{ cm}$ , diâmetro  $D = 1 \text{ cm}$  e condutividade térmica  $k = 65 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$  está fixa horizontalmente a um grande tanque à temperatura  $T = 200 ^\circ\text{C}$ . A vara está dissipando convectivamente calor para o ar ambiente a  $T = 20 ^\circ\text{C}$ , com um coeficiente de transferência de calor  $h = 15 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ . Qual é a temperatura da barra a  $10 \text{ cm}$  e a  $20 \text{ cm}$  do tanque?

3.870 *gral*

Aleta longa, propriedades constantes, regime estacionário, sem geração de energia

• Verificação Aleta longa:

$$T_{fin} \sim h(mL) \approx 1$$

$$m^2 = \frac{hP}{Ak} \Rightarrow m = \sqrt{\frac{h \cdot 2\pi r_i}{r_i^2 k}} \Rightarrow m = \sqrt{\frac{2 \cdot 15}{95 \cdot 10^{-3} \cdot 65}} \Rightarrow m = 9,6 \text{ m}^{-1}$$

$$T_{fin} h(9,6 \cdot 30 \cdot 10^{-2}) = 0,9804 \approx 1$$

Então:  $\Theta_{ax} = \Theta_0 \cdot e^{-mx} \Rightarrow \frac{T_{ax} - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-mx} \Rightarrow T(x) = (T_0 - T_\infty) e^{-mx} + T_\infty$

a)  $x = 0,1 \text{ m}$

$$T_{(0,1)} = (200 - 20) e^{-9,6 \cdot 0,1} + 20 = 88,9 ^\circ\text{C}$$

b)  $x = 0,2 \text{ m}$

$$T_{(0,2)} = (200 - 20) e^{-9,6 \cdot 0,2} + 20 = 46,4 ^\circ\text{C}$$