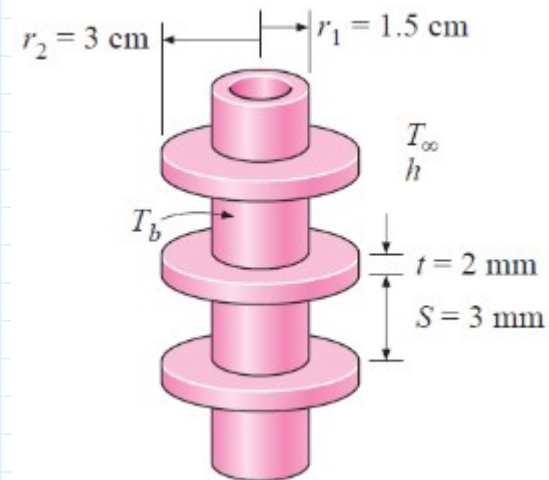


Rurka ożebrowana, której fragment przedstawiono na rysunku, ma długość 450 mm. Rurka oraz żebra wykonane są z miedzi o współczynniku przewodności cieplnej $315 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Temperatura zewnętrznej powierzchni rurki (podstawy żebra) wynosi 60°C , natomiast temperatura powietrza otaczającego rurkę jest równa 12°C . Współczynniki wnikania ciepła dla powietrza oraz wody płynącej wewnątrz rurki wynoszą odpowiednio $20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ oraz $800 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Obliczyć strumień ciepła przekazywany do powietrza przez rurkę oraz średnią temperaturę wody.



DANE

$$\alpha_w := 800 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$\alpha_p := 20 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$\lambda := 315 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$b := 0.45 \cdot \text{m}$$

$$\delta := 0.0025 \cdot \text{m}$$

$$T_\infty := 12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_b := 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$d_2 := 0.06 \cdot \text{m}$$

$$d_1 := 0.03 \cdot \text{m}$$

$$t := 0.002 \cdot \text{m}$$

$$s := 0.003 \cdot \text{m}$$

ROZWIĄZANIE

Średnica wewnętrzna rury jest mniejsza od średnicy zewnętrznej o dwie grubości ścianki

$$d_w := d_1 - 2 \cdot \delta = 0.025 \text{ m} \qquad d_w := 0.025 \cdot \text{m}$$

Powierzchnia jednego żebra składa się z dwóch powierzchni bocznych i jednej powierzchni czołowej

$$A_{1z} := \frac{\pi}{2} \cdot (d_2^2 - d_1^2) + \pi \cdot d_2 \cdot t \xrightarrow[\text{ALL}]{\text{explicit}} \frac{\pi}{2} \cdot ((0.06 \cdot \text{m})^2 - (0.03 \cdot \text{m})^2) + \pi \cdot 0.06 \cdot \text{m} \cdot 0.002 \cdot \text{m} = 0.00462 \text{ m}^2$$

Powierzchnia jednego odcinka rury między żebrami

$$A_{1mz} := \pi \cdot d_1 \cdot s \xrightarrow[\text{ALL}]{\text{explicit}} \pi \cdot 0.03 \cdot \text{m} \cdot 0.003 \cdot \text{m} = (2.827 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Liczba żeber

$$n := \frac{b}{s + t} = 90$$

Pole powierzchni n żeber

$$A_z := n \cdot A_{1z} \xrightarrow[\text{ALL}]{\text{explicit}} 90 \cdot 0.004618141200777 \cdot m^2 = 0.416 \text{ m}^2$$

Pole powierzchni n odcinków rur nieożebrowanych

$$A_{mz} := n \cdot A_{1mz} \xrightarrow[\text{ALL}]{\text{explicit}} 90 \cdot 0.000282743338823081 \cdot m^2 = 0.0254 \text{ m}^2$$

Całkowita zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła

$$A := A_z + A_{mz} = 0.4411 \text{ m}^2$$

$$A := 0.4411 \text{ m}^2$$

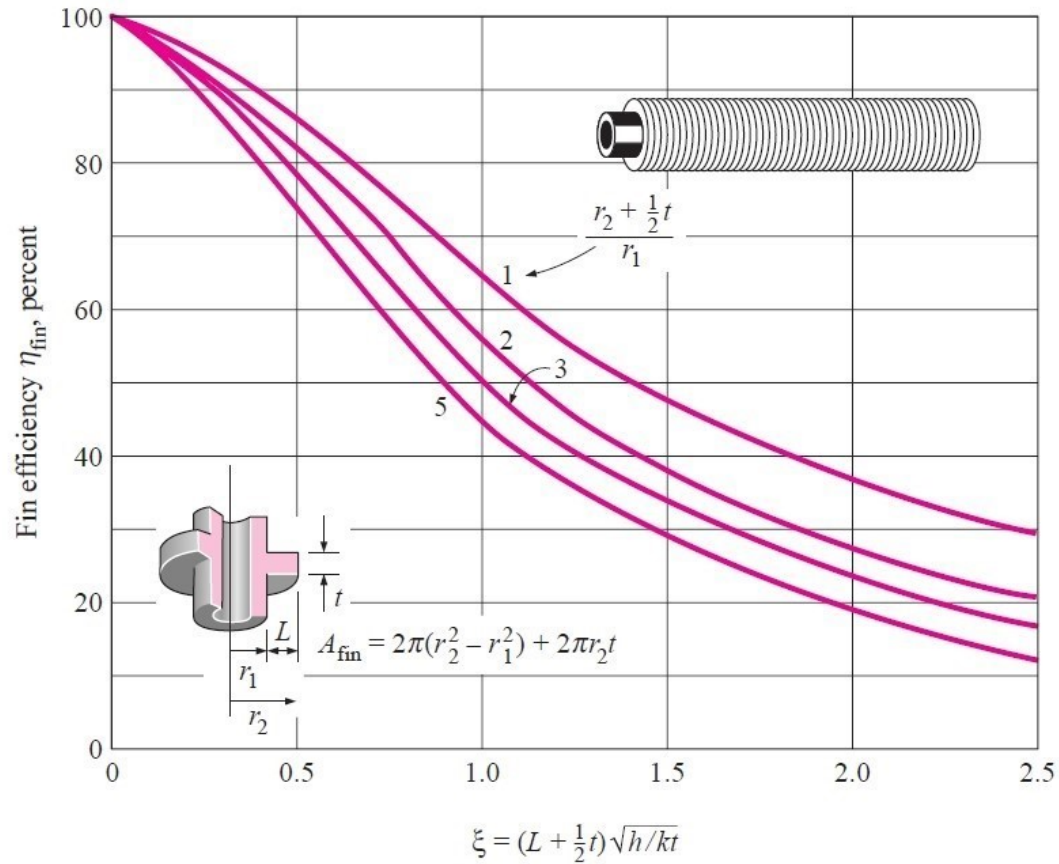
Sprawność żebra

$$L := \frac{d_2 - d_1}{2} = 0.0150 \text{ m}$$

$$\xi := \left(L + \frac{1}{2} \cdot t \right) \cdot \sqrt{\frac{\alpha_p}{\lambda \cdot t}} \xrightarrow[\text{ALL}]{\text{explicit}} \left(0.015 \cdot m + \frac{1}{2} \cdot 0.002 \cdot m \right) \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}}{315 \cdot \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0.002 \cdot m}} = 0.090$$

W celu uwzględnienia pola powierzchni krawędzi żebra, odpowiednio zwiększono średnicę zewnętrzną żebra.

$$\varphi := \frac{d_2 + t}{d_1} \xrightarrow{\text{explicit ALL}} \frac{0.06 \cdot m + 0.002 \cdot m}{0.03 \cdot m} = 2.067$$



$$\eta_z := 0.97$$

Sprawność powierzchni ożebrowanej

$$\eta_{poz} := 1 - \frac{A_z}{A} \cdot (1 - \eta_z) = 0.9717$$

$$\eta_{poz} := 0.9717$$

Strumień ciepła przekazywany do powietrza przez powierzchnię ożebrowaną

$$Q := A \cdot \alpha_p \cdot (T_b - T_\infty) \cdot \eta_{poz} \xrightarrow[\text{ALL}]{\text{explicit}} 0.4411 \text{ m}^2 \cdot 20 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot (60 \text{ }^\circ\text{C} - 12 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot 0.9717 = 411.472 \text{ W}$$

Temperatura wewnętrznej powierzchni rury

$$T_{bw} := T_b + \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{d_1}{d_w}\right)}{2 \cdot \pi \cdot b \cdot \lambda} = 60.084 \text{ }^\circ\text{C}$$

Wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła

$$A_w := \pi \cdot d_w \cdot b = 0.03534 \text{ m}^2$$

$$A_w := 0.03534 \text{ m}^2$$

Średnia temperatura wody

$$T_{fw} := T_{bw} + \frac{Q}{A_w \cdot \alpha_w} = 74.638 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sprawdzenie - przenikanie ciepła przez rurkę ożebrowaną

$$k_z := \left(\frac{A}{A_w \cdot \alpha_w} + \frac{A}{\frac{2 \cdot \pi \cdot b \cdot \lambda}{\ln\left(\frac{d_1}{d_w}\right)}} + \frac{1}{\alpha_p \cdot \eta_{poż}} \right)^{-1} \xrightarrow[\text{ALL}]{\text{explicit}} \left(\frac{0.4411 \text{ m}^2}{0.03534 \text{ m}^2 \cdot 800 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} + \frac{0.4411 \text{ m}^2}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 0.45 \cdot \text{m} \cdot 315 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}}{\ln\left(\frac{0.03 \cdot \text{m}}{0.025 \cdot \text{m}}\right)}} + \frac{1}{20 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 0.9717} \right)^{-1} = 14.892 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$Q := k_z \cdot A \cdot (T_{fw} - T_\infty) = 411.472 \text{ W}$$