

1. A água é aquecida por ar quente em um trocador de calor. A taxa de fluxo da água ($c_p=4178 \text{ J/kgK}$) é de 12 kg/s e a do ar ($c_p=1059 \text{ J/kgK}$) é de $2,0 \text{ kg/s}$. A água entra a 40°C e o ar entra a 460°C . O coeficiente global de transferência de calor do trocador é de $275 \text{ W/m}^2\text{K}$, com uma área de 14 m^2 . Calcule as temperaturas de saída dos fluidos quente e frio para (a) um trocador de correntes paralelas e (b) para um trocador de correntes cruzadas com fluxo de ar misturado.

① Cálculo de $C_{\min}$ e $C_{\max}$

$$C_{\text{água}} = \dot{m}_{\text{água}} \cdot c_{p,\text{água}} \Rightarrow C_{\text{água}} = 12 \cdot 4178 \Rightarrow C_{\text{água}} = 5,01 \times 10^4 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{ar}} = 2,0 \cdot 1059 \Rightarrow C_{\text{ar}} = 2,12 \cdot 10^3 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$\therefore C_{\min} = 2,12 \times 10^3 \text{ W/}^\circ\text{C} \text{ (ar)} \quad \text{e} \quad C_{\max} = 5,01 \times 10^4 \text{ W/}^\circ\text{C} \text{ (água)}$$

② Cálculo de z

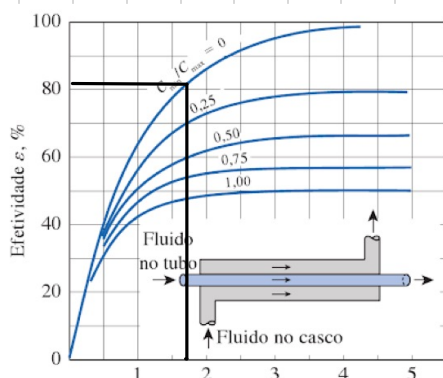
$$z = \frac{C_{\min}}{C_{\max}} \Rightarrow z = \frac{2,12 \times 10^3}{5,01 \times 10^4} \Rightarrow z = 4,23 \times 10^{-2}$$

③ Cálculo do NVT

$$NVT = \frac{U \cdot A}{C_{\min}} \Rightarrow NVT = \frac{275 \cdot 14}{2,12 \times 10^3} \Rightarrow NVT = 1,82$$

(a) Correntes paralelas

④ Determinação da efetividade



$$NVT = 1,82$$

$$z = 0,04$$

$$\epsilon = 0,82$$

⑤ Cálculo do fluxo de calor

$$\dot{q} = \varepsilon \cdot C_{\min} \cdot (T_{c,q} - T_{c,f})$$

$$\dot{q} = 0,82 \cdot 2,12 \cdot 10^3 \cdot (460 - 40) \Rightarrow \dot{q} = 7,30 \times 10^5 \text{ W}$$

⑥ Temperaturas de saída

$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{água}} \cdot c_{p,\text{água}} \cdot (T_s - T_e)$$

$$7,30 \times 10^5 = 12 \cdot 4178 \cdot (T_s - 40) \Rightarrow T_s = 40 + \frac{7,30 \times 10^5}{12 \times 4178}$$

$$T_{s,\text{água}} = 54,6^\circ\text{C}$$

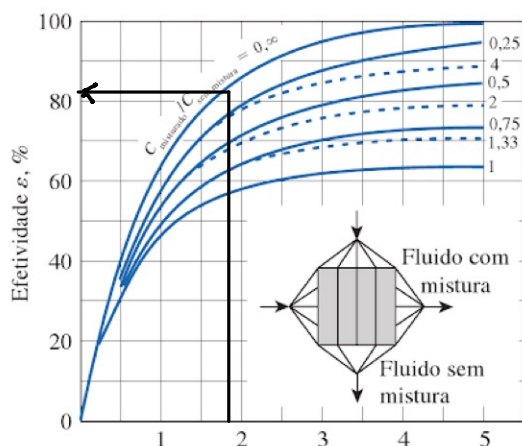
$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{ar}} \cdot c_{p,\text{ar}} \cdot (T_c - T_s)$$

$$7,30 \times 10^5 = 2,0 \cdot 1059 \cdot (460 - T_s) \Rightarrow T_s = 460 - \frac{7,30 \times 10^5}{2,0 \times 1059}$$

$$T_{s,\text{ar}} = 115^\circ\text{C}$$

(b) Correntes cruzadas

④ Determinação da efetividade



$$NT = 1,82$$

$$Z = 0,04$$

$$\varepsilon = 0,83$$

⑤ Cálculo do fluxo de calor

$$\dot{q} = \varepsilon \cdot C_{\min} \cdot (T_{c,q} - T_{c,f})$$

$$\dot{q} = 0,93 \cdot 2,12 \cdot 10^3 \cdot (460 - 40) \Rightarrow \dot{q} = 7,39 \times 10^5 \text{ W}$$

⑥ Temperaturas de saída

$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{água}} \cdot c_{p,\text{água}} \cdot (T_s - T_c)$$

$$7,39 \times 10^5 = 12 \cdot 4178 \cdot (T_s - 40) \Rightarrow T_s = 40 + \frac{7,39 \times 10^5}{12 \times 4178}$$

$$T_{s,\text{água}} = 547^\circ\text{C}$$

$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{ar}} \cdot c_{p,\text{ar}} \cdot (T_c - T_s)$$

$$7,39 \times 10^5 = 2,0 \cdot 1059 \cdot (460 - T_s) \Rightarrow T_s = 460 - \frac{7,39 \times 10^5}{2,0 \times 1059}$$

$$T_{s,\text{ar}} = 111^\circ\text{C}$$

Conclui-se: nesse caso, a diferença entre os dois tipos de trocadores é muito pequena

2. Óleo ($c_p=2100 \text{ J/kgK}$) é usado para aquecer água ($c_p=4178 \text{ J/kgK}$) em um trocador de calor de carcaça e tubo com uma única passagem pela carcaça e duas pelo tubo. O coeficiente geral de transferência de calor desse trocador é de $525 \text{ W/m}^2\text{K}$. A vazão mássica da água é de 10 kg/s de água, entrando no trocador a 20°C , ao passo que o óleo entra a 240°C . O trocador precisa ser projetado para que a água saia a uma temperatura mínima de 80°C e o óleo a 90°C . Calcule a área de transferência de calor necessária para atingir essa temperatura.

① Vazão mássica do óleo

$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{água}} \cdot c_{p\text{água}} \cdot (T_{s\text{água}} - T_{c\text{água}})$$

$$\dot{q} = 10 \cdot 4178 \cdot (80 - 20) \Rightarrow \dot{q} = 2,51 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{óleo}} \cdot c_{p\text{óleo}} \cdot (T_{c\text{óleo}} - T_{s\text{óleo}})$$

$$2,51 \cdot 10^6 = \dot{m}_{\text{óleo}} \cdot 2100 \cdot (240 - 90) \Rightarrow \dot{m}_{\text{óleo}} = 7,97 \text{ kg/s}$$

② Cálculo de $C_{\text{máx}}$ e $C_{\text{mín}}$

$$C_{\text{água}} = \dot{m}_{\text{água}} \cdot c_{p\text{água}} \Rightarrow C_{\text{água}} = 10 \cdot 4178 \Rightarrow C_{\text{água}} = 4,18 \times 10^4 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

$$C_{\text{óleo}} = \dot{m}_{\text{óleo}} \cdot c_{p\text{óleo}} \Rightarrow C_{\text{óleo}} = 7,97 \cdot 2100 \Rightarrow C_{\text{óleo}} = 1,67 \times 10^4 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

$$\therefore C_{\text{mín}} = 1,67 \times 10^4 \frac{\text{W}}{\text{K}} (\text{óleo}) \text{ e } C_{\text{máx}} = 4,18 \times 10^4 \frac{\text{W}}{\text{K}} (\text{água})$$

③ Cálculo de z

$$z = \frac{C_{\text{mín}}}{C_{\text{máx}}} \Rightarrow z = \frac{1,67 \times 10^4}{4,18 \times 10^4} \Rightarrow z = 0,4$$

④ Cálculo de $\dot{q}_{\text{máx}}$

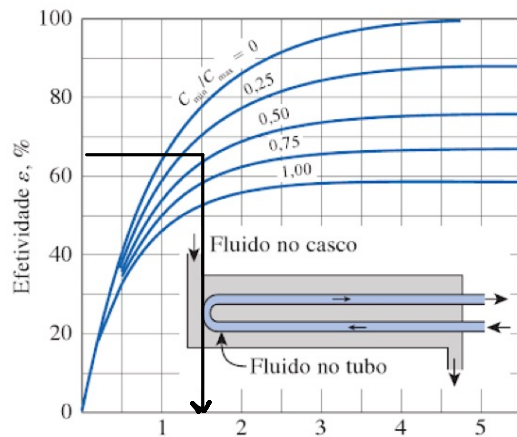
$$\dot{q}_{\text{máx}} = C_{\text{mín}} (T_{c\text{q}} - T_{c\text{f}})$$

$$\dot{q}_{\text{máx}} = 1,67 \times 10^4 (240 - 20) \Rightarrow \dot{q}_{\text{máx}} = 3,67 \cdot 10^6 \text{ W}$$

⑤ cálculo da eficiência

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{\max}} \Rightarrow \varepsilon = \frac{2,51 \cdot 10^6}{3,67 \cdot 10^6} \Rightarrow \varepsilon = 0,683$$

⑥ Determinação do NUT



$$\varepsilon = 0,683$$

$$\beta = 0,4$$

$$NUT = 1,5$$

⑦ Cálculo da área

$$NUT = \frac{U \cdot A}{C_{\min}} \Rightarrow A = \frac{1,5 \times 1,67 \times 10^4}{525} \Rightarrow A = 47,7 \text{ m}^2$$