

Engenharias, São Judas – Unimonte
Transferência de Calor, Prof. Simões
Trocadores de Calor - MLDT

1. Determinar a área de superfície de transferência de calor necessária para um trocador de calor para resfriar 6,93 kg/s de uma solução de álcool etílico a 95% ($c_p=3810$ J/kgK) de 65,6°C para 39,4°C, usando 6,30 kg/s de água ($c_p=4187$ J/kgK) disponível a 10°C. Suponha um coeficiente global de troca de calor de 568 K/m²K e considere os seguintes arranjos:

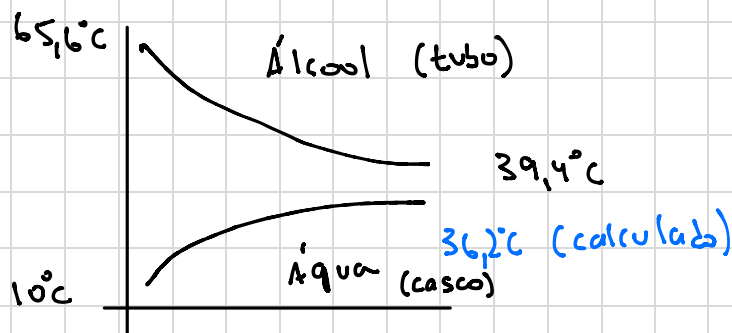
A) Tubo e casco, correntes paralelas, ambos um passe;

B) Tubo e casco, correntes opostas, ambos um passe;

C) Trocador de correntes opostas com suas passagens pelo casco e 72 passagens pelo tubo, sendo o álcool no casco e a água dos tubos. Para esse arranjo considere um fator de fuligem de 0,0005 m²K/W, e recalcule a área. Daí, supondo tubos de 1,0", estime o comprimento do trocador.

D) Fluxo cruzado, com uma passagem pelo tubo e uma pelo casco, o fluido do caso misturado.

A) Correntes paralelas, um passe



- Temperatura de saída da água

$$\dot{q}_{\text{álcool}} = \dot{m}_{\text{al}} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow \dot{q} = 6,93 \cdot 3810 \cdot (65,6 - 39,4) \Rightarrow \dot{q} = 6,92 \times 10^5 \text{ W}$$

$$\dot{q}_{\text{álcool}} = \dot{q}_{\text{água}} \Rightarrow \dot{q}_{\text{água}} = \dot{m}_{\text{ag}} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$6,92 \times 10^5 = 6,30 \cdot 4187 \cdot (T_{\text{ságua}} - 10) \Rightarrow T_{\text{ságua}} = 36,2^\circ\text{C}$$

- MLDT

$$\Delta T_{\text{máx}} = 65,6 - 10 = 55,6^\circ\text{C}$$

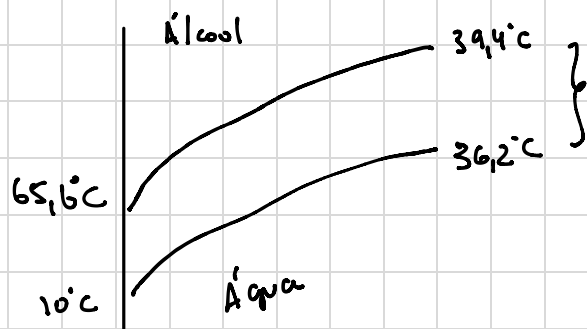
$$\Delta T_{\text{mín}} = 39,4 - 36,2 = 3,2^\circ\text{C}$$

$$\text{MLDT} = \frac{\Delta T_{\text{máx}} - \Delta T_{\text{mín}}}{\ln \frac{\Delta T_{\text{máx}}}{\Delta T_{\text{mín}}}} \Rightarrow \text{MLDT} = \frac{55,6 - 3,2}{\ln \frac{55,6}{3,2}} \Rightarrow \text{MLDT} = 18,4^\circ\text{C}$$

- Área de troca

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot \text{MLDT} \Rightarrow A = \frac{6,92 \times 10^5}{568 \cdot 18,4} \Rightarrow A = 66,2 \text{ m}^2$$

B) Correntes opostas, um passe



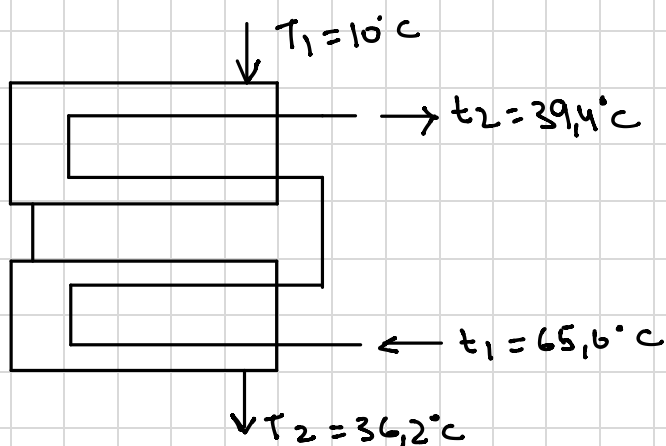
$\Delta T_{\min}$ é pequeno, usaremos a média aritmética

$$\bar{\Delta T} = \frac{65,6 + 39,4}{2} - \frac{36,2 + 10}{2} \Rightarrow \bar{\Delta T} = 29,4^\circ\text{C}$$

- Área de troca

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot \bar{\Delta T} \Rightarrow A = \frac{6,92 \times 10^5}{568 \cdot 29,4} \Rightarrow \boxed{A = 41,4 \text{ m}^2}$$

c) Duas passagens pelo casco, 72 pelo tubo

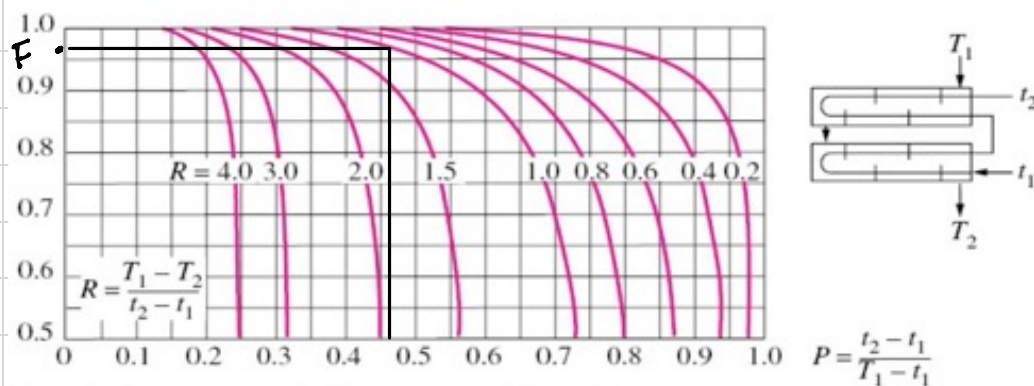


$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

$$R = \frac{10 - 36,2}{39,4 - 65,6}$$

$$R = 1,0$$

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \Rightarrow P = \frac{39,4 - 65,6}{10 - 65,6} \Rightarrow P = 0,47$$



$$F = 0,97 \Rightarrow MLDT_{corrigida} = 0,97 \cdot 29,4$$

$$MLDT_{corrigida} = 28,5^{\circ}\text{C}$$

- Nova área de transferência

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot MLDT \Rightarrow A = \frac{6,92 \times 10^5}{568 \times 28,5} \Rightarrow A = 42,7 \text{ m}^2$$

- Considerando a fuligem ($F = 0,0005$)

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{U} + F} \Rightarrow U_f = \frac{1}{\frac{1}{568} + 0,0005} \Rightarrow U_f = 442 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = \frac{6,92 \times 10^5}{442 \times 28,5} \Rightarrow A = 54,9 \text{ m}^2$$

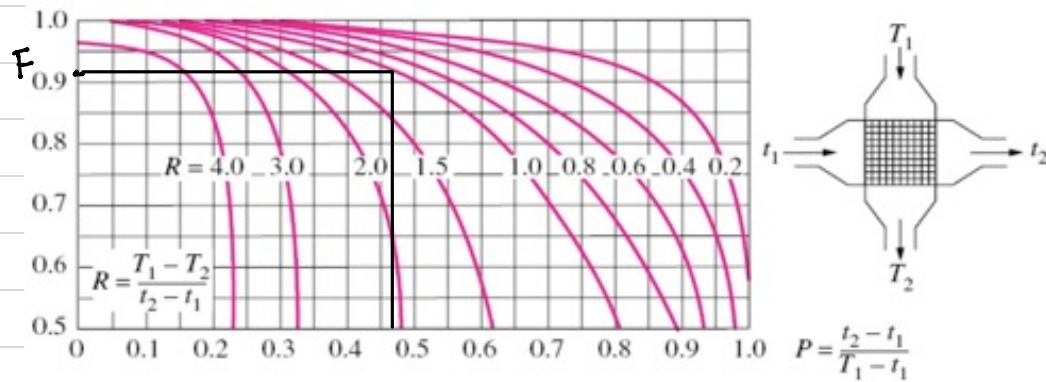
- Comprimento aproximado do trocador

$$\text{Comprimento total de tubo } (1,0'' = 25,4 \text{ mm} = 25,4 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$A = \pi \cdot d \cdot L_T \Rightarrow L_T = \frac{54,9}{\pi \cdot 25,4 \times 10^{-3}} \Rightarrow L_T = 688 \text{ m}$$

$$\text{Dimensão de cada tubo } \Rightarrow L = \frac{688}{72} \Rightarrow L = 9,56 \text{ m}$$

D) Fluxo Cruzado



$$F = 0.92 \Rightarrow \text{MLDT}_{\text{corrigida}} = 0.92 \cdot 29.4$$

$$\text{MLDT}_{\text{corrigida}} = 27.0^\circ$$

- Nova área de transferência

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot \text{MLDT} \Rightarrow A = \frac{6.92 \times 10^5}{568 \cdot 27.0} \Rightarrow \boxed{A = 45.1 \text{ m}^2}$$

