Termodinâmica & Transferência de Calor - 2022/23
2° Teste teórico prático — 24.1.2023

Resolução

• Questão I

a) A potência requerida para aquecer o óleo é dada por

$$q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$\dot{m} = \dot{v} \cdot \rho = \frac{3}{60} \times 0{,}895 = 0{,}045 \, kg/s$$

$$q = 0{,}045 \times 1827 \times (25 - 8) = 1390 \, W$$

$$q = q'' \cdot A \Leftrightarrow q = q'' \cdot \pi \cdot D \cdot L \Leftrightarrow L = \frac{q}{q'' \pi D} = \frac{1390}{5000 \times \pi \times 0{,}025}$$

$$L = 3{,}54 \, m$$

---

b) As temperaturas alcançadas na parede em x, T_{sx} estão relacionadas com as temperaturas do fluido em x de acordo com:

$q'' = h(T_{sx} - T_{fx})$ em que $q'' = 5000 W/m^2$ e $T_{f,0} = 8°C$ e $T_{f,L} = 25°C$

De forma a determinar o valor de h, é preciso saber se o escoamento é laminar ou turbulento

$$Re = \frac{4\dot{m}}{\pi D \mu} = \frac{4 \times 0{,}045}{\pi \times 0{,}025 \times 0{,}6} = 3{,}82 \ll 2500$$

Donde se conclui que o escoamento é laminar. Para o caso de fluxo de calor constante, $Nu = \frac{h \cdot D}{k} = 4{,}36$ de onde se tira que $h = \frac{4{,}36 \times 0{,}14}{0{,}025} = 24{,}4 \, W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

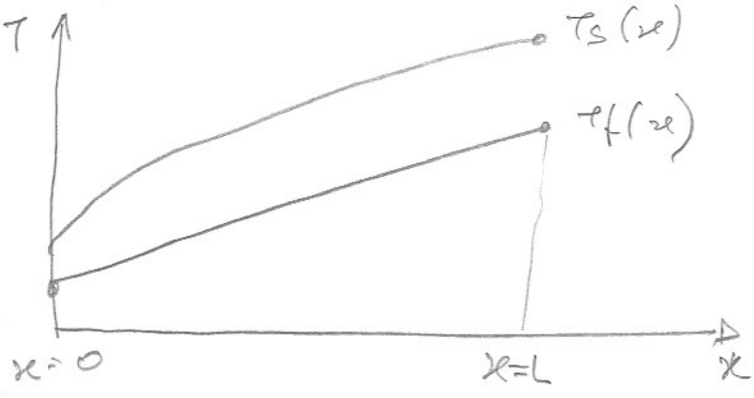
Para a temperatura da parede na entrada

$$T_{s,0} = \frac{5000}{24{,}4} + 8 = 213°C$$

Para a temperatura da parede na saída

$$T_{s,L} = \frac{5000}{24{,}4} + 25 = 230°C$$

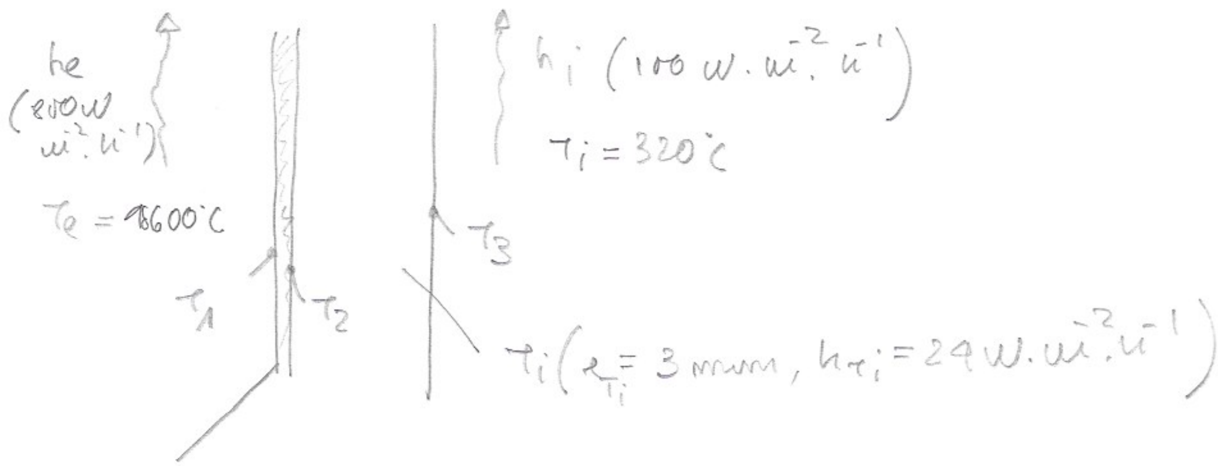
representação gráfica (variação linear das temperaturas)



---

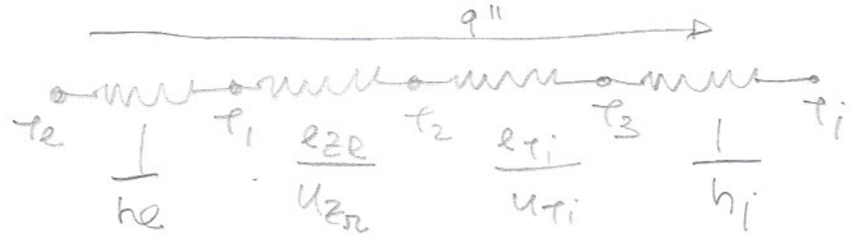
c) O aumento do fluxo térmico, sem que se altere o diâmetro da tubagem poderá levar ao aparecimento de temperaturas na parede do alumínio que excedam o seu limite de utilização.
Uma alternativa reside no aumento do diâmetro do tubo o que provocará uma diminuição de Re, embora Nu não se altere. Contudo o aumento do diâmetro provocará uma diminuição de h o que irá contribuir para um aumento da temperatura da parede.

· Questão II



ZrO_2 (k_{ZR} = 2 W.m^{-1}.K^{-1})

a) o fluxo de calor pode ser representado como uma "corrente" que atravessa uma malha térmica.



$$q'' = \frac{T_\infty - T_1}{\frac{1}{h_e}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e_{ZR}}{k_{ZR}}} = \frac{T_2 - T_3}{\frac{e_{Ti}}{k_{Ti}}} = \frac{T_3 - T_i}{\frac{1}{h_i}}$$

como a temperatura máxima do Titânio ocorre em T_2 e atendendo à regra de proporcionalidade, virá:

$$\frac{T_e - T_2}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_{ZR}}{k_{ZR}}} = \frac{T_2 - T_i}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_{Ti}}{k_{Ti}}}$$

Substituindo valores, teremos $e_{ZR} = 0{,}28 \times 10^{-3}$ m

---

b) $\frac{dT}{dx} \approx \frac{T_2 - T_3}{e_{Ti}}$

$$\frac{T_2 - T_3}{\frac{e_{Ti}}{k_{Ti}}} = \frac{T_2 - T_i}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_{Ti}}{k_{Ti}}}$$

Resolvendo, virá $\frac{T_2 - T_3}{e_{Ti}} =$ 4650 C/m

---

c) Uma forma prática de reduzir a espessura do ZrO_2 seria introduzir uma resistência térmica de contacto entre o ZrO_2 e a liga de titânio

· Questão III

a) Considerámos que o interior da nave é um corpo negro @ 295K, a transmissibilidade dos vidros será dada por

Vidro A : $\lambda . T = 0{,}3 \times 295 = 88{,}5\ \mu m\ K$

Logo a fracção de radiação emitida até 0,3 μm será 0 e a fracção de radiação emitida acima de 0,3 μm será 1. Neste caso a transmissividade do vidro A será 0,8

Vidro B : $\lambda_1 T_1 = 0{,}4 \times 295 = 118\ \mu m . K$ (0,4 μm)

$\lambda . T = 0{,}6 \times 295 = 177\ \mu m\ K$ (0,6 μm)

Em qualquer dos casos a fracção de radiação emitida é 0, ou seja, toda a radiação é emitida acima de 0,6 μm, razão pela qual a transmissividade é 0,4

Assim sendo a opção correcta resulta da escolha do vidro B.

---

b) As perdas por radiação através de B são dadas por

$q = A . \tau . \sigma . T^4 = 0{,}5 \times 0{,}4 \times 5{,}67 \times 10^{-8} \times 295^4 = 85{,}8\ W$
