

Pauta Ejercicio 4

En la carcasa de un intercambiador con aletas se calienta aire. La tubería interior es de 3/2 in de diámetro exterior y está provista de 28 aletas longitudinales de 1/2 in de altura y 0,035 in de espesor. La carcasa es una tubería de acero de 3 in de diámetro interior. El área exterior expuesta del tubo interior (es decir, no cubierta por las aletas) es de 0,426 ft² por unidad de largo (1ft); el área total de las aletas y la tubería es de 2,830ft² por unidad de largo (1ft). El vapor de agua, que condensa a 250°F dentro del tubo interior, tiene un coeficiente de transferencia de calor por convección de 1.500[BTU/ft²-hr-°F]. La conductividad térmica del acero es 26[BTU/ft-h-°F]. El espesor de la pared del tubo interior es de 0,145 in. Si la velocidad másica de aire es 5.000[lb/h-ft²] y la temperatura media del aire es 130°F.

Datos:

Considere despreciable la resistencia de la pared del tubo interior y la película de vapor de agua.

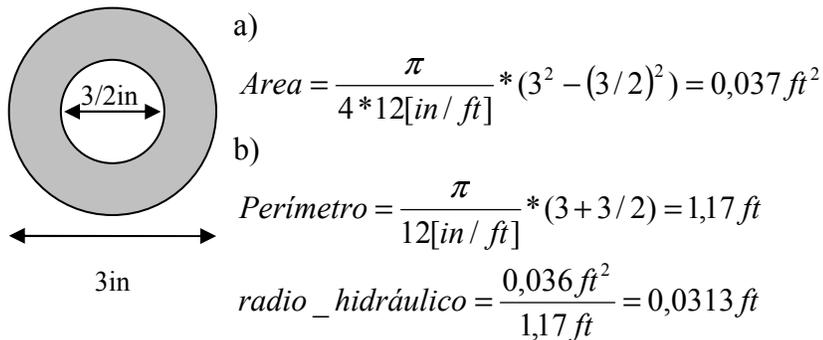
Viscosidad del aire (130°F) = 0,046 [lb/ft-h].

Viscosidad del aire (250°C) = 0,0528 [lb/ft-h].

Cp aire = 0,25 [BTU/lb °F]

K aire = 0,0162 [BTU/ft-h-°F]

- a) Determine el área de la sección transversal del espacio entre la carcasa y el tubo interior (sin aletas).
- b) Determine el perímetro del espacio entre la carcasa y el tubo interior (sin aletas). Establezca, además, el radio hidráulico de este espacio (área del espacio / perímetro del espacio).



- c) Calcule el número de Reynolds del aire (considere que el diámetro equivalente es igual a 4 veces el radio hidráulico). Conociendo este valor establezca el coeficiente j_H.

$$Re = \frac{D_e * G}{\mu} = \frac{4 * 0,0313 ft * 5000 \left[\frac{lb}{h - ft^2} \right]}{0,046 \left[\frac{lb}{ft - h} \right]} = 13609 []$$

La viscosidad utilizada es la del aire a la temperatura promedio (130°F).

De la figura 15.13 se obtiene que j_H es 0,003 aproximadamente. (Entregada durante el ejercicio).

- d) Determine el valor del coeficiente de transferencia de calor por convección en el aire.

$$j_H = \left(\frac{h_o}{C_p * G} \right) * \left(\frac{C_p * \mu}{k} \right)^{2/3} * \left(\frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0,14}$$

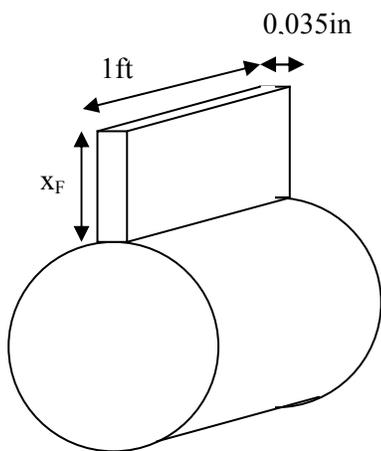
Todas las propiedades son las del aire a 130°F, salvo μ_w que corresponde a la viscosidad a la temperatura de la pared. Como por dato se puede despreciar la resistencia de la pared, se puede decir que la temperatura en la pared es la misma que la de condensación del vapor, 250°C.

$$0,003 = \left(\frac{h_o}{0,25 * 5000} \right) * \left(\frac{0,25 * 0,046}{0,0162} \right)^{2/3} * \left(\frac{0,0528}{0,046} \right)^{0,14}$$

$$0,003 = \left(\frac{h_o}{1250 [BTU / ft^2 \cdot ^\circ F]} \right) * 0,795 * 1,02$$

Despejando, $h_o = 4,63 [BTU / ft^2 \cdot ^\circ F]$.

- e) Calcule el perímetro de las aletas y la sección transversal de éstas (corte a lo largo del eje x). Con estos datos determine el valor $a_F * x_F$ y la eficiencia de las aletas.



$$\text{Perímetro}(L_p) = 2 * (1 \text{ ft} + 0,035 \text{ in} / 12) = 2,006 \text{ ft}$$

$$\text{Area}(S) = 1 \text{ ft} * 0,035 \text{ in} / 12 = 2,92 * 10^{-3} \text{ ft}^2$$

$$a_F = \sqrt{\frac{h_o * L_p / S}{k_m}} = \sqrt{\frac{4,63 * 2,006}{26 * 0,00292}} = 11 [1 / \text{in}]$$

$$x_F = 0,042 \text{ in}$$

$$a_F * x_F = 0,46$$

De la figura 15.12.

$$\eta = 0,9 \text{ aproximadamente}$$

NOTA: k_m es la conductividad del metal del que esta hecha la aleta. El perímetro y el área es de UNA sola aleta.

- f) Determine, finalmente, el coeficiente global de transferencia de calor del sistema respecto al área interna de la tubería interior.

$$U = \frac{1}{\frac{A_i}{h_o * (\eta_F * A_F + A_b)} + \frac{x_w * D_i}{k_m * D_L} + \frac{1}{hi}}$$

A_b = Área de la base sin aletas = 0,426 [ft²] /Dato de enunciado

A_F = Área de las aletas = 2,83 – 0,426 = 2,404 [ft²] /Hay que restar del área del tubo con aletas el área de la base, para así tener sólo el área de las aletas.

NOTA: el subíndice “F” viene de “fin” que es aleta en ingles.

A_i = Área interna del tubo por donde pasa el vapor.

D_L = Diámetro logarítmico. $D_L = \frac{D_{externo} - D_{interno}}{\ln\left(\frac{D_{externo}}{D_{interno}}\right)}$

x_w = espesor de la pared.

$$U = \frac{1}{\frac{\pi * 1,2in / 12}{4,63 \left[\frac{BTU}{ft^2 h^\circ F} \right] * (0,9 * 2,404 + 0,426) [ft^2]} + \frac{0,145in / 12}{26 \left[\frac{BTU}{ft - h^\circ F} \right]} * \frac{1,21}{1,35} + \frac{1}{1500 \left[\frac{BTU}{ft^2 h^\circ F} \right]}}$$

$$U = 36,39 \left[\frac{BTU}{ft^2 h^\circ F} \right]$$