



Departamento de Ingeniería Civil  
Química y Biotecnología.  
Facultad de Ciencias Físicas  
y Matemáticas.  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
[IQ46B] Operaciones de  
Transferencia I; 2009 - Semestre II

## Ejercicio 2

Profesor: Tomás Vargas.

Auxiliar: Melanie Colet.

Ayudante: Jorge Monardes – Diego Guiachetti.

1.- En un intercambiador de carcasa y tubos, el fluido que circula por el exterior de los tubos (por la carcasa) es desviado mediante baffles que lo hacen circular en forma perpendicular a los tubos, en una y otra dirección. Indique, que efecto puede tener en la velocidad de transferencia de calor el variar la distancia a la que se ponen estos baffles.

Al colocar baffles el fluido se ve interrumpido para pasar por la carcasa, así debe cambiar su dirección varias veces para salir del equipo. Estos cambios de dirección provocan que el fluido pase mayor tiempo dentro del equipo (tiempo de residencia), así, es mayor la transferencia de calor.

Además, que el fluido cambie su dirección reiteradas veces dentro del equipo provoca que el flujo se vuelva más turbulento, favoreciendo nuevamente la transferencia de calor.

Finalmente, mientras más separados los baffles menor es la transferencia de calor, es decir, existe un relación indirecta.

2.- Se desea enfriar etilenglicol ( $C_p = 2560 \frac{J}{kg^\circ C}$ ) desde 80 °C hasta 40 °C el cual fluye

a razón de 3,5 kg/s, en un intercambiador de calor de tubos concéntricos con flujo en contra-corriente (considere que el equipo contiene 10 tubos al interior de la carcasa).

El fluido de intercambio utilizado es agua ( $C_p = 4180 \frac{J}{kg^\circ C}$ ) que entra a 20 °C y sale a

55 °C. El coeficiente de transferencia de calor global, con respecto al área superficial interior del tubo, es de  $250 \frac{W}{m^2^\circ C}$ . Determine el flujo de calor transferido en el

intercambiador, el flujo de agua requerido y el área superficial de transferencia de calor del lado interior de un tubo.

$$C_{p,h} = 2560 \frac{J}{kg^{\circ}C}$$

$$T_{h,in} = 80^{\circ}C$$

$$T_{h,out} = 40^{\circ}C$$

$$C_{p,c} = 4180 \frac{J}{kg^{\circ}C}$$

$$T_{c,in} = 20^{\circ}C$$

$$T_{c,out} = 55^{\circ}C$$

$$U = 250 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

Con estos datos, podemos calcular el calor transferido, el calor que pierde el etilenglicol y el calor que gana el agua. Debido a que se considera que no hay pérdidas en el sistema, estos tres calores deben ser iguales, por tanto:

$$Q_{aceite} = \dot{m}_{etil} \cdot C_p \cdot (T_{h,out} - T_{h,in}) = 3,5 \left[ \frac{kg}{s} \right] \cdot 2560 \left[ \frac{J}{kg^{\circ}C} \right] \cdot (40 - 80)^{\circ}C = -358400W$$

Además:

$$Q_{agua} = -Q_{etil}$$

Por tanto:

$$Q_{agua} = \dot{m}_{agua} \cdot C_p \cdot (T_{c,out} - T_{c,in}) \Rightarrow \dot{m}_{agua} = \frac{358400[W]}{4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot (55 - 20)^{\circ}C} = 2,45 \frac{kg}{s}$$

Finalmente, se tiene que el calor transferido se sabe que es igual a:

$$Q_{Transferido} = U \cdot A_{Total} \cdot \Delta T_{Ln}$$

$$\Delta T_{Ln} = \frac{(T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})}{Ln \left( \frac{T_{h,in} - T_{c,out}}{T_{h,out} - T_{c,in}} \right)} = \frac{(80 - 55) - (40 - 20)}{Ln \left( \frac{80 - 55}{40 - 20} \right)} = 22,41^{\circ}C$$

$$\Rightarrow A_{total} = \frac{358400[W]}{250 \left[ \frac{W}{m^2^{\circ}C} \right] \cdot 22,41^{\circ}C} = 63,97m^2$$

Dividiendo por el número de tubos, da que el área superficial por tubo requerida es de  $6,39 m^2$ .

3.- Aceite caliente ( $C_p=2.200[\text{J}/\text{Kg}^\circ\text{C}]$ ) se va a enfriar por medio de agua ( $C_p=4.180[\text{J}/\text{Kg}^\circ\text{C}]$ ) en un intercambiador de calor de dos pasos por el casco y 12 pasos por los tubos. Los tubos son de pared delgada y están hechos de cobre con un diámetro de 1,8[cm]. La longitud en cada paso de los tubos en el intercambiador es de 3[m] y el coeficiente de transferencia de calor total es de  $340[\text{W}/\text{m}^2\text{C}]$ . Por el interior de los tubos fluye agua a una razón de 0,1[ $\text{Kg}/\text{s}$ ] y por la casco fluye aceite a razón de 0,2 [Kg/s]. El agua y el aceite entran a las temperaturas de  $18[^\circ\text{C}]$  y  $160[^\circ\text{C}]$ , respectivamente. Determine el flujo de calor transferido en el intercambiador y las temperaturas de salida de las corrientes de agua y del aceite.

En el sistema antes descrito todo el calor que entrega el fluido caliente (aceite), lo gana el fluido frío (agua), y por lo tanto es igual al calor transferido.

$$Q_{\text{agua}} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{\text{out}}^{\text{cold}} - T_{\text{in}}^{\text{cold}})$$

$$Q_{\text{agua}} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{\text{out}}^{\text{cold}} - T_{\text{in}}^{\text{cold}})$$

$$Q_{\text{agua}} = -Q_{\text{aceite}}$$

El flujo de calor transferido:

$$Q_{\text{Transferido}} = U \cdot A_{\text{Total}} \cdot \Delta T_{Ln} \cdot F$$

Donde

- $U=340[\text{W}/\text{m}^2\text{C}]$ .
- $A_{\text{Total}} = \pi \cdot 0,018[\text{m}] \cdot 3[\text{m} / \text{tubo}] \cdot 12 = 2,036[\text{m}^2]$
- La diferencia de temperatura logarítmica para el sistema en contracorriente se define como:

$$\Delta T_{Ln} = \frac{(T_{\text{in}}^{\text{hot}} - T_{\text{out}}^{\text{cold}}) - (T_{\text{out}}^{\text{hot}} - T_{\text{in}}^{\text{cold}})}{\text{Ln} \left( \frac{T_{\text{in}}^{\text{hot}} - T_{\text{out}}^{\text{cold}}}{T_{\text{out}}^{\text{hot}} - T_{\text{in}}^{\text{cold}}} \right)} = \frac{(160 - T_{\text{out}}^{\text{cold}}) - (T_{\text{out}}^{\text{hot}} - 18)}{\text{Ln} \left( \frac{160 - T_{\text{out}}^{\text{cold}}}{T_{\text{out}}^{\text{hot}} - 18} \right)}$$

- F se obtiene gráficamente encontrando la intersección entre z y  $\eta$ , los que se definen como:

$$\eta = \frac{T_{\text{out}}^{\text{cold}} - T_{\text{in}}^{\text{cold}}}{T_{\text{in}}^{\text{hot}} - T_{\text{in}}^{\text{cold}}} = \frac{T_{\text{out}}^{\text{cold}} - 18}{160 - 18}$$

$$z = \frac{T_{\text{in}}^{\text{hot}} - T_{\text{out}}^{\text{hot}}}{T_{\text{out}}^{\text{cold}} - T_{\text{in}}^{\text{cold}}} = \frac{160 - T_{\text{out}}^{\text{hot}}}{T_{\text{out}}^{\text{cold}} - 18}$$

Iteración:

1. Suponerse un  $T_{\text{out}}^{\text{cold}}$
2. Encontrar Q y  $T_{\text{out}}^{\text{hot}}$
3. Determinar  $\eta$  y z, y encontrar F.
4. Calcular el  $Q_{\text{Transferido}}$ , si coincide con el Q inicial se resuelve el problema.

**Tabla 1: Algunos resultados de iteraciones**

Q [W]	$T_{out}^{hot}$ [°C]	$T_{out}^{cold}$ [°C]	$\eta$	zeta	F	Qt [W]
30000	91,82	89,77	0,51	0,950	0,96	47824
35000	80,45	101,73	0,59	0,950	0,91	37985
36000	78,18	104,12	0,61	0,950	0,91	36515
36100	77,95	104,36	0,61	0,950	0,91	36368
36200	77,73	104,60	0,61	0,950	0,91	36221
36207	77,71	104,62	0,61	0,950	0,91	36210
<b>36208</b>	<b>77,71</b>	<b>104,62</b>	<b>0,61</b>	<b>0,950</b>	<b>0,91</b>	<b>36209</b>
36700	76,59	105,80	0,62	0,950	0,9	35096

Por lo tanto el aceite se enfría hasta una temperatura de 104,62°C y el agua se calienta hasta 77°C, y la velocidad de transferencia de calor es de 36.208[W].



