

TD calcul des échangeurs de chaleur

Exercice 1 : On considère un échangeur (constitué de deux tubes concentriques) destiné à refroidir de l'huile lubrifiant. Dans le tube intérieur, supposé de petite épaisseur et de diamètre intérieur 30 mm, on fait passer de l'eau dont la température à l'arrivée est de 35°C, à raison de 0,2 kg/s. L'huile s'écoule à un débit de 0,1 kg/s dans l'espace annulaire entre les deux tubes, sa température à l'arrivée étant de 120°C. Le diamètre de tube extérieur est 50 mm et le coefficient de l'échange thermique globale est 70 W/m².K. Pour un échangeur à contre-courants, on désire maintenir la température de l'huile à la sortie à 50°C.

1. Déterminer le flux thermique échangé et la température de l'eau à la sortie.
2. Déterminer la longueur de l'échangeur.

Aux températures moyennes, on a pour l'huile : $c_p = 1900$ J/kg.K, $\nu = 1 \times 10^{-5}$ m²/s, $\lambda = 0,134$ W/m.K, $\rho = 800$ kg/m³, et $Pr = 140$, et pour l'eau : $c_p = 4200$ J/kg.K, $\nu = 7 \times 10^{-7}$ m²/s, $\lambda = 0,64$ W/m.K, $\rho = 1000$ kg/m³, et $Pr = 4,7$.

Exercice 2 : Un échangeur à contre-courants, sous la forme de deux tubes cylindriques coaxiaux, est utilisé pour refroidir l'huile lubrifiant d'un grand turbine à gaz. La température de l'eau est 30°C à l'arrivée du circuit intérieur ($D = 25$ mm) et 40.2°C à la sortie, à raison de $\dot{m}_e$ kg/s tandis que l'huile arrive au circuit extérieur ($D = 45$ mm) à 100°C, à raison de $\dot{m}_h$ kg/s.

Pour l'écoulement de circuit intérieur on suppose que

$$Nu_D = \frac{h_i D}{\lambda} = 0,023 Re_D^{4/5} Pr^{0,4}$$

où le nombre de Reynolds est basé sur le diamètre du tube, et h_i est la valeur moyenne de coefficient d'échange thermique du circuit intérieur ; les valeurs respectives d'échange thermique global de l'échangeur, et de celui du circuit extérieur sont notées par h et h_e .

Si l'épaisseur de tube intérieur est petite devant le rayon du tube, montrer que

$$h = \frac{1}{(1/h_i) + (1/h_e)}.$$

En supposant que l'on désire maintenir la température de l'huile à $T = 60^\circ\text{C}$ à la sortie :

1. Déterminez $\dot{m}_e$ si $\dot{m}_h = 0.1$ kg/s.
2. Calculez le flux thermique total échangé, Φ .
3. Déterminez la moyenne logarithmique de la différence de température.
4. Déterminer h_i .
5. Déterminer la longueur de l'échangeur si $h_e = 37,8$ W/m².K.

Pour l'huile, on se donne ($\overline{T_c} = 80^\circ\text{C} = 353$ K) : $c_p = 2131$ J/kg.K, $\mu = 3,25 \times 10^{-2}$ N.s/m², $\lambda = 0,138$ W/m.K. Pour l'eau on a, à $\overline{T_f} \simeq 35^\circ\text{C}$: $c_p = 4178$ J/kg.K, $\mu = 725 \times 10^{-6}$ N.s/m², $\lambda = 0,625$ W/m.K, $Pr = 4,85$.

Exercice 3

Le transfert de chaleur entre deux fluides s'effectue à travers un tube d'acier de diamètres intérieur/extérieur 18 / 21 mm.

On donne :

- côté intérieur : $h_1 = 1000 \text{ W / m}^2 \text{ K}$; température moyenne de mélange $T_1 = 10^\circ \text{C}$
- côté extérieur : $h_2 = 2000 \text{ W / m}^2 \text{ K}$; température $T_2 = 25^\circ \text{C}$
- acier : $\lambda = 46 \text{ W / m.K}$

1. Calculer le coefficient global d'échange k .
2. Après un an de fonctionnement, on estime avoir une résistance d'encrassement $R_e = 4.10^{-4} \text{ W}^{-1} \text{ m}^2 \text{ K}$. Déterminer le nouveau coefficient d'échange global.
3. En attribuant une efficacité de 1 au tube neuf, que devient cette efficacité au bout d'un an ?
4. Quel est alors le flux échangé dans un tube de longueur $L = 1 \text{ m}$?