

Bài 1: (3 điểm)

Lõi dây điện có đường kính 5 mm, bên ngoài bọc một lớp cách điện có hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 0,1 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$. Nếu biết nhiệt độ trên bề mặt lõi dây điện là $t_w = 90^\circ\text{C}$, nhiệt độ môi trường không khí xung quanh là $t_f = 25^\circ\text{C}$ và hệ số tỏa nhiệt trên bề mặt ngoài của dây là $\alpha = 14 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$, hỏi:

- Nhiệt lượng 1 m dây điện truyền ra xung quanh là bao nhiêu trong trường hợp không bọc cách điện.
- Phải bọc lõi dây điện với lớp cách điện có bề dày bao nhiêu để nhiệt lượng truyền ra ngoài đạt giá trị cực trị.

Bài 2: (4 điểm)

Một vách phẳng cao 2m cấu tạo bằng một lớp gạch dày $\delta = 200 \text{ mm}$, hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 1,1 \text{ W/(m} \cdot \text{độ)}$. Mặt ngoài của vách có nhiệt độ $t_w = 70^\circ\text{C}$ tiếp xúc với môi trường không khí xung quanh có $t_{f2} = 30^\circ\text{C}$. Hãy xác định:

- Hệ số tỏa nhiệt đối lưu α_2 từ bề mặt vách ngoài ra môi trường.
- Nhiệt độ môi chất nóng t_{f1} (tiếp xúc với mặt trong của vách) nếu biết hệ số tỏa nhiệt đối lưu từ bề mặt trong của vách đến môi chất nóng là $\alpha_1 = 130 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{độ)}$

Bài 3: (3 điểm)

Một thiết bị trao đổi nhiệt dạng ống lồng ống có diện tích trao đổi nhiệt $F = 15 \text{ m}^2$. Nước làm mát chảy trong ống có nhiệt độ vào $t'_2 = 25^\circ\text{C}$, nhiệt độ ra $t''_2 = 55^\circ\text{C}$, tốc độ $\omega_2 = 3 \text{ m/s}$. Chất lỏng nóng đi bên ngoài ống có nhiệt độ vào $t'_1 = 120^\circ\text{C}$, nhiệt dung riêng $c_{p1} = 2,5 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{độ)}$, lưu lượng $G_1 = 5 \text{ kg/s}$. Biết thiết bị trao đổi nhiệt theo kiểu lưu đồ ngược chiều và ống có đường kính trong $d_{tr} = 30 \text{ mm}$, hãy xác định hệ số truyền nhiệt k của thiết bị.

ĐÁP ÁN

Bài 1: (3 điểm)

a) Trường hợp không bọc cách điện:

$$q_L = \frac{t_w - t_f}{\frac{1}{\pi d \alpha}} = \frac{90 - 25}{\frac{1}{\pi * 0,005 * 14}} = 14,3 \text{ W/m} \quad (1 \text{ điểm})$$

b) Gọi bề dày lớp cách điện là $\delta \rightarrow D = d + 2\delta$

$$q'_L = \frac{t_w - t_f}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\pi D \alpha}} \quad \text{cực trị khi } f(D) = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\pi D \alpha} \quad \text{cực trị} \quad (1 \text{ điểm})$$

$$\Rightarrow f'(D) = 0 \Rightarrow D = \frac{2\lambda}{\alpha} \Rightarrow \delta = \frac{1}{2} \left(\frac{2\lambda}{\alpha} - d \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{2 * 0,1}{14} - 0,005 \right) = 0,0046 \text{ m}$$

Nhiệt lượng truyền ra ngoài cực trị khi bọc dây với lớp cách điện dày 4,6 mm

(1 điểm)

Bài 2: (4 điểm)

a) **Xác định hệ số tỏa nhiệt α**

- Kích thước xác định: $l = h = 2 \text{ m}$

- Nhiệt độ xác định: $t_m = \frac{t_{f2} + t_w}{2} = \frac{30 + 70}{2} = 50^\circ \text{C}$

Tra bảng thông số vật lý của không khí ở 50°C suy ra:

$\lambda = 0,0283 \text{ W/(m.độ)}$

$\nu = 17,95 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$\text{Pr} = 0,698$

$\beta = 1/T_m = 1/(50+273) = 0,0031 \text{ K}^{-1}$

$$\rightarrow Gr = \frac{g\beta l^3}{\nu^2} \Delta T = \frac{9,81 * 0,0031 * 2^3}{(17,95 * 10^{-6})^2} * (70 - 30) = 3,0203 * 10^{10}$$

$$\rightarrow Gr * \text{Pr} = 3,0203 * 10^{10} * 0,698 = 2,108 * 10^{10}$$

\rightarrow Chảy rối: $C = 0,135$; $n = 1/3$

Phương trình tiêu chuẩn:

$$Nu = C(Gr * \text{Pr})^n = 0,135 * (2,108 * 10^{10})^{1/3} = 372,93$$

\rightarrow Hệ số tỏa nhiệt :

$$\alpha = \frac{Nu * \lambda}{l} = \frac{372,93 * 0,0283}{2} = 5,3 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{độ)} \quad (2,5 \text{ điểm})$$

b) **Biết $\alpha_1 = 130 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{độ)}$**

$$q = \frac{t_w - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{70 - 30}{\frac{1}{5,3} + \frac{\delta}{\lambda}} = 212 \text{ W} = \frac{t_{f1} - t_w}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda}}$$

$$\Rightarrow t_{f1} = q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} \right) + t_w = 110,2^\circ \text{C} \quad (1,5 \text{ điểm})$$

Bài 3: (3 điểm)

Nhiệt độ nước làm mát trung bình chảy trong ống: $t_2 = \frac{t_2' + t_2''}{2} = 40^\circ C$

Tra bảng thông số vật lý của nước ở $40^\circ C$, ta có:

$$\rho_2 = 992,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{p2} = 4,174 \text{ kJ/(kg.độ)}$$

Nhiệt lượng trao đổi trong thiết bị:

$$Q = Q_2 = \left(\omega_2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \right) \rho_2 \cdot c_{p2} \cdot \Delta t_2 = 3 * \pi * \frac{0,03^2}{4} * 992,2 * 4,174 * 30$$
$$= 263,5 \text{ kJ}$$

(1 điểm)

$$\text{Mà } Q = Q_1 = G_1 c_{p1} \Delta t_1 = 5 * 2,5 * (120 - t_1'') = 263,5 \Rightarrow t_1'' = 98,9^\circ C$$

Lưu động ngược chiều, ta có:

$$\Delta t_{\max} = 98,9 - 25 = 73,9^\circ C$$

$$\Delta t_{\min} = 120 - 55 = 65^\circ C$$

$$\Rightarrow \bar{\Delta t} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \left(\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} \right)} = 69,4^\circ C$$

(1 điểm)

$$Q = kF\bar{\Delta t} \Rightarrow k = \frac{Q}{F\bar{\Delta t}} = \frac{263,5 * 10^3}{15 * 69,4} = 253,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{độ)}$$

(1 điểm)