

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HỒ CHÍ MINH
BỘ MÔN CÔNG NGHỆ NHIỆT LẠNH

* * * * *

ĐỀ THI CUỐI HỌC KỲ

Môn học : TRUYỀN NHIỆT

Ngày thi : 19/06/2011;

Thời gian : 90 phút

(Sinh viên được sử dụng tài liệu)

Bài 1 (4,5 điểm):

Ở một thiết bị đun nước bằng hơi bão hòa khô, nước chảy trong ống thép có đường kính $d_{tr}/d_{ng} = 28/32$ mm. Biết lưu lượng nước trong ống là $G = 1$ kg/s; nhiệt độ nước ở đầu vào $t'_2 = 25^\circ C$ và ở đầu ra là $t''_2 = 95^\circ C$; vật liệu ống có hệ số dẫn nhiệt $\lambda_v = 45$ W/(mK); nhiệt độ của hơi bão hòa là $t_1 = 140^\circ C$ và hệ số tỏa nhiệt phía hơi ngưng tụ là $\alpha_1 = 4000$ W/(m²K).

- a. Hãy xác định hệ số toả nhiệt về phía nước α_2 (Xem hệ số $(Pr_f/Pr_w)^{0.25} = 1$)
- b. Tính hệ số truyền nhiệt đường k_L và mật độ dòng nhiệt trung bình trên 1 mét ống q_L
- c. Chiều dài cần thiết L của ống là bao nhiêu?
- d. Tính lượng hơi cần cung cấp trong một giờ, G_h
- e. Vẽ đồ thị trao đổi nhiệt (t-F), có ghi cụ thể giá trị nhiệt độ vào & ra của các môi chất.

Bài 2 (3 điểm):

Một vách phẳng được làm bằng hai tấm kim loại mỏng cách nhau 40 mm. Nhiệt độ và độ đen mặt bên trong của hai tấm lần lượt là $t_1 = 120^\circ C$, $\varepsilon_1 = 0,6$ và $t_2 = 40^\circ C$, $\varepsilon_2 = 0,5$. Diện tích bề mặt vách $F = 12$ m². Xem không gian giữa hai tấm kim loại là không khí khô có áp suất khí quyển. Hãy tính nhiệt lượng trao đổi qua vách trong hai trường hợp:

- a. Vách đặt nằm, tấm nóng nằm ở phía trên
- b. Vách đặt đứng.

Bài 3 (2,5 điểm):

Khảo sát một thiết bị trao đổi nhiệt loại lưu động ngược chiều, cho thấy:

- Lưu lượng của chất lỏng nóng cần làm nguội là 3 m³/h, khối lượng riêng $\rho_1 = 1104$ kg/m³ và nhiệt dung riêng $c_{p1} = 2,5$ kJ/(kg.K). Nhiệt độ chất lỏng nóng đi vào thiết bị là $t'_1 = 90^\circ C$.

- Lưu lượng nước làm nguội là 4 m³/h, khối lượng riêng $\rho_2 = 992$ kg/m³ và nhiệt dung riêng $c_{p2} = 4,18$ kJ/(kg.K). Nhiệt độ nước đi vào thiết bị là $t'_2 = 30^\circ C$.

- Thiết bị có diện tích trao đổi nhiệt $F = 10$ m², hệ số truyền nhiệt $k = 460$ W/(m².K).

Hãy xác định:

- a. Năng suất nhiệt Q của thiết bị.
- b. Nhiệt độ của cả hai môi chất khi ra khỏi thiết bị.

Người ra đề
TS. Nguyễn Văn Tuyên

ĐÁP ÁN

Bài 1 (4,5 điểm)

a) Hệ số toả nhiệt α_2

(2 điểm)

Nhiệt độ trung bình của nước trong ống: $t_2 = 0,5(25 + 95) = 60 \text{ }^\circ\text{C}$

Thông số vật lý của nước

$$\rho = 983,2 \text{ kg/m}^3 ; \quad c_p = 4,179 \text{ kJ/kgK} ; \quad \lambda = 65,9 \cdot 10^{-2} \text{ W/mK} ;$$

$$\nu = 0,478 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} ; \quad \text{Pr}_f = 2,98$$

Vận tốc nước trong ống: $w = \frac{4G}{\rho \pi d_{tr}^2} = \frac{4 \times 1}{983,2 \times \pi \times 0,028^2} = 1,65 \text{ m/s}$

Tiêu chuẩn Reynolds: $\text{Re}_f = \frac{w d_{tr}}{\nu} = \frac{1,65 \times 0,028}{0,478 \cdot 10^{-6}} = 96652 > 10^4$

Do chế độ chảy rối, và giả thiết $L/d > 50$, ta có PTTC:

$$\text{Nu}_f = 0,021 \text{Re}_f^{0,8} \text{Pr}_f^{0,43} = 0,021 \times 96652^{0,8} \times 2,98^{0,43} = 326,76$$

$$\alpha_2 = \text{Nu}_f \frac{\lambda}{d_{tr}} = 326,76 \frac{65,9 \cdot 10^{-2}}{0,028} = 7690,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

b) Hệ số truyền nhiệt đường

(1 điểm)

$$k_L = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_{ng}} + \frac{1}{2\lambda_v} \ln \frac{d_{ng}}{d_{tr}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{tr}}}$$

$$k_L = \frac{1}{\frac{1}{4000 \times 0,032} + \frac{1}{2 \times 45} \ln \frac{32}{28} + \frac{1}{7690,5 \times 0,028}} = 73,24 \text{ W/(mK)}$$

Mật độ dòng nhiệt trung bình:

$$q_L = \pi k_L (t_1 - t_2) = \pi \times 73,24 (140 - 60) = 18,398 \text{ kW/m}$$

c) Chiều dài ống cần thiết

(0.5 điểm)

Nhiệt cần cấp cho nước:

$$Q = G_2 c_{p2} (t_2'' - t_2') = 1 \times 4,179 (95 - 25) = 292,53 \text{ kW}$$

Số mét chiều dài ống: $L = \frac{Q}{q_L} = \frac{292,53}{18,398} = 15,9 \text{ m}$

Kiểm tra tỷ số L/d : $15,9 / 0,028 = 568 > 50$

d) Lượng hơi cần cung cấp (0,5 điểm)

Hơi nước ở $t_s = 140^\circ\text{C}$ có $r = 2145 \text{ kJ/kg}$

Từ PT cân bằng nhiệt $Q = G_{hr}$

$$G_h = Q / r = 292,53 / 2145 = 0,136 \text{ kg/s} = 491 \text{ kg/h}$$

e) Vẽ đúng đồ thị t-F (0,5 điểm)

Bài 2) (3 điểm)

a) Trường hợp vách đặt nằm, tấm nóng nằm ở phía trên (1,5 điểm)

- Trao đổi nhiệt bức xạ

(1 điểm)

$$q_o = C_o \cdot \left\{ \left(\frac{T_{w1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{w2}}{100} \right)^4 \right\} = 5,67 \times \{ 3,9315^4 - 3,1315^4 \} = 809,37 \text{ W/m}^2$$

$$\varepsilon_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,5} - 1} = 0,375$$

$$q_{bx} = \varepsilon_{12} \cdot q_o = 303,5 \text{ W/m}^2$$

$$Q_{bx} = F \cdot q_{bx} = 3642 \text{ W}$$

- Dẫn nhiệt (0,5 điểm)

Tại nhiệt độ trung bình $t_k = 80^\circ\text{C}$ thì $\lambda = 3,05 \cdot 10^{-2} \text{ W/mK}$

$$Q_{dn} = 12 \times 3,05 \cdot 10^{-2} \times (120 - 40) / 0,04 = 732 \text{ W}$$

Tổng nhiệt lượng trao đổi:

$$Q = Q_{bx} + Q_{dn} = 3.642 + 732 = 4.374 \text{ W}$$

b) Trường hợp vách đặt đứng (1,5 điểm)

- Đối lưu trong không gian hẹp

$$\bullet \text{ Nhiệt độ tính toán } t_k = 80^\circ\text{C} \Rightarrow \begin{cases} \lambda = 0,0305 \text{ W/(m.K)} \\ \nu = 21,09 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\ Pr_f = 0,692 \\ \beta \sim 1/T_k \text{ K}^{-1} \end{cases}$$

• Kích thước tính toán : $\delta = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$

• Tiêu chuẩn Grashof

$$Gr_f = \frac{g \cdot \beta \cdot \delta^3 \cdot \Delta t}{\nu^2} = \frac{9,81 \times 0,04^3 \times 80}{353,15 \times 21,09^2 \cdot 10^{-12}} = 31,976 \cdot 10^4$$

$$Ra_f = (Gr \cdot Pr)_f = 31,976 \cdot 10^4 \times 0,692 = 22,127 \cdot 10^4 > 10^3$$

$$e_{td} = 0,18 \cdot Ra_f^{0,25} = 3,9$$

$$Q_{dl} = \varepsilon_{td} \cdot Q_{dn} = 3,9 \times 732 = 2.854,8 \text{ W}$$

Tổng nhiệt lượng trao đổi:

$$Q = Q_{bx} + Q_{dl} = 3.642 + 2.854,8 = \mathbf{6.496,8 \text{ W}}$$

Bài 4 (2,5 điểm)

Sử dụng phương pháp NTU

$$C_1 = G_1 c_{p1} = 3 \cdot 1104 \cdot 2,5 / 3600 = 2,3 \text{ kW/K} = C_{min}$$

$$C_2 = G_2 c_{p2} = 4 \cdot 992 \cdot 4,18 / 3600 = 4,6 \text{ kW/K} = C_{max}$$

(0,5 điểm)

$$C^* = C_{min} / C_{max} = 2,3 / 4,6 = 0,5$$

$$NTU = kF / C_{min} = 460 \cdot 10 / 2300 = 2$$

Hiệu suất thiết bị (tra đồ thị / hoặc tính theo công thức):

$$\varepsilon = 0,77$$

(1 điểm)

Nhiệt lượng truyền cực đại:

$$Q_{max} = C_{min} (t'_1 - t'_2) = 2,3 (90 - 30) = 138 \text{ kW}$$

Nhiệt lượng trao đổi:

$$Q = \varepsilon Q_{max} = 0,77 \cdot 138 =$$

$$106,3 \text{ kW}$$

(0,5 điểm)

Nhiệt độ chất lỏng nóng ra:

$$t_1'' = t_1' - Q / C_1 = 90 - 106,3 / 2,3 = 43,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Nhiệt độ nước ra:

$$t_2'' = t_2' + Q / C_2 = 30 + 106,3 / 4,6 =$$

$$53,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

(0,5 điểm)