

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH TRAO ĐỔI NHIỆT CỦA THIẾT BỊ ỚNG LỒNG ỚNG DẠNG XOẮN.

RESEARCH ON THE CALCULATION OF HEAT EXCHANGE PROCESS WITH THE THERMAL EQUIPMENT OF DOUBLE PIPE HELICAL HEAT EXCHANGERS

Hồ Trần Anh Ngọc

Trường Cao đẳng Công nghệ- Đại học Đà Nẵng; Email: anhngoctr@yahoo.com

Tóm tắt: Quá trình trao đổi nhiệt là quá trình trao đổi năng lượng dưới dạng nhiệt năng diễn ra giữa hai môi chất có nhiệt độ khác nhau. Quá trình trao đổi nhiệt diễn ra theo nhiều phương thức khác nhau. Để thực hiện được quá trình trao đổi nhiệt đó, chúng phải được tiến hành thông qua các thiết bị trao đổi nhiệt. Các thiết bị trao đổi nhiệt có rất nhiều loại khác nhau, nhưng trong đó loại thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống lồng ống là một trong những loại thiết bị trao đổi nhiệt có hiệu quả trao đổi nhiệt tốt nhất. Đặc biệt loại thiết bị trao đổi nhiệt ống lồng ống dạng xoắn vừa có ưu điểm là hiệu suất trao đổi nhiệt cao vừa có kết cấu gọn gàng, bố trí sử dụng một cách linh hoạt, an toàn. Bài báo này đưa ra phương pháp tính toán thiết bị trao đổi nhiệt ống lồng ống dạng xoắn để có thể áp dụng tính toán cho các hệ thống thiết bị thực tế.

Từ khóa: Trao đổi nhiệt; Thiết bị trao đổi nhiệt; Ống ống lồng; Ống lồng ống dạng xoắn; Hiệu suất.

Abstract: Heat exchange process is a process of exchange of energy as heat takes place between substances with carriers to process heat or cold temperatures. The heat exchange process takes place in several different methods. In the performance of heat exchange process, they must be conducted through the heat exchanger. There are many kinds of heat exchanger equipment, but the double tube is one of the types of heat exchangers that acts with best efficiency. Special types of double tube helical heat exchangers with the advantages of high efficiency for heat exchangers have a compact structure and layout which are used flexibly and safely. This paper offers methods of calculating double tube helical heat exchangers which can be applied in the calculation of the systems that use pipe spiral heat exchangers.

Key words: Heat exchanger; Heat exchanger equipment; Tube in tube; Double pipe helical; performance

1. Đặt vấn đề

Thiết bị trao đổi nhiệt (TBTĐN) là thiết bị trong đó thực hiện sự trao đổi nhiệt (TĐN) giữa hai môi chất có nhiệt độ khác nhau, mục đích là dùng để nung nóng hoặc làm nguội môi chất, chúng có thể là chất lỏng, khí hoặc hơi, các chất này có nhiệt độ chênh lệch nhau. Hiện nay, có rất nhiều chủng loại TBTĐN với nhiều phương pháp tính toán khác nhau. Trong khuôn khổ bài báo này, ta đi tính toán thiết bị TĐN ống lồng ống dạng xoắn.

2. Phân loại thiết bị trao đổi nhiệt

2.1. Các cách phân loại TBTĐN

2.1.1. Theo nguyên lý làm việc của TBTĐN

- TBTĐN kiểu tiếp xúc hay hỗn hợp: chất gia công và môi chất tiếp xúc nhau, thực hiện cả quá trình TĐN lẫn trao đổi chất, tạo ra một hỗn hợp.

- TBTĐN kiểu hồi nhiệt: là loại TBTĐN có mặt TĐN được quay. Quá trình TĐN là không ổn định và trong mặt TĐN có sự dao động nhiệt.

- TBTĐN loại vách ngăn: vách rắn ngăn cách chất lỏng nóng với chất lỏng lạnh, chúng TĐN theo kiểu truyền nhiệt, loại này bảo đảm độ kín tuyệt đối giữa hai chất, cho nên chất gia công được tinh khiết, vệ sinh và an toàn.

- TBTĐN kiểu ống nhiệt: dùng để truyền tải nhiệt từ chất lỏng nóng đến chất lỏng lạnh. Môi chất nhận nhiệt từ chất lỏng nóng, sôi và hoá hơi thành hơi bão hoà, truyền đến vùng tiếp xúc với chất lỏng lạnh, ngưng thành lỏng rồi quay về vùng nóng.

2.1.2. Phân loại theo sơ đồ chuyển động chất lỏng với TBTĐN có vách ngăn, ta có:

- Sơ đồ song song cùng, ngược chiều.

- Sơ đồ song song hỗn hợp.

- Sơ đồ giao nhau một lần.

- Sơ đồ giao nhau nhiều lần.

2.1.3. Phân loại TBTĐN theo thời gian, ta có hai loại: TBTĐN làm việc liên tục và theo chu kỳ.

Ngoài ra còn có cách phân loại TBTĐN theo công dụng như: thiết bị TĐN dùng để làm nóng, làm mát hoặc làm nguội sản phẩm đến nhiệt độ cao hơn bằng hay thấp hơn nhiệt độ môi trường xung quanh.

2.2. Các loại TBTĐN ống lồng ống

Trong các loại TBTĐN thì ống lồng ống là loại TBTĐN có hiệu quả TĐN khá cao, chỉ đứng sau loại tấm băng. Ta có các loại ống lồng ống sau:

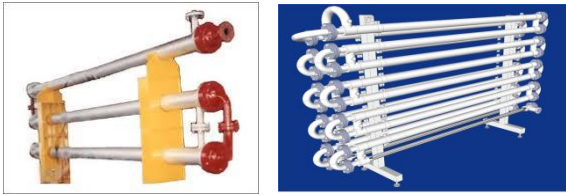
2.2.1. Ống lồng ống thẳng

Ống lồng ống thẳng là loại TBTĐN sử dụng phổ biến vì nó có cấu tạo đơn giản, gồm có ống ngoài bao bọc ống trong, ống trong nối với nhau bởi các cút cong, còn ống ngoài được nối với nhau bởi các đầu chuyển hướng và các chắn ba.



Hình 1. Các Module ống lồng ống thẳng đơn

Tùy thuộc vào lưu lượng, công suất mà nhà thiết kế và người sử dụng có thể kết nối nhiều module lại với nhau để có thể đáp ứng được yêu cầu thực tế TĐN. Các ống có thể nối với nhau bằng các bích nối rất linh động.



Hình 2. Ghép nối các module ống lồng ống đơn

2.2.2. Các loại ống lồng ống cong, xoắn

Với TBTĐN ống lồng ống dạng cong và xoắn, ta có thể chia ra làm nhiều loại tùy thuộc vào hình dạng bên ngoài, ta có các loại sau:

- TBTĐN ống lồng ống dạng hình xoắn tròn: ống được lồng vào nhau và định vị tâm để có khoảng cách đều rồi sau đó được uốn cong.



Hình 3. Ống lồng ống dạng xoắn tròn

- TBTĐN ống lồng ống dạng elipse: Ống sau khi lồng vào nhau được uốn theo hình dạng elipse, nhờ đó dòng môi chất dễ dàng chuyển động ở các vị trí ngoặt dòng chuyển hướng mà không bị cản trở, được bố trí trong không gian hẹp.



Hình 4. Ống lồng ống hình elipse

- TBTĐN ống lồng ống dạng hình vuông, chữ nhật: ống lồng ống loại này được lắp đặt, bố trí gọn gàng, phù hợp với mặt bằng ở bên ngoài.



Hình 5. Ống lồng ống dạng xoắn hình vuông, chữ nhật

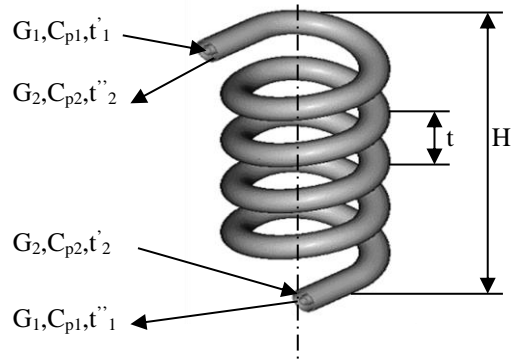
Với loại ống lồng ống này thì việc tạo rối dòng môi chất trong quá trình chuyển động sẽ lớn hơn, quá trình tỏa nhiệt đối lưu được tăng cường. Môi chất bên trong chuyển động ngoặt dòng nhiều lần, kéo dài thời gian tiếp xúc hai dòng môi chất.

3. Tính toán ống lồng ống dạng xoắn tròn

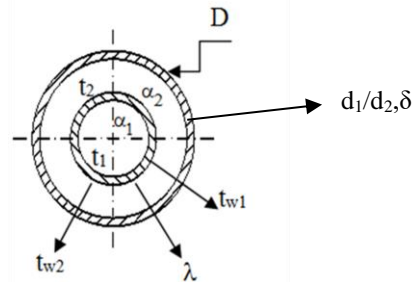
3.1. Bài toán

Tính toán TĐN diễn ra giữa hai dòng môi chất nóng, lạnh chảy trong ống lồng ống loại thẳng và loại xoắn tròn, cụ thể như sau: Nước nóng chảy trong ống thép nhỏ có hệ số dẫn nhiệt $\lambda(W/m.K)$, đường kính trong và ngoài của ống trong là d_2/d_1 (mm), nhiệt độ nước nóng vào là $t_1(^{\circ}C)$, lưu lượng $G_1(kg/h)$. Nước lạnh cần được gia nhiệt chuyển động trong không gian hình xuyên có đường kính $D(mm)$, nhiệt độ nước lạnh đi vào là $t_2(^{\circ}C)$, nhiệt độ nước lạnh ra là $t_2''(^{\circ}C)$ với lưu lượng $G_2(kg/h)$. Chiều dài một vòng xoắn là 1m. Xác định diện tích truyền nhiệt F của thiết bị, số đoạn ống xoắn N .

3.2. Tính toán ống xoắn tròn



Hình 6. Hình vẽ ống lồng ống xoắn



Hình 7. Mặt cắt ngang ống lồng ống xoắn

Trình tự giải bài toán như sau:

1. Phương trình truyền nhiệt: $Q=k.F.\Delta t, W$

+ Q : dòng nhiệt trao đổi giữa hai chất tải nhiệt trong một đơn vị thời gian, W .

+ k : hệ số truyền nhiệt của TBTĐN, W/m^2

+ F : diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, m^2

+ Δt : độ chênh nhiệt độ trung bình, tùy theo yêu cầu độ chính xác mà có thể tính theo phương pháp logarit hay phương pháp số học, $^{\circ}C$.

2. Tính Q, t_2'' : theo phương trình cân bằng nhiệt:

$$Q = G_1.C_{p1} (t_1' - t_1'') = G_2.C_{p2}(t_2'' - t_2'), W$$

$$t_1'' = t_1' - \frac{Q}{G_1.C_{p1}}, ^{\circ}C$$

+ G_1, G_2 : lưu lượng khối lượng của nước nóng, nước lạnh chảy trong ống, kg/s.

+ C_{p1}, C_{p2} : nhiệt dung riêng khối lượng đẳng áp của nước nóng, nước lạnh chảy trong ống, J/kg.K

+ t'_1, t''_1 : nhiệt độ nước nóng vào, ra thiết bị, °C

+ t'_2, t''_2 : nhiệt độ nước lạnh vào, ra thiết bị, °C

3. Tính Δt trung bình theo sơ đồ ngược chiều:

$$\overline{\Delta t} = \frac{(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)}{\ln \left(\frac{t'_1 - t''_2}{t''_1 - t'_2} \right)}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

+ $\Delta t_1 = (t'_1 - t''_2)$, $\Delta t_2 = (t''_1 - t'_2)$: hiệu nhiệt độ giữa hai môi chất khi vào, ra khỏi thiết bị, °C.

4. Tính α_1, α_2 theo công thức thực nghiệm.

a. Xác định t_{f1}, ω_1 và t_{f2}, ω_2 : $t_{f1} = \frac{1}{2}(t'_1 + t''_1)$, °C

Tốc độ nước nóng: $\omega_1 = \frac{4G_1}{\pi \rho_1 d_1^2}$, m/s.

Tốc độ nước lạnh: $\omega_2 = \frac{G_2}{f_2 \cdot \rho_2} = \frac{4G_2}{\pi(D^2 - d_2^2)\rho_2}$, m/s

+ ρ_1, ρ_2 : khối lượng riêng của nước nóng, nước lạnh chảy trong ống, kg/m³.

+ d_1, d_2 : đường kính trong, ngoài ống nhỏ, m.

+ D : đường kính trong ống lồng ngoài, m.

b. Tính α_1 : $Re_1 = \frac{\omega_1 d_1}{\gamma_1}$

+ ω_1 : tốc độ nước nóng chảy trong ống, m/s

+ γ_1 : độ nhớt động học của nước, m²/s.

$$Nu_f = 0,021 \cdot Re_f^{0,8} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_R$$

Từ đó suy ra: $\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{d_1} Nu_f$

+ λ_1 : hệ số dẫn nhiệt của nước nóng, W/m.K

Nhiệt lượng tỏa ra trên 01m chiều dài ống:

$$Q_{lit} = \alpha_1 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot (t_{f1} - t_{w1}), \text{ W/m}$$

+ t_{w1} : nhiệt độ mặt trong của vách ống nhỏ, °C

+ α_1 : hệ số tỏa nhiệt nước nóng, W/m².K

+ t_{f1} : nhiệt độ trung bình nước nóng, °C.

c. Tính α_2 : $q_{lit} = q_{l2t} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$, W/m

+ t_{w2} : nhiệt độ mặt ngoài vách ống nhỏ, °C

+ λ : hệ số dẫn nhiệt của vật liệu, W/m.K

Đường kính tương đương của hình xuyên D/d_2 là:

$$d_{td} = \frac{4f}{u} = \frac{4\pi(D^2 - d_2^2)}{\pi(D + d_2)} = (D - d_2), \text{ m}$$

$$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{td}}{\gamma_2}$$

+ ω_2 : tốc độ nước lạnh chảy trong ống, m/s

+ γ_2 : độ nhớt động học của nước lạnh chảy trong ống, m²/s

+ d_{td} : đường kính tương đương, m.

Từ đây ta suy ra chế độ chảy của môi chất.

Công thức xác định đường kính tương đương là:

$$d_{td} = \frac{4f}{u} = \frac{4\pi(D^2 - d_2^2)}{\pi(D + d_2)} = (D - d_2)$$

Suy ra được:

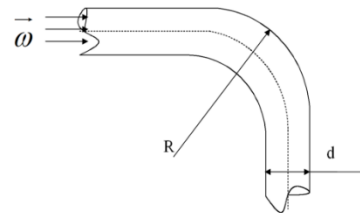
$$Re_2 = \frac{\omega_2 d_{td}}{\gamma_2}$$

Tiêu chuẩn Nusselt để tính hệ số tỏa nhiệt đối lưu α có dạng:

$$Nu_f = 0,017 \cdot Re_f^{0,8} \cdot Pr_f^{0,4} \cdot \left(\frac{D}{d_2} \right)^{0,18} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.15)$$

Từ đó α_2 được suy ra như sau: $\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_2} Nu_{f2}$

Khi ống cong với bán kính cong R , chẳng hạn tại đoạn cút hoặc ống xoắn ruột gà, hệ số tỏa nhiệt ống cong là: $\alpha_R = \alpha_1 \cdot \varepsilon_R = \alpha_1 (1 + 1,77d_1/R)$



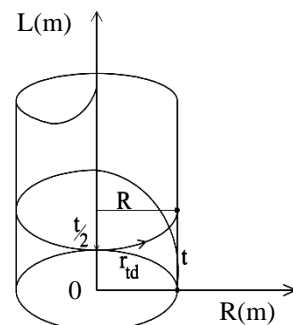
Hình 8. Ống cong

Bán kính tương đương xác định:

$$r_{td} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{t}{2} \right)^2}$$

+ R : bán kính của vòng xoắn, m.

+ t : bước vòng xoắn

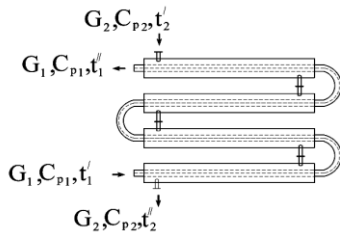


Hình 9. Mô phỏng đường kính tương đương

3.3. Tính toán so sánh ống lồng ống xoắn và ống lồng ống thẳng

Bài toán: TBTĐN kiểu ống lồng ống làm nóng nước. Nước nóng chảy trong ống thép nhỏ có $\lambda = 45 \text{ W/m.K}$, $d_2/d_1 = 35/32 \text{ mm}$, nhiệt độ vào $t_1' = 95^\circ\text{C}$, lưu lượng $G_1 = 2131 \text{ kg/h}$. Nước lạnh cần được đun nóng chuyển động giữa ống nhỏ và ống to có $D = 48 \text{ mm}$, nhiệt độ vào $t_2 = 15^\circ\text{C}$, nhiệt độ ra $t_2'' = 45^\circ\text{C}$ với lưu lượng $G_2 = 3201 \text{ kg/h}$. Chiều dài của đoạn ống nhỏ nằm ngang là 1 m , của một vòng xoắn là 1 m . Xác định diện tích truyền nhiệt F , số đoạn ống nằm ngang và số vòng ống xoắn N .

3.3.1. Tính đối với trường hợp ống lồng ống thẳng:



Hình 10. Mô phỏng ống lồng ống thẳng

Áp dụng các công thức lý thuyết ở trên để tính toán ta được kết quả xử lý như sau:

Khi bỏ qua tổn thất nhiệt ($\eta_t = 100\%$), ta có:

$$Q = Q_1 = Q_2 = G_2 \cdot C_{p2} \cdot (t_2'' - t_2) = 111,5 \text{ kW}$$

Nhiệt độ trung bình của nước lạnh :

$$t_2 = (t_2'' + t_2) / 2 = (15 + 45) / 2 = 30^\circ\text{C}$$

$$t_1'' = t_1' - \frac{Q}{G_1 \cdot C_{p1}} = 95 - \frac{111,5 \cdot 3600}{2131 \cdot 4,19} = 50^\circ\text{C}$$

Từ đó nhiệt độ trung bình t_1 của nước nóng:

$$t_1 = 0,5 \cdot (t_1' + t_1'') = 0,5 \cdot (95 + 50) = 72,5^\circ\text{C}$$

Từ đó tốc độ của nước nóng chảy trong ống nhỏ:

$$\omega_1 = \frac{4 \cdot G_1}{\rho_1 \cdot \pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 2131}{976,3 \cdot 3,14 \cdot (0,032)^2 \cdot 3600} = 0,75 \text{ m/s}$$

Tốc độ nước lạnh chảy giữa ống to và ống nhỏ:

$$\omega_2 = \frac{4 \cdot G_2}{\rho_2 \cdot \pi \cdot (D^2 - d_2^2)} = 1,05 \text{ m/s}$$

Tiêu chuẩn Re của nước nóng:

$$Re_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{\gamma_1} = 59627 > 1 \cdot 10^4 : \text{chảy rối.}$$

Vậy tiêu chuẩn Nusselt:

$$Nu_{f1} = 0,021 \cdot Re_{f1}^{0,8} \cdot Pr_{f1}^{0,43} \left(\frac{Pr_{f1}}{Pr_{w1}} \right)^{0,25} \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_R$$

ε_1 - hệ số hiệu chỉnh.

Chọn nhiệt độ vách t_{w1} bằng:

$$t_{w1} = 0,5 \cdot (t_1 + t_2) = 0,5 \cdot (72,5 + 30) = 51,25^\circ\text{C}$$

Vậy ta có được giá trị: $Nu_{f1} = 195,4$

Hệ số tỏa nhiệt đối lưu của nước nóng:

$$\alpha_{1t} = Nu_{f1} \cdot \frac{\lambda_1}{d_1} = 195,4 \cdot \frac{0,6695}{0,032} = 4088 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$q_{1t} = \alpha_{1t} \cdot (t_1 - t_{w1}) \cdot \pi \cdot d_1 = 8728,7 \text{ W/m}$$

$$t_{w2} = t_{w1} - q_{1t} \cdot \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} = 48,5^\circ\text{C}$$

Nhiệt độ trung bình của nước lạnh cần được đun nóng:

$$t_2 = \frac{t_2'' + t_2}{2} = \frac{15 + 45}{2} = 30^\circ\text{C}$$

Tiêu chuẩn Re được tính như sau:

$$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{td}}{\gamma_2} = 6956 > 1 \cdot 10^4 : \text{Chảy rối.}$$

$$Nu_{f2} = 0,017 \cdot Re_{f2}^{0,8} \cdot Pr_{f2}^{0,4} \cdot \left(\frac{D}{d_2} \right)^{0,18} \cdot \left(\frac{Pr_{f2}}{Pr_{w2}} \right)^{0,25} = 94,1$$

Hệ số tỏa nhiệt α_2 của nước lạnh:

$$\alpha_{2t} = Nu_{f2} \cdot \frac{\lambda_2}{d_{td}} = 4473,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$q_{12t} = \alpha_{2t} \cdot (t_{w2} - t_2) \cdot \pi \cdot d_2 = 9095,1 \text{ W/m}$$

Vậy ta tính ra được: $\alpha_{1t} = 4088,06 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$$\alpha_{2t} = 4473,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Nhiệt độ trung bình logarit:

$$\Delta t \downarrow \uparrow = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = 42,05 [^\circ\text{C}]$$

Ở đây $\frac{d_2}{d_1} = \frac{0,035}{0,032} = 1,093 < 1,4$ nên có thể xem vách

trụ là vách phẳng, vì vậy mà hệ số truyền nhiệt:

$$k_t = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1t}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2t}}} = 1992,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Phương trình truyền nhiệt: $Q = k_t \cdot F_t \cdot \overline{\Delta t}$.

Từ đây suy ra:

$$F_t = \frac{Q}{k_t \cdot \Delta t} = \frac{111,5 \cdot 1000}{1992,5 \cdot 42,05} = 1,33 \text{ m}^2$$

Số đoạn ống thẳng N_t khi $n = 1$ là:

$$N_t = \frac{F_t}{\pi \cdot d_1 \cdot l \cdot n} = \frac{1,33}{3,14 \cdot 0,032 \cdot 1 \cdot 1} = 13,2$$

3.3.2. Tính với trường hợp ống lồng ống xoắn:

Áp dụng các công thức lý thuyết ở trên để tính toán ta được kết quả xử lý như sau:

1. Chọn bán kính vòng xoắn:

$$R = 3D = 3 \cdot 0,048 = 0,144 \text{ m}$$

Chọn bước ống xoắn $t = D = 0,048$ m.

Bán kính tương đương vòng xoắn:

$$r_{td} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{t}{2}\right)^2} = \sqrt{0,144^2 + \left(\frac{0,048}{2}\right)^2} = 0,145 \text{ m}$$

Hệ số hiệu chỉnh độ cong của ống nhỏ:

$$\varepsilon_{R1} = 1 + 1,77 \frac{d_1}{r_{td}} = 1 + 1,77 \cdot \frac{0,032}{0,145} = 1,39$$

Hệ số hiệu chỉnh độ cong của ống lớn:

$$\varepsilon_{R2} = 1 + 1,77 \frac{d_2}{r_{td}} = 1 + 1,77 \cdot \frac{0,035}{0,145} = 1,42$$

2. Hệ số tỏa nhiệt của nước nóng và nước lạnh chảy trong ống lồng xoắn α_{1x}, α_{2x} :

- Hệ số tỏa nhiệt nước nóng chảy trong ống xoắn

$$\alpha_{1x} = \alpha_{1t} \cdot \varepsilon_{R1} = 4081,8 \cdot 1,39 = 5673,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

- Hệ số tỏa nhiệt của nước lạnh trong ống xoắn:

$$\alpha_{2x} = \alpha_{2t} \cdot \varepsilon_{R2} = 4473,3 \cdot 1,42 = 6352 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

- Nhiệt lượng tỏa ra trên 1m chiều dài ống xoắn nhỏ:

$$q_{11x} = \alpha_{1x} \cdot (t_1 - t_{w1}) \cdot \pi \cdot d_1 = 12342,5 \text{ W/m}$$

- Nhiệt lượng tỏa ra trên 1m chiều dài ống xoắn lớn:

$$q_{12x} = \alpha_{2x} \cdot (t_{w2} - t_2) \cdot \pi \cdot d_2 = 12565,5 \text{ W/m}$$

Vậy ta có: $\alpha_{1x} = 5673,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$$\alpha_{2x} = 6352,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

4. Tính hệ số truyền nhiệt trong ống lồng xoắn:

$$k_x = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1x}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2x}}} = 2726,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

- Độ chênh nhiệt độ trung bình logarit:

$$\overline{\Delta t} \downarrow \uparrow = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = 42,05 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Diện tích trao đổi nhiệt:

$$F_x = \frac{Q}{k_x \cdot \Delta t} = \frac{111,5 \cdot 1000}{2726,4 \cdot 42,05} = 0,97 \text{ m}^2$$

- Số vòng xoắn của ống lồng xoắn:

$$N_{vx} = \frac{F_x}{\pi d_1 \cdot n \cdot l} = \frac{0,97}{3,14 \cdot 0,032 \cdot 1 \cdot 1} = 9,7$$

Chọn $N_{vx} = 10$

- Tổng chiều dài ống xoắn:

$$L_{vx} = N_{vx} \cdot 2\pi \cdot r_{td} = 10 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,145 = 9,1 \text{ m}$$

- Chiều cao thiết bị ống lồng xoắn:

$$h_x = N_{vx} \cdot t = 10 \cdot 0,048 = 0,48 \text{ m}$$

Bảng thống kê kết quả tính toán

Hệ số tỏa nhiệt, W/m ² .K	Ống lồng thẳng		Ống lồng xoắn	
	α_{1t}	α_{2t}	α_{1x}	α_{2x}
	4088,0	4473,3	5673,7	6352,0
Hệ số truyền nhiệt, W/m ² .K	k_{1t}		k_{2x}	
	1992,5		2724,6	
Diện tích trao đổi nhiệt, m ²	F_{1t}		F_{2x}	
	1,33		0,97	

4. Kết luận

Ta đã tính toán TĐN cho hai dòng môi chất nóng lạnh khác nhau trong TBĐN ống lồng ống dạng xoắn.

Qua tính toán cụ thể bài toán TĐN ống lồng ống thẳng và ống lồng ống xoắn, ta thấy:

- Ống lồng ống dạng xoắn có khả năng tạo rôi rất tốt, hệ số tỏa nhiệt đối lưu α của ống xoắn lớn hơn ống lồng ống thẳng khá nhiều, gấp 1,38 lần.

- Hệ số truyền nhiệt K của ống lồng ống xoắn lớn gấp 1,36 lần so với ống lồng ống thẳng.

Tương ứng như vậy, diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của ống lồng ống dạng thẳng sẽ lớn hơn so với ống lồng ống dạng xoắn là 1,37 lần, vì vậy mà việc sử dụng ống lồng ống dạng xoắn vừa tăng cường khả năng tạo rôi vừa ít tổn nguyên vật liệu chế tạo hơn, tiết kiệm chi phí đầu tư ban đầu. Tuy nhiên cần phải chú ý hơn về vấn đề kỹ thuật chế tạo ống lồng ống dạng xoắn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Bốn, Hoàng Ngọc Đồng, *Nhiệt Kỹ thuật*, Nhà xuất bản giáo dục, 1999.
- [2] Nguyễn Bốn, *Tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*, Nhà xuất bản Đà Nẵng, 2005.
- [3] Hoàng Đình Tín, *Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*, Trung tâm nghiên cứu thiết bị nhiệt và năng lượng mới, Trường ĐHBK Hồ Chí Minh, 1996.
- [4] Bùi Hải, Dương Đức Hồng, Hà Mạnh Thư, *Thiết bị trao đổi nhiệt*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
- [5] Hồ Trần Anh Ngọc, Võ Chí Chính, *Nghiên cứu thiết bị ngưng tụ ống lồng ống sử dụng trong hệ thống lạnh*, Tạp chí KHCN- ĐHQĐ, số 5, 2009.
- [6] Nguyễn Duy Linh, Nguyễn Bốn, *Nghiên cứu thiết bị trao đổi nhiệt ống lồng đa năng, ứng dụng cho hệ thống lạnh*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, 2010.
- [7] Timothy J.Rennie, *numerical and experimental studies of a double pipe helical heat exchanger*, Departement of Bioresource Engineering McGill University, Montreal, 8-2004.