

Chương 3: **VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT**

3.1 **Vật liệu chịu lửa – cách nhiệt**

3.2 **Vật liệu cách nhiệt vô cơ**

3.3 **Vật liệu cách nhiệt hữu cơ**

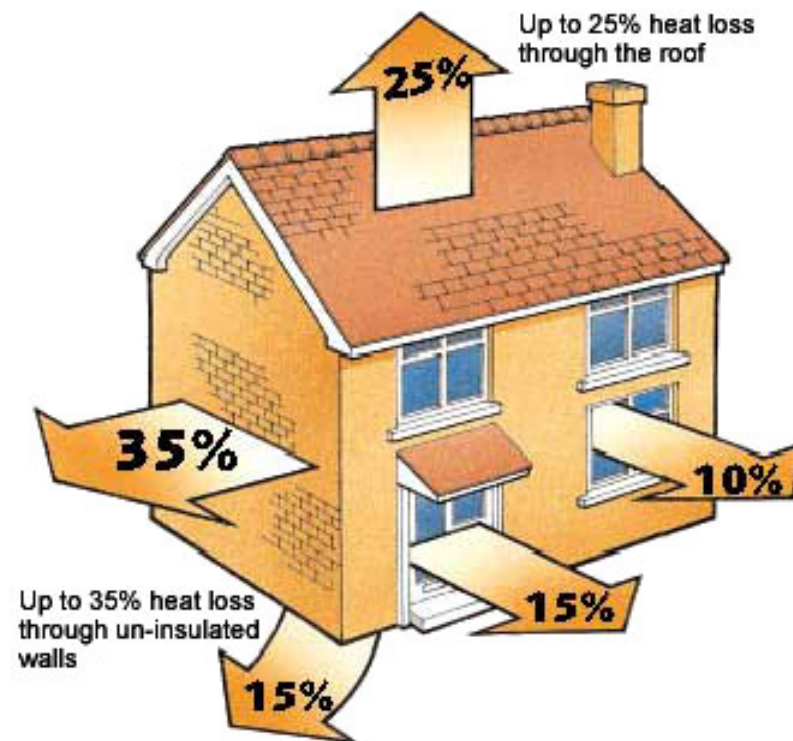
3.4 **TÍNH TOÁN CÁCH NHIỆT**

Giới thiệu

➤ Cách nhiệt để làm **giảm TỶ THẤT nhiệt** ra môi trường xung quanh

→ tiết kiệm NL, đảm bảo điều kiện công nghệ, ATLĐ.

➤ Vật liệu cách nhiệt:
 $\lambda < 0,25 \quad \text{W/m.độ}$



Bọc cách nhiệt → giảm tổn thất nhiệt



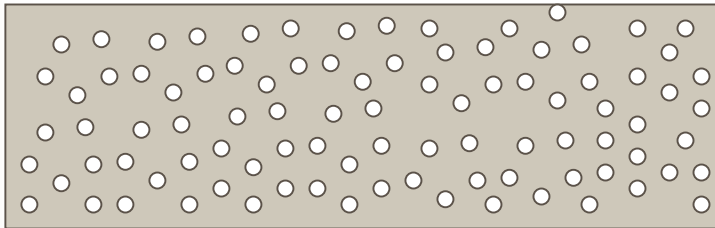
Bọc cách nhiệt cho mái nhà



3.1 Vật liệu chịu lửa – cách nhiệt

➤ Là những loại vật liệu chịu lửa (Samốt, Dinat, vv..) được tăng cường độ xốp (nhiều lỗ rỗng bên trong hơn)

➡ Mục đích: tăng khả năng cách nhiệt (giảm hệ số dẫn nhiệt λ)



Tính chất: vì độ xốp tăng

→ λ giảm, khối lượng riêng giảm

➤ Phân loại:

- Theo pp sản xuất: { PP dùng phụ gia cháy
PP tạo thành nhiều bọt khí nhỏ

- Theo t° làm việc: { Loại cách nhiệt trung bình: $900-1200^\circ\text{C}$
Loại cách nhiệt cao: $> 1200^\circ\text{C}$

➤ Phương pháp sản xuất VL chịu lửa – cách nhiệt

a) PP dùng phụ gia cháy:

Quá trình sản xuất giống như sx VLCL, chỉ khác ở chỗ có cho **thêm vào PHỤ GIA CHÁY** (than gỗ, mùn cưa, vv...)

➡ **Khi nung chất phụ gia cháy sẽ bị cháy → tạo thành các lỗ xốp bên trong vật liệu**

Đặc tính	Samôt nhẹ	Cao lanh nhẹ	Dinat nhẹ
t ^o sử dụng (°C)	1150-1400	1400	1550
Khối lượng riêng (g/cm ³)	0,9 - 1	1,3	1,2
Cường độ nén (N/mm ²)	3	3,5	3,5
Hệ số dẫn nhiệt λ (W/m.độ)	0,52 - 0,7	0,7 – 0,92	0,63 – 0,79

b) PP tạo bột khí:

- Dùng các chất tạo bột (như xà phòng) hoặc dùng phản ứng hóa học tỏa khí để tạo bột → **Độ xốp thường lớn hơn pp dùng phụ gia cháy**



- Khối lượng riêng giảm: $0,3 - 0,8 \text{ g/cm}^3$
- Độ dẫn nhiệt giảm: $\lambda = 0,2 - 0,4 \text{ W/m.độ}$

➤ Ứng dụng của VL chịu lửa – cách nhiệt

- Để tăng cường cách nhiệt, sử dụng khi nhiệt độ làm việc và tải trọng làm việc không lớn lắm.

3.2 Vật liệu cách nhiệt VÔ CƠ

a) Amiăng:

- Là các khoáng có khả năng tách ra thành các sợi mềm, mỏng, đàn hồi
- Thành phần hóa học: chứa SiO_2 , MgO , Fe_2O_3 , H_2O , vv...
- Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda = 0,084 + 0,00016 * t$ (W/m.độ)
- Nhiệt độ giới hạn sử dụng: $200^\circ\text{C} - 600^\circ\text{C}$
- Sản phẩm từ amiăng:

Các tông
Amiăng



Giấy
Amiăng



Vải
Amiăng

Dây
Amiăng



b) Bông thủy tinh:

- Là VL cách nhiệt bao gồm các sợi thủy tinh sắp xếp vô trật tự
- Nguyên liệu để sx bông thủy tinh cũng như nguyên liệu sx thủy tinh (cát thạch anh, đá vôi, xôđa, đolômit, sunphát, vv...)
- Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda = 0,0394 + 0,000348 * t$ (W/m.độ)
- Nhiệt độ giới hạn sử dụng: $450^{\circ}\text{C} - 1100^{\circ}\text{C}$
- **Ứng dụng:** cách nhiệt các ống dẫn, kết cấu tường ngăn



VD: bọc cách nhiệt đường ống



3.3 Vật liệu cách nhiệt HỮU CƠ

a) Tấm cói:

- Đan và ép thân cây cói thành các tấm cói:
- Khối lượng riêng: $175 - 250 \text{ kg/m}^3$
- Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda = 0,046 - 0,092 \text{ W/m.độ}$
- Đặc điểm:
 - Dễ bị mục nát khi ẩm ướt
 - Dễ cháy, dễ hư hỏng

b) Tấm cách nhiệt từ dăm bào, sợi gỗ, vỏ bào:

- Khối lượng riêng: $150 - 1100 \text{ kg/m}^3$
- Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda = 0,046 - 0,092 \text{ W/m.độ}$

c) Tấm cách nhiệt từ than bùn:

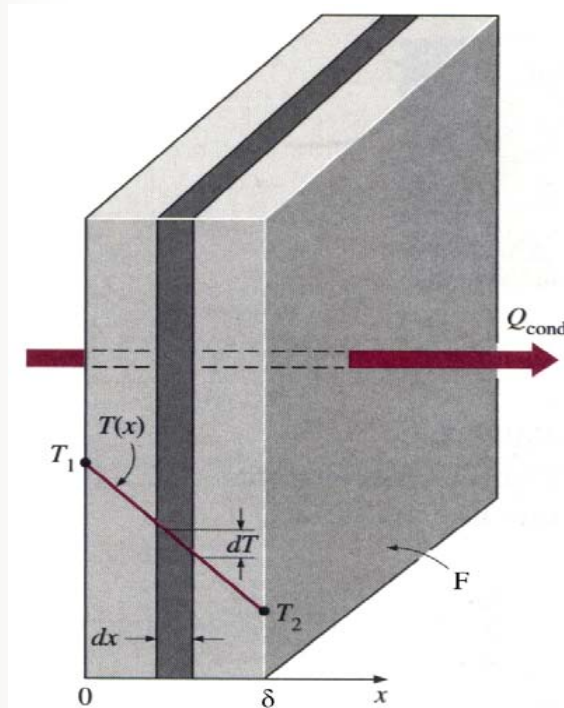
- Khối lượng riêng: $150 - 250 \text{ kg/m}^3$
- Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda = 0,058 - 0,069 \text{ W/m.độ}$

NHIỆT
ĐỘ LÀM
VIỆC
THẤP

3.4 TÍNH TOÁN CÁCH NHIỆT

a) Tính toán cách nhiệt cho VÁCH PHẪNG

Xét 1 vách phẳng:



- Đồng chất và đẳng hướng
- Dày δ , chiều rộng rất lớn so với chiều dày
- Có hệ số dẫn nhiệt λ
- Nhiệt độ 2 bề mặt t_1 và t_2 không đổi

➡ Cần tìm:

- Phân bố nhiệt độ trong vách ?
- Q truyền qua vách ?

Đây là bài toán dẫn nhiệt **ổn định 1 chiều**:

$$\underbrace{Q = \lambda \frac{t_1 - t_2}{\delta} F}_{\text{Dòng nhiệt}} \quad (\text{W}) \quad \longrightarrow \quad \underbrace{q = \frac{\Delta t}{\delta / \lambda}}_{\text{Mật độ dòng nhiệt}} \quad (\text{W/m}^2)$$

($R_\lambda = \frac{\delta}{\lambda}$ được gọi là **nhiệt trở dẫn nhiệt** của vách phẳng) **ĐL Ohm** $\left(I = \frac{U}{R} \right)$

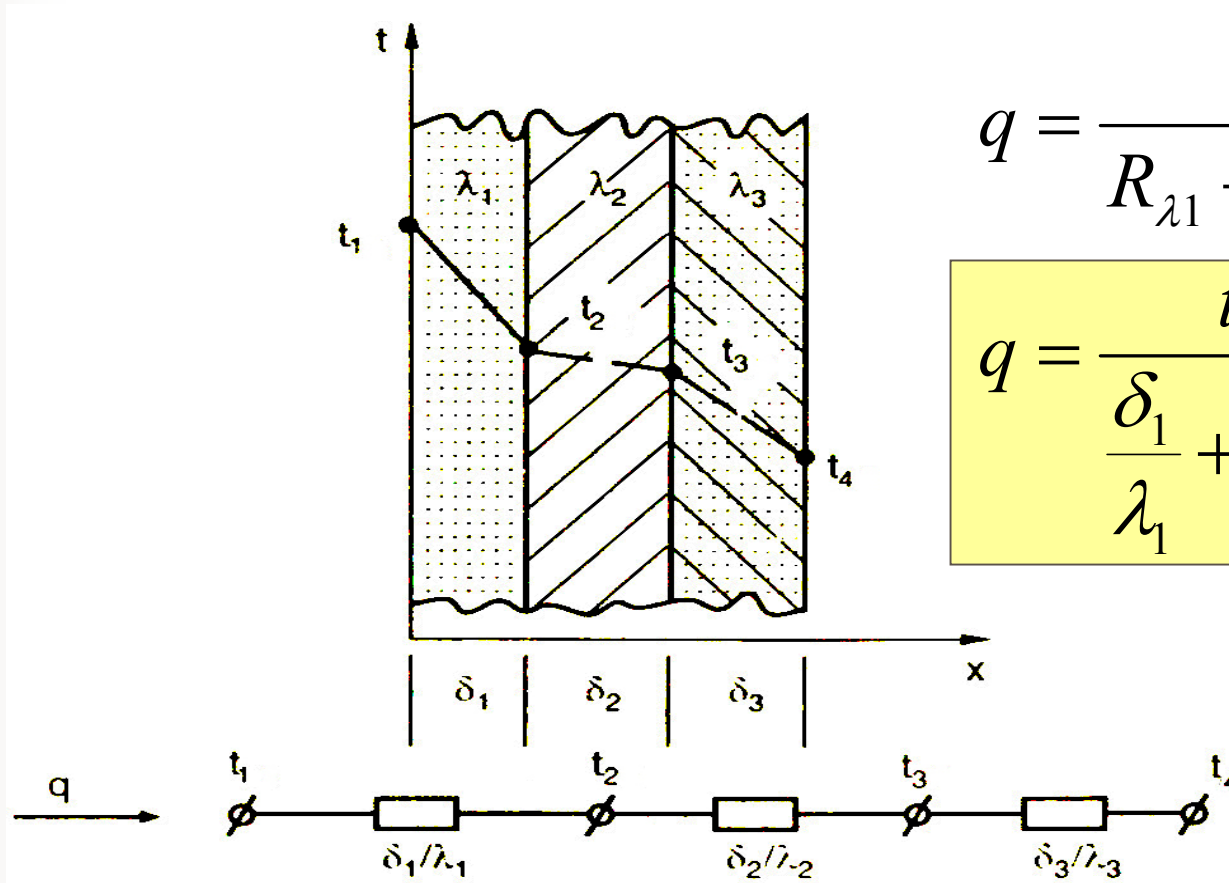
➤ **Khi λ biến thiên theo nhiệt độ:**

$$\lambda = \lambda_o(1 + bt)$$

➔ $q = \frac{\lambda_{tb}}{\delta} (t_1 - t_2) \quad (\text{W/m}^2) \quad \text{với:} \quad \lambda_{tb} = \lambda_o \left(1 + b \frac{t_1 + t_2}{2} \right)$

(HSDN trung bình khoảng nhiệt độ từ t_1 đến t_2 .)

Dẫn nhiệt qua vách phẳng 3 lớp



$$q = \frac{t_1 - t_4}{R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3}}$$

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}}$$

♦ **VD 3.1:** Vách lò 3 lớp: gạch chịu lửa dày $\delta_1 = 230 \text{ mm}$, $\lambda_1 = 1,10 \text{ W/m}^\circ\text{C}$; amiăng $\delta_2 = 50 \text{ mm}$, $\lambda_2 = 0,10 \text{ W/m}^\circ\text{C}$; gạch xây dựng $\delta_3 = 240 \text{ mm}$, $\lambda_3 = 0,58 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Nhiệt độ bề mặt trong cùng $t_1 = 500^\circ\text{C}$ và ngoài cùng $t_4 = 50^\circ\text{C}$.

Xác định q dẫn qua vách, nhiệt độ lớp tiếp xúc t_3 .

Giải

❖ Nhiệt trở dẫn nhiệt qua các lớp:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,23}{1,10} = 0,21 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,05}{0,10} = 0,50 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,24}{0,58} = 0,41 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

MĐDN: $q = \frac{Q}{F} = \frac{\Delta t}{\sum_{i=1}^3 R_i} = \frac{500 - 50}{0,21 + 0,50 + 0,41} = 401,78 \text{ W/m}^2$

❖ Nhiệt độ lớp tiếp xúc:

$$t_3 = t_1 - q(R_1 + R_2) = 500 - 401,78(0,21 + 0,5) = 214,7^\circ\text{C}$$

VD 3.2:

Vách lò 2 lớp: gạch chịu lửa $\delta_1 = 200 \text{ mm}$, $\lambda_1 = 1,8 \text{ W/mK}$; gạch cách nhiệt $\lambda_2 = 0,054(1 + 0,0024.t) \text{ W/mK}$. Nhiệt độ $t_1 = 800 \text{ }^\circ\text{C}$, $q \leq 1100 \text{ W/m}^2$, nhiệt độ bề mặt ngoài cùng $t_3 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Bề dày lớp cách nhiệt?

Giải

- ❖ Nhiệt độ mặt tiếp xúc

$$t_{w2} = t_{w1} - q \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 800 - 1100 \frac{0,2}{1,8} = 677,8^\circ \text{C}$$

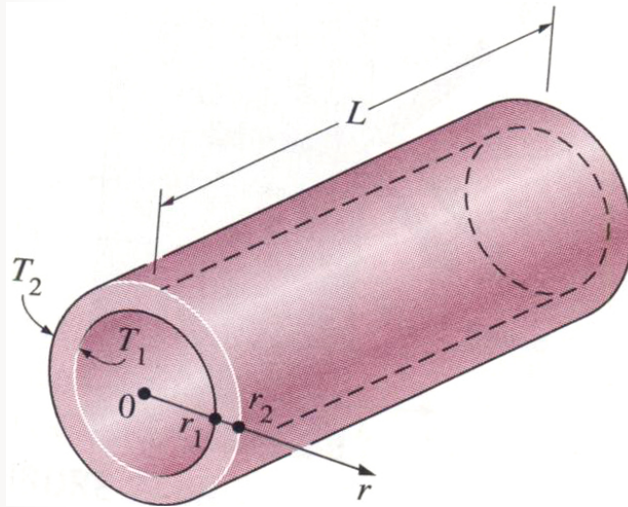
- ❖ Hệ số dẫn nhiệt trung bình của lớp gạch cách nhiệt

$$\begin{aligned}\lambda_{2tb} &= \lambda_{2,0} \left(1 + b \frac{t_{w2} + t_{w3}}{2} \right) = 0,054 \left(1 + 0,0024 \frac{677,8 + 50}{2} \right) \\ &= 0,101 \text{ W/mK}\end{aligned}$$

- ❖ Bề dày tối thiểu lớp cách nhiệt

$$\delta_2 = \frac{\lambda_{2tb}}{q} (t_{w2} - t_{w3}) = \frac{0,101}{1100} (677,8 - 50) = 0,0576 \text{ m}$$

b) Tính toán cách nhiệt cho VÁCH TRỤ



Biết: r_1 , r_2 , λ , t_1 và t_2

- Xác định Q truyền qua vách ?
- Phân bố nhiệt độ trong vách ?

Nhiệt lượng dẫn qua 1m dài ống q_l

$$q_l = \frac{Q}{L} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}$$

(W/m) hay

$$q_l = \frac{\Delta t}{R_l}$$

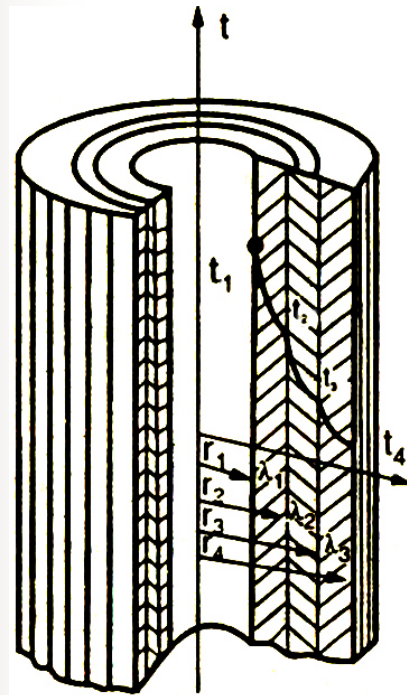
$$R_l = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

ĐL Ohm

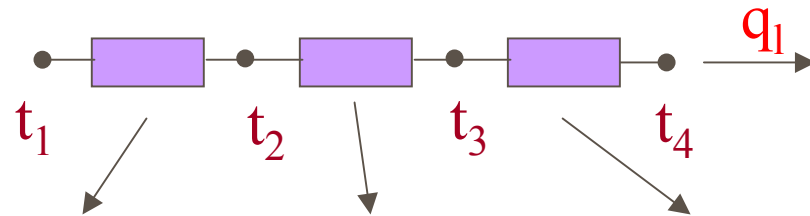
$$I = \frac{U}{R}$$

là **nhiệt trở dẫn nhiệt** của 1m vách trụ

VD: Tính dẫn nhiệt qua vách trụ nhiều lớp



Sơ đồ 3 nhiệt trở mắc nối tiếp



$$R_{l(1)} = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$R_{l(2)} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$R_{l(3)} = \frac{1}{2\pi\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}$$

Nhiệt lượng dẫn qua 1m dài ống là:

$$q_l = \frac{t_1 - t_4}{R_{l(1)} + R_{l(2)} + R_{l(3)}} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\pi\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}} \quad (\text{W/m})$$

$$t_2 = t_1 - \frac{q_l}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$t_3 = t_1 - q_l \left(\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} \right)$$

Ví dụ 3.3:

Một ống dẫn hơi bằng thép đường kính 150/159 mm, $\lambda_1 = 52$ W/m.°C, được bọc 3 lớp cách nhiệt: $\delta_2 = 5$ mm, $\lambda_2 = 0,11$ W/m.°C; $\delta_3 = 80$ mm, $\lambda_3 = 0,1$ W/m.°C và $\delta_4 = 5$ mm, $\lambda_4 = 0,14$ W/m.°C. Biết $t_1 = 170$ °C và $t_5 = 30$ °C. Tính tổn thất nhiệt trên 1 m chiều dài của ống.

Giải

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,150 \text{ m} & d_2 &= 0,159 \text{ m} & d_3 &= 0,169 \text{ m} \\ & d_4 &= 0,329 \text{ m} & d_5 &= 0,339 \text{ m} \end{aligned}$$

❖ Nhiệt trở dẫn nhiệt lớp thứ 1 (vách thép):

$$R_{l1} = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2\pi \times 52} \ln \frac{0,159}{0,150} = 1,78 \times 10^{-4} \quad (\text{m}^\circ\text{C}/\text{W})$$

❖ Lớp thứ 2 (lớp cách nhiệt 1):

$$R_{l2} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} = \frac{1}{2\pi \times 0,11} \ln \frac{0,169}{0,159} = 8,83 \times 10^{-2} \quad (\text{m}^\circ\text{C}/\text{W})$$

❖ Lớp thứ 3 (lớp cách nhiệt 2):

$$R_{l3} = \frac{1}{2\pi\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} = \frac{1}{2\pi \times 0,10} \ln \frac{0,329}{0,169} = 1,06 \quad (\text{m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W})$$

❖ Lớp thứ 4 (lớp cách nhiệt 3):

$$R_{l4} = \frac{1}{2\pi\lambda_4} \ln \frac{d_5}{d_4} = \frac{1}{2\pi \times 0,14} \ln \frac{0,339}{0,329} = 3,40 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

❖ Nhiệt lượng truyền ứng với 1 m chiều dài ống (MĐDN):

$$q_l = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum R_l} = \frac{170 - 30}{1,78 \times 10^{-4} + 8,83 \times 10^{-2} + 1,06 + 3,40 \times 10^{-2}} \\ = 118,40 \text{ W/m}$$

⇒ Nhiệt trở vách kim loại rất nhỏ so với nhiệt trở các lớp bảo ôn nên có thể bỏ qua.