

Chương 4: **VẬT LIỆU KIM LOẠI**

4.1 **Cơ tính của Kim loại**

4.2 **Các loại kim loại thường sử dụng trong
lĩnh vực NHIỆT**

4.3 **TÍNH TOÁN SỨC BỀN THIẾT BỊ**

4.1 Cơ tính của Kim loại

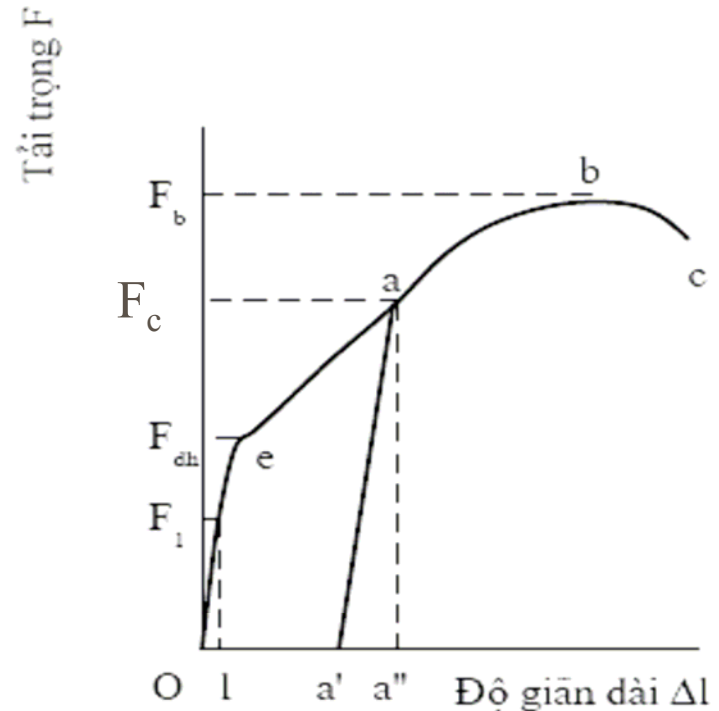
➤ Để xác định cơ tính của vật liệu Kim loại → thử kéo (VD cho Thép), nén (VD cho Gang) → **Đồ thị**

Giới hạn đàn hồi $\sigma_{dh} = \frac{F_{dh}}{A}$ (N/m²)

Giới hạn chảy $\sigma_c = \frac{F_c}{A}$ (N/m²)

Giới hạn bền $\sigma_b = \frac{F_b}{A}$ (N/m²)

(A (m²) là diện tích mặt cắt ngang của mẫu thử



➤ Ngoài ra còn xét:

độ DẼO

độ DAI VA ĐẬP

độ BỀN MỎI

4.2 Các loại kim loại thường sử dụng trong lĩnh vực **NHIỆT**

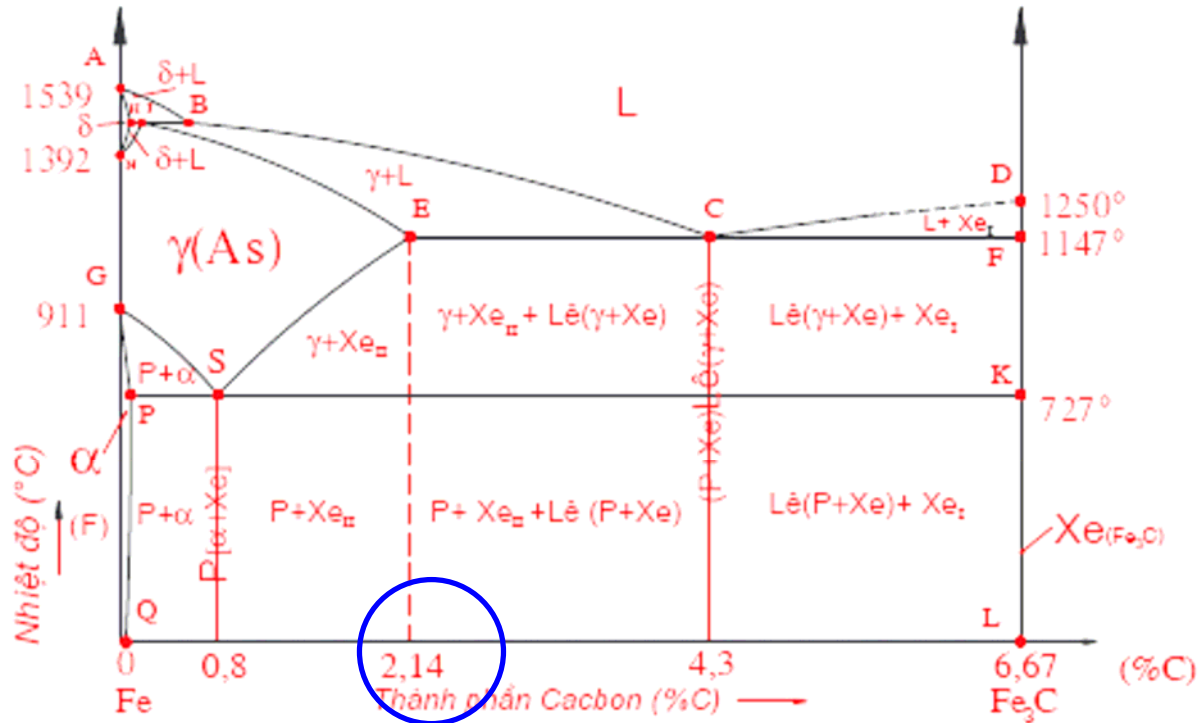
4.2.1. **THÉP**

4.2.2. **GANG**

4.2.3. **HỢP KIM MÀU**

4.2.1. THÉP

➤ Là hợp kim của SẮT và CÁCBON với $\%C \leq 2,14 \%$



THÉP

GANG

➤ Thành phần hóa học của Thép:



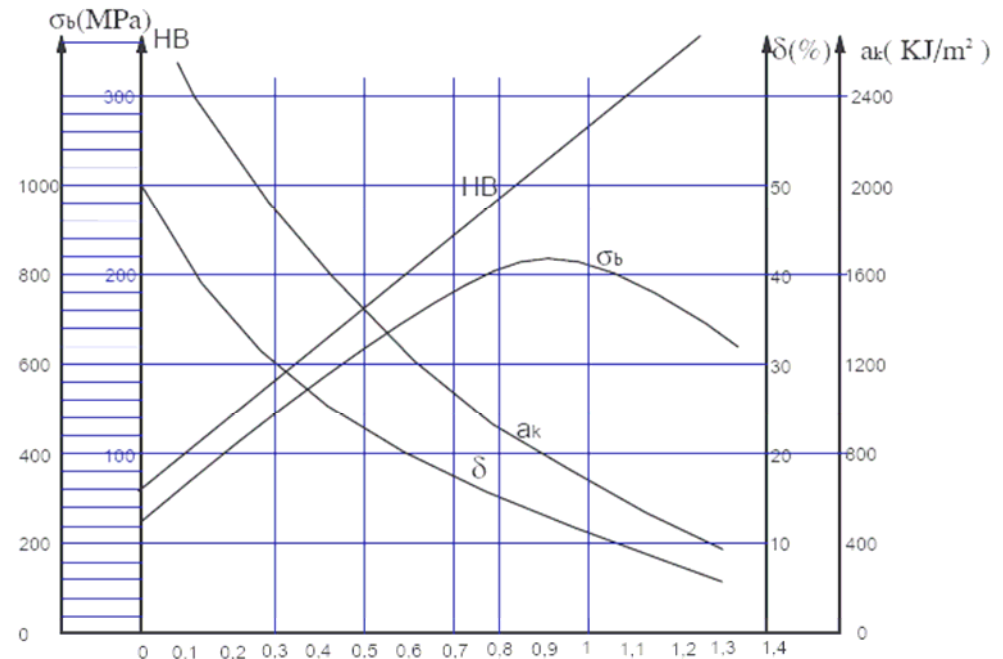
* Thành phần thông thường:

- $\%C \leq 1,4 \%$
- $\%Mn \leq 0,8 \%$
- $\%Si \leq 0,5 \%$
- $\%P \leq 0,05 \%$
- $\%S \leq 0,05 \%$

➤ Ảnh hưởng của các nguyên tố đến cơ tính của THÉP

a) Ảnh hưởng của C

- Tăng độ cứng HB
- Tăng độ bền σ_b khi $\%C < 1\%$
- Giảm độ dẻo δ
- Giảm độ dai va đập a_k



Ảnh hưởng của Cacbon đến cơ tính của thép Cacbon

b) Ảnh hưởng của Mn, Si: nâng cao độ bền, độ cứng của Thép

c) Ảnh hưởng của P, S : làm Thép bị giòn, dễ gãy vỡ.

➤ Phân loại Thép:

Thép cacbon

Thép hợp kim

- **Thép xây dựng:** là vật liệu thường dùng trong ngành xây dựng: **khung, tháp, vv...**

- **Thép kết cấu (thép chế tạo máy):** là vật liệu thường dùng chế tạo các **chi tiết máy**

- **Thép dụng cụ:** là vật liệu thường dùng chế tạo các loại **dụng cụ** trong ngành cơ khí

- **Thép có tính chất đặc biệt:** như thép **chống gỉ**, thép làm việc ở **nhiệt độ cao**, thép **chống mài mòn**, vv..

➤ Ký hiệu thép theo TCVN

1. Ký hiệu các loại Thép Carbon:

a) Thép xây dựng carbon: ký hiệu **CT31**, CT42, CT61, vv...

có độ bền kéo $\sigma_{bk} \geq 31 \text{ kg/mm}^2$

- Ngoài ra còn 2 nhóm khác với ký hiệu là:

BCT31, BCT33, vv..
CCT31, CCT33, vv..

b) Thép kết cấu carbon: ký hiệu **C20**, C45, C65, vv...

có 0,2% C

c) Thép dụng cụ carbon: ký hiệu **CD70**, CD80, CD100, vv...

có 0,7% C

2. Ký hiệu các loại Thép Hợp kim:

a) Hệ thống chữ: tuân theo ký hiệu hóa học các nguyên tố

Phiên âm	Ký hiệu hoá học	Ký hiệu trong thép
Crôm	Cr	Cr
Mangan	Mn	Mn
Silíc	Si	Si
Titan	Ti	Ti
Vanadi	V	V
Vônfram	W	W
Molipđen	Mo	Mo
Niken	Ni	Ni

a) Hệ thống số: dùng để chỉ thành phần C và các nguyên tố hợp kim

Thành phần C: số đầu tiên chỉ → phần vạn Cácbon có trong thép

Thành phần nguyên tố hợp kim: tìm số sau tên nguyên tố

- Nếu không có số sau nguyên tố hợp kim → 1%

- Nếu có số sau nguyên tố hợp kim → chỉ % nguyên tố đó

VD: 40CrMnSi, 60Si2, 90MnSiW vv....

➤ Một số loại **THÉP** và **HỢP KIM** có **tính chất đặc biệt**

a) **Thép không gỉ** ➡

Khả năng chống ăn mòn rất cao trong môi trường không khí, nước biển, dung dịch kiềm và axit, vv...

- Thành phần hóa học:

+ Thành phần C thấp: **0,1 – 0,4%**

(% C càng thấp ➔ tính chống ăn mòn càng cao)

+ Đặc biệt có thành phần **Cr > 12%**

(% Cr càng lớn ➔ tính chống ăn mòn càng cao)

+ Ngoài ra chứa thêm: **Ni, Mn, Ti, Nb**, vv...

- Ví dụ:

+ Thép 12Cr13 bền hơn thép 20Cr13

+ Thép 15Cr25Ti, 15Cr28 sử dụng trong công nghiệp sx HNO_3

b) Thép và hợp kim làm việc ở nhiệt độ cao → Có chứa Cr, Al, Si, W, Mo, ...

➤ Yêu cầu đối với thép và hợp kim làm việc ở nhiệt độ cao:

- **Tính ổn định nóng:** là khả năng chống ôxy hóa ở nhiệt độ cao
- **Tính bền nóng:** là khả năng hoạt động lâu dài, chịu được tải trọng yêu cầu mà không biến dạng ở nhiệt độ cao



+ **Giới hạn bền dài hạn:** là ứng suất gây ra phá hủy ở nhiệt độ qui định sau một khoảng thời gian đã cho

VD:

$$\sigma_{100}^{550^{\circ}C} = 210 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$$

VL sẽ bị phá hủy sau 100 giờ dưới tác dụng của ứng suất 210 N/mm² ở nhiệt độ 550°C

+ **Giới hạn dẻo:** là ứng suất lớn nhất ở nhiệt độ đã cho làm gây ra độ biến dạng cho trước.

VD:

$$\sigma_{0,1/1000}^{600^{\circ}C} = 100 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$$

VL sẽ bị biến dạng với tốc độ 0,1% sau 1000 giờ dưới ứng suất 100 N/mm² ở 600°C

➤ **Phân loại:** 2 nhóm

- Nhóm **THÉP BỀN NHIỆT**: Dùng chế tạo các chi tiết làm việc chịu tải trọng nặng và chịu nhiệt độ từ 350-700°C
 - + Thép làm xupáp xả: như 40Cr9Si2, 40Cr10MoSi2, 30Cr13Ni7Si2, vv..
 - + Thép làm nồi hơi và tuabin hơi: như 12CrMo, C35, C45, vv..
 - + Ống dẫn hơi: như 12CrMo, 12CrMoV, vv...
- Nhóm **THÉP CHỊU NHIỆT CAO**: Dùng chế tạo các chi tiết có thể chống được sự ăn mòn của các khí ở nhiệt độ > 550°C
 - ➡ Có thành phần chủ yếu là **Cr** pha thêm Al, Si, Ti, Mo, vv..

4.2.2. GANG

$$\%C > 2,14 \%$$


GANG

➤ Một số tính chất cơ bản của gang:

Do $C > 2,14\%$

- | | | | |
|---|---|---|--|
| { | - Nhiệt độ nóng chảy của gang thấp hơn thép | ➡ | Có tính ĐÚC và gia công cắt gọt tốt |
| | - Độ bền kéo thấp, độ giòn cao | ➡ | Chế tạo các TB chịu tải trọng tĩnh, ít chịu va đập như bệ máy, vv... |

➤ Thành phần hóa học của gang:

* Thành phần thông thường:

- | | |
|---|----------------------|
| { | $\%C : 2-4 \%$ |
| | $\%Si : 0,4-3,5 \%$ |
| | $\%Mn : 0,2-1,5 \%$ |
| | $\%P : 0,04-0,65 \%$ |
| | $\%S : 0,02-0,15 \%$ |

➤ Tổ chức tế vi của gang:

- Gang trắng: là loại gang mà tất cả Carbon nằm trong Fe_3C → có màu trắng
(Gang trắng hầu như không sử dụng trong thực tế)
- Gang mà C ở dạng graphit: tùy theo hình dạng graphit chia thành:

Gang xám:

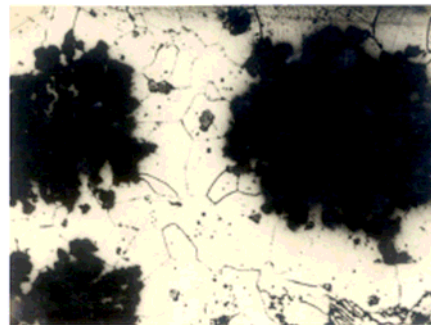
+ C chủ yếu ở dạng tự do graphit



→ sử dụng nhiều nhất trong thực tế

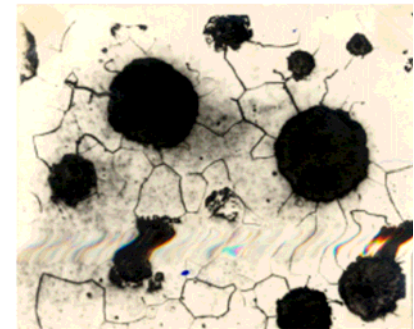
Gang dẻo:

+ C chủ yếu ở dạng graphit cụm, bông



Gang cầu

+ C chủ yếu ở dạng graphit cầu



➤ Các loại gang thông dụng:

1. Gang XÁM: là loại gang sử dụng phổ biến nhất do giá rẻ

- **Ký hiệu:** **GX** + 2 nhóm số chỉ giới hạn bền kéo σ_{bk} và giới hạn bền uốn σ_{bu} (theo TCVN 1659-75)

VD: GX15-32 là gang xám có
$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{bk} = 15 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma_{bu} = 32 \text{ kg/mm}^2 \end{array} \right.$$

- **Tổ chức tế vi:** đa số C ở dạng graphit tấm

- **Cơ tính:** do graphit dạng tấm nên:

- + Độ bền kéo thấp $\approx \frac{1}{5} \div \frac{1}{3} \sigma_{bk}$ của kim loại
- + Độ dẻo kém: $\delta \approx 0,5\%$
- + Độ nén tốt, có khả năng dập tắt rung động nhanh



Các bộ phận đỡ, hộp máy, thân máy, vv...

2. Gang DẸO:

- **Ký hiệu:** **GZ** + 2 nhóm số chỉ giới hạn bền kéo σ_{bk} (kg/mm²) và độ dẫn dài δ (%) (theo TCVN 1659-75)

VD: GZ60-03 là gang dẻo có
$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{bk} = 60 \text{ kg/mm}^2 \\ \delta = 3 \% \end{array} \right.$$

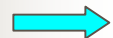
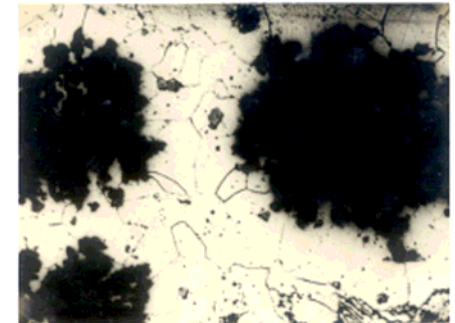
- **Tổ chức tế vi:** đa số C ở dạng graphit cụm

+ %C trong gang dẻo thấp: 2,2 – 2,8 %

→ Làm tăng tính dẻo của gang

- **Cơ tính:** do graphit dạng cụm nên:

- + Độ dẻo cao: $\delta = 2 - 10\%$
- + Độ bền kéo là trung gian giữa gang xám và gang cầu



Dùng chế tạo các chi tiết có hình dạng phức tạp, thành mỏng và chịu va đập (Giá thành cao hơn gang xám)

3. Gang CẦU: là loại gang có độ bền cao nhất

- **Ký hiệu:** **GC** + 2 nhóm số chỉ giới hạn bền kéo σ_{bk} (kg/mm²) và độ dẫn dài δ (%) (theo TCVN 1659-75)

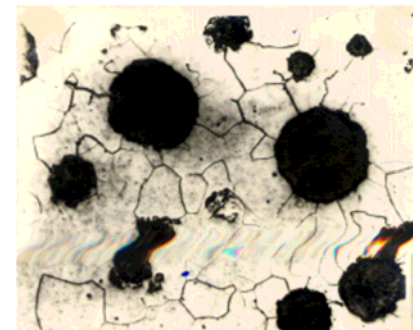
VD: GC100-4 là gang cầu có
$$\begin{cases} \sigma_{bk} = 100 \text{ kg/mm}^2 \\ \delta = 4 \% \end{cases}$$

- **Tổ chức tế vi:** đa số C ở dạng thu gọn nhất: dạng cầu

→ Thêm vào lượng rất nhỏ các chất biến tính đặc biệt là **Mg** và **Ce**

- **Cơ tính:** do graphit dạng cầu nên:

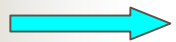
+ Độ bền kéo cao gần bằng thép



Chủ yếu dùng thay thép trong một số chi tiết có hình dáng phức tạp như: trục khuỷu, thân tuabin hơi, vv...

4.2.3. HỢP KIM MÀU

- Nhôm và Hợp kim nhôm
- Đồng và Hợp kim đồng



Xem thêm trong sách

4.3 TÍNH TOÁN SỨC BỀN THIẾT BỊ

(Tài liệu tham khảo: sách **LÒ HƠI (Tập 2)** của GS. TSKH Nguyễn Sỹ Mão)

➤ Sơ đồ tính bài toán thiết kế:

Bước 1:

Từ NHIỆT ĐỘ
LÀM VIỆC
CỦA CHI TIẾT



CHỌN LOẠI
VẬT LIỆU
THÍCH HỢP

Bước 2:

Từ ỨNG SUẤT
LÀM VIỆC
CỦA CHI TIẾT



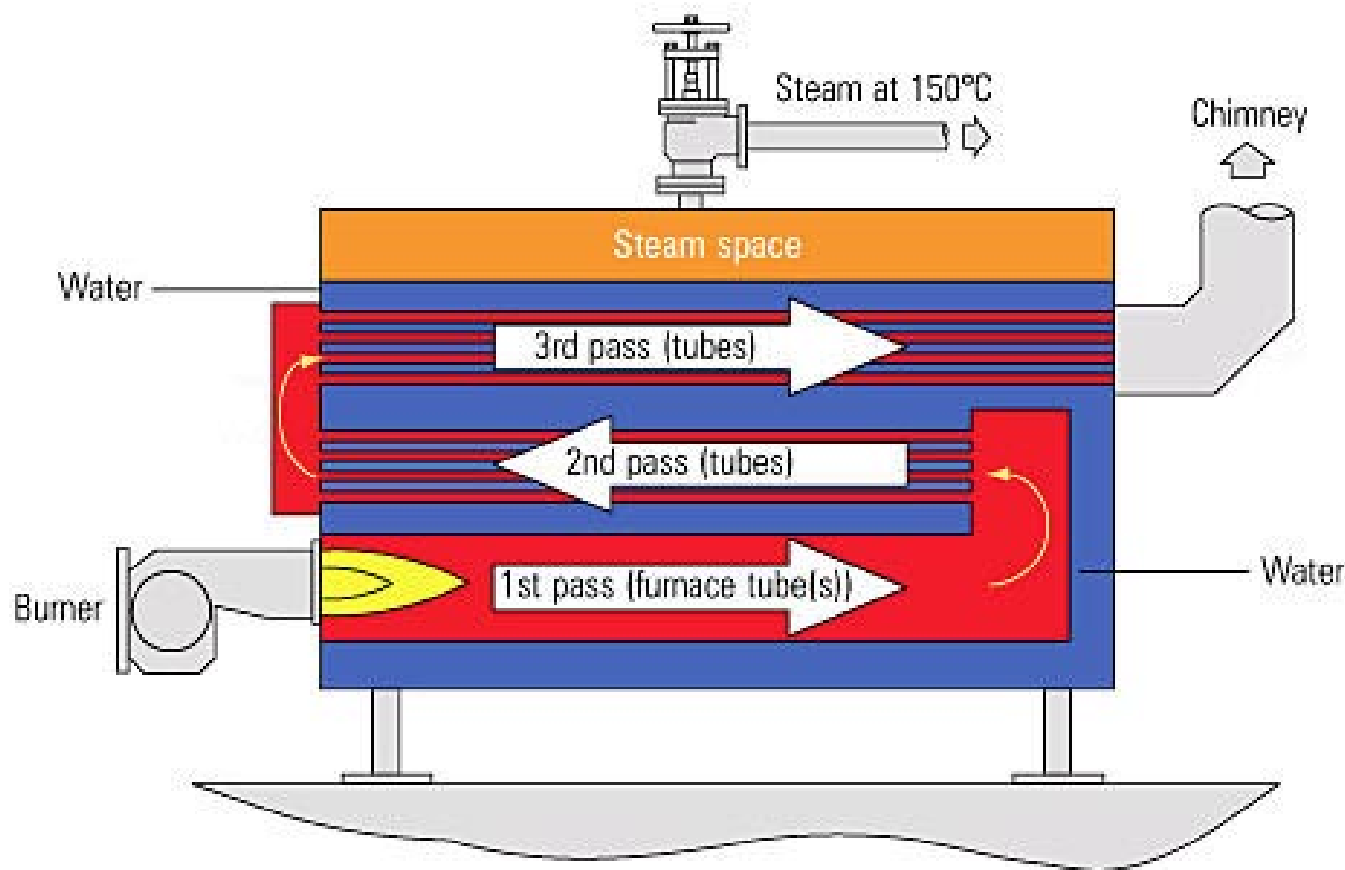
XÁC ĐỊNH BỀ
DÀY, KÍCH
THƯỚC CHI TIẾT

➤ Sơ đồ tính bài toán kiểm tra: biết nhiệt độ, ứng suất làm việc, loại vật liệu đang sử dụng → tính lại bề dày, kích thước xem có đủ bền không ?

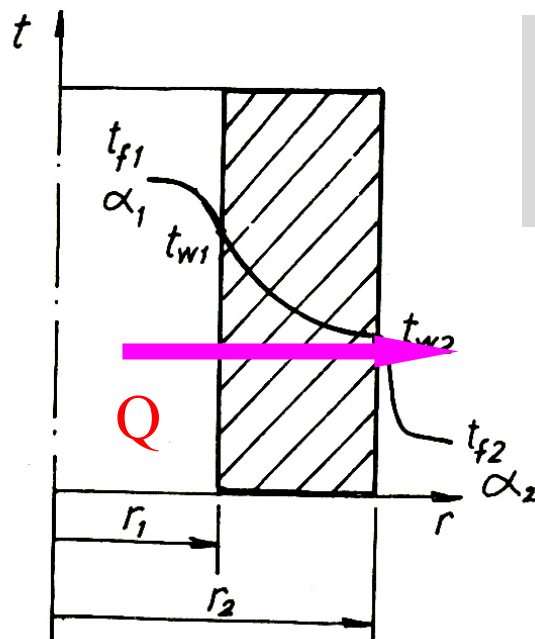
Ví dụ: lò hơi công nghiệp



→ Mục đích: sinh hơi ở nhiệt độ cao, áp suất cao



→ BÀI TOÁN 1: TRUYỀN NHIỆT QUA VÁCH TRỤ



Xét vách trụ có chiều dài L , đường kính d_1/d_2 .
Môi chất nóng trong ống có t_{f1} , HSTN α_1
Môi chất lạnh bên ngoài có t_{f2} , HSTN α_2

Ta có: $Q = \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \pi d_1 L$

$$= \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi\lambda L} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}$$

$$= \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \pi d_2 L$$

Truyền nhiệt qua vách trụ một lớp

→ Nhiệt lượng truyền cho 1m chiều dài ống là:

$$q_L = \frac{t_{f1} - t_{w1}}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1}} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} = \frac{t_{w2} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_2 \pi d_2}} = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2}}$$

❖ Hoặc tính theo pp nhiệt trở tương đương cho 1m dài ống:

$$q_L = \frac{\Delta t}{R_{tđ}}$$

với : $R_{tđ} = R_{\alpha 1} + R_{\lambda} + R_{\alpha 2}$ (m.độ/W)

$$= \frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2}$$

→ Sau khi tính được $q_L \rightarrow$ xác định **t_{w1} và t_{w2}**

→ Nhiệt độ trung bình của ống trụ dùng để chọn vật liệu sẽ là:

$$t_{tb} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \quad (^{\circ}C)$$

→ Đối với vách nhiều lớp:

$$R_{tđ} = \frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_{n+1}}$$

♦ **VD:** Ống dẫn hơi bằng thép $d_{tr}/d_{ng} = 200 / 216 \text{ mm}$ có $\lambda_1 = 47 \text{ W/(mK)}$ được bọc một lớp cách nhiệt dày 120 mm , có $\lambda_2 = 0,8 \text{ W/(mK)}$. Nhiệt độ hơi là $t_1 = 360^\circ\text{C}$; hệ số TNĐL phía hơi $\alpha_1 = 120 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Không khí bên ngoài có $t_2 = 25^\circ\text{C}$; $\alpha_2 = 11 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

- Hãy tính tổn thất nhiệt trên 1 m ống q_L
- Xác định nhiệt độ bề mặt trong và ngoài của lớp cách nhiệt.

Giải: Nhiệt trở tương đương, tính theo 1 m chiều dài ống

$$R_L = \frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \sum \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_3}$$

Tổn thất nhiệt, tính cho 1 m ống:

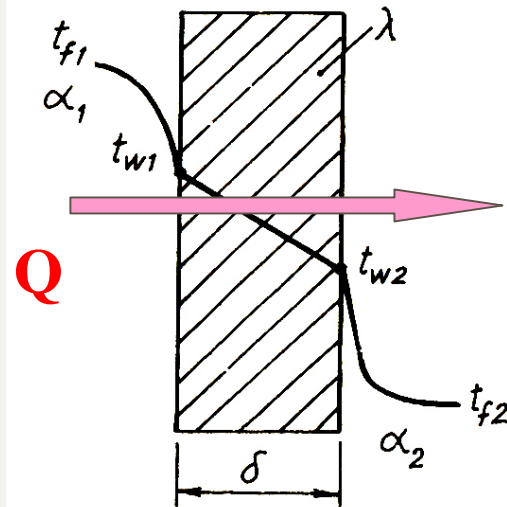
$$q_L = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{R_L} = 1485,3 \text{ kW / m}$$

→ Nhiệt độ bề mặt lớp cách nhiệt:

$$t_{w3} = t_{f2} + q_L \frac{1}{\alpha_2 \pi d_3} = 119,3^\circ\text{C}$$

$$t_{w2} = t_{w3} + \frac{q_L}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} = 340,2^\circ\text{C}$$

→ BÀI TOÁN 2: TRUYỀN NHIỆT QUA VÁCH PHẪNG



Truyền nhiệt qua vách phẳng một lớp

Xét vách phẳng 1 lớp, dày δ , HSDN λ

Môi chất nóng có t_{f1} , α_1 ; Môi chất lạnh có t_{f2} , α_2

❖ Tương tự như tính
cho vách trụ:

$$q = \frac{\Delta t}{R_{td}}$$

với : $R_{td} = R_{\alpha 1} + R_{\lambda} + R_{\alpha 2}$

$$= \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{độ/W})$$

→ Nhiệt độ bề mặt vách:

$$t_{w1} = t_{f1} - \frac{q}{\alpha_1}$$

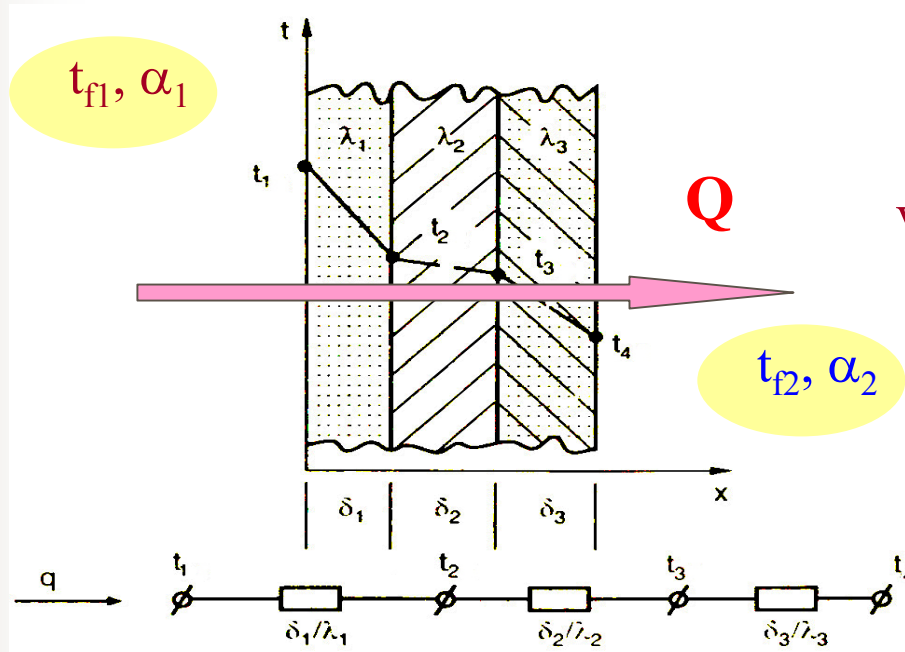
và

$$t_{w2} = t_{f1} - q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} \right) = t_{f2} + q \frac{1}{\alpha_2}$$

→ Nhiệt độ trung bình của vách phẳng dùng để chọn vật liệu sẽ là:

$$t_{tb} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \quad (^{\circ}C)$$

➤ Trường hợp vách phẳng nhiều lớp:



$$q = \frac{\Delta t}{R_{td}}$$

với:

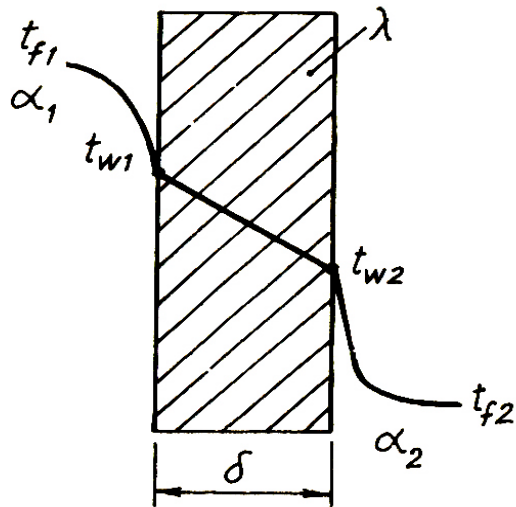
$$R_{td} = R_{\alpha 1} + \sum_{i=1}^n R_{\lambda_i} + R_{\alpha 2}$$

$$= \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}$$

Ví dụ Vách lò hơi bằng thép dày 20 mm, $\lambda = 58 \text{ W/mK}$; nhiệt độ khí lò $t_{f1} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$; áp suất hơi $p = 33,5 \text{ bar}$. HSTN của khí lò tới vách $\alpha_1 = 116 \text{ W/m}^2\text{K}$; từ vách lò đến nước $\alpha_2 = 2320 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Xác định q , nhiệt độ bề mặt trong và ngoài vách lò.

Giải:



Truyền nhiệt qua vách phẳng một lớp

Nhiệt độ nước sôi: $t_{f2} = 240 \text{ }^\circ\text{C}$

$$q = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = 80864 \text{ W/m}^2$$

Nhiệt độ bề mặt trong và ngoài vách lò:

$$t_{w1} = t_{f1} - q \frac{1}{\alpha_1} \quad t_{w2} = t_{f2} + q \frac{1}{\alpha_2}$$

303 °C ; 275 °C

NHẬN XÉT:

- Giá trị HSTN k so với Hệ số toả nhiệt
- Nhiệt độ vách và chênh lệch nhiệt độ vách

➤ TÍNH TOÁN SỨC BỀN THIẾT BỊ

(Tài liệu tham khảo: sách **LÒ HƠI (Tập 2)** của GS. TSKH Nguyễn Sỹ Mão)

➤ Sơ đồ tính bài toán thiết kế:

Bước 1:

Từ NHIỆT ĐỘ
LÀM VIỆC
CỦA CHI TIẾT



CHỌN LOẠI
VẬT LIỆU
THÍCH HỢP

Bước 2:

Từ ỨNG SUẤT
LÀM VIỆC
CỦA CHI TIẾT



XÁC ĐỊNH BỀ
DÀY, KÍCH
THƯỚC CHI TIẾT

➤ Sơ đồ tính bài toán kiểm tra: biết nhiệt độ, ứng suất làm việc, loại vật liệu đang sử dụng → tính lại bề dày, kích thước xem có đủ bền không ?

➤ Tính sức bền một số bộ phận của lò hơi

a) Bề dày của chi tiết hình trụ chịu áp lực bên trong (bao hơi, ống góp, vv..)

- Từ **nhiệt độ làm việc trung bình** của vách trụ → **chọn loại thép** thích hợp → **tra ứng suất cho phép σ_{cp}** (Mpa hay MN/m² hay N/mm²)

- Xác định bề dày δ của chi tiết:

+ Nếu tính theo đường kính trong:

$$\delta = \frac{pD_t}{2,3 \varphi \sigma_{cp} - p} + C \quad (m)$$

+ Nếu tính theo đường kính ngoài:

$$\delta = \frac{pD_n}{2,3 \varphi \sigma_{cp} + p} + C \quad (m)$$

với: {

- + p là áp suất làm việc bên trong của chi tiết (Mpa)
- + D_t, D_n là đường kính trong và ngoài (m)
- + φ là hệ số bền của chi tiết do các mối hàn, các lỗ nối ống, vv...
- + C là hệ số hiệu chỉnh về bề dày
 - $C = 1$ khi $\delta < 20$ mm
 - $C = 0$ khi $\delta > 20$ mm

b) Bề dày các ống dẫn (như ống quá nhiệt, ống sinh hơi, vv...)

+ Nếu tính theo đường kính trong:

$$\delta = \frac{pD_t}{2,3 \sigma_{cp} - p} + C_1 \quad (m)$$

+ Nếu tính theo đường kính ngoài:

$$\delta = \frac{pD_n}{2,3 \sigma_{cp} + p} + C_1 \quad (m)$$

Trong đó:

+ C_1 là hệ số bổ sung bề dày, thường lấy $C_1 = 0,5 \text{ mm} = 0,0005 \text{ m}$