

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI  
KHOA CƠ KHÍ

NGUYỄN XUÂN AN



GIÁO TRÌNH

# VẬT LIỆU CÔNG NGHIỆP

*(Lưu hành nội bộ)*

*Hà Nội năm 2012*

### **Tuyên bố bản quyền**

Giáo trình này sử dụng làm tài liệu giảng dạy nội bộ trong trường cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội không sử dụng và không cho phép bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào sử dụng giáo trình này với mục đích kinh doanh.

Mọi trích dẫn, sử dụng giáo trình này với mục đích khác hay ở nơi khác đều phải được sự đồng ý bằng văn bản của trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

# PHẦN I : VẬT LIỆU HỌC CƠ SỞ

## CHƯƠNG 1

### TÍNH CHẤT VÀ CẤU TẠO BÊN TRONG CỦA VẬT LIỆU .

#### NỘI DUNG

Như đã trình bày trong chương mở đầu, để có được kiến thức giải thích mọi sự thay đổi tính chất (cơ tính) bằng sự biến đổi cấu tạo bên trong thì kiến thức gốc của môn học được đề cập như sau :

#### 1.1. TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU .

##### 1.1.1 Khái niệm chung :

Khái niệm về tính chất vật liệu bao gồm cơ, lý, hoá tính, tính công nghệ và tính ứng dụng. Cơ tính là nhóm tính chất quan trọng nhất đối với vật liệu chế tạo máy.

##### **a . Tính chất vật lý :**

Là tính chất xác định mối quan hệ giữa tác dụng vật lý của môi trường tự nhiên với vật liệu.

Các tính chất vật lý được quan tâm :

+Tính chất điện : Căn cứ vào khả năng dẫn điện (độ dẫn điện) các vật liệu rắn được phân làm 3 loại : Dẫn điện, bán dẫn, điện môi (cách điện).

+Tính chất nhiệt : Là tính chất của vật liệu khi chịu tác dụng của nhiệt, gồm: Nhiệt dung, dẫn nở nhiệt, độ dẫn nhiệt, ứng suất nhiệt.

+Tính chất từ : Là hiện tượng biểu hiện lực hút hoặc lực đẩy ảnh hưởng lên các vật liệu khác , gồm : Nghịch từ, thuận từ, sắt từ .

Nhiều loại thiết bị công nghệ hiện đại dựa trên từ học và vật liệu từ như các máy phát điện, các máy phát và máy biến thế điện lực, các động cơ điện, radio, điện thoại, máy tính và thành phần các hệ thống tái tạo nghe nhìn.

+Tính chất quang: Là khả năng của vật liệu với tác dụng của bức xạ điện từ và đặc biệt là của ánh sáng trông thấy.

##### **b . Tính chất hoá học :**

Là xác định mối quan hệ giữa tác dụng hoá học của môi trường với vật liệu .

Các tính chất hoá học thường được quan tâm đối với vật liệu là: Tính chống ăn mòn của kim loại trong môi trường của nó như trong không khí, axit, bazơ. Được chia làm hai loại:

+ Môi trường ăn mòn hoá học: Chứa các chất xâm thực như:  $O_2$ ,  $S_2$ ,  $Cl_2$ ,  $H_2O$ ... Ví dụ như không khí ngoài trời, không khí bị oxy hoá khi nung kim loại.

+ Môi trường ăn mòn điện hoá : Chứa chất điện giải như môi trường có axit, muối nóng chảy, bazơ... tạo ra dòng điện làm mòn sâu bên trong bề mặt của kim loại và phá huỷ nó.

Để tăng khả năng chống ăn mòn của vật liệu người ta đề ra nhiều biện pháp bảo vệ kim loại bằng các chất làm chậm ăn mòn, xử lý môi trường...

c. **Tính chất công nghệ :**

Là khả năng vật liệu chịu các dạng gia công khác nhau.

Vật liệu được sử dụng dưới dạng những sản phẩm xác định, chế tạo bằng những công nghệ khác nhau thể hiện qua các tính công nghệ của vật liệu. Tính chất công nghệ có tác dụng quyết định đến việc chọn phương pháp gia công của vật liệu và đồng thời xác định khả năng sử dụng nó.

Các tính chất công nghệ phổ biến là tính đúc, hàn, gia công cắt, gia công áp lực... Ví dụ tính gia công cắt tốt vật liệu phải có độ cứng thấp và độ dẻo kém, nếu cứng quá hoặc dẻo quá rất khó cắt. Vì vậy thép là vật liệu có tính gia công cắt kém hơn hợp kim màu....

d. **Tính chất cơ học :**

Là tính chất xác định khả năng vật liệu chống lại các tác dụng cơ học khi có tác dụng của lực bên ngoài.

Các cơ tính thông dụng đối với vật liệu kim loại gồm độ cứng, độ bền tĩnh, độ bền mỏi, độ dẻo, độ dai va đập.

e. **Tính chất sử dụng :**

Là bao gồm một số đặc trưng tổng hợp của các tính chất trên thể hiện khả năng sử dụng vật liệu cho một mục đích cụ thể.

Vậy tính chất sử dụng là tính chất quan trọng của vật liệu học đối với những ai làm việc trong lĩnh vực lựa chọn vật liệu phù hợp với chế tạo, gia công và sử dụng nó.

### 1.1.2. Các đặc trưng cơ tính thông thường và ý nghĩa :

Như đã trình bày ở trên, tính chất sử dụng là tính chất quan trọng của vật liệu học. Trong lĩnh vực chế tạo, gia công và sử dụng vật liệu cơ khí thì tính sử dụng được thể hiện chủ yếu là cơ tính của kim loại. Vậy cơ tính được chọn là một tiêu chuẩn đánh giá chất lượng tuổi thọ của nhiều vật liệu kim loại, chúng cho biết khả năng làm việc và gia công của kim loại trong các điều kiện sử dụng khác nhau . Phần lớn các đặc trưng cơ học được xác định trên các mẫu nhỏ đã được quy chuẩn hoá.

#### 1. **Độ bền ( tĩnh ) :**

a) **Định nghĩa:** Độ bền là khả năng vật liệu chịu được tải trọng cơ học tĩnh mà không bị phá huỷ.

Căn cứ vào tải trọng tác dụng lên vật liệu người ta phân biệt độ bền kéo (lực kéo) , độ bền nén (lực nén), độ bền uốn (lực uốn), độ bền xoắn (lực xoắn hai đầu).



- Đơn vị : Tất cả các giới hạn đàn hồi, giới hạn chảy, giới hạn bền đều đo đơn vị hợp pháp là KG/mm<sup>2</sup> ( 2 số) hoặc MPa (Mega Pascal) Với 1 KG/mm<sup>2</sup> = 10Mpa ( 3 số). Chú ý trong hệ đo lường quốc tế SI đơn vị đo độ bền là N/m<sup>2</sup>. Do đơn vị này quá nhỏ nên thường phải dùng KG/mm<sup>2</sup> hoặc N/mm<sup>2</sup> ( MN/m<sup>2</sup>) mà 1 Pa = 1N/m<sup>2</sup> → 1MN/m<sup>2</sup> = 1MPa.

Ở Mỹ đôi khi còn dùng cả đơn vị độ bền là 1ksi = 6,9 MPa và KG/mm<sup>2</sup> = 1,45 ksi.

### c) Ý nghĩa:

Nhờ các chỉ tiêu phản ánh độ bền của vật liệu có thể đánh giá tính sử dụng bao gồm:

- Khả năng chịu tải trọng cơ học tĩnh: Nếu các chi tiết máy có cùng hình dáng kích thước làm bằng các vật liệu có độ bền khác nhau thì:

- + Vật liệu có  $\sigma_{đh}$  cao hơn thì khả năng chịu tải trọng lớn hơn mà vẫn đảm bảo tính đàn hồi (khi làm việc thì bị biến dạng, khi không làm việc lại trở về hình dáng ban đầu).

- + Vật liệu có  $\sigma_b$  cao hơn thì khả năng chịu tải lớn hơn mà vẫn không bị phá huỷ (gãy...) Chỉ tiêu này rất quan trọng khi sử dụng các chi tiết máy trong các cơ cấu máy như: bánh răng, trục, then...

- Tuổi thọ sử dụng : Nếu các chi tiết máy làm việc trong điều kiện sử dụng như nhau được làm bằng vật liệu có độ bền khác nhau, loại nào có độ bền cao hơn thì khả năng sử dụng lâu dài hơn ( tuổi thọ cao hơn

- Làm nhỏ gọn kích thước kết cấu : Nếu các chi tiết máy có cùng kết cấu được làm bằng các vật liệu có độ bền khác nhau, loại nào có độ bền cao hơn thì cho phép chế tạo kích thước nhỏ gọn hơn mà vẫn đạt được yêu cầu sử dụng.

## 2. Độ dẻo

a) **Định nghĩa:** Độ dẻo là khả năng vật liệu thay đổi hình dáng kích thước mà không bị phá huỷ khi chịu lực tác dụng bên ngoài.

b) **Phương pháp xác định độ dẻo và ký hiệu, đơn vị :**

- Để xác định độ dẻo người ta thường đánh giá bằng hai chỉ tiêu cùng xác định trên mẫu sau khi thử độ bền kéo.

- + Độ giãn dài tương đối khi kéo đứt : Là khả năng vật liệu thay đổi chiều dài sau khi bị kéo đứt . Ký hiệu :  $\delta$

- + Độ thắt tiết diện tương đối : Là khả năng vật liệu thay đổi tiết diện khi mẫu bị kéo đứt . Ký hiệu :  $\psi$

- Đơn vị : Tất cả hai chỉ tiêu trên đều dùng đơn vị là phần trăm thay đổi (%) dựa theo công thức tính sau :

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100(\%)$$

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100(\%)$$

Trong đó:  $l_0$  ,  $S_0$  là chiều dài, diện tích mặt cắt ngang của mẫu ban đầu.

$l_1$ ,  $S_1$  là chiều dài, diện tích mặt cắt ngang sau khi đứt của mẫu.

**c) Ý nghĩa :**

- Đánh giá khả năng biến dạng dẻo của vật liệu khi chịu gia công áp lực. Độ dẻo vật liệu càng cao thì khả năng tạo hình bằng các phương pháp gia công áp lực như cán, kéo, ép, rèn, dập...càng tốt.
- Qua trị số độ dẻo có thể xác định được vật liệu bị phá huỷ dẻo (trước đó có biến dạng dẻo) hoặc phá huỷ giòn (trước đó không có hiện tượng biến dạng). Những vật liệu bị phá huỷ giòn có độ dẻo rất thấp ( $\delta$  hoặc  $\psi$  thấp) rất nguy hiểm sẽ nứt, gãy đột ngột không có dự báo trước.

**3. Độ dai va đập :**

a) **Định nghĩa :** Là khả năng vật liệu chịu được tải trọng va đập mà không bị phá huỷ.

b) **Phương pháp xác định, ký hiệu, đơn vị :**

- Để xác định độ dai va đập thường người ta thực hiện trên máy thử va đập bằng lực đập của búa trên máy với độ cao  $h$  để phá huỷ mẫu kim loại.

- **Ký hiệu :**  $a_k$ . Công thức :  $a_k = \frac{A_k}{S}$

Trong đó :  $A_k$  là công phá huỷ mẫu (KGm) mặt cắt ngang  $S$  hình chữ nhật qua rãnh khía  $10 \times 8$ mm.

- Đơn vị : đo bằng KGm/cm<sup>2</sup> ( J/cm<sup>2</sup>) hoặc KJ/m<sup>2</sup>.

$1 \text{ KGm/cm}^2 = 10\text{J/cm}^2 = 100\text{KJ/m}^2$  ;  $1\text{KJ} = 0,01\text{KJ/cm}^2$ .

Các nước phương Tây thường không xác định độ dai va đập tính cho một đơn vị diện tích như trên mà tính công phá huỷ  $A_k$  theo đơn vị J hay KJ. Cần chú ý điều này khi so sánh các số liệu độ dai từ các nguồn tư liệu khác nhau.

**c) Ý nghĩa:**

- Nhờ xác định độ dai va đập có thể đánh giá khả năng làm việc của chi tiết máy chịu tải trọng động do va đập mà không bị phá huỷ (vỡ, mẻ, nứt tại chỗ bị va đập). Các chi tiết chịu va đập phải có  $a_k$  tối thiểu  $200 \text{ KJ/m}^2$  ( $2\text{KG/cm}^2$ ) còn các chi tiết chịu va đập cao phải có  $a_k = 1000\text{KJ/m}^2$ .

- Trong thực tế độ dai va đập chịu ảnh hưởng các yếu tố:

+ Trạng thái bề mặt: vết khía, rãnh lỗ, độ bóng thấp đều làm giảm  $a_k$ .

+ Kích thước hạt càng nhỏ thì  $a_k$  càng cao.

+ Hạt dạng tinh thể : tròn, đa cạnh có  $a_k$  cao hơn dạng tấm, hình kim.

+ Số lượng, hình dạng, kích thước và sự phân bố. Các pha giòn có số lượng nhiều, kích thước lớn, dạng tấm phân bố không đồng đều càng làm giảm  $a_k$ .

**4. Độ bền mỏi :**

a) **Định nghĩa :** Là khả năng vật liệu chống lại sự phá huỷ dưới tác dụng của lực thay đổi theo chu kỳ.

b) **Phương pháp xác định độ bền mỏi và ký hiệu, đơn vị :**

- Ký hiệu :  $\sigma_m$

- Đơn vị : KG/cm<sup>2</sup> hoặc MPa.

**c) Ý nghĩa:**

- Nhờ xác định được độ bền mỏi có thể đánh giá được khả năng bề mặt kim loại chịu được các lực thay đổi theo chu kỳ mà không bị phá huỷ( bị tróc bề mặt hoặc rạn chân kim...). - Người ta áp dụng các phương pháp sau để nâng cao giới hạn mỏi:

+ Tạo nên bề mặt lớp ứng suất nén dư bằng cách phun bi, lăn ép, tôi bề mặt và hoá nhiệt luyện lên trên bề mặt kim loại.

+ Nâng cao độ bền tĩnh, nhờ đó cũng nâng cao được giới hạn mỏi.

+ Tạo cho bề mặt có độ bóng cao, không có rãnh, lỗ, tránh những tiết diện thay đổi đột ngột.

**5. Độ cứng :**

a) **Định nghĩa :** Độ cứng là khả năng vật liệu chống lại biến dạng dẻo cục bộ khi có một vật khác cứng hơn tác dụng lên bề mặt của nó.

b) **Phương pháp xác định độ cứng và ký hiệu, đơn vị :**

Muốn xác định độ cứng vật liệu phải thực hiện trên máy đo độ cứng dựa theo nguyên tắc chung : Dùng lực nhất định tác dụng vào mũi tiêu chuẩn ( Vật cứng là kim cương hoặc viên bi thép) lên bề mặt của nó . Sau đó dựa vào kích thước vết lõm này để tính ra trị số độ cứng ( Dựa vào đường kính D hoặc chiều sâu h của vết lõm).

Căn cứ vào máy đo độ cứng khác nhau người ta quy ước ký hiệu (đơn vị) khác nhau. Thông thường có hai loại máy đo: Brinen và Rocvel.

+ Độ cứng Brinen : Được xác định trên máy đo Brinen. Mũi thử bằng viên bi thép tiêu chuẩn tác dụng vào bề mặt kim loại dưới một lực nhất định (lựa chọn) sau đó đo đường kính D vết lõm để lại bằng kính phóng đại rồi tra bảng tìm được trị số tương ứng và ký hiệu( đơn vị) sau trị số đó bằng chữ HB.

Ví dụ : 200 HB hoặc HB = 200, tức là độ cứng tại bề mặt của vật đo được xác định trên máy đo Brinen là 200HB, hoặc giá trị độ cứng Brinen HB=200.

+ Độ cứng Rocvel: Được đo trên máy đo Rocvel, mũi thử bằng viên bi thép( hoặc mũi kim cương).

Đồng hồ trên máy có 3 thang đo A, B, C tương ứng với các lực thử P<sub>1</sub> = 60KG, P<sub>2</sub> = 100KG, P<sub>3</sub> = 150KG, dùng thang nào được ký hiệu (đơn vị) lần lượt như sau :

Thang A: Lực thử P<sub>1</sub>, mũi thử kim cương: Ký hiệu (đơn vị) HRA.

Thang B: Lực thử P<sub>2</sub>, mũi thử bi thép: Ký hiệu (đơn vị) HRB.

Thang C : Lực thử P<sub>3</sub>, mũi thử kim cương : Ký hiệu (đơn vị) HRC

c) **Công dụng các loại độ cứng :**

HB dùng đo các vật mềm (gang grafit, hợp kim màu) kích thước lớn, thường là bán thành phẩm, được dùng nhiều.

HRB đo các vật mềm (gang grafit, hợp kim màu) kích thước nhỏ và trung bình, thường là những thành phẩm.



HRA đo các vật cứng và mỏng (hợp kim cứng, thép qua hoá nhiệt luyện)

HRC đo các vật liệu khá cứng, thường là các chi tiết bằng thép đã qua tôi và ram ( được dùng nhiều). Ví dụ muốn xác định độ cứng của thép (CD80) sau khi tôi, căn cứ vào công dụng ta phải đo độ cứng trên máy đo Rocvel : chọn lực trên máy là 150KG tác dụng vào mũi đâm bằng kim cương tiêu chuẩn lên trên bề mặt của nó.

**d) Quan hệ giữa các loại độ cứng :**

Giữa các loại độ cứng trên không có mối quan hệ tính toán toán học. Muốn biết quan hệ phải tra bảng (lập bằng thực nghiệm).

Trong thực tế có thể quan niệm độ cứng cao thấp (đối với thép) theo các chỉ tiêu sau:

+ Loại độ cứng dễ gọt hoặc dập nguội: Trị số nhỏ hơn 220 HB, 20 HRC, 100 HRB.

+ Loại độ cứng trung bình: Trị số khoảng 250-450 HB, 25-45 HRC.

+ Loại độ cứng cao : Trị số khoảng 50-64 HRC.

+ Loại độ cứng rất cao: Trị số lớn hơn 64 HRC, 84 HRA.

**e) Ý nghĩa:**

- *Thông qua độ cứng có thể đặc trưng được cho tính chất làm việc của các sản phẩm cơ khí :*

▪ Khả năng chống mài mòn bề mặt: Khi làm việc các sản phẩm cơ khí bị cọ sát bề mặt, tốc độ cọ sát bề mặt càng lớn, càng dễ bị mài mòn. Muốn có khả năng chống mài mòn thì vật liệu thép phải có độ cứng cao. Để đạt được tính chống mài mòn cao khi độ cứng của thép lớn hơn 60 HRC.

▪ Khả năng cắt gọt của dao hoặc khuôn dập nguội: Độ cứng của dao hoặc khuôn dập nguội khi làm việc càng cao thì khả năng cắt càng tốt sẽ đạt được năng suất làm việc càng lớn.

- *Thông qua độ cứng có thể đặc trưng cho tính công nghệ của vật liệu ở dạng phôi:*

▪ Khả năng gia công cắt của phôi: Mỗi một vật liệu khác nhau sẽ có khoảng gia công cắt trong trị số độ cứng nhất định, nếu độ cứng cao hơn trị số này thì khó cắt, nếu thấp quá thì sinh dẹo cũng khó cắt. đối với thép thì độ cứng thích hợp nhất từ 150-200 HB.

▪ Khả năng chịu áp lực cục bộ: Độ cứng càng cao chịu áp lực cục bộ càng kém. Khi gia công đột lỗ, uốn, gò... bằng áp lực, nếu độ cứng càng cao thì vật liệu càng khó gia công.

▪ Khả năng mài bóng : Độ cứng càng cao khả năng mài bóng càng tốt.

**6. Quan hệ giữa các đặc trưng cơ tính trong vật liệu (Thép):**

Đối với vật liệu thép mối quan hệ giữa các đặc trưng cơ tính có quan hệ như sau:

- Trong phạm vi nhất định độ cứng tăng thì độ bền cũng tăng theo.

- Độ cứng của vật liệu càng cao thì độ dẻo và độ dai vai đập càng giảm. Nếu sản phẩm cơ khí làm việc cần độ cứng rất cao (.....độ dẻo gần bằng 0) khi làm

việc trong điều kiện va đập sẽ có độ tin cậy thấp (hay gặp sự cố), dễ bị phá huỷ giòn\*:

+ Nếu làm việc trong điều kiện tải tĩnh lớn không đảm bảo khi quá tải sinh ra nứt gãy đột ngột.

+ Nếu làm việc trong điều kiện chịu cả tải tĩnh và tải động lớn khi va đập thì dễ bị vỡ, mẻ tại chỗ bị va đập

- Độ dai va đập  $a_k$  tỷ lệ với tích  $\delta \cdot \sigma_b$  vậy có thể xem độ dai va đập như là chỉ tiêu tổng hợp của độ bền và độ dẻo  $a_k = \delta \cdot \sigma_b$  chỉ cần một trong hai giá trị nhỏ cũng làm cho độ dai va đập kém đi.

- Cơ tính tổng hợp của vật liệu là cơ tính đảm bảo độ bền, độ dẻo, độ dai, độ cứng đều cao để vật liệu tránh bị phá huỷ trong điều kiện làm việc chịu cả tải trọng tĩnh và động., đặc biệt các chi tiết máy truyền chuyển động chịu lực lớn cần cơ tính tổng hợp cao.

- Tính đàn hồi của vật liệu là cơ tính có độ cứng và độ bền khá cao để độ dẻo, độ dai va đập không quá thấp. Do đó khi chịu tải trọng động cũng như tải tĩnh với giá trị nhất định làm cho vật liệu bị biến dạng mà không phá huỷ (gãy, vỡ), nếu bỏ tác dụng giá trị trên lập tức vật liệu lại trở về hình dạng ban đầu. Căn cứ vào khả năng chịu tải trọng tĩnh để chọn các vật liệu đàn hồi có tính tính đàn hồi khác nhau: Nếu chịu tải cao thì cơ tính đàn hồi phải cao để khi vật liệu bị biến dạng rồi nhưng vẫn trở lại hình dạng ban đầu. Các sản phẩm cơ khí lò xo, nhíp ô tô... cần đến tính đàn hồi.

Đối với phá huỷ giòn\* : Cần quan tâm đến khả năng phá huỷ của nó vì rất nguy hiểm. Sự phá huỷ này không có dự báo từ hình dạng bên ngoài nên dẫn đến hậu quả tai hại.

Độ tin cậy\* là khả năng đảm bảo cho sản phẩm cơ khí trong thời gian làm việc quy định không bị hỏng hóc.

## 1.2. CẤU TẠO VẬT LIỆU:

### 1.2.1 Khái niệm chung :

#### 1. Sắp xếp nguyên tử trong vật rắn :

Như đã biết, vật chất cấu tạo bởi các nguyên tử (phân tử), vật rắn trong tự nhiên có hai hình thức sắp xếp nguyên tử (phân tử) được chia làm hai: Vật vô định hình và vật tinh thể.

##### a) **Vật vô định hình:**

Là những vật rắn mà các nguyên tử (phân tử) trong nó không có sắp xếp trật tự, không theo một quy luật nào .

Để nhận biết trong tự nhiên những vật này không có hình dáng nhất định, mặt gãy (vỡ) thì nhẵn nhụi. Ví dụ như than đá, thủy tinh, nhựa hữu cơ... thường là các phi kim loại.

##### b) **Vật tinh thể:**

Là những vật rắn có cấu tạo từ những nguyên tử (phân tử), có sắp xếp trật tự theo một quy luật nào đó.

Để nhận biết trong tự nhiên những vật rắn này bao giờ cũng có hình dáng nhất định, mặt gãy, vỡ; có dạng sần sùi như có hạt. Ví dụ: Pirit ( $\text{FeS}_2$ ) hình hộp, Hematit ( $\text{FeO}_3$ ) hình tấm... thường là những vật kim loại.

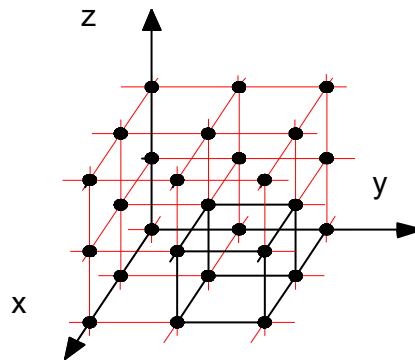
Khi khảo sát vật tinh thể thấy rằng nếu làm biến đổi cấu tạo của nó (cấu trúc) sẽ làm biến đổi rất nhiều tính chất, đặc biệt là cơ tính, do đó ảnh hưởng đến tính sử dụng của vật rắn.

## 2. **Khái niệm mạng tinh thể:**

Như trên ta đã biết kim loại là vật tinh thể. Các nguyên tử (phân tử) của nó luôn ở những vị trí nhất định, có quy luật theo những dạng hình học nhất định. Để nghiên cứu cấu trúc của các nguyên tử (phân tử) này, các nhà bác học đã mô tả lại sự sắp xếp của chúng ở những vật tinh thể bằng những mô hình hình học trong không gian gọi là mạng tinh thể.

### a) **Định nghĩa mạng tinh thể:**

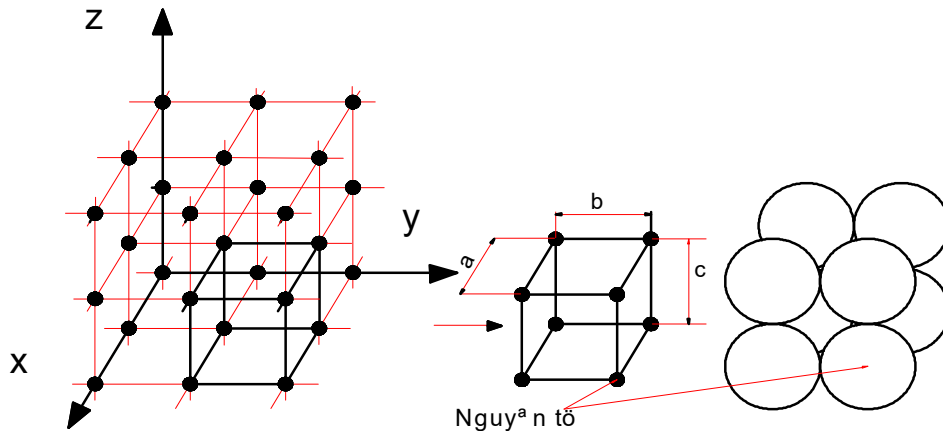
Là mô hình hình học mô tả sắp xếp có quy luật của các nguyên tử (phân tử) ở trong không gian của vật tinh thể (hình 2).



H2 Mạng tinh thể

### b) **Định nghĩa Ô cơ sở (khối cơ sở):**

Là khối thể tích nhỏ nhất đặc trưng một cách đầy đủ về sự sắp xếp trật tự có quy luật của nguyên tử (phân tử) trong mạng tinh thể (hình 3).



### H3 Ô cơ sở và thông số mạng

Trong thực tế để đơn giản chỉ cần biểu diễn mạng tinh thể bằng khối cơ sở của nó là đủ.

#### c) **Thông số mạng (Hằng số mạng):**

Là kích thước cơ bản của mạng tinh thể từ đó có thể tính ra được khoảng cách giữa hai nguyên tử (phân tử) bất kỳ trong mạng (Theo các cạnh của ô cơ sở). Vì khoảng cách giữa các nguyên tử rất nhỏ nên thông số mạng được đo bằng Angstrom.:  $A^{\circ}$  ( $1A^{\circ} = 10^{-8}cm$ ). Ký hiệu: a,b,c.

d) **Chú ý:** Cần phân biệt các khái niệm sau:

- Một loại mạng tinh thể: là chỉ những vật rắn có cùng cách sắp xếp trật tự của nguyên tử (phân tử) theo một quy luật nào đó, tức là có cùng Ô cơ sở.
- Một kiểu mạng tinh thể: Là chỉ một loại vật rắn có cùng cách sắp xếp trật tự của nguyên tử (phân tử) theo một quy luật, đồng thời xác định được vị trí các nguyên tử (phân tử) trong mạng tinh thể của nó, tức là **có cùng Ô cơ sở và có cùng thông số mạng.**

#### 1.2.2. Cấu tạo kim loại nguyên chất:

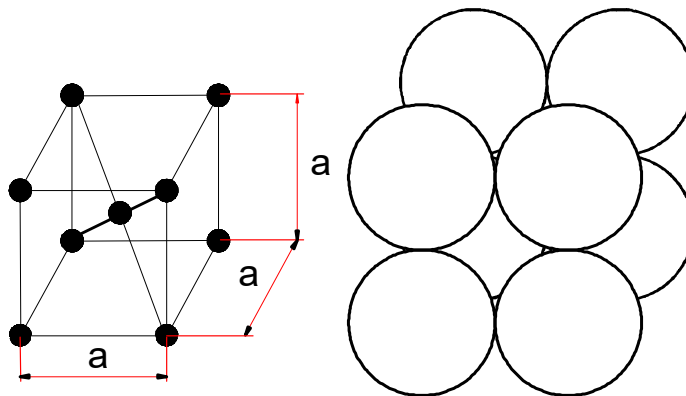
Vậy mỗi kim loại nguyên chất có cấu trúc riêng (một kiểu mạng tinh thể) thì ứng với tính chất riêng. Nói chung cấu trúc kim loại nguyên chất đều đơn giản hơn hợp kim của nó. Vì vậy độ cứng, độ bền thấp hơn; độ dẻo, độ dai cao hơn.

Phần lớn các kim loại nguyên chất thường có ba loại mạng tinh thể: Lập phương tâm (lập phương tâm khối), lập phương tâm mặt (lập phương diện tâm), sáu phương xếp chặt (lục giác xếp chặt).

#### 1. Các loại mạng tinh thể thường gặp trong kim loại nguyên chất:

##### a) **Mạng tinh thể lập phương tâm (lập phương tâm khối):**

**Định nghĩa:** Là mạng tinh thể có Ô cơ sở là hình lập phương, trong đó các nguyên tử nằm ở đỉnh và tâm khối (Hình 4). Được ký hiệu  $\blacksquare$

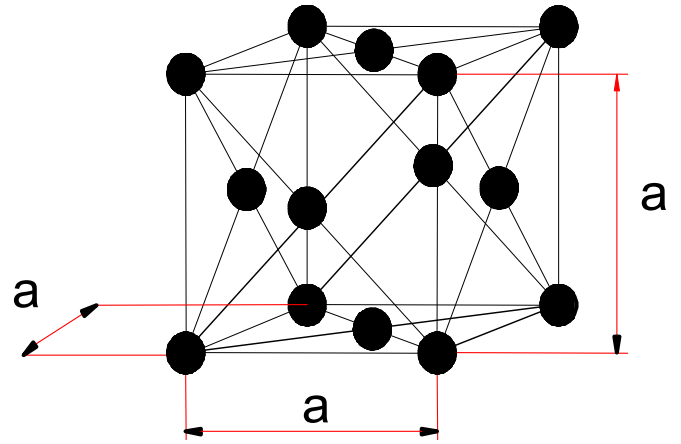


H4 Ô cơ sở và mạng lập phương tâm khối

Ví dụ: Các kim loại nguyên chất có loại mạng tinh thể này như Cr, W, V, Mo...

b) **Mạng tinh thể lập phương tâm mặt (lập phương diện tâm):**

**Định nghĩa:** Là loại mạng tinh thể có Ô cơ sở là hình lập phương trong đó các nguyên tử nằm ở đỉnh và tâm các mặt (Hình 5). Được ký hiệu  $\square$ :

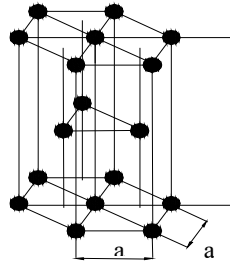


H5 Ô cơ sở mạng tinh thể lập phương tâm mặt

Ví dụ: Các loại mạng tinh thể nguyên chất có loại mạng tinh thể này: Cu, Ni, Al, Pb, Au, Ag...

c) **Mạng tinh thể sáu phương xếp chặt:**

**Định nghĩa:** Là loại mạng tinh thể có Ô cơ sở hình lục lăng trong đó có các nguyên tử nằm ở đỉnh, tâm mặt đáy và tâm của ba lăng trụ tam giác cách đều nhau (Hình 6).



H6: Ô cơ sở mạng tinh thể sáu phương xếp chặt

Ví dụ: Các kim loại nguyên chất có loại mạng tinh thể này: Mg, Zn....

2. **Tính thù hình của kim loại:**

a) **Định nghĩa:** Là một loại kim loại có thể có nhiều kiểu mạng tinh thể khác nhau tồn tại trong các khoảng nhiệt độ khác nhau.

b) **Đặc tính thù hình:**

- Các dạng thù hình khác nhau được ký hiệu bằng các chữ Hy Lạp theo nhiệt độ từ thấp đến cao :  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , ...

- Khi có chuyển biến thù hình thì kim loại đó có kèm theo sự thay đổi thể tích bên trong và thay đổi tính chất. Đây là đặc tính quan trọng nhất khi sử dụng chúng.

c) **Ví dụ:**

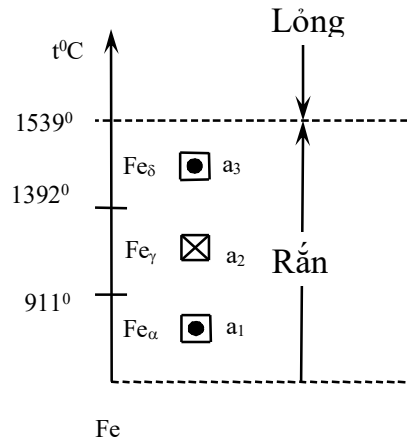
Tính thù hình của Sắt (cần học thuộc).

Sơ đồ tính thù hình của sắt (Hình 7)

Ghi chú:

▣ Mạng tinh thể

lập phương tâm khối.  
 ☒ Mạng tinh thể  
 lập phương tâm mặt.



H 7 Sơ đồ tính thù hình của Fe

Các thông số mạng có kích thước:

$a_1=2,88\text{KX}$ ;  $a_2=3,64\text{KX}$ ;  $a_3=2,48\text{KX}$  ;  $1\text{KX}=1,002\text{A}^0$  ;  $1\text{A}^0=10^{-8}\text{cm}$ .

Khi nung sắt nguyên chất người ta thấy ở trạng thái rắn sắt thay đổi ba kiểu mạng tinh thể ở ba khoảng nhiệt độ khác nhau, vậy nó có ba dạng thù hình được ký hiệu  $\text{Fe}_\alpha$ ,  $\text{Fe}_\gamma$ ,  $\text{Fe}_\delta$ .

Ta thấy có ba kiểu mạng tinh thể (kèm theo thay đổi thể tích trong sắt) do đó tính chất thay đổi.

### 1.2.3. Cấu tạo của hợp kim:

#### 1. Khái niệm:

##### a) Định nghĩa:

Hợp kim là vật thể mang tính kim loại (sáng, dẻo, dẫn điện và nhiệt) chứa nhiều nguyên tố trong đó chủ yếu phải là nguyên tố kim loại, nguyên tố còn lại là nguyên tố hợp kim hóa.

##### b) Ưu việt của hợp kim đối với ngành cơ khí.

Hợp kim được sử dụng nhiều trong nghề cơ khí. Sở dĩ như vậy là so với kim loại nguyên chất nó có các tác dụng phù hợp với chế tạo cơ khí.

- Cơ tính hợp kim phù hợp vật liệu chế tạo cơ khí: Đối với nghề cơ khí, vật liệu chế tạo phải có độ bền cao, tuổi thọ sử dụng tốt, về mặt này hợp kim hơn hẳn kim loại nguyên chất, độ cứng, độ dẻo cao hơn hẳn trong khi đó độ dẻo và độ dai vẫn đủ.
- Tính công nghệ thích hợp: Kim loại nguyên chất có tính dẻo cao, dễ gia công áp lực nhưng khó đúc, gia công cắt kém và không hoá bền được bằng nhiệt luyện.
- Giá thành hạ hơn: Dễ chế tạo hơn do không phải khử bỏ triệt để các tạp chất như kim loại.

##### c) Chú ý:

- Quy ước ký hiệu hệ hợp kim A-B: Tức là hợp kim chứa hai nguyên tố A và B trong đó A là nguyên tố chủ yếu và phải là nguyên tố kim loại còn B là nguyên tố hợp kim hoá có thành phần thay đổi trong hợp kim. Nếu B có thành phần xác định trong A, dùng để chỉ một hợp kim cụ thể A-B(%).

## 2. Các dạng cấu tạo của hợp kim:

Cấu tạo bên trong của hợp kim phụ thuộc chủ yếu vào tác dụng giữa các nguyên tố cấu tạo nên chúng.

Nói chung ở trạng thái lỏng các nguyên tố đều hoàn toàn hoà tan lẫn nhau để tạo nên dung dịch lỏng. Song khi làm nguội ở trạng thái rắn sẽ hình thành thành tổ chức *pha*\* của hợp kim có thể rất khác nhau do tác dụng với nhau giữa các nguyên tố, nó có thể có tổ chức pha như sau:

- Hợp kim có tổ chức một pha (một kiểu mạng tinh thể)
  - Khi các nguyên tố trong hợp kim tác dụng hoà tan ở trạng thái rắn gọi là dung dịch rắn.
  - Khi các nguyên tố trong hợp kim tác dụng hoá học ở trạng thái rắn gọi là hợp chất hoá học.
- Hợp kim có tổ chức hai pha trở lên ( $\geq 2$  kiểu mạng tinh thể)
  - Khi giữa các pha trong hợp kim có tác dụng cơ học với nhau gọi là hỗn hợp cơ học.

*Pha(\*): Là tổ phần đồng nhất có tính chất giống nhau trong toàn bộ thể tích ở cùng trạng thái (lỏng, rắn phải có cùng một kiểu mạng tinh thể) và ngăn cách phần còn lại bằng bề mặt phân chia.*

Vậy kim loại nguyên chất khi ở trạng thái rắn không có tính thù hình thì chỉ có một kiểu mạng tinh thể nên có cấu tạo một pha. Nếu có tính thù hình thì mỗi dạng thù hình của nó là một pha. Ví dụ  $Fe_{\alpha}$  là một pha,  $Fe_{\gamma}$  là một pha,  $Fe_{\delta}$  là một pha.

Có thể nói tính chất của hợp kim được quyết định bởi tính chất của các pha cấu tạo nên hợp kim. Vậy ta lần lượt xét các dạng cấu tạo sau:

### a) Dung dịch rắn:

#### ▪ Định nghĩa:

Khi hai hay nhiều nguyên tố trong hợp kim có khả năng hoà tan với nhau ở trong trạng thái rắn và tạo nên một thể đồng nhất có tính chất giống nhau trong toàn bộ thể tích của hợp kim.

**Quy ước:** Trong dung dịch rắn, nguyên tố có lượng chứa nhiều hơn gọi là nguyên tố dung môi, nguyên tố còn lại là nguyên tố hoà tan. Trong hệ hợp kim A-B theo quy ước ta có **ký hiệu dung dịch rắn: A(B)** tức là B hoà tan trong A với thành phần có hạn hoặc vô hạn. Nếu nguyên tố dung môi A có tính thù hình:  $\alpha$ ,  $\beta$  thì ta có các loại dung dịch rắn được ký hiệu  $A_{\alpha}(B)$ ,  $A_{\beta}(B)$  hoặc ký hiệu bằng các chữ  $\alpha$ ,  $\beta$ .

#### ▪ Cấu tạo:

Căn cứ vào định nghĩa và mục 1.2.1/2.d hợp kim có cấu tạo một pha ứng với một dung dịch rắn vì có một kiểu mạng tinh thể và là kiểu mạng của

nguyên tố dung môi. Nếu ta có A(B) cấu tạo của nó là một pha vì có kiểu mạng tinh thể của nguyên tố A.

Ví dụ: Hệ hợp kim Fe-C có dung dịch rắn  $Fe_{\alpha}(C)$  cấu tạo của nó là một pha vì có kiểu mạng tinh thể lập phương tâm khối  $a_1 = 2,88 \text{ KX}$  (xem lại mục 1.2.2/2.c.).

▪ Cơ tính:

Cơ tính chung của dung dịch rắn: Có độ cứng thấp, độ bền thấp và có độ dẻo cao, độ dai cao do có kiểu mạng tinh thể từ kim loại nguyên chất .

**b) Hợp chất hoá học:**

▪ Định nghĩa :

Khi hai hay nhiều nguyên tố trong hợp kim có tính chất điện hoá khác nhau có khả năng tác dụng hoá học với nhau để tạo ra công thức hoá học và tạo nên một thể đồng nhất có tính chất giống nhau trong toàn bộ thể tích của hợp kim.

**Quy ước:** Nếu ta có hợp kim A-B, khi B có thành phần hoá học nhất định có tính chất điện hoá khác với A sẽ tác dụng hoá học với A để tạo thành hợp chất hoá học được ***ký hiệu theo công thức hoá học  $A_mB_n$***  .

▪ Cấu tạo:

Căn cứ vào định nghĩa và mục 1.2.1/2.d. Hợp kim có một pha ứng với một hợp chất hoá học (có công thức hoá học  $A_mB_n$ ) vì có một kiểu mạng tinh thể nhưng khác với kiểu mạng tinh thể của nguyên tố thành phần tạo nên nó.

▪ Cơ tính:

Cơ tính chung của hợp chất hoá học có độ cứng cao, tính giòn lớn do có kiểu mạng tinh thể phức tạp không giống kiểu mạng của kim loại nguyên chất đồng thời có nhiệt độ phân huỷ cao ( $t_{nc}$  cao).

Nếu kích thước tinh thể của pha hợp chất hoá học càng nhỏ hoặc ở dạng hạt thì cơ tính của nó sẽ giòn hơn.

**c) Hỗn hợp cơ học:** Rất nhiều trường hợp hợp kim không có một pha như ở trên mà gồm nhiều pha. Cấu tạo như vậy gọi là hỗn hợp cơ học.

▪ Định nghĩa:

Khi hai hay nhiều hai nhiều pha trong hợp kim không có khả năng hoà tan và tác dụng hoá học với nhau ở trạng thái rắn thì tác dụng cơ học với nhau để tạo thành hỗn hợp cơ học của hợp kim.

**Quy ước:** Nếu hợp kim A-B khi ở trạng thái rắn có hai hay nhiều pha nhưng chúng không tác dụng hoá học với nhau và cũng không tác dụng hoà tan với nhau mà tác dụng cơ học thuần túy để tạo nên một vật thể mang tính kim loại có nhiều pha được ***ký hiệu giữa các pha tác dụng cơ học bằng dấu (+)***. Vậy nếu hợp kim có cấu tạo là hỗn hợp cơ học thì

▪ Cấu tạo:

Nếu hợp kim có cấu tạo là hỗn hợp cơ học thì trong hợp kim ít nhất có hai kiểu mạng tinh thể trở lên (hai pha trở lên).

Hỗn hợp cơ học có trong các hợp kim A-B có thể là:



- Hai pha của kim loại nguyên chất tạo nên. Ví dụ: hợp kim Au-Pb...Hợp kim Au-Pb khi ở trạng thái rắn các nguyên tố Au-Pb không hoà tan và cũng không tác dụng hoá học mà tạo thành hỗn hợp hoá học cơ học Au+Pb vì có hai kiểu mạng tinh thể của Au và Pb.
- Hai pha của dung dịch rắn. Ví dụ hợp kim Fe-C khi thành phần cacbon =0,5% ở nhiệt độ 800<sup>0</sup>C có cấu tạo bên trong là hỗn hợp cơ học gồm Fe<sub>α</sub>(C)+ Fe<sub>γ</sub> (C) vì thế có hai kiểu mạng tinh thể của Fe<sub>α</sub> và Fe<sub>γ</sub> (Xem lại mục a).
- Hai pha của dung dịch rắn và hợp chất hoá học . Ví dụ hợp kim Fe-C khi thành phần cacbon =0,5% ở nhiệt độ thường có cấu tạo bên trong là hỗn hợp cơ học gồm Fe<sub>α</sub>(C)+ Fe<sub>3</sub>C vì thế có hai kiểu mạng tinh thể của Fe<sub>α</sub> và Fe<sub>3</sub>C (Xem lại mục b).
- Hai pha của kim loại nguyên chất và dung dịch rắn hoặc kim loại nguyên chất với hợp chất hoá học.

Hai dạng điển hình của hỗn hợp cơ học là cùng tinh và cùng tích.

- Cùng tích là hỗn hợp cơ học của hai hay nhiều pha được tạo thành từ dung dịch rắn.
- Cùng tinh là hỗn hợp cơ học của hai hay nhiều pha được tạo thành từ trạng thái lỏng nên có kích thước tinh thể lớn hơn cùng tích.
  - Cơ tính hỗn hợp cơ học nói chung phụ thuộc vào cơ tính của các pha tạo thành.

Muốn đánh giá cơ tính của hỗn hợp cơ học nào đó trong hợp kim có thành phần hoá học xác định tại nhiệt độ nhất định phải căn cứ vào tỷ lệ cấu tạo và cơ tính của pha tạo thành.

### 1.3 BÀI TẬP ỨNG DỤNG VỀ MỐI QUAN HỆ GIỮA CẤU TẠO VÀ CƠ TÍNH CỦA VẬT LIỆU.

#### 1.3.1 Nhận dạng cấu tạo của hợp kim và cơ tính của nó:

Hướng dẫn làm bài tập:

Dựa vào lý thuyết mục 1.2 để làm bài theo yêu cầu của từng bài tập, cụ thể có các yêu cầu sau:

- Tìm dạng cấu tạo:
  - Dựa vào định nghĩa của dạng cấu tạo so với đầu bài xem tác dụng giữa các nguyên tố( các pha) trong hợp kim thuộc dạng cấu tạo nào, từ đó xác định được dạng cấu tạo đó .
  - Dựa vào quy ước ký hiệu các dạng cấu tạo so với đầu bài đã cho, từ đó xác định được dạng cấu tạo đó.
  - Dựa vào số kiểu mạng tinh thể có trong hợp kim để xác định số pha có trong dạng cấu tạo đó.
- Viết ký hiệu của dạng cấu tạo:

- Dựa vào quy ước ký hiệu của từng dạng cấu tạo so với đầu bài, từ đó viết được ký hiệu của dạng cấu tạo đó. Khi viết ký hiệu dung dịch rắn cần chú ý đến tính thù hình của nguyên tố dung môi.

- Nhận xét cơ tính hoặc so sánh cơ tính:  
\_ Sau khi xác định được dạng cấu tạo trong bài tập, muốn nhận xét được cơ tính của nó dựa vào lý thuyết "cơ tính chung" của từng dạng cấu tạo để trả lời.

## **Bài tập**

Câu 1: Hợp kim Fe-C có nguyên tố C tác dụng hoà tan với Fe tại nhiệt độ  $700^{\circ}\text{C}$  để tạo thành dung dịch rắn. Hãy cho biết cấu tạo bên trong của hợp kim này thuộc dạng cấu tạo nào, viết ký hiệu quy ước và cho biết kiểu mạng tinh thể của nó? Cấu tạo hợp kim này có mấy pha? Nhận xét gì về cơ tính của nó?

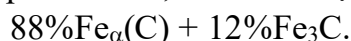
Câu 2: Hợp kim Fe-C có nguyên tố C tác dụng hoà tan với Fe tại nhiệt độ  $1000^{\circ}\text{C}$  để tạo thành dung dịch rắn. Hãy cho biết cấu tạo bên trong của hợp kim này thuộc dạng cấu tạo nào, viết ký hiệu quy ước và cho biết kiểu mạng tinh thể của nó? Cấu tạo hợp kim này có mấy pha? Nhận xét gì về cơ tính của nó?

Câu 3 : Hợp kim Fe-C khi  $\text{C} = 6,67\%$  tác dụng với Fe để tạo thành  $\text{Fe}_3\text{C}$  có kiểu mạng tinh thể trực thoi phức tạp. Hỏi  $\text{Fe}_3\text{C}$  thuộc loại cấu tạo nào? Có mấy pha? Từ đó có nhận xét gì về cơ tính của nó?

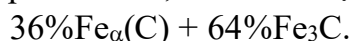
Câu 4: Hợp kim Fe-C có cấu tạo sau:  $\text{Fe}_\alpha(\text{C}) + \text{Fe}_3\text{C}$  . Hãy cho biết hợp kim trên thuộc dạng cấu tạo nào? Có mấy pha? Từ đó nhận xét gì về cơ tính chung của nó?

### **1.3.2 So sánh cơ tính các hợp kim có cùng dạng cấu tạo:**

a) Hợp kim Fe-C có thành phần  $\text{C} = 0,8\%$  có cấu tạo tại nhiệt độ thường:



b) Hợp kim Fe-C có thành phần  $\text{C} = 4,3\%$  có cấu tạo tại nhiệt độ thường:



Hãy cho biết các hợp kim trên thuộc dạng cấu tạo nào? Sau đó so sánh cơ tính của chúng.

## **1.4. CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG.**

Câu 1: Cơ tính là gì? Hãy nêu các loại cơ tính thường dùng? Trình bày định nghĩa, ký hiệu, đơn vị của chúng? Nêu rõ ý nghĩa các loại cơ tính.

Câu 2: Dùng kiến thức, ý nghĩa các loại cơ tính hãy trả lời các bài tập sau:

- Phôi thép cần có cơ tính nào cao để khi qua gia công áp lực dễ bị biến dạng nhất để tạo hình sản phẩm? Tại sao?
- Vật liệu thép có cơ tính như thế nào thì có tính chống mài mòn bề mặt tốt? Các sản phẩm cơ khí phải làm việc trong điều kiện như thế nào thì cần đến độ cứng cao nhất? Tại sao?

c) Các phôi thép đem đi gia công cắt gọt trên máy cắt gọt (tiện, phay, bào) có các trị số cứng sau:

+ Phôi 1: Độ cứng 100 HB.

+ Phôi 2: Độ cứng 150 HB.

+ Phôi 3: Độ cứng 250 HB.

Hãy cho biết phôi nào dễ gia công nhất? Tại sao?

d) Cặp bánh răng truyền chuyển động quay với vận tốc lớn  $5 \rightarrow 7$  m/s trong đó bánh răng chủ động có đường kính nhỏ còn bánh răng bị động có đường kính lớn hơn nhiều. Vậy muốn cơ cấu bánh răng chạy êm trong quá trình sử dụng thì bề mặt bánh răng cần cơ tính nào cao và bánh răng nào cần cao hơn? Tại sao?

e) Bánh răng làm việc trong điều kiện chịu tải nặng thường bị hỏng các dạng sau:

+ Mòn bề mặt răng.

+ Tróc bề mặt răng.

+ Nứt gãy chân răng.

+ Biến dạng răng.

+ Mề răng.

Trong từng trường hợp trên, hãy cho biết vật liệu bánh răng cần nâng cao cơ tính nào để tránh dạng hỏng đó? Tại sao?

Câu 3: Dùng kiến thức 1.1.2.6. (Quan hệ giữa các loại cơ tính) để trả lời các câu hỏi bài tập sau:

Thế nào là độ tin cậy của sản phẩm cơ khí? Các sản phẩm cơ khí phải làm việc trong điều kiện như thế nào thì cần đến độ tin cậy cao? Hãy lấy một vài ví dụ về các sản phẩm cơ khí khi làm việc và điều kiện cơ tính mong muốn của nó để có độ tin cậy cao.

Câu 4: Vật liệu có cơ tính như thế nào gọi là cơ tính tổng hợp? Các sản phẩm cơ khí phải làm việc trong điều kiện như thế nào thì cần đến cơ tính tổng hợp cao?

Câu 5: Vật liệu có cơ tính như thế nào gọi là cơ tính đàn hồi? Các sản phẩm cơ khí phải làm việc trong điều kiện như thế nào thì cần tính đàn hồi cao?

Câu 6: Thế nào là một kiểu mạng tinh thể? Tại sao Cu và Al có cùng một loại mạng tinh thể lập phương tâm mặt mà tính chất của chúng lại khác nhau (Xem thêm mục 6.2.1.1 và 6.3.1.1)

Câu 7: Thế nào là tính thù hình của kim loại? Tại sao Fe lại có tính thù hình? Hãy vẽ sơ đồ tính thù hình của Fe.

Câu 8: Hợp kim có mấy dạng cấu tạo? Trình bày định nghĩa, cấu tạo và cơ tính của chúng. Sau đó dùng ví dụ cấu tạo của hợp kim Fe-C để chứng minh ( Xem thêm mục 2.2.1.1)

Câu 9: Làm bài tập mục 1.3.

## CHƯƠNG 2

# GIẢN ĐỒ TRẠNG THÁI Fe - Fe<sub>3</sub>C (Fe-C).

## NỘI DUNG

### 2.1. Khái niệm về giản đồ trạng thái.

#### 2.1.1. Định nghĩa:

Là biểu đồ biểu thị trạng thái tổ chức của hệ hợp kim đã cho trên hệ trục nhiệt độ và thành phần hoá học.

Do công sức của nhiều nhà khoa học trong các viện nghiên cứu, người ta đã lập nên được hầu hết giản đồ trạng thái của các hệ hợp kim quan trọng. Có thể tìm chúng ở trong các tài liệu kỹ thuật.

#### 2.1.2. Công dụng giản đồ trạng thái của hệ hợp kim đã cho:

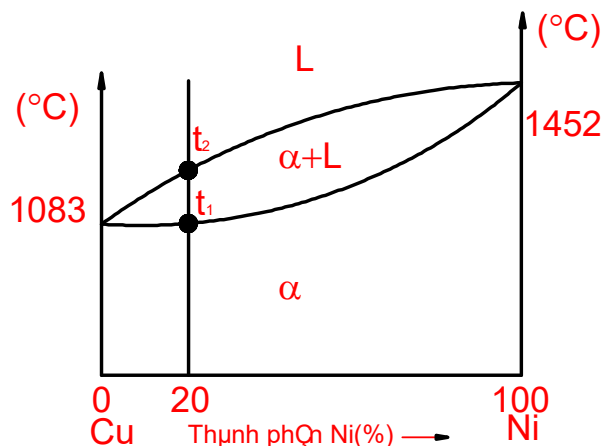
- Cho biết cấu tạo bên trong của hợp kim với thành phần xác định khác nhau thông qua giản đồ trạng thái này để biết được cơ tính của chúng do đó biết cách sử dụng hợp lý vật liệu làm bằng hợp kim đó.

- Qua giản đồ trạng thái xác định được chế độ nhiệt cho các công nghệ: Luyện kim và đúc (xác định  $t_{nc}^0$ ), rèn (xác định  $t^0$  bắt đầu và kết thúc khi gia công), nhiệt luyện (xác định các  $t^0$  của từng phương pháp nhiệt luyện), hàn ( $t^0$  hàn) của hợp kim có thành phần xác định

#### 2.1.3. Ví dụ:

1) **Giản đồ hệ một nguyên tố Fe:** Khi ta có hệ hợp kim Fe-C nguyên tố khác. Nếu nguyên tố hợp kim hoá là 0% thì giản đồ sẽ chỉ biểu diễn trên một hệ trục tung là nhiệt độ (vì tại trục hoành, thành phần hoá học là một điểm ứng với 100% là Fe và 0% là nguyên tố khác) chính là sơ đồ tính thù hình của Fe biểu diễn trên hình 7 (chương I). Qua đó có thể biết được trạng thái của Fe và các loại cấu tạo khác nhau của Fe ở trạng thái rắn ở các khoảng nhiệt độ khác nhau là Fe<sub>α</sub>(1pha) Fe<sub>γ</sub> (1pha), Fe<sub>δ</sub>(1pha), Fe lỏng (1pha)

2) **Giản đồ trạng thái hệ hai nguyên tố Cu-Ni.** Khi ta có hệ hợp kim Cu-Ni biểu diễn trên hệ trục nhiệt độ và thành phần hoá học của Niken thay đổi từ 0%-100% (biểu diễn trên hình 8) cho biết trên đó có các ký hiệu của các vùng tổ chức α, L, α + L.



H8: Biểu đồ trạng thái hỗn hợp kim Cu-Ni.

L: Dung dịch lỏng Cu và Ni (1pha).

$\alpha$ : Dung dịch rắn của Niken hoà tan trong đồng [Cu(Ni)] (1pha).

$\alpha + L$ : hợp kim ở hai trạng thái: rắn  $\alpha$  và lỏng L (2 pha).

Căn cứ giản đồ hệ hợp kim Cu- Ni biết được cấu tạo bên trong của nó, từ đó có thể:

- Xét cấu tạo của hợp kim Cu-Ni khi Ni=20% nung đến nhiệt độ 1500°C.

Từ nhiệt độ thường đến nhiệt độ  $t_1$  hợp kim này có cấu tạo là dung dịch rắn  $\alpha$ .

Từ nhiệt độ  $t_1$  đến nhiệt độ  $t_2$  cấu tạo hợp kim là  $\alpha+L$ .

Nhiệt độ  $t_2 > 1500^\circ$  cấu tạo hợp kim hoàn toàn ở trạng thái lỏng là L.

- Phân tích quá trình nung nóng của hợp kim trên như sau: Tại nhiệt độ thường hợp kim có cấu tạo dung dịch rắn  $\alpha$ , khi nung nóng hợp kim vẫn có cấu tạo trên tới khi nung đến nhiệt độ  $t_1$  tại đây pha dung dịch rắn  $\alpha$  bắt đầu tiết ra pha lỏng L, do đó nung hợp kim ở nhiệt độ cao hơn  $t_1$  cấu tạo của nó gồm hai pha  $\alpha+L$ , nung tiếp hợp kim vẫn là  $\alpha+L$  tới khi đạt được nhiệt độ  $t_2$  tại đây pha rắn  $\alpha$  hoà tan hết vào pha lỏng L, vì vậy nung cao hơn nhiệt độ  $t_2$  hợp kim cấu tạo hoàn toàn ở trạng thái lỏng L.

- Xác định nhiệt cho công nghệ đúc để tạo hình sản phẩm phải ở trạng thái lỏng có nhiệt độ lớn hơn  $t_2$ .

- Đây là vật liệu rất dễ gia công biến dạng bằng phương pháp gia công áp lực (cán, kéo, ép...) do cấu tạo của nó là dung dịch rắn  $\alpha$  có cơ tính mềm và dẻo.

3) Kết luận:

Ứng dụng giản đồ trạng thái nhờ nó ta có thể biết cấu tạo bên trong của hệ hợp kim hoặc hợp kim có thành phần xác định từ đó suy ra tính chất để biết sử dụng nó một cách hợp lý và hiệu quả.

## 2.2. Giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C ( Fe-C\*)

*Giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C của hợp kim Fe-C được biểu diễn trong phạm vi thành phần C=6,67% tại đây C tác dụng hoá học với Fe để tạo thành hợp chất hóa học Fe<sub>3</sub>C đồng thời cần hiểu: tại điểm 0% C có 100%Fe được ký hiệu Fe, tại 6,67% C có 100% Fe<sub>3</sub>C ký hiệu Fe<sub>3</sub>C.*

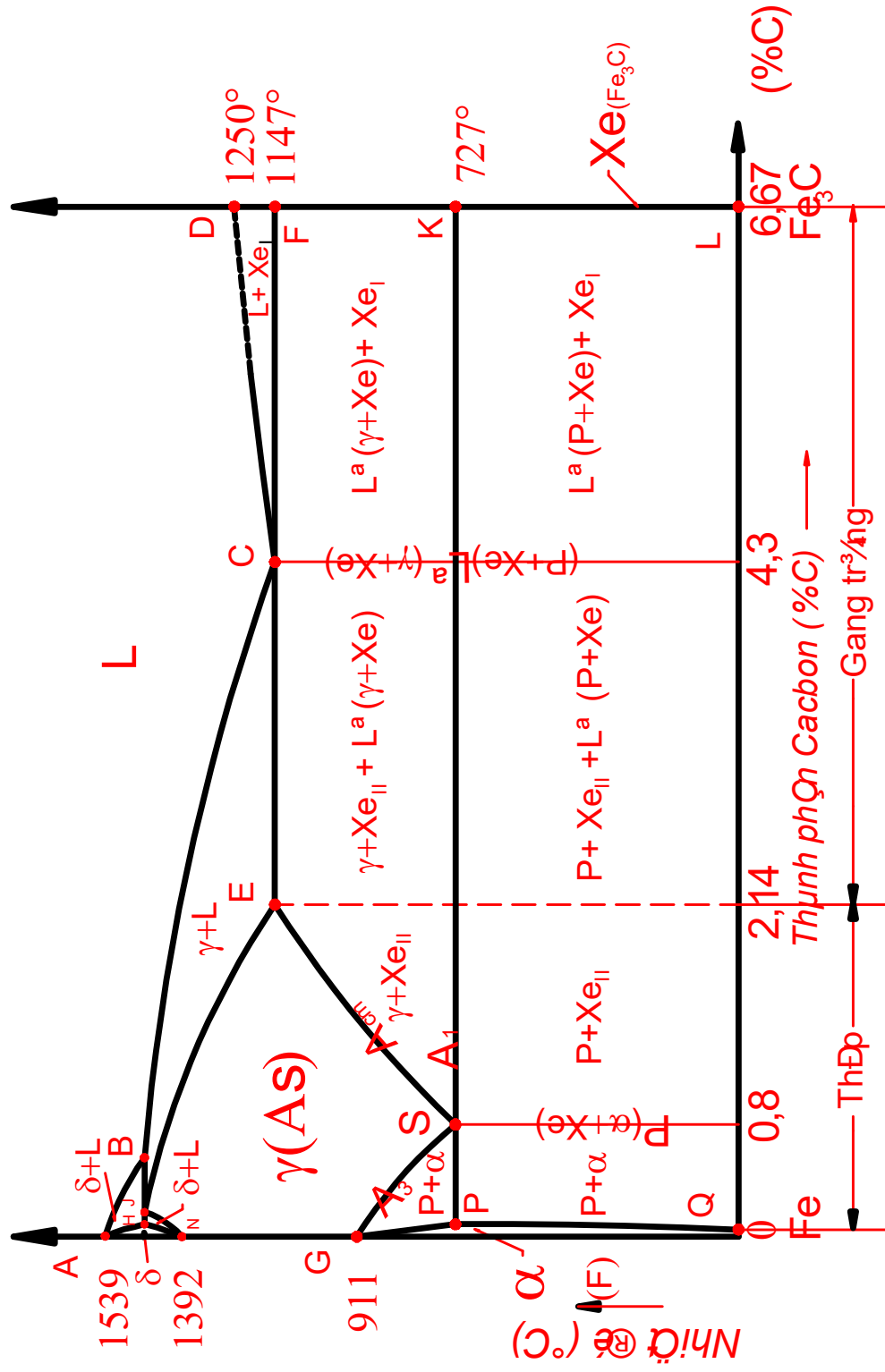
Muốn biết cấu tạo bên trong và tính chất của hệ hợp kim Fe<sub>3</sub>C phải biết sử dụng giản đồ trạng thái Fe<sub>3</sub>C vậy ta lần lượt tìm hiểu các kiến thức trên giản đồ đã cho:

### 2.2.1. Giới thiệu giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C (Fe-C):

Giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C trình bày ở hình 9 với các ký hiệu A,B...(t<sup>o</sup>C-%C) đã được quốc tế hoá như sau:

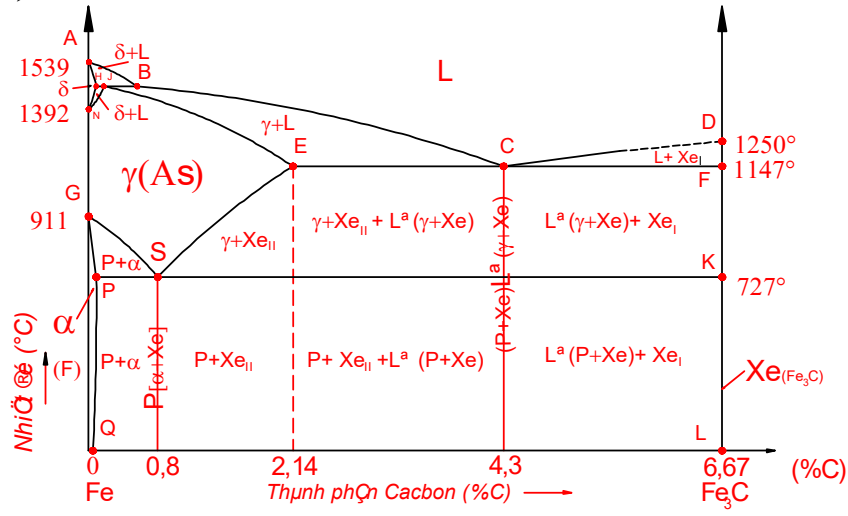
A(1539-0),N(1392-0),G(911-0),Q(0-0,006),P(727-0,02), H(1499-0,1), J(1499-0,16), B(1499-0,5) E(1147-2,14), C(1147-4,3), D(1250-6,67), F(1147-6,67), K(727-6,67), L(0-6,67).

Cấu tạo của hệ hợp kim Fe-C ở trạng thái rắn có đủ ba dạng cấu tạo như (mục 2.1.3/2) Gồm các loại dung dịch rắn, hợp chất hoá học được tạo thành (bởi hai nguyên tố Fe và C) và hỗn hợp cơ học của nó. Trước hết tìm hiểu giản đồ đã cho trên hình 9.



Hình 9: Giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C của hệ thống kim Fe-C

1) Các tổ chức của hệ hợp kim Fe-C trên giản đồ Fe-Fe<sub>3</sub>C (hình 9a)



H9a Giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C của hợp kim Fe-C

Hệ hợp kim Fe-C (khi C thay đổi từ 0÷6,67%) trên giản đồ có những tổ chức pha như sau: (xem lại khái niệm pha)

a) Các tổ chức một pha:

- Trạng thái lỏng (1pha lỏng): Ký hiệu trên giản đồ L: Là dung dịch lỏng của Cacbon(C) hoà tan trong Sắt (Fe) .
- Trạng thái rắn: do tác dụng giữa nguyên tố Fe và C các pha được phân biệt bằng một kiểu mạng tinh thể gồm có:

+ Các loại dung dịch rắn của nguyên tố C hoà tan vào Fe<sub>α</sub>, Fe<sub>γ</sub>, Fe<sub>δ</sub> được gọi tên quốc tế:

. Pha Ferit (chữ Latinh Ferrum: Sắt) là dung dịch rắn của Fe<sub>α</sub>(C) **ký hiệu trên giản đồ là α hoặc F** có lượng C hoà tan tối đa ở t<sup>0</sup> thường là điểm Q và ở t<sup>0</sup>=727<sup>0</sup>C là điểm P, nên đường PQ là đường giới hạn hoà tan của C trong Fe<sub>α</sub> có thể coi α là Fe<sub>α</sub> vì lượng C hoà tan quá nhỏ.

( Xem ảnh 1 tổ chức tế vi phần phụ lục):

. Pha Austenit (tên của Bác học người Anh Robert Austen) và dung dịch rắn của Fe<sub>γ</sub>(C) **ký hiệu trên giản đồ trạng thái là γ hoặc As** có lượng C hoà tan tối đa ở t<sub>0</sub>=727<sup>0</sup>C là điểm S và ở t<sub>0</sub>=1147<sup>0</sup>C là điểm E, nên đường SE là đường giới hạn hoà tan của C trong Fe<sub>γ</sub>.

. Pha δ: Là dung dịch rắn của Fe<sub>δ</sub>(C) **ký hiệu trên giản đồ là δ**.

Cơ tính chung của các dung dịch rắn trên đều có độ cứng độ bền thấp, độ dẻo, độ dai cao (ở mục 2.1.3/2.a). Cơ tính riêng của chúng cụ thể: Độ cứng pha α là 80 |100HB, độ cứng pha δ là 180 |200 HB. Nếu kích thước hạt tinh thể của các pha càng nhỏ thì độ dẻo càng giảm, độ cứng độ bền càng cao.

+ Hợp chất hoá học:



Pha Xementit (tên quốc tế gọi là Cement: cứng như ximăng) là hợp chất hoá học của Fe tác dụng hoá học với C khi  $C=6,67\%$  có công thức hoá học  $Fe_3C$  **ký hiệu trên giản đồ trạng thái là Xe hoặc  $Fe_3C$**  có cơ tính độ cứng rất cao  $\geq 700HB$  và rất giòn. Ngoài ra cơ tính của Xe còn phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của nó, cụ thể kích thước tinh thể càng nhỏ thì Xe càng đỡ giòn, trên giản đồ  $Xe_I$  có kích thước tâm thô lớn,  $Xe_{II}$  có kích thước nhỏ hơn.

$Xe_I$  có hình dạng tấm,  $Xe_{II}$  có hình dạng hạt. Dạng hạt có độ dẻo độ dai cao (đỡ giòn) hơn dạng tấm.

#### **b) Các tổ chức hai pha:**

Tổ chức còn lại của hệ hợp kim trên giản đồ trạng thái là những tổ chức có cấu tạo hai pha:

- Ở trạng thái lỏng và rắn thì gồm pha lỏng và một pha rắn nằm trên đường AHJECF (gọi là đường rắn)

- Tại trạng thái rắn thì gồm các hỗn hợp cơ học có hai pha (hai kiểu mạng tinh thể), trong đó có hai dạng hỗn hợp cơ học đặc biệt được tồn tại khi thành phần  $C=0,8\%$  và  $C=4,3\%$ , cụ thể:

+ Khi  $C=0,8\%$  có hỗn hợp cơ học cùng tích gọi là Peclit (Pearl: vân) gồm hai pha  $[\alpha+Xe]$  được hình thành từ dung dịch rắn  $\gamma$  tại  $t^0=727^0C$ , **ký hiệu trên giản đồ là chữ P.**

Cấu tạo hỗn hợp cơ học cùng tích P: Có thành phần cấu tạo pha là  $88\%\alpha + 12\%Xe$  nên cơ tính có độ cứng vẫn thấp khoảng  $200 \rightarrow 220HB$ , độ dẻo độ dai khá cao.

Gọi  $C=0,8\%$  là thành phần Cacbon cùng tích vì hợp kim này có tổ chức cùng tích P.

+ Khi  $C=4,3\%$  có hỗn hợp cơ học cùng tích Lêđêburit (Bác học người Đức Lêđêbur) gồm hai pha được hình thành từ dung dịch lỏng L tại  $t^0=1147^0C$  **ký hiệu trên giản đồ là Lê.**

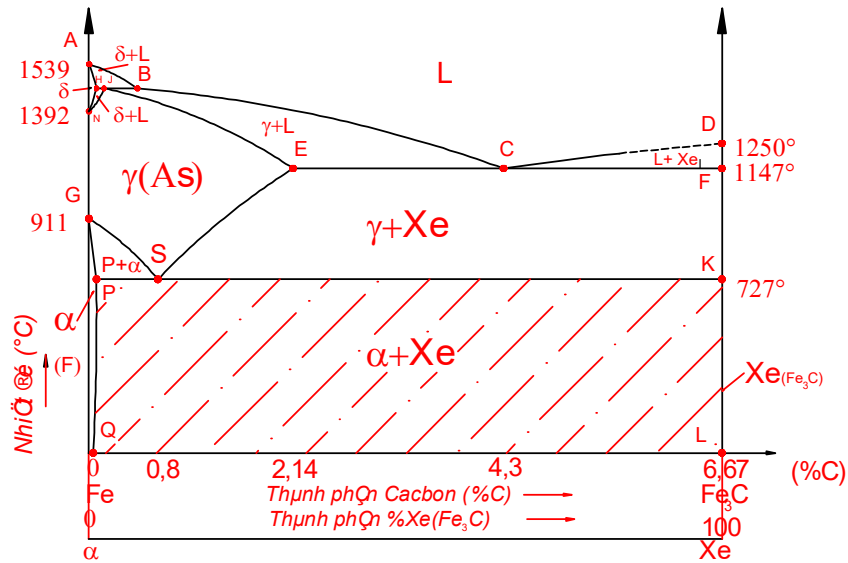
Khi  $t^0 > 727 \rightarrow 1127^0C$ , Lê gồm  $(\gamma+Xe)$

Khi  $t^0 < 727^0C$ , Lê gồm  $(P+Xe)$  tức là tổ chức có hai pha  $\alpha+Xe$ .

. Cấu tạo: Lê ở  $t^0 < 727^0C$  đến nhiệt độ thường tại  $C = 4,3\%$  có thành phần các pha là  $36\%\alpha + 64\%Xe$  vì thế cơ tính của Lê với thành phần cấu tạo trên có độ cứng rất cao khoảng  $600HB$  (xem mục 2.1.3/2.c).

Gọi  $C=4,3\%$  là thành phần Cacbon cùng tích.

**Chú ý:** Để đơn giản có thể hiểu cấu tạo pha của hệ hợp kim Fe-C được biểu diễn trên giản đồ bằng các tổ chức một pha và hai pha (hình 10) như sau:



### H10 Cấu tạo pha của hệ hợp kim Fe-C khi nhiệt độ < 727<sup>0</sup>C

**Ghi chú:** Nếu xét cấu tạo của hệ hợp kim Fe-c ở nhiệt độ nhỏ hơn 727<sup>0</sup>C là hỗn hợp cơ học gồm hai pha Xe và α, muốn biết thành phần cấu tạo của các pha trong hỗn hợp cơ học của các loại hợp kim Fe-C khi thành phần C thay đổi từ 0% C ( 100% Fe) ÷ 6,67% C (% còn lại là Fe) ứng với thành phần pha Xe thay đổi từ 0% Xe (100% α)÷ 100% Xe (0% α). Vậy nhờ cách biểu diễn thành phần pha ở trên có thể suy ra khi thành phần C trong Fe tăng làm cho thành phần cấu tạo pha của hệ hợp kim thay đổi theo nên độ cứng tăng, độ dẻo, dai giảm.

#### 2) Phân loại hợp kim Fe-C trên giản đồ trạng thái Fe-C:

- Nếu phân loại hợp kim Fe-C dựa vào %C(=2,14%) thì ta có hai loại:
  - + Thép: Khi %C < 2,14%.
  - + Gang: Khi %C > 2,14%.
    - Nếu căn cứ vào tổ chức của nó ở trên giản đồ trạng thái thì ngoài thành phần %C (2,14% C) còn dựa vào tổ chức tương ứng ta có hai loại: Thép và Gang trắng.
      - a) **Thép:**
        - Thép là hợp kim của Fe-C trong đó %C < 2,14%.
        - Phân loại: Phân loại thép theo tổ chức trên giản đồ trạng thái có 3 loại (*Xem ảnh 2, 3, 4, 5 tổ chức tế vi phần phụ lục*):
          - + Thép trước cùng tích có tổ chức: P + α khi % C < 0,8%.
          - + Thép cùng tích có tổ chức: P(α +Xe) khi %C = 0.8%.
          - + Thép sau cùng tích có tổ chức: P + Xe<sub>II</sub> KHI %C > 0.8%
        - b) **Gang trắng:**
          - Gang trắng là hợp kim của Fe-C có %C > 2,14% có tổ chức tương ứng trên giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C.
          - Phân loại: Phân loại gang trắng theo tổ chức trên giản đồ trạng thái có 3 loại:
            - + Gang trắng trước cùng tinh có tổ chức: Lê + P + Xe<sub>II</sub> khi % C < 4,3%.

+ Gang trắng cùng tinh có tổ chức: Lê (P + Xe) khi %C = 4,3%.

+ Gang trắng sau cùng tinh có tổ chức: Lê + Xe<sub>I</sub> khi %C > 4,3%.

### 3) Điểm và các đường tới hạn:

a) **Định nghĩa:** Là các nhiệt độ mà tại đó có sự thay đổi cấu tạo bên trong của hợp kim ở trạng thái rắn được ký hiệu A kèm theo 0,1,2... ở đây ta chỉ xét các điểm tới hạn thường dùng trong nghề cơ khí.

#### b) **Các điểm tới hạn:**

➤  $A_1 = 727^0 \text{ C}$  (đường PSK)

$A_1$  là nhiệt độ tới hạn tại đó có chuyển biến cùng tích thuận nghịch  $P \Leftrightarrow \gamma$ , cụ thể:

+ Khi nung tại nhiệt độ tới hạn  $A_1$ : tại đó có chuyển biến  $P \rightarrow \gamma$ .

+ Khi làm nguội ở nhiệt độ tới hạn  $A_1$ : tại đó có sự chuyển biến  $\gamma \rightarrow P$ .

Điểm nhiệt độ  $A_1$  áp dụng cho tất cả các loại hợp kim Fe-C.

➤  $A_3 = 727^0 \div 911^0 \text{ C}$  (Đường SG).

$A_3$  là nhiệt độ tới hạn, tại đó có chuyển biến pha giữa  $\alpha \Leftrightarrow \gamma$ , cụ thể:

+ Khi nung tại nhiệt độ tới hạn  $A_3$ :  $\alpha$  hoà tan hết vào  $\gamma$ .

+ Khi làm nguội ở nhiệt độ tới hạn  $A_3$ :  $\alpha$  tách ra từ  $\gamma$ .

➤  $A_{cm} = 727^0 \div 1147^0 \text{ C}$  (Đường SE).

$A_{cm}$  là nhiệt độ tới hạn tại đó có sự chuyển biến  $Xe_{II} \Leftrightarrow \gamma$ , cụ thể:

+ Khi nung tại nhiệt độ tới hạn  $A_{cm}$ :  $Xe_{II}$  hoà tan hết vào  $\gamma$ .

+ Khi làm nguội ở nhiệt độ tới hạn  $A_{cm}$ :  $Xe_{II}$  tách ra từ  $\gamma$ .

Để biểu diễn toàn bộ giản đồ trạng thái một cách đầy đủ các kiến thức ở trên(2.2.1), ta có hình 9 (xem ở trên).

## 2.2.2. Công dụng giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C với hệ hợp kim Fe-C:

1. Phân tích chuyển biến cấu tạo của hợp kim có thành phần Cacbon xác định khi nung nóng và làm nguội:

Hãy xét chuyển biến cấu tạo của thép trước cùng tích, sau cùng tích (với thành phần Cacbon tự chọn) khi nung nóng đến  $1000^0 \text{ C}$  và làm nguội. đến nhiệt độ thường.

#### ❖ **Hướng dẫn :**

+ Vẽ phần thép trên giản đồ trạng thái.

+ Căn cứ %C của thép (hợp kim) đã chọn xác định trục hoành.

+ Xác định chuyển biến cấu tạo trên giản đồ trạng thái: Từ %C (Tại trục hoành) gióng đường thẳng song song trục nhiệt độ (trục tung).

+ Căn cứ đường nhiệt độ hợp kim có %C trên giản đồ trạng thái tìm điểm và đường tới hạn  $\rightarrow$  Vẽ sơ đồ chuyển biến cấu tạo.

+ Dùng lý thuyết đã học: Điểm và đường tới hạn chuyển biến trong từng quá trình nung (hoặc làm nguội) để diễn đạt cho rõ nghĩa.

2. So sánh cấu tạo của các hợp kim trên ở  $t^0$  thường để từ đó so sánh cơ tính của chúng:

#### ❖ **Hướng dẫn :**

+ Căn cứ tổ chức của hợp kim đã cho trên giản đồ trạng thái ở  $t^0 < 727^0$  → Khai triển để tìm cấu tạo → Rút ra cấu tạo chung  $\alpha + \text{Xe}$  ( xem hình 10)

+ Nhận xét khi %C trong hợp kim tăng thì thành phần  $\alpha$  và Xe sẽ thay đổi ra sao? Theo quy luật như thế nào ?

+ Căn cứ vào quy luật thay đổi tỷ lệ pha đã rút ra ở trên sau đó dựa vào cơ tính của  $\alpha$  và Xe để đánh giá cơ tính chung của chúng và rút ra kết luận khi so sánh.

## CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 2

1) Định nghĩa nêu công dụng giản đồ trạng thái ? Tại sao phải học giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C của hợp kim Fe-C?

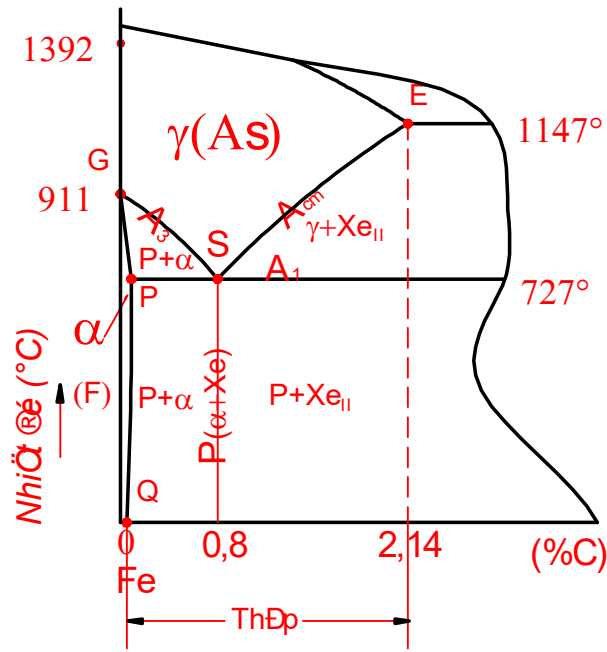
2) Hãy chứng minh các dạng cấu tạo của hợp kim và cơ tính của chúng với các hợp kim Fe-C có các thành phần Cacbon sau: 0,5%C ; 0,8%C ; 1,2%C ; 4,3%C ; 6,67%C từ nhiệt độ thường đến 1000<sup>0</sup>C.

3) Hãy xác định các chế độ nhiệt cho các phương pháp đúc, hàn, rèn của hợp kim có thành phần Cacbon 0,8% trên giản đồ trạng thái.

4) Có nhận xét gì về quy luật thay đổi cơ tính của hệ hợp kim Fe-C ở nhiệt độ thường khi thành phần Cacbon thay đổi? Tại sao?

5) Thế nào là điểm đường tới hạn? Nêu ý nghĩa của các điểm đường tới hạn A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>cm</sub> và áp dụng để phân tích chuyển biến cấu tạo của hợp kim Fe-C có thành phần xác định trên giản đồ trạng thái khi nung nóng đến 1000<sup>0</sup>C hoặc làm nguội đến nhiệt độ thường.

*Chú ý:* học sinh cần thuộc giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C : Phần thép ở trạng thái rắn( xem hình vẽ sau).



Giản đồ pha thép ở trạng thái cân bằng

### CHƯƠNG 3

## NHIỆT LUYỆN VÀ HOÁ NHIỆT LUYỆN

### NỘI DUNG

#### 3.1. NHIỆT LUYỆN

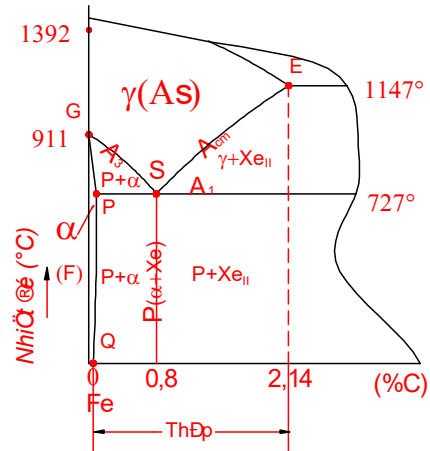
##### 3.1.1. Khái niệm

###### 1. Định nghĩa:

Nhiệt luyện là một quá trình bao gồm nung nóng hợp kim đến một nhiệt độ nhất định, giữ nhiệt ở đó một thời gian cần thiết, sau đó làm nguội với các tốc độ làm nguội khác nhau.

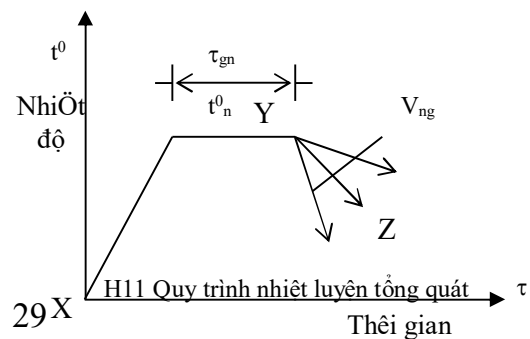
Cơ sở của nhiệt luyện của hợp kim là giản đồ trạng thái của hợp kim đó, muốn nhiệt luyện thép thì nắm vững giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C phần thép ở trạng thái rắn (hình vẽ bên).

Giản đồ phần thép ở trạng thái rắn



Quy trình nhiệt luyện tổng quát: là quy trình nhiệt luyện biểu diễn ba quá trình cơ bản của nhiệt luyện : nung nóng, giữ nhiệt, làm nguội để nhận được tổ chức mong muốn của hợp kim và quy ước các ký hiệu trên quy trình (hình 11)

$t_n^0$  : Nhiệt độ nung (là nhiệt độ cao nhất trong quá trình nung hợp kim).



H11 Quy trình nhiệt luyện tổng quát

$\tau_{gn}$ : Thời gian giữ nhiệt (là thời gian duy trì hợp kim tại nhiệt độ nung)  
-  $V_{ng}$ : Tốc độ nguội (là sự giảm nhiệt độ của hợp kim theo thời gian trong quá trình làm nguội).

- X, Y, Z là các tổ chức của hợp kim trước khi nung, tại thời gian giữ nhiệt và sau khi nhiệt nguội

Vậy Z là tổ chức của hợp kim sau khi nhiệt luyện, tính chất của tổ chức này quyết định đến mục đích của nó. Thông thường tổ chức X và Z của hợp kim (thép) có cấu tạo là hỗn hợp cơ học (Xem mục 2.2.1/1b).

## **2. Công dụng:**

Nhờ mục đích trên nhiệt luyện có tác dụng đối với quá trình sản xuất cơ khí trong quá trình gia công tạo hình sản phẩm và sử dụng các sản phẩm đó.

**a. Trong quá trình gia công tạo hình sản phẩm:** Nhiệt luyện có tác dụng cải thiện tính công nghệ cụ thể:

- **Tăng tính gia công** cắt, cán, dập... làm tăng năng suất khi chế tạo sản phẩm cơ khí.

Ví dụ: Khi gia công cắt gọt, người thợ gặp những vật liệu có độ cứng không thích hợp nên khó cắt (giảm năng suất gia công, muốn tăng năng suất khi cắt gọt phải làm sao cho phôi liệu có độ cứng thích hợp để dễ cắt. Muốn vậy trước khi cắt gọt loại vật liệu này nên sử dụng phương pháp nhiệt luyện để tạo độ cứng thích hợp.

- **Sửa chữa các sai hỏng do các khâu gia công trước gây nên:** Khi chế tạo một sản phẩm nào đó phải qua các khâu gia công khác nhau: Đúc, cán, rèn, gia công cắt... mà mỗi quá trình gia công nào đó đều cho vật liệu kim loại có hình dạng nhất định song cũng có thể gây ra một số ảnh hưởng không có lợi cho quá trình gia công tiếp theo. Ta có thể sửa lại các ảnh hưởng không có lợi đó bằng cách nhiệt luyện.

Ví dụ: Sau khi rèn thép biến cứng khó gia công trên máy cắt, lúc đó muốn cắt gọt được làm mềm đi bằng nhiệt luyện hoặc là các phương pháp gia công áp lực ở trạng thái nguội để tạo phôi cho gia công cắt hoặc tạo hình sản phẩm (lò xo) gây nên ứng suất bên trong ảnh hưởng xấu đến tính chất của vật liệu cần phải khử ứng suất dư đó bằng nhiệt luyện.

**b. Sử dụng các sản phẩm chế tạo cơ khí làm việc trong các điều kiện cần cơ tính cao**

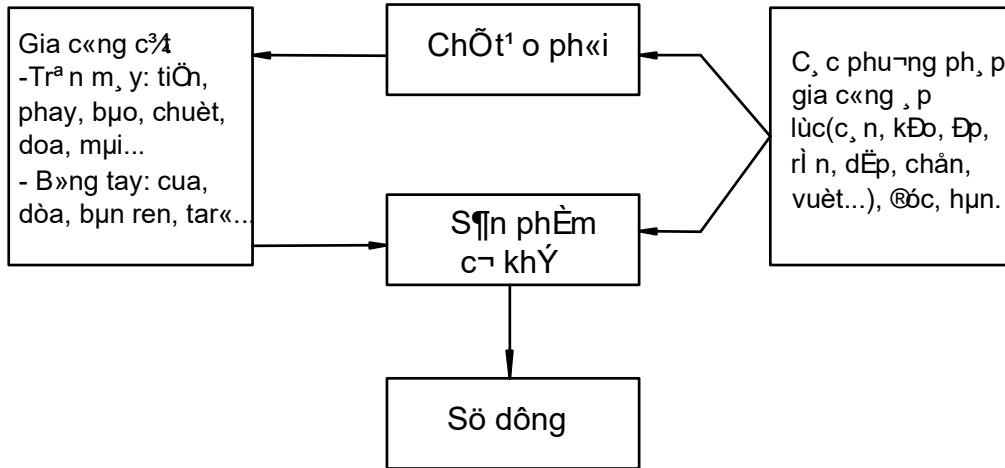
- Đây là công dụng quan trọng nhất của nhiệt luyện, nhờ nó mà các sản phẩm khi chế tạo xong sẽ nhận được các cơ tính thích hợp trong các điều kiện làm việc quy định lâu dài (nâng tuổi thọ sử dụng do đó → Đảm bảo chất lượng sản phẩm)

Ví dụ: sau khi gia công cơ khí tạo hình dũa, để làm việc được phải có độ cứng cao và tính chống mài mòn tốt mà không thay đổi hình dáng kích thước trong quá trình sử dụng, muốn vậy người ta phải nhiệt luyện nó.

Ngoài ra nếu biết kết hợp lựa chọn vật liệu chế tạo sản phẩm và nhiệt luyện thì sẽ làm tăng chất lượng cơ tính hoặc tuổi thọ, hạ giá thành sản phẩm.

Vậy nhiệt luyện có ảnh hưởng quyết định đến giá thành, chất lượng, tuổi thọ của các sản phẩm cơ khí. Máy móc càng chính xác, yêu cầu cơ tính càng cao mà bỏ qua nhiệt luyện hoặc nhiệt luyện không đảm bảo thì độ chính xác và khả năng làm việc sẽ không còn nữa. Do đó nhiệt luyện là thước đo để đánh giá trình độ phát triển khoa học kỹ thuật trong ngành cơ khí chế tạo.

**Giải thích yêu cầu, trình sản xuất cơ khí**



**3. Phân biệt các phương pháp nhiệt luyện:**

Tùy theo vị trí của nhiệt luyện trong quá trình sản xuất cơ khí (xem sơ đồ trên), người ta chia ra làm hai nhóm lớn là nhiệt luyện sơ bộ và nhiệt luyện kết thúc.

**- Nhiệt luyện sơ bộ:** Nằm trong quá trình đang gia công cơ khí để tạo ra hình dạng sản phẩm hoặc ổn định tổ chức trước khi nhiệt luyện kết thúc. Gồm có hai phương pháp: ủ và thường hoá.

**- Nhiệt luyện kết thúc:** áp dụng sau khi gia công xong, sản phẩm nhận được hình dáng, kích thước, độ chính xác theo yêu cầu kỹ thuật. Gồm có hai phương pháp: Tôi và ram.

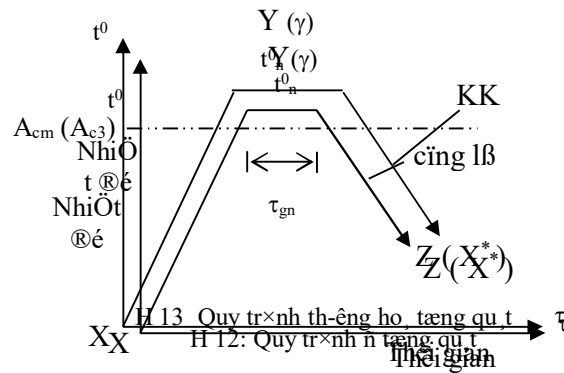
a. Ủ:

**- Định nghĩa:** Là phương pháp nhiệt luyện bao gồm nung nóng thép đến nhiệt độ nhất định, giữ nhiệt tại đó một thời gian cần thiết, sau đó làm nguội cùng lò. (Hình 12)

**- Xét chuyển biến cấu tạo** của quá trình ủ tương ứng với giản đồ trạng thái.

**- Cơ tính tổ chức nhận được** sau khi ủ  $X^*$  có độ cứng thấp hơn tổ chức ban đầu  $X$ , đồng thời có độ dẻo cao nhất so với các phương pháp nhiệt luyện khác.

**- Mục đích chính:** Làm giảm độ



cứng của thép trước khi gia công khi gia công. Ngoài ra còn khử ứng suất do các gia công áp lực ở trạng thái nguội gây nên...

**b. Thường hoá:**

**Định nghĩa:** Là phương pháp nhiệt luyện bao gồm nung nóng thép đến nhiệt độ hoàn toàn  $\gamma$ , giữ nhiệt độ tại đó một thời gian cần thiết, sau đó làm nguội trong không khí tĩnh (Hình 13).

- **Chuyển biến cấu tạo** của quá trình thường hoá cũng tương ứng với giản đồ trạng thái.

- **Cơ tính tổ chức nhận được** sau khi thường hoá  $X^*$  có độ cứng cao hơn, độ dẻo thấp hơn một ít so với ủ vì kích thước hạt tinh thể nhỏ hơn do làm nguội nhanh hơn.

- **Mục đích chính:** Làm giảm kích thước hạt tinh thể so với tổ chức ban đầu.

**c. Tôi:**

**Định nghĩa:** Là phương pháp nhiệt luyện bao gồm nung nóng thép đến nhiệt độ xuất hiện  $\gamma$ , giữ nhiệt độ tại đó một thời gian cần thiết, sau đó làm nguội nhanh thích hợp để  $\gamma \rightarrow M$  (Mactenxit). (Hình 14)

• **Bản chất của Mactenxit:** Là dung dịch rắn quá bão hoà của Các bon trong  $Fe_\alpha$  với nồng độ cacbon trong  $\gamma$  ban đầu có kiểu mạng chính phương thể tâm.

• **Đặc điểm của chuyển biến Mactenxit:** Chỉ xảy ra trong nhiệt độ tới hạn  $M_d + M_k$ . Chuyển biến xảy ra không hoàn toàn nên còn một lượng  $\gamma$  không chuyển biến hết gọi là  $\gamma$  dư ( $\gamma_d$ ).

• **Độ cứng M phụ thuộc %C:** Thép có thành phần cacbon càng cao trong  $\gamma$  thì sau khi tôi sẽ nhận được Mactenxit tôi ( $M_t$ ) có độ cứng càng lớn do mạng tinh thể  $Fe_\alpha$  bị xô lệch lớn.

- **Chuyển biến cấu tạo của quá trình tôi:** Khi nung tương ứng với giản đồ trạng thái, khi nguội chỉ có  $\gamma \rightarrow M_t$ , tổ chức nhận được  $M_t + \gamma_d$ .

- **Cơ tính của tổ chức nhận được** ( $M_t$ ) thường có độ cứng, độ bền cao hơn nhiều so với tổ chức ban đầu. Tuy nhiên cơ tính của thép sau khi tôi phụ thuộc vào tổ chức Z gồm có  $M_t + \gamma_d +$  tổ chức khác...

**- Mục đích của tôi:**

+ Đạt độ cứng và tính chống mài mòn cao nhất của vật liệu.

+ Đạt độ thấm tôi cao (\*) nhưng hình dáng sản phẩm không thay đổi (\*\*).

(\*) *Độ thấm tôi là chiều dày lớp được tôi cứng có tổ chức là Mactenxit tôi ( $M_t$ ) nó phụ thuộc vào lượng nguyên tố hoà tan trong  $\gamma$  ban đầu và tốc độ nguội của môi trường làm nguội ( $v_{ng} \uparrow \rightarrow$  độ thấm tôi  $\uparrow$ ), độ thấm tôi càng cao nên độ bền vật liệu càng cao.*

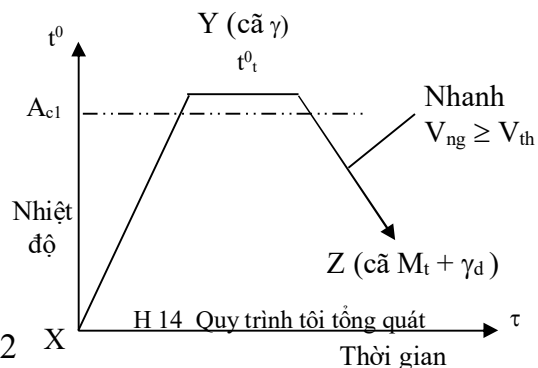
(\*\*) *Muốn cho sản phẩm không thay đổi hình dáng kích thước sau khi nguội ứng suất dư ( $\sigma_d$ ) trong sản phẩm tôi phải đủ nhỏ hơn so với giới hạn đàn hồi ( $\sigma_{dh}$ ) của thép, chế tạo nó:  $\sigma_d < \sigma_{dh}$ .*

Do phương pháp tôi khi nguội nhanh có chênh lệch nhiệt độ lớn nên sinh ra ứng suất dư do nhiệt lớn đồng thời có chuyển biến giữa  $\gamma \rightarrow M$  là hai tổ chức có thể tích riêng khác nhau nhiều ( $v_M > v_\gamma$ ) nếu lượng nguyên tố trong  $\gamma$  càng cao sự chênh lệch thể tích này càng lớn, nếu sự chuyển biến này xảy ra càng nhanh ứng suất dư tổ chức sinh ra càng lớn.

Vậy sau khi tôi trong sản phẩm sẽ có  $\sigma_d = \sigma_d \text{ nhiệt} + \sigma_d \text{ tổ chức}$ . Nếu giá trị  $\sigma_d$  đạt các mức độ sau:

$\sigma_d < \sigma_{dh}$  Sản phẩm không bị cong vênh, nứt vỡ.

$\sigma_b > \sigma_d > \sigma_{dh}$  Sản phẩm sẽ bị cong vênh.





$\sigma_b < \sigma_d$  Sản phẩm sẽ nứt vỡ.

**Chú ý:**

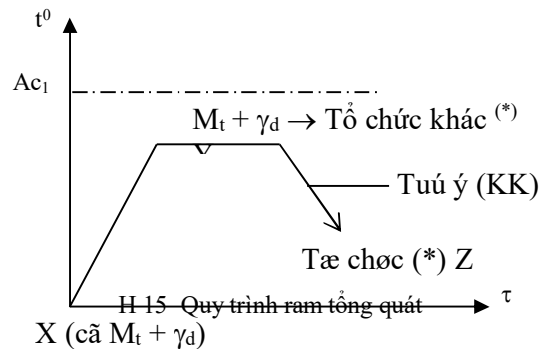
- Cơ tính tổ chức sau tôi phụ thuộc vào tổ chức của nó, tức là phụ thuộc vào cơ tính của các thành phần  $M_t + \gamma_d + \dots$

- Đối với thép có thành phần cacbon thấp nhỏ hơn 0.3% sau khi tôi nhận được  $M_t$  có độ cứng không cao nên hiệu quả tăng độ cứng kém.

**d. Ram:**

**Định nghĩa:** Là phương pháp nhiệt luyện bao gồm nung nóng thép đã tôi dưới nhiệt độ tới hạn  $A_1$ , giữ nhiệt độ tại đó một thời gian cần thiết để  $\gamma_d + M_t$  chuyển biến thành các tổ chức khác cân bằng hơn sau đó làm nguội tùy ý. Thông thường làm nguội trong không khí (Hình 15).

- **Chuyển biến cấu tạo** của quá trình ram: Thực hiện tại nhiệt độ nung và thời gian giữ nhiệt là chuyển biến của  $\gamma_d + M_t \rightarrow$  tổ chức khác cân bằng hơn so với  $M_t + \gamma_d$  là Mactenxit ram  $M_r$ , Troxit ram  $T_r$ , Xoocbit ram  $X_r$ .



- **Cơ tính sau khi ram** phụ thuộc vào cơ tính của các tổ chức tạo thành.

**- Mục đích của ram:**

- + Nhận được các cơ tính đáp ứng với điều kiện làm việc lâu dài của sản phẩm cơ khí.
- + Giảm ứng suất dư sau khi tôi đến mức cần thiết nhất để tránh hư hỏng về sau này mà vẫn duy trì cơ tính sau khi tôi.

**Chú ý:** Thường thì cơ tính sau khi ram bao giờ cũng có độ cứng thấp hơn, độ dẻo cao hơn đồng thời giảm hoặc khử ứng suất bên trong sinh ra sau khi tôi,  $t_{ram}^0$  càng cao  $\rightarrow$  độ cứng giảm độ dẻo và độ dai tăng.

**e. Chú ý:**

- Các phương pháp nhiệt luyện trên là những phương pháp thường áp dụng cho thép thường khi nhiệt luyện bằng cách nung và làm nguội toàn bộ thể tích trong một môi trường nào đó.

- Ngoài các phương pháp nhiệt luyện trên còn có phương pháp “Gia công lạnh” là phương pháp làm nguội tiếp theo các sản phẩm sau khi tôi đến nhiệt độ kết thúc chuyển biến ( $\gamma$  thành  $M_t$ ) là  $M_k$  (thường nhỏ hơn  $0^0C$ ) để  $\gamma_d$  chuyển biến tiếp thành  $M_t$ . Mục đích tăng cơ tính đặc biệt độ cứng và tính chống mài mòn cao hơn sau khi tôi (do làm giảm  $\gamma_d$ , tăng  $M_t$ ), đồng thời tăng lý tính do giảm hệ số giãn nở nhiệt của thép làm ổn định kích thước của sản phẩm. Vậy mặc dù có các ưu điểm trên nhưng phương pháp này ít sử dụng, chỉ áp dụng một số mác thép vì nó liên quan đến quá trình công nghệ, chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả kinh tế.

**4. Các chuyển biến tổ chức cơ bản trong quá trình nhiệt luyện (thép):**

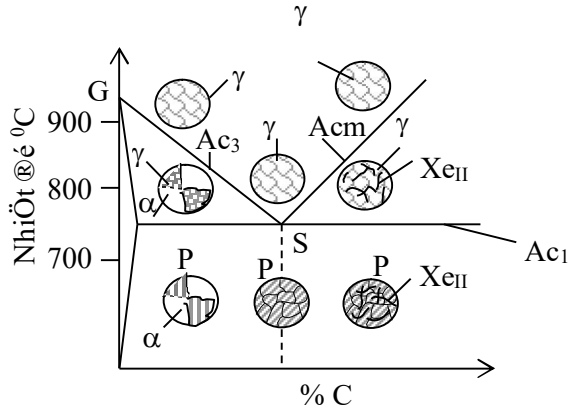
Khi nhiệt luyện vật liệu (thép) sẽ làm thay đổi cấu tạo bên trong của nó do có các chuyển biến tổ chức cơ bản trong 3 quá trình sau:

**a. Quá trình nung nóng:** (Hình 16)

- Các chuyển biến tổ chức trong quá trình nung của các loại thép tương ứng với giản đồ trạng thái Fe-C. Nhưng nhiệt độ tới hạn thực tế phụ thuộc vào tốc độ nung  $V_n$  và luôn lớn hơn nhiệt độ tới hạn lý thuyết, được ký hiệu  $Ac$ :

$Ac_1, Ac_3, Ac_{cm} > A_1, A_3, A_{cm}$

- Khi nung đến vùng tổ chức  $\gamma$  nhiệt độ nung càng cao kích thước hạt tinh thể càng lớn.



H 16 S- Ảnh chuyển biến tác chế thép khi nung nóng và nguội

**b. Quá trình giữ nhiệt:**

Tại thời gian giữ nhiệt không có chuyển biến về tổ chức mà chỉ nhằm mục đích:

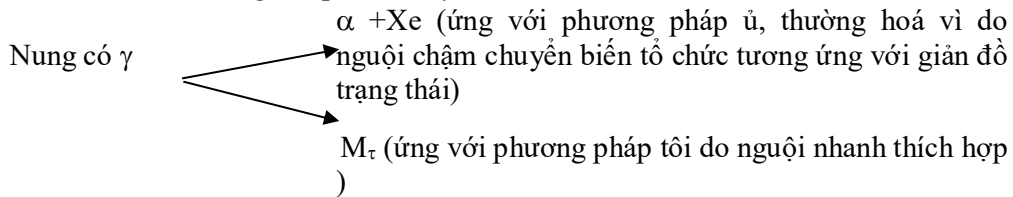
- Đồng đều nhiệt độ giữa bề mặt và tâm lõi của thép đem đi nung.
- Hoàn thành các chuyển biến tổ chức tại nhiệt độ nung đồng thời làm đồng đều cấu tạo bên trong của thép tại nhiệt độ đó.

**c. Quá trình làm nguội:**

- Trong quá trình làm nguội các nhiệt độ tới hạn thực tế phụ thuộc vào  $V_{ng}$  và luôn luôn nhỏ hơn các nhiệt độ tới hạn lý thuyết. Được ký hiệu  $Ar$ :

$$Ar_1, Ar_3, Ar_{cm} < A_1, A_3, A_{cm}$$

- Khi nung nóng đến vùng có tổ chức  $\gamma$  thì tốc độ nguội khác nhau nhận được các tổ chức khác nhau. Nói chung sản phẩm chuyển biến của nó có hai nhóm tổ chức cơ bản:

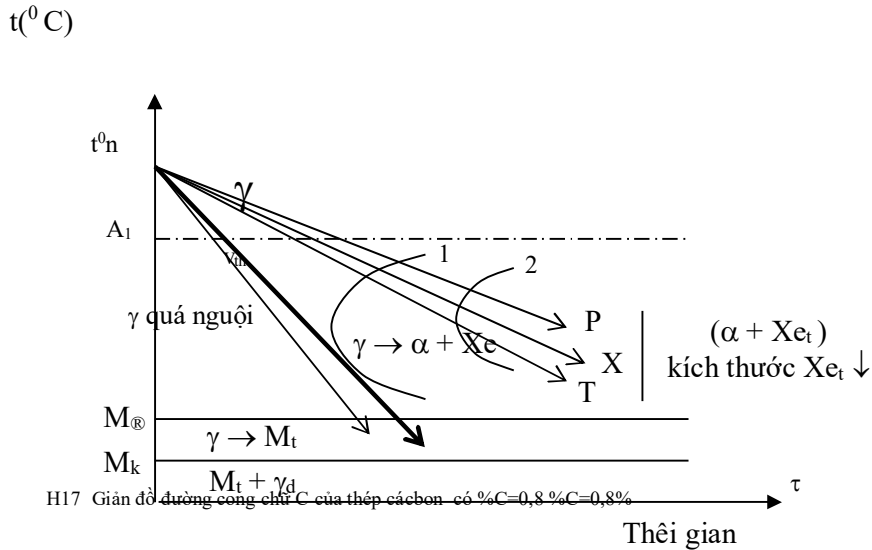


- Trong hai nhóm tổ chức này căn cứ vào tốc độ nguội  $V_{ng}$  nhanh dần trong sản phẩm thép khi tôi có thể nhận được 4 loại tổ chức cơ bản (P, X, T, M) có cơ tính thay đổi theo quy luật độ cứng tăng, độ dẻo và độ dai và đập giảm, có thể tóm tắt như sau:

$V_{ng1}$ rất chậm	: Tổ chức nhận được Peclit $P_t$	} Gồm $\alpha + X_{ctám}$ kích thước nhỏ dần
$V_{ng2}$ chậm	: Tổ chức nhận được Xooxit $X_t$	
$V_{ng3}$ nhanh hơn:	Tổ chức Troxít $T_t$	
$V_{ng4}$ rất nhanh	: Tổ chức Mactenxit $M_t$	

- Để khảo sát tổ chức nhận được sau khi làm nguội khác nhau được chính xác người ta dùng giản đồ đường cong chữ C (dùng cho loại thép có thành phần hoá học xác định) để nghiên cứu.

Ví dụ: Đối với thép cacbon có  $\%C = 0,8\%$  ta có giản đồ đường cong chữ C sau: (Hình 17).



**Ghi chú:**

Đường cong (1) là đường tới hạn bắt đầu chuyển biến  $\gamma \rightarrow \alpha + X_e$ .

Đường cong (2) là đường tới hạn kết thúc  $A_{r1}'$  chuyển biến  $\gamma \rightarrow \alpha + X_e$ .

Vùng tổ chức  $\gamma$  trên  $A_1$ :  $\gamma$  tồn tại trong lý thuyết (tương ứng với giản đồ Fe-Fe<sub>3</sub>C).  
 Vùng tổ chức  $\gamma$  quá nguội dưới  $A_1$ :  $\gamma$  tồn tại trong thực tế khi làm nguội thép (không có trên giản đồ Fe-Fe<sub>3</sub>C) gọi là vùng tổ chức  $\gamma$  quá nguội'

P ≈ 200-220 HB (10-15 HRC)		$\Delta T < 50^{\circ}C$	
X ≈ 25-35 HRC		$\Delta T < 100^{\circ}C$	$\Delta T = A_1 \div A_{r1}$
T ≈ 40 HRC		$\Delta T \approx 500 \div 600^{\circ}C$	
M ≥ 60 HRC			

$M_d \approx 240^{\circ}C$  Đường tới hạn bắt đầu chuyển biến  $\gamma \rightarrow M_t$   
 $M_k \approx -50^{\circ}C$  Đường tới hạn kết thúc chuyển biến  $\gamma \rightarrow M_t$

Nếu các đường tốc độ nguội cắt đường cong (1) điểm đó chính là điểm tới hạn  $A_{r1}$  bắt đầu có  $\gamma \rightarrow \alpha + X_e$  và cắt đường cong (2) là điểm  $A_{r1}'$  kết thúc chuyển biến  $\gamma \rightarrow \alpha + X_e$ .

Nếu các đường tốc độ nguội nào cắt đường tới hạn  $M_d$  thì điểm cắt đó chính là điểm bắt đầu có chuyển biến  $\gamma \rightarrow M$  và cắt  $M_k$  thì điểm đó chính là điểm kết thúc của chuyển biến  $\gamma \rightarrow M$ . Sản phẩm của chuyển biến này là  $M_t + \gamma_d$ . Số lượng  $\gamma_d$  còn phụ thuộc vào điểm  $M_k$ . Nếu  $M_k$  càng thấp  $< 0^{\circ}C$  thì  $\% \gamma_d$  càng lớn.

Sở dĩ gọi là đường cong chữ C vì tất cả các loại thép khi nghiên cứu quá trình chuyển biến tổ chức của nó theo hệ trục  $t^n - \tau$  đều hình thành theo các đường cong chữ C trên. Chúng chỉ khác nhau về vị trí đường cong và các giá trị  $M_d, M_k \dots$

- Nhận thấy mỗi một loại thép khác nhau khi nung đến nhiệt độ nhất định có  $\gamma$  sẽ xây dựng một đường cong chữ C khác nhau (vị trí riêng) do đó ta chỉ xác định một giá trị  $V_{ng}$  ứng với đường tiếp tuyến đường cong đầu gọi  $V_{th}$ .

Căn cứ  $V_{th}$  nhận thấy trong quá trình làm nguội thép đó đã nung đến nhiệt độ nhất định có tổ chức  $\gamma$  :

Nếu  $V_{ng} < V_{th}$  sẽ có  $\gamma \rightarrow \alpha + Xe$  xảy ra trong khoảng nhiệt độ tới hạn bắt đầu và kết thúc của quá trình chuyển biến  $A_{r1} \div A'_{r1}$ .

Nếu  $V_{ng} \geq V_{th}$  sẽ có  $\gamma \rightarrow M_t$  xảy ra trong khoảng nhiệt độ tới hạn bắt đầu và kết thúc của quá trình chuyển biến  $M_d \div M_k$ .

Muốn có tổ chức  $M_t$  trong khi nguội thép đem tôi cần có điều kiện:

$$V_{ng} \geq V_{th} \text{ có } \gamma \rightarrow M_t$$

$V_{ng}$ : Tốc độ nguội thực tế của thép trong môi trường làm nguội.

$V_{th}$ : Tốc độ nguội tới hạn của thép (xác định trên đường cong chữ C của nó).

- Vây rút ra kết luận quan trọng: *Tốc độ nguội tới hạn  $V_{th}$  là tốc độ nguội nhỏ nhất để  $\gamma \rightarrow M_t$ . Gọi  $V_{th}$  là bản chất của thép đó. Căn cứ vào giá trị  $V_{th}$  của các loại thép có thành phần hoá học khác nhau để xác định khả năng thấm tôi của nó, nếu  $V_{th}$  của thép càng nhỏ thì bản chất của thép đó có độ thấm tôi càng cao.*

Vậy khi làm nguội khác nhau tạo thành tổ chức nào (P, X, T, M) tùy thuộc vào tốc độ nguội thực tế tương ứng với  $V_{ng}$  trên đường cong chữ C của loại thép đó.

3.1.2. Cách chọn và xây dựng quy trình nhiệt luyện của các phương pháp nhiệt luyện:

**1. Cách chọn phương pháp và lập quy trình nhiệt luyện cho nhóm nhiệt luyện sơ bộ (áp dụng cho bán thành phẩm):**

**a. Cách chọn phương pháp nhiệt luyện sơ bộ:**

Muốn chọn phương pháp nhiệt luyện cho các sản phẩm đang gia công (bán thành phẩm) phải căn cứ vào mục đích chính của phương pháp để chọn (xem lại phần khái niệm mục 3.1.1). Cụ thể sau đây là một số phương pháp chọn để đạt được mục đích sau:

\* **Muốn tăng tính gia công vật liệu** để nhận được độ cứng và độ dẻo thích hợp cho gia công đối với các loại thép có %C chọn các phương pháp như sau:

+ Thép có độ cứng khá cao (%C > 0,8%) → Chọn phương pháp ủ (giảm độ cứng).

+ Thép có độ dẻo quá cao (%C < 0,3%) cần cắt gọt dễ → Chọn phương pháp thường hoá (làm nhỏ hạt).

\* **Sửa chữa các sai hỏng do các gia công trước gây nên** như rèn hoặc đúc... làm cho thép có các hiện tượng sau:

+ Thép cứng khó gia công cắt, dập → Chọn phương pháp ủ (giảm độ cứng).

+ Độ hạt tinh thể lớn → Chọn phương pháp thường hoá (làm nhỏ hạt).

+ Khử ứng suất dư, đồng đều thành phần hoá học → Chọn phương pháp ủ

**b. Cách lập quy trình nhiệt luyện ủ và thường hoá:**

Muốn lập được quy trình nhiệt luyện của nó phải tìm các thông số chưa biết trong quy trình nhiệt luyện tổng quát của từng phương pháp (hình 12, 13 mục 3.1.1..3) để nhận được tổ chức có tính chất như ý muốn đó là nhiệt độ nung.

\* **Cách lập quy trình ủ cho gia công cắt:** (tìm nhiệt độ nung)

Căn cứ vào thành phần cacbon trong thép để chọn nhiệt độ ủ thích hợp.

+ Đối với phôi thép có %C < 0,8% ⇒  $t_{\text{ủ}}^0 = AC_3 + (30 \div 50)^\circ C$

+ Đối với phôi thép có %C ≥ 0,8% ⇒  $t_{\text{ủ}}^0 = AC_1 + (30 \div 50)^\circ C$

\* **Cách lập quy trình thường hoá:** (tìm nhiệt độ nung)

Căn cứ vào %C trong thép để chọn nhiệt độ thường hoá thích hợp.

+ Đối với sản phẩm thép có %C < 0,8% ⇒  $t_{\text{th}}^0 = AC_3 + (30 \div 50)^\circ C$

+ Đối với sản phẩm thép có %C ≥ 0,8% ⇒  $t_{\text{th}}^0 = AC_{cm} + (30 \div 50)^\circ C$

• **Chú ý: Các trường hợp khác:**

+ Nếu chỉ cần giảm ứng suất dư, chọn nhiệt độ ủ cho các loại thép  $t_{\text{ủ}}^0 = 2004300^\circ C$

+ Nếu cần đồng đều thành phần hoá học nhiệt độ ủ cho các loại thép

$t_{\text{ủ}}^0 = 110041150^\circ C$

**2. Cách chọn và lập quy trình nhiệt luyện kết thúc (tôi và ram) áp dụng cho các sản phẩm cơ khí làm bằng thép:**

**a. Cách chọn nhóm nhiệt luyện kết thúc:**

Căn cứ vào điều kiện làm việc của sản phẩm tìm được các yêu cầu cơ tính của sản phẩm để chọn các phương pháp nhiệt luyện (tôi và ram) sau:

- Sản phẩm cần độ cứng và tính chống mài mòn cao → chọn các phương pháp tôi và ram thấp ( $150 \div 250^{\circ}\text{C}$ ).

- Sản phẩm cần tính đàn hồi ⇒ chọn các phương pháp tôi và ram trung bình ( $300 \div 450^{\circ}\text{C}$ ).

- Sản phẩm cần cơ tính tổng hợp ⇒ chọn các phương pháp tôi và ram cao ( $500 \div 650^{\circ}\text{C}$ ).

**b. Cách lập quy trình nhiệt luyện của các phương pháp tôi và ram:** Muốn lập được quy trình nhiệt luyện tôi và ram cũng phải tìm các thông số chưa biết trong các giai đoạn nung nóng ( $t_n$ ), môi trường nguội của các quy trình tổng quát của từng phương pháp (hình 14, 15) để sao cho nhận được tổ chức có cơ tính thích hợp đạt được mục đích của các phương pháp.

**\* Cách lập quy trình nhiệt luyện của phương pháp tôi:**

**- Tìm nhiệt độ tôi:** Căn cứ %C trong thép để chọn  $t_t^0$  giống như phương pháp ủ:

+ Đối với sản phẩm thép có %C < 0,8% ⇒  $t_t^0 = AC_3 + (30 \div 50)^{\circ}\text{C}$

+ Đối với sản phẩm thép có %C ≥ 0,8% ⇒  $t_t^0 = AC_1 + (30 \div 50)^{\circ}\text{C}$

**- Tìm môi trường làm nguội:**

Muốn chọn môi trường làm nguội của thép khi tôi phải dựa trên nguyên tắc:

+ Môi trường nguội phải đảm bảo  $V_{ng}$  cho sản phẩm khi tôi ≥  $V_{th}$  của thép chế tạo sản phẩm đó thì ta có  $\gamma \rightarrow M_t$ .

+ Môi trường nguội phải đảm bảo ứng suất dư ( $\sigma_d$ ) sinh ra cho sản phẩm nhỏ hơn giới hạn đàn hồi ( $\sigma_{dh}$ ) của thép chế tạo sản phẩm đó để nó tránh bị cong vênh nứt vỡ khi làm nguội.

Thông thường trong thực tế có hai môi trường làm nguội nhanh và chậm hơn là nước và dầu, dựa trên nguyên tắc trên người ta chọn môi trường nguội cho các nhóm thép các bon và hợp kim như sau:

+ Nhóm thép cacbon (bản chất có  $V_{th}$  lớn) thường được làm nguội trong môi trường nguội nhanh là nước, nước pha muối, nước pha xút.

+ Nhóm thép hợp kim (bản chất có  $V_{th}$  nhỏ) thường được làm nguội trong môi trường nguội chậm hơn là dầu công nghiệp.

**\* Lập quy trình của phương pháp ram:**

Sau khi xác định các phương pháp nhiệt luyện kết thúc cho từng nhóm sản phẩm khác nhau và lập quy trình tôi ở trên ta tiếp tục tiến hành chọn nhiệt độ cho các phương pháp ram sau rồi lập quy trình của nó để tìm tổ chức nhận được của thép chế tạo sản phẩm đó, nhờ có tổ chức này các sản phẩm cơ khí sẽ làm việc lâu dài trong các điều kiện quy định.

**Ram thấp ( $150 \div 250^{\circ}\text{C}$ ):** Nhận được tổ chức  $M_r$  ( $M_r + \gamma$  dư) vẫn giữ độ cứng và tính chống mài mòn cao sau khi tôi, đồng thời giảm  $\sigma_d$  (ứng suất dư sau khi tôi) đến mức cần thiết để sản phẩm không bị hư hỏng sau này.

**Ram trung bình ( $300 \div 450^{\circ}\text{C}$ ):** Nhận được tổ chức  $T_r$  có cơ tính đàn hồi tốt.

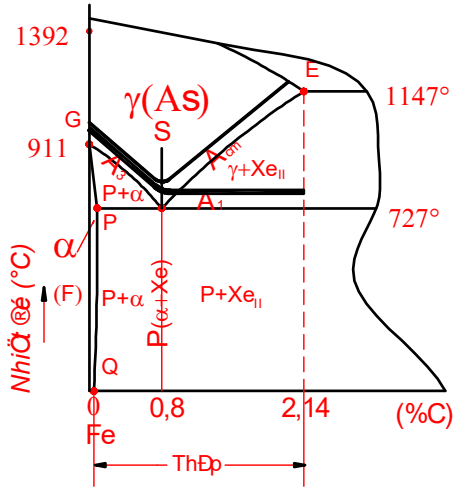
**Ram cao ( $500 \div 650^{\circ}\text{C}$ ):** Nhận được tổ chức  $X_r$  có cơ tính tổng hợp cao (HB,  $\sigma_b$ ,  $\delta$ ,  $a_k$  đều cao hoặc có  $\sigma_b$  cao vẫn đảm bảo tốt  $a_k$ ).

**3. Chú ý:** Việc xác định nhiệt độ nung  $t_n^0$  của ủ, thường hoá, tôi trong thực tế căn cứ vào các thiết bị lò nung ( $V_n$ ) và sổ tay nhiệt luyện tra cứu.

- Việc xác định nhiệt độ tới hạn lý thuyết (để xác định nhiệt độ nung khi ủ, tôi, thường hoá) của thép cacbon tương ứng với giản đồ trạng thái Fe-C (Hình 18).

Ghi chú (Hình 18)

———— Đường nhiệt độ nung các phương pháp ủ và tôi (hoàn toàn và không hoàn toàn).



———— Đường nhiệt độ nung các phương pháp thường hoá.

- Việc xác định nhiệt độ tới hạn của thép hợp kim tương ứng với giản đồ trạng thái Fe-C-NTHK.

- Nhiệt độ nung thép cacbon thông thường bao giờ cũng nhỏ hơn thép hợp kim vì  $A_c$  thép cacbon thường nhỏ hơn  $A_c$  của thép hợp kim.

### H18. Nhiệt độ nung các loại thép

#### Cacbon

*biểu diễn trên giản đồ trạng thái*

- Môi trường nguội khi tôi còn phụ thuộc vào kích thước sản phẩm và hình dáng của nó. Cần chú ý đến bản chất của thép (giá trị  $V_{th}$ ) để chọn môi trường nguội cho thích hợp (có trong sổ tay tra cứu nhiệt luyện cho các mác thép).

- Cơ tính của mác thép sau khi nhiệt luyện tra trong sổ tay nhiệt luyện. Trong thực tế nếu có phòng thí nghiệm để kiểm tra độ cứng trên máy đo độ cứng hoặc độ bền, độ dẻo trên máy đo độ bền kéo ... nếu chưa đạt yêu cầu phải tìm nguyên nhân để sửa chữa các sai hỏng do thực hiện quy trình gây ra.

Ví dụ: Búa tay làm bằng thép cacbon có  $\%C = 0,7\%$  đem đi tôi. Tra sổ nhiệt luyện mác thép CD70. Sau khi tôi phải đạt  $62 \div 64HRC$ . Nhưng thực tế kiểm tra độ cứng chỉ đạt  $54 \div 56HRC$ , tìm nguyên nhân do nhiệt độ tôi chưa đạt thấp hơn quy định  $790 \div 810^\circ C$  nên tổ chức sau khi tôi không đạt độ cứng, vì vậy phải tôi lại theo đúng nhiệt độ tôi đã quy định...

- Sau khi chọn nhiệt độ ram cho các nhóm sản phẩm cơ khí khác nhau, cần phải xác định nhiệt độ cụ thể (được phép chênh nhau  $20^\circ C$ ) trong sổ tay nhiệt luyện để phù hợp với điều kiện làm việc cụ thể của từng sản phẩm cơ khí này. Trên nguyên tắc nhiệt độ ram càng cao độ cứng, độ bền giảm, độ dẻo, độ dai tăng. Dựa vào số liệu độ cứng ở các nhiệt độ ram khác nhau trong sổ tay có thể suy ra độ bền và độ dai va đập. Nếu sản phẩm cơ khí làm việc chịu tải tĩnh lớn lấy giới hạn dưới để có độ cứng cao, sẽ có độ bền lớn, nếu làm việc chịu tải động lớn lấy giới hạn trên để có độ cứng thấp hơn sẽ có độ dai va đập cao...

#### 3.1.3. Các phương pháp nhiệt luyện kết thúc (tôi và ram) đặc biệt và công dụng của nó:

Ngoài các phương pháp nhiệt luyện kết thúc thông thường được trình bày ở trên còn có một số phương pháp tôi và ram khác được ứng dụng trong các trường hợp cụ thể khi các sản phẩm cơ khí đòi hỏi chất lượng cao hơn, độ tin cậy làm việc lớn hơn trong các điều kiện quy định của nó, ví dụ cùng một sản phẩm cơ khí cần cơ tính khác nhau giữa bề mặt và lõi, giữa phần lưỡi và cán hay các loại dao cắt có năng suất cắt cao nên lưỡi dao làm việc ở nhiệt độ rất cao hoặc các sản phẩm có hình dáng phức tạp dễ bị cong

vênh khi tôi. Vì vậy để đảm bảo chất lượng tốt cho các loại sản phẩm cơ khí này chúng ta cần biết cách áp dụng các phương pháp tôi và ram sau và tạm gọi nó là các phương pháp nhiệt luyện kết thúc đặc biệt bao gồm:

### **1. Tôi bề mặt (nung bề mặt):**

**a. Công dụng:** Phương pháp tôi bề mặt áp dụng cho các loại sản phẩm cơ khí làm việc trong điều kiện cần độ cứng và tính chống mài mòn cao ở bề mặt còn trong lõi vẫn có độ dẻo dai cao để làm việc trong điều kiện tải trọng động khi truyền động đồng thời chịu mài mòn bề mặt do phải cọ sát lớn với bề mặt của vật khác.

**Ví dụ:** Gồm các loại bánh răng, bánh ma sát, các loại trục chịu mài mòn bề mặt...

**b. Nguyên lý chung các phương pháp tôi bề mặt:** Là nung nóng nhanh bề mặt đến nhiệt độ tôi (Do nung nhanh nên chỉ có bề mặt được nung mà trong lõi chưa được nung). Sau đó làm nguội trong môi trường tôi thích hợp để nhận được  $M_t$ .

#### **\* Chú ý:**

- Các sản phẩm qua tôi bề mặt còn nâng cao được độ bền mỏi.
- Các sản phẩm cơ khí trên muốn có tuổi thọ tốt thì sau khi tôi bề mặt song cần phải ram thấp tiếp theo.
- Muốn thực hiện để nung nhanh bề mặt, có hai cách thực hiện như sau:
  - + Nung nhanh bằng thiết bị lò cao tần (Dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ để nung nhanh bề mặt đến nhiệt độ tôi trong vài giây). Gọi là phương pháp tôi tần số.
  - + Nung nhanh bằng thiết bị mỏ hàn Axetylen (Nhiệt độ ngọn lửa đạt tới  $3600^0$  để nung nhanh bề mặt đến nhiệt độ tôi trong vài phút). Gọi là phương pháp tôi bằng ngọn lửa mỏ hàn.

### **2. Tôi cục bộ:**

**a. Công dụng:** áp dụng cho các sản phẩm cơ khí làm việc trong điều kiện phần cần cứng (dùng để cắt gọt) và phần cần mềm (để có độ dẻo, dai cao chịu các lực va đập).

**Ví dụ:** Dụng cụ đục trong nghề nguội, các loại dao cắt khác...

**b. Nguyên lý chung của các phương pháp tôi cục bộ:** Là nguội phần cần tôi cứng để nhận được  $M_t$ .

#### **Chú ý:**

Thường có hai cách tiến hành:

- Cách 1: Nung phần cần cứng đến nhiệt độ tôi giữ nhiệt một thời gian cần thiết sau đó làm nguội trong môi trường tôi để nhận  $M_t$ . Sau đó đem đi ram thấp.

- Cách 2: Nung nóng toàn bộ sản phẩm đến nhiệt độ tôi giữ nhiệt một thời gian cần thiết sau đó làm nguội trong môi trường phần cần tôi cứng để nhận  $M_t$ .

Cách này chỉ áp dụng sản phẩm đơn chiếc có thể tự ram thấp bằng cách dùng nhiệt thừa của phần đã nung mà chưa tôi truyền nhiệt vào phần đã tôi đến nhiệt độ ram thấp bằng cách xem màu lớp ôxyt bề mặt của nó (màu trắng ánh vàng rơm  $\approx 180 \div 200^0C$ ). Không chế nhiệt độ của nó bằng cách nhúng toàn bộ sản phẩm vào môi trường làm nguội.

### **3. Tôi hai môi trường (nguội trong hai môi trường)**

**a. Công dụng:** áp dụng cho sản phẩm có hình dáng phức tạp hoặc làm bằng thép có thành phần cac bon và hợp kim cao để hạn chế cong vênh nứt vỡ sản phẩm khi làm nguội.

**b. Nguyên lý chung:** chọn các môi trường nguội thứ nhất để nhận được độ thấm tôi cao (đảm bảo sau khi tôi có  $M_t$ ). Còn môi trường nguội thứ hai phải có tốc độ nguội chậm hơn làm giảm ứng suất bên trong đến mức nhỏ nhất để tránh cong vênh nứt vỡ sản phẩm.

#### **Chú ý:**

- Nhiệt độ chuyển giữa hai môi trường có giá trị bằng  $M_d$  (gọi là nhiệt độ bắt đầu chuyển biến  $\gamma$  thành  $M$ ) cộng thêm  $100^0C$ .

- Nhiệt độ chuyển phải đảm bảo cho đúng nếu sai thì sẽ mất tác dụng của phương pháp tôi. Vì vậy nó phụ thuộc vào tay nghề của người thợ.

#### **4. Tôi phân cấp:**

**a. Công dụng:** Cũng áp dụng cho các sản phẩm có hình dáng phức tạp hoặc làm bằng thép có thành phần cacbon và hợp kim cao để hạn chế cong vênh nứt vỡ sản phẩm khi làm nguội.

**b. Nguyên lý chung:** làm nguội sản phẩm tôi trong môi trường có sẵn nhiệt độ  $M_d + 100^{\circ}\text{C}$  giữ nhiệt sao cho nhiệt độ sản phẩm bằng nhiệt độ của môi trường làm nguội rồi nhấc ra ngoài không khí.

#### **Chú ý:**

- Môi trường làm nguội là hỗn hợp muối nóng chảy ở nhiệt độ  $M_d + 100^{\circ}\text{C}$ .
- Phương pháp nguội phân cấp đảm bảo chất lượng hơn nhiều so phương pháp tôi 2 môi trường.

#### **5. Ram cao đặc biệt:**

Khi ram cao các loại thép thường tổ chức sẽ nhận được  $X_r$  có cơ tính tổng hợp cao. Nhưng nếu đem ram cao các loại thép “dụng cụ hợp kim đặc biệt” tổ chức của thép này nhận được lại là  $M_r$ . Vì vậy để phân biệt các phương pháp ram cao trên tạm gọi là “Ram cao đặc biệt”.

**a. Công dụng:** áp dụng cho các dụng cụ cơ khí làm bằng thép hợp kim có tổng lượng nguyên tố hợp kim  $\geq 15\%$  (thép có hiệu ứng độ cứng thứ hai là những loại thép do chứa nhiều nguyên tố hợp kim và khả năng tạo ra các bit mạnh, nên khi nung thép để tôi ở nhiệt độ cao, sau khi nguội sẽ nhận được Mactenxit giàu nguyên tố hợp kim và lượng  $\gamma$  dư lớn. Do đó khi ram độ cứng của thép được tăng lên nhờ tăng số lượng  $M_r$  từ  $\gamma_d$  và hình thành các bit hợp kim ở nhiệt độ ram này, điển hình là thép gió). Để đảm bảo tính cứng nóng và tính bền nóng của dụng cụ khi làm việc.

**b. Nguyên lý chung:** Tại nhiệt độ ram cao, tổ chức của thép trên vẫn nhận được  $M_r$ , đồng thời có thêm các bit hợp kim. Nhờ các tổ chức này sau khi ram cao sẽ có độ cứng cao hơn tôi và duy trì độ cứng, độ bền cao ở nhiệt độ làm việc cao.

### **3.2. Hoá nhiệt luyện**

#### **I. Khái niệm:**

##### **1. Định nghĩa:**

Là phương pháp nung nóng thép ở nhiệt độ cao để thấm bão hoà bề mặt thép một số các nguyên tố, làm thay đổi thành phần hoá học của lớp bề mặt do đó làm thay đổi tổ chức và tính chất theo ý muốn.

##### **2. Công dụng:**

Dù tác dụng trực tiếp hay gián tiếp thì hoá nhiệt luyện làm tăng tính chất bề mặt:

- Tăng độ cứng và tính chống mài mòn.
- Tăng tính chịu mỏi.
- Có thể có khả năng tăng tính chống oxy hoá bề mặt.

#### **II. Phương pháp thấm cacbon.**

##### **1. Định nghĩa:**

Là phương pháp hoá nhiệt luyện bằng cách nung nóng thép có thành phần cacbon thấp  $\%C \leq 0,25\%$  đến nhiệt độ cao để cho thêm vào bề mặt của thép nguyên tố cacbon làm thay đổi thành phần hoá học cacbon ở lớp bề mặt đến giá trị bão hoà lên tới  $1 \div 1,2\%$ .

##### **2. Công dụng của phương pháp thấm cacbon:**



áp dụng cho các chi tiết máy làm việc trong điều kiện chịu tải trọng động khi chuyển động và cọ sát bề mặt lớn. Muốn vậy bề mặt của nó cần độ cứng và tính chống mài mòn cao còn trong lõi vẫn có độ dẻo dai tốt để chịu tải trọng động khi truyền động.

**Ví dụ:** Như các loại bánh răng, các loại trục chịu cọ sát bề mặt hoặc các chi tiết máy khác làm việc phải chịu tải trọng động và cọ sát bề mặt.

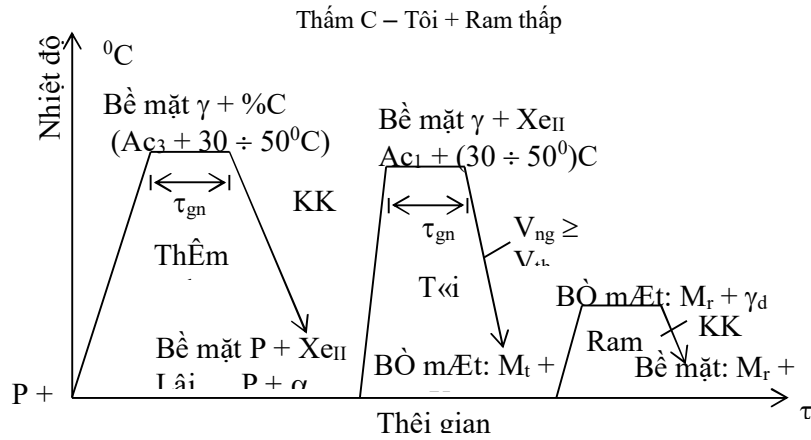
**Chú ý:**

Sau khi thấm cacbon thì thành phần cacbon bề mặt của thép được tăng lên 1 ÷ 1,2%. Có tổ chức là thép sau cùng tích ⇒ tác dụng gián tiếp của hoá nhiệt luyện (thấm cacbon xong thành phần hoá học lớp bề mặt thay đổi dẫn đến tổ chức cũng thay đổi nhưng chưa đạt được cơ tính mong muốn của hoá nhiệt luyện). Muốn đạt được công dụng của thấm cacbon thì sau đó phải Tôi và Ram thấp.

**Ví dụ:**

Bánh răng làm bằng thép cacbon có thành phần cacbon %C < 0,3%.

Muốn bánh răng làm việc được thì phải thấm cacbon, sau đó Tôi và Ram thấp: Quy trình thấm cacbon thể rắn và các phương pháp nhiệt luyện sau đó (Hình 19).



H19. Quy trình thấm cacbon của thép có hàm lượng cacbon %C < 0,3%

- Căn cứ vào trạng thái chất thấm cacbon chia ra 3 phương pháp: thấm cacbon thể rắn, thể khí và thể lỏng.

- Giá thành thấm cacbon cao do thời gian giữ nhiệt khi thấm dài, ví dụ thấm cacbon thể rắn thời gian giữ nhiệt  $\tau_{gn} = 0,1\text{mm}/1\text{h}$ . Vậy lớp thấm 1mm phải mất 10 giờ.

**3. Giới thiệu các phương pháp hoá nhiệt luyện khác.**

**1. Thấm Nitơ:**

**a. Định nghĩa và mục đích:**

Là phương pháp hoá nhiệt luyện bằng cách nung nóng thép đến nhiệt độ 500 ÷ 650°C để thấm bão hoà vào bề mặt của thép nguyên tố Nitơ nhằm mục đích nâng cao bề mặt độ cứng và tính chống mài mòn, tính chịu mỏi hơn hẳn thấm cacbon (65 ÷ 70HRC) và tính chống oxy hoá.

**b. Công dụng:** áp dụng chủ yếu các chi tiết máy cần độ cứng tính chống mài mòn rất cao ở bề mặt làm việc ở nhiệt độ cao hơn 500°C, hoặc cần độ tin cậy khi làm việc cao. Ví dụ: Trục, bánh răng, sơ mi trong máy bay, dụng cụ cắt...

**c. Chú ý:**

- Đây là phương pháp hoá nhiệt luyện có tác dụng trực tiếp ngay sau khi thấm đã có được cơ tính như trên ở bề mặt. Muốn nâng cao độ bền của lõi, trước khi thấm phải tôi và ram cao.

- Lớp thấm khá mỏng  $0,2 \div 0,4\text{mm}$ . Nếu thấm  $t^0 = 520^0\text{C}$  ;  $0,4\text{mm}$  phải giữ nhiệt 48 giờ nên giá thành rất cao và trước khi thấm sản phẩm đã có độ chính xác cao về hình dáng kích thước theo yêu cầu kỹ thuật.

## **2. Thấm Xianua (thấm cacbon – Nitơ):**

### **a. Định nghĩa:**

Là phương pháp hoá nhiệt luyện bằng cách nung nóng thép đến nhiệt độ nhất định để thấm bão hoà vào bề mặt của thép đồng thời hai nguyên tố cacbon và Nitơ nhằm mục đích chủ yếu nâng cao bề mặt có độ cứng, tính chống mài mòn, tính chịu mỏi... cao hơn thấm cacbon và thấp hơn thấm Nitơ.

### **b. Các phương pháp:**

Có hai phương pháp cơ bản:

- Thấm xianua ở nhiệt độ cao  $750 \div 900^0\text{C}$ , phương pháp này giống như công dụng của phương pháp thấm cacbon.

- Thấm xianua ở nhiệt độ thấp  $540 \div 560^0\text{C}$ , phương pháp này giống như công dụng của phương pháp thấm Nitơ.

## **3. Thấm kim loại:**

### **a. Định nghĩa:**

Thấm kim loại là phương pháp hoá nhiệt luyện bằng cách nung nóng đến nhiệt độ nhất định để thấm bão hoà vào bề mặt thép một hoặc một số nguyên tố kim loại khác nhau như Crôm, Nhôm, Silic... Mục đích chủ yếu để tăng tính chịu nóng, tính chống ăn mòn, độ cứng và tính chống mài mòn, tính chịu mỏi bề mặt của thép.

### **b. Các phương pháp:**

- Thấm nhôm:

Công dụng chủ yếu nâng cao tuổi thọ do nâng cao tính ổn định nóng và điện trở của chi tiết máy thực hiện ở nhiệt độ  $900 \div 1000^0\text{C}$  hoặc phun lên bề mặt chi tiết một lớp nhôm.

- Thấm Crôm:

Công dụng chủ yếu nâng cao tuổi thọ của các chi tiết máy do nâng cao tính ổn định nóng, tính chống ăn mòn trong môi trường không khí, nước, nước biển và axit-nitric. Ngoài ra còn tăng độ cứng, tính chống mài mòn, tính chịu mỏi ở lớp bề mặt. Được thực hiện ở nhiệt độ  $950 \div 1100^0\text{C}$  hoặc phủ bằng mạ ...

- Thấm Silic:

Thực hiện ở nhiệt độ  $950 \div 1200^0\text{C}$ . Công dụng chủ yếu tăng khả năng chống ăn mòn của chi tiết trong môi trường axit.

- Thấm Bo:

Công dụng chủ yếu tăng tính chống mài mòn và tính chống ăn mòn trong các môi trường khác nhau của các chi tiết máy. Được thực hiện tại nhiệt độ  $800 \div 1000^0\text{C}$ .

## **3.3. Bài tập ứng dụng**

### **Hướng dẫn làm bài tập:**

Muốn làm bài tập tốt, sau khi đọc kỹ đầu bài cần tiến hành các bước sau:

3.3.1. Xác định được các phương pháp nhiệt luyện cho các nhóm nhiệt luyện

Chọn nhóm nhiệt luyện sơ bộ hay kết thúc, sau đó xác định các phương pháp cụ thể (xem mục 3.1.2 và 3.1.3).

3.3.2. Sau khi xác định được phương pháp nhiệt luyện rồi thì tiến hành lập quy trình nhiệt luyện cụ thể (Xem mục 3.1.2) gồm các thông số sau:

- Xác định  $t^0$  nung của các phương pháp.
- Xác định môi trường làm nguội.
- Tìm các tổ chức ở  $t^0$  ban đầu là X,  $t^0$  nung là Y và sau khi làm nguội là Z. Căn cứ vào tổ chức sau khi làm nguội của phương pháp nhiệt luyện đó để kết luận cơ tính có đạt yêu cầu của sản phẩm (bán sản phẩm) không?

**Ví dụ:**

Các sản phẩm cơ khí làm bằng thép Cacbon có %C>0,8% làm việc trong điều kiện cần độ cứng và tính chống mài mòn cao ( lưỡi cưa, mũi khoan...). Hãy chọn phương pháp nhiệt luyện và lập quy trình nhiệt luyện.

**Bài làm:**

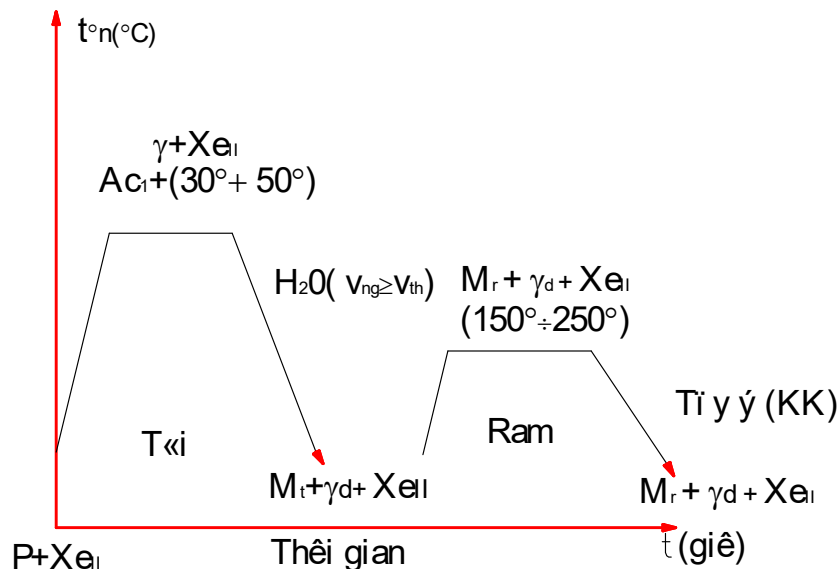
- *Bước 1:* chọn nhóm nhiệt luyện kết thúc gồm tôi và ram thấp(150<sup>0</sup>÷250<sup>0</sup>)

Lý do: Xem mục 3.1.2/2a.

- *Bước 2:* Lập quy trình nhiệt luyện cụ thể của phương pháp nhiệt luyện:(hình sau)

*Giải thích :*

- + Lý do chọn các thông số nhiệt độ nung  $t_n^0$  và môi trường làm nguội của sản phẩm của từng phương pháp( xem mục 3.1.2/2b).



- + Tìm tổ chức X,Y,Z của từng phương pháp xem lại : **0** chuyển biến cấu tạo” của các phương pháp tại mục 3.1.1/ 3 . Căn cứ vào tổ chức Z sau khi làm nguội của phương pháp nhiệt luyện đó đã đáp ứng được yêu cầu cơ tính trong điều kiện sử dụng lâu dài của sản phẩm chưa? ( Tại sao tôi xong lại phải ram thấp ?).

Cụ thể trọng quy trình nhiệt luyện trên, tổ chức nhận được sau khi tôi  $M_t+\gamma_d+Xe_{II}$  có độ cứng cao nhất, tính chống mài mòn tốt nhất và đáp ứng được yêu cầu cơ tính của sản phẩm nhưng do tôi xong ứng suất dư vẫn tồn tại trong nó nên khi sử dụng lâu dài sản phẩm này dễ bị cong vênh nứt vỡ. Muốn hạn chế hiện tượng cong vênh nứt vỡ sau này phải tiến hành ram thấp để giảm được ứng suất dư  $\sigma_d$  đến mức thấp nhất ( $M_t \Rightarrow M_r$  và  $\gamma_d \Rightarrow M_r$ ) mà vẫn đảm bảo cơ tính sau khi tôi( sau ram thường giảm 142 HRC so với tôi).

**Kết luận:** Sau khi tôi và ram thấp, sản phẩm nhận tổ chức  $M_r+\gamma_a+Xe_{II}$  có độ cứng và tính chống mài mòn tốt, đồng thời đáp ứng được yêu cầu sử dụng lâu dài của sản phẩm trong các điều kiện quy định.

### **Bài tập:**

1. Hãy chọn phương pháp nhiệt luyện và lập quy trình cụ thể để tăng tính gia công cắt cho các phôi thép có thành phần cacbon  $\%C = 1\%C$  và  $0,2\%C$ .

2. Phôi thép có thành phần cacbon =  $0,4\%C$ . Sau khi rèn làm biến cứng bề mặt nên khó cắt gọt. Muốn cắt gọt dễ dàng phải chọn phương pháp nhiệt luyện nào? Lập quy trình cụ thể.

3. Phôi thép có thành phần cacbon =  $1,2\%C$  sau khi đúc làm cho kích thước hạt tinh thể lớn. Muốn có kích thước hạt tinh thể nhỏ hơn phải chọn phương pháp nhiệt luyện nào? Lập quy trình cụ thể.

4. Dũa kim loại làm bằng thép cacbon có thành phần cacbon =  $0,9\%C$ . Muốn làm việc được chọn phương pháp nhiệt luyện nào? Lập quy trình cụ thể và có giải thích.

5. Lò xo giảm xóc của xe máy làm bằng thép hợp kim có thành phần cacbon =  $0,6\%C$ . Muốn làm việc được chọn phương pháp nhiệt luyện nào? Lập quy trình cụ thể và có giải thích.

6. Trục Moay-ơ xe đạp làm bằng thép cacbon có thành phần cacbon =  $0,45\%C$ . Muốn làm việc được chọn phương pháp nhiệt luyện nào? Lập quy trình cụ thể và có giải thích.

7. Các bánh răng trong hộp giảm tốc máy tiện làm bằng thép hợp kim có thành phần cacbon =  $0,2\%C$ , phải cạo xát bề mặt do có tốc độ vòng quay rất cao và chịu tải trọng động. Muốn làm việc được chọn phương pháp nhiệt luyện nào? Lập quy trình cụ thể và có giải thích.

8. Các bánh răng làm bằng thép cacbon có thành phần cacbon =  $0,4\%C$  làm việc trong các điều kiện sau:

Bề mặt cần độ cứng và tính chống mài mòn cao do có tốc độ vòng quay cao.

Lỗi:

- Trường hợp 1: Chịu tải tĩnh nhỏ nhưng cần độ dẻo dai cao để chịu được tải trọng động.

- Trường hợp 2: Chịu tải trọng tĩnh và động lớn (Cần cả độ dẻo, độ dai và độ bền cao) cần cơ tính tổng hợp tốt.

Muốn các bánh răng làm việc được lâu dài trong các điều kiện quy định trên chọn phương pháp nhiệt luyện nào? Lập quy trình cụ thể và có giải thích.

### **Ôn tập chương - chuẩn bị kiểm tra câu hỏi ôn tập và bài tập**

1. Định nghĩa và công dụng của nhiệt luyện và hoá nhiệt luyện. Từ đó có nhận xét gì để phân biệt nhiệt luyện và hoá nhiệt luyện.

2. Dùng định nghĩa (để lập quy trình tổng quát) chuyển biến cấu tạo, cơ tính của tổ chức nhận được để phân biệt 4 phương pháp nhiệt luyện: ủ, thường hoá, tôi, ram.

3. Mục đích các phương pháp nhiệt luyện khi nào sử dụng nhóm nhiệt luyện sơ bộ, khi nào sử dụng nhóm nhiệt luyện kết thúc.

4. Một sản phẩm làm bằng thép có kích thước lớn sau khi tôi có thể nhận được các tổ chức nào tính từ bề mặt vào trong lõi?

5. Một sản phẩm làm bằng thép nếu đem tôi trong các môi trường nguội có tốc độ nguội khác nhau thì độ thấm tôi của nó có khác nhau không? Tại sao?

6. Tại sao thép hợp kim có  $V_{th}$  nhỏ, khi nguội trong môi trường tôi nên chọn môi trường dầu mà không chọn nguội nước? Hoặc thép các bon có  $V_{th}$  lớn khi nguội chọn môi trường tôi bằng nước mà không nên chọn nguội dầu.

7. Hãy tìm các tổ chức trong thép có thành phần hoá học xác định để thép đạt cơ tính mong muốn khác nhau sau khi nhiệt luyện với các phương pháp khác nhau và so sánh cơ tính của chúng.

8. Định nghĩa và công dụng của thẳm cacbon.

9. Làm lại các bài tập trong phần bài tập ứng dụng (trọng tâm là các bài tập trong nhóm nhiệt luyện kết thúc Tôi và Ram).

## PHẦN II: CÁC LOẠI VẬT LIỆU THƯỜNG DÙNG TRONG NGÀNH CƠ KHÍ

### Chương 4

### THÉP NỘI DUNG

#### 4.1. Khái niệm

##### 4.1.1. Định nghĩa các loại thép

###### 1. Thép cacbon:

Là hợp kim của Fe-C trong đó thành phần các bon nhỏ hơn 2,14%. Thường dùng nhỏ hơn 1,4%C. Ngoài ra (do điều kiện luyện kim) còn có các tạp chất Mn, Si, P, S. Vậy thành phần các tạp chất trong mọi loại thép:  $Mn \leq 0,8\%$ ;  $Si \leq 0,4\%$ ;  $P \leq 0,05\%$ ;  $S \leq 0,05\%$ .

###### 2. Thép hợp kim:

Là loại thép trong thành phần hoá học của nó ngoài thành phần của thép các bon ra còn có các nguyên tố hợp kim với thành phần thích hợp mà ta cố tình cho vào để làm tăng tính chất của thép theo ý muốn.

##### 4.1.2. ảnh hưởng của thành phần hoá học đến tính chất của thép:

###### 1. ảnh hưởng các bon và tạp chất đến tính chất thép:

**a. Cacbon:** Là nguyên tố quan trọng nhất quyết định đến tính chất của thép.

- Khi thành phần các bon trong thép thay đổi thì tỷ lệ thành phần hai pha  $\alpha + Xe$  trong tổ chức của thép thay đổi theo (mục 2.2.2), do đó cơ tính của nó cũng thay đổi khi thành phần C tăng, lượng  $\alpha$  giảm, lượng pha Xe tăng, do đó độ cứng tăng, độ dẻo và độ dai va chạm giảm, còn độ bền tăng khi  $\%C = 0,8-1\%$ , sau đó có xu hướng giảm .

Về mặt định lượng cứ tăng 0,1%C thì độ cứng của thép tăng thêm 20 đơn vị, còn các cơ tính khác mức tăng và giảm theo quy luật chậm dần, cụ thể:

Trong trường hợp  $\%C < 0,5\%$ , cứ tăng 0,1%C thì độ dẻo giảm 2÷4%,  $a_k = 200KJ/m^2 \div 300KJ/m^2$ , độ bền tăng khoảng 70÷90 MPa. ở trong khoảng  $\%C = 0,6 \div 0,8\%$  cứ tăng 0,1%C thì độ dẻo và độ dai ở mức thấp hơn độ bền  $\sigma_b$  tăng chậm hơn khoảng 40÷50 MPa, nếu  $\%C = 0,8 \div 1\%$ , độ bền  $\sigma_b$  đạt giá trị cực đại, độ dẻo dai rất thấp. Vì thế khi  $\%C$  tăng quá giới hạn này độ bền có xu hướng giảm, tuy nhiên nó vẫn đạt giá trị cao cho tới thành phần C nằm trong thép đạt giới hạn 1,4%.

Ngoài ra khi thành phần cacbon tăng làm giảm tính dẫn nhiệt, dẫn điện, tính chống oxi hoá, tính hàn của thép.

Vai trò của Cacbon với cơ tính của thép. Công dụng của thép theo thành phần Cacbon:

Do ảnh hưởng lớn đến cơ tính như vậy, các thép có thành phần các bon khác nhau, có công dụng khác nhau. Theo những hàm lượng các bon trong thép có thể chia ra bốn nhóm:

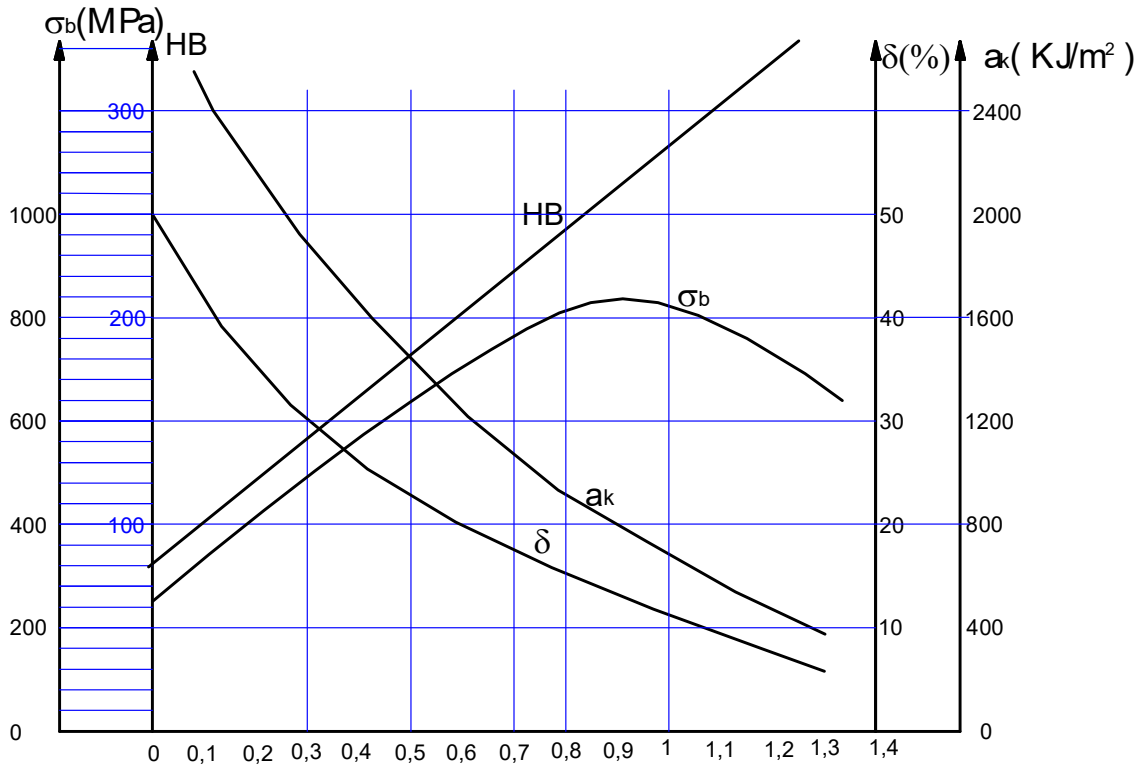
+ Thép với lượng cacbon thấp ( $\%C \leq 0,25\%$ ) có ưu điểm độ dẻo và độ dai rất cao nhưng độ cứng và độ bền rất thấp nên hiệu quả tôi và ram không cao, do đó được dùng làm các kết cấu xây dựng, thép lá và thép tấm để dập nguội.

+ Thép với lượng các bon trung bình ( $0,3 \div 0,5\%$ ) có ưu điểm độ cứng, độ bền, độ dẻo, độ dai đều cao (cơ tính tổng hợp cao hơn các thép khác),

+ Thép với lượng cacbon tương đối cao ( $0,5-0,7\%$ ) có ưu điểm độ cứng, độ bền tương đối cao, độ dẻo và độ dai không quá thấp (có giới hạn đàn hồi cao nhất so với các thép khác) thường dùng làm các chi tiết cần tính đàn hồi cao như: Lò xo, nhíp ...

+ Thép với lượng cacbon cao ( $\geq 0,7\%$ ) có ưu điểm độ cứng và tính chống mài mòn cao nhất thường dùng làm dụng cụ cơ khí như dao cắt, khuôn dập nguội, dụng cụ đo.

\* *Thép thường* : có thể coi thép thường là những thép thường dùng trong ngành cơ khí nó phải đảm bảo chất lượng sử dụng cũng như giá thành về nguyên liệu và công nghệ, do đó thường là các loại thép cacbon, thép hợp kim thấp (số lượng các nguyên tố hợp kim  $\leq 3\%$ ), hoặc thép hợp kim trung bình (số lượng các nguyên tố hợp kim  $> 3\%$  đến  $10\%$  chứa không nhiều các nguyên tố đất, hiếm)



Ảnh hưởng của Cacbon đến cơ tính của thép Cacbon

**b. Tạp chất Mn, Si, P, S:**

- P, S là tạp chất có hại đến cơ tính của thép vì P có trong thép làm giảm mạnh  $a_k$  của pha  $\alpha$  (do hoà tan vào  $\alpha$ ) làm xô lệch mạng tinh thể này gây cho thép bị giòn nguội, còn S có trong thép tác dụng hoá học với Fe tạo ra FeS nằm ở biên giới hạt tinh thể thép có nhiệt độ nóng chảy thấp ( $988^\circ\text{C}$ ) gây cho thép bị vỡ nóng. Vậy khi gia công nguội lưu ý P là nguyên tố gây giòn nguội, còn khi gia công nóng thép lưu ý S là nguyên tố gây vỡ nóng.

Tuy vậy P, S trong gia công cắt gọt là những nguyên tố làm tăng tính gia công cắt (làm cho phoi dễ gãy vụn).

- Mn, Si là tạp chất có lợi cho cơ tính của thép. Khi có Mn, Si các tạp chất này có khả năng hoà tan vào  $\alpha$  làm tăng cơ tính của pha này (tăng  $(HB + \sigma_b)$  và giảm  $(\delta + a_k)$ ), do vậy làm tăng cơ tính của thép nhưng thành phần thép nằm trong giới hạn  $0,5 \div 0,8\%Mn$ ;  $0,2 \div 0,4\%Si$  nên ảnh hưởng này không quan trọng.

Trong quá trình nấu luyện thép: Mn, Si cho vào thép dưới dạng ferô mang gan FeMn và ferô silic FeSi để khử ôxy trong thép ở trạng thái lỏng (nằm dưới dạng FeO rất có hại cho thép), trong đó FeSi các tác dụng khử triệt để hơn. Mn, Si có tác dụng khử  $O_2$  trong thép (FeO có hại cho thép). Riêng Mn (FeMn) loại trừ được S (nằm dưới dạng FeS có hại cho cơ tính thép) để tạo thành MnS.

### **2. ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến tính chất của thép hợp kim:**

Như ta đã biết ở trên thành phần hoá học của thép hợp kim ngoài thành phần cacbon và tạp chất ra còn có các thành phần hợp kim với thành phần thích hợp mà người ta cố tình cho vào, vậy cần phải biết một số ảnh hưởng cơ bản của nó đến tính chất của thép này.

#### **a. ảnh hưởng đến cơ tính của pha cơ sở:**

Pha cơ sở ở đây là các tổ chức của thép ở nhiệt độ thường mà người ta sử dụng nó.

Đối với thép các bon pha cơ sở của nó là các loại dung dịch rắn bão hoà và quá bão hoà của cacbon hoà tan trong Fe và hợp chất hoá học của sắt tác dụng với cacbon để tạo  $Fe_3C$  (gọi là cacbít sắt xem phần sau).

Đối với thép hợp kim pha cơ sở của nó cũng như thép cacbon, chỉ khác là các nguyên tố hợp kim có trong thép sẽ cùng với cacbon hoà tan vào  $Fe_\alpha$  và tác dụng hoá học với nhau để tạo thành các bít hợp kim, do tác dụng này làm cho thép hợp kim có cơ tính cao hơn thép cacbon.

#### **- Tác dụng cùng với cacbon hoà tan vào sắt thành dung dịch rắn.**

Phần lớn các nguyên tố hợp kim đều có tác dụng này điển hình nhất và thường gặp nhất là Mn, Si, Cr, Ni khi hoà tan cùng cacbon vào  $Fe_\alpha$ . Tuy nhiên các nguyên tố hợp kim khác còn có tác dụng làm nhỏ hạt tinh thể của các pha này nên mức độ giảm độ dẻo và độ dai sẽ hạn chế. Đặc biệt Cr, Ni có khả năng làm tăng độ dẻo và độ dai nhưng thép sẽ có giá thành cao hơn thường chọn thép chứa Cr, Ni cao để chế tạo các chi tiết máy đòi hỏi độ tin cậy lớn.

*Tóm lại khi có các nguyên tố hợp kim hoà tan trong  $Fe_\alpha$  với thành phần thích hợp sẽ làm tăng cơ tính của thép đặc biệt tăng độ bền. Hiệu quả tăng độ bền của pha cơ sở  $\alpha$  thấp (là các tổ chức thép chưa tôi) nhưng các hiệu quả này sẽ cao hơn nhiều đối với pha cơ sở là  $\alpha$  quá bão hoà (tổ chức Máctenxít của thép đã tôi).*

Để đạt hiệu quả dùng thép hợp kim chỉ nên dùng cho các sản phẩm thép buộc phải qua nhiệt luyện kết thúc có cơ tính cao.

#### **- Tác dụng hoá học với cacbon để tạo thành “Cacbít<sup>(\*)</sup> hợp kim”**

*(\*) Cacbít là hợp chất hoá học của các bon với nguyên tố khác.*

Các nguyên tố hợp kim có tác dụng hoá học với các bon mạnh hơn Fe, vì vậy khi có mặt các nguyên tố Ti, V, Mo, W, Cr, Mn, Fe ... chúng dễ dàng cùng với Fe (nếu chưa đủ mạnh) hoặc đẩy Fe (nếu đủ mạnh) tác dụng với C để tạo các hợp chất hoá học  $Me_mC_n$ : (*Me dùng để ký hiệu nguyên tố hợp kim*) hoặc  $(Fe, Me)_mC_m$  theo thứ tự tác dụng từ mạnh đến yếu. đây là liên kết cộng hoá trị rất bền vững nên tính bền vững của nó rất cao thể hiện độ cứng, tính chống mài mòn cao, nhiệt độ nóng chảy cao, tính phân huỷ ở nhiệt độ cao (giữ độ cứng ở  $t^0$  cao hơn các bít sắt  $Fe_3C$  ở các mức độ khác nhau tùy thuộc vào loại các bít hợp kim hình thành. Cụ thể:

Mn, Cr là các nguyên tố tạo thành các bít trung bình

Mo, W là các nguyên tố tạo thành các bit khá mạnh

V là các nguyên tố tạo thành các bit mạnh

Ti là các nguyên tố tạo thành các bit rất mạnh

Chúng có khả năng tạo thành các loại các bit  $(Fe, Me)_3C$ , trong các loại thép thường (có tổng lượng nguyên tố hợp kim  $\leq 3\%$ ) nên độ cứng, tính chống mài mòn, tính cứng nóng, bền nóng cao hơn một chút so với thép các bon cùng thành phần các bon.

Trong các loại thép có tổng lượng nguyên tố hợp kim trung bình từ  $3\% \div 10\%$  và chứa Me là các nguyên tố tạo các bit khá mạnh sẽ có tính cứng nóng hoặc bền nóng tốt.

Chúng có khả năng tạo thành loại các bit  $Me_6C$  trong các loại thép có tổng lượng nguyên tố hợp kim cao  $> 10\%$  và chứa Me là các nguyên tố tạo ra các bit mạnh và khá mạnh sẽ cho thép tính cứng nóng cao.

Ngoài ra các nguyên tố hợp kim còn làm cho hạt nhỏ (trừ Mn) nhất là các các bit mạnh, vì thế thép đỡ giòn làm thay đổi nhiệt độ tới hạn (thường nhiệt độ tới hạn cao hơn thép cácbon cùng loại).

*Tóm lại trong thép hợp kim khi có nguyên tố hợp kim tạo các bit thì độ cứng và tính chống mài mòn cao hơn, ít giòn hơn. Có thể có cả tính cứng nóng tốt (phụ thuộc vào loại các bit và số lượng các bit được tạo thành).*

### **b. ảnh hưởng đến quá trình nhiệt luyện:**

Các nguyên tố hợp kim có ảnh hưởng lớn đến quá trình nhiệt luyện đặc biệt tôi và ram do đó ảnh hưởng đến quy trình nhiệt luyện của nó và tổ chức hình thành trong thép.

Dưới đây xét những ảnh hưởng quan trọng nhất:

#### **Tôi:**

*ảnh hưởng cơ bản nhất đối với nhiệt luyện là độ thấm tôi: Khi nhiệt luyện nếu nung thép đến vùng tổ chức  $\gamma$  mà các nguyên tố hợp kim hoà tan vào nó càng nhiều thì khi tôi thép đạt được độ thấm tôi càng cao. Do làm đầy đường cong chữ C sang phải nên giá trị  $V_{th}$  nhỏ đi: nếu  $V_{th}$  nhỏ hơn tốc độ nguội  $V_{ng}$  của lõi thép đem tôi thì toàn bộ sản phẩm thép có tổ chức  $M_t$  đây là trường hợp tôi thấu, nếu  $V_{th}$  nhỏ quá đến mức không lớn hơn tốc độ nguội  $V_{ng}$  không khí của thép thường hoá thì tổ chức nhận được là  $M_t$  đây là trường hợp tự tôi hay tôi trong gió (gọi thép này là thép gió).*

Tóm lại sản phẩm cơ khí làm bằng thép hợp kim có khả năng làm việc chịu tải lớn hơn mà vẫn đảm bảo yêu cầu sử dụng vì có độ thấm tôi cao hơn so với thép cácbon. Những sản phẩm có kích thước lớn (tiết diện  $> 20mm...$ ) tính chất này đạt được hiệu quả càng cao:

+ Thép có độ thấm tôi càng cao thì mức độ hoá bền (chiều dày  $M_t$  lớn) của thép càng lớn. Khi sử dụng các sản phẩm này tuổi thọ sử dụng càng được lâu dài hoặc khả năng chịu lực khi làm việc càng cao.

+ Khi tôi sản phẩm làm bằng thép hợp kim dùng môi trường nguội chậm như dầu, sẽ hạn chế cong vênh nứt vỡ của các sản phẩm cơ khí đặc biệt có hình dáng phức tạp hoặc kích thước lớn.

#### **Chú ý:**

- Nếu các nguyên tố hợp kim nằm ở dạng các bit mà không hoà tan vào  $\gamma$  sẽ làm giảm độ thấm tôi.

- Nếu thép có độ thấm tôi càng cao làm hạ thấp  $M_d-M_k$  dẫn đến lượng  $\gamma_d$  càng nhiều (trừ Co, Al, Si) cũng làm giảm cơ tính của nó.

#### **Ram:**

Các nguyên tố hợp kim có trong Máctenxít tôi sẽ làm chậm quá trình chuyển biến của nó thành các tổ chức khác, vì vậy nhiệt độ ram để hình thành các tổ chức này sẽ cao hơn thép các bon có cùng thành phần cácbon. Đặc biệt đối với những thép hợp kim chứa nguyên tố hợp kim tạo các-bit mạnh với số lượng nhiều (thép gió) còn làm chậm quá trình



chuyển biến khi ram đến nhiệt độ 550-570<sup>0</sup>C (tương đương với ram cao) mà vẫn nhận được M<sub>r</sub>

## **4.2. Phân loại và ký hiệu**

### **4.2.1. Phân loại theo công dụng:**

Có nhiều cách phân loại thép. Đối với ngành cơ khí cần quan tâm đến cách phân loại theo công dụng. Cách phân loại này cho phép chúng ta biết khả năng sử dụng thép một cách hợp lý khi chế tạo sản phẩm bằng thép.

#### **1. Thép xây dựng (thép cán nóng thông dụng)**

Là vật liệu thường dùng trong ngành xây dựng: cầu, nhà, khung, tháp (có chất lượng luyện kim thường P,S > 0,04%).

#### **2. Thép kết cấu (thép chế tạo máy)**

Là vật liệu thường dùng chế tạo các chi tiết máy và kết cấu xây dựng quan trọng (có chất lượng luyện kim cao P, S < 0,04%).

#### **3. Thép dụng cụ**

Là vật liệu thường dùng chế tạo các loại dụng cụ trong ngành cơ khí (có chất lượng luyện kim thường P,S < 0,04%).

#### **4. Thép có công dụng riêng và tính chất đặc biệt**

- Thép có công dụng riêng là những thép chuyên dùng vào một công việc nào đó hoặc một sản phẩm nhất định. Ví dụ: Thép dễ cắt, thép ổ lăn, thép đường ray, dây thép các loại

- Thép có tính chất đặc biệt là các thép có tính chất cơ lý hoá đặc biệt như thép không gỉ, thép làm việc ở nhiệt độ cao, thép có hệ số giãn nở nhiệt đặc biệt, thép chống mài mòn cao, thường lượng hợp kim rất cao (> 13%) với lượng cacbon rất thấp hoặc rất cao.

### **4.2.2. Ký hiệu thép theo tiêu chuẩn Việt nam (TCVN):**

#### **1. Ký hiệu các loại thép cacbon:**

Theo TCVN 1765 – 75 bằng hệ thống chữ và số:

**a. Thép xây dựng cacbon:** Bảng hai chữ CT kèm theo số chỉ độ bền kéo tối thiểu tính bằng KG/mm<sup>2</sup>.

Ví dụ: CT31, CT33, CT34, CT38, CT42, CT51, CCT51, CT61: Quy định cơ tính  $\sigma_{bk}$  (tối thiểu) KG/mm<sup>2</sup>.

#### **Chú ý:**

Thép xây dựng cacbon được chia thành ba nhóm:

+ Nhóm A quy định về cơ tính ký hiệu như trên.

+ Nhóm B quy định về thành phần hoá học, ký hiệu thêm chữ B ở trước ký hiệu:

Ví dụ: BCT31, BCT33, BCT34, BCT38, BCT42, BCT51, BCT61: Quy định về thành phần hoá học (có bảng tra cụ thể) được tuân theo các ký hiệu tương ứng.

Phân tích ký hiệu CT38: Chữ CT chỉ thép xây dựng cacbon nhóm A có

$\sigma_{bk} \leq 38 \text{ KG/mm}^2$ .

+ Nhóm C quy định cả cơ tính và thành phần hóa học, ký hiệu kèm thêm chữ C ở đằng trước ký hiệu.

Ví dụ: CCT38 có cơ tính như CT38 còn thành phần hóa học như BCT38.

#### **b. Thép kết cấu cacbon:**

Ký hiệu bằng chữ C kèm theo số chỉ phần vạn cacbon trung bình.

Ví dụ: C20, C45, C65...

Phân tích ký hiệu C20: chữ C chỉ phép kết cấu cacbon trong đó có 0,2%C.

#### **c. Thép dụng cụ cacbon:**

Ký hiệu bằng hai chữ CD kèm theo số chỉ phần vạn cacbon trung bình.

Ví dụ: CD70, CD80, CD100...

Phân tích ký hiệu CD100: chữ CD chỉ thép dụng cụ cacbon trong đó có 1%C.

**Chú ý:**

+ Khi phân tích ký hiệu thành phần cacbon phải quy đổi về phần trăm, số phần trăm còn lại trong thép chủ yếu là Fe và một ít tạp chất Mn, Si, P, S...

**2. Ký hiệu các loại thép hợp kim:**

Theo TCVN 1765 – 75 bằng hệ thống chữ và số:

**a. Hệ thống chữ:**

Dùng để ký hiệu các nguyên tố hợp kim (NTHK) có trong thép bằng chính các ký hiệu hoá học của nó:

<i>Phiên âm</i>	<i>Ký hiệu hoá học</i>	<i>Ký hiệu trong thép</i>
Crôm	Cr	Cr
Mangan	Mn	Mn
Silíc	Si	Si
Titan	Ti	Ti
Vanadi	V	V
Vônfram	W	W
Môlípđen	Mo	Mo
Niken	Ni	Ni

**b. Hệ thống số:**

Dùng để chỉ thành phần hoá học của nguyên tố cacbon và nguyên tố hợp kim có trong ký hiệu thép.

**• Thành phần cacbon:**

- Các số ở đầu ký hiệu chỉ phần vạn cacbon trung bình có trong thép.

VD: 60 Si 2

Số ở đầu ký hiệu chỉ phần vạn  $C_{TB} = 60/10.000=0,6\%C$ .

**• Thành phần nguyên tố hợp kim:**

Tìm số sau chữ chỉ nguyên tố hợp kim đó nếu:

- Có số sau chữ đó chỉ phần trăm nguyên tố đó: 60Si2 (Sau Si có số 2 → 2%Si).

- Không có số sau chữ chỉ thành phần nguyên tố đó  $\approx 1\%$ : 40Cr (Sau Cr không có số  $\approx 1\% Cr$ ).

**3. Chú ý:**

- Thép chuyên dùng (thép có công dụng riêng) có ký hiệu riêng. Cụ thể thép chuyên làm ổ lăn đặt trước ký hiệu có chữ OL sau đó theo quy định chung.

Ví dụ: OL100Cr → phân tích ký hiệu: Chữ OL chỉ thép chuyên làm ổ lăn, số 100 chỉ phần vạn cacbon quy về phần trăm 1%C.

- Sau ký hiệu có chữ:

+ Nếu có chữ s chỉ thép sôi (là thép khi luyện kim chưa khử kết oxy, nên khi rót kim loại lỏng vào khuôn, khí CO bay lên làm bề mặt chuyển động như bị sôi, loại này chất lượng kém). Nếu không có chữ s chỉ thép lặng (thép đã khử ôxy triệt để). Ví dụ: CT33 s.

+ Nếu có chữ A chỉ thép có chất lượng (luyện kim) tốt là có P, S < 0,03% mỗi một nguyên tố.

Ví dụ: CD120A, 12Cr2NiA.

- Thép kết cấu và thép dụng cụ hợp kim thường có thể nhận biết sau khi xác định thành phần cacbon có trong thép.

+ Thép kết cấu hợp kim %C < 0,7%.

+ Thép dụng cụ hợp kim %C > 0,7%.

Ví dụ: 60Si2 thép kết cấu hợp kim.

90 MnSiW thép dụng cụ hợp kim thường.

- Do nước ta chưa sản xuất được nhiều thép nhất là thép hợp kim nên chủ yếu dùng thép nhập khẩu. Mỗi nước có cách phân loại và ký hiệu riêng của họ. Để tiện cho việc tra cứu, so sánh hoặc chuyển đổi tương đương phần phụ lục có bổ sung kiến thức này của một số nước.

Nga: ГОСТ; Trung Quốc: GB; Nhật: JIS; Pháp: AFNOR; Đức: DIN; Anh: BS. Riêng Mỹ rất nhiều hệ thống tiêu chuẩn nên phức tạp song có ảnh hưởng lớn đối với thế giới, các hệ thống tiêu chuẩn thường được sử dụng nhiều nhất đối với từng loại vật liệu kim loại:

+ Thép cán nóng thông dụng ASTM

+ Thép kết cấu AISI/SAE

+ Thép dụng cụ AISI

Tiêu chuẩn ký hiệu dùng chung cho nước Mỹ trên cơ sở của những ký hiệu truyền thống: UNS

### ***Bài tập ứng dụng***

#### **a. Cho một số ký hiệu thép:**

- Thép cacbon: C40, C45, CD80.

- Thép hợp kim: 40CrMnSi, 90CrWSi.

- Hãy phân tích ký hiệu (thành phần hoá học).

#### **b. Hướng dẫn:**

- Nhận biết ký hiệu thuộc nhóm thép cacbon hay thép hợp kim.

- Phân tích thành phần cacbon:

+ Theo quy định ký hiệu thép cacbon.

+ Theo quy định số ở đầu ký hiệu thép hợp kim.

Phân tích thành phần nguyên tố hợp kim: Trong ký hiệu thép hợp kim theo quy định số ở sau chữ chỉ thành phần hoá học nguyên tố đó.

### **4.3. Các loại thép và công dụng trong ngành cơ khí**

#### **4.3.1. Thép xây dựng (thép cán nóng thường):**

##### **1. Công dụng và yêu cầu sử dụng:**

- Công dụng: Là vật liệu chủ yếu dùng trong xây dựng (được cung cấp dưới dạng thành phẩm cán nóng: tấm, thanh, dây, ống, thép hình), trong cơ khí thường làm vỏ máy....

- Yêu cầu sử dụng thép xây dựng:

+ Cần đảm bảo độ bền đặc biệt là giới hạn chảy  $\sigma_c$  để các kết cấu xây dựng chống lại biến dạng khi làm việc và gọn nhẹ.

+ Cần độ dẻo tốt để qua gia công dập uốn, dập thành hình sản phẩm  $\delta=18\pm 20\%$  (đối với vỏ ô tô  $\delta=25\pm 30\%$ ).

+ Cần có tính hàn tốt vì phần lớn phải qua gia công hàn.

+ Có khả năng chống ăn mòn khí quyển tốt khi phải làm việc ngoài trời.

## **2. Đặc điểm và thành phần hoá học:**

Để đảm bảo các nhu cầu sử dụng trên khi chế tạo thép ở nhà máy luyện kim nhóm thép này phải đảm bảo đặc điểm thành phần hoá học sau:

- Thành phần cacbon nhỏ hơn 0,4%C đối với thép cacbon, nhỏ hơn 0,2%C đối với thép hợp kim.

- Thành phần nguyên tố hợp kim trong thép hợp kim có tổng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 2% ( $\Sigma$  NTHK  $\leq$  2%) chủ yếu nguyên tố Mn, Si.

### **Chú ý:**

+ Chất lượng luyện kim của thép xây dựng không cao: P, S > 0,04% mỗi một nguyên tố nên giá thành hạ và thường không qua nhiệt luyện kết thúc.

+ Căn cứ đặc điểm thành phần hoá học này để nhận biết về ký hiệu của thép xây dựng.

## **3. Ví dụ các loại thép thường dùng và ứng dụng:**

### **a. Thép xây dựng cacbon:**

- Nhóm A: là loại phổ biến trong mọi ngành kinh tế kỹ thuật ở dạng các bán thành phẩm dài cán nóng để làm các kết cấu và chi tiết không phải qua biến dạng nóng, hàn và nhiệt luyện. Nếu qua hàn chỉ được phép hàn chảy cho thép lạnh.

Thường làm các kết cấu xây dựng đơn giản (CT33, CT34, CT38), riêng CT51 thường được cán thành thép vằn để làm cốt bê tông. CT38s, CT38 ở dạng tròn trơn. CT51 ở dạng thép vằn.

- Nhóm B làm các kết cấu hàn, nhóm C thì làm các kết cấu hàn chịu lực như làm cầu, đóng tàu, chi tiết qua đập nguội.

### **b. Thép xây dựng hợp kim (thép hợp kim thấp có độ bền cao HSLA)**

Do có các nguyên tố hợp kim sẽ làm tăng giới hạn chảy và giới hạn bền, tính ăn mòn mà tính hàn vẫn đảm bảo, giá thành thì tăng không đáng kể do đó nâng cao được khả năng chịu tải hoặc giảm nhẹ khối lượng kết cấu xây dựng nên rất có lợi cho xây dựng cầu, khung toa xe ô tô tải...

19Mn, 09Mn2, 14Mn2 có tính hàn cao:

19Mn dùng làm đường ống dẫn dầu và khí đốt dưới áp lực cao.

14Mn2 dùng làm vỏ lò cao, thiết bị lọc bụi.

17MnSi làm kết cấu chịu lực trong vận tải như làm dầm ô tô, đóng toa xe.

Ngoài ra còn một số thép hợp kim xây dựng đặc biệt có nhiều nguyên tố hợp kim dùng làm kết cấu xây dựng dân dụng, làm cốt bê-tông cường độ cao, kết cấu kim loại ở các công trình khu công nghiệp (vùng khí hậu băng giá, biển), giao thông vận tải (kết cấu ô tô).

## **4.3.2. Thép kết cấu**

### **1. Công dụng chung và yêu cầu sử dụng**

- **Công dụng:** là loại thép chủ yếu để chế tạo các chi tiết máy nên còn gọi là thép chế tạo máy, nó là loại thép dùng nhiều nhất.

### **- Yêu cầu sử dụng thép để chế tạo các chi tiết máy:**

+ Cần độ bền đủ cao để chịu tải trọng tĩnh khi làm việc hoặc giới hạn chảy cao để các chi tiết máy lắp ghép trong cỗ máy không được biến dạng.

+ Cần độ dai va chạm đủ cao để chịu tải trọng động khi làm việc và tránh gãy vỡ đột ngột vì khi vận hành máy các chi tiết dễ va đập vào nhau, đặc biệt lúc khởi động hoặc dừng máy đột ngột.

+ Có tính công nghệ tốt ở trạng thái gia công (đặc biệt là gia công cắt gọt và gia công áp lực) và giá thành hạ.

**Chú ý:** Ngoài ra các chi tiết máy làm việc trong các điều kiện sử dụng khác nhau thì cần có thêm các yêu cầu cơ tính riêng.

## **2. Đặc điểm thành phẩm hoá học**

**- Các bon** là nguyên tố quan trọng nhất quyết định đến tính chất của thép. Dựa vào yêu cầu cơ tính chung của các chi tiết máy người ta thấy thành phần cacbon thích hợp nhất trong thép kết cấu không nên lớn hơn 0,7% C ( $< 0,7\% \text{ C}$ ).

### **- Thành phần nguyên tố hợp kim trong thép hợp kim kết cấu:**

Nguyên tố hợp kim có thành phần thích hợp trong thép sẽ làm tăng cơ tính theo ý muốn (xem mục 4.1.2/2) Để đảm bảo nâng cao yêu cầu cơ tính của các chi tiết máy, đặc biệt là độ bền, giới hạn chảy, tuổi thọ và giá thành các chi tiết máy, người ta đã hợp kim hoá các nguyên tố chính trong thép kết cấu thường là Mn, Si, Cr, Ni với tổng số lượng không nên quá 3% ( $\leq 3\% \text{ NTHK}$ ) ngoài ra còn có một số lượng nhỏ các nguyên tố hợp kim nhằm khắc phục các nhược điểm của nguyên tố hợp kim chính gây ra.

**Ví dụ:** Thép có Mn để làm cho hạt lớn tại nhiệt độ nung, muốn vậy cần có Ti để hạt tinh thể nhỏ đi.

## **3. Phân loại thép kết cấu**

Các chi tiết máy do điều kiện làm việc của chúng rất khác nhau nên việc chọn thép cũng ảnh hưởng lớn đến chất lượng làm việc của các chi tiết máy. Việc chọn thép cho các nhóm chi tiết máy khác nhau người ta dựa vào thành phần cacbon trong thép để chế tạo phù hợp với yêu cầu sử dụng của nó (xem mục 4.1.2/1)

### **a. Nhóm thép thấm cacbon:**

**- Định nghĩa và công dụng:** Là loại thép có lượng cacbon thấp  $< 0,3\% \text{ C}$  (thường từ 0,1 – 0,25%) dùng để chế tạo các chi tiết truyền chuyển động và chịu cọ sát bề mặt. Ví dụ: bánh răng, cam, chốt xích, đĩa ma sát, trục...

### **- Yêu cầu sử dụng thép để chế tạo các chi tiết máy:**

+ Bề mặt cần độ cứng cao và tính chống mài mòn để chịu cọ sát bề mặt cao.  
+ Lõi có độ dẻo, dai cao để trong trường hợp truyền chuyển động tránh hiện tượng gãy, vỡ đột ngột khi làm việc trong điều kiện chịu tải trọng động.

**- Đặc điểm nhiệt luyện và hoá nhiệt luyện:** Muốn có yêu cầu sử dụng trên cho các nhóm chi tiết máy này thì trước hết phải tiến hành thấm cacbon + tôi + ram thấp (xem mục 3.2.2).

### **- Chú ý:**

+ Chọn thép này để chế tạo cần lưu ý đến ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến tính chất của thép (xem mục 4.1.2). Sau đó xét đến cơ tính nhận được tổ chức ở bề mặt và lõi của chi tiết (xét hình dáng, kích thước) sau khi tôi và ram. Tiếp đó căn cứ vào điều kiện làm việc cụ thể của các chi tiết đó để lựa chọn theo nguyên tắc sau:

Nếu thép nào đạt tổ chức bề mặt có độ cứng và tính chống mài mòn càng cao nên chọn chế tạo các chi tiết máy truyền động với tốc độ vòng quay càng lớn tức bị cọ sát bề mặt càng lớn.

Nếu thép nào đạt tổ chức lõi có độ bền càng cao nên chọn chế tạo các chi tiết máy truyền động trong điều kiện chịu tải tĩnh lớn, tuy nhiên phải xét cả độ dai và đập trong lõi để đảm bảo độ tin cậy khi làm việc.

Ví dụ: thép các bon: C18, C20 làm các chi tiết máy nhỏ, chịu lực không cao bị cọ sát bề mặt lớn. Thép hợp kim: 20Cr, 18CrMnTi, 25CrMnTi, 12CrNi2A, 20CrNi dùng để sản xuất hàng loạt hàng hoá các chi tiết chịu lực cao và bị cọ sát bề mặt như bánh răng hộp số, bánh răng cầu sau, các trục quan trọng của ô tô máy kéo (thường làm các chi tiết hình dáng phức tạp hoặc kích thước lớn).

+ Ngoài ra còn căn cứ vào tuổi thọ và giá thành để lựa chọn cho phù hợp vì chi tiết thép qua thấm cacbon giá thành cao hơn nhiều so với phương pháp tôi bề mặt (khoảng 3 lần)

**b. Thép hoá tốt:**

**- Định nghĩa và công dụng:** Là loại thép có lượng cacbon trung bình  $C_{TB} = 0,3 \div 0,5\%$  để chế tạo các chi tiết chịu tải trọng và va đập cao.

**- Yêu cầu sử dụng thép để chế tạo và đặc điểm nhiệt luyện của chúng:**

Căn cứ vào điều kiện sử dụng loại thép này để đề ra yêu cầu sử dụng và đặc điểm nhiệt luyện kèm theo:

+ Điều kiện sử dụng chính dùng để chế tạo các chi tiết máy chịu cả tải trọng động và tải tĩnh lớn, không hoặc ít bị cọ sát bề mặt nên cần cơ tính tổng hợp tốt. Ví dụ: các trục truyền chuyển động, tay quay, trục treo... thì đặc điểm nhiệt luyện kèm theo Tôi và Ram cao.

+ Điều kiện sử dụng khác:

- Các chi tiết máy trên vừa phải chịu mài mòn cao do làm việc cọ sát bề mặt lớn (bánh răng, trục, cam, chốt) do đó đặc điểm nhiệt luyện kèm theo Tôi và Ram cao, tiếp theo Tôi bề mặt và Ram thấp.

- Khi chế tạo các chi tiết máy làm việc trong điều kiện chịu tải trọng động, chịu mài mòn bề mặt cao nhưng chịu tải tĩnh nhỏ để giảm giá thành do đó đặc điểm nhiệt luyện kèm theo: Tôi bề mặt và Ram thấp.

**- Chú ý:**

Chọn thép này để chế tạo các chi tiết máy cũng cần lưu ý như thép thấm cacbon (xem phần chú ý mục a ở trên).

Ngoài ra thép hoá tốt sau khi Tôi và Ram độ cứng và tính chống mài bề mặt không cao bằng thép thấm cacbon nên các chi tiết máy làm việc bị cọ sát bề mặt quá lớn không đạt yêu cầu như thép thấm cacbon (Tuy nhiên nếu thép này sau khi Tôi và Ram đem đi thấm Nitơ hoặc thấm Xianua ở nhiệt độ thấp sẽ đạt yêu cầu độ cứng và tính chống mài mòn bề mặt cao hơn nhiều so với thép thấm cacbon nhưng giá thành sẽ rất cao nên chỉ áp dụng cho các chi tiết máy cần độ tin cậy rất cao).

**Ví dụ các loại thép thường dùng và ứng dụng:**

+ Thép cacbon:

C35, C40, C45, C50... Nếu làm trục truyền phải cọ sát bề mặt, các chi tiết máy truyền chuyển động như bánh răng, trục vít, cam... khi làm việc trong điều kiện có tốc độ vòng quay lớn, khi chịu lực nhỏ thì tôi bề mặt và ram thấp còn khi chịu lực lớn thì Tôi và Ram cao sau đó Tôi bề mặt và Ram thấp.

+ Thép hợp kim:

35Cr, 40Cr, 45Cr công dụng như trên cho các chi tiết máy có kích thước lớn hơn và hình dáng phức tạp hoặc kết cấu nhỏ gọn hơn.

40CrNi, 45CrNi, 40CrNiMn làm cho các chi tiết máy truyền động khi chịu lực lớn và chịu va đập cao, yêu cầu độ tin cậy cao như : trục vít của hệ thống lái ô tô, máy công cụ có công suất cao, máy thủy lực, máy bay.

**c. Thép đàn hồi:**

**- Định nghĩa và công dụng:** Là loại thép có lượng cacbon tương đối cao ( $0,5 \div 0,7\%C$ ) được dùng chủ yếu để chế tạo các chi tiết máy, cần tính đàn hồi. Ví dụ như lò xo, nhíp ô tô, dây cốt đồng hồ... các loại.

**- Yêu cầu sử dụng thép để chế tạo:** Căn cứ điều kiện sử dụng thép chế tạo chi tiết cần tính đàn hồi. Khi sử dụng yêu cầu không được biến dạng sau khi làm việc nên việc chọn thép phải căn cứ vào tải trọng tĩnh và lực va đập.

**- Đặc điểm nhiệt luyện** kèm theo Tôi và Ram trung bình.

**- Chú ý:**

Chọn thép này để chế tạo cũng cần lưu ý đến ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến tính chất của thép. Sau đó xét đến cơ tính tổ chức nhận được sau khi tôi và nhiệt độ ram trung bình cụ thể đối với kích thước của chi tiết máy và khả năng chịu tải của nó. Ngoài ra còn xét đến cả điều kiện nhiệt độ môi trường của chi tiết khi làm việc để chọn thép cho phù hợp.

**Ví dụ các loại thép thường dùng và ứng dụng:**

Thép các bon: C60, C65; thép hợp kim 65Mn, 60Mn dùng để chế tạo các loại lò xo thường.

55Si2, 60Si2, 60SiMn chế tạo lò xo có kích thước lớn (chiều dày tối đa là 18mm), sử dụng trong ô tô, máy kéo, xe lửa, tàu biển ...

60Si2CrA, 60Si2NiA chế tạo lò xo nhíp lớn chịu tải trọng nặng.

50CrV, 50CrMnV chế tạo lò xo nhỏ chịu được nhiệt tới 300<sup>0</sup>C như lò xo Supap xả.

Bài tập ứng dụng cơ bản cho các loại thép kết cấu:

- Cho các ký hiệu thép:

Thép cácbon: C18, C45, C65.

Thép hợp kim: 18 CrMnTi, 40Cr, 65Mn.

Yêu cầu chọn thép để chế tạo các chi tiết máy làm việc trong điều kiện sau:

+ Độ cứng và độ chống mài mòn bề mặt cao còn lõi có độ dẻo dai cao.

+ Cần cơ tính tổng hợp.

+ Cần tính đàn hồi

### **4.3.3. Thép dụng cụ**

#### **1. Thép dụng cụ thường:**

Là loại thép thường được chế tạo các nhóm dụng cụ cơ khí thường dùng nhiều nhất và khi sử dụng chúng có các yêu cầu cơ bản giống nhau, mà các bon là nguyên tố quan trọng quyết định đến cơ tính của thép ở nhiệt độ thường do đó chúng thường có chung đặc điểm về thành phần hoá học và nhiệt luyện. Vì vậy để phân chia các loại dụng cụ này không có ranh giới rõ nét về thành phần cácbon như các loại chi tiết máy của thép kết cấu. Khi gọi tên các loại thép dụng cụ thường có thể gọi tên chung hoặc tên riêng cũng được nhưng phải kèm theo công dụng của từng loại. Dưới đây chúng ta cần biết các kiến thức sau để lựa chọn các ký hiệu thép cho các loại dụng cụ này.

#### **a. Công dụng và yêu cầu sử dụng chung:**

**- Công dụng:** Là vật liệu dùng chủ yếu để chế tạo các dụng cụ thường dùng trong ngành cơ khí. Đó là các loại dụng cụ làm dao cắt có năng suất làm việc thấp, dụng cụ biên dạng nguội, dụng cụ đo.

#### **- Yêu cầu cơ tính các loại dụng cụ thường:**

Muốn các dụng cụ làm việc được và đảm bảo tuổi thọ khi sử dụng (độ chính xác của dụng cụ, khuôn và thước đo) thì yêu cầu sử dụng chung phải đạt được:

+ Độ cứng cao  $\geq 56$  HRC để dụng cụ làm việc được.

+ Tính chống mài mòn tốt để đảm bảo tuổi thọ và tính chính xác khi gia công vật liệu trong quá trình làm việc.

**Chú ý:** Khi sử dụng các loại dụng cụ khác nhau cần có các yêu cầu khác nhau. Cụ thể dao cắt cần tính cứng nóng (Khả năng duy trì độ cứng  $\geq 58$  HRC ở nhiệt độ cao khi làm việc. Căn cứ tính cứng nóng đạt được để quyết định tốc độ cắt tối đa. Khuôn dập nguội cần độ dai va đập đảm bảo để chịu va đập khi làm việc nhưng độ cứng không được thấp hơn 56 HRC.

#### **b. Đặc điểm các loại thép dụng cụ thường**

##### **• Đặc điểm thành phần hoá học:**

- Căn cứ yêu cầu cơ tính trên của các dụng cụ thường (xem mục 4.1.2/1.a) thì thành phần các bon thích hợp  $\geq 0,7\%$ .

Đối với thép dụng cụ thường hợp kim để tăng khả năng làm việc của các dụng cụ và tuổi thọ của nó và hạ giá thành chế tạo thì các nguyên tố hợp kim hoá trong thép là những nguyên tố hợp kim chính: Mn, Si, Cr, W với lượng thường không quá 3% (cá biệt lên đến 7%) trong thép ngoài tác dụng tăng độ thấm tôi còn tạo được các các-bít hợp kim để nâng cao độ cứng, tính chống mài mòn có thể tăng tính cứng nóng cho các loại dao cắt. Ngoài ra còn có một số nguyên tố hợp kim có tác dụng khắc phục nhược điểm của nguyên tố hợp kim chính gây ra.

**Ví dụ:** các loại thép thường dùng: CD70...CD120A, (100CrSi, 90CrMnSi, 100CrWMn, 110Cr, 140CrMn.

**Chú ý:**

- Chất lượng luyện kim thép cao: P, S  $\leq$  0,04 mỗi nguyên tố.
- Dựa vào đặc điểm này để nhận biết ký hiệu thép thường dùng.
- Muốn dụng cụ làm việc được lâu dài bắt buộc phải nhiệt luyện kết thúc.

**• Đặc điểm nhiệt luyện:**

Để đáp ứng được hai yêu cầu cơ tính chung của các dụng cụ này, đặc điểm nhiệt luyện: Tôi và Ram thấp.

**c. Các loại thép dụng cụ thường dùng và công dụng:**

**• Thép dao cắt có năng suất  $V_c$  thấp:**

- Dùng để chế tạo các loại dao cắt có  $V_c$  thấp thường độ cứng lớn hơn 58÷60HRC và tính chống mài mòn tốt. Ngoài ra còn cần đến tính cứng nóng (quyết định tốc độ cắt khi làm việc).

+ Đối với thép dao cắt cacbon  $V_c$  thường  $< 4\div 5$  m/phút. Do tính cứng nóng thấp là 200<sup>0</sup>C nên thường dùng chế tạo các loại dao cắt nhỏ có năng suất thấp làm bằng tay, có hình dạng đơn giản như giũa, khoan, cưa, tarô, bàn ren ...

+ Đối với thép dao cắt hợp kim có tốc độ cắt thường là  $< 15$ m/phút. Do tính cứng nóng cao hơn thép cacbon ở nhiệt độ  $\leq 250^0$ C nên thường dùng chế tạo dao cắt nhỏ có hình dáng phức tạp hơn hoặc dao cắt lớn hơn với tốc độ cắt cao hơn (bằng máy - bán tự động hoá) như: Dao doa, dao khoét, tarô máy nhỏ, cưa máy, dao cạo rà kim loại, mũi khoan, bàn ren.

**• Thép làm dụng cụ biến dạng nguội:** Dùng để chế tạo các loại dụng cụ gia công áp lực để biến dạng kim loại ở trạng thái nguội cần độ cứng  $\geq 56$ HRC, ngoài ra còn cần có độ dai va đập đủ để tránh vỡ, mẻ khuôn khi gia công.

- Đối với thép dụng cụ biến dạng nguội cacbon do có độ thấm tôi thấp thường chế tạo các dụng cụ có kích thước nhỏ( chiều dày khoảng 30÷40mm), hình dáng đơn giản hoặc độ chính xác gia công không cao.

Ví dụ: Búa, đe tay, khuôn dập sản phẩm nhỏ làm bằng vật liệu có độ cứng thấp( làm khuôn dập kim loại màu, hợp kim đồng, hợp kim nhôm...).

- Đối với thép dụng cụ biến dạng nguội hợp kim do có độ thấm tôi cao hơn thường chế tạo các dụng cụ có kích thước lớn hơn, kích thước trung bình 75÷100mm, hình dáng phức tạp và có độ chính xác gia công cao hơn.

Ví dụ: Các khuôn dập để cắt dập các tấm thép có độ cứng không cao, có chiều dày không lớn (thép lá dày  $< 3$ mm, các tấm kim loại màu: hợp kim nhôm, hợp kim đồng...)

**• Thép làm dụng cụ đo:**

Dùng để chế tạo các loại dụng cụ đo cơ khí cấp chính xác khác nhau: Pame, thước cặp, thước đo độ dài, đo góc, dưỡng, calíp... Chúng thường xuyên cọ xát với chi tiết cần đo nên dễ mài mòn ảnh hưởng đến độ chính xác kết quả đo. Vì vậy khi sử dụng thì yêu cầu cần độ cứng rất cao lớn hơn 62HRC. Ngoài ra cần kích thước không thay đổi trong suốt thời gian làm việc lâu dài (Hệ số giãn nở nhiệt nhỏ và ổn định tổ chức trong phạm vi nhiệt độ làm việc).



#### d. Chú ý:

① Đối với các loại khuôn chịu tải trọng va đập lớn: Búa hơi cắt thép tấm dày 3-4 mm, tán mũ đỉnh, chôn nguội, khuôn dập kích thước lớn có chiều dày 200÷300mm, chịu tải nặng và tính chống mài mòn rất cao để dập cắt các thép cứng (thép kỹ thuật điện làm lõi máy biến áp) và dụng cụ đo cấp chính xác thấp, thành phần hoá học của thép có khác một chút nên không giới thiệu trong giáo trình này.

② Ký hiệu nhóm thép dụng cụ này thường có thể dùng chung cho các loại dụng cụ là:

Thép các bon: CD70 ... CD130A

Thép hợp kim: 90CrMnSi, 100CrWMn, 100CrMnSi, 90CrSi ...

③ Nếu chọn cùng một loại thép để chế tạo (**cùng** ký hiệu vật liệu) cần chú ý: Đối với các loại dụng cụ biến dạng nguội chịu trọng tải nhỏ (trung bình) thường chỉ cần đạt độ cứng  $56 \div 60\text{HRC}$  để chịu va đập trong quá trình làm việc do vậy khi Ram thấp nên lấy giới hạn nhiệt độ trên, còn dao cắt cần độ cứng cao hơn khi Ram thấp nên lấy giới hạn nhiệt độ dưới, hoặc **khác** loại thép (có nhiều ký hiệu vật liệu) cùng chế độ nhiệt luyện thì dụng cụ biến dạng nguội nên chọn ký hiệu thép có %C thấp hơn thép dao cắt để đảm bảo độ dai và đập ak.

④ Chọn thép chế tạo cần căn cứ vào mức độ yêu cầu sử dụng cụ thể của từng loại dụng cụ cũng như hình dáng và kích thước của nó để lựa chọn trên nguyên tắc:

+ Căn cứ vào vật liệu gia công để chọn độ cứng của thép chế tạo dụng cụ đó.

+ Căn cứ vào tốc độ cắt chọn tính cứng nóng của thép chế tạo.

+ Căn cứ mức độ cọ sát bề mặt khi làm việc để chọn tính chống mài mòn của thép chế tạo.

+ Căn cứ hình dáng, kích thước chọn thép và môi trường nguội khi tôi để đảm bảo hình dáng và chất lượng của dụng cụ (Xem mục 3.1.2/2.b, 3.1.3/3, 3.1.3/4)

Vậy muốn chọn thép đạt được mức độ yêu cầu cơ tính ở trên cần xét đến cơ tính tổ chức nhận được của nó sau khi Tôi và Ram thấp là Mactenxit ram và các bit (xem mục 4.1.1/2a) và độ thấm tôi của thép đạt được (xem mục 4.1.1/2b).

#### Ví dụ ứng dụng:

##### **Đề bài:**

Có các ký hiệu thép sau: CD90, CD120, 90CrSi, 100CrWMn, C60, 40Cr. Hãy chọn vật liệu để chế tạo dũa đạt được độ cứng làm việc  $61 \div 63 \text{ HRC}$ .

##### **Làm bài:**

Để chọn vật liệu đạt hiệu quả cao khi sử dụng cần tiến hành phân tích các bước:

- Dũa là loại dụng cụ thường, căn cứ đặc điểm thành phần hoá học (xem mục 4.3.3/1.b) xét thấy các ký hiệu có %C > 0,7% và tổng lượng nguyên tố hợp kim  $\leq 3\%$  các ký hiệu vật liệu có thể chế tạo được dũa là: CD90, CD120, 90CrSi, 100CrWMn.

- Độ cứng yêu cầu làm việc  $61 \div 63 \text{ HRC}$ . Xét thấy tất cả các ký hiệu trên sau khi Tôi và Ram thấp đều nhận được tổ chức  $M_r + \gamma_d + \text{các-bit}$  có độ cứng  $\geq 61 \div 63 \text{ HRC}$ . (Tra sổ tay nhiệt luyện các ký hiệu trên) nhưng do hình dáng dũa đơn giản kích thước nhỏ có thể Tôi trong môi trường nguội nhanh nước và tốc độ cắt thấp nên chọn thép cacbon để hạ giá thành mà vẫn đảm bảo chất lượng nên chọn những ký hiệu CD90, CD120.

- Tính chống mài mòn rất cao vì khi làm việc phải chịu lực cọ sát bề mặt lớn mà răng dũa rất nhỏ, muốn tuổi thọ dùng lâu dài cần chọn thép có tính chống mài cao. Xét hai ký hiệu thấy CD120 do có %C cao sau khi tôi có lượng cacbit sắt  $\text{Fe}_3\text{C}$  nhiều hơn CD90.

- Kết luận chọn CD120 làm dũa là tốt hơn. Sau đó tra trong sổ tay nhiệt luyện để xác định chế độ nhiệt luyện (bảng phụ lục 5):

$t_t = 770 \div 790^{\circ}\text{C}$  ;  $t_r = 180 \div 200^{\circ}\text{C}$  ; độ cứng đạt  $61 \div 63 \text{ HRC}$ .

Sở dĩ có các số liệu ở trên trong sổ tay nhiệt luyện cũng trên cơ sở cơ tính tổ chức nhận được bằng cách chọn và lập quy trình nhiệt luyện kết thúc tôi và ram thấp (xem mục 3.1.2/2).

## **2. Thép dụng cụ hợp kim đặc biệt:**

Là loại thép dùng để chế tạo các dụng cụ làm việc ở nhiệt độ cao nhưng vẫn giữ được cơ tính làm việc tại nhiệt độ đó. Vì vậy chỉ có 1 số loại thép hợp kim làm được dụng cụ này. Để phân biệt với nhóm dụng cụ trên tạm gọi tên “thép dụng cụ hợp kim đặc biệt”.

### **a. Thép gió làm dao cắt có năng suất cắt cao:**

#### **- Công dụng yêu cầu cơ tính khi sử dụng làm dao:**

Thép gió là thép dụng cụ hợp kim cao dùng chủ yếu để làm dụng cụ cắt với năng suất cắt cao.  $V_c = 25 \div 35 \text{ m/phút}$ . Đạt được nhiệt độ làm việc của dao tới  $600^{\circ}\text{C}$ .

Để đáp ứng điều kiện làm việc trên thép phải đạt được các yêu cầu sử dụng sau:

+ Độ cứng cao và tính chống mài mòn tốt.

+ Tính cứng nóng cao (nhiệt độ  $600^{\circ}\text{C}$ ).

#### **- Đặc điểm thép làm dao cắt có năng suất cắt cao:**

+ Thành phần hoá học:  $C > 0,7\%$ ; nguyên tố hợp kim gồm có W, Cr, V, Mo với tổng lượng nguyên tố hợp kim trong thép  $\geq 15\%$ .

Ví dụ: 80W18Cr4V2, 90W9Cr4V2Mo, 90W18Cr4V2Mo, 90W18Cr4V2.

+ Đặc điểm về nhiệt luyện: muốn đạt được độ cứng, tính chống mài mòn đặc biệt tính cứng nóng cao (xem mục 3.1.3/5) nên đặc điểm nhiệt luyện của thép gió làm dao phải Tôi và Ram cao đặc biệt ba lần ở nhiệt độ  $550 \div 570^{\circ}\text{C}$ .

#### **Chú ý:**

- Ý nghĩa tên gọi “thép gió” do có độ thấm Tôi bất kỳ nên có thể tự tôi trong gió (làm nguội ngoài không khí) và sau khi dao cắt đem đi Tôi và Ram cao đặc biệt sẽ có tính cứng nóng cao nên có tốc độ cắt nhanh như gió.

- Sở dĩ Ram nhiều lần vì sau khi Tôi còn nhiều  $\gamma_d$  thì sau mỗi lần Ram sẽ làm tăng độ cứng do giảm được  $\gamma_d$ . Vì vậy thép gió là loại thép có hiệu ứng độ cứng thứ hai (sau Ram độ cứng cao hơn Tôi).

### **b. Thép làm dụng cụ biến dạng nóng:**

#### **- Công dụng và yêu cầu sử dụng:**

Là thép dụng cụ hợp kim đặc biệt chủ yếu để chế tạo khuôn dập biến dạng kim loại ở trạng thái nóng. Ví dụ như khuôn rèn trong máy dập nóng.

Để đáp ứng được những điều kiện làm việc của khuôn dập nóng thì phải đạt được các yêu cầu sử dụng sau:

+ Độ cứng cao hơn vật liệu gia công ( $\geq 40\text{HRC}$  để biến dạng kim loại ở trạng thái nóng).

+ Tính chống mài mòn tốt để đảm bảo độ chính xác của khuôn khi gia công.

+ Độ dai va đập cao để chịu các lực va đập lớn vì phôi gia công có kích thước lớn và dày (không phải là tấm kim loại như phôi gia công của khuôn dập nguội).

+ Phải có độ bền khi làm việc ở nhiệt độ gia công (độ bền nóng cao).

+ Phải có tính chịu mỏi nhiệt tốt tức là chống lại hiện tượng các bề mặt của khuôn do làm việc trong điều kiện chịu nhiệt thay đổi theo chu kỳ làm việc.

#### **- Đặc điểm của thép làm khuôn dập nóng:**

##### **• Đặc điểm thành phần hoá học:**

+ Thành phần cacbon để đáp ứng cùng một lúc ba yêu cầu đầu thì vật liệu chế tạo khuôn có thành phần C thích hợp là  $0,3-0,5\%$  để có cơ tính tổng hợp.

+ Thành phần nguyên tố hợp kim để có được tính bền nóng và tính chịu mọi nhiệt tốt trong thành phần nguyên tố hợp kim có ở thép < 3% thường là các nguyên tố tạo cacbít khá mạnh: W, Mo, Cr... và Mn, Si để tăng độ thấm tôi, Ni tăng tính chịu nhiệt, làm khuôn chôn ép chịu nhiệt độ cao do tiếp xúc lâu với phôi thép nóng trên 1000<sup>0</sup>C.

+ Ví dụ các ký hiệu thường dùng: 40Cr3W2V2Mo2, 40Cr5W2VSi, 40CrW5VMo, 30Cr2W8V, 40Cr8W2..., làm khuôn rèn kích thước thường lớn hơn, chịu va đập mạnh hơn do tiếp xúc ít hơn với phôi nóng nên dùng các ký hiệu 50CrNiMo, 50CrNiW, 50CrSiNiW.

**• Đặc điểm nhiệt luyện:**

Để đạt các yêu cầu cơ tính khi nhiệt luyện khuôn dập nóng phải nhiệt luyện thích hợp với từng loại thép chế tạo bao gồm: Tôi + Ram cao (Ram trung bình).

**4.3.4. Thép làm ổ lăn**

**1. Công dụng và yêu cầu sử dụng**

- **Công dụng:** là vật liệu chủ yếu để chế tạo các loại bi, vòng bi... trong các ổ lăn (ổ bi, ổ dũa).

- **Yêu cầu khi sử dụng** các viên bi thì cần phải có độ cứng cao > 62 HRC và tính chống mài mòn tốt đồng thời trên viên bi không được phép có điểm mềm để khi tiếp xúc không tạo ra các vết rỗ làm mất khả năng làm việc của ổ lăn.

**2. Đặc điểm của thép làm ổ lăn.**

**a. Đặc điểm thành phần hoá học:**

- Thành phần cacbon  $\geq 1\%$ .  
- Thành phần nguyên tố hợp kim Cr < 1,65% và các nguyên tố hợp kim khác...  
- Tạp chất P, S phải rất nhỏ < 0,02% mỗi một nguyên tố, đây là đặc điểm quyết định đến chất lượng của viên bi.

Ví dụ các ký hiệu: OL100Cr, ...

**b. Đặc điểm nhiệt luyện**

Để đáp ứng được yêu cầu cơ tính thì đặc điểm nhiệt luyện: Tôi và Ram thấp.

**4.4. Phân ứng dụng:**

**4.4.1. Thông qua các ký hiệu thép đã cho để nhận biết loại thép (phân theo công dụng ở mức nhỏ nhất) và cách sử dụng chúng đạt hiệu quả cao: làm bài tập ứng dụng phần câu hỏi ôn tập cuối chương.**

**4.4.2. Chọn phương pháp nhiệt luyện và xác định loại thép chế tạo sản phẩm cơ khí có các yêu cầu sử dụng khác nhau:**

**1. Các sản phẩm cần độ cứng và tính chống mài mòn cao.**

Bao gồm các dụng cụ cơ khí thường (dao cắt Vc thấp, khuôn dập nguội, dụng cụ đo) các loại bi trong ổ lăn và một số chi tiết máy...

**a. Đặc điểm nhiệt luyện**

Tôi và Ram thấp nhận được tổ chức M<sub>r</sub> vẫn có HB và tính chống mài mòn cao sau khi tôi mà còn tránh được hư hỏng sau này.

**b. Chọn thép**

- Thép dụng cụ thường dùng để chế tạo các dụng cụ cơ khí thường bao gồm:  
Thép Cacbon : CD70...CD130A nên chế tạo các dụng cụ nguội có kích thước nhỏ, hình dáng đơn giản, dụng cụ tay cầm và dao cắt có tốc độ < 5m/phút.

Thép hợp kim : 90CrMnSi, 100CrWMn, 100CrMnSi chế tạo các loại dụng cụ hình dáng phức tạp, làm dao cắt có tốc độ cắt < 15m/phút

- Thép kết cấu dùng để chế tạo các chi tiết máy, không tham gia chuyển động nhưng bị cọ sát bề mặt. Ví dụ: Nồi xe đạp, ốc vít, bulông...

Nên dùng thép kết cấu có thành phần %C tương đối cao như thép lò xo: thép cacbon hoặc hợp kim C65,65Mn, 60Si2 ... hoặc thép hóa tốt C40, 40Cr...

- Thép ổ lăn để chế tạo các loại bi: OL100Cr, OL100Cr2.

## **2. Các sản phẩm cần tính đàn hồi tốt**

Thường là các chi tiết máy làm việc trong điều kiện cần tính đàn hồi: lò xo, nhíp, dây cót...

### **a. Đặc điểm nhiệt luyện**

Tôi và Ram trung bình nhận được tổ chức Troxít ram ( $T_r$ ) có tính đàn hồi tốt phù hợp với điều kiện làm việc của máy.

### **b. Chọn thép:** Thép kết cấu loại thép đàn hồi

Thép đàn hồi cacbon : C60, C65 ...

Thép đàn hồi hợp kim : 60Si2, 60Mn ... Nên chế tạo các chi tiết có kích thước lớn làm việc trong điều kiện chịu tải trọng trung bình hoặc cao.

### **3. Các sản phẩm cần cơ tính tổng hợp cao.**

Thường là các chi tiết máy làm việc trong điều kiện truyền chuyển động cần cơ tính tổng hợp. Ví dụ các loại trục làm việc không cần độ cứng bề mặt: trục vítme, trục moay-ơ, tay biên tay quay, thanh truyền.

### **a. Đặc điểm nhiệt luyện**

Tôi + Ram cao nhận được tổ chức xoc bit ram  $X_r$  có cơ tính tổng hợp tốt.

### **b. Chọn thép kết cấu loại thép hoá tốt**

+ Thép hoá tốt các bon: C40, C45...

+ Thép hoá tốt hợp kim: 40Cr, 40CrMnSi,...

## **4. Các chi tiết máy truyền chuyển động có ma sát lớn yêu cầu sử dụng cần cơ tính:**

- Bề mặt: có độ cứng và tính chống mài mòn cao ...

- Lõi: cần đảm bảo độ dai và đập cao.

+ Trường hợp 1: chịu lực lớn lõi cần có cơ tính tổng hợp cao.

+ Trường hợp 2: Chịu lực nhỏ lõi chỉ cần có độ dẻo, dai cao.

### **a. Chọn thép và đặc điểm nhiệt luyện (trường hợp 1)**

Thông thường các chi tiết máy làm việc trong điều kiện chịu mài mòn bề mặt và truyền chuyển động với tải trọng tĩnh lớn. Ví dụ: Trục khuỷu, bánh răng trục, con lăn ổ trượt, ổ lăn ... cho các động cơ lớn...

- Chọn thép kết cấu loại thép hoá tốt đặc điểm nhiệt luyện kèm theo:

Tôi + Ram cao + Tôi bề mặt + Ram thấp. Tổ chức sẽ nhận được bề mặt có  $M_r$  còn trong lõi có  $X_r$  đáp ứng được yêu cầu làm việc.

- Chọn thép thấm cacbon hợp kim: 18CrMnTi, 12Cr2NiA đặc điểm nhiệt luyện thấm các bon + tôi + ram thấp vì có độ thấm tôi cao nên độ bền của lõi cao có thể chịu được lực lớn do lõi đạt được cơ tính tổng hợp cao.

- Chú ý: Thép thấm cacbon đạt được độ cứng bề mặt cao hơn thép hoá tốt nên chọn chế tạo các chi tiết máy bị cọ sát bề mặt lớn hơn.

### **b. Chọn thép và đặc điểm nhiệt luyện (trường hợp 2)**

Thông thường các chi tiết máy làm việc trong điều kiện chịu mài mòn bề mặt và truyền chuyển động với tải trọng tĩnh không lớn: trục giữa xe đạp, trục khuỷu và bánh răng cho các động cơ nhỏ... các loại trục có lắp ổ trượt hoặc ổ lăn...

Nên chọn thép kết cấu: loại thép thấm các bon của thép cacbon hoặc thép hoá tốt các bon.

• Nếu là thép thấm cacbon thì bao gồm:

Thép cacbon : C15, C18, C20.

Đặc điểm nhiệt luyện kèm theo: Muốn đạt được độ cứng và tính chống mài mòn bề mặt còn lõi vẫn có độ dẻo dai cao thì trước khi tôi và ram thấp phải thấm cacbon.

Thấm Cacbon sau đó tôi và ram thấp.

Tổ chức sẽ nhận được bề mặt có Mr với %C hoà tan  $1 \div 1,2\%$ . Còn trong lõi có Mr với phần trăm C thấp hơn  $0,3\%$  vì độ thấm tôi thấp nên còn có các tổ chức khác nên lõi có độ bền thấp, độ dẻo dai cao.

- Nếu chọn thép hoá tốt các bon: C40, C45 ... thì để đạt được độ cứng và tính chống mài mòn bề mặt còn lõi có độ dẻo dai cao thì đặc điểm nhiệt luyện: Tôi bề mặt và Ram thấp để nhận được tổ chức bề mặt có Mr còn lõi  $P + \alpha$ .

Chú ý: Nếu hình dáng phức tạp hoặc kích thước lớn phải chọn sang thép hợp kim.

#### **5. Các loại dụng cụ cơ khí làm việc trong điều kiện đặc biệt:**

**a. Dụng cụ cắt có năng suất cắt cao:** (dao : máy tiện, bào, khoan... có  $V_c = 25-35\text{m/phút}$ ).

- Chọn thép gió: 90W90Cr4V2, 80W18Cr4V2...

- Đặc điểm nhiệt luyện: Tôi và Ram cao 3 lần nhận được Mr và cacbit hợp kim đạt được độ cứng, tính chống mài mòn cao, tính cứng nóng tốt ở nhiệt độ khoảng  $600^{\circ}\text{C}$ .

**b. Dụng cụ biến dạng kim loại ở trạng thái nóng,** ví dụ các loại khuôn dập nóng (khuôn rèn, khuôn chôn ép...)

- Chọn thép làm dụng cụ biến dạng nóng: 40Cr3W2V2Mo2, 30Cr4NiMo...

- Đặc điểm nhiệt luyện: tôi và ram trung bình (ram cao) nhận được cơ tính tổng hợp có độ bền nóng tốt, khả năng chịu mỗi nhiệt tốt ... để làm việc được.

#### **4.4.3. Chú ý khi lựa chọn thép để chế tạo sản phẩm cơ khí:**

- Căn cứ vào sản phẩm để chọn loại thép.

- Căn cứ vào điều kiện làm việc cụ thể của sản phẩm cơ khí, từ đó xác định yêu cầu cơ tính chung của loại sản phẩm đó.

- Chọn phương pháp nhiệt luyện kết thúc để đạt được yêu cầu cơ tính trên.

- Lập được quy trình nhiệt luyện để biết được tổ chức nhận được loại thép đó.

- Căn cứ cơ tính của tổ chức nhận được để quyết định chọn ký hiệu thép cụ thể đạt được hiệu quả cao.

- Cách phân loại thép theo công dụng ở lý thuyết phần trên chỉ là tương đối, trong thực tế khi lựa chọn sử dụng cần căn cứ vào các chú ý nêu ở trên để đạt hiệu quả cao về chất lượng và giá thành.

Ví dụ: Thép ổ lăn ở một số nhà máy còn dùng làm trục cán nguội, tarô, bàn ren, dụng cụ đo. Đối với ổ đĩa rất lớn (đường kính ổ  $0,5 \div 2\text{m}$ ) dùng thép thấm cacbon loại tốt 20Cr2Ni4A; các ổ lăn làm việc trong môi trường ăn mòn dùng loại thép 90Cr18.

Các loại dụng cụ cầm tay như cưa lê, mỏ lết thường dùng thép hoá tốt hoặc đàn hồi C45, C60 ...

Các khuôn dập nguội làm việc với tốc độ cao có kích thước lớn, chịu tải nặng, độ chính xác gia công cao. Vì vậy cần đến tính chống mài mòn rất cao và độ thấm tôi lớn nên dùng ký hiệu 210Cr12. Ngược lại để chế tạo khuôn dùng để dập vật liệu mềm như hợp kim màu lại dùng các ký hiệu 40CrSi, 60CrSi.

Cần phân biệt thép khuôn dập nóng và thép hóa tốt hợp kim theo TCVN khi có mặt 3 nguyên tố hợp kim  $\approx 3\%$ . Nếu trong ký hiệu có các nguyên tố đắt hiếm như Ni, Cr và nguyên tố tạo Cacbit mạnh Mo hoặc W, tổng lượng 3% nguyên tố để tạo khả năng chịu nhiệt cho thép, có thể xác định là ký hiệu của thép làm khuôn rèn( thuộc khuôn dập nóng) không phải thép hóa tốt hợp kim...

Ví dụ 50CrNiW, 50CrNiMo, 40CrNiSi, 40CrNiMn...

Trong 4 ký hiệu trên:, 2 ký hiệu đầu của thép khuôn dập nóng, 2 ký hiệu sau của thép hóa tốt.

Sự phân biệt ký hiệu (mác ) các nhóm thép này đối với các nước đều có tiêu chuẩn riêng, khi sử dụng không bị lẫn( xem thêm phụ lục ký hiệu các nước.

- Đối với các sản phẩm hình dáng phức tạp truyền chuyển động dễ biến dạng khi nhiệt luyện và cần độ chính xác cao. Ngoài việc chọn thép, chọn chế độ nhiệt luyện thì trong công nghệ gia công vật liệu có sự thay đổi sau:

+Tôi và Ram cao có cơ tính thích hợp với gia công cắt đạt độ bóng bề mặt cao vì vậy đem gia công cắt tinh. Muốn có độ cứng bề mặt cao khi chịu cọ sát bề mặt thì tiếp tục tôi bề mặt và ram thấp.

+Hiện nay một số cơ sở trong nước đã có thiết bị chế tạo khuôn bằng tia lửa điện, cho nên có thể tiến hành nhiệt luyện trước cả khối, sau đó dùng tia lửa điện để gia công lòng khuôn.

#### **4.4.4. Cách tra bảng trong sổ tay nhiệt luyện**

Khi xác định ký hiệu thép để chế tạo, tiến hành tra cứu sổ tay nhiệt luyện tìm các thông số nhiệt độ tôi và môi trường nguội. Đặc biệt nhiệt độ ram để đạt được cơ tính mong muốn (độ cứng, độ bền, độ dẻo, độ dai).

***Ví dụ chọn thép và nhiệt luyện*** cho chi tiết máy truyền chuyển động có ma sát lớn  
(Bảng răng).

Các loại bánh răng khi tham gia truyền chuyển động trong các kết cấu máy, tùy theo vị trí nhiệm vụ của nó ở trong một cỗ máy hoặc các máy móc khác nhau mà có các vận tốc và chịu tải khác nhau nên yêu cầu cơ tính độ cứng tính chống ăn mòn bề mặt và độ bền trong lõi phải khác nhau. Để có kiến thức cụ thể và chứng minh những lý thuyết cơ bản trình bày trong chương trình cũng như phần ứng dụng này, chúng ta cần tham khảo số liệu tra cứu trong sổ tay nhiệt luyện của các loại thép hoá tốt C45 (45), 40 CrNi (40XH) và thép thấm cacbon C20 (20), 18CrMnTi (18 X Γ Γ), (các ký hiệu trong ngoặc của Nga là các mác thép theo tiêu chuẩn ΓOCT) có thể chế tạo bánh răng. Để so sánh và rút ra cách lựa chọn vật liệu đạt hiệu quả cao cho các chi tiết máy điển hình là bánh răng.

Bảng phương pháp lập bảng có các kết quả từ sổ tay tra cứu nhiệt luyện trong các trường hợp lựa chọn sau:( Xem bảng nhiệt luyện và cơ tính của các loại thép chế tạo các loại bánh răng )

### ***Câu hỏi ôn tập***

1. Định nghĩa thép các bon và thép hợp kim
2. Nêu ảnh hưởng của cacbon và tạp chất đến tính chất của thép.
3. Nêu ảnh hưởng cơ bản của nguyên tố hợp kim đến tính chất của thép hợp kim.
4. Ký hiệu thép theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1765 – 75.
5. Có bao nhiêu loại thép được phân loại theo công dụng phân nhóm nhỏ nhất để từ đó biết được công dụng, yêu cầu cơ tính và đặc điểm nhiệt luyện. Căn cứ vào kiến thức nào để nhận biết ký hiệu thép của chúng.

6. Bài tập ứng dụng:

Cho các ký hiệu vật liệu thép: C40, CT38, 80W18Cr4V, CD100, CT33s, C60, CD120A, 90CrMnSi, 60Si2, 12Cr2NiA, 40Cr2NiWSi, 40CrNi, CD70, 65Mn, 100CrNi, OL100Cr ...

***Yêu cầu:***

- a. Phân tích ký hiệu

b. Hãy gọi tên phân nhóm nhỏ nhất theo công dụng của các ký hiệu trên. Từ đó nêu công dụng và đặc điểm nhiệt luyện kèm theo (nếu có).

c. Tìm một sản phẩm cơ khí làm bằng thép, sau đó chọn một loại thép có ký hiệu trên để chế tạo và chọn phương pháp nhiệt luyện. Giải thích các phương án đã chọn là tối ưu.

Hướng dẫn làm bài tập.

**Yêu cầu a: Dùng lý thuyết các tiêu chuẩn ký hiệu thép TCVN để phân tích ký hiệu**

Yêu cầu b: Căn cứ vào lý thuyết đặc điểm thành phần hóa học (thành phần các bon và tổng lượng nguyên tố hợp kim có trong ký hiệu thép) để xác định ký hiệu thuộc nhóm (loại nào), từ đó nêu công dụng chung của nhóm và đặc điểm nhiệt luyện kèm theo (có trong lý thuyết). Có thể cho một vài ví dụ về sản phẩm làm bằng loại thép đó. Ví dụ sau khi phân tích ký hiệu 40CrNi có %C=0,4%, tổng lượng NTHK=2% ( $\Sigma Me=2\%$ ), căn cứ đặc điểm thành phần hóa học của thép kết cấu hóa tốt hợp kim (định nghĩa và công dụng thép hóa tốt trang 75) có %C=0,3% và  $\Sigma Me=2\%$  xác định ký hiệu 40CrNi thuộc nhóm thép này. Vì vậy công dụng của nó dùng để chế tạo các chi tiết máy chịu tải trọng và va đập cao:

- Nếu sử dụng chế tạo các chi tiết máy chịu cả tải trọng động và tải trọng tĩnh lớn không hoặc ít bị cọ sát bề mặt yêu cầu cơ tính tổng hợp cao (ví dụ các trục lắp ổ lăn, tay biên, trục treo...) đặc điểm nhiệt luyện kèm theo là tôi + ram cao.

- Các trường hợp sử dụng khác (xem lý thuyết trang 75) để tìm đặc điểm nhiệt luyện.

Yêu cầu c: Tìm bất kỳ một chi tiết máy trong các máy công cụ, máy vận chuyển (Xe đạp, xe máy, ô tô...) hoặc là các loại dụng cụ cơ khí (dũa, đục, dao tiện, khuôn dập...) làm bằng thép cho phù hợp với một trong các ký hiệu trên và đặt điều kiện làm việc của nó để xác định yêu cầu cơ tính. Từ đó chọn các phương pháp nhiệt luyện để đáp ứng yêu cầu làm việc trên.

Chú ý:

Để giải thích các phương án đã chọn là tối ưu thì cần phải giải thích các vấn đề sau:

Nêu rõ lý do chọn ký hiệu vật liệu đó mà không chọn ký hiệu vật liệu khác.

Lý do chọn phương pháp nhiệt luyện để nhận được tổ chức có cơ tính mong muốn để đáp ứng yêu cầu làm việc của sản phẩm đã chọn.

## CHƯƠNG 5

### GANG

#### NỘI DUNG

##### 5.1. Khái niệm

##### 5.1.1. Định nghĩa các loại gang

Chia làm 2 nhóm:

##### 1. Gang trắng:

Là hợp kim Fe-C trong đó cacbon có thành phần lớn hơn 2,14% và các tạp chất Mn, Si, P, S (do điều kiện luyện kim). Tổ chức của gang tương ứng với giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C (tất cả C liên kết với Fe để tạo Fe<sub>3</sub>C).

Nhóm gang trắng về mặt tổ chức chia làm 3 loại (chương II).

- Gang trắng trước cùng tinh %C < 4,3%.
- Gang trắng cùng tinh %C = 4,3%.
- Gang trắng sau cùng tinh %C < 4,3%.

## **2. Gang Grafit**

Là hợp kim Fe-C trong đó cacbon có thành phần lớn hơn 2,14% và các tạp chất Mn, Si, P, S (do điều kiện luyện kim). Tổ chức của gang phần lớn các bon ở dạng tự do Grafit, rất ít hoặc là không có Fe<sub>3</sub>C.

**Nhóm gang Grafit về mặt tổ chức cũng chia làm 3 loại ( Xem ảnh 6,7,8 tổ chức tế vi phần phụ lục):**dựa vào hình dạng Grafit (Gr) trong gang ta có:

- Gang xám: Gr dạng tấm là dạng tự nhiên của gang Grafit.
- Gang cầu: Gr dạng cầu là dạng đã được cầu hoá khi đúc.
- Gang dẻo: Gr dạng cụm bông đã được ủ " Grafit hoá" từ gang trắng.

### **Chú ý:**

- Các bon ở dạng tự do Grafit là một pha có kiểu mạng tinh thể lục giác xếp lớp do vậy cơ tính của nó có độ cứng rất thấp, rất giòn, độ bền rất thấp. Vì vậy người ta coi Grafit trong gang như những vết rỗng hoặc vết nứt.

- Nền cơ bản của gang là các tổ chức tương đương với tổ chức thép:  $\alpha$ ,  $\alpha + P$ , P

## **5.1.2. Cơ tính, tính công nghệ và công dụng các loại gang:**

### **1. Gang trắng**

Căn cứ vào tổ chức gang trắng (nhiều pha Fe<sub>3</sub>C) nên ta biết cơ tính của nó rất cứng và giòn. Vì vậy gang trắng không gia công cắt gọt được do đó nó ít được dùng trong ngành cơ khí, nếu dùng chỉ dùng trong trường hợp đúc ra sản phẩm và đem sử dụng ngay (không qua gia công cắt gọt). Ví dụ: Lưỡi mép cày hoặc lô nghiền đá hoặc cán kim loại.

Phần lớn gang trắng dùng để luyện thành thép, phần còn lại dùng để ủ gang dẻo.

### **2. Gang Grafit**

Căn cứ vào tổ chức gang Grafit do có Grafit là pha rất mềm nhưng rất giòn, đặc biệt độ bền rất thấp nên Gr trong gang người ta coi như vết rỗng và nứt, tuy vậy nó làm cho gang rất giòn và mềm nên dễ gia công cắt gọt. Hơn nữa tính đúc rất tốt vì thể gang Grafit được dùng rộng rãi trong ngành cơ khí.

5.2. Các loại gang dùng trong ngành cơ khí.

Nhóm gang Grafit được dùng chủ yếu trong ngành cơ khí. Vậy các loại gang dùng trong cơ khí là các loại gang Grafit: Gang xám, gang cầu, gang dẻo.

### **5.2.1. Gang xám**

#### **1. Ký hiệu**

Theo TCVN 1659 – 75 bằng hệ thống chữ và số:

Chữ GX kèm theo hai số lần lượt chỉ độ bền kéo và độ bền uốn tính bằng KG/mm<sup>2</sup>.

Ví dụ: GX18-36: Gang xám có  $\sigma_{bk} = 18 \text{ KG/mm}^2$ ,  $\sigma_{bu} = 36 \text{ KG/mm}^2$ .

GX21-40: Gang xám có  $\sigma_{bk} = 21 \text{ KG/mm}^2$ ,  $\sigma_{bu} = 40 \text{ KG/mm}^2$ .

#### **2. Định nghĩa và cách chế tạo**

##### **a. Định nghĩa:**

Là loại gang Grafit có Grafit hình dạng là hình tấm (dạng tự nhiên có được sau khi đúc gang Grafit).

##### **b. Cách chế tạo (\*):**



Khi có điều kiện bên trong (thành phần hoá học) và điều kiện bên ngoài (tốc độ làm nguội...) trong quá trình nấu luyện gang Grafit thì sau khi đúc ra sản phẩm sẽ nhận được gang Grafit có hình dáng tự nhiên là dạng tấm và mặt gãy có màu xám (màu của Grafit nền) thì gọi là gang xám.

(\*) Khi đúc gang người ta dựa vào các yếu tố bên trong và yếu tố bên ngoài để có thể tạo ra gang trắng hoặc gang Grafit mặc dù đặc điểm thành phần hoá học cơ bản giống nhau nhưng thực tế thành phần hoá học cụ thể trong gang khác nhau sẽ tạo ra các loại gang có tổ chức khác hẳn nhau nếu trong gang có %C và %Si càng nhiều (khoảng 3%C và 1,5%Si) và %Mn và %S càng ít càng dễ tạo ra gang Grafit. Ngoài ra khi làm nguội vật đúc cũng ảnh hưởng đến sự tạo thành gang, nếu nguội càng chậm càng dễ tạo thành gang Grafit, nguội nhanh dễ tạo ra gang trắng.

### **3. Tính chất (chủ yếu cơ tính)**

Do Grafit là dạng tấm nên tác hại của Grafit trong gang càng lớn đặc biệt là độ bền kéo, khi chịu lực kéo đầu nhọn của các tấm là nơi tập trung ứng suất rất lớn dễ gây ra phá huỷ giòn gang. Vì thế độ bền kéo gang rất thấp  $\approx 1/4 \div 1/2 \sigma_{bk}$  của thép. Cũng do Grafit dạng tấm làm độ dẻo của gang rất kém cụ thể độ giãn dài tương đối  $\delta \approx 0,5\%$ . Gang xám có độ bền nén cao nhất.

### **4. Công dụng**

Gang xám là vật liệu gang được dùng nhiều nhất trong ngành cơ khí, mặc dù cơ tính kém nhất nhưng do dễ chế tạo và giá thành rẻ. Tuy vậy khi chọn sản phẩm chế tạo bằng vật liệu gang xám phải căn cứ vào cơ tính của nó để thoả mãn 3 điều kiện sử dụng sau:

- Làm việc trong điều kiện ít chịu kéo.
- Làm việc trong điều kiện ít chịu va đập.
- Làm việc trong điều kiện chịu nén.

**Ví dụ:** Các bệ và thân máy, các loại ống dẫn chịu tác dụng ...

### **Chú ý:**

- Trong gang xám cũng có những mức độ cơ tính khác nhau do tổ chức của nó có số lượng Grafit khác nhau tạo ra các nền cơ bản của gang: Ferit, Ferit-Peclit, Peclit (cơ tính tăng dần do lượng Grafit trong gang giảm dần) nên khi sử dụng cũng khác nhau.

- Tổ chức trên này cũng có tương tự trong gang cầu và gang dẻo.
- Cơ tính các tổ chức gang sẽ cao hơn nếu hạt tinh thể khi đúc nhỏ mịn và được nhiệt luyện làm tăng cơ tính của nền cơ bản.

### **5.2.2. Gang cầu:**

#### **1. Ký hiệu**

Theo TCVN-1659-75 bằng hệ thống chữ và số:

Chữ: GC kèm theo 2 số lần lượt chỉ độ bền kéo tính bằng KG/mm<sup>2</sup>, độ giãn dài tương đối tính bằng %.

#### **Ví dụ:**

GC 45-5: Gang cầu có  $\sigma_{bk} = 45 \text{ KG/mm}^2$ ,  $\delta = 5\%$ .

#### **2. Định nghĩa và cách chế tạo**

**Định nghĩa:** Là loại gang Grafit trong đó có hình dạng Grafit là hình cầu (dạng thu gọn nhất).

**Cách chế tạo:** Khi đúc gang Grafit phải có điều kiện đặc biệt là cho thêm chất biến tính, ví dụ Mg với hàm lượng rất nhỏ trong phạm vi hẹp (0,04 ÷ 0,08%) có trong gang lỏng để cầu hoá gang ( $G_t \rightarrow G_{cầu}$ ), nếu ít hơn thì không đủ sức cầu hoá, nếu nhiều quá thì làm gang hoá trắng. Tính toán lượng chất biến tính đưa vào gang lỏng rất khó vì Mg bị tổn hao lớn do thăng hoa, bay hơi phản ứng mãnh liệt với oxy và lưu huỳnh; phần còn lại mới đi vào gang sao cho đúng giới hạn thành phần quy định.

### **3. Tính chất (cơ tính)**

Do Grafit ở dạng hình cầu là dạng thu gọn nhất nên làm giảm mạnh tác hại cơ tính của Grafit trong gang. Đặc biệt là khi chịu kéo ứng suất được dàn đều lên diện tích bề mặt cầu nên tác hại Grafit không đáng kể. Vì thế gang cầu có độ bền kéo cao nhất trong các loại gang và gần bằng độ bền kéo cao nhất trong các loại gang và gần bằng độ bền kéo của các loại thép cacbon thông thường (C20 ÷ C45).

Cũng do Grafit ở dạng cầu thu gọn nhất nên độ dẻo và độ dai khá cao, cụ thể  $\delta = 5\div 15\%$ ,  $a_k = 300 \div 600 \text{ KJ/m}^2$  (cao hơn gang xám rất nhiều và kém thép một chút) đảm bảo cho gang ít có khả năng bị phá hủy giòn.

### **4. Công dụng**

Gang cầu ít sử dụng hơn gang xám mặc dù cơ tính tổng hợp khá cao do khó chế tạo (thợ phải có kinh nghiệm). Vì vậy, khi chế tạo sản phẩm làm bằng gang cầu phải căn cứ vào tính công nghệ và cơ tính của nó sao cho thỏa mãn 3 điều kiện sử dụng sau:

- Làm việc trong điều kiện chịu kéo.
- Làm việc trong điều kiện chịu va đập.
- Phải có hình dáng sản phẩm phức tạp (lợi dụng tính đúc tốt của gang).

Thường gang cầu thay cho thép khi hình dáng của sản phẩm phức tạp, đặc biệt nhất là trục khuỷu của các động cơ nhẹ. Do đó giảm được hao phí nguyên vật liệu mà vẫn đảm bảo được cơ tính làm việc.

#### **5.2.3. Gang dẻo:**

##### **1. Ký hiệu**

Theo TCVN-1659-75 bằng hệ thống chữ và số:

Chữ: GZ kèm theo 2 số lần lượt chỉ độ bền kéo tính bằng  $\text{KG/mm}^2$ , độ giãn dài tương đối tính bằng %.

Ví dụ: GZ 45-6: Gang dẻo có  $\sigma_{bk} = 45 \text{ KG/mm}^2$ ,  $\delta = 6\%$ .

##### **2. Định nghĩa và cách chế tạo**

**Định nghĩa:** Là loại gang Grafit trong đó có hình dạng Grafit là cụm bông hoặc đang hoa tuyết ( $G_{c\text{um}}$ ).

**Cách chế tạo:** Đúc sản phẩm thành gang trắng hoàn toàn (Toàn bộ thể tích phải là gang trắng) sau đó đem đi ủ Grafit hoá (ủ để tách cacbon Grafit ra khỏi  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) theo chế độ qui định sẽ nhận được ( $G_{c\text{um}}$ ).

##### **3. Tính chất (cơ tính)**

Do Grafit là dạng cụm bông tương đối thu gọn, đồng thời lượng Grafit trong gang dẻo ít hơn các loại gang trên nên cơ tính của gang dẻo đạt được độ bền kéo tương đối cao (thấp hơn gang cầu nhưng cao hơn nhiều so với gang xám), đặc biệt là độ dẻo độ dai cao.

##### **4. Công dụng**

Gang dẻo ít sử dụng hơn gang xám mặc dù cơ tính tổng hợp cao nhưng giá thành cao do ủ Grafit với thời gian dài và chế tạo phức tạp vì thế nó chỉ chế tạo các sản phẩm thỏa mãn 3 điều kiện sử dụng sau:

- Chịu va đập và chịu kéo.
- Hình dáng phức tạp (lợi dụng tính đúc tốt của gang).
- Tiết diện thành vật đúc mỏng (thường là 20-30mm, dày nhất là 40 – 50mm) để đảm bảo chất lượng chế tạo.

Ví dụ: Làm các chi tiết trong ô tô như: trục khuỷu (bơm dầu khí), guốc phanh máy dẹt...

Nếu thiếu một trong ba điều kiện trên thì chế tạo bằng vật liệu khác. Tùy điều kiện cụ thể thay bằng thép, gang cầu, gang xám...

Bài đọc thêm công dụng các mác ngay dùng trong cơ khí ở các nước:

**1. Các mác gang được tiêu chuẩn hoá ký hiệu thép các nước:**

- Nga: ГОСТ1411-85 gồm hai chữ C (gang xám) B (gang cầu) K (gang dẻo kèm theo nhóm số chỉ độ bền kéo tối thiểu, nếu có nhóm số thứ hai (gang cầu, gang dẻo) chỉ độ giãn dài tương đối  $\delta$  (độ dẻo).

- Nhật: JIS gồm các chữ FC (gang xám), FCD (gang cầu) FCMB (gang dẻo) kèm theo số chỉ độ bền kéo tối thiểu tính bằng MPa. VD: FC100.

- Mỹ: SAE gồm các chữ G (gang xám) D (gang cầu) M (gang dẻo). Nếu kèm theo 4 số (gang cầu và gang dẻo), hai số đầu chỉ độ bền kéo tối thiểu tính bằng đơn vị kSi, hai số sau chỉ  $\delta$  theo (%). Còn đối với gang xám số kèm theo chỉ độ bền kéo đơn vị 10pSi.

Ví dụ: G3000 ( $\sigma_b = 30\text{kSi}$ ), D4018 ( $\sigma_b = 40\text{ kSi}$ ,  $\delta = 18\%$ ), M3210 ( $\sigma_b = 32\text{kSi}$ ,  $\delta = 10\%$ ).

**2. Công dụng các mác gang: ( Tiêu chuẩnГОСТ)**

+ Gang xám:

- Cì10, Cì15: làm vỏ, nắp không chịu lực.

- Cì25, Cì20: làm chi tiết chịu tải trọng nhẹ như vỏ hộp giảm tốc, thân máy, bích, ống nước, máng trượt, xilanh.

Đặc biệt nếu thay đổi công nghệ bằng cách dùng chất biến tính làm nhỏ hạt tinh thể và được nhiệt luyện sẽ đạt được độ bền, độ dẻo và độ dai tốt là các mác gang sau:

- Cì30... làm chi tiết chịu tải tương đối cao như bánh răng bị động có tốc độ chậm bánh đà, sơ mi, séc măng, thân máy quan trọng.

- Cì35... làm các chi tiết máy chịu tải cao chịu mài mòn như bánh răng chữ V, trục chính, vỏ bơm thuỷ lực.

+ Gang cầu:

Bi50 làm các chi tiết máy thông thường thay cho thép nói chung làm ống nước.

Bi60 làm trục khuỷu, trục cán thay cho thép 45 (cổ trục khuỷu tôi bề mặt).

Bi70, Bi80 đã được tôi đẳng nhiệt làm các chi tiết máy quan trọng.

**5.3. Bài tập ứng dụng:**

Cho các ký hiệu gang sau: GX18-36, GC60-10, GZ45-5...

**Yêu cầu:**

1. Phân tích ký hiệu trên.
2. Phân loại gang, sau nêu công dụng cơ bản của chúng.
3. Tìm 1 sản phẩm cơ khí được chế tạo bằng vật liệu gang có ký hiệu trên. Sau đó chứng minh việc lựa chọn vật liệu trên là tối ưu.
4. Nếu sản phẩm có hình dáng đơn giản làm việc trong điều kiện chịu kéo, chịu va đập. Ví dụ: trục trơn nên chọn loại vật liệu nào tối ưu?

**Câu hỏi ôn tập**

1. Định nghĩa gang trắng, gang Grafit.
2. Hãy phân biệt các loại gang dùng trong cơ khí gang xám, gang cầu, gang dẻo: tổ chức gang, cơ tính, ký hiệu, công dụng.
3. Làm lại bài tập ứng dụng.

## CHƯƠNG 6

### HỢP KIM CỨNG VÀ HỢP KIM MÀU

#### NỘI DUNG

## **6.1. HỢP KIM CỨNG**

### **6.1.1. Khái niệm:**

#### **1. Định nghĩa:**

Hợp kim cứng là hợp kim được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột mà thành phần chủ yếu của nó là những các-bít Vonfram WC, các-bít Titan TIC hoặc các-bít khác ở dạng hạt rất nhỏ được dính kết với nhau bằng nguyên tố Coban.

#### **2. Tính chất:**

Căn cứ định nghĩa biết được cấu tạo chủ yếu của hợp kim cứng là những các-bít mạnh. Do đó ngay sau khi chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột nó đã có tính chất sau:

- Tính cứng nóng cao  $800 \div 1000^{\circ}\text{C}$ .
- Độ cứng rất cao  $70 \div 75 \text{ HRC}$  ( $82 \div 90 \text{ HRA}$ )
- Tính chống mài mòn rất tốt.
- Rất giòn.

Chú ý: Các tính chất này còn phụ thuộc vào các loại các-bít theo thứ tự WC, TiC... có độ cứng, tính chống mài mòn, tính cứng nóng tăng dần.

#### **3. Công dụng:**

Nhờ tính chất trên của hợp kim cứng vì vậy nó là vật liệu chủ yếu dùng để chế tạo lưỡi dao cắt có tốc độ cắt rất cao, hàng trăm m/phút, nhiệt độ làm việc của dao đạt đến  $800 \div 1000^{\circ}\text{C}$ .

#### **Chú ý:**

- Hiệu quả sử dụng hợp kim cứng trong cắt gọt cao hơn hẳn thép gió có thể gấp 10 lần nhưng không thể thay thế hoàn toàn được thép gió vì hợp kim cứng giòn hơn và không thể chế tạo các loại lưỡi dao có hình dáng phức tạp, thường để chế tạo các loại dao 1 lưỡi, điển hình là dao tiện.

- Hiện nay hợp kim cứng đang được sử dụng rộng rãi. Ngoài làm dao cắt còn làm các khuôn kéo sợi, khuôn dập và chi tiết máy nhưng khi chọn các hợp kim cứng cho các sản phẩm này, cần lưu ý thành phần cấu tạo của nó quyết định đến cơ tính cụ thể:

Thành phần Co càng lớn ký hiệu (mác) hợp kim đó sẽ dẻo dai hơn nên chịu va đập tốt hơn. Loại các-bít trong ký hiệu có cùng thành phần Co, nếu chứa nhiều WC thì có độ bền tốt hơn do dẻo, dai hơn nhưng độ cứng và tính cứng nóng kém hơn. Ngoài ra các cỡ hạt tinh thể trong hợp kim cứng càng nhỏ mịn thì độ bền cũng tốt hơn do độ dai va đập cao hơn mà không ảnh hưởng đến độ cứng và tính cứng nóng.

### **6.1.2. Phân loại, ký hiệu, công dụng các loại hợp kim cứng thường dùng**

Hợp kim cứng được chia ra nhiều nhóm, trong đó có 2 nhóm thường dùng ký hiệu sau:

#### **1. Nhóm hợp kim cứng loại một các-bít Vonfram WC:**

Là hợp kim cứng có thành phần chủ yếu là các-bít WC nhỏ mịn được dính kết bằng nguyên tố Coban Co, có tính cứng nóng  $\approx 800^{\circ}\text{C}$ .

Theo tiêu chuẩn Nga được ký hiệu bằng chữ BK và số đằng sau chỉ phần trăm nguyên tố Co. Ví dụ : BK2 (2% Co, còn lại 98%WC).

Theo tiêu chuẩn TCVN được ký hiệu bằng ký hiệu hoá học WC Co kèm theo số chỉ % Co. Ví dụ: WC Co 8  $\approx$  BK 8.

Nhóm này chủ yếu được dùng làm lưỡi dao cắt tốc độ cao cho các vật liệu dễ cắt như gang Grafit, hợp kim màu, thép có thành phần cacbon trung bình. Ngoài ra, còn căn cứ vào điều kiện cắt để chọn các ký hiệu dao cho thích hợp, cụ thể nếu cắt thô thì chọn những ký hiệu hợp kim cứng có nhiều nguyên tố Co, còn nếu cắt tinh thì ngược lại.

#### **2. Nhóm loại hai các-bít Vonfram WC và các-bít Titan TiC:**

Là hợp kim cứng có thành phần chủ yếu là WC và TiC dạng hạt nhỏ mịn dính kết bằng nguyên tố Co, có tính cứng nóng khoảng  $900 \div 1000^{\circ}\text{C}$ .

Ký hiệu theo tiêu chuẩn Nga bằng hai chữ TK và số ở sau mỗi chữ chỉ lần lượt phần trăm cacbit TiC và phần trăm nguyên tố Co. Ví dụ : T15K6 (15% TiC và 6% Co, còn lại 79%WC).

Theo tiêu chuẩn TCVN được ký hiệu bằng ký hiệu hoá học WC TiC (số chỉ % TiC) Co (số chỉ % Co). Ví dụ: WC TiC 15 K 6  $\approx$  T15 K 6.

Công dụng của nhóm loại hai các bít thì chủ yếu dùng để chế tạo lưỡi dao cắt tốc độ cao cho các loại vật liệu khó cắt như thép có thành phần cacbon quá thấp hoặc quá cao... Ngoài ra, còn căn cứ vào điều kiện cắt để chọn ký hiệu dao cho thích hợp, cụ thể khi cắt thô nên chọn các ký hiệu có ít các bít TiC, còn khi cắt tinh thì ngược lại.

### **3. Giới thiệu nhóm hợp kim cứng loại ba các bít**

Là hợp kim cứng có ba loại các-bít: TaC, TiC, WC được ký hiệu theo tiêu chuẩn Nga GOCT: bằng các chữ TTK kèm theo số sau chữ TT chỉ phần trăm của TiC + TaC và sau chữ k chỉ phần trăm của Co.

Ví dụ: TT10K8: 10% (TiC + TaC) 8% Co.

Theo tiêu chuẩn TCVN được ký hiệu bằng ký hiệu hoá học WC TiC (số chỉ % TiC) TaC (số chỉ % TaC) Co (số chỉ % Co). Ví dụ: WCTiC4TaC3Co12  $\approx$  TT7K12.

Công dụng loại này do chịu được va đập hơn (có TaC) các loại trên nên thường dùng làm lưỡi dao để gia công phá các thỏi đúc.

## **6.2. Nhôm và hợp kim nhôm**

### **6.2.1. Nhôm nguyên chất:**

#### **1. Tính chất:**

- Nhôm là kim loại chỉ có một dạng thù hình cấu tạo là kiểu mạng lập phương tâm mặt với thông số mạng  $a = 4,04\text{Å}^0$ .

- Có trọng lượng riêng nhỏ  $\gamma = 2,7 \text{ g/cm}^3$ .

- Nhiệt độ nóng chảy thấp,  $T_{nc} = 657^{\circ}\text{C}$  nhưng tính đúc kém vì nhôm có độ co ngót lớn.

- Cơ tính thấp  $\sigma_b = 60\text{KG/mm}^2$ .  $\text{HB} = 25$ ,  $\delta = 40\%$ , do đó rất dễ biến dạng. Tính gia công cắt thấp.

- Tính chống ăn mòn cao vì có màng oxit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  xít chặt bảo vệ.

- Tính dẫn nhiệt và tính dẫn điện tốt, đặc biệt hệ số giãn nở nhiệt nhỏ.

#### **2. Ký hiệu:**

Nhôm nguyên chất được ký hiệu theo TCVN 1695-75

Là Al và chỉ số sau biểu thị cấp loại theo độ sạch của Al.

Al 1A nhôm có chứa 99,99% Al

Al 2A nhôm có chứa 99,95% Al

Al 3A nhôm có chứa 99,90% Al

A: Ký hiệu độ sạch cao.

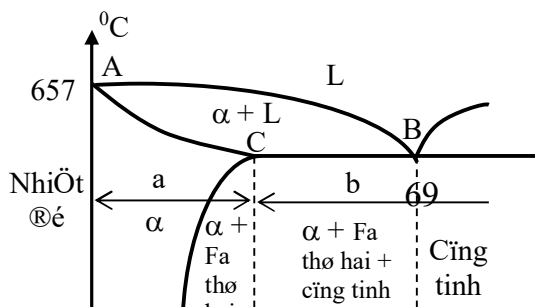
### **6.2.2. Hợp kim nhôm:**

Theo công nghệ chế tạo người ta chia hợp kim thành hai nhóm:

- Hợp kim nhôm biến dạng.

- Hợp kim nhôm đúc.

Sự phân chia này được biểu thị trên giản đồ trạng thái Al – NTHK.



a : Hợp kim nhôm biến dạng

b: Hợp kim nhôm đúc

## Al

Các hợp kim nhôm được sử dụng nhiều và đa dạng nhưng trong phạm vi giáo trình này chúng ta chỉ giới thiệu 2 nhóm điển hình.

### **1. Đura:**

Là hợp kim nhôm biến dạng điển hình được dùng rộng rãi trong kỹ thuật hàng không.

#### **a. Thành phần – tính chất:**

##### **\* Thành phần:**

Là hợp kim chủ yếu của 3 nguyên tố Al – Cu – Mg với lượng Cu  $\leq 5\%$ , Mg  $\leq 2\%$ . Ngoài ra, trong thành phần còn có Fe, Si, Mn. Mg có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả nhiệt luyện của hợp kim.

##### **\* Tính chất:**

- Nói chung Đura có độ bền khá cao, nhất là sau khi nhiệt luyện,  $\sigma_b = 42 \div 47$  KG/mm<sup>2</sup>.

- Do có độ bền tương đối tốt và trọng lượng riêng nhỏ ( $\gamma = 2,8$  g/cm<sup>3</sup>) nên Đura có độ bền riêng rất lớn. Độ bền riêng được xác định dựa vào tỷ số:  $\sigma_b / \gamma$ , độ bền riêng của Đura là  $15 \div 16$ ; trong khi đó thép CT 51 là  $6,0 \div 6,5$  còn gang là  $1,5 \div 6$ .

- Nhược điểm cơ bản của Đura là tính chống ăn mòn kém (thường khắc phục bằng phủ nhôm nguyên chất).

#### **b. Ký hiệu – công dụng:**

##### **\* Ký hiệu:**

TCVN 1659 – 75 ký hiệu hợp kim bởi hệ thống chữ và số:

Các chữ là ký hiệu hoá học của các nguyên tố có trong thành phần hợp kim.

Các số sau nguyên tố chỉ lượng nguyên tố đó tính theo phần trăm (còn lại số phần trăm của Al).

Ví dụ: Al Cu 4 Mg là hợp kim Đura có 4% Cu, 1% Mg, 95% Al.

##### **\* Công dụng:**

Do có độ bền, nhất là có độ bền riêng cao ( $\sigma_b / \gamma$ ) nên Đura được sử dụng làm các sản phẩm phổ biến trong ngành hàng không (kết cấu máy bay, tàu vũ trụ...), giao thông vận tải (dầm chịu lực xe tải, sườn tàu biển...), dụng cụ thể thao và xây dựng...

Chú ý: Có thể nhiệt luyện được để làm tăng cơ tính của sản phẩm.

### **2. Silumin:**

Là hợp kim nhôm đúc được sử dụng rộng rãi nhất. Nó là hợp kim được tạo nên trên cơ sở hệ hợp kim Al – Si. Ngoài ra trong thành phần của hợp kim còn có thể có các nguyên tố như Mg, Mn, Cu, Zn...

Theo thành phần, người ta chia Silumin thành 2 nhóm:

#### **a. Silumin đơn giản:**

Silumin đơn giản là Silumin mà trong thành phần chỉ có Al và Silic.

VD: Ký hiệu Al Si 13 (13% Si, còn lại 87% Al). Silumin đơn giản có tính đúc tốt nhưng cơ tính thấp nên được dùng để đúc các chi tiết có hình dáng phức tạp nhưng chịu tải trọng nhẹ.

#### **b. Silumin phức tạp:**

Là hợp kim nhôm với 4 ÷ 10% Si, ngoài ra còn thêm các nguyên tố như Cu, Mg, Zn, Mn ...  
Do có thêm các nguyên tố hợp kim nên cơ tính của hợp kim, nhất là sau khi nhiệt luyện được tăng lên nhiều.

Thường dùng các hợp kim: AlSi8Mg, AlSi6MgMnCu7, AlSi5MnCu 3,... để làm các chi tiết tương đối quan trọng trong động cơ ô tô như mặt bích, bộ ly hợp, pittông...

### 6.3. Đồng và hợp kim đồng

#### 6.3.1. Đồng nguyên chất:

##### **1. Tính chất:**

Đồng là kim loại có một dạng thù hình, có mạng lập phương tâm mặt với thông số mạng,  $a = 3,6\text{Å}$ . Tính chất của nó như sau:

- Có khối lượng riêng lớn  $\gamma = 8,94 \text{ g/cm}^3$ .
- Tính dẫn nhiệt, dẫn điện rất cao.
- Tính chống ăn mòn tốt.
- Nhiệt độ chảy tương đối cao.  $T_{nc} = 1083^\circ\text{C}$ .
- Có độ bền thấp  $\sigma = 16\text{KG/mm}^2$ .  $HB = 40$  nhưng độ bền tăng mạnh khi biến dạng nguội ( $\sigma_b = 45\text{KG/mm}^2$ .  $HB = 125$ ). Do vậy một trong những biện pháp hoá bền đồng là biến dạng nguội. Mặc dù độ cứng không cao nhưng đồng có khả năng chống mài mòn tốt.
- Có tính công nghệ tốt, dễ dát mỏng, kéo sợi tuy vậy tính gia công cắt kém.

##### **2. Ký hiệu:**

Đồng nguyên chất theo TCVN 1695 - 75 được ký hiệu bằng chữ Cu kèm theo số chỉ mức độ tạp chất.

Cu 1 (99,9% Cu)

Cu 2 (99,7% Cu)

Cu 3 (99,5% Cu)

#### 6.3.2. Hợp kim đồng:

Có nhiều cách phân loại các hợp kim của đồng nhưng dùng phổ biến nhất là cách phân loại theo thành phần hoá học.

Theo thành phần hoá học, hợp kim của đồng được chia thành 2 loại

##### **1. Latông:**

Là hợp kim của đồng mà thành phần chính là Cu và Zn. Latông còn gọi là đồng thau (đồng vàng).

Ngoài ra trong thành phần của hợp kim còn có các nguyên tố khác như Pb, Sn, Ni, ...

Latông theo TCVN 1695 – 75 được ký hiệu bằng chữ L sau đó là các chữ ký hiệu tên nguyên tố hoá học và chỉ số thành phần của nó. Latông được chia thành 2 nhóm

##### **a. Latông đơn giản:**

Là hợp kim trong thành phần chỉ có 2 nguyên tố Cu và Zn. Hợp kim này có độ dẻo cao, độ bền và độ cứng phụ thuộc vào lượng Zn, khi % Zn tăng  $\sigma_b$ , HB tăng.

Thường dùng L<sub>Cu</sub>90Zn10, L<sub>Cu</sub>70Zn30 làm các ống tản nhiệt, ống dẫn và các chi tiết đập sâu (vì có tính dẻo cao).

##### **b. Silumin phức tạp:**

Là hợp kim trong đó ngoài Cu và Zn còn đưa thêm một số nguyên tố Pb, Sn, Al, Ni,... để cải thiện tính chất của hợp kim.

VD: Pb làm tăng tính cắt gọt; Sn làm tăng tính chống ăn mòn; Al, Ni làm tăng cơ tính có các ký hiệu : L<sub>Cu</sub>Zn29Sn1, L<sub>Cu</sub>Zn40Pb1.

##### **2. Brông:**

Là hợp kim của đồng với các nguyên tố khác trừ Zn (nếu trong thành phần của hợp kim có Zn thì nó đóng vai trò nguyên tố hợp kim phụ), Brông còn gọi là đồng thanh.

Brông được ký hiệu bằng chữ B. Tên gọi của Brông được phân biệt theo nguyên tố hợp kim chính. VD: Brôm thiếc, Brôm nhôm.

**a. Brông thiếc:**

Là hợp kim của Cu với nguyên tố hợp kim chính là Sn.

Brông thiếc có độ bền cao, tính dẻo tốt, tính chống ăn mòn tốt, thường dùng B Cu Sn 40 Pb 1 ; B Cu Sn 5 Zn 2 Pb 5 để làm đệm ổ trượt, bánh răng.

**b. Brông nhôm:**

Là hợp kim của Cu với nguyên tố hợp kim chính là Sn. Brông nhôm có độ bền cao hơn Brông thiếc, tính chống ăn mòn tốt nhưng có nhược điểm là khó đúc.

Thường dùng thay Brông thiếc vì rẻ tiền.

Thường dùng BCuAl9Fe4 ; BCuAl10Fe4Ni4.

**c. Brông Berili:**

Còn gọi là đồng đàn hồi. Hợp kim có độ cứng cao, tính đàn hồi rất cao, tính chống ăn mòn và độ dẫn điện tốt thường dùng làm lò xo trong các thiết bị đo điện.

Với ký hiệu BCuBe2..

### **6.4. Chì, thiếc và hợp kim của chúng**

#### **6.4.1. Chì, thiếc nguyên chất:**

**1. Tính chất:**

- Có nhiệt độ nóng chảy khá thấp: 232<sup>0</sup>C đối với thiếc và 527<sup>0</sup>C đối với chì.
- Tính chống ăn mòn rất tốt trong nhiều môi trường.

- Có tính rất mềm.

**2. Công dụng:**

- Thiếc dùng để mạ thép, được sử dụng rộng rãi trong công nghệ đồ hộp, bảo quản thực phẩm.

- Chì dùng để làm cầu chì.

Hợp kim trên cơ sở chì và thiếc gồm nhiều chủng loại khác nhau, được sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau.

#### **6.4.2. Hợp kim trên cơ sở chì và thiếc:**

**1. Các hợp kim có nhiệt độ nóng chảy thấp:**

Là hợp kim trên cơ sở chì và thiếc với thành phần thích hợp để dễ chảy.

Công dụng: Thường dùng hợp kim có 3 nguyên tố Pb – Sn – Bi có nhiệt độ nóng chảy  $T_{nc} = 96^{\circ}\text{C}$  ... Các hợp kim này được sử dụng trong kỹ thuật tự động và trong y tế.

**2. Các hợp kim hàn:**

Là hợp kim trên cơ sở chì và thiếc với thành phần thích hợp để có độ chảy loãng cao liên kết tốt với vật liệu cơ sở, đảm bảo độ bền mối hàn lớn.

Công dụng: Được sử dụng để hàn đồng Latông, tráng lên tấm thép.

**3. Các hợp kim bác vít:**

Là hợp kim trên cơ sở thiếc, chì với thành phần thích hợp để tổ chức của chúng có các phần tử pha rắn phân bố trên nền mềm.

Công dụng: Thường dùng để làm hợp kim ổ trượt có chất lượng cao.

### **6.5. Hợp kim làm ổ trượt**

#### **6.5.1. Công dụng:**

Hợp kim ổ trượt là hợp kim dùng để chế tạo lót trục của ổ trục (còn gọi là bạc lót).

Mặc dầu ngày nay ổ lăn dùng càng nhiều nhưng các ổ trượt vẫn chiếm vị trí quan trọng vì có ưu điểm sau: dễ chế tạo, dễ thay thế, giá thành rẻ, bôi trơn dễ và trong nhiều trường hợp không thể dùng ổ lăn được như lót trục ở cổ biên của trục khuỷu.

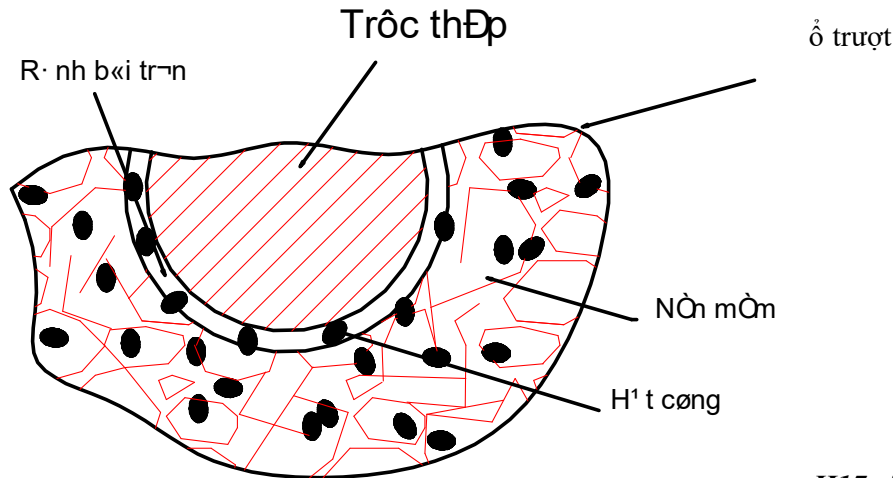


### 6.5.2. Yêu cầu đối với hợp kim làm ổ trượt:

#### **1. Phải có hệ số ma sát nhỏ với bề mặt trục thép:**

Đây là yêu cầu quan trọng nhất và liên quan đến chọn vật liệu có tổ chức kim loại gồm hai phần cơ tính: Phần cứng (tốt nhất là hạt cứng) và phần mềm (tốt nhất là nền mềm). Có được như vậy thì khi ổ trượt bắt đầu làm việc, phần mềm sẽ mòn đi tạo rãnh chứa dầu để bôi trơn còn phần cứng nhô ra đỡ lấy cổ trục làm cho tiết diện tiếp xúc nhỏ, do đó giảm mạnh hệ số ma sát khi tiếp xúc với bề mặt trục.

Ví dụ: Hợp kim thiếc làm ổ trượt sẽ có tổ chức hạt cứng là hợp chất hoá học Sn<sub>3</sub>Sb, Cu<sub>3</sub>Sn, nền mềm là dung dịch rắn pha β' (hình 17)



**H17. Tổ chức của**

#### **hợp kim thiếc làm ổ trượt**

#### **2. ít làm mòn trục thép và chịu áp lực cao:**

Muốn trục thép không bị mòn khi làm việc thì vật liệu ổ trượt phải làm bằng các hợp kim mềm là hợp kim màu, song cũng phải có độ bền nhất định để chịu áp lực cao. Nếu cần nâng cao khả năng chịu áp lực của các ổ trượt phải chế tạo bằng hợp kim ghép: ngoài là thép, trong là hợp kim màu.

#### **3. Tính công nghệ tốt và giá thành hạ:**

Hợp kim có tính đúc cao, nếu chế tạo được hợp kim ghép phải có khả năng bám dính vào vỏ thép (ngoài thép, trong là HK màu).

**Chú ý:** Khó có vật liệu nào thỏa mãn tất cả các yêu cầu trên của hợp kim làm ổ trượt.

### **6.5.3. Các loại hợp kim ổ trượt thường dùng:**

#### **1. Hợp kim ổ trượt có nhiệt độ nóng chảy cao:**

Là hợp kim ổ trượt trên cơ sở của kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao. Ví dụ: Fe hoặc Cu.

#### **a. Gang xám (gang cầu, gang dẻo):**

Dùng các loại gang có tổ chức nền Peclit P nhỏ mịn (nền cứng) và Grafit (hạt mềm).

Công dụng: Dùng làm ổ trượt cho các loại trục có tốc độ vòng quay chậm nhưng chịu được áp lực cao.

#### **b. Đồng thanh thiếc (Brông thiếc):**

Hợp kim đồng – thiếc tổ chức nền mềm là dung dịch rắn Cu(Sn) và hạt cứng là cùng tích (α + δ).

Công dụng: Dùng để chế tạo ổ trượt chịu được áp lực cho các loại trục có tốc độ vòng quay chậm hoặc trung bình.

#### **2. Hợp kim ổ trượt có nhiệt độ nóng chảy thấp:**

Là hợp kim ổ trượt trên cơ sở của kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp, ví dụ: thiếc, chì, nhôm, kẽm ... có tên chung là Babít (tên bác học người Anh là Babbitt tìm ra) gồm có:

**a. Babít thiếc (Sn – Sb – Sn):**

Ký hiệu của Nga Б83, Б89 trong đó có 83% (89%) Sn, còn lại là Cu và Sb.

Công dụng: Dùng làm các ổ trượt quan trọng có tốc độ vòng quay cao và trung bình : Tuốc bin, động cơ diezen.

**b. Babít chì (Pb – Sb – Sn):**

Ký hiệu của Nga Б06, Б16 trong đó có 6% (16%) Sb, còn 6% (16%) Sn, còn lại là Sn.

Công dụng:

- Б16 dùng để thay thế cho babít thiếc trong điều kiện không va đập.
- Б06 dùng để thay thế cho phần lớn các loại ổ trượt ô tô. Ngoài ra còn dùng làm ổ trượt trong động cơ xăng.

**c. Babít nhôm (Al – Sn), (Al – Sb – Mg):**

Công dụng: Loại này có triển vọng hơn cả do có hệ số ma sát nhỏ, nhẹ, dẫn nhiệt cao, chống ăn mòn cao trong dầu, cơ tính cao, giá thành hạ nhưng công nghệ kém (khó dính bám) nên nó đang được thay thế cho babít thiếc.

### **Câu hỏi ôn tập**

1. Định nghĩa, công dụng, tính chất của hợp kim cứng.
2. Tại sao hợp kim cứng khi dùng làm dao cắt có tốc độ cắt cao không phải nhiệt luyện như dao làm bằng thép gió?
3. Phân biệt cấu tạo, tính chất, công dụng của hợp kim cứng loại một các-bít và hai các-bít.
4. Cho các ký hiệu vật liệu: T15K6, T30K6, BK8, BK2. Hãy phân tích ký hiệu và nêu công dụng của chúng.
5. Các yêu cầu của hợp kim ổ trượt, trong đó yêu cầu nào có liên quan đến chọn tổ chức của hợp kim.
6. Cho vài ví dụ hợp kim ổ trượt thường dùng. Căn cứ vào các điều kiện làm việc nào của ổ trượt để chọn vật liệu lót trục.

## **CHƯƠNG 7**

### **CÁC VẬT LIỆU KHÁC VÀ XU THẾ PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU NGÀY NAY**

#### **NỘI DUNG**

##### **7.1. VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI THƯỜNG DÙNG**

###### **7.1.1. Bột mài, Amiăng, chất dẻo:**

**1. Bột mài:**

**a. Tính chất:**

Bột mài là loại vật liệu vô cơ- ceramic dùng để đánh bóng các loại vật liệu khác, do vậy nó có các tính chất sau:

- Có độ cứng cao hơn các vật liệu khác.
- Có bề mặt nhọn sắc để mài các chi tiết gia công.
- Có khả năng dính kết thành khối theo yêu cầu công nghệ.

**b. Công dụng:**

- Làm đá mài.

- Làm giấy ráp, vải ráp.
- ở dạng bột để đánh bóng các chi tiết cần độ bóng cao.

## **2. Amiăng:**

Amiăng là nhóm sợi khoáng thiên nhiên được lấy từ quặng mỏ có chứa Canxi, Silic cát và Magiê.

### **a. Tính chất:**

- Amiăng có màu trắng, mịn, thớ nhỏ, có tính chịu lửa cao, khả năng dẫn nhiệt thấp.
- Có độ bền cơ học lớn, có khả năng chịu axit, kiềm.
- Các tính chất của Amiăng không thay đổi ở  $t^0 < 500^0\text{C}$ .
- Ví dụ cát trắng  $\text{SiO}_2$ , êmêri ( hỗn hợp tự nhiên của  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ ,... kim cương).

### **b. Công dụng:**

- Sợi Amiăng dùng làm đệm cách nhiệt.
- Giấy Amiăng để cách nhiệt, cách điện hoặc làm vật liệu lót ống hơi, ống nước khi nó làm việc ở  $t^0 < 450^0\text{C}$ .

- Amiăng dạng ép làm cơ cấu hãm máy ( $t_{lv} = 280^0\text{C}$ ).

Ngoài ra vải Amiăng còn dùng chế tạo găng tay, quần áo chịu nhiệt cho thợ lò, lính cứu hoả.

Nhược điểm lớn nhất Amiăng là vật liệu có tính chất độc hại, khi sử dụng cần chú ý vì thể hiện nay ít được sử dụng.

## **3. Chất dẻo: là vật liệu polyme có thể biến dạng mà không bị phá huỷ và có thể định hình với áp lực rất thấp**

### **a. Tính chất:**

- Có trọng lượng riêng nhỏ.
- Có cơ tính tương đối tốt, có khả năng chịu ăn mòn.
- Có tính công nghệ tốt.

Nhược điểm lớn nhất của chất dẻo là bị hoá già theo thời gian (bị lão hoá).

### **b. Phân loại – công dụng:**

#### **\* Phân loại:**

Trong công nghiệp người ta thường dùng 2 loại chất dẻo:

- Chất dẻo nhiệt dẻo:

+ Có đặc điểm là luôn có thể nóng chảy và tạo hình lại được.

+ Dùng phổ biến là Polyetylen (PE), Polyeste (PET), Acrylic (PMMA), Polyamid (PA)...

- Chất dẻo nhiệt cứng:

Là loại chất dẻo mà sau lần nóng chảy và tạo hình đầu tiên nó không thể nóng chảy và tạo hình lại được nữa.

Dùng phổ biến là loại Phenol có độ bền cơ học khá cao, không bị ăn mòn bởi axit, kiềm.

#### **\* Công dụng:**

Chất dẻo ngày càng được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp và đời sống.

- Nó thích hợp để chế tạo các chi tiết yêu cầu độ bền vừa phải, nhẹ, không bị ăn mòn.
- Được dùng làm bình chứa, cánh quạt, bánh răng, các chi tiết của cơ cấu phanh.
- Phổ biến nhất là phủ lên bề mặt kim loại để bảo vệ cho nó khỏi bị ăn mòn.
- Chất dẻo còn dùng để thay thế cho một số loại vật liệu nhằm giảm sự hao phí nguyên liệu và tăng năng suất lao động.

### **7.1.2. Dầu – mỡ:**

## **1. Dầu:**

### **a. Tính chất:**

Khi sử dụng dầu cần chú ý một số đặc tính sau:

- Độ nhớt: Đặc trưng cho độ loãng của dầu. Độ nhớt thay đổi nhiệt độ. Nhiệt độ càng cao dầu càng loãng.

- Nhiệt độ bắt lửa là nhiệt độ mà ở đó hơi dầu bốc cháy khi gặp lửa. Đối với dầu máy dùng trong cơ khí  $t_{bl}^0 > 160^0C$ .

- Nhiệt độ đông đặc là nhiệt độ mà ở đó dầu đặc lại (với các thiết bị dùng ở nhiệt độ thấp phải chú ý nhiệt độ này).

### **b. Công dụng:**

Công dụng chủ yếu của dầu là bôi trơn làm giảm ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc của các chi tiết máy.

- Bảo vệ kim loại khỏi bị ăn mòn.

- Làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong ...

## **2. Mỡ:**

### **a. Tính chất:**

- Có trọng lượng riêng nhỏ:  $0,8 \div 1 \text{ g/cm}^3$ .

- ở thể đặc có màu vàng hoặc nâu.

- Có khả năng chống rỉ và bôi trơn tốt.

### **b. Công dụng:**

Dùng chủ yếu để bảo vệ các dụng cụ, chi tiết máy khi bảo quản vận chuyển. Mỡ còn dùng để bôi trơn ở các bộ phận khó giữ dầu (như cáp của cần trục) hoặc những bộ phận lâu mới cần tra chất bôi trơn.

### **7.1.3. Dung dịch làm nguội.**

Các dung dịch làm nguội nêu dưới đây là các dung dịch có tác dụng làm nguội bề mặt chi tiết và dao trong quá trình cắt gọt. Vì khi cắt gọt do ma sát giữa bề mặt dao và chi tiết gia công nên ở vị trí tiếp xúc nhiệt độ lên rất cao làm giảm tuổi thọ của dao. Do đó dung dịch làm nguội sẽ làm nguội chi tiết gia công khi cắt làm tăng tuổi thọ của dao.

#### **1. Tác dụng:**

Công dụng làm nguội có các tác dụng sau

- Làm nguội: Dung dịch hấp thụ nhiệt độ ma sát sinh ra do đó làm dao không bị giảm độ cứng, tăng được tốc độ cắt, giảm hiện tượng giãn nở nhiệt độ, tăng độ chính xác gia công.

- Bôi trơn: tạo màng nhờn có tác dụng bôi trơn trên bề mặt chi tiết làm giảm ma sát do đó giảm được lực cắt.

- Bảo vệ: tạo màng oxit bảo vệ kim loại.

- Rửa: Rửa sạch phoi vụn làm bề mặt trơn láng và đẩy phoi khỏi khu vực cắt gọt.

#### **2. Các chất làm nguội thường dùng:**

- Emuxin: là hỗn hợp của nước và dầu khoáng vật, ngoài ra trong Emuxin còn có nước xà phòng và  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

- Dung dịch nước: gồm nước pha với  $\text{NaNO}_3$  và  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

- Dung dịch dầu: gồm dầu lưu hoá pha với  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaNO}_3$  và  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Việc lựa chọn dung dịch làm nguội phụ thuộc vào công nghệ cắt gọt, loại máy, dao và vật liệu cắt gọt.

## **7.2. Xu thế phát triển vật liệu hiện nay**

Sản xuất các vật liệu cơ bản trên thế giới hiện nay nhìn chung đã đáp ứng nhu cầu về số lượng, do đó vấn đề chất lượng và giá thành đã nổi lên hàng đầu làm tăng thêm sự cạnh

tranh giữa các loại vật liệu trong mỗi lĩnh vực sử dụng chúng. Tuy vậy vật liệu kim loại trước hết là thép vẫn giữ vai trò then chốt trong phát triển công nghiệp, đặc biệt nó vẫn giữ độc quyền trong nhiều lĩnh vực xây dựng các nhịp cầu dài, công trình trên biển, khung nhà xưởng, nhiều loại máy móc và thiết bị ...

Theo công nghệ chế tạo, có thể nêu hai xu thế phát triển vật liệu như sau:

- Phát triển vật liệu theo công nghệ truyền thống.

- Phát triển vật liệu theo công nghệ mới.

Các khái niệm “công nghệ truyền thống” và “công nghệ mới” mang tính quy ước vì các công nghệ truyền thống luôn được hoàn thiện và đổi mới. Còn công nghệ mới lại được phát triển trên cơ sở công nghệ đã có.

### 7.2.1. Phát triển vật liệu theo công nghệ truyền thống:

#### 1. Thép xây dựng:

Điển hình là thép xây dựng hợp kim vi lượng.

Đây là nhóm thép được phát triển trên cơ sở thép xây dựng hợp kim nhưng hợp kim hoá nhiều loại nguyên tố với lượng thành phần rất nhỏ (dưới vài phần nghìn) sẽ đạt các yêu cầu sử dụng cần thiết cho kết cấu xây dựng, đặc biệt là độ bền cao hơn 2 ÷ 3 lần thép xây dựng thông thường mà vẫn được đảm bảo tính cứng và tính chống ăn mòn tốt trong các môi trường, do đó làm tăng khả năng chịu tải hoặc giảm nhẹ khối lượng kết cấu. Điều này đặc biệt có lợi trong xây dựng cầu, khung toa xe ô tô tải... đã tiết kiệm hàng chục triệu tấn thép trong 1 năm.

#### 2. Thép chế tạo máy:

##### a. Thép kết cấu có độ cứng thứ hai:

Đây là nhóm thép được phát triển trên cơ sở thép kết cấu loại hoá tốt với lượng chứa các bon 0,3 ÷ 0,4%C và hợp kim hoá đa nguyên tố với tổng lượng chứa khoảng 5 - 8%, do đó khi ram cao đặc biệt ở nhiệt độ 550 ÷ 600<sup>0</sup>C tạo ra cacbít phân tán làm tăng độ cứng cao hơn sau khi tôi như thép gió do đó đạt độ bền cao đồng thời vẫn đảm bảo tính dẻo tốt ( $\delta > 10\%$ ) nên cơ tính tổng hợp đạt được rất cao.

**Công dụng:** Dùng để chế tạo các chi tiết máy làm việc đạt cơ tính tổng hợp rất cao khả năng đạt  $\sigma_b \geq 2000\text{MPa}$  (các loại thép hoá tốt khác chỉ đạt  $\sigma_b = 600 \div 1200\text{MPa}$ ) và  $\delta > 10\%$ .

##### b. Thép Nitơ:

Đây là nhóm thép được phát triển trên cơ sở được hợp chất hoá học là Sắt Nitrit  $\text{Fe}_4\text{N}$  hoặc  $\text{Fe}_2\text{N}$  ... do Nitơ trong thép cao hơn 1÷1,5% thay cho  $\text{Fe}_3\text{C}$  trong thép nên có độ cứng cao hơn mà lại có độ bền rất tốt. Đồng thời cùng với Cr trong thép tạo thành CrN liên mang với Mactenxit khó tích tụ ở nhiệt độ cao nên thép giữ được cơ tính ở nhiệt độ cao.

**Công dụng:** Thường dùng để chế tạo các chi tiết máy làm việc trong điều kiện mài mòn cao và nhiệt độ cao, Ví dụ: ổ bi tốc độ cao, khuôn dập nóng... khả năng đạt  $\sigma_b > 2000\text{MPa}$ .

### 7.2.2. Phát triển vật liệu theo công nghệ mới:

#### 1. Công nghệ luyện kim bột:

Công nghệ luyện kim bột gồm tạo bột, tạo hình sản phẩm và thêu kết, tuy đã sử dụng từ lâu nhưng trước đây chỉ ứng dụng cho các loại sản phẩm có thành phần và tính chất không thể chế tạo bằng phương pháp luyện kim bình thường, ví dụ như hợp kim cứng.

Trong những thập kỷ gần đây, nhờ tiến bộ khoa học kỹ thuật, “phương pháp luyện kim bột” được ứng dụng rộng rãi để chế tạo nhiều sản phẩm khác nhau cho hầu hết các loại hợp kim. Nhờ công nghệ mới này đạt được các ưu điểm cơ bản sau:

- Chế tạo được các hợp kim với thành phần phức tạp và phương pháp luyện kim bình thường không thể làm được.

- Chế tạo vật liệu đảm bảo cấu tạo bên trong có hai thành phần tổ chức khác biệt về độ cứng theo yêu cầu rất thích hợp để chế tạo các chi tiết chống mài mòn, chống ma sát hoặc ma sát.

- Hệ số sử dụng kim loại hữu ích cao và giá thành hạ do dùng ít năng lượng và nhân lực.

- Có thể chế tạo những sản phẩm với hình dáng phức tạp và với độ chính xác kích thước cao như: Bánh răng, cam, tay đòn, bạc lót...

- Có thể chế tạo sản phẩm cơ khí ghép từ nhiều loại vật liệu khác nhau.

**Chú ý:** các sản phẩm cơ khí thép làm bằng “phương pháp luyện kim bột” muốn có cơ tính làm việc phải nhiệt luyện hoặc hoá nhiệt luyện thì mới đạt được hiệu quả tốt.

## **2. Vật liệu kết hợp (Compozit):**

Compozit là kiểu vật liệu lai tạo giữa hai hay nhiều loại vật liệu sao cho tính chất của chúng hỗ trợ cho nhau.

Công nghệ chế tạo trên cơ sở luyện kim bột cũng có cấu tạo nhiều pha nhưng có cấu trúc đã thiết kế xác định, trong đó pha liên tục toàn khối gọi là nền, còn pha phân bố gián đoạn được liên kết bởi nền gọi là cốt.

Nhiệm vụ chính của nền là liên kết cốt thành khối để tạo hình, bảo vệ và che phủ khối các tác động cơ học và hoá học của môi trường.

Nhiệm vụ chính của cốt là chịu tải.

Chú ý: Tính chất của Compozit do bản chất của các pha và cấu trúc đã thiết kế xác định khác hẳn với tính chất của các pha cốt và nền (liên hệ kiến thức: dạng cấu tạo hỗn hợp cơ học trong chương I).

Căn cứ cấu trúc đã thiết kế xác định, có thể chia Compozit làm 3 loại:

### **a. Compozit hạt:**

Compozit hạt chứa các phần cốt ở dạng hạt. Ví dụ:

- Hợp kim cứng: Nền là nguyên tố Co, còn cốt hạt là những cacbít WC, TiC,... là vật liệu dùng để làm dụng cụ cắt.

- Bê tông: Nền là xi măng, cốt là những hạt cát và sỏi... là vật liệu dùng trong xây dựng.

- Compozit nền kim loại gồm bột đồng, sắt hoặc thép, còn cốt thì dạng hạt cacbít, nitrit... là vật liệu dùng để chế tạo các dụng cụ cắt với tốc độ cắt cao, ỏ đỡ chịu nhiệt độ cao hoặc các chi tiết máy có tính năng sử dụng cao.

### **b. Compozit sợi:**

Compozit sợi là loại kết cấu quan trọng nhất vì nó có độ bền riêng và môđun đàn hồi cao.

Compozit sợi chứa các phần cốt ở dạng sợi gồm có các loại phổ biến hiện nay

- Compozit nền polyme cốt sợi thủy tinh vừa bền, vừa nhẹ, chống ăn mòn tốt, chống va đập tốt, cách điện tốt, công nghệ chế tạo đơn giản, giá thành hạ nên được dùng nhiều để chế tạo vỏ xuồng và ca nô tốc độ cao, các tấm áp tường trong máy bay, toa xe, các phòng tắm, phòng vệ sinh, bể bơi, vỏ thân xe hơi, tàu biển, ống dẫn, container chứa hàng ... Đặc biệt trong công nghiệp ô tô, nó có sức cạnh tranh nhờ giảm được khối lượng và tiêu hao nhiên liệu ít nhất khi làm việc.

- Compozit nền polyme cốt sợi Bo hoặc sợi Các bon, có độ bền cao hơn 4÷5 lần so với thủy tinh, là vật liệu nhẹ, có độ bền cao, chịu được nhiệt độ, ăn mòn cao, đàn hồi và chống rung tốt, chịu mỏi cao, phù hợp để chế tạo những chi tiết máy cần có cơ tính tổng hợp cao và nhẹ như cánh quạt máy bay lên thẳng, cánh thẳng bằng, cánh quạt máy nén khí, các kết cấu trong tàu vũ trụ, tàu biển, dụng cụ thể thao. Loại compozit này có sức cạnh

tranh trong sản xuất máy bay do giảm nhẹ được khối lượng nên nhiên liệu tiêu hao ít (giảm 20% ÷ 30%) so với dùng kim loại.

Chú ý: Dùng sợi Bo đắt hơn sợi Cacbon nên ít dùng hơn.

- Compozit nền kim loại cốt sợi : Loại phổ biến nhất, có triển vọng nhất là nền nhôm- sợi Bo có phủ Cacbit Silic vì có khả năng làm việc ở nhiệt độ cao hơn nhiều so với nền Polymer mà trọng lượng riêng nhỏ hơn nên có độ bền riêng tốt.

### **c. Compozit cấu trúc (Compozit tấm ghép):**

Compozit cấu trúc là các bán thành phẩm dạng lớp, dạng 3 lớp được kết hợp các vật liệu đồng nhất với vật liệu Compozit theo những kết cấu hình học khác nhau tạo ra nhiều loại vật liệu Compozit có tính năng sử dụng cao trong các lĩnh vực vận tải, hàng không, công trình xây dựng kiến trúc...

Các loại Compozit cấu trúc:

- Compozit cấu trúc dạng lớp: Được tạo thành từ các lớp cơ sở gồm 2 loại:

+ Các lớp có vật liệu đồng nhất đóng vai trò liên kết, ví dụ: Polime.

+ Các lớp Compozit cốt sợi đóng vai trò chịu lực, ví dụ: Lớp gỗ hoặc cốt, vải sợi thủy tinh (sợi cacbon), tấm vải bông...

Hai loại các lớp này được sắp xếp lần lượt lên nhau theo yêu cầu thiết kế xác định (đổi hướng lớp nền Compozit cốt sợi) rồi ép dính với nhau.

- Compozit cấu trúc dạng 3 lớp bao gồm:

+ Hai lớp mặt đóng vai trò chịu lực cao, chịu nhiệt, chịu ăn mòn

+ Lớp lõi: Có tổ chức xốp bột, tổ ong để tạo khoảng cách giữa hai tấm cách nhiệt, cách âm, chống ăn mòn ...

### **3. Công nghệ nguội nhanh:**

Theo công nghệ chế tạo truyền thống tổ chức của vật liệu được hình thành trong quá trình làm nguội từ trạng thái lỏng hoặc rắn với tốc độ nguội lớn nhất vài chục độ/giây. Tốc độ nguội chậm dẫn đến hạn chế về tổ chức, từ đó hạn chế về tính chất.

Công nghệ nguội nhanh là phương pháp nguội nhanh từ pha lỏng tới tốc độ hàng trăm, hàng tỷ độ/giây để nhận được tổ chức vật liệu rất nhỏ mịn (vi tinh thể). Khi tốc độ nguội quá lớn hơn giá trị xác định tạo ra trạng thái vô định hình.

Hiện nay công nghệ nguội nhanh đang được sử dụng phổ biến như đúc vật mỏng, kéo sợi trong khuôn kim loại, tạo băng, tạo hạt. Sau đó có thể sử dụng ngay hoặc là bán thành phẩm để tiếp tục qua luyện kim bột tạo thành sản phẩm.

Trong tương lai, công nghệ nguội nhanh có triển vọng rất lớn có thể chế tạo các vật liệu có tính năng sử dụng cao cho các kết cấu máy có độ bền cao để thay thế hợp kim Titan đắt tiền trong công nghiệp.

Công dụng hiện nay trên thế giới:

Chế tạo dụng cụ hợp kim như thép gió có tính năng cắt gọt và tuổi thọ cao hơn nhiều lần so với phương pháp chế tạo truyền thống.

Chế tạo vật liệu từ có vật liệu từ mềm là các băng vi tinh thể hoặc băng vô định hình... cũng như vật liệu từ cứng làm nam châm vĩnh cửu. Chúng có các chỉ tiêu từ tính rất cao, đặc biệt tổn hao công suất thấp. Có vật liệu từ cứng cho năng lượng từ ký lục cao gấp nhiều lần so với vật liệu truyền thống.

### **7.2.3. Phát triển vật liệu với tính năng đặc biệt:**

#### **1. Vật liệu siêu dẻo:**

Siêu dẻo là khả năng biến dạng dẻo rất lớn, có thể đến 2000%.

ứng dụng: Nhờ tính năng siêu dẻo này mà các công nghệ biến dạng tạo phiêu như: rèn, dập, cán có thể tiến hành dễ dàng trên thiết bị đơn giản mà đảm bảo năng suất cao, chất lượng cao, chi phí thấp. Vì vậy, trong tương lai nó thực sự đóng góp to lớn cho công nghiệp tạo hình bằng phương pháp gia công áp lực.

Vật liệu siêu dẻo được phát hiện từ lâu nhưng đến năm 1960 mới bắt đầu nhận thức được ý nghĩa to lớn của nó trong kỹ thuật. Số lượng các hợp kim có tính siêu dẻo được nghiên cứu và đưa vào ứng dụng ngày càng nhiều và được phân ra làm 3 nhóm: Siêu dẻo nhiệt độ phòng, siêu dẻo nhiệt độ trung bình ( $200 \div 500^{\circ}\text{C}$ ), siêu dẻo nhiệt độ cao (lớn hơn  $500^{\circ}\text{C}$ ). Hiện nay đang sử dụng rộng rãi nhóm thứ hai nhất là trong lĩnh vực các vật liệu làm khuôn chịu nhiệt độ cao. Trong tương lai gần cần nghiên cứu chế tạo các loại khuôn dập mới có thể làm việc lâu dài ở nhiệt độ cao với lực dập lớn.

### **2. Vật liệu siêu dẫn:**

Siêu dẫn là hiện tượng giảm điện trở xuống trị số bằng 0 ở nhiệt độ thấp, do đó có thể chịu được dòng điện với mật độ rất lớn  $10^5 \div 10^6 \text{ A/cm}^2$ . Đây là vật liệu đầy tiềm năng, gần đây khám phá loại siêu dẫn nhiệt độ cao được nhiều nhà khoa học chú ý đến vì nó có khả năng tạo ra những biến đổi hết sức quan trọng trong kỹ thuật hiện đại.

Siêu dẫn nhiệt độ cao được ứng dụng trong thực tiễn khác nhau, ví dụ: Các tuyến tải điện siêu cao áp và siêu công suất, các tàu siêu tốc, các máy gia tốc siêu công suất, các bộ tích trữ điện năng công suất siêu cao, các vi mạch trong các máy tính cực mạnh thế hệ mới.

### **3. Vật liệu nhớ hình:**

Hiệu ứng nhớ hình là khả năng của vật liệu phục hồi lại hình dáng đã tạo ra trước đó.

Đây là loại vật liệu có triển vọng phát triển trong tương lai, hiện nay chỉ mới bắt đầu nghiên cứu.

Một số hướng sử dụng có triển vọng như:

- Các chi tiết nối dạng đinh tán ống nối ... trong ghép nối xương, các cơ quan nội tạng nhân tạo khi phẫu thuật, các ghép nối trong môi trường độc hại...

- Các bộ điều khiển hành trình hoặc chức năng dưới tác dụng của ứng suất, nhiệt độ trong các hệ thống điều khiển tự động: người máy, đóng mở chóp nhà cao tầng, đóng mở đèn chiếu trên ô tô theo nhiệt độ môi trường.

- Các động cơ "vĩnh cửu" dưới tác dụng của hai môi trường nóng lạnh khác nhau.

Chú ý: Nhớ hình là kết quả của biến dạng dẻo thuận nghịch của vật liệu do đó chuyển biến thuận nghịch Austenit  $\leftrightarrow$  Martensit có điều kiện của ứng suất hoặc nhiệt độ.

## **Câu hỏi ôn tập chương**

1. Hãy kể các loại vật liệu phi kim loại dùng trong ngành cơ khí. Đối với nghề cắt gọt muốn tăng năng suất cắt và tăng tuổi thọ sử dụng của dao cần quan tâm đến loại vật liệu nào ở trên? Tại sao?

1. Hãy cho biết xu thế phát triển vật liệu hiện nay nghề cơ khí cần quan tâm đến nhóm vật liệu nào nhất (liên hệ ngành đào tạo).



## Ôn tập chương trình (1,5 tiết)

### Phần 1: câu hỏi ôn tập trọng tâm chương trình

#### Câu hỏi

1. Cơ tính là gì, hãy nêu các loại cơ tính của vật liệu( định nghĩa, ký hiệu, đơn vị của chúng).
2. Hãy nêu ý nghĩa các loại cơ tính vật liệu và mối quan hệ giữa các đặc trưng cơ tính của vật liệu thép?
3. Liệt kê các dạng cấu tạo hợp kim, trình bày định nghĩa, cấu tạo, cơ tính chung của chúng; sau đó lấy các ví dụ về cấu tạo của hợp kim Fe-C có thành phần xác định( 0,8%C, 6,67%C) để chứng minh các dạng cấu tạo trên.
4. Định nghĩa và công dụng giản đồ trạng thái? Tại sao phải học giản đồ trạng thái Fe-Fe<sub>3</sub>C của hợp kim Fe-C.
5. Định nghĩa và công dụng của nhiệt luyện, hoá nhiệt luyện? Từ đó có nhận xét gì để phân biệt chúng ?
6. Tại sao lại nói cơ sở của nhiệt luyện hợp kim là giản đồ trạng thái? Hãy chứng minh cơ sở nhiệt luyện thép là giản đồ trạng thái Fe-C phần thép ở trạng thái rắn ( vẽ giản đồ trạng thái Fe-C phần thép ở trạng thái rắn).
7. Trình bày định nghĩa và mục đích các phương pháp nhiệt luyện.
8. Hãy nêu công dụng và nguyên lý chung của phương pháp tôi bề mặt?
9. Nêu định nghĩa và công dụng của phương pháp thấm C?
10. Hãy tìm các tổ chức trong thép thường có thành phần xác định để thép đạt được cơ tính mong muốn khác nhau sau khi nhiệt luyện với các phương pháp khác nhau và so sánh cơ tính của chúng( ủ, thường hoá, tôi, tôi và ram thấp, tôi và ram trung bình, tôi và ram cao).
11. Hãy phân biệt các loại thép( xây dựng, kết cấu, dụng cụ) về các mặt công dụng, đặc điểm, ký hiệu...
12. Định nghĩa các loại vật liệu sau: Thép Cacbon, thép hợp kim, gang trắng ( gang luyện kim), gang grafit( gang chế tạo máy), hợp kim cứng?
13. Hãy phân loại các loại thép và cho biết tên gọi của nó trong các trường hợp sau:
  - Theo tổ chức trên giản đồ trạng thái.
  - Theo phương pháp luyện kim:
    - + Mức độ khử ôxi .
    - + Mức độ khử tạp chất có hại (P,S) .
  - Theo thành phần hoá học.
  - Theo công dụng.Hãy cho biết cách phân loại nào quan trọng nhất đối với ngành cơ khí?
14. Hãy nêu ảnh hưởng của Cacbon và tạp chất đến tính chất của thép?
15. Trình bày vai trò của Cacbon đến công dụng của thép thường.
16. Hãy nêu ảnh hưởng cơ bản của nguyên tố hợp kim đến cơ tính của pha cơ sở và nhiệt luyện.
17. Hãy phân biệt tổ chức, cơ tính, công dụng, ký hiệu các loại gang dùng trong ngành cơ khí( Gang xám, gang cầu, gang dẻo)?
18. Định nghĩa, công dụng, tính chất của hợp kim cứng?
19. Nêu các yêu cầu của hợp kim làm ổ trượt? Căn cứ vào điều kiện làm việc nào của ổ trượt để chọn vật liệu lót trục?

20. Thế nào là vật liệu Compozit, hợp kim cứng có phải là vật liệu Compozit không?  
Tại sao?
21. Hãy cho biết xu thế phát triển của vật liệu hiện nay? Ngành cơ khí cần quan tâm đến nhóm vật liệu nào nhất( liên hệ ngành đào tạo)?

## Phần 2: bài tập trọng tâm chương trình

### Bài tập

Cho các ký hiệu vật liệu thép: C40, CT38, 80W18Cr4V, CD100, CT33s, C60, CD120A, 90CrMnSi, 60Si2, 12Cr2NiA, 40Cr2NiWSi, 40CrNi, CD70, 65Mn, 100CrNi, OL100Cr, GX18-36, GX 12-28, GC 60-2, GZ 45-7, BK8, BK2, T15K6...

#### Yêu cầu:

- a. Phân tích ký hiệu trên.
- b. Hãy gọi tên phân nhóm nhỏ nhất theo công dụng của các ký hiệu trên. Từ đó nêu công dụng và đặc điểm nhiệt luyện kèm theo (nếu có).
- c. Tìm một sản phẩm cơ khí làm bằng thép, sau đó chọn một loại thép có ký hiệu trên để chế tạo. Hãy chọn phương pháp nhiệt luyện để đáp ứng làm việc lâu dài trong các điều kiện quy định của nó và lập quy trình nhiệt luyện cụ thể, giải thích các phương án đã chọn là tối ưu.

#### Hướng dẫn làm bài tập.

##### **-Yêu cầu a:**

Ôn tập lý thuyết các mục sau để trả lời: 4.2.2, 5.2.1/1, 5.2.2/1, 5.2.3/1, 6.1.2

##### **-Yêu cầu b:**

Ôn tập lý thuyết các mục sau để trả lời: 4.3, 5.2, 6.1 cụ thể:

– Nhận biết ký hiệu để phân nhóm nhỏ nhất theo công dụng dựa vào đặc điểm và thành phần hoá học:

- + Thép xây dựng cacbon nhóm A 4.3.1/3.a
- + Thép kết cấu thép cacbon 4.3.2/3.a
- + Thép kết cấu hoá tốt 4.3.2/3.b
- + Thép kết cấu đàn hồi 4.3.2/3.c
- + Thép dụng cụ thường 4.3.3/1.b
- + Thép dụng cụ làm dao cắt có tốc độ cắt cao 4.3.3/2.a
- + Thép làm dụng cụ biến dạng nóng 4.3.3/2.b
- + Thép ổ lăn 4.3.4/2.a
- + Gang xám 5.2.1
- + Gang cầu 5.2.2
- + Gang dẻo 5.2.3
- + Hợp kim cứng loại 1 các bit 6.1.2/1
- + Hợp kim cứng loại 2 các bit 6.1.2/2

Sau khi nhận biết phân nhóm nhỏ nhất của các ký hiệu trên. Xem lý thuyết của nó để nêu công dụng chung của từng phân nhóm và đặc điểm nhiệt luyện kèm theo (nếu có).

##### **-Yêu cầu c:**

Tìm bất kỳ một chi tiết máy trong các máy công cụ (bánh răng, trục, then...), máy vận chuyển (phụ tùng xe đạp, xe máy, ô tô...) hoặc các loại dụng cụ cơ khí (dũa, đục, dao tiện, khuôn dập...) làm bằng thép cho phù hợp với một trong các ký hiệu trên và đặt điều kiện làm việc của nó để xác định yêu cầu cơ tính. Từ đó chọn các phương pháp nhiệt luyện để đáp ứng yêu cầu làm việc trên và lập quy trình cụ thể.

#### Chú ý:

Để giải thích các phương án đã chọn là tối ưu thì cần phải giải thích các vấn đề sau:  
Nêu rõ lý do chọn ký hiệu vật liệu đó mà không chọn ký hiệu vật liệu khác.

Lý do chọn phương pháp nhiệt luyện để nhận được tổ chức có cơ tính mong muốn để đáp ứng yêu cầu làm việc của sản phẩm đã chọn.

Giải thích các thông số chọn trong quy trình nhiệt luyện cụ thể để nhận được tổ chức có cơ tính tối ưu.

### **Phần 3 : VẬT LIỆU ĐIỆN**

#### **Bài 1 KHÁI NIỆM**

##### **1.1.2. Cấu tạo nguyên tử của vật liệu**

Như chúng ta đã biết, mọi vật chất được cấu tạo từ nguyên tử và phân tử. Nguyên tử là phần tử cơ bản của vật chất. Theo mô hình nguyên tử của Bor, nguyên tử được cấu tạo bởi hạt nhân mang điện tích dương và các điện tử (electron e) mang điện tích âm, chuyển động xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo nhất định. Hạt nhân nguyên tử được tạo nên từ các hạt proton và neutron. Neutron là các hạt không mang điện tích còn proton có điện tích dương với số lượng bằng Z. q - Trong đó:

Z: số lượng điện tử của nguyên tử đồng thời cũng là số thứ tự của nguyên tố đó ở trong bảng tuần hoàn Mendelêép.

q: điện tích của điện tử e ( $q_e = 1,601 \cdot 10^{-19}$  culông). Proton có khối lượng bằng  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg, electron (e) có khối lượng bằng  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg.

ở trạng thái bình thường, nguyên tử được trung hòa về điện, hi điện tử chuyển động trên quỹ đạo tròn bán kính r xung quanh hạt nhân thì điện tử sẽ chịu lực hút  $f_1$  của hạt nhân và được xác định bởi công thức sau:

$$f_1 = \frac{q^2}{r^2}$$

(1.1)

Lực hút  $f_1$  được cân bằng bởi lực ly tâm của chuyển động  $f_2$ ,  $f_2$  được xác định bởi công thức sau:

$$f_2 = \frac{mv^2}{2}$$

(1.2)

Trong đó:

- m: là khối lượng của điện tử.
- v: là tốc độ chuyển động của điện tử.

Từ (1.1) và (1.2) ta có:  $f_1 = f_2$  hay là:  $mv^2 = \frac{q^2}{r}$

(1.3)

Trong quá trình chuyển động điện tử có một điện năng:  $T = \frac{mv^2}{2}$  và một thế năng  $U = -\frac{q^2}{r^2}$ , nên năng lượng của điện tử sẽ bằng:

$$W = T + U = -\frac{q^2}{r^2}$$

(1.4)

Biểu thức (1.4) ở trên chứng tỏ mỗi điện tử của nguyên tử có một mức năng lượng nhất định.

Trong một nguyên tử, năng lượng ion hóa của các lớp điện tử khác nhau cũng khác nhau, các điện tử hóa trị ngoài cùng có mức năng lượng ion hóa thấp nhất vì chúng xa hạt nhân nhất.

Khi điện tử nhận được năng lượng nhỏ hơn năng lượng ion hóa chúng sẽ bị kích thích và có thể di chuyển từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác, song chúng luôn có xu thế trở về vị trí ban đầu. .

### 1.1.3. Cấu tạo phân tử:

Phân tử được tạo nên từ những nguyên tử thông qua các liên kết phân tử. Trong vật chất tồn tại bốn loại liên kết sau:

#### 1.1.3.1. Liên kết đồng hóa trị.

Liên kết đồng hóa trị được đặc trưng bởi sự dùng chung những điện tử của các nguyên tử trong phân tử. Khi đó mật độ đám mây điện tử giữa các hạt nhân trở thành bão hòa, liên kết phân tử bền vững.

Tùy thuộc vào cấu trúc đối xứng hay không đối xứng mà phân tử liên kết đồng hóa trị có thể là trung tính hay lưỡng cực.

- Phân tử có trọng tâm điện tích dương và âm trùng nhau là phân tử trung tính. Các chất được tạo nên từ các phân tử trung tính gọi là chất trung tính.

- Phân tử có trọng tâm điện tích dương và điện tích âm không trùng nhau, cách nhau một khoảng cách ‘a’ nào đó gọi là phân tử lưỡng cực hay còn gọi là lưỡng cực. .

Liên kết đồng hóa trị còn thấy ở cả chất rắn vô cơ có mạng tinh thể cấu tạo từ các nguyên tử.

#### 1.1.3.2. Liên kết ion

Liên kết ion được xác lập bởi lực hút giữa các ion dương và các ion âm trong phân tử. Liên kết ion là liên kết khá bền vững. Do vậy, vật rắn có cấu tạo ion đặc trưng bởi độ bền cơ học và nhiệt độ nóng chảy cao. Ví dụ các muối halôgen của các kim loại kiềm.

Khả năng tạo nên một chất hoặc một hợp chất mạng không gian nào đó phụ thuộc chủ yếu vào kích thước nguyên tử và hình dáng lớp điện tử ngoài cùng.

#### 1.1.3.3. Liên kết kim loại.

Dạng liên kết này tạo nên các tinh thể vật rắn. Kim loại được xem như là một hệ thống cấu tạo từ các ion dương nằm trong môi trường các điện tử tự do. .

Sự tồn tại các điện tử tự do làm cho kim loại có tính ánh kim và tính dẫn điện, dẫn nhiệt cao. Tính dẻo của kim loại được giải thích bởi sự dịch chuyển và trượt trên nhau giữa các lớp ion, cho nên kim loại dễ cán, kéo thành lớp mỏng.

#### 1.1.3.4. Liên kết Vandec -Vanx.

Liên kết này là dạng liên kết yếu, cấu trúc mạng tinh thể phân tử không vững chắc. Do vậy những liên kết phân tử là liên kết Vandec - Vanx có nhiệt độ nóng chảy và có độ bền cơ thấp.

#### 1.1.3.5. Khuyết tật trong cấu tạo vật rắn

Các tinh thể vật rắn có thể có cấu tạo đồng nhất. Sự phá hủy các kết cấu đồng nhất và tạo nên các khuyết tật trong vật rắn thường gặp nhiều trong thực tế. .

Khuyết tật của vật rắn là bất kỳ hiện tượng nào phá vỡ tính chất chu kỳ của trường tinh điện mạng tinh thể như: phá vỡ thành phần hợp thức; sự có mặt của các tạp chất lạ; áp lực cơ học; các lượng tử của giao động đàn hồi, lỗ xóp v.v...

Khuyết tật sẽ làm thay đổi các đặc tính cơ học, lý học, hóa học và các tính chất về điện của vật liệu. Khuyết tật có thể tạo nên các tính năng đặc biệt tốt và cũng có thể làm cho tính chất của vật liệu kém đi.

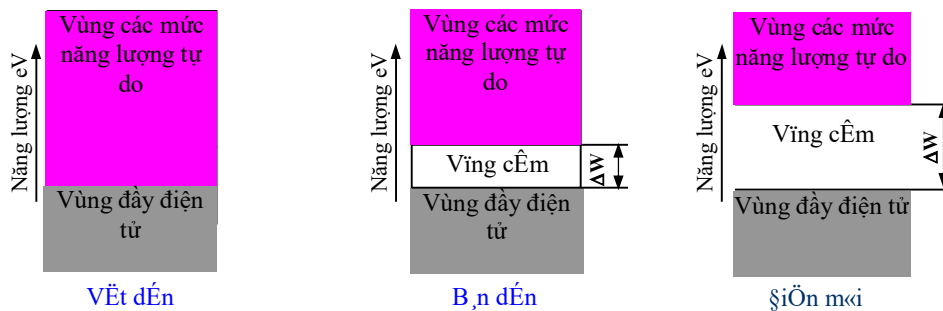
#### 1.1.3.6. Lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn.

Có thể sử dụng lý thuyết phân vùng năng lượng để giải thích, phân loại vật liệu thành các nhóm vật liệu dẫn điện, cách điện và vật liệu bán dẫn.

Khi nguyên tử ở trạng thái bình thường không bị kích thích, một số trong các mức năng lượng được các điện tử lấp đầy, còn ở các mức năng lượng khác điện tử chỉ có thể có mặt khi nguyên tử nhận được năng lượng từ bên ngoài tác động (trạng thái kích thích). Nguyên tử luôn có xu hướng quay về trạng thái ổn định.

Do không có năng lượng của chuyển động nhiệt nên vùng năng lượng bình thường của nguyên tử ở vị trí thấp nhất và được gọi là vùng hóa trị hay còn gọi là vùng điền đầy (ở  $0^0\text{K}$  các điện tử hóa trị của nguyên tử lấp đầy vùng này).

Những điện tử tự do có mức năng lượng hoạt tính cao hơn, các dải năng lượng của chúng tập hợp thành vùng điện dẫn (phần trên cùng của sơ đồ phân bố vùng năng lượng ở hình 1.1. sau).



Hình 1.1: Sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở nhiệt độ  $0^0\text{K}$

## 1.2. Phân loại vật liệu điện.

### 1.2.1. Phân loại vật liệu điện theo khả năng dẫn điện:

Trên cơ sở giản đồ năng lượng, người ta phân loại theo vật liệu dẫn điện, vật liệu dẫn từ, vật liệu cách điện và vật liệu bán dẫn.

### **1.2.2. Vật liệu dẫn điện:**

Vật liệu dẫn điện là chất có vùng tự do nằm sát với vùng điền đầy, thậm chí có thể chồng lên vùng đầy ( $\Delta W < 0,2\text{eV}$ ).

### **1.2.3. Vật liệu bán dẫn:**

Vật liệu bán dẫn là chất có vùng cấm hẹp hơn so với vật liệu cách điện, vùng này có thể thay đổi nhờ tác động năng lượng từ bên ngoài. Chiều rộng vùng cấm chất bán dẫn bé ( $\Delta W = 0,2 \div 1,5\text{eV}$ )

### **1.2.4. Điện môi (vật liệu cách điện):**

Điện môi là chất có vùng cấm lớn đến mức ở điều kiện bình thường sự dẫn điện bằng điện tử không xảy ra. Các điện tử hóa trị tuy được cung cấp thêm năng lượng của chuyển động nhiệt vẫn không thể di chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn. Chiều rộng vùng cấm của vật liệu cách điện ( $\Delta W = 1,5 \div 2\text{eV}$ ).

### **1.2.5. Phân loại vật liệu điện theo từ tính:**

Theo từ tính người ta chia vật liệu thành: nghịch từ, thuận từ và dẫn từ.

**1.2.5.1. Vật liệu nghịch từ** là những vật liệu có độ từ thẩm  $\mu < 1$  và không phụ thuộc vào từ trường bên ngoài. Loại này gồm có: hydrô, các khí hiếm, đa số các hợp chất hữu cơ, muối mỏ và các kim loại như: đồng, kẽm, bạc, vàng, thủy ngân, gali, antimoan.

**1.2.5.2. Vật liệu thuận từ** là những vật liệu có độ từ thẩm  $\mu > 1$  và không phụ thuộc vào từ trường bên ngoài. Loại này gồm có: oxy, oxit nitơ, muối đất hiếm, muối sắt, muối coban và niken, kim loại kiềm, nhôm và bạch kim.

*Vật liệu thuận từ và nghịch từ có độ từ thẩm  $\mu$  xấp xỉ bằng 1.*

**1.2.5.3. Vật liệu dẫn từ** là những vật liệu có độ từ thẩm  $\mu > 1$  và phụ thuộc vào từ trường bên ngoài. Loại này gồm có: sắt, coban, niken và các hợp kim của chúng: hợp kim crôm và mangan, gadôlônít, pherit có các thành phần khác nhau.

*Ngoài ra ta cũng có thể phân loại vật liệu điện:*

+ **Theo công dụng:** có vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, vật liệu dẫn từ và vật liệu bán dẫn.

+ **Theo nguồn gốc:** có vật liệu vô cơ và vật liệu hữu cơ.

+ **Theo trạng thái vật thể:** có vật liệu ở thể rắn, thể lỏng và vật liệu ở thể khí.

## **Câu hỏi ôn tập bài 1**

**1.1.** Trình bày cấu tạo nguyên tử, phân tử của vật liệu?

**1.2.** Trình bày các mối liên kết trong vật liệu? So sánh đặc điểm của các mối liên kết đó?

**1.3.** Thế nào gọi là khuyết tật trong cấu tạo vật rắn và các khuyết tật đó ảnh hưởng như thế nào tới các tính chất của vật rắn?.

**1.4.** Trình bày lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn? Nêu cách phân loại vật liệu theo lý thuyết phân vùng năng lượng?.

**1.5.** Vật liệu điện được phân loại như thế nào? trình bày các cách phân loại đó?

**Tên bài : VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN**

**2.1. Khái niệm về vật liệu cách điện.**

Phần điện của các thiết bị có phần dẫn điện và phần cách điện. Phần dẫn điện là tập hợp các vật dẫn khép kín mạch để cho dòng điện chạy qua. Như vậy vật dẫn phải được bao bọc bởi các vật liệu cách điện.

Vật liệu cách điện còn được gọi là điện môi. Điện môi là những vật liệu làm cho dòng điện đi đúng nơi qui định.

**2.2. Phân loại vật liệu cách điện.**

**2.2.1. Phân loại theo trạng thái vật lý:**

Vật liệu cách điện (điện môi) có thể ở thể khí, thể lỏng và thể rắn. Vật liệu cách điện thể khí và thể lỏng luôn luôn phải sử dụng với vật liệu cách điện thể rắn thì mới hình thành được cách điện vì các phần tử kim loại không thể giữ chặt được ở trong khí.

**2.2.2. Phân loại theo thành phần hóa học.**

Theo thành phần hoá học, người ta chia vật liệu cách điện thành: vật liệu cách điện hữu cơ và vật liệu cách điện vô cơ.

**❖ Vật liệu cách điện hữu cơ:**

Chia làm hai nhóm: nhóm có nguồn gốc trong thiên nhiên và nhóm nhân tạo. Nhóm có nguồn gốc trong thiên nhiên sử dụng các hợp chất cơ bản có trong thiên nhiên, hoặc giữ nguyên thành phần hóa học như: vải sợi, giấy, sơn vecni, bitum...hoặc biến đổi hóa học như: cao su, xenluloit, phíp, lụa...Nhóm nhân tạo thường được gọi là nhựa nhân tạo, gồm có: nhựa phenol, nhựa amino, nhựa polieste, poli amit, poliuret an, nhựa epoxi, xilicon, polietilen, vinyl v.v...

Trong kỹ thuật điện, khi lựa chọn các vật liệu cách điện, thì trước tiên chúng ta phải biết trạng thái vật lý, hình dáng và phương pháp gia công của vật liệu mà chúng ta cần sử dụng đồng thời phải nắm đầy đủ tính chất điện, lý hoá cần thiết.

**❖ Vật liệu cách điện vô cơ:**

Vật liệu cách điện vô cơ: gồm các chất khí, các chất lỏng không cháy, các loại vật liệu như: sứ gốm, thủy tinh, mica, amiăng v.v...

**2.2.3. Phân loại theo tính chịu nhiệt:**

Phân loại vật liệu cách điện theo tính chịu nhiệt là cách phân loại rất cơ bản. Khi lựa chọn vật liệu cách điện, trước tiên ta phải biết vật liệu có khả năng chịu nhiệt theo cấp nào trong số bảy cấp chịu nhiệt của vật liệu cách điện theo bảng sau: (bảng 2.1).

**Bảng 2.1: Các cấp chịu nhiệt của vật liệu cách điện**

Cấp cách điện	Nhiệt độ cho phép (°C)	Các vật liệu cách điện chủ yếu
Y	90	Giấy, vải sợi, lụa, phíp, cao su, gỗ và các vật liệu tong tự, không tẩm và ngâm trong vật liệu cách điện lỏng. Các loại nhựa như: nhựa polietilen, nhựa polistiro, vinyl clorua, anilin...
A	105	Giấy, vải sợi, lụa được ngâm hay tẩm dầu biến áp. Cao su nhân tạo, nhựa polieste, các loại sơn cách điện có dầu làm khô, axetyl, tẩm gỗ dán, êmây gốc sơn nhựa dầu.
E	120	Nhựa tráng polivinylphocman, poli amit, eboxi. Giấy ép hoặc vải có tẩm nha phenolfocmandehit (gọi chung là bakelit giấy).

		Nhựa melaminfocmandehit có chất độn xenlulo, tectôlit. Vải có tấm poliamit. Nhựa poliamit, nhựa phenol - phurol có độn xenlulo, nhựa êboxi.
B	130	Nhựa polieste, amiăng, mica, thủy tinh có chất độn. Sơn cách điện có dầu làm khô, dùng ở cá bộ phận không tiếp xúc với không khí. Sơn cách điện alkit, sơn cách điện từ nhựa phenol. Các loại sản phẩm mica (micanit, mica màng mỏng). Nhựa phenol-phurol có chất độn khoáng. Nhựa eboxi, sợi thủy tinh, nhựa melamin focmandehit, amiăng, mica, hoặc thủy tinh có chất độn.
F	155	Sợi amiăng, sợi thủy tinh không có chất kết dính. Bao gồm micanit, êpoxi poliête chịu nhiệt, silíc hữu cơ.
H	180	Xilicon, sợi thủy tinh, mica có chất kết dính, nhựa silíc hữu cơ có độ bền nhiệt đặc biệt cao.
C	Trên 180	Gồm các vật liệu cách điện vô cơ thuần túy, hoàn toàn không có thành phần kết dính hay tấm. Chất vật liệu cách điện oxit nhôm và florua nhôm. Micanit không có chất kết dính, thủy tinh, sứ. Politetraflotilen, polimonoclortrifloetilen, ximăng amiăng v.v..

### 2.3. Tính chất chung của vật liệu cách điện.

Vật liệu cách điện có ý nghĩa cực kỳ quan trọng đối với kỹ thuật điện hơn nữa vật liệu cách điện có nhiều chủng loại khác nhau và ngay trong mỗi loại, do đặc tính kỹ thuật và công nghệ chế tạo cũng có nhiều vật liệu cách điện khác nhau.

#### 2.3.1. Tính hút ẩm của vật liệu cách điện:

Các vật liệu cách điện nói chung ở mức độ ít hay nhiều đều hút ẩm vào bên trong từ môi trường xung quanh hay thấm ẩm tức là cho hơi nước xuyên qua chúng. Khi bị thấm ẩm các tính chất cách điện của vật liệu cách điện bị giảm nhiều.

#### 2.3.2. Tính chất cơ học của vật liệu cách điện.

Các chi tiết bằng vật liệu cách điện trong các thiết bị điện khi vận hành ngoài sự tác động của điện trường còn phải chịu tác động của phụ tải cơ học nhất định. Vì vậy khi chọn vật liệu cách điện cần phải xem xét tới độ bền cơ của các vật liệu và khả năng chịu đựng củ chúng mà không bị biến dạng.

##### a) Độ bền chịu kéo, chịu nén và uốn.

Các dạng đơn giản nhất của phụ tải tĩnh cơ học: nén, kéo và uốn được nghiên cứu trên cơ sở quy luật cơ bản ở giới hạn sức bền vật liệu. Trị số của độ bền chịu kéo ( $\sigma_k$ ), chịu nén ( $\sigma_n$ ), và uốn ( $\sigma_u$ ), được đo bằng kG/cm<sup>2</sup> hoặc trong hệ SI bằng N/m<sup>2</sup>, ( $1 \text{ N/m}^2 \approx 10^{-5} \text{ kG/cm}^2$ ). Các vật liệu kết cấu không đẳng hướng (vật liệu có nhiều lớp, sợi v.v...) có độ bền cơ học phụ thuộc vào phương tác dụng của tải trọng theo các hướng không gian khác nhau thì có độ bền khác nhau.

**b) Tính giòn:** nhiều vật liệu giòn tức là trong khi có độ bền tương đối cao đối với phụ tải tĩnh thì lại dễ bị phá hủy bởi lực tác động bất ngờ đặt vào. Để đánh giá khả năng của vật liệu chống lại tác động của phụ tải động người ta xác định ứng suất dai va đập.

Polietylen có ứng suất dai va đập rất cao  $\sigma_{vd} > 100 \text{ kG.cm/cm}^2$ , còn với vật liệu gốm và mica chỉ khoảng  $(2 \div 5) \text{ kG.cm/cm}^2$ . Việc kiểm tra độ giòn và độ dai va đập rất quan trọng đối với vật liệu cách điện trong trang bị điện của máy bay.



c) **Độ cứng:** độ cứng vật liệu là khả năng của bề mặt vật liệu chống lại biến dạng gây nên bởi lực nén truyền từ vật có kích thước nhỏ vào nó. Độ cứng được xác định theo nhiều phương pháp khác nhau:

d) Theo thang khoáng vật hay là thang thập phân quy ước của độ cứng. Nếu ta quy ước hoạt thạch là một đơn vị thì thạch cao có độ cứng là 1,4; apatit là 44, thạch anh là 1500; hoàng ngọc (topa) là 5500; kim cương là 5.000.000.

e) **Độ nhớt:** đối với vật liệu cách điện thể lỏng hoặc nửa lỏng như dầu, sơn, hỗn hợp tráng, tẩm, dầu biến áp v.v...thì độ nhớt là một đặc tính cơ học quan trọng. Có ba khái niệm độ nhớt của chất lỏng như sau:

- Độ nhớt động lực học ( $\eta$ ) hay còn gọi là hệ số ma sát bên trong của chất lỏng
- Độ nhớt động học ( $\nu$ ) bằng tỉ số độ nhớt động lực học của chất lỏng và mật độ của nó:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (2.1)$$

Trong đó:

- +  $\rho$  là mật độ của chất lỏng
- +  $\eta$  là độ nhớt động lực học của chất lỏng.
- Độ nhớt tương đối theo Angle: đây là độ nhớt đo bằng tỉ số giữa thời gian chảy từ nhớt kế Angle của 200ml chất lỏng (ở nhiệt độ thí nghiệm cho trước)

### 2.3.3. Độ bền nhiệt

Độ bền nhiệt của vật liệu cách điện vô cơ thường được xác định theo điểm bắt đầu biến đổi tính chất điện. Ví dụ như: tgđ tăng rõ rệt hay điện trở suất giảm. Đại lượng độ bền nhiệt được đánh giá bằng trị số nhiệt độ (đo bằng  $^{\circ}\text{C}$ ) xuất hiện sự biến đổi tính chất.

Độ bền nhiệt của vật liệu cách điện hữu cơ thường được xác định theo điểm bắt đầu biến dạng cơ học kéo hoặc uốn. Đối với các điện môi khác có thể xác định độ bền nhiệt theo các đặc tính điện.

Nâng cao nhiệt độ làm việc của cách điện có ý nghĩa rất quan trọng. Trong các nhà máy điện và thiết bị điện việc nâng cao nhiệt độ cho phép ta sẽ nhận được công suất cao hơn khi kích thước không đổi, hoặc giữ nguyên công suất thì có thể giảm kích thước, trọng lượng và giá thành của thiết bị ...Theo quy định của IEC (hội kỹ thuật điện quốc tế) các vật liệu cách điện được phân theo các cấp chịu nhiệt sau đây: (Bảng 2.2)

**Bảng 2.2: Phân cấp vật liệu cách điện theo độ bền nhiệt**

Ký hiệu cấp chịu nhiệt	Nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép ( $^{\circ}\text{C}$ )	Ký hiệu cấp chịu nhiệt	Nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép ( $^{\circ}\text{C}$ )
Y	90	P	155
A	105	H	180
E	120	C	>180
B	130		

\* Các vật liệu cách điện tương ứng với các cấp chịu nhiệt được cho trong bảng 2.1.

+ **Sự giãn nở nhiệt:** Sự giãn nở nhiệt của vật liệu cách điện cũng như các vật liệu khác cũng thường được quan tâm khi sử dụng vật liệu cách điện.

**Bảng 2.3: Hệ số giãn nở dài theo nhiệt độ**

Tên vật liệu	$\alpha_l \cdot 10^6$ ( $^{\circ}\text{đ}^{-1}$ )	Ghi chú
- Thủy tinh	0,55	

- Sứ cao tần	4,5	
- Steatit	7	
- Phenolformalđêhit và các chất dẻo có độn khác.	25 ÷ 70	Chất hữu cơ
- Tấm chất dẻo clorua polivinyl	70	
- Polistirol	60 ÷ 80	
- Polietilen	100	

Các điện môi vô cơ có hệ số giãn nở dài theo nhiệt độ bé nên các chi tiết chế tạo từ vật liệu vô cơ có kích thước ổn định khi nhiệt độ thay đổi. Ngược lại, ở các vật liệu cách điện hữu cơ hệ số giãn nở dài có trị số lớn gấp hàng trăm lần so với vật liệu cách điện vô cơ. Khi sử dụng trong điều kiện nhiệt độ thay đổi cần chú ý đến tính chất này của vật liệu để tránh trường hợp xấu xảy ra.

### 2.3.4. Tính chất hóa học của vật liệu cách điện.

Chúng ta phải nghiên cứu tính chất hóa học của vật liệu cách điện vì:

❖ Độ tin cậy của vật liệu cách điện cần phải đảm bảo khi làm việc lâu dài: nghĩa là không bị phân hủy để giải thoát ra các sản phẩm phụ và không ăn mòn kim loại tiếp xúc với nó, không phản ứng với các chất khác (khí, nước, axit, kiềm, dung dịch muối v.v...). Độ bền đối với tác động của các vật liệu cách điện khác nhau thì khác nhau.

❖ Khi sản xuất các chi tiết có thể gia công vật liệu bằng những phương pháp hóa công khác nhau: dính được, hòa tan trong dung dịch tạo thành sơn.

Độ hòa tan của vật liệu rắn có thể đánh giá bằng khối lượng vật liệu chuyển sang dung dịch trong một đơn vị thời gian từ một đơn vị thời gian tiếp xúc giữa vật liệu với dung môi.

### 2.3.5. Hiện tượng đánh thủng điện môi.

Trong điều kiện bình thường, vật liệu cách điện có điện trở rất lớn nên nó làm cách ly các phần mang điện với nhau. Nhưng nếu các vật liệu này đặt vào môi trường có điện áp cao thì các môi liên kết bên trong của vật liệu sẽ bị phá hủy làm nó mất tính cách điện đi. Khi đó, người ta nói vật liệu cách điện đã bị đánh thủng.

Giá trị điện áp đánh thủng ( $U_{dt}$ ) được tính :

$$U_{dt} = E_{bd} \cdot d$$

(2.2)

Trong đó:

-  $E_{bd}$ : độ bền

cách điện của vật liệu (kV/mm).

-  $d$ : độ dày của tấm vật liệu cách điện (mm)

-  $U_{dt}$  : điện áp đánh thủng (kV).

### 2.3.6. Độ bền cách điện.

Giới hạn điện áp cho phép mà vật liệu cách điện còn làm việc được, được gọi là độ bền cách điện của vật liệu.

Độ bền cách điện của vật liệu phụ thuộc vào bản chất của vật liệu. Giá trị độ bền cách điện của một số vật liệu được cho trong bảng sau: (bảng 2.4).

**Bảng 2.4: Độ bền cách điện của một số vật liệu cách điện.**

Vật liệu	Độ bền cách điện $E_{bd}$ [kV/mm]	Giới hạn điện áp an toàn $\varepsilon$
Không khí	3	1
Giấy tẩm dầu	10 ÷ 25	3,6
Cao su	15 ÷ 20	3 ÷ 6
Nhựa PVC	32,5	3,12
Thuỷ tinh	10 ÷ 15	6 ÷ 10
Mica	50 ÷ 100	5,4
Dầu máy biến áp	5 ÷ 18	2 ÷ 2,5
Sứ	15 ÷ 20	5,5
Cáctông	8 ÷ 12	3 ÷ 3,5

Như vậy để vật liệu làm việc an toàn mà không bị đánh thủng thì điện áp đặt vào vật phải bé hơn  $U_{dt}$  một số lần tùy vào các vật liệu khác nhau.

Tỉ số giữa điện áp đánh thủng và điện áp cho phép vật liệu còn làm việc gọi là hệ số an toàn ( $\varepsilon$ ).

$$\varepsilon = \frac{U_{dt}}{U_{cp}} \quad (2.3)$$

Với:

- $U_{dt}$ : điện áp đánh thủng (kV).
- $U_{cp}$ : điện áp cho phép vật liệu làm việc [kV]
- $\varepsilon$ : giới hạn an toàn, phụ thuộc vào bản chất vật liệu.

#### **2.4. Tính chọn vật liệu cách điện.**

Khi cần chọn lựa vật liệu cách điện, người ta căn cứ vào các tiêu chuẩn sau đây:

+ Độ cách điện:

Tùy vào điện áp làm việc của thiết bị, người ta chọn loại vật liệu có bề dày thích hợp, sao cho vật liệu làm việc an toàn mà không bị đánh thủng. Ta áp dụng công thức (2.2) và (2.3) để tính toán.

+ Độ bền cơ: tùy vào điều kiện làm việc của thiết bị mà ta chọn vật liệu cách điện có độ bền cơ thích hợp.

+ Độ bền nhiệt:

Căn cứ vào sự phát nóng khi thiết bị làm việc, người ta sẽ chọn các loại vật liệu cách điện có nhiệt độ cho phép phù hợp.

Ví dụ: Các vật liệu cách điện các dụng cụ đốt nóng (bàn ủi (bàn là), nồi cơm điện) thường dùng vật liệu từ cấp B trở lên.

#### **2.5. Hư hỏng thường gặp.**

Các loại vật liệu cách điện được sử dụng để cách điện cho máy điện, thiết bị điện và khí cụ điện lâu ngày sẽ bị hư hỏng và ta thường gặp các dạng hư hỏng sau:

- Hư hỏng do điện: do các máy điện, thiết bị điện và khí cụ điện khi làm việc với các đại lượng, thông số vượt quá trị số định mức như: các đại lượng về dòng điện, điện áp, công suất v.v... làm cho vật liệu cách điện giảm tuổi thọ hoặc bị đánh thủng.

- Hư hỏng do bị già hóa của vật liệu cách điện: trong quá trình làm việc các loại vật liệu cách điện đều bị ảnh hưởng của các điều kiện của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm và hơi nước v.v.... Làm cho các vật liệu cách điện giảm tính chất cách điện của chúng đi và dễ bị đánh thủng.

- Hư hỏng do các lực tác động từ bên ngoài: các vật liệu cách điện khi bị lực tác động từ bên ngoài có thể làm hư hỏng ví dụ lớp emay trên các dây điện từ có đường kính tương đối lớn nếu bị uốn cong với bán kính nhỏ sẽ làm lớp cách điện bằng bị vỡ hoặc khi vào dây không cẩn thận làm lớp cách điện bị trầy xước hoặc là khi lột cách điện không cẩn thận làm gãy hoặc rách cách điện v.v...

- Hư hỏng do sự mài mòn giữa các bộ phận: các chi tiết khi làm việc tiếp xúc và có sự chuyển động tương đối với nhau thì sẽ bị hư hỏng do sự mài mòn và dễ bị đánh thủng v.v...

## **2.6. Một số vật liệu cách điện thông dụng.**

### **2.6.1. Vật liệu sợi.**

Vật liệu cách điện sợi được chế tạo bằng vật liệu hữu cơ như: gỗ, giấy, phíp, vải bông và vật liệu vô cơ như: amiăng, sợi thủy tinh. Vật liệu cách điện hữu cơ rất xốp thể tích lỗ xốp chiếm (40 ÷ 50)%. Do đó độ ngấm ẩm lớn.

Để nâng cao tính năng cách điện của vật liệu này cần phải sấy và tẩm dầu cách điện.

### **2.6.2. Giấy và các tông.**

Là những vật liệu hình tấm hoặc quấn lại bằng cuộn có cấu tạo xơ ngắn, thành phần chủ yếu là xenlulô được dùng phổ biến làm cách điện trong máy điện, máy biến áp, khí cụ điện, giấy và cát tông được sản xuất từ vật liệu sợi hữu cơ như gỗ, bông vải, tơ lụa... Vật liệu vô cơ như: amiăng, thủy tinh.

Một số giấy có công dụng lớn đối với kỹ thuật điện đó là:

#### **a) Giấy cáp:**

Được dùng làm cách điện của cáp điện lực, có các ký hiệu sau:

K - 080; K - 120; K - 170; KM - 120; KB - 030; KB - 045; KB - 080; KB - 120;

KBY - 015...KBY - 120; KBM - 080... KBM - 240.

Trong ký hiệu: K thuộc về cáp;

M: nhiều lớp.

B: điện áp cao.

Y: được ép chặt.

Còn các con số là định mức chiều dày

Vì chất cách điện của cáp có tẩm chất nhốt bị hóa già nên loại cáp này chỉ làm việc lâu dài trong điện trường có cường độ thấp (3 ÷ 4) kV/mm.

- Giấy cáp điện thoại.

- Giấy tụ điện: loại giấy này khi đã được tẩm làm điện môi cho tụ điện giấy, có hai loại giấy làm tụ điện: KOH là loại giấy làm tụ điện thông thường và silicon là loại giấy làm tụ động lực. Giấy làm tụ điện thường được sản xuất thành từng cuộn có chiều rộng từ 12 đến 750mm. Những đặc tính giấy làm tụ điện có chiều dày 15μm được cho trong bảng sau: (bảng 2.5).

### **Bảng 2.5: Đặc tính của giấy làm tụ điện có chiều dày 15μm**

Các đặc tính	Loại và nhãn hiệu giấy				
	KOH - I	KOH - II	Silicon - 0,8	Silicon - 1	Silicon - 2
Điện áp đánh thủng của giấy khô, (V) không nhỏ hơn	430	450	420	460	490
Tgđ của giấy khô không quá:					
- ở 60 <sup>0</sup> C	0,0016	0,0018	0,0009	0,0012	0,0015
- ở 100 <sup>0</sup> C	0,0028	0,0035	0,0010	0,0015	0,0020
Số lượng điểm có tạp chất dẫn điện trên 1m <sup>2</sup>	100	130	10	15	30

### b) Các tông cách điện:

Có hai loại các tông được sử dụng:

- + Loại để ngoài không khí cứng và đàn hồi dùng làm cách điện ở trong không khí (lót vào rãnh của máy điện, các lõi cuộn dây, các vòng đệm v.v...)
- + Loại dùng trong dầu có cấu trúc xốp và mềm hơn được dùng chủ yếu trong dầu máy biến áp.

#### 2.6.3. Phíp.

Là một loại giấy được ngâm trong dung dịch clorua kẽm (ZnCl<sub>2</sub>) nóng rồi đem quấn vào một tang quay bằng thép để có được chiều dày cần thiết, rồi được đem ép và trải qua quá trình gia công thành một vật liệu mịn thuần nhất gọi là phíp, phíp được dùng chủ yếu để chế tạo các chi tiết cách điện có hình dạng phức tạp.

Màu của phíp có thể là đen, nâu, đỏ v.v... đó là màu của giấy dùng để sản xuất ra phíp. Tính chất cơ của phíp khá tốt:  $\sigma_{kéo} = (550 \div 0750) \text{ kG/cm}^2$ ,  $\sigma_{nén} = (1500 \div 2000) \text{ kG/cm}^2$ ,  $\sigma_{uốn} = (800 \div 1000) \text{ kG/cm}^2$  ứng suất dai va đập vào khoảng  $(20 \div 30) \text{ kGcm/cm}^2$ . Phíp dễ gia công, cưa, cắt, bào, tiện, ren, vít được. Ngâm phíp vào nước nóng nó sẽ mềm đến mức có thể định hình được. Tỉ trọng của phíp là  $(1 \div 1,5) \text{ G/cm}^2$ , tỉ trọng của phíp càng cao thì đặc tính cơ và tính cách điện càng cao. Nhược điểm của phíp là độ hao nước cao  $(50 \div 60)\%$ . Khi độ ẩm môi trường xung quanh cao thì các chi tiết làm bằng phíp dễ bị biến dạng và khi đó sẽ tạo ra điện dẫn điện phân lớn. Để giảm độ hao nước của phíp có thể tẩm phíp bằng dầu biến áp hoặc prafin v.v...

#### 2.6.4. Amiăng.

Là tên thường gọi của nhóm khoáng vật, có cấu trúc xơ, amiăng có ưu điểm chịu được nhiệt độ cao, ở nhiệt độ mà các xơ hữu cơ khác hoàn toàn bị phá hủy thì amiăng vẫn còn bền và uốn được. Khi nhiệt độ từ  $(300 \div 400)^{\circ}\text{C}$  thì amiăng mất đi độ bền cơ.

Amiăng rất thấm nước nên khi sử dụng phải tẩm. Loại amiăng thông thường (crizotin) có thể hòa tan trong axit ngoại trừ một vài loại đặc biệt rất hiếm lại có tính chịu được axit. Tính cách điện của amiăng không cao lắm nên không được dùng cách điện trong điện cao thế và cao tần. Điện trở suất của khối amiăng là  $10^{10} \div 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ .

Để phù hợp với yêu cầu sử dụng người ta sản xuất amiăng thành giấy, vải, băng.....

#### 2.6.5. Ximăng amiăng.

Ximăng amiăng được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện, là một chất dẻo được ép nguội. Thành phần chủ yếu là các chất vô cơ, trong đó chất độn là amiăng, còn chất kết dính là ximăng. Ximăng amiăng được sản xuất ra thành tấm, ống và các sản phẩm theo hình mẫu. Có độ bền cơ không cao lắm và chịu nhiệt tốt, chịu được sự phóng điện của

hồ quang nhưng tính cách điện thấp và hút ẩm. Thường được dùng làm bảng phân phối, tấm chắn ngăn các buồng dập hồ quang.

#### 2.6.6. Gỗ và tre.

Cần phải được xử lý chống ẩm, chống nấm mốc trước khi dùng. Tre, gỗ được dùng phổ biến làm nệm cách điện trong máy điện, tre được sấy khô ở nhiệt độ  $100^{\circ}\text{C}$  từ  $(4 \div 5)$  giờ sau đó nấu trong dầu ở nhiệt độ từ  $(125 \div 130)^{\circ}\text{C}$  trong 3 giờ cuối cùng để nguội trong dầu 24 giờ sau đó cho dầu chảy bớt và tiến hành sấy ở nhiệt độ  $105^{\circ}\text{C}$  trong 6 giờ sấy xong được tẩm parapin, làm tăng khối lượng  $(60 \div 70)\%$  độ bền cách điện tăng từ  $(1,5 \div 2)$  lần. Gỗ tre có cấu tạo liên kết sợi theo thớ dọc, do đó rất dễ bị ngấm ẩm, cần quét lớp sơn bảo vệ. Đối với các máy điện làm việc vùng nhiệt đới có độ ẩm cao nên dùng nệm bằng bakêlít.

#### 2.6.7. Băng cách điện.

Các loại vải lụa, amiăng mạ trắng thủy tinh thường được dùng để bảo vệ các cuộn dây máy điện. Băng amiăng được làm từ các sợi amiăng đàn hồi có chứa oxít sắt dùng làm băng bảo vệ cho các cuộn dây của máy điện, điện áp từ 6 kV trở lên. Các loại này trước khi sử dụng phải tẩm sơn, sau khi tẩm độ chịu nhiệt sẽ giảm, băng thủy tinh có độ chịu nhiệt, chịu ẩm tốt hơn loại trên.

#### 2.6.8. Vải sơn cách điện.

Là loại vải bông, lụa, thủy tinh có tẩm sơn, có độ đàn hồi và độ mềm được dùng làm cách điện rãnh của các máy điện có điện áp thấp. Trong các máy điện có điện áp cao vải sơn được dùng làm cách điện ở các đầu dây quấn, cách điện giữa các cuộn dây, ngoài ra vải sơn còn được dùng cách điện cho các bộ phận bị uốn cong nhiều. Độ bền điện của loại băng sợi bông có trị số khoảng  $(35 \div 50)\text{kV/mm}$ , loại băng tơ  $(55 \div 90)\text{kV/mm}$ . Vải sơn cách điện thường được sản xuất ở dạng cuộn rộng  $(700 \div 1000)\text{mm}$ , chiều dày của vải cách điện là  $(0,15 \div 0,24)\text{mm}$ . Gần đây có khuynh hướng thay thế vải sơn và giấy sơn cách điện bằng vật liệu cách điện dẻo đó là màng dẻo.

#### 2.6.9. Chất dẻo

Chất dẻo là loại vật liệu được dùng rộng rãi trong kỹ thuật cũng như trong đời sống. Đặc điểm của chất dẻo là dưới tác dụng của sức ép từ bên ngoài sẽ nhận được hình dáng đã định trước của khuôn ép để chế tạo ra các sản phẩm. Trong kỹ thuật điện người ta thường dùng chất dẻo để làm vật liệu cách điện cũng như dùng làm các kết cấu thuần túy.

**a. Hêtinắc:** được sản xuất ra bằng cách ép nóng giấy đã được tẩm nhựa bakêlít. Hêtinắc có khối lượng riêng từ 1,25 đến 1,4  $\text{G/cm}^3$ . Độ bền điện cao khoảng  $(20 \div 25)\text{kV/mm}$ ,  $\epsilon = 5 \div 6$  Hêtinắc được sử dụng trong việc chế tạo các thiết bị và dụng cụ điện cao áp và hạ áp. Ngoài ra, Hêtinắc cũng được sử dụng trong kỹ thuật thông tin.

**b. Téctôlít:** Được sản xuất ra bằng cách ép nóng vải đã được tẩm nhựa bakêlít, nó cũng tương tự Hêtinắc nhưng có giới hạn bền kéo dọc và ứng suất dai và đập theo chiều thẳng góc với lớp cách điện không cao hơn Hêtinắc nhưng độ bền nhiệt cao hơn.

Trong những năm gần đây người ta đã chế tạo được nhiều loại chất dẻo nhiều lớp có đặc tính cách điện, độ bền cơ và độ chịu nhiệt cao. Chất kết dính dùng trong các chất dẻo ấy là nhựa polieste, êpoxi, nhựa poliimít, nhựa silíc hữu cơ và các loại nhựa khác. Thành phần tạo thành là tổ hợp cách điện compozit có đặc tính cách điện và độ bền cơ rất cao, chịu được ẩm, ứng dụng nhiều trong các thiết bị điện cao áp. Những đặc tính của Hêtinắc, Téctôlít, Téctôlít thủy tinh được cho trong bảng sau: (Bảng 2.6)

**Bảng 2.6: Đặc tính của Hêtinăc, Têctôlít, Têctôlít thủy tinh**

Các đặc tính	Hêtinăc		Têctôlít	Têctôlít
	A	B	B	-
Giới hạn bền kéo theo chiều dọc, kG/cm <sup>2</sup> , không nhỏ hơn.	800	1000	650	900
Giới hạn bền uốn theo chiều thẳng góc với lớp cách điện, kG/cm <sup>2</sup> , không nhỏ hơn.	1000	1300	1200	1100
ứng suất dai va đập theo chiều thẳng góc với lớp cách điện, kG/cm <sup>2</sup> , không dưới.	13	20	25	50
Độ bền nhiệt °C không thấp hơn	150	150	125	185
Điện trở suất khối $\rho_v$ ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) không dưới	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^9$	$10^{10}$

+ **Cáp rôn:** Vật liệu có tính chịu hồ quang cao được dùng chế tạo làm khung cuộn dây, màng và sợi cách điện.

+ **Cáp san:** Vật liệu trong suốt theo dạng màng cách điện thường dùng để cách điện rãnh máy điện hạ áp và trong tụ điện.

+ **Polyfocmandêhit:** Vật liệu rắn, cứng có tính chống mài mòn chống ma sát cao. Các chi tiết được chế tạo bằng chất này được thực hiện bằng cách đúc áp lực.

#### 2.6.10. Nhựa cách điện:

Nhựa là tên gọi của một nhóm các vật liệu có nguồn gốc và bản chất rất khác nhau nhưng có một số đặc điểm giống nhau về bản chất hóa học cũng như tính chất vật lý. ở nhiệt độ thấp nó là những chất vô định hình. Khi ở nhiệt độ cao nhựa mềm ra trở thành dẻo và sau đó hóa lỏng. Như vậy, nhiệt độ hóa lỏng của nhựa không thể hiện rõ rệt. Phần lớn các loại nhựa được sử dụng trong kỹ thuật cách điện không hòa tan trong nước và ít hút ẩm, nhưng chúng lại hòa tan trong các dung môi hữu cơ thích hợp. Thông thường nhựa có tính kết dính và khi chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn nhựa sẽ gắn chặt vào vật rắn tiếp xúc với nó. Trong kỹ thuật cách điện nhựa được dùng làm thành phần quan trọng của các loại sơn, các hỗn hợp, các chất dẻo, các vật liệu xơ nhân tạo và xơ tổng hợp...

Dựa theo nguồn gốc của các loại nhựa, người ta chia ra thành các loại nhựa tự nhiên, nhựa nhân tạo và nhựa tổng hợp.

Nhựa tự nhiên là những chất do một số động vật (cánh kiến) hoặc các loại cây có nhựa (nhựa thông) tiết ra.

Trong những năm gần đây nhựa nhân tạo và nhựa tổng hợp trở nên rất quan trọng đối với kỹ thuật cách điện. Dựa theo bản chất hóa học, nhựa tổng hợp được chia nhỏ thành nhựa trùng hợp và nhựa trùng ngưng (ngưng tụ). Đa số các loại nhựa tổng hợp là loại nhiệt dẻo, còn các loại trùng ngưng có thể là loại nhiệt cứng (ví dụ nhựa poliamít, nhựa nôvôlac...). Về mặt cách điện thì nhựa tổng hợp có ưu điểm hơn.

#### a) Nhựa tổng hợp:

##### ❖ Pôliêtilen:

Pôliêtilen có đặc tính cơ tốt, có độ trong suốt cao đối với các tia sáng nhìn thấy được và các tia cực tím, chịu được axit và kiềm. Pôliêtilen dùng để làm cách điện cho cáp điện tần số cao và cáp điện lực điện áp cao làm việc trong môi trường ẩm. Nhược điểm là khả năng chịu nhiệt không cao, ở nhiệt độ bình thường pôliêtilen không bị hòa tan với bất cứ dung môi nào.

❖ **Pôliprôpilen:**

Pôliprôpilen là một chất trùng hợp mới có tỉ trọng  $(0,90\div 0,91)\text{G/cm}^3$ , rất dẻo. Tính chất cách điện của nó tương đương với pôliêtilen, nhưng độ bền nhiệt cao hơn nhiều. Nhiệt độ hóa dẻo khoảng  $(165\div 170)^\circ\text{C}$ .

❖ **Nhựa PVC:** (polivinylclorua).

Là hợp chất cao phân tử, được trùng hợp từ vinylclorua  $[\text{C}_2\text{H}_3\text{CL};(\text{CH}_2=\text{CHCL})_n]$ , chịu được tác dụng của acid, kiềm, nước, dầu... Dùng làm vỏ bọc dây dẫn điện, cáp điện, đầu ra các thiết bị điện, vỏ bình accu...

❖ **Pôliizôbutilen:**

Pôliizôbutilen là chất trùng hợp từ izôbutilen  $(\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ , cao phân tử. Pôliizôbutilen là một chất giống cao su và rất dính. Nó có tính chịu lạnh tốt (ở nhiệt độ âm  $80^\circ\text{C}$ ) vẫn giữ được tính dẻo. Tỉ trọng của pôliizôbutilen là  $(0,91\div 0,93)\text{G/cm}^3$ , có độ bền hóa học và độ hút ẩm nhỏ.

❖ **Pôlistirol:**

Pôlistirol nhận được bằng cách trùng hợp stirol. Stirol là sản phẩm phụ khi chưng khô than đá. Stirol rất dễ trùng hợp ngay cả khi để nó ở nhiệt độ bình thường, trong bóng tối không cần chất xúc tác. Pôlistirol trong suốt, giống như thủy tinh dạng khối mang hình dạng của bình chứa nó hoặc là trong nhũ tương (pôlistirol nhũ tương). Pôlistirol có thể đem chế biến như chất dẻo hoặc cũng có thể gia công bằng cơ khí. Pôlistirol nhũ tương có tính chất cách điện và tính chịu nhiệt thấp hơn pôlistirol khối song không nhiều.

+ **Nhược điểm:**

- Ở nhiệt độ thấp thì khá giòn, dễ tạo ra vết nứt trên bề mặt.
- Kém bền đối với dung môi nhất là hydro cacbon lỏng.
- Tính chịu nhiệt không cao  $(70\div 80)^\circ\text{C}$ .

+ **Công dụng:** Dùng làm điện môi trong kỹ thuật cao tần, vì có tổn hao điện môi bé. Nó dùng làm vỏ bọc các cuộn dây, các chi tiết và cách điện cáp cao tần, cũng được dùng làm sơn và hỗn hợp cách điện, màng mỏng để chế tạo tụ điện ...

❖ **Pôliacrilat:** là chất trùng hợp các este của axit acrylic, là điện môi chịu lạnh, chịu dầu và chịu kiềm tốt. Người ta còn gọi nó là “thủy tinh hữu cơ” đó là vật liệu không màu, trong suốt được dùng làm vật liệu kỹ thuật cách điện kết cấu, vật liệu cho các tạp phẩm khác nhau... được dùng làm vật liệu đập hồ quang trong các cầu chì cao áp hay chống sét ống.

❖ **Nhựa êpoxi:** Nhựa êpoxi được đặc trưng bởi nhóm êpoxi. Nó là chất lỏng nhớt có thể hòa tan trong axêton và trong các dung môi thích hợp khác. Nhựa êpoxi có thể được bảo quản lâu dài ở dạng tinh khiết mà không bị biến chất. Nhưng sau khi cho chất đóng rắn vào thì nhựa êpoxi cứng lại khá nhanh, đồng thời chuyển thành cấu trúc không gian. Tùy vào loại chất đóng rắn mà sự hóa cứng của êpoxi có thể diễn ra ở nhiệt độ bình thường hay phải đun nóng từ  $(80\div 150)^\circ\text{C}$  và áp suất bình thường hay áp suất cao. Khi đóng rắn ở áp suất cao, thu được chất cách điện có độ bền cơ cao hơn. Khi cứng lại độ co ngót



của nhựa êpoxi khá nhỏ (0,5-2)%, lực bám dính rất cao (bám vào nhiều loại vật liệu khác nhau như: chất dẻo, thủy tinh, sứ, kim loại...), đó chính là ưu điểm của nhựa êpoxi.

❖ **Nhựa fênofocmandêhyt:** Người ta có thể chế tạo ra nhựa fênofocmandêhyt loại nhiệt cứng và nhiệt dẻo. Cứ một phân tử gam fêno thì có ít nhất một phân tử gam focmandêhyt tham gia vào phản ứng tạo thành nhựa nhiệt cứng và có tên gọi Bakêlít.

Bakêlít là chất cách điện nhiệt cứng tốt. Vật liệu cách điện bằng Bakêlít có độ bền cơ học cao, ít co giãn, nhưng nhược điểm là dễ tạo vết nứt trên bề mặt, nhất là khi bị tác động của hồ quang khi phóng điện. Người ta thường dùng Bakêlít để tẩm gỗ và các vật liệu khác trong việc chế tạo các chất dẻo nhiều lớp.

#### ❖ **Nhựa silíc hữu cơ (silicon)**

Trong thành phần của nhựa silíc hữu cơ, ngoài cacbon là chất đặc trưng cho polime hữu cơ còn có silíc. Silíc là một trong những thành phần cấu tạo quan trọng nhất của nhiều điện môi vô cơ như mica, amiăng, một số thủy tinh, vật liệu gốm v.v... Trong cấu tạo phân tử của silicon có khung silíc ôxy làm nền tảng. Polime hữu cơ là chất nhiệt dẻo. Tính cách điện của các chất hữu cơ khá cao ngay cả khi ở nhiệt độ cao. Nó được sử dụng trong các hỗn hợp với các vật liệu vô cơ có độ bền chịu nhiệt cao (như mica, amiăng, sợi thủy tinh...) ở dạng micanít, vải sơn thủy tinh. Hỗn hợp silíc hữu cơ không thấm nước. Vật liệu silíc hữu cơ khá đắt tiền nên sử dụng bị hạn chế, vật liệu này có độ bền thấp.

#### ❖ **Nhựa Pôlieste:**

Pôlieste là sản phẩm của sự ngưng tụ các loại rượu và axit khác nhau. Nhựa pôlieste bao gồm nhiều loại và có tính chất khác nhau. Các loại nhựa thu được từ các loại rượu hai nguyên tử glicon có hai nhóm hydrôxít – OH trong phân tử và từ các axit hữu cơ hai gốc có hai nhóm các bôxít – COOH trong phân tử là những chất có tính nhiệt dẻo.

#### **b) Nhựa thiên nhiên.**

##### ❖ **Cánh kiến**

Loại nhựa này do một loại côn trùng tiết ra trên các cành cây ở các xứ nóng thuộc vùng nhiệt đới. Người ta thu gom cánh kiến theo kiểu thủ công, làm sạch rồi nấu chảy. Cánh kiến có màu vàng nhạt hoặc nâu, thành phần chủ yếu của cánh kiến là những axit hữu cơ phức tạp. Cánh kiến dễ hòa tan trong rượu cồn nhưng không hòa tan trong hydrôcacbon. Cánh kiến có đặc tính cách điện như sau:  $\epsilon = 3,5$ ,  $\rho_v = (10^{15} \div 10^{16}) \Omega.cm$ ,  $tg\delta = 0,01$ ,  $E_{dt} = 20 \div 30 kV/mm$ . ở  $(50 \div 60)^\circ C$  cánh kiến trở nên dễ uốn và ở nhiệt độ cao hơn thì trở thành dẻo và nóng chảy ra.

##### ❖ **Nhựa thông (colofan).**

Nhựa thông là một loại nhựa giòn có màu vàng hoặc nâu có tên gọi là colofan, có tính cách điện như sau:  $\rho = (10^{14} \div 10^{15}) \Omega.cm$ ,  $E_{dt} = 10 \div 15 kV/mm$  và có hằng số điện môi  $\epsilon$  và  $tg\delta$  phụ thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ hóa dẻo của các loại nhựa thông khác nhau vào khoảng  $(50 \div 70)^\circ C$ . Colofan ôxy hóa từ từ trong không khí, khi đó nhiệt độ hóa dẻo của nó tăng nhưng độ hòa tan lại giảm.

**Bảng 2.7: Đặc tính của các loại nhựa tổng hợp điển hình**

Phân loại nhựa theo bản chất lý hóa của chúng				Tên nhựa	Tỷ trọng G/cm <sup>3</sup>	Giới hạn bền kéo kG/cm <sup>2</sup>	Độ giãn dài khi kéo %	Độ bền nóng °C	Nhiệt độ biến dạng W/độ cm	Hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài TKI 10 <sup>5</sup> $\left(\frac{1}{^{\circ}C}\right)$	Độ thấm nước sau 24 giờ, %	$\rho\Omega \cdot cm$	$\epsilon$	tg $\delta$	E, kV/m
Hữu cơ	Trùng hợp	Nhiệt dẻo	Trùng hợp	P«li«tilen	0,91 Đến 0,97	100- 150	300-750	90- 120	3	16 - 18	0,01	10 <sup>15</sup> - 10 <sup>17</sup>	2,3- 2,3	0,0001- 0,0005	15 - 20
				P«listrol	1,05	350- 600	1-4	70-90	0,8	6 - 8	0,04	10 <sup>16</sup> - 10 <sup>17</sup>	2,4- 2,6	0,0001- 0,0003	20 - 35
				P«títetraflo«tile n	2,3	150- 300	250- 300	250	3,4	10	0,01	10 <sup>17</sup> - 10 <sup>18</sup>	1,9 - 2,2	0,0001- 0,0002	20 - 30
				polivinylclorua	1,4 ĐẾN 1,7	300- 500	50- 150	60-70	0,8	5 - 8	0,1	10 <sup>15</sup> - 10 <sup>16</sup>	3 - 5	0,03 - 0,08	15 - 20
	Đa trùng hợp	Nhiệt cứng	C-cộng	Politylmetacrilat	1,2	400- 700	2 - 10	70- 90	2	9	0,35	10 <sup>13</sup> - 10 <sup>14</sup>	3,5 - 4,5	0,02 - 0,08	20 - 35
Hữu cơ	Đa trùng hợp	Nhiệt cứng	C-cộng	P«liamit	1,1 ĐẾN 1,15	700- 900	90	100- 120	3	10 - 13	1,5	10 <sup>13</sup> - 10 <sup>14</sup>	3 - 4	0,015 - 0,035	15 - 20

c c b	n			Nhà ³poxi	1,1 ®Ön 1,25	800- 900	-	120- 140	2	6 - 6,5	0,1	10 <sup>14</sup> - 10 <sup>15</sup>	3 - 4	0,01 - 0,03	20 - 80
				f³nolfomand³hyt	1,25 ®Ön 1,3	500- 550	1 -1,5	110- 180	2	4 - 7	0,15	10 <sup>13</sup> - 10 <sup>14</sup>	5 - 6,5	0,01 - 0,1	10 - 20
				P«lieste	1,1 ®Ön 1,45	250- 700	5 - 10	110- 150	1,7	8 - 10	0,1 - 0,6	10 <sup>13</sup> - 10 <sup>15</sup>	3 - 4,5	0,02 – 0,02	15 - 20
				SilÝc h³u c³	1,6 ®Ön 1,75	200 - 500	-	180 - 220	0,8	10,5	0,1	10 <sup>13</sup> - 10 <sup>16</sup>	3 - 5	0,01 – 0,03	15 - 20

### 2.6.11. Dầu thực vật

Dầu thực vật rất quan trọng trong kỹ thuật cách điện, đó là những chất lỏng nhớt thu được từ hạt của các loại thực vật khác nhau. Trong số các loại dầu đó cần đặc biệt chú ý tới dầu khô. Dưới tác dụng của ánh sáng và khi tiếp xúc với oxy của không khí cũng như dưới tác dụng của các yếu tố khác dầu khô có khả năng chuyển qua trạng thái rắn. Những màng dầu khô đã cứng lại khá bền đối với tác dụng của dung môi, chúng không hòa tan ngay cả khi được đun nóng trong hydrôcacbon nặng như dầu máy biến áp, vì vậy, chúng có tính chất chịu dầu. Nhưng đối với hydrôcacbon thơm (benzen) thì chúng kém bền hơn, khi đốt nóng lớp màng đã cứng lại vẫn không hóa dẻo. Vì vậy dầu khô là loại nhiệt cứng. Những loại thường được dùng nhất là dầu gai, dầu trẩu, dầu thầu dầu.

❖ **Dầu gai:** là một chất lỏng, màu vàng thu được từ các hạt gai. Tỉ trọng của nó là  $(0,93 \div 0,94)\text{G/cm}^3$ , nhiệt độ đông đặc khoảng  $-20^\circ\text{C}$ .

❖ **Dầu trẩu:** người ta thu được dầu này từ các hạt cây trẩu. Dầu trẩu không ăn được và còn độc hơn dầu gai. So với dầu gai thì dầu trẩu chóng khô hơn và khô đồng đều.

❖ **Dầu thầu dầu:** loại dầu này thu được từ hạt thầu dầu, dùng để tẩm tụ điện giấy. Tỉ trọng của dầu thầu dầu là:  $(0,95 \div 0,9)\text{G/cm}^3$ , nhiệt độ đông đặc từ  $(-10 \text{ đến } -18^\circ\text{C})$ ,  $\varepsilon = (4 \div 4,5)$  ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  và  $\varepsilon = (3,5 \div 4)$  ở nhiệt độ  $90^\circ\text{C}$ ,  $\text{tg}\delta = (0,01 \div 0,03)$  ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$ , và  $\text{tg}\delta = (0,02 \div 0,08)$  ở nhiệt độ  $100^\circ\text{C}$ , độ bền cách điện  $(15 \div 20)\text{kV/mm}$ . Dầu thầu dầu không hòa tan trong étxăng nhưng lại hòa tan trong rượu êtyl. Khác với dầu mỡ, dầu thầu dầu không làm cho cao su phồng lên.

### 2.6.12. Điện môi sáp.

Vật liệu sáp được sử dụng trong kỹ thuật điện là những chất rắn, dễ nóng chảy, màu trắng hay màu vàng tươi, có độ bền cơ thấp và ít hút ẩm. Vật liệu sáp dùng vào việc ngâm tẩm, song chúng có nhược điểm là khi đông đặc thì có độ co ngót lớn, khoảng  $(15 \div 20)\%$ . Vì vậy dễ sinh ra bọt khí trong vật liệu cách điện và làm cho cường độ cách điện của khối điện môi giảm. Để khắc phục được vấn đề này người ta thường tẩm chất cách điện dưới áp suất cao.

❖ **Parafin:** là chất sáp không cực tính, rẻ tiền, được điều chế từ dầu mỏ. Parafin khi đã được làm sạch là một chất kết tinh màu trắng có tỉ trọng là:  $(0,85 \div 0,9)\text{G/cm}^3$  và có nhiệt độ nóng chảy  $(50 \div 55)^\circ\text{C}$ , hằng số điện môi  $\varepsilon = (2,1 \div 2,2)$ , khi nhiệt độ tăng thì  $\varepsilon$  giảm,  $\text{tg}\delta = (0,0003 \div 0,0007)$ , nhưng  $\rho_v$  có trị số lớn hơn  $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ , parafin không thấm nước, độ bền cách điện  $(20 \div 25)\text{kV/mm}$ . ở nhiệt độ bình thường parafin có tính ổn định hóa học cao, nhưng ở nhiệt độ cao dễ bị ôxy hóa trong không khí.

❖ **Serezin:** là hỗn hợp những hydrôcacbon rắn của dãy metan với công thức chung là  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Serezin được sản xuất ra bằng cách làm sạch quặng sáp mỏ (ozokerít), là sản phẩm của sự chuyển hóa tự nhiên dầu mỏ trong điều kiện có không khí. So với parafin thì serezin có nhiệt độ nóng chảy cao hơn  $(65 \div 80)^\circ\text{C}$ , điện trở suất cũng cao hơn,  $\text{tg}\delta$  thấp hơn nhưng giá thành cao hơn parafin, nhưng người ta vẫn dùng nó cho việc tẩm tụ điện giấy và tụ điện mica.

❖ **Vazelin:** là chất gần giống với các chất sáp. ở nhiệt độ thường vazelin chất nửa lỏng dùng để tẩm tụ điện giấy. Vazelin là hỗn hợp của những hydrôcacbon rắn và lỏng thu được từ dầu mỏ.

Điện trở suất  $\rho_v$  không thấp hơn  $5 \cdot 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$  ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  và không dưới  $5 \cdot 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$  ở nhiệt độ  $100^\circ\text{C}$ , có độ bền cách điện không nhỏ hơn  $20 \text{ kV/mm}$ .

### 2.6.13. Sơn và các hợp chất cách điện:

Trong kỹ thuật cách điện, sơn và các hợp chất cách điện có tầm quan trọng rất to lớn, chúng ở dạng lỏng trong quá trình chế tạo cách điện, nhưng sau đó đông rắn lại, khi dùng thì ở trạng thái rắn. Vì vậy sơn và hợp chất cách điện được xếp vào loại vật liệu cách điện rắn.

#### ❖ Sơn:

Là dung dịch keo của nhựa, bitum, dầu khô và các chất trương tự. Các chất này được gọi là nền sơn và được hòa tan trong dung môi bay hơi còn nền sơn chuyển trạng thái rắn tạo thành một màng sơn

Dựa theo cách sử dụng, sơn cách điện có thể chia thành ba nhóm chính: sơn tẩm, sơn phủ và sơn dán.

+ **Sơn tẩm:** dùng để tẩm những chất cách điện xốp và đặc biệt là chất cách điện ở dạng xơ (giấy, bìa, vải, sợi, dây quấn máy điện và thiết bị điện). Sau khi tẩm các lỗ xốp trong chất cách điện không còn chứa khí nữa. Sau khi đã được lấp kín bằng sơn khô, chất cách điện có độ bền điện và độ dẫn nhiệt cao hơn nhiều.

+ **Sơn phủ:** dùng để tạo ra trên bề mặt của vật liệu một lớp màng nhẵn bóng, chịu ẩm và có độ bền cơ học. Người ta dùng loại sơn này quét lên chất cách điện rắn xốp đã được tẩm sơ bộ nhằm cải thiện đặc tính cách điện và làm đẹp mặt ngoài của sản phẩm. Có một số loại sơn phủ (êmay) dùng để quét trực tiếp lên kim loại nhằm tạo ra trên bề mặt của nó lớp cách điện (cách điện dây êmay, lá tôn silic của máy điện và thiết bị điện).

+ **Sơn dán:** dùng để dán các vật liệu lại với nhau (dán mica thành băng hay micanit) hoặc để gắn vật liệu cách điện vào kim loại. Ngoài tính chất cách điện cao, tính hút ẩm ít và có độ bám dính cao.

Trong kỹ thuật điện người ta thường dùng các loại sơn sau:

- **Sơn bakêlít:** là dung dịch hòa tan trong rượu, được dùng để tẩm hoặc dán và dùng rộng rãi trong việc sản xuất Hétinắc, Tectôlít để chế tạo chất cách điện cao áp.

- **Sơn gliptan:** là loại sơn nhiệt cứng có khả năng bám dính rất tốt dùng để dán micamít v v...

- **Sơn silic hữu cơ:** là loại sơn khi sử dụng tạo thành màng sơn chịu nhiệt và chịu ẩm cao.

- **Sơn policlovinyl:** là loại sơn rất bền đối với etxăng, dầu và các chất có hoạt tính hóa học. Được dùng làm sơn phủ.

- **Sơn polistirol:** tạo ra màng và có đặc tính cách điện cao và ít hút ẩm, được dùng trong sản xuất thiết bị tần số cao.

- **Sơn cánh kiến:** được dùng làm sơn dán trong công nghệ sản xuất micanít cũng như trong việc lắp ráp sửa chữa.

- **Sơn xenlulô:** sơn xenlulô có công dụng rất lớn, màng sơn xenlulô bền về cơ học, rất bóng có sức chịu đựng cao đối với tác dụng của không khí, hơi ẩm, dầu. Trong kỹ thuật điện người ta dùng sơn nitơ để tẩm vỏ bọc dây dẫn bằng sợi bông dùng trên ô tô và máy bay.

- **Sơn dầu:** nền của các loại sơn dầu là dầu khô mà chủ yếu là dầu gai và dầu trẩu. Ngoài ra sơn dầu còn chứa chất làm khô để đẩy mạnh quá trình sấy khô và dung môi để bay hơi, làm giảm độ nhớt của sơn.

- **Sơn thuần bitum:** các loại sơn này không dùng vào mục đích cách điện vì màng sơn của nó có nhiều nhược điểm như: ít dẻo, kém chịu nhiệt và kém bền với dung môi. Người ta dùng sơn này để làm lớp sơn phủ chống ăn mòn.

- **Sơn dầu bitum:** được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật cách điện, trong nền của loại sơn này, ngoài bitum còn chứa cả dầu khô, nhờ có dầu khô nên màng của loại sơn này dễ uốn hơn, ít chịu ảnh hưởng của dung môi và ít bị hóa dẻo khi đốt nóng.

- **Sơn dầu nhựa:** đây là loại sơn dầu cho thêm vào nhựa thiên nhiên hoặc nhựa tổng hợp. Người ta sử dụng rộng rãi loại sơn này để tẩm dây quấn máy biến áp dầu, tẩm dây quấn khi phải chịu tác dụng của hơi axit và clo, dùng tẩm vật liệu cách điện có chứa nhựa phenol focmandehyt.

#### ❖ Các hợp chất cách điện.

Các hợp chất cách điện cũng được phân thành hai nhóm:

- **Hợp chất tẩm:** có công dụng tương tự như sơn tẩm.

- **Hợp chất làm đầy:** (hợp chất rót) dùng để lấp đầy các lỗ trống tương đối lớn nằm ở giữa các chi tiết khác nhau trong thiết bị điện, tạo ra một lớp phủ khá dày trên bề mặt chi tiết, các mối nối hoặc cụm chi tiết kỹ thuật điện (ví dụ rót vào dây cáp). Trong các trường hợp khác nhau các hợp chất làm đầy bảo vệ chất cách điện chống ẩm và chống lại tác dụng của các chất có hoạt tính hóa học, tăng cường độ bền cách điện, điện áp phóng điện và cải thiện sự tỏa nhiệt, truyền nhiệt v.v...

#### 2.6.14. Dầu mỡ cách điện (dầu máy biến áp) :

Trong số các vật liệu cách điện thể lỏng thì dầu biến áp được ứng dụng nhiều nhất vào kỹ thuật điện. Dầu máy biến áp có hai chức năng chính:

- Lấp đầy các lỗ xóp trong vật liệu cách điện gốc sợi và khoảng trống giữa các dây dẫn của cuộn dây, giữa cuộn dây và vỏ máy biến áp làm nhiệm vụ cách điện và tăng độ bền cách điện của lớp cách điện lên rất nhiều.

- Dầu máy biến áp có nhiệm vụ làm mát, tăng cường sự thoát nhiệt do tổn hao công suất trong dây quấn và lõi thép của máy biến áp sinh ra, đồng thời một ứng dụng quan trọng khác của dầu máy biến áp là sử dụng làm cách điện và dập tắt hồ quang điện giữa các đầu cực trong các máy cắt dầu, điện áp cao, dầu máy biến áp tạo điều kiện làm nguội dòng hồ quang và nhanh chóng dập tắt hồ quang. Người ta còn dùng dầu máy biến áp làm cách điện và làm mát trong một số kháng điện, biến trở và các thiết bị điện khác.

Dầu biến áp có những ưu nhược điểm sau:

##### + Ưu điểm:

- Có độ bền cách điện cao, trường hợp dầu chất lượng cao có thể đạt tới 160 kV/cm (trị số hiệu dụng).

- Hằng số điện môi  $\epsilon = 2,2 \div 2,3$ , tương đương một nửa chất cách điện thể rắn.

- Sau khi bị đánh thủng, khả năng cách điện của dầu phục hồi trở lại mặc dầu sau nhiều lần bị đánh thủng một phần dầu bị cháy hoặc bị phân hủy về mặt hóa học.

- Có thể thâm nhập vào các khe rãnh hẹp, vừa cách điện vừa có tác dụng làm mát trong rường hợp có dòng chảy mạnh.

- Có thể sử dụng làm môi trường dập tắt hồ quang điện.

- Điện trở suất lớn:  $(10^{14} \div 10^{15}) \Omega \cdot \text{cm}$ ,

- Nhiệt độ làm việc ở chế độ dài hạn là  $(90 \div 95)^\circ\text{C}$  dầu không bị hóa già nhiều.

##### + Nhược điểm

- Các tính năng điện của dầu máy biến áp biến đổi lớn nếu dầu bị bẩn, và nhạy cảm với độ ẩm vì lớp dầu ở trên mặt có tính chất hút ẩm.

- ở nhiệt độ cao nhưng còn trong giới hạn cho phép dầu có những thay đổi về hóa học, sự thay đổi này có hại và tạo bọt trong dầu làm giảm độ nhớt và giảm tính cách điện của dầu.

- Dễ cháy, khi cháy thì phát sinh khói đen, hơi dầu bốc lên hòa lẫn với không khí tạo thành hỗn hợp nổ.

- Tốc độ hóa già tăng lên khi có không khí lọt vào, nhiệt độ làm việc tăng, khi có tác dụng của ánh sáng và khi có tác dụng của cường độ điện trường cao.

**Bảng 2.8: Tiêu chuẩn độ bền điện của dầu biến áp**

Đối với thiết bị có điện áp làm việc, kV	Điện áp phóng điện của dầu kV/2.5 mm, không nhỏ hơn	
	Đối với dầu mới	Đối với dầu đã vận hành
6 và thấp hơn.	25	20
35	30	25
110 và 220.	40	35
330 và cao hơn.	50	45

**2.6.15. Chất đàn hồi.**

Những vật liệu trên cơ sở của cao su và những chất có đặc tính gần giống cao su gọi là chất đàn hồi có ý nghĩa lớn trong nhiều kỹ thuật khác nhau và trong đời sống. Cao su có một số tính chất quan trọng sau: tính đàn hồi cao, tính ít thấm ẩm và ít thấm khí.

**a) Cao su thiên nhiên:** về thành phần hóa học, cao su thiên nhiên là hydrô cacbon trùng hợp có thành phần là  $(C_5H_8)_n$  và cấu tạo của nó được đặc trưng bằng sự có mặt của liên kết kép. Người ta không dùng cao su nguyên chất vào việc sản xuất vật liệu cách điện vì nó không chịu được nhiệt độ cao cũng như nhiệt độ thấp và tác dụng của dung môi. Để khắc phục được các nhược điểm này người ta tiến hành lưu hóa cao su, tức là nung nóng lên khi cho thêm lưu huỳnh vào cao su.

**b) Cao su lưu hóa:** sau khi lưu hóa tính chịu nhiệt, chịu lạnh của cao su tốt hơn, làm tăng độ bền cơ và độ bền với dung môi. tùy theo lượng lưu huỳnh cho thêm vào cao su mà thu được các sản phẩm khác nhau. Cao su được dùng rộng rãi trong công nghiệp điện để làm chất cách điện cho các dây dẫn trong thiết bị điện, chế tạo găng tay, ủng, thảm cách điện và ống cách điện. Khi dùng cao su làm vật liệu cách điện cần chú ý các nhược điểm sau của cao su: độ bền nhiệt, ít chịu được tác dụng của dầu mỡ, không chịu được các chất benzen, xăng... kém bền với ánh sáng nhất là tia tử ngoại.

Cao su cách điện thường có:

$$\rho_v = 10^{15} \Omega.cm; \epsilon = 3 \div 7; tg\delta = 0,02 \div 0,10; E_{dt} = 20 \div 30 \text{ kV/mm.}$$

**c) Cao su tổng hợp:** người ta dùng rượu cồn, dầu mỡ và khí thiên nhiên làm nguyên liệu để sản xuất cao su tổng hợp thay thế cho cao su thiên nhiên và ứng dụng trong công nghiệp sản xuất cáp điện, thiết bị điện.

❖ **Cao su bu tan:** là loại cao su tổng hợp phổ biến nhất. Được dùng thay thế cho cao su thiên nhiên hoặc hợp chất của nó để sản xuất cao su dẻo cũng như sản xuất êbonít. Cao su bu tan dùng vào mục đích cách điện phải rửa sạch chất xúc tác còn dư lại (natri).

❖ **Escapon:** là do cao su bu tan được trùng hợp bổ sung tạo nên, là chất có đặc tính cơ gần giống êbonít nhưng có độ bền nhiệt cao hơn và ít chịu được sự tác dụng của axit và các dung môi hữu cơ.

Escapon có đặc tính cách điện cao:

$$\rho_V = 10^{17} \Omega \cdot \text{cm}, \quad \varepsilon = 2,7 \div 3, \quad \text{tg}\delta = 5,10^{-4}, \quad E_{\text{đt}} = 20 \div 30 \text{ kV/mm}.$$

❖ **Cao su cloropren:** có đặc tính cách điện thấp, nhưng lại rất bền với tác dụng của dầu, etxăng, ôzôn và các chất ôxy hóa khác. Được dùng làm vỏ bảo vệ cho các sản phẩm cáp, làm đệm cách điện.

❖ **Cao su butadien:** có đặc tính cách điện gần giống cao su tự nhiên. Nó có tính chịu dầu và chịu etxăng.

❖ **Cao su butyl:** có độ bền nhiệt khá cao, độ thấm khí nhỏ có đặc tính chịu lạnh tốt nhưng lại không chịu được dầu mỡ.

❖ **Cao su silíc hữu cơ** (ký hiệu CKT): có độ bền nhiệt cao (khoảng 250°C) và chịu lạnh tốt, có đặc tính cách điện tốt nhưng độ bền cơ thấp, kém bền với tác dụng của dung môi và đất kiềm.

#### 2.6.16. Điện môi vô cơ

Là loại vật liệu quan trọng trong kỹ thuật điện và vô tuyến điện. Đa số những điện môi vô cơ có những đặc tính tốt như: tính chịu nhiệt cao, không hút ẩm, độ bền cơ cao và ổn định, chịu được tác dụng của bức xạ năng lượng và là vật liệu rẻ tiền. Điện môi vô cơ có thể chia thành các nhóm sau:

❖ **Thủy tinh:** là những chất vô cơ không định hình và là hệ phức tạp của nhiều ôxít khác nhau. Trong thành phần thủy tinh ngoài những ôxít tạo thành thủy tinh ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ) còn có các ôxít khác như:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v.v...

+ **Những đặc tính của thủy tinh:** các đặc tính của thủy tinh biến đổi trong phạm vi rộng, chúng phụ thuộc vào thành phần và công nghệ chế tạo thủy tinh.

- Khối lượng thủy tinh biến động trong khoảng 2 đến 8,1  $\text{G/cm}^3$

- Độ bền nén lớn hơn nhiều so với độ bền kéo:  $\sigma_n = 6000 \div 21000 \text{ n kG/cm}^2$ ,  $\sigma_k = 100 \div 300 \text{ n kG/cm}^2$ , trong điều kiện bình thường thủy tinh rất giòn, dễ vỡ khi chịu tải trọng động.

- Thủy tinh có nhiệt độ nóng chảy không ổn định. Nhiệt độ hóa dẻo của các loại thủy tinh nằm trong khoảng 400 đến 1600°C. Điện dẫn bề mặt phụ thuộc bề mặt thủy tinh, nó tăng lên khi bề mặt thủy tinh bị nhiễm bẩn và khi độ ẩm của môi trường xung quanh tăng lên. Tuy nhiên cách điện thủy tinh có nhiều ưu điểm như sau:

- Tính chịu nhiệt cao. Cuộn dây cách điện bằng thủy tinh có thể chịu nhiệt độ trên 100°C.

- Khả năng dẫn nhiệt gấp vài 4 lần.

- Có khả năng chịu dầu, axit, xút trừ axit flohydric, axit photphoric nóng.

- Không bị mục, nấm mốc không mọc được, không thấm ẩm, không hóa già.

- Điện trở cách điện lớn hơn bất kỳ vật liệu cách điện sợi nào. Độ bền cách điện cao.

- Sợi thủy tinh không hút ẩm. Cuộn dây có cách điện thủy tinh ít tiêu hao chất tản, thời gian tản cũng ngắn hơn...



**Bảng 2.9: Tính năng của thủy tinh**

Tính năng	Thủy tinh	Thủy tinh thạch anh
Khối lượng riêng. kg/dm <sup>3</sup>	2,2 ÷ 2,6	2,21
Độ bền nén. kg/cm <sup>2</sup>	6000 ÷ 10000	19000
Độ bền kéo. kg/cm <sup>2</sup>	400 ÷ 800	700
Độ bền uốn. kG/cm <sup>2</sup>	1000 ÷ 2.500	700
Độ bền va đập. kG/cm <sup>2</sup>	-	-
Hệ số đàn hồi. kG/cm <sup>2</sup>	600000	720000
Hệ số giãn nở 1/°C	8 ÷ 9,4.10 <sup>-6</sup>	0,55.10 <sup>-6</sup>
Hệ số dẫn nhiệt. W/cm <sup>0</sup> C	0,0075 ÷ 0,012	0,008 ÷ 0,01
Hằng số điện môi ở 50Hz, ε	3 ÷ 12	4,9
Hệ số tổn hao ở 50 Hz 10 <sup>4</sup> tgδ	-	-
Hệ số tổn hao ở 10 Hz 10 <sup>4</sup> tgδ	50 ÷ 80	8
Điện trở cách điện ở 20 °C	10 <sup>11</sup> ÷ 10 <sup>17</sup>	4.10 <sup>19</sup>
Độ bền cách điện ở 50 Hz . kV/mm	15 ÷ 45	35 ÷ 40

**\* Vật liệu cách điện bằng gốm sứ:**

+ **Sứ cách điện:** Được chế tạo từ đất sét, sau đó gia công định hình được nung và tráng men, có độ bền cách điện, độ bền nhiệt cao. Là một trong những vật liệu chủ yếu dùng trong lưới điện cao thế, trung thế và hạ thế, dùng cách điện trong máy điện, khí cụ điện... Vật liệu cách điện bằng sứ rất đa dạng:

- Sứ đường dây gồm có sứ treo dùng cho điện áp cao hơn 35 kV, sứ đỡ dùng cho điện áp thấp hơn.
- Sứ trong các trạm điện là các loại sứ đỡ và sứ xuyên.
- Sứ tham gia vào kết cấu của các thiết bị như máy biến áp, máy cắt dầu, dao cách ly, chống sét van.
- Sứ định vị gồm có các sứ puli, những linh kiện ở đuôi đèn, trong công tắc, cầu chì, cầu dao phích cắm, sứ thông tin.vv...

Đặc tính quan trọng nhất của sứ cách điện điện áp cao là: trị số điện áp phóng điện giữa hai điện cực. Do sứ cách điện có chiều dày lớn và cường độ cách điện cao, nên khó có thể xảy ra phóng điện chọc thủng sứ mà chỉ diễn ra phóng điện trên bề mặt của sứ. Cần phân biệt hai loại điện áp phóng điện bề mặt sứ : điện áp phóng điện khô và điện áp phóng điện ướt khi thử nghiệm sứ. (hình 2.1).



H×nh 2.1: §-êng phẫng ®iÖn khi thö nghiÖm phẫng ®iÖn

a. Khi kh«

b. Khi -ít

Điện áp phóng điện khô là trị số điện áp phóng điện thu được khi thử nghiệm sứ trong điều kiện bình thường (Hình 2.1.a). Điện áp phóng điện ướt là trị số điện áp phóng điện thu được khi thử nghiệm sứ dưới mưa nhân tạo với cường độ  $4,5 \div 5,5$  mm/phút, mưa rơi theo góc  $45^0$  so với mặt phẳng ngang của sứ. Điện áp phóng điện khô bao giờ cũng lớn hơn điện áp phóng điện ướt và nhỏ hơn điện áp đánh thủng. Người ta xác định điện áp đánh thủng khi nhúng sứ thử nghiệm vào trong dầu cách điện.

#### ❖ Mica và các vật liệu trên cơ sở mica.

Mica là vật liệu cách điện vô cơ có tính năng đặc biệt đó là độ bền điện và độ bền cơ cao, tính chịu nhiệt và chịu ẩm tốt, khá dẻo khi có độ dày mỏng nên được dùng làm vật liệu cách điện ở những vị trí quan trọng như: cách điện của các máy điện cao áp công suất lớn và dùng làm điện môi trong một số loại tụ điện.

Mica muscôvít thường không màu hoặc có màu đỏ nhạt, xanh nhạt, và các màu sắc khác; flogopít thường có màu sẫm hơn giống như màu hổ phách, màu vàng ánh, màu nâu, màu đen tuyền, tuy nhiên cũng có khi gặp loại flogopít có màu sáng hơn.

Đặc tính cách điện của mica muscôvít tốt hơn và cao hơn so với flogopít, ngoài ra nó có độ bền cơ cao hơn, rắn hơn, dễ uốn và co giãn hơn flogopít. Các trị số về 2 loại mica được cho trong bảng sau: (bảng 2.10).

**Bảng 2.10: Đặc tính của mica**

Loại mica	Khối lượng riêng, G/cm <sup>3</sup>	$\rho, \Omega \cdot \text{cm}$	$\text{tg}\delta \cdot 10^4$ ở tần số		
			50Hz	1kHz	1MHz
Muscôvít	2,80 ÷ 2,90	$10^{14} \div 10^{15}$	150	25	3
flogopít	2,65 ÷ 2,80	$10^{13} \div 10^{14}$	500	150	15

Muscôvít chịu mài mòn tốt hơn flogopít. Điều đó có giá trị quan trọng đối với micanít dùng cho vành góp, loại micanít được chế tạo bằng Muscôvít này ít bị chổi than của máy điện làm mòn hơn là chất đồng dùng làm vành góp.

+ **Micanít:** là loại vật liệu được sản xuất thành từng tấm hoặc từng cuộn do những cánh mica dán lại với nhau bằng sơn dán hoặc bằng nhựa khô, đôi khi còn dùng thêm lớp nền bằng xơ giấy hoặc xơ bông để dán những cánh mica lên một mặt hoặc cả hai mặt của nó. Nền bằng xơ tăng độ bền kéo đứt của vật liệu và giữ cho các cánh mica khó bị tách ra khi vật liệu bị uốn. Micanít có thể sử dụng làm cách điện cho vành góp, dùng để lót đệm, để tạo hình, băng mica cách điện cho thiết bị điện và cáp điện.

+ **Mica bằng các hạt vụn:** Mica vụn rửa sạch, nghiền thành vảy nhỏ và lợi dụng khả năng dính liền lại với nhau của các tinh thể mica vừa mới được tách ra để biến thành phôi ta thu được từng lá.

+ **Mica tổng hợp:** thủy tinh mica là một trong số các điện môi có chất lượng cao. Nó chịu được nhiệt độ cao, có độ bền cơ lớn, nhất là độ bền uốn, va đập, chịu được phóng điện hồ quang, có tgđ nhỏ, có thể gia công bằng cơ khí được. Tuy nhiên quá trình

công nghệ sản xuất ra mica thủy tinh tốn nhiều công, đòi hỏi phải có lò điện có công suất lớn, máy ép thủy lực và khuôn ép bằng thép không rỉ. Thủy tinh mica có các đặc tính:

- Khối lượng riêng:  $2,6 \div 3,0 \text{G/cm}^3$ ; nhiệt độ làm việc cho phép  $(300 \div 350)^\circ\text{C}$ ; giới hạn bền kéo  $\sigma_{kéo} = (300 \div 700) \text{kG/cm}^2$ ;  $\sigma_{nén} = (1000 \div 4000) \text{kG/cm}^2$ ;  $\sigma_{uốn} = (700 \div 1400) \text{kG/cm}^2$ ; ứng suất dai va đập  $(2 \div 5) \text{kG.cm/cm}^2$ ,  $\alpha = (8 \div 9) \cdot 10^{-6} \text{1/độ}$ ;  $\rho_y = (10^{12} \div 10^{14}) \Omega \cdot \text{cm}$ ;  $\rho_s = (10^{10} \div 10^{12}) \Omega \cdot \text{cm}$ ;  $\epsilon = (6 \div 8,5)$ ;  $\text{tg}\delta = (0,003 \div 0,01)$  ở tần số 1MHz. Độ bền cách điện  $(10 \div 20) \text{kV/mm}$ . Mica thủy tinh chịu được ẩm, nhưng kém bền đối với tác dụng của các axit clohydric, nitric cũng như đối với chất kiềm. Khi thủy tinh mica bị rỗ có khả năng hút ẩm làm cho phẩm chất cách điện bị giảm đi.

### Câu hỏi ôn tập

1. Trình bày cấu tạo nguyên tử, phân tử của vật liệu?
2. Trình bày các mối liên kết trong vật liệu? So sánh đặc điểm của các mối liên kết đó?
3. Thế nào gọi là khuyết tật trong cấu tạo vật rắn và các khuyết tật đó ảnh hưởng như thế nào tới các tính chất của vật rắn?
4. Trình bày lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn? Nêu cách phân loại vật liệu theo lý thuyết phân vùng năng lượng?
5. Vật liệu điện được phân loại như thế nào? trình bày các cách phân loại đó?

### Bài tập

**2.1.** Xác định điện áp đánh thủng và điện áp làm việc của một tấm cátong dày 0,15 cm khi áp nó vào hai điện cực.

**2.2.** Tính bề dày của một tấm nhựa PVC dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng nhựa PVC có  $E_{bd} = 32,5 \text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\epsilon = 3,12$ .

**2.3.** Xác định điện áp đánh thủng và điện áp làm việc của một tấm mica dày 0,15 cm khi áp nó vào hai điện cực. Biết rằng mica có  $E_{bd} = (50 \div 100) \text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\epsilon = 5,4$ .

**2.4.** Tính bề dày của một tấm cao su dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng cao su có  $E_{bd} = (15 \div 20) \text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\epsilon = (3 \div 6)$

**2.5.** Xác định điện áp đánh thủng và điện áp làm việc của một tấm giấy tẩm dầu dày 0,02 cm khi áp nó vào hai điện cực. Biết rằng giấy tẩm dầu có  $E_{bd} = (10 \div 25) \text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\epsilon = 3,6$ .

**2.6.** Tính bề dày của một tấm thủy tinh dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng thủy tinh có  $E_{bd} = (10 \div 15) \text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\epsilon = (6 \div 10)$ .

### Bài 3

#### Tên bài : VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN

#### 3.1. Khái niệm về vật liệu dẫn điện.

Vật liệu dẫn điện là vật chất mà ở trạng thái bình thường có các điện tích tự do.

Vật liệu dẫn điện có thể là chất rắn, chất lỏng và trong những điều kiện nhất định có thể là chất khí. ở dạng chất rắn vật liệu dẫn điện gồm có kim loại và các hợp kim của chúng. Trong một số trường hợp là những chất không phải là kim loại mà là chất lỏng dẫn điện, kim loại ở trạng thái chảy lỏng và những chất điện phân.

Khí là hơi có thể trở nên dẫn điện ở cường độ điện trường lớn, chúng tạo nên ion hóa do va chạm hay sự ion hóa quang.

### 3.2. Tính chất của vật liệu dẫn điện.

Vật liệu dẫn điện có các tính chất cơ bản sau:

- + Điện dẫn suất của vật liệu  $\left[ \gamma = \frac{1}{\rho} \right]$
- + Hệ số nhiệt của điện trở suất
- + Nhiệt dẫn suất.
- + Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt điện động
- + Giới hạn bền khi kéo và độ dẫn dài tương đối khi đứt.

**3.2.1. Điện trở:** là đại lượng đặc trưng cho sự “cản trở” dòng điện của vật liệu hay nói cách khác Điện trở R là quan hệ giữa hiệu điện thế không đổi đặt ở hai đầu của dây dẫn và cường độ dòng điện một chiều tạo nên trong dây dẫn đó (chú ý: *dây dẫn không hề có sức điện động nội tại nào*). Xét về

**3.2.2. Mặt kết cấu,** điện trở của vật liệu điện được tính theo công thức sau:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Trong đó:

l: chiều dài của vật dẫn [m].

S: là tiết diện của vật dẫn [m<sup>2</sup>].

$\rho$ : là điện trở suất, phụ thuộc vào bản chất của vật liệu [ $\Omega\text{m}$ ].

R: là điện trở của vật dẫn [ $\Omega$ ].

Dựa vào biểu thức trên ta thấy: Nếu có hai vật dẫn khác nhau (khác chất), nhưng có cùng chiều dài, cùng tiết diện thì vật nào có điện trở suất lớn hơn thì vật đó sẽ có điện trở cao hơn, nghĩa là dòng điện chạy qua nó sẽ “khó khăn” hơn.

Điện dẫn G của vật dẫn là đại lượng nghịch đảo của điện trở.

$$G = \frac{1}{R}$$

Điện dẫn được tính với đơn vị  $\frac{1}{\Omega} = \Omega^{-1}$ .

**3.2.3. Điện trở suất ( $\rho$ ):** là đại lượng đặc trưng cho tính dẫn điện hay cách điện của vật liệu hay nói cách khác: điện trở suất là điện trở của vật dẫn có chiều dài là một đơn vị chiều dài và tiết diện là một đơn vị diện tích. Nó phụ thuộc vào bản chất của vật liệu. Nếu vật có điện trở suất càng nhỏ thì dẫn điện càng tốt và ngược lại.

Trên thực tế Điện trở suất  $\rho$  của vật dẫn được tính theo:  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  và trong một số trường hợp được tính bằng:  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Trong hệ CGS điện, điện trở suất được tính bằng:  $\Omega \text{cm}$ , còn ở hệ MKSA tính bằng:  $\Omega \text{m}$ .

Những đơn vị nêu trên chúng được liên hệ với nhau qua biểu thức sau:

$$1\Omega \text{cm} = 10^4 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 10^{-2}\Omega \text{m}.$$

Điện dẫn suất  $\gamma$  là đại lượng nghịch đảo của điện trở suất.

$$\left[ \gamma = \frac{1}{\rho} \right]$$

Điện dẫn suất  $\gamma$  được tính theo:  $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ;  $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ;  $\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ .

### 3.2.4. Sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ.

Điện trở suất của kim loại và của rất nhiều hợp kim tăng theo nhiệt độ, điện trở suất của cacbon và của dung dịch điện phân giảm theo nhiệt độ.

Thông thường điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ và theo qui luật sau:

$$\rho_t = \rho_o (1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots)$$

ở nhiệt độ sử dụng  $t_2$  điện trở suất sẽ được tính toán xuất phát từ nhiệt độ  $t_1$  theo công thức:

$$\rho_{t_2} = \rho_{t_1} [1 + \alpha(t_2 - t_1)].$$

Trong đó:

-  $\alpha$  là hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ đối với vật liệu tương ứng và ứng với những khoảng nhiệt độ được nghiên cứu.

- Hệ số  $\alpha$  gần như giống nhau đối với các kim loại tinh khiết và có trị số gần đúng bằng  $4 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$

- Đối với khoảng chênh lệch nhiệt độ ( $t_2 - t_1$ ) thì hệ số  $\alpha$  trung bình sẽ là:

$$\alpha = \frac{\rho_{t_2} - \rho_{t_1}}{\rho_{t_1}(t_2 - t_1)}$$

Giá trị  $\alpha$  và  $\rho$  đối với những kim loại chính được sử dụng trong kỹ thuật điện được cho trong bảng sau: (Bảng 3.1)

**Bảng 3.1: Đặc tính vật lý và điện trở suất của một số kim loại.**

TT	Kim loại	Khối lượng riêng $\text{g/cm}^3$	Nhiệt độ nóng chảy $^{\circ}\text{C}$	Điện trở suất $\rho$ ở $20^{\circ}\text{C}$ ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ).	Hệ số thay đổi của Điện trở suất theo nhiệt độ $\alpha$ 1/độ.
1.	Bạc	10,5	961	0,0160 - 0,0165	0,0034 - 0,00429
2.	Đồng	8,9	1083	0,0168 - 0,0182	0,00392 - 0,00445
3.	Vàng	19,3	1063	0,0220 - 0,0240	0,00350 - 0,00399
4.	Nhôm	2,7	657	0,0262- 0,0400	0,0040 - 0,0049
5.	Magiê	1,74	651	0,0446 - 0,0460	0,00390 - 0,0046
6.	Molipđen	10,2	2620	0,0476 - 0,0570	0,0033 - 0,00512
7.	Wolfram	19,3	3380	0,0530 - 0,0612	0,0040 - 0,0052
8.	Kẽm	7,1	420	0,0535 - 0,0630	0,0035 - 0,00419
9.	Niken	8,9	1455	0,06141 - 0,138	0,0044 - 0,00692
10.	Thép	7,8	1535	0,0 918 - 1,1500	0,0045 - 0,00657
11.	Platin	21,4	1770	0,0866 - 0,116	0,00247- 0,00398
12.	Paladi	12	1555	0,1100	0,0038
13.	Thiếc	7,3	232	0,113 - 0,143	0,00420 - 0,00465
14.	Chì	11,4	327	0,205 - 0,222	0,0038 - 0,00428
15.	Thủy ngân	13,6	- 39	0,952 - 0,959	0,0009 - 0,00099
16.	Titan	4,5	1725	0,420	0,0044
17.	Cadmi	8,6	321	0,076	0,0042
18.	Coban	8,7	1492	0,062	0,0060
19.	Vàng	19,3	1063	0,024	0,0036
20.	Tantan	16,6	2977	0,135	0,0038

- Hệ số nhiệt độ  $\alpha$  của điện trở suất nói lên sự thay đổi điện trở suất của vật liệu khi nhiệt độ thay đổi.

### 3.2.5. Các tác nhân môi trường ảnh hưởng đến vật liệu dẫn điện.

Nhiệt độ của môi trường làm việc ảnh hưởng đến tính dẫn điện của vật liệu khi nhiệt độ tăng thì điện trở của vật liệu tăng lên và làm cho tính dẫn điện của vật liệu giảm.

- ở nhiệt độ không tuyệt đối ( $0^{\circ}\text{K}$ ), điện trở suất của kim loại tinh khiết giảm đột ngột, chúng thể hiện "hiện tượng siêu dẫn". Về phương diện lý thuyết ở độ không tuyệt đối, kim loại tinh khiết không còn điện trở.

- Sự biến dạng đàn hồi, mức độ tinh khiết của kim loại ảnh hưởng đến giá trị của điện trở suất của vật liệu dẫn điện.

- Khi nóng chảy, điện trở suất của kim loại biến đổi, thông thường giá trị tăng lên (ngoại trừ: ăngtimoan, gali và bitmut khi nóng chảy, điện trở suất giảm).

- Sự không tinh khiết của kim loại dẫn đến làm tăng điện trở suất.

### 3.2.6. Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động

Khi tiếp giáp hai kim loại khác nhau với nhau, giữa chúng sẽ sinh ra hiệu điện thế. Sự xuất hiện hiệu điện thế đóng vai trò quan trọng ở hiện tượng ăn mòn điện hóa và được ứng dụng trong một số dụng cụ đo lường.

Thế điện hóa bình thường của một số kim loại khác nhau so sánh với hydro được cho ở bảng sau:(Bảng 3.2)

**Bảng 3.2: Thế điện hóa bình thường của một số kim loại**

Kim loại	Thế điện hóa ở nhiệt độ bình thường (V)
Vàng	+ 1,500
Platin	+ 0,860
Thủy ngân	+ 0,860
Bạc	+ 0,808
Đồng	+ 0,345
Hydro	± 0,000
Thiếc	- 0,100
Chì	- 0,130
Niken	- 0,250
Coban	- 0,255

Kim loại	Thế điện hóa ở nhiệt độ bình thường (V)
Cadmium	- 0,400
Sắt	- 0,440
Crôm	- 0,557
Wolfram	- 0,580
Kẽm	- 0,760
Mangan	- 1,040
Nhôm	- 1,340
Magiê	- 2,350
Bari	- 2,960

Sức nhiệt động sinh ra của hai kim loại khác nhau, tiếp giáp nhau được ứng dụng để chế tạo các cặp nhiệt điện.

Hiệu điện thế tiếp xúc giữa các cặp kim loại dao động trong phạm vi từ vài phần mười vôn đến vài vôn, nếu nhiệt độ của cặp bằng nhau, tổng hiệu điện thế trong mạch kín bằng không.

### 3.2.7. Tính chất chung của kim loại và hợp kim

#### 1) Tầm quan trọng của kim loại và hợp kim

Hiện nay kim loại và hợp kim được dùng rất rộng rãi trong các ngành kinh tế. Các kim loại đặc biệt là sắt và các hợp kim của nó như gang, thép là những vật liệu chủ yếu của công nghiệp cơ khí, xây dựng và các phương tiện giao thông vận tải.

#### a) Kim loại:

Để nhận biết được kim loại người ta dựa vào hệ số nhiệt điện trở. ở kim loại hệ số này dương tức là nhiệt độ tăng thì điện trở kim loại tăng.

#### b) Hợp kim:

Hợp kim là sản phẩm của sự nóng chảy của hai hay nhiều nguyên tố mà trong đó chủ yếu là kim loại. Trong thành phần hợp kim có thể có một lượng nhỏ các nguyên tố á kim.

Ví dụ: Thép là hợp kim của sắt và các bon

Nói chung kim loại nguyên chất có nhiều nhược điểm như: độ dẻo, độ bền và độ cứng thấp, do đó các cơ cấu máy không làm bằng kim loại nguyên chất mà phải làm bằng hợp kim.

### 2) Tính chất chung

#### a) Tính chất lý học:

❖ **Vẽ sáng mặt ngoài của kim loại:** theo vẽ sáng bề ngoài của kim loại có thể chia thành kim loại đen và kim loại màu:

- Kim loại và hợp kim đen: gồm sắt và các hợp kim của sắt, tức là gang và thép.
- Kim loại màu và hợp kim màu: là tất cả các kim loại và hợp kim còn lại.

❖ **Trọng lượng riêng:** là trọng lượng của một đơn vị thể tích của vật:

$$d = \frac{P}{V} \quad (\text{G/cm}^2)$$

❖ **Tính nóng chảy:** kim loại có tính chảy loãng khi đốt nóng và đông đặc khi làm nguội. Nhiệt độ ứng với khi kim loại chuyển đổi từ thể đặc sang thể lỏng hoàn toàn gọi là điểm nóng chảy.

Điểm nóng chảy có ý nghĩa rất quan trọng trong công nghệ đúc. Điểm nóng chảy của nhiều hợp kim lại khác điểm nóng chảy của từng kim loại tạo nên hợp kim đó.

❖ **Tính dẫn nhiệt:** là tính chất truyền nhiệt của kim loại khi bị đốt nóng hoặc làm lạnh. Kim loại có tính dẫn nhiệt tốt thì càng dễ đốt nóng nhanh và đồng đều, cũng như càng dễ nguội nhanh.

❖ **Tính giãn nở nhiệt:** khi đốt nóng các kim loại giãn nở ra và khi làm nguội nó co lại. Sự giãn nở nhiệt của các kim loại không giống nhau. Để đánh giá sự giãn nở nhiệt của một vật nào đó, người ta đo chính xác độ giãn dài của 1 mm vật đó khi nhiệt độ thay đổi 1<sup>0</sup>C. Độ giãn dài đo được gọi là hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài.

❖ **Tính dẫn điện:** là khả năng dẫn điện của kim loại. Khi nhiệt độ cao tính dẫn điện giảm. ở nhiệt độ 0<sup>0</sup>K điện trở của kim loại bằng không.

❖ **Tính nhiễm từ:** là khả năng kim loại bị từ hoá sau khi được đặt trong một từ trường. Sắt và hầu hết các hợp kim của sắt đều có tính nhiễm từ. Ni ken và cô ban cũng có tính nhiễm từ và được gọi là chất sắt từ. Còn hầu hết các kim loại khác không có tính nhiễm từ.

❖ **Nhiệt dung riêng:** là nhiệt độ cần thiết làm tăng nhiệt độ của kim loại lên 1<sup>0</sup>C.

### Bảng 3.3 : Tính chất vật lý của một số kim loại.



T T	Kim loại	Khối lượng riêng g/cm <sup>3</sup>	Nhiệt độ nóng chảy °C	Nhiệt dung riêng W/(m.độ)	Nhiệt dẫn riêng W/(m.độ)	Điện trở suất $\rho$ ở 20 °C ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ).	Hệ số thay đổi của Điện trở suất theo nhiệt độ $\alpha$ 1/độ.
1.	Bạc	10,5	961	234	415	0,0160 - 0,0165	0,0034 - 0,00429
2.	Đồng	8,9	1083	385	390	0,0168 - 0,0182	0,00392 - 0,00445
3.	Vàng	19,3	1063	126	293	0,0220 - 0,0240	0,00350 - 0,00399
4.	Nhôm	2,7	657	922	209	0,0262- 0,0400	0,0040 - 0,0049
5.	Côban	8,7	1492	435	79	0,0620	0,0060
6.	Molipđen	10,2	2620	264	251	0,0476 - 0,0570	0,0033 - 0,00512
7.	Wolfram	19,3	3380	138	168	0,0530 - 0,0612	0,0040 - 0,0052
8.	Kẽm	7,1	420	390	111	0,0535 - 0,0630	0,0035 - 0,00419
9.	Niken	8,9	1455	444	95	0,06141 - 0,138	0,0044 - 0,00692
10.	Cadmi	8,6	321	230	93	0,0760	0,0042
11.	Platin	21,4	1770	134	71	0,0866 - 0,116	0,00247 - 0,00398
12.	Thiếc	7,3	232	226	65	0,113 - 0,143	0,00420 - 0,00465
13.	Chì	11,4	327	130	35	0,205 - 0,222	0,0038 - 0,00428
14.	Thủy ngân	13,6	- 39	138	10	0,952 - 0,959	0,0009 - 0,00099
15.	Titan	4,5	1725	577	15	0,420	0,0044
16.	Coban	8,7	1492	435	79	0,062	0,0060
17.	Tantan	16,6	2977	142	54	0,135	0,0038
18.	Paladi	12	1555	213	75	0,1100	0,0038

### b) Tính chất hoá học:

Tính chất hoá học là biểu thị khả năng của kim loại và hợp kim chịu tác dụng hoá học của môi trường có hoạt tính khác nhau và được biểu thị ở hai dạng chủ yếu:

❖ **Tính chống ăn mòn:** là khả năng chống lại sự ăn mòn của hơi nước hay ôxi của không khí ở nhiệt độ thường hoặc nhiệt độ cao.

❖ **Tính chịu axit:** là khả năng chống lại tác dụng của các môi trường axit.

### c) Tính chất cơ học:

Tính chất cơ học của kim loại hay còn gọi là cơ tính là khả năng chống lại tác dụng bên ngoài lên kim loại. Cơ tính của kim loại bao gồm: độ đàn hồi, độ bền, độ dẻo, độ cứng, độ dai va chạm và độ mỏi.

**d) Tính công nghệ:**

Tính công nghệ là khả năng kim loại có thể thực hiện được các phương pháp công nghệ để sản xuất các sản phẩm. Tính công nghệ bao gồm: tính cắt gọt, tính hàn, tính đúc, tính nhiệt luyện.

❖ **Tính cắt gọt:** là khả năng của kim loại gia công cắt gọt dễ hay khó, được xác định bằng tốc độ cắt, lực cắt và độ bóng bề mặt của kim loại sau khi cắt gọt.

❖ **Tính hàn:** là khả năng tạo thành sự liên kết khi nung nóng cục bộ chỗ nối đến trạng thái chảy hoặc dẻo

❖ **Tính rèn:** là khả năng biến dạng vĩnh cửu của kim loại khi chịu lực tác dụng lực từ bên ngoài để tạo thành hình dạng của chi tiết máy, mà không bị phá hỏng.

❖ **Tính đúc:** được xác định bởi độ chảy loãng của kim loại khi nấu chảy để đổ đầy vào khuôn đúc, độ co và tính thiên tích (tính thiên tích là độ không đồng nhất về thành phần hoá học trong từng phần của vật đúc và trong nội bộ các hạt của kim loại hay hợp kim).

❖ **Tính nhiệt luyện:** là khả năng làm thay đổi độ cứng, độ dẻo, độ bền của kim loại bằng cách nung nóng kim loại tới nhiệt độ nhất định, giữ ở nhiệt độ đó một thời gian rồi sau đó làm nguội theo một chế độ nhất định.

Sau khi nhiệt luyện, mức độ thay đổi của các kim loại cũng khác nhau, có kim loại thay đổi nhiều, có kim loại thay đổi ít và có kim loại hầu như không thay đổi.

❖ **Tính kéo giãn:** là tính chất của vật liệu có thể gia công được thành sợi. Yêu cầu vật liệu phải có cấu trúc dính chắc và phải có độ dẻo dai cao. Đây là một tính chất quan trọng trong công nghệ chế tạo dây dẫn điện.

**e) Tính già hóa của kim loại:**

Tính già hóa của kim loại là sự thay đổi theo thời gian của các tính chất kim loại hay hợp kim. ở nhiệt độ môi trường xung quanh, thông thường sau một thời gian kéo dài nó sẽ tạo nên sự già hóa (tính già hóa tự nhiên), còn khi nhiệt độ tăng lên thì tính già hóa nhanh hơn (tính già hóa nhân tạo).

**3.3. Hư hỏng thường gặp.**

Các loại vật liệu dẫn điện được sử dụng để chế tạo các bộ phận dẫn điện của máy điện, thiết bị điện và khí cụ điện đa phần là những kim loại và hợp kim của chúng khi sử dụng lâu ngày sẽ bị hư hỏng và ta thường gặp các dạng hư hỏng sau:

- Hư hỏng do bị ăn mòn kim loại.
- Hư hỏng do điện.
- Hư hỏng do bị già hóa của kim loại.
- Hư hỏng do các lực tác động từ bên ngoài.
- Hư hỏng do sự mài mòn giữa các bộ phận.

**3.3.1. ăn mòn kim loại.****1) Khái niệm về ăn mòn kim loại.**

Sự ăn mòn kim loại là một quá trình phá hủy kim loại và hợp kim dưới hình thức hóa học và điện hóa do tác dụng của môi trường xung quanh.

Sự ăn mòn kim loại xảy ra thương xuyên và dưới nhiều hiện tượng khác nhau. Sắt thép để lâu ngày không được bảo vệ tốt sẽ bị rỉ, đồng để trong không khí ẩm hoặc môi trường có chất chua mặn sẽ tạo nên lớp vảy màu xanh lục đó là rỉ đồng.

Môi trường xung quanh có tác dụng ăn mòn kim loại thường là: không khí ẩm, nước, nước biển, axit, kiềm và các chất khác. ở nhiệt độ cao kim loại càng bị ăn mòn mạnh hơn. Sự ăn mòn đó là do tác dụng của môi trường xung quanh và tác dụng đó diễn ra dưới hai hình thức ăn mòn .

+ ăn mòn hóa học.

+ ăn mòn điện hóa.

## 2) Phương pháp chống ăn mòn kim loại.

Trong kỹ thuật có rất nhiều phương pháp chống ăn mòn kim loại đó là:

+ Phủ bằng lớp kim loại không bị ăn mòn.

+ Phủ một lớp bảo vệ không kim loại.

+ Phương pháp bảo vệ bằng lớp ôxít.

### a) Phủ bằng lớp kim loại không bị ăn mòn.

Các phương pháp phủ lớp kim loại bảo vệ là: phương pháp nóng chảy, phương pháp mạ, phương pháp phun kim loại và cán dính kim loại.

❖ **Phương pháp nóng chảy:** thường phương pháp được áp dụng để phủ lớp kẽm, thiếc, chì lên bề mặt chi tiết

+ **Phủ kẽm:** để phủ kẽm người ta đun nóng chảy kẽm ở nhiệt độ  $450^{\circ}\text{C} - 480^{\circ}\text{C}$  sau đó nhúng chi tiết cần phủ kẽm vào. Lớp kẽm nóng chảy sẽ bám lên bề mặt ngoài của chi tiết và có bề dày từ  $(0,06 \div 0,13)\text{mm}$ . Phủ kẽm đơn giản, nhanh nhưng ít được dùng vì khó khống chế bề dày lớp kẽm nóng chảy hơn nữa làm giảm độ cứng của chi tiết

+ **Phủ thiếc:** khi phủ thiếc người ta nhúng chi tiết vào thiếc nóng chảy ở nhiệt độ  $270^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$

+ **Phủ chì:** ta nhúng chi tiết vào chì nóng chảy ở nhiệt độ  $350^{\circ}\text{C}$ . Chiều dày lớp chì bám vào chi tiết khoảng  $(0,5 \div 0,7)\text{mm}$ . Thường người ta phủ lớp chì - thiếc, lớp phủ này có độ bám chắc và độ dẻo cao hơn.

❖ **Mạ kim loại:** ngoài mục đích để bảo vệ kim loại không bị rỉ, mạ kim loại còn có tác dụng làm đẹp cho các chi tiết máy. Mạ kim loại cho phép ta khống chế được bề dày lớp kim loại phủ lên chi tiết. Tiết kiệm được kim loại và không phải nung nóng chi tiết cần mạ.

❖ **Phun một lớp kim loại bảo vệ:** được thực hiện bằng cách phun đắp lên chi tiết một lớp kim loại nóng chảy. Phương pháp này có thể tiến hành với các lớp kim loại bảo vệ như: đồng, nhôm, kẽm, chì vv...

❖ **Cán dính một lớp kim loại bảo vệ:** thường thực hiện cho các tấm kim loại, bằng cách cán dính vào các tấm kim loại một lớp kim loại bảo vệ mỏng. Các kim loại được cán dính vào để bảo vệ là: đồng, nhôm, niken vv...

### b) Phủ lớp bảo vệ phi kim loại :

Người ta thường áp dụng các phương pháp sau: sơn, sơn emay, bôi dầu mỡ, phủ một lớp chất dẻo vv...

c) **Phương pháp bảo vệ bằng lớp ôxít:** người ta dùng những ôxít bền vững với môi trường để bọc lên trên những kim loại chịu ảnh hưởng nhiều của môi trường.

### 3.3.2. Hư hỏng do điện.

Là do các loại máy điện, thiết bị điện, khí cụ điện, vật dẫn điện khi làm việc với các đại lượng, thông số vượt quá trị số định mức như: các đại lượng về dòng điện, điện áp, công suất v.v...

**Ví dụ:**

+ Quá dòng điện:

Dòng điện vượt quá trị số định mức như, quá tải, ngắn mạch, khi đó các tổn hao trong dây quấn, vật dẫn điện vượt quá mức bình thường làm nhiệt độ tăng cao gây hư hỏng.

+ Quá điện áp: điện áp vượt quá trị số định mức như trong trường hợp quá điện áp do sét. Khi đó điện trường trong vật liệu cách điện tăng cao có thể xảy ra phóng điện gây hư hỏng cách điện dẫn đến vật dẫn xảy ra hiện tượng ngắn mạch.

+ Các loại ngắn mạch: Ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 2 pha, ngắn mạch 1 pha, ngắn mạch 2 pha chạm đất. Khi có ngắn mạch dòng điện rất lớn, đây là trường hợp sự cố của mạch điện nên cần thiết phải có thiết bị bảo vệ.

### 3.3.3. Hư hỏng do bị già hóa của kim loại.

Tính già hóa của kim loại là sự thay đổi theo thời gian của các tính chất kim loại hay hợp kim. ở nhiệt độ môi trường xung quanh, thông thường sau một thời gian kéo dài nó sẽ tạo nên sự già hóa (tính già hóa tự nhiên), còn khi nhiệt độ tăng lên thì tính già hóa nhanh hơn (tính già hóa nhân tạo).

### 3.3.4. Hư hỏng do các lực tác động từ bên ngoài.

Trong quá trình các loại máy điện, thiết bị điện, khí cụ điện, vật dẫn điện làm việc do các lực bên ngoài tác động hoặc bị chấn động làm chúng bị biến dạng thậm chí làm hỏng bộ dây quấn hay vật dẫn.

**3.3.5.** Hư hỏng do sự mài mòn giữa các bộ phận: Trong quá trình làm việc nếu các bộ phận tiếp xúc luôn có sự chuyển động tương đối với nhau thì sẽ bị mài mòn dẫn đến bị hư hỏng.

### 3.3.6. Tính chọn vật liệu dẫn điện.

Khi cần lựa chọn vật liệu dẫn điện ta căn cứ vào:

+ **Độ dẫn điện:** tùy vào nhu cầu sử dụng mà người ta sẽ chọn vật liệu có điện trở suất phù hợp. Ví dụ như khi chế tạo dây dẫn thường dùng đồng, nhôm (có điện trở suất ( $\rho$ ) bé), còn khi làm các dây đốt nóng thì dùng các loại hợp kim như constantan, manganin, v.v...(có điện trở suất ( $\rho$ ) lớn hơn).

+ **Độ bền cơ:** tùy vào qui trình làm việc mà chọn vật liệu có độ bền cơ thích hợp, ví dụ: để tăng độ bền kéo cho dây dẫn người ta dùng dây có lõi thép, tiếp điểm thì dùng đồng thau, đồng thanh.

+ **Độ bền chống ăn mòn:** căn cứ vào điều kiện và môi trường làm việc của chi tiết, bộ phận hay thiết bị điện mà người ta chọn vật liệu có tính chống ăn mòn thích hợp.

Ví dụ mỗi tiếp xúc cố định người ta không dùng những kim loại có điện thế hóa học khác nhau để tránh kim loại bị ăn mòn điện hóa, hoặc là khi môi trường làm việc ẩm ướt và có nhiều khí hóa học thì ta lựa chọn những vật liệu có tính chống lại sự ăn mòn của môi trường v.v....

### 3.4. Một số Vật liệu dẫn điện thông dụng

#### 3.4.1. Đồng và hợp kim của đồng.

##### 1) Đồng: ký hiệu (Cu).

##### a) Tầm quan trọng của đồng trong kỹ thuật điện.

Đồng là loại vật liệu quan trọng nhất trong tất cả những vật liệu dẫn điện được dùng trong kỹ thuật điện. Nó có điện dẫn suất lớn và chỉ đứng sau bạc. Đồng được sử dụng rộng rãi làm vật dẫn bởi nó có ưu điểm sau:

- Điện trở suất nhỏ (trong tất cả các kim loại chỉ có bạc và thiếc có điện trở suất nhỏ hơn đồng một ít).
- Độ bền cơ tương đối cao .
- Trong nhiều trường hợp đồng có tính chất chống ăn mòn tốt (đồng bị ôxi hoá tương đối chậm so với sắt ngay cả khi có độ ẩm cao, đồng chỉ bị ôxi hóa mạnh ở nhiệt độ cao).
- Khả năng gia công tốt, đồng cán được thành tấm, thanh, kéo thành sợi, độ nhỏ của dây có thể đạt tới vài phần trăm milimét.
- Hàn và gắn tương đối dễ dàng.

##### b) Phân loại:

Đồng được sử dụng trong kỹ thuật là đồng tinh chế, nó được phân loại trên cơ sở các tạp chất có lẫn ở trong đồng tức là mức độ tinh khiết hay không tinh khiết.

- Đồng tinh chế: được cho trong bảng sau: (bảng 3.4)
- Đồng điện phân.

**Bảng 3.4: đồng tinh chế**

Ký hiệu	%Cu (tối thiểu)	Hướng dẫn sử dụng
Cu E	99,95	Đồng điện phân, dây dẫn điện. Hợp kim nguyên chất mịn
Cu 9	99,90	Dây dẫn điện. Hợp kim mịn dễ dát mỏng, bán thành phẩm với những yêu cầu đặc biệt
Cu 5	99,50	Bán thành phẩm như tấm, ống, thanh. Dùng sản xuất đồng thau với tỉ lệ chứa dưới 60% đồng.
Cu 0	99,00	Hợp kim với các nguyên tố khác với tỉ lệ chứa ít hơn 60% đồng dùng để dát mỏng và rót. Những chi tiết được đúc từ đồng.

Trong kỹ thuật điện, người ta sử dụng đồng điện phân Cu E, và Cu 9. Một loại đồng điện phân đặc biệt là đồng khử oxy hóa ( $O_2 < 0,02\%$ ) với điện dẫn suất cao. Nhiều loại đồng khác được sử dụng trong kỹ thuật điện dưới dạng hợp kim của đồng.

Sự tạo thành đồng tinh khiết được cho theo bảng sau:(bảng 3.5).

**Bảng 3.5: Giới hạn các tạp chất cho phép đối với đồng tinh chế.**

Ký hiệu	Hàm lượng tạp chất % tối đa											
	Al	As	Bi	Fe	O	Pb	S	Sb	Sn	Zn	Se+Te	Ni
Cu E	0,002	0,002	0,002	0,005	0,020	0,005	0,005	0,002	0,002	0,005	0,005	0,002

Cu 9	0,002	0,002	0,002	0,005	0,080	0,005	0,005	0,002	0,002	0,005	0,005	0,002
Cu 5	0,010	0,050	0,003	0,050	0,100	0,050	0,010	0,050	0,050	0,050	0,030	0,200
Cu 0	0,050	0,200	0,010	0,100	0,150	0,300	0,020	0,100	0,100	0,100	0,050	1,000

Việc thêm vào các chất As, P, Sb, Fe, Ni, Mn, Mg hay Si sẽ cải thiện được đặc tính cơ của đồng trong những điều kiện nhất định. Các chất như Pb, S, Se, Te và đặc biệt Bi được xem như các tạp chất không có ích làm xấu đi tính chất công nghệ ép khi nóng. Oxy với một hàm lượng bé sẽ làm tăng độ dẫn điện của đồng lên một ít tuy nhiên nếu tăng tỉ lệ phần trăm của Oxy lớn hơn 0,10% thì sẽ làm cho đồng dẫn điện giảm đi.

**c) Sản xuất và chế tạo**

Đồng được tìm thấy trong tự nhiên không nhiều. Người ta sản xuất từ mỏ can-copirit (CuFeS<sub>2</sub>), cancozin (Cu<sub>2</sub>S), coverit (CuS), cupric (Cu<sub>2</sub>O), bocnit (3Cu<sub>2</sub>SFeS<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), énegit (3Cu<sub>2</sub>SAs<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)vv...

Từ các mỏ trên người ta sẽ thu được người ta sẽ thu được sunfua thông qua phương pháp nấu nóng chảy trong lò luyện hay sunfua hóa.

Tùy theo hàm lượng tạp chất có trong đồng của lò luyện mà người ta chia ra làm hai loại:

- **Loại A:** với phần trăm đồng tối đa là 98% được dùng để sản xuất loại đồng: CuO, Cu5, Cu9, Cu E.

- **Loại B:** với phần trăm đồng tối đa là 97,5% được dùng dưới dạng điện cực dương để tinh luyện theo phương pháp điện phân và ta nhận được đồng điện phân.

Khi chế tạo dây dẫn, thỏi đồng lúc đầu (20 ÷ 80)kg được cán nóng thành dây có đường kính (6,5 ÷ 7,2) mm, sau đó được rửa sạch trong dung dịch axit sunfuric loãng để khử đồng ôxít CuO<sub>2</sub> sinh ra trên bề mặt khi đốt nóng đồng, cuối cùng kéo nguội thành sợi có đường kính cần thiết đến (0,03 ÷ 0,02) mm.

Đồng tiêu chuẩn là đồng ở trạng thái ủ, ở 20<sup>0</sup>C có điện trở suất là 0,017241Ωmm<sup>2</sup>/m. Người ta thường dùng số liệu này làm gốc để đánh giá điện dẫn suất của các kim loại và hợp kim khác.

- Tính chất cơ của dây dẫn bằng đồng được cho trong bảng sau (bảng 3.6)

**Bảng 3.6: Tính chất cơ của dây dẫn đồng cứng và dây đồng mềm.**

Tính chất	Đơn vị đo	Đồng	
		Cứng (không ủ nhiệt)	Mềm (ủ nhiệt)
Giới hạn bền kéo không nhỏ hơn	kG/mm <sup>2</sup>	36 ÷ 39	26 ÷ 28
Độ dẫn dài tương đối khi đứt không nhỏ hơn	%	0,5 ÷ 2,5	18 ÷ 35
Điện trở suất không nhỏ hơn	Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0179	0,017241

Qua bảng trên ta thấy ảnh hưởng rất mạnh của quá trình gia công đến tính chất cơ của vật liệu làm dây dẫn, cũng như ảnh hưởng của nhiệt luyện đến điện trở suất của kim loại.

## 2) Hợp kim đồng

Trong một số trường hợp, ngoài đồng tinh khiết còn sử dụng cả hợp kim đồng với một lượng nhỏ thiếc, silic, photpho, beri, crôm, magiê, cadmi vv... làm vật dẫn bởi chúng có đặc điểm là sức bền cơ lớn, độ cứng cao, có độ dai tốt, màu sắc đẹp và có tính chất dễ nóng chảy. Có hai loại hợp kim đồng thường được sử dụng là đồng thau và đồng thanh

**a) Đồng thau:** là hợp kim của đồng với kẽm với thành phần kẽm chứa trong đồng thau không quá 46%. Nếu thành phần kẽm chứa ít hơn 25% thì đồng thau có độ dẻo nhưng độ bền giảm. Nếu thành phần kẽm chứa nhiều hơn 25% thì đồng thau có độ bền tăng nhưng giảm độ dẻo.

Nếu thành phần kẽm chứa nhiều hơn 25% thì lớp bảo vệ của oxyt kẽm sẽ tạo nên trên bề mặt của vật liệu càng nhanh khi nhiệt độ càng lớn. Còn thành phần kẽm chứa ít hơn 25% thì trên bề mặt của vật liệu sẽ tạo một lớp hơi đen giàu oxyt đồng, tạo nên lớp bảo vệ ở 300<sup>0</sup>C và đôi khi được sử dụng để bảo vệ các chi tiết chống lại sự ăn mòn của không khí, amôniac.

❖ Theo thành phần và việc sử dụng hợp kim đồng thau người ta chia thành:

- Đồng thau dùng để đúc.
- Đồng thau dùng để cán mỏng.
- Đồng thau dùng để hàn gá (dính kết).

Đồng thau được sử dụng nhiều trong ngành điện để gia công các chi tiết dẫn dòng điện như: các đầu cực, các thanh cái ở các bảng phân phối, các đầu nối đến hệ thống tiếp đất, các móc giữ, các móc hình chữ T, các mối nối nhánh, các đầu để gắn cầu chì, lưỡi và ngàm trong cầu dao vv...

**b) Đồng thanh:** là hợp kim của đồng với các nguyên tố kim loại khác trừ kẽm. Nếu trong đồng thanh chỉ có hai nguyên tố kim loại thì ta gọi là đồng thanh nhị nguyên, nếu có nhiều hơn hai nguyên tố kim loại thì ta gọi là đồng thanh đa nguyên. Đồng thanh có đặc tính dễ cắt gọt và tính chống ăn mòn cao, một số đồng thanh còn có tính chống mài mòn làm hợp kim đỡ sát, chế tạo ổ trục. Đồng thanh có tính đúc tốt, đồng thanh với những thành phần thích hợp nó có những tính chất cơ học tốt hơn đồng. Điện trở suất của đồng thanh cao hơn đồng tinh khiết. Đồng thanh cũng được sử dụng rộng rãi để chế tạo lò xo dẫn điện, làm các tiếp điểm đặc biệt là tiếp điểm trượt.

Tính chất của hợp kim đồng kỹ thuật được cho trong bảng 3.7.

**Bảng 3.7: Tính chất của hợp kim đồng kỹ thuật.**

Hợp kim	Trạng thái	Điện dẫn % so với đồng (Cu)	Giới hạn bền kéo, kG/mm <sup>2</sup>	Độ giãn dài tương đối khi đứt, %
Đồng thanh cadmi (0,9% cd)	ủ	95	Đến 31	50
	Kéo nguội	83 ÷ 90	Đến 73	4
Đồng thanh (0,8 %Cd; 0,6 %Sn)	ủ	55 ÷ 60	29	55
	Kéo nguội	50 ÷ 55	Đến 73	4
Đồng thanh (2,5%Al; 2% Sn)	ủ	15 ÷ 18	37	45
	Kéo nguội	15 ÷ 18	Đến 97	4
Đồng thanh phot pho	ủ	10 ÷ 15	40	60
	Kéo nguội	10 ÷ 15	105	3
Đồng thau	ủ	25	32 ÷ 35	60 ÷ 70

	Kéo nguội	25	Đến 88	5
--	-----------	----	--------	---

### 3.4.2. Nhôm và hợp kim nhôm

#### 1) Nhôm.

##### a) Tầm quan trọng của nhôm trong kỹ thuật điện.

Sau đồng, nhôm là vật liệu quan trọng thứ hai được sử dụng trong kỹ thuật điện, nhôm có điện dẫn suất cao (nó chỉ thua bạc, đồng và thiếc), trọng lượng riêng giảm ( $2,76 \text{ G/cm}^3$ ), tính chất vật liệu và hoá học cho ta khả năng dùng nó làm dây dẫn điện. Nhôm có cấu trúc mạng tinh thể là "lập phương diện tâm" và không đổi cho đến khi nguội ở nhiệt độ thường.

Nhôm có màu bạc trắng là kim loại tiêu biểu cho các kim loại nhẹ (nghĩa là kim loại có khối lượng riêng nhỏ hơn  $5 \text{ G/cm}^3$ ). Khối lượng riêng của nhôm đúc gần bằng  $2,6 \text{ G/cm}^3$ , nhôm cán là  $2,76 \text{ G/cm}^3$ , nhẹ hơn đồng 3,5 lần. Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài, nhiệt dung và nhiệt nóng chảy của nhôm đều lớn hơn đồng.

Ngoài ra nhôm còn có một số ưu nhược điểm sau:

##### \* ưu điểm:

- Giá thành thấp hơn nhiều lần so với đồng.
- Trọng lượng nhẹ nên được dùng để chế tạo các đường dây tải điện trên không, những đường cáp này để có điện trở nhỏ, đường kính dây phải lớn nên giảm được hiện tượng phóng điện vầng quang.

##### \* Nhược điểm:

- Sức bền cơ khí tương đối bé và gặp khó khăn trong việc thực hiện tiếp xúc điện khi nối với nhau.
- Cùng một tiết diện và độ dài, nhôm có điện trở cao hơn đồng 1,63 lần.
- Khó hàn nối hơn đồng, chỗ nối tiếp xúc không hàn dễ hình thành lớp ôxít có trị số điện trở suất khá cao phá hủy chỗ tiếp xúc.
- Khi cho nhôm và đồng tiếp xúc nhau, nếu bị ẩm sẽ hình thành pin cục bộ có trị số suất điện động khá cao, dòng điện đi từ nhôm sang đồng phá huỷ mối tiếp xúc rất nhanh.

##### b) Phân loại:

Nhôm được dùng trong công nghiệp được phân loại trên cơ sở tỉ lệ phần trăm kim loại tinh khiết và của các tạp chất. Tùy theo hàm lượng tạp chất có trong nhôm của lò luyện mà người ta chia nhôm khối ra làm các loại:

- Nhôm có ký hiệu: AB1 có không nhỏ hơn 99,90% nhôm.
- Nhôm có ký hiệu: AB2 có không nhỏ hơn 99,85% nhôm.
- Nhôm có ký hiệu: A-00 có không nhỏ hơn 99,70% nhôm.
- Nhôm có ký hiệu: A-0 có không nhỏ hơn 99,60% nhôm.
- Nhôm có ký hiệu: A-1 có không nhỏ hơn 99,50% nhôm.
- Nhôm có ký hiệu: A-2 có không nhỏ hơn 99,00% nhôm.
- Nhôm có ký hiệu: A-3 có không nhỏ hơn 98,00% nhôm.

Các tạp chất có trong nhôm chiếm từ :0,10% từ nhôm có ký hiệu AB1 đến 2,00% ở nhôm có ký hiệu A-3 và các tạp chất đó chủ yếu là: Fe, Si, Cu và Fe+Si.

Nhôm sử dụng trong kỹ thuật điện có tạp chất trong thành phần không quá 0,5%. Nhôm tinh khiết hơn có các nhãn hiệu là AB00 (không quá 0,03% tạp chất) được sử dụng



để sản xuất nhôm lá, các điện cực và vỏ tụ điện điện phân. Nhôm có độ tinh khiết cao hơn nữa là AB000 có tạp chất không quá 0,004%.

Các tạp chất khác nhau ở trong nhôm sẽ làm giảm điện dẫn của nhôm ở mức độ khác nhau. Nếu thêm niken, silic, kẽm hay sắt vào nhôm không quá 0,5% sẽ làm giảm điện dẫn của nhôm đã ủ không quá (2 ÷ 3)%. Một điều đáng chú ý là với cùng một trọng lượng, tác dụng các tạp chất đồng, bạc, magiê sẽ làm giảm điện dẫn của nhôm đến (5 ÷ 10)%. Điện dẫn của nhôm giảm rất nhiều nếu chất phụ của nhôm là titan và mangan.

Công nghệ gia công nhôm như cán, kéo và ủ cũng tương tự như đối với đồng. Nhôm có thể cán thành lá rất mỏng từ (6 ÷ 7) μm dùng làm bản cực trong các tụ giấy.

### c) Sản xuất và chế tạo

Thông thường người ta sản xuất nhôm theo hai cách sau:

- Nhôm nhận được từ bauxit, qua quá trình công nghệ của oxit nhôm khan  $Al_2O_3$  hầu như không có tạp chất.

- Tách kim loại nhôm thông qua điện phân của oxit hòa tan thành criolit nóng chảy ở nhiệt độ (900 ÷ 950)<sup>0</sup>C. Tuy nhiên dùng phương pháp điện thì tiêu thụ một lượng điện năng rất lớn (18.000 Kwh/tấn) và tiêu thụ khoảng 750kg điện cực cacbon.

Kim loại thô được nóng chảy trong lò dùng ngọn lửa hay dùng điện sau đó rót thành khối hay thanh để dát mỏng hoặc kéo thành sợi cùng với ủ nhiệt trở lại.

## 2) Hợp kim nhôm:

Hợp kim nhôm là hợp kim của nhôm với các nguyên tố kim loại khác như đồng, silic, mangan, magiê, kẽm ...

Tùy theo thành phần và đặc tính công nghệ của hợp kim nhôm người ta chia nó làm hai nhóm:

Nhóm hợp kim nhôm biến dạng và nhóm hợp kim nhôm đúc.

**a) Nhóm hợp kim nhôm biến dạng:** được dùng để chế tạo các tấm nhôm, các băng, các dây nhôm cũng như các chi tiết có thể rèn và ép được.

Điển hình của nhóm hợp kim nhôm biến dạng là Đura. Đura là hợp kim của nhôm với đồng, magiê và mangan. Magiê và đồng làm tăng độ bền, còn mangan làm tăng tính chịu ăn mòn của đura. Thành phần hóa học của đura là (2,5 ÷ 6)% Cu, (0,4 ÷ 2,8)% Mg và (0,4 ÷ 1)% . Đura được ký hiệu bằng chữ kèm theo con số chỉ số hiệu của đura như đura 1, đura 6, đura 16...

**b) Nhóm hợp kim nhôm đúc:** được dùng để sản xuất các chi tiết đúc. Điển hình của nhóm hợp kim nhôm đúc là Silumin. Là hợp kim nhôm với silic (có chứa từ 6÷13% Si). Ngoài thành phần silic silumin còn chứa đồng, magiê, kẽm. Silumin có tính đúc tốt (dễ chảy loãng) và độ co ngót nhỏ.

Trong kỹ thuật điện hợp kim nhôm chủ yếu được dùng làm dây dẫn điện là hợp kim mang tên "aldrey". Chúng là tổ hợp của nhôm với Mg(0,3 ÷ 0,5)%, Silic (0,4 ÷ 0,7)%, và sắt (0,2 ÷ 0,3)%. Tổ hợp làm cho hợp kim có tính chất cơ khí tốt nhất là nhôm với  $Mg_2Si$ . Sự hòa tan dung dịch rắn (ở nhiệt độ 500<sup>0</sup>C) của tổ hợp này sẽ làm tăng tính dẫn điện của hợp kim.

Dây dẫn bằng hợp kim "aldrey" sẽ nhận được thông qua việc "tôi" hợp kim (nung nóng đến 500 ÷ 600<sup>0</sup>C) kéo nó thành sợi ở kích thước mong muốn và làm già hóa nhân

tạo bằng cách nung nóng ở nhiệt độ ( $150 \div 200$ ) $^{\circ}\text{C}$ . Dây dẫn bằng hợp kim "aldrey" có đặc tính như sau:

- Điện trở suất ở  $20^{\circ}\text{C}$ : là  $0,0333 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ .
- Điện dẫn suất ở  $20^{\circ}\text{C}$ :  $30\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ .
- Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ đối với  $1^{\circ}\text{C}$ : là  $0,0035$ .
- Sức bền lâu dài:  $24\text{kG}/\text{mm}^2 > \text{nhôm} = 12 \text{kG}/\text{mm}^2$ .
- Sức bền đứt:  $30\text{kG}/\text{mm}^2 > \text{nhôm} = 16 \text{kG}/\text{mm}^2$ .

### 3.4.3. Chì và hợp kim chì.

#### 1) Chì.

##### a) Sản xuất và chế tạo:

Chì nhận được từ các mỏ như: Galen ( $\text{PbS}$ ), xeruzít ( $\text{PbCO}_3$ ), Anglezít ( $\text{PbSO}_4$ ) vv... và thường qua nhiều phương pháp để thu được chì thô. Sản phẩm thu được (chì thô) gồm ( $92 \div 96$ )% chì.

- Chì thô được tinh luyện theo phương pháp khô, thông qua nóng chảy hay theo phương pháp điện phân để loại bỏ tạp chất và cuối cùng thu được chì với mức độ tinh khiết là ( $99,5 \div 99,994$ )% chì kỹ thuật được cung cấp dưới dạng thỏi ( $35 \div 55$ )kg và được dùng trong cấu tạo cáp điện và nhiều lĩnh vực khác.

- Chì dùng trong acquy cung cấp dưới dạng thỏi ( $35 \div 45$ )kg.

##### b) Đặc tính:

Chì là kim loại có màu tro sáng ngả hơi xanh da trời là kim loại công nghiệp rất mềm. Người ta có thể uốn cong dễ dàng hoặc cắt bằng dao cắt công nghiệp. Chỗ mới cắt sẽ ánh kim loại sáng nhưng nó sẽ mờ đi nhanh do oxy hoá bề mặt bởi lớp oxyt thiếu ( $\text{Pb}_2\text{O}$ ) và ( $\text{PbO}$ ). Chì có điện trở suất cao ( $0,205 \div 0,222 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$  ở nhiệt độ:  $20^{\circ}\text{C}$ ). Chì có thể chuyển sang trạng thái siêu dẫn.

- Nó có sức bền với thời tiết xấu do có những tổ hợp bảo vệ hình thành ở bề mặt ( $\text{PbCO}_3$ ,  $\text{PbSO}_4$ , v.v..).

- Nó không bị tác dụng của axit clohydric, axit sunfuaric, axit sunfuaro, fluorhydric, phosphoric hoặc amoniác, sút, borax và clo.

- Nó hoà tan dễ dàng trong axit  $\text{HNO}_3$  pha loãng hay axit axetic ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) pha loãng, bị phá hủy bởi các chất hữu cơ mục nát, vôi và một vài hợp chất khác.

- Sự bay hơi của chì rất độc.
- Chì là kim loại dễ dát mỏng, có thể được dát và kéo thành những lá mỏng.
- Chì dễ chảy lỏng ( $327,3^{\circ}\text{C}$ ).
- Chì không có sức đề kháng ở dao động, đặc biệt ở nhiệt độ cao nó rất dễ bị nứt khi có lực va đập (dao động).

#### 2) Hợp kim chì:

- Là hợp kim của chì với các nguyên tố: Sb, Te, Cu, Sn với một hàm lượng nhỏ thì có cấu trúc mịn hơn và chịu được sự rung động song ít bền với sự ăn mòn.

- Hợp kim chì - thiếc: là chất hàn mềm có nhiệt độ nóng chảy  $400^{\circ}\text{C}$ .

- Chì kỹ thuật:  $PbTc_1 = 99,92\%$ ;  $PbTc_2 = 99,80\%$ ;  $PbTc_3 = 99,50\%$ .  
Hàm lượng tạp chất của chì kỹ thuật được cho trong bảng (bảng 3.8).
- Chì dùng sản xuất bình ắc quy:  $PbAc_1 = 99,99\%$ ;  $PbAc_2 = 99,98\%$ ;  $PbAc_3 = 99,96\%$ .

Hàm lượng các tạp chất của chì dùng sản xuất bình ắc quy được cho trong bảng (bảng 3.9).

- Chì atimon:  $PbSb_3 = (96,5 \div 99,2)\%$ ;  
 $PbSb_6 = (93,4 \div 96,3)\%$ ;  
 $PbSb_{12} = (86,8 \div 92,7)\%$ ;  
 $PbSb_{20} = (77,1 \div 85)\%$ ;  
 $PbSb_{30} = (66,5 \div 76,4)\%$

Hàm lượng tạp chất của chì atimon được cho trong bảng (bảng 3.10).

### 3) Ứng dụng của chì và hợp kim chì:

- Chì và hợp kim chì được dùng để làm lớp vỏ bảo vệ cáp điện nhằm chống lại ẩm ướt. Vỏ chì ở cáp được chế tạo từ.
- Đôi khi lớp vỏ này sử dụng như dây dẫn thứ tư (ví dụ: trường hợp cáp có 3 dây dẫn).
- Chì còn được dùng chế tạo ắc quy điện có các tấm bản chì  $PbAc_{1,c2}$ .
- Một ứng dụng quan trọng của chì là tham gia vào các hợp kim.
- Nó được sử dụng như một vật liệu bảo vệ đối với tia X (ronghen). Những tấm chì bảo vệ thường theo tiêu chuẩn chiều dày (4 ÷ 9)mm (1mm chiều dày ở 200 ÷ 300kv) có tác dụng bảo vệ như tấm thép dày 11,5mm hay lớp gạch có chiều dày 110mm.

**Bảng 3.8: Chì kỹ thuật**

Ký hiệu (Phẩm chất)	% chì (min)	Hàm lượng tạp chất % (max)								
		Ag	Cu	As	Sb	Sn	Zn	Fe	Bi	Mg + Ca + Na
$PbTc_1$	99,92	0,002	0,005	0,005	0,009	0,002	0,005	0,006	0,050	0,012
$PbTc_2$	99,80	0,002	0,010	0,008	0,020	0,002	0,008	0,006	0,120	0,022
$PbTc_3$	99,50	0,002	0,090	0,050	0,200	0,100	0,070	0,010	0,150	0,030

**Bảng 3.9: Chì dùng sản xuất bình ắc quy**

Ký hiệu (Phẩm chất)	% chì (min)	Hàm lượng tạp chất % (max)								
		Ag	Cu	As	Sb	Sn	Zn	Fe	Bi	Mg + Ca + Na
$PbAc_1$	99,99	0,0003	0,0005	0,0005	0,0005	0,0010	0,0010	0,0020	0,004	0,003
$PbAc_2$	99,98	0,0005	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,005	0,003
$PbAc_3$	99,96	0,0010	0,0050	0,0050	0,0050	0,0020	0,0020	0,0040	0,010	0,005

**Bảng 3.10: Chì antimoan**

Ký hiệu (Phẩm chất)	% chì (min)	Hàm lượng tạp chất % (max)			
		Sb	Cu	Zn	Các tạp chất khác
PbSb <sub>3</sub>	96,5 ÷ 99,2	0,03 ÷ 3	0,3	-	0,20
PbSb <sub>6</sub>	93,4 ÷ 96,3	3,1 ÷ 6	0,3	0,05	0,25
PbSb <sub>12</sub>	86,8 ÷ 92,7	6,1 ÷ 12	0,6	0,10	0,50
PbSb <sub>20</sub>	77,1 ÷ 85,0	12,1 ÷ 20	1,8	0,25	0,85
PbSb <sub>30</sub>	66,5 ÷ 76,4	20,1 ÷ 30	2,0	0,50	1,00

### 3.4.4. Sắt (thép)

Thép là hợp kim của sắt với cacbon với hàm lượng cacbon không quá 2,14%. Thép là kim loại rẻ tiền và dễ kiếm nhất, nó có độ bền cơ cao nên đôi lúc cũng được dùng làm vật dẫn. Nhưng ngay cả sắt tinh khiết cũng có điện trở suất lớn hơn rất nhiều so với đồng và nhôm (khoảng 0,1 Ωmm<sup>2</sup>/m). Trong kỹ thuật điện người ta thường dùng thép có hàm lượng cacbon thấp.

Dòng điện xoay chiều trong thép sẽ gây nên hiệu ứng bề mặt đáng kể, vì vậy điện trở dây thép đối với dòng điện xoay chiều cao hơn điện trở cao hơn điện trở đối với dòng điện một chiều. Ngoài ra dòng điện xoay chiều trong thép còn gây ra tổn thất từ trễ. Để làm dây dẫn điện người ta thường dùng thép mềm có từ (0,10 ÷ 0,15)% cacbon, giới hạn bền kéo (70 ÷ 75)kG/mm<sup>2</sup>, độ dẫn dài tương đối khi đứt (5 ÷ 8)%, điện dẫn suất nhỏ hơn đồng sáu bảy lần. Vì thế thép dùng làm dây dẫn đường dây tải điện trên không với công suất tương đối nhỏ. Trong trường hợp này sử dụng thép có lợi vì khi trị số dòng điện nhỏ, tiết diện dây không xác định theo điện trở mà theo độ bền cơ của nó.

Thép cũng dùng làm vật liệu dẫn điện dưới dạng thanh dẫn, đường ray tàu điện, đường sắt chạy điện, tàu điện ngầm vv... Để làm lõi của dây nhôm, lõi dây dùng dây thép có độ bền đặc biệt với giới hạn bền kéo từ (120 ÷ 150)kG/mm<sup>2</sup> và độ giãn dài tương đối từ (4 ÷ 5)%. Nhược điểm của thép là khả năng chống ăn mòn kém ngay cả ở nhiệt độ bình thường và đặc biệt khi độ ẩm cao thép bị gỉ rất nhanh, nhiệt độ càng cao tốc độ ăn mòn càng mạnh. Vì vậy bề mặt dây thép cần được bảo vệ bằng lớp kim loại bền hơn. Thông thường dây thép được mạ bằng kẽm để bảo vệ cho thép khỏi bị gỉ. Dây dẫn bằng thép có độ bền cơ khí lớn gấp (2 ÷ 2,5) lần so với đồng do đó dây dẫn thép được dùng ở những khoảng cột lớn, ở những tuyến vượt sông rộng vv...và có thể sử dụng cho những khoảng cột từ (1500 ÷ 1900)m. Dây dẫn bằng thép có thể được mắc với độ võng bé hơn các dây dẫn khác.

**Bảng 3.12: Thành phần của một số thép được sử dụng trong kỹ thuật điện.**

Tên	Thành phần %							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Các tạp chất
Sắt armco	< 0,03	< 0,05	< 0,35	< 0,015	< 0,025	< 0,01	-	N+O+ xi
Sắt kỹ thuật điện nóng chảy trong chân	0,017	0,009	0,035	0,01	0,05	-	0,068	0,05 ÷ 0,08

không							
Thép dùng làm dây dẫn	0,1 ÷ 0,13	< 0,08	< 0,04	< 0,04	< 0,05		

### 3.4.5. Wonfram: (Còn gọi là Tungstene) ký hiệu là:W.

Là vật liệu chủ yếu làm dây tóc của bóng đèn có tim.

- Điện trở suất:  $(0,0530 \div 0,0612)\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ .
- Nhiệt độ nóng chảy:  $3380^{\circ}\text{C}$  (cao nhất trong các kim loại).
- Hệ số nhiệt độ:  $(0,0040 \div 0,0052)$

Là kim loại rắn, rất nặng, có màu xám. Vonfram được dùng làm tiếp điểm, làm các điện trở phát nóng cho các lò điện.

#### a) Ưu điểm:

- ổn định khi làm việc.
- Độ mài mòn cơ nhỏ do vật liệu có độ cứng cao.
- Có khả năng chống tác dụng của hồ quang, không làm dính tiếp điểm do khó nóng chảy.
- Độ ăn mòn bề mặt nhỏ, nghĩa là ăn mòn điện tạo thành những vết rỗ và gờ do bị làm nóng cục bộ.

#### b) Nhược điểm:

- Khó gia công.
- ở điều kiện khí quyển tạo thành màng oxít.
- Cần có áp lực lớn để giảm điện trở tiếp xúc.
- Đối với các tiếp điểm có công suất cắt lớn dùng kim loại gôm. Người ta ép phôi từ bột wonfram được ép với áp lực lớn và thiêu kết trong khí hydrô ở nhiệt độ cao để có độ bền cao nhưng lại xốp, sau đó thấm bạc hoặc đồng nóng chảy để tăng điện dẫn.

### 3.4.6. Kim loại dùng làm tiếp điểm và cổ góp

#### 1) Đại cương về kim loại dùng làm tiếp điểm và cổ góp:

Vật liệu được dùng làm các tiếp điểm điện cần phải thoả mãn những điều kiện sau:

- Có sức bền cơ khí và độ rắn tốt.
- Có điện trở suất nhỏ và dẫn nhiệt tốt không bị nung nóng quá nhiệt độ cho phép khi những tiếp điểm có dòng điện định mức lâu dài đi qua.
- Có sức bền đối với sự ăn mòn do tác nhân bên ngoài.
- Có nhiệt độ nóng chảy và hoá hơi cao.
- ôxyt của nó phải có điện dẫn suất lớn  $\frac{1}{\rho}$  (tức  $\rho$  nhỏ).
- Có thể gia công dễ dàng.
- Giá thành hạ.

Bên cạnh những điều kiện trên vật liệu làm tiếp điểm còn phải thoả mãn với các điều kiện khác nữa tùy vào dạng tiếp điểm như:

- Đối với các tiếp điểm cố định.
- Đối với các tiếp điểm di động.
- Đối với các tiếp điểm trượt.

**2) Sức bền của tiếp điểm và các yếu tố ảnh hưởng đến sức bền tiếp điểm:** (không cháy, không dính, phá hỏng do lực điện động).

Sức bền của tiếp điểm bị ảnh hưởng bởi:

**a) Bản chất bề mặt:** điện trở của tiếp điểm càng lớn thì cầu vật liệu lớn và điện trở càng nhỏ khi ứng suất nghiền đập của vật liệu càng nhỏ. Ví dụ vật liệu mềm dẫn đến điện trở tiếp xúc nhỏ trong một số trường hợp các tiếp điểm cứng hơn song lại được bọc bằng vật liệu mềm hơn (thiếc đối với đồng và đồng thau, thiếc và cadimi đối với thép...).

- Bản chất của vật liệu ảnh hưởng đến điện trở của tiếp điểm.

- Bản chất của vật liệu và những điều kiện làm việc ảnh hưởng đến sự ăn mòn các tiếp điểm như: sự tác động của không khí, hơi nước, các chất hoá học... Tạo nên trên bề mặt tiếp điểm làm tăng điện trở tiếp xúc.

**b) Lực ấn tiếp điểm:** là yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng tới điện trở tiếp xúc của tiếp điểm.

**c) Nhiệt độ tiếp điểm:** với nhiệt độ  $< 250^{\circ}\text{C}$  thì điện trở suất tăng theo nhiệt độ. Giữa  $(250 \div 400)^{\circ}\text{C}$  sức bền cơ sẽ giảm. Vật liệu trở nên mềm hơn, tức là tăng diện tích tiếp xúc thực tế làm giảm điện trở tiếp xúc. Nếu vượt quá trị số này thì điện trở tiếp xúc sẽ không tăng nữa và làm nóng chảy vật liệu.

**d) Trạng thái về bề mặt khi tiếp xúc:** việc gia công bề mặt tiếp xúc cần phải loại được màng ôxyt và những vật chất xa lạ, đồng thời phải tạo được tối đa số điểm tiếp xúc khi tiếp xúc bề mặt.

**3) Phân loại vật liệu làm tiếp điểm điện:** Có 3 dạng tiếp điểm: tiếp điểm cố định, tiếp điểm di động, tiếp điểm trượt.

**a) Vật liệu dùng tiếp điểm cố định:**

Đối với vật liệu dùng làm tiếp điểm cố định người ta sử dụng đồng, nhôm, thép và kẽm.

- Đồng: có độ dẫn điện và dẫn nhiệt cao, với phẩm chất tương đối cứng, cho phép tác động đóng cắt thường xuyên. Được dùng ở điện áp nhỏ, điều kiện làm việc bình thường. Để tăng sức bền đối với sự ăn mòn các tiếp điểm người ta mạ niken hoặc tẩm thiếc khi nóng hay bọc bạc.

- Nhôm có độ dẫn điện và dẫn nhiệt tương đối lớn có sức bền cơ thấp và có điện trở suất lớn hơn đồng, do vậy không dùng ở nơi có dòng ngắn mạch lớn.

- Thép có tổn thất lớn trong dòng điện xoay chiều nên được sử dụng ở nơi có công suất bé và điện áp lớn. Nó bị ăn mòn mạnh trong không khí ẩm ướt.

**b) Vật liệu dùng làm tiếp điểm cắt:**

Những kim loại và hợp kim dùng làm tiếp điểm cắt gồm: Rôđi, platin, paladi, vàng, bạc, vonfram, molipden, đồng, niken...

- **Platin:** có tính ổn định cao đối với sự ăn mòn trong không khí, không tạo màng ôxyt nên đảm bảo được sự ổn định điện của tiếp điểm, tuy nhiên platin độ cứng thấp nên mài mòn nhanh chóng do đó ít sử dụng platin tinh khiết. Hợp kim platin với iridi có độ cứng cao và nhiệt độ nóng chảy cao, sức bền tốt đối với sự tác động của hồ quang, được dùng chế tạo các tiếp điểm quan trọng có độ chính xác cao và dòng điện nhỏ.

- **Paladi:** có tính chất tương tự như platin song nó có sức bền tốt hơn đối với sự ôxyt hoá trong không khí.

- **Rodi:** rất thông dụng để làm các tiếp điểm có yêu cầu chính xác, nó có độ cứng cao, nhiệt độ nóng chảy và điện dẫn suất cao, có sức bền đối với sự ăn mòn.

- **Vàng:** có đặc điểm là sức bền kém, do vậy ít dùng vàng nguyên chất để làm tiếp điểm.

- **Bạc:** được dùng làm tiếp điểm vì có độ dẫn điện và dẫn nhiệt, lớp oxy hóa bề mặt từ bạc có điện trở suất giống như bạc tinh khiết nhưng độ bền cơ khí kém và nhanh chóng bị phá hủy khi tiếp điểm bị phát nóng. Tiếp điểm bạc bền vững, yêu cầu lực ép tiếp điểm nhỏ. Một đặc điểm cơ bản nữa của bạc là có điện trở tiếp xúc  $R_{tx}$  nhỏ. Bạc bị ăn mòn nhiều khi có sự xuất hiện của hồ quang điện. Độ cứng thấp của bạc đã hạn chế ứng dụng nó trong các tiếp điểm đóng, cắt dòng điện lớn và có tần số thao tác cao.

Người ta dùng hợp kim bạc với đồng có độ cứng cao, hợp kim này có độ cứng và sức bền đối với sự mài mòn cơ khí, không bị dính trong thời gian làm việc có tuổi thọ cao được dùng ở các tiếp điểm có áp suất cần thiết.

- **Molipden:** bị ăn mòn lớn hơn wonfam bị ăn mòn mạnh ở nhiệt độ trên  $600^{\circ}\text{C}$ . Oxyt molipden tạo nên lớp xốp không dẫn điện nên không dùng molipden nguyên chất mà sử dụng hợp kim wonfam với molipden ở những máy cắt điện trong chân không, trong khí trơ.

- **Đồng:** được sử dụng làm tiếp điểm làm việc có ứng lực cơ khí lớn, dòng điện lớn.

- **Niken:** dùng làm tiếp điểm có dòng điện nhỏ, điện áp lớn trong môi trường hydrocacbua.

- **Coban:** được dùng dưới dạng hợp kim cho những tiếp điểm có yêu cầu tăng độ cứng.

#### c) Vật liệu dùng làm tiếp điểm trượt:

Đối với tiếp điểm trượt người ta dùng:

- **Đồng hợp kim:** được dùng làm ổ góp máy điện và tiếp điểm máy cắt, dao cách ly. Để có sức bền cơ khí cao người ta tạo hợp kim với cadmi. Các hợp kim đồng thanh (đồng thanh - antimon, đồng với berili, đồng với cadmi), đồng thau được dùng làm vòng tiếp xúc hay ổ góp. Chúng có sức bền cơ khí cao đối với sự mài mòn và ăn mòn.

- **Gang cầu** (thép có 8% Mn) cũng có thể đôi khi được dùng làm ổ góp.

- **Nhôm:** được dùng làm các chi tiết tiếp xúc ở cần lấy điện của các phương tiện vận tải bằng điện.

- **Cacbon điện graphít:** Được dùng làm khí cụ điện vì nó không mài mòn, dây dẫn điện và điện cực vì có tuổi thọ cao.

#### d) Các vật liệu kim loại gôm:

Các đặc điểm xem xét của các vật liệu nguyên chất cho thấy rằng không một vật liệu nào trong số đó đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu đối với vật liệu tiếp điểm.

Các tính chất cơ bản của vật liệu tiếp điểm như tính dẫn điện cao và tính chịu hồ quang cao, không thể nhận được ở hợp kim giữa các vật liệu có tính chất trội ở cùng các đặc tính như vậy, ví dụ như bạc và Wolfram, đồng và Wolfram, bởi vì các vật liệu này không thể tạo nên được hợp kim.

Các vật liệu, có tính chất mong muốn trội được kết hợp với nhau qua phương pháp luyện kim bột (kim loại gôm). Các tính chất vật lý của vật liệu thành phần bên trong vật liệu kim loại gôm được đáp ứng. Ví dụ như tính chịu đựng hồ quang trong vật liệu kim loại gôm là do các thành phần wolfram hoặc Molipden chứa trong đó. Để nhận điện trở tiếp xúc nhỏ, thành phần thứ hai trong tiếp điểm có thể là bạc hoặc đồng. Thành phần

wolfram càng lớn thì tính chịu hồ quang, độ bền cơ, tính chống hàn dính càng cao nhưng đồng thời lại làm tăng điện trở tiếp xúc và giảm tính dẫn điện của tiếp điểm. Thông thường các kim loại gồm có chứa 50% hoặc lớn hơn, wolfram được ứng dụng trong các thiết bị đóng cắt phụ tải nặng nề hoặc cắt các dòng điện ngắn mạch.

Tính chất và thành phần của một số loại kim loại gồm thường gặp của Nga được cho trong (bảng 3.13).

**Bảng 3.13: Tính chất và thành phần của một số loại kim loại gồm.**

Mã hiệu vật liệu	Các thành phần chính	Trọng lượng riêng kg/m <sup>3</sup>	Điện trở suất $\mu\Omega.m$	Độ cứng Brinel
Kmk – a 10	Bạc ôxyt Cadmi	9700	0,030	45 - 75
Kmk – a20	Bạc ôxyt đồng	9500	0,025	45 - 60
Kmk – a31	Bạc - Nikel	9500	0,032	60 - 80
Mkm – a60	Bạc - Wolfram - Nikel	13500	0,041	120 - 160
Mkm – a61	Bạc - Wolfram - Nikel	15000	0,045	170 - 210
Kmk – b20	Đồng - Wolfram - Nikel	12100	0,06	120 - 150
Kmk – b21	Đồng - Wolfram - Nikel	13800	0,07	170 - 200

Đối với các tiếp điểm của khí cụ điện cao áp thường sử dụng kim loại gồm Mkm – a60, Mkm – a61, Kmk – b20, Kmk – b21.

Trong các khí cụ điện hạ áp thường áp dụng vật liệu: Kmk – a 10, từ Bạc và ôxyt cadmium (CdO). Đặc điểm cơ bản của vật liệu này là sự phân hủy của CdO thành Cd và O<sub>2</sub>. Khí O<sub>2</sub> nhận được dưới tác động của hồ quang có tác dụng làm giảm nhiệt độ của tiếp điểm và đẩy mạnh quá trình khử ion.

### 3.4.7. Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt.

#### 1) Khái niệm:

Các hợp kim điện trở cao là những hợp kim có điện trở suất tương đối lớn nên có tính chất cản trở dòng điện cao gây sự toả nhiệt trên dây điện trở.

\* Đặc tính:

- Điện trở suất tương đối lớn nên hạn chế được chiều dài dây dẫn.
- Chịu nhiệt độ cao (yếu tố cần thiết đối với điện trở toả nhiệt).
- Có độ bền về cơ cao.
- Hệ số nhiệt độ thấp.
- Chống sự oxy hoá.

#### 2) Một số hợp kim thường sử dụng:

##### a) Mai so: (Mailiechort) (60% Cu+ 25% Zn + 15%Ni)

Được sử dụng làm dây điện trở các bếp điện và cũng được dùng làm điện trở không toả nhiệt như: Điện trở phòng thí nghiệm, biến trở khởi động, biến trở điều tốc.

- Điện trở suất: 0,30  $\Omega mm^2/m$  (ở 20<sup>0</sup>C)
- Nhiệt độ nóng chảy: 1300<sup>0</sup>C.

##### b) Constantan: (60% Cu+ 40%Ni)



Có hệ số nhiệt độ thấp nên điện trở ít phụ thuộc nhiệt, sử dụng làm điện trở chuẩn trong phòng thí nghiệm, không làm điện trở tỏa nhiệt. Hợp kim maganin cũng có đặc tính tương tự như constantan.

- Điện trở suất:  $0,49 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$  (ở  $20^0\text{C}$ )
- Nhiệt độ nóng chảy:  $1240^0\text{C}$ .

**c) Ferro - nickel:** ( 74% Fe+ 25% Ni + 1%Cr)

Là loại hợp kim điện trở được sử dụng làm điện trở hoặc biến trở và có thể làm điện trở tỏa nhiệt chịu được đến  $500^0\text{C}$ . Tuy nhiên hợp kim này không bền so với điện trở tỏa nhiệt loại RNC vì nó dễ giòn gãy khi vận hành và nhiệt độ mới đạt đến màu đỏ sậm.

- Điện trở suất:  $0,80 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$  (ở  $20^0\text{C}$ ).
- Nhiệt độ nóng chảy:  $1500^0\text{C}$ .

**d) Sắt - nickel - Crome:** ( 50% Fe+ 40% Ni + 10%Cr)

Đây là hợp kim điện trở chủ yếu làm điện trở tỏa nhiệt trong bàn ủi, bếp điện, mỏ hàn điện. Vì đặc tính của điện trở RNC chịu được nhiệt độ vận hành cao đến  $900^0\text{C}$ .

- Điện trở suất:  $1,02 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$  (ở  $20^0\text{C}$ )
- Nhiệt độ nóng chảy:  $1450^0\text{C}$ .

**e) Nickel - Crome:** ( 80% Ni + 20%Cr)

Hợp kim có đặc tính chịu được nhiệt độ vận hành rất cao ( $1100^0\text{C}$ ) và nó có tính chất được bảo vệ bởi 1 lớp oxit cách điện nhờ thế có thể quấn các vòng dây điện trở khít lại với điều kiện điện áp giữa các vòng dây không lớn. Công suất tiêu tán trên bề mặt của dây điện trở tỏa nhiệt khoảng:

- $2\text{W}/\text{cm}^2$  khi ở nhiệt độ  $600^0\text{C}$  đến  $800^0\text{C}$ .
- $1\text{W}/\text{cm}^2$  khi ở nhiệt độ  $900^0\text{C}$
- $0,7\text{W}/\text{cm}^2$  khi ở nhiệt độ  $1000^0\text{C}$ .

**Bảng 3.14: Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt.**

Tên hợp kim	Thành phần	$\rho$ $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ (ở $20^0\text{C}$ )	Hệ số $\alpha$ độ <sup>-1</sup>	Nhiệt nóng chảy ( $^0\text{C}$ )	Nhiệt độ làm việc cho phép ( $^0\text{C}$ )
Maiso	60 Cu+ 25 Zn + 15Ni	0,300	0,0003	1290	400
Constantan	60 Cu+ 40Ni	0,460	0	1240	400
Ferro- nickel	74 Fe+ 25 Ni + 1Cr	0,800	0,00090	1500	500
Manganin	86Cu+12Mn+2Ni	0,420	$\pm 0,00002$		200
Hợp kim: RNC1	55Fe+35Ni+10Cr	1,020	0,00032	1450	700
Hợp kim: RNC2 (Feronicrôm)	25Fe+60Ni+15Cr	1,110	0,00015	1450	900
Hợp kim: RNC3	80Ni+20Cr	1,030	0,00009	1475	1100

**3.4.8. Lưỡng kim**

**1) Định nghĩa:**

Người ta gọi sản phẩm dùng vật liệu lưỡng kim là những sản phẩm kỹ thuật được chế tạo bằng nhiều cách để tạo thành một khối liên hệ chặt chẽ của 2 kim loại.

## 2) Dây dẫn lưỡng kim thép - đồng:

ở những đường dây thông tin dùng dòng điện có tần số cao ( $2000 \div 8000\text{Hz}$ ) thì hiệu ứng màng ngoài rất rõ. Dòng điện chạy qua lớp bề mặt chiều dày ( $0,5 \div 0,6\text{mm}$ ), còn bên trong trở thành mất tác dụng dẫn điện. Vì vậy người ta chế tạo lõi dây dẫn bằng thép như vậy sẽ tiết kiệm được đồng (kim loại màu) mà vẫn không làm ảnh hưởng tới điện trở ở dòng điện xoay chiều. Đồng thời nó làm tăng sức bền cơ cho dây dẫn và lớp đồng bên ngoài cũng là lớp bảo vệ tốt đối với sự ăn mòn của môi trường.

Do vậy người ta dùng dây dẫn bằng vật liệu lưỡng kim đồng thép đối với đường dây thông tin có đường kính từ ( $1 \div 4\text{mm}$ ). Dây dẫn lưỡng kim để chế tạo thanh góp trong các thiết bị dùng để nối.

Việc bọc lõi thép có thể thực hiện theo:

- Phương pháp dát mỏng khi nóng.
- Phương pháp điện phân.

**a) Phương pháp bọc khi nóng:** Thanh thép được làm sạch lớp oxyt và đặt vào giữa khuôn mẫu, xung quanh thanh thép người ta rót đồng nóng chảy ( $1200 \div 1260^{\circ}\text{C}$ ). Lõi thép có  $d = (80 \div 85)\text{mm}$ , dài ( $700 \div 800\text{mm}$ ). Sau đó để nguội về sau sẽ dát mỏng hoặc kéo thành sợi theo kích thước mong muốn.

### b) Phương pháp bọc theo cách điện phân:

Đồng sẽ bám vào dây thép, trong bể galvanic sulfat đồng đảm bảo có một lớp bọc bằng đồng, đồng nhất song không cho một sự dính chặt hoàn toàn. Đồng thời phương pháp này tiêu thụ lượng điện năng lớn.

Ngoài ra người ta còn dùng dây dẫn lưỡng kim nhôm.

## 3) Nhiệt lưỡng kim:

Nhiệt lưỡng kim là sự ghép nối từ 2 dải băng hẹp có cùng chiều dày bằng những kim loại hay hợp kim có hệ số giãn nở theo chiều dài rất khác nhau, chúng được chế tạo bằng phương pháp dát mỏng khi nóng. Tỷ lệ trọng lượng là 1:1.

- Khi nung nóng lưỡng kim loại sẽ cong và tác động lên các chi tiết để mở role nhiệt hay những thiết bị tự động.

- Việc uốn cong của tấm lưỡng kim khi nung nóng phụ thuộc vào chiều dày của thanh và độc lập với chiều rộng của thanh. để tránh ứng suất cục bộ thì thanh lưỡng kim phải được xử lý nhiệt trước.

- Đối với hợp kim có hệ số giãn nở theo chiều dài ít người ta dùng hợp kim niken ( $36 \div 46\%$ ) hợp kim được dùng nhiều là hợp kim inva (H36) có: 36,1%Ni, 63,1%Fe, 0,4% Mn, 0,4%Cu.

- Đối với hợp kim giãn nở theo chiều dài nhiều thì người ta dùng hợp kim đồng - kẽm, thép hợp kim crôm - niken, hợp kim với niken và molipđen.

## Câu hỏi ôn tập

3.1. Trình bày khái niệm về vật liệu dẫn điện? Nêu tính chất của vật liệu dẫn điện?

3.2. Trình bày điện trở và điện trở suất? Cho biết nhiệt độ ảnh hưởng như thế nào đến điện trở của vật liệu?

3.3. Các tác nhân của môi trường ảnh hưởng như thế nào đến vật liệu dẫn điện?

3.4. Thế nào là hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động?

3.5. Nêu các tính chất chung của kim loại và hợp kim?

**3.6.** Nêu những hư hỏng thường gặp của vật liệu dẫn điện, nguyên nhân và biện pháp khắc phục?

**3.7.** Nêu tính chất, đặc điểm và công dụng của đồng và hợp kim đồng, nhôm và hợp kim nhôm, chì và hợp kim chì?

**3.8.** Trình bày các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở tiếp xúc và độ bền tiếp điểm ? Cho biết các vật liệu được dùng làm tiếp điểm?

**3.9.** Nêu những hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt? Nêu một số hợp kim điển hình?

**3.10.** Thế nào là lưỡng kim, nhiệt lưỡng kim hãy trình bày và cho một vài ví dụ minh họa.

## Bài 4

**Tên bài : VẬT LIỆU DẪN TỪ****4.1. Khái niệm về vật liệu dẫn từ.**

Một trong những tác dụng cơ bản của dòng điện là tác dụng từ. Đó chính là cơ sở để chế tạo các loại máy điện. Để truyền tải được năng lượng từ trường cần phải có những vật liệu có từ tính, đó chính là nhóm vật liệu dẫn từ (còn gọi là vật liệu sắt từ).

**4.2. Tính chất vật liệu dẫn từ .****4.2.1. Các đặc tính của vật liệu dẫn từ .**

Các nguyên tố có tính chất sắt từ là: sắt cacbon, niken và các hợp kim của chúng, bên cạnh đó còn có coban cũng được gọi là chất sắt từ. Nguyên nhân chủ yếu gây nên từ tính của vật liệu là các điện tích luôn chuyển động nằm theo quỹ đạo kín, tạo nên những dòng điện vòng đó là sự quay của các điện tử xung quanh trục của mình và sự quay theo quỹ đạo của các điện tử trong nguyên tử.

Như vậy tính chất đặc trưng cho trạng thái sắt từ của các chất là nó có độ nhiễm từ tự phát ngay khi không có từ trường ngoài. Mặc dù trong chất sắt từ có những vùng từ hóa tự phát nhưng mômen từ của các đômên lại có hướng rất khác nhau. Các chất sắt từ đơn tinh thể có khả năng từ hóa dị hướng nghĩa là theo các trục khác nhau mức từ hóa khó hay dễ cũng khác nhau.

+ Tăng thể tích của các đômên có mômen từ tạo với hướng từ trường góc nhỏ nhất và giảm kích thước của các đômên khác (quá trình chuyển dịch mặt phân cách của các đômên).

+ Quay các véc tơ mômen từ hóa theo hướng từ trường ngoài (quá trình định hướng).

Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ có thể đặc trưng bằng đường cong từ hóa  $B = f(H)$ , có dạng tương tự với tất cả các vật liệu sắt từ.

Khi từ hóa chất sắt từ đơn tinh thể thì kích thước của chúng có thay đổi.

Quá trình từ hoá lại vật liệu sắt từ trong từ trường biến đổi bao giờ cũng có tổn hao năng lượng dưới dạng nhiệt do tổn hao từ trễ và tổn hao động học.

Công suất tổn hao dòng điện xoáy có thể tính theo công thức:

$$P_f = \xi \cdot f^2 \cdot B_{\max}^2 \cdot V$$

Trong đó:  $\xi$ : là hệ số phụ thuộc vào loại chất sắt từ (trong đó phụ thuộc vào điện trở suất) và hình dáng của nó.

f: là tần số dòng điện.

$B_{\max}$ : cảm ứng từ lớn nhất đạt được trong một chu trình.

V: thể tích chất sắt từ.

Chú ý đến các tổn hao có liên quan tới hậu quả từ hoá khi chất sắt từ làm việc ở chế độ xung.

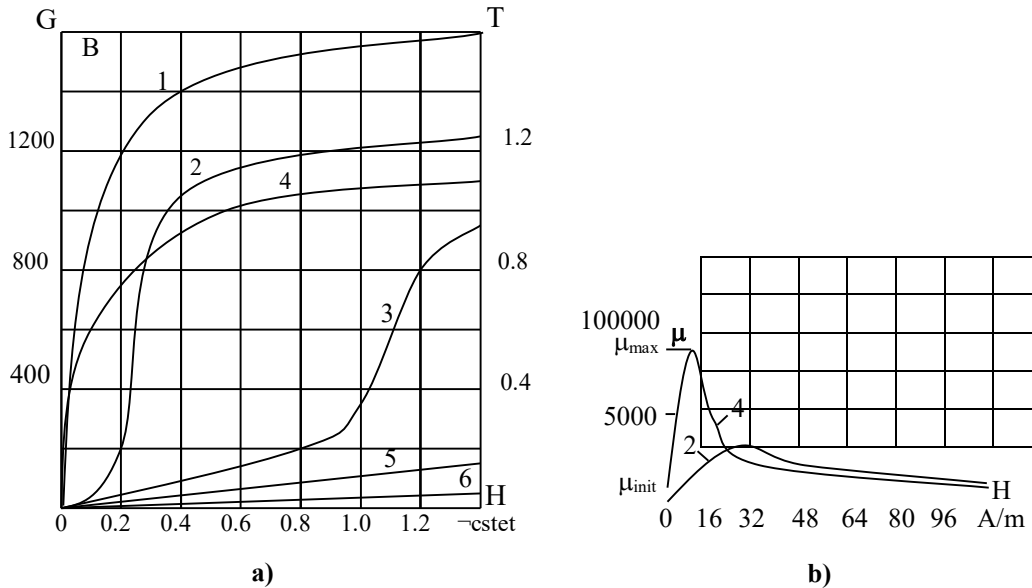
**4.2.2. Đường cong từ hoá.**

Độ từ thẩm là tỉ số của đại lượng cảm ứng từ B và cường độ từ trường H ở điểm xác trên đường cong từ hóa cơ bản. Trong hệ SI hằng số  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$ .

Trên hình 4.1. trục dọc bên trái đặt giá trị cảm ứng từ tính theo Gauss, Bên phải tính theo hệ SI - tesla (T),  $1 \text{gaus} = 10^{-4} \text{T}$ . Trên trục ngang là cường độ từ trường H đơn vị là oerstet, theo hệ SI là A/m,  $1 \text{oerstet} = 79,6 \text{ A/m} \approx 80 \text{ A/m}$ . Việc tính đổi các trị số của cảm

ứng từ hoặc cường độ từ trường từ thứ nguyên của một hệ đơn vị này sang hệ đơn vị khác rất đơn giản.

Độ từ thẩm  $\mu_{bd}$  khi  $H = 0$  gọi là độ từ thẩm ban đầu, đó là trị số của nó trong trường yếu khoảng 0,001 oerstet. Giá trị lớn nhất của độ từ thẩm gọi là độ từ thẩm cực đại ký hiệu  $\mu_{max}$ . ở từ trường mạnh, trong vùng bão hòa từ độ từ thẩm tiến tới bằng 1.



H×nh 4.1 : ĐƯỜNG CONG TỪ HÓA VÀ ĐƯỜNG CONG CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG THẨM TỪ

CƠ BẢN CỦA MỘT SỐ VẬT LIỆU TỪ.

Hệ số từ thẩm động  $\mu$  là đại lượng đặc trưng cho vật liệu sắt từ trong từ trường xoay chiều, nó là tỉ số giữa biên độ cảm ứng từ với biên độ cường độ từ trường:

1. S<sup>3</sup>/<sub>4</sub>t tinh khiết
2. S<sup>3</sup>/<sub>4</sub>t tinh khiết (99,98%Fe)
3. S<sup>3</sup>/<sub>4</sub>t kỹ thuật tinh khiết (99,92%Fe)
4. PĐmal<sup>3</sup>/<sub>4</sub>t (78%Ni)
5. Niken
6. Hợp kim S<sup>3</sup>/<sub>4</sub>t - Niken (26%Ni)

Với sự tăng của tần số từ trường xoay chiều, độ từ thẩm động giảm vì quán tính của các quá trình từ.

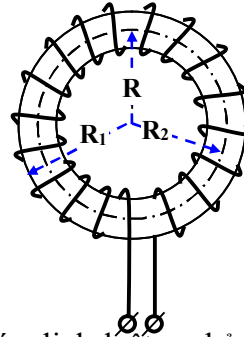
Nếu tiến hành từ hóa vật liệu sắt từ trong từ trường ngoài, sau đó bắt đầu ở một điểm nào đó trên đường cong từ hóa cơ bản, giảm cường độ từ trường thì cảm ứng từ cũng giảm, nhưng không theo đường từ hóa cơ bản mà giảm chậm hơn do hiện tượng từ trễ. Khi tăng từ trường theo chiều ngược lại thì mẫu vật liệu có thể bị khử từ đó lại được từ hóa lại, nếu đổi chiều từ trường thì cảm ứng từ lại có thể quay lại điểm ban đầu. Ta có đường cong kín đặc trưng cho tình trạng từ hóa của mẫu, đó là vòng từ trễ của chu trình từ hóa.

ở giai đoạn đầu khi tăng dòng điện từ hóa trong cuộn dây thì cường độ từ trường H sẽ tăng và cảm ứng từ B cũng tăng tỉ lệ thuận. Sau đó khi ta tăng H thì B tăng ít hơn. Giai đoạn gần bão hòa, hệ số giảm dần đến khi cường độ từ trường H đủ lớn thì từ cảm B hầu như không tăng nữa. Giai đoạn bão hòa từ và hệ số sẽ tiến tới 1.

Hệ số từ thẩm của chất sắt từ không phải là hằng số. Quan hệ giữa từ cảm B và cường độ từ trường H không phải là đường thẳng.

### 4.2.3. Mạch từ và tính toán mạch từ.

Mạch từ là gồm lõi sắt từ có hay không có các khe không khí và từ thông sẽ đóng kín qua chúng. Việc sử dụng vật liệu sắt từ nhằm mục đích thu được từ trở cực tiểu, đối với từ trở này, sức từ động cần thiết để đảm bảo cảm ứng từ hay từ thông mong muốn có giá trị của nó nhỏ nhất. Mạch từ rất đơn giản bao gồm bởi lõi cuộn dây hình xuyên (hình 4.2) hoặc người ta dùng các mạch từ nối tiếp hay rẽ nhánh mà các đoạn có thể thực hiện bằng các vật liệu khác nhau, hay vật liệu cùng một bản chất (hình 4.4).



**1) Các công thức cơ bản**

Khi tính toán mạch từ, có thể áp dụng các định luật cơ bản của mạch điện bởi vì giữa chúng tồn tại sự tương tự qua lại.

H×nh 4.2: Cuén d×y h×nh xuyên

**a) Định luật Kirchoff 1:** áp dụng cho mạch từ được phát biểu nh sau.

Đối với một nút bất kỳ trong mạch từ, tổng các từ thông đi vào (có chiều về phía điểm nút) và đi ra (có chiều đi ra khỏi điểm nút) bằng zéro.

$$\sum_{i=1}^n \Phi_i = 0 \tag{4.1}$$

**b) Định luật Kirchoff 2:** phát biểu như sau: đối với một mạch vòng khép kín trong mạch từ, tổng các từ áp rơi trên mạch vòng đó và các sức từ động bằng zéro.

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{k=1}^m \Phi_k R_{mk} = 0. \tag{4.2}$$

**c) Định luật Ohm phát biểu như sau:** đối với một nhánh bất kỳ trong mạch từ tích số giữa từ thông chảy qua và tổng trở từ bằng từ áp rơi giữa hai đầu của nhánh đó.

$$\Phi_i Z_{mi} = U_{mi}. \tag{4.3}$$

Trong các công thức trên:

- $\Phi_i$  : là từ thông chảy qua các nhánh của mạch từ (wb).
- $F_i$  : là sức từ động của các nhánh từ tương ứng (A.t).
- $R_{mk}$  : từ trở của nhánh từ tương ứng (1/H).
- $Z_{mi}$  : tổng trở từ của các nhánh (1/H).
- $U_{mi}$  : từ áp rơi trên các nhánh từ (A).

Tổng trở  $Z_{mi}$  của nhánh từ bao gồm hai thành phần là từ trở  $R_{mi}$  và từ kháng  $X_{mi}$ , giữa chúng có quan hệ tam giác vuông.

$$Z_{mi} = \sqrt{R_{mi}^2 + X_{mi}^2}. \tag{4.4}$$

Đối với mạch từ một chiều (DC) không tồn tại thành phần từ kháng  $X_{mi}$  vì vậy trong đó chỉ bao gồm các thành phần từ trở  $R_{mi}$ .

$$R_{mi} = \frac{l_i}{\mu_i S_i}$$

(4.5)

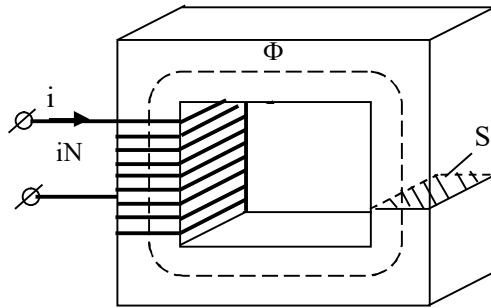
Trong đó:

- $l_i$  : là chiều dài của nhánh từ tương ứng (m).
- $S_i$ : tiết diện của nhánh từ đó (m<sup>2</sup>).
- $\mu_i$ : là từ thẩm vật liệu từ của nhánh từ tương ứng (H/m).

Ví dụ:

Mạch từ được trình bày như (hình 4.1). Lõi được làm từ vật liệu từ có độ từ thẩm  $\mu$  lớn hơn rất nhiều với từ thẩm của chân không  $\mu_0$  với:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (H/m).

Lõi có tiết diện không đổi và được kích từ bởi cuộn dây có N vòng dây, trong đó chảy dòng điện I (A). Cuộn dây N sẽ sinh ra từ trường trong lõi thép nh được biểu diễn trong (hình 4.1).



Từ thông  $\Phi$  đi qua bề mặt  $S$  bằng tích phân mặt của các thành phần pháp tuyến của từ cảm  $B$ . Như vậy.

$$\Phi = \int B \cdot dS$$

(4.6)

Trong hệ đo lường SI, từ thông  $\Phi$  có thứ nguyên là weber (wb).

Khi từ cảm là đồng nhất bên trong một mặt cắt bất kỳ của lõi thép, phương trình trên có thể được biểu diễn:

$$\Phi_i = B_i \cdot S_i$$

(4.7)

Trong đó:

- $\Phi_i$  : từ thông trong lõi thép.
- $B_i$ : từ cảm.
- $S_i$  : là tiết diện của lõi thép.

Từ phương trình  $\int_c H.dL = \int_s J.dS$ , quan hệ giữa sức từ động và cường độ từ trường H có thể được biểu diễn:

$$F = NI = \int \vec{H}.d\vec{l}.$$

(4.8a)

Lõi thép có độ dài trung bình chính bằng chiều dài khép kín của đường sức từ bất kỳ  $l_i$ .

Kết quả là tích phân đường (4.8) trở thành tích của các đại lượng vô hướng  $H_i$ ,  $l_i$ . Từ phương trình (4.8a) có thể viết lại:

$$F = NI = H_i L_i. \tag{4.8b}$$

Với  $H_i$  là giá trị trung bình phần thực của vectơ H trong lõi thép. Chiều của  $H_i$  trong lõi thép được xác định theo quy tắc bàn tay phải, nó có thể được biểu diễn bằng hai cách tương tự nh nhau. Hãy hình dung rằng có một vật dẫn điện đặt trong bàn tay phải, ngón tay cái chỉ chiều của từ trường  $H_i$ . Hoàn toàn tương tự nếu như cuộn dây trong hình vẽ (hình 4.3) được nắm bởi bàn tay phải, khi đó các ngón tay chỉ chiều dòng điện và ngón tay cái sẽ chỉ chiều từ trường.

Trong mỗi nhánh từ của mạch từ, quan hệ giữa từ cảm  $B_i$  (T) và cường độ từ trường  $H_i$  (A/m) được biểu diễn bằng đường cong từ hóa  $B = f(H)$  của vật liệu từ nhận được từ thực nghiệm. Đối với các vật liệu phi từ tính như đồng nhôm, đồng v.v..., các vật liệu cách điện như Fibre, bakelite v.v... và không khí, quan hệ này được biểu diễn như sau:

$$B = \mu_0.H. \tag{4.9}$$

Với  $\mu_0$  là từ thẩm của chân không (H/m).

Trong mạch từ ta phân biệt các từ thông sau:

- ◆ Từ thông làm việc  $\Phi_{lv}$  là từ thông đi qua khe hở không khí chính của mạch từ.
- ◆ Từ thông rò  $\Phi_\delta$  là từ thông không đi qua khe hở không khí chính của mạch từ mà khép kín theo các đường khác.
- ◆ Từ thông tổng  $\Phi_0$ , là tổng của hai từ thông  $\Phi_{lv}$  và  $\Phi_\delta$  và thường đi qua phần gông của mạch từ (hình 4.3).

Tỷ số giữa từ thông tổng và từ thông làm việc được định nghĩa là hệ số rò  $\delta$  của một mạch từ cho trước:

$$\delta = \frac{\Phi_0}{\Phi_{lv}} = \frac{\Phi_{lv} + \Phi_\delta}{\Phi_{lv}} = 1 + \frac{\Phi_\delta}{\Phi_{lv}}. \tag{4.10}$$

Khi tính toán mạch từ thường gặp hai dạng bài toán cơ bản sau đây.

❖ **Bài toán thuận: với nội dung như sau.**

Cho trước từ thông  $\Phi$  hoặc từ cảm B và hình dạng, kích thước của mạch từ, cần xác định sức từ động cần thiết để sinh ra từ thông đó.

❖ **Bài toán nghịch: được phát biểu như sau.**

Cho trước sức từ động hình dạng, kích thước và vật liệu của mạch từ, cần xác định giá trị các từ thông trong mạch từ.

Trong thực tế, có thể gặp các dạng bài toán mạch từ hơi khác một chút ví dụ như: cho trước giá trị của lực hút điện từ tác động lên phần ứng tại một vị trí xác định của khe



hở không khí  $\delta$  ( $\delta$  là khoảng cách giữa nắp và lõi của mạch từ) hoặc cho trước đặc tính lực hút điện từ  $P = f(\delta)$  và các điều kiện phụ về hình dáng, kích thước và vật liệu của mạch từ, cần xác định từ thông hoặc giá trị sức từ động cần thiết. Những bài toán về mạch từ như vậy tựu chung đều có thể đưa về dạng của một trong hai bài toán cơ bản nêu ở trên.

**Bài toán thuận có thể được giải quyết như sau:** đối với mỗi nhánh từ của mạch từ, có thể xem từ cảm ứng từ  $B$  là không đổi trên toàn bộ chiều dài của nhánh đó, ta xác định giá trị cường độ từ trường  $H$  tương ứng dựa trên quan hệ

$$B = \mu \cdot H.$$

(4.11)

Trong hệ đo lường SI,  $B$  được đo bằng weber/m<sup>2</sup> hay còn được gọi là tesla (T),  $\mu$  được đo bằng weber/A hoặc (H/m). Từ thẩm của sắt từ được biểu diễn bằng  $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$  với giá trị phổ biến của  $\mu_r$  của các vật liệu từ dùng để chế tạo các thiết bị điện nằm trong khoảng từ 2000 đến 80000, hoặc dựa trên quan hệ đường cong từ hóa của vật liệu cho trước.

## 2) Sơ đồ thay thế của mạch từ.

Sự tương tự giữa mạch từ và mạch điện cho phép ta xây dựng sơ đồ thay thế của mạch từ. Trong đó sức từ động của mạch từ sẽ tương ứng với sức điện động của mạch điện, từ thông  $\Phi$  tổng tương tự với cường độ dòng điện  $I$ , từ trở  $R_m$  tương tự với điện trở  $R$ , tổng trở từ  $Z_m$  tương tự với tổng trở điện  $Z$  v.v...

### 4.3. Một số vật liệu dẫn từ thông dụng.

Trong kỹ thuật điện thường sử dụng các loại vật liệu sắt từ sau đây:

#### 4.4.1. Vật liệu sắt từ mềm:

Vật liệu từ mềm có độ từ thẩm cao, lực kháng từ và tổn hao từ trễ nhỏ. Được dùng để chế tạo mạch từ của các thiết bị điện, đồ dùng điện. Đặc điểm của loại vật liệu này là độ dẫn từ lớn, tổn hao bé.

Các vật liệu chính là:

##### 1) Sắt (thép cacbon thấp).

Nhìn chung sắt thỏi chứa một lượng nhỏ tạp chất, như là cacbon, sulfur, mangan, silic, và các nguyên tố khác làm yếu đi những tính chất từ tính của nó. Bởi vì điện suất của nó tương đối thấp, thép thỏi phần lớn chỉ dùng cho các lõi từ. Nó thường được làm bằng sắt đúc tinh chế trong các lò luyện kim hoặc lò thổi với tổng lượng chứa (0,08 – 0,1)% tạp chất. Vật liệu này được biết đến dưới cái tên là thép armco được sản xuất theo nhiều cấp độ khác nhau.

Thép điện cacbon thấp, hoặc tấm điện, một trong những loại khác nhau của thép thỏi, độ dày của tấm từ 0,2 đến 4mm, không chứa trên 0,04% cacbon và không quá 0,6% của các nguyên tố khác. Độ thẩm từ cao nhất đối với những loại thép khác nhau không trên mức 3500 ÷ 4500, lực kháng từ tương ứng không cao hơn (100 ÷ 62)A/m...

Sắt đặc biệt tinh khiết được sản xuất bằng cách điện phân trong dung dịch của sulfat sắt hay clorua sắt. Nó chứa 0,05 tạp chất.

Vì có điện trở tương đối thấp nên sắt tinh khiết kỹ thuật được sử dụng tương đối ít, chủ yếu làm mạch từ từ thông không đổi.

### Bảng 4.1: Các thành phần hóa học và các tính chất từ của một vài loại sắt.

Vật liệu	Tạp chất (%)		Các tính chất từ		
			Độ thấm từ		Lực kháng từ HC (A/m)
	C	O <sub>2</sub>	Ban đầu $\mu_{\min}$	Lớn nhất $\mu_{\max}$	
Sắt thỏi	0,02	0,06	250	7000	64
Sắt điện phân	0,02	0,01	600	15000	28
Sắt cacbonyl	0,005	0,005	3300	21000	6,4
Sắt điện phân nóng chảy trong chân không	0,01	-	-	61000	7,2
Sắt tinh chế trong hydro	0,005	0,003	6000	200000	3,2
Sắt tinh chế cao trong hydro	-	-	20000	340000	2,4
Tinh chế đơn của sắt tinh khiết nhất được ủ ram trong hydro	-	-	-	1430000	0,8

## 2) Thép lá kỹ thuật điện.

### a. Tính chất.

Từ những lá thép cacbon thấp có thành phần C < 0,04% và các tạp chất khác < 0,6%) có trị số từ thẩm tương đối từ 3500 ÷ 4500, cường độ từ trường khử từ (64÷96)A/m.

Người ta đưa thêm silic vào thành phần của những lá thép này. Hàm lượng silic này dùng để hạn chế tổn hao do từ trễ và tăng điện trở của thép để giảm tổn hao do dòng điện xoáy. Nếu thành phần silic nhiều (trên 5%) thì làm tăng độ dòn, giảm độ dẻo nên vật liệu rất khó gia công.

Tùy theo thành phần silic có trong thép nhiều hay ít mà tính chất từ thay đổi khác nhau. Thép có hàm lượng silic cao chủ yếu làm mạch từ cho máy biến áp. Thép có hàm lượng silic rất nhỏ được dùng làm mạch từ trong trường hợp từ thông không đổi.

### b. Phân loại.

- Theo thành phần ta có: sắt kỹ thuật; thép silic.
- Theo công nghệ chế tạo ta có 2 loại: thép cán nóng và thép cán nguội.

Trong thép cán nóng và thép cán nguội ta có:

- + Thép đẳng hướng: có tính năng từ tính tốt hơn thường dùng làm lõi thép máy biến áp.
- + Thép vô hướng: thường dùng trong máy điện quay.

### c. Giải thích ký hiệu.

Nếu lá thép kỹ thuật điện có hàm lượng C < 0,4% và tạp chất < 0,6% ta gọi là sắt kỹ thuật.

**Thép silic:** có ký hiệu bằng chữ  $\vartheta$  và các con số.

Ví dụ: +  $\vartheta 11, \vartheta 12, \vartheta 13.$

+  $\vartheta 21, \vartheta 22.$

+  $\vartheta 31, \vartheta 32.$

+  $\vartheta 41, \vartheta 42, \vartheta 43, \vartheta 44, \vartheta 45, \vartheta 46, \vartheta 47, \vartheta 48.$

+  $\vartheta 310, \vartheta 320, \vartheta 330, \vartheta 330A, \vartheta 340, \vartheta 370, \vartheta 380.$

+ ๑1100, ๑1200, ๑1300, ๑3100, ๑3200.

**Trong đó:**

- ❖ Con số thứ nhất chỉ hàm lượng gần đúng của silic theo phần trăm; khi tăng hàm lượng silic, khối lượng riêng giảm và điện trở suất của nó tăng lên.
- ❖ Con số thứ hai đặc trưng cho tính chất điện và từ của thép.
  - + Các con số 1, 2, 3 đảm bảo suất tổn hao xác định khi từ hoá lại ở tần số Pécmaloi (50Hz) và cảm ứng từ trong từ trường mạnh.
  - + Chữ A ký hiệu suất tổn hao rất thấp
  - + Số 4 cho biết thép được định mức tổn hao khi từ hóa ở tần số 400Hz và cảm ứng từ trong từ trường trung bình.
  - + Thép có ký hiệu số 5, 6 dùng trong từ trường yếu từ (0,002÷ 0,008)A/cm và trị số  $\mu_{bd}$  của chúng được đảm bảo.
  - + Con số 7, 8 chỉ đặc điểm chủ yếu của độ từ thẩm trong cường độ từ trường trung bình từ (0,03 ÷10)A/cm.
  - + Con số 0 thứ 3 chỉ thép được cán nguội (thép có thớ).
  - + Có hai số 0 liên tiếp là thép được cán nguội và ít thớ.

**Bảng 4.2: Sự phụ thuộc của khối lượng riêng và điện trở suất thép lá kỹ thuật điện vào hàm lượng silic.**

Con số thứ nhất Nhãn hiệu thép	Mức hợp kim hóa silic của thép	Hàm lượng Si, %	Khối lượng riêng, g/cm <sup>3</sup>	Điện trở suất $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
1	Hợp kim hóa yếu	0,8 - 1,8	7,80	0,25
2	Hợp kim hóa trung bình	1,8 - 2,8	7,75	0,40
3	Hợp kim hóa tăng cao	2,8 - 3,8	7,65	0,50
4	Hợp kim hóa cao	3,8 - 4,8	7,55	0,60

**d. Công dụng.**

- Thép với hàm lượng silic cao chủ yếu dùng để làm lõi thép máy biến áp mà ta thường gọi là tôn silic.
  - Thép có thớ đẳng hướng: có tính năng từ tính tốt hơn thường dùng làm lõi thép máy biến áp. Sử dụng các thép này làm máy biến áp điện lực giảm được trọng lượng và kích thước.
  - Thép có thớ vô hướng: thường dùng trong máy điện quay.
- Các kích thước thường dùng nhất của thép kỹ thuật điện được cho trong bảng

**Bảng 4.3: Kích thước thường dùng của thép kỹ thuật điện**

Kích thước	Đơn vị đo	Trị số thường dùng nhất
Dày	mm	0,1; 0,2; 0,35; 0,5, 1
Rộng	m	0,24; 0,6; 0,7; 0,75; 0,86; 1
Dài	m	0,72; 1,2; 1,34; 1,5; 1,75; 2

Các tiêu chuẩn quy định tính chất điện và từ đối với các nhãn hiệu thép kỹ thuật điện là:

- Cảm ứng từ (ký hiệu bằng chữ B với con số chỉ cường độ từ trường tương ứng tính theo A/cm);
- Tổng suất tổn hao công suất dòng điện xoay chiều tính bằng W trên 1kg thép đặt trong từ trường xoay chiều, được ký hiệu bằng chữ P với con số ở dạng phân số; tử số giá trị biên độ cảm ứng từ tính theo kilôgam, mẫu số là tần số tính bằng héc.

**Bảng 4.4: Giá trị giới hạn cảm ứng từ và suất tổn hao thép kỹ thuật điện.**

Nhãn hiệu thép	Bề dày (mm)	B <sub>25</sub> – B <sub>300</sub> k.gauss, không nhỏ hơn	P <sub>10/50</sub> – P <sub>15/50</sub> , W/kg, không lớn hơn	B <sub>5</sub> – B <sub>25</sub> k.gauss, không nhỏ hơn	P <sub>7,5</sub> + P <sub>10/400</sub> , W/kg, không lớn hơn
∅ 11- ∅ 43A (Cán nóng)	0,35 – 1	14,4 – 20	0,9 – 14,4	–	–
∅ 1100- ∅ 3200	0,5	14,8 – 20	1,5 – 7,5	–	–
∅ 310- ∅ 330A	0,35 – 0,5	17,5 – 20	0,5 – 2,45	–	–
∅ 44 - ∅ 430	0,1 – 0,35	–	–	11,9 – 17	6 – 19

**Bảng 4.5: Giá trị cảm ứng từ của một số loại thép kỹ thuật điện.**

Nhãn hiệu thép	Bề dày (mm)	B <sub>0,002</sub> – B <sub>0,009</sub> gauss, không nhỏ hơn	B <sub>0,1</sub> – B <sub>10</sub> gauss, không nhỏ hơn
∅ 45 và ∅ 46	0,2 – 0,35	1,2 – 8,8	–
∅ 47 và ∅ 48	0,2 – 0,35	–	0,3 – 1,3
∅ 370 và ∅ 380	0,2 – 0,5	–	1,4 – 1,7

**3. Pécmaloi:** (permallois) là hợp kim của sắt - niken có độ từ thẩm ban đầu rất lớn trong từ trường yếu, bởi vì chúng không có hiện tượng dị hướng và từ giảo.

Pécmaloi được chia làm 2 loại:

+ **Loại nhiều niken:** (72÷80)%Ni được dùng làm lõi cuộn cảm có kích thước từ nhỏ, mạch từ trong máy biến áp âm tần nhỏ, mạch từ trong máy biến áp xung và trong các máy khuếch đại từ.

+ **Loại ít niken:** (40÷50)%Ni có cường độ từ cảm bão hòa lớn hơn gấp 2 lần loại có nhiều niken. Được dùng làm mạch từ cho máy biến áp điện lực, lõi cuộn cảm và các dụng cụ có mật độ từ thông cao.

Các tính chất của Pécmaloi được cho trong bảng 4.6.

**Bảng 4.6: Tính chất của các loại Pécmaloi.**

Các hợp chất	Nhãn hiệu	Đặc tính của hợp kim	Bề dày (mm)	$\mu_{bd}$	$\mu_{max}$	H <sub>k</sub> ocstet	B <sub>max</sub> k.gauss	$\rho$ , $\Omega \cdot mm^2/m$
Pécmaloi nhiều	79HM 88HX	Hợp kim có độ từ thẩm	0,02 đến	14000 đến	60000 đến	0,01 đến	7 đến 7,5	0,55 đến 0,63

niken	C	cao và điện trở suất cao	2,5	50000	300000	0,06		
Pécmaloi ít niken	45H, 50H, 50HII, 60HII, 38HC, 42HC, 50HC X	Hợp kim có độ từ thẩm được nâng cao, từ cảm bảo hòa, điện trở suất được nâng cao và cao	0,02 đến 2,5	400 đến 3200	12000 đến 100000	0,1 đến 0,45	9,5 đến 15	0,25 đến 0,9
Alusife	-	Hợp kim giòn, độ từ thẩm cao và điện trở suất cao	-	20000	117000	0,022	11	0,81

**+ Alusife:**

Hợp kim sắt với silic và nhôm có tên gọi là alusife. Thành phần tốt nhất của alusife là 9,5% Si, 5,6% Al. còn lại là Fe. Hợp kim này có đặc tính cứng và giòn, nhưng cũng có thể chế tạo ở dạng đúc định hình. Các tính chất cho trong bảng 4.5.

**3. Ferit:** là những vật liệu sắt từ nó là bột các oxýt sắt, kẽm và một số vật liệu ở dạng mịn, có thể định dạng theo ý muốn thông qua công nghệ kết dính và dòn kết dính các bột kim loại. Ferit có điện trở suất rất lớn nên dòng điện xoáy chạy trong đó rất nhỏ. Dùng làm mạch từ của các cuộn dây trong máy móc điện tử, máy khuếch đại tần số . . .

**4. Vật liệu sắt từ cứng:**

Các vật liệu sắt từ cứng thường có tổn hao do từ trễ lớn, cường độ từ trường khử từ cao, độ từ thẩm nhỏ hơn so với vật liệu sắt từ mềm.

Tùy theo thành phần trạng thái và phương pháp chế tạo các vật liệu sắt từ cứng được chia làm nhiều loại:

- Thép hợp kim hóa, được tôi đến trạng thái máctenxít.
- Các hợp kim từ cứng. alni, alnisi, alnico, macnico...
- Các nam châm dạng bột.

**4.1. Hợp kim làm nam châm vĩnh cửu.**

**a. Thép hợp kim hóa được tôi đến trạng thái mactenxít.**

Là loại thép được hợp kim hoá với các chất như: vonfram, crôm, molipden, coban. Loại thép này là vật liệu đơn giản và dễ kiếm nhất để làm nam châm vĩnh cửu. Thành phần và tính chất của thép này cho trong bảng. Các tính chất cho trong bảng (bảng4.6.) được đảm bảo đối với thép mactenxít sau khi nhiệt luyện đặc biệt đối với từng loại một và sau đó được ổn định trong nước sôi 5 giờ.

**b. Các hợp kim từ cứng.**

Thường được gọi là hợp kim aluni: (Al - Ni - Fe) Loại này có năng lượng từ lớn. Nếu cho thêm coban hoặc silic thì tính chất từ của hợp kim tăng lên. Hợp kim aluni, nếu cho thêm silic gọi là alunisi, nếu cho thêm coban gọi là alunico.

Nếu trong hợp kim alunico có hàm lượng coban là lớn nhất ta gọi là maenico.

**Bảng 4.7: Thành phần và tính chất thép mactenxít làm nam châm vĩnh cửu.**

Nhãn hiệu	Thành phần hóa học %					Các tính chất từ (không nhỏ hơn)	
	C	Cr	VV	Co	Mo	Cảm ứng từ dư $B_d$ k.gauss	Lực kháng từ $H_k$ oerstet
EX	0,95 đến 1,10	1,30 đến 1,60	-	-	-	9,0	58
EX3	0,90 đến 1,10	2,80 đến 3,60	-	-	-	9,5	60
E7B6	0,68 đến 0,78	0,30 đến 0,50	5,20 đến 6,20	-	-	10,0	62
EX5K5	0,90 đến 1,05	5,50 đến 6,50	-	5,50 đến 6,5	-	8,5	100
EX9K15M	0,90 đến 1,05	8,0 đến 10,0	-	13,5 đến 16,5	1,20 đến 1,70	8,0	170

Tất cả các hợp kim trên đều có khuyết điểm khó chế tạo thành các chi tiết có kích thước chính xác do hợp kim có tính chất cứng và giòn. Nên chỉ có thể gia công bằng phương pháp mài. Tùy theo thành phần và phương pháp gia công mà tính chất từ có thể thay đổi. Nam châm hợp kim manicô nhẹ hơn nam châm aluni cùng năng lượng 4 lần và nhẹ hơn nam châm thép crôm thông thường 22 lần.

### c. Các nam châm dạng bột.

Chế tạo nam châm vĩnh cửu bằng phương pháp luyện kim bột được đề ra vì hợp kim đúc sắt – niken – nhôm không thể chế tạo sản phẩm nhỏ và có kích thước chính xác được. Chúng ta cần phân biệt hai loại nam châm bột kim loại gốm và nam châm bột có các hạt gắn bằng chất kết dính nào đó (nam châm kim loại dẻo).

Loại thứ hai được chế tạo bằng phương pháp ép giống như ép các chi tiết bằng chất dẻo nhưng chất độn ở đây được nghiền từ hợp kim từ cứng. Vì chất độn cứng nên cần áp suất riêng để ép cao ( 5 tấn /cm<sup>2</sup>). Nam châm kim loại bột kinh tế nhất khi sản xuất tự động hóa hàng loạt nam châm có cấu tạo phức tạp và kích thước không lớn. Công nghệ hợp kim dẻo có thể chế tạo nam châm có lõi. Tính chất từ của các nam châm kim loại dẻo kém nhiều, lực kháng từ giảm (10 ÷ 15)%, từ dư giảm (35 ÷ 50)%, năng lượng tích lũy giảm (40 ÷ 60)% so với nam châm đúc. Nam châm kim loại dẻo có điện trở cao, do đó có thể sử dụng nó trong các thiết bị có trường biến đổi tần số cao.

## 4.2. Các vật liệu từ có công dụng đặc biệt.

### 1. Các chất sắt từ mềm đặc biệt.

Các vật liệu từ mềm có thể chia thành các nhóm dựa vào các tính chất từ đặc biệt của chúng đó là:

**a) Các hợp kim có đặc tính độ từ thẩm thay đổi rất ít khi cường độ từ trường không đổi:**

Loại hợp kim thuộc nhóm này có tên gọi là pecminva, là hợp kim của ba nguyên tố: Fe – Ni – Co với hàm lượng các thành phần là 25; 45 và 30%. Hợp kim ủ ở nhiệt độ 1000<sup>0</sup>C, sau đó giữ ở nhiệt độ (400 ÷ 500)<sup>0</sup>C rồi làm nguội chậm. Pecminva có lực kháng từ nhỏ, độ từ thẩm ban đầu của nó bằng 300 và giữ không đổi trong khoảng cường độ từ trường đến 3 oersted với cảm ứng từ 1000 gauss. Pecminva ổn định từ kém, nhạy cảm với nhiệt độ và ứng suất cơ.

**b) Các hợp kim có độ từ thẩm phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ:**

Là hợp kim nhiệt từ gồm: Ni – Cu; Fe – Ni; Fe – Ni – Cr. Các hợp kim này dùng để bù sai số nhiệt độ trong các thiết bị, sai số này gây bởi sự biến đổi từ cảm của nam châm vĩnh cửu hay điện trở của dây dẫn trong các dụng cụ điện khi nhiệt độ môi trường khác với nhiệt độ lúc khắc độ. Để có độ từ thẩm phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ, người ta sử dụng tính chất của các chất sắt từ là cảm ứng từ giảm khi tăng nhiệt độ đến gần điểm Quyri. Đối với các chất sắt từ này điểm Quyri nằm trong khoảng 0 đến 100<sup>0</sup>C tùy thuộc vào nguyên tố hợp kim hóa phụ. Hợp kim Ni – Cu với hàm lượng 30% Cu có thể bù sai số trong giới hạn từ (20 đến 80)<sup>0</sup>C; với 40% Cu từ (- 50 đến 10)<sup>0</sup>C.

**c) Các hợp kim có độ từ giảo cao.**

Là hợp kim của Fe – Cr; Fe – Co và Fe – Al. Các hợp kim này dùng làm lõi máy phát dao động âm ở tần số âm thanh và siêu âm. Độ từ giảo các hợp kim này có dấu dương. Để chế tạo vật liệu này có thể dùng niken lá mỏng rất tinh khiết với độ từ giảo âm.

**d) Các hợp kim có độ từ giảo bão hòa rất cao.**

Là hợp kim của Fe – Co có từ cảm bão hòa từ rất cao đến 24000 gauss. Điện trở của hợp kim không lớn. Hợp kim có tên gọi là Pecmenduyara với hàm lượng coban từ 50 đến 70%. Pecmenduyara có giá thành cao nên chỉ dùng ở các thiết bị đặc biệt, trong các bộ phận của loa động, màng ống điện thoại, dao động ký v.v...

**2. Ferít.**

Ferít là gốm từ có điện dẫn điện tử không đáng kể, do đó nó có thể xếp vào loại bán dẫn điện tử. Trị số điện trở suất rất lớn do đó năng lượng tổn hao ở vùng tần số cao và cao tương đối nhỏ cùng với tính chất từ tương đối tốt làm cho ferít được dùng rất rộng rãi ở tần số cao. Người ta chia ferít thành 3 loại:

**a) Ferít từ mềm.**

Loại ferít từ mềm có từ cảm lớn nhất (hơn 3000gauss) và lực kháng từ nhỏ khoảng 0,2 oersted. Ferít với trị số  $\mu$  lớn có trị số tổn hao lớn và tăng nhanh khi tần số tăng. Ferít có hằng số điện môi tương đối lớn, trị số này phụ thuộc vào tần số và thành phần ferít. Khi tần số tăng hằng số điện môi giảm. Tang góc tổn hao của ferít từ 0,005 đến 0,1. Ferít có hiện tượng từ giảo và ở các ferít khác nhau hiệu ứng này cũng khác nhau. Đặc tính của vật liệu Ferít được cho trong bảng sau: (bảng 4.8)

**Bảng 4.8: Các đặc tính vật liệu của Ferít**

Mật độ	Nhiệt dung riêng J(g.độ)	Nhiệt dẫn riêng W(cm.độ)	Hệ số giãn nở nhiệt theo chiều	Điện trở suất $\rho$ , $\Omega$ .cm.
--------	--------------------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

			dài $\alpha \cdot \text{độ}^{-1}$	
3 ÷ 5	0,7	5 ÷ 10 <sup>2</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 ÷ 10 <sup>7</sup>

Hiện nay người ta thường sử dụng các nhóm ferít hỗn hợp như: mangan – kẽm; niken – kẽm, liti – kẽm.

**b) Ferít từ cao tần.**

Ngoài ferít từ mềm, ở tần số cao có thể dùng thép kỹ thuật điện hoặc pecmalôlì cán nguội và điện môi từ.

Bề dày tấm thép đạt tới (25-30) $\mu\text{m}$ . Các tính chất từ của vật liệu cán mỏng gần giống với khi chưa cán nhưng giá thành chúng cao hơn và công nghệ lắp ghép mạch từ bằng vật liệu mỏng khá phức tạp.

Vật liệu điện môi từ chế tạo bằng cách nén bột sắt từ có chất kết dính cách điện hữu cơ hay vô cơ. Các chất sắt từ thường dùng là sắt cacbonyl, pecmalôlì, alusife v.v.... Chất dính kết cách điện là nhựa fenol – foócmađêhyt, polistirol, thủy tinh v.v.. Các chất sắt từ cần phải có từ tính cao, còn các chất kết dính thì phải tạo thành lớp cách điện liên tục không gián đoạn giữa các hạt ferít. Các lớp này cần có bề dày đồng nhất và độ bền kết dính giữa các hạt với nhau.

**c) Ferít có vòng từ trễ chữ nhật.**

Ferít có vòng từ trễ chữ nhật được đặc biệt chú ý trong kỹ thuật máy tính để làm bộ nhớ. Vật liệu và các sản phẩm của nó có một loạt yêu cầu đặc biệt. Để đặc trưng cho chúng thường dùng một vài tham số phụ. Trong số này phải kể đến tham số cơ bản của hệ số chữ nhật  $K_{cn}$  của chu trình từ trễ, nó là tỉ số giữa cảm ứng từ dư  $B_{du}$  và cảm ứng từ lớn nhất  $B_{max}$ .

$$K_{cn} = \frac{B_{du}}{B_{max}}$$

Để xác định  $B_{max}$  thường đo nó ở trị số  $H_{max} = 5H_k$ . Hệ số  $K_{cn}$  càng gần tới 1 càng tốt. Ferít từ trễ chữ nhật khi sử dụng cần chú ý đến sự thay đổi tính chất của chúng theo nhiệt độ. Ví dụ khi nhiệt độ biến đổi từ -20<sup>0</sup>C đến 60<sup>0</sup>C thì lực kháng từ giảm (1,5 ÷ 2) lần, cảm ứng từ giảm (5 ÷ 35)%.

**Câu hỏi ôn tập**

- 4.1. Trình bày khái niệm vật liệu từ? Nêu các đặc tính của vật liệu dẫn từ?
- 4.2. Thế nào là đường cong từ hóa? Trình bày đường cong từ hóa của một số vật liệu từ điển hình?
- 4.3. Trình bày khái niệm về mạch từ? Nêu các cách tính toán một số mạch từ đơn giản?
- 4.4. Nêu các định luật cơ bản về mạch từ? Thế nào là bài toán thuận, bài toán nghịch?
- 4.5. Từ một mạch từ hãy vẽ ra sơ đồ thay thế và nêu các đại lượng có trong sơ đồ?
- 4.6. Cho biết các hư hỏng thường xảy ra của mạch từ?
- 4.7. Thế nào là vật liệu từ mềm, từ cứng và vật liệu từ có công dụng từ đặc biệt?



4.8. Nêu tính chất của thép lá kỹ thuật điện? Cách phân loại và giải thích các ký hiệu của thép lá kỹ thuật điện?

4.9. Nêu tính chất và công dụng của các loại vật liệu từ đã học?

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyễn Xuân Phú:** Vật liệu điện, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1998.

2. **Nguyễn Xuân Phú:** Khí cụ Điện - Kết cấu, sử dụng và sửa chữa, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1998.

3. **Trần Khánh Hà:** Máy điện 1, 2, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1997

4. **TS. Nguyễn Trọng Thắng:** Công nghệ chế tạo và tính toán sửa chữa máy điện 1, 2, 3, NXB Giáo dục, Hà Nội, 1995

5. **Nguyễn Xuân Phú (chủ biên):** Quán dây, sử dụng và sửa chữa động cơ điện xoay chiều và một chiều thông dụng, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1997.

6. **Đặng Văn Đào:** Kỹ Thuật Điện, NXB Giáo dục, Hà Nội, 1999.

7. **Nguyễn Chu Hùng - Tôn Thất Cảnh Hưng:** Kỹ Thuật Điện 1, Trường đại học bách khoa TP.HCM.1995.

8. **Nguyễn Đình Thắng:** Giáo trình Vật liệu điện, NXB Giáo dục, Hà Nội, 2004