

ỦY BAN NHÂN DÂN HUYỆN CỬ CHI  
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ CỬ CHI

**GIÁO TRÌNH**

**MÔ ĐUN: VẬT LIỆU ĐIỆN**

**NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP**

**TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ**

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 89/QĐ-TCN ngày 15 tháng 08 năm 2024 của  
Hiệu trưởng trường Trung Cấp Nghề Cử Chi*

**Cử Chi, năm 2024**



## **TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN**

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo. Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

# LỜI GIỚI THIỆU

Để thực hiện biên soạn giáo trình đào tạo nghề Điện công nghiệp ở trình độ TCN, giáo trình Môn học Vật liệu điện là một trong những giáo trình môn học cơ sở chuyên ngành Điện công nghiệp được biên soạn theo nội dung chương trình khung được Sở Lao động - Thương binh và Xã hội TPHCM và Trường trung cấp nghề Củ Chi ban hành dành cho hệ Trung Cấp Nghề Điện công nghiệp.

Nội dung biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, tích hợp kiến thức và kỹ Năng chặt chẽ với nhau, logic.

Khi biên soạn, nhóm biên soạn đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo, nội dung lý thuyết và thực hành được biên soạn gắn với nhu cầu thực tế trong sản xuất đồng thời có tính thực tiễn cao. Nội dung giáo trình được biên soạn với dung lượng thời gian đào tạo 30 giờ gồm có:

Chương 1: Khái niệm vật liệu điện

Chương 2: Vật liệu cách điện

Chương 3: Vật liệu dẫn điện

Chương 4: Vật liệu dẫn từ

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tùy theo yêu cầu cũng như khoa học và công nghệ phát triển có thể điều chỉnh thời gian và bổ sung những kiến thức mới cho phù hợp. Trong giáo trình, Tôi có đề ra nội dung thực tập của từng bài để người học củng cố và áp dụng kiến thức phù hợp với kỹ năng.

Mặc dù đã cố gắng tổ chức biên soạn để đáp ứng được mục tiêu đào tạo nhưng không tránh được những khiếm khuyết. Rất mong nhận được đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo, bạn đọc để người biên soạn sẽ hiệu chỉnh hoàn thiện hơn.

*Tp. HCM, ngày 01 tháng 08 năm 2024*

*Giáo viên biên soạn*

# MỤC LỤC

	<b>Trang</b>
TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN .....	1
LỜI GIỚI THIỆU.....	2
MỤC LỤC.....	3
<b>CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM VẬT LIỆU ĐIỆN</b>	
1. Khái niệm về vật liệu điện .....	6
1.1. Khái niệm.....	6
1.2. Cấu tạo nguyên tử của vật liệu.....	6
1.3. Cấu tạo phân tử. ....	7
1.4. Khuyết tật trong cấu tạo vật rắn.....	8
1.5. Lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn.....	9
2. Phân loại vật liệu điện.....	10
2.1. Phân loại theo khả năng dẫn điện.....	10
2.2. Phân loại theo từ tính.....	10
2.3. Phân loại theo trạng thái vật thể.....	11
<b>CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN</b>	
2.1. Khái niệm và phân loại vật liệu cách điện.....	12
2.1.1. Khái niệm.....	12
2.1.2. Phân loại vật liệu cách điện.....	12
2.2. Tính chất chung của vật liệu cách điện.....	15
2.2.1. Tính hút ẩm của vật liệu cách điện.....	15
2.2.2. Tính chất cơ học của vật liệu cách điện.....	15
2.2.3. Tính chất hóa học của vật liệu cách điện.....	17
2.2.4. Hiện tượng đánh thủng điện môi và độ bền cách điện.....	17
2.2.5. Độ bền nhiệt.....	18
2.2.6. Tính chọn vật liệu cách điện.....	18
2.2.7. Hư hỏng thường gặp.....	19
2.3. Một số vật liệu cách điện thông dụng.....	19
2.3.1. Vật liệu sợi.....	19
2.3.2. Giấy và các tông.....	19
2.3.3. Phíp.....	20
2.3.4. Amiăng, xi măng amiăng.....	21
2.3.5. Vải sơn và băng cách điện.....	21
2.3.6. Chất dẻo.....	21
2.3.7. Nhựa cách điện.....	22
2.3.8. Dầu cách điện.....	23
2.3.9. Sơn và các hợp chất cách điện.....	24
2.3.10. Chất đàn hồi.....	24

2.3.11. Điện môi vô cơ.....	25
2.3.12. Vật liệu cách điện bằng gốm sứ.....	25
2.3.13. Mica và các vật liệu trên cơ sở mica.....	25
<b>CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN</b>	
3.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện. ....	27
3.1.1. Khái niệm về vật liệu dẫn điện. ....	27
3.1.2. Tính chất của vật liệu dẫn điện. ....	28
3.1.3. Các tác nhân môi trường ảnh hưởng đến tính dẫn điện của vật liệu.....	29
3.1.4. Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động.....	30
3.2. Tính chất chung của kim loại và hợp kim.....	30
3.2.1. Tầm quan trọng của kim loại và hợp kim. ....	30
3.2.2. Các tính chất. ....	31
3.3. Những hư hỏng thường gặp và cách chọn vật liệu dẫn điện.....	31
3.3.1. Những hư hỏng thường gặp. ....	31
3.3.2. Cách chọn vật liệu dẫn điện.....	34
3.4. Một số vật liệu dẫn điện thông dụng.....	35
3.4.1. Đồng và hợp kim đồng.....	35
3.4.2. Nhôm và hợp kim nhôm. ....	37
3.4.3. Chì và hợp kim chì.....	39
3.4.4. Sắt (Thép).....	40
3.4.5. Wonfram. ....	40
3.4.6. Kim loại dùng làm tiếp điểm và cổ góp.....	41
3.4.7. Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt.....	43
3.4.8. Lưỡng kim.....	43
<b>CHƯƠNG 4: VẬT LIỆU DẪN TỪ</b>	
4.1. Khái niệm và tính chất vật liệu dẫn từ. ....	45
4.1.1. Khái niệm.....	45
4.1.2. Tính chất vật liệu dẫn từ. ....	45
4.1.3. Các đặc tính của vật liệu dẫn từ.....	45
4.1.4. Đường cong từ hóa.....	46
4.2. Mạch từ và tính toán mạch từ. ....	46
4.2.1. Các công thức cơ bản.....	47
4.2.2. Sơ đồ thay thế của mạch từ.....	47
4.2.3. Mạch từ xoay chiều.....	48
4.2.4. Những hư hỏng thường gặp.....	49
4.3. Một số vật liệu dẫn từ thông dụng.....	49
4.3.1. Vật liệu sắt từ mềm.....	49
4.3.2. Vật liệu sắt từ cứng.....	50
4.3.3. Các vật liệu sắt từ có công dụng đặc biệt.....	51

# MÔN HỌC VẬT LIỆU ĐIỆN

Mã mô đun: MH 12

## **Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của mô đun:**

- Vị trí: Môn học này được bố trí học sau môn học An toàn lao động và học song song với các môn Vẽ điện, Khí cụ điện..

- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở, thuộc các môn học đào tạo nghề bắt buộc -

- Ý nghĩa của mô đun: Môn học giúp người học có kiến thức cơ bản về vật liệu điện.

- Vai trò của môn học: Là môn học chuyên ngành giúp người học phân loại được các vật liệu điện trong ngành điện công nghiệp.

## **Mục tiêu của mô đun:**

### \* Kiến thức

- Nhận dạng được các loại vật liệu điện thông dụng.

- Phân loại được các loại vật liệu điện thông dụng.

- Trình bày đặc tính của các loại vật liệu điện

### \* Kỹ năng

- Xác định được các dạng và nguyên nhân gây hư hỏng ở vật liệu điện.

- Lựa chọn được các vật liệu điện khi sử dụng

### \* Năng lực tự chủ và trách nhiệm

- Rèn luyện tác phong công nghiệp và làm việc nhóm

- Rèn luyện tính tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác và khoa học

# CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN

## Giới thiệu:

Vật liệu điện có vai trò rất to lớn trong công nghiệp điện. Để thấy rõ được bản chất cách điện hay dẫn điện của các loại vật liệu, chúng ta cần hiểu những khái niệm về cấu tạo của vật liệu cũng như sự hình thành các phần tử mang điện trong vật liệu. Bên cạnh đó chúng ta cũng cần nắm rõ về nguồn gốc, cách phân loại các loại vật liệu đó như thế nào để tiện lợi cho quá trình lựa chọn và sử dụng sau này. Nội dung bài học này nhằm trang bị cho người học những kiến thức cơ bản trên nhằm giúp cho người học có những kiến thức cơ bản để học tập những bài học sau có hiệu quả hơn.

## Mục tiêu của bài:

- + Trình bày được khái niệm và cấu tạo của vật liệu dẫn điện
- + Phân loại được chính xác chức năng của từng vật liệu cụ thể
- + Rèn luyện được tính chủ động và nghiêm túc trong công việc.

## Nội dung chính:

### 1. Khái niệm về vật liệu điện.

#### 1.1. Khái niệm.

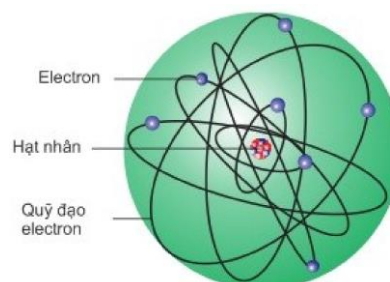
Tất cả những vật liệu dùng để chế tạo máy điện, khí cụ điện, dây dẫn hoặc những vật liệu dùng làm phụ kiện đường dây, được gọi chung là vật liệu điện. Như vậy vật liệu điện bao gồm: Vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, vật liệu dẫn từ. Để thấy được bản chất dẫn điện hay cách điện của vật liệu, chúng ta cần hiểu khái niệm về cấu tạo vật liệu cũng như sự hình thành các phần tử mang điện trong vật liệu.

#### 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 Bohr, 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  $Z$ .

Trong đó: - Tạo nhiệt trong các thiết bị như bình đun nước, lò sấy...

$Z$ : 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 ( $q_e = 1,601.1019$  culông). Proton có khối lượng bằng  $1,67.10^{-27}$  kg, electron (e) có khối lượng bằng  $9,1.10^{-31}$  kg.



**Hình 1.1:** Mô hình nguyên tử của Bohr



Ở trạng thái bình thường, nguyên tử được trung hòa về điện, tức là trong nguyên tử có tổng các điện tích dương của hạt nhân bằng tổng các điện tích âm của các điện tử. Nếu vì lý do nào đó, nguyên tử mất đi một hay nhiều điện tử thì sẽ trở thành điện tích dương mà ta thường gọi là ion dương. Ngược lại nếu nguyên tử trung hòa nhận thêm điện tử thì trở thành ion âm.

### 1.3. Cấu tạo phân tử.



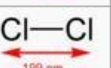

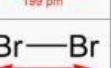



Phân tử được tạo nên từ những nguyên tử thông qua các liên kết phân tử. Trong vật chất tồn tại bốn loại liên kết sau:

#### 1.3.1. 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.

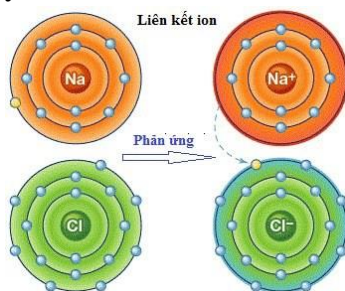
Phân tử có trọng tâm điện tích dương và điện tích âm không trùng nhau, cách nhau một khoảng cách „a” nào đó gọi là phân tử cực tính hay còn gọi là lưỡng cực. Phân tử cực tính đặc trưng bởi mô men lưỡng cực  $m = q.a$ . Dựa vào trị số mô men lưỡng cực của phân tử người ta chia ra thành chất cực tính yếu và cực tính mạnh. Những chất được cấu tạo bằng các phân tử cực tính gọi là chất cực tính. Liên kết đồng hóa trị còn thấy ở cả chất rắn vô cơ có mạng tinh thể cấu tạo từ các nguyên tử.

F <sub>2</sub>		
Cl <sub>2</sub>		
Br <sub>2</sub>		
I <sub>2</sub>		

**Hình 1.3:** Một số liên kết đồng hóa trị

#### 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.



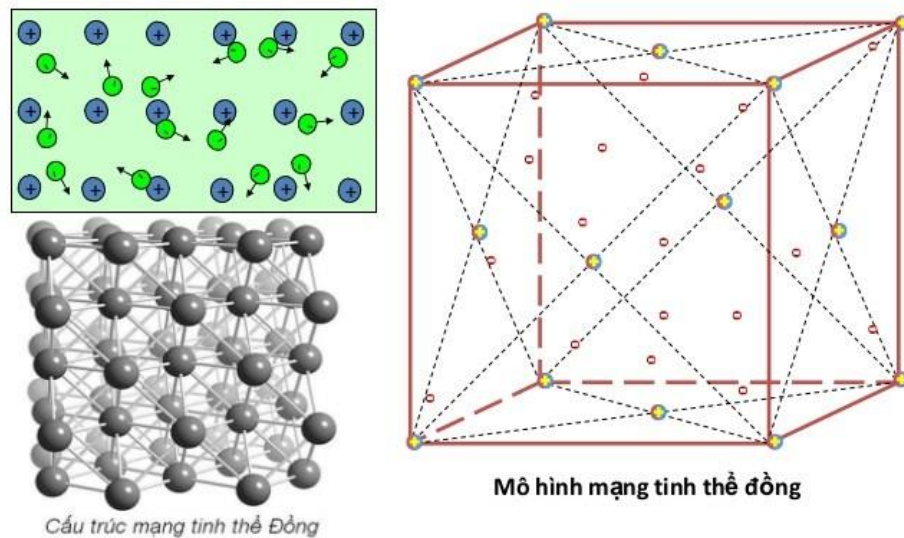
**Hình 1.4:** Liên kết ion

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.

### 1.3.3. 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.

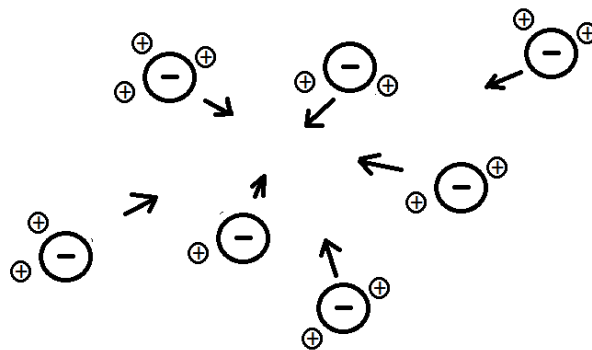
Lực hút giữa các ion dương và các điện tử tạo nên tính nguyên khối của kim loại. Chính vì vậy liên kết kim loại là liên kết bền vững, kim loại có độ bền cơ học và nhiệt độ nóng chảy cao. Sự tồn tại các điện tử tự do làm cho kim loại có tính ánh kim và tính dẫn điện, dẫn nhiệt cao. Tính dẻo của kim loại 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.



**Hình 1.5:** Liên kết kim loại Đồng

### 1.3.4. Liên kết Van Der Waals.

Giữa các phân tử, cho dù đã bão hòa hóa trị, luôn luôn tồn tại một tương tác tĩnh điện yếu được gọi là liên kết Van Der Waals. có cấu trúc mạng tinh thể phân tử không vững chắc. Do vậy những liên kết dạng này có nhiệt độ nóng chảy và có độ bền cơ thấp.



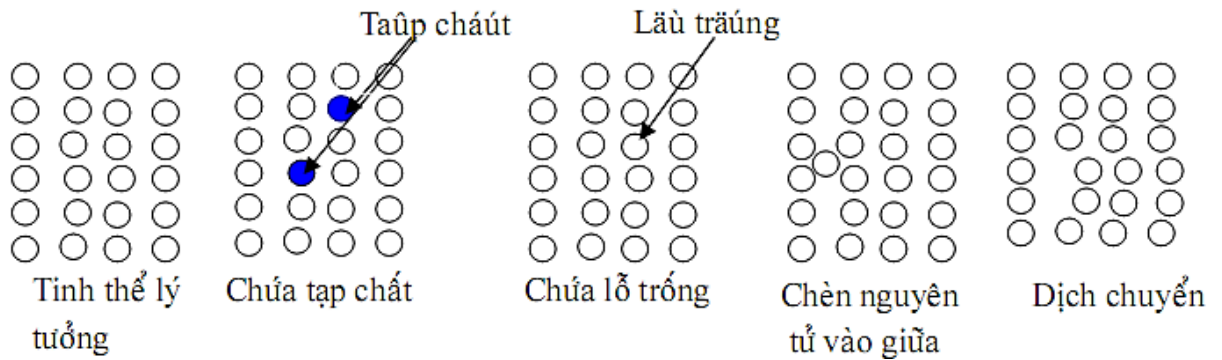
**Hình 1.6:** Hạt trung lập có tính hút nhau do lực Vander Waal

## 1.4. 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. Những khuyết tật có thể được tạo nên bằng sự ngẫu nhiên hay cố ý trong quá trình chế tạo vật liệu.

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.



**Hình 1.7:** Một số dạng khuyết tật cấu tạo của vật rắn

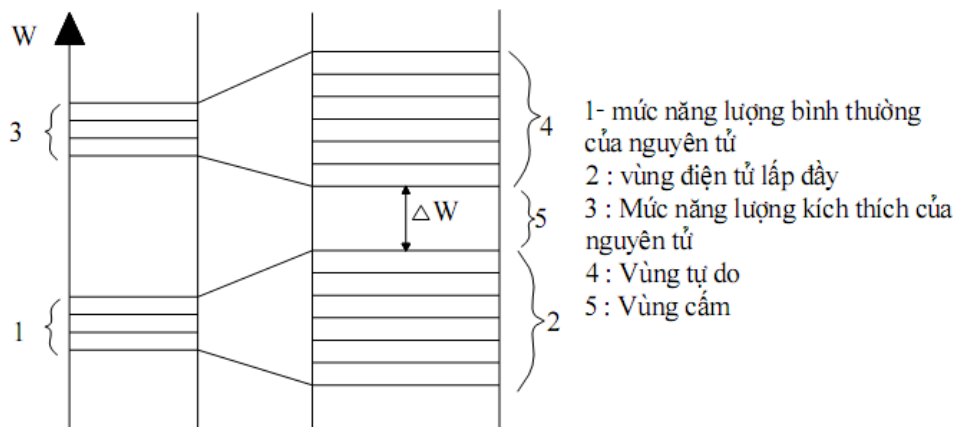
### 1.5. Lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn.

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.

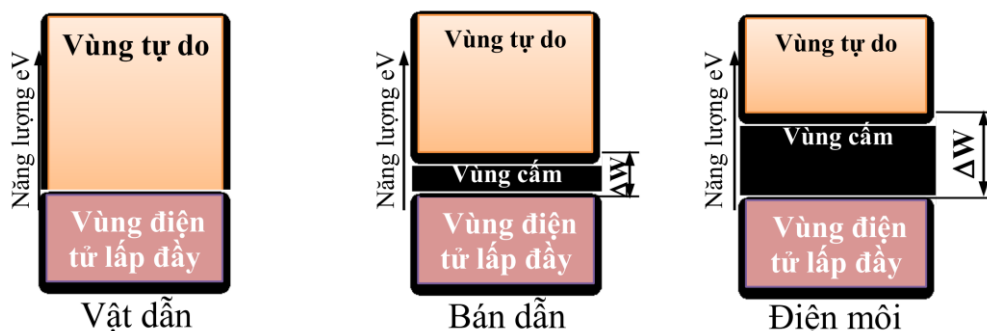
Khi nguyên tử ở trạng thái bình thường không bị kích thích, một số trong các mức năng lượng được các điện tử lấp đầy, còn ở các mức năng lượng khác điện tử chỉ có thể có mặt khi nguyên tử nhận được năng lượng từ bên ngoài tác động (trạng thái kích thích). Nguyên tử luôn có xu hướng quay về trạng thái ổn định. Khi điện tử chuyển từ mức năng lượng kích thích sang mức năng lượng nguyên tử nhỏ nhất, nguyên tử phát ra phần năng lượng dư thừa.

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 00K 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 sau).



**Hình 1.8:** Các mức phân bố năng lượng trong vật rắn



**Hình 1.9:** Sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở nhiệt độ 00K

## 2. Phân loại vật liệu điện.

### 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.

#### a. Vật liệu dẫn điện:

Vật liệu dẫn điện là chất có vùng tự do nằm sát với vùng điện đầy, thậm chí có thể chồng lên vùng đầy ( $\Delta W < 0,2eV$ ). Vật liệu dẫn điện có số lượng điện tử tự do rất lớn; ở nhiệt độ bình thường các điện tử hóa trị ở vùng điện đầy có thể chuyển sang vùng tự do rất dễ dàng, dưới tác dụng của lực điện trường các điện tử này tham gia vào dòng điện dẫn. Chính vì vậy vật dẫn có tính dẫn điện tốt.

#### b. 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 ( $\Delta W = 0,2 - 1,5eV$ ), do đó ở nhiệt độ bình thường một số điện tử hóa trị ở vùng điện đầy được tiếp sức của chuyển động nhiệt có thể di chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn.

#### c. vật liệu cách điện (Điện môi):

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 ( $\Delta W = 1,5 - 2eV$ ).

### 2.2. Phân loại vật liệu điện theo từ tính:

Theo từ tính người ta chia vật liệu thành: nghịch từ, thuận từ và dẫn từ.

#### a. 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.

#### b. 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.

### c. 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.

### 2.3. Phân loại theo trạng thái vật thể

- Vật liệu điện theo trạng thái vật rắn
- Vật liệu điện theo trạng thái vật lỏng
- Vật liệu điện theo trạng thái thể khí

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 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 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?
4. Hãy trình bày các loại cuộn cảm thường được thiết kế trong các mạch điện tử tần số thấp? Nêu các ứng dụng của cuộn dây trong thực tiễn?
5. So sánh đồng hồ VOM dạng số và VOM kim? Ưu nhược điểm của từng loại đồng hồ đo.

## CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

### **Giới thiệu:**

Vật liệu cách điện có ý nghĩa cực kỳ quan trọng đối với kỹ thuật điện. Chúng được dùng để tạo ra cách điện bao bọc quanh những bộ phận dẫn điện trong các thiết bị điện và để tách rời các bộ phận có điện thế khác nhau. Nhiệm vụ của cách điện là chỉ cho dòng điện đi theo những con đường trong mạch điện đã được sơ đồ qui định. Rõ ràng là nếu thiếu vật liệu cách điện sẽ không thể chế tạo được bất kỳ thiết bị điện nào kể cả loại đơn giản nhất. Vật liệu cách điện có ý nghĩa quan trọng như vậy nhưng muốn sử dụng đạt hiệu quả cao thì đòi hỏi người công nhân phải am hiểu về tính chất, các đặc tính kỹ thuật của từng loại vật liệu cách điện. Nội dung bài học này nhằm trang bị cho người học những kiến thức cơ bản của vật liệu cách điện và ứng dụng của nó.

### **Mục tiêu của bài:**

- Nhận dạng các loại vật liệu cách điện, đạt chính xác 90% trong mọi trường hợp.
- Phân loại các loại vật liệu cách điện có trong xưởng trường, đạt chính xác 90% theo cách phân loại do giáo viên đưa ra.
- Trình bày các đặc tính của các loại vật liệu cách điện có trong xưởng trường theo nội dung bài đã học.
- Sử dụng thành thạo các loại vật liệu cách điện có trong xưởng trường đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Xác định các dạng hư hỏng ở các loại vật liệu cách điện có trong xưởng
- Xác định các nguyên nhân gây ra hư hỏng ở các loại vật liệu cách điện có trong xưởng, chính xác 100% theo các trường hợp do giáo viên đưa ra.

### **Nội dung chính:**

#### **2.1. Khái niệm và phân loại vật liệu cách điện.**

##### **2.1.1. Khái niệm.**

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. Để đảm bảo mạch làm việc bình thường, vật dẫn cần được cách ly với các vật dẫn khác trong mạch, vật dẫn của mạch khác hoặc vật dẫn nào đó trong không gian.

Ngoài ra còn phải cách ly vật dẫn với các nhân viên làm việc với mạch điện. 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.

##### **2.1.2. Phân loại vật liệu cách điện.**

###### **2.1.2.1. 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 phân tử kim loại không thể giữ chặt được ở trong khí. Vật liệu cách điện thể rắn còn phân loại thành các nhóm: cứng, đàn hồi, có sợi, băng, màng mỏng. Ở

giữa thể lỏng và thể lỏng rắn, còn có một thể trung gian, gọi là thể mềm nhão như: các vật liệu có tính chất bôi trơn, các loại sơn tẩm.

### **2.1.2.2. 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.

#### **a. 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, poliamit, poliuretán, nhựa epoxi, xilicon, polietilen, vinyl v.v...

- Trong các loại vật liệu cách điện, vật liệu cách điện hữu cơ đóng một vai trò quan trọng, nó tham gia vào hầu hết cách điện của các thiết bị điện.

- Người ta gọi các hợp chất của cacbon với các nguyên tố khác là các chất hữu cơ. Cacbon có khả năng tạo ra một số lớn các hợp chất hóa học với nhiều loại cấu trúc phân tử rất khác nhau. Cụ thể là cacbon tham gia vào sự tạo thành các chất có “khung” phân tử hình chuỗi xích, hình nhánh hoặc mạch vòng. Cấu trúc phân tử có ảnh hưởng rất lớn đến những tính chất của các chất hữu cơ.

- Một số vật liệu hữu cơ dùng trong lĩnh vực cách điện là những chất thấp phân tử, số lượng nguyên tử tham gia vào phân tử của các chất này không nhiều. Tuy nhiên số lượng lớn nhất các vật liệu cách điện hữu cơ thuộc về các hợp chất cao phân tử. Đó là những chất có phân tử lớn.

- Trong tự nhiên ta gặp một số vật liệu thuộc về các vật liệu hữu cơ cao phân tử, chúng có tầm quan trọng rất lớn đối với kỹ thuật như: tơ tằm, cao su,...

- Dựa vào nguồn gốc của các vật liệu hữu cơ cao phân tử người ta có thể phân thành 2 loại: Loại thứ nhất là vật liệu nhân tạo, được sản xuất ra bằng cách chế biến hóa học những chất cao phân tử có sẵn trong thiên nhiên. Loại thứ hai có tầm quan trọng lớn hơn đối với kỹ thuật cách điện cũng như đối với nhiều ngành kỹ thuật khác. Đó là các vật liệu cao phân tử tổng hợp, chúng được sản xuất ra bằng cách tổng hợp từ các chất thấp phân tử.

- Theo cấu trúc phân tử của các polime, người ta chia thành 2 nhóm: polime đường thẳng và polime không gian. Phân tử của polime đường thẳng có hình dáng như một chuỗi xích. Trái lại phân tử của các polime không gian thì phát triển theo nhiều hướng khác nhau.

- Theo sự biến đổi tính chất dưới tác dụng nhiệt của polime người ta chia thành 2 nhóm: các vật liệu nhiệt dẻo và các vật liệu nhiệt cứng.

#### **b. 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...

### **2.1.2.3. 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 1.1: CÁC CẤP CHỊU NHIỆT CỦA VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN**

<b>Cấp cách điện</b>	<b>Nhiệt độ cho phép (°C)</b>	<b>Các vật liệu cách điện chủ yếu</b>
Y	90	Giấy, vải sợi, lụa, phíp, cao su, gỗ và các vật liệu tương tự, không tẩm và ngâm trong vật liệu cách điện lỏng. Các loại nhựa như: nhựa polietilen, nhựa polistirol, 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, e_may gốc sơn nhựa dầu.
E	120	Nhựa tráng polivinylphocman, poliamit, eboxi. Giấy ép hoặc vải có tẩm nha phenolfocmandehit (gọi chung là bakelit giấy). Nhựa melaminfocmandehit có chất độn xenlulo, têctôlit. Vải có tẩm 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 tẩm. Chất vật liệu cách điện oxit nhôm và florua nhôm. Micanit không có chất kết dính, thủy tinh, sứ. Poli-tetra-flotilen, poli-mono-clortrifloetilen, ximăng amiăng v.v..



## 2.2. 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. Trong quá trình lựa chọn vật liệu cách điện để sử dụng vào một mục đích cụ thể, cần phải chú ý tới tính chất cách điện của nó trong những điều kiện bình thường và xem xét tới độ ổn định của những tính chất như tính chất hóa học, lý học, cơ học, độ bền nhiệt, hệ số giãn nở nhiệt, khả năng chống ăn mòn hóa học, thời gian lão hóa của vật liệu v.v... Vì vậy ở bài học này chỉ tìm hiểu những tính chất chung của các loại vật liệu cách điện để tạo ra những thiết bị chất lượng cao đảm bảo làm việc lâu dài và đem lại hiệu quả kinh tế cao.

### 2.2.1. 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  $e$  - nước xuyên qua chúng. Khi bị thấm ẩm các tính chất cách điện của vật liệu cách điện bị giảm nhiều. Những vật liệu cách điện không cho nước đi vào bên trong nó khi đặt ở môi trường có độ ẩm cao thì trên bề mặt có thể ngưng tụ một lớp ẩm làm cho dòng rò bề mặt tăng, có thể gây ra sự cố cho các thiết bị điện.

### 2.2.2. 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 của 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 giáo trình 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 N/m<sup>2</sup> - 10<sup>-5</sup> kG/cm<sup>2</sup>). 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. Đối với các vật liệu như: thủy tinh, sứ, chất dẻo v.v... độ bền uốn có trị số bé. Ví dụ: thủy tinh, thạch anh có độ bền chịu nén  $\sigma_n = 20.000$  kG/cm<sup>2</sup>, còn khi kéo đứt thì chưa đến 500 kG/cm<sup>2</sup>, chính vì vậy người ta sử dụng nó ở vị trí đỡ. Ngoài ra độ bền cơ phụ thuộc diện tích tiết diện ngang và nhiệt độ, khi nhiệt độ tăng thì độ bền giảm.

#### 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 và đập.

Polietylen có ứng suất dai và đập rất cao  $\sigma_{vd} > 100$  kG.cm/cm<sup>2</sup>, còn với vật liệu gốm và mica chỉ khoảng (2-5) kG.cm/cm<sup>2</sup>. Việc kiểm tra độ giòn và độ dai và 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.

**BẢNG 1.2. SAU ĐÂY CHO THẤY ĐỘ CỨNG CỦA 10 KHOÁNG VẬT CƠ BẢN.**

Độ cứng thang Mohs	Khoáng vật	Độ cứng tuyệt đối
1	Tan ( $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ )	1
2	Thạch cao ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ )	2
3	Đá canxit ( $CaCO_3$ )	9
4	Đá fluorit ( $CaF_2$ )	21
5	Apatit ( $Ca_5(PO_4)_3(OH-,Cl-,F-)$ )	48
6	Octoclas felspat ( $KAlSi_3O_8$ )	72
7	Thạch anh ( $SiO_2$ )	100
8	Topaz ( $Al_2SiO_4(OH-,F-)_2$ )	200
9	Corundum ( $Al_2O_3$ )	400
10	Kim cương (C)	1500

Theo như thang độ cứng Mohs, móng tay có độ cứng là 2.5, đồng xu bằng đồng có độ cứng 3.5; một lưỡi dao là 5.5; thủy tinh cửa sổ là 5.5, một thanh thép là 6.5. Sử dụng những vật liệu có độ cứng đã được biết trước sẽ cho chúng ta biết chính xác vị trí của vật liệu trên thang đo Mohs.

**d. 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:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

- +  $\rho$ : 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)

### 2.2.3. 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. Độ hòa tan nhất là các chất có bản chất hóa học gần với dung môi và chứa các nhóm nguyên tử giống nhau trong phân tử. Các chất lưỡng cực dễ hòa tan hơn trong chất lỏng lưỡng cực, các chất trung tính dễ hòa tan trong chất trung tính. Các chất cao phân tử có cấu trúc mạch thẳng dễ hòa tan hơn so với cấu trúc trung gian. Khi tăng nhiệt độ thì độ hòa tan tăng.

### 2.2.4. Hiện tượng đánh thủng điện môi và độ bền cách điện.

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 mối 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 ( $U_{đt}$ ) được tính:

$$U_{đt} = E_{bđ} \cdot d$$

Trong đó:

- $E_{bđ}$ : độ bền cách điện của vật liệu (kV/mm).
- $d$ : độ dày của tấm vật liệu cách điện (mm)
- $U_{đt}$ : điện áp đánh thủng (kV).

### 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 1.4 sau:

### **BẢNG 1.4. ĐỘ BỀN CÁCH ĐIỆN CỦA MỘT SỐ VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN.**

<b>Vật liệu</b>	<b>Độ bền cách điện <math>E_{bd}</math> [kV/mm]</b>	<b>Giới hạn điện áp an toàn <math>\epsilon</math></b>
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
Các tông	8 ÷ 12	3 ÷ 3,5

### 2.2.5. Độ bền nhiệt

Khả năng của vật liệu cách điện và các chi tiết chịu đựng không bị phá hủy trong thời gian ngắn cũng như lâu dài dưới tác động của nhiệt độ cao và sự thay đổi đột ngột của nhiệt độ gọi là độ bền nhiệt của vật liệu cách điện.

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:  $t_{g\infty}$  tăng rõ rệt hay điện trở suất giảm.

Đại lượng độ bền nhiệt được đánh giá bằng trị số nhiệt độ (đo bằng 0C) 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). 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

### 2.2.6. 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 nồi cơm điện) thường dùng vật liệu từ cấp B trở lên.

### **2.2.7. 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...

## **2.3. Một số vật liệu cách điện thông dụng.**

### **2.3.1. 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.

### **2.3.2. Giấy và cactông.**

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 cactông 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 đó 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 tầm chất nhớt bị hóa già nên loại cáp này chỉ làm việc lâu dài trong điện trường có cường độ thấp (3 - 4) KV/mm.

#### b. 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.

**BẢNG 1.5: ĐẶC TÍNH CỦA GIẤY LÀM TỤ ĐIỆN CÓ CHIỀU DÀY 15 $\mu$ M**

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

#### c. 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.

#### 2.3.3. 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:  $\sigma_{kéo} = (550 - 0750)$  kG/cm<sup>2</sup>,  $\sigma_{nén} = (1500 - 2000)$  kG/cm<sup>2</sup>,  $\sigma_{uốn} = (800 - 1000)$  kG/cm<sup>2</sup> ứng suất dai va đập vào khoảng (20 - 30) kGcm/cm<sup>2</sup>. 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 - 1,5) G/cm<sup>2</sup>, 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 - 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...

#### **2.3.4. Amiăng, xi măng 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 - 400)0C 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  $10^{10} - 10^{12}\Omega.cm$ .

Để phù hợp với yêu cầu sử dụng người ta sản xuất amiăng thành giấy, vải, băng.....

#### **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, tẩm chắn ngăn các buồng dập hồ quang.

#### **2.3.5. Vải sơn và băng 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 - 50)kV/mm, loại băng tơ (55 - 90)kV/mm. Vải sơn cách điện thường được sản xuất ở dạng cuộn rộng (700 - 1000)mm, chiều dày của vải cách điện là (0,15 - 0,24) 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.

#### **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 6kV 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.

#### **2.3.6. 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. Hêtinác:** được sản xuất ra bằng cách ép nóng giấy đã được tẩm nhựa bakêlít. Hêtinác có khối lượng riêng từ 1,25 đến 1,4 G/cm<sup>3</sup>. Độ bền điện cao khoảng (20-25)kV/mm,  $\epsilon =$

5-6 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. Têctôlít:** 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 dài va 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 composit có đặc tính cách điện và độ bền cơ rất cao, chịu được ẩm, ứng dụng nhiều trong các thiết bị điện cao áp.

### **2.3.7. 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 poliamicít, nhựa nôvôlac...). Về mặt cách điện thì nhựa tổng hợp có ưu điểm hơn.

#### **2.3.7.1. Nhựa tổng hợp:**

##### **a. 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.

##### **b. Pôliprôpilin:**

Pôliprôpilin là một chất trùng hợp mới có tỉ trọng (0,90-0,91)G/cm<sup>3</sup>, rất dẻo. Tính chất cách điện của nó tương đương với pôliêtilen, nhưng độ bền nhiệt cao hơn nhiều. Nhiệt độ hóa dẻo khoảng (165-170)0C.



### **c. Nhựa PVC: (polivinylclorua).**

Là hợp chất cao phân tử, được trùng hợp từ, 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...

### **d. Pôliizôbutilen:**

Pôliizôbutilen là chất trùng hợp từ izôbutilen ( $H_2C=C(CH_3)_2$ ), cao phân tử. Pôliizôbutilen là một chất giống cao su và rất dính. Nó có tính chịu lạnh tốt (ở nhiệt độ âm 800C) vẫn giữ được tính dẻo. Tỉ trọng của pôliizôbutilen là (0,91-0,93)G/cm<sup>3</sup>, có độ bền hóa học và độ hút ẩm nhỏ.

#### **2.3.7.2. Nhựa thiên nhiên.**

##### **a. 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 hydrocacbon. Cánh kiến có đặc tính cách điện như sau:  $E_{đt} = 20-30kV/mm$ . Ở (50 - 60)0C cánh kiến trở nên dễ uốn và ở nhiệt độ cao hơn thì trở thành dẻo và nóng chảy ra. Khi đun nóng kéo dài thì cánh kiến được nung kết, đồng thời trở nên không nóng chảy và không hòa tan, nhiệt độ càng cao thì thời gian nung kết càng giảm. Trong kỹ thuật cách điện, cánh kiến được dùng ở dạng sơn dán chế tạo mica nit. Khi không có cánh kiến người ta thay bằng nhựa gliptan và các loại nhựa tổng hợp khác.

##### **b. Nhựa thông (colofan).**

Nhựa thông là một loại nhựa giòn có màu vàng hoặc nâu có tên gọi là colofan, có tính chất cách điện như sau:  $E_{đt} = 10-15kV/mm$  và có hằng số điện môi  $\epsilon$  và tg phụ thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ hóa dẻo của các loại nhựa thông khác nhau vào khoảng (50-70)0C. Colofan ôxy hóa từ từ trong không khí, khi đó nhiệt độ hóa dẻo của nó tăng nhưng độ hòa tan lại giảm. Nhựa thông hòa tan trong dầu mỡ, được dùng vào việc ngâm tẩm cáp, ngoài ra nó cũng được dùng để sản xuất ra rezinat là chất làm khô cho sơn dầu.

#### **2.3.8. Dầu cách điện.**

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 hydrocacbon nặng như dầu máy biến áp, vì vậy, chúng có tính chất chịu dầu. Nhưng đối với hydrocacbon 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 - 0,94)G/cm<sup>3</sup>, nhiệt độ đông đặc khoảng - 200C.

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 trẩu

tạo ra lớp màng ít thấm nước. Dầu khô được dùng trong công nghiệp điện để chế tạo sơn dầu cách điện, vải sơn cách điện, dùng để tẩm gỗ cách điện.

Dầu thầu dầu: loại dầu này thu được từ hạt thầu dầu, dùng để tẩm tụ điện giấy. Tỷ trọng của dầu thầu dầu là:  $(0,95 - 0,9)G/cm^3$ , nhiệt độ đông đặc từ  $(- 10 \div - 180C)$ , Dầu thầu dầu không hòa tan trong étxăng nhưng lại hòa tan trong rượu êtyl. Khác với dầu mỏ, dầu thầu dầu không làm cho cao su phồng lên

### **2.3.9. 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:**

Sơn là dung dịch keo của nhựa, bitum, dầu khô và các chất tương 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 silíc 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.

### **2.3.10. 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.

### **2.3.11. 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.

### **2.3.12. 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 đui đèn, trong công tắc, cầu chì, cầu dao phích cắm, sứ thông tin.vv

### **2.3.13. 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 trong tự nhiên có dạng tinh thể, đặc điểm đặc trưng của nó là có thể tách ra từng bản mỏng một cách dễ dàng theo chiều song song giữa các bề mặt thớ.

Mica muscovit thường không màu hoặc có màu đỏ nhạt, xanh nhạt, và các màu sắc khác; flogopit 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 flogopit có màu sáng hơn

## 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

1. Xác định điện áp đánh thủng và điện áp làm việc của một tấm cátông dày 0,15 cm khi áp nó vào hai điện cực.
2. Tính bề dày của một tấm nhựa PVC dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng nhựa PVC có  $E_{bđ} = 32,5\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn = 3,12.
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  $E_{bđ} = (50 - 100)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn = 5,4.
4. Tính bề dày của một tấm cao su dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng cao su có  $E_{bđ} = (15 - 20)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn
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  $E_{bđ} = (10 - 25)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn = 3,6.
6. Tính bề dày của một tấm thủy tinh dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng thủy tinh có  $E_{bđ} = (10 - 15)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn = (6 - 10)

## CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN

**Giới thiệu:**

Cùng với sự phát triển của các ngành công nghiệp kỹ thuật, ngành công nghiệp điện năng cũng không ngừng được hoàn thiện và phát triển cho nên các vật liệu dẫn điện đóng vai trò rất quan trọng, nếu không có chúng thì ta không thể có các thiết bị điện. máy điện và cũng không tồn tại ngành công nghiệp điện. Các vật liệu dẫn điện được dùng dẫn điện trong các thiết bị điện, máy điện, khí cụ điện và truyền tải điện năng từ nơi sản xuất tới hộ tiêu thụ. Vật liệu dẫn điện rất đa dạng, nhiều chủng loại và chúng có những tính chất, đặc tính kỹ thuật khác nhau. Vì vậy đòi hỏi người công nhân làm việc trong các ngành, nghề và đặc biệt trong các nghề điện phải hiểu rõ về các tính chất, đặc tính kỹ thuật và ứng dụng của chúng để không ngừng nâng cao hiệu quả kinh tế và tiết kiệm điện năng trong sử dụng

### **Mục tiêu của bài:**

- Phân loại được các loại vật liệu dẫn điện có trong xưởng trường, đạt chính xác 90%.
- Trình bày được các đặc tính của các loại vật liệu dẫn điện có trong xưởng trường theo nội dung bài đã học.
- Sử dụng thành thạo các loại vật liệu dẫn điện có trong xưởng trường đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Xác định các dạng hư hỏng ở các loại vật liệu dẫn điện có trong xưởng đúng tiêu chuẩn kỹ thuật.
- Xác định các nguyên nhân gây ra hư hỏng ở các loại vật liệu dẫn điện có trong xưởng, chính xác 90% theo các trường hợp do giáo viên đưa ra.
- Tính chọn hay thay thế vật liệu dẫn điện ở các thiết bị có trong xưởng trường, đạt thông số kỹ thuật do giáo viên đưa ra.

### **Nội dung chính:**

## **3.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện.**

### **3.1.1. Khái niệm về vật liệu dẫn điện.**

#### **a. Khái niệm.**

Vật liệu dẫn điện là vật chất mà ở trạng thái bình thường có các điện tích tự do. Nếu đặt những vật liệu này vào trong một trường điện, các điện tích sẽ chuyển động theo hướng nhất định của trường và tạo thành dòng điện. Người ta gọi là vật liệu có tính dẫn điện.

#### **b. Phân loại.**

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.

- Vật liệu dẫn điện thể rắn (kim loại, hợp kim): 2 loại

Loại có điện dẫn cao: làm dây dẫn điện, cáp điện, dây quấn máy biến áp, máy điện...

Loại có điện trở cao: dùng trong các dụng cụ đốt nóng bằng điện, đèn thấp sáng, biến trở, điện trở mẫu...

- Vật liệu dẫn điện thể lỏng (kim loại nóng chảy, dung dịch điện phân): chỉ có thủy ngân là kim loại được sử dụng trong thực tế.

### 3.1.2. Tính chất của vật liệu dẫn điện.

#### a. Điện trở

Điện trở là đại lượng đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện của vật dẫn; nó thể hiện mối quan hệ giữa điện thế không đổi đặt lên vật và dòng điện chạy qua trong vật dẫn đó.

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$\rho$ : điện trở suất của vật liệu ( $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ )

l: là chiều dài dây dẫn (m)

s: tiết diện dây dẫn  $\text{mm}^2$

#### b. Điện dẫn:

Điện dẫn là đại lượng nghịch đảo của điện trở. Được biểu diễn theo công thức sau:

$$G = \frac{1}{R}$$

Đơn vị:  $\Omega^{-1}$

#### c. Điện trở suất:

Điện trở suất là điện trở của dây dẫn có chiều dài 1 đơn vị và tiết diện là 1 đơn vị. Nó là đại lượng đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện của vật liệu.

#### d. Điện dẫn suất:

Điện dẫn suất là đại lượng đặc trưng cho khả năng dẫn điện của vật liệu, là đại lượng nghịch đảo với điện trở suất của dây dẫn.

Được thể hiện theo công thức:  $\gamma = \frac{1}{\rho}$

Điện trở suất và điện dẫn suất thay đổi rất lớn theo nhiệt độ.

#### e. Tính dẫn điện:

Tính dẫn điện được phân biệt theo cơ cấu sự dẫn điện ở một trong hai dạng sau:

- Vật dẫn loại một: Kim loại rắn và lỏng: cơ cấu của sự dẫn điện là do các điện tử tự do chuyển động □ vật liệu có điện dẫn điện tử.

- Vật dẫn loại hai: Các chất điện phân (dung dịch acid, bazơ, muối): cơ cấu của sự dẫn điện là do sự dịch chuyển của các ion dưới tác dụng của điện trường thành phần dung dịch sẽ bị thay đổi dần dần, trên các điện cực xuất hiện các sản phẩm điện phân.

Số TT	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)	Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài, $\alpha_l \cdot 10^6, \text{độ}^{-1}$	Điện trở suất, $\Omega \text{mm}^2 / \text{m}$	Hệ số nhiệt điện trở suất, $\text{độ}^{-1}, \alpha_p$	Công thoát điện tử, eV
1	Đồng	8,9	1083	385	390	16,5	0,0172	0,0043	4,35
2	Nhôm	2,7	657	922	209	21	0,028	0,0042	4,3
3	Vonfram	19,3	3380	138	168	4,4	0,055	0,0046	4,5
4	Molipden	10,2	2620	264	151	5,1	0,057	0,0046	4,2
5	Tantan	16,6	2977	142	54	6,5	0,135	0,0038	4,1
6	Niobi	8,6	2415	272	50	7,2	0,18	0,0030	3,96
7	Titan	4,5	1725	577	15	8,1	0,42	0,0044	4,09
8	Ziriconi	6,5	1815	276	17	5,4	0,41	0,0045	3,84
9	Reni	21	3145	138	71	4,7	0,21	0,0032	4,8
10	Vàng	19,3	1063	126	293	14,2	0,024	0,0038	4,8
11	Bạc	10,5	961	234	415	19,3	0,016	0,0040	4,45
12	Platin	21,4	1770	134	71	9	0,105	0,0039	5,3
13	Paladin	12	1555	213	72	11,9	0,110	0,0038	4,28
14	Sắt	7,8	1535	452	73	11	0,098	0,006	4,5
15	Niken	8,9	1455	444	95	13	0,073	0,0065	5
16	Coban	8,7	1492	435	79	12,5	0,062	0,006	-
17	Chi	11,4	327	130	35	29	0,21	0,0037	-
18	Thiếc	7,3	232	226	65	23	0,12	0,0044	4,4
19	Kẽm	7,1	420	390	111	31	0,059	0,004	4,4
20	Cadmi	8,6	321	230	93	30	0,076	0,0042	-
21	Indi	7,3	157	243	25	24,8	0,09	0,0047	-
22	Gali	5,9	29,8	381	-	18,3	0,56	-	-
23	Thủy ngân	13,6	-39	138	10	61	0,958	0,0009	4,5

### 3.1.3. Các tác nhân môi trường ảnh hưởng đến tính dẫn điện của vật liệu.

#### a. Ảnh hưởng của nhiệt độ:

Điện trở suất của đa số kim loại và hợp kim đều tăng theo nhiệt độ, riêng điện trở suất của cacbon và của dung dịch điện phân giảm theo nhiệt độ.

Thông thường, điện trở suất ở nhiệt độ sử dụng  $t_2$  được tính toán xuất phát từ nhiệt độ  $t_1$  ( $t_1$  thường là 200C) theo công thức:

$$\rho_{t_2} = \rho_{t_1} [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

Ở gần nhiệt độ 0K (nhiệt độ tuyệt đối), điện trở suất của kim loại tinh giảm đột ngột, chúng thể hiện tính siêu dẫn. Về phương diện lý thuyết, ở nhiệt độ 00K, kim loại có điện trở bằng 0.

Khi bị chảy dẻo thì điện trở suất của kim loại tăng. Nhưng nếu tiến hành nung để cho nó kết tinh lại thì điện trở suất có thể giảm (giảm do tác dụng của sự biến dạng làm cho kết cấu của kim loại được chặt chẽ và do sự phá hủy các màn oxit...)

**Bảng 2.1: Các đặc tính vật lý chủ yếu của kim loại (ở 200C) dùng trong kỹ thuật điện**

Kim loại	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Điện trở suất ( $\rho$ ) ở 20°C ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )	Hệ số $\alpha$ ( $1/^\circ\text{C}$ )
Vàng	1063	0,0220 - 0,0240	0,00350 - 0,00398
Bạc	961	0,0160 - 0,0165	0,00340 - 0,00429
Đồng	1083	0,0168 - 0,0182	0,00392 - 0,00445
Nhôm	657	0,0262 - 0,0400	0,00350 - 0,00398
Vônfram	3380	0,0530 - 0,0612	0,00400 - 0,00520
Kẽm	420	0,0535 - 0,0630	0,00350 - 0,00419
Niken	1455	0,0614 - 0,1380	0,00440 - 0,00692
Sắt	1535	0,0918 - 1,1500	0,00450 - 0,00657
Platin	1770	0,0866 - 0,1160	0,00247 - 0,00398
Thiếc	232	0,1130 - 0,1430	0,00420 - 0,00465
Chì	327	0,2050 - 0,2220	0,00380 - 0,00480
Thủy ngân	-39	0,9520 - 0,9590	0,00090 - 0,00099

**b. Ảnh hưởng của áp suất:**

Khi kéo hoặc nén (áp suất thay đổi) thì điện trở suất của vật dẫn biến đổi theo biểu thức:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 \pm k\sigma)$$

**c. Các yếu tố ảnh hưởng khác:**

- Tạp chất phi kim có trong kim loại cũng có thể làm  $\rho$  tăng.
- Thực nghiệm cho thấy điện trở suất còn chịu ảnh hưởng của trường từ và ảnh hưởng của ánh sáng.

**3.1.4. Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động.**

Hiệu điện thế tiếp xúc của các cặp kim loại dao động vài phần mười đến vài vôn, nếu nhiệt độ của cặp bằng nhau, tổng hiệu điện thế trong mạch kín bằng không. Nhưng khi một phần tử của cặp có nhiệt độ là T1 còn cặp kia là T2 thì trong trường hợp này sẽ phát sinh sức nhiệt điện động

**3.2. Tính chất chung kim loại và hợp kim****3.2.1. Tầm quan trọng của kim loại và hợp kim**

Đến ngày nay, loài người đã biết được trên một trăm nguyên tố hóa học, tất cả các nguyên tố được chia làm hai loại: kim loại và không kim loại trong đó kim loại chiếm tới 79 nguyên tố. Kim loại chứa nhiều nhất trong vỏ trái đất là nhôm 7% sau đó là sắt 5%

Trong kỹ thuật điện kim loại và hợp kim của nó là chất liệu không thể thiếu, nó được sử dụng phổ biến để sản xuất các thiết bị khí cụ điện.

**3.2.2. Các tính chất.**



### 3.2.2.1. Tính chất lý học:

#### a. Về sáng mặt ngoài của kim loại:

Theo vẻ sáng bề ngoài của kim của kim loại được chia thành hai loại sau:

- 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.

#### b. Trọng lượng riêng:

Trọng lượng riêng là trọng lượng của một đơn vị thể tích của vật:

$$d = \frac{P}{V} \text{ (g/cm}^2 \text{)}$$

#### c. 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.

#### d. Tính dẫn nhiệt:

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.

#### e. 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 10C. Độ giãn dài đo được gọi là hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài.

#### f. Tính dẫn điện:

Tính dẫn điện là khả năng dẫn điện của kim loại. Khi nhiệt độ cao tính dẫn điện giảm. Ở nhiệt độ 00K điện trở của kim loại bằng không.

#### g. Tính nhiễm từ

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

#### h. Nhiệt dung riêng

Nhiệt dung riêng: là nhiệt độ cần thiết làm tăng nhiệt độ của kim loại lên 10C.

### 3.2.2.2. 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.

### 3.2.2.3. 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.

#### **3.2.2.4. 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.

##### **a. Tính cắt gọt**

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.

##### **b. Tính hàn**

Tính hàn: là khả năng tạo thành sự liên kết khi nung nóng cục bộ chỗ nối đến trạng thái chảy hoặc dẻo

##### **c. Tính rèn**

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.

##### **d. Tính đúc**

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).

##### **e. Tính nhiệt luyện:**

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

##### **f. Tính kéo giãn**

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.

#### **3.2.2.5. 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. Những hư hỏng thường gặp và cách chọn vật liệu dẫn điện.**

#### **3.3.1. Những hư hỏng thường gặp.**

##### **3.3.1.1. Hư hỏng do ăn mòn kim loại.**

##### **a. 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 iện 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 vẩy 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.

### **b. 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.

#### **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 4500C - 4800C 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 □ 0,13)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 2700C - 3000C

+ Phủ chì: ta nhúng chi tiết vào chì nóng chảy ở nhiệt độ 3500C. Chiều dày lớp chì bám vào chi tiết khoảng (0,5 □ 0,7) 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...

#### **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...

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.

### **3.3.1.2. 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...

#### **a. 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.

#### **b. 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.

#### **c. 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.

### **3.3.1.3. 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).

### **3.3.1.4. 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.

### **3.3.1.5. 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.

## **3.3.2. Cách 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 ( $\square$ ) bé), còn khi làm các dây đốt nóng thì dùng các loại hợp kim như constantan, maisto, maganin v. v...(có điện trở suất ( $\square$ ) 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.**

##### **3.4.1.1. Đồng**

###### **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

###### **c. Sản xuất và chế tạo**

Đồng được tìm thấy trong tự nhiên không nhiều. Người ta sản xuất từ mỏ can-copirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), cancozin ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), coverit ( $\text{CuS}$ ), cupric ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), bocnit ( $3\text{Cu}_2\text{SFeAs}_2\text{S}_3$ ), ênegit ( $3\text{Cu}_2\text{SAs}_2\text{S}_3$ )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: Cu O, Cu 5, Cu 9, 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  $\text{CuO}_2$  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.

##### **3.4.1.2. Hợp kim đồng**

Trong một số trường hợp, ngoài đồng tinh khiết còn sử dụng cả hợp kim đồng với một lượng nhỏ thiếc, silíc, 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 3000C 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 gắn (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 sắt, 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.

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, %
<b>Đồng thanh cadmi (0,9% cd)</b>	ủ	95	Đến 31	50
	Kéo nguội	83 ÷ 90	Đến 73	4
<b>Đồng thanh (0,8 %Cd; 0,6 %Sn)</b>	ủ	55 ÷ 60	Đến 29	55
	Kéo nguội	50 ÷ 55	Đến 73	4
<b>Đồng thanh (2,5%Al; 2% Sn)</b>	ủ	15 ÷ 18	Đến 37	45
	Kéo nguội	15 ÷ 18	Đến 97	4
<b>Đồng thanh phốt pho</b>	ủ	10 ÷ 15	Đến 40	60
	Kéo nguội	10 ÷ 15	Đến 105	3
<b>Đồng thau</b>	ủ	25	32 ÷ 35	60 ÷ 70
	Kéo nguội	25	Đến 88	5

## 2.4.2. Nhôm và hợp kim nhôm.

### 2.4.2.1. 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 G/cm<sup>3</sup>), 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 đòi hỏi phải xử lý nhiệt 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 G/cm<sup>3</sup>). Khối lượng riêng của nhôm đúc gần bằng 2,6 G/cm<sup>3</sup>, nhôm cán là 2,76 G/cm<sup>3</sup>, 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.

Nhôm có sức bền đối với sự ăn mòn của môi trường do có lớp màng mỏng oxyt tạo ở bề mặt khi tiếp xúc với không khí. Lớp màng mỏng oxyt này có điện trở lớn nên cản trở việc thực hiện tiếp xúc tốt giữa các dây dẫn. Cũng tương tự lớp này tạo khó khăn cho hàn và dính kết các dây dẫn.

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 vàng 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, silíc, 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) □m 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 oxít nhôm khan  $Al_2O_3$  hầu như không có tạp chất.

Tách kim loại nhôm thông qua điện phân của oxít hòa tan thành criolit nóng chảy ở nhiệt độ (900 □ 950)0C. 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.

#### **2.4.2.2. 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.

**3.4.3. Chì và hợp kim chì.**

**3.4.3.1. Chì.**

**a. Sản xuất và chế tạo:**

Chì nhận được từ các mỏ như: Galen (PbS), xeruzít (PbCO<sub>3</sub>), Anglezít(PbSO<sub>4</sub>) vv...và thường qua nhiều phương pháp để thu được chì thô.

Sản phẩm thu được (chì thô) gồm (92 - 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 - 99,994)% chì kỹ thuật được cung cấp dưới dạng thỏi (35 - 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 - 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 (Pb<sub>2</sub>O) và (PbO). Chì có điện trở suất cao (0,205 - 0,222  $\square$ mm<sup>2</sup>/m ở nhiệt độ: 200C). Chì có thể chuyển sang trạng thái siêu dẫn.

**3.4.3.2. 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 4000C.

Chì kỹ thuật: PbTc1= 99,92%; PbTc2= 99,80%; PbTc3= 99,50%

**3.4.3.3. 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 acquy điện có các tấm bản chì PbAc<sub>1</sub>,c<sub>2</sub>.

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 (röntgen). 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.

#### **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 - mm<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 giãn 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

#### **3.4.5. Vonfram: (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 - 0,0612)mm<sup>2</sup>/m.

Nhiệt độ nóng chảy: 33800C (cao nhất trong các kim loại).

Hệ số nhiệt độ: (0,0040 - 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 gốm. Người ta ép phối 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**

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.

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.

Rôđi: 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 vào 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 vonfam bị ăn mòn mạnh ở nhiệt độ trên 6000C. Oxyt molipden tạo nên lớp không dẫn điện nên không dùng molipden nguyên chất mà sử dụng hợp kim vonfam 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.

### **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 gồm:**

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 gồm). Các tính chất vật lý của vật liệu thành phần bên trong vật liệu kim loại gồm được đáp ứng. Ví dụ như tính chịu đựng hồ quang trong vật liệu kim loại gồm 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

### **3.4.7. Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt**

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.

#### **\* Một số hợp kim thường sử dụng:**

a. Mai so: (Mailiehort) (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 nhỏ: Điện trở phòng thí nghiệm, biến trở khởi động, biến trở điều tốc.

### **3.4.8. Lưỡng kim.**

#### **a. 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.

#### **b. Dây dẫn lưỡng kim thép - đồng:**

Ở những đường dây thông tin dùng dòng điện có tần số cao (2000 - 8000Hz) thì hiệu ứng màng ngoài rất rõ. Dòng điện chạy qua lớp bề mặt chiều dày (0,5 - 0,6)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 - 4mm). 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.

+ 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 - 12600C). Lõi thép có  $d = (80 - 85)\text{mm}$ , dài (700 - 800)mm. Sau đó để nguội về sau sẽ dát mỏng hoặc kéo thành sợi theo kích thước mong muốn.

+ Phương pháp bọc theo cách điện phân:

Đồng sẽ bám vào dây thép, trong bể gabanic 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.

### **c. 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 rơle 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 độ lệch với chiều rộng của thanh. để tránh ứng suất cục bộ thì thanh lưỡng kim phải được xử lý nhiệt trước.

## **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.

## CHƯƠNG 4: VẬT LIỆU DẪN TỪ

### Giới thiệu:

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). Để sử dụng có hiệu quả các vật liệu dẫn từ chúng ta phải am hiểu về khái niệm, tính chất, các đặc tính của vật liệu dẫn từ và công dụng của từng loại vật liệu dẫn từ. Nội dung bài học này nhằm trang bị cho người học những kiến thức cơ bản về vật liệu dẫn từ để sử dụng chúng một cách có hiệu quả tốt nhất.

### Mục tiêu của bài:

- Phân loại được các loại vật liệu dẫn từ có trong xưởng trường, đạt chính xác 90%.
- Trình bày được các đặc tính của các loại vật liệu dẫn từ có trong xưởng trường theo nội dung bài đã học.
- Sử dụng thành thạo các loại vật liệu dẫn từ có trong xưởng trường đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Xác định các dạng hư hỏng ở các loại vật liệu dẫn từ có trong xưởng, chính xác 90% theo các trường hợp do giáo viên đưa ra.
- Xác định các nguyên nhân gây ra hư hỏng ở các loại vật liệu dẫn từ có trong xưởng, chính xác 90% theo các trường hợp do giáo viên đưa ra.
- Tính chọn/thay thế vật liệu dẫn từ ở các thiết bị có trong xưởng trường, đạt thông số kỹ thuật do giáo viên đưa ra

### Nội dung chính:

#### 4.1. Khái niệm và tính chất vật liệu dẫn từ.

##### 4.1.1. Khái niệm.

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). Kim loại chủ yếu có từ tính là sắt, niken và các hợp kim của chúng, bên cạnh đó còn có coban cũng được gọi là chất sắt từ đã qua quá trình tinh luyện

##### 4.1.2. Tính chất 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.

Hiện tượng sắt từ là do trong một số vật liệu ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nhất định đã phân thành những vùng mà trong từng vùng ấy các điện tử đều định hướng song song với nhau. Các vùng ấy được gọi là đômen từ.

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. Trong trường hợp các chất sắt từ đa tinh thể có tính dị hướng thể hiện rất rõ người ta gọi chất đó là có cấu tạo thớ từ tính. Tạo được thớ từ theo ý muốn có ý nghĩa lớn, nó được sử dụng trong kỹ thuật để nâng cao đặc tính từ của vật liệu theo hướng xác định. Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ dưới ảnh hưởng của từ trường bên ngoài gồm có các hiện tượng sau:

+ 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.

#### **4.1.3. Các đặc tính của vật liệu dẫn 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. Tổn hao động học là do dòng điện xoáy cảm ứng trong khối sắt từ và một phần còn do hiệu ứng gọi là hậu quả từ hoá hay độ nhớt từ. Tổn hao dòng điện xoáy phụ thuộc vào điện trở. Điện trở suất chất sắt từ càng cao thì tổn hao dòng điện xoáy càng nhỏ.

$$P_f = \xi \cdot f^2 \cdot B_{\max}^2 \cdot V$$

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.

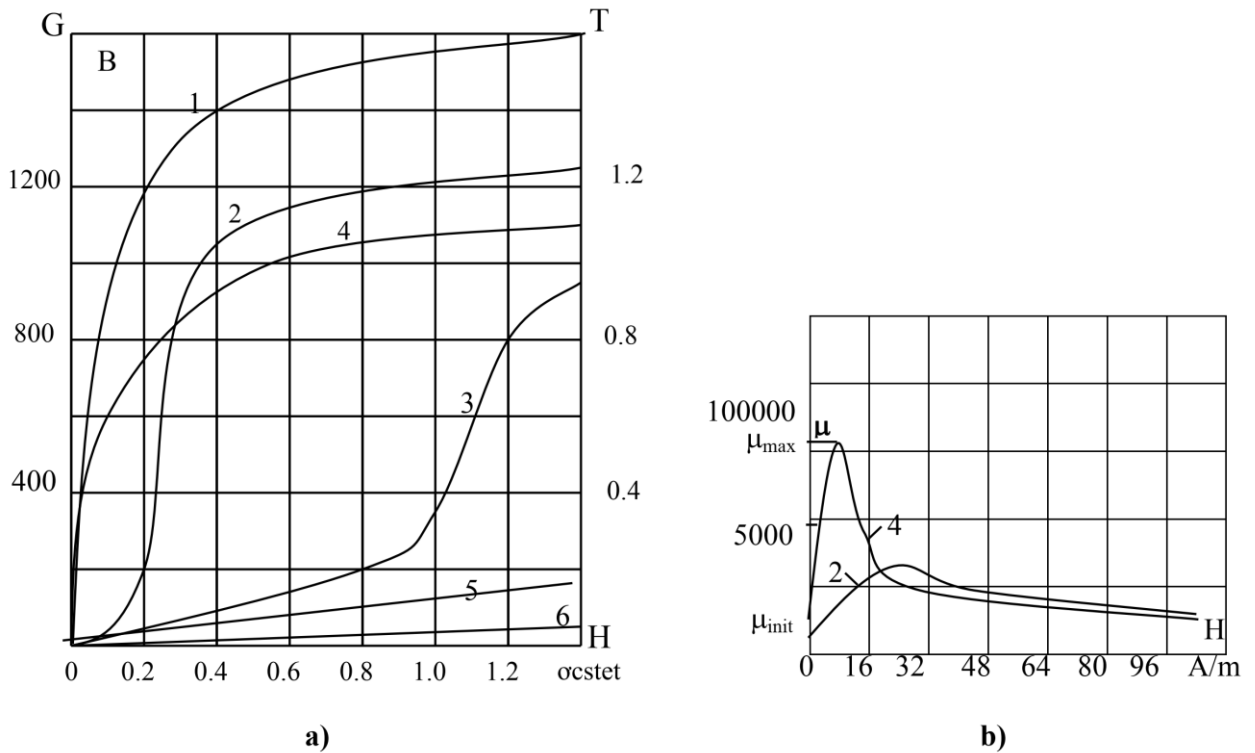
$f$ : là tần số dòng điện.

$B_{\max}$ : cảm ứng từ lớn nhất đạt được trong một chu trình.

$V$ : thể tích chất sắt từ.

#### **4.1.4. Đường cong từ hóa.**





**Hình 4.1:** Đường cong từ hóa và đường cong cường độ trường thẩm từ cơ bản của một số vật liệu từ.

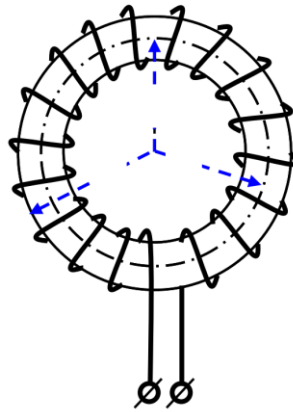
- a) Đường cong từ hóa
- b) Đường cong cường độ trường thẩm từ
- 1) Sắt đặc biệt tinh khiết
- 2) Sắt tinh khiết (99,98%Fe)
- 3) Sắt kỹ thuật tinh khiết (99,92%Fe)
- 4) Pécmalôi (78%Ni)
- 5) Niken
- 6) Hợp kim sắt - Niken (26%Ni)

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  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$

## 4.2. Mạch từ và tính toán mạch từ.

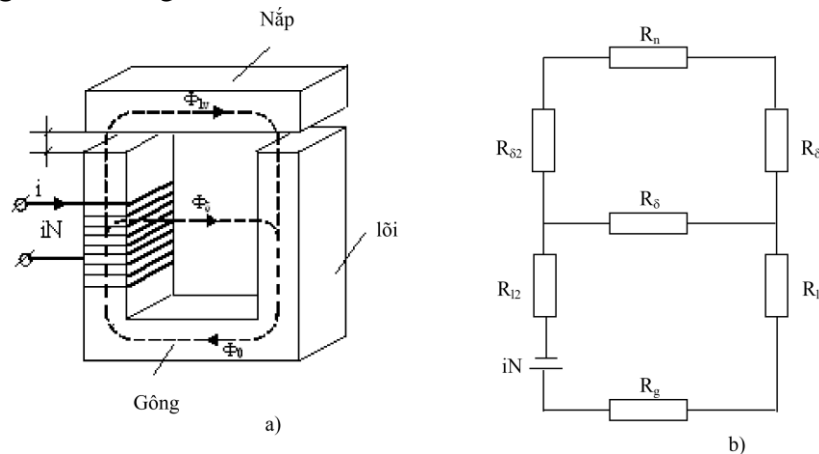
### 4.2.1. Các công thức cơ bản.

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 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. Tính toán một mạch từ tức là xác định sức từ động theo các giá trị của từ thông đã cho, các kích thước của mạch và bản chất của các vật liệu được sử dụng

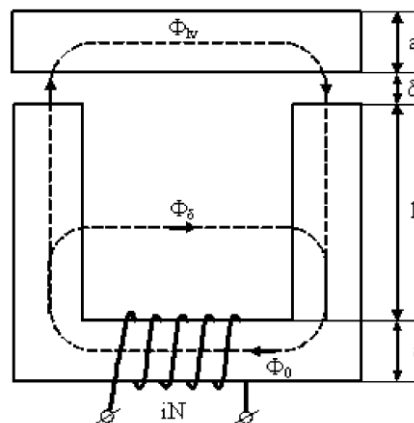


#### 4.2.2. Sơ đồ thay thế của mạch từ.

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 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



#### 4.2.3. Mạch từ xoay chiều.



Hay  $H_0 = 0,8 \cdot B_0$  nếu  $H_0$  được xác định bằng A/cm và  $B_0$  bằng gauss.

Theo lý thuyết của Ampe, tổng số của các từ áp trên tất cả các đoạn của mạch từ là bằng với dòng tổng.

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_0 l_0 + \dots = I \omega$$

#### 4.2.4. Những hư hỏng thường gặp.

Các loại vật liệu dẫn từ được sử dụng để chế tạo các mạch từ của các thiết bị điện, máy điện và khí cụ điện, nên 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: đa phần chúng là các chất sắt từ và các hợp chất sắt từ nên chúng cũng bị tác dụng của môi trường xung quanh và tác dụng đó diễn ra dưới hai hình thức ăn mòn, ăn mòn hóa học và ăn mòn điện hóa như những kim loại khác mặc dầu trên bề mặt chúng có sơn lớp sơn cách điện.

+ Hư hỏng do điện: trong quá trình làm việc do xảy ra các hiện tượng như quá điện áp, do bị ngắn mạch nên các cuộn dây đặt trên mạch từ bị cháy nên làm hỏng các mạch từ.

+ Hư hỏng do bị già hóa của kim loại: dưới tác dụng của thời gian và môi trường làm cho các tính chất của vật liệu từ thay đổi.

+ Hư hỏng do các lực tác động từ bên ngoài: dưới tác dụng của ngoại lực làm cho các vật liệu từ bị biến dạng hoặc bị hỏng.

+ Dưới tác dụng của nhiệt độ: khi nhiệt độ tăng lên (khoảng 1250C) các vật liệu có từ tính sẽ mất từ tính.

### 4.3. Một số vật liệu dẫn từ thông dụng.

#### 4.3.1. 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.

##### 4.3.1.1. 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 trở 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.

##### 4.3.1.2. 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 giòn, 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.

#### **4.3.1.3. Pécmaloi: (permallois)**

Pécmaloi 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.

#### **4.3.2. 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.

Là loại có độ dẫn từ thấp hơn, có từ dư lớn, nhưng có khả năng luyện từ, chủ yếu dùng để chế tạo nam châm vĩnh cửu trong máy điện, trong các cơ cấu đo.

Vật liệu chủ yếu là thép cacbon, thép crom, thép vonfram, thép coban .

#### **4.3.2.1. Hợp kim làm nam châm vĩnh cửu.**

##### **a. Thép hợp kim hóa được tôi đến trạng thái máctenxít.**

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 máctenxít 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.

##### **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 nhất được chế tạo bằng cách ép bột nghiền từ các hợp kim từ cứng, sau đó thiêu kết ở nhiệt độ cao. Các chi tiết nhỏ chế tạo bằng công nghệ này có kích thước tương đối chính xác, không cần gia công thêm.

### **4.3.3. Các vật liệu từ có công dụng đặc biệt.**

#### **4.3.3.1. 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 10000C, sau đó giữ ở nhiệt độ (400 - 500)0C 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 oerstet 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

#### **c. Các hợp kim có độ từ giao 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 giao 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 giao âm.

#### **d. Các hợp kim có độ từ giao bảo hòa rất cao.**

Là hợp kim của Fe – Co có từ cảm bảo 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...

#### **4.3.3.2. 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 oerstet. Ferít với trị số 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.

#### **b. Ferít từ cao tần.**

Ngoài ferít từ mềm, ở tần số cao có thể dùng thép kỹ thuật điện hoặc pecmalôl cán nguội và điện môi từ.

Bề dày tấm thép đạt tới (25-30)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, pecmalôl, alusife v.v.... Chất dính kết cách điện là nhựa fenol – foócmandêhyt, 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.

## **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 Trọng Thắng, Công nghệ chế tạo và tính toán sửa chữa máy điện 1, 2, 3, NXB Giáo Dục 2000.
- [2] Trần Khánh Hà, Máy điện 1, 2, NXB Khoa học và Kỹ thuật 2004.
- [3] 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 2000.
- [4] Đặng Văn Đào, Kỹ Thuật Điện, NXB Giáo dục 2004.
- [5] Trần Thế San, Nguyễn Đức Phấn, Thực hành kỹ thuật cơ điện lạnh, NXB Đà Nẵng 2001.
- [6] Nguyễn Xuân Phú, Khí cụ Điện - Kết cấu, sử dụng và sửa chữa, NXB Khoa học và Kỹ thuật 2002.
- [7] Giáo trình vật liệu điện – Trường Trung Cấp Nghề Củ Chi