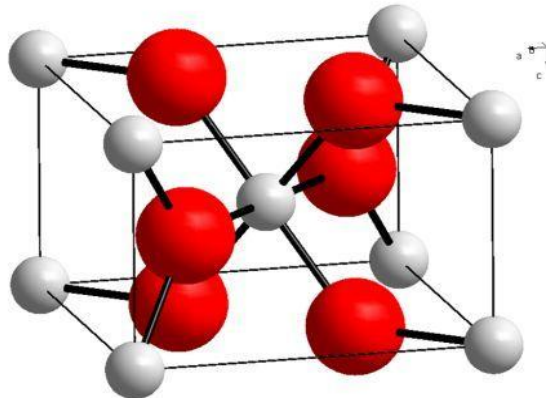


**BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI  
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ**

**GIÁO TRÌNH**  
**Môn học: Vật liệu điện**  
**NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP**  
**TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP NGHỀ**

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 120/QĐ-TCDN ngày 25 tháng 02 năm 2013 của Tổng cục trưởng Tổng cục dạy nghề)*



**Hà nội, năm 2013**

## **TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN**

Tài liệu này thuộc sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích đúng 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

Tài liệu Vật liệu điện là kết quả của Dự án “Thí điểm xây dựng chương trình và giáo trình dạy nghề năm 2011-2012”.Được thực hiện bởi sự tham gia của các giảng viên của trường Cao đẳng nghề công nghiệp Hải Phòng thực hiện

Trên cơ sở chương trình khung đào tạo, trường Cao đẳng nghề công nghiệp Hải phòng, cùng với các trường trong điểm trên toàn quốc, các giáo viên có nhiều kinh nghiệm thực hiện biên soạn giáo trình Vật liệu điện phục vụ cho công tác dạy nghề

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Trường Cao nghề Bách nghệ Hải Phòng, trường Cao đẳng nghề giao thông vận tải Trung ương II, trường Cao đẳng nghề số 3 Bộ quốc phòng, trường Cao đẳng nghề cơ điện Hà Nội đã góp nhiều công sức để nội dung giáo trình được hoàn thành

Giáo trình này được thiết kế theo môn học thuộc hệ thống mô đun/ môn học của chương trình đào tạo nghề Điện công nghiệp ở cấp trình độ Trung cấp nghề và được dùng làm giáo trình cho học viên trong các khóa đào tạo

Môn học này được thiết kế gồm 3 chương

Chương 1.Vật liệu cách điện

Chương 2.Vật liệu dẫn điện

Chương 3.Vật liệu dẫn từ

Mặc dù đã hết sức cố gắng, song sai sót là khó tránh. Tác giả rất mong nhận được các ý kiến phê bình, nhận xét của bạn đọc để giáo trình được hoàn thiện hơn

Hà Nội, ngày tháng năm 2013

Tham gia biên soạn

1. Lê Thị Minh Trang : Chủ biên
2. Nguyễn Thị Hiền
3. Phạm Văn Thoảng

## MỤC LỤC

	TRANG
1. Lời giới thiệu	3
2. Mục lục	4
3. Giới thiệu về môn học.	8
4. <b>Bài mở đầu: Khái niệm về vật liệu điện</b>	9
5. 1. Khái niệm, cấu tạo vật liệu điện	9
6. 1.1. Khái niệm	10
7. 1.2. Cấu tạo, tính chất của vật liệu điện	10
8. 2. Phân loại vật liệu điện	11
9. 2.1. Phân loại theo khả năng dẫn điện	11
10. 2.2. Phân loại theo khả năng dẫn từ	12
11. 2.3. Phân loại theo trạng thái vật thể	12
12. <b>Chương 1: Vật liệu cách điện</b>	14
13. 1. Khái niệm và phân loại vật liệu cách điện	14
14. 1.1. Khái niệm.	14
15. 1.2. Phân loại vật liệu cách điện.	15
16. 2. Tính chất chung của vật liệu cách điện.	16
17. 2.1. Tính hút ẩm của vật liệu cách điện.	17
18. 2.2. Tính chất cơ học của vật liệu cách điện.	17
19. 2.3. Tính chất hóa học của vật liệu cách điện.	18
20. 2.4. Hiện tượng đánh thủng điện môi và độ bền cách điện.	19
21. 2.5. Độ bền nhiệt.	20
22. 2.6. Tính chọn vật liệu cách điện.	22
23. 2.7. Hư hỏng thường gặp.	22
24. 3. Một số vật liệu cách điện thông dụng.	23
25. 3.1. Vật liệu sợi.	23
26. 3.2. Giấy và các tông.	24
27. 3.3. Phíp.	24
28. 3.4. Amiăng, xi măng amiăng.	25
29. 3.5. Vải sơn và băng cách điện.	25
30. 3.6. Chất dẻo	26
31. 3.7. Nhựa cách điện.	27
32. 3.8. Dầu cách điện	31
33. 3.9. Sơn và các hợp chất cách điện:	33
34. 3.10. Chất đàn hồi.	35
35. 3.11. Điện môi vô cơ.	37
36. 3.12. Vật liệu cách điện bằng gốm sứ.	39

37.	3.13.Mica và các vật liệu trên cơ sở mica.	40
38.	<b>Chương 2. Vật liệu dẫn điện</b>	43
39.	1.Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện.	43
40.	1.1.Khái niệm về vật liệu dẫn điện.	44
41.	1.2.Tính chất của vật liệu dẫn điện.	45
42.	1.3.Các tác nhân môi trường ảnh hưởng đến tính dẫn điện của vật liệu.	48
43.	1.4.Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động.	48
44.	2.Tính chất chung của kim loại và hợp kim.	49
45.	2.1.Tầm quan trọng của kim loại và hợp kim.	49
46.	2.2.Các tính chất.	50
47.	2.3.Những hư hỏng thường gặp và cách chọn vật liệu dẫn điện.	52
48.	2.3.1.Những hư hỏng thường gặp.	52
49.	2.3.2.Cách chọn vật liệu dẫn điện.	55
50.	4.Một số vật liệu dẫn điện thông dụng.	55
51.	4.1.Đồng và hợp kim đồng.	55
52.	4.2.Nhôm và hợp kim nhôm.	59
53.	4.3.Chì và hợp kim chì.	62
54.	4.4.Sắt (Thép)	64
55.	4.5.Wonfram.	66
56.	4.6.Kim loại dùng làm tiếp điểm và cổ góp.	67
57.	4.7.Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt.	71
58.	4.8.Lưỡng kim.	72
59.	<b>Chương 3: Vật liệu dẫn từ</b>	74
60.	1.Khái niệm và tính chất vật liệu dẫn từ.	74
61.	1.1.Khái niệm.	75
62.	1.2.Tính chất vật liệu dẫn từ.	75
63.	1.3.Các đặc tính của vật liệu dẫn từ.	76
64.	1.4.Đường cong từ hóa.	77
65.	2.Mạch từ và tính toán mạch từ.	78
66.	2.1.Các công thức cơ bản.	79
67.	2.2.Sơ đồ thay thế của mạch từ.	83
68.	2.3.Mạch từ xoay chiều.	84
69.	2.4.Những hư hỏng thường gặp.	84
70.	3.Một số vật liệu dẫn từ thông dụng.	91
71.	3.1.Vật liệu sắt từ mềm.	91
72.	3.2.Vật liệu sắt từ cứng.	95
73.	3.3.Các vật liệu sắt từ có công dụng đặc biệt.	97

**MÔN HỌC: VẬT LIỆU ĐIỆN****Mã số môn học: MH 11****Vị trí, ý nghĩa, vai trò môn học:**

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

- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở.

- Ý nghĩa và vai trò: Cùng với sự phát triển của điện năng, Vật liệu điện ngày càng phát triển đa dạng và phong phú, đã có tác dụng tích cực trong việc nâng cao năng suất, an toàn cũng như hiệu quả sử dụng điện năng .

Môn học Vật liệu điện nhằm trang bị cho học viên những kiến thức cơ bản về : Vật liệu cách điện, vật liệu dẫn điện, vật liệu dẫn từ

**Mục tiêu:**

- Nhận dạng được các loại vật liệu điện thông dụng.
- Phân loại được các loại vật liệu điện thông dụng.
- Trình bày được đặc tính của các loại vật liệu điện.
- Xác định được các dạng và nguyên nhân gây hư hỏng ở vật liệu điện.
- Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, chủ động trong công việc.

**Nội dung của môn học**

TT	Tên chương, mục	Thời gian(giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành Bài tập	Kiểm tra* (LT hoặc TH)
I.	Bài mở đầu	3	2	1	
	1. Khái niệm về vật liệu điện		1		
	2. Phân loại vật liệu điện.		1	1	
II.	Chương 1. Vật liệu cách điện	9	4	4	1
	1. Khái niệm và phân loại vật liệu cách điện.		1		
	2 Tính chất chung của vật liệu cách điện.		1	2	
	3. Một số vật liệu cách điện thông dụng.		2	2	
III.	Chương 2. Vật liệu dẫn điện	10	5	4	1
	1. Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện.		2	1	
	2. Tính chất chung của kim loại và hợp kim.		1	1	

	3.Những hư hỏng thường và cách chọn vật liệu dẫn điện.		1	1	
	4.Một số vật liệu dẫn điện thông dụng.		1	1	
IV.	Chương 3.Vật liệu dẫn từ	8	4	4	
	1.Khái niệm và tính chất vật liệu dẫn từ.		1	1	
	2.Mạch từ, tính toán mạch từ.		2	2	
	3.Một số vật liệu dẫn từ thông dụng.		1	1	
	Cộng:	30	15	13	2

## **BÀI MỞ ĐẦU: 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 học viên những kiến thức cơ bản trên nhằm giúp cho học viên có những kiến thức cơ bản để học tập những bài học sau có hiệu quả hơn.

### **Mục tiêu:**

- Nêu bật 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.

### **1.Khái niệm, cấu tạo vật liệu điện**

#### *Mục tiêu:*

Trình bày được khái niệm, cấu tạo 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 Bor, nguyên tử được cấu tạo bởi hạt nhân mang điện tích dương và các điện tử (electron  $e$ ) mang điện tích âm, chuyển động xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo nhất định. Hạt nhân nguyên tử được tạo nên từ các hạt proton và neutron. Neutron là các hạt không mang điện tích còn proton có điện tích dương với số lượng bằng  $Zq$ .

Ở trạng thái bình thường, nguyên tử được trung hòa về điện. 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:

*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.

*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 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.

*Liên kết Vandec – Vanx:*

Liên kết này là dạng liên kết yếu, cấu trúc mạng tinh thể phân tử không vững chắc. Do vậy những liên kết phân tử là liên kết Vandec - Vanx có nhiệt độ nóng chảy và có độ bền cơ thấp.

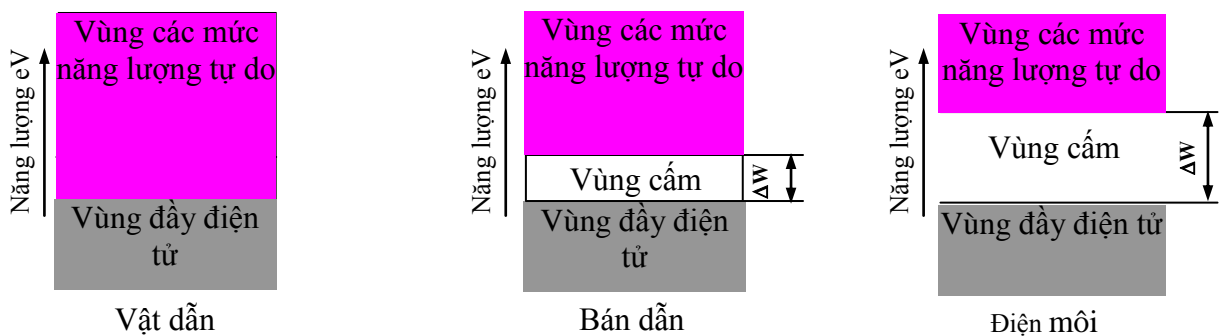


*Khuyết tật trong cấu tạo vật rắn:*

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.

*Lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn:*

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.



Hình 1.1: Sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở nhiệt độ  $0^0\text{K}$

## 2. Phân loại vật liệu điện

*Mục tiêu:*

- Phân loại được vật liệu điện theo khả năng dẫn điện, từ tính, trạng thái vật thể

### 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.

**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 ( $\Delta W < 0,2\text{eV}$ ).

**Vật liệu bán dẫn**

Vật liệu bán dẫn là chất có vùng cấm hẹp hơn so với vật liệu cách điện, vùng này có thể thay đổi nhờ tác động năng lượng từ bên ngoài. Chiều rộng vùng cấm chất bán dẫn bé ( $\Delta W = 0,2 \div 1,5\text{eV}$ ).

Điện môi (vật liệu cách điện)

Điện môi là chất có vùng cấm lớn đến mức ở điều kiện bình thường sự dẫn điện bằng điện tử không xảy ra. Các điện tử hóa trị tuy được cung cấp thêm năng lượng của chuyển động nhiệt vẫn không thể di chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn. Chiều rộng vùng cấm của vật liệu cách điện ( $\Delta W = 1,5 \div 2\text{eV}$ ).

## 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.

Vật liệu nghịch từ là những vật liệu có độ từ thẩm  $\mu < 1$  và không phụ thuộc vào từ trường bên ngoài.

Vật liệu thuận từ là những vật liệu có độ từ thẩm  $\mu > 1$  và không phụ thuộc vào từ trường bên ngoài.

*Vật liệu thuận từ và nghịch từ có độ từ thẩm  $\mu$  xấp xỉ bằng 1.*

Vật liệu dẫn từ là những vật liệu có độ từ thẩm  $\mu > 1$  và phụ thuộc vào từ trường bên ngoài.

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

Theo trạng thái vật thể có vật liệu ở thể rắn, thể lỏng và vật liệu ở thể khí.

*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.

## CÂU HỎI

1. Trình bày cấu tạo nguyên tử, phân tử của vật liệu điện?
2. Trình bày các mối liên kết trong vật liệu điện? 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 điện theo lý thuyết phân vùng năng lượng?.

5.Vật liệu điện được phân loại như thế nào? trình bày các cách phân loại đó?

## **CHƯƠNG 1: VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN**

### **Mã chương: 11-01**

#### **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:**

- Nhận dạng, phân loại được chính xác các loại vật liệu cách điện dùng trong công nghiệp và dân dụng.
- Trình bày được các đặc tính cơ bản của một số loại vật liệu cách điện thường dùng.
- Sử dụng phù hợp các loại vật liệu cách điện theo từng yêu cầu kỹ thuật cụ thể.
- Xác định được các nguyên nhân gây ra hư hỏng và có phương án thay thế khả thi các loại vật liệu cách điện thường dùng.
- Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, chủ động trong công việc.

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

#### *Mục tiêu:*

- Nhận dạng được các loại vật liệu cách điện đúng yêu cầu kỹ thuật .
- Phân loại được các loại vật liệu cách điện đạt chính xác 90%

#### **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.

## 1.2. Phân loại vật liệu cách điện

### *Phân loại theo trạng thái vật l*

Vật liệu cách điện (điện môi) có thể ở thể khí, thể lỏng và thể rắn. 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.

### *Phân loại theo thành phần hóa học*

Theo thành phần hoá học, người ta chia vật liệu cách điện thành: vật liệu cách điện hữu cơ và vật liệu cách điện vô cơ.

Vật liệu cách điện hữu cơ: chia làm hai nhóm: nhóm có nguồn gốc trong thiên nhiên và nhóm nhân tạo.

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...

### *Phân loại theo tính chịu nhiệt*

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).

***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 tong 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, êmây gốc sơn nhựa dầu.
E	120	Nhựa trắng polivinylphocman, poliamit, eboxi. Giấy ép

		hoặc vải có tấm nha phenolfocmandehit (gọi chung là bakelit giấy). Nhựa melaminfocmandehit có chất độn xenlulo, tectôlit. Vải có tấm poliamit. Nhựa poliamit, nhựa phenol - phurol có độn xenlulo, nhựa êboxi.
B	130	Nhựa polieste, amiăng, mica, thủy tinh có chất độn. Sơn cách điện có dầu làm khô, dùng ở cá bộ phận không tiếp xúc với không khí. Sơn cách điện alkit, sơn cách điện từ nhựa phenol. Các loại sản phẩm mica (micanit, mica màng mỏng). Nhựa phenol-phurol có chất độn khoáng. Nhựa eboxi, sợi thủy tinh, nhựa melamin focmandehit, amiăng, mica, hoặc thủy tinh có chất độn.
F	155	Sợi amiăng, sợi thủy tinh không có chất kết dính. Bao gồm micanit, êpoxi poliête chịu nhiệt, silíc hữu cơ.
H	180	Xilicon, sợi thủy tinh, mica có chất kết dính, nhựa silíc hữu cơ có độ bền nhiệt đặc biệt cao.
C	Trên 180	Gồm các vật liệu cách điện vô cơ thuần túy, hoàn toàn không có thành phần kết dính hay tấm. Chất vật liệu cách điện oxit nhôm và florua nhôm. Micanit không có chất kết dính, thủy tinh, sứ. Politetraflotilen, polimonoclorotrifloetilen, ximăng amiăng v.v..

## 2. Tính chất chung, nguyên nhân gây hư hỏng của vật liệu cách điện

### Mục tiêu:

- Trình bày được các tính chất chung và nguyên nhân gây hư hỏng, cách phòng ngừa 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. Vì vậy cần tìm hiểu những tính chất chung của các loại vật liệu cách điện để tạo ra nhưng thiết bị chất lượng cao đảm bảo làm việc lâu dài và đem lại hiệu quả kinh tế cao.

### 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 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 di 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. 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.

### *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  $\text{kG/cm}^2$  hoặc trong hệ SI bằng  $\text{N/m}^2$ , ( $1 \text{ N/m}^2 \approx 10^{-5} \text{ kG/cm}^2$ ). Các vật liệu kết cấu không đẳng hướng (vật liệu có nhiều lớp, sợi v.v...) có độ bền cơ học phụ thuộc vào phương tác dụng của tải trọng theo các hướng không gian khác nhau thì có độ bền khác nhau. 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  $\sigma_n = 20.000 \text{ kG/cm}^2$ , còn khi kéo đứt thì chưa đến  $500 \text{ kG/cm}^2$ , 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.

### *Tính giòn.*

Nhiều vật liệu giòn tức là trong khi có độ bền tương đối cao đối với phụ tải tĩnh thì lại dễ bị phá hủy bởi lực tác động bất ngờ đặt vào. Để đánh giá khả năng của vật liệu chống lại tác động của phụ tải động người ta xác định ứng suất dai va đập.

Polietylen có ứng suất dai va đập rất cao  $\sigma_{vd} > 100 \text{ kG.cm/cm}^2$ , còn với vật liệu gốm và mica chỉ khoảng  $(2 \div 5) \text{ kG.cm/cm}^2$ . Việc kiểm tra độ giòn và độ dai va đập rất quan trọng đối với vật liệu cách điện trong trang bị điện của máy bay.

### *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:

Theo thang khoáng vật hay là thang thập phân quy ước của độ cứng. Nếu ta quy ước hoạt thạch là một đơn vị thì thạch cao có độ cứng là 1,4; apatit là 4,4, thạch anh là 1500; hoàng ngọc (topa) là 5500; kim cương là 5.000.000.

*Độ nhớt:*

Đối với vật liệu cách điện thể lỏng hoặc nửa lỏng như dầu, sơn, hỗn hợp tráng, tẩm, dầu biến áp v.v... thì độ nhớt là một đặc tính cơ học quan trọng. Có ba khái niệm độ nhớt của chất lỏng như sau:

Độ nhớt động lực học ( $\eta$ ) hay còn gọi là hệ số ma sát bên trong của chất lỏng

Độ nhớt động học ( $\nu$ ) bằng tỉ số độ nhớt động lực học của chất lỏng và mật độ của nó:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (1.1)$$

Trong đó:

+  $\rho$  là mật độ của chất lỏng

+  $\eta$  là độ nhớt động lực học của chất lỏng.

Độ nhớt tương đối theo Angle: đây là độ nhớt đo bằng tỉ số giữa thời gian chảy từ nhớt kế Angle của 200ml chất lỏng (ở nhiệt độ thí nghiệm cho trước)

### 2.3. 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.

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

##### *Hiện tượng đánh thủng điện môi.*

Trong điều kiện bình thường, vật liệu cách điện có điện trở rất lớn nên nó làm cách ly các phần mang điện với nhau. Nhưng nếu các vật liệu này đặt vào môi trường có điện áp cao thì các 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 ( $U_{dt}$ ) được tính :

$$U_{dt} = E_{bd} \cdot d \quad (1.2)$$

Trong đó:

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

##### *Độ bền cách điện*

Giới hạn điện áp cho phép mà vật liệu cách điện còn làm việc được, được gọi là độ bền cách điện của vật liệu.

Độ bền cách điện của vật liệu phụ thuộc vào bản chất của vật liệu. Giá trị độ bền cách điện của một số vật liệu được cho trong bảng sau: (bảng 1.2)

**Bảng 1.2. 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
Thủy tinh	10 ÷ 15	6 ÷ 10
Mica	50 ÷ 100	5,4
Dầu máy biến áp	5 ÷ 18	2 ÷ 2,5

Sứ	15 ÷ 20	5,5
Cáctông	8 ÷ 12	3 ÷ 3,5

Như vậy để vật liệu làm việc an toàn mà không bị đánh thủng thì điện áp đặt vào vật phải bé hơn  $U_{dt}$  một số lần tùy vào các vật liệu khác nhau.

Tỉ số giữa điện áp đánh thủng và điện áp cho phép vật liệu còn làm việc gọi là hệ số an toàn ( $\varepsilon$ ).

$$\varepsilon = \frac{U_{dt}}{U_{cp}} \quad (2.3)$$

Với:

- $U_{dt}$ : điện áp đánh thủng (kV).
- $U_{cp}$ : điện áp cho phép vật liệu làm việc [kV]
- $\varepsilon$ : giới hạn an toàn, phụ thuộc vào bản chất vật liệu.

#### *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: tgđ tăng rõ rệt hay điện trở suất giảm.

Đại lượng độ bền nhiệt được đánh giá bằng trị số nhiệt độ (đo bằng  $^{\circ}\text{C}$ ) xuất hiện sự biến đổi tính chất.

Độ bền nhiệt của vật liệu cách điện hữu cơ thường được xác định theo điểm bắt đầu biến dạng cơ học kéo hoặc uốn. Đối với các điện môi khác có thể xác định độ bền nhiệt theo các đặc tính điện.

Nâng cao nhiệt độ làm việc của cách điện có ý nghĩa rất quan trọng. Trong các nhà máy điện và thiết bị điện việc nâng cao nhiệt độ cho phép ta sẽ nhận được công suất cao hơn khi kích thước không đổi, hoặc giữ nguyên công suất thì có thể giảm kích thước, trọng lượng và giá thành của thiết bị ... Theo quy định của IEC (hội kỹ thuật điện quốc tế) các vật liệu cách điện được phân theo các cấp chịu nhiệt sau đây: (Bảng 1.3)

**Bảng 1.3. Phân cấp vật liệu cách điện theo độ bền nhiệt**

Ký hiệu cấp chịu nhiệt	Nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép (°C)	Ký hiệu cấp chịu nhiệt	Nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép (°C)
Y	90	P	155
A	105	H	180
E	120	C	>180
B	130		

\* Các vật liệu cách điện tương ứng với các cấp chịu nhiệt được cho trong bảng  
+ Sự giãn nở nhiệt:

Sự giãn nở nhiệt của vật liệu cách điện cũng như các vật liệu khác cũng thường được quan tâm khi sử dụng vật liệu cách điện.

**Bảng 1.4. Hệ số giãn nở dài theo nhiệt độ**

Tên vật liệu	$\alpha_l \cdot 10^6$ (độ <sup>-1</sup> )	Ghi chú
- Thủy tinh	0,55	Chất vô cơ
- Sứ cao tần	4,5	
- Steatit	7	
- Phenolformaldehyt và các chất dẻo có độn khác.	25 ÷ 70	Chất hữu cơ
- Tấm chất dẻo clorua polivinyl	70	
- Polistirol	60 ÷ 80	
- Polietilen	100	

Các điện môi vô cơ có hệ số giãn nở dài theo nhiệt độ bé nên các chi tiết chế tạo từ vật liệu vô cơ có kích thước ổn định khi nhiệt độ thay đổi. Ngược lại, ở các vật liệu cách điện hữu cơ hệ số giãn nở dài có trị số lớn gấp hàng trăm lần so với vật liệu cách điện vô cơ. Khi sử dụng trong điều kiện nhiệt độ thay đổi cần chú ý đến tính chất này của vật liệu để tránh trường hợp xấu xảy ra.

#### 2.5. Tính chọn vật liệu cách điện

Khi cần chọn lựa vật liệu cách điện, người ta căn cứ vào các tiêu chuẩn sau đây:

+ *Độ cách điện:*

Tùy vào điện áp làm việc của thiết bị, người ta chọn loại vật liệu có bề dày thích hợp, sao cho vật liệu làm việc an toàn mà không bị đánh thủng. Ta áp dụng công thức (2.2) và (2.3) để tính toán.

+ *Độ bền cơ:*

Tùy vào điều kiện làm việc của thiết bị mà ta chọn vật liệu cách điện có độ bền cơ thích hợp.

+ *Độ bền nhiệt:*

Căn cứ vào sự phát nóng khi thiết bị làm việc, người ta sẽ chọn các loại vật liệu cách điện có nhiệt độ cho phép phù hợp.

Ví dụ: Các vật liệu cách điện các dụng cụ đốt nóng (bàn ủi (bàn là), nồi cơm điện) thường dùng vật liệu từ cấp B trở lên.

## 2.6. 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...

## 3. Một số vật liệu cách điện thông dụng.

*Mục tiêu:*

Nêu được các thông số kỹ thuật, tính chất, công dụng của các vật liệu cách điện thông dụng

### 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.

### 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:

### 3.3. Giấy cáp:

Được dùng làm cách điện của cáp điện lực, có các ký hiệu sau:

K - 080; K - 120; K - 170; KM - 120; KB - 030; KB - 045; KB - 080; KB - 120; KBY - 015....KBY- 120; KBM - 080... KBM - 240.

Trong ký hiệu: K thuộc về cáp;

M: nhiều lớp.

B: điện áp cao.

Y: được ép chặt.

Còn các con số là định mức chiều dày

Vì chất cách điện của cáp có tẩm chất nhớt bị hóa già nên loại cáp này chỉ làm việc lâu dài trong điện trường có cường độ thấp (3 ÷ 4) kV/mm.

### 3.4. Giấy cáp điện thoại.

Giấy tụ điện: loại giấy này khi đã được tẩm làm điện môi cho tụ điện giấy, có hai loại giấy làm tụ điện: KOH là loại giấy làm tụ điện thông thường và silicon là loại giấy làm tụ động lực. Giấy làm tụ điện thường được sản xuất

thành từng cuộn có chiều rộng từ 12 đến 750mm. Những đặc tính giấy làm tụ điện có chiều dày 15 $\mu$ m được cho trong bảng sau: (bảng 1.5).

**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

Cáctông cách điện: có hai loại cáctông 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.

### 3.5. Phíp

Là một loại giấy được ngâm trong dung dịch clorua kẽm (ZnCl<sub>2</sub>) nóng rồi đem quấn vào một tang quay bằng thép để có được chiều dày cần thiết, rồi được đem ép và trải qua quá trình gia công thành một vật liệu mịn thuần nhất gọi là phíp, phíp được dùng chủ yếu để chế tạo các chi tiết cách điện có hình dạng phức tạp.

Màu của phíp có thể là đen, nâu, đỏ v.v... đó là màu của giấy dùng để sản xuất ra phíp. Tính chất cơ của phíp khá tốt:  $\sigma_{kéo} = (550 \div 0750) \text{ kG/cm}^2$ ,  $\sigma_{nén} = (1500 \div 2000) \text{ kG/cm}^2$ ,  $\sigma_{uốn} = (800 \div 1000) \text{ kG/cm}^2$  ứng suất dai va đập vào khoảng  $(20 \div 30) \text{ kGcm/cm}^2$ . Phíp dễ gia công, cưa, cắt, bào, tiện, ren, vít được. Ngâm phíp vào nước nóng nó sẽ mềm đến mức có thể định hình được. Tỷ trọng

của phíp là  $(1 \div 1,5) \text{ G/cm}^2$ , tỉ trọng của phíp càng cao thì đặc tính cơ và tính cách điện càng cao. Nhược điểm của phíp là độ háo nước cao ( $50 \div 60\%$ ). Khi độ ẩm môi trường xung quanh cao thì các chi tiết làm bằng phíp dễ bị biến dạng và khi đó sẽ tạo ra điện dẫn điện phân lớn. Để giảm độ háo nước của phíp có thể tẩm phíp bằng dầu biến áp hoặc prafin v.v...

### 3.6. Amiăng, xi măng amiăng.

+ *Amiăng.*

Là tên thường gọi của nhóm khoáng vật, có cấu trúc xơ, amiăng có ưu điểm chịu được nhiệt độ cao, ở nhiệt độ mà các xơ hữu cơ khác hoàn toàn bị phá hủy thì amiăng vẫn còn bền và uốn được. Khi nhiệt độ từ  $(300 \div 400)^{\circ}\text{C}$  thì amiăng mất đi độ bền cơ.

Amiăng rất thấm nước nên khi sử dụng phải tẩm. Loại amiăng thông thường (crizotin) có thể hòa tan trong axit ngoại trừ một vài loại đặc biệt rất hiếm lại có tính chịu được axit. Tính cách điện của amiăng không cao lắm nên không được dùng cách điện trong điện cao thế và cao tần. Điện trở suất của khối amiăng là  $10^{10} \div 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ .

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

+ *Ximăng amiăng.*

Ximăng amiăng được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện, là một chất dẻo được ép nguội. Thành phần chủ yếu là các chất vô cơ, trong đó chất độn là amiăng, còn chất kết dính là ximăng. Ximăng amiăng được sản xuất ra thành tấm, ống và các sản phẩm theo hình mẫu. Có độ bền cơ không cao lắm và chịu nhiệt tốt, chịu được sự phóng điện của hồ quang nhưng tính cách điện thấp và hút ẩm. Thường được dùng làm bảng phân phối, tấm chắn ngăn các buồng dập hồ quang.

### 3.7. Vải sơn và băng cách điện

*Băng cách điện.*

Các loại vải lụa, amiăng mạ tráng thủy tinh thường được dùng để bảo vệ các cuộn dây máy điện. Băng amiăng được làm từ các sợi amiăng đàn hồi có chứa oxít sắt dùng làm băng bảo vệ cho các cuộn dây của máy điện, điện áp từ 6

kV trở lên. Các loại này trước khi sử dụng phải tẩm sơn, sau khi tẩm độ chịu nhiệt sẽ giảm, băng thủy tinh có độ chịu nhiệt, chịu ẩm tốt hơn loại trên.

*Vải sơn cách điện.*

Là loại vải bông, lụa, thủy tinh có tẩm sơn, có độ đàn hồi và độ mềm được dùng làm cách điện rãnh của các máy điện có điện áp thấp. Trong các máy điện có điện áp cao vải sơn được dùng làm cách điện ở các đầu dây quấn, cách điện giữa các cuộn dây, ngoài ra vải sơn còn được dùng cách điện cho các bộ phận bị uốn cong nhiều. Độ bền điện của loại băng sợi bông có trị số khoảng  $(35 \div 50)$  kV/mm, loại bằng tơ  $(55 \div 90)$  kV/mm. Vải sơn cách điện thường được sản xuất ở dạng cuộn rộng  $(700 \div 1000)$  mm, chiều dày của vải cách điện là  $(0,15 \div 0,24)$  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.

### 3.8. Chất dẻo

Chất dẻo là loại vật liệu được dùng rộng rãi trong kỹ thuật cũng như trong đời sống. Đặc điểm của chất dẻo là dưới tác dụng của sức ép từ bên ngoài sẽ nhận được hình dáng đã định trước của khuôn ép để chế tạo ra các sản phẩm. Trong kỹ thuật điện người ta thường dùng chất dẻo để làm vật liệu cách điện cũng như dùng làm các kết cấu thuần túy.

*a. Hêtinắc:*

Được sản xuất ra bằng cách ép nóng giấy đã được tẩm nhựa bakêlít. Hêtinắc có khối lượng riêng từ 1,25 đến 1,4 G/cm<sup>3</sup>. Độ bền điện cao khoảng  $(20 \div 25)$  kV/mm,  $\epsilon = 5 \div 6$  Hêtinắc được sử dụng trong việc chế tạo các thiết bị và dụng cụ điện cao áp và hạ áp. Ngoài ra, Hêtinắc cũng được sử dụng trong kỹ thuật thông tin.

*b. Téctôlít:*

Được sản xuất ra bằng cách ép nóng vải đã được tẩm nhựa bakêlít, nó cũng tương tự Hêtinắc nhưng có giới hạn bền kéo dọc và ứng suất dai 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. Những đặc tính của Hêtinăc, Têctôlít, Têctôlít thủy tinh được cho trong bảng sau: (Bảng 1.6)

**Bảng 1.6 Đặc tính của Hêtinăc ,têctôlít**

Các đặc tính	Hêtinăc		Têctôlít	Têctôlít
	A	B	B	-
Giới hạn bền kéo theo chiều dọc, kG/cm <sup>2</sup> , không nhỏ hơn.	800	1000	650	900
Giới hạn bền uốn theo chiều thẳng góc với lớp cách điện, kG/cm <sup>2</sup> , không nhỏ hơn.	1000	1300	1200	1100
Ứng suất dai va đập theo chiều thẳng góc với lớp cách điện, kG/cm <sup>2</sup> , không dưới.	13	20	25	50
Độ bền nhiệt °C không thấp hơn	150	150	125	185
Điện trở suất khối $\rho_v$ ( $\Omega.cm$ ) không dưới	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^9$	$10^{10}$

+ *Cáp rôn*: vật liệu có tính chịu hồ quang cao được dùng chế tạo làm khung cuộn dây, màng và sợi cách điện.

+ *Cáp san*: vật liệu trong suốt theo dạng màng cách điện thường dùng để cách điện rãnh máy điện hạ áp và trong tụ điện.

+ *Polyfocmandêhit*: vật liệu rắn, cứng có tính chống mài mòn chống ma sát cao. Các chi tiết được chế tạo bằng chất này được thực hiện bằng cách đúc áp lực.

### 3.9. Nhựa cách điện:

Nhựa là tên gọi của một nhóm các vật liệu có nguồn gốc và bản chất rất khác nhau nhưng có một số đặc điểm giống nhau về bản chất hóa học cũng như tính chất vật lý. ở nhiệt độ thấp nó là những chất vô định hình. Khi ở nhiệt độ cao nhựa mềm ra trở thành dẻo và sau đó hóa lỏng. Như vậy, nhiệt độ hóa lỏng của nhựa không thể hiện rõ rệt. Phần lớn các loại nhựa được sử dụng trong kỹ

thuật cách điện không hòa tan trong nước và ít hút ẩm, nhưng chúng lại hòa tan trong các dung môi hữu cơ thích hợp. Thông thường nhựa có tính kết dính và khi chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn nhựa sẽ gắn chặt vào vật rắn tiếp xúc với nó. Trong kỹ thuật cách điện nhựa được dùng làm thành phần quan trọng của các loại sơn, các hỗn hợp, các chất dẻo, các vật liệu xơ nhân tạo và xơ tổng hợp...Dựa theo nguồn gốc của các loại nhựa, người ta chia ra thành các loại nhựa tự nhiên, nhựa nhân tạo và nhựa tổng hợp.

Nhựa tự nhiên là những chất do một số động vật (cánh kiến) hoặc các loại cây có nhựa (nhựa thông) tiết ra.

Trong những năm gần đây nhựa nhân tạo và nhựa tổng hợp trở nên rất quan trọng đối với kỹ thuật cách điện. Dựa theo bản chất hóa học, nhựa tổng hợp được chia nhỏ thành nhựa trùng hợp và nhựa trùng ngưng (ngưng tụ). Đa số các loại nhựa tổng hợp là loại nhiệt dẻo, còn các loại trùng ngưng có thể là loại nhiệt cứng (ví dụ nhựa poliamít, nhựa nôvôlac...). Về mặt cách điện thì nhựa tổng hợp có ưu điểm hơn.

#### **Nhựa tổng hợp:**

##### *Pôliêtilen:*

Pôliêtilen có đặc tính cơ tốt, có độ trong suốt cao đối với các tia sáng nhìn thấy được và các tia cực tím, chịu được axit và kiềm. Pôliêtilen dùng để làm cách điện cho cáp điện tần số cao và cáp điện lực điện áp cao làm việc trong môi trường ẩm. Nhược điểm là khả năng chịu nhiệt không cao, ở nhiệt độ bình thường pôliêtilen không bị hòa tan với bất cứ dung môi nào.

##### *Pôliprôpilen:*

Pôliprôpilen là một chất trùng hợp mới có tỉ trọng  $(0,90 \div 0,91) \text{G/cm}^3$ , rất dẻo. Tính chất cách điện của nó tương đương với pôliêtilen, nhưng độ bền nhiệt cao hơn nhiều. Nhiệt độ hóa dẻo khoảng  $(165 \div 170)^\circ\text{C}$ .

##### *Nhựa PVC: (polivinylclorua).*

Là hợp chất cao phân tử, được trùng hợp từ vinylclorua  $[\text{C}_2\text{H}_3\text{CL}; (\text{CH}_2 = \text{CHCL})_n]$ , chịu được tác dụng của acid, kiềm, nước, dầu...Dùng làm vỏ bọc dây dẫn điện, cáp điện, đầu ra các thiết bị điện, vỏ bình accu...

##### *Pôliizôbutilen:*

Pôliizôbutilen là chất trùng hợp từ izôbutilen  $(\text{H}_2\text{C} = \text{C}(\text{CH}_3)_2)$ , cao phân tử. Pôliizôbutilen là một chất giống cao su và rất dính. Nó có tính chịu lạnh tốt

(ở nhiệt độ âm  $80^{\circ}\text{C}$ ) vẫn giữ được tính dẻo. Tỉ trọng của pôliizôbutilen là  $(0,91 \div 0,93)\text{G}/\text{cm}^3$ , có độ bền hóa học và độ hút ẩm nhỏ.

*Pôlistirol:*

Pôlistirol nhận được bằng cách trùng hợp stirol. Stirol là sản phẩm phụ khi chưng khô than đá. Stirol rất dễ trùng hợp ngay cả khi để nó ở nhiệt độ bình thường, trong bóng tối không cần chất xúc tác. Pôlistirol trong suốt, giống như thủy tinh dạng khối mang hình dạng của bình chứa nó hoặc là trong nhũ tương (pôlistirol nhũ tương). Pôlistirol có thể đem chế biến như chất dẻo hoặc cũng có thể gia công bằng cơ khí. Pôlistirol nhũ tương có tính chất cách điện và tính chịu nhiệt thấp hơn pôlistirol khối song không nhiều.

+ *Nhược điểm:*

Ở nhiệt độ thấp thì khá giòn, dễ tạo ra vết nứt trên bề mặt.

Kém bền đối với dung môi nhất là hydro cacbon lỏng.

Tính chịu nhiệt không cao ( $70 \div 80$ ) $^{\circ}\text{C}$ .

+ *Công dụng:*

Dùng làm điện môi trong kỹ thuật cao tần, vì có tổn hao điện môi bé. Nó dùng làm vỏ bọc các cuộn dây, các chi tiết và cách điện cáp cao tần, cũng được dùng làm sơn và hỗn hợp cách điện, màng mỏng để chế tạo tụ điện ...

*Pôliacrilat:*

Là chất trùng hợp các este của axit acrylic, là điện môi chịu lạnh, chịu dầu và chịu kiềm tốt. Người ta còn gọi nó là “thủy tinh hữu cơ” đó là vật liệu không màu, trong suốt được dùng làm vật liệu kỹ thuật cách điện kết cấu, vật liệu cho các tạp phẩm khác nhau... được dùng làm vật liệu dập hồ quang trong các cầu chì cao áp hay chống sét ống.

*Nhựa êpoxi:*

Nhựa êpoxi được đặc trưng bởi nhóm êpoxi. Nó là chất lỏng nhớt có thể hòa tan trong axêton và trong các dung môi thích hợp khác. Nhựa êpoxi có thể được bảo quản lâu dài ở dạng tinh khiết mà không bị biến chất. Nhưng sau khi cho chất đóng rắn vào thì nhựa êpoxi cứng lại khá nhanh, đồng thời chuyển thành cấu trúc không gian. Tùy vào loại chất đóng rắn mà sự hóa cứng của êpoxi có thể diễn ra ở nhiệt độ bình thường hay phải đun nóng từ  $(80 \div 150)^{\circ}\text{C}$  và áp suất bình thường hay áp suất cao. Khi đóng rắn ở áp suất cao, thu được chất cách điện có độ bền cơ cao hơn. Khi cứng lại độ co ngót của nhựa êpoxi khá nhỏ  $(0,5-2)\%$ , lực bám dính rất cao (bám vào nhiều loại vật liệu khác nhau như: chất

đeo, thủy tinh, sứ, kim loại..), đó chính là ưu điểm của nhựa êpoxi. Nhựa êpoxi khi đã đóng rắn có khả năng chịu nhiệt tốt, trong nhiều trường hợp nhựa êpoxi có thể thay thế cho nhựa silíc hữu cơ, là loại nhựa đắt tiền và có độ bền cơ học không cao. Trong thực tế người ta dùng riêng nhựa êpoxi hoặc hỗn hợp với các vật liệu khác để sản xuất keo dán, sơn, hợp chất để đổ rót vào máy biến áp nhỏ, hộp nối đầu cáp điện lực.

*Nhựa fênofoocmandêhyt:*

Người ta có thể chế tạo ra nhựa fênofoocmandêhyt loại nhiệt cứng và nhiệt dẻo. Cứ một phân tử gam fêno thì có ít nhất một phân tử gam foocmandêhyt tham gia vào phản ứng tạo thành nhựa nhiệt cứng và có tên gọi bakêlít.

Bakêlít là chất cách điện nhiệt cứng tốt. Vật liệu cách điện bằng bakêlít có độ bền cơ học cao, ít co giãn, nhưng nhược điểm là dễ tạo vết nứt trên bề mặt, nhất là khi bị tác động của hồ quang khi phóng điện. Người ta thường dùng bakêlít để tẩm gỗ và các vật liệu khác trong việc chế tạo các chất dẻo nhiều lớp.

*Nhựa silíc hữu cơ (silicon)*

Trong thành phần của nhựa silíc hữu cơ, ngoài cacbon là chất đặc trưng cho polime hữu cơ còn có silíc. Silíc là một trong những thành phần cấu tạo quan trọng nhất của nhiều điện môi vô cơ như mica, amiăng, một số thủy tinh, vật liệu gốm v.v... Trong cấu tạo phân tử của silicon có khung silíc ôxy làm nền tảng. Polime hữu cơ là chất nhiệt dẻo. Tính cách điện của các chất hữu cơ khá cao ngay cả khi ở nhiệt độ cao. Nó được sử dụng trong các hỗn hợp với các vật liệu vô cơ có độ bền chịu nhiệt cao (như mica, amiăng, sợi thủy tinh...) ở dạng micanít, vải sơn thủy tinh. Hỗn hợp silíc hữu cơ không thấm nước. Vật liệu silíc hữu cơ khá đắt tiền nên sử dụng bị hạn chế, vật liệu này có độ bền thấp.

*Nhựa Pôlieste:*

Pôlieste là sản phẩm của sự ngưng tụ các loại rượu và axit khác nhau. Nhựa pôlieste bao gồm nhiều loại và có tính chất khác nhau. Các loại nhựa thu được từ các loại rượu hai nguyên tử glicon có hai nhóm hydrôxít – OH trong phân tử và từ các axit hữu cơ hai gốc có hai nhóm các bôxít – COOH trong phân tử là những chất có tính nhiệt dẻo. Còn loại nhựa thu được từ rượu ba nguyên tử và loại axit có ít nhất hai gốc là những chất có tính nhiệt cứng. Trong công nghiệp điện thường dùng loại có ba nguyên tử glixerin có nhiệt độ đông cứng lớn hơn so với bakelít, có tính đàn hồi, độ dính, độ bền hóa già vì nhiệt và độ

bền chống sự tạo vết. Chúng được dùng để dán mica thành băng mica hay micanit, được dùng để tẩm cách điện trong máy điện và thiết bị điện.

### ***Nhựa thiên nhiên***

#### *Cánh kiến*

Loại nhựa này do một loại côn trùng tiết ra trên các cành cây ở các xứ nóng thuộc vùng nhiệt đới. Người ta thu gom cánh kiến theo kiểu thủ công, làm sạch rồi nấu chảy. Cánh kiến có màu vàng nhạt hoặc nâu, thành phần chủ yếu của cánh kiến là những axit hữu cơ phức tạp. Cánh kiến dễ hòa tan trong rượu cồn nhưng không hòa tan trong hydrôcacbon. Cánh kiến có đặc tính cách điện như sau:  $\epsilon = 3,5$ ,  $\rho_v = (10^{15} \div 10^{16}) \Omega \cdot \text{cm}$ ,  $\text{tg}\delta = 0,01$ ,  $E_{dt} = 20 \div 30 \text{kV/mm}$ . Ở  $(50 \div 60)^\circ\text{C}$  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 micanit. Khi không có cánh kiến người ta thay bằng nhựa gliptan và các loại nhựa tổng hợp khác.

#### *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:  $\rho = (10^{14} \div 10^{15}) \Omega \cdot \text{cm}$ ,  $E_{dt} = 10 \div 15 \text{kV/mm}$  và có hằng số điện môi  $\epsilon$  và  $\text{tg}\delta$  phụ thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ hóa dẻo của các loại nhựa thông khác nhau vào khoảng  $(50 \div 70)^\circ\text{C}$ . 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.

### 3.10. Dầu cách điện.

#### *a, Dầu thực vật*

Dầu thực vật rất quan trọng trong kỹ thuật cách điện, đó là những chất lỏng nhớt thu được từ hạt của các loại thực vật khác nhau. Trong số các loại dầu đó cần đặc biệt chú ý tới dầu khô. Dưới tác dụng của ánh sáng và khi tiếp xúc với oxy của không khí cũng như dưới tác dụng của các yếu tố khác dầu khô có khả năng chuyển qua trạng thái rắn. Những màng dầu khô đã cứng lại khá bền đối với tác dụng của dung môi, chúng không hòa tan ngay cả khi được đun nóng trong hydrôcacbon nặng như dầu máy biến áp, vì vậy, chúng có tính chất chịu

dầu. Nhưng đối với hydrôcacbon thơm (benzen) thì chúng kém bền hơn, khi đốt nóng lớp màng đã cứng lại vẫn không hóa dẻo. Vì vậy dầu khô là loại nhiệt cứng. Những loại thường được dùng nhất là dầu gai, dầu trẩu, dầu thầu dầu.

*Dầu gai:*

Là một chất lỏng, màu vàng thu được từ các hạt gai. Tỷ trọng của nó là  $(0,93 \div 0,94)G/cm^3$ , nhiệt độ đông đặc khoảng  $- 20^0C$ .

*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  $(0,95 \div 0,9)G/cm^3$ , nhiệt độ đông đặc từ  $(- 10$  đến  $- 18^0C)$ ,  $\epsilon = (4 \div 4,5)$  ở nhiệt độ  $20^0C$  và  $\epsilon = (3,5 \div 4)$  ở nhiệt độ  $90^0C$ ,  $tg\delta = (0,01 \div 0,03)$  ở nhiệt độ  $20^0C$ , và  $tg\delta = (0,02 \div 0,08)$  ở nhiệt độ  $100^0C$ , độ bền cách điện  $(15 \div 20)kV/mm$ . Dầu thầu dầu không hòa tan trong étxăng nhưng lại hòa tan trong rượu êtyl. Khác với dầu mỡ, dầu thầu dầu không làm cho cao su phồng lên.

*b, Dầu mỡ cách điện (dầu máy biến áp) :*

Trong số các vật liệu cách điện thể lỏng thì dầu biến áp được ứng dụng nhiều nhất vào kỹ thuật điện. Dầu máy biến áp có hai chức năng chính:

Lấp đầy các lỗ xốp trong vật liệu cách điện gốc sợi và khoảng trống giữa các dây dẫn của cuộn dây, giữa cuộn dây và vỏ máy biến áp làm nhiệm vụ cách điện và tăng độ bền cách điện của lớp cách điện lên rất nhiều.

Dầu máy biến áp có nhiệm vụ làm mát, tăng cường sự thoát nhiệt do tổn hao công suất trong dây quấn và lõi thép của máy biến áp sinh ra, đồng thời một ứng dụng quan trọng khác của dầu máy biến áp là sử dụng làm cách điện và dập tắt hồ quang điện giữa các đầu cực trong các máy cắt dầu, điện áp cao, dầu máy biến áp tạo điều kiện làm nguội dòng hồ quang và nhanh chóng dập tắt hồ quang. Người ta còn dùng dầu máy biến áp làm cách điện và làm mát trong một số kháng điện, biến trở và các thiết bị điện khác.

Dầu biến áp có những ưu nhược điểm sau:

+ *Ưu điểm:*

Có độ bền cách điện cao, trường hợp dầu chất lượng cao có thể đạt tới 160 kV/cm (trị số hiệu dụng).

Hằng số điện môi  $\varepsilon = 2,2 \div 2,3$ , tương đương một nửa chất cách điện thể rắn.

Sau khi bị đánh thủng, khả năng cách điện của dầu phục hồi trở lại mặc dầu sau nhiều lần bị đánh thủng một phần dầu bị cháy hoặc bị phân hủy về mặt hóa học.

Có thể thâm nhập vào các khe rãnh hẹp, vừa cách điện vừa có tác dụng làm mát trong rường hợp có dòng chảy mạnh.

Có thể sử dụng làm môi trường dập tắt hồ quang điện.

Điện trở suất lớn:  $(10^{14} \div 10^{15}) \Omega \cdot \text{cm}$ ,

Nhiệt độ làm việc ở chế độ dài hạn là  $(90 \div 95)^\circ\text{C}$  dầu không bị hóa già nhiều.

+ *Nhược điểm*

Các tính năng điện của dầu máy biến áp biến đổi lớn nếu dầu bị bẩn, và nhạy cảm với độ ẩm vì lớp dầu ở trên mặt có tính chất hút ẩm.

Ở nhiệt độ cao nhưng còn trong giới hạn cho phép dầu có những thay đổi về hóa học, sự thay đổi này có hại và tạo bọt trong dầu làm giảm độ nhớt và giảm tính cách điện của dầu.

Để cháy, khi cháy thì phát sinh khói đen, hơi dầu bốc lên hòa lẫn với không khí tạo thành hỗn hợp nổ.

Tốc độ hóa già tăng lên khi có không khí lọt vào, nhiệt độ làm việc tăng, khi có tác dụng của ánh sáng và khi có tác dụng của cường độ điện trường cao.

**Bảng 1.7. Tiêu chuẩn độ bền điện của dầu biến áp**

Đối với thiết bị có điện áp làm việc, kV	Điện áp phóng điện của dầu kV/2.5 mm, không nhỏ hơn	
	Đối với dầu mới	Đối với dầu đã vận hành
6 và thấp hơn.	25	20
35	30	25
110 và 220.	40	35
330 và cao hơn.	50	45

3.11. 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.

*a, 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.

Trong kỹ thuật điện người ta thường dùng các loại sơn sau:

*Sơn bakêlít:*

Là dung dịch hòa tan trong rượu, được dùng để tẩm hoặc dán và dùng rộng rãi trong việc sản xuất Hêtinắc, Tectôlít để chế tạo chất cách điện cao áp.

*Sơn gliptan:*

Là loại sơn nhiệt cứng có khả năng bám dính rất tốt dùng để dán micamít  
v v...



*Sơn silíc hữu cơ:*

Là loại sơn khi sử dụng tạo thành màng sơn chịu nhiệt và chịu ẩm cao.

*Sơn policlovinyl:* là loại sơn rất bền đối với etxăng, dầu và các chất có hoạt tính hóa học. Được dùng làm sơn phủ.

*Sơn polistirol:*

Tạo ra màng và có đặc tính cách điện cao và ít hút ẩm, được dùng trong sản xuất thiết bị tần số cao.

*Sơn cánh kiến:*

Được dùng làm sơn dán trong công nghệ sản xuất mica cũng như trong việc lắp ráp sữa chữa.

*Sơn xenlulô:*

Sơn xenlulô có công dụng rất lớn, màng sơn xenlulô bền về cơ học, rất bóng có sức chịu đựng cao đối với tác dụng của không khí, hơi ẩm, dầu. Trong kỹ thuật điện người ta dùng sơn nitơ để tẩm vỏ bọc dây dẫn bằng sợi bông dùng trên ô tô và máy bay.

*Sơn dầu:*

Nền của các loại sơn dầu là dầu khô mà chủ yếu là dầu gai và dầu trẩu. Ngoài ra sơn dầu còn chứa chất làm khô để đẩy mạnh quá trình sấy khô và dung môi dễ bay hơi, làm giảm độ nhớt của sơn.

*Sơn thuần bitum:*

Các loại sơn này không dùng vào mục đích cách điện vì màng sơn của nó có nhiều nhược điểm như: ít dẻo, kém chịu nhiệt và kém bền với dung môi. Người ta dùng sơn này để làm lớp sơn phủ chống ăn mòn.

*Sơn dầu bitum:*

Được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật cách điện, trong nền của loại sơn này, ngoài bitum còn chứa cả dầu khô, nhờ có dầu khô nên màng của loại sơn này dễ uốn hơn, ít chịu ảnh hưởng của dung môi và ít bị hóa dẻo khi đốt nóng.

*Sơn dầu nhựa:*

Đây là loại sơn dầu cho thêm vào nhựa thiên nhiên hoặc nhựa tổng hợp. Người ta sử dụng rộng rãi loại sơn này để tẩm dây quấn máy biến áp dầu, tẩm dây quấn khi phải chịu tác dụng của hơi axit và clo, dùng tẩm vật liệu cách điện có chứa nhựa phenol fomandehyt.

b, Các hợp chất cách điện.

Các hợp chất cách điện cũng được phân thành hai nhóm:

*Hợp chất tấm:* Có công dụng tương tự như sơn tấm.

*Hợp chất làm đầy:* (hợp chất rôt) dùng để lấp đầy các lỗ trống tương đối lớn nằm ở giữa các chi tiết khác nhau trong thiết bị điện, tạo ra một lớp phủ khá dày trên bề mặt chi tiết, các mối nối hoặc cụm chi tiết kỹ thuật điện (ví dụ rôt vào dây cáp). Trong các trường hợp khác nhau các hợp chất làm đầy bảo vệ chất cách điện chống ẩm và chống lại tác dụng của các chất có hoạt tính hóa học, tăng cường độ bền cách điện, điện áp phóng điện và cải thiện sự tỏa nhiệt, truyền nhiệt v v...

### 3.12. 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.

*Cao su thiên nhiên:*

Về thành phần hóa học, cao su thiên nhiên là hydro 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.

*Cao su lưu hóa:*

Sau khi lưu hóa tính chịu nhiệt, chịu lạnh của cao su tốt hơn, làm tăng độ bền cơ và độ bền với dung môi. tùy theo lượng lưu huỳnh cho thêm vào cao su mà thu được các sản phẩm khác nhau. Cao su được dùng rộng rãi trong công nghiệp điện để làm chất cách điện cho các dây dẫn trong thiết bị điện, chế tạo găng tay, ủng, thảm cách điện và ống cách điện. Khi dùng cao su làm vật liệu cách điện cần chú ý các nhược điểm sau của cao su: độ bền nhiệt, ít chịu được tác dụng của dầu mỡ, không chịu được các chất benzen, xăng... kém bền với ánh sáng nhất là tia tử ngoại.

Cao su cách điện thường có:

$$\rho_v = 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}; \quad \varepsilon = 3 \div 7; \quad \text{tg}\delta = 0,02 \div 0,10; \quad E_{dt} = 20 \div 30 \text{ kV/mm.}$$

*Cao su tổng hợp:*

Người ta dùng rượu cồn, dầu mỡ và khí thiên nhiên làm nguyên liệu để sản xuất cao su tổng hợp thay thế cho cao su thiên nhiên và ứng dụng trong công nghiệp sản xuất cáp điện, thiết bị điện.

*Cao su bu tan:*

Là loại cao su tổng hợp phổ biến nhất. Được dùng thay thế cho cao su thiên nhiên hoặc hợp chất của nó để sản xuất cao su dẻo cũng như sản xuất êbonít. Cao su bu tan dùng vào mục đích cách điện phải rửa sạch chất xúc tác còn dư lại (natri).

*Escapon:*

Là do cao su bu tan được trùng hợp bổ sung tạo nên, là chất có đặc tính cơ gần giống êbonít nhưng có độ bền nhiệt cao hơn và ít chịu được sự tác dụng của axit và các dung môi hữu cơ.

Escapon có đặc tính cách điện cao:

$$\rho_v = 10^{17} \Omega \cdot \text{cm}, \quad \varepsilon = 2,7 \div 3, \quad \text{tg}\delta = 5,10^{-4}, \quad E_{dt} = 20 \div 30 \text{ kV/mm}.$$

*Cao su cloropren:*

Có đặc tính cách điện thấp, nhưng lại rất bền với tác dụng của dầu, etxăng, ôzôn và các chất ôxy hóa khác. Được dùng làm vỏ bảo vệ cho các sản phẩm cáp, làm đệm cách điện.

*Cao su butadien:*

Có đặc tính cách điện gần giống cao su tự nhiên. Nó có tính chịu dầu và chịu etxăng.

*Cao su butyl:*

Có độ bền nhiệt khá cao, độ thấm khí nhỏ có đặc tính chịu lạnh tốt nhưng lại không chịu được dầu mỡ.

*Cao su silíc hữu cơ (ký hiệu CKT):*

Có độ bền nhiệt cao (khoảng 250°C) và chịu lạnh tốt, có đặc tính cách điện tốt nhưng độ bền cơ thấp, kém bền với tác dụng của dung môi và đất kiềm.

### 3.13. Điện môi vô cơ

Là loại vật liệu quan trọng trong kỹ thuật điện và vô tuyến điện. Đa số những điện môi vô cơ có những đặc tính tốt như: tính chịu nhiệt cao, không hút ẩm, độ bền cơ cao và ổn định, chịu được tác dụng của bức xạ năng lượng và là vật liệu rẻ tiền. Điện môi vô cơ có thể chia thành các nhóm sau:

*Thủy tinh:*

Là những chất vô cơ không định hình và là hệ phức tạp của nhiều ôxít khác nhau. Trong thành phần thủy tinh ngoài những ôxít tạo thành thủy tinh ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ) còn có các ôxít khác như:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v.v...  
+ *Những đặc tính của thủy tinh:*

Các đặc tính của thủy tinh biến đổi trong phạm vi rộng, chúng phụ thuộc vào thành phần và công nghệ chế tạo thủy tinh.

Khối lượng thủy tinh biến động trong khoảng 2 đến 8,1  $\text{G/cm}^3$

Độ bền nén lớn hơn nhiều so với độ bền kéo:  $\sigma_n = 6000 \div 21000n \text{ kG/cm}^2$ ,  $\sigma_k = 100 \div 300n \text{ kG/cm}^2$ , trong điều kiện bình thường thủy tinh rất giòn, dễ vỡ khi chịu tải trọng động.

Thủy tinh có nhiệt độ nóng chảy không ổn định. Nhiệt độ hóa dẻo của các loại thủy tinh nằm trong khoảng 400 đến 1600 $^{\circ}\text{C}$ . Điện dẫn bề mặt phụ thuộc bề mặt thủy tinh, nó tăng lên khi bề mặt thủy tinh bị nhiễm bẩn và khi độ ẩm của môi trường xung quanh tăng lên. Tuy nhiên cách điện thủy tinh có nhiều ưu điểm như sau:

Tính chịu nhiệt cao. Cuộn dây cách điện bằng thủy tinh có thể chịu nhiệt độ trên 100 $^{\circ}\text{C}$ .

Khả năng dẫn nhiệt gấp vài 4 lần.

Có khả năng chịu dầu, axit, xút trừ axit flohydric, axit photphoric nóng. Không bị mục, nấm mốc không mọc được, không thấm ẩm, không hóa già. Điện trở cách điện lớn hơn bất kỳ vật liệu cách điện sợi nào. Độ bền cách điện cao.

Sợi thủy tinh không hút ẩm. Cuộn dây có cách điện thủy tinh ít tiêu hao chất tẩy, thời gian tẩy cũng ngắn hơn...

**Bảng 1.8. Tính năng của thủy tinh**

Tính năng	Thủy tinh	Thủy tinh thạch anh
Khối lượng riêng. $\text{kg/dm}^3$	2,2 ÷ 2,6	2,21
Độ bền nén. $\text{kg/cm}^2$	6000 ÷ 10000	19000
Độ bền kéo. $\text{kg/cm}^2$	400 ÷ 800	700
Độ bền uốn. $\text{kG/cm}^2$	1000 ÷ 2.500	700
Độ bền va đập. $\text{kG/cm}^2$	-	-
Hệ số đàn hồi. $\text{kG/cm}^2$	600000	720000
Hệ số giãn nở $1/^{\circ}\text{C}$	8 ÷ 9,4.10 $^{-6}$	0,55.10 $^{-6}$

Hệ số dẫn nhiệt. W/cm <sup>0</sup> C	0,0075 ÷ 0,012	0,008 ÷ 0,01
Hằng số điện môi ở 50Hz, ε	3 ÷ 12	4,9
Hệ số tổn hao ở 50 Hz 10 <sup>4</sup> tgδ	-	-
Hệ số tổn hao ở 10 Hz 10 <sup>4</sup> tgδ	50 ÷ 80	8
Điện trở cách điện ở 20 °C	10 <sup>11</sup> ÷ 10 <sup>17</sup>	4.10 <sup>19</sup>
Độ bền cách điện ở 50 Hz . kV/mm	15 ÷ 45	35 ÷ 40

### 3.14. 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...

Đặc tính quan trọng nhất của sứ cách điện điện áp cao là: trị số điện áp phóng điện giữa hai điện cực. Do sứ cách điện có chiều dày lớn và cường độ cách điện cao, nên khó có thể xảy ra phóng điện chọc thủng sứ mà chỉ diễn ra phóng điện trên bề mặt của sứ. Cần phân biệt hai loại điện áp phóng điện bề mặt sứ : điện áp phóng điện khô và điện áp phóng điện ướt khi thử nghiệm sứ. (hình 2.1).



Hình 1.1: Đường phóng điện khi thử nghiệm phóng điện

a. Khi khô

b. Khi ướt

Điện áp phóng điện khô là trị số điện áp phóng điện thu được khi thử nghiệm sứ trong điều kiện bình thường (Hình 2.1.a). Điện áp phóng điện ướt là trị số điện áp phóng điện thu được khi thử nghiệm sứ dưới mưa nhân tạo với cường độ  $4,5 \div 5,5$  mm/phút, mưa rơi theo góc  $45^0$  so với mặt phẳng ngang của sứ. Điện áp phóng điện khô bao giờ cũng lớn hơn điện áp phóng điện ướt và nhỏ hơn điện áp đánh thủng. Người ta xác định điện áp đánh thủng khi nhúng sứ thử nghiệm vào trong dầu cách điện. Khi thử nghiệm sứ treo, cần xác định điện áp đánh thủng cho từng bát sứ một, điện áp phóng điện khô được xác định cho cả toàn bộ chuỗi sứ.

Nhược điểm của sứ: độ bền va đập không cao, góc tổn hao điện môi khá lớn, tổn hao điện môi lại tăng nhanh ở nhiệt độ cao, gây trở ngại cho việc dùng sứ làm chất cách điện ở tần số cao cũng như ở nhiệt độ cao.

### 3.15. 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 muscôvít thường không màu hoặc có màu đỏ nhạt, xanh nhạt, và các màu sắc khác; flogopít thường có màu sẫm hơn giống như màu hổ phách, màu vàng ánh, màu nâu, màu đen tuyền, tuy nhiên cũng có khi gặp loại flogopít có màu sáng hơn.

Đặc tính cách điện của mica muscôvít tốt hơn và cao hơn so với flogopít, ngoài ra nó có độ bền cơ cao hơn, rắn hơn, dễ uốn và co giãn hơn flogopít. Các trị số về 2 loại mica được cho trong bảng sau: (bảng 1.9).

**Bảng 1.9.Đặc tính của Mica**

Loại mica	Khối lượng riêng, G/cm <sup>3</sup>	$\rho, \Omega \cdot \text{cm}$	$\text{tg}\delta \cdot 10^4$ ở tần số		
			50Hz	1kHz	1MHz
Muscôvít	2,80 ÷ 2,90	$10^{14} \div 10^{15}$	150	25	3
Flogopít	2,65 ÷ 2,80	$10^{13} \div 10^{14}$	500	150	15

Muscôvít chịu mài mòn tốt hơn flogopít. Điều đó có giá trị quan trọng đối với mica dùng cho vành góp, loại mica được chế tạo bằng Muscôvít này ít bị chổi than của máy điện làm mòn hơn là chất đồng dùng làm vành góp. Còn loại mica làm bằng flogopít dùng cho vành góp cũng bị mài mòn như đồng cho nên có thể dùng nó không đòi hỏi phải đánh nhẵn vành góp. Phần lớn các loại mica được dùng trong kỹ thuật điện vẫn giữ được đặc tính cách điện và đặc tính cơ khá tốt khi đốt nóng lên vài trăm độ, vì thế mica được xếp vào cách điện cấp C là cấp chịu nóng cao nhất. Khi nhiệt độ càng cao thì mica không còn trong suốt nữa, chiều dày của nó tăng lên, đặc tính cơ và điện giảm. Mica bị nấu chảy ở nhiệt độ  $(1250 \div 2300)^{\circ}\text{C}$ .

+ *Micanít*: là loại vật liệu được sản xuất thành từng tấm hoặc từng cuộn do những cánh mica dán lại với nhau bằng sơn dán hoặc bằng nhựa khô, đôi khi còn dùng thêm lớp nền bằng xơ giấy hoặc xơ bông để dán những cánh mica lên một mặt hoặc cả hai mặt của nó. Nền bằng xơ tăng độ bền kéo đứt của vật liệu và giữ cho các cánh mica khó bị tách ra khi vật liệu bị uốn. Micanít có thể sử dụng làm cách điện cho vành góp, dùng để lót đệm, để tạo hình, băng mica cách điện cho thiết bị điện và cáp điện.

+ *Mica bằng các hạt vụn*: Mica vụn rửa sạch, nghiền thành vảy nhỏ và lợi dụng khả năng dính liền lại với nhau của các tinh thể mica vừa mới được tách ra để biến thành phiến ta thu được từng lá. Việc sử dụng các chất kết dính có thể tăng độ bền cơ và độ bền điện của mica làm bằng các hạt vụn. Để sản xuất ra loại mica này ta có thể sử dụng các chất thải của mica muscôvít và flogopít để làm chất cách điện mà phương pháp khác không sử dụng được. Bằng phương pháp này người ta chế tạo ra vật liệu chịu được hồ quang điện, đúc ép định hình bằng khuôn tạo ra các chi tiết cách điện cần thiết cho các thiết bị điện.

+ *Mica tổng hợp*: thủy tinh mica là một trong số các điện môi có chất lượng cao. Nó chịu được nhiệt độ cao, có độ bền cơ lớn, nhất là độ bền uốn, va đập, chịu được phóng điện hồ quang, có tgđ nhỏ, có thể gia công bằng cơ khí được. Tuy nhiên quá trình công nghệ sản xuất ra mica thủy tinh tốn nhiều công, đòi hỏi phải có lò điện có công suất lớn, máy ép thủy lực và khuôn ép bằng thép không rỉ. Thủy tinh mica có các đặc tính:

- Khối lượng riêng:  $2,6 \div 3,0\text{G/cm}^3$ ; nhiệt độ làm việc cho phép  $(300 \div 350)^{\circ}\text{C}$ ; giới hạn bền kéo  $\sigma_{\text{kéo}} = (300 \div 700)\text{ kG/cm}^2$ ;  $\sigma_{\text{nén}} = (1000 \div 4000)\text{ kG/cm}^2$ ;  $\sigma_{\text{uốn}} =$

(700 ÷ 1400) kG/cm<sup>2</sup>; ứng suất dai va đập (2 ÷ 5) kG.cm/cm<sup>2</sup>,  $\alpha = (8 \div 9) \cdot 10^{-6}$  1/độ;  $\rho_y = (10^{12} \div 10^{14}) \Omega \cdot \text{cm}$ ;  $\rho_s = (10^{10} \div 10^{12}) \Omega \cdot \text{cm}$ ;  $\varepsilon = (6 \div 8,5)$ ;  $\text{tg}\delta = (0,003 \div 0,01)$  ở tần số 1MHz. Độ bền cách điện (10 ÷ 20) kV/mm. Mica thủy tinh chịu được ẩm, nhưng kém bền đối với tác dụng của các axit clohydric, nitric cũng như đối với chất kiềm. Khi thủy tinh mica bị rỗ có khả năng hút ẩm làm cho phẩm chất cách điện bị giảm đi.

## THỰC HÀNH

1. Cho học viên quan sát và nhận biết một số loại vật liệu cách điện thường dùng
2. Cho học viên quan sát các loại mô hình được sử dụng trong bài học.

yêu cầu :

- Viết tên và nêu công dụng của các loại vật liệu cách điện đã được quan sát.
- Liệt kê được các loại vật liệu cách điện được sử dụng trong các mô hình đã được quan sát và nêu nhận xét xem tại sao người ta sử dụng các loại vật liệu đó và sử dụng như vậy thì đã phù hợp chưa, có cần thiết phải thay đổi không ? - Nếu thay đổi thì chọn loại vật liệu nào ? v.v...

Nêu những tính chất và đặc điểm của những vật liệu cách điện đã được quan sát.

Phân loại các vật liệu đã được quan sát theo từng nhóm như:

- + Nhóm vật liệu cách điện sợi.
- + Nhóm vật liệu cách điện là chất dẻo
- + Nhóm vật liệu cách điện là nhựa, nhựa tổng hợp
- + Là vật liệu cách điện vô cơ hay hữu cơ v.v....

Xác định các hư hỏng, nguyên nhân gây ra hư hỏng.

Sửa chữa, thay thế các vật liệu hư hỏng trong thiết bị.

3. Nếu nhà trường có thiết bị (thí nghiệm cao áp) thì cho học viên làm các bài thí nghiệm về điện áp đánh thủng, độ bền cách điện đối với các loại vật liệu cách điện.

-----



## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

### Câu hỏi:

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  $E_{bd} = 32,5\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\varepsilon = 3,12$ .
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  $E_{bd} = (50 \div 100)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\varepsilon = 5,4$ .
4. Tính bề dày của một tấm cao su dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng cao su có  $E_{bd} = (15 \div 20)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\varepsilon = (3 \div 6)$
5. Xác định điện áp đánh thủng và điện áp làm việc của một tấm giấy tẩm dầu dày 0,02 cm khi áp nó vào hai điện cực. Biết rằng giấy tẩm dầu có  $E_{bd} = (10 \div 25)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\varepsilon = 3,6$ .
6. Tính bề dày của một tấm thủy tinh dùng làm cách điện cho lưới 15kV. Biết rằng thủy tinh có  $E_{bd} = (10 \div 15)\text{kV/mm}$ , giới hạn điện áp an toàn  $\varepsilon = (6 \div 10)$ .

## **CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU DẪN ĐIỆN**

### **Mã chương : 11-02**

#### **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.

Nội dung chương 2 nhằm trang bị cho học viên những kiến thức cơ bản và cần thiết về tính chất, các đặc tính của các loại vật liệu dẫn điện thông dụng nhằm ứng dụng có hiệu quả trong ngành nghề của mình.

#### **Mục tiêu:**

- Nhận dạng, phân loại được chính xác các loại vật liệu dẫn điện dùng trong công nghiệp và dân dụng.
- Trình bày được các đặc tính cơ bản của một số loại vật liệu dẫn điện thường dùng.
- Sử dụng phù hợp các loại vật liệu dẫn điện theo từng yêu cầu kỹ thuật cụ thể.
- Xác định được các nguyên nhân gây ra hư hỏng và có phương án thay thế khả thi các loại vật liệu dẫn điện thường dùng.
- Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, chủ động trong công việc.

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

#### *Mục tiêu:*

- Trình bày được khái niệm của vật liệu dẫn điện
- Xác định được các nguyên nhân gây ra hư hỏng, cách khắc phục ở các loại vật liệu dẫn điện
- Trình bày được tính chất của một số Vật liệu dẫn điện thông dụng

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

Vật liệu dẫn điện là vật chất mà ở trạng thái bình thường có các điện tích tự do. 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.

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.

## 1.2. Tính chất của vật liệu dẫn điện

Vật liệu dẫn điện có các tính chất cơ bản sau:

Điện dẫn suất của vật liệu  $\left[ \gamma = \frac{1}{\rho} \right]$

Hệ số nhiệt của điện trở suất

Nhiệt dẫn suất.

Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt điện động

Giới hạn bền khi kéo và độ dẫn dài tương đối khi đứt.

- *Điện trở*: là đại lượng đặc trưng cho sự "cản trở" dòng điện của vật liệu hay nói cách khác Điện trở R là quan hệ giữa hiệu điện thế không đổi đặt ở hai đầu của dây dẫn và cường độ dòng điện một chiều tạo nên trong dây dẫn đó (chú ý: *dây dẫn không hề có sức điện động nội tại nào*). Xét về điện trở của vật liệu điện được tính theo công thức sau:

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

*Trong đó:*

l: chiều dài của vật dẫn [m].

S: là tiết diện của vật dẫn [m<sup>2</sup>].

$\rho$ : là điện trở suất, phụ thuộc vào bản chất của vật liệu [ $\Omega\text{m}$ ].

R: là điện trở của vật dẫn [ $\Omega$ ].

Dựa vào biểu thức trên ta thấy: Nếu có hai vật dẫn khác nhau (khác chất), nhưng có cùng chiều dài, cùng tiết diện thì vật nào có điện trở suất lớn hơn thì vật đó sẽ có điện trở cao hơn, nghĩa là dòng điện chạy qua nó sẽ "khó khăn" hơn.

Điện dẫn  $G$  của vật dẫn là đại lượng nghịch đảo của điện trở.

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

Điện dẫn được tính với đơn vị  $\frac{1}{\Omega} = \Omega^{-1}$ .

- *Điện trở suất ( $\rho$ ):* là đại lượng đặc trưng cho tính dẫn điện hay cách điện của vật liệu hay nói cách khác: điện trở suất là điện trở của vật dẫn có chiều dài là một đơn vị chiều dài và tiết diện là một đơn vị diện tích. Nó phụ thuộc vào bản chất của vật liệu. Nếu vật có điện trở suất càng nhỏ thì dẫn điện càng tốt và ngược lại.

Trên thực tế Điện trở suất  $\rho$  của vật dẫn được tính theo:  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  và trong một số trường hợp được tính bằng:  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Trong hệ CGS điện, điện trở suất được tính bằng:  $\Omega \text{cm}$ , còn ở hệ MKSA tính bằng:  $\Omega \text{m}$ .

Những đơn vị nêu trên chúng được liên hệ với nhau qua biểu thức sau:

$$1\Omega \text{cm} = 10^4 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 10^{-2} \Omega \text{m}.$$

Điện dẫn suất  $\gamma$  là đại lượng nghịch đảo của điện trở suất.

$$\left[ \gamma = \frac{1}{\rho} \right]$$

Điện dẫn suất  $\gamma$  được tính theo:  $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ;  $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ;  $\Omega^{-1} \text{m}^{-1}$ .

- *Sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ*

Điện trở suất của kim loại và của rất nhiều hợp kim tăng theo nhiệt độ, điện trở suất của cacbon và của dung dịch điện phân giảm theo nhiệt độ.

Thông thường điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ và theo qui luật sau:

$$\rho_t = \rho_o (1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots)$$

Ở nhiệt độ sử dụng  $t_2$  điện trở suất sẽ được tính toán xuất phát từ nhiệt độ  $t_1$  theo công thức:

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

Trong đó:

$\alpha$  là hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ đối với vật liệu tương ứng và ứng với những khoảng nhiệt độ được nghiên cứu.

Hệ số  $\alpha$  gần như giống nhau đối với các kim loại tinh khiết và có trị số gần đúng bằng  $4.10^{-3} 1/^{\circ}\text{C}$

Đối với khoảng chênh lệch nhiệt độ ( $t_2 - t_1$ ) thì hệ số  $\alpha$  trung bình sẽ là:

$$\alpha = \frac{\rho.t_2 - \rho.t_1}{\rho.t_1(t_2 - t_1)}$$

Giá trị  $\alpha$  và  $\rho$  đối với những kim loại chính được sử dụng trong kỹ thuật điện được cho trong bảng sau: (Bảng 2.1)

**Bảng 2.1. Đặc tính vật lý và điện trở suất của một số kim loại**

Kim loại	Khối lượng riêng g/cm <sup>3</sup>	Nhiệt độ nóng chảy <sup>0</sup> C	Điện trở suất $\rho$ ở 20 <sup>0</sup> C ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ).	Hệ số thay đổi của Điện trở suất theo nhiệt độ $\alpha$ 1/độ.
Bạc	10,5	961	0,0160 - 0,0165	0,0034 - 0,00429
Đồng	8,9	1083	0,0168 - 0,0182	0,00392 - 0,00445
Vàng	19,3	1063	0,0220 - 0,0240	0,00350 - 0,00399
Nhôm	2,7	657	0,0262- 0,0400	0,0040 - 0,0049
Magiê	1,74	651	0,0446 - 0,0460	0,00390 - 0,0046
Molipđen	10,2	2620	0,0476 - 0,0570	0,0033 - 0,00512
Wolfram	19,3	3380	0,0530 - 0,0612	0,0040 - 0,0052
Kẽm	7,1	420	0,0535 - 0,0630	0,0035 - 0,00419
Niken	8,9	1455	0,06141 - 0,138	0,0044 - 0,00692
Thép	7,8	1535	0,0 918 - 1,1500	0,0045 - 0,00657
Platin	21,4	1770	0,0866 - 0,116	0,00247- 0,00398
Paladi	12	1555	0,1100	0,0038
Thiếc	7,3	232	0,113 - 0,143	0,00420 - 0,00465
Chì	11,4	327	0,205 - 0,222	0,0038 - 0,00428
Thủy ngân	13,6	- 39	0,952 - 0,959	0,0009 - 0,00099
Titan	4,5	1725	0,420	0,0044
Cadmi	8,6	321	0,076	0,0042
Coban	8,7	1492	0,062	0,0060
Vàng	19,3	1063	0,024	0,0036
Tantan	16,6	2977	0,135	0,0038

- Hệ số nhiệt độ  $\alpha$  của điện trở suất nói lên sự thay đổi điện trở suất của vật liệu khi nhiệt độ thay đổi.

1.3. Các tác nhân môi trường ảnh hưởng đến vật liệu dẫn điện

Nhiệt độ của môi trường làm việc ảnh hưởng đến tính dẫn điện của vật liệu khi nhiệt độ tăng thì điện trở của vật liệu tăng lên và làm cho tính dẫn điện của vật liệu giảm.

Ở nhiệt độ không tuyệt đối ( $0^{\circ}\text{K}$ ), điện trở suất của kim loại tinh khiết giảm đột ngột, chúng thể hiện “hiện tượng siêu dẫn”. Về phương diện lý thuyết ở độ không tuyệt đối, kim loại tinh khiết không còn điện trở.

Sự biến dạng đàn hồi, mức độ tinh khiết của kim loại ảnh hưởng đến giá trị của điện trở suất của vật liệu dẫn điện.

Khi nóng chảy, điện trở suất của kim loại biến đổi, thông thường giá trị tăng lên (ngoại trừ: ãngtimoan, gali và bitmut khi nóng chảy, điện trở suất giảm).

Sự không tinh khiết của kim loại dẫn đến làm tăng điện trở suất.

Ảnh hưởng của trường từ và ánh sáng đối với điện trở suất: thực nghiệm cho thấy rằng điện trở suất của kim loại cũng biến đổi khi kim loại đặt trong trường từ và điện trở suất của một số vật liệu cũng biến đổi dưới ảnh hưởng của ánh sáng.

#### 1.4 Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động

Khi tiếp giáp hai kim loại khác nhau với nhau, giữa chúng sẽ sinh ra hiệu điện thế. Sự xuất hiện hiệu điện thế đóng vai trò quan trọng ở hiện tượng ăn mòn điện hóa và được ứng dụng trong một số dụng cụ đo lường.

Thế điện hóa bình thường của một số kim loại khác nhau so sánh với hydro được cho ở bảng sau:(Bảng 2.2)

**Bảng 2.2. Thế điện hóa bình thường của một số kim loại**

<b>Kim loại</b>	<b>Thế điện hóa ở nhiệt độ bình thường (V)</b>	<b>Kim loại</b>	<b>Thế điện hóa ở nhiệt độ bình thường (V)</b>
Vàng	+ 1,500	Cadmium	- 0,400
Platin	+ 0,860	Sắt	- 0,440
Thủy ngân	+ 0,860	Crôm	- 0,557
Bạc	+ 0,808	Wolfram	- 0,580
Đồng	+ 0,345	Kẽm	- 0,760
Hydro	$\pm$ 0,000	Mangan	- 1,040
Thiếc	- 0,100	Nhôm	- 1,340
Chì	- 0,130	Magiê	- 2,350
Niken	- 0,250	Bari	- 2,960

Coban	- 0,255		
-------	---------	--	--

Sức nhiệt động sinh ra của hai kim loại khác nhau, tiếp giáp nhau được ứng dụng để chế tạo các cặp nhiệt điện.

Hiệu điện thế tiếp xúc giữa các cặp kim loại dao động trong phạm vi từ vài phần mười vôn đến vài vôn, nếu nhiệt độ của cặp bằng nhau, tổng hiệu điện thế trong mạch kín bằng không. Nhưng khi một đầu của cặp nhiệt có nhiệt độ khác đầu kia thì trong trường hợp này sẽ phát sinh sức nhiệt điện động.

## 2. Tính chất chung của kim loại và hợp kim

*Mục tiêu:*

- Trình bày được tính chất của vật liệu dẫn điện

### 2.1. Tầm quan trọng của kim loại và hợp kim

Hiện nay kim loại và hợp kim được dùng rất rộng rãi trong các ngành kinh tế. Các kim loại đặc biệt là sắt và các hợp kim của nó như gang, thép là những vật liệu chủ yếu của công nghiệp cơ khí, xây dựng và các phương tiện giao thông vận tải. Một số thép đặc biệt dùng trong công nghệ hoá học, công nghệ hạt nhân, ngành vũ trụ. Kim loại và hợp kim được sử dụng rộng rãi để làm máy móc và công cụ đặc biệt là trong ngành điện vì chúng có ưu điểm hơn hẳn các vật liệu khác: có tính dẫn điện, dẫn nhiệt, độ bền, độ cứng và độ dẻo dai cao. Ngày nay mặc dù chất dẻo ra đời và phát triển mạnh và bên cạnh đó còn có gỗ, tre và thủy tinh nhưng kim loại và hợp kim là những vật liệu chủ yếu và quan trọng nhất của ngành công nghiệp hiện đại.

*Kim loại:*

Để nhận biết được kim loại người ta dựa vào hệ số nhiệt điện trở. ở kim loại hệ số này dương tức là nhiệt độ tăng thì điện trở kim loại tăng.

*Hợp kim:*

Hợp kim là sản phẩm của sự nóng chảy của hai hay nhiều nguyên tố mà trong đó chủ yếu là kim loại. Trong thành phần hợp kim có thể có một lượng nhỏ các nguyên tố á kim.

Ví dụ: Thép là hợp kim của sắt và các bon

Nói chung kim loại nguyên chất có nhiều nhược điểm như: độ dẻo, độ bền và độ cứng thấp, do đó các cơ cấu máy không làm bằng kim loại nguyên chất mà phải làm bằng hợp kim.

## 2.2. Các tính chất.

### ***Tính chất lý học:***

Về sáng mặt ngoài của kim loại: theo bề mặt ngoài của kim loại có thể chia thành kim loại đen và kim loại màu:

Kim loại và hợp kim đen: gồm sắt và các hợp kim của sắt, tức là gang và thép.

Kim loại màu và hợp kim màu: Là tất cả các kim loại và hợp kim còn lại.

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

$$d = \frac{P}{V} \quad (\text{G/cm}^3)$$

### *Tính nóng chảy:*

Kim loại có tính chảy loãng khi đốt nóng và đông đặc khi làm nguội. Nhiệt độ ứng với khi kim loại chuyển đổi từ thể đặc sang thể lỏng hoàn toàn gọi là điểm nóng chảy.

Điểm nóng chảy có ý nghĩa rất quan trọng trong công nghệ đúc. Điểm nóng chảy của nhiều hợp kim lại khác điểm nóng chảy của từng kim loại tạo nên hợp kim đó.

### *Tính dẫn nhiệt:*

Là tính chất truyền nhiệt của kim loại khi bị đốt nóng hoặc làm lạnh. Kim loại có tính dẫn nhiệt tốt thì càng dễ đốt nóng nhanh và đồng đều, cũng như càng dễ nguội nhanh.

### *Tính giãn nở nhiệt:*

Khi đốt nóng các kim loại giãn nở ra và khi làm nguội nó co lại. Sự giãn nở nhiệt của các kim loại không giống nhau. Để đánh giá sự giãn nở nhiệt của một vật nào đó, người ta đo chính xác độ giãn dài của 1 mm vật đó khi nhiệt độ thay đổi 1<sup>0</sup>C. Độ giãn dài đo được gọi là hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài.

### *\* Tính dẫn điện:*

Là khả năng dẫn điện của kim loại. Khi nhiệt độ cao tính dẫn điện giảm. Ở nhiệt độ 0<sup>0</sup>K điện trở của kim loại bằng không.

### *Tính nhiễm từ:*

Là khả năng kim loại bị từ hoá sau khi được đặt trong một từ trường. Sắt và hầu hết các hợp kim của sắt đều có tính nhiễm từ. Ni ken và cô ban cũng có tính nhiễm từ và được gọi là chất sắt từ. Còn hầu hết các kim loại khác không có tính nhiễm từ.

### *Nhiệt dung riêng:*



Là nhiệt độ cần thiết làm tăng nhiệt độ của kim loại lên  $1^{\circ}\text{C}$ .

***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.

*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.

***Tính công nghệ:***

Tính công nghệ là khả năng kim loại có thể thực hiện được các phương pháp công nghệ để sản xuất các sản phẩm. Tính công nghệ bao gồm: tính cắt gọt, tính hàn, tính đúc, tính nhiệt luyện.

*Tính cắt gọt:* Là khả năng của kim loại gia công cắt gọt dễ hay khó, được xác định bằng tốc độ cắt, lực cắt và độ bóng bề mặt của kim loại sau khi cắt gọt.

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

*Tính rèn:* là khả năng biến dạng vĩnh cửu của kim loại khi chịu lực tác dụng lực từ bên ngoài để tạo thành hình dạng của chi tiết máy, mà không bị phá hỏng.

*Tính đúc:* Được xác định bởi độ chảy loãng của kim loại khi nấu chảy để đổ đầy vào khuôn đúc, độ co và tính thiên tích (tính thiên tích là độ không đồng nhất về thành phần hoá học trong từng phần của vật đúc và trong nội bộ các hạt của kim loại hay hợp kim).

*Tính nhiệt luyện:* Là khả năng làm thay đổi độ cứng, độ dẻo, độ bền của kim loại bằng cách nung nóng kim loại tới nhiệt độ nhất định, giữ ở nhiệt độ đó một thời gian rồi sau đó làm nguội theo một chế độ nhất định.

Sau khi nhiệt luyện, mức độ thay đổi của các kim loại cũng khác nhau, có kim loại thay đổi nhiều, có kim loại thay đổi ít và có kim loại hầu như không thay đổi.

*Tính kéo giãn:* Là tính chất của vật liệu có thể gia công được thành sợi. Yêu cầu vật liệu phải có cấu trúc dính chắc và phải có độ dẻo dai cao. Đây là một tính chất quan trọng trong công nghệ chế tạo dây dẫn điện.

*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).

### 2.3. Những hư hỏng thường gặp và cách tính chọn vật liệu dẫn điện.

#### 2.3.1. Những hư hỏng thường gặp.

Các loại vật liệu dẫn điện được sử dụng để chế tạo các bộ phận dẫn điện của máy điện, thiết bị điện và khí cụ điện đa phần là những kim loại và hợp kim của chúng khi sử dụng lâu ngày sẽ bị hư hỏng và ta thường gặp các dạng hư hỏng sau:

Hư hỏng do bị ăn mòn kim loại.

Hư hỏng do điện.

Hư hỏng do bị già hóa của kim loại.

Hư hỏng do các lực tác động từ bên ngoài.

Hư hỏng do sự mài mòn giữa các bộ phận.

#### ***Ăn mòn kim loại.***

- *Khái niệm về ăn mòn kim loại:*

Sự ăn mòn kim loại là một quá trình phá hủy kim loại và hợp kim dưới hình thức hóa học và điện hóa do tác dụng của môi trường xung quanh.

Sự ăn mòn kim loại xảy ra thương xuyên và dưới nhiều hiện tượng khác nhau. Sắt thép để lâu ngày không được bảo vệ tốt sẽ bị rỉ, đồng để trong không khí ẩm hoặc môi trường có chất chua mặn sẽ tạo nên lớp 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.

- *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  $450^{\circ}\text{C}$  -  $480^{\circ}\text{C}$  sau đó nhúng chi tiết cần phủ kẽm vào. Lớp kẽm nóng chảy sẽ bám lên bề mặt ngoài của chi tiết và có bề dày từ  $(0,06 \div 0,13)\text{mm}$ . Phủ kẽm đơn giản, nhanh nhưng ít được dùng vì khó khống chế bề dày lớp kẽm nóng chảy hơn nữa làm giảm độ cứng của chi tiết

*Phủ thiếc:* Khi phủ thiếc người ta nhúng chi tiết vào thiếc nóng chảy ở nhiệt độ  $270^{\circ}\text{C}$  -  $300^{\circ}\text{C}$

*Phủ chì:* Ta nhúng chi tiết vào chì nóng chảy ở nhiệt độ  $350^{\circ}\text{C}$ . Chiều dày lớp chì bám vào chi tiết khoảng  $(0,5 \div 0,7)\text{mm}$ . Thường người ta phủ lớp chì - thiếc, lớp phủ này có độ bám chắc và độ dẻo cao hơn.

*Mạ kim loại:* Ngoài mục đích để bảo vệ kim loại không bị rỉ, mạ kim loại còn có tác dụng làm đẹp cho các chi tiết máy. Mạ kim loại cho phép ta khống chế được bề dày lớp kim loại phủ lên chi tiết. Tiết kiệm được kim loại và không phải nung nóng chi tiết cần mạ.

*Phun một lớp kim loại bảo vệ:* Được thực hiện bằng cách phun đắp lên chi tiết một lớp kim loại nóng chảy. Phương pháp này có thể tiến hành với các lớp kim loại bảo vệ như: đồng, nhôm, kẽm, chì vv...

*Cán dính một lớp kim loại bảo vệ:* Thường thực hiện cho các tấm kim loại, bằng cách cán dính vào các tấm kim loại một lớp kim loại bảo vệ mỏng. Các kim loại được cán dính vào để bảo vệ là: đồng, nhôm, niken vv...

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.

- Hư hỏng do điện.

Là do các loại máy điện, thiết bị điện, khí cụ điện, vật dẫn điện khi làm việc với các đại lượng, thông số vượt quá trị số định mức như: các đại lượng về dòng điện, điện áp, công suất v.v...

**Ví dụ:**

+ Quá dòng điện: Dòng điện vượt quá trị số định mức như, quá tải, ngắn mạch, khi đó các tổn hao trong dây quấn, vật dẫn điện vượt quá mức bình thường làm nhiệt độ tăng cao gây hư hỏng.

+ Quá điện áp: điện áp vượt quá trị số định mức như trong trường hợp quá điện áp do sét. Khi đó điện trường trong vật liệu cách điện tăng cao có thể xảy ra phóng điện gây hư hỏng cách điện dẫn đến vật dẫn xảy ra hiện tượng ngắn mạch.

+ Các loại ngắn mạch: Ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 2 pha, ngắn mạch 1 pha, ngắn mạch 2 pha chạm đất. Khi có ngắn mạch dòng điện rất lớn, đây là trường hợp sự cố của mạch điện nên cần thiết phải có thiết bị bảo vệ.

- 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).

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.

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.

### 2.3.2. Tính chọn vật liệu dẫn điện.

Khi cần lựa chọn vật liệu dẫn điện ta căn cứ vào:

*Độ dẫn điện:* Tùy vào nhu cầu sử dụng mà người ta sẽ chọn vật liệu có điện trở suất phù hợp. Ví dụ như khi chế tạo dây dẫn thường dùng đồng, nhôm (có điện trở suất ( $\rho$ ) bé), còn khi làm các dây đốt nóng thì dùng các loại hợp kim như constantan, manganin, mangan v.v... (có điện trở suất ( $\rho$ ) lớn hơn).

*Độ bền cơ:* Tùy vào qui trình làm việc mà chọn vật liệu có độ bền cơ thích hợp, ví dụ: để tăng độ bền kéo cho dây dẫn người ta dùng dây có lõi thép, tiếp điểm thì dùng đồng thau, đồng thanh.

*Độ bền chống ăn mòn:* Căn cứ vào điều kiện và môi trường làm việc của chi tiết, bộ phận hay thiết bị điện mà người ta chọn vật liệu có tính chống ăn mòn thích hợp.

*Ví dụ:* Mọi 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....

#### **4. Một số Vật liệu dẫn điện thông dụng**

*Mục tiêu:*

- Trình bày được tính chất, ưu nhược điểm, ứng dụng của các loại vật liệu thông dụng

##### **4.1. Đồng và hợp kim của đồng.**

Đồng: ký hiệu (Cu).

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 hoá 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.

*Phân loại:*

Đồng được sử dụng trong kỹ thuật là đồng tinh chế, nó được phân loại trên cơ sở các tạp chất có lẫn ở trong đồng tức là mức độ tinh khiết hay không tinh khiết.

Đồng tinh chế: được cho trong bảng sau: (bảng 2.3.)

Đồng điện phân.

**Bảng 2.3. Đồng tinh chế**

Ký hiệu	%Cu (tối thiểu)	Hướng dẫn sử dụng
Cu E	99,95	Đồng điện phân, dây dẫn điện. Hợp kim nguyên chất mịn
Cu 9	99,90	Dây dẫn điện. Hợp kim mịn dễ dát mỏng, bán thành phẩm với những yêu cầu đặc biệt
Cu 5	99,50	Bán thành phẩm như tấm, ống, thanh. Dùng sản xuất đồng thau với tỉ lệ chứa dưới 60% đồng.
Cu 0	99,00	Hợp kim với các nguyên tố khác với tỉ lệ chứa ít hơn 60% đồng dùng để dát mỏng và rót. Những chi tiết được đúc từ đồng.

Trong kỹ thuật điện, người ta sử dụng đồng điện phân Cu E, và Cu 9. Một loại đồng điện phân đặc biệt là đồng khử oxy hóa ( $O_2 < 0,02\%$ ) với điện dẫn suất cao.

Nhiều loại đồng khác được sử dụng trong kỹ thuật điện dưới dạng hợp kim của đồng.

Sự tạo thành đồng tinh khiết được cho theo bảng sau:(bảng 2.4.).

**Bảng 2.4. Giới hạn các tạp chất cho phép đối với đồng tinh chế**

Ký hiệu	Hàm lượng tạp chất % tối đa											
	Al	As	Bi	Fe	O	Pb	S	Sb	Sn	Zn	Se+Te	Ni
Cu E	0,002	0,002	0,002	0,005	0,020	0,005	0,005	0,002	0,002	0,005	0,005	0,002
Cu 9	0,002	0,002	0,002	0,005	0,080	0,005	0,005	0,002	0,002	0,005	0,005	0,002
Cu 5	0,010	0,050	0,003	0,050	0,100	0,050	0,010	0,050	0,050	0,050	0,030	0,200
Cu 0	0,050	0,200	0,010	0,100	0,150	0,300	0,020	0,100	0,100	0,100	0,050	1,000

Việc thêm vào các chất As, P, Sb, Fe, Ni, Mn, Mg hay Si sẽ cải thiện được đặc tính cơ của đồng trong những điều kiện nhất định. Các chất như Pb, S, Se, Te và đặc biệt Bi được xem như các tạp chất không có ích làm xấu đi tính

chất công nghệ ép khi nóng. Oxy với một hàm lượng bé sẽ làm tăng độ dẫn điện của đồng lên một ít tuy nhiên nếu tăng tỉ lệ phần trăm của Oxy lớn hơn 0,10% thì sẽ làm cho đồng dẫn điện giảm đi.

#### *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 ( $3\text{Cu}_2\text{SFeS}_2\text{S}_3$ ), 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: CuO, Cu5, Cu9, Cu E.

*Loại B:* Với phần trăm đồng tối đa là 97,5% được dùng dưới dạng điện cực dương để tinh luyện theo phương pháp điện phân và ta nhận được đồng điện phân.

Khi chế tạo dây dẫn, thỏi đồng lúc đầu ( $20 \div 80$ )kg được cán nóng thành dây có đường kính ( $6,5 \div 7,2$ ) 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 ( $0,03 \div 0,02$ ) mm.

Đồng tiêu chuẩn là đồng ở trạng thái ủ, ở  $20^\circ\text{C}$  có điện trở suất là  $0,017241\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ . Người ta thường dùng số liệu này làm gốc để đánh giá điện dẫn suất của các kim loại và hợp kim khác.

Tính chất cơ của dây dẫn bằng đồng được cho trong bảng sau (bảng 2.5)

**Bảng 2.5. Tính chất cơ của dây đồng**

Tính chất	Đơn vị đo	Đồng	
		Cứng (không ủ nhiệt)	Mềm (ủ nhiệt)
Giới hạn bền kéo không nhỏ hơn	$\text{kG}/\text{mm}^2$	$36 \div 39$	$26 \div 28$
Độ dẫn dài tương đối khi đứt không nhỏ hơn	%	$0,5 \div 2,5$	$18 \div 35$
Điện trở suất không nhỏ hơn	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	0,0179	0,017241

Qua bảng trên ta thấy ảnh hưởng rất mạnh của quá trình gia công đến tính chất cơ của vật liệu làm dây dẫn, cũng như ảnh hưởng của nhiệt luyện đến điện trở suất của kim loại.

### *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

*Đồng thau:* Là hợp kim của đồng với kẽm với thành phần kẽm chứa trong đồng thau không quá 46%. Nếu thành phần kẽm chứa ít hơn 25% thì đồng thau có độ dẻo nhưng độ bền giảm. Nếu thành phần kẽm chứa nhiều hơn 25% thì đồng thau có độ bền tăng nhưng giảm độ dẻo.

Nếu thành phần kẽm chứa nhiều hơn 25% thì lớp bảo vệ của oxyt kẽm sẽ tạo nên trên bề mặt của vật liệu càng nhanh khi nhiệt độ càng lớn. Còn thành phần kẽm chứa ít hơn 25% thì trên bề mặt của vật liệu sẽ tạo một lớp hơi đen giàu oxyt đồng, tạo nên lớp bảo vệ ở 300<sup>0</sup>C và đôi khi được sử dụng để bảo vệ các chi tiết chống lại sự ăn mòn của không khí, amôniac.

Theo thành phần và việc sử dụng hợp kim đồng thau người ta chia thành:

- Đồng thau dùng để đúc.
- Đồng thau dùng để cán mỏng.
- Đồng thau dùng để hàn 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...

*Đồng thanh:* Là hợp kim của đồng với các nguyên tố kim loại khác trừ kẽm. Nếu trong đồng thanh chỉ có hai nguyên tố kim loại thì ta gọi là đồng thanh nhị nguyên, nếu có nhiều hơn hai nguyên tố kim loại thì ta gọi là đồng thanh đa nguyên. Đồng thanh có đặc tính dễ cắt gọt và tính chống ăn mòn cao, một số đồng thanh còn có tính chống mài mòn làm hợp kim đỡ sát, chế tạo ổ trục. Đồng thanh có tính đúc tốt, đồng thanh với những thành phần thích hợp nó có những tính chất cơ học tốt hơn đồng. Điện trở suất của đồng thanh cao hơn đồng tinh



kiết. Đồng thanh cũng được sử dụng rộng rãi để chế tạo lò xo dẫn điện, làm các tiếp điểm đặc biệt là tiếp điểm trượt.

Tính chất của hợp kim đồng kỹ thuật được cho trong bảng 3.7.

**Bảng 2.6 . Tính chất của hợp kim đồng kỹ thuật**

Hợp kim	Trạng thái	Điện dẫn % so với đồng (Cu)	Giới hạn bền kéo, kG/mm <sup>2</sup>	Độ giãn dài tương đối khi đứt, %
Đồng thanh cadmi (0,9% cd)	ủ	95	Đến 31	50
	Kéo nguội	83 ÷ 90	Đến 73	4
Đồng thanh (0,8 %Cd; 0,6 %Sn)	ủ	55 ÷ 60	29	55
	Kéo nguội	50 ÷ 55	Đến 73	4
Đồng thanh (2,5%Al; 2% Sn)	ủ	15 ÷ 18	37	45
	Kéo nguội	15 ÷ 18	Đến 97	4
Đồng thanh phốt pho	ủ	10 ÷ 15	40	60
	Kéo nguội	10 ÷ 15	105	3
Đồng thau	ủ	25	32 ÷ 35	60 ÷ 70
	Kéo nguội	25	Đến 88	5

## 4.2. Nhôm và hợp kim nhôm

Nhôm.

Tầm quan trọng của nhôm trong kỹ thuật điện.

Sau đồng, nhôm là vật liệu quan trọng thứ hai được sử dụng trong kỹ thuật điện, nhôm có điện dẫn suất cao (nó chỉ thua bạc, đồng và thiếc), trọng lượng riêng giảm ( $2,76 \text{ G/cm}^3$ ), tính chất vật liệu và hoá học cho ta khả năng dùng nó làm dây dẫn điện. Nhôm có cấu trúc mạng tinh thể là "lập phương diện tâm" và không đổi cho đến khi nguội ở nhiệt độ thường.

Nhôm có màu bạc trắng là kim loại tiêu biểu cho các kim loại nhẹ (nghĩa là kim loại có khối lượng riêng nhỏ hơn  $5 \text{ G/cm}^3$ ). Khối lượng riêng của nhôm đúc gần bằng  $2,6 \text{ G/cm}^3$ , nhôm cán là  $2,76 \text{ G/cm}^3$ , nhẹ hơn đồng 3,5 lần. Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài, nhiệt dung và nhiệt nóng chảy của nhôm đều lớn hơn đồng. 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.

*Phân loại:*

Nhôm được dùng trong công nghiệp được phân loại trên cơ sở tỉ lệ phần trăm kim loại tinh khiết và của các tạp chất. Tùy theo hàm lượng tạp chất có trong nhôm của lò luyện mà người ta chia nhôm khối ra làm các loại:

Nhôm có ký hiệu: AB1 có không nhỏ hơn 99,90% nhôm.

Nhôm có ký hiệu: AB2 có không nhỏ hơn 99,85% nhôm.

Nhôm có ký hiệu: A-00 có không nhỏ hơn 99,70% nhôm.

Nhôm có ký hiệu: A-0 có không nhỏ hơn 99,60% nhôm.

Nhôm có ký hiệu: A-1 có không nhỏ hơn 99,50% nhôm.

Nhôm có ký hiệu: A-2 có không nhỏ hơn 99,00% nhôm.

Nhôm có ký hiệu: A-3 có không nhỏ hơn 98,00% nhôm.

Các tạp chất có trong nhôm chiếm từ :0,10% từ nhôm có ký hiệu AB1 đến 2,00% ở nhôm có ký hiệu A-3 và các tạp chất đó chủ yếu là: Fe, Si, Cu và Fe+Si.

Nhôm sử dụng trong kỹ thuật điện có tạp chất trong thành phần không quá 0,5%. Nhôm tinh khiết hơn có các nhãn hiệu là AB00 (không quá 0,03% tạp

chất) được sử dụng để sản xuất nhôm lá, các điện cực và vỏ tụ điện điện phân. Nhôm có độ tinh khiết cao hơn nữa là AB000 có tạp chất không quá 0,004%. Các tạp chất khác nhau ở trong nhôm sẽ làm giảm điện dẫn của nhôm ở mức độ khác nhau. Nếu thêm niken, silic, kẽm hay sắt vào nhôm không quá 0,5% sẽ làm giảm điện dẫn của nhôm đã ủ không quá  $(2 \div 3)\%$ . 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  $(5 \div 10)\%$ . 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  $(6 \div 7)$   $\mu\text{m}$  dùng làm bản cực trong các tụ giấy.

#### *Sản xuất và chế tạo*

Thông thường người ta sản xuất nhôm theo hai cách sau:

Nhôm nhận được từ bauxit, qua quá trình công nghệ của oxit nhôm khan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  hầu như không có tạp chất.

Tách kim loại nhôm thông qua điện phân của oxit hòa tan thành criolit nóng chảy ở nhiệt độ  $(900 \div 950)^\circ\text{C}$ . Tuy nhiên dùng phương pháp điện thì tiêu thụ một lượng điện năng rất lớn (18.000 Kwh/tấn) và tiêu thụ khoảng 750kg điện cực cacbon.

Kim loại thô được nóng chảy trong lò dùng ngọn lửa hay dùng điện sau đó rót thành khối hay thanh để dát mỏng hoặc kéo thành sợi cùng với ủ nhiệt trở lại.

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.

*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  $(2,5 \div 6)\%$  Cu,  $(0,4 \div 2,8)\%$  Mg và  $(0,4 \div 1)\%$  . Đura được ký hiệu bằng chữ kèm theo con số chỉ số hiệu của đura như đura 1, đura 6, đura 16...

*Nhóm hợp kim nhôm đúc:* Được dùng để sản xuất các chi tiết đúc. Điển hình của nhóm hợp kim nhôm đúc là Silumin. Là hợp kim nhôm với silic (có chứa từ 6÷13% Si). Ngoài thành phần silic silumin còn chứa đồng, magiê, kẽm. Silumin có tính đúc tốt (dễ chảy loãng) và độ co ngót nhỏ.

Trong kỹ thuật điện hợp kim nhôm chủ yếu được dùng làm dây dẫn điện là hợp kim mang tên "aldrey". Chúng là tổ hợp của nhôm với Mg(0,3 ÷ 0,5)%, Silic (0,4 ÷ 0,7)%, và sắt (0,2 ÷ 0,3)%. Tổ hợp làm cho hợp kim có tính chất cơ khí tốt nhất là nhôm với Mg<sub>2</sub>Si. Sự hòa tan dung dịch rắn (ở nhiệt độ 500<sup>0</sup>C) của tổ hợp này sẽ làm tăng tính dẫn điện của hợp kim.

Dây dẫn bằng hợp kim "aldrey" sẽ nhận được thông qua việc "tôi" hợp kim (nung nóng đến 500 ÷ 600<sup>0</sup>C) kéo nó thành sợi ở kích thước mong muốn và làm già hóa nhân tạo bằng cách nung nóng ở nhiệt (độ 150 ÷ 200)<sup>0</sup>C. Dây dẫn bằng hợp kim "aldrey" có đặc tính như sau:

Điện trở suất ở 20<sup>0</sup>C: là 0,0333 Ωmm<sup>2</sup>/m.

Điện dẫn suất ở 20<sup>0</sup>C: 30m/Ωmm<sup>2</sup>.

Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ đối với 1<sup>0</sup>C: là 0,0035.

- Sức bền lâu dài: 24kG/mm<sup>2</sup> > nhôm = 12 kG/mm<sup>2</sup>.

Sức bền đứt: 30kG/mm<sup>2</sup> > nhôm = 16 kG/mm<sup>2</sup>.

#### 4.3. Chì và hợp kim chì.

*Chì:*

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.

*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 ( $Pb_2O$ ) và ( $PbO$ ). Chì có điện trở suất cao ( $0,205 \div 0,222 \Omega mm^2/m$  ở nhiệt độ:  $20^0C$ ). Chì có thể chuyển sang trạng thái siêu dẫn.

Nó có sức bền với thời tiết xấu do có những tổ hợp bảo vệ hình thành ở bề mặt ( $PbCO_3$ ,  $PbSO_4.v.v..$ ).

Nó không bị tác dụng của axit clohydric, axit sunfuaric, axit sunfuaro, fluorhydric, phosphoric hoặc amoniăc, sút, borax và clo.

Nó hoà tan dễ dàng trong axit  $HNO_3$  pha loãng hay axit axetic ( $CH_3COOH$ ) pha loãng, bị phá hủy bởi các chất hữu cơ mục nát, vôi và một vài hợp chất khác.

Sự bay hơi của chì rất độc.

Chì là kim loại dễ dát mỏng, có thể được dát và kéo thành những lá mỏng.

Chì dễ chảy lỏng ( $327,3^0C$ ).

Chì không có sức đề kháng ở dao động, đặc biệt ở nhiệt độ cao nó rất dễ bị nứt khi có lực va đập (dao động).

*Hợp kim chì:* Là hợp kim của chì với các nguyên tố: Sb, Te, Cu, Sn với một hàm lượng nhỏ thì có cấu trúc mịn hơn và chịu được sự rung động song ít bền với sự ăn mòn.

Hợp kim chì - thiếc: là chất hàn mềm có nhiệt độ nóng chảy  $400^0C$ .

Chì kỹ thuật:  $PbTc_1 = 99,92\%$ ;  $PbTc_2 = 99,80\%$ ;  $PbTc_3 = 99,50\%$ .

Hàm lượng tạp chất của chì kỹ thuật được cho trong bảng (bảng 3.8).

Chì dùng sản xuất bình ăcquy:  $PbAc_1 = 99,99\%$ ;  $PbAc_2 = 99,98\%$ ;  $PbAc_3 = 99,96\%$ .

Hàm lượng các tạp chất của chì dùng sản xuất bình ăcquy được cho trong bảng (bảng 3.9).

Chì atimon:  $PbSb_3 = (96,5 \div 99,2)\%$ ;

$PbSb_6 = (93,4 \div 96,3)\%$ ;

$PbSb_{12} = (86,8 \div 92,7)\%$ ,

$$\text{PbSb}_{20} = (77,1 \div 85)\%;$$

$$\text{PbSb}_{30} = (66,5 \div 76,4)\%$$

Hàm lượng tạp chất của chì atimon được cho trong bảng (bảng 3.10).

*Ứng dụng của chì và hợp kim chì:*

Chì và hợp kim chì được dùng để làm lớp vỏ bảo vệ cáp điện nhằm chống lại ẩm ướt. Vỏ chì ở cáp được chế tạo từ.

Đôi khi lớp vỏ này sử dụng như dây dẫn thứ tư (ví dụ: trường hợp cáp có 3 dây dẫn). Chì còn được dùng chế tạo ắc quy điện có các tấm bản chì  $\text{PbAc}_{1,c2}$ .

Một ứng dụng quan trọng của chì là tham gia vào các hợp kim.

Nó được sử dụng như một vật liệu bảo vệ đối với tia X (ronghen). Những tấm chì bảo vệ thường theo tiêu chuẩn chiều dày (4 ÷ 9)mm (1mm chiều dày ở 200 ÷ 300kv) có tác dụng bảo vệ như tấm thép dày 11,5mm hay lớp gạch có chiều dày 110mm.

**Bảng 2.7. Chì kỹ thuật**

Ký hiệu (Phẩm chất)	% chì (min)	Hàm lượng tạp chất % (max)								
		Ag	Cu	As	Sb	Sn	Zn	Fe	Bi	Mg + Ca + Na
PbTc <sub>1</sub>	99,92	0,002	0,005	0,005	0,009	0,002	0,005	0,006	0,050	0,012
PbTc <sub>2</sub>	99,80	0,002	0,010	0,008	0,020	0,002	0,008	0,006	0,120	0,022
PbTc <sub>3</sub>	99,50	0,002	0,090	0,050	0,200	0,100	0,070	0,010	0,150	0,030

**Bảng 2.8: Chì dùng sản xuất bình ắc qui**

Ký hiệu (Phẩm chất)	% chì (min)	Hàm lượng tạp chất % (max)							
		Ag	Cu	As	Sb	Sn	Zn	Fe	Mg + Ca + Na
PbAc <sub>1</sub>	99,99	0,0003	0,0005	0,0005	0,0005	0,0010	0,0010	0,0020	0,003
PbAc <sub>2</sub>	99,98	0,0005	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,003
PbAc <sub>3</sub>	99,96	0,0010	0,0050	0,0050	0,0050	0,0020	0,0020	0,0040	0,005

**Bảng 2.9. Chì antimoan**

Ký hiệu (Phẩm chất)	% chì (min)	Hàm lượng tạp chất % (max)			
		Sb	Cu	Zn	Các tạp chất khác
PbSb <sub>3</sub>	96,5 ÷ 99,2	0,03 ÷ 3	0,3	-	0,20
PbSb <sub>6</sub>	93,4 ÷ 96,3	3,1 ÷ 6	0,3	0,05	0,25
PbSb <sub>12</sub>	86,8 ÷ 92,7	6,1 ÷ 12	0,6	0,10	0,50
PbSb <sub>20</sub>	77,1 ÷ 85,0	12,1 ÷ 20	1,8	0,25	0,85
PbSb <sub>30</sub>	66,5 ÷ 76,4	20,1 ÷ 30	2,0	0,50	1,00

#### 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  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ). Trong kỹ thuật điện người ta thường dùng thép có hàm lượng cacbon thấp.

Dòng điện xoay chiều trong thép sẽ gây nên hiệu ứng bề mặt đáng kể, vì vậy điện trở dây thép đối với dòng điện xoay chiều cao hơn điện trở cao hơn điện trở đối với dòng điện một chiều. Ngoài ra dòng điện xoay chiều trong thép còn gây ra tổn thất từ trễ. Để làm dây dẫn điện người ta thường dùng thép mềm có từ (0,10 ÷ 0,15)% cacbon, giới hạn bền kéo (70 ÷ 75)kG/mm<sup>2</sup>, độ dẫn dài tương đối khi đứt (5 ÷ 8)%, điện dẫn suất nhỏ hơn đồng sáu bảy lần. Vì thế thép dùng làm dây dẫn đường dây tải điện trên không với công suất tương đối nhỏ. Trong trường hợp này sử dụng thép có lợi vì khi trị số dòng điện nhỏ, tiết diện dây không xác định theo điện trở mà theo độ bền cơ của nó.

Thép cũng dùng làm vật liệu dẫn điện dưới dạng thanh dẫn, đường ray tàu điện, đường sắt chạy điện, tàu điện ngầm vv... Để làm lõi của dây nhôm, lõi dây dùng dây thép có độ bền đặc biệt với giới hạn bền kéo từ (120 ÷ 150)kG/mm<sup>2</sup> và độ giãn dài tương đối từ (4 ÷ 5)%. Nhược điểm của thép là khả năng chống ăn mòn kém ngay cả ở nhiệt độ bình thường và đặc biệt khi độ ẩm cao thép bị gỉ rất nhanh, nhiệt độ càng cao tốc độ ăn mòn càng mạnh. Vì vậy bề mặt dây thép cần được bảo vệ bằng lớp kim loại bền hơn. Thông thường dây thép được mạ bằng kẽm để bảo vệ cho thép khỏi bị gỉ. Dây dẫn bằng thép có độ bền cơ khí lớn gấp (2 ÷ 2,5) lần so với đồng do đó dây dẫn thép được dùng ở những khoảng cột lớn, ở những tuyến vượt sông rộng vv... và có thể sử dụng cho

những khoảng cột từ (1500 ÷ 1900)m. Dây dẫn bằng thép có thể được mắc với độ võng bé hơn các dây dẫn khác.

**Bảng 1.11 Thành phần của một số thép được sử dụng trong kỹ thuật điện**

Tên	Thành phần %							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Các tạp chất
Sắt armco	< 0,03	< 0,05	< 0,35	< 0,015	< 0,025	< 0,01	-	N+O+ xỉ
Sắt kỹ thuật điện nóng chảy trong chân không	0,017	0,009	0,035	0,01	0,05	-	0,068	0,05 ÷ 0,08
Thép dùng làm dây dẫn	0,1 ÷ 0,13	< 0,08	< 0,04	< 0,04	< 0,05			

4.5. Wonfram: (Còn gọi là Tungstene) ký hiệu là:W.

Là vật liệu chủ yếu làm dây tóc của bóng đèn có tim.

Điện trở suất: (0,0530 ÷ 0,0612) $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ .

Nhiệt độ nóng chảy: 3380<sup>0</sup>C (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.

*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.

*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 phôi từ bột wonfram được ép với áp lực lớn và thiêu kết trong khí hydrô ở nhiệt độ



cao để có độ bền cao nhưng lại xốp, sau đó thấm bạc hoặc đồng nóng chảy để tăng điện dẫn.

#### 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.

Ôxyt của nó phải có điện dẫn suất lớn  $\frac{1}{\rho}$  (tức  $\rho$  nhỏ).

Có thể gia công dễ dàng.

Giá thành hạ.

Bên cạnh những điều kiện trên vật liệu làm tiếp điểm còn phải thoả mãn với các điều kiện khác nữa tùy vào dạng tiếp điểm như:

Đối với các tiếp điểm cố định.

Đối với các tiếp điểm di động.

Đối với các tiếp điểm trượt.

Sức bền của tiếp điểm và các yếu tố ảnh hưởng đến sức bền tiếp điểm: (không cháy, không dính, phá hỏng do lực điện động).

Sức bền của tiếp điểm bị ảnh hưởng bởi:

*Bản chất bề mặt:* Điện trở của tiếp điểm càng lớn thì cầu vật liệu lớn và điện trở càng nhỏ khi ứng suất nghiền đập của vật liệu càng nhỏ. Ví dụ vật liệu mềm dẫn đến điện trở tiếp xúc nhỏ trong một số trường hợp các tiếp điểm cứng hơn song lại được bọc bằng vật liệu mềm hơn (thiếc đối với đồng và đồng thau, thiếc và cadimi đối với thép...).

Bản chất của vật liệu ảnh hưởng đến điện trở của tiếp điểm.

Bản chất của vật liệu và những điều kiện làm việc ảnh hưởng đến sự ăn mòn các tiếp điểm như: sự tác động của không khí, hơi nước, các chất hoá học... Tạo nên trên bề mặt tiếp điểm làm tăng điện trở tiếp xúc.

*Lực ấn tiếp điểm:* Là yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng tới điện trở tiếp xúc của tiếp điểm.

*Nhiệt độ tiếp điểm:* với nhiệt độ  $< 250^{\circ}\text{C}$  thì điện trở suất tăng theo nhiệt độ. Giữa  $(250 \div 400)^{\circ}\text{C}$  sức bền cơ sẽ giảm. Vật liệu trở nên mềm hơn, tức là tăng diện tích tiếp xúc thực tế làm giảm điện trở tiếp xúc. Nếu vượt quá trị số này thì điện trở tiếp xúc sẽ không tăng nữa và làm nóng chảy vật liệu.

*Trạng thái về bề mặt khi tiếp xúc:* Việc gia công bề mặt tiếp xúc cần phải loại được màng ôxyt và những vật chất xa lạ, đồng thời phải tạo được tối đa số điểm tiếp xúc khi tiếp xúc bề mặt.

Phân loại vật liệu làm tiếp điểm điện: Có 3 dạng tiếp điểm: tiếp điểm cố định, tiếp điểm di động, tiếp điểm trượt.

*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.

*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.

**Molipđen:** Bị ăn mòn lớn hơn vonfam bị ăn mòn mạnh ở nhiệt độ trên  $600^{\circ}\text{C}$ . Oxyt molipđen tạo nên lớp không dẫn điện nên không dùng molipđen nguyên chất mà sử dụng hợp kim vonfam với molipđen ở những máy cắt điện trong chân không, trong khí trơ.

**Đồng:** Được sử dụng làm tiếp điểm làm việc có ứng lực cơ khí lớn, dòng điện lớn.

**Niken:** Dùng làm tiếp điểm có dòng điện nhỏ, điện áp lớn trong môi trường hydrocacbua.

**Coban:** Được dùng dưới dạng hợp kim cho những tiếp điểm có yêu cầu tăng độ cứng.

*Vật liệu dùng làm tiếp điểm trượt:*

Đối với tiếp điểm trượt người ta dùng:

**Đồng hợp kim:** Được dùng làm cổ 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 cổ 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 cổ 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.

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. Tính chất và thành phần của một số loại kim loại gồm thường gặp của Nga được cho trong (bảng 2.12).

**Bảng 2.12 Tính chất và thành phần của kim loại**

Mã hiệu vật liệu	Các thành phần chính	Trọng lượng riêng kg/m <sup>3</sup>	Điện trở suất $\mu.\Omega.m$	Độ cứng Brinel
KMK – A 10	Bạc ôxýt Cadmi	9700	0,030	45 - 75
KMK – A20	Bạc ôxýt đồng	9500	0,025	45 - 60
KMK – A31	Bạc – Nikel	9500	0,032	60 - 80
MKM – A60	Bạc - Wolfram – Nikel	13500	0,041	120 - 160
MKM – A61	Bạc - Wolfram – Nikel	15000	0,045	170 - 210
KMK – B20	Đồng - Wolfram – Nikel	12100	0,06	120 - 150
KMK – B21	Đồng - Wolfram – Nikel	13800	0,07	170 - 200

Đối với các tiếp điểm của khí cụ điện cao áp thường sử dụng kim loại gồm MKM – A60, MKM – A61, KMK – B20, KMK – B21.

Trong các khí cụ điện hạ áp thường áp dụng vật liệu: KMK – A 10, từ Bạc và ôxyt cadmium (CdO). Đặc điểm cơ bản của vật liệu này là sự phân hủy của CdO thành Cd và O<sub>2</sub>. Khí O<sub>2</sub> nhận được dưới tác động của hồ quang có tác dụng làm giảm nhiệt độ của tiếp điểm và đẩy mạnh quá trình khử ion.

#### 4.7. Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt.

Khái niệm:

Các hợp kim điện trở cao là những hợp kim có điện trở suất tương đối lớn nên có tính chất cản trở dòng điện cao gây sự toả nhiệt trên dây điện trở.

\* Đặc tính:

Điện trở suất tương đối lớn nên hạn chế được chiều dài dây dẫn. Chịu nhiệt độ cao (yếu tố cần thiết đối với điện trở toả nhiệt). Có độ bền về cơ cao. Hệ số nhiệt độ thấp. Chống sự oxy hoá.

Một số hợp kim thường sử dụng:

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 như: Điện trở phòng thí nghiệm, biến trở khởi động, biến trở điều tốc.

Điện trở suất: 0,30 Ωmm<sup>2</sup>/m (ở 20<sup>0</sup>C)

Nhiệt độ nóng chảy: 1300<sup>0</sup>C.

Constantan: (60% Cu+ 40%Ni)

Có hệ số nhiệt độ thấp nên điện trở ít phụ thuộc nhiệt, sử dụng làm điện trở chuẩn trong phòng thí nghiệm, không làm điện trở toả nhiệt. Hợp kim maganin cũng có đặc tính tương tự như constantan.

Điện trở suất: 0,49 Ωmm<sup>2</sup>/m (ở 20<sup>0</sup>C)

Nhiệt độ nóng chảy: 1240<sup>0</sup>C.

Ferro - nickel: ( 74% Fe+ 25% Ni + 1%Cr)

Là loại hợp kim điện trở được sử dụng làm điện trở hoặc biến trở và có thể làm điện trở toả nhiệt chịu được đến 500<sup>0</sup>C. Tuy nhiên hợp kim này không bền so với điện trở toả nhiệt loại RNC vì nó dễ giòn gãy khi vận hành và nhiệt độ mới đạt đến màu đỏ sậm.

Điện trở suất: 0,80 Ωmm<sup>2</sup>/m (ở 20<sup>0</sup>C).

Nhiệt độ nóng chảy: 1500<sup>0</sup>C.

Sắt - nickel - Crome: ( 50% Fe+ 40% Ni + 10%Cr)

Đây là hợp kim điện trở chủ yếu làm điện trở tỏa nhiệt trong bàn ủi, bếp điện, mỏ hàn điện. Vì đặc tính của điện trở RNC chịu được nhiệt độ vận hành cao đến 900<sup>0</sup>C.

Điện trở suất: 1,02 Ωmm<sup>2</sup>/m (ở 20<sup>0</sup>C)

Nhiệt độ nóng chảy: 1450<sup>0</sup>C.

Nickel - Crome: ( 80% Ni + 20%Cr)

Hợp kim có đặc tính chịu được nhiệt độ vận hành rất cao (1100<sup>0</sup>c) và nó có tính chất được bảo vệ bởi 1 lớp oxit cách điện nhờ thế có thể quấn các vòng dây điện trở khít lại với điều kiện điện áp giữa các vòng dây không lớn. Công suất tiêu tán trên bề mặt của dây điện trở tỏa nhiệt khoảng:

2W/cm<sup>2</sup> khi ở nhiệt độ 600<sup>0</sup>C đến 800<sup>0</sup>C.

1W/cm<sup>2</sup> khi ở nhiệt độ 900<sup>0</sup>C

0,7W/cm<sup>2</sup> khi ở nhiệt độ 1000<sup>0</sup>C.

**Bảng 2.13. Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt**

Tên hợp kim	Thành phần	ρ Ωmm <sup>2</sup> /m (ở 20 <sup>0</sup> C)	Hệ số α độ <sup>-1</sup>	Nhiệt nóng chảy (°C)	Nhiệt độ làm việc cho phép (°C)
Maiso	60 Cu+ 25 Zn + 15Ni	0,300	0,0003	1290	400
Constantan	60 Cu+ 40Ni	0,460	0	1240	400
Ferro- nickel	74 Fe+ 25 Ni + 1Cr	0,800	0,00090	1500	500
Manganin	86Cu+12Mn+2Ni	0,420	±0,00002		200
Hợp kim: RNC1	55Fe+35Ni+10Cr	1,020	0,00032	1450	700
Hợp kim: RNC2 (Feronicrôm)	25Fe+60Ni+15Cr	1,110	0,00015	1450	900
Hợp kim: RNC3	80Ni+20Cr	1,030	0,00009	1475	1100

#### 4.8. Lưỡng kim

*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.

Dây dẫn lưỡng kim thép - đồng:

Ở những đường dây thông tin dùng dòng điện có tần số cao ( $2000 \div 8000\text{Hz}$ ) thì hiệu ứng màng ngoài rất rõ. Dòng điện chạy qua lớp bề mặt chiều dày ( $0,5 \div 0,6\text{mm}$ ), còn bên trong trở thành mất tác dụng dẫn điện. Vì vậy người ta chế tạo lõi dây dẫn bằng thép như vậy sẽ tiết kiệm được đồng (kim loại màu) mà vẫn không làm ảnh hưởng tới điện trở ở dòng điện xoay chiều. Đồng thời nó làm tăng sức bền cơ cho dây dẫn và lớp đồng bên ngoài cũng là lớp bảo vệ tốt đối với sự ăn mòn của môi trường.

Do vậy người ta dùng dây dẫn bằng vật liệu lưỡng kim đồng thép đối với đường dây thông tin có đường kính từ ( $1 \div 4\text{mm}$ ). Dây dẫn lưỡng kim để chế tạo thanh góp trong các thiết bị dùng để nối.

Việc bọc lõi thép có thể thực hiện theo:

Phương pháp dát mỏng khi nóng.

Phương pháp điện phân.

Phương pháp bọc khi nóng: Thanh thép được làm sạch lớp oxyt và đặt vào giữa khuôn mẫu, xung quanh thanh thép người ta rót đồng nóng chảy ( $1200 \div 1260^{\circ}\text{C}$ ). Lõi thép có  $d = (80 \div 85)\text{mm}$ , dài ( $700 \div 800\text{mm}$ ). Sau đó để nguội về sau sẽ dát mỏng hoặc kéo thành sợi theo kích thước mong muốn.

Phương pháp bọc theo cách điện phân:

Đồng sẽ bám vào dây thép, trong bể galvanic sulfat đồng đảm bảo có một lớp bọc bằng đồng, đồng nhất song không cho một sự dính chặt hoàn toàn. Đồng thời phương pháp này tiêu thụ lượng điện năng lớn.

Ngoài ra người ta còn dùng dây dẫn lưỡng kim nhôm.

Nhiệt lưỡng kim:

Nhiệt lưỡng kim là sự ghép nối từ 2 dải băng hẹp có cùng chiều dày bằng những kim loại hay hợp kim có hệ số giãn nở theo chiều dài rất khác nhau, chúng được chế tạo bằng phương pháp dát mỏng khi nóng. Tỷ lệ trọng lượng là 1:1.

Khi nung nóng lưỡng kim loại sẽ cong và tác động lên các chi tiết để mở role nhiệt hay những thiết bị tự động.

Việc uốn cong của tấm lưỡng kim khi nung nóng phụ thuộc vào chiều dày của thanh và độc lập với chiều rộng của thanh. để tránh ứng suất cục bộ thì thanh lưỡng kim phải được xử lý nhiệt trước.

Đối với hợp kim có hệ số giãn nở theo chiều dài ít người ta dùng hợp kim niken (36 ÷ 46%) hợp kim được dùng nhiều là hợp kim inva (H36) có: 36,1%Ni, 63,1%Fe, 0,4% Mn, 0,4%Cu.

Đối với hợp kim giãn nở theo chiều dài nhiều thì người ta dùng hợp kim đồng - kẽm, thép hợp kim crôm - niken, hợp kim với niken và molipden.

## CÂU HỎI

1. Trình bày khái niệm về vật liệu dẫn điện? Nêu tính chất của vật liệu dẫn điện?
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. Các tác nhân của môi trường ảnh hưởng như thế nào đến vật liệu dẫn điện?
4. Thế nào là hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động?
5. Nêu các tính chất chung của kim loại và hợp kim?
6. Nêu những hư hỏng thường gặp của vật liệu dẫn điện, nguyên nhân và biện pháp khắc phục?
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?
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?
9. Nêu những hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt? Nêu một số hợp kim điển hình?
10. Thế nào là lưỡng kim, nhiệt lưỡng kim hãy trình bày và cho một vài ví dụ minh họa.?



## **CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU DẪN TỪ**

### **Mã chương : 11-03**

#### **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:**

- Nhận dạng, phân loại chính xác các loại vật liệu dẫn từ dùng trong công nghiệp và dân dụng.
- Trình bày được các đặc tính cơ bản của một số loại vật liệu dẫn từ thường dùng.
- Sử dụng phù hợp các loại vật liệu dẫn từ theo từng yêu cầu kỹ thuật cụ thể.
- Xác định được các nguyên nhân gây ra hư hỏng và có phương án thay thế khả thi các loại vật liệu dẫn từ thường dùng.
- Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, chủ động trong công việc

### **1. Khái niệm và tính chất vật liệu dẫn từ.**

#### *Mục tiêu:*

Trình bày được khái niệm, tính chất của vật liệu dẫn từ

#### 1.1. Khái niệm về vật liệu dẫn từ.

Một trong những tác dụng cơ bản của dòng điện là tác dụng từ. Đó chính là cơ sở để chế tạo các loại máy điện. Để truyền tải được năng lượng từ trường cần phải có những vật liệu có từ tính, đó chính là nhóm vật liệu dẫn từ (còn gọi là vật liệu sắt từ). Kim loại chủ yếu có từ tính là sắt cacbon, 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.

#### 1.2. Tính chất vật liệu dẫn từ .

##### 1.2.1. Các đặc tính của vật liệu dẫn từ .

Các nguyên tố có tính chất sắt từ là: sắt cacbon, niken và các hợp kim của chúng, bên cạnh đó còn có coban cũng được gọi là chất sắt từ. Nguyên nhân chủ yếu gây nên từ tính của vật liệu là các điện tích luôn chuyển động nằm theo quỹ đạo kín, tạo nên những dòng điện vòng đó là sự quay của các điện tử xung quanh trục của mình và sự quay theo quỹ đạo của các điện tử trong nguyên tử.

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 đômen 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 đômen có mômen từ tạo với hướng từ trường góc nhỏ nhất và giảm kích thước của các đômen khác (quá trình chuyển dịch mặt phân cách của các đômen).
- + Quay các véc tơ mômen từ hóa theo hướng từ trường ngoài (quá trình định hướng).

Quá trình từ hóa vật liệu sắt từ có thể đặc trưng bằng đường cong từ hóa  $B = f(H)$ , có dạng tương tự với tất cả các vật liệu sắt từ.

Khi từ hóa chất sắt từ đơn tinh thể thì kích thước của chúng có thay đổi.

Quá trình từ hoá lại vật liệu sắt từ trong từ trường biến đổi bao giờ cũng có tổn hao năng lượng dưới dạng nhiệt do tổn hao từ trễ và tổn hao động học.

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.

Công suất tổn hao dòng điện xoáy có thể tính theo công thức:

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

Trong đó:  $\xi$ : là hệ số phụ thuộc vào loại chất sắt từ (trong đó phụ thuộc vào điện trở suất) và hình dáng của nó.

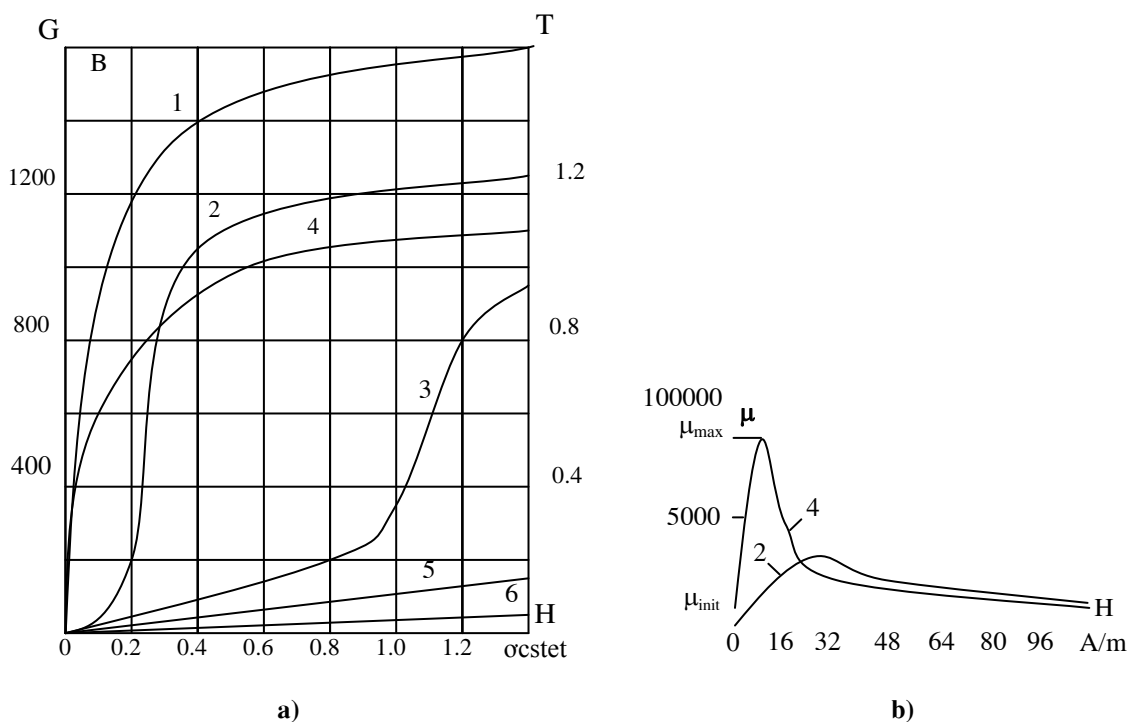
$f$ : là tần số dòng điện.

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

$V$ : thể tích chất sắt từ.

Chú ý đến các tổn hao có liên quan tới hiệu quả từ hoá khi chất sắt từ làm việc ở chế độ xung.

### 1.2.2. Đường cong từ hoá.



Hình .1 : ĐƯỜNG CONG TỪ HÓA VÀ ĐƯỜNG CONG CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG THÂM TỪ CƠ BẢN CỦA MỘT SỐ VẬT LIỆU TỪ.

a) Đường cong từ hóa

b) Đường cong cường độ trường thâm 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 thâm là tỉ số của đại lượng cảm ứng từ  $B$  và cường độ từ trường  $H$  ở điểm xác trên đường cong từ hóa cơ bản. Trong hệ SI hằng số  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$ .

Trên hình vẽ trục dọc bên trái đặt giá trị cảm ứng từ tính theo gauss, Bên phải tính theo hệ SI - tesla (T),  $1\text{gaus} = 10^{-4}\text{T}$ . Trên trục ngang là cường độ từ trường H đơn vị là oerstet, theo hệ SI là A/m,  $1\text{oerstet} = 79,6\text{ A/m} \approx 80\text{ A/m}$ . Việc tính đổi các trị số của cảm ứng từ hoặc cường độ từ trường từ thứ nguyên của một hệ đơn vị này sang hệ đơn vị khác rất đơn giản.

Độ từ thẩm  $\mu_{bd}$  khi  $H = 0$  gọi là độ từ thẩm ban đầu, đó là trị số của nó trong trường yếu khoảng 0,001 oerstet. Giá trị lớn nhất của độ từ thẩm gọi là độ từ thẩm cực đại ký hiệu  $\mu_{max}$ . Ở từ trường mạnh, trong vùng bão hòa từ độ từ thẩm tiến tới bằng 1.

Hệ số từ thẩm động  $\mu_{\sim}$  là đại lượng đặc trưng cho vật liệu sắt từ trong từ trường xoay chiều, nó là tỉ số giữa biên độ cảm ứng từ với biên độ cường độ từ trường:

$$\mu_{\sim} = \frac{B_{max}}{H_{max}}$$

Với sự tăng của tần số từ trường xoay chiều, độ từ thẩm động giảm vì quán tính của các quá trình từ.

Nếu tiến hành từ hóa vật liệu sắt từ trong từ trường ngoài, sau đó bắt đầu ở một điểm nào đó trên đường cong từ hóa cơ bản, giảm cường độ từ trường thì cảm ứng từ cũng giảm, nhưng không theo đường từ hóa cơ bản mà giảm chậm hơn do hiện tượng từ trễ. Khi tăng từ trường theo chiều ngược lại thì mẫu vật liệu có thể bị khử từ đó lại được từ hóa lại, nếu đổi chiều từ trường thì cảm ứng từ lại có thể quay lại điểm ban đầu. Ta có đường cong kín đặc trưng cho tình trạng từ hóa của mẫu, đó là vòng từ trễ của chu trình từ hóa.

Ở giai đoạn đầu khi tăng dòng điện từ hóa trong cuộn dây thì cường độ từ trường H sẽ tăng và cảm ứng từ B cũng tăng tỉ lệ thuận. Sau đó khi ta tăng H thì B tăng ít hơn. Giai đoạn gần bão hòa, hệ số giảm dần đến khi cường độ từ trường H đủ lớn thì từ cảm B hầu như không tăng nữa. Giai đoạn bão hòa từ và hệ số sẽ tiến tới 1.

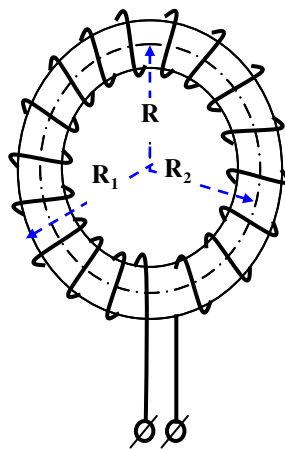
Hệ số từ thẩm của chất sắt từ không phải là hằng số. Quan hệ giữa từ cảm B và cường độ từ trường H không phải là đường thẳng.

## 2. Mạch từ và tính toán mạch từ.

*Mục tiêu:*

- Trình bày được khái niệm về mạch từ, các hư hỏng thường gặp, nguyên nhân, biện pháp khắc phục

Mạch từ là gồm lõi sắt từ có hay không có các khe không khí và từ thông sẽ đóng kín qua chúng. Việc sử dụng vật liệu sắt từ nhằm mục đích thu được từ trở cực tiểu, đối với từ trở này, sức từ động cần thiết để đảm bảo cảm ứng từ hay từ thông mong muốn có giá trị của nó nhỏ nhất. Mạch từ rất đơn giản bao gồm bởi lõi cuộn dây hình xuyên (hình 4.2) hoặc người ta dùng các mạch từ nối tiếp hay rẽ nhánh mà các đoạn có thể thực hiện bằng các vật liệu khác nhau, hay vật liệu cùng một bản chất (hình 4.4). 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.



Hình 4.2: Cuộn dây hình xuyên

### 2.1. Các công thức cơ bản

Khi tính toán mạch từ, có thể áp dụng các định luật cơ bản của mạch điện bởi vì giữa chúng tồn tại sự tương tự qua lại.

a) Định luật Kirchauffe 1: áp dụng cho mạch từ được phát biểu nh sau.

Đối với một nút bất kỳ trong mạch từ, tổng các từ thông đi vào (có chiều về phía điểm nút) và đi ra (có chiều đi ra khỏi điểm nút) bằng zéro.

$$\sum_{i=1}^n \Phi_i = 0 \quad (4.1)$$

b) Định luật Kirchauffe 2: phát biểu như sau: đối với một mạch vòng khép kín trong mạch từ, tổng các từ áp rơi trên mạch vòng đó và các sức từ động bằng zéro.

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{k=1}^m \Phi_k R_{mk} = 0. \quad (4.2)$$

c) Định luật Ohm phát biểu như sau: đối với một nhánh bất kỳ trong mạch từ tích số giữa từ thông chảy qua và tổng trở từ bằng từ áp rơi giữa hai đầu của nhánh đó.

$$\Phi_i Z_{mi} = U_{mi} . \quad (4.3)$$

Trong các công thức trên:

$\Phi_i$  : là từ thông chảy qua các nhánh của mạch từ (wb).

$F_i$  : là sức từ động của các nhánh từ tương ứng (A.t).

$R_{mk}$  : từ trở của nhánh từ tương ứng (1/H).

$Z_{mi}$  : tổng trở từ của các nhánh (1/H).

$U_{mi}$  : từ áp rơi trên các nhánh từ (A).

Tổng trở  $Z_{mi}$  của nhánh từ bao gồm hai thành phần là từ trở  $R_{mi}$  và từ kháng  $X_{mi}$ , giữa chúng có quan hệ tam giác vuông.

$$Z_{mi} = \sqrt{R_{mi}^2 + X_{mi}^2} . \quad (4.4)$$

Đối với mạch từ một chiều (DC) không tồn tại thành phần từ kháng  $X_{mi}$  vì vậy trong đó chỉ bao gồm các thành phần từ trở  $R_{mi}$ .

$$R_{mi} = \frac{l_i}{\mu_i S_i} . \quad (4.5)$$

Trong đó:

$l_i$  : là chiều dài của nhánh từ tương ứng (m).

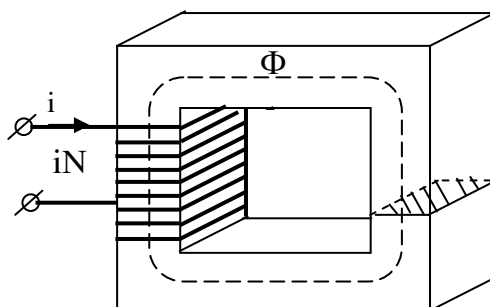
$S_i$  : tiết diện của nhánh từ đó ( $m^2$ ).

$\mu_i$  : là từ thẩm vật liệu từ của nhánh từ tương ứng (H/m).

Ví dụ:

Mạch từ được trình bày như (hình 4.1). Lõi được làm từ vật liệu từ có độ từ thẩm  $\mu$  lớn hơn rất nhiều với từ thẩm của chân không  $\mu_0$  với:  $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$  (H/m).

Lõi có tiết diện không đổi và được kích từ bởi cuộn dây có N vòng dây, trong đó chảy dòng điện I (A). Cuộn dây N sẽ sinh ra từ trường trong lõi thép nh được biểu diễn trong (hình 4.1).



Hình 4.3: Mạch từ

Từ thông  $\Phi$  đi qua bề mặt  $S$  bằng tích phân mặt của các thành phần pháp tuyến của từ cảm  $B$ . Như vậy.

$$\Phi = \int B \cdot dS \quad (4.6)$$

Trong hệ đo lường SI, từ thông  $\Phi$  có thứ nguyên là weber (wb).

Khi từ cảm là đồng nhất bên trong một mặt cắt bất kỳ của lõi thép, phương trình trên có thể được biểu diễn:

$$\Phi_i = B_i \cdot S_i. \quad (4.7)$$

Trong đó:

$\Phi_i$  : từ thông trong lõi thép.

$B_i$  : từ cảm.

$S_i$  : là tiết diện của lõi thép.

Từ phương trình  $\int_c H \cdot dL = \int_s J \cdot dS$ , quan hệ giữa sức từ động và cường độ từ trường  $H$  có thể được biểu diễn:

$$F = NI = \int \vec{H} \cdot \vec{dl}. \quad (4.8a)$$

Lõi thép có độ dài trung bình chính bằng chiều dài khép kín của đường sức từ bất kỳ  $l_i$ .

Kết quả là tích phân đường (4.8) trở thành tích của các đại lượng vô hướng  $H_i$ ,  $l_i$ . Từ phương trình (4.8a) có thể viết lại:

$$F = NI = H_i L_i. \quad (4.8b)$$

Với  $H_i$  là giá trị trung bình phần thực của vectơ  $H$  trong lõi thép. Chiều của  $H_i$  trong lõi thép được xác định theo quy tắc bàn tay phải, nó có thể được biểu diễn bằng hai cách tương tự nh nhau. Hãy hình dung rằng có một vật dẫn điện đặt trong bàn tay phải, ngón tay cái chỉ chiều của từ trường  $H_i$ . Hoàn toàn tương tự nếu như cuộn dây trong hình vẽ (hình 4.3) được nắm bởi bàn tay phải, khi đó các ngón tay chỉ chiều dòng điện và ngón tay cái sẽ chỉ chiều từ trường.

Trong mỗi nhánh từ của mạch từ, quan hệ giữa từ cảm  $B_i$  (T) và cường độ từ trường  $H_i$  (A/m) được biểu diễn bằng đường cong từ hóa  $B = f(H)$  của vật liệu từ nhận được từ thực nghiệm. Đối với các vật liệu phi từ tính như đồng nhôm, đồng

v.v..., các vật liệu cách điện như Fibre, bakelite v.v... và không khí, quan hệ này được biểu diễn như sau:

$$B = \mu_0.H. \quad (4.9)$$

Với  $\mu_0$  là từ thẩm của chân không (H/m).

Trong mạch từ ta phân biệt các từ thông sau:

Từ thông làm việc  $\Phi_{lv}$  là từ thông đi qua khe hở không khí chính của mạch từ.

Từ thông rò  $\Phi_\delta$  là từ thông không đi qua khe hở không khí chính của mạch từ mà khép kín theo các đường khác.

Từ thông tổng  $\Phi_0$ , là tổng của hai từ thông  $\Phi_{lv}$  và  $\Phi_\delta$  và thường đi qua phần gông của mạch từ (hình 4.3).

Tỷ số giữa từ thông tổng và từ thông làm việc được định nghĩa là hệ số rò  $\delta$  của một mạch từ cho trước:

$$\delta = \frac{\Phi_0}{\Phi_{lv}} = \frac{\Phi_{lv} + \Phi_\delta}{\Phi_{lv}} = 1 + \frac{\Phi_\delta}{\Phi_{lv}}. \quad (4.10)$$

Khi tính toán mạch từ thường gặp hai dạng bài toán cơ bản sau đây.

*Bài toán thuận:* với nội dung như sau :

Cho trước từ thông  $\Phi$  hoặc từ cảm  $B$  và hình dạng, kích thước của mạch từ, cần xác định sức từ động cần thiết để sinh ra từ thông đó.

*Bài toán nghịch:* được phát biểu như sau:

Cho trước sức từ động hình dạng, kích thước và vật liệu của mạch từ, cần xác định giá trị các từ thông trong mạch từ.

Trong thực tế, có thể gặp các dạng bài toán mạch từ hơi khác một chút ví dụ như: cho trước giá trị của lực hút điện từ tác động lên phần ứng tại một vị trí xác định của khe hở không khí  $\delta$  ( $\delta$  là khoảng cách giữa nắp và lõi của mạch từ) hoặc cho trước đặc tính lực hút điện từ  $P = f(\delta)$  và các điều kiện phụ về hình dáng, kích thước và vật liệu của mạch từ, cần xác định từ thông hoặc giá trị sức từ động cần thiết. Những bài toán về mạch từ như vậy tựu chung đều có thể đưa về dạng của một trong hai bài toán cơ bản nêu ở trên.

*Bài toán thuận có thể được giải quyết như sau:* Đối với mỗi nhánh từ của mạch từ, có thể xem từ cảm ứng từ  $B$  là không đổi trên toàn bộ chiều dài của nhánh đó, ta xác định giá trị cường độ từ trường  $H$  tương ứng dựa trên quan hệ

$$B = \mu.H. \quad (4.11)$$

Trong hệ đo lường SI,  $B$  được đo bằng weber/m<sup>2</sup> hay còn được gọi là tesla (T),  $\mu$  được đo bằng weber/A hoặc (H/m). Từ thẩm của sắt từ được biểu diễn



bằng  $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$  với giá trị phổ biến của  $\mu_r$  của các vật liệu từ dùng để chế tạo các thiết bị điện nằm trong khoảng từ 2000 đến 80000, hoặc dựa trên quan hệ đường cong từ hóa của vật liệu cho trước. Tích giữa cường độ từ trường và chiều dài nhánh từ chính là giá trị sức từ động cần thiết  $F_i = H_i l_i$ . Sức từ động cần thiết của toàn bộ mạch từ sẽ bằng tổng các sức từ động nhánh nằm trong một mạch vòng khép kín.

$$F = \sum_{i=1}^n F_i. \quad (4.12)$$

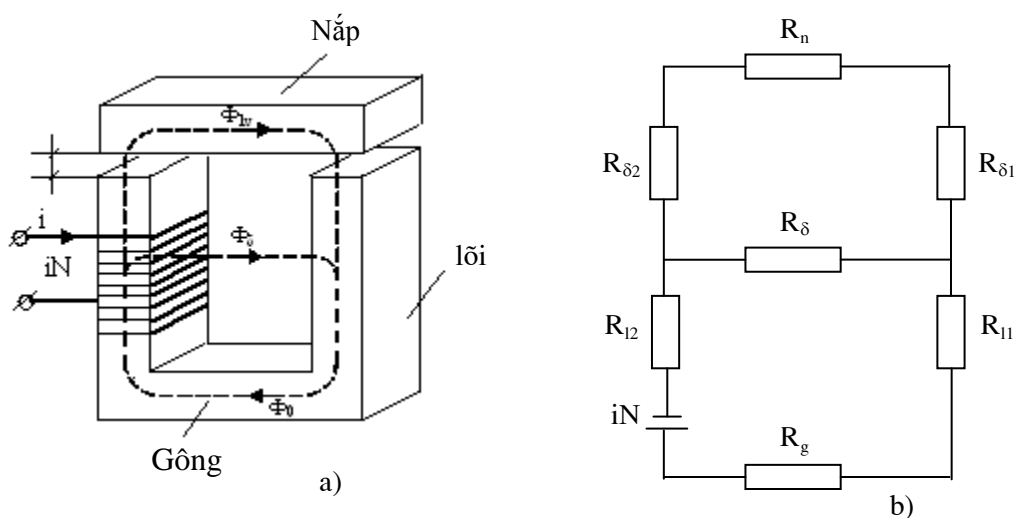
Dạng bài toán cơ bản thứ hai thường khó giải hơn. Để nhận được từ thông sinh ra từ sức từ động cho trước, có thể có thể thực hiện bài toán theo phương pháp lặp như sau: đầu tiên ta chọn một cách tùy ý, một số giá trị từ thông  $\Phi$ , sau đó theo cách giải bài toán thuận ta xác định được các giá trị tương ứng của sức từ động. Kết quả nhận được cho phép xây dựng đường biểu diễn quan hệ:

$\Phi = f(F_i)$ , từ đó ứng với sức từ động ban đầu để cho ta tra ra giá trị từ thông cần thiết.

## 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  $\Phi$  tổng tương tự với cường độ dòng điện  $I$ , từ trở  $R_m$  tương tự với điện trở  $R$ , tổng trở từ  $Z_m$  tương tự với tổng trở điện  $Z$  v.v...

Xét một mạch từ điển hình



Hình 4.4: a. Mạch từ

b. Sơ đồ thay thế

Cùng với sơ đồ thay thế của nó được biểu diễn như trong hình (hình 4.4), trong đó  $R_n$  là từ trở của nắp mạch từ;  $R_\delta$  là từ trở của khe hở không khí  $\delta$ , nó thường được biểu diễn trong sơ đồ thay thế bằng giá trị nghịch đảo gọi là từ đảo gọi là từ dẫn của khe hở không khí  $G_\delta$ ;  $R_l$  từ trở của lõi mạch từ và  $R_g$  từ trở của gông mạch từ. Ở đây không biểu diễn bề dày của mạch từ, mà đối với mạch từ thực tế bất kỳ luôn tồn tại, vì vậy cần phải hiểu là ở tất cả các phần của mạch từ như nắp, gông, lõi đều phải kể đến tiết diện của chúng.

Đối với các mạch từ xoay chiều (AC) vì có sự xuất hiện của các tổn hao trong lõi thép (tổn hao do từ trễ và do dòng điện Foucault) nên thay vì các từ trở  $R_n, R_l, R_g$  ta phải biểu diễn bằng các tổng trở từ tương ứng  $Z_n, Z_l, Z_g$ .

Ngoài ra để tránh các loại ký hiệu chồng chéo lên nhau, khi biểu diễn các đại lượng từ trong các sơ đồ thay thế ta đã cố ý bỏ đi các ký hiệu mạch đã biểu diễn các công thức trên.

### 2.3. Mạch từ xoay chiều.

Mạch từ xoay chiều (AC), không xét tới từ trở của lõi thép.

Mạch từ xoay chiều có đặc điểm khác mạch từ một chiều:

Dòng điện trong cuộn dây xoay chiều phụ thuộc tổng trở của nó.

$$I = \frac{U}{Z}. \quad (4.13)$$

Với:  $Z = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2}$  .

Trong đó:

- $r$ : điện trở của cuộn dây. ( $\Omega$ ).
- $\omega$ : Tần số góc của nguồn điện ( $s^{-1}$ ).
- $L$ : Hệ số tự cảm của cuộn dây (H)

$$L = N^2 \cdot G. \quad (4.14 \text{ a})$$

$$L = \frac{IN^2 \cdot G\delta}{I} + \frac{IN^2}{3I} \cdot g \cdot l = N^2 \left[ G_\delta + \frac{g \cdot l}{3} \right]. \quad (4.14 \text{ b})$$

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{\Psi_{lv} + \Psi_\delta}{I}. \quad (4.14 \text{ c})$$

Trong đó:

$N$ : số vòng dây của cuộn dây.

$G$ : Từ dẫn của mạch từ (H).

$\psi$ : Từ thông móc vòng.

I: Dòng điện

Khi không xét đến từ trở của lõi thép thì:  $G \approx G_0$  vì vậy.

$$I = \frac{U_0}{\omega N^2 S \mu_0} \quad (4.15)$$

Trong đó:

S: là tiết diện lõi từ ( $m^2$ ).

$\delta$ : độ lớn của khe hở không khí.

Để thấy rằng trong biểu thức 3 khi  $U = \text{Const}$  thì dòng điện I chủ yếu phụ thuộc vào độ lớn của khe hở không khí  $\delta$  và phụ thuộc này là theo tỷ lệ thuận.

Đối với mạch từ xoay chiều, khi khe hở không khí  $\delta$  tăng lên dẫn đến sự tăng theo của từ trở mạch từ và ngược lại. nhưng đồng thời dòng điện trong cuộn dây cũng tăng lên có nghĩa là sức từ động ( $F = IN$ ) của mạch từ cũng tăng lên, ta thấy rằng từ thông trong mạch từ lúc này bị tác động của hai yếu tố thứ nhất khi từ trở tăng nó có xu hướng bị giảm xuống, đồng thời sức từ động F tăng nó có xu hướng. Tổng hợp hai yếu tố này lại ta thấy rằng từ thông không thay đổi nhiều khi khe hở không khí  $\delta$  biến đổi.

Đối với mạch từ xoay chiều cuộn dây điện áp, số vòng dây N có quan hệ chặt chẽ tới giá trị từ thông  $\Phi$  trong mạch từ và điện áp U.

$$N = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_m} \quad (4.16)$$

Trong đó:

f: tần số của nguồn điện (Hz).

$\Phi_m$ : giá trị biên độ của từ thông xoay chiều trong mạch từ (wb).

Từ đó ta thấy rằng khi  $U = \text{const}$  và  $\Phi_m = \text{const}$  thì N là đại lượng xác định.

Khi cuộn dây trong mạch từ là cuộn dây dòng, dòng điện chảy qua cuộn dây phụ thuộc vào phụ tải, số vòng dây của nó được xác định bởi:

$$N = \frac{F}{I} \quad (4.17)$$

Vì có tổn hao trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch của mạch từ xoay chiều, nên từ thông  $\Phi$  không cùng pha với sức từ động cuộn dây.

Từ thông tổng và các thành phần của nó chảy trong các nhánh từ khác nhau có thể lệch pha với nhau. Sự chênh lệch pha này là do tổng trở từ của mỗi nhánh có thể khác nhau.

Sự lệch pha giữa từ thông và sức từ động cho thấy rằng trong thành phần của tổng trở từ của mạch từ xoay chiều có sự hiện diện của từ kháng X.

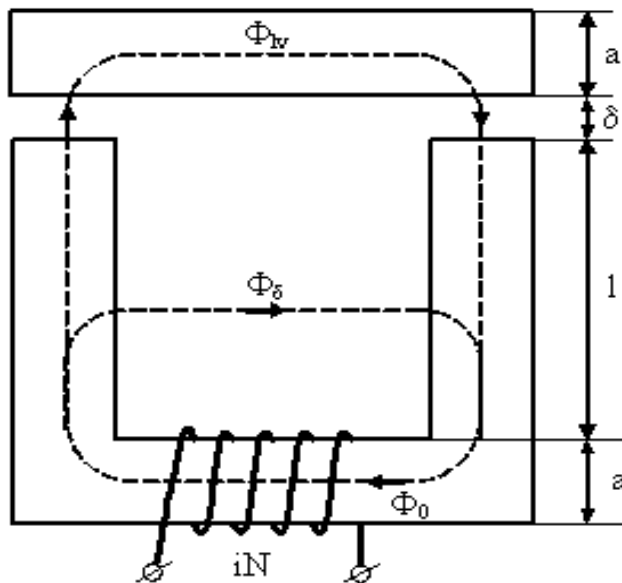
Từ kháng là do tổn hao trong mạch từ sinh ra.

Lực hút điện từ xoay chiều có dạng đập mạch với tần số gấp đôi tần số của nguồn điện. Vì vậy xuất hiện hiện tượng rung nắp mạch từ xoay chiều khi nó vận hành. Để làm giảm hiện tượng rung này có thể sử dụng biện pháp đặt vòng ngắn mạch ôm lấy một phần cực từ của nó.

Xét mạch từ xoay chiều có cuộn dây đặt trên gông như hình (hình 4.5).

Bài toán được đặt ra như sau:

Cho trước điện áp cuộn dây xoay chiều U, hình dạng và kích thước mạch từ, từ thông làm việc  $\Phi_{lv}$ . Hãy xác định dòng điện I chảy trong cuộn dây đó bỏ qua từ trở của lõi thép mạch từ.



Hình 4.5: Mạch từ xoay chiều có cuộn dây đặt trên gông

Giải

- Sức từ động của cuộn dây có thể được xác định từ:

$$\sqrt{2}.I.N = \frac{\Phi_{lv}}{G\delta}. \quad (4.18)$$

$G\delta$  là tổng từ dẫn của hai khe hở không khí trong mạch từ và có công thức tính như sau:

$$G_{\delta} = \mu_0 \frac{S}{\delta}. \quad (4.19)$$

Từ thông rò  $\Phi_{\delta}$  được xác định từ giá trị từ dẫn rò quy đổi:

$$\Phi_{\delta} = \sqrt{2} N \cdot g \cdot I. \quad (4.20)$$

Từ thông tổng:

$$\Phi_0 = \Phi_{lv} + \Phi_{\delta} = \sqrt{2} \cdot I \cdot N (G_{\delta} + g \cdot l). \quad (4.19)$$

Số vòng dây:

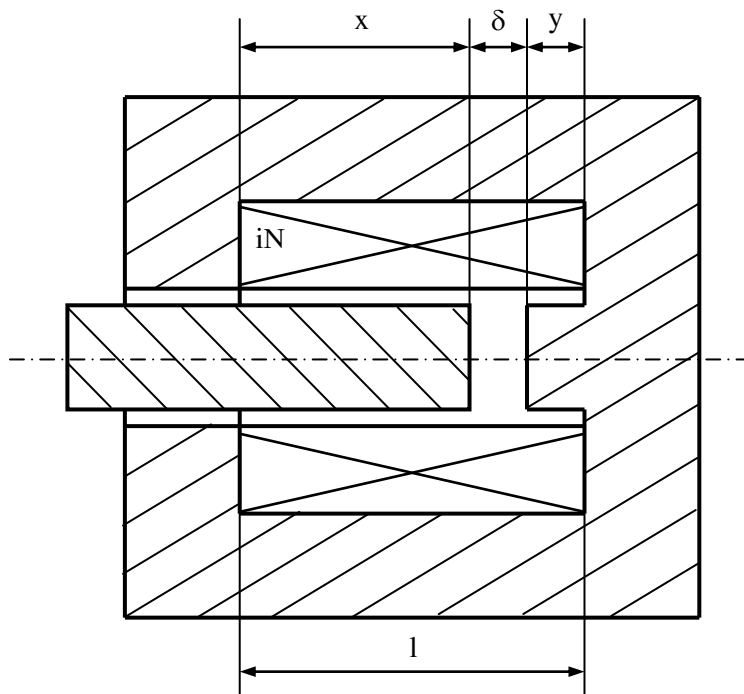
$$N = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_{0m}}. \quad (4.20)$$

Từ (4.18) và (4.19) xác định được giá trị dòng điện:

$$I = \frac{4,44 \cdot f \cdot \Phi_{0m}}{\sqrt{2} \cdot U \cdot (G_{\delta} + g \cdot l)} = \frac{\omega \Phi_{0m}^2}{2U(G_{\delta} + g \cdot l)}. \quad (4.21)$$

Trong trường hợp, khi mạch từ có cuộn dây đặt trên lõi, thì trình tự giải không có gì khác, tuy nhiên cần lưu ý tới việc xác định đúng giá trị từ dẫn rò quy đổi  $G_{\delta}$ .

Đối với mạch từ kiểu Solenoide như hình (hình 4.6). Với bài toán cho trước giá trị từ thông  $\Phi_{lv}$  và số vòng dây  $N$  của cuộn dây xác định theo trình tự sau:



Hình 4.6: mạch từ kiểu Solenoide

Tính sức từ động cuộn dây kích thích:

$$\sqrt{2}.I.N = \frac{\Phi_{lv}}{G_{\delta}}.$$

Từ thông tổng, móc vòng với tất cả các cuộn dây bằng:

$$\Phi_0 = \Phi_{lv} + \Phi_{\delta x} + \Phi_{\delta y} = \sqrt{2}.I.N(G_{\delta} + g \frac{x^3 + y^3}{3.l^2}).$$

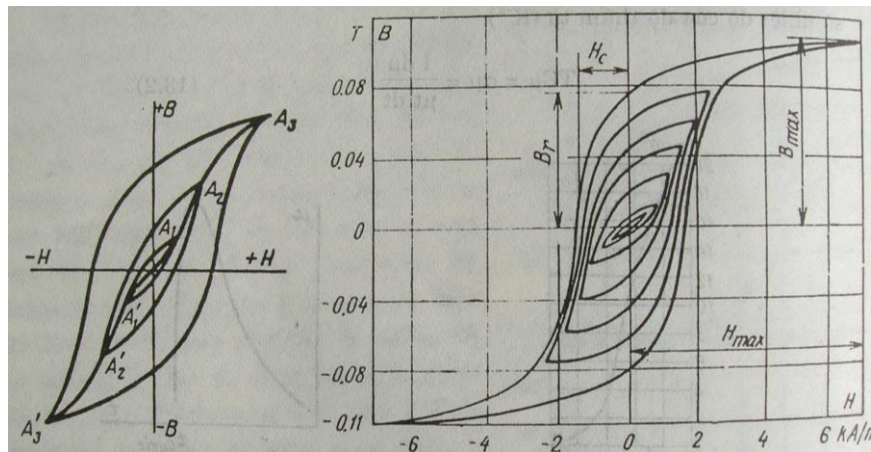
Số vòng dây:

$$N = \frac{U}{4,44.f.\Phi_{0m}} = \frac{UG_{\delta}}{4,44.f.\Phi_{lv} \left[ G_{lv} + g \frac{x^3 + y^3}{3.l^2} \right]}.$$

Dòng điện cuộn dây.

$$I = \frac{\Phi_{lv}}{\sqrt{2}.N.G_{\delta}}.$$

Ta cũng có thể tính toán bằng cách là mạch từ được chia nhỏ ra thành các đoạn  $l_1, l_2, v.v....$  có cùng một tiết diện trên toàn bộ chiều dài của nó, tức là phải chịu một từ trường giống hệt nhau. Kế tiếp ta xác định cảm ứng từ  $B = \frac{\Phi}{S}$  trên mỗi đoạn và ta tìm cường độ tương ứng của trường từ theo các đường cong từ hóa tự nhiên (hình 4.7)



Hình 4.7: a) Các chu trình từ trễ và đường cong từ hóa tự nhiên  
b) Vòng từ trễ (mắc từ trễ) ở một số giá trị giới hạn khác nhau của lực từ

Cường độ từ trường trong khe hở hay trong vật liệu không từ sẽ được tính theo công thức:

$$H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} \approx 0,8.10^6 B_0$$

Ở đây  $H_0$  được xác định bằng A/m),

$B_0$ : bằng tesla.

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

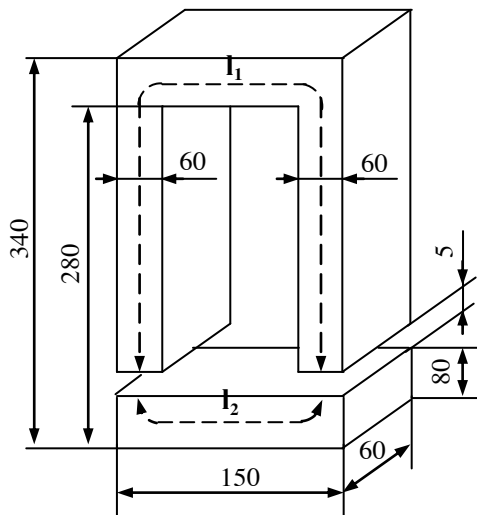
Theo lý thuyết của Ampe, tổng số của các từ áp trên tất cả các đoạn của mạch từ là bằng với dòng tổng.

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

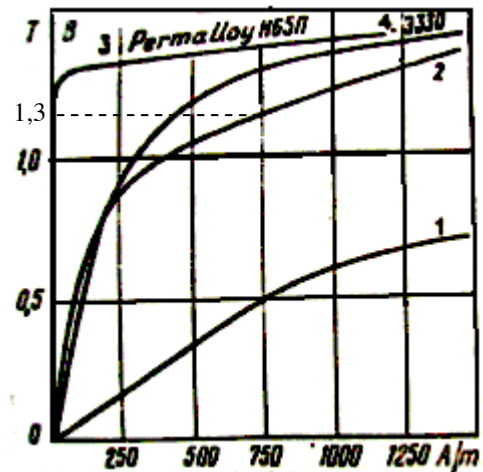
Ví dụ:

Cần bao nhiêu vòng dây quấn trên lõi (hình 4.8) dưới đây để có một từ thông  $47 \cdot 10^{-4} \text{Wb}$ , giả thiết rằng dòng điện trong cuộn dây là 25A và phần phía trên của lõi được làm bằng thép  $\varnothing 330$  và phần phía dưới làm bằng thép khuôn?

Đoạn đầu trên của ba đoạn bằng thép  $\varnothing 330$  có chiều dài 540 (0,54m) và tiết diện  $S_1 = 36 \text{cm}^2$  ( $0,0036 \text{m}^2$ ), đoạn thứ hai bằng thép khuôn có  $l_2 = 17 \text{cm}$  ( $0,17 \text{m}$ ) và  $S_2 = 48 \text{cm}^2$  ( $0,0048 \text{m}^2$ ), đoạn thứ ba được tạo nên bởi một khe hở  $l_0 = 5 \times 2 = 10 \text{mm}$  ( $0,01 \text{m}$ ) và  $S_0 = 36 \text{cm}^2$  ( $0,0036 \text{m}^2$ ).



Hình 4.8: Mạch từ của ví dụ



Hình 4.9: Đường cong từ hóa thép  $\varnothing 330$  (đường số 2)

Bài giải:

Cảm ứng từ trong các đoạn thứ nhất, hai và thứ ba là:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{47 \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 10^{-4}} = 1,3 \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{47 \cdot 10^{-4}}{48 \cdot 10^{-4}} = 0,98 \text{T}$$

$$B_0 = \frac{\Phi}{S_0} = \frac{47 \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 10^{-4}} = 1,3 \text{T}$$

Theo đường cong từ hóa tự nhiên đối với thép  $\sigma 330$  (Hình 4.9) ta thấy rằng cảm ứng từ  $1,3T$  tương ứng với cường độ từ trường  $750A/m$ .

Từ áp trên đoạn thứ nhất là:

$$U_{m1} = H_1 l_1 = 750 \times 0,54 = 405 \text{ A.}$$

Cường độ từ trường trên đoạn thứ hai là:

$$H_2 = 400A/m$$

Từ áp trên đoạn thứ hai là:

$$U_{m2} = H_2 l_2 = 400 \times 0,17 = 68 \text{ A.}$$

Cường độ từ trường trong khe hở là:

$$H_0 = 0,8.10^6 .B_0 = 0,8.10^6 \times 1,3 = 1,04. 10^6 \text{ A/m}$$

Từ áp trong khe hở là:

$$U_{m0} = H_0 l_0 = 1,04. 10^6 \times 0,01 = 10400 \text{ A.}$$

Sức từ động là:

$$F_m = U_{m1} + U_{m2} + U_{m0} = 405 + 68 + 10400 = 10873 \text{ A.}$$

Số lượng vòng của cuộn dây là:

$$\omega = \frac{F_m}{I} = \frac{10873}{25} = 435 \text{ vòng.}$$

#### 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  $125^{\circ}C$ ) các vật liệu có từ tính sẽ mất từ tính.



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

*Mục tiêu:*

Trình bày được tính chất, công dụng của các loại vật dẫn từ thông dụng

- *Vật liệu sắt từ mềm:*

Vật liệu từ mềm có độ từ thẩm cao, lực kháng từ và tổn hao từ trễ nhỏ. Được dùng để chế tạo mạch từ của các thiết bị điện, đồ dùng điện. Đặc điểm của loại vật liệu này là độ dẫn từ lớn, tổn hao bé.

Các vật liệu chính là:

a. 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  $3500 \div 4500$ , lực kháng từ tương ứng không cao hơn  $(100 \div 62)A/m$ ...

Sắt đặc biệt tinh khiết được sản xuất bằng cách điện phân trong dung dịch của sulfat sắt hay clorua sắt. Nó chứa 0,05 tạp chất.

Vì có điện trở tương đối thấp nên sắt tinh khiết kỹ thuật được sử dụng tương đối ít, chủ yếu làm mạch từ từ thông không đổi.

**Bảng 3.1. Các thành phần hóa học các tính chất từ của một vài loại sắt**

Vật liệu	Tạp chất (%)		Các tính chất từ		
			Độ thẩm từ		Lực kháng từ HC (A/m)
	C	O <sub>2</sub>	Ban đầu $\mu_{\min}$	Lớn nhất $\mu_{\max}$	
Sắt thỏi	0,02	0,06	250	7000	64
Sắt điện phân	0,02	0,01	600	15000	28
Sắt cacbonyl	0,005	0,005	3300	21000	6,4
Sắt điện phân nóng chảy trong chân không	0,01	-	-	61000	7,2

Sắt tinh chế trong hydro	0,005	0,003	6000	200000	3,2
Sắt tinh chế cao trong hydro	-	-	20000	340000	2,4
Tinh chế đơn của sắt tinh khiết nhất được ủ ram trong hydro	-	-	-	1430000	0,8

### b. Thép lá kỹ thuật điện.

#### - 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  $3500 \div 4500$ , cường độ từ trường khử từ  $(64 \div 96) A/m$ .

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.

#### - 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.

#### - Giải thích ký hiệu.

Nếu lá thép kỹ thuật điện có hàm lượng  $C < 0,4\%$  và tạp chất  $< 0,6\%$  ta gọi là sắt kỹ thuật.

Thép silic: có ký hiệu bằng chữ  $\vartheta$  và các con số.

Ví dụ: +  $\vartheta 11$ ,  $\vartheta 12$ ,  $\vartheta 13$ .

+  $\vartheta 21$ ,  $\vartheta 22$ .

+  $\vartheta 31$ ,  $\vartheta 32$ .

+ 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348.

+ 310, 320, 330, 330A, 340, 370, 380.

+ 1100, 1200, 1300, 3100, 3200.

Trong đó:

Con số thứ nhất chỉ hàm lượng gôm đúng của silic theo phần trăm; khi tăng hàm lượng silic, khối lượng riêng giảm và điện trở suất của nó tăng lên.

Con số thứ hai đặc trưng cho tính chất điện và từ của thép.

+ Các con số 1, 2, 3 đảm bảo suất tổn hao xác định khi từ hoá lại ở tần số Pécmaoi(50Hz) và cảm ứng từ trong từ trường mạnh.

+ Chữ A ký hiệu suất tổn hao rất thấp

+ Số 4 cho biết thép được định mức tổn hao khi từ hóa ở tần số 400Hz và cảm ứng từ trong từ trường trung bình.

+ Thép có ký hiệu số 5, 6 dùng trong từ trường yếu từ (0,002÷ 0,008)A/cm và trị số  $\mu_{bd}$  của chúng được đảm bảo.

+ Con số 7, 8 chỉ đặc điểm chủ yếu của độ từ thẩm trong cường độ từ trường trung bình từ (0,03 ÷10)A/cm.

+ Con số 0 thứ 3 chỉ thép được cán nguội (thép có thớ).

+ Có hai số 0 liên tiếp là thép được cán nguội và ít thớ.

c. Công dụng.

Thép với hàm lượng silic cao chủ yếu dùng để làm lõi thép máy biến áp mà ta thường gọi là tôn silic.

Thép có thớ đẳng hướng: có tính năng từ tính tốt hơn thường dùng làm lõi thép máy biến áp. Sử dụng các thép này làm máy biến áp điện lực giảm được trọng lượng và kích thước.

Thép có thớ vô hướng: thường dùng trong máy điện quay.

Các kích thước thường dùng nhất của thép kỹ thuật điện được cho trong bảng

**Bảng 3.2. Kích thước thường dùng của thép kỹ thuật điện**

Kích thước	Đơn vị đo	Trị số thường dùng nhất
Dày	mm	0,1; 0,2; 0,35; 0,5, 1
Rộng	m	0,24; 0,6; 0,7; 0,75; 0,86; 1
Dài	m	0,72; 1,2; 1,34; 1,5; 1,75; 2

Các tiêu chuẩn quy định tính chất điện và từ đối với các nhãn hiệu thép kỹ thuật điện là:

Cảm ứng từ (ký hiệu bằng chữ B với con số chỉ cường độ từ trường tương ứng tính theo A/cm);

Tổng suất tổn hao công suất dòng điện xoay chiều tính bằng W trên 1kg thép đặt trong từ trường xoay chiều, được ký hiệu bằng chữ P với con số ở dạng phân số; tử số giá trị biên độ cảm ứng từ tính theo kilôgam, mẫu số là tần số tính bằng héc.

**Bảng 3.3. Giá trị cảm ứng từ của một số loại thép kỹ thuật điện**

Nhãn hiệu thép	Bề dày (mm)	$B_{0,002} - B_{0,009}$ gauss, không nhỏ hơn	$B_{0,1} - B_{10}$ gauss, không nhỏ hơn
345 và 346	0,2 – 0,35	1,2 – 8,8	–
347 và 348	0,2 – 0,35	–	0,3 – 1,3
370 và 380	0,2 – 0,5	–	1,4 – 1,7

**Pécmaloi:** (*permallois*): Là hợp kim của sắt - niken có độ từ thẩm ban đầu rất lớn trong từ trường yếu, bởi vì chúng không có hiện tượng dị hướng và từ giảo.

Pécmalôi được chia làm 2 loại:

*Loại nhiều niken:* (72÷80)%Ni được dùng làm lõi cuộn cảm có kích thước từ nhỏ, mạch từ trong máy biến áp âm tần nhỏ, mạch từ trong máy biến áp xung và trong các máy khuếch đại từ.

*Loại ít niken:* (40÷50)%Ni có cường độ từ cảm bão hòa lớn hơn gấp 2 lần loại có nhiều niken. Được dùng làm mạch từ cho máy biến áp điện lực, lõi cuộn cảm và các dụng cụ có mật độ từ thông cao.

**Alusife:** Hợp kim sắt với silíc và nhôm có tên gọi là alusife. Thành phần tốt nhất của alusife là 9,5% Si, 5,6% Al. còn lại là Fe. Hợp kim này có đặc tính cứng và giòn, nhưng cũng có thể chế tạo ở dạng đúc định hình.

Các sản phẩm chế từ alusife như: màn từ, thân các dụng cụ v.v...được chế tạo bằng phương pháp đúc với thành của chi tiết không mỏng hơn (2-3) mm vì hợp kim này giòn. Điều này làm hạn chế rất nhiều khi sử dụng vật liệu này. Vì vật liệu này giòn nên có thể nghiền thành bột để sản xuất lõi ép cao tần.

**Ferit:** Là những vật liệu sắt từ nó là bột các oxýt sắt, kẽm và một số vật liệu ở dạng mịn, có thể định dạng theo ý muốn thông qua công nghệ kết dính và đôn kết dính các bột kim loại. Ferit có điện trở suất rất lớn nên dòng điện xoáy chạy trong đó rất nhỏ. Dùng làm mạch từ của các cuộn dây trong máy móc điện tử, máy khuếch đại tần số . . .

### 3.1. 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 .

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

a. Thép hợp kim hóa được tôi đến trạng thái mactenxít.

Là loại thép được hợp kim hoá với các chất như: vonfram, crôm, molipden, coban. Loại thép này là vật liệu đơn giản và dễ kiếm nhất để làm nam châm vĩnh cửu. Thành phần và tính chất của thép này cho trong bảng. Các tính chất cho trong bảng (bảng4.6.) được đảm bảo đối với thép mactenxít sau khi nhiệt luyện đặc biệt đối với từng loại một và sau đó được ổn định trong nước sôi 5 giờ.

b. Các hợp kim từ cứng.

Thường được gọi là hợp kim aluni: (Al - Ni - Fe) Loại này có năng lượng từ lớn. Nếu cho thêm coban hoặc silic thì tính chất từ của hợp kim tăng lên. Hợp kim aluni, nếu cho thêm silic gọi là alunisi, nếu cho thêm coban gọi là alunico.

Nếu trong hợp kim alunico có hàm lượng coban là lớn nhất ta gọi là macnico.

**Bảng 3.4. Thành phần, tính chất thép Mactenxit làm nam châm vĩnh cửu**

Nhãn hiệu	Thành phần hóa học %					Các tính chất từ (không nhỏ hơn)	
	C	Cr	VV	Co	Mo	Cảm ứng từ dư $B_d$ k.gauss	Lực kháng từ $H_k$ oerstet
EX	0,95 đến 1,10	1,30 đến 1,60	-	-	-	9,0	58
EX3	0,90 đến 1,10	2,80 đến 3,60	-	-	-	9,5	60
E7B6	0,68 đến 0,78	0,30 đến 0,50	5,20 đến 6,20	-	-	10,0	62
EX5K5	0,90 đến 1,05	5,50 đến 6,50	-	5,50 đến 6,5	-	8,5	100
EX9K15M	0,90 đến 1,05	8,0 đến 10,0	-	13,5 đến 16,5	1,20 đến 1,70	8,0	170

Tất cả các hợp kim trên đều có khuyết điểm khó chế tạo thành các chi tiết có kích thước chính xác do hợp kim có tính chất cứng và giòn. Nên chỉ có thể gia công bằng phương pháp mài. Tùy theo thành phần và phương pháp gia công mà tính chất từ có thể thay đổi. Nam châm hợp kim manicô nhẹ hơn nam châm aluni cùng năng lượng 4 lần và nhẹ hơn nam châm thép crôm thông thường 22 lần.

#### c. Các nam châm dạng bột.

Chế tạo nam châm vĩnh cửu bằng phương pháp luyện kim bột được đề ra vì hợp kim đúc sắt – niken – nhôm không thể chế tạo sản phẩm nhỏ và có kích thước chính xác được. Chúng ta cần phân biệt hai loại nam châm bột kim loại gồm 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.

Loại thứ hai được chế tạo bằng phương pháp ép giống như ép các chi tiết bằng chất dẻo nhưng chất độn ở đây được nghiền từ hợp kim từ cứng. Vì chất độn cứng nên cần áp suất riêng để ép cao ( 5 tấn /cm<sup>2</sup>). Nam châm kim loại

bột kinh tế nhất khi sản xuất tự động hóa hàng loạt nam châm có cấu tạo phức tạp và kích thước không lớn. Công nghệ hợp kim dẻo có thể chế tạo nam châm có lõi. Tính chất từ của các nam châm kim loại dẻo kém nhiều, lực kháng từ giảm (10 ÷ 15)%, từ dư giảm (35 ÷ 50)%, năng lượng tích lũy giảm (40 ÷ 60)% so với nam châm đúc. Nam châm kim loại dẻo có điện trở cao, do đó có thể sử dụng nó trong các thiết bị có trường biến đổi tần số cao.

### 3.2. Các vật liệu từ có công dụng đặc biệt.

#### 3.2.1. Các chất sắt từ mềm đặc biệt.

Các vật liệu từ mềm có thể chia thành các nhóm dựa vào các tính chất từ đặc biệt của chúng đó là:

a. Các hợp kim có đặc tính độ từ thẩm thay đổi rất ít khi cường độ từ trường không đổi

Loại hợp kim thuộc nhóm này có tên gọi là pecminva, là hợp kim của ba nguyên tố: Fe – Ni – Co với hàm lượng các thành phần là 25; 45 và 30%. Hợp kim ủ ở nhiệt độ 1000<sup>0</sup>C, sau đó giữ ở nhiệt độ (400 ÷ 500)<sup>0</sup>C rồi làm nguội chậm. Pecminva có lực kháng từ nhỏ, độ từ thẩm ban đầu của nó bằng 300 và giữ không đổi trong khoảng cường độ 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 cảm của nam châm vĩnh cửu hay điện trở của dây dẫn trong các dụng cụ điện khi nhiệt độ môi trường khác với nhiệt độ lúc khắc độ. Để có độ từ thẩm phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ, người ta sử dụng tính chất của các chất sắt từ là cảm ứng từ giảm khi tăng nhiệt độ đến gần điểm Quyri. Đối với các chất sắt từ này điểm Quyri nằm trong khoảng 0 đến 100<sup>0</sup>C tùy thuộc vào nguyên tố hợp kim hóa phụ. Hợp kim Ni – Cu với hàm lượng 30% Cu có thể bù sai số trong giới hạn từ (20 đến 80)<sup>0</sup>C; với 40% Cu từ (- 50 đến 10)<sup>0</sup>C.

c. Các hợp kim có độ từ 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 Pecmenđuyara với hàm lượng coban từ 50 đến 70%. Pecmenđuyara 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...

### 3.2.2.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 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  $\mu$  lớn có trị số tổn hao lớn và tăng nhanh khi tần số tăng. Ferít có hằng số điện môi tương đối lớn, trị số này phụ thuộc vào tần số và thành phần ferít. Khi tần số tăng hằng số điện môi giảm. Tang góc tổn hao của ferít từ 0,005 đến 0,1. Ferít có hiện tượng từ giảo và ở các ferít khác nhau hiệu ứng này cũng khác nhau. Đặc tính của vật liệu Ferít được cho trong bảng sau: (Bảng 3.5)

**Bảng 3.5.Các đặc tính vật liệu của Ferít**

Mật độ	Nhiệt dung riêng J(g.độ)	Nhiệt dẫn riêng W(cm.độ)	Hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài $\alpha$ .độ <sup>-1</sup>	Điện trở suất $\rho$ , $\Omega$ .cm.
3 ÷ 5	0,7	5 ÷ 10 <sup>2</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 ÷ 10 <sup>7</sup>

Hiện nay người ta thường sử dụng các nhóm ferít hỗn hợp như: mangan – kẽm; niken – kẽm, liti – kẽm.

#### b.Ferít từ cao tần.

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

Bề dày tấm thép đạt tới (25-30) $\mu$ 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, pécmalôi, alusife v.v.... Chất dính kết cách điện là nhựa fenol – foócmađêhyt, polistirol, thủy tinh v.v.. Các chất sắt từ cần phải có từ tính cao, còn các chất kết dính thì phải tạo thành lớp cách điện liên tục không gián đoạn giữa các hạt ferít. Các lớp này cần có bề dày đồng nhất và độ bền kết dính giữa các hạt với nhau.

c. Ferít có vòng từ trễ chữ nhật.

Ferít có vòng từ trễ chữ nhật được đặc biệt chú ý trong kỹ thuật máy tính để làm bộ nhớ. Vật liệu và các sản phẩm của nó có một loạt yêu cầu đặc biệt. Để đặc trưng cho chúng thường dùng một vài tham số phụ. Trong số này phải kể đến tham số cơ bản của hệ số chữ nhật  $K_{cn}$  của chu trình từ trễ, nó là tỉ số giữa cảm ứng từ dư  $B_{du}$  và cảm ứng từ lớn nhất  $B_{max}$ .

$$K_{cn} = \frac{B_{du}}{B_{max}}$$

Để xác định  $B_{max}$  thường đo nó ở trị số  $H_{max} = 5H_k$ . Hệ số  $K_{cn}$  càng gần tới 1 càng tốt. Ferít từ trễ chữ nhật khi sử dụng cần chú ý đến sự thay đổi tính chất của chúng theo nhiệt độ. Ví dụ khi nhiệt độ biến đổi từ  $-20^{\circ}\text{C}$  đến  $60^{\circ}\text{C}$  thì lực kháng từ giảm (1,5 ÷ 2) lần, cảm ứng từ giảm (5 ÷ 35)%.

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

### Câu hỏi:

1. Trình bày khái niệm vật liệu từ? Nêu các đặc tính của vật liệu dẫn từ?
2. Thế nào là đường cong từ hóa? Trình bày đường cong từ hóa của một số vật liệu từ điển hình?
3. Trình bày khái niệm về mạch từ? Nêu các cách tính toán một số mạch từ đơn giản?
4. Nêu các định luật cơ bản về mạch từ? Thế nào là bài toán thuận, bài toán nghịch?
5. Từ một mạch từ hãy vẽ ra sơ đồ thay thế và nêu các đại lượng có trong sơ đồ?
6. Cho biết các hư hỏng thường xảy ra của mạch từ?
7. Thế nào là vật liệu từ mềm, từ cứng và vật liệu từ có công dụng từ đặc biệt?

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?

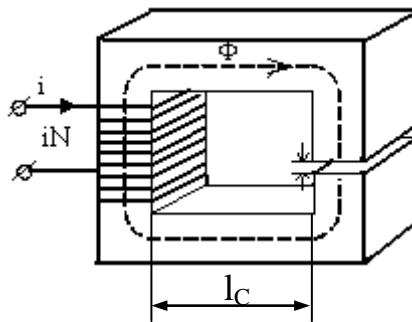
9. Nêu tính chất và công dụng của các loại vật liệu từ đã học?

**Bài tập:**

1. Mạch từ trong hình vẽ (hình BT: 4.1) có các kích thước  $S = S_{\delta} = 9 \text{ cm}^2$ ,  $\delta = 0,050 \text{ cm}$ ,  $L_C = 30 \text{ cm}$  và  $N = 500$  vòng. Giả sử như đối với sắt  $\mu_r = 70000$ .

a. Hãy xác định từ trở  $R_C$  và  $R_{\delta}$ . Giả sử mạch từ làm việc tại  $B_C = 0,1 \text{ T}$ .

b. Hãy xác định từ thông  $\Phi$  và dòng điện  $I$ .



Hình BT: 4. 1

2. Đối với mạch từ trong (hình BT: 4.1). Hãy xác định:

a. Tự cảm  $L$ .

b. Năng lượng dự trữ  $w$  khi  $B_C = 1 \text{ T}$ .

c. Điện áp cảm ứng  $e$ . Cho tần số  $f = 60 \text{ Hz}$ ,  $B_C = 1,0 \sin \omega t$  với  $\omega = 2\pi/60 = 377$ .

**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), *Quần 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 Phần, *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.