

SỞ LAO ĐỘNG THƯƠNG BINH & XÃ HỘI HÀ NỘI
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ TỔNG HỢP HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: VẬT LIỆU ĐIỆN – LẠNH

**NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ
ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ**

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*Ban hành kèm theo Quyết định số: /QĐ-TCNTH ngày ... tháng ... năm 2024
của Hiệu trưởng trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội*

Hà Nội, năm 2024

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Cùng với các môn học, mô đun khác, môn học vật liệu điện lạnh là môn học quan trọng trong đào tạo nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí. Để thuận lợi cho việc học tập và nghiên cứu mô đun của học sinh, nhà trường và khoa Điện – Điện tử Tin học trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội tổ chức biên soạn giáo trình “**Vật liệu điện lạnh**” làm tài liệu lưu hành nội bộ.

Giáo trình Vật liệu điện lạnh được biên soạn theo nội dung chương trình môn học Vật liệu điện lạnh của hệ đào tạo trung cấp thuộc nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí, được Sở lao động thương binh & xã hội Hà Nội phê duyệt. Nội dung biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, tích hợp kiến thức và kỹ năng logic, chặt chẽ với nhau.

Nội dung giáo trình được biên soạn với dung lượng thời gian đào tạo 30 giờ gồm có:

Chương 1: Khái niệm về vật liệu điện - lạnh

Chương 2: Vật liệu kỹ thuật điện

Chương 3: Vật liệu kỹ thuật lạnh

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tùy theo yêu cầu cũng như khoa học và công nghệ phát triển có thể điều chỉnh thời gian, bổ sung những kiến thức mới và trang thiết bị phù hợp với điều kiện giảng dạy.

Mặc dù đã cố gắng tổ chức biên soạn để đáp ứng được mục tiêu đào tạo nhưng không tránh được những khiếm khuyết. Rất mong nhận được đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo, bạn đọc để nhóm biên soạn sẽ hiệu chỉnh hoàn thiện hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Khoa Điện - Điện tử Tin học, Trường Trung cấp nghề Tổng hợp Hà Nội.

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2024

Nhóm biên soạn

MỤC LỤC

	TRANG
TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN	1
LỜI GIỚI THIỆU	3
MỤC LỤC	5
CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN – LẠNH.....	9
1. Khái niệm về vật liệu điện – lạnh.....	9
2. Phân loại vật liệu điện – lạnh	9
CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU KỸ THUẬT ĐIỆN.....	11
1. Vật liệu cách điện (chất điện môi).....	11
<i>1.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu cách điện.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2. Một số vật liệu cách điện thông dụng</i>	<i>17</i>
2. Vật liệu dẫn điện	27
<i>2.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện</i>	<i>27</i>
<i>2.2. Một số vật liệu dẫn điện thông dụng</i>	<i>30</i>
3. Vật liệu dẫn từ.....	49
<i>3.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn từ.....</i>	<i>49</i>
<i>3.2. Một số vật liệu dẫn từ thông dụng</i>	<i>51</i>
CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU KỸ THUẬT LẠNH.....	59
1. Vật liệu kỹ thuật lạnh.....	59
<i>1.1. Vật liệu kim loại.....</i>	<i>59</i>
<i>1.2. Vật liệu phi kim</i>	<i>62</i>
<i>1.3. Vật liệu cách nhiệt cơ bản</i>	<i>67</i>
<i>1.4. Dầu bôi trơn.....</i>	<i>74</i>
2. Vật liệu cách ẩm, hút ẩm	75
<i>2.1. Vật liệu cách ẩm</i>	<i>75</i>
<i>2.2. Vật liệu hút ẩm.....</i>	<i>77</i>
HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG GIÁO TRÌNH.....	81
TÀI LIỆU THAM KHẢO	83

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC VẬT LIỆU ĐIỆN LẠNH

Tên môn học: Vật liệu điện lạnh

Mã số môn học: MH10

I. VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT, Ý NGHĨA VÀ VAI TRÒ CỦA MÔN HỌC :

- Vị trí: Là môn học cơ sở của nghề được bố trí sau khi đã học xong các môn học chung và môn học Điện kỹ thuật, môn học Cơ sở kỹ thuật nhiệt lạnh và điều hòa không khí.

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

- Ý nghĩa và vai trò của môn học:

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

II. MỤC TIÊU MÔN HỌC:

- Kiến thức:

+ Trình bày được khái niệm về vật liệu điện, vật liệu cách điện, vật liệu dẫn điện, vật liệu dẫn từ; vật liệu kỹ thuật lạnh.

+ Phân loại được các loại vật liệu cách điện, vật liệu dẫn điện, vật liệu dẫn từ; vật liệu kỹ thuật lạnh thông dụng.

+ Phân tích được các tính chất, đặc tính của các loại vật liệu cách điện, vật liệu dẫn điện, vật liệu dẫn từ; vật liệu kỹ thuật lạnh.

+ Xác định được các nguyên nhân gây ra hư hỏng của các loại vật liệu trên.

- Kỹ năng:

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

+ Sử dụng phù hợp các loại vật liệu điện - lạnh theo từng yêu cầu kỹ thuật cụ thể.

+ Lựa chọn được các vật liệu để lắp đặt và sửa chữa hệ thống điện lạnh.

- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:

Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, tư duy khoa học.

III. NỘI DUNG MÔN HỌC:

CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN – LẠNH

Mã bài: MH10-01

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 cơ bản về vật liệu kỹ thuật điện, vật liệu lạnh. Tầm quan trọng của các loại vật liệu trong chuyên ngành kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí. 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 về vật liệu điện, vật liệu kỹ thuật lạnh.
- Phân tích được tầm quan trọng của những kiến thức về vật liệu điện lạnh trong chuyên ngành kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí.
- Rèn luyện được tính chủ động và nghiêm túc trong công việc.

Nội dung chính:

1. Khái niệm về vật liệu điện – lạnh

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.

2. Phân loại vật liệu điện – lạnh

Vật liệu điện – lạnh được phân làm hai loại chính: vật liệu kỹ thuật điện và vật liệu kỹ thuật lạnh

a) Vật liệu kỹ thuật điện:

* 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 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 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): 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 ($\Delta W = 1,5 \div 2\text{eV}$).

* 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 μ 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.

* 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.

b) Vật liệu kỹ thuật lạnh:

- Vật liệu kim loại
- Vật liệu phi kim
- Vật liệu cách nhiệt cơ bản
- Dầu bôi trơn
- Vật liệu cách ẩm, hút ẩm

CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU KỸ THUẬT ĐIỆN

Mã chương: MH10-02

Giới thiệu:

Vật liệu kỹ thuật điện là tất cả những chất liệu dùng để sản xuất các thiết bị sử dụng trong lĩnh vực ngành điện. Thường được phân ra các vật liệu theo đặc điểm, tính chất và công dụng của nó, thường là các vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, vật liệu bán dẫn và vật liệu dẫn từ.

Mục tiêu:

- Trình bày được những kiến thức cơ bản về khái niệm, tính chất của vật liệu điện.
- Nhận dạng, phân loại được chính xác các loại vật liệu điện dùng trong công nghiệp và dân dụng.
- Phân tích được những kiến thức cơ bản về cơ, lý, hoá và tính năng tác dụng của vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, vật liệu dẫn từ.
- Sử dụng phù hợp các loại vật liệu điện theo từng yêu cầu kỹ thuật cụ thể.
- Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, chủ động trong công việc.

Nội dung chính:

1. Vật liệu cách điện (chất điện môi)

1.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu cách điện

* 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 quy định.

* Tính chất của vật liệu cách điện

- 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 đi vào bên trong nó khi đặt ở môi trường có độ ẩm cao thì trên bề mặt có thể ngưng tụ một lớp ẩm làm cho dòng rò bề mặt tăng, có thể gây ra sự cố cho các thiết bị điện.

- 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 giai trình sức bền vật liệu. Trị số của độ bền chịu kéo (σ_k), chịu nén (σ_n), và uốn (σ_u), được đo bằng kG/cm^2 hoặc trong hệ SI bằng 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 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 và đập.

Polietylen có ứng suất dai và 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 và 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 (η) hay còn gọi là hệ số ma sát bên trong của chất lỏng

Độ nhớt động học (ν) 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:

- + ρ là mật độ của chất lỏng
- + η 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)

- 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.

- 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 2.1)

Bảng 2.1 Độ bền cách điện của một số vật liệu cách điện

Vật liệu	Độ bền cách điện E_{bd} [kV/mm]	Giới hạn điện áp an toàn ε
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 (ε).

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

Với:

- U_{dt} : điện áp đánh thủng (kV).
- U_{cp} : điện áp cho phép vật liệu làm việc [kV]
- ε : 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: tg δ tăng rõ rệt hay điện trở suất giảm.

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

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

Nâng cao nhiệt độ làm việc của cách điện có ý nghĩa rất quan trọng. Trong các nhà máy điện và thiết bị điện việc nâng cao nhiệt độ cho phép ta sẽ nhận được công suất cao hơn khi kích thước không đổi, hoặc giữ nguyên công suất thì có thể giảm kích thước, trọng lượng và giá thành của thiết bị ... Theo quy định của IEC (hội kỹ thuật điện quốc tế) các vật liệu cách điện được phân theo các cấp chịu nhiệt sau đây: (Bảng 2.2)

Bảng 2.2 Phân cấp vật liệu cách điện theo độ bền nhiệt

Ký hiệu cấp chịu nhiệt	Nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép ($^{\circ}\text{C}$)	Ký hiệu cấp chịu nhiệt	Nhiệt độ làm việc lớn nhất cho phép ($^{\circ}\text{C}$)
Y	90	P	155
A	105	H	180
E	120	C	>180
B	130		

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

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

Bảng 2.3. Hệ số giãn nở dài theo nhiệt độ

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

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

- 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.

- 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...

1.2. Một số vật liệu cách điện thông dụng

1.2.1. 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 $(40 \div 50)\%$. 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.

1.2.2. Giấy và cátông

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 cátông được sản xuất từ vật liệu sợi hữu cơ như gỗ, bông vải, tơ lụa... Vật liệu vô cơ như: amiăng, thủy tinh.

1.2.3. 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 $(35 \div 50)\text{kV/mm}$, loại băng tơ $(55 \div 90)\text{kV/mm}$. Vải sơn cách điện thường được sản xuất ở dạng cuộn rộng $(700 \div 1000)\text{mm}$, chiều dày của vải cách điện là $(0,15 \div 0,24)\text{mm}$. Gần đây có khuynh hướng thay thế vải sơn và giấy sơn cách điện bằng vật liệu cách điện dẻo đó là màng dẻo.

1.2.4. 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

ảm. 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.

Pôliprôpilê:

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

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

+ Nhược điểm:

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

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

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

+ Công dụng:

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

Pôliacrilat:

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

Nhựa êpoxi:

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

1.2.5. 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 hydrocacbon nặng như dầu máy biến áp, vì vậy, chúng có tính chất chịu dầu. Nhưng đối với hydrocacbon thơm (benzen) thì chúng kém bền hơn, khi đốt nóng lớp màng đã cứng lại vẫn không hóa dẻo. Vì vậy dầu khô là loại nhiệt cứng. Những loại thường được dùng nhất là dầu gai, dầu trẩu, dầu thầu dầu.

Dầu gai:

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

Dầu trẩu:

Người ta thu được dầu này từ các hạt cây trẩu. Dầu trẩu không ăn được và còn độc hơn dầu gai. So với dầu gai thì dầu trẩu chóng khô hơn và khô đồng đều. Dầu 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. Tỉ trọng của dầu thầu dầu là $(0,95 \div 0,9)\text{G/cm}^3$, nhiệt độ đông đặc từ $(-10 \text{ đến } -18^{\circ}\text{C})$, $\epsilon = (4 \div 4,5)$ ở nhiệt độ 20°C và $\epsilon = (3,5 \div 4)$ ở nhiệt độ 90°C , $\text{tg}\delta = (0,01 \div 0,03)$ ở nhiệt độ 20°C , và $\text{tg}\delta = (0,02 \div 0,08)$ ở nhiệt độ 100°C , độ bền cách điện $(15 \div 20)\text{kV/mm}$. Dầu thầu dầu không hòa tan trong étxăng nhưng lại hòa tan trong rượu êtyl. Khác với dầu mỡ, dầu thầu dầu không làm cho cao su phồng lên.

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 trường hợp có dòng chảy mạnh.

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

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

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

+ *Nhược điểm*

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

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

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

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

Bảng 2.4. 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

1.2.6. 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 micanít cũng như trong việc lắp ráp sửa chữa.

Sơn xenlulô: Sơn xenlulô có công dụng rất lớn, màng sơn xenlulô bền về cơ học, rất bóng có sức chịu đựng cao đối với tác dụng của không khí, hơi ẩm, dầu. Trong

kỹ thuật điện người ta dùng sơn nitơ để tẩm vỏ bọc dây dẫn bằng sợi bông dùng trên ô tô và máy bay.

Sơn dầu: Nền của các loại sơn dầu là dầu khô mà chủ yếu là dầu gai và dầu trẩu. Ngoài ra sơn dầu còn chứa chất làm khô để đẩy mạnh quá trình sấy khô và dung môi 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 quần máy biến áp dầu, tẩm dây quần khi phải chịu tác dụng của hơi axit và clo, dùng tẩm vật liệu cách điện có chứa nhựa phenol focmandehyt.

b, Các hợp chất cách điện.

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

Hợp chất tẩm: Có công dụng tương tự như sơn tẩm.

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

1.2.7. 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 hydrocacbon 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.

1.2.8. Vật liệu cách điện bằng gốm sứ

+ *Sứ cách điện:*

Được chế tạo từ đất sét, sau đó gia công định hình được nung và tráng men, có độ bền cách điện, độ bền nhiệt cao. Là một trong những vật liệu chủ yếu

dùng trong lưới điện cao thế, trung thế và hạ thế, dùng cách điện trong máy điện, khí cụ điện... Vật liệu cách điện bằng sứ rất đa dạng:

Sứ đường dây gồm có sứ treo dùng cho điện áp cao hơn 35 kV, sứ đỡ dùng cho điện áp thấp hơn.

Sứ trong các trạm điện là các loại sứ đỡ và sứ xuyên.

Sứ tham gia vào kết cấu của các thiết bị như máy biến áp, máy cắt dầu, dao cách ly, chống sét van.

Sứ định vị gồm có các sứ puli, những linh kiện ở đuôi đèn, trong công tắc, cầu chì, cầu dao phích cắm, sứ thông tin.vv...

Đặc tính quan trọng nhất của sứ cách điện điện áp cao là: trị số điện áp phóng điện giữa hai điện cực. Do sứ cách điện có chiều dày lớn và cường độ cách điện cao, nên khó có thể xảy ra phóng điện chọc thủng sứ mà chỉ diễn ra phóng điện trên bề mặt của sứ.

Cần phân biệt hai loại điện áp phóng điện bề mặt sứ : điện áp phóng điện khô và điện áp phóng điện ướt khi thử nghiệm sứ

Điện áp phóng điện khô là trị số điện áp phóng điện thu được khi thử nghiệm sứ trong điều kiện bình thường. 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.

2. Vật liệu dẫn điện

2.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện

2.1.1. 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.

2.1.2. 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^2].

ρ : là điện trở suất, phụ thuộc vào bản chất của vật liệu [Ωm].

R : là điện trở của vật dẫn [Ω].

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 $\frac{1}{\Omega} = \Omega^{-1} = S$ (Simen)

- *Điện trở suất (ρ)*: 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 ρ 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: Ωcm , còn ở hệ MKSA tính bằng: Ωm .

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 γ là đại lượng nghịch đảo của điện trở suất.

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

Điện dẫn suất γ 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:

α 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 α gần như giống nhau đối với các kim loại tinh khiết và có trị số gần đúng bằng $4 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^\circ\text{C}$

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

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

Giá trị α và ρ đối với những kim loại chính được sử dụng trong kỹ thuật điện được cho trong bảng sau: (Bảng 2.5)

Bảng 2.5 Đặc tính vật lý và điện trở suất của một số kim loại

Kim loại	Khối lượng riêng g/cm³	Nhiệt độ nóng chảy °C	Điện trở suất ρ ở 20 °C ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$).	Hệ số thay đổi của Điện trở suất theo nhiệt độ α 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 α của điện trở suất nói lên sự thay đổi điện trở suất của vật liệu khi nhiệt độ thay đổi.

2.2. Một số vật liệu dẫn điện thông dụng

2.2.1. Đồng và hợp kim 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 hóa mạnh ở nhiệt độ cao).

- Khả năng gia công tốt, đồng cán được thành tấm, thanh, kéo thành sợi, độ nhỏ của dây có thể đạt tới vài phần trăm milimét.

Hàn và gắn tương đối dễ dàng.

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 2.6)

Đồng điện phân.

Bảng 2.6. 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 2.7.).

Bảng 2.7. 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 (CuFeS_2), cancozin (Cu_2S), coverit (CuS), cupric (Cu_2O), 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 ÷ 80)kg được cán nóng thành dây có đường kính (6,5 ÷ 7,2) mm, sau đó được rửa sạch trong dung dịch axit sunfuric loãng để khử đồng ôxít CuO_2 sinh ra trên bề mặt khi đốt nóng đồng, cuối cùng kéo nguội thành sợi có đường kính cần thiết đến (0,03 ÷ 0,02) mm.

Đồng tiêu chuẩn là đồng ở trạng thái ủ, ở 20°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 2.8)

Bảng 2.8. 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	kG/mm ²	36 ÷ 39	26 ÷ 28
Độ dẫn dài tương đối khi đứt không nhỏ hơn	%	0,5 ÷ 2,5	18 ÷ 35
Điện trở suất không nhỏ hơn	Ωmm ² /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 oxýt 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 oxýt đồng, tạo nên lớp bảo vệ ở 300⁰C và đôi khi được sử dụng để bảo vệ các chi tiết chống lại sự ăn mòn của không khí, amôniac.

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

- Đồng thau dùng để đúc.
- Đồng thau dùng để cán mỏng.
- Đồng thau dùng để hàn gắn (dính kết).

Đồng thau được sử dụng nhiều trong ngành điện để gia công các chi tiết dẫn dòng điện như: các đầu cực, các thanh cái ở các bảng phân phối, các đầu nối

đến hệ thống tiếp đất, các móc giữ, các móc hình chữ T, các mối nối nhánh, các đầu để gắn cầu chì, lưỡi và ngàm trong cầu dao vv...

Đồng thanh: Là hợp kim của đồng với các nguyên tố kim loại khác trừ kẽm. Nếu trong đồng thanh chỉ có hai nguyên tố kim loại thì ta gọi là đồng thanh nhị nguyên, nếu có nhiều hơn hai nguyên tố kim loại thì ta gọi là đồng thanh đa nguyên.

Đồng thanh có đặc tính dễ cắt gọt và tính chống ăn mòn cao, một số đồng thanh còn có tính chống mài mòn làm hợp kim đỡ sát, chế tạo ổ trục. Đồng thanh có tính đúc tốt, đồng thanh với những thành phần thích hợp nó có những tính chất cơ học tốt hơn đồng.

Điện trở suất của đồng thanh cao hơn đồng tinh khiết. Đồng thanh cũng được sử dụng rộng rãi để chế tạo lò xo dẫn điện, làm các tiếp điểm đặc biệt là tiếp điểm trượt.

Tính chất của hợp kim đồng kỹ thuật được cho trong bảng 2.9

Bảng 2.9. Tính chất của hợp kim đồng kỹ thuật

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

2.2.2. 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 G/cm³), 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 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 oxit tạo ở bề mặt khi tiếp xúc với không khí. Lớp màng mỏng oxit 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 hủy môi 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 $(6 \div 7)$ μm 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 Al_2O_3 hầu như không có tạp chất.

Tách kim loại nhôm thông qua điện phân của oxit hòa tan thành criolit nóng chảy ở nhiệt độ $(900 \div 950)^\circ\text{C}$. 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 $6 \div 13\%$ 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 $(0,3 \div 0,5)\%$, Silic $(0,4 \div 0,7)\%$, và sắt $(0,2 \div 0,3)\%$. Tổ hợp làm cho hợp kim có tính chất cơ khí tốt nhất là nhôm với Mg_2Si . Sự hòa tan dung dịch rắn (ở nhiệt độ $500^{\circ}C$) 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 $500 \div 600^{\circ}C$) kéo nó thành sợi ở kích thước mong muốn và làm già hóa nhân tạo bằng cách nung nóng ở nhiệt (độ $150 \div 200)^{\circ}C$. Dây dẫn bằng hợp kim "aldrey" có đặc tính như sau:

Điện trở suất ở $20^{\circ}C$: là $0,0333 \Omega mm^2/m$.

Điện dẫn suất ở $20^{\circ}C$: $30 m/\Omega mm^2$.

Hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ đối với $1^{\circ}C$: là 0,0035.

Sức bền lâu dài: $24 kG/mm^2 > nhôm = 12 kG/mm^2$.

Sức bền đứt: $30 kG/mm^2 > nhôm = 16 kG/mm^2$.

2.2.3. Chì và hợp kim chì

* Chì:

Sản xuất và chế tạo: Chì nhận được từ các mỏ như: Galen (PbS), xeruzít ($PbCO_3$), Anglezít ($PbSO_4$) vv...và thường qua nhiều phương pháp để thu được chì thô. Sản phẩm thu được (chì thô) gồm $(92 \div 96)\%$ chì. Chì thô được tinh luyện theo phương pháp khô, thông qua nóng chảy hay theo phương pháp điện phân để loại bỏ tạp chất và cuối cùng thu được chì với mức độ tinh khiết là $(99,5 \div 99,994)\%$ chì kỹ thuật được cung cấp dưới dạng thỏi $(35 \div 55)kg$ và được dùng trong cấu tạo cáp điện và nhiều lĩnh vực khác. Chì dùng trong acquy cung cấp dưới dạng thỏi $(35 \div 45)kg$.

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 oxit 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 amoniắc, 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 ắc quy: $PbAc_1 = 99,99\%$; $PbAc_2 = 99,98\%$; $PbAc_3 = 99,96\%$.

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

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

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

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

$PbSb_{20} = (77,1 \div 85)\%$;

$PbSb_{30} = (66,5 \div 76,4)\%$

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

Ứng dụng của chì và hợp kim chì:

Chì và hợp kim chì được dùng để làm lớp vỏ bảo vệ cáp điện nhằm chống lại ẩm ướt. Vỏ chì ở cáp được chế tạo từ. Đôi khi lớp vỏ này sử dụng như dây dẫn thứ tư (ví dụ: trường hợp cáp có 3 dây dẫn). Chì còn được dùng chế tạo ắc quy điện có các tấm bản chì $PbAc_{1,c2}$.

Một ứng dụng quan trọng của chì là tham gia vào các hợp kim. Nó được sử dụng như một vật liệu bảo vệ đối với tia X (ronghen). Những tấm chì bảo vệ thường theo tiêu chuẩn chiều dày $(4 \div 9)mm$ (1mm chiều dày ở $200 \div 300kv$) có tác dụng bảo vệ như tấm thép dày 11,5mm hay lớp gạch có chiều dày 110mm.

Bảng 2.10. Chì kỹ thuật

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

Bảng 2.11: 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 ₁	99,99	0,0003	0,0005	0,0005	0,0005	0,0010	0,0010	0,0020	0,003
PbAc ₂	99,98	0,0005	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,003
PbAc ₃	99,96	0,0010	0,0050	0,0050	0,0050	0,0020	0,0020	0,0040	0,005

Bảng 2.12. Chì antimoan

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

2.2.4. 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/mm², 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/mm² 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 2.13 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			

2.2.5. Wonfram

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) Ω mm²/m.

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

Hệ số nhiệt độ: (0,0040 ÷ 0,0052)

Là kim loại rắn, rất nặng, có màu xám. Vonfram được dùng làm tiếp điểm, làm các điện trở phát nóng cho các lò điện.

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.

2.2.6. 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.
- Ôxit của nó phải có điện dẫn suất lớn $\frac{1}{\rho}$ (tức ρ 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 tuỳ 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 ứng suất của 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 xong 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 ôxit 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 ôxit 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 oxy 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 wonfam bị ăn mòn mạnh ở nhiệt độ trên 600°C . Oxyt molipđen tạo nên lớp xốp không dẫn điện nên không dùng molipđen nguyên chất mà sử dụng hợp kim wonfam 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 Wonfram, đồng và Wonfram, 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 wonfram hoặc Molipđen 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 wonfram 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, wonfram 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 thường gặp của Nga được cho trong (bảng 2.14).

Bảng 2.14 Tính chất và thành phần của kim loại

Mã hiệu vật liệu	Các thành phần chính	Trọng lượng riêng kg/m ³	Điện trở suất $\mu\Omega.m$	Độ cứng Brinel
KMK – A 10	Bạc ôxit Cadmi	9700	0,030	45 - 75
KMK – A20	Bạc ôxit đồng	9500	0,025	45 - 60
KMK – A31	Bạc – Nikel	9500	0,032	60 - 80
MKM – A60	Bạc - Wonfram – Nikel	13500	0,041	120 - 160
MKM – A61	Bạc - Wonfram – Nikel	15000	0,045	170 - 210
KMK – B20	Đồng - Wonfram – Nikel	12100	0,06	120 - 150
KMK – B21	Đồng - Wonfram – 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 ôxit cadmium (CdO). Đặc điểm cơ bản của vật liệu này là sự phân hủy của

CdO thành Cd và O₂. Khí O₂ 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.

2.2.7. 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:

- May 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 Ωmm²/m (ở 20⁰C)

+ Nhiệt độ nóng chảy: 1300⁰C.

- 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 Ωmm²/m (ở 20⁰C)

+ Nhiệt độ nóng chảy: 1240⁰C.

- 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 500⁰C. 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 Ωmm²/m (ở 20⁰C).

+ Nhiệt độ nóng chảy: 1500⁰C.

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

+ Đây là hợp kim điện trở chủ yếu làm điện trở toả nhiệt trong bàn ủi, bếp điện, mỏ hàn điện. Vì đặc tính của điện trở RNC chịu được nhiệt độ vận hành cao đến 900⁰C.

+ Điện trở suất: 1,02 Ωmm²/m (ở 20⁰C)

+ Nhiệt độ nóng chảy: 1450⁰C.

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

+ Hợp kim có đặc tính chịu được nhiệt độ vận hành rất cao (1100⁰c) và nó có tính chất được bảo vệ bởi 1 lớp oxít 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/cm² khi ở nhiệt độ 600⁰C đến 800⁰C.

1W/cm² khi ở nhiệt độ 900⁰C

0,7W/cm² khi ở nhiệt độ 1000⁰C.

Bảng 2.15. Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt

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

2.2.8. 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 ÷ 8000Hz) thì hiệu ứng màng ngoài rất rõ. Dòng điện chạy qua lớp bề mặt chiều

dày ($0,5 \div 0,6$)mm, còn bên trong trở thành mắt 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 ($1 \div 4$)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 oxit 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 $d = (80 \div 85)$ mm, dài ($700 \div 800$)mm. Sau đó để nguội về sau sẽ dát mỏng hoặc kéo thành sợi theo kích thước mong muốn.

Phương pháp bọc theo cách điện phân:

Đồng sẽ bám vào dây thép, trong bể 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 ($36 \div 46\%$) hợp kim được dùng nhiều là hợp kim invar (H36) có: 36,1%Ni, 63,1%Fe, 0,4% Mn, 0,4%Cu.

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

3. Vật liệu dẫn từ

3.1. Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn từ

3.1.1. 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.

3.1.2. Tính chất vật liệu dẫn từ.

a) 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 mômen có mômen từ tạo với hướng từ trường góc nhỏ nhất và giảm kích thước của các mômen khác (quá trình chuyển dịch mặt phân cách của các mômen).

- + 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: ξ : là hệ số phụ thuộc vào loại chất sắt từ (trong đó phụ thuộc vào điện trở suất) và hình dáng của nó.

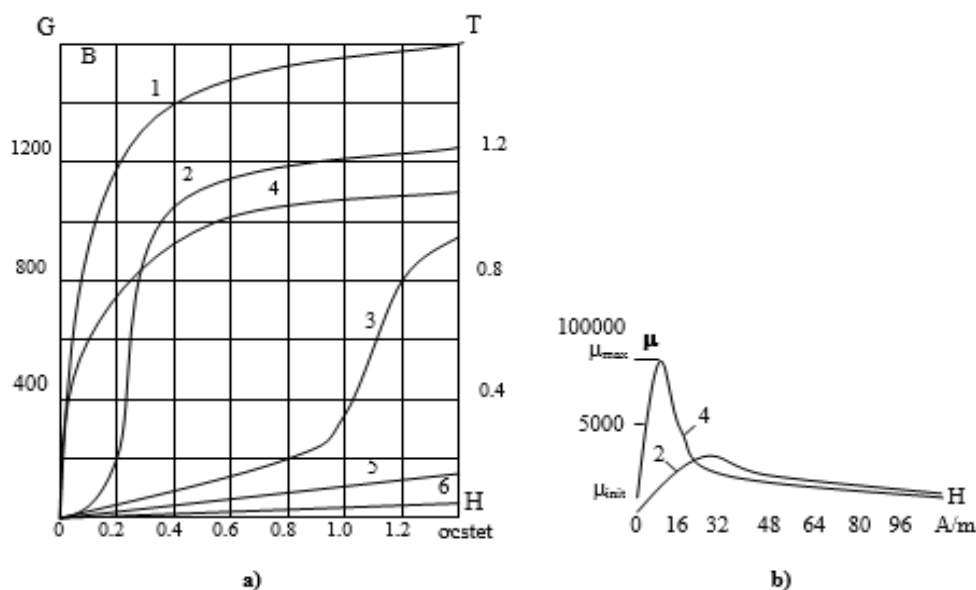
f : là tần số dòng điện.

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

V : thể tích chất sắt từ.

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

b) Đường cong từ hoá.



Hình 2.1 : ĐƯỜNG CONG TỪ HÓA VÀ ĐƯỜNG CONG CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG THẨM TỪ CƠ BẢN CỦA MỘT SỐ VẬT LIỆU TỪ.

a) Đường cong từ hóa

b) Đường cong cường độ trường thẩm từ

1. Sắt đặc biệt tinh khiết

2. Sắt tinh khiết (99,98%Fe)

3. Sắt kỹ thuật tinh khiết (99,92%Fe)

4. Pécmalôi (78%Ni)

5. Niken

6. Hợp kim sắt - Niken (26%Ni)

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

Trên hình vẽ trục dọc bên trái đặt giá trị cảm ứng từ tính theo gauss, Bên phải tính theo hệ SI - tesla (T), $1\text{gauss} = 10^{-4} \text{T}$. 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 μ_{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 μ_{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 và 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.

3.2. Một số vật liệu dẫn từ thông dụng

3.2.1. Vật liệu sắt từ mềm

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

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 thấm từ cao nhất đối với những loại thép khác nhau không trên mức $3500 \div 4500$, lực kháng từ tương ứng không cao hơn $(100 \div 62) \text{A/m}$...

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 2.16 Các thành phần hóa học các tính chất từ của một vài loại sắt

Vật liệu	Tạp chất (%)		Các tính chất từ		
			Độ thấm từ		Lực kháng từ HC (A/m)
	C	O ₂	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 thấm tương đối từ $3500 \div 4500$, cường độ từ trường khử từ $(64 \div 96) \text{A/m}$.

Người ta đưa thêm silic vào thành phần của những lá thép này. Hàm lượng silic này dùng để hạn chế tổn hao do từ trễ và tăng điện trở của thép để giảm tổn hao do dòng điện xoáy. Nếu thành phần silic nhiều (trên 5%) thì làm tăng độ dòn, giảm độ dẻo nên vật liệu rất khó gia công.

Tùy theo thành phần silic có trong thép nhiều hay ít mà tính chất từ thay đổi khác nhau. Thép có hàm lượng silic cao chủ yếu làm mạch từ cho máy biến áp. Thép có hàm lượng silic rất nhỏ được dùng làm mạch từ trong trường hợp từ thông không đổi.

- 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 ϑ và các con số.

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

+ $\vartheta 21, \vartheta 22$.

+ $\vartheta 31, \vartheta 32$.

+ $\vartheta 41, \vartheta 42, \vartheta 43, \vartheta 44, \vartheta 45, \vartheta 46, \vartheta 47, \vartheta 48$.

+ $\vartheta 310, \vartheta 320, \vartheta 330, \vartheta 330A, \vartheta 340, \vartheta 370, \vartheta 380$.

+ $\vartheta 1100, \vartheta 1200, \vartheta 1300, \vartheta 3100, \vartheta 3200$.

Trong đó:

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

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

+ Các con số 1, 2, 3 đảm bảo suất tổn hao xác định khi từ hoá lại ở tần số Pécmaoi50Hz) 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 μ_{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 2.17 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 2.18. 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
3370 và 3380	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.

Pécmaloi được chia làm 2 loại:

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

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

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 oxit 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 . . .

3.2.2. Vật liệu sắt từ cứng

Các vật liệu sắt từ cứng thường có tổn hao do từ trễ lớn, cường độ từ trường khử từ cao, độ từ thẩm nhỏ hơn so với vật liệu sắt từ mềm.

Tùy theo thành phần trạng thái và phương pháp chế tạo các vật liệu sắt từ cứng được chia làm nhiều loại:

- Thép hợp kim hóa, được tôi đến trạng thái máctenxít.
- Các hợp kim từ cứng. alni, alnisi, alnico, macnico...

- Các nam châm dạng bột.

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

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 (bảng 4.6.) 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 2.19. Thành phần, tính chất thép Mactenxít làm nam châm vĩnh cửu

Nhãn hiệu	Thành phần hóa học %					Các tính chất từ (không nhỏ hơn)	
	C	Cr	VV	Co	Mo	Cảm ứng từ dư B_d k.gauss	Lực kháng từ H_k ocstet
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
EX9K15 M	0,90 đến 1,05	8,0 đến 10,0	-	13,5 đến 16,5	1,20 đến 1,70	8,0	170

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

c. Các nam châm dạng bột.

Chế tạo nam châm vĩnh cửu bằng phương pháp luyện kim bột được đề ra vì hợp kim đúc sắt – niken – nhôm không thể chế tạo sản phẩm nhỏ và có kích thước chính xác được. Chúng ta cần phân biệt hai loại nam châm bột kim loại gốm và nam châm bột có các hạt gắn bằng chất kết dính nào đó (nam châm kim loại dẻo).

Loại thứ 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^2). 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 ($10 \div 15\%$), từ dư giảm ($35 \div 50\%$), năng lượng tích lũy giảm ($40 \div 60\%$) 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.

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. Nêu tính chất, đặc điểm và công dụng của đồng và hợp kim đồng, nhôm và hợp kim nhôm, chì và hợp kim chì?
4. 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?
5. Nêu những hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt? Nêu một số hợp kim điển hình?
6. Thế nào là lưỡng kim, nhiệt lưỡng kim hãy trình bày và cho một vài ví dụ minh họa.?
7. Trình bày khái niệm vật liệu từ? Nêu các đặc tính của vật liệu dẫn từ?
8. Thế nào là đường cong từ hóa? Trình bày đường cong từ hóa của một số vật liệu từ điển hình?
9. Trình bày khái niệm về mạch từ? Nêu các cách tính toán một số mạch từ đơn giản?
10. Nêu các định luật cơ bản về mạch từ? Thế nào là bài toán thuận, bài toán nghịch?
11. Từ một mạch từ hãy vẽ ra sơ đồ thay thế và nêu các đại lượng có trong sơ đồ?
12. Cho biết các hư hỏng thường xảy ra của mạch từ?
13. Thế nào là vật liệu từ mềm, từ cứng và vật liệu từ có công dụng từ đặc biệt?
14. Nêu tính chất của thép lá kỹ thuật điện? Cách phân loại và giải thích các ký hiệu của thép lá kỹ thuật điện?
15. Nêu tính chất và công dụng của các loại vật liệu từ đã học?

CHƯƠNG 3: VẬT LIỆU KỸ THUẬT LẠNH

Mã chương: MH10-03

Giới thiệu:

Trong hệ thống kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí, vật liệu kỹ thuật lạnh đóng vai trò rất quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình làm lạnh của các thiết bị điện lạnh.

Mục tiêu:

- Trình bày được tính chất, công dụng của các loại vật liệu lạnh, vật liệu cách nhiệt và các loại dầu bôi trơn.
- Nhận biết được, phân loại được các loại vật liệu lạnh, vật liệu cách nhiệt và các loại dầu bôi trơn.
- Trình bày được tính chất và công dụng của các loại vật liệu cách âm, hút âm.
- Nhận biết được các loại vật liệu cách âm, hút âm; sử dụng đúng trong các trường hợp cụ thể.
- Nghiêm túc tìm hiểu về các đặc tính của các vật liệu để sử dụng đúng mục đích.
- Rèn luyện được tính cẩn thận, chính xác, chủ động trong công việc.

Nội dung chính:

1. Vật liệu kỹ thuật lạnh.

1.1. Vật liệu kim loại

Thép chịu lạnh. Các thép được ứng dụng trong kỹ thuật lạnh có mạng tinh thể kiểu LPTK và LPTM.

Thép có mạng LPTK được sử dụng chủ yếu ở các nhiệt độ lạnh trong khí hậu tự nhiên. Giới hạn nhiệt độ sử dụng của chúng là ngưỡng giòn nguội.

Đại lượng này đối với thép là khoảng từ 0 đến -60°C , phụ thuộc vào chất lượng luyện kim. Các biện pháp được xem là hiệu quả để làm giảm ngưỡng giòn nguội, nâng cao độ an toàn khi làm việc gồm: giảm thấp hàm lượng cacbon, tạo ra tổ chức hạt nhỏ (kích thước hạt khoảng $10\text{-}20\mu\text{m}$), giảm thiểu hàm lượng các tạp chất hại và trung hòa chúng bằng cách bổ sung thêm kim loại đất hiếm và các nguyên tố vanadi, niobi, titan, hợp kim hóa bằng niken và ứng dụng hóa bền nhiệt luyện.

Thép cacbon thấp được ứng dụng chủ yếu bởi vì cùng với sự tăng lên của hàm lượng cacbon, ngưỡng giòn nguội tăng lên và tính hàn xấu đi. Thép chất lượng thường – lạnh, nửa lạnh và sôi, được ứng dụng để làm các chi tiết khác nhau kể cả các bình làm việc dưới áp lực. Nhiệt độ làm việc cực tiểu của các thép này

khi không được gia công đặc biệt để phục vụ ở nhiệt độ thấp, giới hạn dưới ở -20°C nhưng của các thép sôi thì ở trong khoảng 0 đến -10°C bởi vì ngưỡng giòn nguội của chúng so với thép lặng cùng loại cao hơn khoảng 10 đến 20°C . Có thể hạ thấp nhiệt độ sử dụng cho đến -50°C của các thép giá rẻ, bằng cách áp dụng một tập hợp các biện pháp bao gồm cải tiến chất lượng luyện kim, làm nhỏ hạt và hợp kim hóa vi lượng. Mặc dầu khi đó giá thành thép nâng lên nhưng dầu sao nó vẫn hạ hơn giá thành các thép hợp kim. Khi sử dụng thép ở các nhiệt độ dưới 0°C cần hoàn thiện kết cấu chi tiết – loại trừ các tập trung ứng suất nguy hiểm, sử dụng các chi tiết thành mỏng trong đó sự biến dạng nhiệt được thực hiện dễ dàng. Đối với các kết cấu lớn – dùng thép hàn hợp kim hóa thấp độ bền cao 09Mn2Si, 15Mn2AlV... Ngoài thép hợp kim hóa thấp người ta còn sử dụng thép hóa tốt hàm lượng cacbon trung bình và thép lò xo (45, 40Cr, 65Mn, 60Si2A). Nhiệt độ làm việc cực tiểu của chúng được xác định là -50°C .

Thép có Niken chịu lạnh tốt hơn; các thép 12CrNi3A và 18Cr2Ni4MoAl sau hóa bền nhiệt luyện được sử dụng ở -196°C . Thép niken ONi6 và ONi9 với hàm lượng cacbon không cao hơn 0.05% được sử dụng ở trạng thái hóa tốt (tôi hoặc thường hóa ở $830 - 900^{\circ}\text{C}$ và ram ở 600°C). Các thép có tổ chức hạt nhỏ dai, dẻo và hàn tốt. So với các thép austenite chúng bền hơn, dẫn nhiệt tốt hơn và rẻ hơn gần hai lần. Độ giãn nở nhiệt của thép niken cũng nhỏ hơn. Thép này chuyên dùng để chế tạo tàu chuyên chở khí nén. Sự bền vững chống ăn mòn khí quyển là nhược điểm của thép niken.

Thép austenite với mạng lập phương diện tâm bảo tồn được độ dẻo và dai ở dưới -196°C . Sự chuyển austenite thành martensite ở nhiệt độ thấp là không mong muốn: kích thước chi tiết tăng lên, xuất hiện xu hướng phá hủy giòn. Sự ổn định của austenite được đảm bảo bởi sự nâng cao trên 15% hàm lượng các nguyên tố tạo nên austenite (Ni, N, Mn). Nhược điểm của thép austenite là giới hạn chảy thấp. Cùng với các thép 12Cr18Ni10Ti người ta còn sử dụng các thép Cr-Mn bền hơn (03Cr13AlMn19) và các thép hóa bền phân tán đặc biệt. (10Cr11Ni23Ti3MP; 10Cr11Ni20Ti3P). Invar 36Ni (36%Ni, còn lại Fe) có sự giãn nở nhỏ và cấu trúc lập phương tâm mặt ổn định. Ứng suất nhiệt xuất hiện khi thay đổi nhiệt trong các chi tiết chế tạo từ invar rất nhỏ, do vậy các kết cấu trong trường hợp này không cần bù trừ biến dạng. Việc sử dụng invar bị hạn chế bởi tính bền vững ăn mòn không đủ và giá thành cao. Thép hóa già Martensite được sử dụng làm các chi tiết máy lạnh (ổ chặn, trục, xupap...) khi cần độ bền và độ cứng cao.

Hợp kim chịu lạnh

Nhôm và hợp kim nhôm do không có ngưỡng giòn nguội nên dai ở khoảng nhiệt độ -253 đến -269°C . Khi làm nguội, σ_B của chúng tăng lên

khoảng 35-60%, $\sigma_{0.2}$ lên khoảng 15-25%, còn độ dai và đập giảm liên tục xuống đến 0.5-0.2MJ/m². Độ dai phá hủy, K_{1C} thực tế không giảm đi và điều này có nghĩa là hợp kim nhôm, khi làm lạnh, ít nhạy cảm với các vết nứt so với ở 25°C. Do sự giãn nở nhiệt lớn (độ dẫn nhiệt tương đối cao) nên không tránh khỏi sự phát sinh ứng suất nhiệt đáng kể trong các chi tiết kẹp chặt từ nhôm. Để giảm bớt ứng suất này, người ta hoặc là sử dụng bộ bì trừ biến dạng hoặc sử dụng vật liệu có độ dẫn nhiệt nhỏ ví dụ thép austenite và chất dẻo khi chế tạo các chi tiết cá biệt (chẳng hạn các cửa thiết bị điều lạnh). Ở khoảng nhiệt độ thấp (từ -253 đến -269°C) thường người ta sử dụng các nhôm và hợp kim nhôm hàn không hóa bền bằng nhiệt luyện như AM₁, AM₂ và AM₅. Để chế tạo các chi tiết không hàn làm việc ở nhiệt độ -253°C người ta sử dụng các hợp kim hóa bền nhiệt luyện như Δ 16, AK6 và AK8 cũng như hợp kim đúc AJ12, AJ19.

Titan và hợp kim của nó không bị giòn ở vùng nhiệt độ từ -196 đến -269°C và nhờ có độ bền riêng cao nên được sử dụng trong kỹ thuật vũ trụ. Titan sạch kỹ thuật và các hợp kim một pha BT5-1, OT4 được ứng dụng rộng rãi. Chúng dẻo, dễ hàn và sau khi hàn không đòi hỏi nhiệt luyện mối hàn. Các hợp kim bền hơn nhưng kém dẻo hơn như BT3-1 và BT6 với tổ chức hai pha ($\alpha+\beta$) được sử dụng ở nhiệt độ đến -196°C. Tính hàn của chúng kém hơn các hợp kim một pha và mối hàn nhất thiết phải ủ.

Đồng và hợp kim của nó (latong và brong) dẻo không có ngưỡng giòn nguội. Ngoài ra, độ dai phá hủy của chúng tăng lên khi làm lạnh. Chúng được ứng dụng để làm các kết cấu ống, chi tiết kẹp, các vỏ hàn làm việc ở nhiệt độ -269°C. Do giá thành cao hơn nhôm, đồng và hợp kim của nó càng ngày càng được thay thế bằng hợp kim nhôm.

Đối với các nhà thiết kế và sử dụng vật liệu lạnh, nhiệt độ làm việc cho phép của vật liệu đối với từng loại tải là một đại lượng rất có ý nghĩa. Nó trả lời nhanh chóng đâu là giới hạn nhiệt độ ứng dụng của vật liệu đó. Các tài liệu tham khảo đưa ra các giới hạn có độ sai lệch khá lớn. Nói chung giới hạn nhiệt độ ứng dụng phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như phụ thuộc vào kiểu mạng tinh thể, thành phần hoá học, phương pháp sản xuất, phương pháp xử lý nhiệt của vật liệu cũng như tính chất và độ lớn của tải đối với vật liệu. Vì vậy sự sai lệch của các số liệu là đương nhiên, vì ngay cả những số liệu về tính chất vật lý cũng sai lệch nhau.

Các loại thép đúc austenit, ống thép không hàn, thép xây dựng nhóm 3 ở loại tải tĩnh có giới hạn nhiệt độ ứng dụng thay đổi. Giới hạn đó cao hay thấp còn tùy thuộc vào độ bền dẻo và đập của vật liệu. Độ bền dẻo và đập ở mẫu thử ngang ít nhất phải đạt 30 Nm/cm². Ngoài ra cũng còn cần lưu ý đến chiều dày vách thiết bị.

1.2. Vật liệu phi kim

Chúng có độ bền, độ dai và đập thấp hơn kim loại.

Vật liệu phi kim được sử dụng để chế tạo lớp cách nhiệt cũng như các chi tiết và bộ phận cá biệt của kết cấu. Để làm lớp cách nhiệt người ta sử dụng polystirol hoặc polyuretan sủi bọt có độ dẫn nhiệt đặc biệt thấp [$\lambda = 0.03-0.05 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$]. Đối với các chi tiết và bộ phận kết cấu người ta dùng chất dẻo nhồi sợi thủy tinh (polyamid, polycacbonnat). Để làm cái hãm chuyển động (phanh) người ta dùng teflon-4 (đến -269°C), cao su (đến -70°C).

Môi chất lạnh amoniac và các môi chất vô cơ khác hầu như không tác động và ăn mòn các vật liệu phi kim loại chế tạo máy. Nhưng chỉ sử dụng các vật liệu phi kim loại trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh là freôn cần đặc biệt thận trọng. Các freôn có thể hoà tan và làm trương phồng các đệm kín và các vật liệu cách điện hữu cơ. Những vật liệu vô cơ tự nhiên như thủy tinh, gốm và amiăng (asbest) thường được trộn với các chất có tính đàn hồi để làm đệm kín. Bảng 3.1 giới thiệu độ trương phồng của các chất đàn hồi trong các môi chất hydro cacbon gốc halogen (các môi chất lạnh freôn) và khả năng ứng dụng của chúng. Trong vòng tuần hoàn của môi chất lạnh cần có thêm dầu bôi trơn và các sản phẩm thứ cấp. Theo các kết quả thử nghiệm, dầu và các sản phẩm thứ cấp tác động làm cho sự ăn mòn nhanh hơn và các phản ứng phá hủy vật liệu hữu cơ xảy ra phát triển với tốc độ lớn hơn.

Bảng 3.1: Độ trương phồng của một số vật liệu đàn hồi trong môi chất lạnh hydro cacbon gốc Halogen (Freon)

Môi chất lạnh		Cao su tổng hợp				Ghi chú
Kí hiệu	Công thức hoá học	Cao su tự nhiên (0)	(1)	(2)	(3)	
R40	CH ₃ Cl	26	22	35	20	0
R30	CH ₂ Cl ₂	34	37	52	26	0
R20	CHCl ₃	45	43	54	32	0
R10	CCl ₄	43	35	11	31	0
R21	CHCl ₂ F	34	28	48	49	0
R22	CHClF ₂	6	25	26	4	1
R23	CHF ₃	1	0	2	0,5	2
RI 1	CCl ₂ F	23	17	6	21	1
R12	CCl ₂ F ₂	6	0	2	3	2
R13	CClF ₃	1	0	1	0,5	2
R13B1	CBrF ₃	1	2	1	1	2
R113	C ₂ Cl ₃ F ₃	17	3	1	9	1
R114	C ₂ Cl ₂ F ₄	2	0	0	1,5	2
R115	C ₂ ClF ₅	0	0	0	0	2

(1) Cao su tổng hợp trùng hợp từ 2 clobutadien (neopren và cloropen)

(2) Cao su tổng hợp trùng hợp từ butadien và acrylnitril (Perbunan Buna N)

(3) Cao su tổng hợp trùng hợp từ butadien và acrylnitril (Buna S)

(0).hoàn toàn không phù hợp

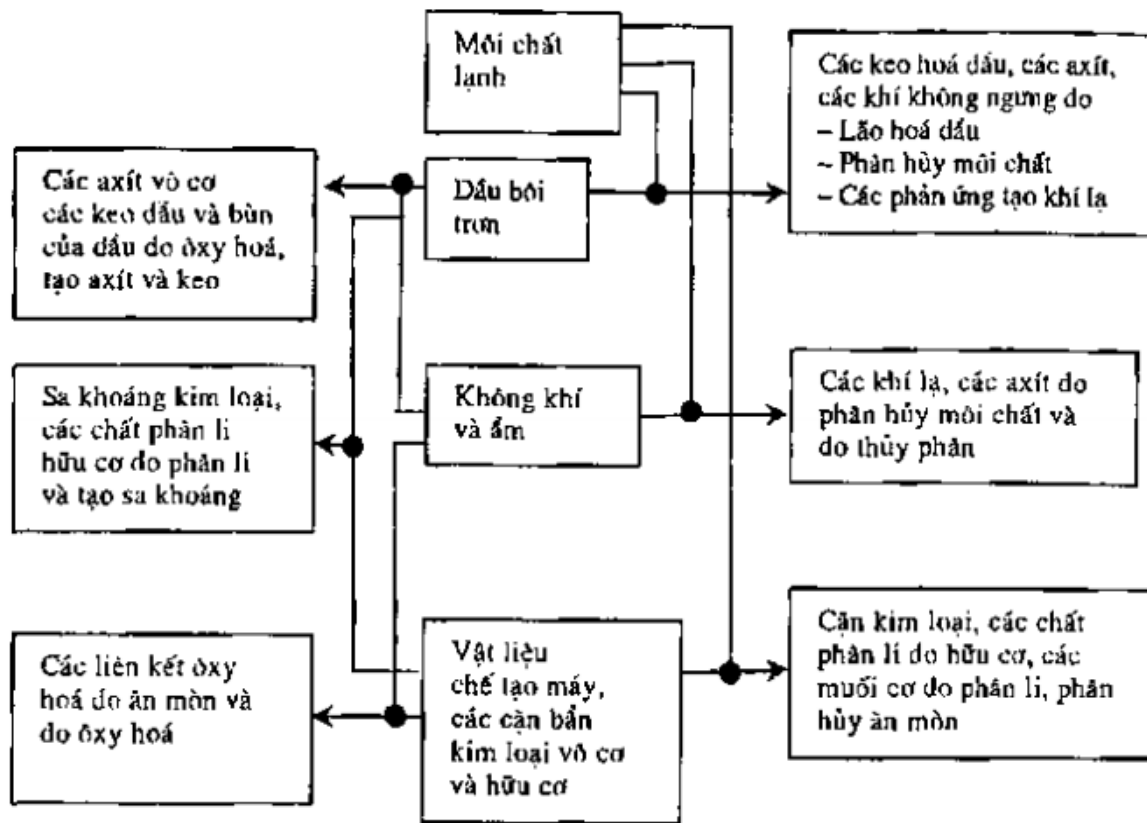
1. Ít phù hợp và hạn chế, ví dụ R22 không phù hợp với cao su tổng hợp 2 hoặc R11 không phù hợp với (0), (1) và (3), R113 sử dụng hạn chế với (0).

2. Thích hợp, có thể sử dụng được.

Nói chung độ tương phòng < 10 là phù hợp; < 20 và >10 hạn chế sử dụng và > 20 không phù hợp, không thể sử dụng được.

Nhiều thử nghiệm đã được tiến hành để nghiên cứu sự ăn mòn, sự hoà tan và sự tương phòng của các vật liệu đàn hồi trong các môi chất lạnh freon.

Đồng thời, sự tác động của dầu bôi trơn, của các sản phẩm thứ cấp trong vòng tuần hoàn và sự tác động nhiều thành phần trong vòng tuần hoàn cũng được xem xét và nghiên cứu. Vì ngoài dầu và môi chất lạnh còn có cả ẩm, không khí, các bụi bẩn, cặn bẩn các vảy hàn, ôxit kim loại... Các chất này có thể tạo ra phản ứng khác nhau hoặc làm chất xúc tác để tạo ra các chất ăn mòn cũng như các sản phẩm có hại khác. Hình 3.1 mô tả mô hình đơn giản các phản ứng có thể xảy ra trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh.



Hình 3.1: Mô hình đơn giản các phản ứng có thể xảy ra trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh

Những chất có hại cho hệ thống lạnh cần được thải ra khỏi vòng tuần hoàn môi chất lạnh, ở các hệ thống lạnh trung bình và lớn, dầu bôi trơn có thể được định kì thay thế, các khí không ngưng có thể được xả định kì ra khỏi hệ thống, các trục trặc về môi chất cũng dễ dàng được điều chỉnh sửa chữa nhưng ở hệ thống lạnh km, những công tác bảo dưỡng tương tự không thể thực hiện được. Chính vì vậy việc làm sạch hệ thống lạnh kín được đặc biệt coi trọng. Chất lượng môi chất lạnh và dầu bôi trơn nạp vào hệ thống kín cũng cần có chất lượng tốt nhất để hạn chế mọi phản ứng có hại cho hệ thống. Bảng 3.2 giới thiệu sự thích ứng của một số vật liệu chất dẻo với môi chất feron.

Tính chất vật lí và cơ học:

Giống như các vật liệu kim loại, tính chất vật lý và cơ học của vật liệu phi kim loại cũng phụ thuộc ít hoặc nhiều vào nhiệt độ tùy theo từng loại vật liệu. Tính chất cơ lý của thủy tinh và gốm hầu như phụ thuộc rất ít vào nhiệt độ. Độ dẫn nở nhiệt của hai vật liệu trên cũng rất nhỏ. Độ bền phá hủy, độ bền uốn phụ thuộc vào nhiệt độ từ nhiệt độ môi trường đến -40°C đã được nghiên cứu kỹ. Các kết quả cho thấy chúng tăng khi nhiệt độ giảm, và phụ thuộc nhiều vào tốc độ biến dạng. Độ bền phá hủy tăng gấp 2 khi hạ nhiệt độ từ 20°C xuống -190°C . Cần thận trọng khi đưa vật thử trở lại nhiệt độ thường. Tốc độ tăng nhiệt độ không được quá lớn. Thủy tinh được dùng làm các chi tiết trong chế tạo máy đặc biệt làm mắt dầu, mắt ga, mức lỏng kế và các chi tiết không chịu va đập. Thủy tinh cũng có thể làm ổ trượt nếu đạt độ biến dạng nhỏ cho phép.

Những loại vật có nguồn gốc hữu cơ đều có các trị số về độ bền nhỏ trừ loại chất dẻo gia cứng bằng sợi thủy tinh và một vài loại chất dẻo rắn được sử dụng trong kỹ thuật cryô. Tuy nhiên những tính chất về độ bền cơ học đối với vật liệu chất dẻo cũng không có ý nghĩa quan trọng như đối với các vật liệu kim loại. Nói chung, độ bền kéo, nén và uốn của chất dẻo tăng khi nhiệt độ giảm, trong khi độ bền dẻo và đập giảm. Tuy nhiên tính chất của các loại chất dẻo mềm, chất dẻo cứng và các vật liệu đàn hồi cũng có nhiều điểm khác nhau. Bắt đầu từ nhiệt độ -20°C ... -30°C , độ dẻo giảm đáng kể và thay vào đó là độ cứng và độ giòn. Các vật liệu đàn hồi khi giảm đến một nhiệt độ nào đó có thể nghiền nhỏ hoặc có thể gia công cơ khí. Một thử nghiệm có tính chất giới thiệu rất quen thuộc là nhúng các vật đàn hồi như cao su, phốt, len... vào không khí lỏng hoặc nitơ lỏng đang sôi, các vật liệu này sẽ hoá cứng và giòn như thủy tinh. Tính chất “giòn lạnh” phụ thuộc vào nhiệt độ là một trong những tính chất quan trọng của vật liệu đàn hồi. Riêng các loại chất dẻo flour là có tính đàn hồi tương đối ổn định và ít phụ thuộc vào nhiệt độ khi nhiệt độ giảm. Các chất dẻo loại này bởi vậy có độ đàn hồi lớn nhất và các tính chất cơ học cũng tương đối ổn định nhất so với các vật liệu chất dẻo khác.

Bảng 3.2: Tính chất của một số vật liệu chất dẻo đối với môi chất lạnh Freôn

TT	Vật liệu chất dẻo	Một vài tính chất feron
1	Polytêraioêtylen (PTFE)	Nói chung có đặc tính chống ăn mòn tốt; phù hợp tốt; bị chảy ở tải nén lớn.
2	Polyvinyl clorit (PVC)	Tính chất có khác nhau tùy từng loại nhưng nói chung không bền (không phù hợp) với môi trường freôn.

3	Polyêtylen (PE)	Bị trương phồng và bị hòa tan từng phần.
4	Polypropylen (PP)	Bị trương phồng; không phù hợp; Giống như PE và PVC, bị ăn mòn đặc biệt ở nhiệt độ cao.
5	Polyamit	Nói chung là phù hợp; Có thể bị biến giòn; Khả năng giữ đúng kích thước tốt.
6	Polyimit	Phù hợp tốt.
7	Polystyrol (PS)	Không phù hợp.
8	Polyacrylnitril	Phù hợp.
9	Polyurethan (PU)	Cần thận trọng; còn nhiều vấn đề phải tiếp tục nghiên cứu.
10	Polycarbonat	Bền, không bị freôn ăn mòn.
11	Polymethylmethacrylat	Không bền; bị hóa giòn; bị môi chất R22 hòa tan.
12	Nhựa êpoxi	Tùy theo từng loại; phần lớn là phù hợp; Khả năng giữ đúng kích thước tốt.
13	Polyeste I	Bền, không bị freôn ăn mòn.

Khối lượng riêng của vật liệu chất dẻo nhỏ hơn nhiều so với kim loại

Khối lượng riêng của polyêtylen là 0,93; PVC 1,35; PTFE 2,1, cao su tổng hợp Buna 0,92... 1,4 g/cm³ nhỏ hơn của nhôm 2,7; sắt 7,86; đồng 8,93g/cm³.

Hệ số dẫn nở nhiệt của các vật liệu chất dẻo ngược lại lớn hơn của kim loại. Các giá trị nằm trong khoảng từ $0,07 \cdot 10^{-3}$ đến $0,24 \cdot 10^{-3}$ 1/K ở nhiệt độ 0... 100°C. Như vậy, ví dụ sự co ngót tương đối khi hạ từ nhiệt độ môi trường đến 4K sẽ là 2,4% đối với polyêtylen, 2,1% đối với PTFE. Nghĩa là, các trị số đó lớn hơn của kim loại khoảng 7.. 8 lần. Nếu sử dụng chất dẻo kết hợp với kim loại ở nhiệt độ thấp cần chú ý đến sự co ngót khác nhau giữa hai vật liệu có thể dẫn đến bị rò rỉ và phá hủy.

Các giá trị hệ số dẫn nhiệt và nhiệt dung riêng của một số vật liệu phi kim loại đã biểu diễn ở hình 5-5 và 5-6. Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu chất dẻo chỉ nằm trong khoảng 0,15...0,5 W/(mK), bằng 1/100 đến 1/1000 hệ số dẫn nhiệt trung bình của kim loại. Với hệ số dẫn nhiệt nhỏ như vậy, các vật liệu chất dẻo thích ứng rất tốt đối với kỹ thuật cryô, vì hệ số dẫn nhiệt càng bé, tổn thất lạnh do nhiệt từ môi trường thẩm thấu vào càng nhỏ. Tuy nhiên các thiết bị cryô còn đòi hỏi những tính chất khác như độ bền cơ học các loại. Để đáp ứng đòi hỏi về độ bền, người ta đã chế tạo được loại chất dẻo độn sợi thủy tinh. Chất dẻo độn sợi thủy tinh có độ bền cơ học cao, hệ số dẫn nhiệt nhỏ, khối lượng riêng nhỏ hơn kim loại được sử dụng để chế tạo các loại bình

chứa hoặc các chi tiết của bình chứa các chất lỏng cryô ở áp suất khí quyển và ở nhiệt độ thấp (ví dụ, nitơ lỏng ở -196°C). Ngày nay một số kim loại chất dẻo độn sợi kim loại được nghiên cứu chế tạo và sử dụng vào mục đích này.

Tóm lại vật liệu phi kim loại ứng dụng trong hệ thống lạnh cần được nghiên cứu và thử nghiệm về tính chất vật lý, hoá học và cơ học, về sự phụ thuộc nhiệt độ của các tính chất đó trong vòng tuần hoàn của môi chất lạnh, dầu bôi trơn và các sản phẩm phụ, đặc biệt là môi chất lạnh freon. Các vật liệu chất dẻo có khả năng chống ăn mòn tốt nhưng cần đặc biệt chú ý đến tính lão hoá nhanh và độ mài mòn lớn của chúng.

1.3. Vật liệu cách nhiệt cơ bản

Do tính chất đặc biệt của cách nhiệt lạnh, ở chương này, ngoài vật liệu cách nhiệt lạnh chúng tôi giới thiệu cả các vật liệu xây dựng, vật liệu cách âm, phương pháp và cấu trúc cách nhiệt lạnh.

Những không gian và hệ thống cần duy trì nhiệt độ khác với môi trường xung quanh cần được cách nhiệt. Cách nhiệt để bảo vệ môi trường có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bên ngoài gọi là cách nhiệt lạnh. Luôn luôn có một dòng nhiệt chuyển động từ môi trường có nhiệt độ cao đến môi trường có nhiệt độ thấp qua vách cách nhiệt.

Riêng đối với cách nhiệt lạnh, ngoài dòng nhiệt còn có một dòng ẩm (hơi nước) chuyển động từ ngoài môi trường có nhiệt độ cao vào trong phòng lạnh.

Vì vậy cách nhiệt lạnh có hai nhiệm vụ chính:

Hạn chế đến mức tối ưu (kinh tế nhất) dòng điện thẩm thấu qua vách bao che cách nhiệt từ ngoài vào phòng lạnh.

Tránh ngưng ẩm trên bề mặt cũng như bên trong vách cách nhiệt vì độ ẩm quyết định tuổi thọ và hiệu quả cách nhiệt

Vật liệu cách nhiệt thường là những vật liệu đắt tiền. Đối với các kho bảo quản lạnh đông từ -10°C đến -40°C chi phí cách nhiệt chiếm đến 25... 40% tổng giá thành công trình. Cách nhiệt dày, đầu tư ban đầu tăng nhưng công suất lạnh cần thiết giảm, chi phí vận hành nhỏ. Ngược lại, cách nhiệt mỏng chi phí ban đầu nhỏ nhưng công suất lạnh cần thiết tăng và chi phí vận hành cũng tăng. Chiều dày cách nhiệt tối ưu là chiều dày cách nhiệt dẫn đến tổng chi phí cho một đơn vị lạnh là nhỏ nhất.

Ngoài ra, vật liệu cách nhiệt là những vật liệu đắt tiền. Như đã nói đối với các kho bảo quản lạnh đông từ -10°C đến -40°C chi phí cho cách nhiệt chiếm đến 25... 40% tổng giá thành công trình. Chính vì vậy chọn được chiều dày cách nhiệt hợp lý (tối ưu) là rất quan trọng.

1.3.1. Cách nhiệt bằng bột xốp

Các loại bột xốp nhân tạo như polystirol PS (strirôpo), polyurethane PU và tự nhiên như cây nút chai (lie), bấc... Hiệu quả cách nhiệt chủ yếu nhờ các gian không khí rất nhỏ (ở một vài vật liệu không khí có thể được thay bằng các loại khí khác như Ri 1, RI 14b, eđopentan). Các vật liệu này được chuẩn bị ở dạng tấm hoặc dạng profil cách nhiệt ống hoặc theo các khuôn mẫu đặc biệt tùy theo nhu cầu sử dụng. Phương pháp cách nhiệt này ứng dụng cho tất cả các nhu cầu cách nhiệt lạnh từ $+10^{\circ}\text{C}$ đến -80°C . Polyurethane còn có một ưu điểm đặc biệt khác là có thể phun trực tiếp bột lỏng vào trong vách cách nhiệt ngay tại nơi thi công. Trong khi cách nhiệt cần đặc biệt chú ý điền đầy vật liệu cách nhiệt vào vách cách nhiệt, không để các khoảng trống, hở không có vật liệu. Chú ý thứ hai là phải tránh các cầu nhiệt do các kết cấu chịu lực gây ra. Cách nhiệt trần và nền cũng đòi hỏi hết sức thận trọng. Trần yêu cầu không có cầu nhiệt, không đọng ẩm. Nền đất dưới lớp cách nhiệt không bị đóng băng. Băng tạo thành lớp doãng cách nhiệt có thể phá vỡ lớp cách nhiệt và toàn bộ cấu trúc nền bên trên vì băng có thể tích riêng lớn. Phương pháp cách nhiệt này có thể ứng dụng rất tốt cho các đường ống, các bình bay hơi ống vỏ, các bình trung gian, chứa hạ áp, tách lỏng..., những vấn đề cách ẩm phải thật hoàn hảo vì phía lạnh đã hoàn toàn không thấm ẩm. Cách nhiệt bằng điền đầy, nhét đầy.

Phương pháp này đặc biệt thuận lợi trong trường hợp vách cách nhiệt không phẳng hoặc không có hình dáng cố định. Ví dụ, các vách cách nhiệt giữa các thiết bị tách không khí lỏng có thể đổ đầy các bột cách nhiệt. Trong các thiết bị sản xuất ôxy do có nguy cơ cháy nổ nên không sử dụng các chất cách nhiệt hữu cơ. Các chất cách nhiệt dùng ở đây thường là các loại bột đá tự nhiên như perit, aerosil, porosil mà thành phần chủ yếu là ôxit sillic, ôxit nhôm, sắt, manhê... Những hạt cách nhiệt loại này có kích thước từ 0,3 đến 3mm, có các nhu cầu trúc rỗng kiểu mao mạch nhưng lại không có tính chất hấp thụ.

Vì trong cách nhiệt các thiết bị tách không khí lỏng có thể bị đọng không khí lỏng do ngưng tụ không khí nên các không gian nhét đầy hoặc điền đầy chất cách nhiệt được thổi sạch bằng nitơ.

1.3.2. Phương pháp cách nhiệt lạnh chân không

Hiệu quả cách nhiệt của các vật liệu là do những lỗ nhỏ li ti chứa không khí, do đó hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt bao giờ cũng lớn hơn hệ số dẫn nhiệt của không khí. Chỉ trừ trường hợp những lỗ nhỏ li ti đó không chứa không khí mà ngậm một loại khí khác có hệ số dẫn nhiệt nhỏ hơn không khí thì vật liệu cách nhiệt đó mới có khả năng có hệ số dẫn nhiệt vượt qua giới hạn của không khí. Đó là trường hợp polyurethane. Hệ số dẫn nhiệt của polyurethane đạt tới $0,022\text{W/mK}$ trong khi của không khí là $0,025\text{W/mK}$ ở nhiệt độ 0°C . Áp suất của

khí ngậm trong các lỗ nhỏ li ti của vật liệu càng nhỏ thì hệ số dẫn nhiệt cũng càng nhỏ. Và chân không là môi trường cách nhiệt lý tưởng. Đặc biệt khi cách nhiệt ở nhiệt độ rất thấp (từ 82K trở xuống) nhất thiết phải cách nhiệt chân không vì khi đó không khí đã hoá lỏng hoàn toàn.

Vì những lý do đó, ở từng trường hợp ứng dụng cụ thể, người ta sử dụng phương pháp cách nhiệt chân không. Cách nhiệt chân không có thể là cách nhiệt chân không một lớp hoặc nhiều lớp, có hoặc không có bột điền đầy. Khi có bột điền đầy (ví dụ bột đá perlite) người ta còn sử dụng thêm một chất hấp thụ đặc biệt trộn lẫn vào để hấp thụ các loại khí còn sót lại. Các đường ống, các bể chứa, thùng chứa sẽ có 2 vỏ, nhiều lớp vỏ và có thể có chất bột điền đầy. Hiện nay cách nhiệt chân không nhiều lớp được coi là loại siêu cách nhiệt, vì nó đảm bảo hệ số dẫn nhiệt rất nhỏ. Đối với các bình chứa các chất lỏng sôi ở nhiệt độ rất thấp như heli và hydro còn được bố trí thêm vỏ che bức xạ. Bảng 3.3 giới thiệu đặc tính cách nhiệt và phạm vi nhiệt độ ứng dụng của từng phương pháp cách nhiệt.

Bảng 3.3: Hệ số dẫn nhiệt và phạm vi nhiệt độ ứng dụng của một số loại cách nhiệt

Kiểu cách nhiệt	Hệ số dẫn nhiệt W/m.K	Phạm vi nhiệt độ ứng dụng Hiệu nhiệt độ từ/đến
Các loại xốp, bột sợi ở áp suất khí quyển	0,015-0,04	100-300K
Cách nhiệt chân không		
Điền đầy bằng bột *	0,0005-0,01	20-300K
- Bột perit p « 5Pa	0,001- 0,01	300/80-20K
- Bột ôxit kim loại	0,0005-0,002	
- Bông thủy tinh	0,0015	300/80K
p « 0,0015 Pa	0,0003	300/20K
Cách nhiệt chân không nhiều lớp p ss 0,01 Pa	0,00005-0,0005	300/80-20K

* Đối với cách nhiệt chân không có điền đầy cần phải đạt được độ chân không khoảng 1Pa (1,33Pa – 0.01Torr). ở độ chân không thấp hơn nữa, hệ số dẫn nhiệt cũng không giảm được bao nhiêu. Ngược lại, ở cách nhiệt chân không nhiều lớp, độ chân không ít nhất phải đạt 0,0 1Pa (0,0001 Torr).

Các tính chất của vật liệu cách nhiệt

Do tính chất đặc biệt của cách nhiệt lạnh, các vật liệu đòi hỏi phải có các tính chất sau đây:

- Có hệ số dẫn nhiệt nhỏ hoặc trở nhiệt lớn;
- Không hút nước hoặc độ hút nước nhỏ;
- Có độ trở thấm ẩm cao;
- Có độ bền cơ học đủ lớn, dẻo dai trơ với băng giá;
- Có hình dáng hình học cố định;
- Có khối lượng riêng nhỏ;
- Không cháy;
- Không có phản ứng và tác động với các hoá chất;
- Không bắt mùi và không có mùi lạ;
- Không ăn mòn và tác động gây ăn mòn bề mặt kim loại của bề mặt cách nhiệt;
- Không phát triển kí sinh trùng, nấm mốc, vi trùng;
- Không bị các loài gặm nhấm phá hoại;
- Tuổi thọ của vật liệu cách nhiệt phải bền lâu, không bị lão hoá, thối, hỏng, mục;
- Phải rẻ tiền, dễ kiếm, dễ gia công chế biến, thuận tiện cho việc vận chuyển, lắp ráp, sửa chữa, có độ tin cậy cao, không đòi hỏi sự bảo dưỡng đặc biệt.

Vật liệu cách nhiệt đáp ứng nhu cầu trên được coi là vật liệu cách nhiệt lý tưởng. Thực tế không có vật liệu cách nhiệt lý tưởng mà chỉ có những vật liệu có các ưu và nhược điểm nhất định. Chính vì lý do đó, cần phải chọn được vật liệu cách nhiệt với từng trường hợp ứng dụng cụ thể. Các vật liệu này phải phát huy được các ưu điểm và hạn chế được nhược điểm theo ý đồ của người thiết kế.

Hệ số dẫn nhiệt là thông số quan trọng nhất của vật liệu cách nhiệt, trong khi nhiệt dung riêng và khả năng dẫn nhiệt độ hầu như không có ý nghĩa, bởi vì vách cách nhiệt được coi là dòng nhiệt ổn định truyền từ ngoài vào phòng.

Hệ số dẫn nhiệt là tiêu chuẩn số một để đánh giá chất lượng chất cách nhiệt. Vật liệu cách nhiệt chính được sử dụng hiện nay là các phi kim loại hữu cơ và vô cơ. Bảng 3.4 giới thiệu phạm vi của hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu, số liệu của kim loại để tiện so sánh. Nhưng hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt không phải cố định muốn thay đổi phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau. Các yếu tố chính là:

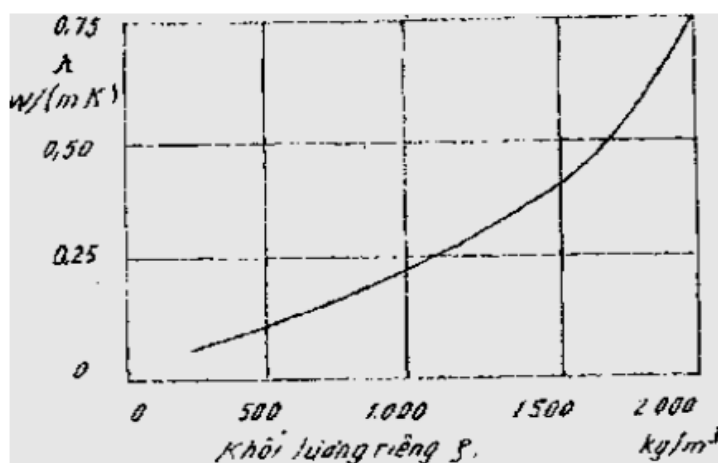
- Khối lượng riêng;
- Cấu trúc của bột xốp (kiểu, độ lớn, cách sắp xếp các lỗ chứa khí, thành phần và cấu tạo của phần rắn và mối quan hệ của chúng);
- Nhiệt độ;
- Áp suất và chất khí ngậm trong lỗ xốp;
- Độ ẩm và độ khuếch tán hơi nước và không khí vào vật liệu trong thời gian sử dụng.

Bảng 3.4: Phạm vi giá trị hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu

Loại vật liệu	λ , W/(m.K) ở 20°C
Kim loại	10 - 400
Các loại đá	2 - 6
Vật liệu xây dựng	0,17 - 3
Vật liệu chất dẻo	0,15 - 0,5
Vật liệu cách nhiệt	0,025 - 0,15
Không khí ($p = 0,1$ MPa)	0,025
Nước	0.6
Nước đá	2,2

Các vật liệu xây dựng và cách nhiệt bao giờ cũng có những lỗ nhỏ chứa không khí (vật liệu xốp), độ xốp càng cao, khối lượng riêng càng nhỏ và hệ số dẫn nhiệt càng nhỏ.

Hình 3.2 biểu diễn sự phụ thuộc của hệ số dẫn nhiệt vào khối lượng riêng của vật liệu xây dựng vô cơ ở trạng thái khô. Đối với các vật liệu xây dựng hữu cơ các số liệu cũng tương tự, sai số giữa các vật liệu khác nhau không đáng kể.



Hình 3.2: Sự phụ thuộc của hệ số dẫn nhiệt vào khối lượng riêng vật liệu xây dựng khô vô cơ (giá trị trung bình)

Lý do là tính chất giống nhau của không khí ngậm trong các lỗ xốp của vật liệu. Tuy nhiên nếu muốn dự đoán hệ số dẫn nhiệt của loại vật liệu nào đó với sai số có thể chấp nhận được, cần phải xác định được cả các yếu tố ảnh hưởng khác của thành phần rắn như nguyên liệu, phương pháp gia công. Ngay cả một vật liệu xây dựng hoặc cách nhiệt của hãng này có thể có hệ số dẫn nhiệt tốt hơn của hãng sản xuất khác.

Độ lớn của các lỗ xốp chứa khí có ảnh hưởng lớn đến hệ số dẫn nhiệt của vật liệu xốp. Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu xốp ta hiểu là hệ số dẫn nhiệt tương đương vì nó gồm cả thành phần đối lưu nhiệt trong các lỗ ngậm khí, bức xạ nhiệt qua thành của lỗ xốp.

Lỗ xốp càng lớn, hiệu nhiệt độ giữa hai vách xốp càng cao thành phần truyền nhiệt càng lớn. Sự đối lưu của khí trong lỗ xốp càng dễ dàng và thành phần truyền nhiệt bằng đối lưu cũng lớn lên. Bảng 3.5 giới thiệu hệ số dẫn nhiệt tương đương của không khí phụ thuộc vào các cỡ bọt khác nhau ở 0°C. Khi tăng đường kính của lỗ xốp từ 0mm đến 10mm hệ số dẫn nhiệt tăng lên đến 3 lần.

Bảng 3.5: Sự phụ thuộc của hệ số dẫn nhiệt tương đương của không khí ở 0°C vào kích thước lỗ xốp

Đường kính bọt xốp; mm	Hệ số dẫn nhiệt W/(mK)
0	0,025
0,5	0,027 .
1,0	0,033
5,0	0,050
10,0	0,077

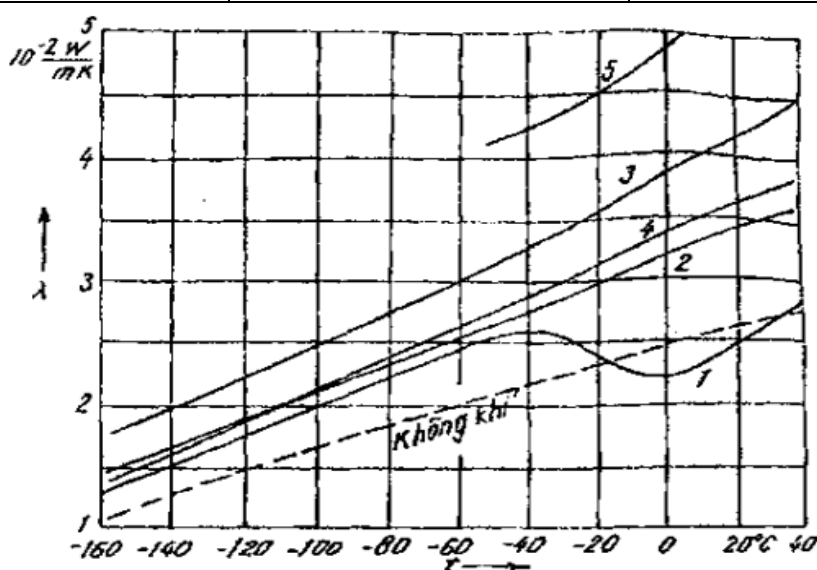
Dạng của lỗ xốp cũng có ảnh hưởng lớn tới hệ số dẫn nhiệt của vật liệu xốp. Nói chung các vật liệu dạng tấm như polystirol, polyurethane, các vật liệu xây dựng đều có lỗ xốp dạng cầu. Nói đến dạng lỗ xốp ở đây chủ yếu để chỉ các vật liệu cách nhiệt dạng sợi như bông thủy tinh, bông khoáng... và cách bố trí chúng trong cơ cấu cách nhiệt. Khi bố trí sợi dọc theo phương truyền nhiệt, hệ số dẫn nhiệt của vật liệu có thể tăng gấp hai lần, hoặc hơn so với cách bố trí sợi vuông góc với phương dòng nhiệt. Với cùng khối lượng riêng, khi sắp xếp sợi theo hướng vuông góc với dòng nhiệt, hệ số dẫn nhiệt giảm đáng kể, có khi chỉ còn khoảng một nửa.

Hệ số dẫn nhiệt của các loại vật liệu xây dựng và cách nhiệt tăng khi nhiệt độ tăng. Bản thân vật liệu và cả các lỗ xốp ngậm 1 đều có tính chất chung. Trong phạm vi nhiệt độ môi trường đến -80°C sự ảnh hưởng này hầu như

không có ý nghĩa. Bảng 3.6 giới thiệu độ tăng hệ số dẫn nhiệt của một vài vật liệu khi nhiệt độ tăng

Bảng 3.6: Độ tăng hệ số dẫn nhiệt của một vài vật liệu cách nhiệt hữu cơ,

Loại vật liệu	Cỡ lỗ xốp	Độ tăng dẫn nhiệt cho độ tăng nhiệt độ 10K; w/(m, K)
Tấm sợi	Mịn	0,001... 0,003
Tấm bắc (lie)	Mịn	0,001... 0,002
Tấm đệm sợi	Thô hơn	0,002... 0,004
Tấm bông gỗ	1 Thô	0,006... 0,012



Hình 3.3: Sự phụ thuộc của hệ số dẫn nhiệt vào nhiệt độ của một số vật liệu cách nhiệt cơ bản

1. Bọt polyurethane ; 2. Bọt polystirol; 3. Hạt peclít; 4. Bông xỉ; 5. Thủy tinh bọt

Hình 3.3 biểu diễn sự phụ thuộc nhiệt độ của hệ số dẫn nhiệt của một số vật liệu cách nhiệt quan trọng nhất. Hệ số dẫn nhiệt của không khí thường được coi là giá trị giới hạn đối với các vật liệu cách nhiệt. Các vật liệu polytirol, perlit, bông xỉ, thủy tinh bọt ngậm không khí trong các lỗ xốp nên hệ số dẫn nhiệt của chúng bao giờ cũng lớn hơn hệ số dẫn nhiệt của không khí. Riêng bọt polyrethane ngậm khí R11 nên hệ số dẫn nhiệt của nó có thể nhỏ hơn hệ số dẫn nhiệt của không khí (ở khoảng nhiệt độ trên dưới 0°C).

Tuy nhiên đường cong của polyurethane có một cực tiểu ở khoảng 0°C và cực đại ở -40°C rất đặc biệt.

1.4. Dầu bôi trơn

1.4.1. Nhiệm vụ của dầu bôi trơn

Dầu bôi trơn được sử dụng trong các hệ thống lạnh có máy nén cơ. Nhiệm vụ chủ yếu của dầu bôi trơn là:

- Bôi trơn các chi tiết chuyển động của máy nén, các bề mặt ma sát, giảm ma sát và tổn thất do ma sát gây ra. Riêng máy nén và máy dẫn nở ôxy không có dầu bôi trơn vì khi nén dầu gây ra cháy nổ, khi giãn nở nhiệt độ hạ đột ngột và dầu đông cứng lập tức.

- Làm nhiệm vụ tải nhiệt từ các ma sát pittông, xi lanh, ổ bi, ổ bạc... ra vỏ máy để toả ra môi trường, đảm bảo nhiệt độ ở các vị trí trên không quá cao.

- Chống rò rỉ các môi chất cho các cụm bịt kín và đệm kín cổ trục.

- Giữ kín các khoang nén trong máy nén trục vít.

1.4.2. Yêu cầu đối với dầu bôi trơn

Dầu bôi trơn nằm trong máy nén do đó dầu tham gia vào vòng tuần hoàn môi chất lạnh, đi qua tất cả các thiết bị chính và phụ của hệ thống. Chính vì vậy dầu kỹ thuật lạnh có yêu cầu rất khắt khe:

- Có đặc tính chống mài mòn và sây sát bề mặt tốt

- Có độ tinh khiết cao, không chứa các thành phần có hại đối với hệ thống lạnh như: ẩm, axit, lưu huỳnh không được hút ẩm.

- Nhiệt độ bốc cháy phải cao, cao hơn nhiều so với nhiệt độ cuối quá trình nén.

- Nhiệt độ đông đặc phải thấp, thấp hơn nhiều so với nhiệt độ tiết lưu và ở giàn bay hơi.

- Nhiệt độ lưu động phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi để đảm bảo tuần hoàn được trong hệ thống và có thể hồi dầu dễ dàng về máy nén.

- Không tạo lớp trở nhiệt trên bề mặt trao đổi nhiệt, trong trường hợp này dầu phải hoà tan hoàn toàn vào môi chất lạnh.

- Không làm giảm nhiệt độ bay hơi, qua đó làm giảm năng suất lạnh, trong trường hợp này dầu không được hoà tan vào môi chất lạnh.

- Không được dẫn điện, có độ cách điện cao ở cả pha hơi và pha lỏng, đặc biệt khi sử dụng cho hệ thống lạnh kín và nửa kín.

- Không gây cháy nổ.

- Không phân huỷ trong phạm vi nhiệt độ vận hành (thường từ -600°C đến 1500°C)

- Không được tác dụng với môi chất lạnh, với các vật liệu chế tạo máy vô cơ và hữu cơ, dây điện, sơn cách điện, nhất là có hại cho động cơ và máy nén.
- Không độc hại.
- Rẻ tiền, dễ kiếm.

Trong thực tế tất nhiên không thể tìm được một loại dầu bôi trơn lý tưởng đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trên, ta chỉ có thể tìm được các loại dầu cho từng trường hợp ứng dụng cụ thể để phát huy các ưu điểm và khắc phục các nhược điểm của nó.

2. Vật liệu cách ẩm, hút ẩm

2.1. Vật liệu cách ẩm

Do có hiện tượng ngưng đọng ẩm trong vách cách nhiệt lạnh nên phải có các lớp cách hơi ẩm để tăng trở ẩm cho vật liệu, trường hợp vật liệu không đủ độ trở thấm ẩm.

Vật liệu cách ẩm cũng có các yêu cầu sau:

- Có trở ẩm lớn hoặc có hệ số thấm ẩm nhỏ;
- Không ngấm nước;
- Phải bền nhiệt, không bị cứng, giòn, lão hoá ở nhiệt độ thấp và bị mềm hoặc nóng chảy ở nhiệt độ cao;
- Không có mùi lạ, không độc, không ảnh hưởng tới thực phẩm và sản phẩm bảo quản;
- Không gây ăn mòn và tác dụng hóa học với các vật liệu cách nhiệt và xây dựng;
- Phải rẻ tiền và dễ kiếm.

Vật liệu cách ẩm chủ yếu hiện nay là bitum. Trong kĩ thuật sử dụng 3-4 mác bitum BH-3, BH-4, BH-5 và BH-5K (Nga). Hệ số dẫn nhiệt từ 0,30.. 0,35 W/(mK). Người ta trát bitum nóng chảy lên bề mặt vài lớp dày từ 1.. 5mm. Bitum thường nóng chảy ở 90°C nhưng thường phải đốt lên đến 160...170°C và phải giữ nhiệt độ suốt quá trình thao tác. Cũng có thể hoà bitum vào xăng hoặc benzol, nhờ vậy có thể cơ giới hoá được quá trình. Tuy nhiên phương pháp này có nhược điểm là tổn dung môi và nguy hiểm dễ cháy. Không được pha xăng và benzol vào bitum có nhiệt độ lớn hơn 80°C. Phương pháp tốt nhất là tạo nhũ tương trong thùng quay tốc độ cao (50% bitum, 48% nước, 2% phụ gia xà phòng và đất sét), sau đó bắn vẩy hoặc phun lên tường, nước bay để lại một lớp bằng phẳng. Nếu chưa đủ chiều dày có thể phun nhiều lần nhưng phải đợi lớp trước khô hết mới được phun lớp sau. Để tránh rạn nứt có thể pha thêm 10% cao su tự nhiên để tạo màng. Bảng 5.10

giới thiệu một số vật liệu cách ẩm và thông số chính. Ngoài bitum, một số vật liệu khác cũng được sử dụng để ngăn ẩm như giấy nhôm, màng polyetylen, màng PVC, giấy dầu... Trong các buồng lạnh lắp ghép, các tấm lợp bằng tôn được sử dụng là vỏ tấm cách nhiệt Polyurethan đồng thời làm tấm cách ẩm. Bảng 3.7 giới thiệu các thông số của các mác bitum của Nga.

Bảng 3.7: Một số vật liệu cách ẩm

Vật liệu cách ẩm	Hệ số khuếch tán ẩm. g/(mh MPa)
Giấy nhôm	0,0054
Bitum	0,86
Hydrozol	11,38
Pergamin	1,20
Màng polyetylen	0,0018
Giấy dầu	1,35

*** Các phương pháp cách ẩm**

Qua nghiên cứu cách nhiệt ở nhiều kho lạnh người ta phát hiện ra rằng hiện tượng đọng ẩm trong cơ cấu cách nhiệt là rất phổ biến. Có tình trạng khi khoan phía dưới tường thấy nước chảy ra nhiều vì cách nhiệt đã hoàn toàn bị ướt sũng. Vì vậy các biện pháp chống nhiễm ẩm cho cách nhiệt là rất quan trọng, đặc biệt trong điều kiện khí hậu nóng và ẩm của Việt Nam. Nói chung có 5 phương pháp chống nhiễm ẩm cho cách nhiệt như sau:

- Sử dụng các lớp cách ẩm cùng với cách nhiệt;
- Nâng cao hệ số trở ẩm của vật liệu cách nhiệt;
- Sử dụng các lớp vữa có độ khuếch tán ẩm lớp phía trong phòng lạnh;
- Tạo áp suất dương trong phòng lạnh, qua đó có thể tạo ra một dòng không khí đi qua vách ngược chiều với độ giáng phân áp suất hơi nước;
- Tác động nhân tạo vào áp suất riêng phần hơi nước trên bề mặt lạnh của vách cách nhiệt.

Tuy vậy, chỉ ba phương pháp đầu có ý nghĩa thực tiễn hơn cả.

Sau đây là ba phương pháp chính chống nhiễm ẩm cho cách nhiệt lạnh...

Sử dụng lớp cách ẩm

Từ lâu người ta đã sử dụng lớp cách ẩm với hiệu quả rất cao. Tuy nhiên lớp cách ẩm chỉ được phép bố trí ở phía nóng. Nếu bố trí lớp cách ẩm ở phía lạnh nguy cơ ngưng đọng ẩm trong cách nhiệt lại tăng lên nhiều lần. Như vậy, chỉ bố trí lớp cách ẩm phía nóng vách cách nhiệt. Trường hợp phía lạnh không thấm ẩm

(đường ống lạnh, thiết bị như bình chứa hạ áp, bình tách lỏng), việc phủ lớp cách ẩm tích tụ dần theo thời gian trong cách nhiệt đường ống và thiết bị.

Tăng hệ số trở kháng khuếch tán ẩm của vật liệu

Các vật liệu cách nhiệt có thể được trộn đều với các loại nhựa kết dính hoặc bitum kết dính để tăng trở kháng khuếch tán ẩm. Lượng ẩm khuếch tán từ không khí hoặc bề mặt nóng của cách nhiệt sẽ giảm xuống nhanh chóng trong khi lượng ẩm khuếch tán từ vách cách nhiệt vào phòng lạnh giảm với tỉ lệ nhỏ hơn. Người ta đạt được yêu cầu lượng ẩm khuếch tán từ vách vào phòng lạnh lớn hơn hoặc bằng lượng ẩm khuếch tán từ môi trường nóng vào vách. Như vậy, sẽ không còn ẩm ngưng tụ trong vách. Sử dụng lớp vữa trát phía trong buồng lạnh có độ khuếch tán ẩm lớn.

2.2. Vật liệu hút ẩm

Trong các hệ thống lạnh amoniắc và freon, ẩm (nước) lẫn trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh có nhiều tác hại nghiêm trọng như:

- Tác dụng với dầu bôi trơn tạo ra các axit vô cơ, các keo dầu và bùn, làm lão hóa dầu;

- Kết hợp với môi chất lạnh tạo ra các khí lạ, axit do phân hủy môi chất và thủy phân, cản trở trao đổi nhiệt;

- Kết hợp với vật liệu chế tạo máy, cặn bẩn kim loại vô cơ và hữu cơ tạo ra các liên kết ôxy hoá, ăn mòn và phá hủy các chi tiết máy và thiết bị;

- Do hoà tan hoàn toàn trong môi chất (amoniắc) nên làm tăng nhiệt độ bay hơi, giảm năng suất lạnh, tiêu tốn năng lượng cao hơn;

- Do không hoà tan trong môi chất (freon) nên gây tắc ẩm cho bộ phận tiết lưu (van tiết lưu và ống mao (ống kapile)). Tắc ẩm là hiện tượng tắc bộ phận tiết lưu do ẩm trong hệ thống đóng băng, bám vào các cửa van làm tắc một phần hoặc hoàn toàn cửa thoát môi chất, làm ngừng trệ vòng tuần hoàn môi chất lạnh. Nước đóng thành băng ở cửa van do nhiệt độ giảm đột ngột xuống dưới 0°C khi môi chất lẫn nước đi qua tiết diện tiết lưu. Người ta đã chứng minh rằng, trong tủ lạnh gia đình, chỉ cần 15 mg hơi ẩm còn sót lại trong hệ thống đã có thể gây tắc ẩm hoàn toàn cho tủ lạnh. Do tác hại nhiều mặt của hơi ẩm trong hệ thống lạnh nên người ta đã đề ra nhiều biện pháp loại trừ sự có mặt ẩm trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh như:

- Sấy khô nghiêm ngặt các chi tiết máy và thiết bị trước khi lắp ráp mới hoặc sau chu kỳ bảo dưỡng, sửa chữa;

- Hạn chế độ ẩm tối thiểu trong môi chất lạnh, đối với amoniắc không vượt quá 0,2% khối lượng, đối với freon công nghiệp không vượt quá 25

phần triệu, và đối với freon nạp tủ lạnh và máy lạnh kín không quá 6 phần triệu khối lượng;

- Sấy chân không nhiều giờ trước khi nạp gas vào hệ thống lạnh;

- Sử dụng phin sấy lắp trên vòng tuần hoàn môi chất đường lỏng và đường hơi. Phin sấy đường lỏng lắp trước bộ phận tiết lưu và phin sấy đường hơi thường lắp sau dàn bay hơi theo chiều chuyển động của môi chất lạnh. Phin sấy là một ống hình trụ, bên trong chứa các hạt chất rắn có tính chất hấp thụ và giữ lại ẩm cũng như các chất có hại cho hệ thống lạnh như một số axit và khí lạ. Phin có hai đầu nối cho môi chất lạnh đi qua. Phin sấy nhiều khi kết hợp với phin lọc gọi là phin sấy lọc, khi đó phin được bố trí thêm các loại lưới đồng, dạ, len, ni... để giữ lại các vật lạ như cát, bụi, gỉ, sắt, vảy hàn trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh, tránh hỏng hóc cho máy nén và tránh tắc các cửa thoát của van và đường ống.

Phin sấy là một thiết bị phụ trong hệ thống lạnh nhưng nó lại rất quan trọng, đảm bảo cho hệ thống hoạt động bình thường với độ tin cậy cao và tuổi thọ cao.

* Nhiệm vụ của vật liệu hút ẩm

- Hút ẩm và giữ lại các axit, các chất lạ có hại sinh ra trong quá trình vận hành máy lạnh, “sấy khô” môi chất lạnh, loại trừ tác hại của ẩm trong hệ thống lạnh có thể gây ra cho dầu bôi trơn và chi tiết máy cũng như thiết bị.

- Chống tắc ẩm trong hệ thống lạnh Freon

* Yêu cầu đối với vật liệu hút ẩm

Căn cứ vào chức năng của vật liệu hút ẩm trong hệ thống lạnh, các vật liệu hút ẩm phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Có khả năng hút ẩm cao tính theo lượng ẩm hút được trên một đơn vị khối lượng ngay nhờ áp suất riêng hơi nước thấp;

- Có khả năng hút được các loại axit và khí lạ có hại sinh ra trong quá trình vận hành hệ thống lạnh;

- Khả năng hút ẩm và các sản phẩm có hại không phụ thuộc vào nhiệt độ trong phạm vi nhiệt độ vận hành;

- Có khả năng tái sinh dễ dàng nhờ nhiệt hoặc hoá chất;

- Không tác dụng với môi chất lạnh, dầu bôi trơn, ẩm và các sản phẩm phụ cũng như vật liệu chế tạo máy vô cơ và hữu cơ để tạo ra các hoá chất có hại khác;

- Không làm chất xúc tác cho các phản ứng có hại trong hệ thống lạnh;

- Có hình dáng cố định, không bị rơi rụng theo môi chất lạnh làm tắc bộ phận tiết lưu và các đường ống;

- Rẻ tiền, dễ kiếm.

Trong thực tế không có vật liệu hút ẩm lý tưởng. Người ta phải chọn các vật liệu hút ẩm cho từng trường hợp ứng dụng để phát huy được các ưu điểm và hạn chế được các nhược điểm của chúng.

*** Nguyên tắc hút ẩm**

Tác dụng hút ẩm dựa trên ba nguyên tắc chủ yếu sau:

- Liên kết cơ học với ẩm gọi là quá trình hấp thụ ẩm;

- Liên kết hoá học với hơi nước tạo ra các tinh thể ngậm nước hoặc các hydrat gọi là quá trình hấp thụ;

- Phản ứng hoá học với nước tạo ra các chất mới.

- Các chất hấp thụ

Các chất hấp thụ cho ẩm nhờ liên kết hoá học tạo các tinh thể ngậm nước hoặc các hydrat như sulfat canxi CaSO_4 , Clorua canxi CaCl_2 hoặc perclorat manhê $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ít có ý nghĩa trong kỹ thuật lạnh. Nên hạn chế sử dụng các chất hấp thụ này đặc biệt clorua canxi không phù hợp với các môi chất lạnh. Nếu sử dụng không được bố trí trên đường lỏng.

- Các chất phản ứng hóa học với nước

Các chất phản ứng hoá học với nước để tạo ra các hoá chất mới tuy có hiệu quả khử ẩm rất cao nhưng nhất thiết không nên sử dụng trong hệ thống lạnh. Các vật liệu hút ẩm loại này như Ôxit canxi CaO (vôi sống), penôxit photpho P_2O_5 bố trí trong hệ thống lạnh có thể tạo ra các loại axit và bazơ gây ăn mòn thiết bị, làm lão hoá và phá hủy dầu bôi trơn, phá hủy sơn cách điện làm chập mạch cuộn dây.

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG GIÁO TRÌNH

Giáo trình môn học Vật liệu điện lạnh được sử dụng để giảng dạy cho trình độ Trung cấp, nghề Kỹ thuật máy lạnh và điều hoà không khí.

- Đối với giáo viên:

+ Trước khi giảng dạy, giáo viên cần căn cứ vào nội dung của từng bài học để chuẩn bị đầy đủ các điều kiện cần thiết nhằm đảm bảo chất lượng giảng dạy.

+ Nên áp dụng phương pháp đàm thoại để học sinh ghi nhớ kỹ hơn.

+ Chuẩn bị các mô hình học cụ, vật liệu thực tế để học sinh dễ hiểu bài.

- Đối với học sinh:

+ Tìm hiểu, nghiên cứu tài liệu trước khi lên lớp.

+ Chú ý nghe giảng, tiếp thu bài giảng của giáo viên, tích cực làm bài tập.

+ Cần lưu ý kỹ về các đặc tính của từng nhóm vật liệu.

+ Về nhà cần xem lại bài cũ, làm bài tập về nhà(nếu có).

- Những trọng tâm cần chú ý:

+ Phân loại vật liệu điện – lạnh, vai trò của vật liệu điện – lạnh.

+ Đặc tính cơ bản và phạm vi ứng dụng của từng nhóm vật liệu điện – lạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đức Lợi, *Giáo trình Kỹ thuật Lạnh(cơ sở và ứng dụng)*, NXB Bách khoa - Hà Nội, 2014.
- [2] Đỗ Hữu Thanh, *Giáo trình Vật liệu điện*, NXB Hà Nội, 2016.
- [3] PGS.TS Hoàng Trọng Bá, *Giáo trình Vật liệu điện và từ*, NXB Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 2015.
- [4] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy, *Kỹ thuật Lạnh ứng dụng*, NXB giáo dục, tái bản 2018.
- [5] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy, *Môi chất lạnh*, NXB giáo dục Hà Nội, 2018.
- [6] Nguyễn Đình Thắng, *Vật liệu kỹ thuật điện*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2019.