

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CƠ ĐIỆN HÀ NỘI



HCEM
CAO ĐẲNG CƠ ĐIỆN HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

VẬT LIỆU CÔNG NGHIỆP (Lưu hành nội bộ)

Tác giả: Th.S Lê Thị Như Quyên

Th.S Phạm Thị Vân

MỤC LỤC

TRANG

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

31.	3.7.Nhựa cách điện.	27
32	3.8.Dầu cách điện	31
.		
33	3.9.Sơn và các hợp chất cách điện:	33
.		
34.	3.10.Chất đàn hồi.	35
35	3.11.Điện môi vô cơ.	37
.		
36	3.12.Vật liệu cách điện bằng gốm sứ.	39
.		
37.	3.13.Mica và các vật liệu trên cơ sở mica.	40
38	Chương 2. Vật liệu dẫn điện	43
.		
39	1.Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện.	43
.		
40	1.1.Khái niệm về vật liệu dẫn điện.	44
.		
41.	1.2.Tính chất của vật liệu dẫn điện.	45
42	1.3.Các tác nhân môi trường ảnh hưởng đến tính dẫn điện	48
.	của vật liệu.	
43	1.4.Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động.	48
.		
44	2.Tính chất chung của kim loại và hợp kim.	49
.		
45	2.1.Tầm quan trọng của kim loại và hợp kim.	49
.		
46	2.2.Các tính chất.	50
.		
47.	2.3.Những hư hỏng thường gặp và cách chọn vật liệu dẫn	52
	điện.	
48	2.3.1.Những hư hỏng thường gặp.	52
.		
49	2.3.2.Cách chọn vật liệu dẫn điện.	55
.		
50	4.Một số vật liệu dẫn điện thông dụng.	55
.		
51.	4.1.Đồng và hợp kim đồng.	55
52	4.2.Nhôm và hợp kim nhôm.	59
.		

53	4.3.Chì và hợp kim chì.	62
54.	4.4.Sắt (Thép)	64
55	4.5.Wonfram.	66
56	4.6.Kim loại dùng làm tiếp điểm và cổ góp.	67
57.	4.7.Hợp kim có điện trở cao và chịu nhiệt.	71
58	4.8.Lưỡng kim.	72
59	Chương 3: Vật liệu dẫn từ	74
60	1.Khái niệm và tính chất vật liệu dẫn từ.	74
61.	1.1.Khái niệm.	75
62	1.2.Tính chất vật liệu dẫn từ.	75
63	1.3.Các đặc tính của vật liệu dẫn từ.	76
64	1.4.Đường cong từ hóa.	77
65	2.Mạch từ và tính toán mạch từ.	78
66	2.1.Các công thức cơ bản.	79
67.	2.2.Sơ đồ thay thế của mạch từ.	83
68	2.3.Mạch từ xoay chiều.	84
69	2.4.Những hư hỏng thường gặp.	84
70	3.Một số vật liệu dẫn từ thông dụng.	91
71.	3.1.Vật liệu sắt từ mềm.	91
72.	3.2.Vật liệu sắt từ cứng.	95
73.	3.3.Các vật liệu sắt từ có công dụng đặc biệt.	97
74.	Tài liệu tham khảo	100

MÔN HỌC: VẬT LIỆU ĐIỆN

Mã số môn học: MH 11

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò môn học:

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

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

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

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

Mục tiêu:

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

Nội dung của môn học

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

	3.Một số vật liệu cách điện thông dụng.		2	2	
III.	Chương 2.Vật liệu dẫn điện	10	5	4	1
	1.Khái niệm và tính chất của vật liệu dẫn điện.		2	1	
	2.Tính chất chung của kim loại và hợp kim.		1	1	
	3.Những hư hỏng thường và cách chọn vật liệu dẫn điện.		1	1	
	4.Một số vật liệu dẫn điện thông dụng.		1	1	
IV.	Chương 3.Vật liệu dẫn từ	8	4	4	
	1.Khái niệm và tính chất vật liệu dẫn từ.		1	1	
	2.Mạch từ, tính toán mạch từ.		2	2	
	3.Một số vật liệu dẫn từ thông dụng.		1	1	
	Cộng:	30	15	13	2

BÀI MỞ ĐẦU: KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN

Giới thiệu:

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

Mục tiêu:

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

1. Khái niệm, cấu tạo vật liệu điện

Mục tiêu:

Trình bày được khái niệm, cấu tạo vật liệu điện

1.1 Khái niệm

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

1.2. Cấu tạo nguyên tử của vật liệu

Như chúng ta đã biết, mọi vật chất được cấu tạo từ nguyên tử và phân tử. Nguyên tử là phần tử cơ bản của vật chất. Theo mô hình nguyên tử của Bor, nguyên tử được cấu tạo bởi hạt nhân mang điện tích dương và các điện tử (electron e) mang điện tích âm, chuyển động xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo nhất định. Hạt nhân nguyên tử được tạo nên từ các hạt proton và neutron. Neutron là các hạt không mang điện tích còn proton có điện tích dương với số lượng bằng Z_q .

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

1.3. Cấu tạo phân tử

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

Liên kết đồng hóa trị:

Liên kết đồng hóa trị được đặc trưng bởi sự dùng chung những điện tử của các nguyên tử trong phân tử. Khi đó mật độ đám mây điện tử giữa các hạt nhân trở thành bão hòa, liên kết phân tử bền vững.

Liên kết ion:

Liên kết ion được xác lập bởi lực hút giữa các ion dương và các ion âm trong phân tử.

Liên kết kim loại:

Dạng liên kết này tạo nên các tinh thể vật rắn. Kim loại được xem như là một hệ thống cấu tạo từ các ion dương nằm trong môi trường các điện tử tự do. Lực hút giữa các ion dương và các điện tử tạo nên tính nguyên khối của kim loại. Chính vì vậy liên kết kim loại là liên kết bền vững, kim loại có độ bền cơ học và nhiệt độ nóng chảy cao.

Liên kết Vandec – Vanx:

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

Khuyết tật trong cấu tạo vật rắn:

Các tinh thể vật rắn có thể có cấu tạo đồng nhất. Sự phá hủy các kết cấu đồng nhất và tạo nên các khuyết tật trong vật rắn thường gặp nhiều trong thực tế. Những khuyết tật có thể được tạo nên bằng sự ngẫu nhiên hay cố ý trong quá trình chế tạo vật liệu.

Lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn:

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

2. Phân loại vật liệu điện

Mục tiêu:

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

2.1. Phân loại vật liệu điện theo khả năng dẫn điện

Trên cơ sở giản đồ năng lượng, người ta phân loại theo vật liệu dẫn điện, vật liệu dẫn từ, vật liệu cách điện và vật liệu bán dẫn.

Vật liệu dẫn điện

Vật liệu dẫn điện là chất có vùng tự do nằm sát với vùng điện đầy, thậm chí có thể chồng lên vùng đầy ($W = 0,2\text{eV}$).

Vật liệu bán dẫn

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

Điện môi (vật liệu cách điện)

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

2.2. Phân loại vật liệu điện theo từ tính

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

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

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

Vật liệu thuận từ và nghịch từ có độ từ thẩm xấp xỉ bằng 1.

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

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

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

Ngoài ra ta cũng có thể phân loại vật liệu điện:

+ Theo công dụng: có vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, vật liệu dẫn từ và vật liệu bán dẫn.

+ Theo nguồn gốc: có vật liệu vô cơ và vật liệu hữu cơ.

CÂU HỎI

1. Trình bày cấu tạo nguyên tử, phân tử của vật liệu điện?
2. Trình bày các mối liên kết trong vật liệu điện? So sánh đặc điểm của các mối liên kết đó?
3. Thế nào gọi là khuyết tật trong cấu tạo vật rắn và các khuyết tật đó ảnh hưởng như thế nào tới các tính chất của vật rắn?.
4. Trình bày lý thuyết phân vùng năng lượng trong vật rắn? Nêu cách phân loại vật liệu điện theo lý thuyết phân vùng năng lượng?.
5. Vật liệu điện được phân loại như thế nào? trình bày các cách phân loại đó?

CHƯƠNG 1:VẬT LIỆU CÁCH ĐIỆN

Mã chương: 11-01

Giới thiệu :

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

Mục tiêu:

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

1. Khái niệm và phân loại vật liệu cách điện

Mục tiêu:

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

1.1. Khái niệm

Phần điện của các thiết bị có phần dẫn điện và phần cách điện. Phần dẫn điện là tập hợp các vật dẫn khép kín mạch để cho dòng điện chạy qua. Để đảm bảo mạch làm việc bình thường, vật dẫn cần được cách ly với các vật dẫn khác trong mạch, vật dẫn của mạch khác hoặc vật dẫn nào đó trong không gian. Ngoài ra còn phải cách ly vật dẫn với các nhân viên làm việc với mạch điện. Như vậy vật dẫn phải được bao bọc bởi các vật liệu cách điện.

Vật liệu cách điện còn được gọi là điện môi. Điện môi là những vật liệu làm cho dòng điện đi đúng nơi qui định.

1.2. Phân loại vật liệu cách điện

Phân loại theo trạng thái vật l

Vật liệu cách điện (điện môi) có thể ở thể khí, thể lỏng và thể rắn. Ở giữa thể lỏng và thể lỏng rắn, còn có một thể trung gian, gọi là thể mềm nhão như: các vật liệu có tính chất bôi trơn, các loại sơn tẩm.

Phân loại theo thành phần hóa học

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

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

Vật liệu cách điện vô cơ: vật liệu cách điện vô cơ: gồm các chất khí, các chất lỏng không cháy, các loại vật liệu như: sứ gốm, thủy tinh, mica, amiăng v.v...

Phân loại theo tính chịu nhiệt

Khi lựa chọn vật liệu cách điện, trước tiên ta phải biết vật liệu có khả năng chịu nhiệt theo cấp nào trong số bảy cấp chịu nhiệt của vật liệu cách điện theo bảng sau: (bảng 1.1).

Bảng 1.1. Các cấp chịu nhiệt của vật liệu cách điện

Cấp cách điện	Nhiệt độ cho phép (°C)	Các vật liệu cách điện chủ yếu
Y	90	Giấy, vải sợi, lụa, phíp, cao su, gỗ và các vật liệu tương tự, không tẩm và ngâm trong vật liệu cách điện lỏng. Các loại nhựa như: nhựa polietilen, nhựa polistirol, vinyl clorua, anilin...
A	105	Giấy, vải sợi, lụa được ngâm hay tẩm dầu biến áp. Cao su nhân tạo, nhựa polieste, các loại sơn cách điện có dầu làm khô, axetyl, tẩm gỗ dán, êmây gốc sơn nhựa dầu.
E	120	Nhựa tráng polivinylphocman, poliamit, eboxi. Giấy ép hoặc vải có tẩm nha phenolfocmandehit (gọi chung là bakelit giấy). Nhựa melaminfocmandehit có chất độn xenlulo, têctôlit. Vải có tẩm poliamit. Nhựa poliamit, nhựa phenol - phurôl có độn xenlulo, nhựa êboxi.

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

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

Mục tiêu:

- Trình bày được các tính chất chung và nguyên nhân gây hư hỏng, cách phòng ngừa của vật liệu cách điện

Vật liệu cách điện có ý nghĩa cực kỳ quan trọng đối với kỹ thuật điện hơn nữa vật liệu cách điện có nhiều chủng loại khác nhau và ngay trong mỗi loại, do đặc tính kỹ thuật và công nghệ chế tạo cũng có nhiều vật liệu cách điện khác nhau. Vì vậy cần tìm hiểu những tính chất chung của các loại vật liệu cách điện để tạo ra những thiết bị chất lượng cao đảm bảo làm việc lâu dài và đem lại hiệu quả kinh tế cao.

2.1. Tính hút ẩm của vật liệu cách điện:

Các vật liệu cách điện nói chung ở mức độ ít hay nhiều đều hút ẩm vào bên trong từ môi trường xung quanh hay thấm ẩm tức là cho hơi nước xuyên qua chúng. Khi bị thấm ẩm các tính chất cách điện của vật liệu cách điện bị giảm nhiều. Những vật liệu cách điện không cho nước đi vào bên trong nó khi đặt ở môi trường có độ ẩm cao thì trên bề mặt có thể ngưng tụ một lớp ẩm làm cho dòng rò bề mặt tăng, có thể gây ra sự cố cho các thiết bị điện.

2.2. 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 đoạn 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 , ($1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ kg/cm}^2$). 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 $\sigma_d \approx 100 \text{ kg.cm/cm}^2$, còn với vật liệu gốm và mica chỉ khoảng $(2 - 5) \text{ kg.cm/cm}^2$. 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:

$$(1.1)$$

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)

2.3. Tính chất hóa học của vật liệu cách điện

Chúng ta phải nghiên cứu tính chất hóa học của vật liệu cách điện vì: Độ tin cậy của vật liệu cách điện cần phải đảm bảo khi làm việc lâu dài: nghĩa là không bị phân hủy để giải thoát ra các sản phẩm phụ và không ăn mòn kim loại tiếp xúc với nó, không phản ứng với các chất khác (khí, nước, axit, kiềm, dung dịch muối v.v...). Độ bền đối với tác động của các vật liệu cách điện khác nhau thì khác nhau.

Khi sản xuất các chi tiết có thể gia công vật liệu bằng những phương pháp hóa công khác nhau: dính được, hòa tan trong dung dịch tạo thành sơn.

Độ hòa tan của vật liệu rắn có thể đánh giá bằng khối lượng vật liệu chuyển sang dung dịch trong một đơn vị thời gian từ một đơn vị thời gian tiếp xúc giữa vật liệu với dung môi. Độ hòa tan nhất là các chất có bản chất hóa học gần với dung môi và chứa các nhóm nguyên tử giống nhau trong phân tử.

Các chất lưỡng cực dễ hòa tan hơn trong chất lỏng lưỡng cực, các chất trung tính dễ hòa tan trong chất trung tính. Các chất cao phân tử có cấu trúc mạch thẳng dễ hòa tan hơn so với cấu trúc trung gian. Khi tăng nhiệt độ thì độ hòa tan tăng.

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

Hiện tượng đánh thủng điện môi.

Trong điều kiện bình thường, vật liệu cách điện có điện trở rất lớn nên nó làm cách ly các phần mang điện với nhau. Nhưng nếu các vật liệu này đặt vào môi trường có điện áp cao thì các mối liên kết bên trong của vật liệu sẽ bị phá hủy làm nó mất tính cách điện đi. Khi đó, người ta nói vật liệu cách điện đã bị đánh thủng.

Giá trị điện áp đánh thủng (U_{dt}) được tính :

$$(1.2)$$

Trong đó:

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

Độ bền cách điện

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

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

Bảng 1.2. Độ bền cách điện của một số vật liệu cách điện

Vật liệu	Độ bền cách điện E_{bd} kV/mm	Giới hạn điện áp an toàn
-----------------	---	-------------------------------------

Không khí	3	1
Giấy tẩm dầu	10 25	3,6
Cao su	15 20	3 6
Nhựa PVC	32,5	3,12
Thuỷ tinh	10 15	6 10
Mica	50 100	5,4
Dầu máy biến áp	5 18	2 2,5
Sứ	15 20	5,5
Cáctông	8 12	3 3,5

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

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

$$(2.3)$$

Với:

- U_{dt} : điện áp đánh thủng (kV).
- U_{cp} : điện áp cho phép vật liệu làm việc kV
- : 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 tăng rõ rệt hay điện trở suất giảm. Đại lượng độ bền nhiệt được đánh giá bằng trị số nhiệt độ (đo bằng $^{\circ}\text{C}$) xuất hiện sự biến đổi tính chất.

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

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

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

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

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

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

Bảng 1.4. Hệ số giãn nở dài theo nhiệt độ

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