

BÀI GIẢNG

VẬT LIỆU ĐIỆN

CHƯƠNG 1 KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN

Mục đích chương này nhắc lại một số kiến thức cơ bản đã được học ở phổ thông trung học cần thiết về cấu tạo vật chất trước khi nghiên cứu những vật liệu kỹ thuật điện cụ thể.

1.1. KHÁI NIỆM VỀ VẬT LIỆU ĐIỆN

1.1.1. KHÁI NIỆM

Vật liệu 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.

1.1.2. CẤU TẠO NGUYÊN TỬ CỦA VẬT LIỆU

Nguyên tử là phần tử cơ bản nhất của vật chất. Mọi vật chất đều được cấu tạo từ nguyên tử và phân tử theo mô hình nguyên tử của Bo.

Nguyên tử được cấu tạo bởi hạt nhân mang điện tích dương (gồm proton p và neutron n) và các điện tử mang điện tích âm (electron, ký hiệu là e) chuyển động xung quanh hạt nhân theo một quỹ đạo xác định.

Nguyên tử : Là phần nhỏ nhất của một phân tử có thể tham gia phản ứng hoá học, nguyên tử gồm có hạt nhân và lớp vỏ điện tử hình 1.1

- Hạt nhân : gồm có các hạt Proton và Neutron
- Vỏ hạt nhân gồm các electron chuyển động xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo xác định.

Tùy theo mức năng lượng mà các điện tử được xếp

Thành lớp.

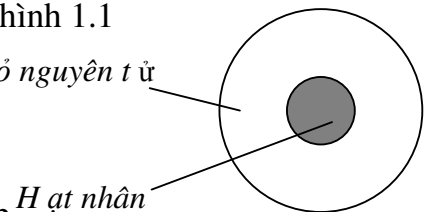
Ở điều kiện bình thường, nguyên tử trung hòa về điện, tức là:

$$|\sum(+)\text{hạt nhân}| = |\sum(-)e|$$

Khối lượng của e rất nhỏ: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ (Kg)

$q_e = 1,601 \cdot 10^{-19}$ (C)

Do điện tử có khối lượng rất nhỏ cho nên độ linh hoạt của tốc độ chuyển động khá cao. Ở một nhiệt độ nhất định, tốc độ chuyển động của electron rất cao. Nếu vì nguyên nhân nào đó một nguyên tử bị mất điện tử e thì nó trở thành Ion (+), còn nếu nguyên tử nhận thêm e thì nó trở thành Ion (-).



Hình 1.1. Cấu tạo nguyên tử

VẬT LIỆU ĐIỆN

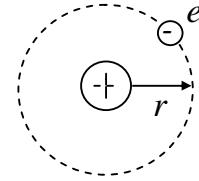
Quá trình biến đổi 1 nguyên tử trung hòa trở thành điện tử tự do hay Ion (+) được gọi là quá trình Ion hóa.

Để có khái niệm về năng lượng của điện tử xét trường hợp đơn giản của nguyên tử Hydro, nguyên tử này được cấu tạo từ một proton và một điện tử e (hình 1.2).

Khi điện tử chuyển động trên quỹ đạo có bán kính r bao quanh hạt nhân, thì giữa hạt nhân và điện tử e có 2 lực:

$$\text{Lực hút (lực hướng tâm): } f_1 = \frac{q^2}{r} \quad (1-1)$$

$$\text{và lực ly tâm: } f_2 = \frac{mv^2}{r} \quad (1-2)$$



Hình 1.2. Mô hình nguyên tử H

trong đó:

m - khối lượng của điện tử,

v - vận tốc dài của chuyển động tròn

$$\text{Ở trạng thái trung hòa, hai lực này cân bằng: } f_1 = f_2 \text{ hay } mv^2 = \frac{q^2}{r} \quad (1-3)$$

Năng lượng của điện tử sẽ bằng:

$$W_e = T + U \text{ (Động năng } T + \text{ Thế năng } U)$$

$$\text{trong đó: } T = \frac{mv^2}{2}, U = -\frac{q^2}{r}.$$

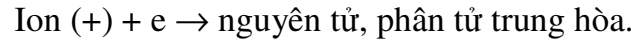
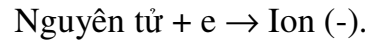
$$\text{Vậy } W_e = T + U = \frac{q^2}{2r} - \frac{q^2}{r} = -\frac{q^2}{2r} \text{ hay } W_e = -\frac{q^2}{2r} \quad (1-4)$$

Biểu thức trên chứng tỏ mỗi điện tử của nguyên tử đều tương ứng với một mức năng lượng nhất định và để di chuyển nó tới quỹ đạo xa hơn phải cung cấp năng lượng cho điện tử,... Năng lượng của điện tử phụ thuộc vào bán kính quỹ đạo chuyển động. Điện tử ngoài cùng có mức năng lượng thấp nhất do đó dễ bị bứt ra và trở thành trạng thái tự do. Năng lượng cung cấp cho điện tử e để nó trở thành trạng thái tự do gọi là năng lượng Ion hóa (W_i).

Để tách một điện tử trở thành trạng thái tự do thì phải cần một năng lượng $W_i \geq W_e$. Khi $W_i < W_e$ chỉ kích thích dao động trong một khoảng thời gian rất ngắn, các nguyên tử sau đó lại trở về trạng thái ban đầu.

Năng lượng Ion hóa cung cấp cho nguyên tử có thể là năng lượng nhiệt, năng lượng điện trường hoặc do va chạm, năng lượng tia tử ngoại, tia cực tím, phóng xạ.

Ngược lại với quá trình Ion hóa là quá trình kết hợp:



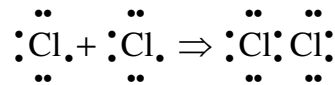
1.1.3. CẤU TẠO PHÂN TỬ CỦA VẬT LIỆU

Là phần nhỏ nhất của một chất ở trạng thái tự do nó mang đầy đủ các đặc điểm, tính chất của chất đó, trong phân tử các nguyên tử liên kết với nhau bởi liên kết hóa học. Vật chất được cấu tạo từ nguyên, phân tử hoặc ion theo các dạng liên kết dưới đây:

1.1.3.1. Liên kết đồng hóa trị

Liên kết này đặc trưng bởi sự kiện là một số điện tử đã trở thành chung cho các nguyên tử tham gia hình thành phân tử.

Lấy cấu trúc của phân tử clo làm ví dụ: phân tử này gồm 2 nguyên tử clo và như đã biết, nguyên tử clo có 17 điện tử, trong đó 7 điện tử ở lớp ngoài cùng (điện tử hoá trị). Hai nguyên tử clo liên kết bền vững với nhau bằng cách sử dụng chung hai điện tử như trên hình 1.3. Lớp vỏ ngoài cùng của mỗi nguyên tử được bổ sung thêm một điện tử của nguyên tử kia.



Hình 1.3.

Phân tử liên kết đồng hoá trị có thể là trung tính hoặc cực tính. Phân tử clo thuộc loại trung tính vì các trung tâm điện tích dương và điện tích dương trùng nhau.

Axit clohydric HCl là ví dụ của phân tử cực tính. Các trung tâm điện tích dương và âm cách nhau một khoảng và như vậy phân tử này được xem như một lưỡng cực điện.

Tùy theo cấu trúc các phân tử đối xứng hay không đối xứng mà chia các phân tử ra làm hai loại

- Phân tử không phân cực là phân tử mà trọng tâm điện tích âm trùng với trọng tâm điện tích dương

- Phân tử phân cực là phân tử mà tâm điện tích âm cách trọng tâm điện tích dương một khoảng l

Đặc trưng cho sự phân cực người ta dùng mô men lưỡng cực

$$\vec{P}_e = q \cdot \vec{l}$$

Trong đó:

q : là điện tích

\vec{l} : có chiều $-q$ đến $+q$ và có độ lớn bằng l (khoảng cách giữa trọng tâm điện tích dương và trọng tâm điện tích âm)

1.1.3.2. Liên kết Ion

Liên kết ion được xác lập bởi lực hút giữa các Ion (+) và Ion(-). Liên kết này chỉ xảy ra giữa các nguyên tử của các nguyên tố hóa học có tính chất khác nhau.

Đặc trưng cho dạng liên kết kim loại là liên kết giữa các kim loại và phi kim để tạo thành muối, cụ thể là Halogen và kim loại kiềm gọi là muối Halogen của kim loại kiềm.

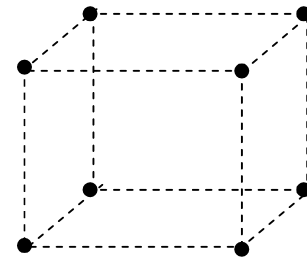
Liên kết này khá bền vững. Do vậy nhiệt độ nóng chảy của các chất có liên kết Ion rất cao

Ví dụ: liên kết giữa Na và Cl trong muối NaCl là liên kết ion (vì Na có 1 electron lớp ngoài cùng cho nên dễ nhường 1 electron tạo thành Na^+ , Cl có 7 electron ở lớp ngoài cùng cho nên dễ nhận 1 electron tạo thành Cl^- , hai ion này trái dấu sẽ hút nhau và tạo thành phân tử NaCl, muối NaCl có tính hút ẩm $t_{nc} = 800^{\circ}C$, $t_{sôi} < 1450^{\circ}C$.

1.1.3.3. Liên kết kim loại

Là liên kết trong các kim loại mà hạt nhân ở các nút mạng tinh thể. Xung quanh hạt nhân có các điện tử liên kết, ngoài ra còn có các điện tử tự do. Do đó, kim loại có tính chất dẫn điện, dẫn nhiệt tốt.

Khi không kể đến chuyển động nhiệt thì các hạt (gồm nguyên tử, phân tử hoặc ion) ở một vị trí xác định gọi là nút. Các nút được sắp xếp theo một trật tự xác định hợp thành mạng tinh thể.



Hình 1.4. Mạng tinh thể cơ bản của kim loại

Hình 1.4 là mạng tinh thể lập phương (cơ bản) của kim loại. Dạng liên kết này giải thích được những tính chất đặc trưng của kim loại:

VẬT LIỆU ĐIỆN

- Tính nguyên khối (rắn): Lực hút giữa các ion âm và các điện tử tạo nên tính nguyên khối, kim loại thường ở dạng mạng tinh thể
- Tính dẻo: do sự dịch chuyển và trượt lên nhau của các ion
- Do tồn tại các điện tử tự do nên kim loại thường có ánh kim, dẫn điện và dẫn nhiệt cao.

1.1.3.4. Liên kết VanDerVan:

Tương tự như liên kết kim loại nhưng là liên kết yếu, do vậy nhiệt độ nóng chảy thấp (Ví dụ: paraffin).

1.1.4. NHỮNG KHUYẾT TẬT TRONG CẤU TẠO VẬT RẮN

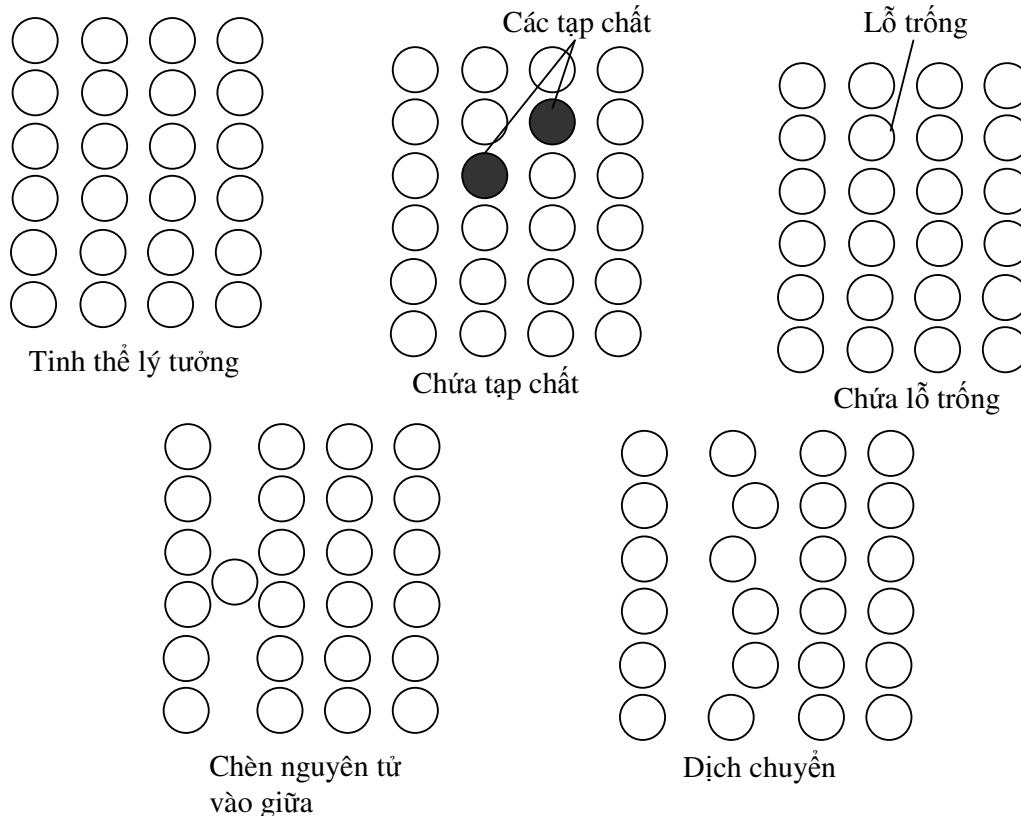
Thực tế các mạng tinh thể có kết cấu đồng đều hay không đồng đều, tuy nhiên trong kỹ thuật người ta thường sử dụng các những vật liệu có cấu trúc đồng đều. Sự phá hủy các kết cấu đều và tạo nên các khuyết tật trong vật rắn thường gặp nhiều trong thực tế. Những khuyết tật có thể được tạo nên bằng sự ngẫu nhiên hay cố ý trong quá trình công nghệ chế tạo vật liệu.

Khuyết tật trong vật rắn : Là bất kỳ 1 hiện tượng nào làm cho trường tĩnh điện của mạng tinh thể mất tính chu kỳ.

Các dạng khuyết tật trong vật rắn thường là : tạp chất, đoạn tầng, khe rãnh

Khuyết tật trong vật dẫn thường tạo những tính chất vật lý đặc biệt, được ứng dụng trong kỹ thuật các vật liệu và các dụng cụ khác nhau

Ví dụ : chất bán dẫn n -p, các hợp kim điện tử.....



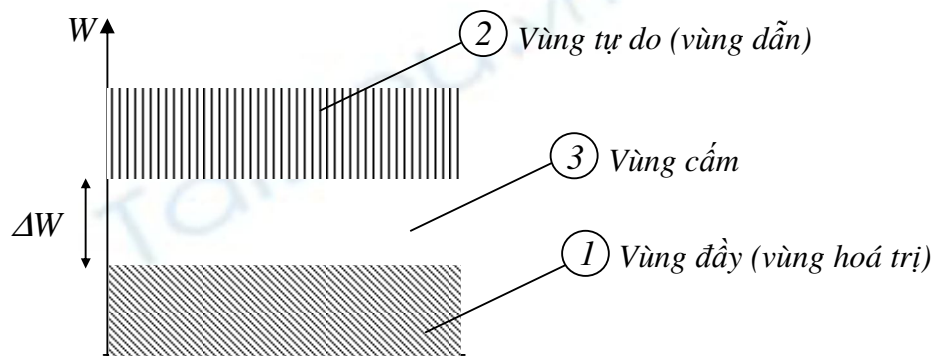
I.1.5. LÝ THUYẾT PHÂN VÙNG NĂNG LƯỢNG VẬT CHẤT

Trên hình 1.5 cho sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở nhiệt độ tuyệt đối 0°K .

Mỗi một điện tử đều có một mức năng lượng nhất định. Các điện tử hóa trị của lớp ngoài cùng ở nhiệt độ 0°K chúng tập trung lại thành một vùng, gọi là vùng hóa trị hay vùng đầy (1).

Các điện tử tự do có mức năng lượng cao hơn tập hợp lại thành dải tự do gọi là vùng tự do hay vùng dẫn (2).

Giữa vùng đầy và vùng tự do có một vùng trống gọi là vùng cấm (3).



Hình 1.5. Sơ đồ phân bố vùng năng lượng của vật rắn ở 0°K

Để một điện tử hóa trị ở vùng đầy trở thành trạng thái tự do cần cung cấp cho nó một năng lượng W đủ để vượt qua vùng cấm:

$$W \geq \Delta W \quad (\Delta W: \text{năng lượng vùng cấm}).$$

Khi điện tử từ vùng đầy vượt qua vùng cấm sang vùng tự do nó tham gia vào dòng điện dẫn. Tại vùng đầy sẽ xuất hiện các lỗ trống (hình dung như một điện tích dương) do điện tử nhảy sang vùng tự do tạo ra. Các lỗ trống liên tục thay đổi vì khi một điện tử của một vị trí bật ra tạo thành một lỗ trống thì một điện tử của nguyên tử ở vị trí lân cận lại nhảy vào lấp đầy lỗ trống đó và lại tạo ra một lỗ trống mới khác, ... cứ như vậy dẫn đến các lỗ trống liên tục được thay đổi tạo thành những cặp “điện tử lỗ” trong vật chất. Khi có tác động của của điện trường các lỗ sẽ chuyển động theo chiều của điện trường giống như các điện tích dương, còn các điện tử sẽ chuyển động theo chiều ngược lại. Cả hai chuyển động này hình thành tính dẫn điện của vật chất.

VẬT LIỆU ĐIỆN

Số lượng điện tử trở thành trạng thái tự do tùy theo mức độ năng lượng từ cao xuống thấp.

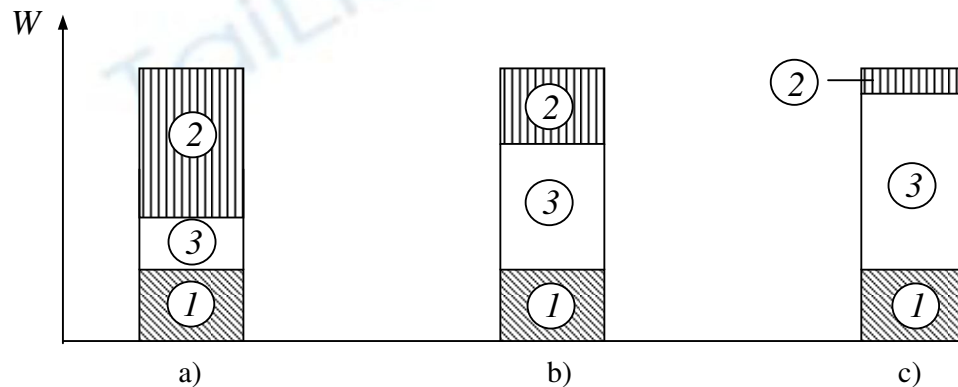
Dựa vào lý thuyết phân vùng năng lượng, người ta chia ra vật liệu kỹ thuật điện thành: vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện và vật cách điện (chất điện môi).

□ Đối với vật liệu cách điện (hình 1.6c): Vùng dẫn (2) rất nhỏ.

Vùng cấm (3) rộng tới mức ở điều kiện bình thường các điện tử hoá trị tuy được cung cấp thêm năng lượng của chuyển động nhiệt vẫn không thể di chuyển tới vùng dẫn (2) để trở thành tự do.

Năng lượng ΔW của vùng (3) lớn, $\Delta W_{CD} = 1,5 \div$ vài eV

Như vậy trong điều kiện bình thường vật liệu có điện dẫn bằng không (hoặc nhỏ không đáng kể).



Hình 1.6

a) Vật liệu dẫn điện b) Vật liệu bán dẫn c) Vật liệu cách điện

□ Đối với vật liệu bán dẫn có vùng hoá trị (1) nằm sát hơn vùng dẫn (2) so với vật liệu cách điện (hình 1.6b). Năng lượng vùng cấm (3) lớn hơn so với vật liệu cách điện:

$$\Delta W_{BD} = 1,2 \div 1,5 \text{ eV.}$$

nên ở điều kiện bình thường một số điện tử hoá trị trong vùng (1) với sự tiếp sức của chuyển động nhiệt đã có thể chuyển tới vùng (2) để hình thành tính dẫn điện của vật liệu.

□ Đối với vật liệu dẫn điện (hình 1.6a): có vùng hoá trị (1) nằm sát hơn vùng dẫn (2) so với vật liệu bán dẫn, với mức năng lượng vùng cấm:

$$\Delta W_{DD} < 0,2 \text{ eV.}$$

Các điện tử hoá trị trong vùng (1) có thể di chuyển một cách không điều kiện tới vùng (2) và do đó loại vật liệu này có điện dẫn rất cao.

- Vật liệu dẫn điện tốt: $\Delta W \approx 0$.
- Vật liệu siêu dẫn: $\Delta W < 0$.

Chú ý: Vật liệu điện không phải cố định hoàn toàn. Chúng có thể chuyển đổi từ vật dẫn sang bán dẫn hoặc cách điện hoặc ngược lại... tùy thuộc vào năng lượng tác động giữa chúng hay phụ thuộc vào điều kiện tác động của môi trường. Ở điều kiện này có thể là vật cách điện nhưng ở điều kiện khác nó lại trở thành vật dẫn điện.

Ngoài cách phân loại vật liệu nêu trên, dựa vào độ từ thẩm μ người ta còn phân loại vật liệu theo từ tính.

Những chất có độ từ thẩm:

$\mu > 1$: gọi là vật liệu thuận từ.

$\mu < 1$: gọi là vật liệu nghịch từ.

$\mu \gg 1$: gọi là vật liệu dẫn từ.

1.2. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU ĐIỆN

1.2.1. Phân loại theo khả năng dẫn điện

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

1. 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 duy chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn. Chiều rộng vùng cấm của điện môi ΔW nằm trong khoảng từ 1,5 đến vài điện tử von (eV).

2. Bán dẫn: là chất có vùng cấm hẹp hơn so với điện môi, vùng này có thể thay đổi nhờ tác động năng lượng từ bên ngoài. Chiều rộng vùng cấm chất bán dẫn bé ($\Delta W = 0,5 - 1,5 eV$), do đó ở nhiệt độ bình thường một số điện tử hóa trị ở vùng đầy được tiếp sức của chuyển động nhiệt có thể di chuyển tới vùng tự do để tham gia vào dòng điện dẫn.

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

1.2.2. Phân loại theo từ tính

VẬT LIỆU ĐIỆN

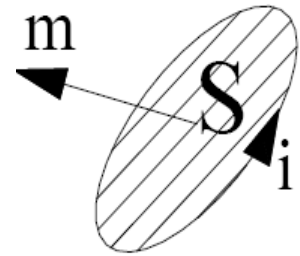
Nguyên nhân chủ yếu của vật liệu gây nên từ tính là do các điện tích chuyển động ngẫu nhiên theo quỹ đạo kín tạo nên những dòng điện vòng. Cụ thể hơn đó là do sự quay của các điện tử xung quanh trục của chúng – spin điện tử và sự quay theo quỹ đạo của các điện tử trong nguyên tử.

- Các điện tử chuyển động xung quanh hạt nhân tạo nên dòng điện cơ bản mà nó được đặc trưng bởi mômen từ M . Mômen từ M tính bằng tích của dòng điện cơ bản với một diện tích S được giới hạn bởi đường viền cơ bản:

$$M = i.S$$

Chiều véc tơ M được xác định theo quy tắc vặn nút chai . hình 1.7 và theo phương thẳng góc với diện tích S .

Mômen từ của vật thể là kết quả tổng hợp của tất cả các mômen từ cơ bản đã nêu trên.



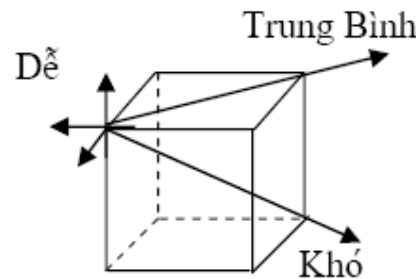
- Ngoài các mômen quỹ đạo đã nêu trên, các điện tử này còn quay xung quanh các trục của nó, do đó

Hình 1. Biểu diễn chiều mômen từ

còn tạo nên các mômen gọi là mômen Spin. Các spin này đóng vai trò quan trọng trong việc từ hóa vật liệu sắt từ.

- Khi nhiệt độ dưới nhiệt độ curri, việc hình thành các dòng xoay chiều này có thể nhìn thấy được bằng mắt thường, được gọi là vùng từ tính, vùng này trở nên song song thẳng hàng cùng một hướng. Như vậy vật liệu sắt từ thể hiện chủ yếu sự phân cực từ hóa tự phát khi không có các từ trường đặt bên ngoài.

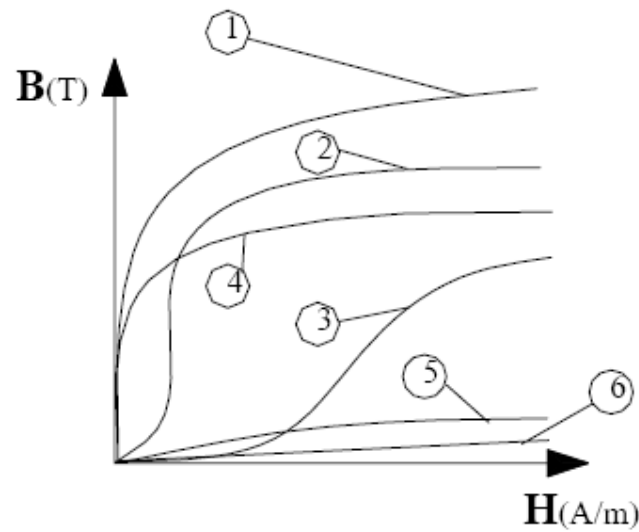
- Quá trình từ hóa của vật liệu sắt từ dưới tác dụng của từ trường ngoài dẫn đến làm tăng những khu vực mà mômen từ của nó tạo góc nhỏ nhất với hướng của từ trường, giảm kích cỡ các vùng khác và sắp xếp thẳng hàng các mômen từ tính theo hướng từ trường bên ngoài. Sự bão hòa từ tính sẽ đạt được khi nào sự tăng lên của khu vực dùng từ lại và mômen từ tính của tất cả các phần tinh thể nhỏ nhất được từ tính hóa tự sinh trở thành cùng hướng theo hướng của từ trường



Hình 1.8 Hướng từ hóa khó và dễ trong đơn tinh thể Sắt

VẬT LIỆU ĐIỆN

- Khi từ hóa dọc theo cạnh hình khối, nó mở rộng theo hướng đường chéo, nghĩa là co lại theo hướng từ hóa, hiện tượng đó gọi là hiện tượng từ giảo.



Hình 1.9. Đường cong từ hóa của vật liệu sắt từ

- 1- Sắt đặc biệt tinh khiết
- 2- Sắt tinh khiết (99,98% Fe)
- 3- Sắt kỹ thuật tinh khiết (99,92%Fe)
- 4- Pecmanlô (78%Ni)
- 5- S- Niken
- 6- Hợp kim Sắt- Niken (26%Ni)

Theo từ tính người ta phân vật liệu thành nghịch từ, thuận từ và dẫn từ

1. Nghịch từ: là những chất có độ từ thẩm $\mu < 1$ và không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có Hydro, các khí hiếm, đa số các hợp chất hữu cơ, muối mỏ và các kim loại như: đồng, kẽm, bạc, vàng, thủy ngân...

VẬT LIỆU ĐIỆN

2. Thuận từ : là những chất có độ từ thẩm $\mu > 1$ và cũng không phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có oxy, nitơ oxit, muối sắt, các muối coban và niken, kim loại kiềm, nhôm, bạch kim

3. Chất dẫn từ : là các chất có $\mu > 1$ và phụ thuộc vào cường độ từ trường bên ngoài. Loại này gồm có : sắt, niken, coban, và các hợp kim của chúng hợp kim crom và mangan ...

1.2.3. Phân loại theo trạng thái vật thể

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

CÂU HỎI CHƯƠNG 1

1. Trình bày cấu tạo nguyên tử, phân tử, phân biệt chất trung tính và chất cực tính ?
2. Trình bày nguyên nhân gây ra những khuyết tật trong vật rắn ?
3. Phân loại vật liệu theo lý thuyết phân vùng năng lượng của vật chất
4. Tính lực hút hướng tâm và lực hút ly tâm một nguyên tử biết $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ (Kg), $q_e = 1,601 \cdot 10^{-19}$ (C), $v = 1,26 \cdot 10^5$ m/s
5. Tính năng lượng một nguyên tử biết $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ (Kg), $q_e = 1,601 \cdot 10^{-19}$ (C), $v = 1,24 \cdot 10^6$ m/s
6. Trình bày cách phân loại vật liệu điện ?

CHƯƠNG 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 chúng vào trong một điện trường, các điện tích sẽ chuyển động theo một hướng nhất định của trường và tạo thành dòng điện. Người ta gọi vật liệu có tính dẫn điện.

1. Vật liệu có tính dẫn điện tử: là vật chất mà sự hoạt động của các điện tích không làm biến đổi thực thể đã tạo thành vật liệu đó. Vật dẫn có tính dẫn điện tử bao gồm những kim loại ở trạng thái rắn hoặc lỏng, hợp kim và một số chất không phải kim loại như than đá. Kim loại và hợp kim có tính dẫn điện tốt được chế tạo thành dây dẫn điện, như dây cáp, dây quấn dẫn điện trong các máy điện và khí cụ điện....

Kim loại và hợp kim có điện trở suất lớn (dẫn điện kém) được sử dụng trong các khí cụ điện dùng để sưởi ấm, đốt nóng, chiếu sáng, làm biến trở....

2. Vật liệu có tính dẫn Ion: là những vật chất mà dòng điện đi qua sẽ tạo nên sự biến đổi hóa học. Vật dẫn có tính dẫn Ion thông thường là các dung dịch: dung dịch axit, dung dịch kiềm và các dung dịch muối.

Vật liệu dẫn điện có thể ở thể rắn, lỏng và trong một số điều kiện phù hợp có thể là thể khí hoặc hơi.

Vật liệu dẫn điện ở thể rắn gồm các kim loại và hợp kim của chúng (trong một số trường hợp có thể không phải là kim loại hoặc hợp kim).

Vật liệu dẫn điện ở thể lỏng bao gồm các kim loại lỏng và các dung dịch điện phân. Vì kim loại thường nóng chảy ở nhiệt độ rất cao trừ thủy ngân

VẬT LIỆU ĐIỆN

(Hg) có nhiệt độ nóng chảy ở -39°C do đó trong điều kiện nhiệt độ bình thường chỉ có thể dùng vật liệu dẫn điện kim loại lỏng là thủy ngân.

Các chất ở thể khí hoặc hơi có thể trở nên dẫn điện nếu chịu tác động của điện trường lớn.

Vật liệu dẫn điện được phân thành 2 loại: vật liệu có tính dẫn điện tử và vật liệu có tính dẫn Ion.

2.2.2. Tính chất của vật liệu dẫn điện**2.2.2.1. Điện trở R**

Là quan hệ giữa hiệu điện thế không đổi đặt lên vật dẫn và dòng điện chạy qua vật dẫn đó.

Điện trở của dây dẫn được xác định theo biểu thức:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l} \quad (2.1)$$

Trong đó: R- Điện trở (Ω)

ρ - Điện trở suất ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

S- tiết diện dây dẫn (mm^2)

l- Chiều dài dây dẫn(m)

2.2.2.2. Điện dẫn G

Điện dẫn G của một dây dẫn là đại lượng nghịch đảo của điện trở R

$$G = \frac{1}{R} \quad (2.2)$$

Điện dẫn G được tính với đơn vị là $(1/\Omega) = (\text{S})$ - Simen

2.2.2.3. Điện trở suất ρ

Là điện trở của dây dẫn có chiều dài là một đơn vị chiều dài và tiết diện là một đơn vị diện tích.

Dòng điện đi trong vật dẫn được cho bởi công thức:

$$i = n_o \cdot S \cdot v_{tb} \cdot e \quad (2.3)$$

trong đó:

n_o : nhiệt độ phân tử mang điện.

S : tiết diện vật dẫn

v_{tb} : tốc độ chuyển động trung bình của điện tử dưới tác dụng của điện trường E.

e : điện tích của phân tử mang điện.

Thay $v_{tb} = uE$ (u - độ di chuyển của phân tử mang điện) vào (2.3), ta được dạng tổng quát của định luật ôm:

$$i = n_0 \cdot e \cdot u \cdot E = \gamma E \quad (2.4)$$

với $\gamma = n_0 \cdot e \cdot u$ được gọi là điện dẫn suất.

2.2.2.4. Điện dẫn suất γ

Đại lượng nghịch đảo của điện dẫn suất γ gọi là điện trở suất ρ

$$\rho = \frac{1}{\gamma} \quad (2.5)$$

Với một vật dẫn có tiết diện S và độ dài l không đổi thì ρ được xác định bởi biểu thức:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l} \quad (2.6)$$

R là điện trở dây dẫn.

Đơn vị của điện trở suất là $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ hoặc $\mu\Omega\text{cm}$ hoặc Ωm hoặc Ωcm ,

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

Từ (2.4), ta có:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{l}{\gamma S} \quad (\Omega) \quad (2.7)$$

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

a. Ảnh hưởng của nhiệt độ:

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

Thông thường, điện trở suất ở nhiệt độ sử dụng t_2 được tính toán xuất phát từ nhiệt độ t_1 (t_1 thường là 20°C) theo công thức:

$$\rho_{t_2} = \rho_{t_1} [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (2.8)$$

α - là hệ số thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ ($1/^\circ\text{C}$).

Qua nghiên cứu, người ta thấy: Các kim loại tinh khiết thì hệ số α gần như giống nhau và được lấy bằng:

$$\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \quad (1/^\circ\text{C}) \quad (2.9)$$

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

$$\alpha = \frac{\rho_{t_2} - \rho_{t_1}}{\rho_{t_1} (t_2 - t_1)} \quad (2.10)$$

VẬT LIỆU ĐIỆN

Bảng 2.1 đưa ra nhiệt độ nóng chảy, điện trở suất ρ và hệ số thay đổi điện trở suất α theo nhiệt độ của một số kim loại hay dùng trong kỹ thuật điện.

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

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

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

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

b. Ảnh hưởng của áp suất:

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

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 \pm k\sigma) \tag{2-11}$$

trong đó: ρ_0 : điện trở suất ban đầu của mẫu.

σ : ứng suất cơ khí của mẫu.

k : hệ số thay đổi của điện trở suất theo áp suất.

dấu (+) tương ứng với biến dạng do kéo

dấu (-) tương ứng với biến dạng do nén

Sự thay đổi của ρ khi kéo hoặc nén là do sự thay đổi biên độ dao động của mạng tinh thể kim loại: khi kéo thì ρ tăng, khi nén thì ρ giảm.

c. Các yếu tố ảnh hưởng khác:

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

2.2.4. Hiệu điện thế tiếp xúc và sức nhiệt động

Khi hai kim loại khác nhau tiếp xúc với nhau thì giữa chúng có một hiệu điện thế gọi là hiệu điện thế tiếp xúc. Nguyên nhân phát sinh hiệu điện thế tiếp xúc là do công thoát của mỗi kim loại khác nhau do đó số điện tử tự do trong các kim loại (hoặc hợp kim) không bằng nhau. hình 2.1

Theo thuyết điện tử, hiệu điện thế tiếp xúc giữa hai kim loại A và B bằng

$$U_{AB} = U_B - U_A + \frac{KT}{e} \ln \frac{n_{oA}}{n_{oB}} \quad (2-12)$$

Trong đó: U_A và U_B - điện thế tiếp xúc của kim loại A và B

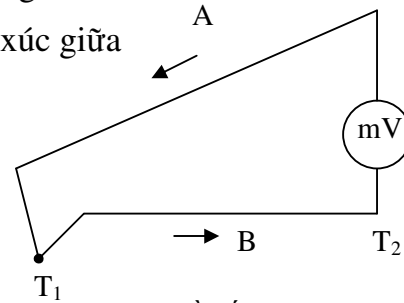
n_{oA} và n_{oB} - mật độ điện tử trong kim loại A và B

Hiệu điện thế tiếp xúc của các cặp kim loại dao động vài phần mười đến vài vôn, nếu nhiệt độ của cặp bằng nhau, tổng hiệu điện thế trong mạch kín bằng không. Nhưng khi một phần tử của cặp có nhiệt độ là T_1 còn cặp kia là T_2 thì trong trường hợp này sẽ phát sinh sức nhiệt điện động(s.n.đ.đ)

$$\begin{aligned} U &= U_{AB} + U_{BA} \\ &= U_B - U_A + \frac{KT_1}{e} \ln \frac{n_{oA}}{n_{oB}} + U_A - U_B + \frac{KT_2}{e} \ln \frac{n_{oB}}{n_{oA}} \end{aligned} \quad (2-13)$$

Từ đó ta có:

$$U = \frac{K}{e} (T_1 - T_2) \ln \frac{n_{oA}}{n_{oB}} = A(T_1 - T_2) \quad (2-14)$$



Hình 2.1. Sơ đồ cấu tạo cặp nhiệt điện

VẬT LIỆU ĐIỆN

Biểu thức (2-14) chứng tỏ s.n.đ.đ là hàm số của hiệu nhiệt độ

Sự xuất hiện hiệu điện thế tiếp xúc đóng vai trò quan trọng ở hiện tượng ăn mòn điện hóa và được ứng dụng trong một số khí cụ đo lường, đặc biệt là ứng dụng để chế tạo các cặp nhiệt ngẫu dùng để đo nhiệt độ. Bảng thế điện hóa của các kim loại so với Hydrô bảng 2.2

Bảng 2.2 Bảng thế điện hóa của các kim loại so với Hydrô bảng 2.2

Kim loại	Thế điện hóa	Kim loại	Thế điện hóa
Vàng	+1,500	Thiếc	- 0,100
Bạc	+0,081	Chì	- 0,130
Đồng	+0,345	Sắt	- 0,440
Hydrô	+0,000	Kẽm	- 0,760

Sức nhiệt điện động sinh ra của hai kim loại khác nhau khi tiếp xúc được ứng dụng để chế tạo cặp nhiệt ngẫu.

Giá trị của sức nhiệt điện động tiếp xúc:

$$E_{AB} = 2,87.10^{-7} \cdot \theta \cdot \ln n_A/n_B \quad (2-15)$$

Trong đó:

E_{AB} sức nhiệt điện động tiếp xúc tác dụng giữa 2 thanh kim loại A và B
 n_A và n_B số lượng điện tử tự do trong một đơn vị phân khối (1cm^3) của 2 kim loại A và B

θ Nhiệt độ tuyệt đối của chỗ tiếp xúc

2.2.5. Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài của vật dẫn kim loại

Hệ số dẫn nở nhiệt theo chiều dài của vật dẫn kim loại:

$$\alpha_l = TK_l = \frac{1}{l_t} \frac{dl}{dT} \quad (\text{độ}^{-1}) \quad (2-14)$$

Trong kỹ thuật cần phải chú ý đến hệ số α_l để tính toán hệ số nhiệt độ của vật dẫn:

$$\alpha_R = \alpha_p - \alpha_l \quad (2-15)$$

Giữa các trị số của hệ số dẫn nở dài theo nhiệt độ và nhiệt độ nóng chảy của kim loại có quan hệ với nhau theo tỷ lệ nhất định. Kim loại có giá trị α_l cao nóng chảy ở nhiệt độ thấp, còn kim loại có hệ số α_l nhỏ sẽ khó nóng chảy bảng 2.2

Bảng 2.3

VẬT LIỆU ĐIỆN

Kim loại	Khối lượng riêng (g/cm ³)	Nhiệt độ nóng chảy °C	Hệ số nhiệt độ dẫn nở dài $\alpha_l \cdot 10^6, \text{độ}^{-1}$	Hệ số nhiệt điện trở suất dài độ ⁻¹ , α_p .
Sắt	7,8	1535	11	0,006
Niken	8,9	1455	13	0,0065
Coban	8,7	1492	12,5	0,006
Chì	11,4	327	29	0,0037
Thiếc	7,3	232	23	0,0044
Kẽm	7,1	420	31	0.004
Cadmi	8,6	321	30	0,0042

2.2. TÍNH CHẤT CHUNG CỦA KIM LOẠI VÀ HỢP KIM

2.2.1. Tầm quan trọng của kim loại của kim loại và hợp kim

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

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

2.2.2. Tính chất của kim loại của kim loại và hợp kim

a. Tính chất lý học

Tính chất lý học của kim loại và hợp kim là vẻ sáng mặt ngoài, tính chảy loãng, tính dẫn dài khi đốt nóng tính dẫn nhiệt, nhiệt dung độ dẫn điện, độ thấm từ (tính nhiễm từ)

- Vẻ sáng của kim loại: Theo vẻ sáng bề ngoài của kim loại có thể chia thành kim loại đen và kim loại màu. Kim loại đen là các hợp kim của sắt tức là gang và thép, còn kim loại màu là tất cả các kim loại và hợp kim còn lại. Kim loại không trong suốt, ngay cả những tấm kim loại được cán dẹt rất mỏng cũng không để cho ánh sáng xuyên qua nó được, tuy vậy kim loại lại có độ phản chiếu ánh sáng ở mặt ngoài của nó, mỗi kim loại phản chiếu ánh sáng theo một màu sắc ánh sáng riêng mà ta quen gọi là màu của kim loại, thí dụ đồng có màu đỏ, thiếc màu trắng bạc, kẽm màu xám v.v... Đôi khi trên mặt ngoài của thép có màu khác nhau như: vàng, xanh, tím những màu đó không phải là màu của thép, mà là màu của mặt ngoài thép bị phủ một lớp oxít, lớp này tạo

VẬT LIỆU ĐIỆN

nên do nhiệt cắt gọt nhiệt, ở mỗi nhiệt độ khác nhau, lớp oxit này có màu sắc khác nhau. Chính nhờ sự biến màu của bề mặt ngoài của thép mà ta có thể phán đoán được nhiệt độ đốt nóng của thép khi nhiệt luyện hay rèn.

- Tính nóng chảy: Kim loại có tính chảy loãng khi đốt nóng và đông đặc khi làm nguội. Nhiệt độ kim ứng với kim loại chuyển từ thể đặc sang thể lỏng hoàn toàn gọi là điểm nóng chảy. Điểm nóng chảy có ý nghĩa rất quan trọng trong công nghệ đúc, vì khi đúc ta phải nấu chảy loãng kim loại ra để rót vào đầy khuôn, trong công nghệ điểm nóng chảy cũng có ý nghĩa quan trọng. Điểm nóng chảy của nhiều hợp kim lại khác điểm nóng chảy của từng kim loại tạo nên hợp kim đó.

- Tính dẫn nhiệt: là tính chất truyền nhiệt của kim loại khi bị đốt nóng hoặc làm lạnh, kim loại có tính chất dẫn nhiệt tốt thì càng dễ đốt nóng nhanh và đồng đều, cũng như càng dễ nguội nhanh. Các vật có tính dẫn nhiệt kém muốn đốt nóng hoàn toàn phải mất nhiều thời gian và nếu làm nguội quá nhanh có thể gây nên nứt, vỡ.

- Tính dẫn nở nhiệt: Chỉ có một số kim loại có tính nhiễm từ, tức là nó bị từ hóa sau khi được đặt trong một từ trường. Sắt và hầu hết các hợp kim của sắt đều có tính nhiễm từ. Niken và Coban cũng có tính nhiễm từ và được gọi là chất sắt từ. Còn hầu hết các kim loại khác không có tính nhiễm từ.

b. Tính chất hóa học

Tính chất hóa học biểu thị khả năng của kim loại và hợp kim chống lại tác dụng hóa học và các môi trường có hoạt tính khác nhau. Tính chất hóa học của kim loại và hợp kim biểu thị ở hai dạng:

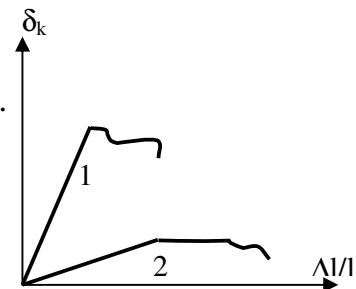
- Tính chống ăn mòn: Là khả năng chống lại sự ăn mòn của hơi nước hay oxy của không khí ở nhiệt độ thường hoặc nhiệt độ cao.

- Tính chịu axit: là khả năng chống lại tác dụng của môi trường axit

c. Tính chất cơ học

Thông thường đặc tính cơ được đặc trưng bằng giới hạn bền kéo và độ giãn nở dài tương đối khi đứt $\Delta l/l$.

Trên hình 2.2 trình bày hai đường cong của dây dẫn làm bằng vật dẫn bị kéo: đường 1 ứng với dây sản xuất bằng cách kéo nguội, đường 2 ứng với dây đã được ủ, ảnh hưởng của việc ủ dây làm giảm giới hạn bền kéo 1,5 ÷ 2 lần và tăng độ giãn dài tương đối khi đứt lên 15 ÷ 20 lần



Hình 2.2. Quan hệ giữa ứng suất cơ khí kéo dây dẫn với độ giãn nở dài tương đối