



GT.0000021491

GS.TS HOÀNG TRỌNG BÁ

GIÁO TRÌNH

VẬT LIỆU ĐIỆN VÀ TỬ

(Dùng cho các trường đại học và cao đẳng khối công nghệ)



GUYỄN
C LIỆU



NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HỒ CHÍ MINH

PGS.TS. HOÀNG TRỌNG BÁ

GIÁO TRÌNH
VẬT LIỆU ĐIỆN VÀ TỪ

(Sách dùng cho các lớp ngành điện hệ đại học và cao đẳng)



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn **“Giáo trình vật liệu điện và từ”** dùng để giảng dạy cho các lớp hệ điện và điện tử bậc đại học, cao đẳng.

Giáo trình này có khác với các giáo trình trước nay đã sử dụng là tác giả đưa ra một số khái niệm mới về phân loại vật liệu, đi sâu về cấu tạo của vật liệu để người đọc hiểu sâu sắc hơn về tính chất của nó, từ đó sử dụng vật liệu đúng chỗ hơn. Trong cuốn sách này, tác giả cũng đưa ra các ký hiệu vật liệu theo tiêu chuẩn của các quốc gia khác, nhưng chủ yếu là theo TCVN (Tiêu chuẩn Việt Nam), để các cán bộ kỹ thuật nhà máy có thể đối chiếu trong các bản vẽ chế tạo các khí cụ và thiết bị điện. Tác giả cũng chú trọng giới thiệu về các công nghệ chế tạo vật liệu, để từ đó các nhà máy có thể kết hợp với những công nghệ chế tạo này và gia công các linh kiện, khí cụ điện cho phù hợp với yêu cầu sử dụng. Vì công nghệ gia công khác nhau và vật liệu có thành phần khác ít thôi cũng đủ làm cho các tính chất về điện và từ của khí cụ điện thay đổi nhiều.

Để giúp cho sinh viên và cán bộ giảng dạy có kiến thức về nghiên cứu vật liệu điện, tác giả giới thiệu thêm các phương pháp nghiên cứu những tính chất của vật liệu dưới dạng “Phần tham khảo” viết ở cuối mỗi chương hoặc cuối trang của một số phần trình bày các tính chất vật liệu.

Cuốn giáo trình này có mượn một số đoạn của **“Giáo trình vật liệu điện”** của tác giả Nguyễn Đình Thắng, mong tác giả Nguyễn Đình Thắng thông cảm.

Sách có thể dùng để tham khảo cho các cán bộ kỹ thuật của các xí nghiệp chế tạo thiết bị và linh kiện điện.

Trong quá trình biên soạn, có thể còn nhiều điểm chưa sát với yêu cầu thực tế của người học và người sử dụng, mong các bạn đọc đóng góp ý kiến để lần tái bản có thêm nhiều điểm hoàn chỉnh hơn.

Tác giả

CHƯƠNG 1

KHÁI NIỆM VỀ CẤU TẠO VÀ TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU ĐIỆN - TỪ

Tất cả các vật liệu dùng trong công nghiệp được sử dụng có thể ở cả 3 trạng thái: rắn, lỏng và khí. Ở trạng thái rắn như: sắt, thép, gỗ, đá, chất dẻo, cao su v.v... Ở trạng thái lỏng như: xăng, dầu, rượu, benzen, nước, glyxêrin v.v... Ở trạng thái khí và hơi như: hơi nước quá nhiệt (có nhiệt độ cao hơn 100°C), khí oxy (O₂), khí axetylen dùng trong ngành hàn, khí cacbonic (CO₂) đã được hóa lỏng dùng làm lạnh bia, nước ngọt v.v...

I. PHÂN LOẠI VẬT LIỆU

Các vật liệu ở trạng thái rắn dùng để chế tạo các máy móc, công trình, vật dụng dùng trong đời sống hàng ngày của con người. Các vật liệu này có thể chịu được một lực tác dụng nhất định nào đó mà không bị thay đổi hình dáng được gọi là vật liệu kết cấu. Vật liệu kết cấu có thể được phân loại như sau:

1. Phân loại theo tính dẫn điện

Theo tính dẫn điện, vật liệu được chia thành:

– **Vật liệu dẫn điện** là các vật liệu có khả năng dẫn điện tốt trong các điều kiện thông thường. Để phân biệt với các vật liệu không dẫn điện, người ta phân biệt qua hệ số nhiệt điện trở suất, ký hiệu bằng chữ α . Các vật liệu dẫn điện thường là các kim loại nên có hệ số $\alpha > 0$, hay còn gọi là các vật liệu có tính kim loại. Ngoài ra còn có một số môi trường lỏng cũng dẫn điện.

– Vật liệu không dẫn điện, hay còn gọi là **vật liệu cách điện** là các vật liệu có giá trị $\alpha < 0$. thường là các vật liệu phi kim loại (không kim loại).

– **Vật liệu bán dẫn** là các vật liệu khi ở nhiệt độ thấp có tính cách điện ($\alpha < 0$), nhưng khi ở nhiệt độ cao trở thành dẫn điện ($\alpha > 0$).

2. Phân loại theo từ tính

Theo tính chất từ, vật liệu được chia thành 3 loại căn cứ vào giá trị của độ thẩm từ μ . Độ thẩm từ $\mu = \frac{B}{H}$.

– Vật liệu nghịch từ là các vật liệu có độ thẩm từ $\mu < 1$.

– Vật liệu thuận từ các vật liệu có độ thẩm từ $\mu > 1$.

– Vật liệu dẫn từ hay vật liệu sắt từ là các vật liệu có độ thấm từ $\mu \gg 1$.

3. Phân loại theo cấu tạo bên trong

Tùy thuộc vào cấu tạo bên trong, vật liệu kết cấu được chia thành 3 loại: Vật liệu tinh thể, vật liệu vô định hình và vật liệu gốm. Theo sự phát triển của khoa học hiện đại, người ta còn có thể phân thêm một loại mới có cấu trúc cơ bản khác với các loại vật liệu kể trên là vật liệu compozit.

– **Vật liệu tinh thể:** Gồm các kim loại nguyên chất, các hợp kim và các loại đá, các muối vô cơ. Vật liệu tinh thể là các vật liệu mà ở trạng thái rắn, các nguyên tử của chúng luôn luôn được sắp xếp theo một trật tự nhất định gọi là **mạng tinh thể**. Trong đó, các kim loại và hợp kim như sắt, nhôm, đồng, thép, gang, đuyara có tính kim loại, còn các loại đá và muối như muối ăn (NaCl), đá vôi (CaCO_3), thạch cao (CaSO_4) có cấu tạo mạng tinh thể nhưng lại không có tính kim loại nên thuộc vật liệu phi kim loại.

– **Vật liệu vô định hình:** Các vật liệu mà các nguyên tử, phân tử của chúng không sắp xếp theo mạng tinh thể. Hầu hết các vật liệu phi kim loại (trừ đá và muối) đều ở dạng vô định hình như gỗ, chất dẻo, thủy tinh, vải, amian v.v...

– **Vật liệu gốm:** Vật liệu mà cấu tạo bên trong gồm vừa có các tinh thể vừa có một phần vật chất ở dạng vô định hình. Trong thiên nhiên vẫn tồn tại các vật liệu gốm, nhưng tính chất không ổn định nên ít được sử dụng trong công nghiệp. Vật liệu gốm công nghiệp chủ yếu là nhân tạo. Để chế tạo vật liệu gốm kim loại hoặc phi kim loại, người ta chế tạo các hạt tinh thể rất nhỏ gọi là bột, sau đó ép lại thành hình một sản phẩm nào đó rồi nung nóng (gọi là thiêu kết) để các hạt bột dính lại với nhau tạo thành sản phẩm. Do ép từ bột nên bên trong vật liệu gốm bao giờ cũng có những lỗ hổng (lỗ bọt) chứa không khí, vì vậy vật liệu gốm bao giờ cũng “xốp” hơn các vật liệu khác. Độ xốp là điểm đặc biệt của vật liệu gốm.

– **Vật liệu compozit:** Một loại vật liệu nhân tạo mới được phát triển vào giữa thế kỷ 20. Vật liệu compozit là vật liệu gồm 2 thành phần vật liệu khác nhau phối hợp thành một vật liệu mới. Trong đó, loại vật liệu thứ nhất gọi là vật liệu cốt, có nhiệm vụ chịu lực, còn vật liệu thứ hai gọi là vật liệu nền, có nhiệm vụ liên kết các vật liệu cốt lại với nhau. Vật liệu compozit có thể có tính kim loại hoặc cũng có thể không có tính kim loại.

II. CẤU TẠO NGUYÊN TỬ

Như chúng ta đã biết, mọi vật chất được cấu tạo từ các nguyên tử và phân tử. Nguyên tử là phần cơ bản của vật chất. Theo mô hình Born, nguyên tử được cấu tạo bởi hạt nhân mang điện tích dương và các điện tử (electron) mang điện tích âm chuyển động xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo nhất định.

Hạt nhân của nguyên tử được tạo nên từ các hạt prôtôn và notron. Notron là các hạt không mang điện, còn prôtôn có điện tích dương với số lượng điện tích bằng $Z.q$.

Trong đó:

- ✓ Z – số lượng điện tử của nguyên tử đồng thời cũng là số thứ tự của nguyên tố nguyên tử đó trong bảng tuần hoàn Mendêlêep.
- ✓ q – điện tích của điện tử e ($q_e=1,601.10^{-19}$ C). Prôtôn có khối lượng bằng $1,67.10^{-27}$ kg, điện tử (e) có khối lượng bằng $9,1.10^{-31}$ kg.

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

Để có khái niệm về năng lượng của điện tử ta xét nguyên tử của hydro. Nguyên tử này được cấu tạo từ 1 prôtôn và 1 điện tử.

Khi điện tử chuyển động trên quỹ đạo tròn bán kính r xung quanh hạt nhân, thì điện tử sẽ chịu lực hút của hạt nhân f_1 và được xác định bởi công thức sau:

$$f_1 = \frac{q^2}{r^2} \quad (1-1)$$

Lực hút f_1 sẽ được cân bằng với lực ly tâm của chuyển động f_2 :

$$f_2 = \frac{mv^2}{r} \quad (1-2)$$

Trong đó:

- ✓ m – khối lượng của điện tử.
- ✓ v – tốc độ chuyển động của điện tử.

Từ (1-1) và (1-2) ta có:

$$f_1 = f_2 \text{ hay: } mv^2 = \frac{q^2}{r} \quad (1-3)$$

Trong quá trình chuyển động, điện tử có một động năng $T = \frac{mv^2}{2}$ và

một thế năng $U = -\frac{q^2}{r}$, nên năng lượng của điện tử sẽ bằng:

$$W = T + U = -\frac{q^2}{2r} \quad (1-4)$$

Biểu thức (1–4) ở trên chứng tỏ mỗi điện tử của nguyên tử có một mức năng lượng nhất định, năng lượng này tỷ lệ nghịch với bán kính quỹ đạo chuyển động của điện tử. Để di chuyển điện tử từ quỹ đạo chuyển động bán kính r ra xa vô cùng cần phải cung cấp cho nó một năng lượng lớn hơn $\frac{q^2}{2r}$.

Năng lượng tối thiểu cung cấp cho điện tử, để điện tử tách rời khỏi nguyên tử và trở thành điện tử tự do người ta gọi là *năng lượng ion hóa* (W_i). Khi bị ion hóa (bị mất điện tử), nguyên tử trở thành ion dương. Quá trình biến nguyên tử trung hòa thành ion dương và điện tử tự do gọi là quá trình ion hóa.

Trong một nguyên tử, năng lượng ion hóa của các lớp điện tử khác nhau cũng khác nhau. Các điện tử hóa trị ngoài cùng có mức năng lượng ion hóa thấp nhất vì chúng cách xa hạt nhân (xem công thức 1–4).

Khi điện tử nhận được năng lượng nhỏ hơn năng lượng ion hóa, chúng sẽ bị kích thích và có thể di chuyển từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác, song chúng luôn có xu thế trở về vị trí của trạng thái ban đầu. Phần năng lượng cung cấp để kích thích nguyên tử sẽ được trả lại dưới dạng năng lượng quang học (quang năng).

Trong thực tế, năng lượng ion hóa và năng lượng kích thích nguyên tử có thể nhận được từ nhiều nguồn năng lượng khác nhau như nhiệt năng, quang năng, điện năng; năng lượng của các tia sóng ngắn như tia α , β , γ hay tia rơnghen v.v...

III. CẤU TẠO PHÂN TỬ

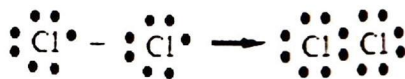
Phân tử được tạo nên từ những nguyên tử thông qua các liên kết phân tử. Trong vật chất tồn tại 4 loại liên kết sau:

1. Liên kết đồng hóa trị

Liên kết đồng hóa trị được đặc trưng bởi sự góp chung một số điện tử để có đủ 8 điện tử ở lớp ngoài cùng. Khi đó mật độ đám mây điện tử giữa các hạt nhân trở thành bão hòa, liên kết phân tử bền vững.

Lấy thí dụ cấu trúc của phân tử clo. Phân tử clo (Cl_2) gồm 2 nguyên tử clo, mỗi nguyên tử clo có 17 điện tử, trong đó 7 điện tử hóa trị ở lớp ngoài cùng.

Hai nguyên tử này được liên kết bền vững với nhau bằng cách sử dụng chung 2 điện tử, lớp vỏ ngoài cùng của mỗi nguyên tử được bổ sung thêm 1 điện tử của nguyên tử kia (hình 1).



Hình 1. Liên kết đồng hóa trị trong phân tử Clo