

CHƯƠNG I

CƠ SỞ VẬT LÝ – KỸ THUẬT

CỦA ĐIỆN NHIỆT

-----oOo-----

1.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐIỆN NHIỆT VÀ CÁC BIỆN PHÁP BIẾN ĐỔI ĐIỆN NHIỆT.

Khái niệm điện nhiệt xuất hiện trong nhiều quá trình công nghệ khác nhau của sản xuất công nghiệp. Ý nghĩa chủ yếu của nó là việc cấp nhiệt cho các vật liệu và sản phẩm khác nhau nhờ năng lượng điện. Ưu điểm của phương pháp cấp nhiệt nhờ năng lượng điện là:

1. Có khả năng thu hẹp phạm vi sử dụng môi trường xung quanh trong công tác.

2. Điều chỉnh nhiệt độ chuẩn xác, tạo ra được dòng nhiệt tập trung với mật độ cao và tạo được nhiệt trường cần thiết trong không gian cấp nhiệt.

3. Có khả năng kiểm tra nghiêm ngặt và điều chỉnh chính xác nguồn năng lượng tiêu thụ.

4. Có khả năng cấp nhiệt cho các vật liệu và sản phẩm nằm trong các môi trường khi có các thành phần hoá học khác nhau và trong chân không.

5. Có khả năng tạo ra nhiệt độ từ bản thân vật thể cần đốt nóng. Ngoài ra quá trình điện nhiệt cho phép tiết kiệm nguyên liệu đốt và giảm số lượng nhân viên phục vụ.

Có các biện pháp biến đổi điện nhiệt như sau:

- a. Đốt nóng nhờ điện trở: theo định luật joule, khi có dòng điện chảy qua vật dẫn điện, tổn hao năng lượng trong vật dẫn điện chuyển hóa dưới dạng nhiệt, tỏa ra môi trường xung quanh. Biện pháp này có thể sử dụng trong các thiết bị điện nhiệt tác động trực tiếp và gián tiếp.
- b. Đốt nóng nhờ cảm ứng: dựa trên cơ sở biến đổi năng lượng trường điện từ thành nhiệt nhờ việc gây ra trong vật thể dòng điện xoáy (Foucalts) và việc nhiệt sinh ra trong vật thể đó cũng tuân thủ theo định luật joule.
- c. Đốt nóng nhờ điện môi: khi vật thể cách điện hoặc bán dẫn được đặt trong điện trường tần số cao, xuất hiện hiện trường phân cực. Tổn hao do các dòng điện dẫn và chuyển dịch sẽ chuyển hoá thành nhiệt.
- d. Đốt nóng nhờ hồ quang điện: ở đây vật thể được đốt nóng là do hồ quang điện cũng như do sự trao đổi ions – electrons ở các điện cực.

- e. Đốt nóng nhờ plasma: khí chất khí bị ion hoá do nhiệt độ của hồ quang hoặc do từ trường hoặc điện trường tần số cao, có thể nhận được plasma nhiệt độ thấp dùng trong cấp nhiệt cho các vật khác nhau.
- f. Đốt nóng nhờ chùm tia electrons: nhiệt năng sinh ra ở đây là do chùm tia electrons được gia tốc bằng điện trường va đập lên bề mặt vật thể.
- g. Đốt nóng nhờ tia laser: bề mặt vật thể được đốt nóng khi hấp thu luồng ánh sáng đơn sắc mật độ cao, gọi là tia laser. Tia laser do máy phát laser tạo ra.

1.2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG CÁC LÒ ĐIỆN:

Để chế tạo ra các thiết bị điện nhiệt người ta phải sử dụng hàng loạt các vật liệu đặc biệt có khả năng chịu đựng được nhiệt độ cao.

1. Gạch chịu lửa:

Là vật liệu nền tảng để tạo ra các lò nhiệt và các thiết bị nhiệt khác nhau. Gạch chịu lửa có khả năng chịu được nhiệt độ cao (trên 1200°K) và có khả năng đảm bảo được các yêu cầu sau:

- *Tính chịu lửa*: không bị biến dạng và nóng chảy dưới tác động của nhiệt độ cao. Có thể phân chia thành 3 cấp chịu lửa như sau: cấp thứ nhất được gọi là chịu lửa ($1580 - 1770^{\circ}\text{K}$), cấp thứ hai: chịu lửa cao ($1770 - 2000^{\circ}\text{K}$), cấp thứ ba: siêu chịu lửa (cao hơn 2000°K).
- Vật liệu có tính chịu lửa thấp hơn 1580°K được gọi là vật liệu cách nhiệt.
- *Độ bền cơ*: được thể hiện ở sức chịu đựng tải trọng 20Kpa ở nhiệt độ làm việc tối đa, khi đó vật liệu bắt đầu bị biến dạng.
- *Độ bền nhiệt*: được thể hiện ở khả năng chịu đựng của vật liệu không bị hư hại khi có sự biến đổi đột ngột của nhiệt độ.
- *Tính trung tính hoá học*: để không làm hư hại sản phẩm nung trong lò do các tác động ăn mòn hóa học.
- *Tính dẫn điện thấp*: thông thường vật liệu chịu lửa trong các lò điện phải đồng thời là vật liệu cách điện để có thể lắp đặt các phần tử điện trở đốt nóng bên trong.
- *Tính dẫn nhiệt thấp*: Để có giảm tổn hao nhiệt bên trong thành lò mà không cần phải cấu tạo thành lò quá dày.

Các loại gạch chịu lửa sau đây có khả năng đảm bảo được hầu hết các yêu cầu nêu ra ở trên: gạch chịu lửa chế tạo từ đất sét có chứa SiO_2 (2000°K), chứa Al_2O_3 (2300°K), chứa MgO (2600°K), gạch samôt (2000°K)

Đối với các lò nấu chảy các vật liệu và hợp kim khó nóng chảy phải sử dụng các vật liệu chịu lửa quý hiếm như ZrO_2 ($2800^{\circ}K$), BeO ($2870^{\circ}K$), ThO_2 ($3300^{\circ}K$), ...

Trong những năm gần đây, người ta thường sử dụng các vật liệu chịu lửa dạng tấm, miếng ép từ sợi nhân tạo vì có thể rút ngắn được thời gian và công lao động khoảng 10% so với vật liệu cổ điển. Vật liệu sợi chịu lửa bao gồm: $SiO_2 - ZrO_2$, $SiO_2 - BeO$, $SiO_2 - ThO_2$, $Al_2O_3 - SiO_2$, chúng có thể chịu đựng được nhiệt độ từ $1300^{\circ}K - 1800^{\circ}K$.

2. Vật liệu cách nhiệt:

Chúng cần phải có hệ số dẫn nhiệt thấp và chịu lửa tương đối tốt. Các vật liệu cách nhiệt thường có dạng xốp, nhẹ hoặc là các sản phẩm có nhiều lỗ bọt hoặc ở dạng tấm ép tự hạt có kích thước tương đối lớn. Các vật liệu cách nhiệt thường gặp là diatomit, bông thủy tinh, thủy tinh bọt hoặc hổ phách.

3. Vật liệu chịu nhiệt:

Là các vật liệu có độ bền cơ cao ở điều kiện nhiệt độ cao. Chúng phải bền vững đối với các phản ứng hoá học xảy ra trong điều kiện nhiệt độ cao. Các vật liệu chịu nhiệt thường có cơ sở là sắt cộng thêm một số chất phụ đặc biệt khi luyện. Các chất phụ có thể là chrome, nhôm, nickel, ..., chúng có tác dụng làm cho hợp kim chịu đựng được tác động ăn mòn hóa học ở điều kiện nhiệt độ cao.

Thép chrome – nickel với thành phần chrome chiếm khoảng 18% và nickel 9% được dùng trong các lò điện nhiệt có nhiệt độ làm việc đạt $1100^{\circ}K$, khi tăng tỷ lệ nickel lên 20 – 25% có thể làm tăng khả năng chịu nhiệt của hợp kim lên đến $1300^{\circ}K$.

Đối với các lò điện nhiệt độ cao, các vật liệu chịu nhiệt được dùng là: molibden, wolfram. Chúng có thể làm việc ở trong môi trường khí bảo vệ như argon, nitrogen, hydrogen, ...

CHƯƠNG 2

CÁC THIẾT BỊ ĐÓT NÓNG BẰNG ĐIỆN TRỞ

-----oOo-----

2.1. BẢN CHẤT VẬT LÝ CỦA ĐIỆN TRỞ:

Dòng điện là sự chuyển động có hướng của điện tích dương và âm dưới tác động của điện trường. Trong các vật chất có cấu trúc mạng nguyên tử (kim loại và các chất rắn khác), dòng điện là dòng chuyển động của các electrons tự do về phía dương cực (anode), nó cũng có thể là dòng chuyển động của các electrons trong chân không (các electrons này được phát xạ từ điện cực, từ kim loại hoặc từ các vật liệu khác đặt trong điện trường). Các vật chất dẫn điện nhờ sự chuyển động của các electrons được gọi là các vật chất dẫn điện loại 1. Các môi trường dẫn, trong đó dòng điện được tạo ra nhờ sự chuyển động của các ion dương và âm được gọi là các vật chất dẫn điện loại 2 (chất điện phân, các dung dịch hoá học,...). Plasma có tính dẫn điện hỗn hợp.

Trong các vật chất có cấu trúc mạng nguyên tử, số lượng các electrons tự do chuyển động hỗn loạn bên trong mạng rất lớn, ví dụ đối với đồng có thể lên tới $10^{29}/\text{m}^3$.

Theo lý thuyết thì mạng tinh thể kim loại không hề cản trở gì đối với dòng chuyển động electrons (dòng điện), vì vậy có thể nói độ dẫn điện của kim loại là vô cùng lớn. Nhưng trên thực tế, do sự tác động của nhiều yếu tố khác nhau như nhiệt độ, từ trường, điện trường, ... mạng tinh thể kim loại dao động và gây cản trở dòng chuyển động electrons. Điều này lý giải tại sao điện trở của kim loại lại phụ thuộc vào nhiệt độ và ở nhiệt độ rất thấp có thể tạo ra chất siêu dẫn.

Quan hệ giữa mật độ dòng điện, cường độ điện trường và độ dẫn điện của vật thể được xác định nhờ định luật Ohm. Ở dạng tổng quát có thể viết:

$$\mathbf{J} = (n_e e_0 \mu_e + n_i e_0 \mu_i) \mathbf{E} \quad (1.1)$$

Trong đó:

\mathbf{j} : mật độ dòng điện, A/cm^2 .

n_e, n_i : mật độ điện tích electrons và ion, $1/\text{cm}^3$

μ_e, μ_i : độ chuyển động của các electrons và ion ở điện trường

$$E = 1 \text{ (v/cm)}$$

e_0^- : điện tích electron.

Trong các kim loại, dòng điện sinh ra chủ yếu nhờ dòng chuyển động của các electrons, vì vậy (1.1) có thể viết lại như sau:

$$j = n_e e_0 \mu_e \cdot E \quad (1.2)$$

Từ (1.2) suy ra:

$$\sigma = n_e e_0 \mu_e \quad (1.3)$$

Trong đó:

σ là độ dẫn điện, phụ thuộc vào mật độ điện tích n_e cũng như vào dạng và trạng thái của kim loại μ_e .

$$\text{từ: } j = \sigma \cdot E \quad (1.4)$$

Giá trị nghịch đảo của điện dẫn σ :

$1 / \sigma = \rho$: chính là điện trở suất của các vật liệu.

Điện trở suất ρ phụ thuộc vào nhiệt độ theo quan hệ sau đây:

$$\rho_T = \rho_{20} [1 + \alpha (T - T_{20})] \quad (1.5)$$

với ρ_{20} : điện trở suất của vật liệu ở 20°C (293°K)

α : hệ số nhiệt điện trở của vật liệu, $1/^{\circ}\text{C}$, $T_{20} = 293^{\circ}\text{K}$

Tốc độ chuyển động của electrons trong điện trường E phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa 2 điện cực.

$$v_e = 5,93.10^5 \sqrt{u} \quad (1.6)$$

Ví dụ: $U = 40 \text{ KV}$, $v_e = 118,6 \cdot 10^3 \text{ (km/s)}$.

Khi đó, electron đạt động năng.

$$W_e = e_0 \cdot U \text{ (eV)} \quad (1.7)$$

Khi va đập với nguyên tử của mạng tinh thể, electron trao năng lượng của mình cho nguyên tử và làm cho kim loại bị nóng lên. Nhiệt lượng sinh ra do dòng điện I chảy trong vật dẫn điện được biểu diễn:

$$Q = I^2 R \cdot t \quad (1.8)$$

Với : I : dòng điện,

A, R : điện trở, Ω

t : thời gian dòng điện chảy qua, s.

Công suất nhiệt có thể biểu diễn như sau:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{\rho \cdot l / s}$$

Ở đây, l : chiều dài vật dẫn, m.

s : tiết diện vật dẫn, m^2

P : công suất, W.

2.2. CÁC PHẦN TỬ ĐIỆN TRỞ ĐỐT NÓNG:

Việc lựa chọn vật liệu và kết cấu của phần tử đốt nóng được xác định bởi các đặc điểm của quá trình công nghệ và kết cấu thiết bị.

Phần tử đốt nóng cần phải có các đặc điểm sau: điện trở suất lớn, hệ số nhiệt điện trở α nhỏ và phải có tuổi thọ cao. Có thể phân chúng thành 3 nhóm theo nhiệt độ làm việc như sau:

1. Nhiệt độ thấp: 500 – 700⁰K, trao đổi nhiệt chủ yếu bằng phương pháp đối lưu.
2. Nhiệt độ làm việc trung bình, từ 900 – 1.300⁰K, trao đổi nhiệt bằng đối lưu, trao đổi nhiệt và bức xạ nhiệt.
3. Nhiệt độ làm việc cao từ 1.500 – 2.300⁰K, chủ yếu truyền nhiệt bằng bức xạ.

Để chế tạo các phần tử đốt nóng có nhiệt độ làm việc đến 1500⁰K, người ta thường sử dụng các vật liệu: Nicrome (hợp kim nickel, chrome), hợp kim chrome và nhôm cũng như hợp kim thép chịu nhiệt chrome – nickel.

Nicrome với thành phần 75 – 78% nickel và khoảng 25% chrome, khi tăng thành phần nickel trong hợp kim sẽ làm tăng khả năng nhiệt độ của nó. Bổ sung thêm titan sẽ làm tăng độ bền cơ của hợp kim.

Hợp kim nicrome với 22 – 27% chrome và 17 – 20% nickel được dùng để chế tạo các phần tử đốt nóng có nhiệt độ làm việc đến 1100⁰K.

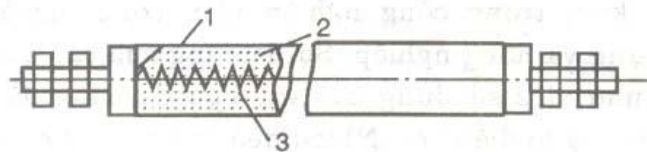
Hợp kim của thép, chrome (13%) và nhôm (đến 4%) cũng được dùng làm phần tử đốt nóng làm việc ở nhiệt độ 1100⁰K.

Hợp kim có chứa 20 – 27% chrome và một lượng nhỏ các chất phụ khác như titan, bore ... có khả năng làm việc ở nhiệt độ đến 1470 – 1620⁰K.

Các hợp kim trên được sử dụng làm phần tử đốt nóng dạng hở hoặc bảo vệ. Ở dạng thứ nhất kết cấu phần tử đốt nóng tương đối cứng và được chế tạo từ dây hoặc băng có tiết diện lớn. Phần tử dạng hở được lắp đặt trong các lò và dụng cụ đun nấu gia đình, chúng có hình dạng zigzắc hoặc xoắn lò xo.

Để đun nấu chất lỏng hoặc đốt nóng chất khí trong một vài quá trình công nghệ, có thể sử dụng các phần tử dạng ống được làm từ vật liệu thép gổp có các lỗ nhỏ li ti kích thước khoảng 40 - 80µm để bảo đảm cho chất lỏng hoặc chất khí thấm được qua thành của nó. Suất tải nhiệt của phần tử loại này là vào khoảng 1KW/cm² với nhiệt độ làm việc là khoảng 400 – 600⁰K. Điện áp đặt trên một phần tử có thể từ 1 – 12V.

Khi đốt nóng ở nhiệt độ thấp có thể sử dụng rộng rãi phần tử đốt nóng dạng ống được mô tả trong (H.2.1).



1. Ống kim loại; 2. Vật liệu cách điện, dẫn nhiệt tốt; 3. Sợi đốt.

Hình 2.1

Chất độn trong ống thường sử dụng Periclaz (MgO) nấu chảy. Công suất ống có thể từ 100W đến 15KW, điện áp làm việc từ 36 - 380V, nhiệt độ làm việc từ 400 – 1000⁰K. Tuổi thọ trung bình của ống từ 10.000 đến 40.000 giờ.

Đối với các lò nhiệt độ cao tới 1700⁰K thường sử dụng các phần tử đốt nóng chế tạo từ carbonrundum (SiC) dạng thanh, đường kính 6 – 30mm, với chiều dài khác nhau.

Phần tử đốt nóng làm từ silic milibden ($MoSi_2$) có thể làm việc ở nhiệt độ 2000⁰K trong môi trường oxygen.

$MoSi_2$ được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột. Trong môi trường oxygen ở nhiệt độ cao hơn 1300⁰K trên bề mặt phần tử đốt nóng được phủ một lớp bảo vệ SiO_2 . Ở nhiệt độ từ 2000⁰K trở lên lớp bảo vệ cũ bị phá hủy và tự hình thành lớp bảo vệ mới, kết quả là tiết diện của phần tử bị giảm dẫn đến điện trở tăng lên. Vì vậy, ở nhiệt độ trên 2000⁰K không nên dùng phần tử đốt nóng loại này. Ở nhiệt độ đến 2300⁰K phần tử đốt nóng được làm từ kim loại gốm. Ví dụ : oxyde Ziriconi có chứa 4% oxyde canxium hoặc 6% oxyde itria. Trong các lò điện nhiệt độ cao (từ 2300⁰K trở lên). Các phần tử đốt nóng được làm từ vật liệu khó nóng chảy như than chì (graphite), hoặc các kim loại khó nấu chảy như moliloden, tantal, wolfram, chúng được sử dụng chủ yếu trong môi trường khí trơ như argon, helium, hydrogen, nitrogen cũng như trong chân không.

2.3. CÁC LÒ ĐIỆN TRỞ:

Lò điện trở được sử dụng nhiều trong các công nghệ chế tạo máy, luyện kim, trong công nghiệp nhẹ, công nghiệp hoá chất, trong xây dựng và nông nghiệp. Sự đa dạng của các quá trình công nghệ cũng như việc sử dụng các vật liệu đa dạng dẫn đến sự đa dạng của kết cấu lò điện trở. Nhiều quá trình công nghệ khác nhau đòi hỏi phải thực hiện trong điều kiện chân không hoặc khí bảo vệ dẫn đến sự cần thiết phải có lò điện trở. Lò điện trở được phân thành 2 loại chính là lò nung và lò nấu chảy.

a. Lò nung điện trở:

Chúng được chế tạo theo 2 nguyên tắc:

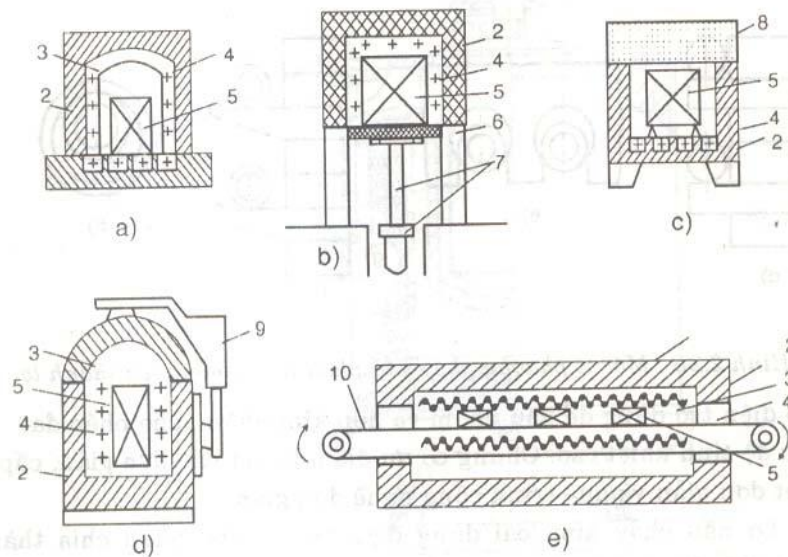
- Lò nung tác động gián tiếp: năng lượng điện được chuyển hoá thành nhiệt nhờ các phần tử đốt nóng đặc biệt, sau đó được truyền vào không gian công tác nhờ dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ. Trong các lò nung tác động trực tiếp.
- Lò nung tác động trực tiếp: vật thể cần được nung nóng được đấu trực tiếp vào mạch điện.

Tùy theo mức độ nhiệt đạt được có thể phân thành: lò nung nhiệt độ thấp (900 – 1000⁰K), nhiệt độ trung bình (1000 – 1600⁰K), và lò nung nhiệt độ cao (cao hơn 1600⁰K).

Theo chế độ làm việc có thể phân thành lò hoạt động liên tục hay theo chu kỳ.

Các lò hoạt động theo chu kỳ, tùy theo quá trình công nghệ khác nhau có thể phân thành: lò buồng đốt, lò đứng, lò chập, lò nâng, lò băng truyền, lò lăn, lò quay (H.2.2).

Như vậy, các lò hoạt động theo chu kỳ có thể phân biệt với nhau bởi phương pháp và hệ thống cơ cấu truyền động, bởi vị trí lắp đặt sợi đốt trong buồng lò. Kích thước và công suất lò được xác định bởi năng suất cần thiết, bởi nhiệt độ và đặc tính nhiệt lý của vật liệu.



- 1- Vòm, để chịu lửa; 2- Nắp, cửa chịu lửa; 3- Thanh chịu nhiệt;
4- Phần tử đốt nóng; 5- Sản phẩm; 6- Sản nâng; 7- Cơ cấu nâng;
8- Nắp cách nhiệt; 9- Cơ cấu mở nắp; 10- Băng truyền.

Hình 2.2A:

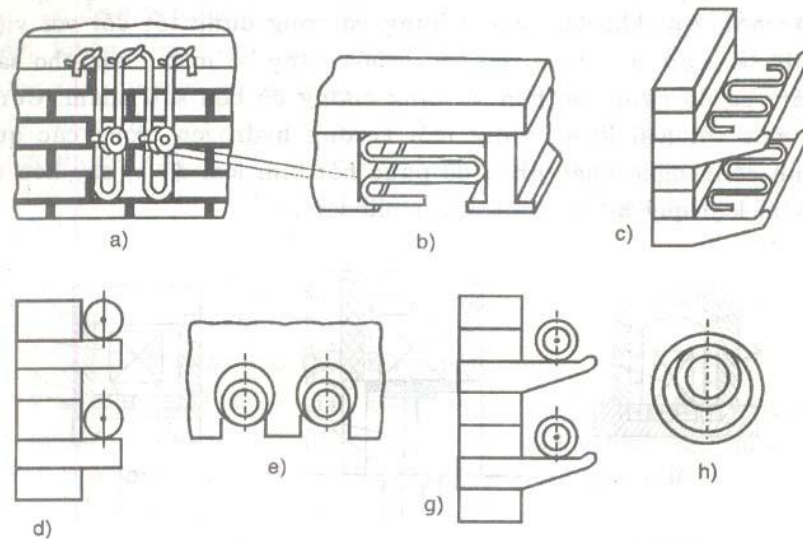
- a) Lò chập; b) Lò nâng; c) Lò đứng;
d) Lò buồng đốt khí; e) Lò băng truyền.

Hình 2.2A

Trong các lò có điều khiển áp suất, thường sử dụng khí trơ hoặc hỗn hợp khí đặc biệt. Chúng có công dụng tốt đối với việc xử lý bề mặt sản phẩm: nitơ hoá, hoá cứng bề mặt, ... làm cho sản phẩm có độ cứng cao hơn và tăng cường độ bền sản phẩm. Cũng có một vài loại lò sử dụng môi trường hydrogen trong các quá trình công nghệ khác nhau để phục hồi kim loại đã bị oxy hóa và ủ kim loại quý hiếm (wolfram, molibden ...)

b. Lò nấu chảy kim loại dùng điện trở:

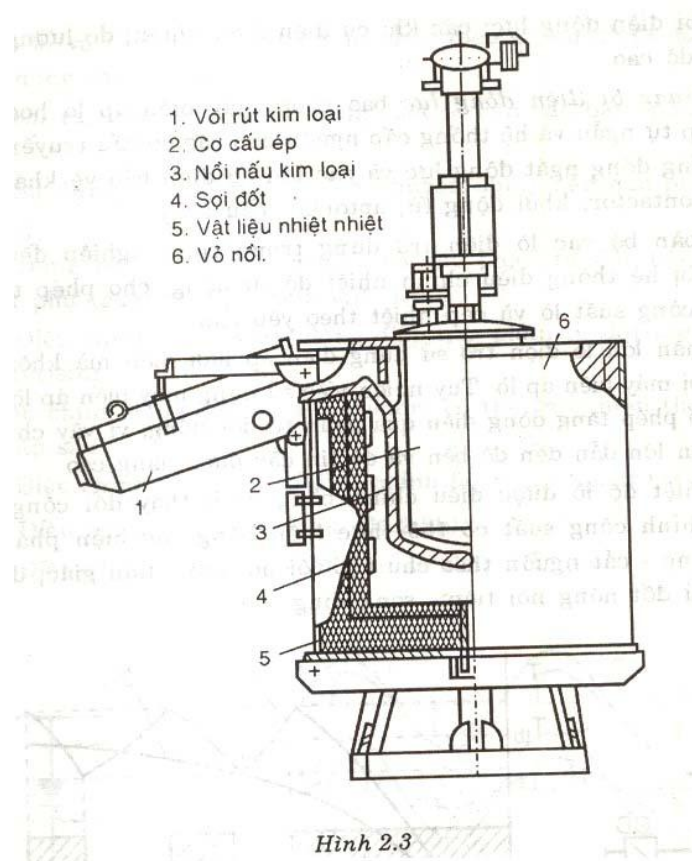
Dùng để nấu chảy các kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp như: chì, kẽm và một vài hợp kim của chúng ($600 - 800^{\circ}\text{K}$). Đặc biệt là lò điện trở dùng để nấu nhôm và hợp kim nhôm, cho phép đạt được độ tinh khiết cao. Chúng có ưu điểm là kết cấu đơn giản, cấp nhiệt đơn giản và quá trình công nghệ đơn giản.



Hình 2.2B : Một số phương pháp gắn phân tử đốt nóng lên thành lò.

Lò nấu chảy kim loại dùng điện trở có thể phân chia thành hai dạng: dạng nổi và dạng buồng.

- Lò dạng nổi: có hình dạng là một nồi bằng gang (H.2.3) được đặt bên trong vỏ hình trụ, các chỗ trống được nhồi các vật liệu cách nhiệt. Suất chi phí năng lượng của nồi nấu nhôm là 700 – 750 KWh/tấn. Hiệu suất vào khoảng 50- 55%.
- Lò dạng buồng: thường có thể tích lớn hơn lò dạng nổi, sử dụng để nấu và đúc nhôm. Lò loại này có suất chi phí năng lượng vào khoảng 600 – 650 KWh/tấn, hiệu suất 60- 65%, $t^0 = 800 - 850^0\text{K}$.



Hình 2.3

2.4. TRANG BỊ ĐIỆN VÀ ĐIỀU CHỈNH THÔNG SỐ Lò ĐIỆN TRỞ:

Công suất lò điện trở hiện đại thường dao động từ nhỏ hơn 1KW đến một vài MW. Các loại lò có công suất lớn hơn 20KW thường sử dụng điện 3 pha với điện áp: 220; 380; 660V. Hệ số công suất $\cos\varphi = 1$, đôi khi phải sử dụng máy biến áp lò.

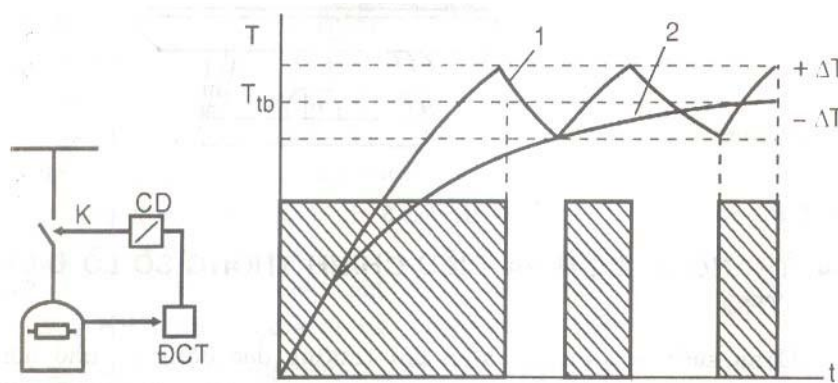
Trang bị điện trong hệ thống lò điện trở thường chia thành: thiết bị điện động lực, các khí cụ điện điều khiển, đo lường và đo nhiệt độ cao.

Trang bị điện động lực bao gồm: máy biến áp lò hoặc máy biến áp tự ngẫu và hệ thống cấp nguồn cho các cơ cấu truyền động, hệ thống đóng ngắt động lực và các khí cụ điện bảo vệ khác nhau như: contactor, khởi động từ, aptomat, cầu chảy.

Toàn bộ các lò điện trở dùng trong công nghiệp đều được trang bị hệ thống điều chỉnh nhiệt độ tự động, cho phép tự điều chỉnh công suất lò và cấp nhiệt theo yêu cầu.

Phần lớn lò điện trở sử dụng điện áp lưới điện mà không cần trang bị máy biến áp lò. Tuy nhiên việc sử dụng máy biến áp lò (giảm áp) cho phép tăng dòng điện qua phần tử đốt nóng, vì vậy chúng có tiết diện lớn dẫn đến độ bền và độ tin cậy được nâng cao.

Nhiệt độ lò được điều chỉnh bằng cách thay đổi công suất. Điều chỉnh công suất có thể thực hiện bằng các biện pháp như sau: đóng – cắt nguồn theo chu kỳ, đổi nối sao – tam giác, đổi nối phần tử đốt nóng nối tiếp – song song.



CD - cuộn dây máy cắt; DCT - Điều chỉnh nhiệt độ

Hình 2.4

Hình 2.4: Biểu diễn sơ đồ mạch điện và đồ thị quan hệ giữa nhiệt độ lò và thời gian t ở phương pháp điều chỉnh nhiệt độ theo chu kỳ đóng cắt nguồn.

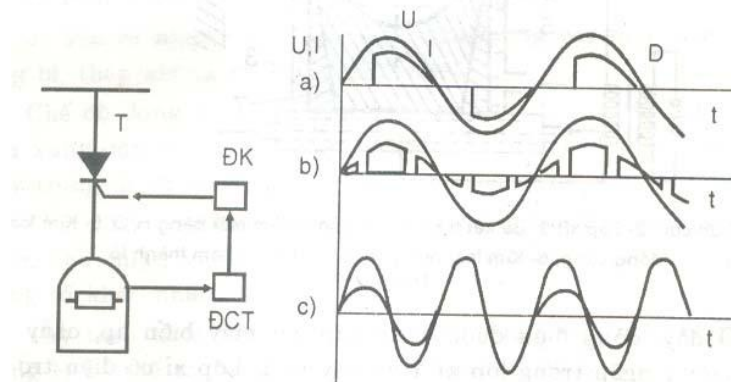
Ngoài ra, việc điều chỉnh công suất lò còn các biện pháp sau đây:

1. Sử dụng biến áp điều chỉnh nhuần dòng điện qua phần tử đốt nóng.

2. Đóng phụ thêm vào mạch của các phần tử đốt nóng các phần tử phụ (cuộn kháng, biến trở ...)
3. Điều chỉnh dạng xung dòng điện qua phần tử đốt nóng (sử dụng thyristors).

Điều chỉnh dòng điện qua thyristors có thể thực hiện theo các biện pháp sau:

1. Điều chỉnh pha (tần số điều chỉnh $f_{dc} = 2 f$ nguồn) (H.2.5a)
2. Điều chỉnh với tần số cao (H.2.5b)
3. Điều chỉnh dòng điện với tần số thấp (H.2.5c)

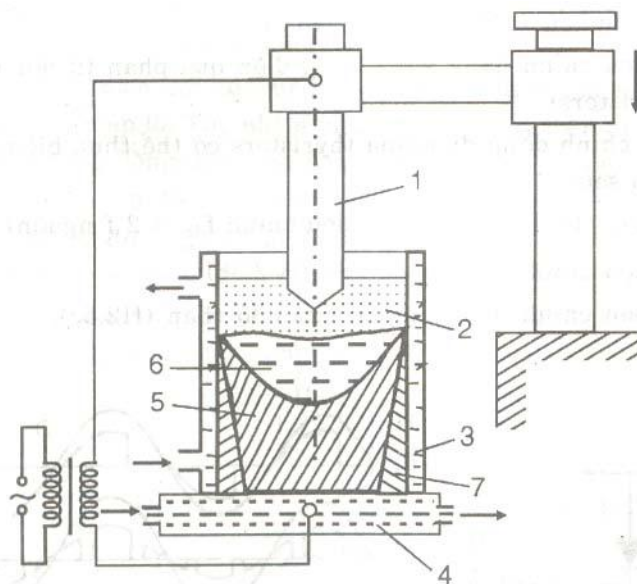


T - Thyristor; ĐK - điều khiển Thyristor; ĐCT - điều chỉnh nhiệt độ

Hình 2.5

2.5. CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN XỈ :

Đặc điểm cơ bản của phương pháp đốt nóng điện xỉ là sự chuyển hoá quá trình đốt nóng nhờ hồ quang sang quá trình đốt nóng không có hồ quang. Ở đây nhiệt lượng cần thiết để làm nóng chảy kim loại nhận được nhờ dòng điện chảy qua lớp xỉ đặc biệt và nung nóng nó lên đến $2000 - 3000^{\circ}\text{K}$. về cơ bản lò điện xỉ có cấu tạo như trong (H.2.6).

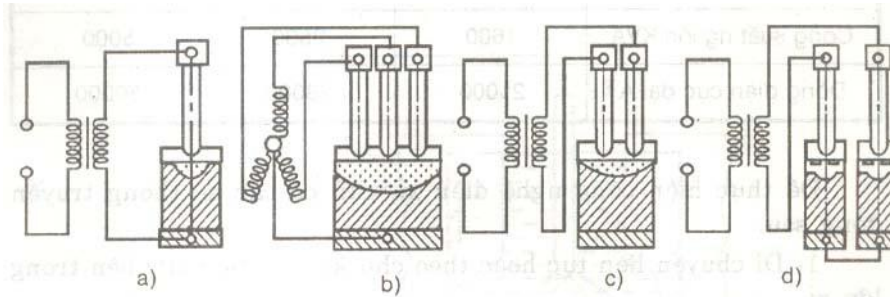


1- Điện cực; 2- Lớp xỉ; 3- Bể kết tinh; 4- Hệ thống làm mát bằng H₂O; 5- Kim loại đóng cứng; 6- Kim loại nóng chảy; 7- Lớp xỉ bám thành lò.

Hình 2.6

Ở đây, dòng điện được cung cấp bởi máy biến áp, chảy qua điện cực 1 ngập trong lớp xỉ 2 và đáy lò 4. Lớp xỉ có điện trở lớn bị đốt nóng nhanh chóng theo luật Jun.

Đầu điện cực nóng chảy, nhỏ giọt kim loại luôn lách qua lớp xỉ nóng nhờ đó chúng được tiếp tục đốt nóng và làm sạch các tạp chất. cuối cùng kim loại nóng chảy đọng lại dưới đáy lò dưới dạng thỏi kim loại kết tinh 5. Xung quanh thỏi kim loại và thành lò hình thành một lớp xỉ than do các tạp chất bị đốt cháy.



Hình 2.7

Các yếu tố cơ bản xác định các ưu điểm của phương pháp xử lý kim loại trong lò điện xỉ là:

1. Sự tác động hoá học giữa giọt kim loại nóng chảy và lớp xỉ trong lò.
2. Định hình thỏi kim loại đúc ngay trong lò.
3. Tạo ra những thỏi kim loại chất lượng cao như : thép làm vòng bi, thép không gỉ, thép chịu nhiệt ...

Chế độ dòng điện trong lò điện xỉ được đặc trưng bằng dòng điện xung đập mạch có liên quan tới việc tạo giọt kim loại nóng chảy trong lò và khoảng cách điện cực luôn thay đổi.

Phụ thuộc vào hình dáng và khối lượng của thỏi kim loại đúc (tròn, chữ nhật, vuông, hình ống, ...) lò điện xỉ có các kết cấu và các thông số khác nhau.

Tùy theo khối lượng kim loại đúc, cùng một lúc trong một buồng lò có thể có tới 2, 3 điện cực hoặc nhiều hơn.

Đối với phần lớn lò điện xỉ, hệ số lấp đầy buồng lò là vào khoảng từ 0,2 đến 0,65 và tăng lên khi khối lượng thỏi đúc lớn.

Một vài thông số lò điện xỉ được trình bày trong bảng 2.1.

Bảng 2.1.

Thông số	ESP2,58G	ESP10G	ESP20G
Công suất nguồn KVA	1600	2500	5000
Dòng điện cực đại A	21000	28000	50000

Để thực hiện công nghệ điện xỉ, cần có các hệ thống truyền động sau:

1. Di chuyển liên tục hoặc theo chu kỳ các điện cực bên trong lớp xỉ.
2. Hệ thống lấy thổi kim loại đúc từ bên buồng kết tinh.
3. Đáy lò có nhiệm vụ làm mát bề mặt thổi đúc, đôi khi có nhiệm vụ dẫn dòng điện qua lò. Nó được chế tạo từ đồng tấm gắn vào tiếp điểm để đóng cắt dòng điện.

Bảng 2.2: Cho thấy một số tính chất hóa lý của các chất xỉ thường được sử dụng.

Bảng 2.2

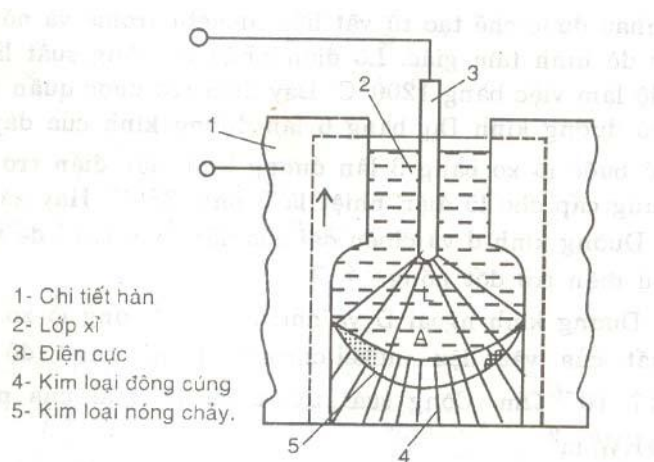
Mã hiệu	Thành phần hoá học %				Nhiệt độ nóng chảy $^{\circ}\text{C}$	Điện trở suất Ωm
	CaF_2	Al_2O_3	CaO	MgO		
AH ϕ -1Π	95	-	5	-	1300 – 1400	0,0015-0,002
AH ϕ -6	70	30	-	-	1320 – 1340	0,003-0,0035
AH-291	18	40	25	17	1450	0,0037-0,004

Hàn điện xỉ.

Phương pháp hàn điện xỉ được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp để nối các kim loại có bề dày lớn (thép, gang, đồng, nhôm, titan và các hợp kim của chúng).

Điện cực 3 và 2 phần vật hàn 1 được nối vào nguồn điện xoay chiều qua lớp xỉ 2. Khi có dòng điện chảy qua điện cực nóng chảy, nhờ giọt kim loại đã được xử lý qua lớp xỉ nóng và đọng vào chấu 5 làm đầy phần không gian giữa 2 chi tiết kim loại cần hàn.

Công suất hàn điện xỉ và từ khoảng 60 – 550KVA. Điện áp thứ cấp máy biến áp là từ 8 – 63V.



- 1- Chi tiết hàn
2- Lớp xỉ
3- Điện cực
4- Kim loại đồng cứng
5- Kim loại nóng chảy.

- 1- Chi tiết hàn; 2- Lớp xỉ; 3- Điện cực;
4- Kim loại đồng cứng; 5- Kim loại nóng chảy.

Hình 2.8

VÍ DỤ TÍNH TOÁN:**Ví dụ 2.1.**

Một lò điện nhiệt được trang bị ba phần tử điện trở đốt nóng giống nhau được chế tạo từ vật liệu nickel – chrome và nối với nhau theo sơ đồ hình tam giác. Lò điện nhiệt có công suất là 12KW ở nhiệt độ làm việc bằng 1200⁰C. Dây điện trở được quấn thành ống lò xo có đường kính D_{tb} bằng 6 lần đường kính của dây điện trở d và có bước lò xo bằng 3 lần đường kính của dây điện trở d . Nguồn điện cung cấp cho lò điện nhiệt là 3 pha, 380V. Hãy xác định:

1. Đường kính d và chiều dài của dây điện trở 1 để tạo ra một phần tử điện trở đốt nóng.
2. Đường kính ngoài D và chiều dài mỗi ống lò xo. Biết điện trở suất của vật liệu nickel – chrome ở nhiệt độ làm việc $\rho = 1,17.10^6 \Omega m$. Công suất tỏa nhiệt bề mặt của phần tử là $\varphi = 20KW/m^2$.

Giải: 1. Đường kính và chiều dài của dây điện trở d, l :

Công suất tỏa nhiệt của phần tử điện trở đốt nóng:

$$P = \frac{12}{3} = 4(KW)$$

Mặt khác: $P = \frac{U^2}{R}$ (1)

Với R là điện trở của phần tử.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{q} \quad \text{p là tiết diện của dây điện trở.}$$

$$R = \rho \cdot \frac{4.l}{\pi.d^2} \quad (2)$$

Thay (2) vào (1): $P = \frac{\pi d^2 U^2}{4 \rho l}$ (3)

Công suất tỏa nhiệt bề mặt dây điện trở:

$$\varphi = \frac{P}{S_{bm}} = \frac{P}{\pi d.l} \quad (4)$$

Từ đó: $l = \frac{P}{\pi d \varphi}$ (5)

Thay (5) vào biểu thức (2) ta được:

$$P = \frac{\pi d^2 . V^2}{4 \rho} \cdot \frac{\pi d \varphi}{P} = \frac{\pi^2 U^2 d^2 \varphi}{\rho . P} \quad (6)$$

Từ đó rút ra được: $d = \sqrt[3]{\frac{4 \rho . P^2}{\pi^2 U^2 \varphi}} = \sqrt[3]{\frac{4.1,17.10^{-6} (4000)^2}{\pi^2 . (380)^2 . 20.10^3}} = 1,38.10^{-3} (m)$

$$l = \frac{4000}{\pi . 1,38.10^{-3} . 20.10^3} = 46,13(m)$$

2. Đường kính và chiều dài ống lò xo:

Đường kính trung bình của một vòng:

$$D_{tb} = 6 \cdot d$$

Đường kính ngoài của phần tử:

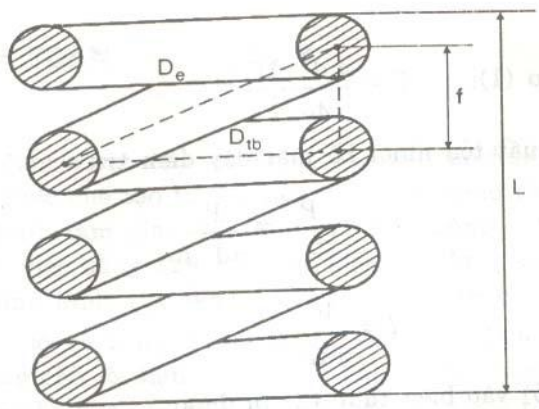
$$D = D_{tb} + d = 7d = 7 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} = 9,7 \text{ (mm)}$$

Số vòng dây lò xo N:

$$N = \frac{l}{l_0} = \frac{46,13}{27,5 \cdot 10^{-3}} = 1677 \text{ (vong)}$$

Với l_0 : chiều dài một vòng dây.

Từ (H.2.1) ta có:



Hình V.2.1

$$\begin{aligned} l_0 &= \frac{\pi D_{tb} + \pi \sqrt{D_{tb}^2 + f^2}}{2} \\ l_0 &= \frac{\pi \cdot 6 \cdot d + \pi \sqrt{36d^2 + 9d^2 g}}{2} \\ l_0 &= 3\pi d + 3,35\pi d = 6,35\pi d \\ &= 6,35 \cdot 3,1416 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} = 27,5 \cdot 10^{-3} \text{ (m)} \end{aligned}$$

Chiều dài ống lò xo L:

$$L = N \cdot f + \frac{d}{2} + \frac{d}{2} = 1677 \cdot 3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} + 1,38 \cdot 10^{-3} = 7 \text{ (m)}$$

Ví dụ 2.2.

Một lò điện nhiệt được trang bị ba phần tử đốt nóng giống nhau làm từ vật liệu hợp kim fer-chrome-aluminium, nối với nhau theo sơ đồ hình tam giác. Lò có công suất 81 KW ở nhiệt độ làm việc. Để tăng tuổi thọ của chúng ở nhiệt độ làm việc được giới hạn ở 1050°C .

Chúng có mật độ nhiệt thông bề mặt là $\varphi = 1 \text{ w/cm}^2$. Lò được cung cấp bởi nguồn điện 3 pha, 380V. Hãy xác định đường kính và chiều dài cần cho một phần tử d và l . Biết điện trở suất của hợp kim ở 20°C là $\rho = 1,45 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$, hệ số nhiệt điện trở:

$$\alpha = 40 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C}).$$

Giải:

Công suất tỏa nhiệt của một phần tử:

$$P = \frac{81000}{3} = 27000(\text{W})$$

Điện trở suất ở 1050°C là:

$$\rho_{1050} = \rho_{0^\circ\text{C}} (1 + \alpha \cdot 1050)$$

Với:
$$\rho_{0^\circ\text{C}} = \frac{1,45 \cdot 10^{-6}}{1 + \alpha \cdot 20}$$

Từ đó:
$$\rho_{1050} = 1,45 \cdot 10^{-6} \frac{1 + 40 \cdot 10^{-6} \cdot 1050}{1 + 40 \cdot 10^{-6} \cdot 20} = 1,51 \cdot 10^{-6} (\Omega\text{m})$$

Suất nhiệt thông trên bề mặt vật thể là $\varphi = 1 \text{ w/cm}^2$ hoặc: $1 \cdot 10^4 \text{ w/m}^2$

Đường kính d được xác định theo công thức ở ví dụ 2.1:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\rho P^2}{\pi^2 U^2 \varphi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,51 \cdot 10^{-6} \cdot (27000)^2}{\pi^2 \cdot (380)^2 \cdot 10000}} = 6,76 \cdot 10^{-3} (\text{m})$$

Chiều dài dây dẫn cho một phần tử:

$$l = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot \varphi} = \frac{27000}{\pi \cdot 6,76 \cdot 10^{-3} \cdot 10000} = 127,4 (\text{m})$$

Ví dụ 2.3.

Một phần tử đốt nóng có chiều dài $L = 1,5\text{m}$ được đặt nằm ngang trong không khí có nhiệt độ $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$. Nhiệt độ bề mặt ngoài của phần tử là 800°C . Phần tử có cấu tạo hình ống làm từ hợp kim nickel – chrome 80/20 và có đường kính ngoài $D_n = 12,5\text{mm}$, bề dày $e = 1\text{mm}$. Bên trong ống chứa periclaz (MgO) trong đó có đặt sợi đốt đường kính d được quấn thành hình ống lò xo có đường kính $D_L = 7,5\text{mm}$. Hãy xác định:

1. Nhiệt không do phần tử đốt nóng sinh ra Φ_T .
2. Sự phân bố nhiệt bên trong phần tử.
3. Đường kính d và chiều dài l của sợi đốt sao cho nhiệt thông bề mặt của nó là $\varphi = 7 \text{ w/cm}^2$.

Các số liệu:

Hệ số dẫn nhiệt:

$$\lambda_{\text{ô}} = 12 \text{ w/(m} \cdot ^\circ\text{K)}, \quad \lambda_{\text{MgO}} = 7,6 \text{ w/(m} \cdot ^\circ\text{K)}$$

không khí ở 410°C có: $\lambda_{\text{KK}} = 0,05214 \text{ w/(m} \cdot ^\circ\text{K)}$

Hệ số truyền nhiệt đối lưu:

$$K = C^4 = \sqrt{\frac{\theta_n - \theta_0}{D_n}} \quad C = 0,43 \lambda_{KK} \sqrt{\frac{g}{v_a^2 \cdot T_{tb}}}$$

Với: θ_n : nhiệt độ bề mặt ngoài của ống – 800°C

θ_0 : nhiệt độ của môi trường – 20°C

D_n : đường kính ngoài ống phần tử – $12,5\text{mm}$

λ_{KK} : hệ số dẫn nhiệt không khí ở nhiệt độ trung bình giữa bề mặt

ống và không khí là: $\lambda_{KK} = \frac{800 + 20}{2} = 410 (^\circ\text{C})$

g – gia tốc trọng trường – $9,8067 \text{ m/s}^2$

v_a – lưu lượng khí – $64,132 \text{ mm}^2/\text{s}$

T_{tb} – nhiệt độ trung bình giữa không khí và bề mặt ống tính theo $^\circ\text{K}$

$$T_{tb} = 410 + 273 = 683 (^\circ\text{K})$$

Hệ số truyền nhiệt bức xạ:

$$K_b = \varepsilon \sigma \cdot \frac{T_n^4 - T_0^4}{T_n - T_0}$$

Với ε – hệ số phản xạ từ bề mặt ngoài của phần tử, $\varepsilon = 0,86$.

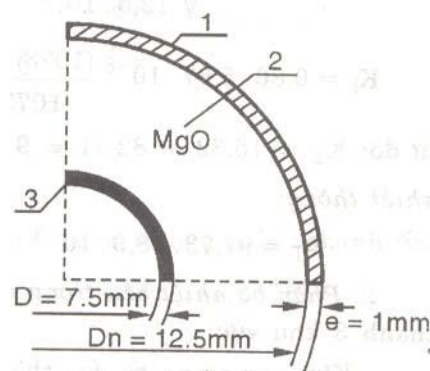
$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w}/(\text{m}^2\text{K})$$

hằng số stefan.

T_n – nhiệt độ bề mặt ngoài ống phần tử tính theo.

$$^\circ\text{K } T_n - 1073^\circ\text{K}$$

T_0 – nhiệt độ môi trường tính theo $^\circ\text{K} - 293^\circ\text{K}$.



1- Thành ống phần tử đốt nóng

2- Bột Periclaz

3- Sợi đốt quấn thành ống lò xo.

Hình V.2.3.

Điện trở suất sợi đốt $\rho = 1,14 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$, điện áp nguồn $U = 220\text{V}$.

Giải:

1. Nhiệt thông do phần tử cung cấp:

$$\text{Công thức Newton có dạng: } \Phi_T = K_T \cdot S (\theta_n - \theta_0)$$

Trong đó:

$$K_T = K_d + K_b - \text{hệ số tỏa nhiệt (w}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}))$$

$$\theta_n - \text{nhiệt độ bề mặt ngoài phần tử} = 800^\circ\text{C}$$

$$\theta_0 - \text{nhiệt độ không khí xung quanh} = 20^\circ\text{C}$$

$$S - \text{bề mặt tỏa nhiệt}$$

Tính K_T :

$$K_d = C_4 \sqrt[4]{\frac{800 - 20}{12,5 \cdot 10^{-3}}}$$

$$C = 0,43 \cdot \lambda_K \sqrt[4]{\frac{g}{v_a^2 \cdot T_b}} = \sqrt[4]{\frac{9,8067 \cdot 10^6}{(64,132)^2 \cdot 683}} = 0,969$$

$$K_d = 0,969 \cdot \sqrt[4]{\frac{780}{12,5 \cdot 10^{-3}}} = 15,32 \text{ (w/(m}^2 \cdot \text{K))}$$

$$K_b = 0,86 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{(1073)^4 \cdot (293)^4}{1073 - 293} = 82,41 \text{ (w/(m}^2 \cdot \text{K))}$$

Từ đó: $K_T = 15,32 + 82,41 = 97,73 \text{ (w/(m}^2 \cdot \text{K))}$.

Nhiệt thông:

$$\Phi_T = 97,73 \cdot 58,9 \cdot 10^{-3} (800 - 20) = 4490 \text{ (W)}$$

2. Phân bố bên trong phần tử đốt nóng có thể phân chia thành 3 khu vực:

- Khu vực trong bề dày thành ống.
- Khu vực từ bên trong thành ống đến sợi đốt.
- Khu vực bên trong sợi đốt.

Khu vực trong bề dày thành ống:

Áp dụng định luật Fourier cho ống trụ có bán kính r và b dày dr , dài L , ta có công thức:

$$\Phi_T = -\lambda 2\pi r L \frac{d\theta}{dr}$$

Từ đó:

$$\theta_i - \theta_n = \frac{\Phi_T}{2\pi \lambda_o \cdot L} \ln \frac{D_n}{D_n - 2e}$$

Nhiệt độ bề mặt trong của ống phần tử:

$$\theta_i = \theta_n + \frac{\Phi_T}{2\pi \lambda_o \cdot L} \ln \frac{D_n}{D_n - 2e}$$

$$\theta_i = 800 + \frac{4490}{2,3,14 \cdot 12,1,5} \ln \frac{12,5 \cdot 10^{-3}}{10,5 \cdot 10^{-3}} = 807(^{\circ} \text{C})$$

Khu vực từ bề mặt trong thành ống cho tới sợi đốt:

$$\theta_L - \theta_i = \frac{\Phi_T}{2\pi \cdot \lambda_{MgO} \cdot L} \ln \frac{D_n - 2e}{D_L}$$

$$\theta_L = 807 + \frac{4490}{2,3,14 \cdot 7,6,15} \ln \frac{10,5}{7,5} = 828(^{\circ} \text{C})$$

Nhiệt độ bên trong lò xo sợi đốt: $\Phi_T = -\lambda 2\pi r L \frac{d\theta}{dr}$

Vì Φ_T truyền theo hướng kính từ sợi đốt ra bên ngoài thành ống phần tử, nên ở khu vực này có thể xem $\Phi_T = 0$, vì vậy:

$$\frac{d\theta}{dr} = 0 \quad ; \theta = \theta_L = 828(^{\circ} \text{C})$$

3. Đường kính d và chiều dài l của dây điện trở:

Áp dụng các công thức đã biết:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4.1,14.10^{-6} (4490)^2}{\pi^2 \cdot (220)^2 \cdot 7.10^4}}$$

$$l = \frac{4490}{\pi \cdot 1,4.10^{-3} \cdot 7.10^4} = 15,58(m)$$

Ví dụ 2.4.

Để đun nóng một chất lỏng, người ta sử dụng các phần tử đốt nóng làm từ cách điện khoáng chất có các đặc tính sau:

- Đường kính ngoài $d_n = 2,5mm$
- Điện trở trên đơn vị dài ở nhiệt độ làm việc $r = 10\Omega/m$
- Công suất bề mặt cực đại: $\varphi_0 = 400KW/m^2$
- Điện áp nguồn $U = 280V$
- Công suất cần thiết để đun nóng $P = 6 KW$.

Hãy xác định :

1. Chiều dài tối thiểu của một phần tử l_{min} .
2. Số lượng phần tử nối song song N .
3. Chiều dài mỗi phần tử l .

Giải:

1. Chiều dài tối thiểu của một phần tử l_{min} .

Công suất tỏa nhiệt:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{rl} \quad (1)$$

Công suất tỏa nhiệt bề mặt:

$$\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi \cdot d_n \cdot l} \quad (2)$$

Thay (1) vào (2) ta được:

$$\varphi = \frac{U^2}{\pi l^2 r \cdot d_n} \quad (3)$$

Công suất này phải nhỏ hơn giá trị cực đại φ_0 , từ đó:

$$\frac{U^2}{\pi l^2 r \cdot d_n} < \varphi_0$$

Hay:

$$l^2 > \frac{U^2}{\pi l^2 r \cdot d_n} < \varphi_0$$

Từ đó:

$$l_{min} = \frac{U}{\sqrt{\pi \cdot r \cdot d_n \cdot \varphi_0}} \quad (4)$$

$$l_{min} = \frac{230}{\sqrt{\pi \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 400 \cdot 10^3}} = 1,30(m)$$

2. Số lượng phần tử nối song song N:

Công suất P_{\min} tỏa ra từ một phần tử có chiều dài l_{\min} là:

$$P_{\min} = \frac{U^2}{r.l_{\min}} = \frac{(230)^2}{10.1,3} = 4069(W)$$

Từ đó lượng phần tử nối song song N:

$$N = \frac{P}{P_{\min}} = \frac{5000}{4069} = 1,23$$

Có thể đặt: $N = 2$

3. Chiều dài của một phần tử l:

Công suất tỏa nhiệt từ một phần tử:

$$P_T = \frac{P}{N} = \frac{5000}{2} = 2500(W)$$

Mặt khác:

$$P_T = \frac{U^2}{r.l}$$

Suy ra:
$$l = \frac{U^2}{r.P_T} = \frac{(230)^2}{10.2500} = 2,116m$$

Vậy: $l = 2,12 (m)$

Ví dụ 2.5.

Để tinh luyện các thỏi thép và hình thành thỏi đúc hình trụ, người ta thực hiện trong lò luyện đặc biệt. Các thỏi thép có đường kính $d_r = 150\text{mm}$ và dài $l_1 = 5\text{m}$ (thỏi điện cực). Các thỏi thép đúc hình trụ có đường kính $d_2 = 400\text{mm}$ và dài $l_2 = 10\text{m}$. Lò tinh luyện được làm mát bằng nước có đường kính trong $d_c = 0,46\text{m}$, thành lò được chế tạo từ vật liệu đồng có hệ số dẫn nhiệt $\lambda_{\text{cu}} = 395\text{W}(\text{m}.\text{K})$ và dày $e = 2\text{cm}$, bị bao phủ bởi xỉ đông cứng có bề dày $e_{\text{xi}} = 3\text{cm}$ và có hệ số dẫn nhiệt: $\lambda_{\text{xi}} = 1,2 (\text{W}/\text{K}.\text{m})$.

Đáy lò tinh luyện có thể tháo ráp dễ dàng. Chậu kim loại nóng chảy có chiều cao $h = 0,90\text{m}$ và có nhiệt độ $\theta_{\text{nc}} = 1750^\circ\text{C}$. Nó được bao phủ bởi một lớp xỉ mỏng ở trạng thái chảy lỏng có nhiệt độ là 1750°C và có hệ số phản xạ $\varepsilon = 0,28$. Nhiệt độ trung bình của nước trong bể kết tinh là $\theta_{\text{H}_2\text{O}} = 50^\circ\text{C}$, nhiệt độ của môi trường là $\theta_0 = 27^\circ\text{C}$.

Xác định:

1. Số lượng thỏi kim loại cần thiết để hình thành một khối đúc hình trụ và khối lượng của nó.

2. Công suất cần thiết để sản xuất các thổi kim loại đúc khi tốc độ là 5cm/phút.

3. Công suất lắp đặt điện nếu cho rằng hiệu suất của thiết bị là $\eta = 95\%$

Các số liệu: bỏ qua tổn hao nhiệt khi đưa thổi kim loại vào và lấy thổi đúc ra khỏi lò tinh luyện.

Thép: Khối lượng riêng : $\gamma = 7958 \text{ Kg/m}^3$
 Tỷ nhiệt : $C_T = 0,1325 \text{ Wh (Kg}^\circ\text{K)}$
 Nhiệt ẩn : $L = 50 \text{ Wh/Kg}$

Hệ số truyền nhiệt:

Chậu kim loại nóng chảy – xỉ : $K_x = 1000 \text{ w/(m}^2 \cdot ^\circ\text{K)}$
 Thành lò – nước làm mát : $K_H = 2000 \text{ w/(m}^2 \cdot ^\circ\text{K)}$

Hằng số Stefan : $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w/(m}^2 \cdot ^\circ\text{K)}$

Giải:

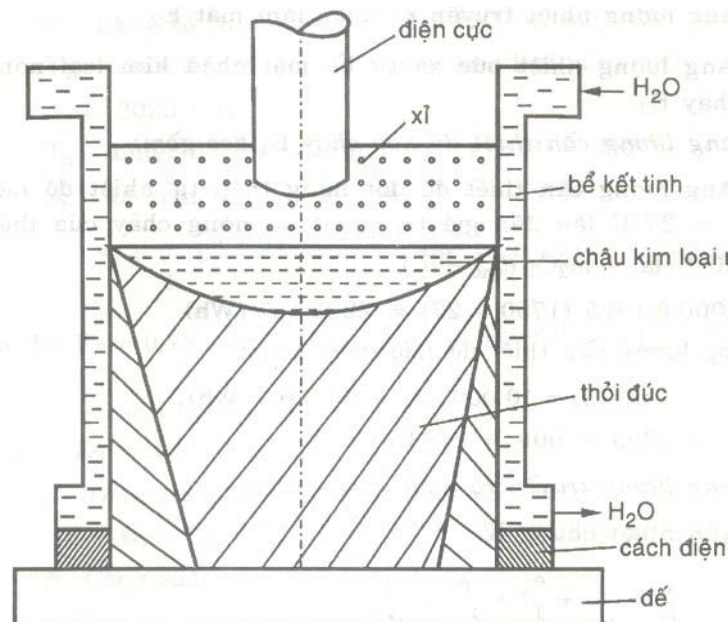
1. Số lượng thổi điện cực để tạo thành thổi đúc.

Thể tích một điện cực:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot l_1}{4} = \frac{\pi (0,15)^2 \cdot 5}{4} = 0,088 \text{ (m}^3\text{)}$$

Thể tích thổi đúc:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2 \cdot l_2}{4} = \frac{\pi (0,4)^2 \cdot 10}{4} = 1,257 \text{ (m}^3\text{)}$$



Hình V.2.5

Số lượng thổi điện cực.
$$N = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1,257}{0,088} = 14,3$$

Khối lượng thổi đúc:

$$m_2 = \gamma.V_2 = 7958.1,257 = 10.000(kg)$$

2. Công suất cần thiết:

Thời gian cần thiết để tạo một thổi đúc:

Thời gian cần thiết để nhận được khối hình trụ 10m với vận tốc

$$V = 5\text{cm/phút là: } t = 10 / 0,05 = 200 \text{ (phút)}$$

Tính tổng năng lượng, bao gồm:

- Năng lượng cần thiết để nấu chảy E_1 .
- Năng lượng nhiệt truyền ra nước làm mát E_2 .
- Năng lượng nhiệt bức xạ từ bề mặt chậu kim loại nóng chảy E_3 .

1. Năng lượng cần thiết để nấu chảy E_1 bao gồm:

Năng lượng cần thiết để đốt nóng thép từ nhiệt độ môi trường $\theta_0 = 27^\circ\text{C}$ lên đến giá trị nhiệt độ nóng chảy của thép $\theta_{nc} = 1750^\circ\text{C}$ là:

$$m_2 C_T (\theta_{nc} - \theta_0) = 10.000 \times 0,1325 (1750 - 27) = 2283.10^3 \text{ (Wh)}$$

Năng lượng cần thiết để nấu chảy thép:

$$m_2 \cdot L = 10.000 \cdot 50 = 500 \cdot 10^3 \text{ (Wh)}$$

$$\text{Vậy } E_1 = 2283 + 500 = 2783 \text{ (KWh)}$$

2. Năng lượng nhiệt truyền ra nước làm mát E_2 .

Hệ số truyền nhiệt chung K:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_x} + \frac{e_1}{\lambda_x} + \frac{e}{\lambda_{cu}} + \frac{1}{K_H}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{1000} + \frac{0,83}{1,2} + \frac{0,02}{395} + \frac{1}{2000} = 0,0266 (^\circ\text{Km}^2 / \text{W})$$

Diện tích bề mặt thành lò:

$$S = \pi d_c h = \pi \cdot 0,46 \cdot 0,9 = 1,30(m^2)$$

Công suất nhiệt truyền vào nước làm mát bằng:

$$\begin{aligned} E_2 &= \Phi_H \cdot t = K \cdot S (\theta_{nc} - \theta_H) t \\ &= \frac{1}{0,0266} \cdot 1,3 (1750 - 50) \cdot \frac{200}{60} = 277(KWh) \end{aligned}$$

3. Nhiệt tiêu tán do bức xạ từ bề mặt chậu kim loại nóng chảy E_3 .

$$\text{Trong đó: } E_3 = \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_0^4) S_b \cdot t$$

ε - hệ số phản xạ = 0,28

σ - hằng số Stéfan = $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(^\circ\text{K} \cdot \text{m}^2)$

S_b - bề mặt bức xạ của lớp xỉ:

$$S_b = \frac{\pi}{4} (d_c^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} [(0,46)^2 - (0,15)^2] = 0,1485(m^2)$$

T_1 – nhiệt độ trên bề mặt chậu kim loại nóng chảy:

$$1750 + 273 = 2023 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

T_0 – nhiệt độ môi trường = $27 + 273 = 300 \text{ (}^\circ\text{K)}$

Từ đó:

$$E_3 = 0,28.5,67.10^{-8}.0,1485[2023)^4 - (300)^4]. \frac{200}{60}$$

$$= 131560(\text{Wh})$$

Hay:

$$E_3 = 131,6(\text{KWh})$$

4. Tổng năng lượng để tạo ra một thổi đúc:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 2783 + 277 + 131,6 = 3191,6(\text{KWh})$$

5. Công suất nhiệt cần thiết:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{3191,6.60}{200} = 957,6(\text{KW})$$

6. Công suất lắp đặt:

$$P_d = \frac{P}{\eta} = \frac{957,6}{0,95} = 1008(\text{KW})$$

CHƯƠNG 3

CÁC THIẾT BỊ HÀN TIẾP XÚC

-----oOo-----

3.1. BẢN CHẤT VẬT LÝ VÀ PHÂN LOẠI CÁC DẠNG HÀN TIẾP XÚC:

Hàn tiếp xúc là quá trình hình thành sự nối cứng kim loại nhờ dòng điện chảy qua mối nối. Khi kim loại đã bị nóng chảy và khi có áp lực nén giữa hai chi tiết nối, nhờ quá trình dẫn nhiệt trong bản thân vật thể kim loại, vùng nóng chảy bị nguội đi nhanh chóng và đông cứng.

Hàn tiếp xúc là biện pháp hàn kim loại phổ biến trong công nghiệp, có các ưu điểm sau đây:

Tạo ra mối hàn tốt, tin cậy, có thể tiến hành tự động hoá quá trình hàn một cách dễ dàng, năng suất hàn cao.

Khi có dòng điện I chảy qua mối hàn, nhiệt lượng Q sinh ra có thể biểu diễn theo:

$$Q = \int_0^t [R_t(t) + R_{ct}(t)] I^2(t) dt \quad (3.1)$$

Ở đây: $R_t(t)$ – là điện trở tiếp xúc giữa hai chi tiết hàn

$R_{ct}(t)$ – là điện trở của chi tiết hàn

T – là thời gian dòng điện chảy qua mối hàn.

Từ (3.1) thấy rằng, năng lượng cần thiết cung cấp cho mối hàn là do dòng điện sinh ra, vì vậy khi các giá trị R_t và R_{ct} nhỏ thì giá trị dòng điện này thường phải rất lớn (hàng ngàn amperes), thời gian cần thiết để tạo ra mối hàn chắc chắn chỉ là một vài giây. Để tăng hiệu suất hàn tiếp xúc phải làm sao để cho tổng điện trở mạch điện qua mối hàn càng nhỏ càng tốt.

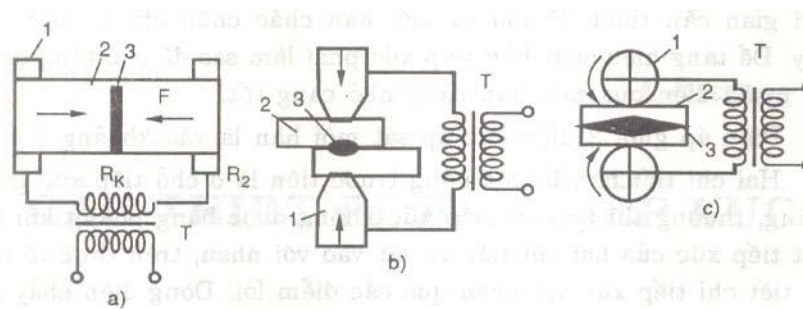
Điện áp giữa hai điện cực áp sát mối hàn là vào khoảng 1 – 16V.

Hai chi tiết hàn bị đốt nóng trước tiên là ở chỗ tiếp xúc giữa chúng, thường thì bề mặt tiếp xúc không được bằng phẳng khi bề mặt tiếp xúc của hai chi tiết áp sát vào với nhau, trên thực tế hai chi tiết chỉ tiếp xúc với nhau qua các điểm lồi. Dòng điện chảy từ chi tiết này sang chi tiết kia chủ yếu là qua các điểm lồi này, vì vậy mật độ dòng điện ở các điểm này rất cao. Nhiệt do dòng điện sinh ra sẽ làm chúng nóng lên dẫn đến điện trở ở các điểm tiếp xúc lại tăng thêm nữa, kết quả là các điểm tiếp xúc bị nóng chảy. Khi vùng tiếp xúc đã bị nóng chảy, nhờ có lực ép giữa hai chi tiết hàn, điện trở tiếp xúc đột ngột giảm xuống, nhiệt lượng do dòng điện sinh ra giảm nhanh chóng, mối hàn có xu hướng đông cứng lại.

Ngoài ra, nhiệt lượng cung cấp cho mỗi hàn còn phụ thuộc vào thời gian t . Khi t nhỏ, dòng điện cần thiết phải lớn. Chế độ này là chế độ làm việc nặng nề đối với máy biến áp tạo ra dòng điện hàn. Chế độ này thường được áp dụng để hàn kim loại màu, ví dụ khi hàn nhôm và hợp kim nhôm phải đảm bảo các giá trị như sau: $J = 160 - 400 \text{ A/mm}^2$, $P = 0,25 - 0,4 \text{ Gpa}$, thời gian $t = 0,5 - 3\text{s}$. Có thể phân biệt 3 dạng hàn tiếp xúc như sau: hàn nối, hàn điểm, hàn lăn (còn gọi là hàn may) (H.3.1)

Thông thường, thiết bị hàn tiếp xúc bao gồm hai phần chính: phần điện và phần cơ cấu truyền động điện cực.

1. Phần điện bao gồm máy biến áp với kết cấu đặc biệt, hệ thống mạch vòng dẫn điện qua mỗi hàn và thiết bị điều khiển đóng – cắt dòng điện hàn.
2. Phần cơ cấu truyền động điện cực tạo ra xung lực ép các chi tiết hàn vào với nhau.



1- Đầu cốt kẹp vật hàn; 2- Chi tiết hàn; 3- Vết hàn

Hình 3.1

3.2. HÀN NỐI ĐẦU:

Là phương pháp hàn tiếp xúc, ở đó các chi tiết được nối ghép với nhau qua mặt cắt tiết diện của chúng.

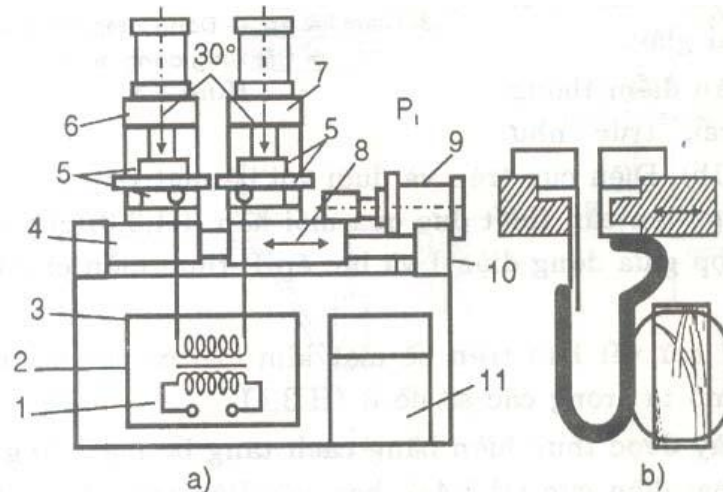
Có hai phương pháp hàn nối đầu chính: hàn điện trở và hàn nóng chảy.

Hàn điện trở (H.3.1a) vật hàn 2 được kẹp chặt vào đầu cốt nối điện 1 và được ép bởi lực P , khi có dòng điện chảy qua, nhiệt sinh ra ở chỗ tiếp xúc tăng lên, khi đã gần đạt đến nhiệt độ nóng chảy ($T = 0,8$ đến $0,9 T_{nc}$) lực ép P đột ngột tăng lên, tạo ra mối hàn ngay khi vật hàn còn đang ở trạng thái rắn.

Hàn nóng chảy có thể chia ra thành: nóng chảy do đốt nóng liên tục và nóng chảy do đốt nóng không liên tục.

1. Phương pháp hàn nóng chảy do đốt nóng liên tục, khi dòng điện chảy qua mối hàn, lực ép P được giữ ở một giá trị không đổi nhất định, sau đó giảm lực P làm cho điện trở tiếp xúc tăng lên do đó nhiệt lượng cung cấp cho mối hàn tăng lên làm cho kim loại bị nóng chảy. Nhờ lực ép P, kim loại nóng chảy sẽ lấp kín bề mặt tiếp xúc giữa hai chi tiết tạo ra mối hàn chắc chắn.
2. Phương pháp hàn nóng chảy do đốt nóng không liên tục, các chi tiết được đóng nhấp vào với nhau nhiều lần, nhiệt lượng sinh ra ở đây là do dòng điện chảy qua mối hàn và do tia lửa điện phát sinh khi hai đầu chi tiết hàn đóng nhấp vào với nhau.

Hàn nóng chảy có nhiều ưu điểm so với hàn nối điện trở: mối hàn bền chắc hơn, không cần thiết phải xử lý gia công cơ khí mối hàn nhiều sau khi đã hàn xong, công suất thiết bị không cần lớn, chi phí năng lượng thấp hơn. Kết cấu máy hàn nối đầu được trình bày trong (H.3.2)



1- Nguồn cung cấp dòng điện hàn; 2- Bàn máy; 3- Hệ thống dẫn điện;
4- Đế cố định; 5- Đầu cốt kẹp vật hàn; 6,7- Cơ cấu kẹp vật hàn; 8- Đế chạy; 9- Hệ thống truyền động; 10- Thanh dẫn hướng; 11- Bộ phận điều khiển

Hình 3.2

3.3. HÀN ĐIỂM:

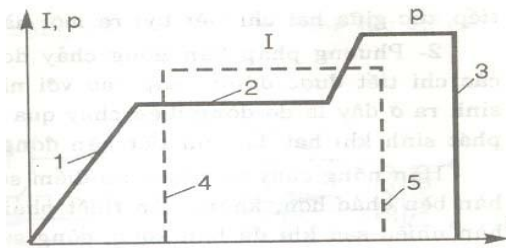
Khi hai chi tiết hàn được đặt chồng lên nhau, nằm giữa các điện cực được ép chặt bằng lực ép P (H.3.1b) và khi cho dòng điện chạy qua, cung cấp cho chỗ tiếp xúc nhiệt lượng cần thiết làm cho nóng chảy kim loại tạo ra mối hàn.

Thông thường, mối hàn có đường kính gần bằng đường kính của đầu tiếp xúc điện cực.

Thời gian cần thiết cho một mối hàn phụ thuộc vào bề dày vật hàn, vào tính chất vật lý của kim loại hàn, vào công suất thiết bị hàn, vào lực ép đặt lên chỗ tiếp xúc, có thể dao động từ phần ngàn giây (hàn kim loại màu) tới vài giây.

Máy hàn điểm thông dụng có cấu trúc như trong (H.3.1b).

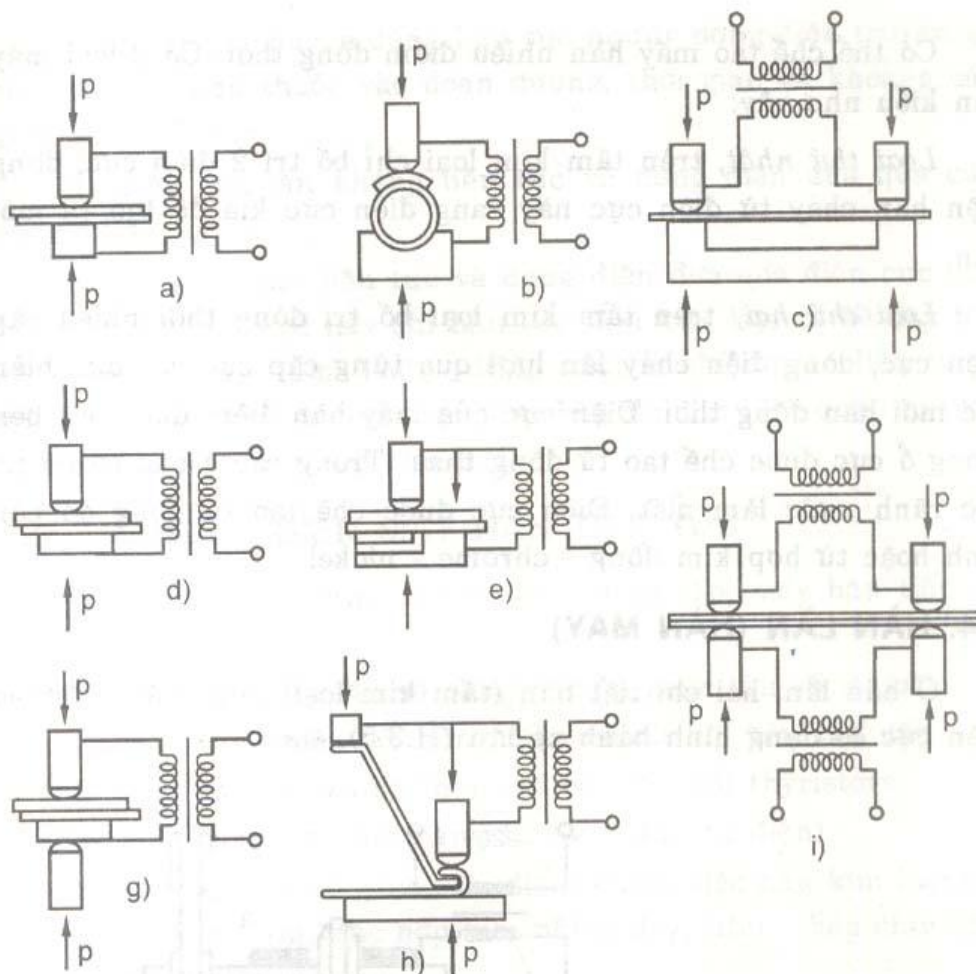
Điện cực trên và dưới bề mặt tiếp xúc đảm bảo mật độ dòng điện cần thiết đưa qua mối hàn. (H.3.3) cho thấy chu trình kết hợp giữa dòng điện I và lực ép P thực hiện cho một mối hàn điểm.



- 1- Ép chi tiết đặt giữa các điện cực; 2- Giữ lực ép cố định và tăng lực ép ở cuối xung dòng điện; 3- Giảm lực ép; 4- Đóng xung dòng điện; 5- Cắt xung dòng điện.

Hình 3.3

Để loại trừ vết hàn trên bề mặt kim loại có thể sử dụng các biện pháp mô tả trong các sơ đồ ở (H.3.4).



Hình 3.4

Điều này được thực hiện bằng cách tăng bề mặt công tác của một trong hai điện cực (H.3.4a), hàn với điện cực phẳng (H.3.4b) hoặc giữa hai điện cực

bình thường có lót một tấm kim loại (H.3.4c,d,e). khi hàn các tấm kim loại mỏng có thể sử dụng máy hàn một mặt nhiều điểm hàn (H.3.4g). khi cần phải hàn tấm kim loại dày, nhiều điểm có thể sử dụng 2 máy hàn song song (H.3.4h)

Hệ thống cơ cấu tạo lực ép P trên các chi tiết hàn cũng rất đa dạng: có thể sử dụng loại cơ cấu với bàn đạp chân (pédale), cơ cấu dùng điện (motoơ hoặc nam châm điện), cơ cấu dùng khí nén hoặc thủy lực.

Hệ thống cơ cấu tạo lực ép trong các máy hàn điểm có liên quan mật thiết đến thời điểm đóng – cắt dòng điện chảy qua mối hàn.

Thông thường thứ tự thực hiện thao tác máy hàn điểm như sau: điện cực ép chi tiết hàn khi chưa cho dòng điện chảy qua mối hàn, sau đó đóng mạch điện để cho dòng điện chảy qua, sau một thời gian nhất định ngắt dòng điện và năng điện cực lên, mối hàn đã được thực hiện.

Điều chỉnh dòng điện và điệp áp ở mạch thứ cấp máy biến áp được thực hiện bằng cách thay đổi số vòng dây sơ cấp của nó.

Thời gian dòng điện chảy qua mối hàn có thể chỉnh định nhờ relay thời gian hoặc nhờ tiếp điểm hành trình.

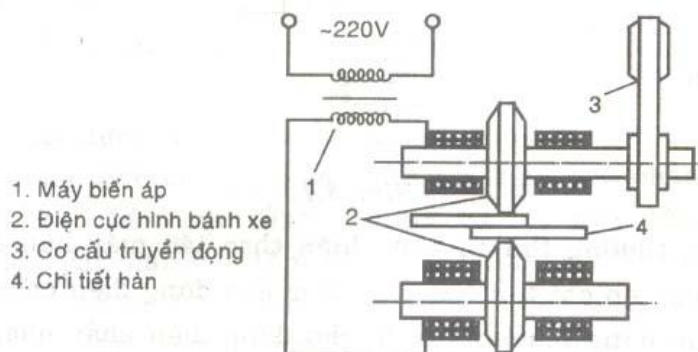
Có thể chế tạo máy hàn nhiều điểm đồng thời. Có 2 loại máy hàn kiểu như vậy:

Loại thứ nhất, trên tấm kim loại chỉ bố trí 2 điện cực, dòng điện hàn chảy từ điện cực này sang điện cực kia để tạo ra mối hàn.

Loại thứ hai, trên tấm kim loại bố trí đồng thời nhiều cặp điện cực, dòng điện chảy lần lượt qua từng cặp cực và thực hiện các mối hàn đồng thời. Điện cực của máy hàn điểm được đặt bên trong ổ cực được chế tạo từ đồng thau. Trong các ổ cực có bố trí các rãnh nước làm mát. Điện cực được chế tạo từ đồng đỏ cán lạnh hoặc từ hợp kim đồng – chrome – nickel.

3.4. HÀN LĂN (HÀN MAY):

Ở hàn lăn, hai chi tiết hàn (tấm kim loại) được đặt giữa các điện cực có dạng hình bánh xe lăn (H.3.5).



1- Máy biến áp; 2- Điện cực hình bánh xe; 3- Cơ cấu truyền động; 4- Chi tiết hàn.

Hình 3.5

Một trong hai bánh xe đó là bánh xe chủ động được nối với hệ thống cơ cấu truyền động quay. Về nguyên tắc, máy hàn lặn hoạt động như máy hàn điểm. Để thực hiện các mối hàn liên tục kiểu may có thể điều khiển dòng điện qua điện cực như sau:

1. Điện cực chuyển động liên tục nhưng dòng điện truyền qua theo chu kỳ phụ thuộc vào đoạn đường, thời gian và khoảng cách giữa các mối hàn.
2. Điện cực lặn không liên tục và dòng điện đưa qua cũng không liên tục.
3. Điện cực lặn liên tục và dòng điện đưa qua điện cực cũng liên tục. Đối với loại này chỉ hàn các tấm kim loại có bề dày tổng cộng nhỏ hơn 1,5mm. Thông dụng nhất là chế độ lặn liên tục và dòng điện đưa qua theo chu kỳ. Máy hàn lặn đạt hiệu quả cao trong các trường hợp hàn ống kim loại.

3.5. TRANG BỊ ĐIỆN MÁY HÀN TIẾP XÚC:

Tùy thuộc vào dạng nguồn điện cung cấp, máy hàn tiếp xúc có thể chia thành:

1. Máy một pha tần số công nghiệp hoặc tần số giảm thấp.
2. Máy một chiều với dòng điện chỉnh lưu bên thứ cấp.
3. Máy ba pha tần số thấp với bộ biến đổi thyristors.
4. Máy dạng tích lũy năng lượng (dùng tụ điện).

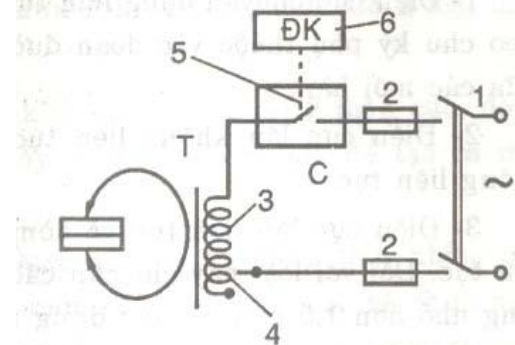
Máy một chiều có nhiều ưu điểm trong việc hàn kim loại màu như: hàn nhôm tấm hoặc hợp kim nhôm dày, titan, thép chịu nhiệt và thép không rỉ.

Sử dụng máy một chiều trong hàn lặn cho phép tăng tốc độ hàn với chất lượng hàn rất tốt. Khi hàn nhiều điện cực đồng thời chỉ cần sử dụng 1 nguồn điện.

Máy tích lũy năng lượng dùng trong việc hàn các tấm kim loại mềm, mỏng.

Phần điện động lực trong máy hàn tiếp xúc cần đảm bảo sinh ra dòng điện từ 2 đến 10 KA, từ nguồn điện 380V hoặc 220V ở công suất từ vài chục tới vài trăm KVA.

Ở máy hàn một pha xoay chiều (H.3.6), máy biến áp hàn 3 được đóng vào nguồn điện xoay chiều qua cầu dao 1 và cầu chì 2 được điều chỉnh công suất qua công tắc xoay 4. Hệ thống cấp điện động lực được đóng cắt nhờ tiếp điểm 5 (hoặc SCR). Thời điểm đóng – cắt được điều khiển bởi bộ điều khiển



1- Cầu dao; 2- Cầu chì; 3- Cuộn dây sơ cấp;
4- Bộ phận điều chỉnh điện áp; 5- Contactor;
6- Điều khiển đóng ngắt mạch điện sơ cấp.

Hình 3.6

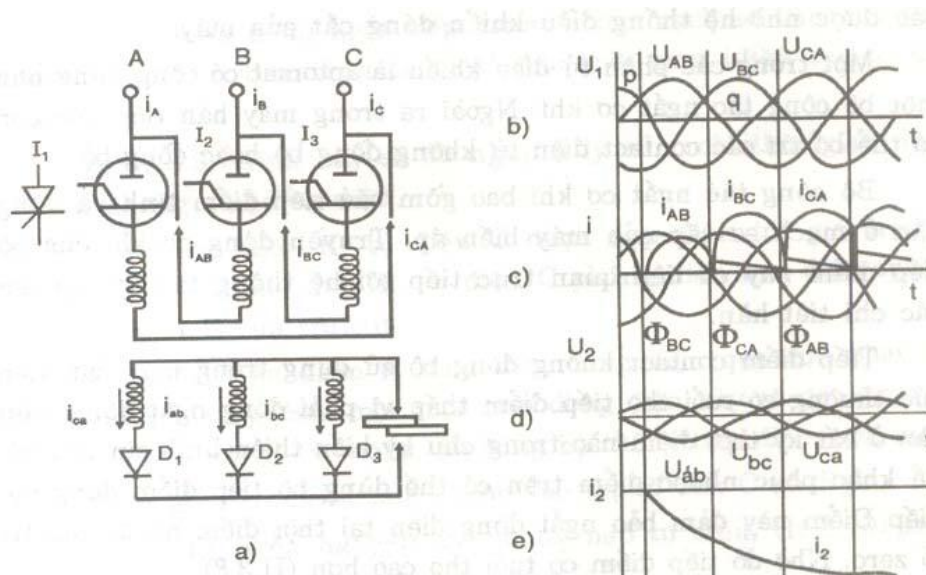
6. Trong các xí nghiệp công nghiệp, máy một pha thường gây ra phiền phức.

Khi phụ tải lớn có thể gây ra lệch pha lưới điện. Nhất là khi máy làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại có thể gây ra sự biến đổi thường xuyên trong lưới điện, ảnh hưởng xấu tới các thiết bị dùng điện khác.

Hệ số công suất $\cos\varphi$ của máy hàn tiếp xúc là vào khoảng từ 0,5 đến 0,6. Để nâng cao các chỉ tiêu năng lượng của máy hàn một pha (giảm công suất tiêu thụ, tăng $\cos\varphi$...). Ở cùng một giá trị dòng điện và kích thước của mạch vòng thứ cấp, cần phải giảm tần số của điện áp thứ cấp máy biến áp hàn.

Ở máy hàn một chiều (máy ba pha có chỉnh lưu dòng điện ở mạch thứ cấp) (H.3.7). Cuộn dây sơ cấp của máy biến áp 3 pha được đấu theo tam giác, còn cuộn dây thứ cấp được đấu theo hình sao qua các diode D_1, D_2, D_3 .

Điều khiển đóng – cắt máy biến áp và điều chỉnh dòng điện nhờ các cực mồi (IGNITOR) I_1, I_2, I_3 . (hoặc nhờ các thyristor) mắc nối tiếp với các cuộn dây sơ cấp. Khi đóng ngắt tức thời dòng điện i_1 qua thyristor T_1 và cuộn dây thứ nhất của máy biến áp ba pha trong thời gian bằng $2\pi/3$ và khi điện áp tức thời của pha thứ nhất còn đang lớn hơn so với điện áp ở 2 pha còn lại, dòng điện không chảy qua hai pha còn lại. Ở $1/3$ chu kỳ tiếp theo dòng điện chỉ chạy qua thyristor T_2 ... Sự chuyển tiếp dòng điện từ pha này sang pha kia xảy ra tại thời điểm cắt nhau của các bản kỳ dương ở các pha kia xảy ra tại thời điểm cắt nhau của các bản kỳ dương ở các pha (điểm P, Q, R trong H.3.7).



Hình 3.7

Dòng điện trong mạch thứ cấp sẽ có dạng như được mô tả ở (H.3.7d) và có thể được biểu diễn gần đúng theo công thức:

$$i_2 = (U_2 / R_2) (1 - e^{-t/T}) \quad (3.2)$$

với: U_2 – điện áp chính lưu thứ cấp, (V)

R_2 – điện trở mạch vòng thứ cấp, (Ω)

$T = L_2 / R_2$ – hằng số thời gian tương đương.

L_2 – tự cảm của mạch vòng thứ cấp (H).

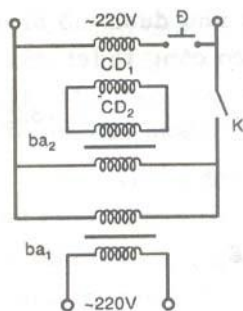
Máy hàn tiếp xúc dạng này có những ưu điểm như sau: phân bố pha đều ở bên mạch sơ cấp. Có khả năng điều chỉnh hình dạng và độ dài xung dòng điện rộng. Công suất tiêu thụ ít hơn so với máy một pha. Đặc biệt khi dùng để hàn kim loại màu nó ưu việt hơn hẳn so với máy một pha.

Để đảm bảo năng suất và chất lượng mối hàn cần phải xác định thời gian hàn cho từng chu trình hàn. Điều này có thể đảm bảo được nhờ hệ thống điều khiển đóng cắt của máy.

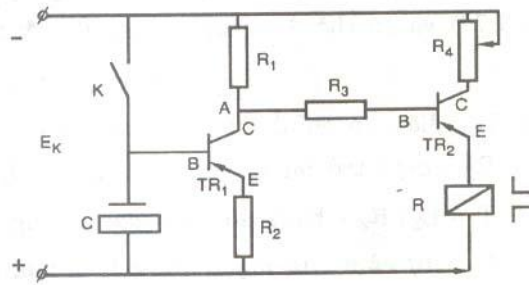
Một trong các phần tử điều khiển là aptomat có công dụng như một bộ công tắc ngắt cơ khí. Ngoài ra trong máy hàn tiếp xúc còn có thể bố trí các contact điện từ không đồng bộ hoặc đồng bộ.

Bộ công tắc ngắt cơ khí bao gồm các tiếp điểm tĩnh và động gắn ở mạch sơ cấp ở máy biến áp. Truyền động cơ khí của bộ tiếp điểm này có liên quan trực tiếp đến hệ thống tạo lực ép lên các chi tiết hàn.

Tiếp điểm contact không đồng bộ sử dụng trong máy hàn tiếp xúc thường có tuổi thọ tiếp điểm thấp, vì phải đóng ngắt dòng điện hàn ở bất kỳ thời điểm nào trong chu kỳ biến thiên hình sin của nó. Để khắc phục nhược điểm trên có thể dùng bộ tiếp điểm đồng bộ. Tiếp điểm này đảm bảo ngắt đóng điện tại thời điểm nó đi qua trị số zero. Nhờ đó tiếp điểm có tuổi thọ cao hơn. (H.3.8)



Hình 3.8



Hình 3.9

Tiếp điểm K đóng – ngắt máy biến áp (ba_1) được thiết kế với hai cuộn dây CD_1 và CD_2 . Cuộn dây phụ CD_2 được mắc vào mạch thứ cấp của biến áp

(ba₂). Sau khi ngắt dòng điện qua cuộn dây chính CD₁ nhưng nhờ cuộn dây phụ CD₂ tiếp điểm K vẫn được giữ ở trạng thái đóng cho đến khi dòng điện đi qua trị số zero.

Điều khiển đóng ngắt tiếp điểm trong mạch sơ cấp của máy biến áp còn có thể dùng các loại rơle thời gian (điện tử, cơ khí, điện tử).

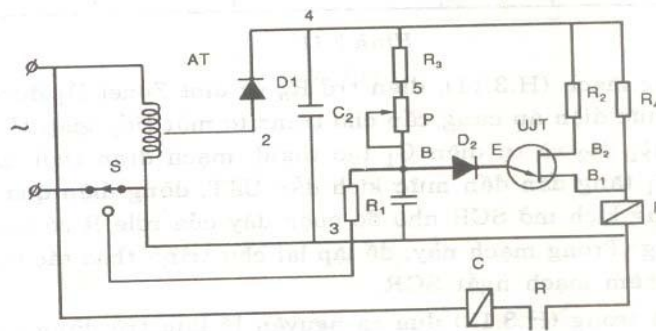
Hình 3.9 trình bày sơ đồ nguyên lý của rơle thời gian dùng mạch phóng – nạp tụ điện.

Khi đóng khóa K, tụ điện C được nạp điện tới giá trị của nguồn E_K. Khi mở khóa K, tụ điện C phóng điện qua điện trở R₂ và cực phát E của tranzito Tr₁.

Điện thế trên điểm A tăng dần, dòng điện qua cực phát của tranzito Tr₂ tăng. Sau một thời gian dòng điện này sẽ đạt được giá trị làm cho rơle R tác động, nó đóng hệ thống tiếp điểm của mình.

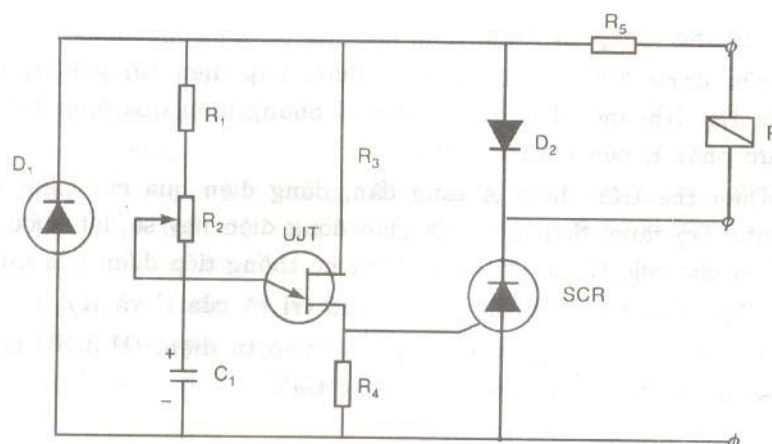
Thời gian trì hoãn phụ thuộc vào trị số của C và R₂.

Cũng dựa trên nguyên tắc phóng nạp tụ điện, (H.3.10) trình bày sơ đồ bộ trì hoãn thời gian dùng UJT.



Hình 3.10

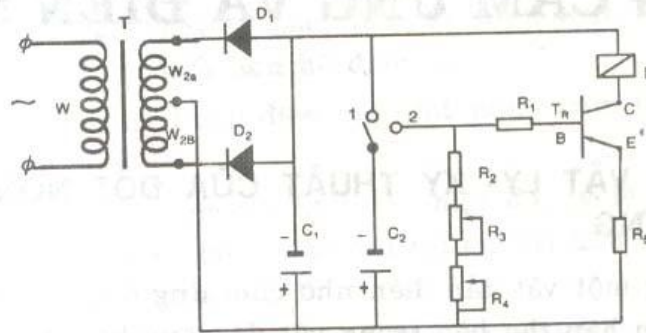
Khi đổi nối A đóng ở vị trí cung cấp điện cho máy biến áp tự ngẫu AT. Điện áp cần thiết xuất hiện giữa điểm 2 và 3. Tụ điện C₂ được nạp qua diod D₁ làm cho điện thế của điểm 4 cao hơn so với điểm 3. Trong mạch của rơle R sẽ chảy một dòng điện có trị số nhỏ, chưa đủ để R tác động. Lúc này tụ điện C₁ tăng dần kéo theo điện thế ở điểm 6 tăng lên. Khi điện thế ở điểm 6 dương hơn so với cực phát E của UJT, mạch vòng D₂EB₁R sẽ thông làm cho tụ C₁ phóng qua UJT và cuộn dây của rơle R, R tác động làm đóng tiếp điểm R ở mạch cấp điện cho tiếp điểm C.



Hình 3.11

Trong mạch (H.3.11), điện trở R_5 và diot Zenel D_1 được dùng để định mức điện áp cung cấp cho tranzito một tiếp giáp UJT. Các điện trở R_1 , R_2 và tụ điện C_1 tạo thành mạch định thời. Điện áp trên tụ C_1 tăng dần đến mức kích dẫn UJT, dòng điện qua R_4 tạo xung dương kích mở SCR nhờ đó cuộn dây của rơle R có điện, rơle R tác động. Trong mạch này, để lặp lại chu trình thao tác cần phải bổ sung thêm mạch ngắt SCR.

Sơ đồ trong (H.3.12) đưa ra nguyên lý làm trễ dùng tranzito.



Hình 3.12

Ở đây nguồn điện xoay chiều được cung cấp cho máy biến áp giảm áp vì sai dùng để cấp điện thế cần thiết cho bộ chỉnh lưu toàn sóng gồm các diot D_1 và D_2 . Khi khóa K ở vị trí 1, tụ điện C_2 được nạp đến trị số của điện áp nguồn. Khi chuyển khóa K sang vị trí 2, tụ điện C_2 phóng điện qua mạch song song R_2 , R_3 , R_4 và R_1 , tiếp giáp B - E của tranzito, R_5 . Thời gian phóng điện của tụ C_2 quyết định bởi điện trở tương đương của mạch song song và giá trị điện dung của tụ điện. Dòng điện phóng qua tiếp giáp B - E tạo nên dòng điện góp I_c ban đầu khá lớn làm cho rơle R tác động. Sau đó điện áp trên tụ C_2 giảm dần, làm cho I_c cũng giảm dần, khi I_c nhỏ hơn giá trị dòng điện nhỏ I_{nh} của rơle R, rơle nhả ra, các tiếp điểm của nó trở về trạng thái ban đầu.

Thời gian giữ rơle ở trạng thái tác động có thể điều chỉnh trong khoảng từ 1 đến 100 giây nhờ các biến trở R_3 và R_4 .

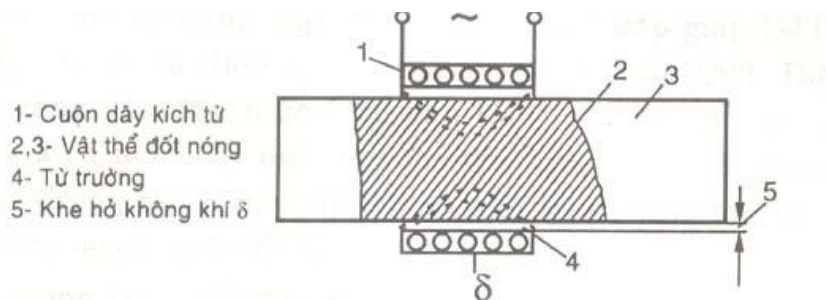
CHƯƠNG 4

CÁC THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG BẰNG CẢM ỨNG VÀ ĐIỆN MÔI

-----oOo-----

4.1. CƠ SỞ VẬT LÝ – KỸ THUẬT CỦA ĐỐT NÓNG BẰNG CẢM ỨNG:

Đốt nóng một vật dẫn điện nhờ cảm ứng được thực hiện dựa trên cơ sở làm hấp thụ bên trong vật đó năng lượng điện từ xoay chiều. Khi đó bên trong vật dẫn điện sẽ cảm ứng các dòng điện Foucaults. Chúng đốt nóng vật dẫn theo luật Jun.



Hình 4.1

Từ trường xoay chiều được cung cấp bởi cuộn dây (H.4.1). Đối với vật thể được đốt nóng, cuộn dây này đóng vai trò như là cuộn dây sơ cấp của một MBA trong đó vật thể đốt nóng được xem như là cuộn dây thứ cấp nối ngắn mạch.

Từ thông xoay chiều Φ do cuộn dây sinh ra tỷ lệ thuận với sức từ động và tỷ lệ nghịch với từ trở của hệ thống. Khi đó bên trong vật thể sẽ cảm ứng sđđ E.

$$E = 4,44. f. W. \Phi \quad (4.1)$$

Trong đó: - f là tần số của điện áp đặt lên cuộn dây (Hz)

- W là số vòng dây.

Ở giá trị xác định của điện trở vật dẫn, bên trong nó sẽ xuất hiện các dòng điện Foucaults I, chúng sinh ra công suất nhiệt.

$$P = I^2 r = E^2 r / Z^2 \quad (4.2)$$

Như vậy, về bản chất đốt nóng cảm ứng cũng tương tự như đốt nóng điện trở. Thay vì mắc vật dẫn điện trực tiếp vào mạch điện thì ở đây là do mối liên hệ điện từ.

So với đốt nóng bằng điện trở, đốt nóng cảm ứng có các ưu điểm sau đây:

1. Tốc độ đốt nóng cao hơn và nhiệt độ, tỷ lệ với công suất đưa vào không bị hạn chế có thể đạt tới giá trị làm nóng chảy kim loại và có thể tạo ra plasma.

2. Dễ dàng điều khiển các chế độ sinh nhiệt thích ứng đối với nhiều quá trình công nghệ khác nhau.

3. Dễ dàng thực hiện ở mọi trạng thái hở hoặc kín, trong môi trường khí bảo vệ và trong chân không.
4. Đặc điểm quan trọng của đốt nóng cảm ứng là khả năng điều chỉnh vùng phân bố của dòng điện Foucaults bên trong vật thể tùy thuộc vào tần số của nguồn kích từ. Độ thấm sâu của từ trường vào trong vật thể tỷ lệ nghịch với tần số.
5. Hiệu quả truyền năng lượng từ trường phụ thuộc vào khe hở không khí ở giữa cuộn dây và vật thể.
6. Cũng giống như ở đốt nóng điện trở, đốt nóng cảm ứng cho năng suất làm việc cao, đảm bảo điều kiện lao động vệ sinh và an toàn.

Cuộn dây kích từ có hình dạng rất đa dạng : hình ống, hình vuông, hình mặt phẳng Dạng hình ống được sử dụng thông dụng hơn cả. Khi có dòng điện xoay chiều chảy trong dây dẫn của một cuộn dây hình ống, cường độ từ trường H xuất hiện trong lòng ống dây có dạng đều. Suất năng lượng qua tiết diện ống có thể được biểu diễn bằng công thức:

$$P_q = 7,9 \cdot 10^{-9} (IW)^2 f (\pi D^2 / 4) \quad (4.3)$$

Trong đó f là tần số (Hz), $\pi D^2 / 4$ là tiết diện ống dây, IW là sức từ động cuộn dây (A vòng).

Công suất trong lòng ống dây là công suất thuần kháng.

Tổn hao công suất trên 1 mét chiều dài ống dây như sau:

$$P_{i_{1,0}} = 6,2 \cdot 10^{-6} (IW)_{1,0}^2 D \sqrt{\rho \cdot f} F_i / K_l d \quad (4.4)$$

$$P_{iq_{1,0}} = 6,2 \cdot 10^{-6} (IW)_{1,0}^2 D \sqrt{\rho \cdot f} G_i / K_l d \quad (4.5)$$

Ở đây D là đường kính ống dây, ρ – điện trở suất vật liệu làm ống dây, F_i , G_i – các giá trị đặc trưng của hàm Bessel cho dưới dạng đồ thị trong các sổ tay toán, K_{ld} – hệ số lấp đầy ống dây.

Tổn hao công suất trong khe hở ở giữa cuộn dây và vật dẫn phụ thuộc vào hình dạng của vật thể. Nếu trong lòng ống dây đặt một vật thể dẫn điện hình trụ, khi đó tổn hao trong khe hở δ sẽ là:

$$P_{\delta q} = 6,2 \cdot 10^{-9} (IW)_{1,0}^2 f d [(D/d)^2 - 1] \quad (4.6)$$

Với d là đường kính của vật đốt nóng.

Năng lượng truyền vào vật thể đốt nóng được xác định gần đúng thông qua công suất nhiệt trên 1 mét chiều dài.

$$P_{1,0} = 6,2 \cdot 10^{-6} (IW)_{1,0}^2 d \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f} F_b \quad (4.7)$$

$$P_{q_{1,0}} = 6,2 \cdot 10^{-6} (IW)_{1,0}^2 d \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f} G_b \quad (4.8)$$

Trong các công thức (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), (4.8) các ký hiệu có chữ q chỉ công suất phản kháng. μ là từ thẩm.

$(IW)_{1,0}$ – sức từ động trên 1 mét chiều dài ống dây.

F_b , G_b – các đại lượng đặc trưng của hàm Bessel.

Hiệu suất ống dây:

$$\eta = 1/(1 + P_{i_{1,0}}/P_{1,0}) \quad (4.9)$$

Hiệu suất tối đa là vào khoảng 0,7 đến 0,88. Hiệu suất tỷ lệ thuận với tần số, tuy nhiên ở một giới hạn xác định nào đó của tần số, hiệu suất sẽ không thay đổi.

Hệ số công suất:

$$\cos\varphi = 1/\sqrt{1 + \frac{(P_{q_{1,0}} + P_{\delta q_{1,0}} + P_{i q_{1,0}})^2}{P_{1,0} + P_{i_{1,0}}}} \quad (4.10)$$

Từ công thức (4.10) thấy rằng, khi khe hở càng lớn, dẫn đến công suất phản kháng $P_{\delta_{1,0}}$ càng lớn và từ đó $\cos\varphi$ nhận được càng thấp. Bên trong vật thể đốt nóng, từ trường xoay chiều có xu hướng chống lại các dòng điện cảm ứng Foucaults và đẩy chúng ra bề mặt bên ngoài của vật thể. Vì vậy đốt nóng cảm ứng về bản chất là đốt nóng bề mặt.

Bên trong lớp kim loại có bề dày Δ tính từ bề mặt ngoài thường hấp thụ khoảng 86,4% năng lượng truyền qua từ cuộn dây.

$$\Delta = 503\sqrt{\rho/(\mu \cdot f)} \quad (4.11)$$

Từ công thức (4.11) suy ra rằng Δ tăng lên khi ρ tăng và Δ giảm khi tần số f tăng. Đối với các vật liệu dẫn từ, khi nhiệt độ tăng sẽ làm cho điện trở suất ρ tăng và khi nhiệt độ đạt tới điểm curie thì giá trị của độ từ thẩm μ từ 50 đến 100 sẽ giảm xuống còn có 1, vì vậy Δ sẽ tăng lên một cách đột ngột dẫn đến công suất hấp thụ giảm xuống.

Cuộn dây kích từ thường có dạng hình ống solenoid. Giá trị điện áp trên một vòng dây có thể nằm trong một phạm vi khá rộng từ 20 – 175V đến 400 – 600V, thậm chí lên đến 1000V. dòng điện cuộn dây dao động từ vài trăm đến vài ngàn ampères. Mật độ dòng điện trung bình là vào khoảng 20 A/mm².

Tổn hao năng lượng có thể chiếm khoảng 20 – 30% công suất tiêu thụ của thiết bị. Cuộn dây kích từ có thể được làm mát bằng các biện pháp cưỡng bức. Vật thể được đốt nóng có thể ở các trạng thái rắn, lỏng hoặc plasma.

Phương pháp đốt nóng bằng cảm ứng có thể ứng dụng trong các quá trình công nghệ như nấu chảy kim loại, tôi bề mặt kim loại, xử lý hoá nhiệt, hàn, làm sạch từng phần (cục bộ) kim loại hoặc chất bán dẫn, thu nhận đơn tinh thể từ các oxyde khó nóng chảy và kích thích để có thể tạo ra plasma.

4.2. CÁC THIẾT BỊ NẤU CHẢY BẰNG CẢM ỨNG:

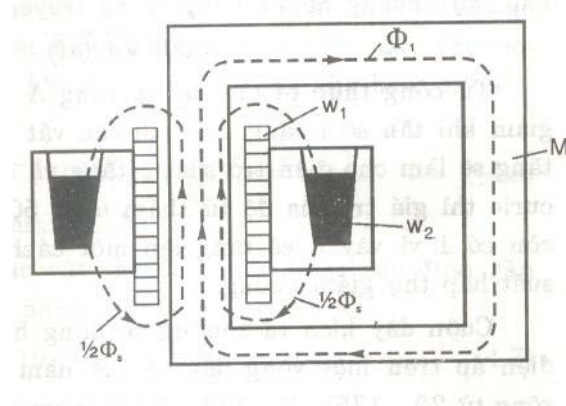
Theo đặc điểm kết cấu, các thiết bị nấu chảy kim loại có thể chia ra thành hai loại: dạng rãnh và dạng nổi.

Từ các lò nấu kim loại bằng cảm ứng có thể nhận được các vật liệu kim loại và bán dẫn có độ tinh khiết cao, các hợp kim với nền tảng là các vật liệu khó nóng chảy và chịu lửa.

1. Lò nấu chảy cảm ứng dạng rãnh:

Trong các lò này, rãnh chứa kim loại nóng chảy được xem như cuộn dây thứ cấp ngắn mạch của một máy biến áp. Trong đó hấp thụ từ 90 – 95% năng lượng điện đưa vào trong lò (H.4.2)

Để giảm giá trị từ thông tản, các cuộn dây W_1 và W_2 của máy biến áp được đặt chung trên cùng một lõi của mạch từ.



Hình 4.2

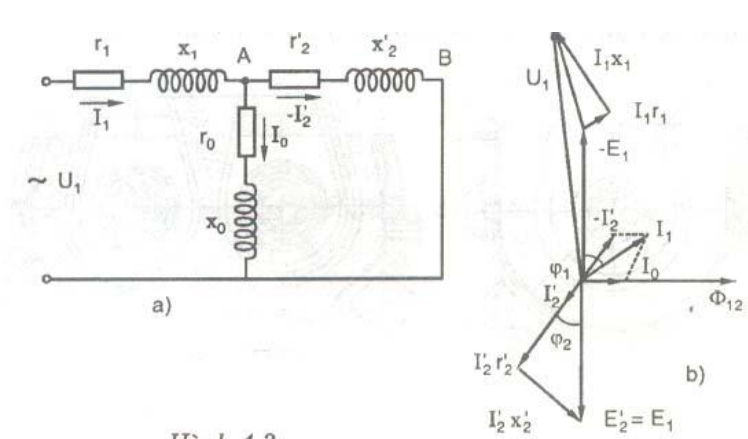
Từ thông chính Φ_1 đi xuyên qua rãnh kim loại sẽ làm cảm ứng trong đó sức điện động E_2 sinh ra dòng điện I_2 . Dòng điện I_2 chảy qua kim loại bên trong rãnh và sinh nhiệt theo luật Joule.

Từ thông tản Φ_s chiếm khoảng từ 25 – 30% giá trị của từ thông chính Φ_1 . Vì vậy:

$$K \cdot E_2 < E_1 \tag{4.12}$$

Với K là hệ số biến áp. Trong các lò nấu kim loại dạng rãnh, khi rãnh kim loại chính là $W_2 = 1$ cho nên

$$K = W_1 / W_2 = W_1 \tag{4.13}$$



Hình 4.3

Sơ đồ thay thế và đồ thị vectơ của lò cảm ứng dạng rãnh được trình bày trong (H.4.3a,b). Chúng tương tự như sơ đồ thay thế và đồ thị vectơ của máy biến áp đang hoạt động ở chế độ ngắn mạch.

Từ sơ đồ thay thế có thể viết:

$$E'_2 = I'_2 \sqrt{R'^2_2 + X'^2_2} = I'_2 Z'_2 \quad (4.14)$$

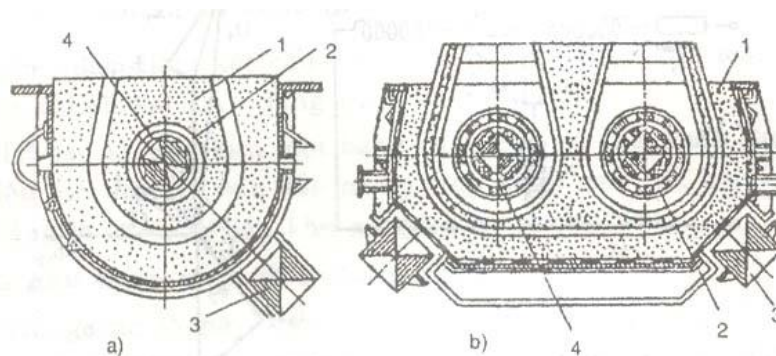
Ở đây E'_2 là sức điện động cảm ứng trong rãnh (V), I'_2 – dòng điện chảy trong rãnh (A), R'_2 và X'_2 là điện trở và điện kháng thứ cấp quy đổi theo số vòng dây sơ cấp, Z'_2 – tổng trở quy đổi (Ω).

Khi điện áp U_1 có dạng biến thiên theo luật hình sin, hệ số công suất $\cos \varphi$ của lò dạng rãnh là khoảng từ 0,5 đến 0,7.

Dòng điện I_2 chảy trong rãnh kim loại thường có giá trị lớn, nên khi tác động tương hỗ với từ trường sẽ sinh ra lực điện động. Lực theo chiều hướng kính so với dòng chảy kim loại gây ra áp lực lớn lên thành của rãnh. Lực dọc theo chiều dài của rãnh gây ra sự chuyển động của kim loại nóng chảy. Điều này tạo ra khả năng loại trừ sự đốt nóng cục bộ kim loại bên trong rãnh và làm tăng công suất cảm ứng.

Các lò nấu kim loại cảm ứng thường có hiệu suất khá cao từ 60 – 90%.

Về phương diện kết cấu có thể chia ra làm 2 loại lò nấu kim loại cảm ứng dạng rãnh: lò một rãnh và lò hai rãnh (H.4.4)



1. Lớp lót; 2. Rãnh làm mát cuộn dây bằng H_2O ;
3. Mạch từ; 4. Cuộn dây kích từ.

Hình 4.4.

Dưới đây là một vài thông số của lò nấu đồng và hợp kim đồng, kẽm, nhôm, gang.

Bảng 4.1

Kim loại nấu	Dung tích (tấn)	Công suất (KVA)	Năng suất tấn/h	Điện năng tiêu thụ kw/tấn.
Đồng	16	30	10	270 – 330
Thau	16	30	13 – 15	190 – 210
Kẽm	100	-	30	95 – 110
Nhôm	0,17 – 40	-	0,75 – 10	360 – 500
Gang	250	4400	10	30 – 100

2. Lò nấu chảy cảm ứng dạng nổi:

Ở đây kim loại được đốt nóng tới nhiệt độ nóng chảy từ trường xoay chiều do cuộn dây 1 sinh ra. Khi đi qua kim loại, từ trường xoay chiều sẽ làm cảm ứng bên trong đó các dòng điện Foucaults (H.4.5).

Trong các lò cảm ứng dạng nổi có thể nhận được các kim loại và hợp kim có độ tinh khiết cao theo tính chất hoá học của chúng. Có thể nhận được các kim loại chất lượng cao vì có thể nấu chúng trong các môi trường trung tính và chân không.

Các lò cảm ứng dạng nổi được chế tạo có dung tích khác nhau.

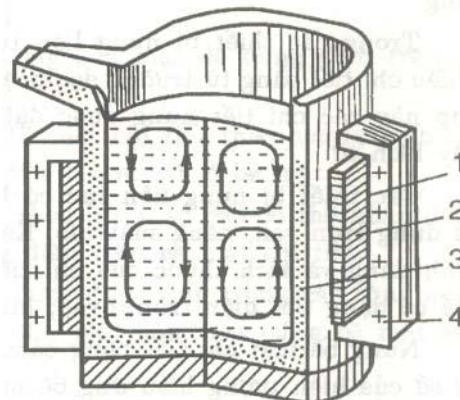
Ví dụ: để nấu thép có thể dùng các nồi 0,06 – 6 tấn, công suất dao động từ 90 đến 2230KW. Tần số 2400 – 500 Hz. Năng suất 0,132 – 3,5 T.

4.3. LÒ NUNG CẢM ỨNG:

Lò nung cảm ứng được sử dụng rộng rãi trong các quá trình công nghệ khác nhau như trong chế tạo máy, gia công cơ khí gò, rèn, hàn ... và trong các ngành công nghiệp khác. Có 2 dạng chủ yếu: nung xuyên suốt và nung bề mặt.

Lò nung xuyên suốt dùng để nung các bán thành phẩm trong các công đoạn làm biến dạng như rèn, dập, ...

Sao với các dạng nung khác như nung lửa, nung bằng điện trở ... nung bằng cảm ứng ít gây hư hao sản phẩm.



1. Cuộn dây, 2. Dòng Foucaults,

3. Mạch từ

Hình 4.5

Tuỳ theo vật liệu và kích thước chi tiết, thiết bị cảm ứng có thể có tần số từ 50 đến 10.000 HZ.

Đối với các thiết bị nung xuyên suốt nên lựa chọn tần số sao cho nhiệt năng sinh ra từ một lớp chiếm phần lớn tiết diện của chi tiết.

Sự đốt nóng được thực hiện ở độ sâu tương ứng với điều kiện:

$$r_0 = \sqrt{2} / \Delta = 3 \div 5 \quad (4.16)$$

Ở đây: r_0 – bán kính chi tiết

Δ - độ sâu của dòng điện cảm ứng bên trong chi tiết nung.

Tần số cần thiết đối với việc nung xuyên suốt chi tiết bằng thép có dạng hình trụ được định hướng:

$$f = 3.10^4 / d_0^2 \quad (4.17)$$

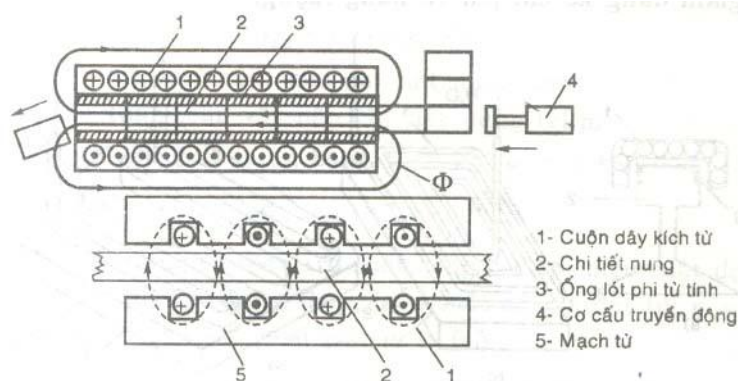
với d_0 – đường kính chi tiết (cm)

Theo chế độ làm việc có thể phân chia thành lò nung xuyên suốt hoạt động theo chu kỳ và liên tục.

Đối với vật liệu từ tính công suất tiêu thụ thay đổi như sau: ở thời gian nung lúc ban đầu cần tăng công suất, sau khi nhiệt độ đạt tới điểm Curie thì giảm công suất xuống còn 60 – 70% so với công suất ban đầu. Đối với kim loại màu thì công suất về sau phải tăng lên vì điện trở suất của vật liệu tăng lên khi nhiệt độ tăng.

Trong các thiết bị nung liên tục có thể nung cùng một lúc nhiều chi tiết bằng từ trường dọc hoặc ngang (H.4.6). Trong trường hợp này các chi tiết nung được đặt dọc theo chiều dài của cuộn dây kích từ.

Các thiết bị nung liên tục có hiệu suất cao, công suất được sử dụng trọn vẹn, năng suất cao, kết cấu cuộn dây phụ thuộc vào hình dáng và kích thước của chi tiết nung. Cuộn dây kích từ có thể có dạng tiết diện tròn, ôvan, hình chữ nhật hoặc hình vuông.



Hình 4.6

Nung bề mặt chi tiết bằng cảm ứng Foucaults phân bố không đồng đều bên trong chi tiết nung. Mật độ dòng điện phần lớn sẽ tập trung ở bề mặt ngoài của chi tiết. Sự tăng dần của mật độ dòng điện từ trung tâm chi tiết ra bên ngoài được biểu diễn theo luật hàm số mũ.

$$J_x = J_0 e^{-z/\Delta} \quad (4.18)$$

Với J_x – trung bình bình phương của mật độ dòng điện trên khoảng cách x tính từ bề mặt chi tiết.

J_0 – trung bình bình phương của mật độ dòng điện trên bề mặt chi tiết.

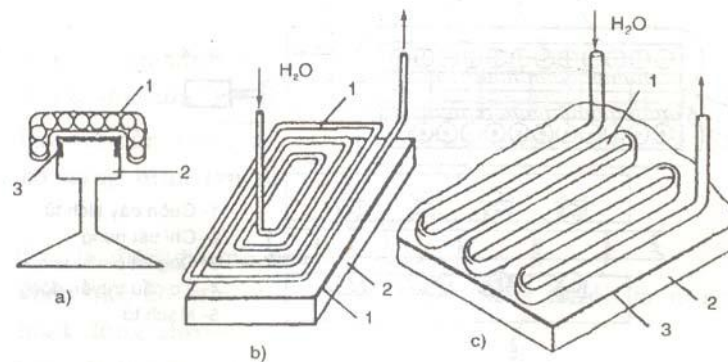
Δ – độ thấm sâu tính từ bề mặt chi tiết theo hướng kính mà ở đó mật độ dòng điện giảm đi e lần so với ở bề mặt.

Từ sự lý giải ở trên thấy rằng ở tần số cao có thể nhận được sự tập trung cao mật độ dòng điện trên bề mặt chi tiết.

Các thiết bị nung bề mặt được ứng dụng trong các công nghệ xử lý nhiệt hoá chi tiết như: tôi, nitơ hoá, hoá cứng bề mặt sản phẩm.

Quá trình tôi bề mặt chi tiết được thực hiện trước hết là nung nóng bề mặt chi tiết, sau đó làm nguội đi một cách nhanh chóng trong môi trường không khí, trong nước hoặc trong dầu. Nhờ đó bề mặt chi tiết có độ cứng rất cao, bền chắc và chịu được sự mài mòn.

Nung nóng bề mặt chi tiết bằng phương pháp cảm ứng cho phép giảm đáng kể chi tiết về năng lượng.



1. Cuộn dây kích từ, 2. Chi tiết nung, 3. Bề mặt nung.

Hình 4.7

Hình 4.7 trình bày sự bố trí cuộn dây kích từ phụ thuộc vào hình dạng bề mặt chi tiết nung.

Công suất tích cực mà thiết bị cảm ứng nhận được từ nguồn được xác định bởi tỷ số giữa công suất hữu ích dùng để đốt nóng chi tiết và hiệu suất chung của hệ thống.

$$P_a = P'_h / \eta = P_h / (\eta_{cd} \cdot \eta_t \cdot \eta_d \cdot \eta_n) \quad (4.19)$$

Trong (4.19), $\eta_{cd} \cdot \eta_t \cdot \eta_d \cdot \eta_n$ tương ứng là hiệu suất của cuộn dây kích từ, của tụ điện, của đường dây và của nguồn cung cấp.

Công suất hữu ích được biểu diễn bằng biểu thức:

$$P_h = C_T (T_{CT} - T_o) g \cdot n / t \quad (4.20)$$

Với C_T – là tỷ nhiệt của vật nung trong khoảng nhiệt độ từ T_o đến T_{CT} (J/kg.°K).

T_{CT} , T_o – nhiệt độ của chi tiết trước và sau khi nung (°K).

g – khối lượng của chi tiết (kg), n – số lượng chi tiết, t – thời gian nung.

Tần số tối ưu $f_{tư}$ để nung chi tiết ở độ thấm sâu của dòng điện Foucaults từ bề mặt chi tiết cho trước $\Delta_{tư}$.

$$f_{tư} = \rho / (\pi \mu \Delta_{tư}^2) \quad (4.21)$$

ở đây: ρ - điện trở suất của chi tiết nung Ωm .

μ - từ thẩm của vật liệu chi tiết nung (H/m)

Đối với vật nung bằng thép khi $\mu = 1$ thì:

$$f_{tư} = 4 \cdot \Delta_{tư}^2 \quad (4.22)$$

Chi tiết nung có điện trở suất càng cao thì hiệu suất đạt được càng lớn, ví dụ khi nung thép, hiệu suất có thể đạt tới $\eta = 0,7 - 0,9$, còn khi nung kim loại màu $\eta < 0,5$.

4.4. CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA ĐỐT NÓNG ĐIỆN MÔI:

Cơ sở vật lý của đốt nóng điện môi là do các dòng điện (dòng điện chuyển dịch và dòng điện dẫn) chảy qua chất cách điện hoặc bán dẫn khi đặt chúng vào trong một điện trường xoay chiều tần số cao.

Ưu điểm của phương pháp này so với các phương pháp đốt nóng điện môi là hiệu quả nhất, bởi vì toàn bộ năng lượng hấp thụ ở trong lòng vật thể đều được chuyển hoá thành nhiệt.

Tuỳ theo đặc điểm công nghệ, thiết bị đốt nóng điện môi tần số cao có thể được chia ra làm 3 loại:

Các thiết bị loại 1: được sử dụng trong công nghệ xử lý nhiệt các sản phẩm có kích thước lớn và khi cần đốt nóng nhanh chóng : sấy sợi bông, len, sấy gỗ và các sản phẩm làm từ gỗ, nung các sản phẩm cách điện, sứ, gốm, hàn các chi tiết bằng nhựa và polyme.

Các thiết bị loại 2: được sử dụng để sấy khô các sản phẩm dạng tấm, băng như vải sợi, tranh ảnh, giấy, phim nhựa, các chế phẩm hóa dược, các sản phẩm cao su.

Các thiết bị loại 3: ở đây quá trình đốt nóng không nhất thiết phải nhanh và đều, ví dụ làm tan các sản phẩm đóng băng, nung các sản phẩm từ gốm thô, sấy trà, đậu ...

Việc ứng dụng các phương pháp sấy cao cấp cho phép nâng cao chất lượng sản phẩm, đẩy nhanh quá trình công nghệ và đạt hiệu quả kinh tế cao.

Khi các chất điện môi được đặt trong điện trường bên trong chúng xảy ra sự tương tác giữa các phần tử có điện tích âm, kết quả hình thành các mối liên kết trái dấu (được gọi là các phần tử lưỡng cực). Trong một phần tử lưỡng cực số lượng điện tích dương luôn bằng số lượng điện tích âm.

Tích số giữa điện tích phần tử và khoảng cách chuyển động được gọi là moment lưỡng cực, $m = q \cdot l$.

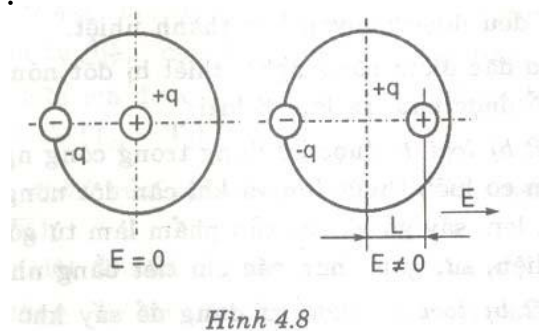
Mối liên hệ giữa moment lưỡng cực và cường độ điện trường E được biểu diễn qua công thức:

$$m = \alpha \cdot E \quad (4.23)$$

với α là độ biến dạng đàn hồi của phần tử, α còn được gọi là độ phân cực.

Có thể phân biệt các hình thức phân cực như sau:

Sự phân cực điện tử:



Hình 4.8

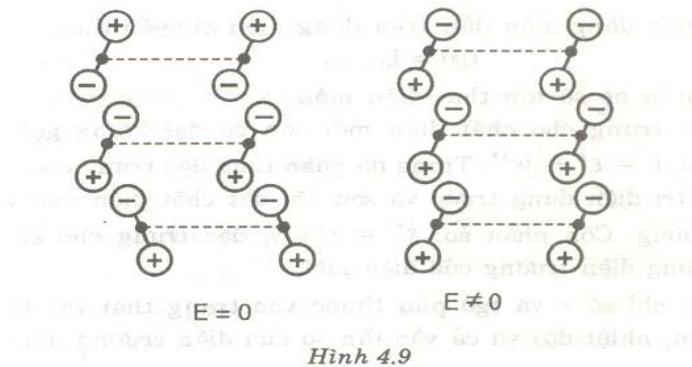
Nguyên tử vật chất được biểu diễn bằng sự chuyển động của các electrons xung quanh hạt nhân nguyên tử. Dưới tác động của điện trường E , nguyên tử có thể trở thành các lưỡng cực cảm ứng với thời gian dao động riêng vào khoảng 10^{-14} đến 10^{-15} sec. Trong thời gian này xác lập sự phân cực điện tử. Cơ chế phân cực điện tử được biểu diễn trong (H.4.8).

Sự phân cực hoá ion.

Được biểu diễn bằng sự chuyển động đàn hồi của các ion trong mạng tinh thể của chất cách điện rắn. Chu kỳ dao động của mạng là vào khoảng 10^{-12} đến 10^{-13} sec. Thời gian phân cực hoá cũng vào khoảng đó.

Sự phân cực hoá ion định hướng.

Trong các chất điện môi, bản thân các phân tử đã là lưỡng cực, không phụ thuộc vào sự có mặt hay không của điện trường bên ngoài. Sự phân cực trong trường hợp này được thể hiện ở sự sắp xếp các lưỡng cực dưới tác động của điện trường và được gọi là sự phân cực định hướng. Sự phân cực định hướng có tính đàn hồi và sinh ra trong các chất điện môi dạng rắn và dạng lỏng.



Hình 4.9

Sự phân cực định hướng không chỉ tồn tại trong điều kiện điện trường một chiều (H.4.9) mà tồn tại cả ở trong điều kiện điện trường xoay chiều. Trong trường hợp thứ hai, phương của sự phân cực thay đổi theo tần số biến thiên của điện trường. Các lưỡng cực có tính đàn hồi sẽ bị rung và xoay đảo theo chiều biến thiên thuận nghịch của điện trường. Ngoài ra dưới tác động của điện trường trong chất điện môi còn xuất hiện các dòng điện tích (có nghĩa là dòng điện).

Sự phân cực hoá biến thiên còn gây ra tổn hao năng lượng do sự cọ xát giữa các phần tử với nhau (tổn hao ma sát) và khi các phần tử lưỡng cực bị xoay đảo sẽ gây ra thêm tổn hao gọi là tổn hao lưỡng cực. Các tổn hao kể trên chuyển hoá thành nhiệt đốt nóng chất điện môi. Tốc độ đốt nóng phụ thuộc vào tần số của điện trường.

Sự chuyển dịch dòng điện trong chất điện môi bao gồm hai thành phần : dòng điện chuyển dịch:

$$I_{cd} = j \omega c U \quad (4.24)$$

và dòng điện dẫn:

$$I_d = g \cdot U \quad (4.25)$$

Trong các công thức (4.24) và (4.25) :

ω là tần số gốc

C, g tương ứng – điện dung và điện dẫn của chất điện môi

U là điện áp đặt lên chất điện môi

Dòng điện toàn phần chảy qua chất điện môi có dạng:

$$I = I_d + I_{cd} = (g + j \omega C) U \quad (4.26)$$

Tỷ số trên dòng điện dẫn trên dòng điện chuyển dịch:

$$t_{g\delta} = I_d / I_{cd} \quad (4.27)$$

được gọi là hệ số tổn thất điện môi.

Đặc trưng cho chất điện môi còn có đại lượng gọi là hệ số điện môi : $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$. Trong đó phần thực đặc trưng cho tỷ số giữa các giá trị điện dung trước và sau khi đặt chất điện môi vào trong điện trường. Còn phần ảo: $\epsilon'' = \epsilon' t_{g\delta}$, đặc trưng cho sự hấp thụ năng lượng điện trường của điện môi.

Các chỉ số ϵ và $t_{g\delta}$ phụ thuộc vào trạng thái vật lý của vật chất (độ ẩm, nhiệt độ) và cả vào tần số của điện trường. (H.4.10) mô tả đồ thị quan hệ giữa ϵ , $t_{g\delta}$ và f .

Đại lượng $t_{g\delta}$ đạt giá trị cực đại tại tần số f_0 được gọi là tần số tích thoát.

Tần số tích thoát là đại lượng đặc trưng đối với từng loại vật liệu.

Công suất tổn hao trong điện môi:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \approx U \cdot I \cdot t_{g\delta} = \omega C U^2 t_{g\delta} \quad (4.28)$$

Trong (4.28): $\omega = 2\pi f$ – là tần số góc (rad/ s)

C – điện dung giữa 2 điện cực tạo ra điện trường (F)

$C = \epsilon \epsilon_0 \cdot S / d$: S – là diện tích của bản cực (m²)

d – khoảng cách giữa hai bản cực (m)

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ (F/m) – là hằng số điện môi chân không.

Điện trường E giữa hai bản cực có giá trị:

$$E = U / d \quad (\text{v/m}) \quad (4.29)$$

Công suất tiêu hao trên một đơn vị thể tích điện môi:

$$P_0 = 5,56 \cdot 10^{-11} \cdot f \cdot E^2 \cdot \epsilon \cdot t_{g\delta} \quad (4.30)$$

Công suất P_0 ngoài việc đốt nóng chất điện môi còn phải làm bốc hơi nước và các chất bám bẩn khác trên bề mặt chi tiết, chi phí công suất cho việc đốt nóng.

$$P_0 = C_\gamma \cdot \gamma \cdot (\Delta T / \Delta t) / \eta_t \quad (4.31)$$

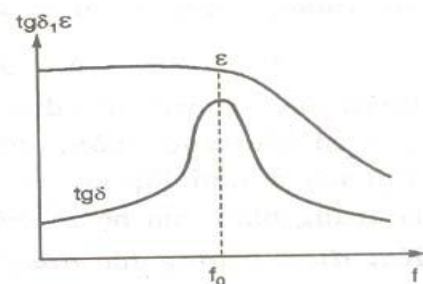
Ở đây:

C_γ – là tỷ nhiệt của vật liệu (J/g . °K)

γ – là khối lượng riêng của vật liệu (g/cm³)

$(\Delta T / \Delta t)$ – tốc độ đốt nóng (°K/sec)

η_t – hiệu suất đốt nóng.



Hình 4.10

Chi phí làm bay hơi nước và các chất bám bẩn khác trong vật liệu:

$$P_{bh} = (L / \eta_l) \cdot (\Delta M / \Delta t) \quad (4.32)$$

Trong (4.32): L – tiêu chuẩn tạo hơi nước ở nhiệt độ xác định (J/g)

$\Delta M / \Delta t$ – tốc độ bốc hơi ($g/cm^3 \cdot s$)

Từ các biểu thức từ (4.30) đến (4.32) cho phép rút ra kết luận như sau: công suất tiêu thụ trong chất điện môi khi đặt nó vào trong một điện trường xoay chiều được xác định bởi các đặc trưng điện môi của nó như ϵ và $tg\delta$ và các thông số của điện trường như E và f.

Công suất tiêu thụ không phụ thuộc vào sự dẫn nhiệt của vật liệu (độ dẫn nhiệt của các chất điện môi thường là thấp). Đặc điểm này hình thành tính ưu việt của phương pháp đốt nóng so với một vài phương pháp thông thường khác.

4.5. THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG ĐIỆN MÔI:

Thiết bị đốt nóng điện môi được chia ra làm hai loại: thiết bị hoạt động ở tần số cao ($f = 66\text{KHz}$ đến 1000 MHz) và thiết bị hoạt động ở tần số siêu cao ($f=1000\text{ MHz}$ và cao hơn). Việc lựa chọn thông số của thiết bị được xác định bởi hàng loạt tính chất vật lý của vật liệu.

Một trong các điều kiện để đảm bảo sự đốt nóng đều khắp trong toàn bộ thể tích của vật liệu là làm tăng lên độ thấm sâu của sóng điện từ trong bề dày của nó.

Độ thấm sâu (cm) được xác định bằng khoảng cách ở đó cường độ điện trường yếu đi e lần so với giá trị ở trên bề mặt của vật liệu.

$$\Delta = 9,55 \cdot 10^{11} f \sqrt{\epsilon} \cdot tg\delta \quad (4.33)$$

Phần lớn các vật liệu được đốt nóng trong điện trường của tụ điều đều có cấu trúc không đồng nhất. Đối với các vật liệu có cấu trúc lớp mà ở mỗi lớp có hệ số điện môi khác nhau có thể tính giá trị trung bình của hệ số điện môi như sau:

Khi điện trường tác động dọc theo lớp:

$$\epsilon_{tb} = (\epsilon_1 \cdot d_1 + \epsilon_2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2) \quad (4.34)$$

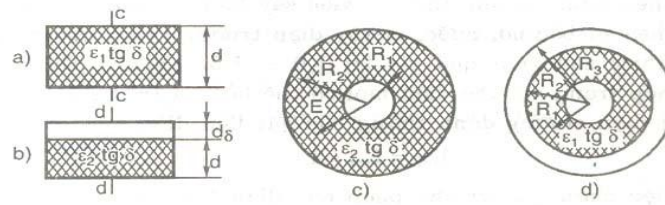
$(d_1 + d_2)$ - là bề dày của mỗi lớp

Khi điện trường tác động ngang:

$$\epsilon_{tb} = (\epsilon_1 \cdot \epsilon_2) (d_1 + d_2) / (\epsilon_1 \cdot d_1 + \epsilon_2 \cdot d_2) \quad (4.35)$$

Khi số lớp tăng lên, tương ứng ở tử số và mẫu số của các biểu thức (4.34) và (4.35) cộng thêm số hạng tương ứng.

Cường độ điện trường E bên trong tụ điện phụ thuộc vào sự đồng nhất của vật thể cần đốt nóng. (H.4.11)



Hình 4.11

Trường hợp đơn giản nhất là khi đặt một vật thể đồng nhất vào bên trong của một tụ điện có điện cực phẳng (H.4.11.a), trên đó ta đặt một điện áp U , lúc này điện trường sẽ là:

$$E = U / d \quad (4.36)$$

Và vật thể sẽ được đốt nóng đều khắp. Nếu tụ điện có dạng hình trụ (H.4.11b) thì điện trường E tại một điểm bất kỳ trong đó sẽ là:

$$E = U / [R \ln (R_2/R_1)] \quad (4.37)$$

Với R – khoảng cách từ tâm tròn tới điểm khảo sát.

Trong trường hợp, vật thể không choán hết toàn bộ thể tích của tụ điện phẳng (H.4.11c), điện trường được tính như sau:

$$E = U / (d + \varepsilon d_\delta) \quad (4.38)$$

$$E_\delta = \varepsilon E \quad (4.39)$$

Đối với tụ điện dạng hình trụ (H.4.11d)

$$E = U / R [\ln (R_2/R_1) + \varepsilon \ln (R_3/R_2)] \quad (4.40)$$

$$E_\delta = \varepsilon E \quad (4.41)$$

Trong các công thức đưa ra ở trên ε là hệ số điện môi tương đối của một lớp vật liệu cho trước hoặc là giá trị trung bình của hệ số điện môi tương đối của nhiều lớp vật liệu.

Điện trường cho phép trong các khe hở không khí d_δ trong chất điện môi được xác định bởi giá trị điện trường chọc thủng E_{C1} . Thông thường E_{C1} của không khí thấp hơn so với E_{C1} của các chất điện môi.

Theo kinh nghiệm thực tế việc sấy khô vật thể điện môi luôn kèm theo sự bốc hơi nước, vì vậy điện trường khe hở không khí không nên vượt quá giá trị 1,0–1,5 (KV/cm). Điện trường cho phép trong vật thể điện môi có thể lấy giá trị hai lần nhỏ hơn giá trị điện trường đánh thủng của vật liệu đôi môi.

$$E_{cf} = E_{ct} / 2 \quad (4.42)$$

Việc chọn giá trị cho phép của điện trường có thể giúp xác định tần số làm việc khi đốt nóng điện môi.

$$f = 7,53 \cdot 10^{12} \frac{\gamma \cdot C \cdot \Delta\theta}{\varepsilon t g \delta \eta_t E_{cf}^2} \quad (4.43)$$

Trong (4.43) : γ – trọng lượng riêng của vật liệu điện môi (g/cm^3)

C – tỷ nhiệt của nó ($\text{j/g}^0\text{K}$) $\Delta\theta$ - độ chênh lệch nhiệt độ.

t – thời gian đốt nóng, η_t – hiệu suất quá trình đốt nóng.

$tg\delta$ – hệ số tổn thất điện môi, ε – hệ số điện môi của vật liệu.

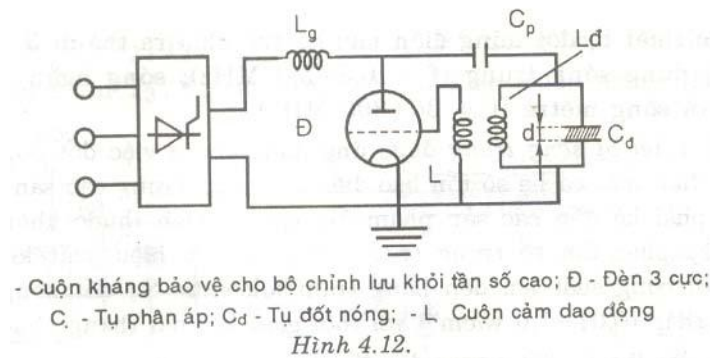
Trong các thiết bị đốt nóng điện môi thường có : mát phát tần số cao, hệ thống bảo vệ và tạo tín hiệu, hệ thống đốt nóng.

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống đốt nóng điện môi dùng đèn 3 cực được trình bày trong (H.4.12)

Tần số của máy phát có thể xác định từ điều kiện cộng hưởng của mạch dao động không có tổn hao:

$$1/\omega C_d = \omega \cdot L_d \quad (4.44)$$

$$f = 1/(2\pi \sqrt{L_d \cdot C_d}) \quad (4.45)$$



điện trở tương đương của mạch khi tính tới tổn hao:

$$R_{td} = (1/\omega C_d) \cdot (\omega \cdot L_d / R) = L_d / (C_d \cdot R) \quad (4.46)$$

trong (4.46): R – điện trở tải của mạch dao động.

Công suất thiết bị:

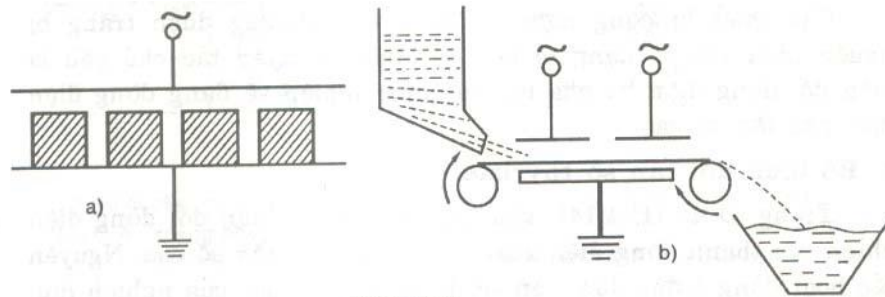
$$P_f = \frac{P_0 \cdot V_d}{\eta_d} \quad (4.47)$$

ở đây: P_0 – công suất trên 1 đơn vị thể tích (W/cm^3)

V_d – thể tích tụ đốt (m^3)

η_d – hiệu suất mạch dao động.

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống tụ đốt dùng trong các thiết bị đốt nóng và sấy khô các sản phẩm có kích thước lớn và dạng hạt được mô tả trong (H.4.13).



Hình 4.13

Các thiết bị đốt nóng điện môi có thể chia ra thành 3 nhóm: thiết bị dùng sóng trung ($f = 0,3 - 3,1$ MHz); sóng ngắn ($f = 3 - 30$ MHz); và sóng mét ($f=30 - 300$ MHz).

Các thiết bị sóng trung: ứng dụng trong việc đốt nóng các vật thể điện môi có hệ số tổn hao điện môi lớn. Trong các sản phẩm loại đó phải kể đến các sản phẩm ẩm ướt có kích thước không lớn lắm. Máy phát tần số trong trường hợp này có hiệu suất khá cao (0,5 – 0,6) công suất lên đến hàng trăm KW, sự đốt nóng diễn ra ở P_0 thấp (0,01 – 1,0 W/cm³) với thời gian kéo dài (hàng chục giờ). Điện áp đặt lên tụ đốt tương đối cao (10 – 15KV).

Các thiết bị sóng ngắn: được áp dụng đối với các vật liệu có hệ số tổn hao điện môi loại trung bình, hiệu suất đạt tới 0,4 – 0,55. Công suất máy phát vào khoảng vài chục KW, $P_0 = 1 - 100$ w/cm³). Khi sấy khô các sản phẩm có bốc hơi nước phải thực hiện trong thời gian khoảng một vài giờ. Đối với các sản phẩm không bốc hơi nước dưới một giờ.

Các thiết bị sóng mét: có hiệu suất từ 0,3 – 0,4. Được áp dụng đối với các vật liệu có hệ số tổn hao thấp $P_0 = 0,1 - 3$ w/cm³. Thời gian đốt nóng khoảng một vài giây.

Ngoài ra còn có các thiết bị hoạt động với tần số siêu cao. Đối với các thiết bị dạng này điện trường đốt nóng có giá trị nhỏ nên giảm được nguy cơ đánh thủng sản phẩm. Chúng được áp dụng trong việc sấy các vật liệu có cấu trúc lớp, các chế phẩm y dược.

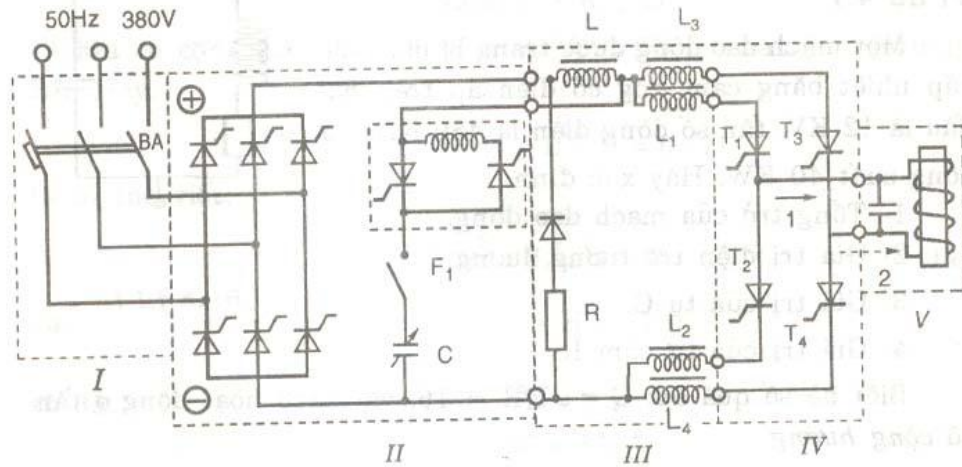
4.6. NGUỒN PHÁT TẦN SỐ CAO:

Các thiết bị công nghiệp tần số cao thường được trang bị nguồn phát tần số dạng tổ hợp đặc biệt. Nguyên tắc chủ yếu là biến đổi dòng điện ba pha tần số công nghiệp về dạng dòng điện một pha tần số cao.

1. Bộ biến đổi tần số thiristor:

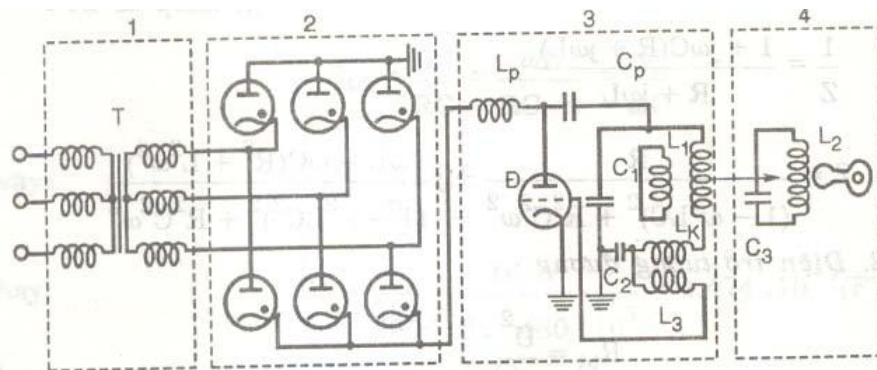
Trong sơ đồ (H.4.14), khối nghịch lưu IV biến đổi dòng điện chỉnh lưu thành dòng điện xoay chiều một pha tần số cao. Nguyên tắc hoạt động ở đây dựa

trên sự đóng mở lần lượt của nghịch lưu. Tần số dòng điện nghịch lưu chính bằng tần số đóng ngắt của các thyristor T_1, T_2, T_3, T_4 . Khi T_1, T_2 , mở dòng điện đi theo một chiều, T_3, T_4 , mở dòng điện đi theo chiều ngược lại.



Hình 4.14

Ở tần số lớn hơn ($50 \div 5000$ KHz) phải sử dụng bộ biến tần dùng đèn 3 cực. (H.5.15).



1- Khối cấp nguồn; 2- Khối chỉnh lưu; 3- Khối phát tần số cao; 4- Khối phụ tải;
 L_p - Cuộn kháng phân áp; C_p - Tụ phân áp; C_1, C_2, C_3 - Tụ điện mạch dao động và mạch tải; L_1, L_2, L_3 - Các cuộn kháng liên lạc và tải; Đ - Đèn phát

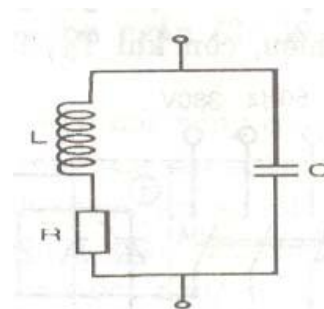
Hình 4.15

VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Ví dụ 4.1

Một mạch dao động được trang bị cho việc cấp nhiệt bằng cảm ứng có điện áp trên hai đầu là 12KV, tần số dòng điện là 480 KHz và công suất 40 KW. Hãy xác định:

1. Tổng trở của mạch dao động.
2. Giá trị điện trở tương đương.
3. Giá trị của tụ C.
4. Giá trị của tự cảm L.



Hình 4.1.1

Biết hệ số quá áp: $Q = \omega L/R = 16$ và mạch hoạt động ở tần số cộng hưởng.

Giải:

1. Tổng trở của mạch dao động.

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R + j\omega L} = j\omega C$$

Hay:
$$\frac{1}{Z} = \frac{1 + j\omega C(R + j\omega L)}{R + j\omega L}$$

Từ đó:
$$Z = \frac{R}{(1 - \omega^2 LC)^2 + R^2 C^2 \omega^2} + j \frac{\omega L - \omega C(R^2 + L^2 \omega^2)}{(1 - \omega^2 LC)^2 + R^2 C^2 \omega^2}$$

2. Điện trở tương đương:

$$R_{td} = \frac{U^2}{P}$$

Từ đó:
$$R_{td} = \frac{(12000)^2}{40000} = 3600(\Omega)$$

Đó chính là phần thực của tổng trở Z: $R_{td} = R(Z)$

Từ đó:
$$R_{td} = \frac{R}{(1 - LC\omega^2)^2 + R^2 C^2 \omega^2}$$

Và khi có cộng hưởng thì $J(Z) = 0$. Với $J(Z)$ là phần ảo của tổng trở.

Hay:
$$\omega L - \omega C(R^2 + L^2 \omega^2) = 0 \quad (1)$$

Ta có thể viết:
$$L - C(R^2 + L^2 \omega^2) = 0 \quad (1a)$$

Và:
$$L(1 + \omega^2 LC) = R^2 C \quad (1b)$$

Từ đó:
$$R_{td} = \frac{RL}{R^2 C^2 (R^2 + L^2 \omega^2)}$$

Và:
$$R_{td} = \frac{L}{RC}$$

3. Điện dung của mạch dao động.

Ta có quan hệ:

$$R_{td} = \frac{L}{RC} = \frac{\omega L}{RC \cdot \omega} = \frac{Q}{\omega C}$$

Vậy:
$$C = \frac{Q}{R_{td} \cdot \omega}$$

Hay:
$$C = \frac{16}{3600 \cdot 2\pi \cdot 480 \cdot 10^3} = 1,474 \cdot 10^{-9} (F)$$

Hay:
$$C = 1474(pF)$$

4. Tự cảm của mạch dao động:

Khi cộng hưởng ta có:

$$L\omega - C\omega (R^2 + L^2 \omega^2) = 0$$

$$C\omega = \frac{Q}{R_{td}} \quad Q = \frac{\omega L}{R}$$

Từ đó:
$$1 = \frac{Q}{R_{td}} \cdot L\omega \cdot \frac{1+Q^2}{Q^2}$$

Và:
$$L = \frac{R_{td} \cdot Q}{\omega(1+Q^2)} = \frac{3600 \cdot 16}{2\pi \cdot 480 \cdot 10^3 (1+16^2)} = 74,31 \cdot 10^{-6} (H)$$

Hay:
$$L = 74,3 (\mu H)$$

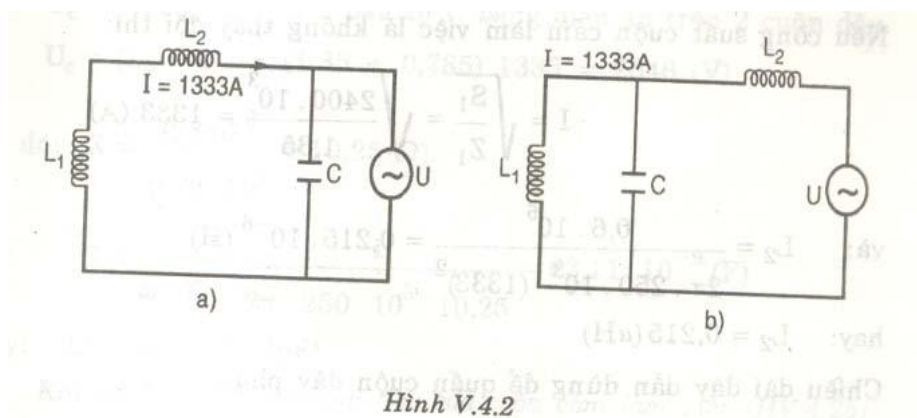
Ví dụ 4.2

Tầng cuối cùng của một máy phát cao tần trong thiết bị hàn ống bằng cảm ứng có một máy biến áp mà cuộn dây thứ cấp của nó cung cấp cho cuộn cảm làm việc dòng điện có tần số 250 KHz.

1. Cuộn cảm làm việc có công suất tích cực 400 KW và hệ số quá áp: $L\omega/R = 6$, hãy xác định tự cảm của nó khi $U = 1800$ V.
2. Công suất của máy biến áp là 3MVA, hãy xác định chiều dài của cuộn dây phụ (xem hình vẽ) khi biết: $L = 0,05 \mu H/m$ và ki công suất của cuộn dây làm việc không thay đổi.
3. Nếu cuộn dây phụ được làm từ 10m dây có $L = 0,5 \mu H/m$ hãy xác định công suất phản kháng và điện dung của tụ điện khi cuộn dây đó được đặt ở:
 - a. Ngay đầu ra của máy phát cao tần.
 - b. Ngay trên 2 đầu của cuộn kháng làm việc.

Biết rằng công suất của cuộn kháng làm việc là không thay đổi.

Giải:



1. Tự cảm L_1 của cuộn cảm làm việc:

$$Z_1 = \frac{U^2}{S_1}$$

Với: U – điện áp nguồn – 1800V

S_1 – công suất biểu kiến của cuộn cảm.

Ta có thể tính công suất S_1 khi cho rằng công suất này bằng công suất phản kháng khi tính tới quá áp, từ đó:

$$Q_1 = 400.6 = 2400K \text{ var}$$

Suy ra: $S_1 = 2400KVA$

$$\text{Vậy: } Z_1 = \frac{(1800)^2}{2400.10^3} = 1,35(\Omega)$$

Tự cảm cuộn cảm làm việc được tính từ :

$$L_1 = \frac{Z_1}{\omega} = \frac{1,35}{2\pi.250.10^3} = 8,59.10^{-7} (H)$$

Hay:

$$L_1 = 0,86(\mu H)$$

2. Chiều dài dây của cuộn dây phụ:

Nếu ta đồng nhất hóa công suất biểu kiến với công suất phản kháng của cuộn dây phụ L_2 :

$$Q_2 = 3 - 2,4 = 0,6M \text{ var}$$

$$\text{Tự cảm cuộn dây phụ: } \omega L_2 = \frac{Q_2}{I^2}$$

Nếu công suất cuộn cảm làm việc là không thay đổi thì:

$$I = \sqrt{\frac{S_1}{Z_1}} = \sqrt{\frac{2400.10^3}{1,35}} = 1333(A)$$

$$\text{Và: } L_2 = \frac{0,6.10^6}{2\pi.250.10^3.(1333)^2} = 0,215.10^{-6}(H)$$

Hay: $L_2 = 0,215(\mu H)$

Chiều dài dây dẫn dùng để quấn cuộn dây phụ:

$$l_2 = \frac{0,215}{0,05} = 4,3(m)$$

3. Công suất phản kháng và điện dung của tụ điện C.

Khi tụ điện ở ngay đầu ra của máy phát cao tần (H.V.4.2a)

Công suất phản kháng của tụ điện được cho bởi biểu thức :

$$Q_C = Q - Q_B$$

Với: Q – công suất phản kháng của cả hai cuộn dây.

Q_b - công suất phản kháng của máy biến áp – 3 Mvar

Tự cảm của cuộn dây phụ:

$$L_2 = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ (}\mu\text{H)}$$

Từ đó: $Z = \omega L = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2\pi \cdot 250 \cdot 10^3 = 0,785 \text{ (}\Omega\text{)}$

Công suất phản kháng của cả hai cuộn dây:

$$Q = (Z_1 + Z)I^2 \quad \text{với } I = 1333\text{A}$$

Vậy: $Q = (1,35 + 0,785) \cdot 1333^2 = 3.793.700 \text{ (VAR)}$

$$Q = 3,79 \text{ MVAR}$$

Từ đó: $Q_C = 3,79 - 3 = 0,79 \text{ (MVAR)}$

Điện kháng của tụ: $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{U_c^2}{Q_C}$

U_C – điện áp trên 2 đầu tụ C bằng điện áp trên 2 cuộn dây:

$$U_C = (Z_1 + Z) I = (1,35 + 0,785) 1333 = 2846 \text{ (V)}$$

Từ đó:

$$X = \frac{(2846)^2}{0,79 \cdot 10^6} = 10,25 \Omega$$

Và:

$$C = \frac{1}{\omega X} = \frac{1}{2\pi \cdot 250 \cdot 10^3 \cdot 10,25} = 62,11 \cdot 10^{-9} \text{ (F)}$$

Vậy:

$$C = 62,110 \text{ (pF)}$$

Khi tụ điện đặt trên 2 đầu của cuộn cảm làm việc (H.V.4.2b)

Vì các điều kiện vận hành của cuộn cảm làm việc không thay đổi, cường độ dòng điện chảy qua nó và điện áp đặt lên hai đầu của nó không thay đổi bằng 1800V. áp dụng luận Kirchoff cho mạch điện trên ta được:

$$U = 1800 + Z \cdot I_B$$

Với: $I_B = 1333 - I_C$; $U I_B = 3 \cdot 10^6$

I_B – cường độ dòng điện qua cuộn phụ.

I_C – cường độ dòng điện qua tụ C.

$$\text{Từ đó: } U \cdot I_B = (1800 + 0,785 \cdot I_B)I_B$$

$$\text{Hay: } 0,785I_B^2 + 1800I_B - 3 \cdot 10^6 = 0$$

$$I_B = \frac{-1800 - (1800)^2 + 4 \cdot 0,785 \cdot 3 \cdot 10^6}{\sqrt{2 \cdot 0,785}} = 1120(A)$$

$$\text{Vậy: } I_C = 1333 - I_B = 1333 - 1120 = 213(A)$$

Điện kháng X_C :

$$X_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{1800}{213} = 8,45\Omega$$

$$\text{Và: } C = \frac{1}{X_C \cdot \omega} = \frac{1}{8,45 \cdot 2\pi \cdot 250 \cdot 10^3} = 75340(pF)$$

Ví dụ 4.3:

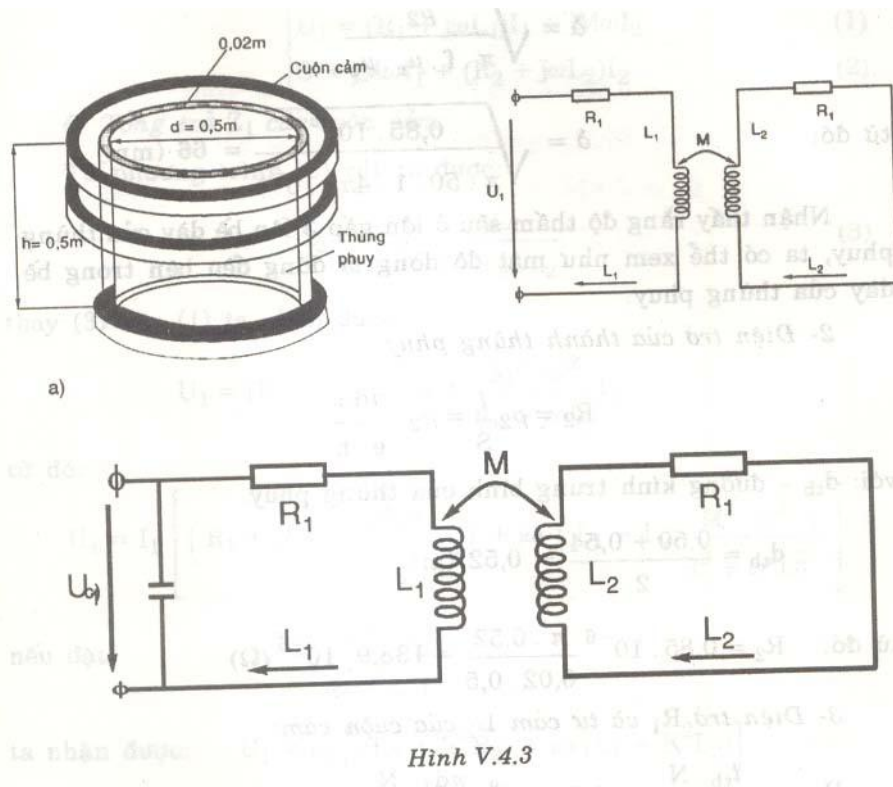
Một thùng phuy hình trụ bằng thép không gỉ (inoxidable) có đường kính trong $d = 0,5m$, cao $h = 0,5m$, dày $e = 20mm$, được sử dụng để làm nóng một chất lỏng. Nó được cấp nhiệt nhờ dòng điện cảm ứng sinh ra từ một cuộn cảm là một ống đồng có tiết diện sử dụng $2mm^2$, đặt lồng bên ngoài thùng phuy, với đường kính trung bình $d_1 = 0,65m$ (H.V.4.3). Thành của thùng phuy trở thành cuộn dây thứ cấp ngắn mạch của một máy biến áp với số vòng dây $N_2 = 1$. Cuộn cảm chính là cuộn dây sơ cấp có $N_1 = 100$ vòng và được cung cấp một điện áp xoay chiều $U_1 = 380V$, $f = 50Hz$. Hãy xác định:

1. Độ thấm sâu của từ trường δ , có thể cho rằng cường độ dòng điện bên trong bề dày của thùng là đồng đều.
2. Điện trở R_2 của thành thùng phuy (H.V.4.3a)
3. Điện trở R_1 của cuộn cảm.
4. Hổ cảm M giữa cuộn cảm và thùng phuy.
5. Phương trình: $U_1 = f(I_1, I_2)$; $U_2 = f(I_1, I_2)$
6. Biểu diễn tổng trở toàn phần của thiết bị đằng trước cuộn cảm: $Z_1 = U_1/I_1$. Khi các đại lượng Z_1 , I_1 , U_1 là số phức (H.V.4.3b).
7. Hãy tính dòng điện I_1 , $\cos\varphi_1$ và P_1 tiêu thụ bởi thiết bị.
8. Hãy tính dòng điện cảm ứng I_2 và công suất P_2 .
9. Hãy tính giá trị điện dung của dòng điện mắc song song với cuộn cảm (H.V.4.3c) khi $\cos\varphi = 1$.

Các số liệu:

- Điện trở suất của kim loại làm thùng phuy:

$$\rho_2 = 0,85 \cdot 10^{-6} \Omega m, \text{ tự cảm: } L_2 = 368 \cdot 10^{-3} \mu H.$$



- Điện trở suất của cuộn cảm: $\rho_1 = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$,

Từ thẩm tương đối: $\mu_r = 1$. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$.

Hệ số hình dạng của cuộn cảm: $K_f = 0,65$

Hỗ cảm:
$$M = K\sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

Trong đó: $K = 0,72$, $L_1 = 5,42 \cdot 10^{-3}$ – tự cảm cuộn cảm,

$L_2 =$ tự cảm của thùng phuy.

Ví dụ 4.4.

Trong một thiết bị đốt nóng bằng điện môi, mạch cộng hưởng và công suất của nó phụ thuộc vào tần số làm việc (xem hình). Hãy tính công suất tiêu tán trong điện trở R_2 và suy ra rằng U_1 đến phụ tải là cực đại khi hệ số liên hệ là:

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = \frac{M}{\sqrt{Q_1 \cdot Q_2}}$$

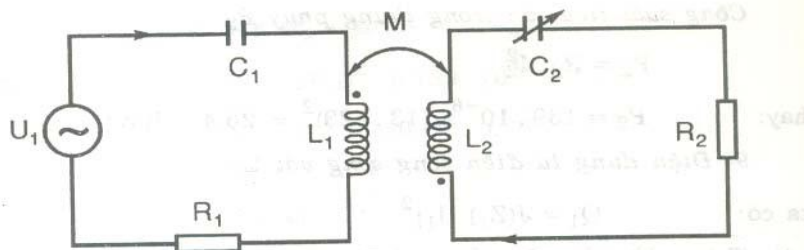
Với Q_1, Q_2 – là các hệ số quá áp của các mạch dao động.

Giải:1. Công suất tiêu tán trong điện trở R_2

Tổng trở của 2 mạch cộng hưởng trong hình được cho bởi các quan hệ:

$$Z_1 = R_1 + j\left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}\right)$$

$$Z_2 = R_2 + j\left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right)$$



Hình V.4.4

Áp dụng định luật Ohm cho 2 nhánh:

$$U_1 = Z_1 I_1 + jM\omega I_2 \quad (1)$$

$$0 = jM\omega I_1 + Z_2 I_2 \quad (2)$$

Giải hệ phương trình trên nhận được:

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_1 + \frac{\omega^2 M^2}{Z_2}}$$

Và:
$$I_2 = \frac{-jM\omega U_1}{Z_2 + \omega^2 M^2}$$

Cả 2 đều phụ thuộc vào tần số làm việc khi đó:

$$\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} = \omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} = 0$$

Từ đó: $Z_1 = R_1; \quad Z_2 = R_2;$

Và:
$$I_1 = \frac{-jM\omega U_1}{R_2 R_2 + \omega^2 M^2}$$

Công suất tiêu tán trong R_2 cho bởi:

$$P_{E_2} = \frac{1}{2} I_2^2 R_2 = \frac{1}{2} R_2 U_1^2 \frac{\omega^2 M^2}{(R_2 R_2 + \omega^2 M^2)^2}$$

Đặt:
$$S = \frac{M^2}{R_1} \cdot \frac{\omega^2}{R_2}$$

Ta có:
$$P_{E_2} = \frac{1}{2} \frac{U_1^2}{R_1} \cdot \frac{S}{(1+S)^2}$$

Lấy đạo hàm:
$$\frac{dP_{R_2}}{d_s} = \frac{1}{2} \frac{U_1^2}{R_1} \cdot \frac{1-S}{(1+S)^3}$$

Ta thấy rằng P_{R_2} cực đại khi $S = -1$

Khi đó:
$$M^2 = \frac{R_1 R_2}{\omega^2}$$

Từ đó:
$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{\omega L_1} \cdot \frac{R_2}{\omega L_2}} = \frac{1}{\sqrt{Q_1 \cdot Q_2}}$$

Ví dụ 4.5.

Hãy xác định các đặc tính của 1 lò phản ứng dùng để nấu chảy 10 tấn gang có dạng hình trụ.

1. Đường kính trong d và chiều cao h của lò (dạng nồi), biết rằng tỷ số $h/d=1,25$
2. Đường kính trong D của cuộn dây cảm ứng.
3. Công suất cần thiết để thực hiện việc nấu chảy trong thời gian 3,5 giờ, khi trên bề mặt của kim loại lỏng là không khí.
4. Công suất cần thiết để thực hiện việc nấu chảy trong thời gian 3,5 giờ nếu nồi được đậy bằng một cái nắp.

Số liệu: Nồi nấu chảy được cấu tạo từ trong ra ngoài bởi các vật liệu.

Vật liệu	Bề dày (cm)	Hệ số dẫn nhiệt ($W/^{\circ}K.m$)
Gạch chịu lửa	6	2,32
Vật liệu cách nhiệt	5	0,464
	5	0,72
Amiante	1	0,163
Fibre	0,3	0,1

- Đáy nồi có bề dày là 30cm, $\lambda = 1,168$ ($W/^{\circ}K.m$)
- Nắp dày 15cm và có $\lambda = 1,168$ ($W/^{\circ}K.m$)

- Khối lượng riêng của gang $\lambda = 6600 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$
- Năng lượng cần thiết để làm nóng và chảy lỏng là: 350 KWh/tấn.
- Hệ số phản xạ từ bề mặt chậu kim loại nóng chảy $\varepsilon = 0,8$
- Hệ số trao đổi nhiệt từ bề mặt ngoài của nắp với không khí $K_T = 30 \text{ (}^\circ\text{K m}^2\text{)}$

Nhiệt độ:

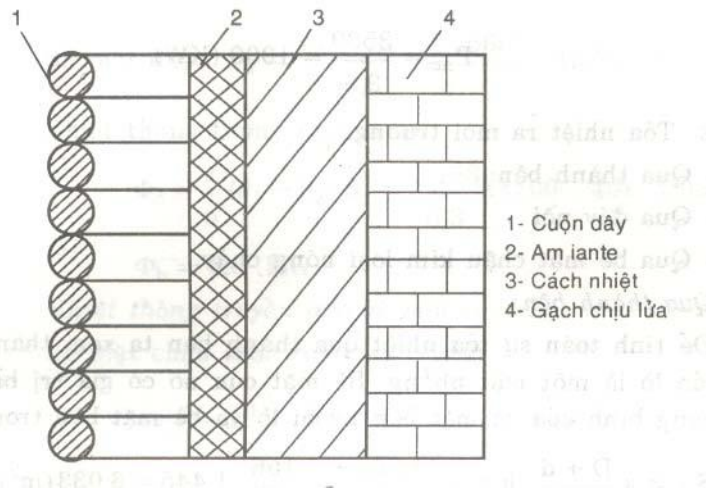
- Kim loại khi nóng chảy: $\theta_1 = 1400^\circ\text{C}$
- Cuộn dây cảm ứng: $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$
- Bên trong nắp: $\theta_3 = 1300^\circ\text{C}$
- Không khí xung quanh: $\theta_4 = 27^\circ\text{C}$

Giải:

1. Đường kính trong d và chiều cao h của lò.

Đường kính:

$$\text{Thể tích gang trong lò là: } V = \frac{10 \text{ tấn}}{6600} = 1,515 \text{ (m}^3\text{)}$$



Vì là hình trụ nên:

$$V = \frac{\pi d^3}{4} \cdot h \quad h = 1,25d$$

Vậy:

$$d^3 = \frac{4V}{1,25\pi}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4V}{1,25\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,515}{1,25 \cdot 3,14}} = 1,156 \text{ (m)}$$

Chiều cao:

$$h = 1,25 d = 1,25 \cdot 1,156 = 1,445 \text{ (m)}$$

2. Đường kính trong của cuộn dây:

$$D = 1,156 + 2(0,06 + 0,05 + 0,05 + 0,01 + 0,003) = 1,502 \text{ (m)}$$

3. Công suất cần thiết để nấu chảy gang ở điều kiện không khí bình thường. Bao gồm 2 thành phần: làm nóng và làm chảy kim loại, bù cho nhiệt tỏa ra môi trường.

Công suất làm nóng và làm chảy kim loại:

Năng lượng cần thiết để đốt nóng và làm chảy 10 tấn gang là:

$$350 \times 10 = 3500 \text{ (KWh)}$$

Để nấu chảy trong 3,5h đòi hỏi một công suất là:

$$P_{nc} = \frac{3500}{3,5} = 1000 \text{ (KW)}$$

2. Tỏa nhiệt ra môi trường:

- Qua thành bên.
- Qua đáy nồi
- Qua bề mặt chậu kim loại nóng chảy

Qua thành bên:

Để tính toán sự tỏa nhiệt qua thành bên ta xem thành hình trụ của lò là một mặt phẳng. Bề mặt của nó có giá trị bằng giá trị trung bình của bề mặt bên ngoài lò và bề mặt bên trong lò.

$$S_{tb} = \pi \frac{D+d}{2} \cdot h = \pi \frac{1,502+1,156}{2} \cdot 1,445 = 6,033 \text{ (m}^2\text{)}$$

Với một thành phẳng cấu tạo bởi các lớp có các đặc tính nhiệt khác nhau và nối tiếp nhau trên đường của nhiệt thông.

Trong trường hợp này hệ số truyền nhiệt chung K có thể được xác định bởi:

$$\frac{1}{K} = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i}$$

E_i – bề dày tương ứng của các lớp

λ_i - hệ số dẫn nhiệt của mỗi lớp.

$$\text{Từ đó: } \frac{1}{K} = \frac{0,06}{2,32} + \frac{0,05}{0,464} + \frac{0,05}{0,72} + \frac{0,01}{0,163} + \frac{0,003}{0,1} = 0,2944 \text{ ((m}^2 \cdot ^\circ\text{K) / w)}$$

Nhiệt thông qua thành bên:

$$\Phi_b = K \cdot S_{tb} \cdot (\theta_1 - \theta_2) = \frac{1400 - 40}{0,2944} \cdot 6,033 = 27870 \text{ (W)}$$

Vậy: $\Phi_b = 27,9 \text{ (Kw)}$

Nhiệt thông qua đáy nồi:

$$\text{Bề mặt đáy: } S_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1,156)^2}{4} = 1,05 \text{ (m}^2\text{)}$$

Nhiệt thông tương ứng sẽ là:

$$\Phi_d = \frac{\lambda}{e} (\theta_1 - \theta_2) S_d = \frac{1,168}{0,3} (1400 - 40) \cdot 1,05$$

$$\Phi_d = 5,6(KW)$$

Nhiệt thông truyền qua bề mặt của chậu kim loại nóng chảy.

Bề mặt của chậu kim loại nóng chảy:

$$S_{KL} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1,156)^2}{4} = 1,05(m^2)$$

Vậy: $\Phi_{KL} = \varepsilon \cdot \delta \cdot S_{nc} (T_1^4 - T_2^4)$

Trong đó: $T_1 = 1400 + 273 = 1673(^{\circ}K)$

$$T_2 = 27 + 273 = 300(^{\circ}K)$$

$$\delta - \text{hằng số Stéfan} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(^{\circ}K^4 \cdot m^2)$$

$$\varepsilon - \text{h số phản xạ} = 0,8$$

từ đó: $\Phi_{nc} = 0,8 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1,05 \cdot [(1673)^4 - (300)^4]$

$$\Phi_b = 372(KW)$$

3. Tổng công suất (nhiệt thông tổng).

$$\begin{aligned} P &= P_{nc} + P_b + P_d + P_{KL} \\ &= 1000 + 27,9 + 5,6 + 37,2 = 1405,5(KW) \end{aligned}$$

Hay: $P = 1406(KW)$

4. Công suất cần thiết khi đập nắp:

Sự trao đổi nhiệt được thực hiện qua nắp có diện tích :

$$S_n = \frac{\pi d^2}{4} = 1,05(m^2)$$

Hệ số truyền nhiệt chung K_n .

$$\frac{1}{K_n} = \frac{1}{KT} = \frac{e_n}{\lambda_n} = \frac{1}{30} + \frac{0,15}{1,168} = 0,162(m^2 \cdot ^{\circ}K) / W$$

Nhiệt thông truyền qua nắp:

$$\Phi_n = K_n (\theta_3 - \theta_0) \cdot S_n = \frac{1}{0,162} (1300 - 27) \cdot 1,05 = 8251(W)$$

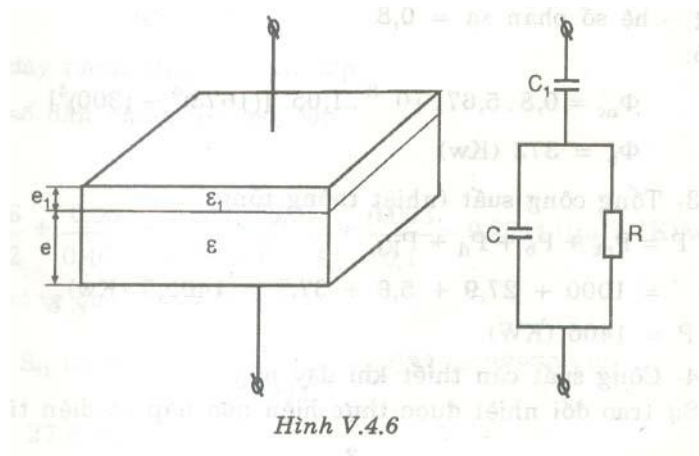
Vậy: $\Phi_n = 8,25(KW)$

Như vậy, khi đập nắp công suất truyền từ bề mặt kim loại nóng chảy ra ngoài giảm từ 372KW xuống còn 8,25 KW. Vậy công suất cần thiết trong trường hợp này là:

$$P = 1000 + 27,9 + 5,5 + 8,25 = 1041,65 (Kw) = 1042 (KW)$$

Ví dụ 4.6

Tụ điện đốt 2 bản cực song song được lấp đầy một phần bằng vật liệu có bề dày 5cm, có hệ số điện môi tương đối $\epsilon_r = 5$ và hệ số tổn hao điện môi $\text{tg}\delta = 1$. công suất cực đại nhận được khi $Q_1 = Q_2 = 20$ (H.V.4.6)



Hình V.4.6

Hãy xác định:

1. Bề dày lớp khí cần thiết để nhận được công suất cực đại.
2. Phân bố điện trường trong tụ đốt (làm việc) khi điện áp: $U = 4000V$.

Giải:

Vật liệu được đặc trưng bằng một điện trở R và một điện dung C đặt song song. Chúng liên hệ với nhau bằng biểu thức:

$$\text{tg}\delta = \frac{1}{RC\omega}$$

Tổng trở của mạch điện đặc trưng cho vật liệu là:

$$Z_{VL} = \frac{R}{1 + RC\omega}$$

Lớp khí được thay thế tương đương bằng một điện dung C_1 nối tiếp. Tổng trở chung của toàn mạch có dạng:

$$Z = \frac{R}{1 + jRC\omega} - \frac{j}{\omega \cdot C_1}$$

Hay:

$$Z = \frac{RC_1\omega - j[1 + R^2\omega^2(CC_1 + C^2)]}{C_1\omega(1 + R^2\omega^2C^2)}$$

Hệ số quá áp của tổ hợp không khí.

Vật liệu được cho bởi:

$$Q = \frac{1 + R^2\omega^2(CC_1 + e^2)}{R \cdot C_1\omega}$$

Nếu đặt:

$$Q_m = \omega RC$$

Ta có:

$$Q = \frac{1 + Q_m^2(1 + C_1/C)}{Q_m \cdot C_1/C}$$

Các điện dung C_1 và C sẽ là:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1} S}{e_1} \quad \text{và} \quad C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{e}$$

với:

ε_0 – hằng số điện môi chân không.

ε_{r1} – hằng số điện môi của lớp khí

ε_r – hệ số điện môi của vật liệu

e_1 – bề dày lớp khí, e – bề dày vật liệu

Từ đó:

$$\frac{C_1}{C} = \frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_r} \cdot \frac{e}{e_1} = \frac{\varepsilon_{r1} \cdot e}{\varepsilon_r \cdot e_1}$$

Thay vào biểu thức tính Q ta được:

$$Q = \frac{\varepsilon_r \cdot e_1 + Q_m^2(\varepsilon_r \cdot e_1 + \varepsilon_{r1} \cdot e)}{\varepsilon_{r1} \cdot e Q_m}$$

Từ đó:

$$e_1 = e \frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_m(Q - Q_m)}{1 + Q_m^2}$$

Sau khi thay số: $e = 5\text{cm}$.

$$Q_m = \omega RC = \frac{1}{\text{tg} \delta} = 1$$

$$Q = 20; \quad \varepsilon_r = 5; \quad \varepsilon_{r1} = 1$$

$$e_1 = 5 \cdot 10^{-2} \frac{1 \cdot 1 \cdot (20 - 1)}{5(1 + 1)} = 9,5 \cdot 10^{-2} (m)$$

Vậy:

$$e_1 = 9,5\text{cm}.$$

2. Phân bố điện trường:

Điện áp đặt lên 2 đầu mạch điện tương đương chính là tổng điện áp đặt lên lớp khí và lớp vật liệu:

$$U = U_1 + U_{VL}$$

Ta có:

$$\frac{U}{Z} = \frac{U_1}{Z_1} = \frac{U_{VL}}{Z_{VL}}$$

Từ đó:
$$\frac{U}{U_1} = \frac{Z}{Z_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{R}{1+j\omega RC}}{\frac{1}{j\omega C_1}} = j\omega C_1 \left(\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{R}{1+j\omega RC} \right)$$

Hay:
$$\frac{U}{U_1} = \frac{1+j\omega R(C_1+C)}{1+j\omega RC}$$

Nếu đặt: $Q_m = \omega RC$ thì:

$$U_1 = \frac{1+jQ_m}{1+jQ_m(1+C_1/C)} U$$

Điện trường phân bố trong lớp khí cho bởi: $E_1 = \frac{|U_1|}{e_1}$

Với: $|U_1|$ modul của điện áp U_1 .

$$|U| = U = 4000V$$

Vậy:
$$|U_1| = \frac{1+1}{1+\left(1+\frac{C_1}{C}\right)^2} \times 4000$$

Với:
$$\frac{C_1}{C} = \frac{\varepsilon_r e}{\varepsilon_r e_1} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{5,9 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 1,05$$

$$|U_1| = \frac{2}{1+(1+1,05)^2} \times 4000 = 3800(V)$$

Vậy:
$$E_1 = \frac{3800}{9,5} = 400(V/cm)$$

Ta có:
$$U_{VL} = U - U_1 = U - \frac{1+jQ_m}{1+jQ_m(1+\frac{C_1}{C})} U$$

Hay:
$$U_{VL} = \frac{1+jQ_m \cdot \frac{C_1}{C}}{1+jQ_m(1+\frac{C_1}{C})} U$$

$$E_{VL} = |U_{VL}| / e$$

$$|U_{VL}| = \frac{0,105}{1+(1+1,05)^2} \times 4000 = 282,45V$$

Và:
$$E_{VL} = \frac{282,45}{5} = 56,49(V/cm)$$

Ví dụ 4.7:

Để dán một tấm gỗ dày 0,3mm lên một tấm ván ép dày 25mm qua một lớp keo (Acétate de Polyvinyl) dày 0,1mm. Quá trình dán được thực hiện bằng cách đặt các tấm trên vào giữa hai bản cực được nối với một máy phát cao tần. Máy phát hoạt động ở tần số 13,56 MHz công suất 5KW, điện áp 3,16KV.

Diện tích bề mặt dán là 1m^2 . Hãy xác định:

1. Tổng trở của phụ tải bao gồm điện dung và điện trở.
2. Giá trị tử cảm của cuộn dây phối hợp máy phát – phụ tải.
3. Hệ số biến áp của máy biến áp tự ngẫu.
4. Điện áp hai đầu mạch dao động.
5. Tốc độ tăng của nhiệt độ lớp keo.

Số liệu:

Bảng 4.1.

TT	Số liệu vật liệu	Bề dày e (mm)	Hệ số điện môi ϵ_r	Khối lượng riêng (Kg/m^3)	Hệ số tổn hao điện môi tg δ
1	Gỗ dán	0,3	4	500	0,05
2	Keo	0,1	15		0,5
3	Ván ép	25	4	500	0,05

Tỷ nhiệt của gỗ: $C_g = 0,44\text{w.h} / (\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K})$

Hệ số dẫn nhiệt của gỗ: $\lambda = 0,2\text{w}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$

Hằng số điện môi chân không: $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{F}}{\text{m}} \right)$

Giải:

1. Tổng trở của tải:

Mỗi lớp được đặc trưng bằng một mạch điện bao gồm một điện dung mắc song song với một điện trở:

Giá trị điện dung: $C_i = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{e_i}$

Giá trị điện trở: $R_i = \frac{1}{\omega C_i (\text{tg} \delta)_i}$

Với:

ω – tần số góc = $2\pi f = 2\pi \cdot 13,65 \cdot 10^6 = 85,2 \cdot 10^6$

C_i – điện dung của lớp tương ứng.

$(\text{tg} \delta)_i$ – hệ số tổn hao điện môi của mỗi lớp.

Tổng trở của mỗi lớp có dạng:

Hay:
$$\frac{1}{Z_i} = \frac{1}{R_i} + j\omega C_i$$

$$Z_i = \frac{R_i}{1 + j\omega R_i C_i}$$

Khi sử dụng các giá trị trong bảng 4.1. ta nhận được:

Bảng 4.2

Lớp vật liệu	1	2	3
Đại lượng			
C (μF)	0,118	1,326	1,415.10 ⁻³
ω . C	10,05	112,98	0,1205
R (Ω)	1,991	0,0177	165,9

Lớp được đặt nối tiếp nhau, nên:

$$Z = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2} + \frac{R_3}{1 + j\omega R_3 C_3}$$

Hay:
$$Z = \frac{1,991}{1 + j20} + \frac{0,0177}{1 + j2} + \frac{165,9}{1 + j20} = 0,422j8,381$$

Từ đó: $|Z| = 8,392(\Omega)$

Để xác định các thành phần của tổng trở bao gồm điện dung và điện trở mắc song song, ta có:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + j\omega C = \frac{1}{0,422 \cdot j8,381}$$

Hay: $\lambda = 0,006 + j0,119$

Từ đó: $R = \frac{1}{0,006} = 166,66(\Omega)$

Và điện dung: $\omega C = 0,119$

$$C = \frac{0,119}{\omega} = \frac{0,119}{85,2 \cdot 10^6} = 1,397 \cdot 10^{-9} (F)$$

Hay: $C = 1,40 \cdot 10^{-9} (F)$

2. Giá trị tự cảm của cuộn phối hợp phải thỏa mãn điều kiện: $\omega^2 CL = 1$

từ đó: $L = 1 / \omega^2 C$

hay: $L = \frac{1}{(85,2)^2 \cdot 10^{12} \cdot 1,40 \cdot 10^{-9}} = 0,0986 \cdot 10^{-6} (H)$

hay: **L = 0,0986 (μH)**

3. Tỷ số biến áp của máy biến áp tự ngẫu:

Điện trở của mạch sơ cấp:

$$R_1 = \frac{U^2}{P} = \frac{(3600)^2}{5000} = 1997(\Omega)$$

Điện trở của mạch thứ cấp:

$$R_2 = 166,7(\Omega)$$

Từ đó, tỷ số biến áp:

$$\frac{1}{K} = \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{1997}{166,7}} = 3,463$$

$$K = 0,289$$

4. Điện áp hai đầu mạch dao động:

$$\frac{1}{K} = \frac{U_1}{U_2}, U_2 = K.U_1 = 0,289.3160 = U_2 = 913(V)$$

5. Tốc độ phát nóng:

Công suất tích cực P nhằm mục đích đốt nóng phụ tải là:

$$P = m.C_p \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

$$\text{Từ đó : } \frac{d\theta}{dt} = \frac{P}{m.C_p}$$

m – khối lượng phụ tải.

$$m = 1.0,0254.500 = 12,7 \text{ (Kg)}$$

$$\text{Từ đó: } \frac{d\theta}{dt} = \frac{500}{12,7.0,44.3600} = 0,249(^{\circ}K / s) = 15(^{\circ}K / \text{min})$$

CHƯƠNG 5

THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG BẰNG HỒ QUANG ĐIỆN

-----oOo-----

5.1. SỰ ION HÓA CHẤT KHÍ VÀ KHÁI NIỆM VỀ PLASMA:

Trong các điều kiện bình thường chất khí và hỗn hợp khí như: không khí, khí argon, helium, CO₂ ... không dẫn điện. Sự dẫn điện xảy ra khi trong môi trường môi trường khí, ngoài các phân tử, nguyên tử trung hoà còn xuất hiện các phân tử mang điện như các electrons, các ions dương hoặc âm, khi đó chất khí trở thành plasma.

Plasma là trạng thái thứ tư của vật chất (ngoài các trạng thái rắn, lỏng và khí được đặc trưng bằng sự có mặt của các phân tử mang điện trong môi trường chất khí. Plasma dẫn điện và tuân thủ theo các định luật của từ khí động.

Sự chuyển hoá chất khí thành plasma phải trải qua một vài giai đoạn. Đối với các chất khí phân tử, đầu tiên là quá trình phân ly: hình thành các nguyên tử, tiếp theo là quá trình ion hóa chất khí dưới tác động của các yếu tố bên ngoài như: nhiệt độ, các tia vũ trụ α , γ , β , các tia rơngen (roentgen), tia cực tím, tia laser, điện trường và từ trường.

Để tạo ra ion, các nguyên tử trung hoà cần phải nhận được năng lượng từ bên ngoài đủ để vượt qua lực hút Coulon giữa các điện tử (electron) và hạt nhân. Năng lượng này được gọi là năng lượng ion hoá A_i :

$$A_i = e_0 \cdot U_i \text{ (ev)} \quad (5.1)$$

Trong đó: e_0 là điện tích của điện tử, U_i là điện thế ion hoá.

Năng lượng này khi cung cấp cho electron sẽ sinh ra động năng đủ lớn để ion hoá nguyên tử trung hoà khi va chạm với nó.

Tuỳ theo tính tích cực hóa học của chất khí, năng lượng ion hoá có giá trị vào khoảng từ 3,9 đến 26 (ev), cụ thể:

đối với K: 4,3; Fe: 7,9; H: 13,6; N: 12,4; He: 24,6 (ev)

Phương trình cân bằng lực tác động giữa electron có điện tích đơn vị e_0 và một phần tử có khối lượng m có dạng:

$$e_0 E = m \frac{dv}{dt} = m \cdot a \quad (5.2)$$

Với E là điện trường (V/m); m là khối lượng của phần tử (g)

v là tốc độ của phần tử (m/s); a là gia tốc (m/s²)

Ở tốc độ ban đầu bằng zéro, vận tốc phần tử tại thời điểm t bằng:

$$v_i = \left(\frac{e_0}{m} \right) E \cdot t \quad (5.3)$$

Đoạn đường phần tử đi được trong thời gian t .

$$L_t = 0,5 v t = (0,5 e_0 / m) E \cdot t^2 \quad (5.4)$$

Tốc độ và đoạn đường phần tử vượt qua trong thời gian t được xác định bởi giá trị (e_0/m) , được gọi là điện tích đơn vị. Vì vậy ở sự chuyển động tự do trong cùng một điều kiện điện trường thì tốc độ của electron lớn hơn rất nhiều so với tốc độ của ion. Nếu thay $E = U / l_t$ vào (5.3) và (5.4) có thể nhận được biểu thức xác định tốc độ của electron.

$$v_e = \sqrt{e_0 U / (2m_e)} = 2,97 \cdot 10^5 \sqrt{U} \quad (5.5)$$

Còn tốc độ của ion với nguyên tử có khối lượng M và điện tích Z là:

$$v_i = \sqrt{e_0 U \cdot Z / 2MM_0} = 6,95 \cdot 10^3 \sqrt{(Z/M)U} \quad (5.6)$$

trong biểu thức (5.5) và (5.6): m_e là khối lượng của electron, $M_0 = 1822$; m_e là khối lượng đơn vị nguyên tử.

Có các hình thức ion hoá chất khí chủ yếu sau đây:

Ion hoá tự nhiên:

Dưới tác động của các tia vũ trụ (α , γ ...) nguyên tử khí có thể bị tách thành electron và ion dương. Số lượng ion nhận được do sự ion hoá tự nhiên trong chất khí rất ít.

Sự tự phát xạ electron:

Quá trình này diễn ra khi có sự tác động của điện trường E lên điện cực. Các electron tự do trong mạng tinh thể của điện cực (chất rắn) dưới tác động của điện trường, nhận được năng lượng đủ lớn để vượt qua màng chắn điện thế của vật chất và bay ra môi trường chung quanh điện cực.

Sự phát xạ electron nhiệt:

Trong trường hợp này, nguồn cung cấp năng lượng cho các electrons tự do trong mạng tinh thể của chất rắn là nhiệt độ. Các electrons này khi nhận đủ năng lượng có khả năng thoát ra khỏi chất rắn và bay ra môi trường xung quanh.

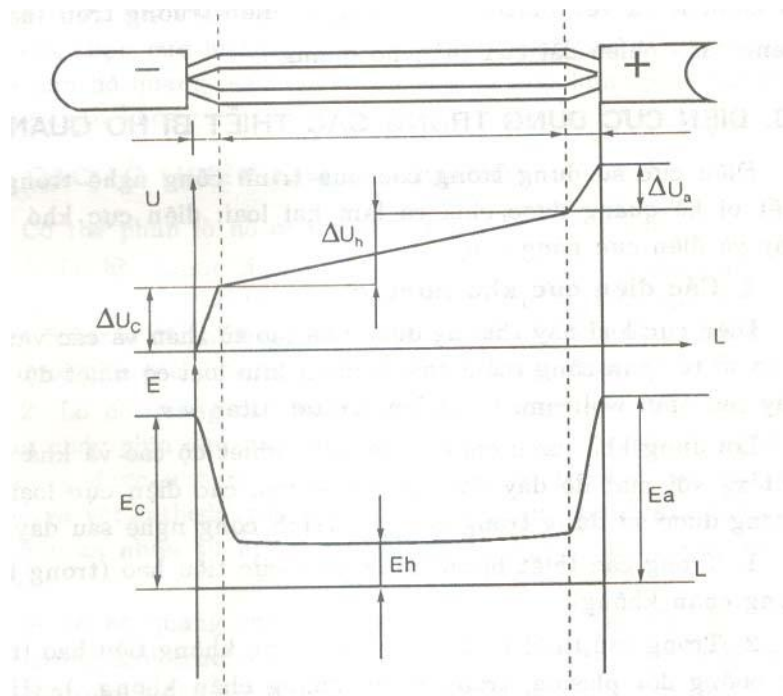
Sự ion hoá do va đập:

Dưới tác động của điện trường giữa hai điện cực, các ion và electron thực hiện quá trình chuyển động gia tốc về phía các điện cực tương ứng. Trên hành trình của mình chúng có thể va đập với các phân tử, nguyên tử trung hoà trong chất khí. Sự va đập nguyên tử trung hoà lại được kích lên mức năng lượng mới và cuối cùng chúng bị tách thành electron và ion dương.

5.2. CẤU TRÚC CỦA SỰ PHÓNG ĐIỆN HỒ QUANG:

Sự phóng điện hồ quang được đặc trưng bằng mật độ điện cao ($10^2 \div 10^6 \text{ A/cm}^2$), nhiệt độ cao ($3 \div 5$). 10^3 K . Hồ quang phát sinh tạo thành vầng lửa chói lòa và được phân biệt thành các khu vực rõ rệt.

1. *Khu vực gần cathode*: được gọi là vệt cathode, ở đó dưới tác động của điện trường và nhiệt độ, các electrons thoát ra từ điện cực cathode với mật độ rất lớn, chúng va đập với các ion dương trong hành trình với cathode gây ra nhiệt độ cao trong khu vực (từ $7000 \div 10000^0 \text{ K}$). vệt cathode có độ lớn vào khoảng 10^{-6} m , điện áp phân bố trên vệt này là vào khoảng 20 volts do đó điện trường có giá trị lớn: từ $10 \div 20 \cdot 10^6 \text{ V/m}$.
2. *Khu vực gần anode*: được gọi là vệt anode. Ở đây các electrons trao điện tích của mình và giải phóng năng lượng tập trung dưới dạng nhiệt đốt nóng anode lên đến nhiệt độ từ $7000 \div 10000^0 \text{ K}$. Độ lớn của vệt anode cũng vào khoảng 10^{-6} m và điện áp rơi trên khu vực này vào khoảng từ $10 \div 20$ volts. Do đó điện trường tập trung ở đây có giá trị lớn ($10 \div 20$). 10^6 v/m .



Hình 5.1

3. *Khu vực còn lại* được gọi là thân hồ quang. Khu vực này có chiều dài gần bằng khoảng cách điện cực. Tại đây nhiệt độ được sinh ra chủ yếu là do sự va đập giữa các electrons và các phần tử khác (2000 đến 3000^0 K). điện trường ở vùng thân hồ quang thấp rất nhiều so với điện trường ở các vùng vệt. (H.5.1)

Điện áp phân bố trong các vùng của hồ quang

$$U_{hq} = \Delta U_c + \Delta U_a + E_1 \cdot \Delta l \quad (5.7)$$

Trong (5.7): ΔU_c , ΔU_a tương ứng là giá trị điện áp rơi trên các vệt cathode và vệt anode, E_1 là cường độ điện trường trên thân hồ quang; Δl là chiều dài của thân hồ quang.

5.3. ĐIỆN CỰC DÙNG TRONG CÁC THIẾT BỊ HỒ QUANG:

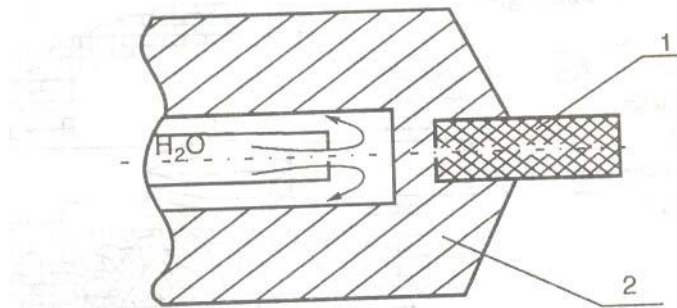
Điện cực sử dụng trong các quá trình công nghệ trong các thiết bị hồ quang được chia ra làm hai loại: điện cực khó nóng chảy và điện cực nóng chảy.

1. Các điện cực khó nóng chảy:

Điện cực loại này thường được chế tạo từ than và các vật liệu có cơ sở từ than cộng thêm thành phần kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao như: wolfram, molibden, tantal, titan, ...

Lợi dụng khả năng chịu đựng được nhiệt độ cao và khả năng phát xạ với mật độ dày đặc các electrons, các điện cực loại này thường được sử dụng trong quá trình công nghệ sau đây:

- Trong các thiết bị sử dụng điện cực tiêu hao (trong lò hồ quang chân không).
- Trong các thiết bị sử dụng điện cực không tiêu hao (trong các buồng đốt plasma, trong lò hồ quang chân không ...) (H.5.2) mô tả kết cấu điện cực wolfram không tiêu hao.



1 - Đầu gắn điện cực được làm mát bằng nước; 2 - Đầu điện cực wolfram
Hình 5.2

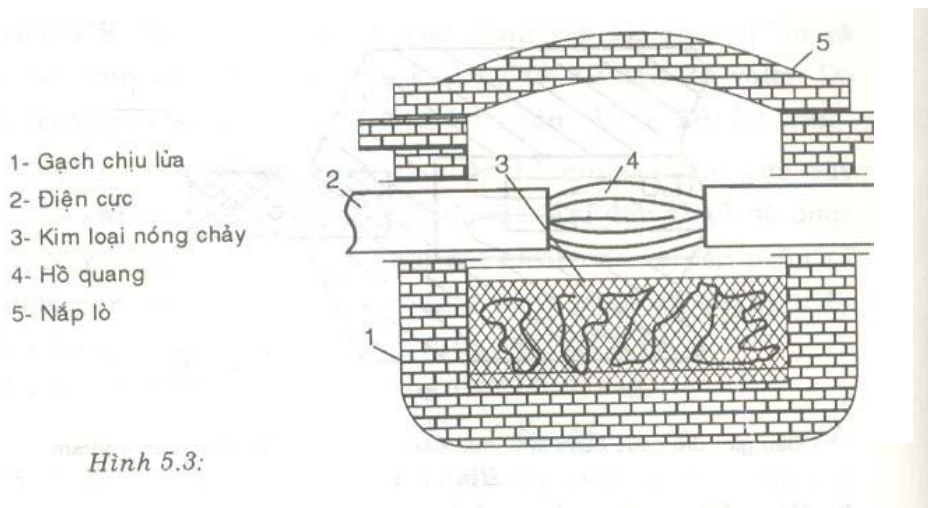
2. Các điện cực nóng chảy:

Các điện cực loại này được sử dụng chủ yếu trong các công nghệ hàn hồ quang, nấu chảy kim loại và hợp kim trong các lò hồ quang chân không ...

5.4. CÁC LÒ LUYỆN KIM HỒ QUANG:

Có thể phân lò hồ quang thành các loại như sau:

1. Lò hồ quang tác động gián tiếp: ở đây hồ quang cháy giữa các điện cực được bố trí ở phía bên trên các lớp vật liệu cần được đốt nóng. Sự trao đổi nhiệt giữa hồ quang và các lớp liệu nằm ở phía bên dưới chủ yếu dựa trên cơ sở của bức xạ nhiệt.
2. Lò hồ quang tác động gián tiếp: trong các loại này, hồ quang cháy giữa đầu điện cực và lớp liệu cần đốt nóng. Nhiệt độ đốt nóng được sinh ra chủ yếu nhờ các quá trình ở các vùng vệt anode và vệt cathode, nhờ dòng điện chảy qua kim loại nóng chảy, nhờ bức xạ nhiệt từ ngọn lửa hồ quang và nhờ sự đối lưu và dẫn nhiệt.
3. Lò hồ quang chân không: trong các lò loại này, hồ quang cháy trong môi trường khí trơ hoặc hơi kim loại nóng chảy trong điều kiện áp suất thấp. Điện cực thường được chế tạo từ vật liệu nóng chảy hoặc từ vật liệu khó nóng chảy.



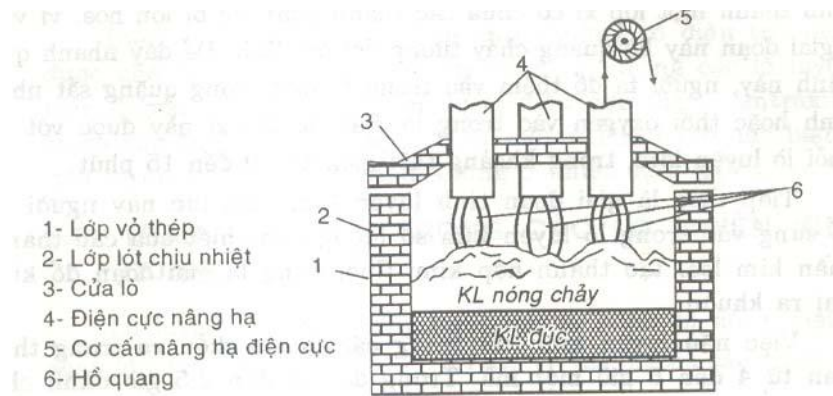
Hình 5.3: trình bày sơ đồ kết cấu nguyên lý của lò hồ quang gián tiếp. Lò hồ quang gián tiếp thường có dung tích từ 0,25 – 0,5 tấn, sử dụng điện cực than. Dòng điện được cung cấp bởi máy biến áp có công suất từ 17,5 đến 400KVA.

Hình 5.4: trình bày sơ đồ kết cấu nguyên lý của lò hồ quang trực tiếp.

Hình 5.5: cho biết biểu đồ cung cấp công suất và điện áp cho lò hồ quang trực tiếp dùng trong công nghệ nấu thép.

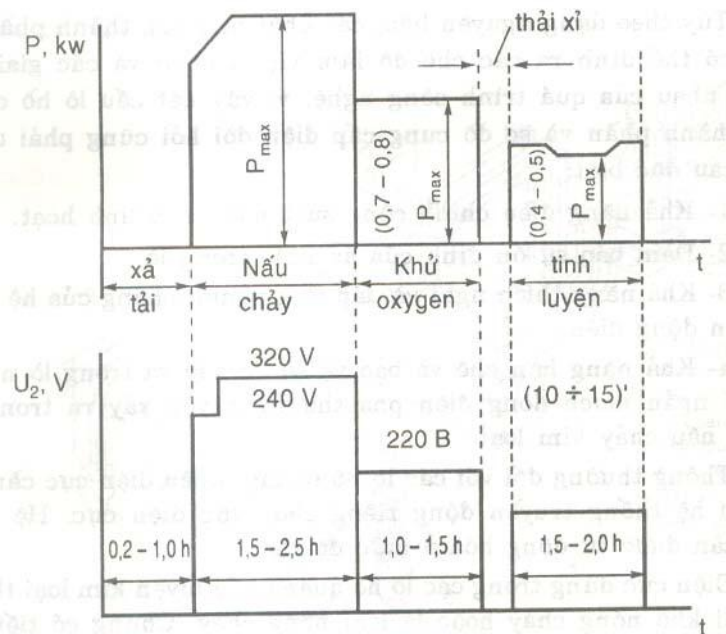
Công nghệ nấu thép bao gồm các công đoạn sau đây:

Nấu chảy nguyên liệu, tách khí và khử oxy, xác định các thành phần kim loại trong hợp kim (tinh luyện), đổ kim loại nóng chảy ra khuôn đúc.



- 1- Lớp vỏ thép
- 2- Lớp lót chịu nhiệt
- 3- Cửa lò
- 4- Điện cực nâng hạ
- 5- Cơ cấu nâng hạ điện cực
- 6- Hồ quang

Hình 5.4:



Hình 5.5

Đặc điểm của công đoạn nấu chảy kim loại và sự cháy không ổn định của hồ quang. Thời gian nấu chảy kim loại chiếm vào khoảng một nửa số thời gian của toàn bộ quá trình luyện kim. Chi phí năng lượng chiếm từ 60 – 80%. Chu kỳ nấu chảy kết thúc khi toàn bộ kim loại trong lò luyện kim chuyển sang trạng thái lỏng.

Quá trình tách các tạp chất diễn ra như sau: đầu tiên, do nhiệt độ trong lò còn tương đối thấp, trong chậu kim loại nóng chảy diễn ra các phản ứng thu nhiệt mạnh làm oxy hoá sắt, silicium, mangan và photpho. Chúng nổi lên bề mặt kim loại nóng chảy và hình thành một lớp xỉ có chứa các thành phần dễ bị ion hoá, vì vậy ở giai đoạn này hồ quang cháy tương đối ổn định. Để đẩy nhanh quá trình này, người ta đổ thêm vào trong lò một lượng quặng sắt nhất định hoặc thổi oxygen vào trong lò. Sau đó lớp xỉ này được vớt ra khỏi lò luyện kim, trong khoảng thời gian từ 10 – 15 phút.

Tiếp theo là giai đoạn tinh luyện kim loại, lúc này người ta bổ sung vào trong lò luyện kim số lượng cần thiết của các thành phần kim loại tạo thành hợp kim. Cuối cùng là giai đoạn đổ kim loại ra khuôn.

Việc nấu luyện kim loại trong các hồ lớn diễn ra trong thời gian từ 4 – 6 giờ một mẻ. Trong đó 1,5 – 2,5 giờ dành cho việc nấu chảy kim loại, 2 – 4 giờ dùng để oxy hóa, khử oxy và tinh luyện kim loại.

Tùy theo dạng nguyên liệu, các chất phụ gia, thành phần kim loại có thể định ra các chế độ làm việc của lò và các giai đoạn khác nhau của quá trình công nghệ, vì vậy kết cấu lò hồ quang, các thành phần và sơ đồ cung cấp điện đòi hỏi cũng phải có các yêu cầu đặc biệt:

1. Khả năng điều chỉnh công suất một cách linh hoạt.
2. Đảm bảo sự ổn định của áp suất trong lò.
3. Khả năng thích nghi và đáp ứng nhanh của hệ thống truyền động điện.
4. Khả năng hạn chế và bảo vệ sự cố xảy ra trong lò, nhất là sự cố ngắn mạch dòng điện pha thường xuyên xảy ra trong quá trình nấu chảy kim loại.

Thông thường đối với các lò hồ quang, nhiều điện cực cần phải bố trí hệ thống truyền động riêng cho từng điện cực. Hệ thống này cần được tự động hóa ở mức độ cao.

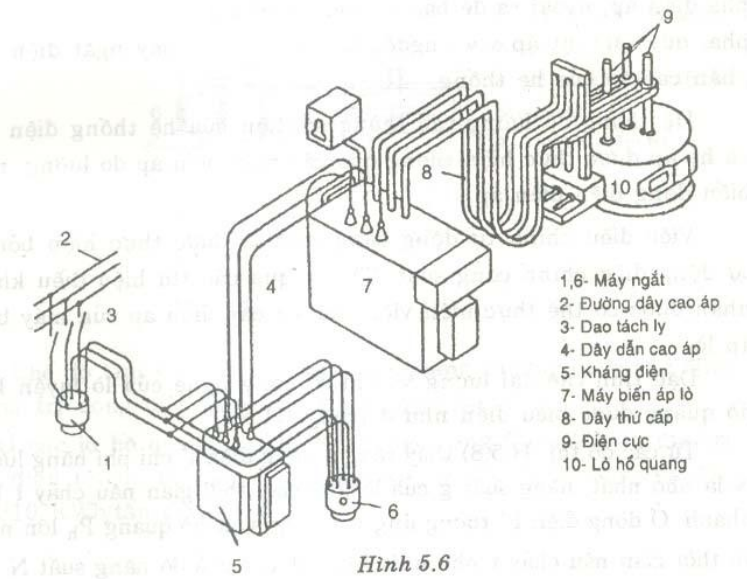
Điện cực trong các lò hồ quang nấu luyện kim loại thường là loại khó nóng chảy hoặc là loại nóng chảy. Chúng có tiết diện tròn được chế tạo dưới dạng thỏi, có ren răng dọc theo chiều dài tới phân nửa chiều dài của toàn bộ điện cực dùng để vận ống nối. Phụ thuộc vào đường kính điện cực chúng được chế tạo có chiều dài từ 1000 – 1800mm.

Điện cực than grafit (than chì) thường có điện trở suất lớn, được chế tạo bằng phương pháp nhân tạo trong các lò luyện đặc biệt. Ngoài ra còn có thể sử dụng điện cực than – antraxit cộng thêm các thành phần thay cốt và một vài loại keo đặc biệt, được nấu luyện trong các lò chân không ở nhiệt độ 1600⁰K.

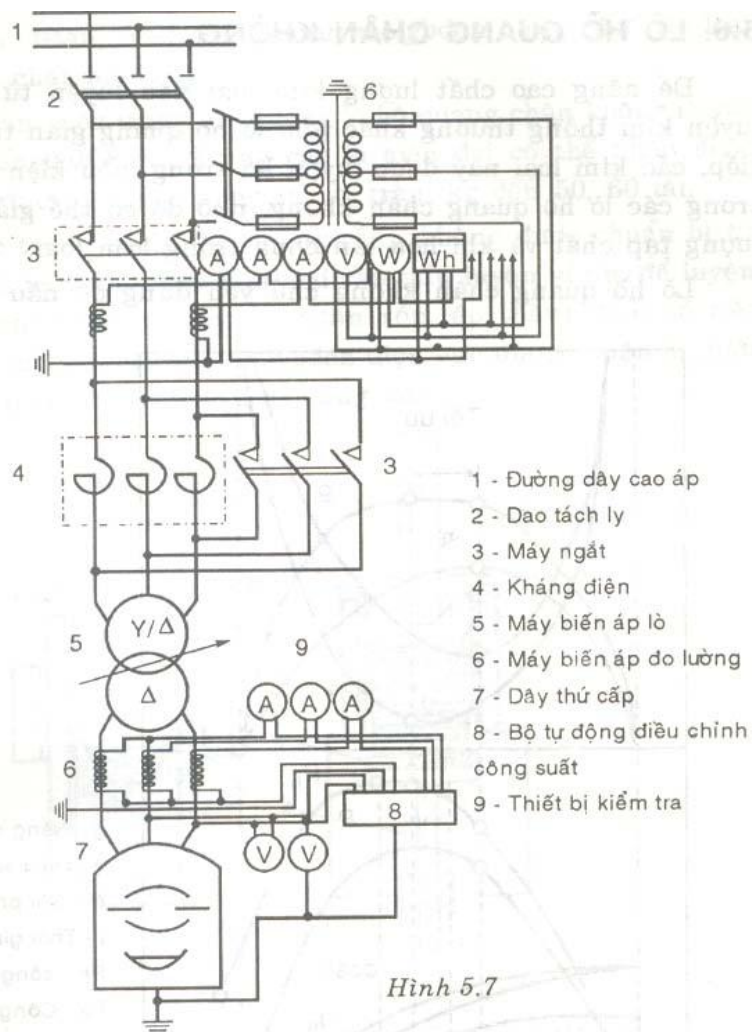
5.5. TRANG BỊ ĐIỆN TRONG CÁC LÒ LUYỆN KIM HỒ QUANG:

Lò luyện kim hồ quang bản thân là thiết bị dùng điện công suất lớn (từ 400 đến 30.000 KVA), vì vậy ngoài các thiết bị bảo vệ và đo lường phải đảm bảo hết sức tin cậy.

Có thể hình dung sơ đồ bố trí thiết bị lò luyện kim hồ quang như trong (H.5.6)



Sơ đồ điện của lò hồ quang trong (H.5.6) được trình bày trong (H.5.7). Trong đó sơ đồ điện động lực bao gồm hai phần:



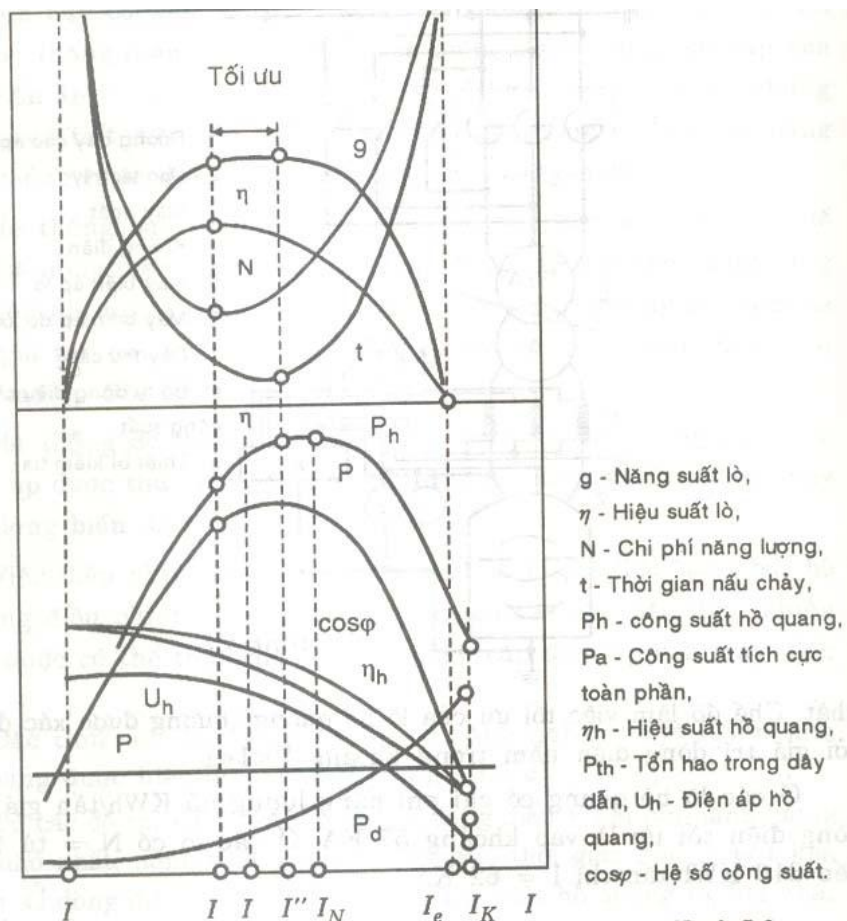
Phần cao áp (6, 10, 15, 35KV) gồm có dây nối, các khí cụ điện đóng cắt mạch điện động lực, kháng điện, cuộn dây sơ cấp của máy biến áp lò. Phần hạ áp (110 – 213 – 591 V) bao gồm hệ thống mạch vòng thứ cấp với các thanh cái được bắt cố định với đầu ra của máy biến áp lò, hệ thống dây dẫn mềm được nối với các điện cực có khả năng di động lên xuống trong quá trình làm việc, hệ thống điện cực và hồ quang điện. Mạch vòng thứ cấp của máy biến áp lò chịu dòng điện rất lớn (100KA và lớn hơn), chúng thường có tiết diện lớn hoặc được chế tạo thành tập từ các băng đồng mỏng hoặc dạng ống được làm mát bằng nước.

Hệ thống bảo vệ động lực bao gồm các kháng điện dùng để hạn chế dòng điện ngắn mạch, chúng được lắp đặt cho riêng từng pha điện áp, ngoài ra để bảo vệ các sự cố khác như ngắn mạch ba pha, quá tải, sụt áp, ... người ta lắp đặt các máy ngắt điện bên phần cao áp của hệ thống.

Hệ thống đo lường các thông số điện của hệ thống điện cao và hạ áp được thực hiện thông qua các máy biến áp đo lường: máy biến dòng biến điện áp.

Việc điều chỉnh tự động công suất lò được thực hiện bởi hệ tự động điều chỉnh công suất. Thông qua các tín hiệu điều khiển nhận được có thể thực hiện việc chuyển cấp điện áp của máy biến áp lò.

Đặc tính các đại lượng và chỉ số công nghệ của lò luyện kim hồ quang được biểu diễn như ở trong (H.5.8).



Từ các đồ thị (H.5.8) thấy rằng ở dòng điện I' chi phí năng lượng N là nhỏ nhất, năng suất g của lò khá cao, thời gian nấu chảy t khá nhanh. Ở dòng điện I'' tương ứng với công suất hồ quang P_h lớn nhất và thời gian nấu chảy t nhỏ nhất hình thành chế độ năng suất N cao nhất. Chế độ làm việc tối ưu của lò hồ quang thường được xác định bởi giá trị dòng điện nằm trong khoảng $I' < I < I''$.

Ở các lò hồ quang có chi phí năng lượng 65KWh/tấn giá trị dòng điện tối ưu là vào khoảng 57 KA. Ở các lò có $N =$ từ 280 đến 310 KWh/tấn thì $I = 62KA$.

5.6. LÒ HỒ QUANG CHÂN KHÔNG:

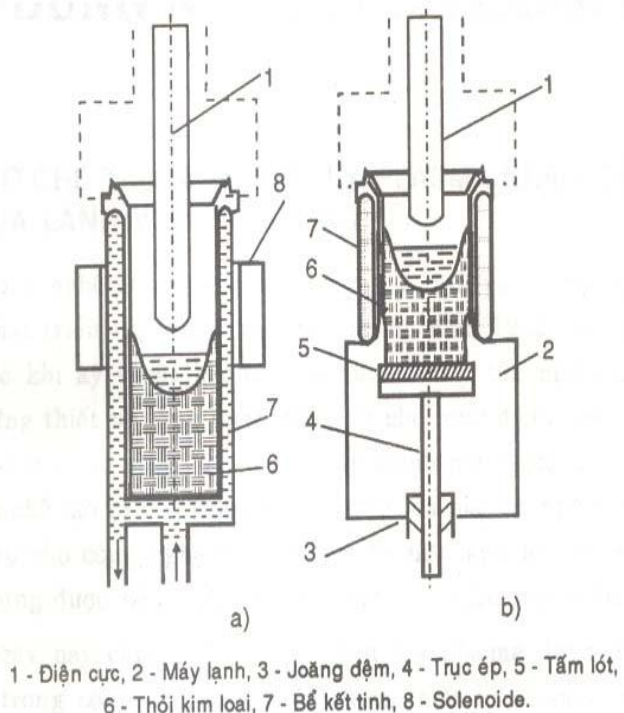
Để nâng cao chất lượng kim loại nấu luyện từ các thiết bị luyện kim thông thường khác như lò hồ quang gián tiếp hoặc trực tiếp, các kim loại này được luyện lại trong điều kiện áp suất thấp trong các lò hồ quang chân không, nhờ đó có thể giảm được hàm lượng tạp chất và khí hoà tan chứa trong kim loại.

Lò hồ quang chân không chủ yếu dùng để nấu các kim loại quý hiếm như: titan, wolfram, tantal, molybden cũng như các loại thép đặc biệt chất lượng cao.

Áp suất làm việc trong các buồng lò hồ quang chân không là vào khoảng 1,0 đến 0,001 Pa. Trong các lò hiện đại có thể nhận được thỏi kim loại đúc có trọng lượng từ vài trăm kg đến 50, 60 tấn.

Điện cực trong các lò hồ quang chân không được chuẩn bị từ nguyên liệu là bản thân các kim loại cần nấu luyện, ví dụ: để luyện titan, điện cực được chế tạo từ titan xốp, ép thành thỏi có tiết diện tròn, để luyện wolfram, molybden điện cực được chuẩn bị dưới dạng tập ghép từ các lá kim loại cùng loại.

Hình 5.9: trình bày sơ đồ kết cấu nguyên lý của lò hồ quang chân không. Ở đây buồng đốt có dạng hình trụ được làm mát bằng nước. Điện cực được điều khiển chuyển động lên xuống nhờ hệ thống truyền động hoặc thủy lực. Cuộn solenoit sinh ra từ trường dọc. Dưới tác động của từ trường, hồ quang chuyển động trong chậu kim loại nóng chảy và đảm bảo không chạm vào thành lò. Ngoài ra, từ trường còn làm cho hồ quang cháy ổn định. Trong điều kiện như vậy sẽ tạo ra sự chuyển động của



Hình 5.9

kim loại nóng chảy
trong chậu, làm cho cấu trúc
kim loại được cải thiện.

CHƯƠNG 6

CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ DÙNG NGỌN LỬA PLASMA

-----oOo-----

6.1. CƠ CHẾ TẠO RA NGỌN LỬA PLASMA NHIỆT ĐỘ THẤP VÀ LÃNH VỰC ỨNG DỤNG:

Công nghệ dùng ngọn lửa plasma là lĩnh vực công nghiệp trẻ tuổi phát triển mạnh mẽ vào đầu những năm 1950. Trong những năm đó, khi kỹ thuật không gian được chú ý tới, người ta đã tạo ra những thiết bị công nghệ phục vụ cho mục đích này. Cùng với các loại động cơ phản lực có sức đẩy mạnh mẽ, người ta đã nghiên cứu và chế tạo ra các thiết bị tạo ngọn lửa plasma nhằm mục đích phục vụ cho công nghệ tạo lớp phủ bề mặt kim loại có khả năng chịu đựng được nhiệt độ cao, bền vững và chịu mài mòn.

Ngày nay, công nghệ dùng ngọn lửa plasma được ứng dụng nhiều trong công nghiệp. Ví dụ, dùng thiết bị plasma công suất 100kw có thể cắt được thép dày 30mm với tốc độ 4m/phút. Trong công nghệ hàn có thể plasma để nối các chi tiết bằng đồng, thau, nhôm và hợp kim nhôm với hiệu quả cao. Plasma còn được ứng dụng nhiều trong công nghệ phủ bề mặt chi tiết một lớp chịu nhiệt, chống oxy hóa.

Quan trọng nhất là hướng ứng dụng ngọn lửa plasma trong chân không kết hợp với máy gia tốc từ trường. Ở đây trong đám mây plasma trong chân không, người ta đưa vào đó chi tiết mang điện thế âm, nhờ đó các ion dương bị hút ra khỏi đám mây plasma, sau đó nó được gia tốc bằng từ trường. Lúc này đám mây plasma trở thành khối vật chất năng lượng rất cao nhờ sự chuyển động của các electrons với vận tốc hàng trăm (km/s) và có năng lượng lên đến hàng trăm ngàn (ev). Luồng plasma như thế, có thể tạo ra sự tập trung nguyên tử trên bề mặt kim loại, làm bốc hơi kim loại và thậm chí có thể làm thâm nhập nguyên tử vào trong mạng tinh thể của kim loại.

Để thu nhận plasma có thể sử dụng thiết bị tạo plasma (plasmatron) theo các sơ đồ nguyên lý khác nhau. Phản ứng plasma hóa học có thể thực hiện được theo hai cách:

1. Đưa các thành phần tạo plasma vào trong khu vực có sự phóng điện hồ quang, thiết bị plasma hoạt động kết hợp với các chất phản ứng.

2. Đưa các chất phản ứng vào trong luồng plasma ở bên ngoài vùng phóng điện, sử dụng buồng phản ứng là các ống trụ được giải nhiệt, trong đó diễn ra sự trộn lẫn dòng plasma với các chất đưa vào.

Sự đốt cháy và làm mát các sản phẩm gây phản ứng được thực hiện bằng cách đưa vào luồng plasma một số lượng tùy ý chất khí hoặc chất lỏng ở bên ngoài khu vực phóng điện.

Có thể phân loại các biện pháp thu nhận plasma như sau:

1. Gây nổ dây dẫn điện trong mạch điện.
2. Tia lửa điện
3. Sự phóng điện vầng quang cao tần.
4. Sự phóng điện ăn mòn.
5. Sự phóng điện hồ quang.

Hiện tại biện pháp thứ năm được ứng dụng rộng rãi vì có những ưu điểm sau đây:

- Khả năng thu nhận plasma cháy lâu dài với hiệu suất cao từ các chất rắn, lỏng, khi có thành phần hoá học khác nhau.
- Khả năng thu nhận plasma trong điều kiện chân không và trong môi trường có áp suất cao.
- Khả năng sử dụng các nguồn điện tiêu chuẩn.

Để năng thu nhận được plasma trong các thiết bị plasma, phải sử dụng các chất khí (các môi trường tạo plasma) chúng có thể là khí một hoặc nhiều thành phần. Khí một thành phần có thể là argon, helium, nitrogen, hydrogen. Khí nhiều thành phần có thể nhận được trong các môi trường khác nhau như: môi trường oxy hoá, môi trường phục hồi hoặc môi trường trung tính.

Một trong các thông số nhiệt quan trọng nhất đối với plasma là entapi có nghĩa là nhiệt lượng chứa đựng trong một đơn vị thể tích hoặc khối lượng.

Đặc tính của một vài chất khí tạo plasma được đưa ra dưới đây:

Argon, khí này có giá trị entapi thấp, không thích hợp với vai trò làm chất tạo plasma một thành phần. Argon có tính dẫn điện tốt trong điều kiện nhiệt độ cao của vì vậy đòi hỏi điện trường duy trì hồ quang thấp. Argon là một trong các chất quý hiếm và được sử dụng chủ yếu trong các trường hợp cần tới vai trò trợ hoá học của nó.

Nitrogen, thường được sử dụng làm chất khí tạo plasma một thành phần. Tính dẫn điện và dẫn nhiệt trong điều kiện nhiệt độ cao của nitrogen tương đối tốt, vì vậy nó tạo điều kiện thuận lợi để duy trì hồ quang.

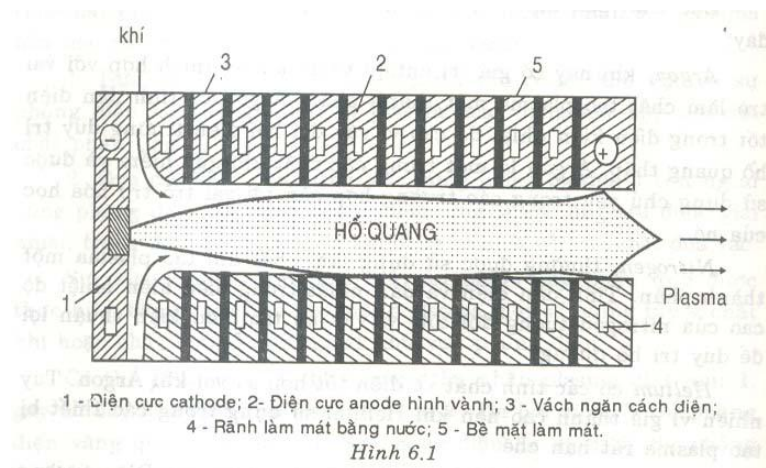
Helium, có các tính chất về điện tốt hơn so với khí Argon. Tuy nhiên vì giá thành cao nên khí Helium sử dụng trong các thiết bị tạo plasma rất hạn chế.

Hydrogen, là chất khí tạo plasma có entapi cao. Điện trường cần thiết để duy trì hồ quang trong môi trường Hydrogen cao hơn khí Argon vài lần. Tính dẫn

nhiệt tốt hơn so với một vài loài khí khác. Khí Hydrogen tương đối rẻ. Tuy nhiên trong môi trường nhiệt độ cao, Hydrogen thường có tác độ phá hủy đối với các điện cực, vì vậy nó thường được sử dụng kết hợp với Argon.

6.2. THIẾT BỊ TẠO PLASMA NHIỆT ĐỘ THẤP (plasmatron)

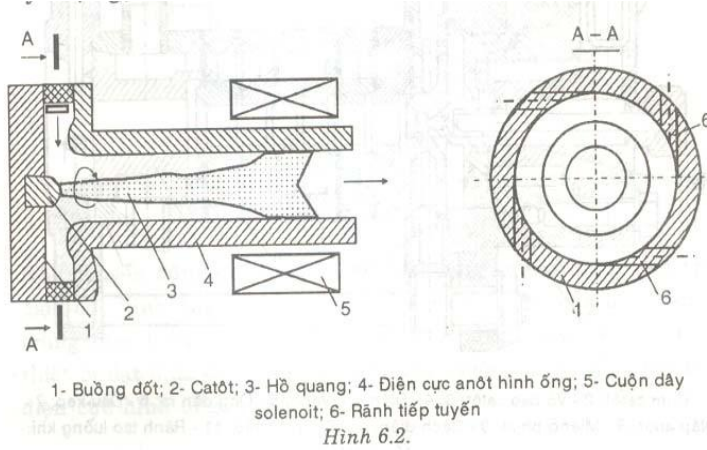
Đó là thiết bị kỹ thuật điện, trong đó việc đốt nóng khí tạo plasma được thực hiện nhờ sự phóng điện. Các bộ phận chủ yếu của plasmatron là: điện cực, buồng phóng điện, bộ phận tạo ra luồng plasma, hệ thống đầu phun ngọn lửa plasma, hệ thống điều khiển sự phóng điện hồ quang. Để kéo dài tuổi thọ các điện cực trong plasmatron, người ta chế tạo chúng từ các vật liệu khó nóng chảy (than, Mo, W, Zr ...). Đối với các điện cực làm từ vật liệu dễ nóng chảy như đồng chẳng hạn thì phải áp dụng các biện pháp để tạo sự di động liên tục của chân hồ quang cháy trên chúng, mục đích nhằm tạo ra sự phân bố nhiệt trên một diện tích lớn của bề mặt điện cực hoặc phải áp dụng biện pháp giải nhiệt điện cực bằng nước. Thông thường các điện cực loại này có hình ống hoặc hình vành.



Trong kết cấu của plasmatron được trình bày ở (H.6.1), hồ quang cháy giữa các điện cực catôt (cathode) và anôt (anode) hình vành được giải nhiệt bằng nước.

Các vành điện cực anode được ngăn cách với nhau bởi các vách ngăn cách điện. Bề mặt xung quanh của các điện cực hình vành được làm mát bởi một lớp khí lạnh có hệ số dẫn nhiệt thấp, vì vậy hồ quang cháy ở bên trong rãnh đạt mật độ và nhiệt độ cao.

Nếu dọc theo rãnh hồ quang, các vành điện cực không gắn cách với nhau thì luồng khí thổi dọc rãnh bị đốt nóng và bị mất khả năng cách điện, khi đó sẽ xảy ra hiện tượng đánh thủng qua lớp khí nóng giữa hồ quang và điện cực hình vành. Hiện tượng này được gọi là sự nối tắt hồ quang.



Hình 6.2: trình bày sơ đồ nguyên lý của plasmatron với hệ thống ổn định hồ quang bằng luồng khí xoáy. Không khí được đưa vào buồng đốt 1 qua các rãnh tiếp tuyến 6 sẽ tạo ra luồng xoáy xung quanh trục hồ quang 3 cháy giữa các điện cực 2 và 4. Nhờ quá trình trao đổi nhiệt mạnh, luồng khí xoáy bị đốt nóng và trở thành plasma thổi ra ngoài miệng plasmatron. Dưới tác động của luồng khí xoáy, chân hồ quang luôn di động trong ống điện cực 4 nhờ đó đảm bảo cho ống cực có tuổi thọ cao.

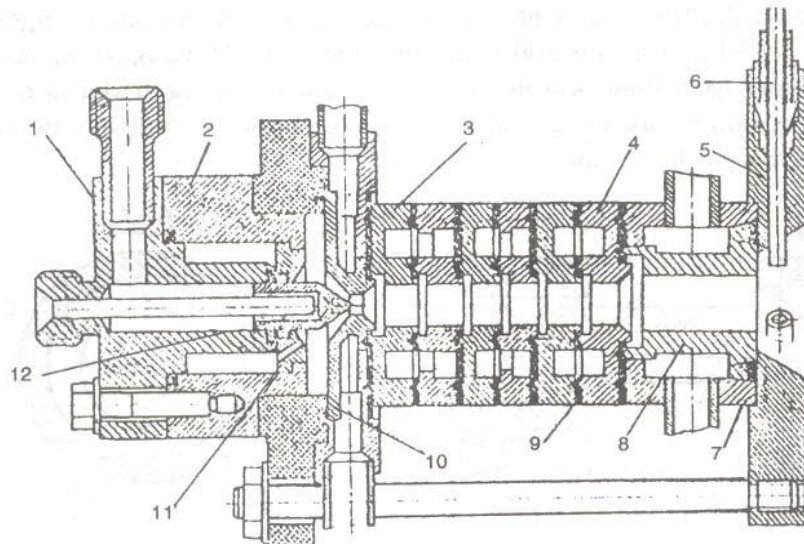
Ngọn lửa plasma tạo ra từ môi trường khí Nitơ và không khí ở plasmatron loại này không vượt quá 5.10^3 đến 6.10^3 K.

Hiệu suất của thiết bị: $\eta = \Delta H.G/U.I$

Với ΔH là độ chênh lệch entapi giữa khí bị đốt nóng và khí nguội.

G là chi phí chất khí trên 1 giây.

$U.I$ là công suất của plasmatron đạt 0,75 đến 0,85.

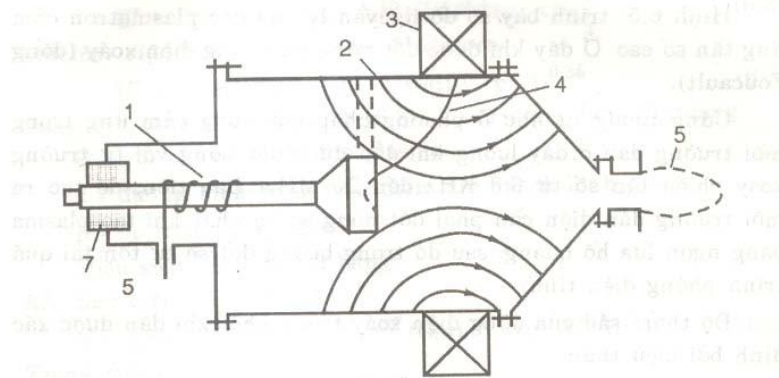


1 - Cụm catốt; 2 - Vỏ bao catốt; 3, 4 - Điện cực vành; 5 - Ống dẫn ra; 6 - Đầu kẹp; 7 - Nắp anốt; 8 - Miệng phun; 9 - Cách điện; 10 - Dẫn khí vào; 11 - Rãnh tạo luồng khí; 12 - Catốt.

Hình 6.3

Hình 6.3: trình bày sơ đồ plasmatron có kết cấu tương đối hoàn chỉnh với điện cực vành và dùng biện pháp đưa khí tạo plasma giữa các vành điện cực. Nhờ đó cho phép hạ thấp điện áp hồ quang (H.6.4) là sơ đồ plasmatron với từ trường ổn định hồ quang.

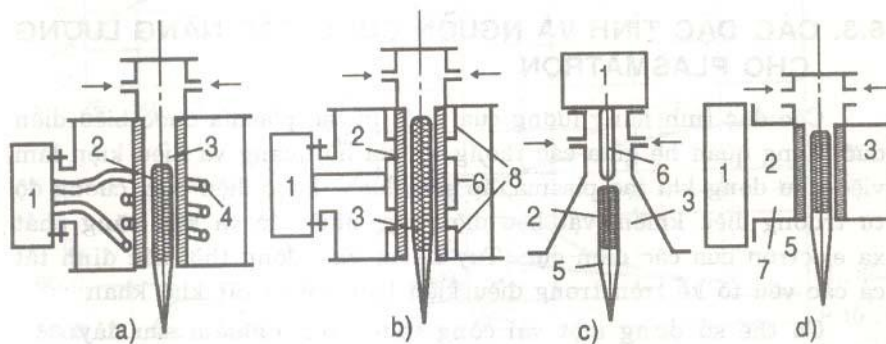
Hồ quang ở đây cháy giữa các điện cực 1 và 2. Từ trường sinh ra từ cuộn dây solenoid 3. Luồng khí đi qua giữa các điện cực được hồ quang đốt nóng nhanh chóng và thoát ra khỏi miệng plasmatron dưới dạng ngọn lửa plasma. Dưới tác động của từ trường, hồ quang bị dồn nén vào khu vực trung tâm dọc theo trục của thiết bị và bị quay. Tốc độ quay của hồ quang tỷ lệ với giá trị dòng điện hồ quang và cường độ từ trường của cuộn dây.



1- Điện cực trung tâm; 2- Điện cực ngoài; 3- Cuộn dây solenoid; 4- Thân hồ quang;
5- Ngọn lửa plasma; 6- Đường dẫn khí; 7- Cách điện.

Hình 6.4

Nhờ chuyển động quay này, chân hồ quang luôn di động bên trong điện cực hình ống 2 vì vậy kéo dài được tuổi thọ của nó. Điện cực trung tâm 1 được làm từ vật liệu khó nóng chảy. Hiệu suất của thiết bị đạt 0,52 đến 0,76 chủ yếu phụ thuộc vào sự tổn thất trong điện cực hình ống.



1 - Nguồn tạo dòng điện tần số cao; 2 - Khối khí dẫn; 3 - Bùng đốt;
4 - Cuộn dây; 5 - plasma; 6 - Điện cực cao áp; 7 - Bộ truyền sóng;
8 - Điện cực nối đất.

Hình 6.5

Hình 6.5: trình bày sơ đồ nguyên lý của các plasmatron cảm ứng tần số cao. Ở đây khí được đốt nóng nhờ dòng điện xoáy (dòng Foucault).

Cũng tương tự như ở phương pháp đốt nóng cảm ứng trong môi trường dẫn ở đây luồng khí dẫn được đốt nóng với từ trường xoay chiều tần số từ 6,3 KHz đến 20MHz. Đầu tiên để tạo ra môi trường dẫn điện cần phải đốt nóng sơ bộ chất khí tạo plasma bằng ngọn lửa hồ quang, sau đó trong buồng đốt sẽ tự tồn tại quá trình phóng điện tĩnh.

Độ thấm sâu của dòng điện xoáy trong khối khí dẫn được xác định bởi biểu thức:

$$\delta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}} \quad (6.1)$$

với ρ là điện trở suất của plasma, f là tần số.

μ là độ từ thẩm, đối với plasma $\mu = 1$

Điện trở suất của khí argon, nitrogen, oxygen ở nhiệt độ 15000⁰K tương ứng sẽ là 0,01 ; 0,025 ; 0,1 ($\Omega \cdot \text{cm}$)

Khi thổi qua buồng phóng điện tĩnh khi thoát ra miệng plasmatron có nhiệt độ từ 7,5.10³ đến 15.10³°K với tốc độ từ 10 đến 60 (m/s)

6.3. CÁC ĐẶC TÍNH VÀ NGUỒN CUNG CẤP NĂNG LƯỢNG CHO PLASMATRON.

Các đặc tính năng lượng của thiết bị tạo plasma được biểu diễn dưới dạng qua hệ giữa các thông số của hồ quang và điều kiện làm việc như dạng khí tạo plasma, áp suất kích thước điện cực, cường độ từ trường điều khiển, vật liệu điện cực, nhiệt độ và khả năng phát xạ electron của các điện cực. Tuy nhiên, việc đồng thời xác định tất cả các yếu tố kể trên trong điều kiện hiện tại là rất khó khăn.

Có thể sử dụng một vài công thức kinh nghiệm sau đây:

Đối với plasmatron một buồng đốt, dòng điện một chiều với hồ quang quay bền vững nhờ luồng khí xoay trong điện cực anode hình ống, đặc tính von – ampe, có dạng:

Khi làm việc trong không khí:

$$U^* = 1290 [I^2/(G \cdot d)]^{-0,15} (G/d)^{0,3} (p \cdot d)^{0,25} \quad (6.2)$$

Khi làm việc trong môi trường Hydrogen:

$$U^* = 9650 [I^2/(G \cdot d)]^{-0,2} (G/d)^{0,5} (p \cdot d)^{0,36} \quad (6.3)$$

Trong các công thức (6.2) và (6.3):

I là dòng điện hồ quang

G là chi phí chất khí tạo plasma

d là đường kính trong của điện cực anode hình ống

p là áp suất buồng đốt.

Hiệu suất có thể tính bằng:

Khi làm việc với không khí:

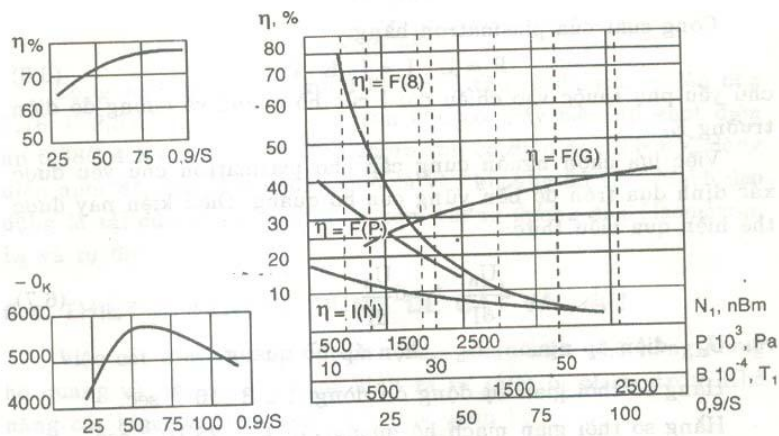
$$\eta = 0,886 \cdot 10^{-4} [I^2/(G \cdot d)]^{0,27} (G/d)^{-0,27} (p \cdot d)^{0,3} (1)^{0,5} \quad (6.4)$$

Trong môi trường Hydrogen:

$$\eta = 6,54 \cdot 10^{-8} [I^2/(G \cdot d)]^{0,2} (G/d)^{-0,2} (p \cdot d)^{0,98} (1)^{1,38} \quad (6.5)$$

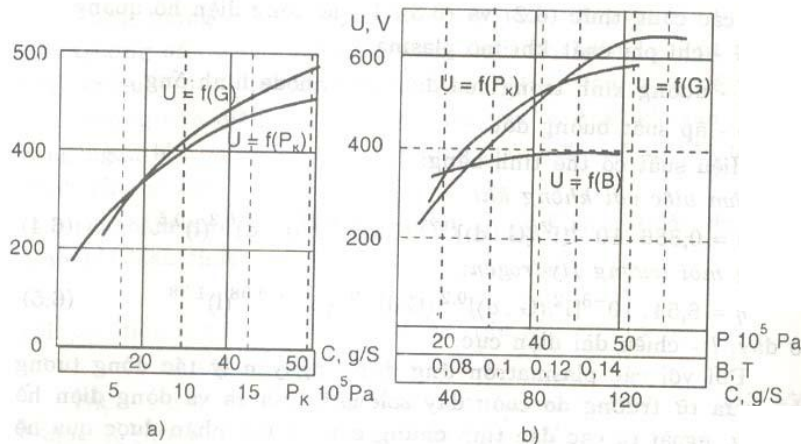
Ở đây, l là chiều dài điện cực.

Đối với các plasmatron ứng dụng nguyên lý tác động tương hỗ giữa từ trường do cuộn dây solenoid sinh ra và dòng điện hồ quang, ngoài ra các đặc tính chung còn có thể nhận được qua hệ giữa các thông số về điện và từ, áp suất chi phí chất khí tạo plasma (đồ thị H.6.6).



Hình 6.6

Ngoài ra, trong (H.6.7) còn biểu diễn quan hệ giữa hiệu suất, giữa nhiệt độ của plasmatron và áp suất chi phí tạo plasma, từ cảm, ...



Hình 6.7

Công suất của Plasmatron bằng:

$$P = U \cdot I = I \cdot E \cdot l \quad (6.6)$$

chủ yếu phụ thuộc vào chiều dài l của hồ quang và cường độ điện trường E.

Việc lựa chọn nguồn cung cấp cho plasmatron chủ yếu được xác định dựa trên độ bền vững của hồ quang. Điều kiện này được thể hiện qua biểu thức:

$$d \frac{U_n}{dI} > d \frac{U_h}{dI} \quad (6.7)$$

Với U_n : điện áp nguồn. U_h : điện áp hồ quang.

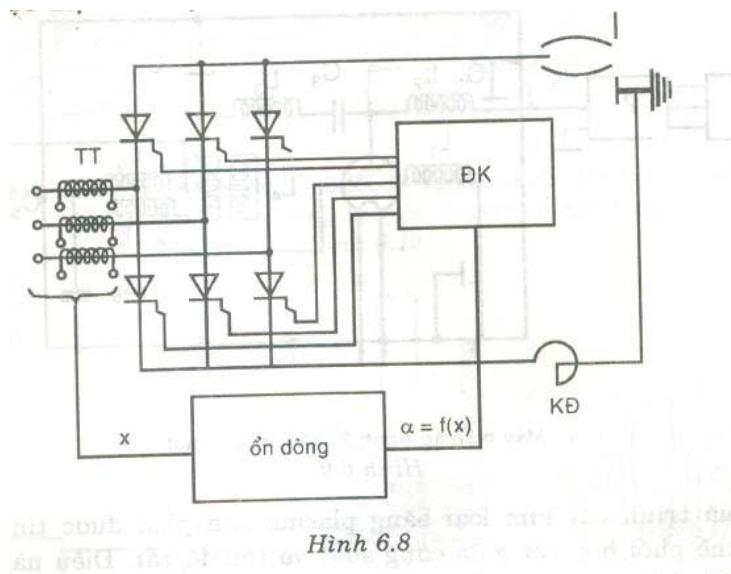
Hằng số thời gian tự động ổn dòng: $t \leq 3 \cdot 10^{-3}$ sec.

Hằng số thời gian mạch hồ quang tải: $t = 25 \cdot 10^{-3}$ sec.

Dự trữ điện áp nguồn: $\alpha = U_h / U_0 = 1,1$.

Dao động dòng điện khởi giá trị định mức không vượt quá 3% và thời gian dao động không vượt quá 15 μ sec.

Hình 6.7: trình bày sơ đồ điện cung cấp điện áp cho plasmatron. Đối với plasmatron tần số cao nguồn cung cấp điện được thực hiện bởi bộ biến tần dùng đèn thyatron (H.6.8)



Hình 6.8

Công suất có thể đạt tới 103 KW ở tần số dòng điện lên đến $1,76 \div 2,5$ MHz. Trong sơ đồ trên còn có máy biến áp anốt điện áp 0,38/1,4 KV. Chỉnh lưu đèn thyatron có điện áp 10,5 KV, dòng điện anốt 8A. Dao động công suất là vào khoảng 63 KW. Mạch dao động là tải của đèn bao gồm tụ cảm tương đương của plasmatron L_8 và tụ điện C_7 .

6.4. THIẾT BỊ PLASMA DÙNG ĐỂ CẮT VÀ HÀN:

Việc cắt kim loại nhờ plasma được thực hiện nhờ năng lượng hồ quang và ngọn lửa plasma sinh ra từ thiết bị plasmatron. Khả năng cắt kim loại được biểu diễn bởi quan hệ:

$$v \cdot \delta = 0,24 I \cdot U \cdot \eta / (\gamma \cdot b \cdot S) \quad (6.8)$$

Trong đó: v là tốc độ cắt kim loại,

δ là độ dày của kim loại.

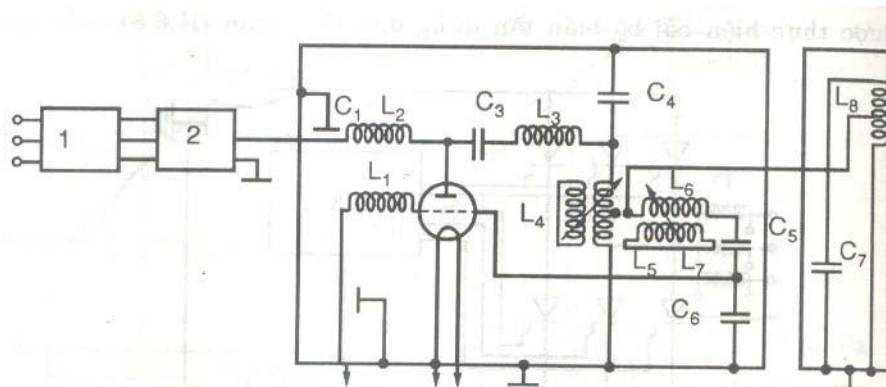
I, U : dòng điện và điện áp hồ quang.

η : hiệu suất nhiệt,

γ : khối lượng riêng của kim loại cắt

b : bề rộng của vết cắt

S : entapi của kim loại nóng chảy.



1 - Máy biến áp Anot; 2 - Chỉnh lưu Anot.

Hình 6.9

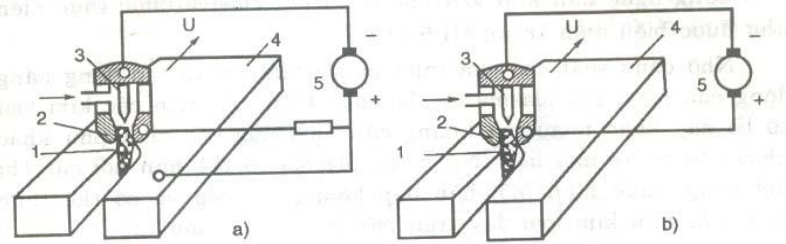
Quá trình cắt kim loại bằng plasma cần phải được tính toán để có thể phối hợp tốt giữa công suất và tốc độ cắt. Điều này được thực hiện khi lựa chọn dòng điện, điện áp, dạng khí tạo plasma và kết cấu của plasmatron.

Khi đồng thời tăng công suất và giảm tốc độ di chuyển của plasmatron có thể dẫn tới việc làm tăng bề dày của vết cắt. Hình 6.10a,b: trình bày sơ đồ nguyên lý của công nghệ cắt kim loại nhờ ngọn lửa plasma.

Hình 6.10a: cho thấy việc cắt kim loại có thể sử dụng hồ quang cháy giữa thiết bị plasmatron và tấm kim loại cắt kết hợp với luồng plasma.

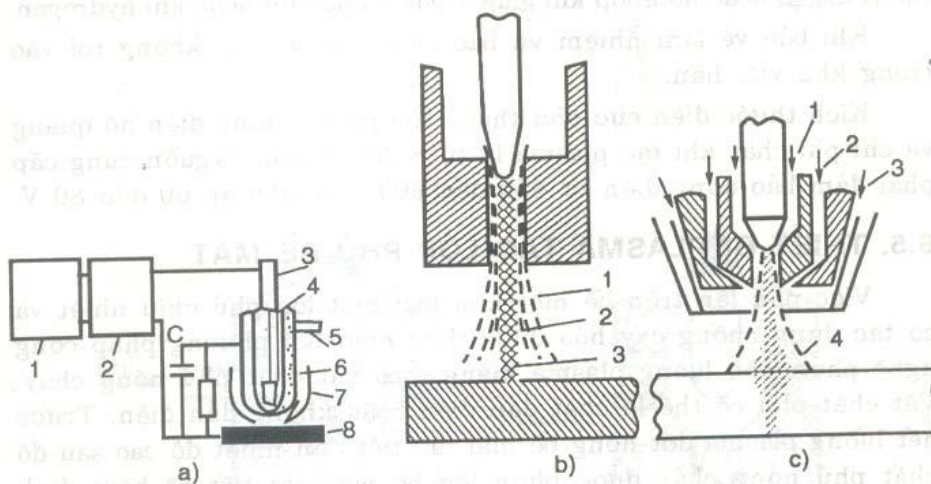
Hình 6.10b: cho thấy quá trình cắt kim loại nhờ ngọn lửa plasma phun ra từ thiết bị plasmatron.

Các thiết bị công nghiệp khác nhau làm việc ở dòng điện đến 1000A với điện áp không tải lên đến 350V đảm bảo tốc độ cắt từ 3 – 4 đến 10 m/phút.



1 - Dòng plasma; 2 - Hồ quang; 3 - Catốt; 4 - Vật liệu cắt; 5 - Nguồn cung cấp;
6 - Điện trở hạn chế dòng điện của hồ quang thường trực.

Hình 6.10



a) Sơ đồ điện: 1 - Nguồn cung cấp; 2 - Máy phát tần số cao
3 - Điện cực không nóng chảy; 4 - Chất khí tạo plasma;
5 - Nước làm mát; 6 - Khí bảo vệ; 7 - Đường dẫn khí bảo vệ; 8 - Sản phẩm.
b) Sơ đồ nguyên lý hàn với dòng khí bao bọc ngọn lửa plasma:
1 - Dòng khí mát bao bọc; 2 - Dòng khí nóng bên trong; 3 - Hồ quang;
c) Sơ đồ nguyên lý hàn bằng ngọn lửa plasma:
1 - Khí tạo plasma; 2 - Khí tạo tiêu điểm; 3 - Khí bảo vệ;
4 - Khu vực tác động của ngọn lửa khi không có khí bảo vệ.

Hình 6.11

Công nghệ hàn kim loại nhờ ngọn lửa plasma được thực hiện như được biểu diễn trong (H.6.11)

Nhờ công suất cao của thiết bị plasmatron và tác động năng động của ngọn lửa plasma có thể thực hiện việc hàn các kim loại có bề dày khác nhau mà không cần phải đưa các chất phụ gia khác nhau vào trong mối hàn. Ngọn lửa plasma có thể hàn nối các chi tiết cong, thực hiện mối hàn đẹp không có mép và có thể thực hiện việc hàn kim loại dày trên một đường dài liên tục.

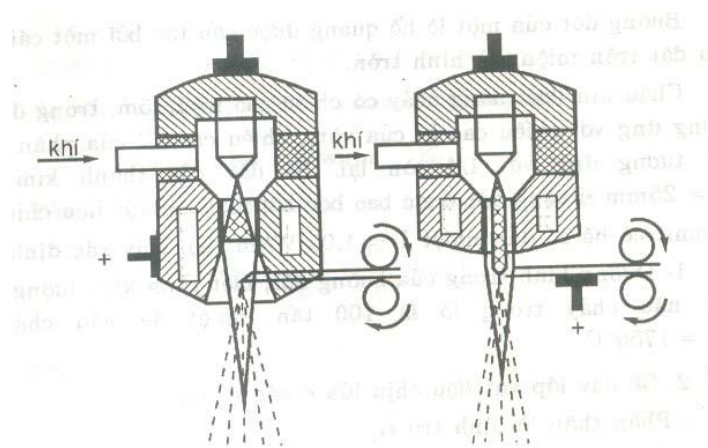
Trong thiết bị hàn plasma có thể đưa vào luồng khí tạo tiêu cự (H.6.11) có chiều tạo thành góc nghiêng so với trục của luồng plasma, cho phép tập trung nhiệt độ trong một diện tích hẹp của vết hàn. Phụ thuộc vào dạng kim loại hàn, khí tạo tiêu cự và khí bảo vệ có thể là argon hoặc hỗn hợp khí giữa argon và helium hoặc khí hydrogen.

Khí bảo vệ có nhiệm vụ bảo vệ để vật lạ không rơi vào trong khu vực hàn.

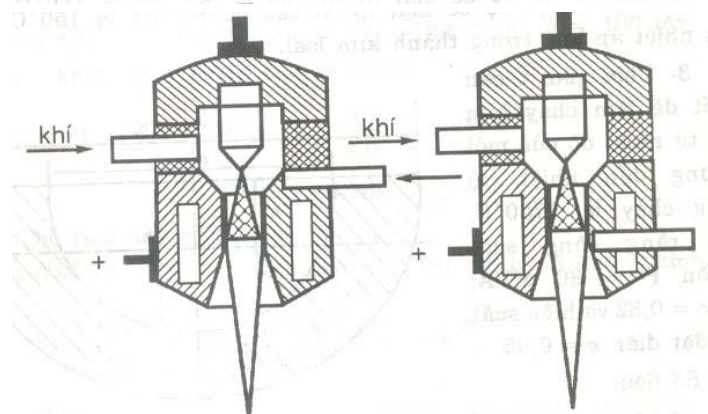
Kích thước điện cực phụ thuộc vào giá trị dòng điện hồ quang và chi phí chất khí tạo plasma là từ 8 đến 15mm. Nguồn cung cấp phải đảm bảo dòng điện từ 450 đến 600A ở điện áp 60 đến 80V.

6.5. THIẾT BỊ PLASMA TẠO LỚP PHỦ BỀ MẶT:

Việc phủ lên trên bề mặt kim loại một lớp phủ chịu nhiệt và có tác dụng chống oxy hóa được thực hiện bởi phương pháp công nghệ phun nhờ luồng plasma mang theo vật chất phủ nóng chảy. Vật chất phủ có thể là chất dẫn điện hoặc không dẫn điện. Trước hết luồng plasma đốt nóng bề mặt chi tiết đến nhiệt độ cao sau đó chất phủ nóng chảy được phun lên bề mặt chi tiết sẽ bám dính lên đó, sau khi nguội đi sẽ trở thành một lớp phủ bền vững (H.6.12) trình bày các phương pháp phun phủ bề mặt kim loại bằng chất phủ không dẫn điện (H.6.12a) và chất phủ dẫn điện (H.6.12b).



Hình 6.12



Hình 6.13

Chất phủ còn có thể ở dạng bột (H.6.13). Ở đây bột phủ có thể là chất không dẫn điện (H.6.13a) hoặc là vật chất khó nóng chảy (H.6.13b). trong khu vực hồ quang chất phủ dạng bột khó nóng chảy dễ dàng bị chảy và bị đẩy đi với

tốc độ cao lên bề mặt chi tiết. Sau khi nguội đi sẽ hình thành trên bề mặt chi tiết một lớp phủ chịu nhiệt rất tốt. Bề rộng và độ sâu của lớp phủ bề mặt có thể được điều chỉnh trong phạm vi tương ứng là từ 8 đến 45mm và từ 0,5 đến 6mm.

VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Ví dụ 6.1.

Buồng đốt của một lò hồ quang được cấu tạo bởi một cái vòm cầu đặt trên miệng lò hình tròn.

Chậu kim loại nóng chảy có chiều cao $h = 1,15\text{m}$, trong đó $\frac{3}{4}$ tương ứng với chiều cao h' của vòm, chiều cao h'' của phần hình trụ tương ứng với $\frac{1}{4}$ còn lại. Bề dày của thành kim loại $e_p = 25\text{mm}$. Buồng đốt được bao bọc bởi một lớp vật liệu chịu lửa dolomit có hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 1,95 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{K)}$. Hãy xác định :

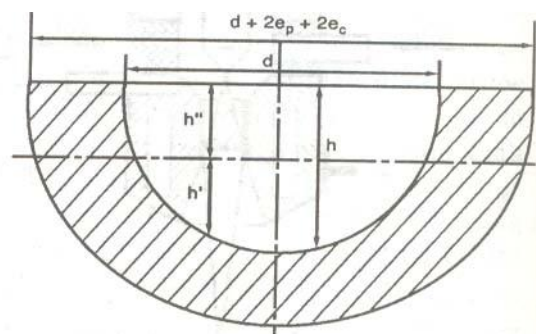
- Đường kính trong của buồng đốt, biết rằng khối lượng kim loại nấu chảy trong lò là 100 tấn, nhiệt độ nấu chảy là $\theta_{KL} = 1750^\circ\text{C}$.
- Bề dày lớp vật liệu chịu lửa ở các vị trí:
 - Phần thân lò hình trụ e_{tr} .
 - Ở phần vòm e_v .

Sao cho nhiệt độ bề mặt ngoài cửa buồng đốt là 150°C . Bỏ qua nhiệt áp bên trong thành kim loại.

- Thời gian t cần thiết để làm chảy kim loại từ nhiệt độ của môi trường đến nhiệt độ nóng chảy là 1750°C , biết rằng công suất nguồn $P = 80 \text{ MVA}$, $\cos\varphi = 0,82$ và hiệu suất lắp đặt điện $\eta = 0,95$.

Số liệu:

- Thép:
 - Khối lượng riêng ở 1750°C : $\gamma = 6,9 \text{ T/m}^3$.
 - Tỷ nhiệt: $C_p = 0,51 \text{ KJ } (^\circ\text{K} \cdot \text{Kg})$
 - Nhiệt ẩn: $L = 180 \text{ KJ/Kg}$.
- Điều kiện bên ngoài:



- Nhiệt độ môi trường: $\theta_0 = 20^{\circ}\text{C}$.

- Hệ số tỏa nhiệt từ thành ngoài ra không khí:

$$K_T = 50 \text{ w / (m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K)}$$

- Thể tích vòm cầu có chiều cao h và đường kính d :

$$V = \frac{\pi \cdot h}{6} \left(\frac{3d^2}{4} + h^2 \right)$$

bề mặt vòm cầu:
$$S = \pi \left(\frac{d^2}{4} + h^2 \right)$$

Giải :

1. Đường kính trong của buồng đốt.

Thể tích chiếm bởi kim loại nóng chảy được cho bởi: $V = m/\gamma$.

Với m : khối lượng kim loại nóng chảy, $m = 100$ tấn.

γ : khối lượng riêng của kim loại nóng chảy.

$$\gamma = 6,9 \text{ tấn /m}^3.$$

Từ đó :
$$V = \frac{100}{6,9} = 14,49(\text{m}^3)$$

Hay :
$$V = 14,5(\text{m}^3)$$

Thể tích này có thể biểu diễn:

- Thể tích của một phần cầu có chiều cao h' và đường kính d .

$$V_s = \frac{\pi h'}{6} \left(\frac{3d^2}{4} + h'^2 \right)$$

- Thể tích của phần thân trụ cao h'' và đường kính d là:

$$V_t = \pi h'' \frac{d^2}{4}$$

Khi biểu diễn các giá trị h' và h'' theo h

$$h' = \frac{3}{4}h; \quad h'' = \frac{1}{4}h$$

Ta nhận được biểu thức về thể tích chiếm bởi kim loại nóng chảy tính theo h và d :

$$V = V_s + V_t = \frac{3\pi h}{24} \left(\frac{3d^2}{4} + \frac{19}{16}h^2 \right) + \frac{\pi h d^2}{16}$$

Hay:
$$V = \frac{\pi \cdot h}{32} \left(5d^2 + \frac{9h^2}{4} \right) = 14,5$$

ở đây:
$$h = 1,15\text{m}$$

từ đó:
$$\frac{\pi \cdot 1,15}{32} \left(5d^2 + \frac{9(1,15)^2}{4} \right) = 14,5$$

$$d = \sqrt{25,09} = 5(\text{m})$$

2. Bề dày của lớp vật liệu chịu lửa bao quanh:**Ở phần trụ:**

Nhiệt thông đi qua lớp vật liệu chịu lửa bằng nhiệt thông tiêu tán trên bề mặt ngoài.

Nhiệt thông đi qua lớp bao bọc:

$$\Phi = \frac{2\pi\lambda h''}{\ln \frac{r_i + e_c}{r_i}} (\theta_i + \theta_s); \quad \lambda = 1,95 \text{ w}/(^{\circ}\text{K.m})$$

$$h'' = \frac{1}{4} h = \frac{1,15}{4} = 0,2875 \text{ m}$$

r_i : bán kính trong của lớp bọc = 2,525m

e_c : bề dày lớp bọc chịu lửa

θ_i : nhiệt độ bề mặt trong của lớp bọc: $\theta_i = \theta_m = 1750^{\circ}\text{C}$.

θ_s : nhiệt độ bề mặt ngoài của buồng đốt: $\theta_s = 150^{\circ}\text{C}$.

Nhiệt thông tiêu tán trên bề mặt ngoài:

Nhiệt thông tiêu tán bởi đối lưu và bức xạ cho bởi:

$$\Phi = K_T \cdot 2\pi h'' (r_i + e_c) (\theta_s - \theta_0)$$

với $K_T = 50 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K})$; $\theta_0 = 20^{\circ}\text{C}$.

Bề dày của lớp bọc chịu lửa :

Khi cho 2 biểu thức bằng nhau ta có :

$$\frac{2\pi\lambda \cdot h''}{\ln \frac{r_i + e_c}{r_i}} (\theta_i + \theta_s) = K_T 2\pi h'' (r_i + e_c) (\theta_s - \theta_0)$$

Hay: $(r_i + e_c) \ln = \frac{2,525 + e_c}{2,525} = \frac{1,95(1750 - 150)}{50(150 - 20)}$

Từ đó $e_c = 0,45 \text{ m}$

Ở phần vòm cầu:

Nhiệt thông qua lớp bọc bằng nhiệt thông tiêu tán trên bề mặt ngoài.

Nhiệt thông đi qua lớp vỏ bọc:

$$\Phi = \frac{4\pi\lambda}{r_i - 1/(r_i + e_s)} (\theta_i + \theta_s)$$

Nhiệt thông tiêu tán từ bề mặt ngoài:

$$\Phi = K_T \cdot S (\theta_i + \theta_0)$$

Từ đó:

$$S = 4\pi (r_i + e_s)^2$$

Bề dày lớp bọc chịu lửa khi cho hai biểu thức bằng nhau:

$$4\pi\lambda \cdot \frac{1}{1/r_i + 1/(r_i + e_s)} (\theta_i + \theta_s) = K_T 4\pi (r_i + e_s)^2 (\theta_s + \theta_0)$$

Ta có: $\frac{e_s^2}{r_i} + e_s = Z = 0$, hay: $e_s^2 + r_i e_s - r_i Z = 0$

Vậy:

$$\text{Với } Z = \frac{\lambda(\theta_i + \theta_s)}{K_T \cdot (\theta_s + \theta_0)} = \frac{1,95(1750 - 150)}{50(150 - 20)} = 0,48$$

$$\text{Từ đó: } \frac{-2,525 + \sqrt{2,525^2 + 4 \cdot 5,525 \cdot 0,48}}{2} = 0,42m$$

3. Thời gian cần thiết để nấu chảy:

Công suất cung cấp dùng để:

- Đốt nóng và làm chảy kim loại.
- Bù cho nhiệt bị thất thoát.

Năng lượng cần thiết để đốt nóng và làm chảy:

$$Q = m [C_p (\theta_{KL} - \theta_0) + L]$$

$$m = 100 \text{ tấn}; C_p = 0,51 \text{ KJ}/(^{\circ}\text{K} \cdot \text{Kg}); L = 580 \text{ KJ/Kg}$$

$$\text{từ đó: } Q = 100 \cdot 10^3 [0,51 (1750 - 20) + 180]$$

$$Q = 106230 \cdot 10^3 \text{ (KJ)}$$

Tổn hao nhiệt:

Nhiệt thất thoát qua thành bên của buồng đốt:

Vòm cầu

1. Qua thành bên:

$$\Phi_b = K_T \cdot 2\pi r_b h'' (\theta_s - \theta_o)$$

$$r_b = r_1 + r_c = 2,525 + 0,45 = 2,975 \text{ (m)}$$

$$h'' = 0,2875 \text{ (m)}$$

$$K_T = 50 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\theta_s = 150^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_o = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Vậy: } \Phi_b = 2\pi \cdot 50 \cdot 2,975 \cdot 0,2875 \cdot (150 - 20) = 35 \text{ KW}$$

2. Qua vòm cầu:

$$\Phi_s = K_T \pi \left(\frac{d^2}{4} + h_c^2 \right) = (\theta_s - \theta_0)$$

$$d = 2.r_b = 5,95(m)$$

$$h_c = h' + e_p + e_s = 0,8625 + 0,025 + 0,42 = 1,3075m$$

Từ đó:
$$\Phi_s = \pi \cdot 50 \left(\frac{5,95^2}{4} + (1,3075)^2 \right) (150 - 20) = 215644W$$

Vậy:
$$\Phi_s = 216(KW)$$

3. Công suất tổn hao tổng:

$$\Phi = \Phi_b + \Phi_s = 35 + 216 = 251 (KW)$$

Công suất lò:

$$P_1 = P \cdot \eta \cos \varphi = 8000 \cdot 0,95 \cdot 0,82 = 62320 (KW)$$

Thời gian nấu một mẻ:
$$t = \frac{Q}{P_d}$$

Q là nhiệt lượng đốt nóng và làm chảy kim loại = $106230 \cdot 10^3$ KJ

$$P_d = P_1 - \Phi$$

Từ đó:

$$t = \frac{106230 \cdot 10^3}{62320 - 251} = 28,5 (min)$$

Ví dụ 6.2.

Một đầu bec plasma được cung cấp năng lượng bởi một nguồn dòng có đặc tính von-ampe như được trình bày trong (H.V.6.2).

Kho hồ quang có chiều dài 20mm thì điện áp rơi trên catot là 10V và trên anot là 8V. Điện trường trong hồ quang là 7V/mm. Hãy xác định:

1. Điện áp đặt lên hai điện cực.
2. Dòng điện hồ quang.

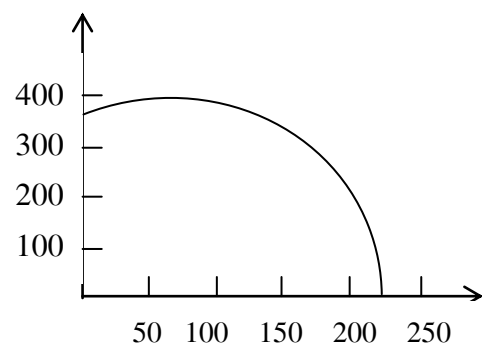
Giải :

1. Điện áp đặt lên hai điện cực :

$$\begin{aligned} U &= U_a + U_c + E \cdot l \\ &= 10 + 8 + 7 \cdot 20 \\ &= 158 V \end{aligned}$$

2. Dòng điện:

Từ giá trị $U = 158V$ ta có thể tra trên đồ thị Von-ampe và nhận được: $I = 190 (A)$



Hình V.6.2

Ví dụ 6.3:

Hãy xác định đường kính cực tiểu d_{\min} của một đầu bec plasma sinh ra từ sự phóng điện cao tần nhờ cảm ứng. Tần số cảm ứng là 7 MHz. Độ dẫn điện của khí ion $\sigma = 200 \text{ S/m}$ (siemens/m).

Giải:

Đường kính d_{\min} của plasma cao tần có liên quan đến độ thấm sâu δ .

$$d \geq 3,5 \delta$$

$$\text{với: } \delta = \sqrt{\frac{2}{\sigma \omega \mu_0 \mu_r}}; \quad \sigma = 2000 \text{ S/m}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 7 \cdot 10^6 = 14\pi \cdot 10^6 \text{ (l/S)}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \quad \mu_s = 1$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{2000 \cdot 14\pi \cdot 10^6 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1}} = 4,25 \text{ mm}$$

$$\text{Đường kính: } d_{\min} = 3,5 \cdot 4,25 = 14,9 \text{ mm}$$

$$\text{Vậy: } d_{\min} = 15 \text{ mm}$$

CHƯƠNG 7

CÁC THIẾT BỊ HÀN HỒ QUANG

-----oOo-----

7.1. CƠ SỞ VẬT LÝ – KỸ THUẬT CỦA HÀN HỒ QUANG:

Hàn hồ quang là quá trình tạo ra sự liên kết các chi tiết từ các vật liệu khác nhau khi làm cho chúng nóng chảy nhờ hồ quang. Đây là một trong các quá trình công nghệ phổ biến được ứng dụng nhiều trong chế tạo máy và trong xây dựng.

Ở quá trình hàn hồ quang, nhiệt lượng cần thiết để làm nóng chảy kim loại nhận được sự phóng điện hồ quang giữa kim loại hàn và điện cực. Dưới tác động của hồ quang, kim loại nóng chảy từ điện cực (que hàn) đọng lại trên chi tiết cần nối, hình thành chấu kim loại nóng chảy, khi nguội sẽ tạo ra mối hàn vững chắc.

Hàn hồ quang là quá trình luyện kim và lý – hoá hỗn hợp, xảy ra trong kim loại ở điều kiện nhiệt độ cao.

Khi hàn hồ quang, cùng với kim loại (lõi que hàn) chất phủ bao quanh que hàn hoặc chất vảy hàn cũng bị nóng chảy. Sau khi mối hàn đã được tạo ra, xung quanh nó sẽ bám đọng chất xỉ từ các loại oxyde như SiO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , CaO , MnO , FeO , BaO , MgO , NiO ... và các loại muối từ các chất khác nhau như CaS , MnS , CaF_2 Chính nhờ lớp xỉ bám này mà hồ quang được duy trì cháy bền vững.

Ở hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ thường sử dụng các loại khí như argon, argon – helium, nitrogen, CO_2 , hơi nước, ...

Que hàn dùng trong công nghệ hàn hồ quang tay có chiều dài 450 mm, bị chảy hết trong vòng 1,5 đến 2 phút.

Khối lượng kim loại nóng chảy trên một đơn vị thời gian được tính bằng:

$$G = \alpha_n I \cdot t \quad (7.1)$$

Ở đây:

α_n : hệ số nóng chảy, g/A giờ đối với que hàn có lớp thuốc phủ khác nhau là vào khoảng 7 đến 13 g/(A.giờ)

I : dòng điện hồ quang, A.

t : thời gian hồ quang cháy, giờ.

Tốc độ hàn (cm/giờ) :

$$v = \frac{\alpha_n I}{\gamma \cdot F} \quad (7.2)$$

Với γ : khối lượng riêng của kim loại nóng chảy (g/cm^3)
 F : tiết diện mỗi hàn, cm^2 .

Chiều dài thân hồ quang là từ 4 đến 7 mm. Nhiệt độ hồ quang có thể đạt giá trị từ $4,5 \cdot 10^3$ đến $8 \cdot 10^3 \text{K}$, điện áp cần thiết để duy trì hồ quang dao động từ 18 đến 45V.

Que hàn dùng trong công nghệ hàn hồ quang tay bao gồm lõi kim loại bằng thép hoặc hợp kim có chứa các thành phần như sau: 0,1 ÷ 0,8% C; 0,28 ÷ 0,5% Mn; 0,05 ÷ 0,25% Si; 0,035% S và P và lớp thuốc phủ bên ngoài bao gồm một vài thành phần giữ những chức năng và đặc tính đặc biệt như sau:

Titanium dioxyt (TiO_2) hoặc FeTiO_3 , đây là thành phần chính giúp cho que hàn mau chảy vì tạo xỉ nhanh chóng đồng thời là thành phần dễ ion hoá, giúp cho hồ quang cháy ổn định.

K, Al, M_2SiO_3 : là thành phần làm cứng lớp thuốc bọc que hàn và giúp cho sự ion hoá ở khu vực thân hồ quang.

Celluloza: đây là lớp bột gỗ ... giúp để làm giảm áp suất xung quanh hồ quang, làm tăng điện áp hồ quang.

Metal carbonat: giúp để làm giảm áp suất xung quanh hồ quang.

Canxi florua (Calcium flouride): là chất được sử dụng để làm cho que hàn dễ cháy và định hình tính chất của lớp xỉ bám xung quanh mỗi hàn.

Fe (Iron) và MnO (manganese oxide): cũng được sử dụng để định hình lớp xỉ và giúp cho que hàn dễ cháy.

Hợp kim sắt mangan (Ferromanganese) và hợp kim sắt silicon (ferro – silicone), được sử dụng để làm cho lớp xỉ bám dễ lấy ra khỏi mỗi hàn và để bổ sung mangan cho mỗi hàn.

Khoáng vật silicat (Mineral silicate), được sử dụng để làm cứng lớp thuốc bao xung quanh que hàn.

Chất kết dính, được sử dụng để trộn đều các thành phần trong thuốc và làm cho lớp thuốc bám chắc lên lõi kim loại củ que hàn.

Bột sắt: được sử dụng để làm tăng sự ổn định hồ quang.

7.2. NGUỒN CUNG CẤP NĂNG LƯỢNG CHO HỒ QUANG:

Hồ quang điện và nguồn cung cấp chonó (máy biến áp hàn) tạo thành một hệ thống năng lượng thống nhất. Hệ thống này, khi hoạt động sẽ xác lập sự cân bằng ổn định phụ thuộc vào đặc tính ngoài của nguồn cung cấp: $U_n = f(I)$

Điều kiện để ổn định hệ thống này là:

$$S = \frac{dU_n}{dI} - \frac{dU_h}{dI} > 0$$

Trong đó:

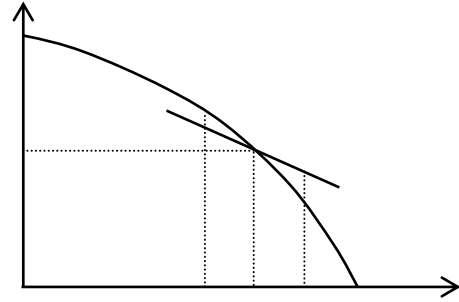
S : hệ số ổn định;

U_h : điện áp duy trì hồ quang.

U_n : điện áp nguồn điện cung cấp.

Điều kiện để hồ quang cháy ổn định về cơ bản có thể diễn giải như sau : đặc tính ngoài của nguồn cung cấp tại điểm làm việc phải có độ dốc lớn hơn độ dốc của đặc tính hồ quang $U_h = f(I)$. Điều này có nghĩa là khi dòng điện biến thiên, điện áp của nguồn cung cấp sẽ thay đổi với giá trị lớn hơn so với sự thay đổi của điện áp hồ quang. Ví dụ:

Khi dòng điện giảm đi một lượng là ΔI (H.7.1), điểm làm việc sẽ dịch chuyển từ điểm A_0 đến điểm A_1 . Điện áp của nguồn cung cấp tại điểm A_1 sẽ có giá trị lớn hơn giá trị cần thiết để duy trì hồ quang, điều này sẽ làm cho dòng điện tăng lên và điểm làm việc sẽ tự động trở về điểm A_0 .



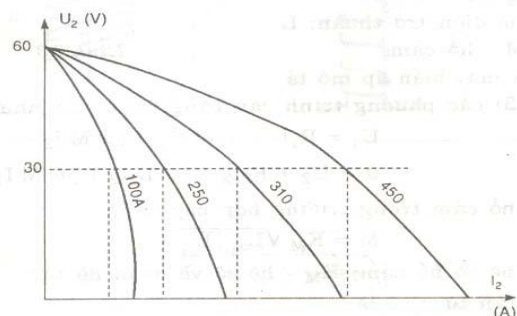
Hình 7.1

Ngược lại khi dòng điện tăng lên một lượng ΔI , điểm làm việc sẽ dịch chuyển từ điểm A_0 đến điểm A_2 , khi đó điện áp của nguồn cung cấp sẽ trở nên nhỏ hơn điện áp cần thiết để duy trì hồ quang, từ đó dòng điện có xu hướng giảm giá trị và điểm làm việc sẽ dịch chuyển trở về A_0 .

Đối với công nghệ hàn hồ quang tay, nhiều đối với sự làm việc của hồ quang chủ yếu là do sự thay đổi chiều dài hồ quang và do sự biến thiên của điện áp nguồn cung cấp cho máy biến áp hàn. Đặc tính ngoài của máy biến áp hàn càng dốc thì sự biến thiên của dòng điện hàn càng ít khi có sự thay đổi nhỏ của chiều dài hồ quang và hồ quang càng cháy bền vững. Ảnh hưởng của sự biến thiên của điện áp lưới điện đưa vào máy biến áp hàn được bù đắp khi giảm tốc độ hàn.

Đặc điểm làm việc của máy biến áp hàn được xác định bởi nhu cầu duy trì sự cháy ổn định của hồ quang. Từ đặc điểm này dẫn đến vấn đề là làm thế nào để có thể điều chỉnh dòng và áp của máy biến áp hàn trong phạm vi rộng, đồng thời điện trở của máy biến áp và của bộ phận điều chỉnh phải mang tính trở kháng.

Thông thường điện áp duy trì hồ quang đối với máy hàn hồ quang tay được xác định là 30V. Dòng điện hàn được điều chỉnh bằng cách làm thay đổi một số thông số của máy biến áp hàn, thông thường nhất là làm thay đổi điện kháng của nó. Khi thay đổi điện kháng



Hình 7.2

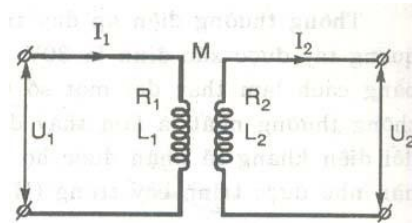
sẽ nhận được họ đặc tính ngoài của máy biến áp hàn như được trình bày trong (H.7.2).

7.3. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM VỀ MẶT LÝ THUYẾT CỦA MÁY BIẾN ÁP HÀN:

1. Các quan hệ cơ bản:

Để duy trì hồ quang cháy một cách liên tục và hạn chế dòng điện ngắn mạch khi thực hiện việc hàn hồ quang cần thiết điện trở của mạch điện phải lớn và mang tính cảm. Ở các máy biến áp điện lực thông thường điện kháng có giá trị nhỏ còn ở các máy hàn hồ quang điện kháng có thể tăng lên nhờ các biện pháp nhân tạo : nối điện kháng nối tiếp thêm vào cuộn dây thứ cấp của máy biến áp, làm cho điện kháng của bản thân máy biến áp tăng lên bằng cách làm cho điện kháng tản của cuộn dây tăng lên hoặc bố trí thêm cuộn kháng điều chỉnh ngay trong mạch từ của máy biến áp.

Sơ đồ thay thế của một máy biến áp hàn được trình bày như ở trong (H.7.3), ở đây: R là điện trở thuần, L là tự cảm, M là hồ cảm.



Hình 7.3

Đối với máy biến áp mô tả trong (H.7.3) các phương trình cân bằng được viết như sau:

$$U_1 = R_1 I_1 + j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2 \quad (7.4)$$

$$0 = U_2 + R_2 I_2 + j\omega L_2 I_2 + j\omega M I_1 \quad (7.5)$$

Hệ số hồ cảm trong trường hợp này sẽ là:

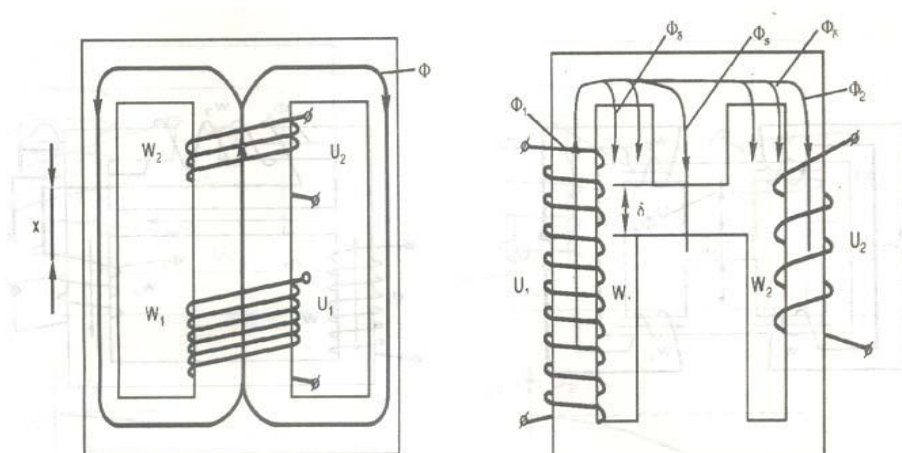
$$M = K_M \sqrt{L_{\sigma_2} L_{\sigma_1}} \quad (7.6)$$

Ở đây: M là hệ số hồ cảm, K_M : hệ số về quan hệ từ.

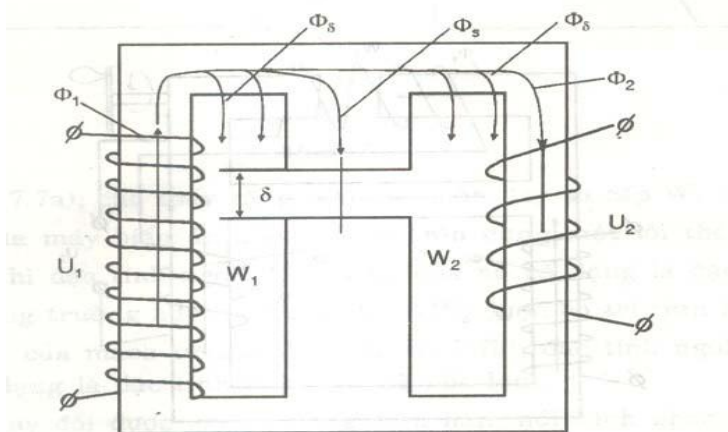
Hệ số tản từ σ sẽ là:

$$\sigma = 1 - K_M^2 \quad (7.7)$$

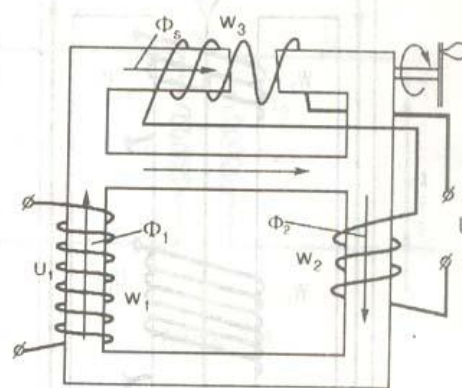
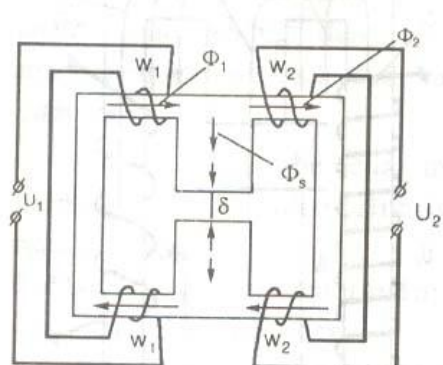
Ở máy biến áp thông thường hệ số quan hệ từ K_M thường có giá trị lớn còn ở máy biến áp hàn, từ tản σ thường có giá trị lớn, vì vậy hệ số quan hệ từ K_M sẽ có giá trị bé. Sự giảm đi của K_M có thể đạt được bằng cách làm tăng khoảng cách giữa các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp (H.7.4), bố trí shunt từ giữa chúng (H.7.5) hoặc có thể bố trí cuộn kháng điều chỉnh ngay trên mạch từ của máy biến áp như được trình bày trong (H.7.6).



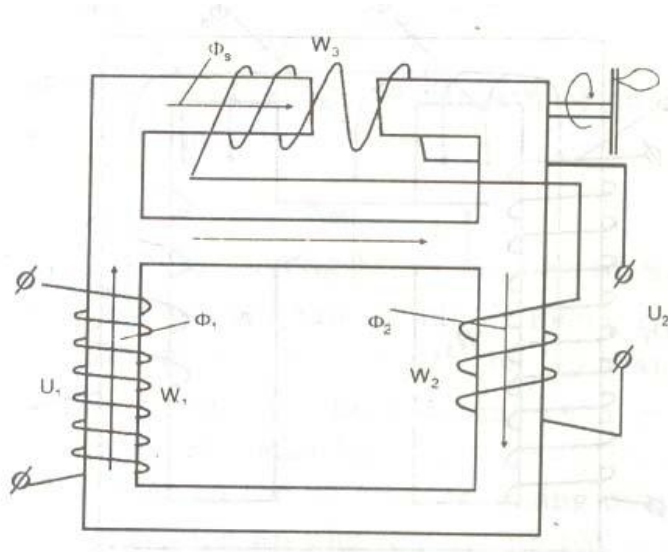
Hình 7.4



Hình 7.5a

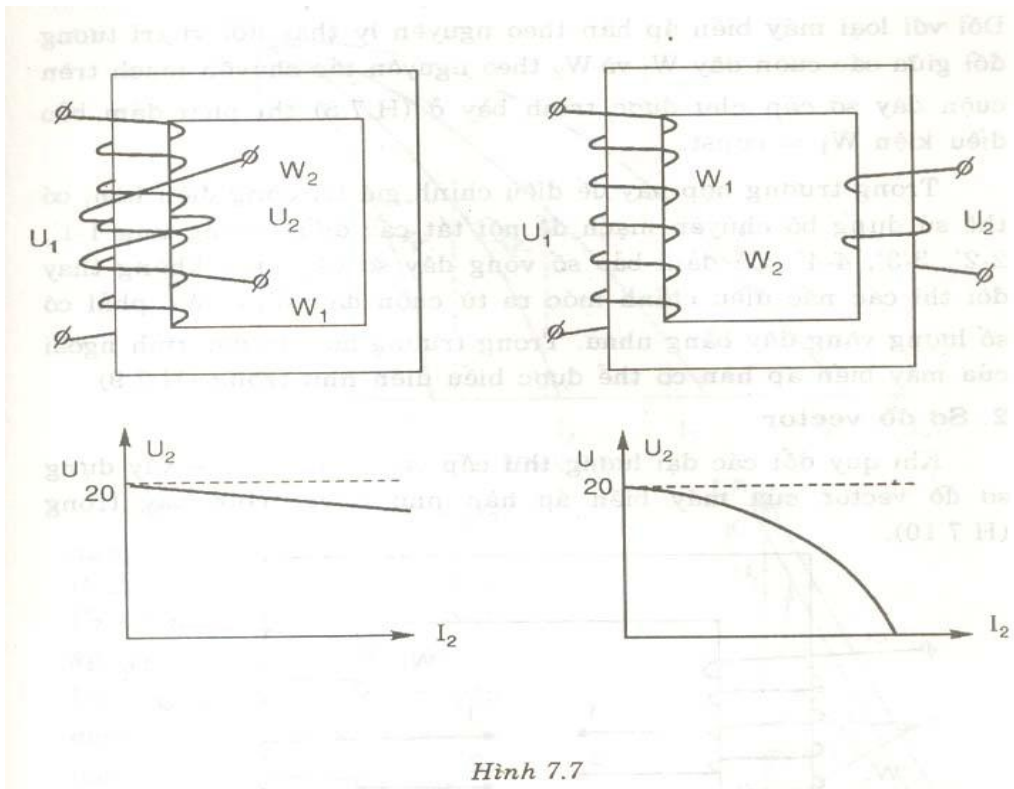


Hình 7.5b



Hình 7.6

Ngoài ra để có thể đạt được đặc tính ngoài dốc và điều chỉnh được giá trị dòng điện hàn, có thể sử dụng nguyên lý làm thay đổi điện kháng tản bằng cách thay đổi vị trí cuộn dây sơ cấp trong mạch từ như được trình bày trong (H.7.7)



Hình 7.7

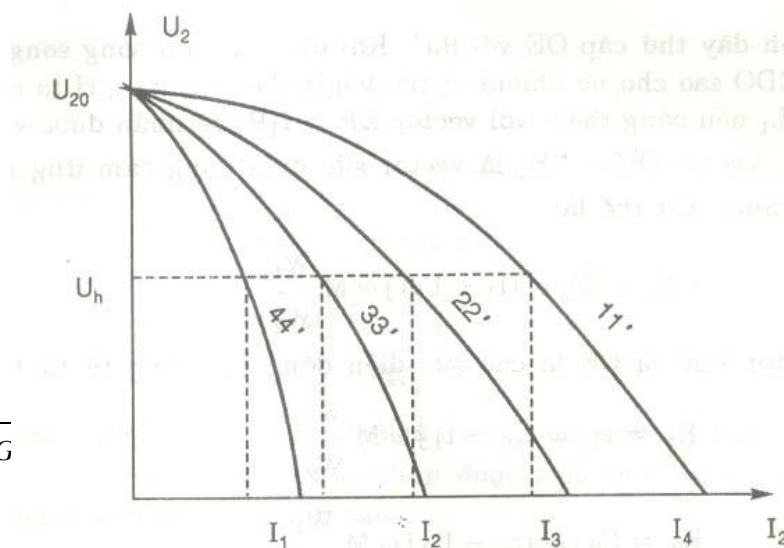
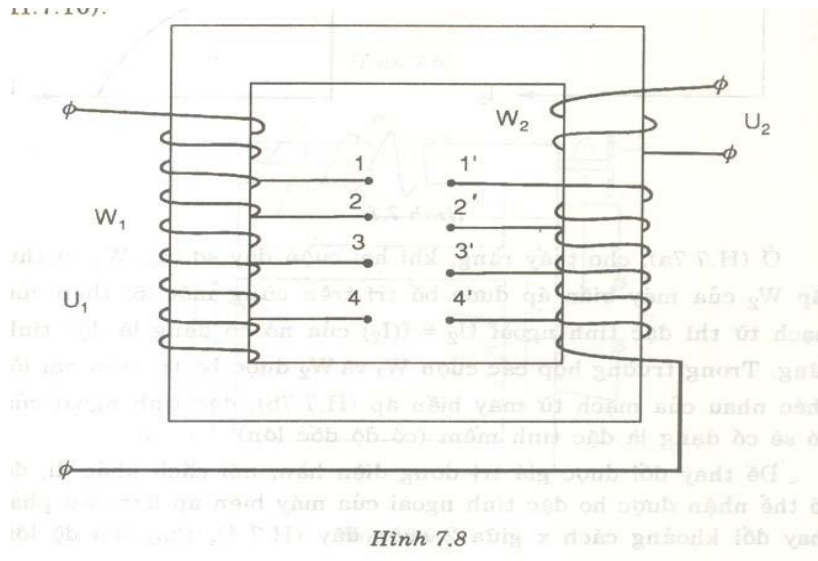
Ở (H.7.7a), cho thấy rằng, khi hai cuộn dây sơ cấp W_1 và thứ cấp W_2 của máy biến áp được bố trí trên cùng một lõi thép của mạch từ thì đặc tính ngoài $U_2 = f(I_2)$ của nó có dạng là đặc tính cứng. Trong trường hợp các cuộn W_1 và W_2 được bố trí trên hai lõi khác nhau của mạch từ máy biến áp (H.7.7b), đặc tính ngoài của nó sẽ có dạng là đặc tính mềm (có độ dốc lớn).

Để thay đổi được giá trị dòng điện hàn, nói cách khác đi, để có thể nhận được họ đặc tính ngoài của máy biến áp hàn cần phải thay đổi khoảng cách x giữa 2 cuộn dây (H.7.4), thay đổi độ lớn ở trong mạch shunt từ của mạch từ máy biến áp (H.7.5 và H.7.6). Đối với loại máy biến áp hàn theo nguyên lý thay đổi vị trí tương đối giữa các cuộn dây W_1 và W_2 theo nguyên tắc chuyển mạch trên cuộn dây sơ cấp như được trình bày ở (H.7.8) thì phải đảm bảo điều kiện $W_1 = \text{const}$.

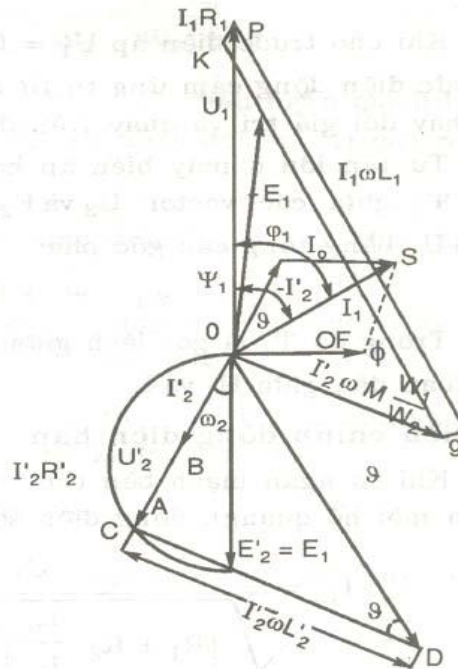
Trong trường hợp này để điều chỉnh giá trị dòng điện hàn, có thể sử dụng bộ chuyển mạch để nối tắt các điểm tương ứng 1-1', 2-2', 3-3', 4-4'. Để đảm bảo số vòng dây sơ cấp luôn không thay đổi thì các nấc điều chỉnh móc ra từ cuộn dây W_1 và W_1' phải có số lượng vòng dây bằng nhau. Trong trường hợp đó đặc tính ngoài của máy biến áp hàn có thể được biểu diễn như trong (H.7.9).

2. Sơ đồ vector :

Khi thay đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp có thể xây dựng sơ đồ vector của máy biến áp hàn như được trình bày trong (H.7.10).



Vì hồ quang chỉ chứa đựng thành phần điện trở thuần nên vector dòng điện $I'_2 = OB$ trùng với vector điện áp $U'_2 = OA$. Vector $AC = I'_2 \cdot R'_2$ là độ rơi điện áp trên cuộn dây thứ cấp W_2 của máy biến áp. Vector $I'_2 \cdot \omega L'_2 = CD$ chính là sức điện động tự cảm và vượt 90° trước vector I'_2 . Còn $I'_1 \cdot \omega M \frac{W_1}{W_2} = OD$: sức điện động của hồ cảm. Vector dòng điện $I_1 = OS$ sẽ vượt trước vector OD 90° , là tổng của các vector $I'_2 = OB$ và vector dòng điện từ hoá $I_\mu = I_0 = OF$. Vector OF vượt trước vector sức điện động của cuộn dây thứ cấp OE với 90° .



Hình 7.10

Khi dịch chuyển song song tam giác ΔEDO sao cho nó chiếm vị trí ΔOgH theo hướng $g.H$ ta có $gK = I_1 \omega L_1$ nếu cộng thêm với vector $KP = I_1 R_1$ sẽ nhận được vector $OP = U_1$. Vector $OH = -E_1$ là vector sức điện động cảm ứng từ từ thông chính. Cụ thể là :

$$-E_1 = E'_2 = (I_1 + I'_2) j \omega M \frac{W_1}{W_2} \tag{7.8}$$

Các vector HK và CE là các sức điện động cảm ứng từ từ thông tản

$$E_{\sigma_1} = I_1 j \omega L_{\sigma_1} - I_1 j \omega M \frac{W_1}{W_2} \tag{7.9}$$

$$E_{\sigma_2} = I_2 j \omega L_{\sigma_2} - I_2 j \omega M \frac{W_1}{W_2}$$

Khi cho trước điện áp $U_1 = OP$ vector EH phụ thuộc vào giá trị sức điện động cảm ứng từ từ thông chính và từ thông tản. Nó sẽ thay đổi giá trị và quay trên đường tròn tâm O .

Từ tản lớn ở máy biến áp hồ quang gây ra sự lệch pha lớn Ψ_2 giữa các vector U_2 và E_2 . Sự lệch pha giữa các vector I_1 và U_1 bằng tổng các góc pha :

$$\varphi_1 = \Psi_{1+} \Psi_2 + v \quad (7.10)$$

Trong đó Ψ_1 là góc lệch pha giữa các vector E_1 và φ_1 , v là góc lệch pha ban đầu giữa I_1 và U_1 .

3. Điều chỉnh dòng điện hàn :

Khi có ngắn mạch bên thứ cấp của máy biến áp hàn (do quá trình môi hồ quang), dòng điện sơ cấp sẽ là :

$$I_{ln} = \frac{U_1}{\left(R_1 + R_2 \cdot \frac{L_{\sigma_1}}{L_{\sigma_{21}}} \right)^2 + (\omega L_{\sigma_1} \cdot \sigma)^2} \quad (7.11)$$

Nếu bỏ quá điện trở thuần của các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp, ta có :

$$Z_n = \omega L_{\sigma_{21}} \cdot I_{ln} = \frac{U_1}{\omega L_{\sigma_1} \cdot \sigma} \quad (7.12)$$

Nhưng vì : $\omega L_{\sigma_{21}} = \frac{W_1^2}{R_\mu}$; suy ra :

$$I_{ln} = \frac{U_1 R_\mu}{W_1^2 \cdot \sigma} = \frac{e \cdot R_\mu}{W_1^2 \cdot \sigma} \quad (7.13)$$

Với e : số vòng / volt; R_μ : từ trở tản của máy biến áp hàn.

Tương tự, có thể nhận được biểu thức về dòng điện ngắn mạch bên thứ cấp như sau :

$$I_{2n} = \frac{U_1 R_\mu}{W_1^2 \cdot \sigma} \cdot \frac{W_1}{W_2} = \frac{e \cdot R_\mu}{W_2 \cdot \sigma} \quad (7.14)$$

Từ biểu thức (7.14) nhận thấy rằng dòng điện ngắn mạch thứ cấp I_{2n} ở $U_1 = \text{const}$ có thể thay đổi khi thay đổi giá trị của một vài đại lượng e , R_μ , W_2 và σ .

Suy ra rằng sự thay đổi dòng điện I_{2n} có thể đạt được khi :

- Thay đổi số vòng dây, kể cả số vòng dây của cuộn dây sơ cấp. Có nghĩa là thay đổi số vòng / volt e .
- Sử dụng shunt từ, trong đó khi thay đổi từ trở của shunt từ, bằng cách thay đổi khe hở không khí δ .
(H.7.5) sẽ làm cho R_μ thay đổi.
- Thay đổi số vòng dây W_2 của cuộn dây thứ cấp máy biến áp hàn.
- Thay đổi đồng thời W_2 và R_μ .
- Thay đổi vị trí của cuộn dây W_1 so với cuộn dây W_2 (H.7.4 và H.7.8), sẽ làm cho R_μ thay đổi.

4. Ví dụ tính toán :

Hãy tính toán máy hàn hồ quang một pha. Dòng điện hàn điều chỉnh bằng cuộn kháng bố trí ngay trên mạch từ máy biến áp (hình 7.6). Máy biến áp có các thông số kỹ thuật chính như sau :

Điện áp sơ cấp định mức : $U_1 = 380V$.

Dòng điện hàn cực đại : $I_{2max} = 550 A$

Chế độ làm việc : $TL = 65\%$.

Điện áp không tải thứ cấp : $U_{20} = 62V$.

Tần số $f = 50 Hz$

Giải :

A. Tính toán máy biến áp giảm áp :

1. Xác định các giá trị tương đương :

$$I_{2t} = I_{2max} \cdot \sqrt{\frac{TL}{100}} = 550 \cdot \sqrt{\frac{65}{100}} = 443A.$$

$$P_2 = I_{2max} \cdot U_{20} = 550 \cdot 62 = 34,1KVA$$

$$P_{2t} = P_2 \cdot \sqrt{\frac{TL}{100}} = 27,5KVA$$

$$P_1 = K_0 \cdot P_2 = 1,08 \cdot 34,1 = 36,8KVA$$

$$P_{1t} = P_1 \cdot \sqrt{\frac{TL}{100}} = 29,7KVA$$

Với : K_0 là hệ số tính đến tổn hao công suất trong lõi thép máy biến áp.

$$I_1 = P_1 / U_1 = 36,8 / 380 = 97A$$

$$I_{1t} = I_1 \cdot \frac{65}{100} = 78,2A$$

2. Chọn giá trị từ cảm : $B = 14000 gauss$

3. Mật độ dòng điện : $J_t = 2,5 A/mm^2$

4. Xác định tiết diện lõi thép :

$$S_a = K_s \sqrt{\frac{P_t \cdot \alpha \cdot 10^6}{f \cdot B \cdot j_t}} = \sqrt{\frac{29700 \cdot 3,5 \cdot 10^6}{50 \cdot 14000 \cdot 2,5}} = 124cm^2$$

Khi cuộn dây có tiết diện hình chữ nhật có thể chọn K_s từ 0,55 đến 0,6.

α : tỷ số giữa trọng lượng sắt trên trọng lượng đồng, chọn $\alpha = 3,5$

$$S = \frac{1}{K_{Fe}} S_a = \frac{1}{0,92} \cdot 124 = 135cm^2$$

K_{Fe} : hệ số ép chặt lõi thép, chọn : $K_{Fe} = 0,92$

Chọn tiết diện lõi thép có dạng hình chữ nhật với tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều sâu $b/a = 1,45$.

$$a = \sqrt{\frac{S}{1,45}} = \frac{135}{1,45} = 9,35cm$$

Chọn $a = 9,3\text{cm}$, vậy $b = S/a = 14,5\text{cm}$.

5. Xác định số vòng dây :

$$\text{Từ đó : } W_1 = \frac{U_1}{e} = \frac{380}{3,89} = 98\text{vong}$$

$$W_2 = W_1 = \frac{U_{20}}{U_1} = 98 \cdot \frac{62}{380} = 16\text{vong}$$

6. Xác định tiết diện và kích thước dây dẫn :

$$q_1 = \frac{I_{lt}}{J_t} = \frac{78,2}{2,5} = 31,2 = a_1 \cdot b_1 = 7,76 \times 5,7\text{mm}^2$$

Vì điều kiện tỏa nhiệt của cuộn dây thứ cấp tốt hơn so với cuộn sơ cấp, chọn mật độ dòng $J_{2t} = 3,2\text{A} / \text{mm}^2$.

$$q_2 = \frac{I_{2t}}{J_{2t}} = \frac{443}{3,2} = 138 = 12,6 \times 6,5 = 2 \times a_2 \times b_2\text{mm}^2$$

7. Cuộn dây sơ cấp và thứ cấp có tiết diện hình chữ nhật và được đặt lồng vào nhau. Cuộn dây sơ cấp đặt bên trong. Các cuộn dây được bố trí ở cả 2 bên lõi của mạch từ và chúng nối tiếp với nhau. Cuộn dây thứ cấp đặt ở bên ngoài và được bố trí cả ở 2 bên lõi của mạch từ và chúng được đấu song song với nhau.

Nếu không có biện pháp đặc biệt cần phải lưu ý thì bề rộng cửa sổ của mạch từ sơ bộ có thể lấy bằng bề rộng của lõi, chiều cao có thể lấy gấp 2 tới 3 lần bề rộng. Nếu cuộn dây sơ cấp quấn thành 1 lớp thì chiều dài của nó sẽ là :

$$H_{cd} = K_{cd} \left(\frac{W_1}{2} + 1 \right) a_1 = 1,05 \left(\frac{98}{2} + 1 \right) 7,76 = 418\text{mm}.$$

Với độ dài như vậy, không thể vừa với cửa sổ của mạch từ, vì vậy chọn cách quấn cuộn dây sơ cấp thành 2 lớp. Cách điện lớp, chọn là bìa dày $0,12\text{mm}$. Lớp thứ nhất được quấn với $W'_1 = 25$ vòng và lớp thứ hai $W''_1 = 24$ vòng. Khi đó

$$H_{cd1} = K_{cd} (W'_1 + 1) a_1 = 1,05 (25 + 1) 7,75 = 212\text{mm}$$

Cuộn dây thứ cấp có thể quấn thành một lớp :

$$H_{cd1} = K_{cd} (W''_1 + 1) a_2 = 1,05 (16 + 1) 12,6 \approx 220\text{mm}$$

Cuộn dây sơ cấp được quấn lên khuôn quấn có kích thước $a_K \times b_K = 105 \times 160\text{mm}^2$. Cạnh khuôn có bán kính $R = 10\text{mm}$. Chiều dài khuôn $L_K = 245\text{mm}$.

Giữa cuộn dây sơ cấp và thứ cấp sẽ chừa rãnh làm mát $\Delta_{12} = 10\text{mm}$.
Kích thước các cuộn dây sẽ là :

$$\delta_1 = m (b_1 + \Delta) K_A = 2 (5,7 + 0,12) 1 \cdot 15 = 13,5\text{mm}.$$

$$\delta_2 = m b_2 \cdot \Delta = 1 \cdot 6,5 \approx 8\text{mm}.$$

$$\delta_{1,2} = \delta_1 + \Delta_{1,2} + \delta_2 = 13,5 + 10 + 8 \approx 31,5\text{mm}.$$

Trong các biểu thức trên :

δ_1 : bề dày cuộn dây sơ cấp

δ_2 : bề dày cuộn dây thứ cấp

$\delta_{1,2}$: tổng bề dày hai cuộn lồng vào nhau.

Khoảng cách giữa trục của 2 lõi của mạch từ :

$$A = a + 2\delta'_{12} + \Delta_{1,2} = 105 + 2 \cdot 31,5 + 10 = 208\text{mm}$$

Cửa sổ mạch từ :

$$C = A - a = 208 - 105 = 103\text{mm}$$

8. Xác định trọng lượng dây quấn điện trở và tổn hao trong cuộn dây :

Chiều dài trung bình của các cuộn dây :

$$\begin{aligned} I_{1tb} &= 2 \left[(q_1 - 2R) + (q_1 - 2R) \right] 2\pi \left(R + \frac{\delta_1}{2} \right) \\ &= 2 \left[(105 - 2 \cdot 10) + (105 - 2 \cdot 10) \right] 2\pi \left(10 + \frac{13,5}{2} \right) \\ &= 450 + 107 = 557\text{mm}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{2tb} &= 2 \left[(q_1 - 2R) + (q_1 - 2R) \right] 2\pi \left(R + \delta_1 + \Delta_{12} + \frac{\delta_2}{2} \right) \\ &= 450 + 235 = 685\text{mm} \end{aligned}$$

$$G_{1cu} = \gamma \cdot I_{1tb} \cdot W_1 \cdot q_1 \cdot 10^{-6} = 8,9 \cdot 557 \cdot 98 \cdot 33,4 \cdot 10^{-6} = 16,5\text{Kg}.$$

$$G_{2cu} = \gamma \cdot I_{2tb} \cdot W_2 \cdot 2q_2 \cdot 10^{-6} = 8,9 \cdot 685 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 67,2 \cdot 10^{-6} = 13\text{Kg}$$

$$r_1 = \rho \frac{I_{1tb} \cdot W_1}{q_1} = 0,0212 \cdot \frac{0,557 \cdot 98}{33,4} = 0,033\Omega$$

$$r_2 = \rho \frac{I_{2tb} \cdot W_2}{q_2} = 0,0212 \cdot \frac{0,685 \cdot 16}{2 \cdot 67,2} = 0,00176\Omega$$

Tổn hao trong các cuộn dây sẽ là :

Ở TL = 100%

$$P_{1cu} = r_1 \cdot I_{1t}^2 = 0,033 \cdot 78,2^2 = 200\text{ W}$$

$$P_{2cu} = r_2 \cdot I_{2t}^2 = 0,00176 \cdot 443^2 = 345\text{ W}$$

Tổng tổn hao trong dây quấn ở TL = 100% - 545 W

Ở TL = 65%

$$P_{1cu} = r_1 \cdot I_1^2 = 0,033 \cdot 100^2 = 330 \text{ W}$$

$$P_{2cu} = r_2 \cdot I_2^2 = 0,00176 \cdot 550^2 = 530 \text{ W}$$

Tổng tổn hao ở TL = 65% - 960 W

9. Xác định trọng lượng mạch từ và tổn hao trong mạch từ.

Mạch từ được làm từ thép kỹ thuật điện ghép mã hiệu 1311 với tổn hao :

$P_{10} = 1,3 \text{ W / Kg}$.

$$\begin{aligned} G_{Fc} &= \gamma \cdot 2(H + B) \cdot S \cdot 10^{-6} \\ &= 7,6 \cdot 2(245 + 300) \cdot 125 \cdot 10^{-6} = 103 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$P_{Fc} = K_f \cdot P_{10} \left(\frac{B}{10.000} \right)^2 \cdot G_e = 1,1 \cdot 1,3 \left(\frac{14000}{10.000} \right)^2 \cdot 103 = 287 \text{ W}$$

10. Tính toán dòng điện không tải :

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{1}{W_1} \left(H \cdot I + \frac{0,8B \cdot n_\delta \cdot \Delta_\delta}{\sqrt{2}} \right) \\ &= \frac{1}{98} \left(4 \cdot 101,2 + \frac{6,8 \cdot 14000 \cdot 4 \cdot 0,003}{\sqrt{2}} \right) = 5,1 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_0 \% = \frac{I_0}{I_{11}} \cdot 100 = \frac{5,1}{97} \cdot 100 = 5,25\%$$

Trong đó :

Δ_δ - khe hở không khí tương đương của mạch từ ở những chỗ ghép, có thể chọn trong khoảng $\Delta_\delta 0,001 = 0,004 \text{ cm}$.

n_δ - số lượng mối ghép của mạch từ.

Từ đường cong từ hoá của thép kỹ thuật điện 1311, tại :

$B = 14000 \text{ gauss}$, xác định $H = 4 \text{ A/cm}$.

$$\begin{aligned} I &= 2(H + C) + 2\pi a / 2 = 2(245 + 115) + 2\pi \frac{93}{2} \\ &= 1012 \text{ mm} = 101,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

11. Hiệu suất :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{2a}}{P_{2a} + P_{cu} + P_{Fc}} \cdot 100 = \frac{30.550}{30.550 + 860 + 287} \cdot 100 \\ &= \frac{16500}{17647} \cdot 100 = 93,5\% \end{aligned}$$

12. Xác định điện áp ngắn mạch :

$$\begin{aligned} r_n &= r_1 + r'_2 = r_1 + r_2 \left(\frac{W_1}{W_2} \right)^2 \\ &= 0,033 + 0,00176 \cdot \left(\frac{98}{16} \right)^2 = 0,099 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_p &= \Delta_{12} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{3} = 1,0 + \frac{13,5 + 8}{3} = 1,71 \text{ cm} \\ U_{r2} \% &= \frac{4 \cdot f \cdot W_2 \delta \cdot I_{lb} \cdot 10^{-6}}{e l_\delta} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 550 \cdot 16 \cdot 1,71 \cdot 68,5 \cdot 10^{-6}}{3,89 \cdot 24,5} \\ &= 2,26\% \\ U_r \% &= U_{r1} + U_{r2} = 1,9 + 2,26 = 4,16\% \\ x_n &= \frac{U_r \% + U_1}{100 I_1} = \frac{4,16 \cdot 380}{100 \cdot 97} = 0,163 \Omega \\ Z_n &= r_n^2 + x_n^2 = 0,099^2 + 0,163^2 = 0,19 \Omega \\ U_n \% &= \frac{Z_n + I_1}{U_1} \cdot 100 = \frac{0,19 \cdot 97}{380} = 4,85\% . \end{aligned}$$

13. Tính toán phát nóng.

Cuộn dây sơ cấp.

Bề mặt trong và ngoài của cuộn dây :

$$S_1 = 2H \cdot 2l_{tb} = 2 \cdot 21,2 \cdot 55,7 = 4700 \text{ cm}^2$$

Bởi vì các bề mặt tỏa nhiệt của cuộn dây sơ cấp đều nằm bên trong cuộn dây thứ cấp, vì vậy :

$$\begin{aligned} S_{lm} &= 0,5 \cdot S_1 = 2350 \text{ cm}^2 \\ \Delta\theta_1 &= \frac{P_{lcu}}{\alpha \cdot S_{lm}} \cdot 10^4 = \frac{200 \cdot 10^4}{13 \cdot 2350} = 65,5^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

Cuộn dây sơ cấp có 2 lớp, có bề dày nhỏ và tỏa nhiệt cả ở 2 phía của cuộn dây, vì vậy cách nhiệt giữa nhiệt độ bên trong bề dày cuộn dây và ở trên bề mặt của nó vào khoảng 3-4⁰C.

Cuộn dây thứ cấp.

Bề mặt ngoài cuộn dây thứ cấp hở ra ngoài không khí vì vậy bề mặt tỏa nhiệt chung sẽ là bề mặt ngoài cộng thêm một nửa bề mặt trong.

$$\begin{aligned} S_{2m} &= 2H \cdot 150 \cdot l_{2tb} = 2 \cdot 22 \cdot 150 \cdot 68,5 = 4500 \text{ cm}^2 \\ \Delta\theta_2 &= \frac{P_{2cu}}{\alpha \cdot S_{2m}} \cdot 10^4 = \frac{345 \cdot 10^4}{13 \cdot 4500} = 59^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

B. Tính toán cuộn kháng :

Cuộn kháng được bố trí trên cùng một mạch với máy biến áp (H.7.6)

1. Độ rơi điện áp trong cuộn dây :

2. Từ cảm trong lõi thép : $B = 11.500$ gauss

3. Tiết diện lõi : $b_{CK} = b = 145$ mm.

$$\text{Chọn } a_{CK} = 105\text{mm}, S_a = K_{Fe} \cdot a_{CK} \cdot b_{CK} = 134\text{cm}^2$$

4. Xác định số vòng dây :

Số vòng / volt

$$e_{CK} = \frac{1}{450.000} \cdot B \cdot S_a = \frac{1}{450.000} \cdot 11500 \cdot 134 = 3,43(\text{v} / \text{vong})$$

$$W_{CK} = \frac{U_{CK}}{e_{CK}} = \frac{54,5}{3,43} = 16\text{vong}$$

5. Mật độ dòng – Chọn $j = 3$ A/mm²

6. Tiết diện dây dẫn :

$$q_{CK} = \frac{J_{2t}}{j} = \frac{443}{3} \approx 150(\text{mm}^2)$$

7. Các định kích thước cuộn dây :

Cuộn dây được quấn từ thanh đồng trần có kích thước : $a \times b = 5 \times 30\text{mm}^2$ quấn bề lưng. Các vòng dây cách nhau $\Delta = 3\text{mm}$. Bề cao cuộn dây :

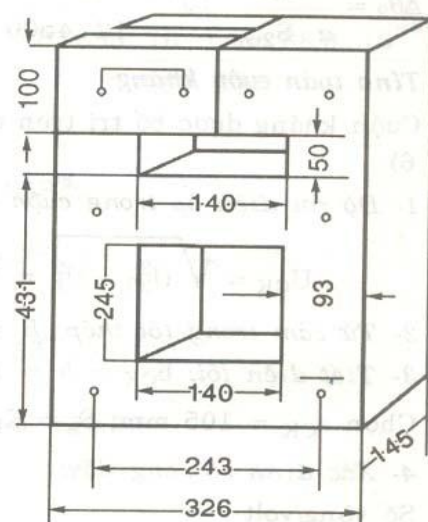
$$\begin{aligned} L_{CK} &= a (W_{CK} + 1) (W_{CK} - 1) \Delta \\ &= 5 a (16 + 1) + (16 - 1) \cdot 3 = 130 (\text{mm}). \end{aligned}$$

Cách điện lót giữa cuộn dây và mạch từ có bề dày là 5mm, khi đó bề rộng cửa sổ sẽ là :

$$\begin{aligned} C &= L_{CK} + 2.5 \\ &= 130 + 2.5 \\ &= 140 (\text{mm}) \end{aligned}$$

Hình dạng của mạch từ máy hàn được trình bày trong (H.7.11). Trọng lượng mạch từ :

$$G_{Fe} = 112 \text{ Kg.}$$



Hình 7.11

Tổn hao :

$$P_{Fe} = 312 \text{ W}$$

$$I_o = 5,28 \text{ A}$$

Chiều dài trung bình của vòng dây của cuộn kháng :

$$\begin{aligned} L_{CKtb} &= 2 [(a_{CK} - 2R) + (b_{CK} - 2R) + 2\pi (25 + 25/2)] \\ &= 2 [(150 - 2,25) + (225 - 2,25) + 2\pi (25 + 25/2)] = 745 \text{ mm} \end{aligned}$$

Trọng lượng cuộn dây :

$$G_{CK} = \gamma \cdot W_{CK} \cdot l_{tb} \cdot q \cdot 10^{-5} = 8,9 \cdot 16 \cdot 74,5 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 16 \text{ Kg}$$

$$r_{CK} = \rho \frac{l_{tb} \cdot W}{q} = \frac{0,745 \cdot 16}{150} = 0,0017 (\Omega)$$

Bố trí cuộn kháng trên mạch từ máy biến áp được mô tả như ở trong (H.7.12)

8. Tổn hao trong cuộn kháng sẽ là :

$$\text{Ở TL} = 65\% \quad P_{CK} = r_{CK} \cdot I_2^2 = 0,0017 \cdot 550^2 = 514 \text{ (W)}$$

$$\text{Ở TL} = 100\% \quad P_{CK} = 0,0017 \cdot 443^2 = 333 \text{ (W)}$$

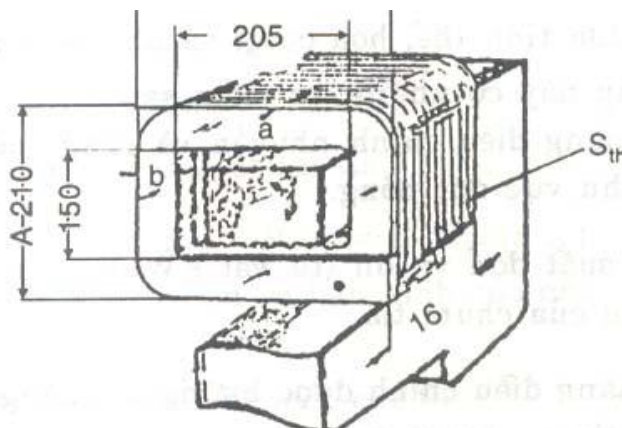
9. Mạch từ cuộn kháng :

$$\begin{aligned} G_{Fe_{CK}} &= G_g + G_1 = \gamma \cdot S_{CK} (C + 2a) \cdot 10^{-3} + \lambda \cdot S \cdot 2H \cdot 10^{-3} \\ &= 7,6 \cdot 134 (14 + 2 \cdot 9,3) \cdot 10^{-3} + 7,6 \cdot 125 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 43 \text{ (Kg)} \end{aligned}$$

Tổn hao :

$$\begin{aligned} P_{Fe_{CK}} &= P_g + P_1 = K\mu \cdot P_{10} \left(\frac{B_g}{10000} \right)^2 G_g + K\mu P_{10} \left(\frac{B_1}{10000} \right) G_1 \\ &= 1,1 \cdot 1,3 \cdot \left(\frac{11500}{10000} \right)^2 \cdot 33,2 + 1,1 \cdot 1,3 \cdot \left(\frac{12300}{10000} \right) \cdot 9,5 \\ &= 62 + 21 = 83 \text{ (W)} \end{aligned}$$

$$B_1 = B \cdot \frac{S_g}{S_1} = 11500 \cdot \frac{134}{125} = 12300 \text{ (gauss)}$$



CHƯƠNG 8

THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG NHỜ CHÙM TIA ELECTRON

-----oOo-----

8.1. CƠ SỞ VẬT LÝ – KỸ THUẬT CỦA ĐỐT NÓNG NHỜ CHÙM TIA ELECTRON :

Đốt nóng nhờ chùm tia electron được ứng dụng trong các công nghệ hàn, nấu chảy kim loại đặc biệt là đối với các vật liệu khó nóng chảy và vật liệu có tính tích cực hóa học cao, trong công nghệ thu nhận đơn tinh thể, hoá cứng và phủ bề mặt kim loại.

Phương pháp này có những ưu điểm sau :

- Có khả năng điều chỉnh nhuyễn và rộng suất năng lượng trong khu vực đốt nóng.
- Có công suất đơn vị lớn (từ vài KW đến vài MW) ở vị trí tác động của chùm tia.
- Có khả năng điều chỉnh được hướng tác động của chùm tia nhờ hệ thống tạo từ trường.
- Có khả năng gia công trên một khu vực có kích thước rất nhỏ của chi tiết.

Nhược điểm chủ yếu của phương pháp gia công nhờ chùm tia electron là phải đảm bảo độ chân không cao, quá trình chuẩn bị cho việc gia công phức tạp, trang thiết bị đắt tiền và vận hành phức tạp.

Trong thiết bị loại này, chùm tia electron làm nhiệm vụ chuyển năng lượng từ bộ phát xạ đến sản phẩm. Trên hành trình của mình các electron được gia tốc và nhận động năng tỷ lệ với tốc độ, nhờ đó chúng có thể chuyển năng lượng đến đối tượng gia công.

Các electron trong hành trình của mình sẽ bị mất mát năng lượng khi chúng bị va đập với các nguyên tử và phân tử trung hoà, vì vậy cần phải đảm bảo độ chân không cao trong buồng công tác của thiết bị. Ngoài ra, điều này rất cần thiết để bảo vệ cho catot khỏi bị các ion dương bắn phá.

Năng lượng mà electron thu nhận khi thoát ra khỏi catot và được gia tốc bằng điện trường.

$$W_e = m_e \cdot v^2/2 = e_0 \cdot U \quad (8.1)$$

Ở đây : m_e . e_0 là khối lượng và điện tích electron.

U – điện áp đặt giữa các điện cực (V)

Công suất của chùm tia electron.

$$P_t = I_t \cdot U_{gt} \quad (8.2)$$

Với I_t – dòng điện chùm tia A.

U_{gt} – điện áp gia tốc (V)

Công suất đơn vị của chùm tia.

$$P_{td} = P_t / S_t = I_t \cdot U_{gt} / (\pi r_t^2) \quad (8.3)$$

Trong (8.3) : S_t , r_t – tiết diện và bán kính của chùm tia trên bề mặt chi tiết.

Tốc độ electron trên bề mặt chi tiết :

$$v = \sqrt{2e_0 U_{gt} / m_e} \quad (8.4)$$

Độ thấm sâu của electron (m) với năng lượng 5 đến 100 eV, có thể xác định bởi công thức :

$$b = 2,1 \cdot 10^{-17} \cdot U_{gt} \cdot \gamma \quad (8.5)$$

với γ - mật độ vật chất kg/m^3

khi bề mặt kim loại bị chùm tia electron bắn phá, nó bị nóng lên đến nhiệt độ 11000°K và lớn hơn. Vì vậy nó sẽ trở thành nguồn phát xạ electron thứ hai.

Công suất phát xạ electron nhiệt :

$$P_{px} = I_{px} / e_0 (\varphi + 2KT) \quad (8.6)$$

Trong đó :

I_{px} – dòng điện phát xạ nhiệt.

φ = công của electron thoát ra từ điện cực của cathode (eV)

K – hằng số Boltzmann, T – nhiệt độ ($^{\circ}\text{K}$)

Tuy công suất phát xạ electron nhiệt nhỏ nhưng dòng điện hấp thu vào trong thành của buồng đốt có thể đạt giá trị từ vài chục tới vài trăm ampère. Ngoài ra, một phần của chùm tia bị phản xạ từ bề mặt và được hấp thu vào trong thành của buồng đốt. Tất cả các hiện tượng vừa nêu làm cho công suất tổn hao của chùm tia electron lên đến từ 5 – 10% đối với kim loại nhẹ và từ 15 – 25% đối với kim loại nặng (có tỷ trọng lớn) và ảnh hưởng đến sự cân bằng của thiết bị.

8.2. KẾT CẤU THIẾT BỊ CHÙM TIA ELECTRON :

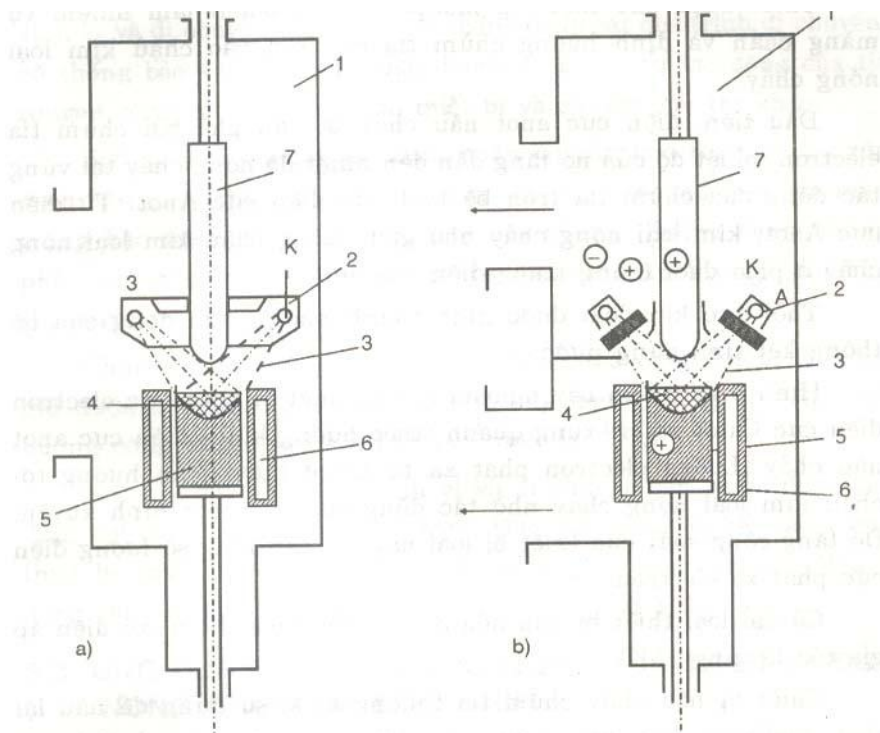
Tất cả các thiết bị chùm tia electron đều có các hệ thống chung, giống nhau về chức năng công tác và về nguyên lý hoạt động. Kết cấu thiết bị chùm tia electron bao gồm hai khối chính : khối năng lượng và khối cơ cấu.

1. Khối năng lượng :

Khối này bao gồm súng phóng electron cùng với bộ cung cấp nguồn và hệ thống điều khiển hướng tác động của chùm tia electron.

Súng phóng electron là thiết bị, ở đó tạo ra sự phát xạ electron từ điện cực catot và hình thành chùm tia electron trong điện trường và từ trường.

Phần lớn các thiết bị đốt nóng nhờ chùm tia electron là thiết bị nấu chảy kim loại.



1- Buồng công tác; 2 - Catot; 3 - Chùm tia electron;
4 - Chậu kim loại nóng chảy; 5 - Thỏi kim loại đúc; 6 - Bể kết tinh;
7 - Điện cực anot; 8 - Anot

Hình 8.1

Sơ đồ đơn giản nhất là sơ đồ thiết bị chùm tia electron có điện cực hình xuyên (H.8.1a). ở đây anot chỉ làm nhiệm vụ nấu chảy kim loại.

Điện cực catot được đốt nóng tới nhiệt độ 2500°K do dòng điện chảy qua dây dẫn điện hình xoắn lò xo, được làm từ wolfram.

Anot – điện cực nấu chảy đồng thời cũng là chậu kim loại nóng chảy và thỏi kim loại đúc.

Catot được phủ một lớp molibden (Molybden) làm nhiệm vụ màng chắn và định hướng chùm tia electron vào chậu kim loại nóng chảy.

Đầu tiên, điện cực anot nấu chảy bị bắn phá bởi chùm tia electron, nhiệt độ của nó tăng dần đến nhiệt độ nóng chảy tại vùng tác động của chùm tia electron trên bề mặt của điện cực anot. Từ điện cực anot, kim loại nóng chảy nhỏ giọt xuống chậu kim loại nóng chảy ở phía dưới (cũng mang điện thế dương).

Thỏi đúc kim loại được hình thành nhờ sự tác động của hệ thống kết tinh dùng nước.

Hình 8.1b : trình bày nguyên lý của thiết bị chùm tia electron điện cực Catot bố trí xung quanh (theo hướng kính) điện cực anot nấu chảy. Luồng electron phát xạ từ catot được định hướng tới chậu kim loại nóng chảy nhờ tác động của các anot hình xuyên. Để tăng công suất của thiết bị loại này thì cần tăng số lượng điện cực phát xạ electron.

Cả hai loại thiết bị vừa nêu ở trên đều hoạt động với điện áp gia tốc khoảng 15KV.

Thiết bị nấu chảy chùm tia thường được sử dụng để nấu lại thép, molibden, niobium và các chất khó nấu chảy, có tính tích cực hóa học cao.

Công suất thiết bị có thể dao động từ 50 đến 2000KW.

Nguồn cung cấp cho các thiết bị chùm tia electron thường là các thiết bị điện một chiều, điện áp cao bao gồm : máy biến áp tăng áp, thiết bị chỉnh lưu dòng điện xoay chiều điện áp cao. Có thể ghép từ các đèn tistatron (thyatron) hoặc từ diode selene hoặc silicium.

Catot là một trong các thành phần quan trọng nhất của thiết bị, được chế tạo từ các kim loại khó nóng chảy như : W, Ta, Mo.

2. Khối cơ cấu :

Bao gồm buồng công tác, hệ thống tạo chân không, hệ thống định vị và di chuyển sản phẩm, hệ thống quan sát quá trình di chuyển, hệ thống bảo vệ nhân viên điều hành để tránh sự tác động của tia rơngen cộng với hàng loạt các thiết bị và cơ cấu phụ trợ khác.

Buồng chân không là thành phần cơ bản của thiết bị, nó xác định loại quy trình công nghệ và là thành phần phức tạp và quan trọng bậc nhất trong khối cơ cấu nói chung. Buồng chân không phải kín, bền vững, vật liệu cấu tạo buồng chân không phải hấp thu được tia rơngen.

Chức năng quan trọng của hệ thống tạo chân không là phải giữ được độ chân không cần thiết trong buồng công tác. Áp suất buồng công tác là vào khoảng 10^{-1} đến 10^{-4} Pa.

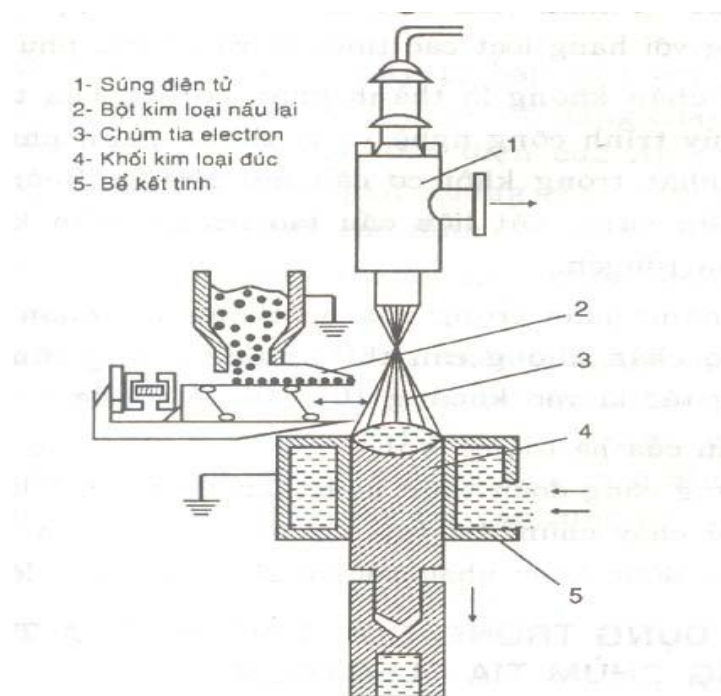
Kết cấu của hệ thống định vị và di chuyển sản phẩm được xác định bởi dạng công đoạn thực hiện. Đơn giản nhất là kết cấu trong thiết bị nấu chảy chùm tia, tuy vậy cũng phải đảm bảo từ 5 đến 6 dạng chuyển động khác nhau với sai số vị trí từ 1 đến 5 μm .

8.3. ỨNG DỤNG TRONG CÔNG NGHỆ CỦA THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG CHÙM TIA ELECTRON :

Các công đoạn công nghệ cơ bản của đốt nóng nhờ thiết bị chùm tia electron có thể phân chia một cách tương đối thành 4 nhóm : nấu chảy (công nghệ nấu chảy trong chân không, nấu chảy cục bộ), làm bốc hơi (làm bốc hơi trong chân không, gia công kích thước nhờ chùm tia electron), xử lý nhiệt (không làm thay đổi trạng thái liên hợp của vật chất), hàn.

1. Công nghệ nấu chảy :

Chùm tia electron trong chân không được ứng dụng trong những trường hợp cần phải nhận được kim loại có độ tinh khiết rất cao. Phương pháp này có ưu điểm so với nấu chảy trong lò hồ quang chân không và lò cảm ứng vì nó cho phép có sự tinh luyện kim loại nóng chảy trong chậu sau khi đã chấm dứt giai đoạn làm chảy điện cực, cũng như thực hiện các quá trình lý hoá khác, mà trong các lò chân không dạng khác không thể thực hiện được một cách hoàn toàn hoặc hoàn toàn không thể thực hiện được.



Hình 8.2

Đối với các quá trình công nghệ có liên quan đến việc đốt nóng vật chất trong thiết bị chùm tia electron. Suất năng lượng cần thiết của chùm tia là :

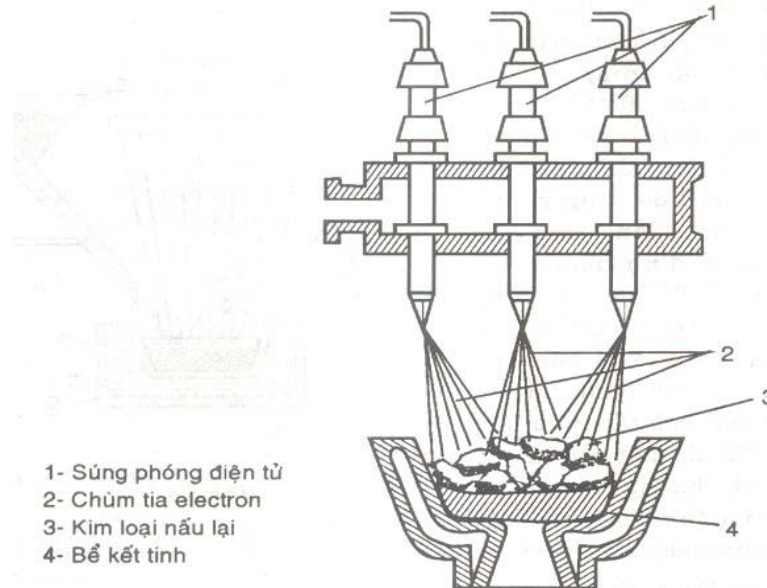
$$N_s = 3,47 \lambda T_{nc} \frac{1}{d_s \lg(d_s / d_0)} \quad (8.7)$$

- Ở đây :
- N_s – suất năng lượng.
 - d_s – đường kính chấu kim loại nóng chảy m
 - λ - hệ số dẫn nhiệt của kim loại W/m^0K
 - T_{nc} – nhiệt độ nóng chảy, 0K
 - d_o – đường kính của phần có nhiệt độ không đổi.

Đóng vai trò quan trọng trong công nghệ nấu chảy nhờ chùm tia electron là chân không.

1. Trong chân không diễn ra sự tách khí khỏi kim loại một cách mau chóng. Nhờ đó làm cho các tính chất cơ của kim loại tốt lên, đặc biệt là tính đàn hồi.
2. Một vài tạp chất bị phân rã khi bị đốt nóng trong môi trường chân không, nhờ kim loại có thể được tinh luyện trong các thiết bị chùm tia electron.
3. Khi nấu chảy kim loại trong chân không một cách liên tục sẽ diễn ra sự tách các sản phẩm tạo khí ra khỏi khu vực phản ứng.

Sự nấu chảy kim loại ở dạng bột, hạt được trình bày trong các (H.8.2) và (H.8.3).



Hình 8.3

2. Sự bốc hơi trong chân không :

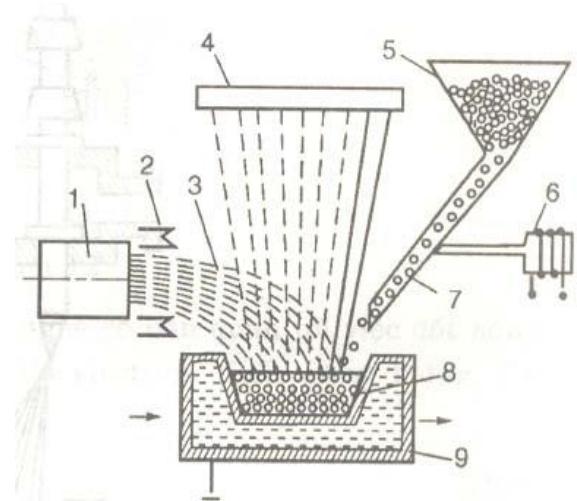
Khi đốt nóng vật liệu bằng chùm tia electron có thể ứng dụng trong công nghệ bay hơi, nhờ đó có thể nhận được lớp phủ (mạ) bề mặt tốt. Khác với các phương pháp khác năng lượng làm bốc hơi vật liệu tác động trực tiếp lên bề mặt

vật liệu bốc hơi. Điều này cho phép làm bốc hơi vật liệu ngay trong bể kết tinh bằng nước, vì vậy nó đặc biệt quan trọng khi phải xử lý các vật liệu có tính tích cực hoá học và khó nóng chảy.

Mạ bay hơi nhờ chùm tia electron được ứng dụng trong công nghiệp vi điện tử để tạo lớp phủ kim loại khác nhau lên bằng thép, có thể tạo lớp mạ kim loại lên trên nền của các vật liệu khác như : SiO_2 , Al_2O_3 hoặc các loại kính ...

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị chùm tia electron dùng để mạ bay hơi được trình bày trong (H.8.4).

Từ phế liệu 5 chất bay hơi được đưa vào trong bể kết tinh dùng nước 9 thông qua vòi 7 được bộ làm rung 6 tác động lên. Đường đi của chùm tia electron 3 do súng phóng 1 tạo ra, được làm cong nhờ hệ thống 2, định hướng vào chất bay hơi 8. Dưới tác động của chùm tia electron lên chất bốc hơi, nó bị bốc hơi, các hạt bay hơi đọng lại lên trên bề mặt của tấm phủ nền 4 hình thành lớp xi mạ tốt. Định hướng chùm tia nhờ từ trường cho phép đặt súng phóng electron ở vị trí bất kỳ.



Hình 8.4

3. Gia nhiệt nhờ tác động của chùm tia :

Chủ yếu là do tác động của chùm tia electron lên trên bề mặt của chi tiết gia nhiệt một cách cục bộ. Ngoài ra còn có thể ứng dụng để ủ vật liệu trong chân không để làm tăng tính đàn hồi của nó và làm sạch bề mặt chi tiết nhờ chất khí hấp thụ.

4. Hàn nhờ tác động chùm tia electron :

Là một trong các ứng công nghệ phổ biến nhất nhờ chùm tia electron, được tiến hành nhờ chùm tia electron, được tiến hành nhờ chùm tia electron mảnh được chiếu tới mối ghép giữa các chi tiết và đốt nóng nó lên đến nhiệt độ nóng chảy. Đường hàn nhờ chùm tia electron sạch, không bị lẫn khí, các chất oxit và tạp chất. Năng lượng làm nóng chảy vật chất nhỏ hơn nhiều so với năng lượng dùng trong các phương pháp hàn dạng khác, điều này có được là do sự tập trung năng lượng cao ở tiêu điểm của chùm tia electron.

Thông thường độ sâu của lớp kim loại nóng chảy nhờ tác động của chùm tia có thể lớn hơn bề rộng của mối hàn. Nó phụ thuộc vào tốc độ hàn và nhiệt độ đốt nóng sơ bộ vật hàn.

Thiết bị hàn chùm tia electron có thể được chia ra thành 2 loại : thiết bị điện áp thấp làm việc với điện áp gia tốc đến 15 – 20KV và thiết bị điện áp cao, làm việc với điện áp gia tốc đến 150 – 200KV.

Kết cấu thiết bị hàn làm việc với điện áp gia tốc đến 15 – 20KV, không khác nhiều so với thiết bị chùm tia electron dùng ở các công nghệ khác. Tuy vậy, cũng có một vài điểm khác biệt về phương diện kết cấu cũng như sơ đồ. Trong thành phần kết cấu của thiết bị hàn chùm tia electron có thêm một số bộ phận đặc biệt : buồng hàn chân không với hệ thống bơm chân không, súng phóng electron với nguồn cao áp một chiều.

Buồng chân không thường được trang bị hệ thống dẫn nước làm mát, hệ thống cung cấp năng lượng cho catot, cho hệ thống tạo từ trường Buồng chân không được bố trí các cửa đặc biệt để có thể đưa các chi tiết gia công cũng như các dụng cụ phục vụ cho quá trình công nghệ vào, ngoài ra xung quanh được lắp đặt các dụng cụ để xác định mức độ chân không ở các phần khác nhau của buồng chân không.

Hiện nay, công nghệ gia công chùm tia electron đang được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp.

CHƯƠNG 9

THIẾT BỊ LASER

-----oOo-----

9.1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CƠ BẢN CỦA LASER :

Nguyên lý cơ bản của máy phát laser là sự phát ra sóng ánh sáng đơn sắc dưới tác động của sự bức xạ cảm ứng (cưỡng bức). Laser là chữ viết tắt của câu tiếng Anh “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”.

Theo định luật cơ học lượng tử, năng lượng của sự chuyển động tương đối của hệ thống các phân tử liên kết bất kỳ không phải là tùy ý, mà được xác định bởi hàng loạt giá trị, được gọi là các mức năng lượng $E_0, E_1, E_2, E_3, \dots$ nằm trong hệ thống phổ năng lượng.

Trong trạng thái cân bằng nhiệt động, phân bố nguyên tử theo các mức năng lượng khác nhau tuân thủ theo định luật Boltzmann :

$$N_2/N_1 = e^{-(E_2 - E_1)/KT} \quad (9.1)$$

ở đây : N_1, E_1, N_2, E_2 – tương ứng được gọi là số lượng nguyên tử và năng lượng của chúng ở mức 1 và 2.

K – hằng số Boltzmann.

T – nhiệt độ.

Trạng thái của một phân tử bất kỳ có thể thay đổi, khi nó tác động tương hỗ với trường điện từ hoặc với các phân tử khác.

Khi chuyển năng lượng từ mức cao E_n xuống mức thấp E_m , các phân tử phát xạ sóng điện từ. Tần số của các sóng điện từ ν được xác định bởi biểu thức:

$$\nu = (E_n - E_m)/h \quad (9.2)$$

với : $h = 6,62.10^{-34}$ (J.sec) – là hằng số Planck.

Ngược lại, khi chuyển năng lượng lên mức cao, các phân tử có thể hấp thụ sóng điện từ cùng tần số.

Như vậy, trong các trạng thái dừng của nguyên tử, electron chỉ chuyển động xung quanh hạt nhân theo những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là quỹ đạo dừng.

Sóng điện từ ở tần số bất kỳ, kể cả sóng ánh sáng tự bản chính là dòng của các tầng năng lượng – các photon có tần số khác nhau. Năng lượng của một photon chính bằng: $E_n - E_m = h. \nu$

Công thức (9.2) phản ánh luật bảo toàn năng lượng khi có sự tác động tương hỗ của các photon bằng nhau. Theo đó, năng lượng phát xạ hoặc hấp thụ photon được xác định bởi sự thay đổi năng lượng của nguyên tử:

Như vậy, sự thay đổi trạng thái dừng của các nguyên tử chỉ xảy ra khi có sự tác động tương hỗ với photon ở tần số cộng hưởng ν_{nm}

$$\nu_{nm} = E_n - E_m \quad (9.3)$$

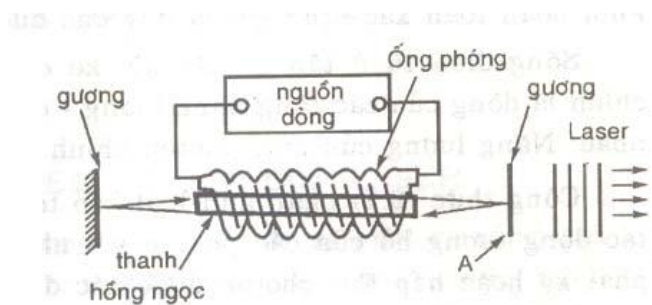
Theo thuyết lượng tử của Anhtan, quá trình tác động tương hỗ giữa sóng điện từ và vật chất bao gồm 3 tác động cơ bản: hấp thụ photon, phát xạ photon tự nhiên, phát xạ photon cưỡng bức. Nếu nguyên tử nằm ở trạng thái kích thích, tức năng lượng của nó vượt quá giá trị cho phép ở trạng thái dừng xác lập thì trạng thái kích thích đó không còn tồn tại được lâu. Ngay cả khi hoàn toàn cô lập với môi trường bên ngoài các nguyên tử kích thích sau một thời gian ngắn cũng tự chuyển về mức năng lượng thấp hơn và phát xạ photon. Sự chuyển trạng thái như vậy gọi là sự phát xạ photon tự nhiên và có kèm theo tiếng ồn.

Khi các nguyên tử bị tác động bởi sóng điện từ có tần số cộng hưởng chúng có thể chuyển trạng thái sang mức năng lượng thấp và phát xạ photon có cùng tần số, độ phân cực và có khả năng lan truyền. Sự chuyển trạng thái như vậy được gọi là sự phát xạ photon cảm ứng hay cưỡng bức.

Trong một máy phát laser bất kì đều ứng dụng hiện tượng phát xạ cưỡng bức. Môi trường gây ra và giữ cho các nguyên tử ở trong trạng thái kích thích là do năng lượng được cung cấp từ bên ngoài.

Nguyên lý làm việc của máy laser dùng thanh hồng ngọc làm chất kích thích sự phát xạ photon cưỡng bức được trình bày trong (H.9.1)

Hồng ngọc tổng hợp được chế tạo từ oxyde nhôm nóng chảy cộng thêm từ 0,04 đến 0,05% nguyên tử Crom hóa trị 3. Nguyên tử này được đặt trong trạng thái tĩnh và có mức năng lượng thấp. Dưới tác động của các photon phát ra từ đèn phát xung, các nguyên tử Crom (chrome) sẽ bị kích thích và chuyển sang mức năng lượng cao hơn.

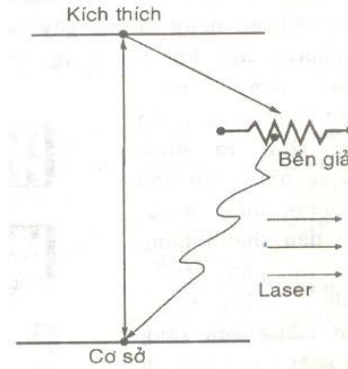


Hình 9.1

Để tạo ra được tia laser phải chọn được vật chất mà nguyên tử của nó không chuyển trạng thái từ kích thích sang trạng thái cơ sở quá nhanh chóng, mà phải có khả năng giữ được ở một trạng thái trung gian trong một thời gian lâu dài. Trạng thái này được gọi là trạng thái “bền giả” (trạng thái dừng tạm thời). Nguyên tử được giữ ở trạng thái bền giả cho đến khi chúng bị cưỡng bức trở về trạng thái cơ sở ban đầu nhờ sự tác động của photon.

Chiều dài sóng photon bức xạ khi nguyên tử chuyển từ trạng thái bền giả sang trạng thái cơ sở đúng bằng chiều dài của sóng ánh sáng, nhờ đó sự chuyển trạng thái này có thể thực hiện được nhờ đèn phát xung. Trong chùm tia laser, chỉ cần nguyên tử chuyển trạng thái từ bền giả sang trạng thái cơ sở và phát xạ photon cũng đủ kích thích để cho các nguyên tử bền giả khác chuyển trạng thái.

Toàn bộ quá trình phát laser diễn ra trong hai giai đoạn như được mô tả trong (H.9.2). Ba đường ngang trong hình biểu diễn ba mức năng lượng của vật chất, các mũi tên biểu diễn khả năng chuyển đổi của chúng.



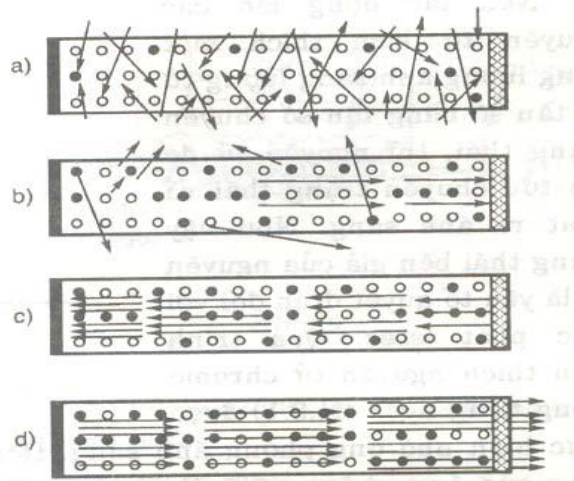
Hình 9.2.

Nếu tác động lên các nguyên tử kích thích một năng lượng ánh sáng lượng tử có tần số bằng tần số chuyển trạng thái, thì nguyên tử đó lập tức chuyển trạng thái và phát ra ánh sáng. Như vậy trạng thái bền giả của nguyên tử là yếu tố quyết định đối với việc phát laser. Quá trình kích thích nguyên tử chrome trong hồng ngọc (H.9.1) được thực hiện nhờ ống phóng ánh sáng. Đồng thời cũng nhờ sự chớp sáng của ống phóng nối với nguồn cung cấp làm cho nguyên tử kích thích trở về trạng thái dừng cơ sở và phát ra photon, sự trở về này có tính lan truyền vì vậy trong thanh hồng ngọc xuất hiện luồng ánh sáng photon có cùng tần số. Nếu luồng ánh sáng này được phản xạ nhiều lần qua các gương phản xạ đặt ở hai đầu thanh hồng ngọc thì sẽ nhận được tia laser. (luồng ánh sáng đơn sắc có cùng tần số, cùng chiều và cùng pha.)

Quá trình hình thành tia laser được mô phỏng trong (H.9.3.a,b,c,d).

Các nguyên tử crom ở trạng thái chưa bị kích thích (các chấm đen trong hình) dưới tác động của photon (các mũi tên) sẽ chuyển sang trạng thái kích thích (các chấm trắng), đồng thời khi bị photon tác động lên, các nguyên tử kích thích chuyển trạng thái sang mức năng lượng thấp hơn và phát ra năng lượng dưới dạng dao động điện từ (photon) trong giấy phở thấy được. Một phần năng lượng phát ra từ nguyên tử bị tản ra xung quanh thành của thanh hồng ngọc (H.9.3,b) phần khác định hướng dưới dạng các photon song song với trục dòng của thanh hồng ngọc (H.9.3,c,d). Dọc theo đường chuyển động chúng gây ra phản ứng dây chuyền và tạo ra các photon mới khi tác động với các nguyên tử kích thích trong thanh hồng ngọc. Luồng ánh sáng năng lượng sinh ra được phản xạ nhiều lần nhờ các gương phản xạ đặt ở hai đầu thanh hồng ngọc và phát triển nhanh chóng trở thành luồng ánh sáng công suất cao thoát ra ngoài ở vị trí gương phản xạ có độ dày nhỏ hơn. Nếu trên đường đi của luồng ánh sáng, ta đặt một số

thấu kính thì toàn bộ năng lượng này có thể được tập trung trên một diện tích nhỏ.



Hình 9.3

Bán kính nhỏ nhất của diện tích tập trung ánh sáng, theo lý thuyết thì đúng bằng chiều dài sóng λ với điều kiện đường kính của ống kính phải là:

$$D = 2,26 F$$

F – là khoảng cách tiêu cự

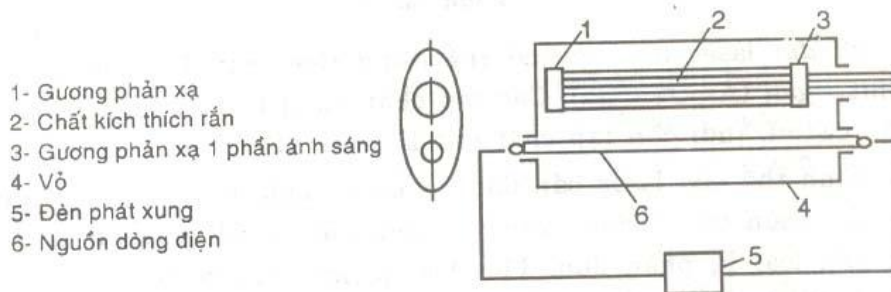
9.2. CÁC LOẠI MÁY PHÁT XẠ LASER

Một máy phát laser bất kỳ nào cũng bao gồm các thành phần sau:

1. Buồng công tác trong đó có đặt chất kích thích để tạo ra tia laser.
2. Hệ thống tạo trạng thái kích thích
3. Cộng hưởng quang
4. Cơ cấu để phóng luồng ánh sáng năng lượng ra khỏi bộ cộng hưởng
5. Hệ thống điều khiển sự tập trung năng lượng ánh sáng
6. Các hệ thống đặc biệt khác tùy theo mỗi loại kết cấu khác nhau. Có thể phân ra làm 4 loại máy phát laser chính, phụ thuộc vào dạng vật liệu kích thích tia laser: máy phát laser rắn, laser bán dẫn, laser lỏng và laser khí

1. Laser rắn với hệ thống bơm quang học (gương phản xạ)

Nguyên lý làm việc của máy phát laser rắn được trình bày trong (H.9.4)



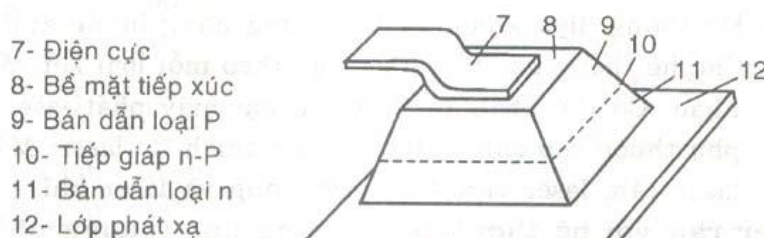
Hình 9.4

Trong laser rắn bộ phát xạ – phần kích thích là chất rắn. Ở laser rắn khối lượng cơ bản của chất kích thích rắn không tham gia trực tiếp vào quá trình tạo ra sự phản xạ cưỡng bức. Sự phát xạ này là do sự có mặt của một lượng nhỏ các nguyên tử tích cực có trong chất đó, chiếm tỉ lệ từ 0.01 đến 10%.

Vật liệu của chất kích thích có thể là florua đất kiềm, vonfram đất kiềm, Môlipden đất kiềm, hồng ngọc tổng hợp, granat nhôm – ytri, thủy tinh với các thành phần khác nhau. Tạp chất tích cực chứa trong các chất kể trên thường là thành phần đất hiếm, crom và urani (Uranium).

2. Laser bán dẫn

Ở laser bán dẫn sự kích thích được thực hiện khi bơm các hạt mang điện qua lớp tiếp giáp P-n (H.9.5)



Hình 9.5

Ví dụ: laser loại này có thể dùng tiếp giáp P-n trong chất arsenit – gali ($\text{As}_2\text{O}_3 - \text{Ga}$). Các tạp chất nhận trong arsenit – gali là kẽm, cadmi, indi còn tạp chất cho là selen (Se), telur (Te) v.v...

Tinh thể của laser bán dẫn có kích thước từ 0.5 đến 1 mm² (H.9.5). Điện cực 7 được gắn vào tiếp xúc 8, với phần trên 9 là bán dẫn loại P, phần dưới 11 đến loại n, giữa hai phần có lớp tiếp giáp P-n 10 với độ dày khoảng 0.1 μm. Lớp phát xạ 12 có độ dày từ 1 đến 2 μm do sự thẩm thấu của các electron và các lỗ trống qua tiếp giáp P-n bên trong tinh thể gây ra.

Laser bán dẫn đặc trưng bằng sự biến đổi năng lượng rất cao (đến 100%).

Máy phát laser bán dẫn, làm việc ở nhiệt độ của Nitơ lỏng có thể đạt công suất 100 W, còn ở heli lỏng – đến 10 W.

3. Laser lỏng :

Ưu điểm của laser lỏng là khả năng đối lưu chất lỏng và làm mát toàn bộ máy phát, vì vậy cho phép tăng khả năng năng lượng lớn.

Laser lỏng được tạo ra trên cơ sở của dung dịch Ion đất hiếm trong một số chất lỏng vô cơ.

Trong bộ cộng hưởng của laser lỏng thay thế cho thanh kích thủy tinh là rãnh dung dịch. Sự đảo ngược được thực hiện bởi đèn phát xung. Hệ số biến đổi năng lượng đạt 50%.

4. Laser khí :

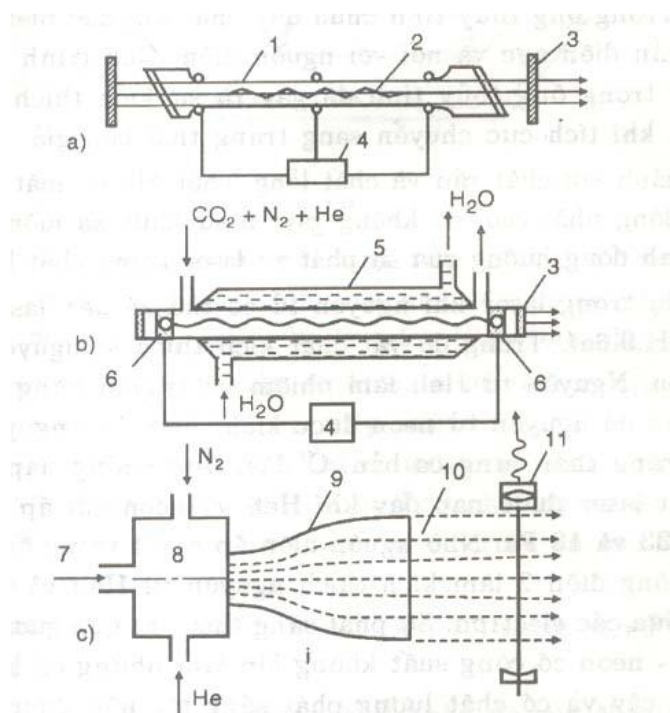
Nguyên lý của kết cấu của laser loại này hoàn toàn đơn giản. (H.9.6). Trong ống thủy tinh chứa đầy khí đặc biệt, ở hai đầu của nó gắn điện cực và nối với nguồn điện. Quá trình phóng điện chất khí trong ống thủy tinh đã gây ra sự kích thích nguyên tử của chất khí tích cực chuyển sang trạng thái bền giả.

So sánh với chất rắn và chất lỏng, chất khí có mật độ thấp và có tính đồng nhất cao, nó không gây ra sự khúc xạ luồng ánh sáng vì vậy tính đồng hướng của sự phát xạ laser trong chất khí rất cao.

Ví dụ trong laser khí nguyên tử có thể kể đến laser khí Heli- Neon. (H.9.6a). Trong đó vật kích thích là nguyên tử là nguyên tử Neon trung hòa. Nguyên tử Heli làm nhiệm vụ truyền năng lượng kích thích, nhờ đó nguyên tử Neon được kích thích còn nguyên tử còn nguyên tử Heli trở về trạng thái dừng cơ bản. Ở đây, ống phóng nạp khí của một máy phát laser được nạp đầy khí Heli và neon với áp suất tương ứng là 133 và 13Pa. Nhờ nguồn nguồn điện áp cao 4 trong ống khí sinh ra sự phóng điện làm hai kích thích nguyên tử Heli và neon do sự va đập giữa các electron. Sự phát sáng thoát ra qua gương 3. Laser khí Heli – neon có công suất không lớn lắm nhưng có kết cấu đơn giản, tin cậy và có chất lượng phát sáng tốt nên được ứng dụng rộng rãi.

Laser khí dùng chất kích thích là CO_2 có công suất và hiệu suất cao nhất trong tất cả các loại laser khí. (H.9.6b.). Ở đây, để truyền năng lượng kích thích người ta sử dụng khí nitơ- N_2 , về phần mình phân tử N_2 , được kích thích do sự va đập với các electron. Trong điều kiện của sự phóng điện lạnh, khoảng 90% phân tử N_2 được chuyển sang trạng thái kích thích với thời gian tồn tại ở trạng thái này rất lớn. Ngoài ra người ta còn đưa vào ống phóng khí Heli, để giúp cho sự phóng điện được dễ dàng và nhờ có tính dẫn nhiệt tốt khí Heli giúp cho sự phóng điện trở thành sự phóng điện lạnh.

Hình 9.6b: là sơ đồ nguyên lý của khí laser khí CO_2 . Sự phóng điện được kích thích bên trong ống thủy tinh 5 được làm mát bằng nước, giữa các điện cực 6 nhờ nguồn điện áp cao 4, sự phát sáng thoát ra qua cửa sổ 3 làm được từ vật liệu cho phép tia hồng ngoại xuyên qua. Ví dụ: KBr , NaCl hoặc Ge .



Hình 9.6

Ở laser khí loại này, cứ 1m chiều dài có thể nhận được công suất không lớn hơn 500w, vì vậy nhận được công suất lớn cần phải tăng chiều dài ống cộng hưởng, điều này có thể đạt bằng ghép nhiều ống lại với nhau thành một hệ thống, ở đó tia sáng nhờ có gương sẽ đi xuyên qua lần lượt từng ống.

Laser khí động được trình bày trong (H.9.6c). Đặc điểm của loại laser này là sự tạo ra dòng khí chuyển động nhanh. Sự đảo biến ở đây được thực hiện bằng cách làm nguội nhanh chóng hỗn hợp khí được đốt nóng sơ bộ. Khi chất khí bị nguội đi các các phân tử sẽ chuyển sang trạng thái có mức năng lượng thấp hơn.

Tốc độ chuyển đổi trạng thái phụ thuộc vào thời gian tồn tại của phân tử ở trạng thái này hoặc trạng thái khác.

Sơ đồ nguyên lý của laser khí động được trình bày trong (H.9.6c). Trong buồng đốt 8 người ta đưa nguyên liệu 7, sản phẩm của quá trình đốt (CO_2) hòa vào với hỗn hợp khí nitơ và Heli, đi ra ngoài qua miệng phun siêu âm 9 dưới dạng một luồng khí nở rộng. Để nhận được sự phát sáng laser người ta sử dụng bộ cộng hưởng có dạng hai gương phản xạ 11. Bộ cộng hưởng được đặt ở vị trí sao cho trục của nó vuông góc với vectơ tốc độ của luồng khí. Công suất tia laser được xác định bởi mật độ, tốc độ và nhiệt độ của khí tại miệng phun.

9.3. CÔNG NGHỆ GIA CÔNG BẰNG TIA LASER

Đặc điểm của sự gia công bằng tia laser nhờ có gương là ở chỗ có thể đốt nóng chi tiết (vật liệu) gia công bằng luồng ánh sáng tập trung có cường độ mạnh.

Cường độ đốt nóng xác định độ xuyên sâu của tia laser vào trong vật liệu và ở độ rộng của vết đốt bằng : $\delta = \sqrt{a\tau}$

với : a - độ dẫn nhiệt của vật liệu; τ - độ dài tác động của tia laser.

Đối với loại kim loại khi $\delta = \sqrt{a\tau}$ nguồn nhiệt được tập trung trên bề mặt.

Quá trình tác động của tia laser lên vật liệu gia công có thể chia ra thành các giai đoạn như sau :

- Hấp thu ánh sáng để truyền năng lượng cho sự dao động mang tính thể bên trong chất rắn.
- Đốt nóng vật liệu, làm nóng chảy, bốc hơi vật liệu.

Có thể thực hiện các loại gia công sau:

1. Gia công cắt vật liệu bằng tia laser.

Dựa trên cơ sở chia cắt vật liệu dưới tác dụng của luồng ánh sáng tập trung vào vùng cần cắt. Phương pháp này rất có ích đối với kim loại và hợp kim quý, được ứng dụng trong công nghiệp điện tử và vi điện tử, trong công nghiệp chế tạo các dụng cụ điện tử và các mạch tích hợp. Phương pháp cắt bằng tia laser cũng được áp dụng thành công trong công nghiệp dệt.

2. Gia công bằng laser.

Hàn bằng tia laser được ứng dụng rất hiệu quả trong công nghiệp vi điện tử. Nhờ phương pháp này có thể nối các đầu nối với mạch in. Hàn bằng tia laser còn được áp dụng trong công nghiệp hàn kín vỏ cho các mạch tích hợp. Sự đốt nóng cục bộ với cường độ mạnh trong thời gian ngắn cho phép hạ nhiệt độ đối với các phần tử nhạy cảm đối với nhiệt độ. Nhờ phương pháp hàn laser có thể nối các kim loại có tính chất hoá lý khác nhau và thậm chí với vật không phải là

kim loại. Tác động nhiệt của tia laser cũng được ứng dụng trong các công nghệ làm cứng bề mặt chi tiết.

PHẦN II

CÁC THIẾT BỊ GIA CÔNG ĐIỆN HÓA ĐIỆN VẬT LÝ ĐIỆN CƠ ĐIỆN ĐỘNG

CHƯƠNG 10

CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN PHÂN

-----oOo-----

10.1. CƠ SỞ CỦA GIA CÔNG ĐIỆN HÓA :

Điện hóa là ngành kỹ thuật nghiên cứu các vấn đề về ion trong các dung dịch, các hiện tượng xảy ra trên bề mặt vật thể rắn nằm trong dung dịch điện phân.

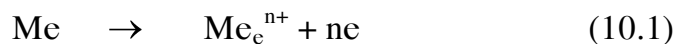
Chất điện phân là các vật chất, dung dịch và dung môi có thể dẫn được dòng điện ion, sinh ra do sự phân ly điện phân.

Theo lý thuyết phân ly điện phân, các phân tử của một vài vật chất như muối, kiềm, bazơ là các phân tử cực. Các phân tử này được cấu tạo bởi 2 ion có dấu ngược nhau và có cùng số lượng điện tích. Lực hút giữa chúng là lực liên kết phân tử. Nếu các phân tử đó được đưa vào trong chất lỏng hoà tan (nước) thì lực liên kết phân tử bị phân ly thành ion. Số lượng các ion dương và âm do kết quả của quá trình phân ly là bằng nhau. Các ion dương chính là các nguyên tử, phân tử đã bị mất đi một hoặc một vài electron. Ví dụ, khi hoà tan muối ăn trong nước sẽ nhận được hai loại ion là: Na^+ (Natri); và Cl^- (Chlore). Đôi khi các ion hình thành không phải từ các nguyên tử độc lập, mà là từ một nhóm nguyên tử không có cùng điện tích. Ví dụ, khi hoà tan sunfat kẽm trong nước sẽ hình thành hai loại ion: (Zn^{2+}) và âm (SO_4^{2-}).

Trong các chất điện phân song song với quá trình phân ly, còn tồn tại quá trình ngược lại- sự kết hợp các ion để trở thành phân tử trung hòa. Quá trình được gọi là quá trình phân tử hóa, nhờ đó hình thành sự cân bằng động giữa số lượng các ion sinh ra và số lượng các phân tử kết hợp.

Nếu ta đặt vào trong dung dịch điện phân các vật rắn đóng vai trò là các điện cực, thì giữa chúng và chất điện phân xuất hiện điện thế cân bằng. Dòng điện sẽ không xuất hiện nếu không nối các điện cực với mạch ngoài.

Trên bề mặt điện cực nằm trong chất điện phân sẽ xảy ra phản ứng điện hóa ngược.



ở đây : n - hóa trị của kim loại điện cực.

Me_e^{n+} - ion xuất hiện trong dung dịch.

Trong trường hợp chung nhất năng lượng của ion Me_e^{n+} và năng lượng của nguyên nguyên tử Me trong mạng tinh thể của chất rắn (điện cực) không bằng nhau, có nghĩa là, các phân tử mang điện vượt qua giới hạn giữa chất rắn và dung dịch điện phân theo hai chiều sẽ không bằng nhau dẫn đến sự xuất hiện điện thế cân bằng giữa điện cực và chất điện phân.

Dòng điện chảy qua dung dịch điện phân :

Trong chất điện phân các ion cũng như các nguyên tử, phân tử chuyển động hỗn loạn. Nếu giữa hai điện cực nằm trong chất điện phân ta đặt lên một điện trường E , thì ngoài sự chuyển động nhiệt hỗn loạn sẽ xuất hiện sự chuyển động có hướng của các ion. Các ion dương chuyển động về phía catot, các ion âm – về anot. Sự chuyển động này chính là bản chất của dòng điện chảy qua dung dịch điện phân.

Khi đã đến được các điện cực tương ứng các ion trao và nhận thêm điện tích để trở thành các nguyên tử hoặc phân tử thoát ra khỏi điện cực hoặc tham gia vào phản ứng hóa học với vật chất điện cực.

Số lượng vật chất g thoát ra từ điện cực khi có dòng điện chảy qua chất điện phân được xác định bởi định luật Faraday.

$$g = \alpha \cdot I \cdot t \quad (10.2)$$

Trong đó: α - đương lượng điện hóa, g/cal; I – dòng điện, A;
 t - thời gian dòng điện chảy qua chất điện phân, sec.

Đương lượng điện hóa α là lượng vật chất thoát ra từ điện cực khi cho chảy qua chất điện phân một điện lượng là một culon (colomb).

Các quá trình điện diễn ra trong chất điện phân tuân thủ theo định luật Ohm. Các ion chuyển động có hướng trong chất điện phân là do sự tác động của lực : $P = e \cdot E$,

Với : e – điện tích của ion.

Nếu tại thời điểm ban đầu, tốc độ v của ion là rất nhỏ, thì khi có sự tác động của lực P tốc độ chuyển động ion sẽ tăng lên, đồng thời lực ma sát: $P_m = K \cdot v$, cũng tăng lên theo. Các lực này sẽ cân bằng với nhau trong suốt thời gian chuyển động của ion.

Tốc độ trung bình của sự chuyển động định hướng được xác định bởi đẳng thức : $P = P_m$; hay $eE = K \cdot v$.

$$\text{Từ đó:} \quad v = e \frac{E}{K} = \mu E \quad (10.3)$$

ở đây : $\mu = e/K$ - là độ chuyển động của ion.

Mật độ dòng điện qua chất điện phân :

$$j = e(n^+ \mu^+ + n^- \mu^-) \cdot E \quad (10.4)$$

Với : $n^+ \mu^+ + n^- \mu^-$ - mật độ và độ chuyển động của các ion dương và âm.

Như vậy mật độ dòng điện trong chất điện phân tỷ lệ với cường độ điện trường E .

Độ dẫn điện của các chất điện phân.

$$\sigma = e (n^+ \mu^+ + n^- \mu^-) \quad (10.5)$$

sẽ tăng lên khi mật độ ion và chuyển động của chúng tăng.

Khi nhiệt độ tăng độ dẫn điện của chất điện phân tăng. Hiện tượng này trái ngược hẳn so với hiện tượng xảy ra ở chất rắn, được giải thích bằng sự tăng lên của độ chuyển động của các ion và của mức độ phân ly của chất điện phân.

10.2. ĐIỆN PHÂN DUNG DỊCH VÀ DUNG DỊCH HÒA TAN :

Hiện tượng vật chất thoát ra từ điện cực khi có dòng điện chảy qua chất điện phân, cũng như quá trình oxy hóa hoặc phục hồi điện cực gọi là hiện tượng điện phân.

Trong lĩnh vực công nghiệp, hiện tượng điện phân được áp dụng chủ yếu để làm hòa tan kim loại ở điện cực anode và bồi đắp vật chất ở điện cực cathode.

Vật chất có điện thế lớn hơn -1 so với điện thế tiêu chuẩn của điện cực hydro có thể nhận theo phương pháp điện phân dung dịch (đồng).

Các kim loại có điện thế nhỏ hơn -1 không thể thu nhận được bằng cách đó, vì vậy khi sản xuất chúng phải sử dụng dịch hòa tan của chúng trong muối (Li, K, Mg).

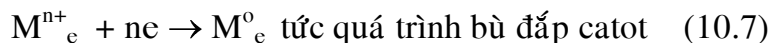
Sơ đồ nguyên lý của bình điện phân được mô tả như ở trong (H. 10.1)

Ở điện cực anot sẽ diễn ra quá trình chuyển kim loại ở trạng thái vật chất M_e^0 thành ion, vì ở đây kim loại cho electron.

$M_e^0 - ne \rightarrow M^{n+}_e$, tức quá trình hòa tan anot.

Trong đó : n – số lượng điện tích.

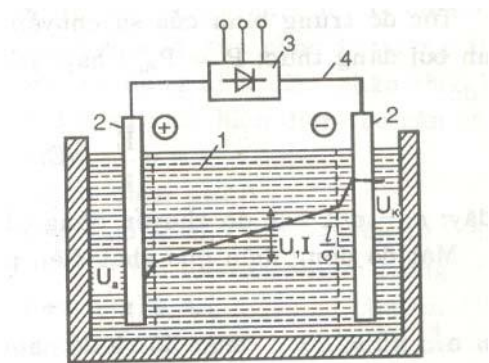
Ở điện cực catot sẽ diễn ra quá trình ngược lại, catot nhận electron và chuyển các ion thành kim loại nguyên chất :



Điện áp phân bố giữa hai điện cực bao gồm các thành phần :

$$U = U_1 + U_a + U_c + I \frac{l}{\sigma} \quad (10.8)$$

Với : U_1 - Điện áp phân bố điện hoá của vật chất. U_a, U_c – điện áp rơi trên anode và cathode. I – cường độ dòng điện, l – khoảng cách điện cực, σ - độ dẫn điện của chất điện phân.



1 - Chất điện phân; 2 - Điện cực;
3 - Nguồn cung cấp; 4 - Thanh dẫn điện.
Hình 10.1

$$P_{el} = I \left(U_1 + U_a + U_c + I \frac{l}{\sigma} \right) \quad (10.9)$$

Công suất tiêu thụ trong bình điện phân :

$$\text{Mật độ dòng điện điện cực : } J_{dc} = I / S \quad (10.10)$$

Với : S – bề mặt xung quanh của phần điện cực nhúng ngập trong chất điện phân.

1. Điện phân đồng :

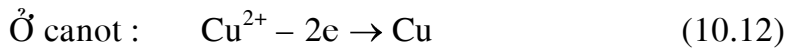
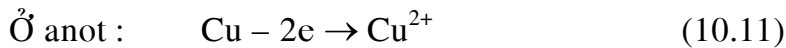
Mục đích của việc điện phân đồng là làm giảm thành phần tạp chất và thu nhận đồng đỏ nguyên chất.

Quá trình được thực hiện trong bình điện phân. Người ta đặt các tấm điện cực anot bằng đồng đỏ, giữa các điện cực này có đặt các tấm đồng mỏng tinh khiết làm điện cực catot sau đó đổ dung dịch điện phân CuSO_4 vào.

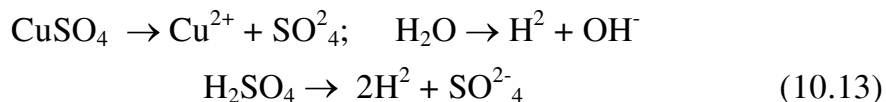
Điện cực anot có hình dạng chữ nhật với bề dày vào khoảng từ 35 – 45mm và có khối lượng khoảng 300kg. Điện cực catot là đồng lá có bề dày khoảng từ 0,6 đến 0,7mm. Khoảng cách giữa anot và catot là vào khoảng 35 đến 40mm.

Khi cho dòng điện một chiều chảy qua giữa hai điện cực sẽ diễn ra quá trình hoà tan đồng ở anot và bồi đắp đồng tinh khiết ở catot. Các tạp chất đọng lại dưới đáy bình, một vài tạp chất khác như : Ni-nickel sẽ hoà tan trong dung dịch điện phân.

Trong dung dịch điện phân sẽ xảy ra các phản ứng điện hoá dưới đây :



Trong dung dịch điện phân :



Quá trình điện phân đồng nguyên chất được thực hiện đầu tiên ở điện áp từ 0,3 đến 0,35V, mật độ dòng điện hạn chế để không làm cho catot bị đóng vảy cực. Phụ thuộc vào thành phần của các tấm đồng anot, mật độ dòng điện là vào khoảng :

$J = 180 \div 270 \text{ A/m}^2$. Suất chi phí năng lượng : $N = 200 \div 379 \text{ KWh/tấn}$ đồng tinh khiết.

Các điện cực anot và catot trong bình điện phân được nối song song với nhau, còn các bình điện phân được nối nối tiếp với nhau (hệ thống nhiều bình). Rất ít khi người ta nối nối tiếp các điện cực. Sự phân bố mật độ ion không đồng đều giữa các phần trong bình điện phân sẽ dẫn đến sự tăng lên của chi phí năng lượng. Để đảm bảo sự đồng đều của mật độ ion, có thể áp dụng biện pháp đối lưu trực tiếp chất điện phân.

Nhiệt độ chất điện phân được giữ ở mức độ $333 \pm 3^{\circ}\text{K}$. Sự đốt nóng chất điện phân được thực hiện bởi các bộ trao đổi nhiệt làm từ than chì, titan hoặc thép không rỉ.

Khi tiến hành điện phân trong bình điện phân luôn có xu hướng làm sao để có thể thu nhận được nhiều đồng nhất theo giá trị dòng điện, giảm chi phí năng lượng và tăng khả năng sản xuất của bình điện phân.

Giảm tiêu hao kim loại theo giá trị dòng điện có liên quan đến hiện tượng rò rỉ dòng điện, mà sự xuất hiện của nó gắn liền với các điều kiện không thuận lợi trong sản xuất điện phân như : làm tăng sự bay hơi axit, làm ẩm ướt các bộ phận làm từ gỗ của bình điện phân, làm đọng muối lên các thành phần trong bình, làm tăng cao điện thế của bình so với đất.

Các đường rò dòng điện trong các thiết bị điện phân có thể là :

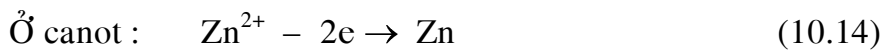
1. Theo đường nối lưu của chất điện phân.
2. Theo đường dẫn nước và hơi nước.
3. Theo cách điện giữa bình và đất.
4. Theo cách điện giữa các bình với nhau.
5. Theo các lớp lót dẫn điện của bình.
6. Theo đường ngắn mạch giữa các điện cực.

2. Điện phân kẽm :

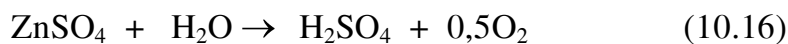
Kẽm tinh khiết chất lượng cao thu nhận được từ phương pháp điện phân dung dịch sunfat kẽm. Trong bình điện phân người ta đặt các catot nhôm và anot chì. Sau đó đổ dung dịch ZnSO_4 (5 – 6%) vào, dung dịch này bị phân ly thành Zn^{2+} và SO_4^{2-} và axit sunfuric H_2SO_4 bị phân ly thành H^+ và SO_4^{2-} .

Trong thời gian điện phân, catot được bồi đắp kẽm dưới dạng kim loại nguyên chất và từ anot tách ra khí oxy. Trong dung dịch hình thành H_2SO_4 .

Như vậy trong quá trình điện phân sẽ xảy ra các phản ứng điện hoá như sau :



Trong bình điện phân :



Để thu nhận được kẽm nguyên chất ở catot, cần phải tăng mật độ dòng điện trong bình điện phân ($400 - 600 \text{ A/m}^2$) và bổ sung vào trong dung dịch các chất có thể hạn chế sự tách khí oxy từ catot.

Nhiệt độ trong bình điện phân cần giữ ở mức độ $308 - 313^{\circ}\text{K}$. Chi phí năng lượng - 350 KWh/tấn sản phẩm.

Điện trở của chất điện phân phụ thuộc vào nhiệt độ và mật độ kềm trong dung dịch. Khi tăng đột ngột điện áp trong bình lên đến 3,3 – 3,6V có tác dụng làm sạch anot. Anot được làm từ chì cộng thêm 1% bạc nhằm mục đích hạn chế sự ăn mòn, nó có bề dày 5 – 8mm. Catot được làm từ nhôm lá dày 4mm.

Bình điện phân được lắp ghép từ bê tông cốt thép (đôi khi được làm từ thép) được phủ bảo vệ bằng vật liệu chịu axit, bitum, ... đáy bình có lỗ để thải cặn. Có thể nối từ 20 đến 30 bình thành một hệ thống.

Bóc kềm ra khỏi catot nhôm được tiến hành mỗi ngày một lần hoặc hai ngày một lần. Cần phải làm sạch catot 10 ngày một lần bằng máy chuyên dụng trong thời gian từ 20 đến 25 ngày phải làm sạch anot ít nhất một lần. Sự ăn mòn catot là vào khoảng 1,5kg, còn anot – 0,8 – 1,5kg/ tấn kềm.

10.3. TRANG BỊ ĐIỆN TRONG SẢN XUẤT ĐIỆN PHÂN :

Nguồn cung cấp cho các thiết bị điện phân là các máy phát một chiều hoặc các tổ hợp chỉnh lưu bán dẫn, biến đổi dòng điện xoay chiều tần số công nghiệp thành dòng điện một chiều.

Phổ biến nhất là các thiết bị chỉnh lưu (Silic-Silicium) vì chúng có hiệu suất cao $97 = 99\%$.

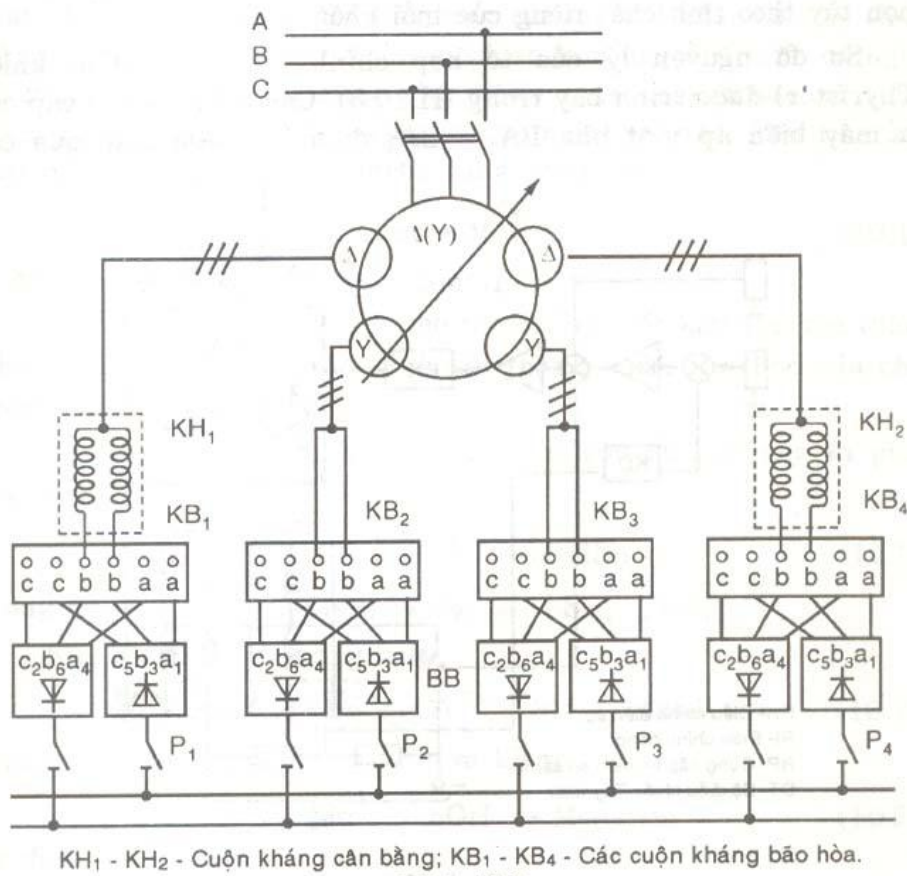
Trạm biến đổi dòng điện gồm có các thiết bị phân phối xoay chiều, máy biến áp lực có bộ phận điều chỉnh điện áp, tổ hợp bán dẫn, các thiết bị phân phối dòng điện một chiều và các thiết bị chuyên dụng khác.

Các máy biến áp điện lực ba pha dùng để cung cấp nguồn cho các thiết bị điện có thể được lắp đặt bộ chuyển mạch dưới tải ở phía cao áp, có thể có vài cuộn dây thứ cấp tùy theo số lượng pha chỉnh lưu. Cuộn dây thứ cấp thường được chế tạo từ nhôm lá, có bề rộng phù hợp với chiều cao của lõi thép mạch từ, cuộn dây cao áp có thể được chế tạo từ nhôm lá hoặc từ dây nhôm.

Điều chỉnh điện áp cần phải đảm bảo hai cấp : thô và nhuyễn. Điều chỉnh thô có thể thực hiện bằng cách chuyển đổi sao, tam giác, cuộn dây máy biến áp, đấu song song, nối tiếp các phần của cuộn dây Việc điều chỉnh nhuyễn điện áp có thể được thực hiện nhờ máy biến áp tự ngẫu 3 pha đặt ở phía trước máy biến áp lực. Thông thường công suất của nó bằng công suất của biến áp lực.

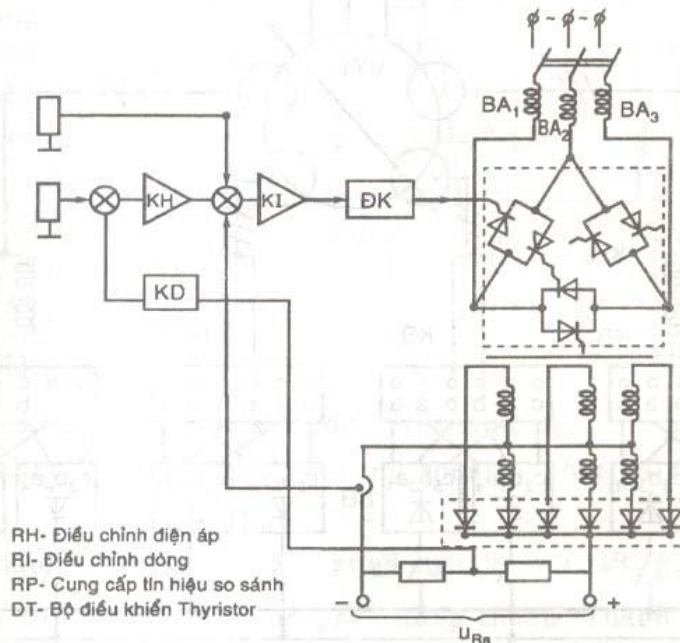
Tổ hợp chỉnh lưu có thể có các diode không điều khiển hoặc có điều khiển. Sơ đồ nguyên lý các phần động lực của chỉnh lưu diode không điều khiển được trình bày ở (H.10.2). Cuộn dây nhánh của máy biến áp lực được đấu tam giác, có thể nối song song, và nối tiếp các phần của nó nhờ bộ chuyển mạch. Máy biến áp cung cấp cho 4 khối chỉnh lưu song song được chế tạo theo sơ đồ cầu sáu pha. Các điện kháng cân bằng KH_1 và KH_2 nhằm mục đích phân bố đều dòng điện giữa các khối chỉnh lưu. Khi điện áp nối tam giác lớn hơn điện áp cuộn dây khoảng 1% thì chuyển sang đấu sao. Các cuộn kháng bảo hòa KH_1 và

KH₄ đảm bảo yêu cầu điều chỉnh nhuyến điện áp. Ở mỗi khối chỉnh lưu có sáu cuộn kháng một pha. Các cuộn kháng được lựa chọn tùy theo tính chất riêng của mỗi khối.



Hình 10.2

Sơ đồ nguyên lý của tổ hợp chỉnh lưu diode điều khiển (Thyristor) được trình bày trong (H.10.3). Các cuộn dây sơ cấp của ba máy biến áp một pha BA₁ - BA₃ được nối tam giác qua các thyristor, phục vụ cho việc điều chỉnh nhuyến điện áp. Khối điều chỉnh dòng điện KI được nối với đầu vào của hệ thống điều khiển xung - pha của thyristor.



Hình 10.3

Các diode được nối với cuộn dây thứ cấp của các máy biến áp BA₁ – BA₃ và được đấu theo sơ đồ hai sao kép. Ở chế độ bình thường bộ điều chỉnh điện áp KH phải làm việc ở chế độ bảo hoà. Khi điện áp trên tải tăng cao so với mức chỉnh định, nó điều chỉnh giá trị dòng điện chỉnh lưu tổng.

10.4. ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ ĐIỆN HOÁ TRONG CÔNG NGHIỆP CHẾ TẠO MÁY :

Công nghiệp điện hoá được ứng dụng trong kỹ thuật xử lý bề mặt chi tiết, tạo dáng chi tiết hoặc cải tạo kết cấu. Các kỹ thuật này chủ yếu dựa vào quá trình hoà tan kim loại ở Anode, có nghĩa là chuyển kim loại (sử dụng như điện cực Anode). Anode, từ trạng thái vật liệu nguyên chất sang các trạng thái khác. Đầu tiên kim loại điện cực anot được chuyển sang dạng ion.



ở đây : n – số lượng điện tích đơn vị.

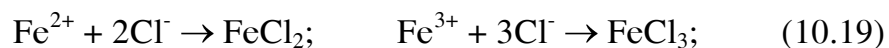
Sau đó chuyển sang việc tạo ra các liên kết kim loại mà thành phần của chúng được xác định bởi thành phần hoá học của chất điện phân.

Bên trong dung dịch điện phân có gốc axit sẽ xảy ra phản ứng điện hoá sau đây :



Trong đó, R – các đuôi axit, ví dụ : Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻ (10.19)

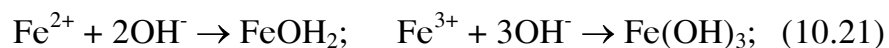
Khi hoà tan sắt trong axit :



Trong các dung dịch trung tính và kiềm.



Ví dụ :

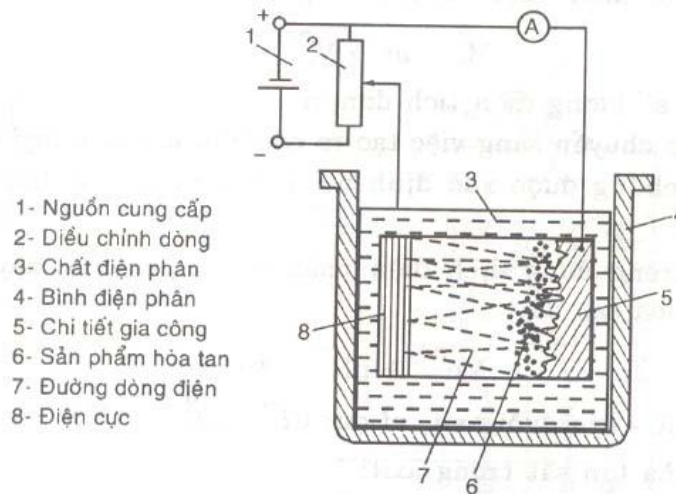


Anot hoà tan trong các dung dịch trung tính luôn kèm theo việc thải ra Me(OH)_n. Chúng thực tế không hoà tan trong dung dịch điện phân mà đọng lại dưới đáy bình hay bám vào các điện cực. Để có thể làm sạch các chất cặn bám thường phải tăng đột ngột mật độ dòng điện (đến hàng trăm ampère trên cm²).

Theo đặc điểm công nghệ, gia công điện hoá có thể chia thành hai nhóm :

1. Gia công với mật độ dòng điện bé ở trạng thái tĩnh của dung dịch điện phân.
2. Gia công với mật độ dòng điện lớn ở trạng thái dung dịch chuyển động.

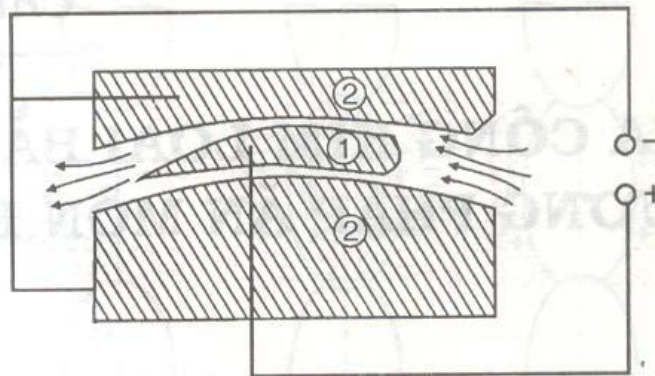
Hình 10.4 : biểu diễn sơ đồ gia công điện hoá ở trạng thái tĩnh của dung dịch điện phân áp dụng trong các công nghệ phay và làm bóng bề mặt chi tiết bằng phương pháp điện phân.



Hình 10.4

Khi có dòng điện chảy qua dung dịch điện phân 3 và điện cực 8, 5 sẽ diễn ra trong quá trình hoà tan anot vào trong dung dịch và tạo ra các sản phẩm hoà tan 6. Chúng bám lên bề mặt anot và ngăn cản dòng điện đồng thời làm tập trung các đường dòng điện 7 qua các lỗ trống trên bề mặt anot. Nhờ đó thúc đẩy nhanh chóng tốc độ hoà tan và làm bóng bề mặt chi tiết.

Sơ đồ nguyên lý của quá trình gia công điện hoá ở trạng thái chuyển động của dung dịch điện phân được mô tả như ở (H.10.5)



Hình 10.5

Chi tiết gia công 1 được đặt giữ dụng cụ điện cực 2 trong khe hở định sẵn. Qua khe hở cho chảy dòng dung dịch điện phân. Chi tiết được nối với cực dương còn dụng cụ điện cực được nối với cực âm của nguồn điện một chiều.

Khi có dòng điện chảy qua các điện cực, dưới tác động của quá trình hoà tan anot trong chất điện phân, chi tiết sẽ có hình dạng đồng dạng với khe hở do dụng cụ điện cực tạo ra. Quy trình này được gọi là phay bằng phương pháp điện phân.

CHƯƠNG 11

GIA CÔNG KIM LOẠI

BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĂN MÒN ĐIỆN

-----oOo-----

11.1. ĐẶC TÍNH CHUNG VÀ CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA QUÁ TRÌNH :

Để có thể gia công các kim loại có độ cứng cao phải áp dụng phương pháp gia công ăn mòn điện.

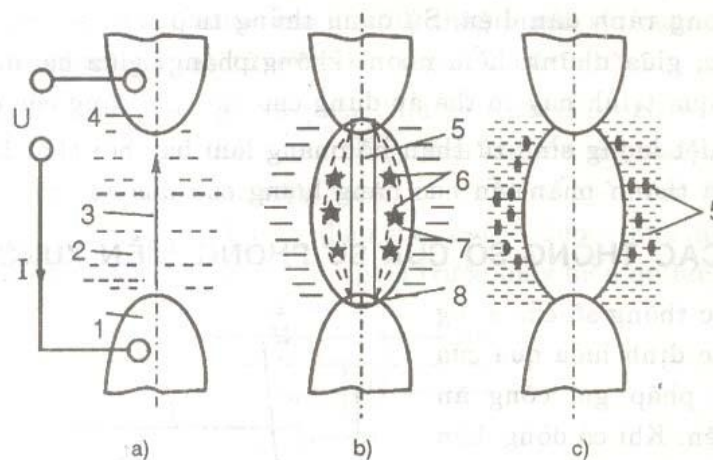
Phương pháp này dựa trên cơ sở hiệu ứng nóng chảy và bay hơi của các vi lượng vật chất dưới tác động nhiệt do năng lượng xung điện gây ra.

Quá trình diễn ra như sau : giữa bề mặt chi tiết gia công và thiết bị điện cực đặt trong chất lỏng không dẫn điện sẽ phát sinh tia lửa điện liên tiếp do xung điện gây ra. Nhờ đó có thể thực hiện việc tạo hình cho chi tiết gia công.

Phương pháp ăn mòn điện cho phép gia công các vật liệu dẫn điện có độ cứng khác nhau, mà các phương pháp gia công khác khó có thể thực hiện được. Áp dụng phương pháp này có thể giảm được công lao động, thực hiện việc cơ khí hoá và tự động hoá quá trình.

Tuy vậy, so với các phương pháp gia công cơ khí khác, phương pháp gia công ăn mòn điện có những nhược điểm sau đây :

Năng suất, khi thực hiện việc gia công lên các kim loại bình thường như thép, kim loại màu ... tương đối thấp, chi phí năng lượng cao, tốn nhiều thời gian để làm sạch bề mặt chi tiết gia công.



1 - Chi tiết gia công; 2 - Chất lỏng cách điện; 3 - Rãnh dẫn điện; 4- Thiết bị điện cực; 5 - Tia lửa điện; 6, 7 - Bọt khí; 8 - Gân điện cực; 9 - Hạt cầu

Hình 11.1

Hình 11.1 : biểu diễn các giai đoạn xảy ra trong không gian giữa các điện cực trong quá trình gia công ăn mòn điện.

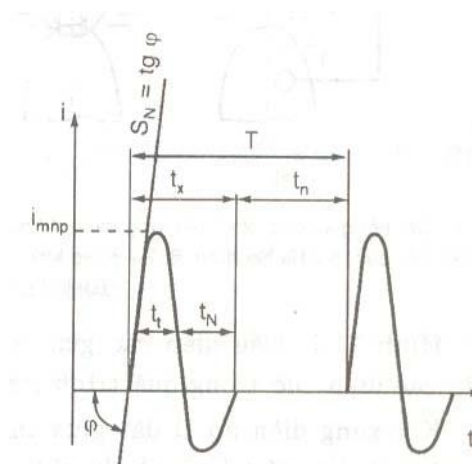
Khi xung điện áp U đặt giữa thiết bị điện cực 4 và chi tiết gia công 1 đạt giá trị xác định, giữa chúng sẽ xuất hiện sự phóng điện đánh thủng môi trường chất lỏng cách điện 2. Tia lửa điện xuất hiện nhiều lần giữa anốt và catốt sẽ ion hoá chất lỏng, nhờ đó ở giai đoạn này (thời gian 10^{-9} đến 10^{-7} sec) sẽ hình thành rãnh dẫn điện 3. Điện trở giữa 2 cực giảm từ một vài $M\Omega$ xuống còn dưới 1Ω (H.11.1a).

Xung điện phát ra từ điện cực anốt qua rãnh dẫn điện sẽ gây ra tia lửa điện 5 (H.11.1b) (thời gian từ 10^{-6} đến 10^{-4} sec) sau đó chuyển thành hồ quang điện, kèm theo sự tập trung năng lượng lớn ở các vùng gần điện cực 8 và ở thân hồ quang. năng lượng biến thành nhiệt sẽ sinh ra các bọt khí 7 và làm nóng chảy bay hơi các vi lượng vật chất trên bề mặt các điện cực. Áp suất trong vùng sẽ làm cho các giọt kim loại nhỏ xuống từ điện cực bắn tung tóe trong khu vực hồ quang dưới dạng các hạt cầu 9 (H.11.1c). Sau khi bị đánh thủng, sẽ xuất hiện quá trình phục hồi độ bền điện trong rãnh dẫn điện. Sự đánh thủng tiếp theo sẽ xảy ra ở vị trí khác, giữa những điểm nhọn (không phẳng) giữa hai điện cực. Vì vậy quá trình này có thể áp dụng cho việc gia công các chi tiết.

Nhiệt lượng sinh từ thân hồ quang làm bay hơi chất lỏng. Đó chính là thành phần tổn hao năng lượng của quá trình.

11.2. CÁC THÔNG SỐ CỦA SỰ PHÓNG ĐIỆN XUNG :

Các thông số của xung điện xác định hiệu quả của phương pháp gia công ăn mòn điện. Khi có dòng điện xung phóng giữa các điện cực qua rãnh dẫn điện giá trị biên độ của xung điện (H.11.2) có thể đạt đến một vài triệu ampère, tốc độ tăng của dòng điện dI/dt , có thể lên đến 10^8 A/sec. Mật độ dòng đạt 10^{10} A/cm². Áp suất trong khu vực phóng điện $\sim 10^8$ N/cm².



Hình 11.2

Sóng điện xoay chiều bao gồm hai thành phần :

1. Thành phần công tác – xung thuận : phát ra trong thời gian t_x .
2. Thành phần không tải – xung nghịch : với thời gian t_n .

Quan trọng nhất thành phần xung thuận. Thành phần này được biểu diễn phía trên của trục thời gian, chủ yếu thực hiện việc phá hủy bề mặt chi tiết của gia công.

Phần xung nghịch – phá hủy bề mặt thiết bị điện cực.

Tần số xung f_x biểu diễn số lượng xung phát ra trong thời gian 2 sec. Giá trị nghịch đảo của f_x biểu diễn thời gian chu kỳ $T = 1/f_x$. Nó bao gồm thời gian t_x và thời gian nghỉ giữa hai xung liên tiếp – t_{ng} .

Tốc độ xung điện : $dI/dt = S_x$, biểu diễn giá trị tgp - độ dốc của xung.

Trong các thông số xung điện còn có các giá trị cực đại và trung bình của dòng điện, điện áp, công suất, năng lượng xung.

Giá trị trung bình của dòng điện và điện áp xung.

$$I_{tb} = \frac{1}{t_x} \int_0^{t_x} i(t) dt \quad (11.1)$$

$$U_{tb} = \frac{1}{t_x} \int_0^{t_x} u(t) dt \quad (11.2)$$

Với : $I(t)$, $u(t)$ – các giá trị tức thời của dòng điện và điện áp xung.

$$\text{Giá trị hiệu dụng : } I = \sqrt{\frac{1}{t_x} \int_0^{t_x} i^2(t) dt} \quad (11.3)$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{t_x} \int_0^{t_x} u^2(t) dt} \quad (11.4)$$

$$\text{Năng lượng cực đại : } A = u(t)i(t) dt \quad (11.5)$$

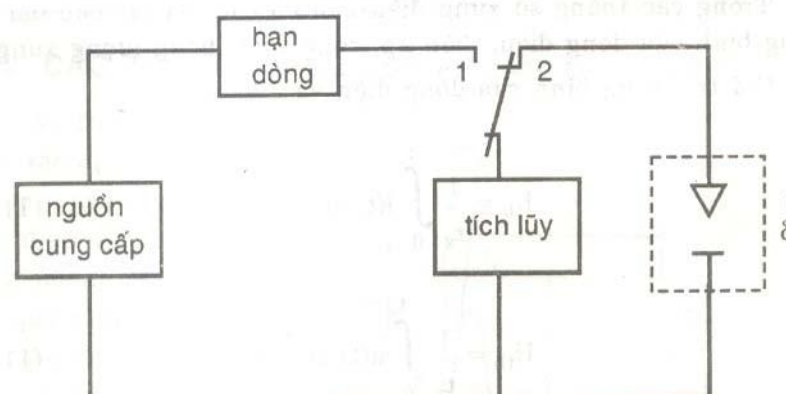
$$\text{Công suất trung bình của xung : } P_{xtb} = A/t_x \quad (11.6)$$

11.3. CÁC MÁY PHÁT XUNG :

Yêu cầu chủ yếu đối với các máy phát xung là phải có hiệu suất cao, ngoài ra do các đặc điểm của khu vực phóng điện giữa các điện cực, mạch điện phải có các phần tử phi tuyến.

Độ dốc của mặt tiền xung điện phải không thay đổi, độ dốc càng cao thì xung điện càng ổn định.

Sơ đồ thiết bị gia công ăn mòn điện làm việc với năng lượng tích lũy được trình bày trong (H.11.3)

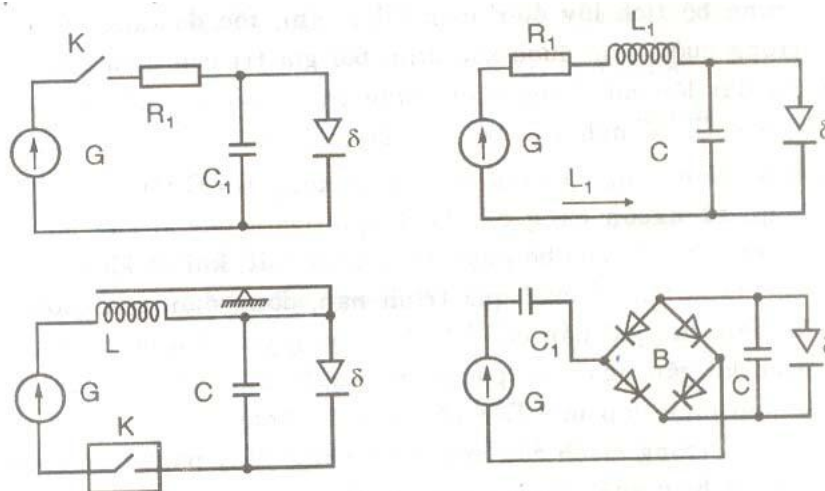


Trong thời gian nghỉ t_n , tiếp điểm K đóng sang vị trí 1, khi đó qua bộ hạn dòng, công suất cần thiết P_n sẽ được nguồn nạp cho bộ tích lũy. Trong bộ tích lũy A, sẽ tích lũy năng lượng.

$A = P_x t_x$, mà khi chuyển khóa K sang vị trí số 2, sẽ phóng năng lượng qua các điện cực tương ứng với công suất.

Các máy phát xung điện chia thành 3 loại theo nguyên lý, kết cấu và thông số xung điện như sau : loại phụ thuộc, phụ thuộc hạn chế và độc lập. Ở loại thứ nhất, các thông số của máy phát xung được xác định bởi trạng thái vật lý trong khu vực không gian giữa các điện cực. Các máy phát xung độc lập không có mối liên hệ nào với khu vực này.

Năng lượng điện trong bộ tích lũy có thể được tích trữ dưới dạng điện trường của tụ điện hoặc từ trường trong các cuộn dây cảm ứng. Có thể áp dụng bộ tích lũy kết hợp bao gồm điện trở, điện dung, điện cảm, loại kết hợp này được gọi là máy phát tích thoát. Sơ đồ nguyên lý của các loại máy phát xung vừa nêu ở trên được trình bày trong (H.11.4)



Hình 11.4

Máy phát xung RC (H.11.4a) bao gồm nguồn cung cấp nối tiếp với khóa K, điện trở hay dòng R_1 , tụ điện tích lũy C_1 được mắc song song với thiết bị gia công ăn mòn điện.

Tụ điện C_1 được nạp điện từ nguồn cung cấp G qua điện trở hay dòng R_1 , nhờ đó dòng nạp có giá trị nhỏ hơn nhiều lần so với dòng phóng xung I_x . Dòng nạp :

$$i_1 = \left(\frac{dU_c}{d_t} \right) \cdot C \quad (11.7)$$

$$U_c = \frac{1}{C} \int_0^t i_1 dt + UC_0 \quad (11.8)$$

Với :

ở đây : U_{C_0} – điện áp ban đầu của tụ điện tại thời điểm $t = 0$

Khi tụ điện đã được nạp đầy $U_c \approx U_G$ thì sự phóng điện được thực hiện trong thời gian $t_x = T_n$. Khi khoảng cách giữa các xung (tần số f_x) tăng lên hoặc giảm đi tụ điện C sẽ trở thành bộ biến dòng.

Trong bộ tích lũy điện cảm (H.11.4b), tốc độ tăng của dòng điện trong cuộn cảm được xác định bởi giá trị của điện cảm L và điện áp đặt lên nó. Dòng điện xung cần thiết có thể nhận được khi $U_L \ll U$, có nghĩa là bộ tích lũy điện cảm có thể được xem như là bộ biến dòng. Ở sơ đồ máy phát xung L – C (H.11.4c) dòng điện nạp, từ nguồn cung cấp G đi qua cuộn dây L của bộ phận rung. Đầu tiên nắp của bộ phận rung được hút, khi đó khoảng cách điện cực tăng lên. Ở cuối quá trình nạp, dòng điện qua cuộn dây L giảm dần, lực giữ nắp của bộ phận rung yếu dần do đó các cực điện xích lại gần nhau, sự phóng điện xuất hiện, sau đó chu trình phóng nạp được lặp lại. Tần số xung f_x được xác định bởi tỷ lệ giữa L – C có hiệu suất cao và năng suất cao.

Trong máy phát RLC (H.11.4c) phương trình của quá trình quá độ của mạch nạp điện có dạng :

$$u = li + R_1 + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int_0^t i_t dt \quad (11.9)$$

Từ (11.9) thấy rằng, quá trình nạp điện C có thể diễn ra theo luật hàm số mũ hoặc theo luật dao động. Quá trình dao động xảy ra khi :

$$\frac{R_1^2}{4L_1} \cdot \frac{1}{L_1 C} = 0 \quad (11.10)$$

Ở chế độ dao động, điện áp trên tụ điện C ở cuối quá trình nạp có giá trị gấp đôi so với sức điện động của nguồn. Trên thực tế, điện áp cực đại có thể nạp cho tụ điện C phụ thuộc vào tỷ số $R_1 / (2 L_1)$.

Trong máy phát xung dạng mạch C-C (H.11.4d) tụ điện C_1 thực hiện chức năng hạn dòng. Máy phát loại này có hiệu suất cao hơn so với máy phát dạng L- C. Tần số của máy phát C – C được xác định chủ yếu bởi đặc tính của diot trong bộ chỉnh lưu.

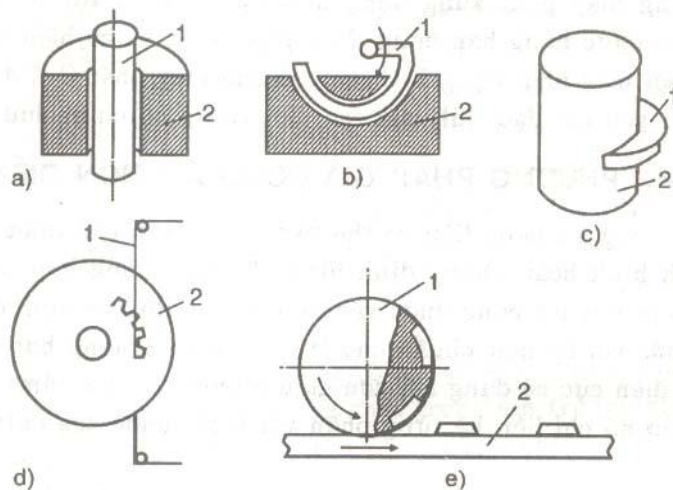
11.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĂN MÒN ĐIỆN :

Gia công ăn mòn điện có thể thực hiện trên các thiết bị điện cực định hình hoặc không định hình. Trong trường hợp thứ nhất bề mặt chi tiết được xác định tương ứng về hình dáng và kích thước với bề mặt chuẩn cho trước. Trong trường hợp thứ hai thiết bị điện cực có dạng rất đơn giản (dạng dây, đĩa tấm) và kích thước của nó chỉ liên hệ từng phần với kích thước của chi tiết gia công.

Việc gia công tạo dáng chi tiết bằng phương pháp ăn mòn điện có thể thực hiện theo ba sơ đồ sau:

1. Copy hình dáng của thiết bị điện cực, chi tiết có hình dạng biểu diễn âm bản (negative) so với hình dáng của điện cực (diapostive). Ở sơ đồ này, đường di chuyển từ từ của điện cực sẽ tạo ra hình dáng chi tiết gia công bằng cách lấy ra khỏi chi tiết các vi lượng dưới tác dụng của xung điện. Độ chính xác của chi tiết gia công phụ thuộc vào độ chính xác của hình dáng điện cực ăn mòn của nó.
2. Chuyển động tương đối của điện cực và chi tiết gia công. Sơ đồ tạo dáng chi tiết kiểu này có đặc điểm giống như ở các quá trình gia công cơ khí thông thường khác.
3. Sơ đồ kết hợp của hai phương pháp tạo dáng kể trên.

Phổ biến nhất là sơ đồ tạo dáng thứ nhất (H. 11.5) biểu diễn một vài sơ đồ gia công bằng ăn mòn điện.



1- Thiết bị điện cực; 2- Chi tiết gia công

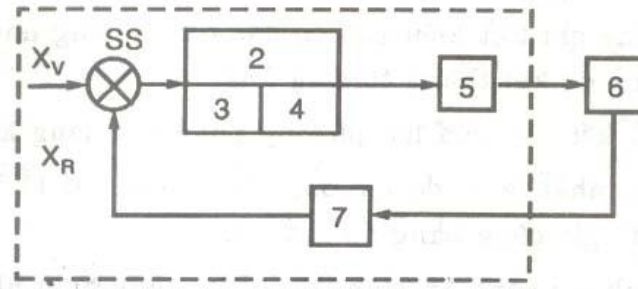
Hình 11.5

Quá trình gia công ăn mòn điện được thực hiện nhờ hệ thống liên kết giữa máy phát xung điện, hệ thống tự động điều chỉnh khoảng cách điện cực và thùng điện cực.

Thùng điện cực được trang bị các loại van đặc biệt để đảm bảo điều kiện phóng điện trong chất lỏng cách điện. Trong thùng có thể bố trí bàn riêng, trên đó gắn điện cực và chi tiết gia công.

Bàn và các đầu gá lắp được ráp trên cùng giá đỡ.

Sự di chuyển điện cực được thực hiện bởi một hệ thống truyền động tự động. Quá trình gia công được kiểm tra nhờ các đồng hồ điện (Volmetre và amperemetre).



Hình 11.6

Sơ đồ điều khiển thung điện cực có thể là một hệ thống tự động có phản hồi. Nguyên lý chức năng của khối trong sơ đồ được trình bày trong (H.11.6).

Cảm biến 7 của tín hiệu đầu ra X_r từ đối tượng điều khiển 6 được đưa vào bộ so sánh 1. Ở đây, sai lệch giữa tín hiệu chuẩn và tín hiệu đầu ra được khuếch đại bởi khối 2, qua bộ biến đổi 3 và bộ khuếch đại công suất 4. Tín hiệu sai lệch được đưa vào bộ chấp hành 5 để điều chỉnh lại tín hiệu X_r .

Các thiết bị điện cực trong gia công ăn mòn điện cho phép gia công các chi tiết:

Trọng lượng tới 1200 kg,

Năng suất 700 mm³/phút.

Có thể thực hiện tới độ bóng trên bề mặt chi tiết $\Delta 7$. Công suất tiêu thụ vào khoảng 45kw.

Điện áp đưa vào điện cực có thể lên tới 250V.

CHƯƠNG 12

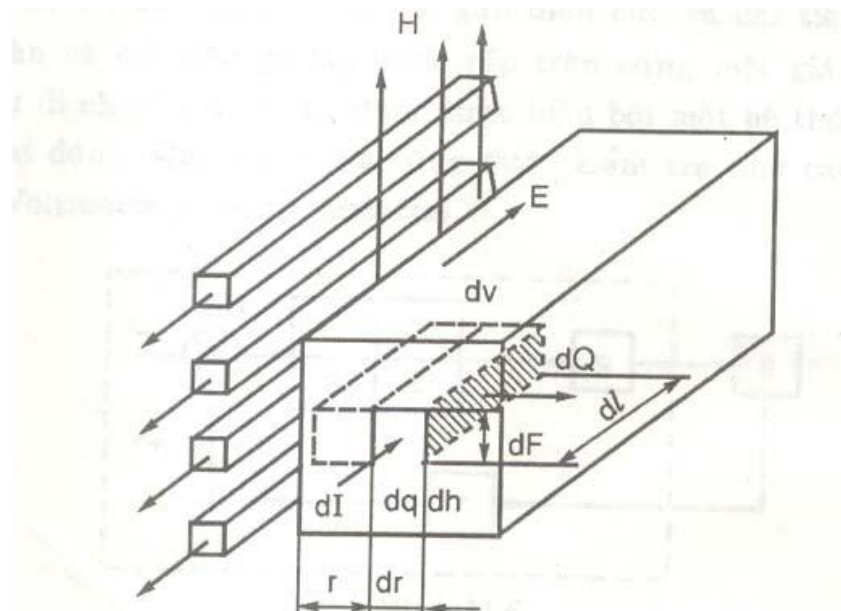
CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CƠ HỌC

-----oOo-----

12.1. CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG THIẾT BỊ XUNG TỪ :

Gia công kim loại bằng xung từ là phương pháp làm biến dạng kim loại hợp kim của nó, được thực hiện bằng cách biến đổi trực tiếp năng lượng điện thành cơ năng ngay bên trong bản thân sản phẩm gia công.

Cơ sở vật lý của gia công xung là lực điện động sinh ra trong vật thể dẫn điện, được đặt bên trong trường điện từ xoay chiều.



Hình 12.1

Từ vật thể bằng kim loại (H.12.1) ta xem xét một vi phân thể tích dv có chiều cao dh , chiều rộng dr và chiều dài dl , qua dv chảy dòng điện dI . Toàn bộ hệ thống này được đặt bên trong một từ trường H , có từ cảm :

$$B = \mu \cdot H$$

Với μ - là từ thẩm của môi trường dẫn từ.

Khi đó trên dv sẽ có tác động một lực được gọi là lực điện động

$$dF = dI [dl \cdot B] \quad (12.1)$$

Nếu dòng điện trong bộ phận cảm ứng để sinh ra từ trường là xoay chiều (nếu từ trường H là xoay chiều), thì lực điện động trung bình sẽ là:

$$Df = \frac{1}{2} \cdot \text{Re} \{ dI [dl \cdot B^*] \} \quad (12.2)$$

Ký hiệu Re trong biểu thức (12.2) có ý nghĩa là tất cả các đại lượng trong ngoặc móc đều được tính theo giá trị hiệu dụng.

$$\text{Vi phân dòng điện : } dI = j dq$$

Với : j – mật độ dòng điện, dq – vi phân tiết diện của vật thể, có dòng dj chảy qua.

$$\text{Khi mà: } j = \sigma E$$

Với σ : điện dẫn đơn vị của vật dẫn điện E – điện trường đặt lên nó,

$$\text{Thì : } dI = \sigma E \cdot Dq; dl = l^*; B = \mu_a \cdot H^*$$

Trong đó: l^* là đơn vị chiều dài, μ_a - từ thẩm của vật dẫn.

Thay các giá trị của (13.2) vào biểu thức (12.2) nhận được.

$$\begin{aligned} dF &= (1/2) \text{Re} \{ \sigma R dq [l^* dl \mu_a \cdot H^*] \} \\ &= dl dq \mu_a \sigma (1/2) \text{Re} \{ E [l^* H^*] \} \\ &= \mu_a \cdot \text{Re} \{ (1/2) [E \cdot H^*] \} dv \end{aligned} \quad (12.4)$$

ở đây : dv = dl.dq – vi phân thể tích qua đó chảy vi phân dòng điện dI.

$$\text{Nếu đặt : } \text{Re} \{ (1/2) [E \cdot H^*] \} = \text{Re} S \quad (12.5)$$

$$\text{Có thể viết : } dF = \mu_a \sigma \cdot S dv \quad (12.6)$$

Lực điện động tác động lên một đơn vị thể tích sẽ là :

$$F_d = \mu_a \cdot S \cdot \sigma \quad (12.7)$$

Từ đó suy ra rằng, phương của lực trùng với phương truyền năng lượng tại điểm cho trước. Vì vậy (12.7) được viết dưới dạng biểu thức vô hướng một cách cố ý, xem như F_d có phương theo phương truyền năng lượng.

Lực điện động sinh ra mỗi một điểm trên kim loại, áp suất bằng :

$$dp = \frac{dF}{dQ} = F_d \cdot dv / dQ = F_d \cdot dl \quad (12.8)$$

Với : dQ – bề mặt trên đó tác động lực dF.

$$dv = dQ \cdot dl$$

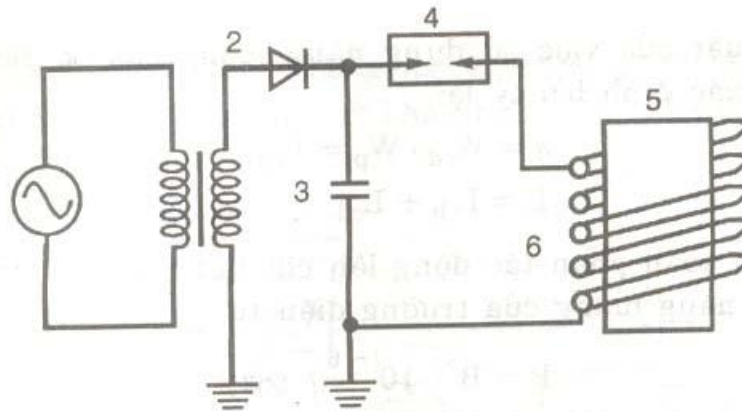
Tại điểm cho trước, áp suất là tổng của các vi phân áp suất, sinh ra từ các vi phân thể tích dv nằm giữa điểm xem xét và bề mặt của kim loại. Vì vậy, áp suất sinh ra từ lực điện động :

$$P = \int_0^r F_d \cdot dr \quad (12.9)$$

$$\text{Hoặc : } P = \mu_a \cdot \sigma \cdot \int_0^r S \cdot dr$$

Để xác định F_d và P trong các trường hợp cụ thể, trong biểu thức (12.9) cần xác định giá trị của S .

Lực điện động và áp lực tác động lên vật thể kim loại, có thể làm biến dạng bề mặt của nó.



Hình 12.2

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị, thực hiện việc gia công bằng xung điện được mô tả trong (H.12.2). Trong đó, bao gồm bộ phóng điện, tụ điện – bộ tích lũy năng lượng bộ chuyển mạch và cuộn dây kích từ.

Tụ điện 3 được nạp qua bộ chỉnh lưu 2, từ nguồn cung cấp 1. Khi tụ điện được nạp đầy, dòng điện sẽ phóng qua bộ phóng điện 4, nhờ đó cuộn dây kích từ có dòng xung điện chảy qua, sinh ra từ thông trong chi tiết kim loại 5 và làm cảm ứng trong đó các dòng điện xoáy (dòng điện Foucaults).

Xung dòng điện do tụ điện C phóng qua cuộn dây L có thời gian và hình dạng được xác định bởi các thông số của mạch vòng phóng điện R, L và C.

Năng lượng, sản sinh trong mạch L và R khi tụ điện phóng điện được xác định bởi biểu thức :

$$W_p = LI^2 / 2 + BI^2 \cdot r \quad (12.10)$$

Khi $R \ll LR$:

$$W_p = 0,51^2 (L_{tb} + L_{cd})$$

Ở đây : L_{tb} – tự cảm của thiết bị (tụ, dây dẫn và của bộ phóng điện)

L_{cd} – tự cảm của cuộn dây kích từ.

Năng lượng điện từ (12.10) sản sinh trong mạch được chuyển hoá dưới dạng công cơ học, làm biến dạng chi tiết, dưới dạng nhiệt, đốt nóng chi tiết và dây dẫn, một phần tản ra không gian xung quanh.

Hiệu suất của việc sử dụng năng lượng của bộ tích lũy (tụ điện) được xác định bởi tỷ lệ.

$$\eta = W_{cd} / W_p = L_{cd} / L \quad (12.11)$$

với $L = L_{tb} + L_{cd}$

áp suất toàn phần tác động lên chi tiết kg/cm^2 được tạo ra bởi mật độ năng lượng của trường điện từ.

$$P = B^2 \cdot 10^{-6} / (8\pi)$$

Ở đây : B - từ cảm của từ trường.

Khi tốc độ tăng trưởng của từ trường không lớn và thời gian xung tương đối dài, từ trường có thể đi xuyên sâu vào trong chi tiết, làm suy yếu ứng lực của vật liệu. Để có giá trị lớn hơn ứng lực, thì thời gian xung không được vượt quá thời gian biến dạng của chi tiết.

$$t_{bd} = 2\sqrt{\varepsilon\delta} / v \quad (12.12)$$

Với ε - độ dịch chuyển của thành chi tiết hình ống theo chiều kéo căng, cm.

δ - bề dày của thành ống

v - tốc độ dịch chuyển của thành ống, cm/s.

Tốc độ dịch chuyển của thành ống khi bị biến dạng.

$$v = [B^2 / (4\pi \gamma)]^{1/2} \quad (12.13)$$

ở đây : γ - trọng lượng riêng của chi tiết g/cm^3 .

Khi tụ điện phóng điện, một phần năng lượng điện từ W_n biến thành nhiệt đốt nóng chi tiết :

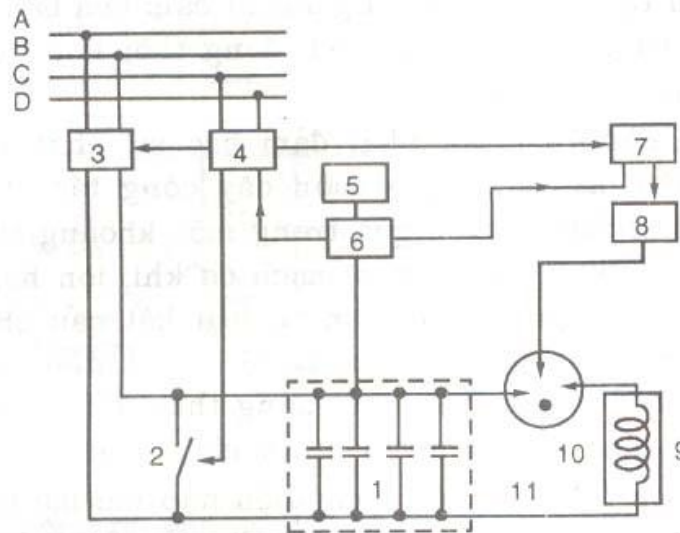
$$W_n = B^2 \rho \cdot S / (8\pi)$$

Với ρ - điện trở suất của vật liệu làm chi tiết, Ωm .

S - tiết diện của chi tiết m^2 .

12.2 CÁC PHẦN TỬ CỦA TRANG THIẾT BỊ ĐIỆN GIA CÔNG XUNG TỬ

Thiết bị gia công xung từ bao gồm hai khâu cơ bản : khâu chuẩn bị (tích lũy năng lượng và hình thành xung điện áp và dòng điện) và khâu thực hiện – công nghệ gia công. Ở khâu thứ nhất có máy phát xung dòng điện. Ở khâu thứ hai – cuộn dây kích thích cùng với thiết bị gia công.



Hình 12.3

Hình 12.3 trình bày sơ đồ chức năng thiết bị gia công xung từ. Bộ tích lũy năng lượng 1 được nạp điện bởi nguồn nạp 3 đến giá trị điện áp cần thiết. Từ bộ tích lũy, năng lượng được phóng ra dưới dạng xung qua cuộn dây kích từ 9 nhờ chuyển mạch 10 và dây dẫn điện 11. Khối chức năng 4 thực hiện việc điều khiển và kiểm soát và phát tín hiệu. Bộ môi lửa 8 truyền lệnh đóng bộ chuyển mạch 10. Cảm biến điều khiển 5 và bộ phận áp 6 điều chỉnh giá trị năng lượng dự trữ. Khi đạt giá trị xác định của điện áp phóng điện, khối điều khiển 7 phát xung để đóng bộ môi đốt lửa. Để triệt điện áp dư trong bộ tích lũy thực hiện việc của ngắt mạch nhờ bộ ngắt mạch 2.

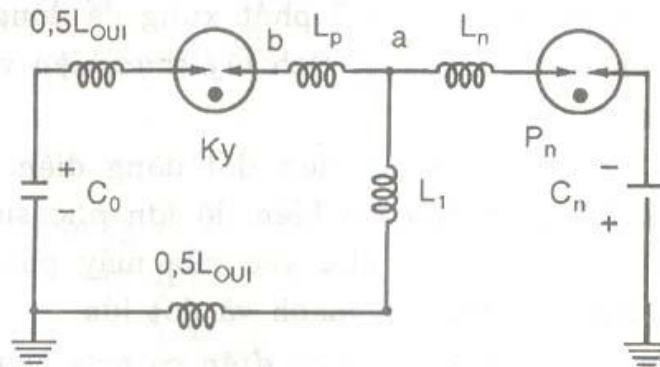
Máy máy phát xung dòng điện biến đổi dòng điện tần số công nghiệp thành xung dòng điện có biên độ lớn nhờ sự phóng điện của tụ điện. Các thành phần chủ yếu của máy phát gồm có bộ phóng điện, tụ điện, bộ chuyển mạch và đốt lửa.

Trong thành phần của bộ phóng điện có máy biến áp tăng áp, bộ chỉnh lưu cao áp và thiết bị khởi động và điều chỉnh. Tụ điện được sử dụng vào việc tích lũy năng lượng dùng cho việc phóng điện trong công nghệ gia công xung từ. Để giảm thời gian phóng điện của tụ điện và đảm bảo thời gian truyền năng lượng vào trong cuộn dây kích từ ngắn, cần phải giảm tự cảm của bản thân tụ điện của dây dẫn và của bộ phóng điện, đồng thời làm tăng hiệu suất của thiết bị gia công xung từ.

Thiết bị chuyển mạch phải đảm bảo sự phát xung điện áp trong thời gian điểm xác định cho cuộn dây công tác, đồng thời cho phép xung dòng điện truyền qua trong một khoảng thời gian nhất định. Có thể sử dụng bộ chuyển mạch cơ khí, ion hoặc hồ quang. Bộ phóng điện hồ quang bao gồm ba loại kết cấu chính : loại hở, loại chân không, loại nạp khí. Chúng có các ưu điểm sau : giới hạn điều chỉnh điện áp rộng, khả năng thay đổi áp suất trong bộ phóng điện và khả năng chuyển mạch giá trị năng lượng lớn.

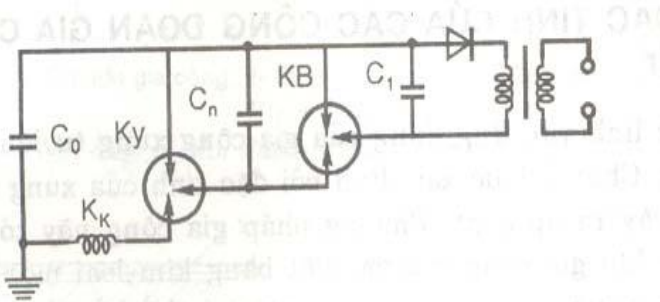
Sơ đồ mạch điện của bộ phóng điện nạp khí hai điện cực được trình bày trong (H.12.4). trong đó tụ điện C_n , được đóng qua mạch chính nhờ bộ phóng điện phụ E_n . khi đó tụ C_n sẽ phóng điện qua mạch : $L_n - L_k - 0,5 L_{om} - \text{đất}$, trong trường hợp đó trong mạch vòng : $C_n - L_n - L_k - 0,5 L_{om}$ sẽ xuất hiện dao động điện từ.

Tại thời điểm đóng P_n , điện áp tại điểm a đột ngột tăng lên từ giá trị 0 đến giá trị U_{cn} , sau đó giảm xuống theo luật cosin. Ở thời điểm đầu điện áp tại điểm b bằng : $U_c = U_{cn}$ do đó điện áp trên bộ chuyển mạch chính K_y bằng : $U_{c0} + U_{cn}$. Ở điện áp phóng điện của bộ phóng điện : $U_f < U_{c0} + U_{cn}$ sẽ xảy ra sự phóng điện nhờ đó cuộn dây kích từ có điện.



Hình 12.4

Bộ đánh lửa có nhiệm vụ khởi động cho bộ phóng điện chính. Nó có thể là bộ khởi động kiểu cơ khí hoặc là kiểu điện. Sơ đồ bộ đánh lửa với tụ điện đánh lửa C_n được nạp đầy nhờ bộ phóng điện chính, được trình bày trong (H.12.5).



Hình 12.5.

Để khởi động bộ phóng điện chính K_y cần phải xả tụ đánh lửa C_n . Khi đó trên điện cực bộ đánh lửa sẽ có xung điện áp, do bộ phóng điện phụ cung cấp. Xả tụ được thực hiện nhờ tụ điện phụ C_1 . Tụ này được nạp điện qua chỉnh lưu D_1 .

Khâu công nghệ – cuộn dây kích từ là một trong các khâu quan trọng nhất của thiết bị xung từ, phải đáp ứng được các yêu cầu sau :

1. Đạt hiệu quả cao trong việc biến đổi điện năng thành cơ năng để làm biến dạng chi tiết gia công.
2. Có độ bền cơ và điện cao.
3. Kết cấu và công nghệ đơn giản phụ thuộc mục đích công việc, cuộn dây kích có thể là một vòng hoặc nhiều vòng, quấn xoắn ốc ... Tuổi thọ của cuộn dây phụ thuộc chủ yếu vào cách điện và các tính chất cơ điện của nó. Cuộn dây bị nóng quá có thể làm phóng điện giữa các vòng dây, làm hư hỏng cách điện giữa chúng. Khi có dòng điện lớn chảy qua cuộn dây, nó phải chịu sự tác động quá tải về cơ và nhiệt dẫn đến sự biến dạng các vòng dây.

Để làm mát cuộn dây kích từ, có thể sử dụng chất lỏng, chảy qua các rãnh đặc biệt trong nó. Nhờ đó có thể chế tạo ra các cuộn dây làm việc được ở điều kiện tần số cao.

Trong cuộn dây một vòng, được chế tạo từ vật liệu dẫn điện tốt (đồng, thau) lực tác động theo hướng kính. Để giảm tự cảm ký sinh của khe hở giữa cuộn dây và chi tiết gia công, khe hở cần phải nhỏ, thông thường giữa cuộn dây và chi tiết phải đảm bảo khe hở đủ nhỏ, được thực hiện nhờ cách điện lót giữa chúng.

12.3 ĐẶC TÍNH CỦA CÁC CÔNG ĐOẠN GIA CÔNG XUNG TỪ :

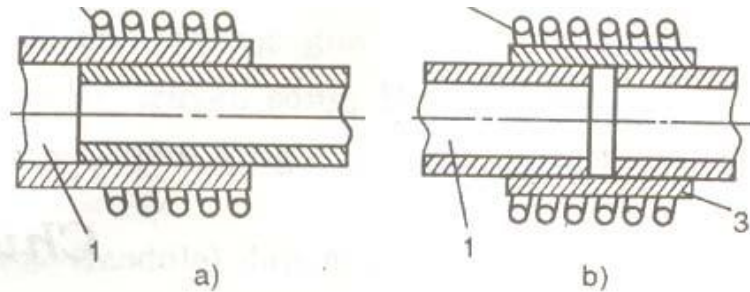
Các lĩnh vực ứng dụng của gia công xung từ lên kim loại rất đa dạng. Chúng được xác định bởi đặc tính của xung và công suất đơn vị gây ra áp suất. Phương pháp gia công này tỏ ra có nhiều ưu điểm khi gia công các chi tiết bằng kim loại mỏng. Trong các ưu điểm chính của gia công xung từ có thể kể đến :

1. Không có phân chuyển động.
2. Dễ dàng điều khiển và điều chỉnh công suất.
3. Kết cấu bền chắc của thiết bị, vận hành đơn giản, dễ sửa chữa, có thể tổ chức sản xuất theo dây chuyền.
4. Năng suất lao động cao, đảm bảo điều kiện lao động tốt so với các phương pháp gia công khác.
5. Cơ cấu đơn giản, có thể tự động hoá các công đoạn gia công.

Nhược điểm chủ yếu là hiệu suất thấp, gia công các chi tiết có lỗ và khe hở phức tạp. Cuộn dây khi làm việc với điện trường cao áp có tuổi thọ không cao, gia công các chi tiết có độ dày lớn khó khăn.

Các công đoạn thực hiện bao gồm : ép dẹt sóng các tấm kim loại mỏng, nong rộng ống kim loại, dập định hình sản phẩm Phương pháp này còn có thể áp dụng để bọc các đầu cable, ép các mũ kim loại lên sứ cách điện, nối các chi tiết bằng kim loại với các chi tiết khác kim loại, bó các chi tiết lại với nhau, ép các ống lót lên dây cáp Sơ đồ nguyên lý thực hiện các công đoạn kể trên được

mô tả trong (H.12.6). Phương pháp tạo dáng bằng thiết bị xung từ được mô tả trong (H.12.7). Đối với các công đoạn như vậy, cuộn dây kích từ có dạng cuộn dây phẳng 1, khi đưa xung vào, dòng điện cảm ứng trong chi tiết 2, tác động tương hỗ với từ trường do cuộn dây kích từ sinh ra sẽ gây ra lực làm biến dạng chi tiết gia công.

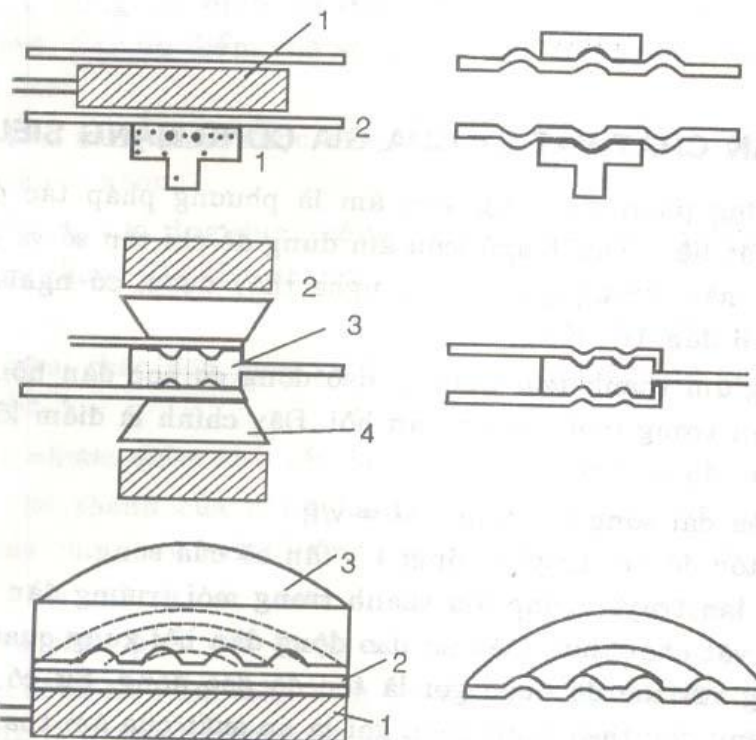


1- Chi tiết gia công; 2- Cuộn dây kích từ; 3- Ống lót.

Hình 12.6

a) Nối ống; b) Nối đầu hai ống bằng một ống lót;

a) Nối ống; b) Nối đầu hai ống bằng một ống lót;



1- Cuộn dây kích từ; 2- Chi tiết gia công; 3- Khuôn ép; 4- Bộ tập trung từ trường.

Hình 12.7

CHƯƠNG 13

CÁC THIẾT BỊ SIÊU ÂM

-----oOo-----

13.1. BẢN CHẤT VẬT LÝ CỦA GIA CÔNG BẰNG SIÊU ÂM :

Phương pháp gia công siêu âm là phương pháp tác động cơ học lên vật liệu. Thuật ngữ siêu âm dùng để chỉ tần số va đập của sóng này nằm trong giải không nghe thấy được, có nghĩa là vào khoảng 16 đến 10^5 KHz.

Sóng âm thanh bản thân là dao động cơ học đàn hồi, có thể lan truyền trong môi trường đàn hồi. Đây chính là điểm khác biệt so với dao động điện từ.

Chiều dài sóng âm thanh : $\lambda = v/f$.

Với v – tốc độ lan truyền sóng, f – tần số của sóng.

Khi lan truyền sóng âm thanh trong môi trường đàn hồi, các phần tử vật chất thực hiện sự dao động. Sự cô đặc của môi trường dọc theo sóng được gọi là áp suất của âm thanh. Giữa tốc độ dao động và áp suất âm thanh tồn tại mối liên hệ tương hỗ, được xác định bởi tính chất của môi trường. Đối với sóng âm thanh phẳng quan hệ tương hỗ giữa áp suất và dao động được xác định bởi định luật Ohm trong âm học :

$$\frac{P}{y} = \rho v = R_a$$

Ở đây : P – áp suất âm thanh, y – tốc độ dao động.

ρ - mật độ môi trường, g/m^3 .

v – tốc độ lan truyền sóng, R_a – âm trở.

Tốc độ lan truyền sóng âm thanh phụ thuộc vào mật độ của môi trường : $v = S/\rho$

Với S – modun (module) đàn hồi dọc.

Từ các công thức trên suy ra rằng tốc độ âm thanh càng lớn thì môi trường vật chất càng cứng và nhẹ.

Khi lan truyền trong môi trường vật chất sóng âm thanh mang một năng lượng xác định, có thể sử dụng được trong các quá trình công nghệ. Các ưu điểm của sóng siêu âm trong công nghệ có thể kể như sau :

1. Khả năng nhận được năng lượng âm thanh nhờ các kỹ thuật thu âm khác nhau.

2. Lĩnh vực ứng dụng công nghệ siêu âm rộng lớn – Từ gia công kích thước đến thu nhận các mối liên kết bền chắc (Hàn, hàn thiếc, ...)
3. Khai thác đơn giản và khả năng tự động hoá các thiết bị công nghệ.

Các nhược điểm chủ yếu là :

1. Giá thành của năng lượng âm thanh cao hơn so với giá thành của các dạng năng lượng khác.
2. Phải chế ra các thiết bị và khí cụ chuyên dụng để phát, truyền và phân phối dao động siêu âm.

Dao động siêu âm luôn kèm theo hàng loạt các hiệu ứng, được ứng dụng làm cơ sở trong các quá trình gia công khác nhau.

Hiện tượng khí xâm thực : Phá hủy tính dày đặc của chất lỏng, sinh ra khi áp suất thấp hơn một giá trị tới hạn nào đó. Từ đó xảy ra quá trình tạo khoang khí thực và bọt trong trường siêu âm trong thời gian của pha dẫn nổ, có trong áp suất âm thanh biến thiên.

Sự hấp thu sóng siêu âm của vật chất : là quá trình không đảo ngược, trong đó một phần năng lượng được chuyển hoá thành nhiệt năng, phần năng lượng khác được chi phí làm thay đổi cấu trúc của vật chất. Sự hấp thu sinh ra do kết quả của sự ma sát tương hỗ của các phần tử, nó phụ thuộc vào tính chất của vật chất và tỷ lệ với bình phương của tần số.

Ma sát bề mặt : sinh ra do kết quả chuyển động của các phần tử trên bề mặt giới hạn, phân chia các môi trường khác nhau. Các hiện tượng nêu ra ở trên là cơ sở của hàng loạt quá trình công nghệ.

Sự phân chia phân tử và phân tử : có khối lượng khác nhau trong các huyền phù không đồng chất trong âm trường phụ thuộc vào thành phần huyền phù và tần số của trường.

Sự tích tụ : được tìm thấy ở sự tạo ra từ sự nghiền tán (khói, bụi, sương mù) các hạt có kích thước tương đối lớn, sự chuyển động của các phần tử khi có sự tồn tại lực hút giữa chúng dẫn đến sự va đập và kết quả là chúng kết dính với nhau để trở nên lớn hơn.

Sự khử khí chất lỏng : nhờ dao động siêu âm diễn ra khi có các bọt khí tách ra. Khi chuyển động, chúng kết hợp thành các bọt khí có kích thước lớn hơn và bay lên.

Sự nghiền tán : là hiệu ứng ngược lại với hiệu ứng tích tụ, được thể hiện ở sự nghiền nhỏ vật chất và trộn nó với các vật chất khác.

13.2. CÁC PHẦN TỬ TRONG CÁC THIẾT BỊ SIÊU ÂM :

Các phần tử chủ yếu trong hệ thống dao động bao gồm : Nguồn tạo dao động siêu âm, biến tốc âm thanh và các chi tiết gia cố.

Bao gồm hai dạng chính : dạng cơ học và dạng điện.

Nguồn cơ học có thể kể đến kèn, còi siêu âm, nguyên lý tác động của chúng được dựa trên cơ sở biến đổi cơ năng (ví dụ, tốc độ chuyển động chất lỏng hoặc chất khí). Nguồn điện tạo dao động siêu âm, biến đổi năng lượng điện sang dao động cơ đàn hồi với tần số thích hợp. Nhằm mục đích này có thể sử dụng các bộ biến đổi kiểu điện động, từ giải và áp điện. Phổ biến nhất là loại từ giải và áp điện.

Nguyên lý tác động của bộ biến đổi kiểu từ giải dựa trên cơ sở của hiệu ứng từ giải dọc được thể hiện ở sự thay đổi chiều dài của vật thể kim loại làm từ vật liệu sắt từ (mà không thay đổi thể tích của nó) dưới tác động của từ trường. Hiệu ứng từ giải của các vật liệu khác là khác nhau. Tính từ giải cao có được ở nicken (nickel) và pecmenđua. Chúng được ứng dụng rộng rãi trong việc chế tạo các bộ biến đổi.

Bộ biến đổi từ giải bao gồm mạch từ ghép từ các tấm mỏng, trên đó có quấn cuộn dây kích thích trường điện từ tần số cao. Ở hiệu ứng từ giải, chiều biến dạng của mạch từ không thay đổi khi thay đổi chiều của từ trường. Tần số thay đổi của biến dạng lớn gấp hai lần tần số biến thiên của dòng điện chảy trong cuộn dây của bộ biến đổi.

Trên cơ sở của phương trình hiệu ứng từ giải kết hợp với phương pháp tương tự cơ điện có thể thành lập sơ đồ thay thế của bộ biến đổi từ giải. Kết luận của các phương trình này được rút ra khi xem bộ biến đổi từ giải như là một hệ thống với thông số rải.

$$\frac{-jW.S}{\sin Kl} (\xi_1 + \xi_2) + j\xi_1 W . Stg(K \frac{1}{2}) + \xi_1 Z_1 = \frac{\alpha_m . U}{j\omega n} \quad (13.1)$$

$$\frac{-jW.S}{\sin Kl} (\xi_1 + \xi_2) + j\xi_2 W . Stg(K \frac{1}{2}) + \xi_2 Z_2 = \frac{\alpha_m . U}{j\omega n} \quad (13.2)$$

ở đây :

w = $\gamma \cdot C$ – trở sóng của vật liệu mạch từ, trong đó

γ - trọng lượng riêng, g/m³

C – tốc độ lan truyền âm thanh, m/s

S – tiết diện của lõi từ, m²

K = ω/C với ω - tần số góc, s⁻¹

I – giá trị biên độ của dao động cơ học, m.

ξ_1 và ξ_2 – tốc độ dao động trên thành mạch từ, m/s.

Z_1 và Z_2 – tổng trở cơ học trên thành mạch từ.

$\alpha_m/\omega n$ – hệ số liên kết cơ điện của mạch từ (ở đây n – số vòng dây)

U – điện áp đặt trên cuộn dây của bộ biến đổi, V

$-W.S (\sin Kl)$ và $-W.Stg (Kl/2)$ – trở kháng của lõi từ.

Dòng điện chảy qua cuộn dây :

$$I = \frac{U}{j\omega L} - \frac{j(\xi_1 + \xi_2)\alpha m}{\omega n} \tag{13.3}$$

Số hạng thứ nhất bên vế phải của phương trình (13.3) tương ứng với thành phần dòng điện, có liên quan đến trở kháng của bộ biến đổi.

Số hạng thứ hai – là thành phần dòng điện sinh ra phản lực cơ của hệ thống được quy đổi về thông số của mạch thông qua hệ số liên hệ cơ điện : $\varphi = \alpha m/(\omega n)$.

Tổng trở đầu vào của sơ đồ thay thế song song $Z = U/I$ cũng bao gồm hai thành phần : điện và cơ. Nó là giá trị phức với các thành phần tích cực và phản kháng : $Z = R + jX$.

Thành phần tích cực của điện trở vào trong sơ đồ thay thế.

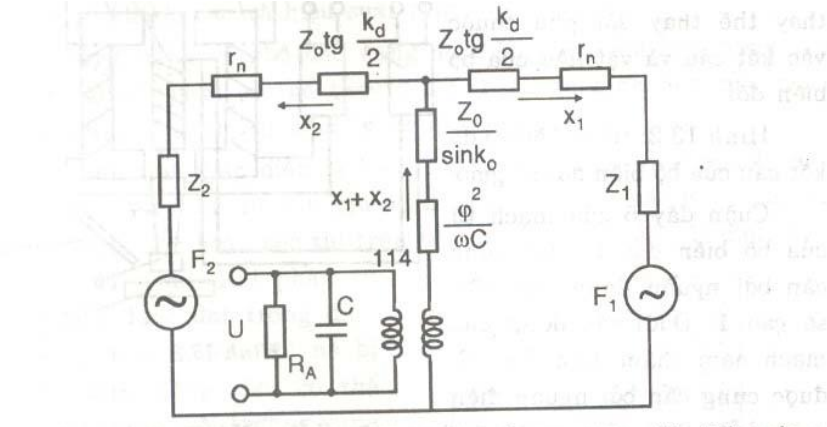
$$R_v = \frac{R}{\{1 + [R/(2\pi fL)]^2\}} \tag{13.4}$$

Thành phần phản kháng :

$$X_v = \frac{2\pi fL}{(1 + 2\pi fL)^2} \tag{13.5}$$

Với R - điện trở tích cực của sơ đồ thay thế.

Dựa trên các phương trình (13.1) và (13.2) có thể xây dựng sơ đồ thay thế của bộ biến đổi từ giảo (H.13.1).



$x_L = \omega L$ - trở kháng của bộ biến đổi; r - điện trở tổn hao; x_1, x_2 - điện kháng của lõi mạch từ, tương ứng bằng $tg(Kl/2)$ và $-1/(\sin Kl)$.
 Hình 13.1

Các bộ phận cơ trong sơ đồ có ba nhánh song song :

Nhánh thứ nhất có tốc độ dao động ξ_1

Nhánh thứ hai có tốc độ dao động $-\xi_1$

Nhánh thứ ba có tốc độ dao động $\xi_1 + \xi_2$.

Bộ phận cơ được nối với bộ phận điện thông qua máy biến áp cơ điện, mà ở phần thứ cấp của nó tổng hai tốc độ dao động tỷ lệ với dòng điện ở cuộn dây sơ cấp.

Từ sơ đồ thay thế có thể tính toán các thông số điện tương tự, nhưng phải lưu ý đến hệ số quan hệ điện cơ φ , đặc trưng cho sự liên hệ giữa dao động của các phần cơ của hệ thống và mạch điện. Trong sự tương ứng với hệ thống tương tự thứ nhất :

Hệ số φ/j – sử dụng để tính toán chuyển đổi giá trị các điện áp thành các lực cơ học.

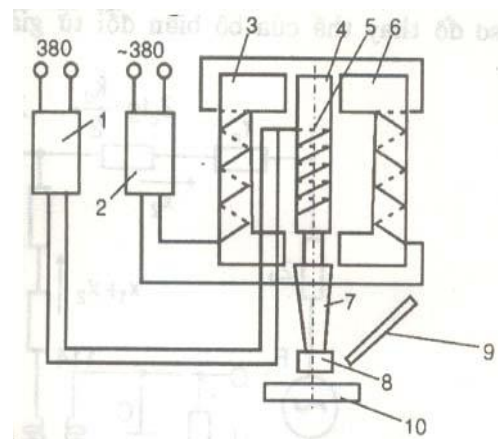
jQ – hệ số chuyển đổi tốc độ dao động ra dòng điện.

φ^2 – hệ số chuyển đổi điện trở ra ứng suất cơ.

Các thông số của sơ đồ thay thế thay đổi phụ thuộc vào kết cấu và vật liệu của bộ biến đổi.

Hình 13.2 : trình bày sơ đồ kết cấu của bộ biến đổi từ giảo.

Cuộn dây 5 của mạch từ của bộ biến đổi 4 được cung cấp bởi nguồn dòng điện tần số cao 1. Dưới tác động của mạch nam châm điện 3 và 6, được cung cấp bởi nguồn điện một chiều 2 sẽ sinh ra từ trường một chiều. Nó sẽ sinh ra trong lõi thép của bộ biến đổi trạng thái từ hoá ban đầu- sự phân cực.



Hình 13.2

Do lõi từ giảo 4 được đặt trong từ trường một chiều thay đổi chiều dài của mình đến giá trị l_1 . Khi đóng cuộn dây 5 vào máy phát 1, dòng điện xoay chiều tần số cao sẽ sinh ra từ trường cùng tần số. Kết quả là torg mạch từ sẽ chảy hai từ thông. Từ thông một chiều với từ cảm B_0 và từ thông xoay chiều với từ cảm B_- . Tại một thời điểm bất kỳ, từ thông tổng B_Σ có giá trị bằng tổng đại số :

$$B_\Sigma = B_0 + B_-$$

Tùy theo chiều của từ thông

- Khi $B_\Sigma \neq 0$, lõi có chiều dài l_1

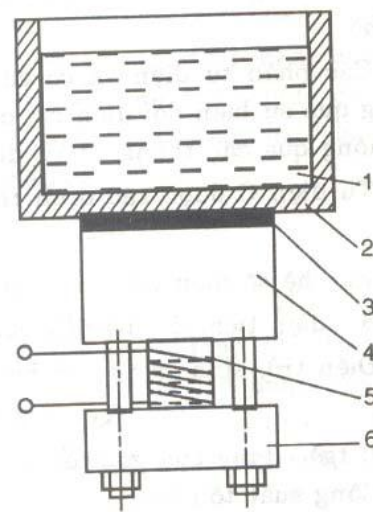
- Khi từ thông có hướng chảy ngược, và khi $B_{\Sigma} = 0$, chiều dài của lõi mạch từ $l_2 \neq l_1$.

Như vậy, nhờ có nguồn phát cao tần 1, bộ chỉnh lưu 2, bộ tập hợp 7 (bộ biến tốc độ âm thanh), năng lượng điện được chuyển hoá thành cơ năng của dao động. Các thành phần công nghệ của bộ biến đổi 8, tác động lên chi tiết gia công 10.

Nhược điểm của bộ biến đổi từ giảo là sự xuất hiện của tổn hao trong mạch từ xoay chiều cần phải có dòng điện từ hoá, tính kinh tế không cao và hiệu suất thấp.

Hoạt động của bộ dao động áp điện, dựa trên khả năng của một vài vật chất có thể thay đổi kích thước hình học của mình (thể tích, bề dày) khi nằm trong điện trường.

Hiện tượng áp điện là hiện tượng hai chiều, có nghĩa là nếu một tấm kim loại từ vật liệu áp điện bị đặt dưới tác động của sự biến dạng nén hoặc kéo thì trên bề mặt của nó đều xuất hiện điện tích như nhau. Khi phần tử áp điện được đặt trong điện trường xoay chiều, thì nó bị biến dạng đồng thời có thể gây ra trong môi trường xung quanh sự dao động siêu âm. Các phần tử áp điện được làm từ hợp kim : titan – bari, kẽm – titan – chì được ứng dụng rộng rãi nhất.



1- Bể dung dịch; 2- Đáy bể; 3- Các thành phần keo; 4- Lớp lót; 5- Đĩa làm từ vật liệu kẽm -titan - chì; 6- Tấm lót phản xạ dưới.

Hình 13.3

Tấm kim loại dao động làm từ vật liệu áp điện chính là các bộ biến đổi điện cơ.

Sơ đồ nguyên lý của bộ biến đổi áp điện (H.13.3) có sơ đồ thay thế được xây dựng trên cơ sở của các phương trình tương tự như của các bộ biến đổi từ giảo:

$$-j = \frac{W_1 + S_2}{\sin Kd} (\xi_1 + \xi_2) + j\xi_1 W_1 S t g \left(\frac{K_d}{2} \right) + \xi_1 Z_1 + F_1 = \varphi U \quad (13.6)$$

$$-j = \frac{W_1 + S_2}{\sin Kd} (\xi_2 + \xi_2) + j\xi_2 W_1 S_1 t g \left(\frac{K_d}{2} \right) + \xi_2 Z_2 + F_2 = \varphi U$$

ở đây : $W_1 S_1 = Z_0$ – ứng suất cơ của tấm từ giảo.

$F_1 F_2 Z_1 Z_2$ – phụ thuộc trực tiếp vào môi trường

$Z_1 Z_2$ – ứng suất cơ môi trường

Khi phát dao động trong môi trường không giới hạn $F_1 F_2$ có thể bỏ qua.

Trong điều kiện làm việc thực hiện của các bộ phát sóng siêu âm, giá trị : $F_1 F_2 Z_1$ và Z_2 được xác định bởi các quá trình công nghệ cụ thể.

Các phần tử điện và cơ của sơ đồ (H.13.1) liên hệ với nhau thông qua sự biến đổi điện cơ, cho phép tính toán các thông số về cơ thông qua các thông số về điện và ngược lại.

Tụ điện C được xác định theo công thức tụ điện phẳng.

$$C = \epsilon_d \cdot S / d \quad (13.7)$$

Với : ϵ_d – hệ số điện môi của vật liệu tụ giả.

S – diện tích, d – bề dày của vật liệu tụ giả.

Điện trở, sinh ra từ tổn hao điện môi :

$$R_d = 1/2\pi f C \cdot \text{tg } \delta \quad (13.8)$$

ở đây, $\text{tg } \delta$ - tang của góc tổn hao điện môi của vật liệu

Công suất tổn hao :

$$P_{th} = U^2 / 2 (R_d) \quad (13.9)$$

Từ sơ đồ thay thế có thể xác định điện trở đầu vào và biến đổi dao động của đầu mút bộ biến đổi. Nếu kích thước của biến đổi không lớn hơn nhiều so với độ dài sóng trong môi trường và $(\rho c)_{cb} / (\rho c) \leq 1$, thì điện trở đầu vào và biên độ dao động của đầu mút bộ biến đổi được xác định theo công thức :

$$Z = j \rho C S \text{tg} (K_d) + (\rho c)_{tb} S / \cos^2 (K_d) \quad (13.10)$$

$$\xi_2 = \xi_1 / \cos (K_d)$$

ở đây : ξ_2 và ξ_1 – tốc độ dao động của đầu mút bộ biến đổi.

Từ sơ đồ thay thế suy ra rằng tần số cộng hưởng của bộ biến đổi áp điện ở điện áp một chiều được xác định bởi trở kháng của các cơ phận trong hệ thống.

Điều kiện cộng hưởng của bộ biến đổi áp điện được xác định bởi biểu thức:

$$\text{tg} (K_d) = 2 / K D_1 \quad (13.11)$$

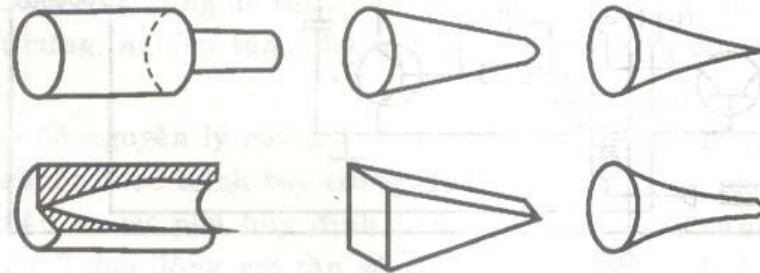
ở đây : D_1 – bề dày của tấm kim loại quy đổi theo bề mặt của lớp vỏ.

Ví dụ : về ứng dụng kỹ thuật của bộ biến đổi áp điện, là thiết bị phát sóng siêu âm vào dung dịch để tạo sự đồng nhất của nó. (H.13.3). Dung dịch, chảy vào bình theo rãnh hoặc được đổ vào, được chiếu siêu âm trong một thời gian nhất định, nhờ đó thúc đẩy quá trình hoà tan các thành phần.

2. Bộ biến tốc âm thanh :

(Bộ tập trung dao động đàn hồi dọc)

Chúng được dùng để phối hợp thông số của bộ biến đổi và tải, nhằm mục đích cố định hệ thống dao động và đường dẫn dao động siêu âm vào trong vùng tác động của vật liệu. Bộ phận này bản thân là một vật có dạng miếng với tiết diện khác nhau. Chúng được làm từ vật liệu cứng, chịu ăn mòn, mài mòn, bền vững trong các môi trường xâm thực,...

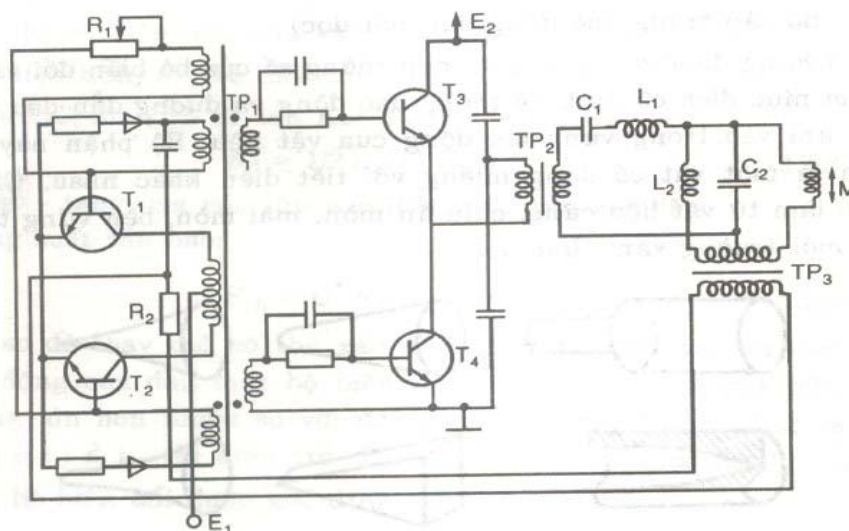


Hình 13.4

Hình dạng khác nhau của bộ biến tốc âm thanh được trình bày trong (H.13.4). Chúng được đặc trưng bằng hệ số tập trung dao động.

Chúng có dạng một đầu có tiết diện lớn và một đầu có tiết diện nhỏ. Sự tăng lên của biên độ dao động ở đầu có tiết diện nhỏ, so với biên độ dao động ở đầu có tiết diện lớn được giải thích rằng, ở cùng một công suất dao động trong tất cả các tiết diện của bộ biến đổi âm thanh. Mật độ dao động ở đầu nhỏ k lần lớn hơn.

3. Nguồn cung cấp cho các thiết bị siêu âm :



Hình 13.5

Nguồn cung cấp có nhiệm vụ biến đổi năng lượng điện tần số công nghiệp sang năng lượng của dòng điện xoay chiều tần số siêu âm để kích thích bộ biến đổi. Chúng cần phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây : phải có tần số phát ổn định và có thể điều chỉnh trong phạm vi rộng, có thể điều chỉnh công suất, giá thành không cao lắm, khối lượng và kích thước nhỏ, làm việc tin cậy và vận hành thuận lợi.

Hình 13.5: trình bày sơ đồ nguyên lý của máy phát siêu âm transistor tự động điều chỉnh tần số. Tải của máy phát là bộ biến đổi từ giảo M. Máy phát bao gồm 2 tầng:

Tầng thứ nhất: nguồn kích thích có dạng là một bộ phát chặn với các transistor T_1 và T_2 được cung cấp nguồn bởi bộ chỉnh lưu điện áp có ngõ ra E_1 .

Tầng thứ hai – tầng ra: được thực hiện theo sơ đồ bán cầu, có các transistor T_3 và T_4 .

Tải M nối vào máy phát qua biến áp phối hợp TR_2 mạch điện phối hợp bao gồm C_1, L_1 và C_2, L_2 máy biến áp vi sai có phản hồi TR_3 được đưa vào cực gốc của các Transistor T_1 và T_2 nó thực hiện việc đồng bộ hoá công tác của bộ kích thích.

Trong máy phát còn có khả năng điều chỉnh theo mức công suất từ 10 đến 100% giá trị công suất định mức. Công suất tiêu thụ từ nguồn : 180VA, công suất đầu ra : 100W, tần số công tác ($22 \pm 1,65$) KHz.

13.3 ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CỦA DAO ĐỘNG SIÊU ÂM :

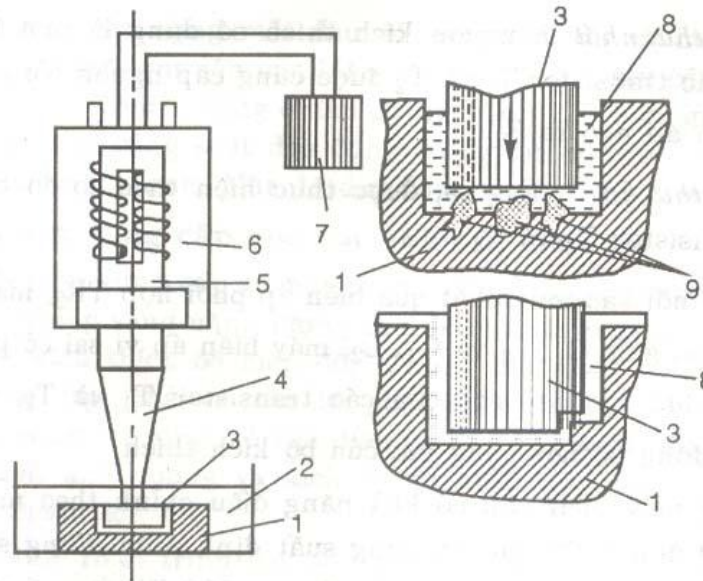
Ứng dụng công nghệ của siêu âm được thực hiện theo ba hướng cơ bản sau: tác động lực lên vật liệu, tăng cường hoá các quá trình công nghệ, kiểm tra bằng siêu âm.

1. Tác động lực lên chi tiết gia công :

Được ứng dụng để thực hiện gia công cơ khí các hợp kim cứng và rất cứng, nghiền tán, nhũ tương hoá, làm sạch bề mặt các tấm mỏng ...

Sơ đồ nguyên lý của gia công kích thước siêu âm theo phương pháp chuốt được trình bày trong (H.13.6), Ở phương pháp gia công này, diễn ra sự phá hủy định hướng các vật liệu cứng, nhờ dụng cụ 3 dao động lực va đập bởi bộ phận nghiền, tán lên các hạt 9, được đưa vào dưới dạng huyền phù 8 qua khe hở giữa đầu mút của dụng cụ và sản phẩm.

Tuy rằng năng suất của mỗi lần đập không đáng là bao, nhưng năng suất của việc gia công siêu âm tương đối cao, vì nó được tạo ra do tần số dao động cao của dụng cụ (6 – 30 KHz) và số lượng bột mài lớn chuyển động với tốc độ cao trên bề mặt của chi tiết gia công. Dưới tác động của va đập lên bột mài sẽ gây ra sự trượt, đập vỡ các phần tử vật liệu.



1- Chi tiết gia công; 2- Bình; 3- Dụng cụ; 4- Biến tốc âm thanh; 5- Bộ biến đổi từ;
6- Vỏ làm mát; 7- Máy phát siêu âm; 8- Khe hở; 9- Bột mài.

Hình 13.6

Tác động nghiền tán, nhũ tương hoá của siêu âm xảy ra dưới tác động của sóng siêu âm tập trung, được thể hiện qua tác động xâm thực và chảy rối chất lỏng, nhờ đó có thể nhận được các chất nhũ tương từ nước và dầu, thủy ngân và nước, băng và nước ...

Sản xuất nhũ tương bằng cách nghiền các chất rắn nhờ sóng siêu âm cho phép làm tăng năng suất của quá trình. Ví dụ, nhờ siêu âm có thể rút ngắn quá trình sản xuất nhũ tương từ magie oxyt (MgO) từ 25h xuống còn 40 phút.

Phương pháp siêu âm còn có thể được sử dụng để làm sạch các chi tiết kim loại khỏi các vết gỉ, kem, nhựa hắc ín, làm sạch các sản phẩm bị ăn mòn ...

Hiệu ứng làm sạch bằng siêu âm hiệu quả nhất là tách các vết bẩn ở các rãnh khó chạm được tới, làm sạch các chi tiết nhỏ có hình dạng khác nhau, các sản phẩm thủy tinh.

2. Thúc đẩy quá trình công nghệ :

Dao động siêu âm có thể làm thay đổi tiến trình của một vài quá trình hóa học. Đặc biệt việc xử lý siêu âm làm tăng nhanh quá trình polyme hoá axetat (CH_3COOM), nhũ tương, khử axetal ($C_2H_4(OC_2H_5)_2$) ...

Quá trình polyme hoá nhanh, được quan sát thấy khi có tác động lực của siêu âm. Khi giảm lực tác động có thể xảy ra quá trình ngược lại khử polyme. Tính chất này của dao động siêu âm được sử dụng để điều khiển phản ứng polyme hoá. Thay đổi tần số và cường độ dao động siêu âm, có thể áp ứng yêu cầu tốc độ phản ứng.

Trong quá trình luyện kim khi đưa dao động đàn hồi với tần số siêu âm vào trong kim loại lỏng có thể dẫn đến việc làm thay đổi các mang tinh thể và

thúc đẩy quá trình tinh thể hoá, làm giảm các bọt khí có lẫn trong kim loại đúc, tăng độ bền cơ của các hợp kim khác nhau.

Hàng loạt kim loại như chì, nhôm không hoà lẫn ở trạng thái lỏng. Khi có sự tác động của dao động siêu âm, sẽ có thể làm hoà tan kim loại này vào trong kim loại khác.

3. Các phương pháp kiểm tra bằng siêu âm :

Dưới sự hỗ trợ của dao động siêu âm có thể kiểm tra liên tục tiến trình quá trình công nghệ, mà không phải thực hiện các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm.

Khi xác lập sơ bộ quan hệ của các thông số sóng siêu âm và tính chất vật lý của môi trường, ta đồng thời đo biên độ dao động của các phân tử.

Dao động siêu âm cường độ cao hay tốc độ âm thanh lớn, có thể nhận định đúng về trạng thái của môi trường và các thay đổi của nó.

Về nguyên tắc các phương pháp kiểm tra bằng siêu âm được thực hiện nhờ dao động siêu âm cường độ không lớn lắm. Phụ thuộc vào các đặc tính hóa – lý của môi trường, tốc độ âm thanh trong đó sẽ khác nhau.

Khi thay đổi năng lượng sóng âm thanh có thể kiểm tra thành phần của các loại hỗn hợp khác nhau khi chúng không phải là các liên kết hoá học. Tốc độ âm thanh trong các môi trường đó là không thay đổi, còn sự có mặt của tạp chất ảnh hưởng đến hệ số hấp thụ năng lượng âm thanh. Nhờ đó cho phép xác định tỷ lệ phần trăm tạp chất chứa trong thành phần vật chất.

Khi sóng âm thanh đi qua giới hạn của hai môi trường nó bị phản xạ một phần. Độ chênh lệch năng lượng sóng đi xuyên qua giới hạn và sóng phản xạ phụ thuộc vào tỷ lệ âm trở của các vật chất khác nhau.

Từ các sóng phản xạ có thể xác định hàm lượng tạp chất có trong các đơn tinh thể và nguyên lý đó có thể chế tạo các dụng cụ chẩn đoán bằng siêu âm.

MỤC LỤC

-----oOo-----

CHƯƠNG I: CƠ SỞ VẬT LÝ – KỸ THUẬT CỦA ĐIỆN NHIỆT

- 1.1. Khái niệm về điện nhiệt và các biện pháp biến đổi điện nhiệt.
- 1.2. Vật liệu sử dụng trong các lò điện.

CHƯƠNG 2: CÁC THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG BẰNG ĐIỆN TRỞ

- 2.1. Bản chất vật lý của điện trở.
- 2.2. Các phần tử điện trở đốt nóng.
- 2.3. Các lò điện trở.
- 2.4. Trang bị điện và điều chỉnh thông số lò điện trở.
- 2.5. Các thiết bị điện xỉ .

CHƯƠNG 3: CÁC THIẾT BỊ HÀN TIẾP XÚC

- 3.1. Bản chất vật lý và phân loại các dạng hàn tiếp xúc.
- 3.2. Hàn nối đầu.
- 3.3. Hàn điểm.
- 3.4. Hàn lăn (hàn may).
- 3.5. Trang bị điện máy hàn tiếp xúc:

CHƯƠNG 4: CÁC THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG BẰNG CẢM ỨNG VÀ ĐIỆN MÔI

- 4.1. Cơ sở vật lý – kỹ thuật của đốt nóng bằng cảm ứng.
- 4.2. Các thiết bị nấu chảy bằng cảm ứng.
- 4.3. Lò nung cảm ứng.
- 4.4. Cơ sở vật lý của đốt nóng điện môi.
- 4.5. Thiết bị đốt nóng điện môi:
- 4.6. Nguồn phát tần số cao.

CHƯƠNG 5: THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG BẰNG HỒ QUANG ĐIỆN

- 5.1. Sự ion hóa chất khí và khái niệm về plasma.
- 5.2. Cấu trúc của sự phóng điện hồ quang.
- 5.3. Điện cực dùng trong các thiết bị hồ quang.
- 5.4. Các lò luyện kim hồ quang.
- 5.5. Trang bị điện trong các lò luyện kim hồ quang.
- 5.6. Lò hồ quang chân không.

CHƯƠNG 6: CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ DÙNG NGỌN LỬA PLASMA

- 6.1. Cơ chế tạo ra ngọn lửa plasma nhiệt độ thấp và lĩnh vực ứng dụng.
- 6.2. Thiết bị tạo plasma nhiệt độ thấp (plasmatron)
- 6.3. Các đặc tính và nguồn cung cấp năng lượng cho plasmatron.
- 6.4. Thiết bị plasma dùng để cắt và hàn.
- 6.5. Thiết bị plasma tạo lớp phủ bề mặt.

CHƯƠNG 7: CÁC THIẾT BỊ HÀN HỒ QUANG

- 7.1. Cơ sở vật lý – kỹ thuật của hàn hồ quang.
- 7.2. Nguồn cung cấp năng lượng cho hồ quang.
- 7.3. Một số đặc điểm về mặt lý thuyết của máy biến áp hàn.

CHƯƠNG 8: THIẾT BỊ ĐỐT NÓNG NHỜ CHÙM TIA ELECTRON

- 8.1. Cơ sở vật lý – kỹ thuật của đốt nóng nhờ chùm tia electron.
- 8.2. Kết cấu thiết bị chùm tia electron.
- 8.3. Ứng dụng trong công nghệ của thiết bị đốt nóng chùm tia electron.

CHƯƠNG 9: THIẾT BỊ LASER

- 9.1. Nguyên lý làm việc cơ bản của laser.
- 9.2. Các loại máy phát xạ laser.

9.3. Công nghệ gia công bằng tia laser.

PHẦN II: CÁC THIẾT BỊ GIA CÔNG ĐIỆN HÓA ĐIỆN VẬT LÝ DIỆN CƠ ĐIỆN ĐỘNG

CHƯƠNG 10: CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN PHÂN

10.1. Cơ sở của gia công điện hóa.

10.2. Điện phân dung dịch và dung dịch hòa tan.

10.3. Trang bị điện trong sản xuất điện phân.

10.4. Áp dụng công nghệ điện hoá trong công nghiệp chế tạo máy.

CHƯƠNG 11: GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĂN MÒN ĐIỆN

11.1. Đặc tính chung và cơ sở vật lý của quá trình.

11.2. Các thông số của sự phóng điện xung.

11.3. Các máy phát xung.

11.4. Các phương pháp gia công ăn mòn điện.

CHƯƠNG 12: CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CƠ HỌC

12.1. Cơ sở vật lý của gia công kim loại bằng thiết bị xung từ .

12.2. Các phần tử của trang thiết bị điện gia công xung từ.

12.3. Đặc tính của các công đoạn gia công xung từ.

CHƯƠNG 13: CÁC THIẾT BỊ SIÊU ÂM

13.1. Bản chất vật lý của gia công bằng siêu âm.

13.2. Các phần tử trong các thiết bị siêu âm.