

Nguyễn Đình Thiên - Nguyễn Trung Sơn

BÀI GIẢNG

KỸ THUẬT ĐIỆN NHIỆT

Dùng cho sinh viên ngành THIẾT BỊ ĐIỆN - ĐIỆN TỬ

HÀ NỘI - 2006

CHƯƠNG I. NHỮNG KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KỸ THUẬT ĐIỆN NHIỆT

§1. Khái niệm

1. Định nghĩa

Kỹ thuật điện nhiệt là kỹ thuật biến đổi điện năng thành nhiệt dựa trên cơ sở các định luật vật lý.

2. Lĩnh vực sử dụng

Kỹ thuật điện - nhiệt được ứng dụng nhiều trong sản xuất và sinh hoạt.

Ví dụ: trong nhà máy xí nghiệp thường gặp các lò điện trở, thiết bị sấy, thiết bị nung nóng.

Trong luyện kim gặp những lò điện làm việc theo các nguyên lý khác nhau.

Trong sinh hoạt gặp những thiết bị nung nóng nước, nồi cơm điện, bình nóng lạnh, sưởi ấm, lò vi sóng...

Kỹ thuật điện nhiệt sử dụng năng lượng điện rất lớn, nhất là lò luyện kim. Bởi vậy tính toán thiết kế thiết bị điện nhiệt hợp lý sẽ tiết kiệm năng lượng điện rất lớn.

§2. Phân loại

Phân loại thiết bị điện nhiệt dựa vào nguyên lý biến đổi điện thành nhiệt. Có thể phân loại thiết bị điện nhiệt làm việc theo các phương pháp sau đây:

1. Thiết bị điện làm việc theo phương pháp điện trở.

Dựa nguyên lý: $Q = I^2 R \tau$

Trong đó: Q- nhiệt lượng toả ra khi có dòng điện I chạy qua dây đốt có điện trở R trong thời gian τ , về đơn vị :

I(A), R(Ω), τ (s) thì Q (J) trong đó có mối quan hệ:

$$1J = 1Ws = 0,24cal$$

Bản thân phương pháp này phân thành:

- Phương pháp điện trở gián tiếp: trong đó khi có dòng điện qua điện trở sẽ toả ra nhiệt năng, nhiệt năng đó dùng để nung nóng vật.
- Phương pháp điện trở trực tiếp: trong đó dòng điện trực tiếp đi qua vật nung, nhờ có điện trở của vật mà vật được nung nóng.

2. Thiết bị nhiệt làm việc theo nguyên lý cảm ứng.

- Dựa vào định luật cảm ứng: khi một vật dẫn đặt trong từ trường biến thiên trong vật sẽ cảm ứng dòng điện và vật được nung nóng.

Phương pháp cảm ứng phân thành:

- Phương pháp trực tiếp
- Phương pháp gián tiếp

4. Thiết bị điện nhiệt làm việc theo phương pháp hồ quang.

Dựa theo nguyên lý: năng lượng nhiệt được tạo ra nhờ hồ quang sinh ra giữa các điện cực.

Phương pháp hồ quang cũng được phân thành

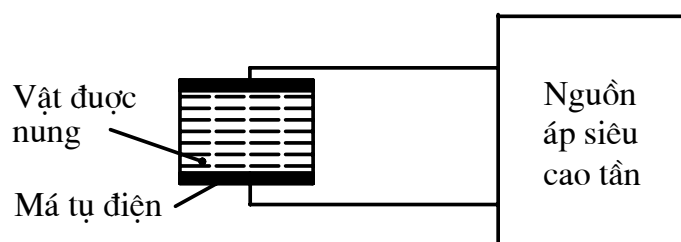
- Phương pháp hồ quang trực tiếp
- Phương pháp hồ quang gián tiếp

4. Thiết bị điện nhiệt làm việc theo phương pháp điện môi.

Hình 1 trình bày nguyên lý làm việc: vật nung là loại không dẫn điện hoặc bán dẫn được đặt giữa không gian hai má tụ điện. Tụ điện được nối với nguồn áp có tần số siêu cao hàng chục hàng trăm hoặc hàng nghìn MHz, dưới tác dụng của điện trường biến thiên với tần số siêu cao trong vật sẽ có dòng điện dịch, kết quả vật được nung nóng.

Đặc điểm của nung nóng bằng phương pháp điện môi là sự nung nóng ngay lập tức đồng đều trong toàn bộ vật nung, nhờ đó tốc độ nung nóng cao.

Dựa vào phương pháp điện môi chế tạo thiết bị sấy điện môi dùng để sấy vật liệu cách điện, vật liệu composit, sản phẩm nông nghiệp nhẹ, chè, cà phê... chế tạo lò vi sóng dùng trong nấu nướng nhanh, thiết bị khử trùng y tế.



Hình 1

5. Phương pháp điện tử

Năng lượng điện biến thành nhiệt do sự va chạm của dòng điện tử được gia tốc cao trong trường điện với những vật gia công (vật nung nóng)

Phương pháp điện tử được thực hiện trong buồng chân không cao, luồng điện tử được tập trung thành những chùm hẹp với năng lượng rất cao khoảng $5 \times 10^8 \text{ KW/cm}^2$ tức hàng 1000 lần lớn hơn trong lò hồ quang.

Phương pháp này được thực hiện trong thiết bị súng điện tử, để hàn những chi tiết cực nhỏ, để tạo hợp kim đặc biệt tinh khiết từ những chất đặc biệt cứng như Tantan, moliphen...

6. Phương pháp laser : Light Amplification by Stimulated Emission of Radium: viết tắt là LASER có nghĩa là khuếch đại ánh sáng bằng cưỡng bức.

Laser là phát minh lớn của thế kỷ 20. Năm 1917 nhà bác học Aber Einstein đã đề ra nguyên lý bức xạ cưỡng bức. Theo nguyên lý bức xạ ánh sáng, sở dĩ phát ra màu khi bị nung nóng là do trong nguyên tử các electron từ mức năng lượng thấp nhảy sang mức năng lượng cao, rồi từ cao khi nhảy về thấp thì phát ra bức xạ.

Nguyên lý đó được biểu diễn bằng công thức Einstein

$$E_2 - E_1 = h\nu.$$

Trong đó: E_1, E_2 : mức năng lượng của các điện tử.

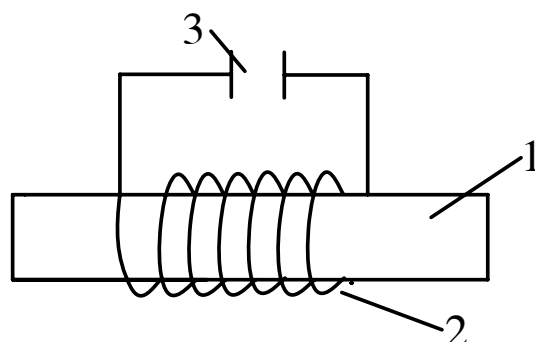
h - hằng số Planck.

ν - tần số.

Hiệu số $E_2 - E_1$ càng lớn thì tần số càng lớn, tức bước sóng càng nhỏ, ánh sáng từ bước sóng lớn (màu đỏ) chuyển dần sang bước sóng nhỏ (màu tím)

Bây giờ dùng phương pháp nào đó cưỡng bức cho hàng tỉ tỉ nguyên tử đều nhảy lên mức năng lượng cao và khi cùng nhảy về mức cơ bản thì sẽ phát ra một thứ ánh sáng đơn sắc (cùng năng lượng, cùng bước sóng). Đó là nguyên lý của máy Laser.

Chiếc máy Laser đầu tiên ra đời vào 1960 do kỹ sư người Mỹ tên là Theodore Maiman có sơ đồ nguyên lý như hình 1.2.



Hình 1.2

1. Thanh hồng ngọc nhân tạo ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,05\% \text{ Neodym}$)
2. Ống thủy tinh, trong chứa khí xenon
3. C tụ điện.

Bộ phận chủ yếu là thanh Hồng ngọc (Rubi) dài 30 cm, đường kính 1,5 cm, là hồng ngọc nhân tạo gồm Al_2O_3 trộn với 0,05% chất Neodym, quanh nó là ống thủy tinh 1 đựng khí xenon. Hai đầu ống được nối với tụ điện 3.

Khi áp trên tụ tăng tới mức nào đó thì khí xenon trong ống thủy tinh phát sáng kích thích các nguyên tử neodym, lập tức thanh hồng ngọc phát sáng tia sáng màu đỏ có độ sáng gấp hàng trăm lần độ sáng trên bề mặt trời. Công suất đạt hàng tỉ watt . Đó là tia Laser.

Laser đã phát triển nhanh chóng, gồm một số thể loại như sau:

a. Dùng laser khí: loại này thông dụng- môi trường khuếch đại là chất khí. Sự kích thích dựa vào phóng điện trong chất khí. Loại Laser He – Ne - Ar thường dùng trong đo đạc không cần công suất lớn, cần độ tập trung cao.

Loại Laser khí CO_2 , trong phạm vi bức xạ hồng ngoại có năng suất cao, dùng trong nhiều việc, gia công vật liệu.

b. Laser rắn: môi trường khuếch đại là chất rắn, ví dụ như máy Laser của maiman nêu ở trên. Loại này có công suất lớn được dùng trong công nghiệp để cắt, khoan vật liệu rắn, gia công vật liệu. Trong y tế để phẫu thuật, dùng trong quân sự và vũ trụ.

c. Laser lỏng: ngoài hai loại trên còn dùng loại có môi trường phát laser là chất lỏng, phát ra laser có bước sóng thay đổi tạo ra nhiều màu sắc đặc trưng dùng trong trang trí, nhà hàng.

Laser được coi là công cụ kỳ diệu của kỹ thuật hiện đại. Phương pháp laser tạo được sự tập trung năng lượng cao nhất trong các phương pháp. Nó làm việc theo chế độ xung. Năng lượng của xung không cao nhưng nhờ đường kính xung nhỏ khoảng $1 \div 8 \mu\text{m}$ với năng lượng chỉ khoảng 30 Jun trong thời gian ngắn khoảng 0,1 ns cũng đủ đốt vật đến nhiều nghìn độ đủ để nóng chảy, bay hơi cả hợp kim cứng nhất, dùng đục lỗ, hàn chi tiết...

Ưu điểm của phương pháp Laser là làm việc trong môi trường không khí, ít bị tác động của môi trường so với phương pháp điện tử. Tuy nhiên trong những thiết bị Laser công suất lớn hiệu suất chỉ đạt được (0,5 ÷ 1)%.

Ở Việt Nam đã thành lập trung tâm công nghệ Laser (NACENLAS) năm 1984, đã lắp ráp chế tạo thành công các thiết bị Laser điều trị trong y tế loại He - Ne có công suất từ 1 mW - 7 mW chuyển giao cho các bệnh viện, chế tạo thiết bị Laser tan sỏi thận ngoài cơ thể, thiết bị Laser phẫu thuật, thiết bị Laser diot 1W và nhiều thiết bị Laser khác.

7. Phương pháp plasma.

Năng lượng điện biến vào nhiệt trong dòng vật chất bị ion hoá dưới tác dụng của điện trường giữa điện cực trong áp suất lớn và tốc độ cao của dòng plasma. Do bị ion hoá và nén trong thể tích không lớn nên mật độ nhiệt lớn, cho phép tạo ra nhiệt độ tới hàng vạn độ

Phương pháp này dùng trong các thiết bị hàn và cắt kim loại, hợp kim cứng.

§3. Ưu điểm nhược điểm của kỹ thuật điện nhiệt

1. Ưu điểm

- Do năng lượng tập trung trong thể tích nhỏ nên tạo được nhiệt độ cao
 - Tạo được quá trình nhiệt luyện trong chân không hoặc trong môi trường có khí bảo vệ tránh được tổn hao và nâng cao chất lượng.
 - Tạo được tốc độ nung nóng cao và năng suất cao
 - Có khả năng điều chỉnh nhiệt độ trong phạm vi rộng và độ chính xác cao
 - Tạo được khả năng tự động hoá cao quá trình công nghệ
 - Cải thiện được điều kiện lao động
- Và các ưu điểm khác nữa

2. Nhược điểm

- Dùng năng lượng có giá thường cao hơn các dạng nhiên liệu than, dầu khí..
- Thiết bị điện nhiệt có nhiều loại giá thành cao
- Để vận hành đòi hỏi phải có trình độ

§4. Hai thang nhiệt độ

Trong đo nhiệt độ, đưa ra hai thang đo phổ biến, hai thang này dựa trên 6 điểm nhiệt độ cơ bản:

- Nhiệt độ sôi của oxy lỏng là $-182,97^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ tan của nước đá $-0,001^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ sôi của nước 100°C
- Nhiệt độ sôi của lưu huỳnh $444,6^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ đông đặc của bạc $960,8^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ đông đặc của vàng 1065°C

1. Thang nhiệt độ bách phân: (còn gọi là thang nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$))

Sử dụng hai điểm mà nước đá thay đổi pha của nó là điểm nước đá tan lấy là 0°C điểm sôi là 100°C , chia làm 100 phần, mỗi phần 1°C .

Ký hiệu thang nhiệt độ C là: t

2. Thang nhiệt độ nhiệt động tuyệt đối: (còn gọi là thang nhiệt độ Kenvil hay thang nhiệt độ $^{\circ}\text{K}$.)

Thang nhiệt độ này lấy điểm tam giao của nước làm điểm chuẩn và bằng $273,16^{\circ}\text{K}$. Điểm tam giao là điểm duy nhất tại đó có sự cân bằng nhiệt độ của ba pha của nước. Đó là các pha cứng- lỏng- hơi

Có quan hệ giữa nhiệt độ $^{\circ}\text{K}$ và nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$ là:

$$T (^{\circ}\text{K}) = [273,16 + t (^{\circ}\text{C})] ^{\circ}\text{K}$$

Điểm đầu (điểm 0) của nhiệt K là điểm tuyệt đối của nhiệt độ K.

§5. Phân loại thiết bị điện nhiệt

Để tiện cho quản lý thiết bị điện nhiệt có thể phân loại theo một số đặc tính như sau:

1. Phân loại theo nhiệt độ.

- Loại nhiệt độ thấp: từ 300°C trở xuống
- Loại nhiệt độ trung bình: từ $300 \div 1000^{\circ}\text{C}$.
- Loại nhiệt độ cao: từ 1000°C trở lên

Trong luyện kim người ta phân theo cấp bậc nhiệt độ khác

2. Phân loại theo tần số dòng điện

- + Loại dòng một chiều
- + Loại dòng xoay chiều
- Tần số thấp $\leq 50\text{Hz}$.
- Tần số trung bình $\leq 10\text{ KHz}$.
- Tần số cao $\leq 10\text{ MHz}$.
- Tần số siêu cao từ 100MHz trở lên.

3. Phân theo chức năng

- Loại thiết bị dùng trong kỹ thuật sấy.
- Loại thiết bị dùng trong luyện kim và...

CHƯƠNG II: CÁC PHƯƠNG TRÌNH NHIỆT TRONG NUNG NÓNG

Quá trình nung nóng là quá trình động liên quan tới sự thay đổi lượng nhiệt trong vật nung. Sẽ xét một số quan hệ trong nung nóng thông qua các phương trình nhiệt sau đây:

§1. Phương trình cân bằng nhiệt của vật nung nóng

Để đơn giản xét trường hợp vật nung đồng chất đẳng nhiệt, coi các thông số vật lý ngoài nhiệt độ ra đều không thay đổi. Lúc đó phương trình cân bằng nhiệt theo thời gian $d\tau$ có dạng:

$$dQ_1 = dQ_2 + dQ_3 \quad (1)$$

Trong đó: dQ_1 - lượng nhiệt đưa tới vật sau thời gian $d\tau$

dQ_2 - lượng nhiệt dùng để thay đổi lượng nhiệt chứa trong vật nung

dQ_3 - lượng nhiệt bị mất ra xung quanh

Các thành phần trên được xác định như sau:

$$dQ_1 = P d\tau$$

Trong đó:

P – công suất đưa tới vật để nung nóng

$$dQ_2 = mc dt$$

τ - thời gian

m - khối lượng của vật nung nóng

c - tỷ nhiệt của vật nung nóng

dt - sự thay đổi nhiệt độ của vật nung sau thời gian $d\tau$

$$dQ_3 = KF(t - t_0) d\tau$$

K - hệ số truyền nhiệt từ vật nung vào môi trường xung quanh.

F - diện tích của bề mặt truyền nhiệt của vật nung nóng.

t - nhiệt độ nung nóng

t_0 - nhiệt độ môi trường xung quanh

Thay vào phương trình (1) ta có:

$$P d\tau = mc dt + KF(t - t_0) d\tau \quad (2)$$

Phương trình (2) còn được gọi là phương trình truyền tải công suất.

Chia cả hai vế cho $KF d\tau$ được

$$\frac{mc}{KF} \cdot \frac{dt}{d\tau} + t - (t_0 + \frac{P}{KF}) = 0$$

Đặt $\frac{mc}{KF} = T$ – hằng số thời gian

$$t_0 + \frac{P}{KF} = t_y \text{ – nhiệt độ ổn định của vật khi } \frac{dt}{d\tau} = 0$$

Có phương trình:

$$\rightarrow T \frac{dt}{d\tau} + t - t_y = 0 \quad (3)$$

Biểu thức (3) phương trình cân bằng nhiệt của vật nung nóng

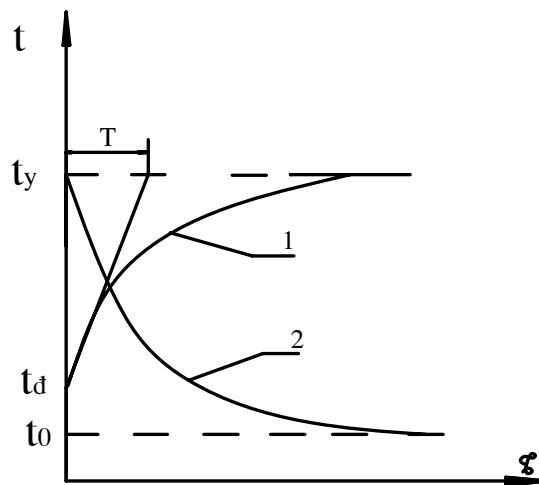
§2 . Phương trình nhiệt độ nung nóng

Giải phương trình (3) với điều kiện khi $\tau = 0$ có $t = t_d$ nhiệt độ đầu, sau thời gian τ đủ lớn có nhiệt độ ổn định $t = t_y$ nhiệt độ ổn định có phương trình nhiệt độ nung nóng:

$$t = t_d \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} + t_y (1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) \quad (4)$$

T - hằng số thời gian nung nóng

Biểu diễn đường nhiệt độ nung nóng trên đồ thị hình 1.



Hình 1.

1- Phương trình nhiệt độ nung nóng

2- Phương trình nhiệt độ làm nguội

Đường nung nóng bắt đầu từ nhiệt độ đầu t_d khi $\tau = 0$. Về lý thuyết để đạt nhiệt độ ổn định t_y thì cần thời gian $\tau \approx \infty$. Thực tế khi thời gian $\tau = (3 \div 4)T$ thì bắt đầu có nhiệt độ $t = (0,95 \div 0,98)t_y$

§3. Phương trình nhiệt độ làm nguội

Từ phương trình nhiệt độ nung nóng (4) khi đặt $t_d = t_y$, $t_y = t_0$ - nhiệt độ môi trường, sẽ có phương trình nhiệt độ làm nguội như sau:

Nhờ có phương trình:

$$t = t_y \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} + t_0(1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) \quad (5)$$

T là hằng số thời gian làm nguội

Theo (5) để có $t = t_0$ thì cần có thời gian $\tau \approx \infty$ nhưng thực tế $\tau' = (5 \div 8)T$ thì sẽ có $t = t_0$

§4. Phương trình tốc độ nung nóng

Một trong những đặc trưng của quá nung nóng là tốc độ nung nóng. Trong luyện kim, gia công chi tiết máy, trong kỹ thuật sấy... tốc độ nung nóng có ý nghĩa quan trọng, nó ảnh hưởng đến chất lượng và năng suất của quá trình. Ví dụ, trong kỹ thuật sấy nếu lúc đầu chọn tốc độ nung nóng quá cao không hợp lý thì lớp ngoài của sản phẩm khô nhanh tạo lớp bọc không cho nước bốc hơi từ phía trong... làm cho sản phẩm kém chất lượng.

Biểu thức phương trình tốc độ nung nóng tìm được từ phương trình nhiệt độ nung nóng bằng cách lấy đạo hàm của t theo thời gian τ : $\frac{dt}{d\tau}$ được biểu thức

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{t_y - t_d}{T} \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} \quad (6)$$

- Tốc độ nung nóng cực đại: từ phương trình (6) thấy rằng tốc độ nung nóng cực đại $(\frac{dt}{d\tau})_{max}$ đạt được ở thời điểm $\tau = 0$, tức thời điểm đầu:

$$(\frac{dt}{d\tau})_{max} = \frac{t_y - t_d}{T}$$

Ở thời điểm đầu chưa có tổn hao nên đường tăng nhiệt gần như là đường thẳng.

§6. Thời gian nung nóng τ

Từ phương trình nhiệt độ nung nóng $t = t_d \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} + t_y(1 - e^{-\frac{\tau}{T}})$

xác định được thời gian nung nóng τ là $\tau = T \ln \frac{t_y - t_d}{t_y - t} \quad (7)$

Theo biểu thức (7) sẽ tìm được thời gian nung nóng τ tới bất kỳ nhiệt độ nào t trong khoảng từ t_d tới t_y .

Trong thực tế khi xác định được hằng số thời gian T , sẽ tìm được thời gian nung nóng theo kinh nghiệm: $\tau = (3 \div 4)T$

§5. Hằng số thời gian T

Hằng số thời gian nung nóng T là thông số quan trọng, về giá trị có $T = \frac{mc}{KF}$ - bằng tỷ số giữa tỷ nhiệt và mức độ trao đổi nhiệt của vật. Đó là thời gian để vật đạt tới giá trị nhiệt độ ổn định khi ở chế độ nung nóng không có toả nhiệt ra môi trường, có thể xác định được T theo phương pháp đồ thị ở hình 1. Hằng số thời gian T không phụ thuộc vào công suất đưa tới vật mà chỉ phụ thuộc vào điều kiện toả nhiệt.

CHƯƠNG III. TÍNH CÔNG SUẤT THIẾT BỊ ĐIỆN NHIỆT VÀ TÍNH CÁCH NHIỆT

§1. Công suất hữu ích

Công suất hữu ích P_h là công suất làm biến đổi lượng nhiệt của vật nung để rồi nâng cao nhiệt độ cho vật nung.

Dựa vào phương trình truyền tải công suất đã đưa ra ở trên:

$$Pd\tau = mcdt + KF(t - t_0)d\tau$$

Chia cho $d\tau$ có

$$P = mc \frac{dt}{d\tau} + KF(t - t_0)$$

Trong đó:

P - công suất đưa vào để nung nóng vật nung và một phần tổn hao ra xung quanh và nung nóng thiết bị.

m - khối lượng của vật nung nóng

c - tỷ nhiệt của vật nung nóng

K - hệ số truyền nhiệt ra xung quanh

F - bề mặt truyền nhiệt ra xung quanh

τ - thời gian nung

t - nhiệt độ nung

t_0 - nhiệt độ môi trường

Để đơn giản cho tính toán có thể coi phần tổn hao bằng 0. Toàn bộ nhiệt lượng đưa vào đều để nung nóng vật tức đều biến thành công suất hữu ích, ta có:

$$P = P_h = mc \frac{dt}{d\tau}$$

Thành phần $\frac{dt}{d\tau}$ ở thời điểm đầu $\tau = 0$ là tốc độ nung cực đại

$$\left(\frac{dt}{d\tau} \right)_{\tau=0} = \frac{t_y - t_d}{T} \text{ trong đó coi}$$

$t_y = t$ - nhiệt độ nung nóng
 $t_d = t_0$ - nhiệt độ môi trường
 $T = \tau$ - thời gian nung nóng

Có biểu thức sau:

$$\rightarrow P_h = \frac{mc(t - t_0)}{\tau} \quad (1)$$

Biểu thức (1) tính công suất P_h của vật

Trong đó lấy đơn vị theo: m (kg), c (J/°C kg); t, t_0 (°C); τ (s) thì P_h (W)

§2. Công suất tính toán (P_{tt})

Công suất tính toán P_{tt} có tính tới thành phần công suất tổn hao ra xung quanh và tổn hao để nâng nhiệt độ của thiết bị, ta có:

$$P_{tt} = P_h + \Delta P_{th}$$

ΔP_{th} công suất tổn hao gồm hai thành phần:

- + ΔP_{mt} - tổn hao ra môi trường xung quanh
- + ΔP_{tb} - tổn hao nâng nhiệt độ thiết bị

§3. Công suất thiết bị P_{tb}

Công suất thiết bị P_{tb} dùng để tính toán thiết kế là công suất P_{tt} và có thêm hệ số dự phòng K_Z

$$P_{tb} = K_Z \cdot P_{tt} \quad (3)$$

K_Z - thường chọn $K_Z = 1,10 \div 1,15$

Trong thực tế có thể đơn giản, theo kinh nghiệm chọn P_{tb} theo công suất hữu ích P_h như sau;

$$P_{tb} = 1,2 \cdot P_h \quad (4)$$

§4. Tính công suất của một số quá trình nung nóng

Đưa ra một số biểu thức để tính công suất hữu ích trong một số quá trình sau đây:

1. Nung nóng có thời gian τ

$$\rightarrow P_h = \frac{mc(t - t_0)}{\tau} \quad (5)$$

Với: m (kg), c (J/°C kg), t, t_0 (°C), τ (s), P_h (W)

2. Nung nóng liên tục

$$P_h = mc (t - t_0) \quad (6)$$

3. Nung nóng nóng chảy với thời gian τ

$$\rightarrow P_h = \frac{m(c(t - t_0) + a)}{\tau} \quad (7)$$

Với: m (kg), c (J/ $^{\circ}\text{C}$ kg), t, t_0 ($^{\circ}\text{C}$), τ (s), P_h (W)

a (J / kg): nhiệt lượng để giữ khối lượng m của vật ở trạng thái nóng chảy trong thời gian τ

4. Nung nóng chảy liên tục

$$P_h = m (c (t - t_0) + a) \quad (8)$$

5. Nung nóng không khí gặp trong thiết bị sấy bằng không khí nóng.

$$P_h = A \cdot \rho c (t - t_0) \quad (9)$$

Trong đó:

A (m^3/s) năng suất không khí

ρ (kg/m^3) trọng lượng riêng của không khí

c (J/ $^{\circ}\text{C}$ kg)- tỷ nhiệt của không khí

t, t_0 ($^{\circ}\text{C}$) - nhiệt độ nung nóng và nhiệt độ môi trường

P_h (W)

Với không khí có $c_{\text{không khí}} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{C}$

$$\rho_{\text{không khí}} = 1,293 \text{ kg} / \text{m}^3$$

§ 5. Tính hiệu suất của thiết bị

Hiệu suất thiết bị tính theo biểu thức:

$$\eta = \frac{P_h}{P_{tt}}$$

Trong đó:

P_h – công suất hữu ích

P_{tt} – công suất tính toán , viết được:

$$P_{tt} = P_h + \Delta P_{mt} + \Delta P_{tb}$$

ΔP_{mt} - công suất tổn hao ra môi trường

ΔP_{tb} - công suất tổn hao đến nung nóng thiết bị

Cả ΔP_{mt} và ΔP_{tb} đều tính được bằng các công thức đã dẫn ở phần trên.
 Hiệu suất của thiết bị điện nhiệt trong thực tế khoảng $\eta = 0,5 \div 0,99$
 Có bảng hiệu suất của một số thiết bị:

	Loại thiết bị	Hiệu suất
1	Thiết bị nung nóng nước	$0,85 \div 0,95$
2	Thiết bị tạo hơi nước và nung nóng nước ở nhiệt độ cao	$0,78 \div 0,96$
3	Thiết bị sấy bằng không khí	$0,85 \div 0,99$
4	Lò điện trở	$0,70 \div 0,90$
5	Thiết bị hàn	$0,50 \div 0,95$
6	Thiết bị điện nhiệt tần số cao	$0,80 \div 0,90$
7	Thiết bị điện nhiệt dân dụng	$0,60 \div 0,80$

§6. Tính cách nhiệt cho thiết bị điện nhiệt

Cách nhiệt làm giảm tổn hao năng lượng ra xung quanh, giảm chi phí cho sản xuất. Chọn các loại cách nhiệt tùy thuộc vào từng loại thiết bị, vào chế độ nhiệt, vào môi trường xung quanh nơi làm việc là ẩm, kho..., điều kiện vệ sinh môi trường, cách nhiệt phải có được độ bền cơ, chịu nhiệt..

Để đạt yêu cầu trên trong một số trường hợp phải dùng nhiều lớp cách nhiệt. Lớp tiếp xúc trực tiếp với vùng nhiệt độ cao được chọn từ vật liệu chịu nhiệt cao. Ví dụ: gạch chịu lửa, amiăng... Lớp tiếp theo sử dụng loại cách nhiệt tốt nhưng chịu nhiệt kém hơn. Ví dụ : bông sợi thủy tinh, gỗ đã xử lý... Trong môi trường ẩm, chọn vật liệu cách nhiệt phải sao cho không bị ẩm, nếu không sẽ làm lớp cách nhiệt trở thành dẫn nhiệt. Sau khi đã tính chọn được hình thức thực hiện cách nhiệt, cần tính độ dày tối ưu.

Tăng độ dày cách nhiệt làm giảm tổn hao năng lượng, nhưng lại tăng chi phí và kích thước thiết bị. Như vậy phải tính được độ dày tối ưu theo bài toán kết hợp giữa một số đại lượng tham gia.

Ở đây đưa ra một phương pháp tính cách nhiệt như sau:

Ta lập quan hệ giữa chi phí liên quan tới cách nhiệt với độ dày cách nhiệt, từ đó tìm được độ dày tối ưu cách nhiệt. Cụ thể như sau:

Tiền chi phí liên quan tới cách nhiệt bao gồm:

I_d – tiền chi phí cho tổn hao năng lượng điện. Ở đây tính cho $1m^2$ diện tích bề mặt lớp cách nhiệt trong một năm và có đơn vị ($\text{đ}/m^2 \text{ năm}$)

$P_a K_i$ - tiền chi phí cho thực hiện cách nhiệt (tức vốn đầu tư để thực hiện cách nhiệt trong đó khi tính có tính tới khấu hao hàng năm, có đơn vị tính (đ/ m² năm)

K_i - tiền chi phí cho thực hiện cách nhiệt, tính cho 1 m² diện tích bề mặt lớp cách nhiệt (đ/m²)

P_a - hệ số khấu hao lớp cách nhiệt tính cho từng năm.

Các chi phí I_d và $P_a K_i$ đều phụ thuộc vào độ dày cách nhiệt ký hiệu: δ_i .

Gọi Z là tổng chi phí tính cho 1 m² diện tích cách nhiệt trong một năm, có quan hệ sau:

$$Z = I_d + P_a K_i \quad (1)$$

Z (đ/ m² năm)

Các thành phần ở (1) có thể tính gần đúng như sau:

$$I_d = \Delta P \cdot C_d \cdot \tau \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Trong đó:

$\Delta P \left(\frac{W}{m^2} \right)$ - công suất tổn hao ra xung quanh trên 1 m²

$C_d \left(\frac{\text{đ}}{\text{KWh}} \right)$ giá tiền điện

$\tau \left(\frac{h}{\text{năm}} \right)$ thời gian sử dụng thiết bị trong một năm

Có thể tính tổn hao ΔP theo biểu thức:

$$\Delta P = K \cdot \Delta t \quad (3)$$

Trong đó:

K - hệ số truyền nhiệt từ nơi được nung qua cách nhiệt ra xung quanh, có đơn vị (W/ m² °C)

$\Delta t = t - t_0$ - độ chênh lệch nhiệt độ

$$K_i = C_i \cdot \delta_i \quad (4)$$

Trong đó: 1 q

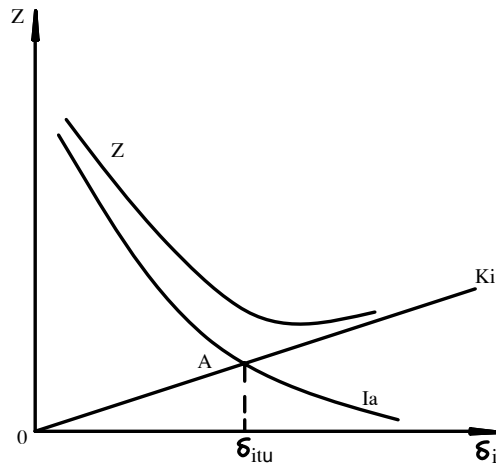
δ_i (m) bề dày cách nhiệt

$C_i \left(\frac{\text{đ}}{m^3} \right)$ giá tiền vật liệu cách nhiệt tính theo m³

Cuối cùng ta có biểu thức sau:

$$Z = K \Delta t C_d \tau \cdot 10^{-3} + P_a \delta_i C_i \quad (5)$$

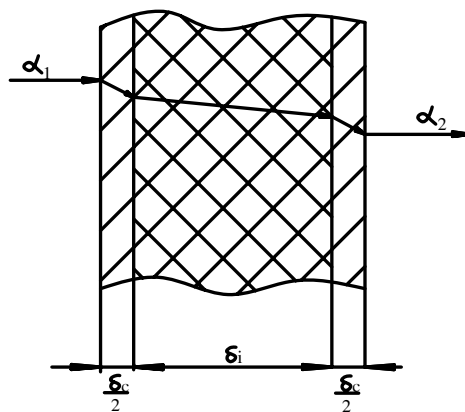
Sự quan hệ giữa các đại lượng trong biểu thức (5) đều có sự phụ thuộc vào độ dày cách nhiệt δ_i . Dựng đồ thị như hình 1 tìm được điểm A- đây là điểm tối ưu để tính chọn bề dày cách nhiệt tối ưu là δ_{itv}



Hình 1

Ví dụ: Tính cách nhiệt cho thiết bị

Dựa vào quan hệ đưa ra ở biểu thức (5) tính cách nhiệt cho thiết bị có vỏ gồm 3 lớp, cách nhiệt dạng tấm phẳng, lớp cách nhiệt được kẹp giữa hai tấm kim loại, được biểu diễn như hình 2.



Hình 2

Sự truyền nhiệt từ vùng nóng ra xung quanh được đặt trung bằng hệ số truyền nhiệt chung là K. Theo tài liệu kỹ thuật nhiệt tính hệ số K trong trường hợp này theo biểu thức sau:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (6)$$

Trong đó: α_1, α_2 hệ số truyền nhiệt từ vùng nóng phía trong tới vỏ kim loại phía trong và từ vỏ kim loại phía ngoài tới môi trường xung quanh, có đơn vị : ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

λ_i - hệ số dẫn nhiệt của lớp cách nhiệt $\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$

λ_c - hệ số dẫn nhiệt của vỏ kim loại $\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$

δ_i - độ dày của cách nhiệt, m

δ_c - độ dày của vỏ kim loại

Thay K vào biểu thức (5) có:

$$Z = \frac{\Delta t \cdot \tau \cdot C_d \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_i}{\lambda_i}} + P_a \delta_i C_i \quad (7)$$

Để tìm độ dày cách nhiệt tối ưu thực hiện lấy đạo hàm Z theo δ_i và cho bằng 0: $\frac{dZ}{d\delta_i} = 0$ tìm được giá trị tối ưu của độ dày cách nhiệt δ_{iu} như

sau:

$$\delta_{iu} = \sqrt{\frac{\Delta t \cdot \tau \cdot C_d \cdot \lambda_i \cdot 10^{-3}}{P_a C_i}} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} \right) \lambda_i \quad (8)$$

Khi thay δ_{iu} vào biểu thức (7) tìm được chi phí nhỏ nhất:

$$Z = 2 \cdot \sqrt{P_a \Delta t \cdot \tau \cdot C_d \cdot C_i \cdot \lambda_i \cdot 10^{-3}} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} \right) P_a C_i \lambda_i \quad (9)$$

CHƯƠNG IV. PHƯƠNG TRÌNH NUNG NÓNG BẰNG ĐIỆN TRỞ

Phương pháp nung nóng bằng điện trở còn gọi là phương pháp điện trở có nội dung như sau: khi cho dòng điện có trị số I qua dây đốt (dây nung nóng) có điện trở R, sau thời gian τ thì dây đốt toả ra nhiệt lượng Q tỷ lệ với R theo biểu thức:

$$Q = I^2 R \tau$$

I (A), R (Ω), τ (s), Q (J) trong đó J = 0,24 cal

Đây là phương pháp biến điện năng thành nhiệt đơn giản, đáp ứng được cho thiết bị có nhiệt độ thấp, trung bình và cao. Nhờ tính đơn giản cho nên thiết bị loại này phổ biến và dễ tiền được sử dụng rộng rãi trong sản xuất và trong sinh hoạt.

§1. Phân loại phương pháp điện trở: có thể phân thành

1. Phương pháp điện trở gián tiếp

Theo phương pháp này, dòng điện qua dây đốt có điện trở R, nhiệt năng toả ra trên dây đốt sẽ nung nóng vật.

Ưu điểm của phương pháp này gián tiếp là cách biến đổi năng lượng điện vào nhiệt năng đơn giản nên phổ biến, dễ tiền. Có thể nung

nóng được những vật nung dẫn điện và không dẫn điện; dễ vận hành sử dụng.

Tuy nhiên có nhược điểm: tốc độ nung nóng thấp, hiệu suất thấp hơn phương pháp trực tiếp, dây đốt có thời gian làm việc thấp.

Phương pháp gián tiếp được dùng rất rộng rãi trong lò điện trở, thiết bị sấy, bình nung nóng nước, bếp điện.

2. Phương pháp trực tiếp

§1. Điện trở của dây đốt.

Công thức đã dẫn ở trên $Q = I^2 R \tau$ chỉ đúng cho trường hợp I và R là không đổi. Trong trường hợp chung ta viết được:

$$Q = \int_0^{\tau} I(\tau) R(\tau) d\tau \quad (1)$$

$I(\tau), R(\tau)$ là hàm dòng điện và điện trở của biến thời gian τ . Sự thực R và I là hàm của nhiệt độ, còn nhiệt độ lại là hàm của thời gian.

Điện trở của dây đốt có độ dài l tiết diện S ở trường hợp đơn giản tính theo:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2)$$

ρ - điện trở suất của dây đốt

Công thức (2) dùng để tính điện trở dây đốt khi dòng điện một chiều và ở nhiệt độ không đổi.

Ở kim loại, hợp kim điện trở suất tăng theo sự tăng của nhiệt độ t, và ký hiệu điện trở suất trong trường hợp này là ρ_t và được tính theo công thức:

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2 + \gamma\theta^3 + \dots) \quad (3)$$

Trong đó:

ρ_{20} điện trở suất ở nhiệt độ $t = 20^\circ\text{C}$

θ - độ tăng nhiệt từ 20°C ; $\theta = t - 20^\circ\text{C}$

α, β, γ hệ số nhiệt điện trở $\frac{1}{^\circ\text{C}}$

Thực tế để đơn giản hơn và cũng đảm bảo độ chính xác của yêu cầu với dây đốt hợp kim phổ biến thường dùng công thức (3) với độ chính xác tới bậc nhất của θ :

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + \alpha\theta) \quad (4)$$

Điện trở của dây đốt khi có dòng xoay chiều sẽ lớn hơn vì còn có hiện tượng hiệu ứng bề mặt. Đó là hiện tượng sự tăng mật độ dòng ở bề

mặt dây đốt tỷ lệ với sự tăng lên của tần số dòng qua dây đốt, còn giá trị trong lòng dây đốt một độ dòng lại giảm.

Lúc đó điện trở lại ký hiệu $R_{\square}$ được xác định như sau;

$$R_{\square} = K_m \cdot \rho_t \frac{l}{S} \quad (5)$$

Trong đó hệ số K_m gọi là hệ số hiệu ứng bề mặt. K_m phụ thuộc vào tính chất vật lý, kích thước dây đốt và tần số dòng điện.

Có thể xác định một cách gần đúng hệ số K_m theo công thức sau đây

$$K_m = 1 + \frac{a^4}{3} \quad (6) \text{ khi } a < 1$$

$$K_m = \frac{1}{4} + a + \frac{3}{64a} \quad (7) \text{ khi } a > 1$$

Trong đó:

$$a = \frac{d}{4Z_a} - \text{không đơn vị}$$

$d(m)$ - đường kính của dây đốt

Z_a - độ thấm sâu của dòng điện vào bề mặt dây đốt, mặt khác xác định Z_a theo:

$$Z_a = 503 \sqrt{\frac{\rho_t}{\mu f}} \quad (8)$$

ρ_t - điện trở suất của dây đốt ở nhiệt độ làm việc Ωm

μ - hệ số từ thẩm tương đối

f - tần số dòng điện, Hz

Với dây đốt là vật liệu phi từ tính, ở tần số công nghiệp $f = 50$ Hz ảnh hưởng của hiệu ứng bề mặt không rõ lắm, có thể bỏ qua trong tính toán và có $K_m = 1$

Với những loại vật liệu từ tính, ví dụ khi tính toán trong nung nóng tiếp xúc để nung nóng tôi chi tiết máy. Độ thấm sâu vào vật liệu Z_a nhỏ hơn nhiều do đó ngay ở tần số công nghiệp hiệu ứng bề mặt cũng tác dụng rõ ràng, bởi vậy không bỏ qua được.

§3. Những vấn đề khi thiết kế thiết bị nung nóng bằng phương pháp điện trở gián tiếp

1. Chọn điện áp nguồn cho thiết bị.

Công suất toả ra ở dây đốt có kích thước xác định, viết được theo biểu thức sau:

$$P = \frac{U^2}{R_t} = \frac{U^2 \cdot s}{\rho_v \cdot l} \quad (1)$$

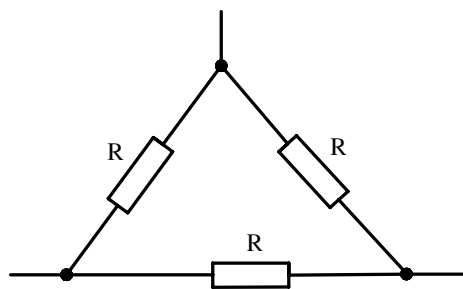
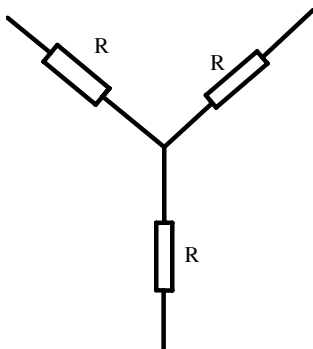
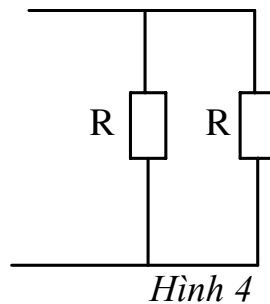
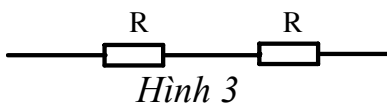
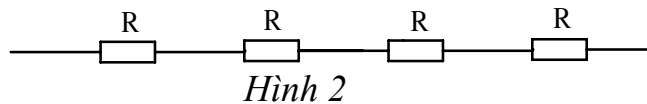
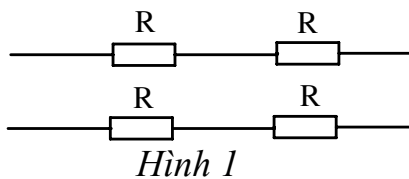
Từ (1) ta thấy khi tăng áp U vẫn giữ nguyên công suất P không đổi thì giảm tiết diện của dây đốt và như vậy giảm được khối lượng dây đốt. Tuy nhiên tăng điện áp cần tính tới độ cách điện và tăng an toàn trong sử dụng. Bởi vậy cần chọn điện áp thích hợp cho từng dải trị số công suất đã xác định, điều kiện làm việc của thiết bị. Thông thường điện áp 380/220V là phổ biến, ở những nơi ẩm ướt và yêu cầu cao về an toàn cần phải cung cấp nguồn điện áp 12÷36V thông qua dùng máy biến áp.

2. Điều chỉnh công suất thiết bị.

Để điều chỉnh công suất có thể thực hiện bằng một số cách tùy thuộc yêu cầu thiết bị, sau đây trình bày một số cách như sau:

a. Điều chỉnh điện trở dây đốt: là phương pháp phổ biến, bằng cách thay đổi số phân tử nung nóng.

Để làm được điều đó thì mỗi pha phải có một số nhánh để có thể nối song song hoặc nối tiếp như hình 1, hình 2, hình 3, hình 4.



Chuyển đổi nối tam giác- sao lúc đó công suất thay đổi:

$$P_{\Delta} = 3 \cdot \left(\frac{U_d}{R} \right)^2 \cdot R$$

$$P_Y = 3 \cdot \left(\frac{U_p}{R} \right)^2 \cdot R = 3 \cdot \left(\frac{\frac{U_d}{\sqrt{3}}}{R} \right)^2 \cdot R = \left(\frac{U_d}{R} \right)^2 \cdot R$$

Vậy $P_{\Delta} = 3P_Y$

Chuyển $\Delta \rightarrow Y$ công suất giảm 3 lần

Chuyển $Y \rightarrow \Delta$ công suất tăng 3 lần

b. Điều chỉnh theo phương pháp role

Công suất điều chỉnh được viết theo biểu thức sau:

$$P = P_{dm} \frac{\tau_{lv}}{\tau_{lv} + \tau_n} \quad (2)$$

Trong đó:

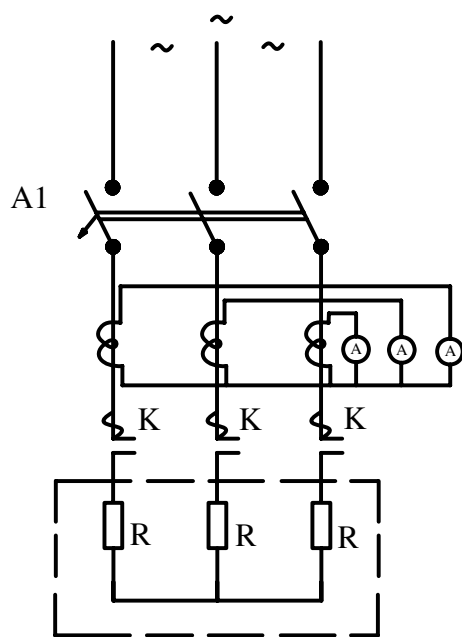
P - công suất điều chỉnh

P_{dm} - công suất định mức của thiết bị

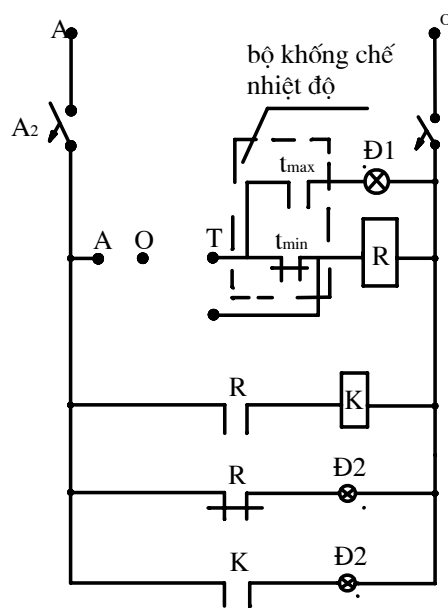
τ_{lv} - thời gian làm việc của thiết bị

τ_n - thời gian nghỉ

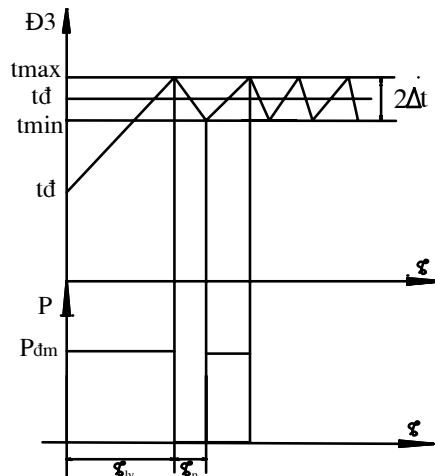
Thay đổi tỷ số $\frac{\tau_{lv}}{\tau_{lv} + \tau_n}$ để điều chỉnh O, để thực hiện việc đó dùng mạch công tắc tơ và role. Có thể dùng mạch như hình 7 và hình 8.



Hình 7



Hình 8



Hình 9

Hình 7 mạch cấp điện cho lò điện, hình 8 mạch điều khiển bằng các role R và công tắc tơ K. Bộ khống chế nhiệt độ có tiếp điểm nhiệt độ t_{min} bình thường đóng ứng với nhiệt độ min. Đặt ở chế độ tự động khi bật mạch điều khiển với nhiệt độ ban đầu còn thấp tiếp điểm t_{min} đóng dòng qua role R, tiếp điểm R đóng, công tắc tơ K làm việc, tiếp điểm K đóng cấp điện cho lò. Khi nhiệt độ đạt nhiệt độ t_{max} , tiếp điểm t_{min} hở, role R mất điện, tiếp điểm R hở công tắc tơ mất điện, tiếp điểm K hở, lò điện mất điện. Đường tăng giảm nhiệt độ quanh nhiệt độ đặt t_d tương ứng với đường thay đổi của công suất ở hình 9.

c. Điều chỉnh liên tục

Còn gọi là điều chỉnh trơn, thường dùng máy biến áp tự ngẫu, mạch khuếch đại từ, mạch điện tử công suất công suất để điều chỉnh trơn điện áp cấp cho dây đốt.

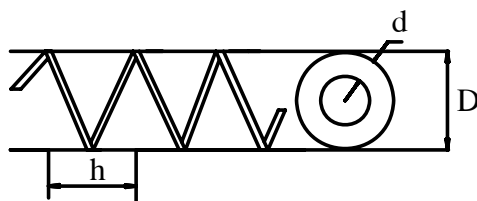
§4. Dây đốt trong phương pháp điện trở

Trong nung nóng gián tiếp dây đốt là bộ phận biến năng lượng điện thành nhiệt, là nơi làm việc có nhiệt độ cao nhất. Dây đốt có nhiều loại, khác nhau về hình dạng, chất liệu, điều kiện làm việc, mục đích, công suất... Sau đây trình bày một số nội dung về dây đốt.

1. Phân loại một số dây đốt thông dụng

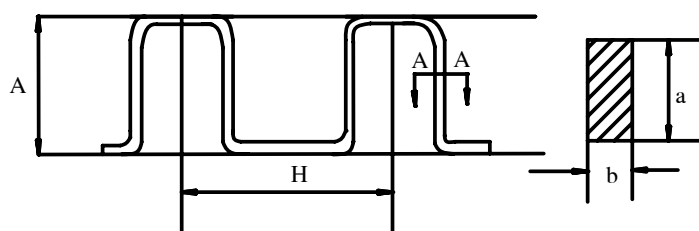
Một số loại dây đốt thông dụng trong lò điện thiết bị sấy được phân thành 2 kiểu là dây đốt hở và dây đốt kín.

a. Dây đốt hở: là loại không khí tiếp xúc trực tiếp với dây đốt hoặc môi trường nung nóng tiếp xúc với dây đốt. Loại này được dùng trong các lò điện trở, thiết bị sấy nung bằng không khí, bếp điện, thiết bị sưởi ấm...



Hình 1

d- đường kính dây đốt tròn
D- đường kính lò xo
h- bước lò xo



Hình 2

a- bề rộng dây đốt dẹp
b- bề dày dây đốt dẹp
H- bước dây đốt dĩa dắc
A- chiều cao dĩa dắc

Ưu điểm của dây đốt hơ là truyền toả nhiệt dễ, dễ bố trí trong thiết bị, dễ sửa chữa, dễ tiền...

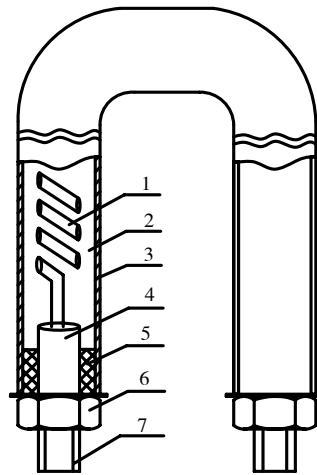
Nhược điểm loại hơ là dễ bị ăn mòn, oxy hoá khi tiếp xúc trực tiếp với môi trường nung nóng, nhất là ở nhiệt độ cao, thời gian sử dụng không cao và kém an toàn.

Ở hình 1 là loại dây đốt hơ loại tròn, thường quấn theo lò xo để tăng độ cứng cơ có thể quấn trên thanh, ống gốm, sứ chịu nhiệt.

Ở hình 2 là loại dây đốt hơ kiểu dẹp, thường quấn theo dĩa dắc, loại này hay bố trí trong các lò điện trở có nhiệt độ trung bình và nhiệt độ cao.

b. Dây đốt kín

Là loại có phần tử nung nóng đặt kín trong vỏ bọc bằng kim loại, để bảo vệ khỏi tác động của môi trường được nung nóng. Phần tử nung nóng được định vị trong chất cách điện dẫn nhiệt như cát thạch anh, bột MgO.



hình 3

Ở hình 3 trình bày cấu tạo của dây đốt kín kiểu chữ U gồm những phần :

- 1- Phần tử nung nóng được quấn lò xo
- 2- Lớp ngăn cách dẫn nhiệt, cách điện
- 3- Vỏ kim loại bọc ngoài
- 4- Đầu dẫn ra
- 5- Lớp đệm kín
- 6- Êcu
- 7- Đầu nối điện

Dây đốt kín có lớp vỏ kim loại bảo vệ nên có ưu điểm là thời gian sử dụng cao, an toàn, dùng để nung nóng trực tiếp dầu mỡ, nước, dung dịch, đảm bảo chất lượng tốt hơn so với dây đốt hở trong công nghiệp thực phẩm.

Được sản xuất hàng loạt theo từng dải công suất, kích thước của dây đốt, toả nhiệt khó hơn, khi hư hỏng hầu như không sửa chữa được.

Trong công nghiệp và sinh hoạt dây đốt kín dùng trong nung nóng trực tiếp dầu, mỡ, dung dịch, nước, trong thiết bị sấy thực phẩm, lò điện, bếp điện...

§5. Thời gian sử dụng của dây đốt

Cùng với thời gian làm việc dây đốt bị biến đổi, làm thay đổi công suất truyền tải cũng như nhiệt độ trên dây đốt. Điều đó biểu hiện qua các phân tích sau đây:

1. Về công suất truyền tải của dây đốt

Từ công suất trên dây đốt: $P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{\rho_t \frac{l}{S}}$ với $U = \text{const}$. Trong

quá trình làm việc do dây đốt bị oxy hoá đó đó giảm diện tích bề mặt dây đốt S giảm xuống do đó công suất P giảm xuống.

2. Về nhiệt độ trên dây đốt

Từ phương trình truyền tải công suất của dây đốt:

$$P = KF(t - t_0)$$

Trong đó:

P - công suất truyền tải của dây đốt

t - nhiệt độ làm việc của dây đốt

t_0 - nhiệt độ môi trường

K - hệ số truyền nhiệt

F - diện tích bề mặt truyền nhiệt

Khi làm việc cùng với thời gian diện tích bề mặt dây đốt giảm dần, nếu muốn giữ cho công suất không đổi cần phải tăng điện áp, và điều đó làm tăng nhiệt độ dây đốt. Trong thực tế, sau thời gian làm việc do bị giảm diện tích bề mặt nên công suất giảm dần. Để giữ cho công suất không thay đổi cần tăng điện áp và tiếp theo là nhiệt độ trên dây đốt cũng tăng lên điều đó càng làm tăng thêm quá trình oxy hoá dây đốt, tiếp tục như vậy thời gian sử dụng dây đốt cũng giảm dần.

3. Thời gian sử dụng dây đốt

Là thời gian dây đốt giảm đi 20 % diện tích bề mặt so với ban đầu. Ký hiệu là τ_{sd}

Quá trình oxy hoá diễn ra dọc theo chiều dài, không đồng đều ở dây đốt. Chỗ oxy hoá nhiều nhất là nơi có khuyết tật trong chế tạo, nơi bị gấp khúc và đập cơ học, những nơi khó toả nhiệt. Oxy hoá tăng lên ở môi trường ẩm ướt, hoá chất, thường những nơi như vậy nên chọn dây đốt kín nếu điều kiện cho phép. Khi ở nhiệt độ không đổi thời gian sử dụng τ_{sd} tỷ lệ với tiết diện và khối lượng đặc của dây đốt, cho nên cần chọn dây đốt có tiết diện tăng hơn giá trị tính toán và có khối lượng đặc. Khối lượng đặc đó là tỷ số diện tích tiết diện và chu vi dây đốt. Khối lượng đặc lớn nhất với loại dây đốt có tiết diện tròn.

Thời gian sử dụng dây đốt có thể tích theo công thức sau:

$$\tau_{sd} = K \cdot \tau' \cdot d$$

Trong đó:

τ' - thời gian sử dụng dây đốt có đường kính đơn vị $d = 1 \text{ mm}$ thường cho trong bảng trên đồ thị với đơn vị là h

$d(\text{mm})$ - đường kính dây đốt

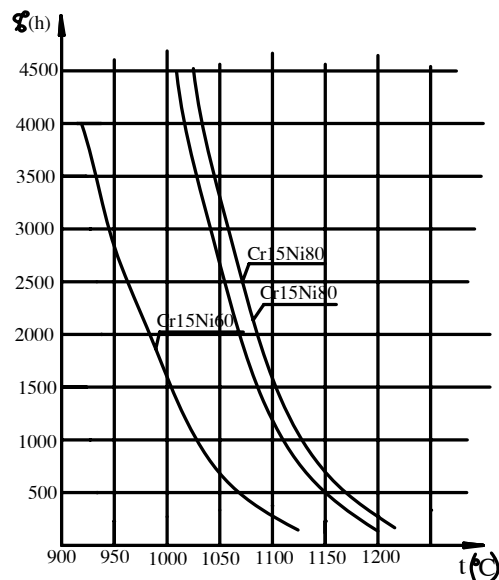
K - hệ số, với dây đốt tròn chọn $K = 1$,

với dây đốt dẹt chọn $K = 1,75$

τ còn phụ thuộc vào số lần đóng cắt, bởi rằng sự đóng cắt làm tăng co giãn của vật liệu chế tạo dây đốt và màng chống oxy hoá trên bề mặt dây đốt, làm xuất hiện những hư hỏng vi nhỏ, và từ đó chính là nơi quá nhiệt.

Khi thiết bị phải làm việc với tần số đóng cắt nhiều thì khi tính chọn dây đốt phải chọn nhiệt độ làm việc cho phép t_{cp} càng nhỏ (t_{lvcp} nhỏ) để tăng thời gian sử dụng lên.

Hình dưới là đồ thị để tính thời gian sử dụng τ theo nhiệt độ làm việc $t(^{\circ}\text{C})$ của một số loại dây đốt như $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$, $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80\text{T}}$, $\text{Cr}_{15}\text{Ni}_{60}$ nhận thấy khi nhiệt độ làm việc của dây đốt tăng cao thì thời gian sử dụng giảm xuống rất nhanh.



Hình 4

4. Nhiệt độ làm việc cực đại của dây đốt $t_{\max}$

Trong tính toán chọn dây đốt phải luôn chọn nhiệt độ làm việc của dây đốt t_{lv} nhỏ hơn nhiệt độ làm việc cực đại $t_{\max}$. Nhiệt độ $t_{\max}$ là nhiệt độ mà dây đốt phải chịu quá trình oxy hoá diễn ra mạnh nhất, có tính đột biến.

Theo kinh nghiệm thường chọn nhiệt độ làm việc của dây đốt $t_{lv\max}$ nhỏ hơn $t_{\max}$ ít nhất là 100°C .

§6. Vật liệu chế tạo dây đốt

Dây đốt là bộ phận chịu nhiệt độ cao nhất và bị ăn mòn trong quá trình biến đổi điện thành nhiệt. Sự bền của dây đốt được xác định bằng thời gian sử dụng của dây đốt. Khi chọn dây đốt đúng, thời gian làm việc của dây đốt không quá $5 \div 10$ nghìn giờ. Trong khi đó thiết bị được chế tạo cho 5 – 10 năm như vậy đối với vật liệu chế tạo dây đốt cần có yêu cầu cao.

Yêu cầu đối với vật liệu chế tạo dây đốt như sau:

1. Bền vững chịu nhiệt, ở nhiệt độ cao vẫn bền vững trong điều kiện có oxy hoá.
2. Bền cơ cao trong chịu nhiệt độ cao, dây đốt phải có độ bền về cơ để có thể chịu được trọng lượng bản thân trong điều kiện nhiệt độ làm việc.
3. Điện trở suất lớn, làm tăng điện trở khi cùng kích thước nhờ đó giảm khối lượng dây đốt, làm cho dễ bố trí trang thiết bị và kinh tế hơn.
4. Hệ số nhiệt điện trở nhỏ

Với dây đốt điện trở, điện trở suất xác định theo:

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + \alpha \theta)$$

Hệ số nhiệt điện trở α là hàm của nhiệt độ

Với kim loại nguyên chất hệ số α rất lớn, ví dụ với dây đồng hệ số $\alpha = 0,004^\circ C^{-1}$, ở nhiệt độ $100^\circ C$ với $\alpha = 0,004^\circ C^{-1}$ thì điện trở tăng 40 %, khi ở nhiệt độ $1000^\circ C$ điện trở tăng 4- 5 lần. Sự thay đổi điện trở làm khó khăn hơn cho điều chỉnh nhiệt độ của thiết bị.

5. Các thông số như điện trở suất, hệ số nhiệt điện trở... các thông số điện, vật lý ổn định, ít thay đổi theo nhiệt độ.

6. Các kích thước vật lý, ổn định, có một số vật liệu dưới nhiệt độ cao, kích thước chảy ra ($30 \div 40$) % làm cho công suất thay đổi, lắp đặt khó khăn.

7. Dễ gia công, đồng đều, giá thành rẻ.

Để thỏa mãn các yêu cầu trên khó có hợp kim vật liệu nào đáp ứng đầy đủ, người ta chọn ra được những hợp kim, vật liệu tương đối tốt đáp ứng được phần lớn các yêu cầu ở mức độ tốt. Đó là hợp kim Niken- Crôm hay còn gọi là NiCrôm, hợp kim Crôm – nhôm là những hợp kim không từ tính, hợp kim Crôm – nhôm - sắt, hợp kim $Ni_{40}Cu_{60}$ còn gọi là constantan...

Dây đốt kim loại tinh khiết ít được dùng các loại dây đốt kim loại tinh khiết như Vonfram: W_0 , Moliphen Mo_0 , Tantan (T_a) tuy có nhiệt độ làm việc rất cao, từ hàng nghìn độ $^\circ C$ trở lên song trong điều kiện thông thường tiếp xúc với môi trường thì dễ bị oxy hoá, chóng hỏng. Bởi vậy phải làm việc trong môi trường có khí bảo vệ hoặc chân không.

Ở những thiết bị nhiệt độ thấp có thể dùng thép xây dựng hoặc dây đốt $Ni_{40}Cu_{60}$ rẻ tiền hơn. Sau đây xét một số loại cụ thể:

Dây đốt hợp kim: phổ biến hợp kim Crôm- Niken. Cr- Ni, Crôm- Nhôm. Cr- Al, Crôm – nhôm - sắt CrAlFe... loại này có điện trở suất lớn.

a. Hợp kim Crôm – Niken gọi là hợp kim NiCrôm : nhờ có màng oxytcrôm (Cr_2O_3) bảo vệ vững chắc, có tính cơ lý tốt ở nhiệt độ trung bình và cao. Loại này dẻo, dễ gia công, dễ hàn, có hệ số nhiệt điện trở nhỏ, già hoá ít...

Có nhiều loại ví dụ: $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}$, $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}\text{-N}$; $\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}\text{-T}$ trong đó 20 % Cr, 80 % Ni đây là loại tốt, đắt tiền hơn trong cùng loại này. Ngoài ra còn có loại: $\text{Cr}_{15}\text{Ni}_{60}\text{-N}$ khoảng 13 – 15 % Cr, 60 % Ni còn lại là sắt loại này rẻ tiền hơn.

Loại $\text{Cr}_{15}\text{Ni}_{60}\text{Al}_{3\text{A}}$ - có khả năng chịu nhiệt rất cao hoặc dùng thép không gỉ loại 1Cr 18 Ni 9T tùy từng loại cụ thể song dây đốt NiCrôm chịu nhiệt độ cao, có nhiệt độ làm việc cho phép tới 1000 – 1300 °C.

Điện trở suất Nicrom cao từ $(1 \div 1,2) \cdot 10^{-4} \Omega$, hệ số α thấp hơn hàng chục lần so với thép cacbon.

Nicrom là loại dây đốt không từ tính, khi thiết bị làm việc ở nhiệt độ thấp để kinh tế có thể thay dây đốt Nicrom bằng các loại dây đốt khác.

b. Hợp kim sắt – crôm – nhôm FeCrAl

Loại này chịu nhiệt độ cao, thỏa mãn được phần lớn các yêu cầu nhưng có nhược điểm là giòn khó gia công, kém bền cơ khi ở nhiệt độ cao.

Ở nhiệt độ cao các oxyt SiO_2 tác dụng phá huỷ màng bảo vệ Al_2O_3 ; Cr_2O_3 . Vì vậy khi đặt ở tường lò nơi tiếp xúc với dây đốt phải chứa nhiều Alumin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 70\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 1\%$) khi ở nhiệt độ cao độ dẫn dài của loại này có thể đạt tới 30 ÷ 40 % gây khó khăn cho lắp đặt.

c. Hợp kim эи

Đây là hợp kim được sản xuất ở Nga, trong thành phần có lượng lớn Cr, được biến tính bằng lượng nhỏ các kim loại kiềm thổ nên loại này có độ bền nhiệt cao, làm việc đạt nhiệt độ tới 1300 °C. Có hai loại phổ biến là эи – 595 và эи – 626, loại эи – 626 có 0Cr27Al5A loại эи- 595 có 0Cr23Al5A

d. Hợp kim $\text{Ni}_{40}\text{Cu}_{60}$ gọi là constantan loại này có hệ số nhiệt điện trở α rất nhỏ, làm việc ở nhiệt độ thấp từ 300 °C, rẻ tiền hơn các loại hợp kim ở trên.

e. Dây đốt là thép xây dựng, đó là loại thép cacbon, loại này làm việc ở nhiệt độ thấp, là loại rẻ tiền, được dùng trong nhà kính để trồng trọt ở những nơi giá lạnh.

Các dây điện trở được tiêu chuẩn hoá khi sản xuất, ví dụ một số loại Nicrom và эи do Nga sản xuất được dùng trong công nghiệp như sau:
Với dây đốt tròn có đường kính (mm) 0,1 0,2 0,3 ...0,9 1 1,1 1,2 ...1,8 2 2,5 3 4 5

Ở Nga người ta chế tạo hai hợp kim ЭИ – 595 và ЭИ -626, nhiệt độ làm việc đạt 1300 °C. Chúng là hợp kim crôm có hàm lượng lớn, được biến tính bằng một lượng các kim loại kiềm thổ, nên tăng độ dẻo ở 1000 °C, chúng có độ bền cao.

Các dây điện trở được tiêu chuẩn hoá khi sản xuất. Dây điện trở bằng hợp kim X13Ю4, OX23ЮА, (ЭИ – 595); OX27Ю5А (ЭИ- 626); X20H80 có đường kính dây:

2	2,2	2,5	2,8	3	3,5	4	4,5	5
5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	mm

Dây điện trở có tiết diện chữ nhật ($a \times b$)

1.8	1.10	1,2.10	1,2.12	1,2.15
1,2.20	1,4.10	1,4.15	1,4.20	1,5.10
1,5.12	1,5.15	1,5.20	1,8.15	1,8.18
1,8.20	2.15	2.20	2.25	2,2.20
2,2.25	2,5.20	2,5.25	2,5.30	2,5.40
3.25	3.30	3.40 mm		

Những kích thước được dùng phổ biến nhất trong lò điện trở công nghiệp là:

a. Dây điện trở có dạng xoắn lò xo

Đường kính dây: 5; 5,5; 6; 6,5 và 7 mm

b. Dây điện trở dạng lõi, cấu trúc kiểu dĩa dắc

Đường kính dây: 8; 8,5; 9 mm

c. Dây có tiết diện chữ nhật, cấu trúc kiểu dĩa dắc

2.20; 2,5. 25; 3.30 mm

d. Trong các lò đối lưu tuần hoàn, hoặc trong các buồng nung không khí, người ta dùng các dây điện trở có đường kính: 3; 3,5; 4 và 4,5 mm hoặc dây băng có tiết diện: (1.10); (1,2.12); (1,5.15) (xem phần phụ lục giới thiệu một số vật liệu và dây đốt)

Dây đốt phi kim loại: là loại dây đốt từ vật liệu than, gốm, grafit, cacborun, loại này có ưu điểm là chịu được nhiệt độ cao từ 1000 ÷ 3000 °C, rẻ tiền hơn loại hợp kim. Nhược điểm là điện trở thay đổi nhiều khi ở nhiệt độ cao, thời gian làm việc thấp do bị oxy hoá nhiều, xét một số loại:

a. Vật liệu than và grafit

Than và grafit được dùng để chế tạo dây đốt dưới dạng thanh, ống, tấm... Thường trộn thêm một lượng nhỏ samôt vào grafit để tăng độ bền, nhưng lại giảm nhiệt độ làm việc. Khi làm việc than và grafit dễ bị oxy

hoá trong không khí, nên thường dùng trong các lò có khí bảo vệ hoặc tính chọn thời gian làm việc ngắn.

b. Vật liệu Cacbonrun (SiC)

Được chế tạo dây đốt dưới dạng thanh, tấm, ống. Làm việc ở nhiệt độ từ $1000 - 1400^{\circ}\text{C}$, điện trở suất cacbonrun lớn hơn nhiều so với hợp kim. Các thanh cacbonrun giòn trong sử dụng thường phải tăng nhiệt độ từ từ, điện trở tăng lên khi tăng thời gian sử dụng.

Sau thời gian sử dụng 60 – 80 giờ, điện trở tăng khoảng 20 % sau đó tăng chậm. Để đảm bảo công suất lò không đổi lò dùng thanh cacborun thường phải điều chỉnh được điện áp để khi tăng điện trở thì sẽ điều chỉnh tăng điện áp, để giữ cho công suất của lò không giảm.

Thời gian làm việc của thanh cacbonrun là 1000 – 2000 h. Khi ở nhiệt độ 1400°C khi làm việc ở nhiệt độ cao hơn thì thời gian giảm xuống. Nếu nhiệt độ làm việc là $1200 - 1300^{\circ}\text{C}$ thì thời gian sử dụng có thể tăng 2- 3 lần so với ở 1400°C . Tiết diện hai đầu thanh có tiết diện lớn hơn 6- 8 lần tiết diện làm việc của dây đốt để hạn chế toả nhiệt ở hai đầu.

c. Cripton – là hỗn hợp của grafit, cacbonrun và đất sét. Chúng được tạo hạt có đường kính 2 – 3mm. Ở dạng hạt do điện trở tiếp xúc giữa các hạt lớn, nên điện trở suất của Cripton lớn hơn điện trở suất của than và grafit. Nó phụ thuộc nhiều vào độ nén chặt. Loại dây đốt Cripton làm việc ở nhiệt độ cao khoảng $1800 - 2000^{\circ}\text{C}$. Trong thời gian làm việc Cripton cháy dần, loại này cấu tạo đơn giản và rẻ tiền.

§7. Cấu trúc của dây điện trở kim loại

Trong các lò điện trở, dây đốt có thể chọn loại tròn hoặc loại chữ nhật. Từ hai loại tròn và dẹt này người ta cấu trúc thành kiểu lò xo hoặc ziczăc như sau:

-Dây điện trở tròn có cấu trúc díc dắc.

-Dây điện trở có tiết diện chữ nhật, cấu trúc díc dắc.

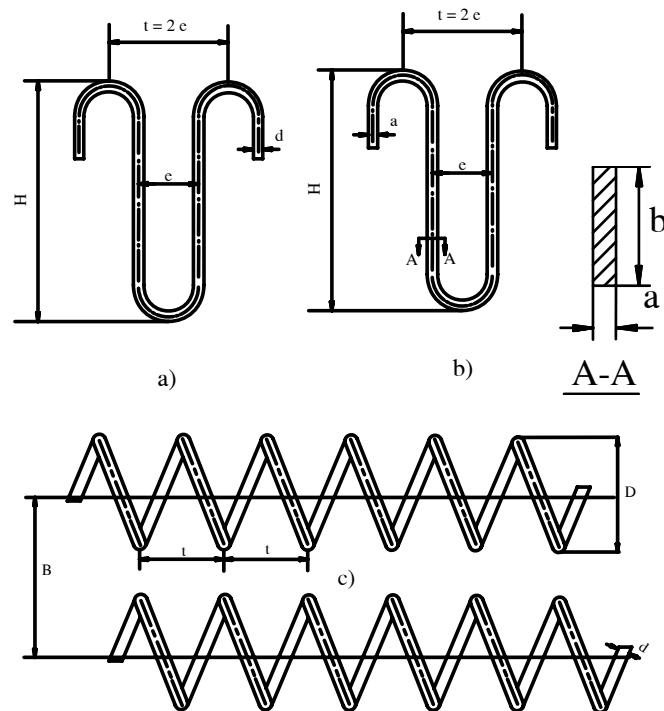
Khi chọn dây điện trở và khi lắp đặt lò điện trở cần lưu ý:

a) Khả năng ăn mòn hoá học giữa dây điện trở và lớp lót tiếp xúc với dây.

b) Khả năng ăn mòn hoá học của khí lò đối với dây. Khi nhiệt độ dây điện trở cao hơn 900°C không được đặt dây điện trở trực tiếp lên tường lò bằng samôt (để tránh tạo ra hợp chất dễ chảy giữa dây và samôt). Để giữ dây điện trở, ta dùng gạch gốm chất lượng tốt làm gạch đỡ dây điện trở (samôt loại A, vật liệu Alumin, vật liệu giàu Al_2O_3). Dây điện trở sắt-crôm-nhôm dễ bị giòn trong môi trường chứa khí CO, do đó trong môi trường CO thường dùng dây Cr-Al. Sau đây ta xét cấu tạo và bố trí dây đốt với kiểu ziczăc và kiểu lò xo.

a. Cấu tạo dây điện trở có tiết diện chữ nhật.

Dây điện trở có tiết diện chữ nhật thường được cấu trúc theo kiểu díc dắc. Chúng thường được treo thẳng đứng ở tường lò hoặc đặt nằm ngang ở đáy lò, nóc lò. Những kích thước cơ bản của dây điện trở tiết diện chữ nhật và tròn có cấu trúc díc dắc và lò xo được mô tả ở hình 5a, b, c.

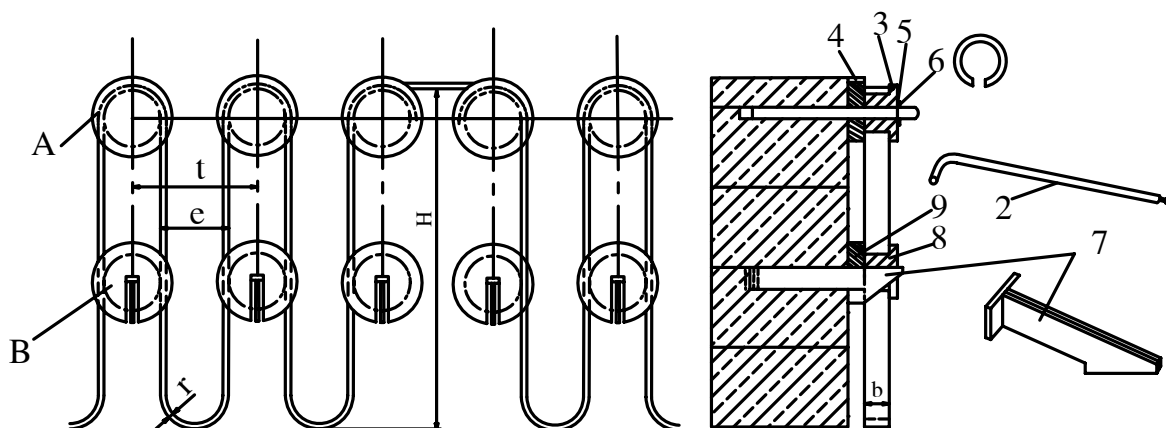


Hình 5. Các kích thước cơ bản của dây điện trở:

- a) Dây điện trở tròn kiểu díc dắc
- b) Dây điện trở tiết diện chữ nhật kiểu díc dắc
- c) Dây tiết diện tròn kiểu xoắn lò xo.

Thông thường $b/a = m = 10$.

Bước díc dắc t nên chọn bằng $2b$: $t = 2b$. Chiều cao díc dắc không lớn hơn $10b$ ($H \leq 10b$). Khi bố trí dây điện trở trên tường lò, ta dùng các móc nhỏ cắm vào tường lò, việc bố trí các móc này phụ thuộc vào bước díc dắc t



Hình 6. Dây điện tiết diện chữ nhật kiểu dích dắc treo trên tường lò:

A- Chốt bằng móc tròn; B- Chốt bằng móc tam.

1- Dây dẫn trở tam; 2- Móc tròn; 3- Ống gôm; 4- Đệm lót bằng gôm.
5- Đệm bằng kim loại, 6- Chốt giữ kiểu vòng; 7 - Chốt dạng tam; 8 và 9 - Ống lót và đệm bằng gôm.

Chiều cao dích dắc H không vượt quá $10b$ khi treo. Khi nằm ngang trên giá đỡ hoặc trên bản gôm có rãnh thì chiều dài H không bị hạn chế. Các phương pháp lắp đặt dây điện trở được mô tả ở hình 7.

b. Cấu tạo dây điện trở có tiết diện tròn.

Dây điện trở tiết diện tròn được cấu tạo theo hai kiểu:

- Kiểu dích dắc.
- Kiểu xoắn lò xo.
- Kiểu xoắn lò xo có hai dạng: xoắn trụ và xoắn phẳng. Trong thực tế thường gặp xoắn trụ. Sau đây ta xem xét về kiểu xoắn lò xo và kiểu ziczac của dây điện trở khi bố trí trong lò điện trở:

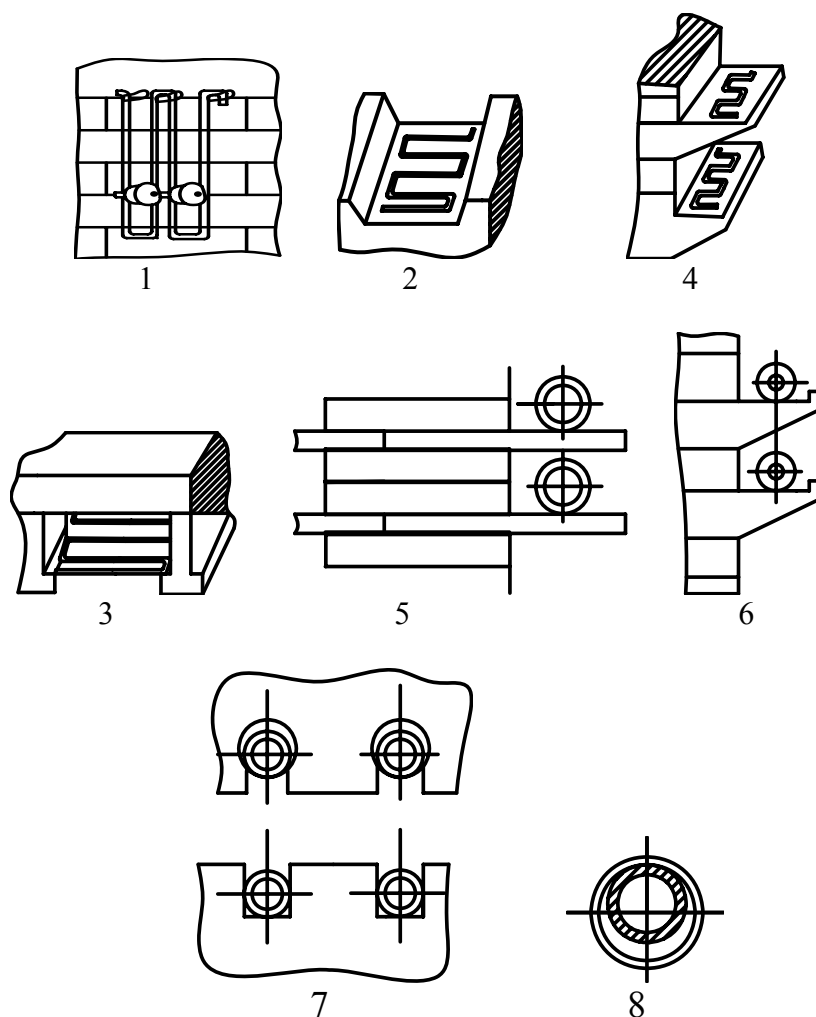
1. Dây điện trở tiết diện tròn kiểu xoắn lò xo.

Ở những lò có nhiệt độ thấp, người ta treo tự do dây xoắn hoặc cố định chúng bằng các dây cách điện.

Ở những lò có nhiệt độ trung bình hoặc nhiệt độ cao, người ta đặt dây xoắn trong các rãnh hoặc giá đỡ, hoặc quấn quanh các ống gôm. Đường kính trung bình của vòng xoắn là D , bước lò xo $t \geq 2d$ (hình 5).

Trong cùng điều kiện như nhau, nếu bước xoắn t càng lớn thì ảnh hưởng che chắn của dây giữa các vòng xoắn là nhỏ. Đường kính trung bình của vòng xoắn D càng lớn thì khả năng phân bố công suất trên $1m^2$ tường lò càng lớn, nhưng độ bền cơ học yếu đi và dễ xảy ra biến dạng của đường xoắn dưới tác dụng của trọng lượng bản thân dây xoắn. Khi đặt dây xoắn nằm tự do thì giá trị D/d không lớn hơn 10 ($D/d \leq 10$).

Các dạng D/d được tron theo bảng 1



Hình 7

Ở hình 7 trình bày các kiểu bố trí dây điện trở trong lò:

1- Đặt ở tường bên; 2- Đặt ở đáy lò; 3- Đặt dưới nóc lò; 4- Đặt trên giá đỡ ở tường bên; 5- Đặt trên các viên gạch đua ra ở tường bên; 6- Dây xoắn đặt ở tường bên; 7- Dây xoắn đặt ở nóc lò và đáy lò; 8- Dây xoắn lồng ngoài ống gốm.

Bảng 1. Các giá trị $(D/d)_{\max}$ tùy theo nhiệt độ dây và vật liệu .

Nhiệt độ dây, $^{\circ}\text{C}$	Crôm - Niken	Sắt – Crôm - Niken
1000	10	8
1100	9	7
1200	-	6
1300	-	5

Ghi chú:

- Dây nung xoắn quấn trên ống gốm, có thể tăng tỷ số này so với trong bảng.
- Đảm bảo vít quấn đều, vì tại vùng bước vít bị mau thì dây sẽ bị quá nung và gây đứt dây nung.

2. Dây tiết diện tròn kiểu dích dắc

Dây tiết diện tròn kiểu dích dắc có thể được kẹp chặt trên tường bằng những viên gạch gốm có gờ, hoặc dùng móc treo bằng thép bền nhiệt (khi đường kính dây đốt $d > 7\text{mm}$).

Chiều cao của dích dắc H nên chọn:

- Đối với hợp kim Crôm-Niken:
 $H \leq 250\text{mm}$ (treo trên tường)
 $H \leq 200\text{mm}$ (đặt dưới nóc lò)
- Đối với hợp kim Sắt-Crôm-Nhôm
 $H \leq 200\text{mm}$ (treo trên tường)
 $H \leq 150\text{mm}$ (đặt dưới nóc lò)

Đối với dây tiết diện tròn kiểu dích dắc đặt ở đáy lò thì chiều cao dích dắc H có thể lấy lớn hơn $(20 \div 30)\%$. Khoảng cách giữa các trục của dích dắc (xem trên hình 5 và 6) đặt trong các tấm gạch định hình có gờ, phụ thuộc vào kích thước của viên gạch định hình có gờ, phụ thuộc vào kích thước của viên gạch. Hiện nay các bước gờ thường chọn 12,5 và 17,5mm.

Đối với những dây dùng chốt để kẹp chặt thì khoảng cách e không nhỏ hơn 2,75 lần đường kính dây điện trở. Những dây đặt ở tường bên, được treo trên móc, các móc này cắm trên tường lò.

CHƯƠNG 5. TÍNH TOÁN NHIỆT CỦA DÂY ĐỐT

Tính toán dây đốt bao gồm tính toán nhiệt và tính toán điện. Tính toán điện sẽ xét ở phần sau. Tính toán nhiệt là xác định nhiệt trở và mật độ công suất của dây đốt.

Tính nhiệt trở là bài toán khá phức tạp, nhiệt trở phụ thuộc vào nhiều thông số và các điều kiện trong nung nóng. Để cho từng loại dây đốt, từng kiểu bố trí dây đốt, từng phương thức truyền nhiệt khác nhau...nhiệt trở lại được tính khác nhau. Do đó với từng trường hợp cụ thể phải tính riêng biệt để tìm điện trở.

Sự truyền nhiệt trong thiết bị điện nhiệt được thực hiện theo các phương thức cơ bản sau:

- Theo phương thức dẫn nhiệt.
- Theo phương thức đối lưu.
- Theo phương thức bức xạ.

Và sự kết hợp giữa các phương thức.
Sau đây sẽ xét cụ thể từng trường hợp theo từng phương thức.

§1. Một số đại lượng thường sử dụng trong tính toán nhiệt của dây đốt

t- Mật độ công suất, còn gọi là công suất riêng bề mặt của dây đốt: ký hiệu W.

Mật độ công suất W : là tỷ số giữa công suất dây đốt cung cấp P và diện tích bề mặt truyền nhiệt F dây đốt có:

$$W = \frac{P}{F} \quad (1)$$

Trong đó: P (W); F (m²), W (W/m²) hoặc có thể ã ung theo đơn vị W (W/ cm²).

2. Nhiệt trở : ký hiệu r_t

Công suất truyền nhiệt tải của dây đốt P được tính theo công thức:

$$P = K (t - t_0) F \quad (2)$$

Trong đó: K – hệ số truyền nhiệt của dây đốt $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

t- nhiệt độ truyền nhiệt của dây đốt , ⁰ C

t₀ – nhiệt độ của môi trường , ⁰ C

F – tiết diện bề mặt truyền nhiệt của dây đốt, m²

từ (2) tính được mật độ công suất W:

$$W = \frac{P}{F} = K(t - t_0)$$

Đặt $\frac{1}{K} = r_t$ gọi là nhiệt trở của dây đốt.

t – t₀ = Δt - độ chênh lệch nhiệt độ

Có
$$W = \frac{\Delta t}{r_t} \quad (3)$$

Đơn vị của nhiệt trở r_t ($\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$)

Nhiệt trở r_t được xác định cho từng trường hợp truyền nhiệt cụ thể.

Sau đây xét thêm một số phương thức truyền nhiệt trong các thiết bị điện nhiệt.

§2. Truyền nhiệt theo phương thức dẫn nhiệt

Phương thức truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt được thực hiện nhờ có sự tiếp xúc giữa vật được nung nóng và dây đốt hoặc thông qua môi trường truyền nhiệt.

Công suất truyền tải của dây đốt P theo phương thức dẫn nhiệt được xác định theo công thức Furiê

$$P = \frac{\lambda}{\delta}(t - t_0)F \quad (1)$$

Trong đó: λ - hệ số dẫn nhiệt $\frac{W}{m^0C}$

δ - độ dày của lớp truyền nhiệt, m

t- nhiệt độ của dây đốt, 0C

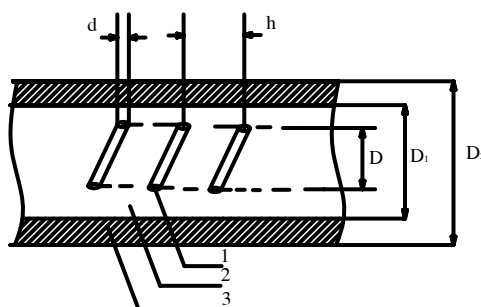
t_0 - nhiệt độ môi trường được truyền nhiệt, 0C

F - bề mặt truyền nhiệt m^2

P - công suất truyền tải từ dây đốt tới môi trường hoặc tới vật.

Sau đây lấy ví dụ tính nhiệt trở cho dây đốt kín truyền nhiệt theo phương thức dẫn nhiệt.

Bài toán: Tính nhiệt trở dây đốt kín, lớp bọc ngoài là kim loại như hình.1, phần tử nung nóng là hợp kim Nicrom, quần lò xo lớp lót bằng vật liệu MgO, các thông số kích thước cần thiết được cho trên hình.1.



Hình 1

Ở hình 1 có:

1. Phần tử nung nóng

2. Lớp lót

3. vỏ kim loại

d- đường kính phần tử nung nóng

h- bước lò xo

D - đường kính lò xo phần tử nung nóng

D₁- đường kính trong của vỏ kim loại

D₂ - đường kính ngoài của vỏ kim loại

Thứ tự tính nhiệt trở được thực hiện như sau:

1. Tính nhiệt trở dài của lớp lót

Nhiệt trở được tính theo đơn vị dài, được gọi là nhiệt trở dài có đơn vị là

$$\frac{m^0C}{W}; \text{ ký hiệu nhiệt trở dài của lớp lót là } r'_{idl} \left(\frac{m^0C}{W} \right)$$

Công thức tính r'_{idl} cho H.1 được xác định theo biểu thức ở tài liệu tính toán thiết kế dây đốt kín như sau (TL1):

$$r'_{idl} = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \left[\ln \frac{D_1}{D} + 10^{-3}(0,5 + 59y)(K - 1 - 6,56.x^{0,38}) \right] \quad (2)$$

Trong đó:

λ_1 - hệ số dẫn nhiệt của lớp lót $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

D - đường kính trung bình của phần tử nung nóng quấn lò xo

$$x = \frac{d}{D_1}, y = \frac{d}{D}, K = \frac{h}{d}$$

Nhiệt trở dài r'_{idl} của lớp lót ảnh hưởng tới dòng nhiệt từ phần tử nung nóng lò xo 1 tới vỏ phía trong vỏ kim loại bọc dây đốt.

2. Tính nhiệt trở dài của vỏ kim loại: ký hiệu là r''_{idl} được tính theo biểu thức (TL1):

$$r''_{idl} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_2}{D_1} \quad (3)$$

D_1, D_2 - đường kính trong và ngoài của vỏ kim loại, m

λ_2 - hệ số dẫn nhiệt của vỏ kim loại, $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

3. Tính nhiệt trở dài từ phần tử nung nóng tới bề mặt ngoài của vỏ kim loại – ký hiệu: r_{tdl}

$$r_{tdl} = r'_{idl} + r''_{idl} \quad (4)$$

4. Tính đường kính tương đương ký hiệu D_{td}

Nhiệt trở của dây đốt truyền nhiệt theo phương thức dẫn nhiệt hình.1 ký hiệu : r_{td}

r_{td} – là nhiệt trở tính cho đơn vị diện tích bề mặt dây đốt có đơn vị $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$

và bằng tích của nhiệt trở dài r_{tdl} với chu vi dây đốt tương đương với phần tử nung nóng 1 ở H.1, và dây đốt tương đương đó có đường kính là D_{td} .

Từ đó viết được:

$$r_{td} = \pi D_{td} \cdot r_{tdl} \quad (5)$$

Để tính đường kính D_{td} ta tính nhiệt trở dài của dây đốt tương đương và coi bằng nhiệt trở dài r'_{idl} đã tính ở trên của phần tử nung nóng 1 ở hình.1, dây đốt tương đương có dạng trụ bởi vậy được tính theo biểu thức như ở biểu thức (3) vậy viết được:

$$r'_{idl} = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{D_1}{D_{td}} \quad (6)$$

từ biểu thức (6) tính được D_{td} :

$$D_{td} = \exp \left[\ln D_1 - r'_{idl} 2\pi\lambda_1 \right] \quad (7)$$

5. Xác định được D_{td} ta tính được r_{td} theo biểu thức (5)

6. Tiếp theo tính mật độ công suất theo phương thức dẫn nhiệt:

$$W = \frac{\Delta t}{r_{td}} \quad (8)$$

7. Ví dụ tính toán nhiệt trở theo phương thức dẫn nhiệt với các biểu thức đã dẫn ra ở trên, cho các số liệu cụ thể như sau để tính:

$$h = 2 \text{ mm}; D_1 = 10 \text{ mm}; D_2 = 13 \text{ mm}; \lambda_1 = 1,5 \frac{W}{m^0 C}, \lambda_2 = 40 \frac{W}{m^0 C}$$

Thay vào biểu thức có:

$$r'_{idl} = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \left[\ln \frac{D_1}{D} + 10^{-3} (0,5 + 59y)(K - 1 - 6,56x^{0,38}) \right]$$

$$y = \frac{d}{D} = \frac{0,5}{5}, K = \frac{h}{d} = \frac{2}{0,5}, x = \frac{d}{D_1} = \frac{0,5}{10}$$

$$r'_{idl} = \frac{1}{2\pi 1,5} \left[\ln \frac{10}{5} + 10^{-3} (0,5 + 59 \cdot \frac{0,5}{5}) (\frac{2}{0,5} - 1 - 6,56 (\frac{0,5}{10})^{0,38}) \right]$$

$$= 0,075 \frac{m^0 C}{W}$$

$$r''_{idl} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_2}{D_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 40} \ln \frac{13}{10} = 0,104 \cdot 10^{-2} \frac{m^0 C}{W}$$

$$r_{idl} = r'_{idl} + r''_{idl} = 0,075 + 0,104 \cdot 10^{-2} = 0,076$$

$$r'_{idl} = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{D_1}{D_{td}} \rightarrow 0,046 = \frac{1}{2\pi \cdot 1,5} \ln \frac{10 \cdot 10^{-3}}{D_{td}}$$

$$D_{td} = \exp(\ln 10 \cdot 10^{-3} - 2\pi \cdot 1,5 \cdot 0,075) = 3,5 \cdot 10^{-3} m$$

Tính nhiệt trở r_{td} :

$$r_{td} = r_{idl} \cdot \pi \cdot D_{td} = 0,076 \cdot \pi \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} = 0,84 \cdot 10^{-3} \frac{m^2^0 C}{W}$$

Tính mật độ công suất:

$$W = \frac{\Delta t}{r_{td}} = \frac{t_{lv} - t_0}{r_{td}} \text{ trong đó } \Delta t = t_{lv} - t_0$$

t_{lv} - nhiệt độ làm việc của phần tử dây đốt lò xo, $^0 C$
 t_0 - nhiệt độ môi trường, $^0 C$.

§ 3. Truyền nhiệt theo phương thức đối lưu

Truyền nhiệt theo phương thức đối lưu được thực hiện khi có dòng khí hoặc chất lỏng chuyển động tự nhiên hoặc cưỡng bức qua dây đốt. Phương trình truyền tải công suất của dây đốt được viết theo công thức Niu ton như sau:

$$P = \alpha_{dl}(t - t_0)F \quad (1)$$

Trong đó:

α_{dl} - hệ số truyền nhiệt đối lưu, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

F - diện tích bề mặt truyền nhiệt, m^2

t - nhiệt độ làm việc của dây đốt, $^\circ C$

t_0 - nhiệt độ môi trường, $^\circ C$

Hệ số α_{dl} là hàm của nhiều biến, ví dụ như phương thức đối lưu là tự nhiên hay bắt buộc, nhiệt độ dây đốt, môi trường hình dáng dây đốt, kích thước cấu trúc của bố trí dây đốt, tính chất của môi trường...

Giá trị của α_{dl} trong các điều kiện trao đổi nhiệt khác nhau thường được xác định theo thực nghiệm. Các kết quả thu được, được xử lý theo nguyên lý lý thuyết đồng dạng và đưa thành dưới dạng các phương trình tiêu chuẩn. Từ các quan hệ giữa các phương trình tiêu chuẩn trong hệ tính toán, sẽ tính ra được hệ số α_{dl} .

Sau đây, sẽ lấy ví dụ tính hệ số α_{dl} trong thiết bị sấy dùng phương pháp truyền nhiệt đối lưu, khá phổ biến trong kỹ thuật sấy.

Ví dụ: bài toán trao đổi nhiệt bằng đối lưu trong các thiết bị sấy bằng khí nóng.

Dòng khí được thổi cưỡng bức qua dây đốt kín dạng ống theo hướng vuông góc với dây đốt. Theo tài liệu kỹ thuật nhiệt đưa ra được các phương trình tiêu chuẩn mà dựa vào các phương trình đó để xác định hệ số α_{dl} . Quan hệ giữa các phương trình tiêu chuẩn được viết cho trường hợp này có dạng:

$$Nu = C.P_r^n.R_e^m \quad (2)$$

Trong đó:

$Nu = \frac{\alpha_{dl}D}{\lambda}$ - gọi là tiêu chuẩn Nuxenta

α_{dl} - hệ số truyền nhiệt theo đối lưu, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

D - đường kính ngoài của dây đốt, m

λ - hệ số dẫn nhiệt của khí (không khí) $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

$R_e = \frac{\omega D}{\nu}$ - gọi là tiêu chuẩn Reintonxa, không đơn vị

ω - tốc độ của khí, m/s

D - đường kính ngoài của dây đốt, m

ν - hệ số nhiệt động học của khí m^2/s

$P_r = \frac{v}{a}$ - gọi là tiêu chuẩn Praly – không đơn vị

a- hệ số dẫn nhiệt độ của khí, s/ m²

n, m – là hằng số mũ

C - hằng số phụ thuộc vào số dây ống dây đốt, cách bố trí dây đốt.

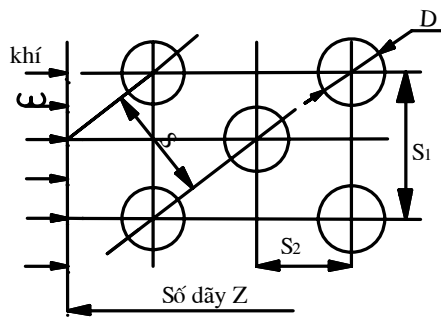
Từ đó (2) viết được quan hệ sau:

$$\frac{\alpha_{dl} D}{\lambda} = C \left(\frac{v}{a} \right)^n \cdot \left(\frac{\omega D}{v} \right)^m \quad (3)$$

Từ phương trình (3) sẽ tính được hệ số α_{dl}

Ví dụ số dây đốt được bố trí như ở H.1

Dây đốt kim loại ống tròn, bố trí theo kiểu bàn cờ đan xen nhau như H.1. Tác nhân đối lưu là không khí thổi cường bức vuông góc với dây đốt, với tốc độ ω .



Hình 1

Các thông số cần thiết tham gia vào phương trình 3 cho ở hình.1

Từ phương trình (3) làm cơ sở, trong trường hợp này dạng biểu thức tính α_{dl} còn tùy thuộc vào quan hệ giữa các thông số D; S; S₁ theo tỷ số :

$$\frac{S_1 - D}{S - D} (*)$$

Sự phụ thuộc vào tỷ số (*) để có biểu thức cho α_{dl} đã được xác định theo TL1 như sau:

Khi tỷ số $\frac{S_1 - D}{S - D} \geq 0,7$ thì α_{dl} được tính theo biểu thức:

$$\alpha_{dl} = 0,39.C \cdot \frac{\lambda P_r^{0,35}}{D^{0,4}} \cdot \left(\frac{S_1 - D}{S - D} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\omega}{v} \right)^{0,6} \quad (4)$$

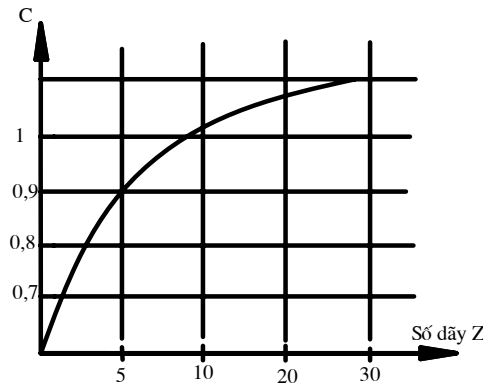
Khi tỷ số $\frac{S_1 - D}{S - D} < 0,7$ thì α_{dl} tính theo biểu thức:

$$\alpha_{dl} = 0,36.C \cdot \frac{\lambda P_r^{0,35}}{D^{0,4}} \cdot \left(\frac{\omega}{v}\right)^{0,6} \quad (5)$$

Trong đó S tính theo biểu thức:

$$S = \sqrt{(0,5S_1)^2 + S_2^2} \quad (**)$$

hệ số hiệu chỉnh C phụ thuộc vào số dây Z của các ống dây đốt hình.1 và đã lập được quan hệ giữa c và z theo đồ thị hình.2



Hình 2

Sau khi tính được hệ số α_{dl} , sẽ tính được nhiệt trở đối lưu

Tính nhiệt trở đối lưu: ký hiệu $r_{tđl}$

Từ công thức chung tính nhiệt trở :

$$r_t = \frac{1}{K_{\text{hệ số truyền nhiệt}}}$$

Có
$$r_{tđl} = \frac{1}{\alpha_{dl}} \cdot \frac{m^2 \cdot C}{W} \quad (6)$$

Tính mật độ công suất đối lưu:

$$W_{dl} = \frac{t - t_0}{r_{tđl}} \quad (7)$$

+ Xét trường hợp sự truyền nhiệt của dây đốt được bố trí như hình.1 bao gồm cả hai phương thức đối lưu và dẫn nhiệt. Trong trường hợp này để tính nhiệt trở chung cho cả hai phương thức thực hiện như sau:

Ký hiệu nhiệt trở của trường hợp này là $r_{t(đl+d)}$;

a. Qui về tính nhiệt trở dài của từng phương thức

Với phương thức đối lưu nhiệt trở dài là $r_{tđl}$ được tính :

$$r_{tđl} = \frac{r_{tđl}}{\pi D} \quad (8)$$

Trong đó:

$r_{tđl}$ - nhiệt trở đối lưu

D- đường kính dây đốt

Với phương thức dẫn nhiệt, nhiệt trở dài là r_{tdl} được tính:

$$r_{tdl} = \frac{r_{td}}{\pi D_{td}} \quad (9)$$

Trong đó:

r_{td} - nhiệt trở dài

D_{td} - đường kính tương đương

b. Tính nhiệt trở dài của 2 phương trình ký hiệu $r_{t(đl+d)l}$

$$r_{t(đl+d)l} = r_{tdl} + r_{tdl} \quad (10)$$

c. Tính nhiệt trở $r_{t(đl+d)}$ theo

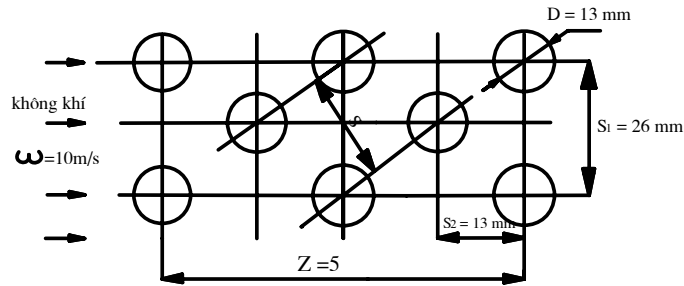
$$r_{t(đl+d)} = r_{t(đl+d)l} \cdot \pi D_{td} \quad (11)$$

trong đó:

D_{td} - đường kính tương đương của dây đốt

Lấy ví dụ tính toán với số liệu cụ thể như sau:

VD: Hãy tính nhiệt trở cho hệ thống dây đốt được bố trí như H.1



Hình 1

Các thông số ở hình.1 như sau: $D = 13 \text{ mm}$, $S_1 = 26 \text{ mm}$; $S_2 = 13 \text{ mm}$
Số dây ống $Z = 5$. Dòng khí chuyển động cưỡng bức, vuông góc với dây đốt có tốc độ $\omega = 10 \text{ m/s}$, nhiệt độ trung bình của khí là $t_0 = 30^\circ\text{C}$ khi làm việc, nhiệt độ bề mặt ngoài của dây đốt là 400°C . Và hãy tính nhiệt độ làm việc của phần tử nung nóng quần lò xo trong ống dây đốt kín trên. Sẽ tính toán ví dụ theo thứ tự như các biểu thức đã được dẫn ra ở trên.

1. Tính tỷ số $\frac{S_1 - S}{S - D}$ trong đó $S = \sqrt{(0,5S_1)^2 + S_2^2} = 18,4 \text{ mm}$

$$\frac{S_1 - S}{S - D} = \frac{26 - 13}{18,4 - 13} = 2,4 > 0,7 \text{ do đó có biểu thức tính } \alpha_{dl} \text{ như sau:}$$

2. Tính α_{dl} khi $\frac{S_1 - S}{S - D} > 0,7$ có biểu thức:

$$\alpha_{dl} = 0,39 \cdot C \cdot \frac{\lambda P_r^{0,35}}{D^{0,4}} \cdot \left(\frac{S_1 - D}{S - D} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\omega}{v} \right)^{0,6}$$

Ở nhiệt độ $t_0 = 30^\circ\text{C}$ không khí có các thông số vật lý sau:

$$\lambda = 2,58.10^{-2} \frac{W}{m^0 C}$$

$$\nu = 1,66.10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$P_r = 0,702$$

Hệ số C tìm được ở đồ thị hình.2 : $C = f(Z)$

Ứng với $Z = 5$ có $C = 0,9$ thay vào α_{dl} :

$$\begin{aligned} \alpha_{dl} &= 0,39.0,9. \frac{2,58.10^{-2}.0,702^{0,35}}{(13.10^{-3})^{0,4}}.2,4^{0,25}.\left(\frac{10}{1,66.10^{-5}}\right)^{0,6} \\ &= 166,2 \frac{W}{m^2 \text{ } ^0C} \end{aligned}$$

3. Tính nhiệt trở đối lưu r_{tdl}

$$r_{tdl} = \frac{1}{\alpha_{dl}} = \frac{1}{166,2} = 0,60.10^{-2} \frac{m^2 \text{ } ^0C}{W}$$

4. Tính mật độ công suất đối lưu, W_{dl} .

$$W_{dl} = \frac{t_2 - t_0}{r_{tdl}} = \frac{400 - 30}{0,60.10^{-2}} = 6,15.10^4 \frac{W}{m^2}$$

Trong đó: t_2 - nhiệt độ bề mặt ngoài của dây đốt

t_0 - nhiệt độ môi trường.

5. Tính nhiệt độ của phần tử nung nóng lò xo ở phương thức đối lưu như sau:

- Tính mật độ công suất đối lưu theo đơn vị dài W_{dl1}

$$W_{dl1} = W_{dl} \cdot \pi D = 6,15.10^4 \cdot \pi \cdot 13.10^{-3} = 2510 \frac{W}{m}$$

- Tính nhiệt độ của phần tử nung nóng lò xo theo biểu thức:

$$t_1 = t_2 + W_{dl1} \cdot r_{tdl}$$

Trong đó:

t_1 - nhiệt độ của phần tử nung nóng lò xo

t_2 - nhiệt độ bề mặt ngoài của dây đốt: $t_2 = 400 \text{ } ^0C$

W_{dl1} - mật độ công suất đối lưu theo đơn vị dài

r_{tdl} - nhiệt trở dài của phương thức dẫn nhiệt

thay kết quả đã tính vào ta có t_1 :

$$t_1 = 400 + 2510 \cdot 0,076 = 590 \text{ } ^0C.$$

Vậy khi bề mặt ngoài trời của dây đốt có yêu cầu là $400 \text{ } ^0C$ thì trong điều kiện làm việc ở trên ta xác định được nhiệt độ làm việc của phần tử nung nóng lò xo trong dây đốt là $590 \text{ } ^0C$. Điều này cho phép tính chọn phần tử nung nóng lò xo trong dây đốt sao cho hợp lý.

6. Tính nhiệt trở trong trường hợp làm việc có cả hai phương thức: đối lưu và dẫn nhiệt.

Thứ tự thực hiện

a. Tính nhiệt trở dài của phương thức dẫn nhiệt đối lưu: $r_{tđl}$

$$r_{tđl} = \frac{r_{tđl}}{\pi D} = \frac{0,60 \cdot 10^{-2}}{\pi \cdot 13 \cdot 10^{-3}} = 0,147 \frac{m^0 C}{W}$$

b. Tính nhiệt trở dài của phương thức dẫn nhiệt bằng dẫn nhiệt

Với dây đốt đã cho ở đầu bài giống dây đốt ở mục truyền nhiệt là dẫn nhiệt, mà kết quả đã có ở trên:

$$r_{tdl} = 0,076 \frac{m^0 C}{W}$$

c. Tính nhiệt trở dài gồm đối lưu và dẫn nhiệt

Ký hiệu : $r_{t(đl+d)}$

$$r_{t(đl+d)} = r_{tđl} + r_{tdl} = 0,147 + 0,076 = 0,223 \frac{m^0 C}{W}$$

d. Tính nhiệt trở của đối lưu và dẫn nhiệt: $r_{t(đl+d)}$

$$r_{t(đl+d)} = r_{t(đl+d)} \cdot \pi \cdot D_{td}$$

Trong đó: D_{td} – là đường kính của dây đốt tương đương.

Với loại dây đốt đã cho ở đầu VD giống dây đốt ở phương thức dẫn nhiệt đã xét ở trên và đường kính đã tính ở trên là :

$$D_{td} = 3,5 \text{ mm} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Thay vào:

$$r_{t(đl+d)} = 0,223 \cdot \pi \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} = 0,245 \cdot 10^{-2} \frac{m^2 \cdot 0 C}{W}$$

e. Tính mật độ công suất trên bề mặt ngoài dây đốt:

Theo yêu cầu nhiệt độ bề mặt của dây đốt là : $t_2 = 400^0 C$ nhiệt độ môi trường $t_0 = 30^0 C$ ta có:

$$W_{(đl+d)} = \frac{t - t_0}{r_{t(đl+d)}} = \frac{400 - 30}{0,245 \cdot 10^{-2}} = 15,1 \cdot 10^4 \frac{W}{m^2}$$

f. Tính công suất P dây đốt cung cấp.

$$\text{Với } P = W_{(đl+d)} \cdot F$$

Với F - diện tích bề mặt của dây đốt tính được qua kích thước dây đốt đã cho ở hình.1, từ đó tính được công suất P. Hoặc chọn số dây đốt để thỏa mãn công suất, khi biết công suất và mật độ công suất.

Các đại lượng nhiệt trở, mật độ công suất tính ở trên sẽ cần thiết cho tính toán kích thước dây đốt trong phần tính chọn kích thước ở các mục sau.

§4. Truyền nhiệt theo phương thức bức xạ

1. Khái niệm về truyền nhiệt theo phương thức bức xạ

Thông thường với dây đốt hở có thể cả dây đốt kín sự truyền nhiệt được thực hiện bằng cả đối lưu và cả bức xạ.

Khi nhiệt độ làm việc của dây đốt tăng lên thì sự truyền nhiệt bằng bức xạ tăng nhanh hơn đối lưu. Đặc biệt thấy rõ khi nhiệt độ dây đốt tăng trên 500°C .

Bức xạ là sự truyền nhiệt từ vật này đến vật khác thông qua môi trường truyền nhiệt.

Lượng nhiệt bức xạ tới vật, một phần được vật hấp thụ, một phần bị phản xạ lại, vật được nung nóng lên bởi phần nhiệt được hấp thụ. Khả năng hấp thụ nhiệt của các vật là khác nhau, phụ thuộc vào tính chất vật lý của vật. Những vật cứng và lỏng hấp thụ tốt hơn. Môi trường truyền nhiệt có ảnh hưởng tới mức độ hấp thụ nhiệt của vật. Không khí khô sạch là môi trường tốt cho các tia bức xạ nhiệt. Không khí ẩm chứa bụi, chứa khí CO_2 thì cản trở truyền nhiệt bằng bức xạ. Những vật đen có khả năng bức xạ nhiệt và hấp thụ nhiệt lớn nhất.

Trong tự nhiên thường gặp những vật xám, khả năng bức xạ và hấp thụ nhiệt kém hơn vật đen.

Sự truyền nhiệt trong các lò điện trở khi làm việc ở nhiệt độ lớn hơn 500°C chủ yếu là bức xạ.

2. Định luật Steppham – Boxman

Sự bức xạ của vật đen tuyệt đối phụ thuộc vào nhiệt độ của vật và được xác định bằng định luật bức xạ Steppham – Boxman như sau:

$$E = \sigma_0 T^4 \quad (1)$$

Trong đó:

σ_0 - là hằng số Steppham – Boxman, đơn vị là $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{K}^4}$, và có giá

trị là: $\sigma_0 = 5,7.10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{K}^4}$

T- là nhiệt độ của vật bức xạ, tính theo nhiệt độ Kenvin, $^{\circ}\text{K}$

E - năng lượng bức xạ trên đơn vị diện tích bề mặt vật bức xạ, $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Với những vật màu xám, độ bức xạ kém hơn, bởi vậy cần đưa thêm vào biểu thức (1) hệ số chỉ mức đen – ký hiệu ε được xác định theo:

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{vật xám}}}{E_{\text{vật đen tuyệt đối}}}$$

$E_{\text{vật xám}}$ – năng lượng bức xạ của vật xám

$E_{\text{vật đen tuyệt đối}}$ – năng lượng bức xạ của vật đen tuyệt đối

Hệ số ε thường nhỏ hơn hoặc bằng 1: $\varepsilon \leq 1$

Công thức (1) chuyển thành:

$$E = 5,7 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (2)$$

Các giá trị ε của các vật khác nhau tìm được trong sổ tay tính toán kỹ thuật nhiệt.

Công thức Stepham – Boxman là cơ sở để tính truyền nhiệt bằng bức xạ.

3. Công suất truyền tải trong bức xạ

Trong hệ kín gồm có hai vật với hình dạng bất kỳ, công suất truyền bằng bức xạ từ vật này tới vật khác được xác định theo công thức sau:

$$P = 5,7 \cdot C_{qd} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] H_{12} \quad (3)$$

Trong đó:

T_1 - nhiệt độ của vật thứ nhất bức xạ nhiệt, 0K

T_2 - nhiệt độ của vật thứ hai, là vật nhận bức xạ nhiệt của vật thứ nhất, 0K

C_{qd} - hệ số qui dẫn, là hệ số qui đổi mức đen của các vật tham gia vào trao đổi nhiệt, C_{qd} - phụ thuộc vào các hệ số chỉ mức đen của từng vật

tham gia vào trao đổi nhiệt; $\frac{W}{m^2 \cdot ^0K^4}$

H_{12} - bề mặt tương hỗ bức xạ, được xác định theo biểu thức:

$$H_{12} = \varphi_{12} F_1 = \varphi_{21} F_2 \quad (4)$$

F_1, F_2 – diện tích bề mặt của các vật tham gia vào trao đổi nhiệt, m^2

$\varphi_{12}, \varphi_{21}$ - (không đơn vị) là hệ số nhận bức xạ

Đó là hệ số trung bình theo bề mặt của vật hấp thụ nhiệt bức xạ, nó chỉ ra phần nào của dòng nhiệt bức xạ phát ra từ vật bức xạ rơi trên vật nhận bức xạ. Ở đây chỉ nói tới những phần nhiệt rơi trên vật được hấp thụ và cả phần nhiệt của vật bức xạ.

Nếu công suất bức xạ là P_1 ; công suất rơi trên vật hấp thụ là P_2 , thì có:

$$\varphi_{12} = \frac{P_2}{P_1} \quad (5)$$

φ_{12} - là thông số phụ thuộc vào hình dáng, vị trí tương đối với nhau của các vật tham gia trao đổi nhiệt.

Tương tự như vậy tính được φ_{21}

$$\varphi_{21} = \frac{P_3}{P_4} \quad (6)$$

P_3 - công suất hấp thụ của vật 1 đối với công suất bức xạ P_4 của vật 2

P - công suất truyền tải nhiệt bằng bức xạ, W

4. Mật độ công suất trong bức xạ

Từ công thức $W = \frac{P}{F}$ thì có:

$$W = \frac{P}{F} = \frac{5,7.C_{qd} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{F} H_{12} \quad (7)$$

5. Mật độ công suất lý tưởng

Việc xác định mật độ công suất W theo công thức (7) gặp nhiều khó khăn khi phải tính tới các hệ số $\varphi_{12}, \varphi_{21}$, bề mặt F_1, F_2 và hệ số qui dẫn C_{qd} ... Khắc phục điều này trong thực tế tính toán, người ta đưa ra khái niệm mật độ công suất lý tưởng ký hiệu W_{lt} , và được hiểu như sau:

Mật độ công suất lý tưởng của dây đốt lý tưởng, đó là dây đốt truyền nhiệt trong hệ không xảy ra tổn hao, dây đốt lý tưởng được coi là dây đốt nằm xen giữa 2 mặt phẳng song song vô tận của vật nung, lớp lót không tham gia vào trao đổi nhiệt tức tổn hao bằng 0, toàn bộ nhiệt tỏa ra của dây đốt đều hướng tới vật nung.

Ở hệ trao đổi nhiệt này có bề mặt $F_1 = F_2 = F = H_{12}$; từ đó có $\varphi_{12} = \varphi_{21}$ có công thức tính W_{lt} là:

$$W_{lt} = 5,7.C_{qd} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (8)$$

Hệ số qui dẫn C_{qd} trong hệ dây đốt lý tưởng được tính theo biểu thức :

$$C_{qd} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (9)$$

Trong đó: $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - hệ số qui đổi mức đen của các vật tham gia trao đổi nhiệt.

C_{qd} - hệ số qui dẫn, $\frac{W}{m^2 \cdot K^4}$

Khi coi vật bức xạ là dây đốt có nhiệt độ làm việc là T_d vật hấp thụ năng lượng là vật nung có nhiệt độ là T_v , từ công thức (8) viết được:

$T_1 = T_d$; $T_2 = T_v$ và có công thức:

$$W_{lt} = 5,7 \cdot C_{qd} \left[\left(\frac{T_d}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_v}{100} \right)^4 \right] \quad (10)$$

Công thức (10) có thể được dùng trong tính toán dây đốt với các đơn vị của các đại lượng như sau:

$$C_{qd} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right); T_v (^{\circ}K); T_d (^{\circ}K); W_{lt} \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

Trong một số tài liệu tính toán lò điện trở khi lấy đơn vị hệ số qui dẫn $C_{qd} \left(\frac{Kcal}{m^2 \cdot h \cdot K^4} \right)$ thì hệ số qui dẫn C_{qd} sẽ tính theo biểu thức:

$$C_{qd} = \frac{4,9}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot \frac{Kcal}{m^2 \cdot h \cdot K^4} \quad (11)$$

§ 5. Tính mật độ công suất thực tế để tính toán dây đốt ở phương thức bức xạ

Dây đốt bố trí trong lò điện trở, thiết bị sấy khác dây đốt lý tưởng nêu ở trên. Để tìm mật độ công suất cho dây đốt thực tế này, dựa vào mật độ công suất lý tưởng được cho trên các đồ thị kết hợp với các hệ số tính cho từng trường hợp nung nóng cụ thể. Sau đây trình bày một số phương pháp:

1. Phương pháp tính mật độ công suất theo hệ số hiệu quả và mật độ công suất lý tưởng.

Mật độ công suất thực tế dùng để tính dây đốt là W được xác định theo biểu thức:

$$W = C_{qd} \alpha_{hq} W_{lt} \quad (12)$$

Trong đó:

α_{hq} - hệ số hiệu quả

C_{hq} - hệ số qui dẫn

W_{lt} - mật độ công suất lý tưởng

Cách xác định các thông số ở biểu thức (1) như sau:

+ Tính hệ số hiệu quả α_{hq}

Theo tài liệu 1, α_{hq} được tính cho các trường hợp cụ thể tùy thuộc cách kết cấu dây đốt, cách đặt dây đốt... được cho trong các bảng. Bảng 1 là một số giá trị của α_{hq} :

+ Tính hệ số qui dẫn C_{qd}

Hệ số C_{qd} của các vật tham gia trao đổi nhiệt ở đây là dây đốt lý tưởng do đó được tính theo biểu thức đã dẫn ở trên là:

$$C_{qd} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (2)$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - hệ số qui đổi mức đen, tùy theo vật cụ thể tìm được trong tài liệu kỹ thuật nhiệt, các hệ này luôn nhỏ hơn hoặc bằng 1.

Bảng 1. Một số giá trị của hệ số α_{hq}

	Dạng dây đốt, cách bố trí	α_{hq}
1	Dây quấn xoắn lò xo, đặt trong rãnh nửa kín	0,16 – 0,24
2	Dây đốt quấn lò xo trên thanh và ống chịu nhiệt	0,30 – 0,36
3	Dây quấn díc dắc và dây đốt dạng thanh	0,60 – 0,72
4	Dây đốt dẹt quấn díc dắc	0,38 – 0,44

5	Dây đốt tẩm và ống	0,56 – 0,70
---	--------------------	-------------

+ Tính mật độ công suất lý tưởng W_{lt}

Như đã nêu ở trên W_{lt} là cầu dây đốt lý tưởng, theo tài liệu 1 W_{lt} được biểu diễn trên đồ thị theo quan hệ với nhiệt độ làm việc của dây đốt t_d và nhiệt độ của vật t_v ; $W_{lt}(t_d, t_v)$ trong hệ nung nóng với sự tham gia các vật đen tuyệt đối. Ở đồ thị hình 1 là biểu diễn quan hệ $w_{lt}(t_d, t_v)$ của dây đốt và vật đen tuyệt đối là dây đốt và vật nung, lúc đó $\varepsilon_1 = 1, \varepsilon_2 = 1$ hình 1.

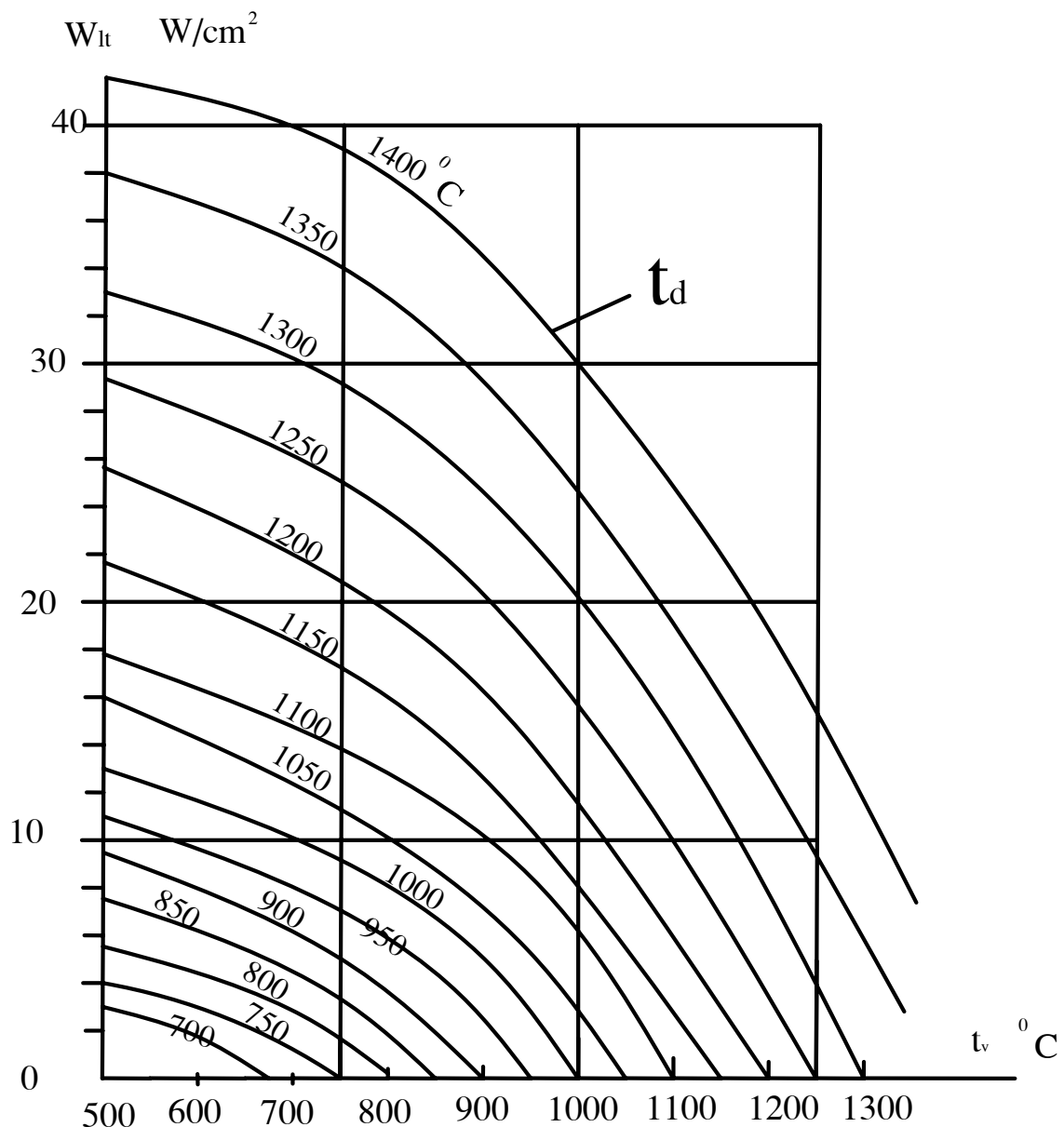
Sự trao đổi nhiệt trong hệ này được đặc trưng bằng mật độ công suất lý tưởng W_{lt} , nhận thấy W_{lt} phụ thuộc vào nhiệt độ làm việc của dây đốt t_d , nhiệt độ nung nóng của vật t_v , có quan hệ: $W_{lt} = f(t_d, t_v)$ được biểu diễn với các đường khác nhau, tùy thuộc vào nhiệt độ t_d, t_v .

Về đơn vị ở H.1 $W_{lt} (W/cm^2)$, $t_d (^{\circ}C)$, $t_v (^{\circ}C)$.

Khi biết được nhiệt độ nung nóng của vật t_v , chọn được nhiệt độ làm việc của dây đốt t_d theo H.1, xác định được W_{lt} .

Sau đó sử dụng công thức (13) để tính C_{qd} , dung bảng 1 tính được α_{hq} và công thức (12) để tính mật độ công suất thực tế W .

Chúng ta cũng có thể tính mật độ công suất thực tế theo phương pháp khác cũng thường được dùng trong tính lò điện, tuy nhiên ở phương pháp này phải biết chi tiết hơn về cấu tạo và các ảnh hưởng khác trong lò. Sau đây ta xét phương pháp đó.



Hình 1. Đường biểu diễn mật độ công suất lý tưởng của dây đốt đen tuyệt đối và vật nung đen tuyệt đối

2. Phương pháp tính mật độ công suất theo các hệ số ảnh hưởng và mật độ công suất lý tưởng.

Mật độ công suất thực tế dùng để tính toán dây đốt ở đây là W được tính theo biểu thức :

$$W = W_{lt} \alpha_c \alpha_p \alpha_h \alpha_{hq} \quad (3)$$

Trong đó các hệ số ảnh hưởng là $\alpha_c, \alpha_p, \alpha_h, \alpha_{hq}$

α_c - xét tới ảnh hưởng của hệ số qui dẫn C_{qd} , khi hệ $\varepsilon_v = \varepsilon_d = 0,8$

thì có $C_{qd} = \frac{4,9}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,8} - 1} = 3,3 \frac{Kcal}{m^2 h^0 K^4}$ sẽ có $\alpha_c = 1$.

α_p - xét tới ảnh hưởng của kích thước vật nung, giá trị α_p phụ thuộc vào tỷ số của bề mặt tính toán của vật nung nóng F_v và bề mặt của tường lò, thiết bị... nơi bố trí dây đốt F_t .

α_h - xét tới ảnh hưởng của cấu trúc dây đốt, cụ thể là ảnh hưởng của bước lò xo, bước zíc zắc.

α_{hq} - xét tới ảnh hưởng bức xạ có hiệu quả của hệ thống dây đốt.

Các giá trị α_c , α_p , α_Γ , α_{hq} thường cho trên các đồ thị hoặc bảng cho từng hệ số, xem cụ thể ở các tài liệu 2, 4 khi tính theo phương pháp này.

Tính mật độ công suất lý tưởng ở trường hợp này dùng đồ thị biểu diễn quan hệ giữa mật độ công suất lý tưởng W_{lt} với nhiệt độ nung nóng vật t_v và nhiệt độ làm việc của dây đốt t_d . Ta viết được $W = f(t_v, t_d)$ là quan hệ được xây dựng cho dây đốt lý tưởng trong hệ kín với các hệ số

$\varepsilon_v = \varepsilon_d = 0,8$ và $C_{qd} = 3,3 \frac{Kcal}{m^2 h^0 K^4}$ như ở hình 2

Khi biết được nhiệt độ nung nóng theo yêu cầu của vật nung, sau khi đã chọn nhiệt độ làm việc của dây đốt t_d , theo đồ thị H.2 xác định được W_{lt} .

Trong những thiết bị có nhiệt làm việc thấp và trung bình, sự trao đổi nhiệt chủ yếu bằng đối lưu, có sự tham gia bằng bức xạ. Lúc đó công suất truyền tải nhiệt tính được theo công thức sau:

$$P = (\alpha_{dl} + \alpha_{bx})(t_1 - t_2)F \quad (4)$$

Trong đó:

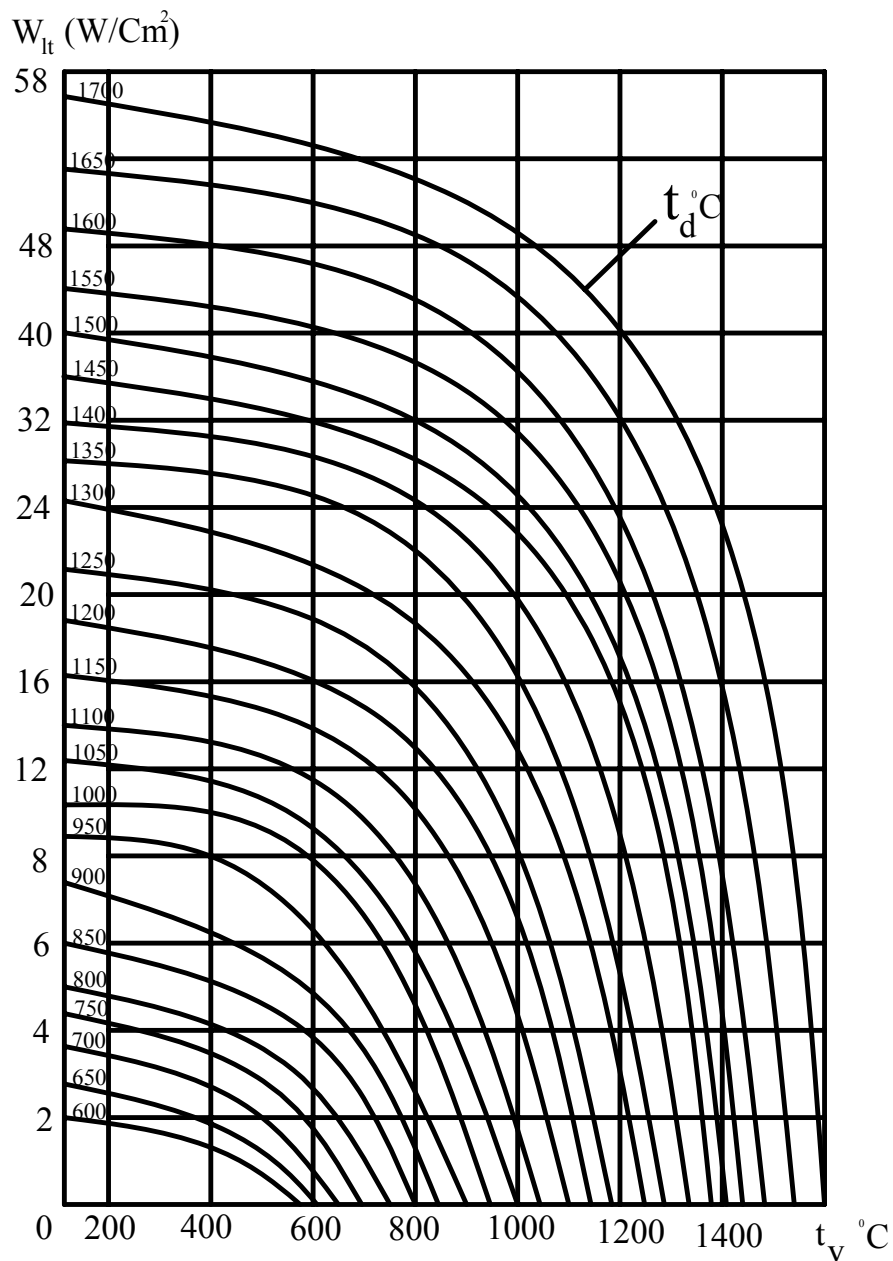
α_{dl} - hệ số trao đổi nhiệt đối lưu $\frac{W}{m^2 \cdot ^0C}$

α_{bx} - hệ số trao đổi nhiệt bức xạ $\frac{W}{m^2 \cdot ^0C}$

t_1 - nhiệt độ làm việc của dây đốt 0C

t_2 - nhiệt độ làm việc của thiết bị 0C

F- diện tích bề mặt trao đổi nhiệt m^2 .



Hình 2. Mật độ công suất lý tưởng của dây đốt lý tưởng W_{lt} phụ thuộc vào nhiệt độ vật nung t_v và nhiệt độ dây điện trở t_d .

hệ số α_{bx} được xác định trong trường hợp này theo biểu thức:

$$\alpha_{bx} = \frac{5,7C_{qd} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{t_1 - t_2} \quad (5)$$

T_1 - nhiệt độ làm việc của dây đốt, $^{\circ}\text{K}$

T_2 - nhiệt độ làm việc của thiết bị, $^{\circ}\text{K}$

t_1 - nhiệt độ làm việc của dây đốt, $^{\circ}\text{C}$

t_2 - nhiệt độ làm việc của thiết bị, $^{\circ}\text{C}$

C_{qd} - hệ số qui dẫn $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K^4}$

từ (5) tính được nhiệt trở bức xạ như sau:

$$r_{tbx} = \frac{1}{\alpha_{bx}} = \frac{t_1 - t_2}{5,7 \cdot C_{qd} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}, \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \quad (6)$$

Và tính được nhiệt trở trong trường hợp truyền nhiệt trên, có tham gia nhiệt đối lưu và bức xạ là:

$$\frac{1}{r_{t(dl+bx)}} = \frac{1}{r_{tdl}} + \frac{1}{r_{tbx}} \quad (7)$$

Trong đó:

$r_{t(dl+bx)}$ - nhiệt trở của đối lưu và bức xạ

r_{tdl} - nhiệt trở của đối lưu

r_{tbx} - nhiệt trở của bức xạ

Chương 6. TÍNH TOÁN PHẦN ĐIỆN DÂY ĐỐT

§1. Khái niệm tính toán phần điện của dây đốt

Tính phần điện của dây đốt là xác định kích thước của dây đốt, bao gồm đường kính, bề dày của dây đốt tròn, dẹt và kích thước kết cấu của dây đốt.

Qua các phép tính phần nhiệt của dây đốt ở các chương trên thấy rằng, công suất truyền tải của dây đốt trong bất kỳ phương thức truyền tải nào (dẫn nhiệt, đối lưu, bức xạ ...) đều được xác định theo biểu thức chung:

$$P = WF = \frac{t - t_0}{r_t} F$$

Trong đó:

t - nhiệt độ làm việc của dây đốt, $^\circ C$, nhiệt độ t này luôn phải chọn nhỏ hơn nhiệt độ cho phép lớn nhất của dây đốt là $t_{\max}$: $t < t_{\max}$, $^\circ C$

t_0 - nhiệt độ đặt của vật nung nóng, tức nhiệt độ nung nóng của vật, $^\circ C$

r_t - nhiệt trở tính được từ các phương thức truyền nhiệt thực hiện trong thiết bị nung nóng $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$

F - Bề mặt truyền nhiệt tác dụng của dây đốt, m^2

Bề mặt truyền nhiệt F , tương ứng các phương thức truyền nhiệt được xác định từ biểu thức (1) như sau:

Phương thức truyền nhiệt là dẫn nhiệt: $F_d = \frac{P \cdot r_{td}}{t - t_0}$

Phương thức truyền nhiệt là đối lưu: $F_{dl} = \frac{P \cdot r_{tdl}}{t - t_0}$

Phương thức truyền nhiệt là bức xạ: $F_{bx} = \frac{P \cdot r_{tdx}}{t - t_0}$

Từ đó để tính kích thước dây đốt, dùng biểu thức:

$$F = \frac{P \cdot r_t}{t - t_0} \quad \text{Đặt } t - t_0 = \Delta t \text{ và } \frac{\Delta t}{r_t} = W$$

Có biểu thức: $F = \frac{P}{W}$ (2)

W- là mật độ công suất tính được trong phần tính nhiệt dây đốt

F- bề mặt truyền nhiệt dây đốt, phụ thuộc vào kích thước dây đốt

Từ biểu thức (2) tính được kích thước dây đốt tròn và dẹt như sau:

§2. Tính kích thước dây đốt tròn và dẹt

1. Tính kích thước dây đốt tròn: là tính đường kính d và chiều dài l của dây đốt

Công suất P do dây đốt toả ra (truyền tải) được xác định:

$$P = \frac{U^2}{r_t} = I^2 \rho_t \frac{l}{s}$$

I- dòng điện làm việc qua dây đốt, A

ρ_t - điện trở suất dây đốt tại nhiệt độ làm việc, Ωm

l- chiều dài dây đốt, m

s- tiết diện tròn của dây đốt, m^2

Bề mặt truyền nhiệt F được biểu diễn: $F = C \cdot l$

C- chu vi tiết diện dây đốt, m

Thay vào (2) có biểu thức:

$$C \cdot s = \frac{\rho_t \cdot I^2 r_t}{\Delta t}$$

Với tiết diện tròn của dây đốt, có: $C = \pi d$; $s = \frac{\pi d^2}{4}$

Cuối cùng có biểu thức tính đường kính dây đốt như sau:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \rho_t \cdot I^2 r_t}{\pi^2 \Delta t}} = \sqrt[3]{\frac{4 \rho_t \cdot P^2 r_t}{\pi^2 U^2 \Delta t}} = \sqrt[3]{\frac{4 \rho_t \cdot P^2}{\pi^2 U^2 W}} \quad (3)$$

thường hay dùng biểu thức:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\rho_t \cdot P^2}{\pi^2 w \cdot U^2}}$$

Tính độ dài l của dây đốt:

Từ $P = \frac{U^2}{R_t}$ với $R_t = \rho_t \frac{l}{s}$; $s = \frac{\pi d^2}{4}$ kết hợp với công thức tính d tìm được biểu thức tính l như sau:

$$l = \sqrt[3]{\frac{PU^2}{4\pi\rho_t w^2}} \quad (4)$$

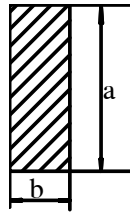
Đơn vị trong các công thức (3);(4) là:

$$\rho_t (\Omega m), P(w), U(V), W(\frac{w}{m^2}), r_t(\frac{m^2}{w}), I(A), d(m), l(m)$$

2. Kích thước dây đốt dẹt (dây đốt bằng) với dây đốt dẹt tỷ số đặc trưng qua bề mặt cắt hình bên biểu diễn bề dày dây đốt là b, bề rộng là a:

$$\frac{a}{b} = m$$

Hình vẽ



Cũng với dẫn dắt các biểu thức như đã làm với dây đốt tròn ta có:

$$C \cdot s = \frac{\rho_t I^2 r_t}{\Delta t} \text{ với } C = (a + b) = 2b(m + 1) ; s = a \cdot b = m \cdot b^2$$

Cuối cùng có kết quả như sau:

$$b = \sqrt[3]{\frac{\rho_t P^2}{2m(m+1)wU^2}} \quad (5)$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{mPU^2}{4(m+1)^2 \rho_t w^2}} \quad (6)$$

Trong đó: $\rho_t (\Omega m)$; $P(w)$; $w(\frac{w}{m^2})$; $U(V)$; $b(m)$; $l(m)$

Trong một số tài liệu kỹ thuật khi chọn đơn vị theo:

$P(kw), U(V), \rho(\frac{\Omega mm^2}{m}), w(\frac{w}{cm^2}), d(mm), l(m), b(mm), a(m)$

Thì có các công thức tính ở trên được viết như sau:

-Với dây đốt tròn:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4.10^5 \rho_t P^2}{\pi^2 w U^2}} \quad (mm) \quad (7)$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{2,5mPU^2}{4\pi\rho_t w^2}} \quad (m) \quad (8)$$

-Với dây đốt dẹt:

$$b = \sqrt[3]{\frac{5.10^4 \cdot \rho_t \cdot P^2}{m(m+1)wU^2}} \quad (mm) \quad (9)$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{2,5mPU^2}{(m+1)^2 \rho_t w^2}} \quad (m) \quad (10)$$

Khi chọn đơn vị theo:

$P(KW), \rho_t(\Omega cm), w(\frac{w}{cm^2}), d(mm), b(mm), l(m)$

- Với dây đốt tròn:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4.10^9 \cdot \rho_t P^2}{\pi^2 \cdot w U^2}} \quad (mm) \quad (11)$$

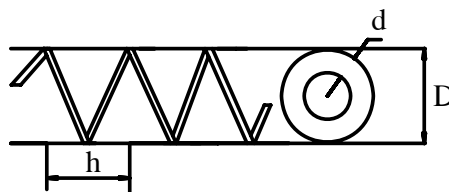
$$l = \sqrt[3]{\frac{10^{-3} P U^2}{4\pi\rho_t w^2}} \quad (m) \quad (12)$$

- Với dây đốt dẹt:

$$b = \sqrt[3]{\frac{10^9 \rho_t P^2}{2m(m+1)wU^2}} \quad (mm) \quad (13)$$

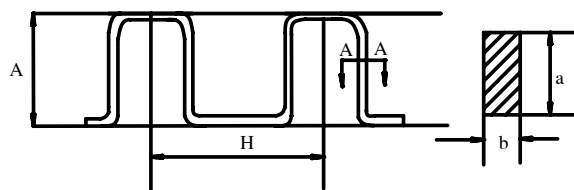
$$l = \sqrt[3]{\frac{10^{-3} m P U^2}{4(m+1)^2 \rho_t w^2}} \quad (m) \quad (14)$$

§3. Tính thông số kết cấu



Hình 1. Quấn dây đốt kín theo lò xo
d- đường kính dây đốt

h - bước lò xo
 D - đường kính lò xo



Hình 2. Quấn dây đốt theo dĩa dĩa
 A - chiều cao dĩa dĩa
 H - bước dĩa dĩa

Thông số kết cấu là những giá trị h , D , A , H ... ở hình H1, H2 khi quấn dây đốt theo lò xo, dĩa dĩa. Những giá trị này phải tính chọn sao cho dây đốt dễ toả nhiệt, đảm bảo bền cơ, thuận tiện trong bố trí, đồng đều...

Thực tế thường chọn theo kinh nghiệm, đối với từng loại dây đốt khác nhau có các thông số kết cấu khác nhau. Đưa ra một số loại dây đốt với các thông số kết cấu sau:

Loại dây đốt Nicrom thương được chọn theo kinh nghiệm, với các quan hệ như sau:

$$D = (8 - 10) d$$

Loại dây đốt hợp kim sắt nhôm có quan hệ:

$$D = (5 - 8) d$$

Bước lò xo thường chọn theo:

$$H = (2 - 4) d$$

Số lượng vòng lò xo tính theo biểu thức;

$$n = \frac{l}{\sqrt{(\pi D)^2 + h^2}} \quad (\text{vòng})$$

D (mm), l (mm), h (mm), n (vòng)

Với loại dây đốt dẹt quấn dĩa dĩa:

$$A \leq 100b$$

$$H \geq 2b$$

Khi chọn lựa thông số kết cấu phải chú ý đến việc bố trí dây đốt trong thiết bị, lưu ý tới dây đốt phải bố trí hết, toả nhiệt tương đối đồng đều.

Sau đây lấy ví dụ tính toán dây đốt cho thiết bị sấy

§4. Ví dụ tính toán dây đốt

Hãy tính kích thước, thời gian sử dụng, thông số kết cấu của dây đốt tròn quấn lò xo cho thiết bị sấy bằng không khí nóng có công suất định mức $P_{dm} = 20,8$ KW. Nguồn áp 3 pha có 380/220V, điều chỉnh công suất 4 cấp, mỗi cấp 25% công suất định mức. Thực hiện bằng thay đổi số

nhánh dây đốt trong từng pha. Nhiệt độ đầu của không khí là 18°C , không khí được nung nóng lên 25°C , nhiệt trở dây đốt là $13,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$.

Kích thước của Calorifa nói bố trí dây đốt cho phép chiều dài ống quần dây đốt theo lò xo trong khoảng 1,0 – 1,3 m.

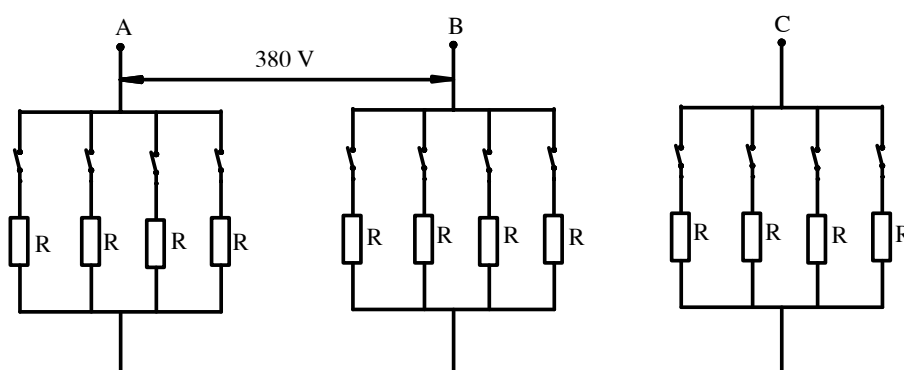
Thời gian sử dụng dây đốt với loại Nicrom là $\tau' = 2000h/mm$ chọn dây đốt theo bảng: một số loại dây đốt hợp kim và phi kim loại.

Bảng 1: Một số loại dây đốt hợp kim và phi kim loại

Loại dây đốt	Tỉ trọng $\times 10^3$ Kg/m^3	Điện trở suất ở 20°C $\times 10^{-6} \Omega m$ ρ_{20}	Hệ số nhiệt điện trở $\times 10^{-6} ^{\circ}\text{C}^{-1}$ α	Nhiệt độ làm việc cực đại $^{\circ}\text{C}$	Nhiệt độ nóng chảy $^{\circ}\text{C}$
$\text{Cr}_{20}\text{Ni}_{80}\text{-N}$	8,4	1,1	16,5	1200	1400
$\text{Cr}_{15}\text{Ni}_{60}\text{-N}$	8,3	1,1	16,3	1100	1390
$\text{Cr}_{13}\text{Al}_4$	7,2	1,26	17,0	900	1450
$\text{Cr}_{18}\text{Ni}_9\text{T}$ (thép không gỉ)	7,9	0,71	16,6	850	1420
$\text{Ni}_{40}\text{Cu}_{60}$	8,9	0,5	5,0	450	1270
thép ít cacbon	7,8	0,135	4500	300	1460
Cacborun	2,3	800 – 1900	Thay đổi	1500	—
Graphít	1,6	8 – 13	Thay đổi	2000	—

Bài làm:

1. Để điều chỉnh được 4 cấp công suất như yêu cầu, cần nối dây đốt mỗi pha có 4 phần tử nung nóng và nối theo hình sao Y như hình 1: mỗi phần tử nung nóng ký hiệu R. Mỗi phần tử R được nối với nguồn thông qua Aptômat A.



Hình 1

2. Tính công suất cho phần tử nung nóng với mỗi pha có 4 phần tử, số phần tử là $4 \times 3 = 12$

Công suất mỗi phần tử là P

$$P = \frac{P_{tb}}{12}$$

Trong đó:

P_{tb} – là công suất thiết bị

Tính P_{tb} theo: $P_{tb} = 1,2P_{dm} = 1,2.20,8 = 25KW$

$$P = \frac{25}{12} = 2,083KW$$

Dòng điện qua phần tử nung nóng R là:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2,083.10^3}{220} = 9,5A$$

3. Chọn dây đốt

Từ bảng dây đốt hợp kim và phi kim loại chọn loại Nicrom:

$Cr_{20}Ni_{80}$ -N có các thông số:

$$\rho_{20} = 1,1.10^{-6} \Omega m, \alpha = 16,5.10^{-6} {}^{\circ}C^{-1}, t_{max} = 1200 {}^{\circ}C$$

Chọn nhiệt độ làm việc của dây đốt $t_{lv} = 700 {}^{\circ}C < t_{max} = 1200 {}^{\circ}C$

4. Tính điện trở suất ρ_t

$$\rho_t = \rho_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$$

$$\rho_t = 1,1.10^{-6} [1 + 16,5.10^{-6}(700 - 20)]$$

$$\rho_t = 1,112.10^{-6} \Omega m$$

5. Tính kích thước d và l

Theo công thức đã dẫn ở trên có

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\rho_t P^2}{\pi^2 w U^2}} = \sqrt[3]{\frac{4.1,112.10^{-6}.(2,083.10^3)^2}{\pi^2.220^2.50.10^3}}$$

$$d = 0,94.10^{-3} m = 0,94mm$$

$$w = \frac{700.25}{13,5.10^{-3}} = 50.10^3 \frac{W}{m^2}$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{PU^2}{4\pi\rho_t w^2}} = \sqrt[3]{\frac{2,083.10^3.220}{4\pi.1,112.10^{-6}.(50.10^3)^2}} = 14,52mm$$

6. Hiệu chỉnh dây đốt

Trong công nghiệp dây đốt có đường kính $d = 0,94$ mm không có nên chọn $d = 0,90$ mm điều đó làm thay đổi điện trở R của phần tử nung nóng đó để đảm bảo điện trở không thay đổi cần thay đổi chiều dài sao cho: $R_{d=0,94} = R_{d=0,90}$

Từ đó có quan hệ:

$$\rho_l \cdot \frac{l_{0,94}}{s_{0,94}} = \rho_l \cdot \frac{l_{0,90}}{s_{0,90}}$$

$$l_{0,90} = \frac{l_{0,94}}{s_{0,94}} \cdot s_{0,9} = l_{0,94} \cdot \frac{\pi d_{0,94}^2 / 4}{\pi d_{0,90}^2 / 4}$$

Có

$$l_{0,90} = 14,52 \cdot \frac{0,90^2}{0,94^2} = 13,3m$$

Vậy khi giảm đường kính phần tử nung nóng thì phải giảm bớt chiều dài.

Kích thước của phần tử nung nóng tính chọn được là:

$$d = 0,90 \text{ mm}, l = 13,3 \text{ m}$$

7. Kiểm tra lại công suất của phần tử nung nóng đã chọn

$$P_{tb} = 12 \cdot P = 12 \cdot I^2 R = 12 \cdot I^2 \cdot \rho_l \cdot \frac{l}{s}$$

$$P_{tb} = 12 \cdot 9,5^2 \cdot 1,112 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{13,3}{\frac{\pi (0,90 \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 12 \cdot 20,992 \text{ W} = 251,904 \text{ W}$$

So với $P_{tb} = 25 \text{ KW}$ công suất do dây đốt cung cấp đảm bảo yêu cầu

8. Thông số kết cấu của dây đốt

Với loại dây đốt Nicrom chọn theo:

$$D = (8 - 10) d \text{ chọn } D = 10d = 10 \cdot 0,90 = 9 \text{ mm}$$

$$\text{Bước lò xo } h = (2 - 4) d \text{ chọn } h = 3d = 3 \cdot 0,90 = 2,7 \text{ mm}$$

$$\text{Số vòng lò xo: } n = \frac{l}{\sqrt{(\pi D)^2 + h^2}} = \frac{13,3 \cdot 10^3}{\sqrt{(\pi \cdot 9)^2 + 2,7^2}} = 468 \text{ vòng}$$

9. Thời gian sử dụng dây đốt:

$$\tau = K \cdot \tau' d = 1.1200 \cdot 0,9 = 1800h$$

10. Chiều dài của ống lò xo dây đốt:

$l = 2,7 \cdot 468 \cdot 10^{-3} = 1,263 \text{ m}$ so với chiều dài cho phép từ 1 – 1,3 m là đạt yêu cầu khi bố trí trong Calorife

§5. Các phương pháp tính gần đúng

Trong tính toán kích thước dây đốt như đã trình bày ở mục tiêu trên, khó khăn nhất là phải xác định nhiệt trở r_t từ đó tính được mật độ công suất W . Trong thực tế, ở những trường hợp cho phép có thể tính kích thước dây đốt theo những kết quả thu được trong kinh nghiệm và thực nghiệm. Đó là phương pháp gần đúng.

Sau đây đưa ra một số phương pháp:

1. Phương pháp gần đúng tính kích thước dây đốt theo mật độ dòng điện và dòng điện làm việc:

Có thể dùng phương pháp này để tính kích thước dây đốt với sai số tương đối lớn hoặc mang tính định hướng.

Thứ tự thực hiện như sau:

a. Tính dòng điện làm việc của dây đốt: I

$$I = \frac{P_{tbđm}}{nU}$$

Trong đó:

$P_{tbđm}$ – là công suất thiết bị định mức, W tính theo $P_{tbđm} = 1,2P_{đm}$

$P_{đm}$ – công suất hữu ích trong một pha

n – số nhánh dây đốt trong một pha

U – điện áp pha trên nhánh dây đốt dây đốt.

I – dòng điện làm việc.

b. Dựa vào mật độ dòng điện cho phép J_{cp} của từng loại dây đốt, được cho trong các bảng để tính tiết diện dây đốt s theo:

$$s = \frac{I}{J_{cp}} \text{ với } s = \frac{\pi d^2}{4} \text{ từ đây tính được } d : d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}}$$

Tính chiều dài dây đốt l :

$$\text{Với } R = \rho_t \cdot \frac{l}{s} \text{ mà } R = \frac{U^2}{P_{tbđm}}; l = \frac{U^2 s}{P_{tbđm} \cdot \rho_t}$$

Trong đó: U (V), s (mm²), P (W), l (m)

c. Mật độ dòng điện cho phép của từng loại dây đốt thường được cho trong phạm vi khá rộng. Trong tính toán cần chọn sao cho hợp lý và phải tính một số lần.

Ví dụ: với loại dây đốt Nicrom : $J_{cp} = (5 - 30) \text{ A / mm}^2$

Với loại dây đốt là thép: $J_{cp} < 15 \text{ A / mm}^2$

Nói chung đây là phương pháp tính toán đơn giản, sai số nhiều nên thường dùng để tính định hướng và kiểm tra sự bộ.

2. Phương pháp gần đúng tính kích thước dây đốt theo dòng điện làm việc I và nhiệt độ tính

toán t_{tt}

Nội dung của phương pháp này là bằng thực nghiệm lập được quan hệ giữa dòng điện làm việc I của dây đốt và nhiệt độ làm việc của dây đốt cho từng loại dây đốt trong điều kiện tiêu chuẩn. Khi tính dây đốt làm việc ở khác điều kiện tiêu chuẩn thì cần nhân nhiệt độ làm việc ký hiệu t_{lv} với hệ số và được nhiệt độ tính toán ký hiệu t_{tt} . Dựa vào t_{tt} và I của dây đốt trong bảng sẽ có đường kính dây đốt.

Trong thực tế, dây đốt loại Nicrom được sử dụng nhiều trong thiết kế lò điện, thiết bị sấy... Đã lập được quan hệ giữa kích thước đường kính dây đốt $d(\text{mm})$ và nhiệt độ tính toán t_{tt} và việc lập bảng được thực hiện trong điều kiện tiêu chuẩn là: Dây đốt được kéo căng theo phương ngang ở môi trường không khí tĩnh và ở nhiệt độ 20°C . Xem bảng 1

Bảng 1: Quan hệ giữa đường kính dây đốt $d(\text{mm})$ với dòng làm việc cho phép I và nhiệt độ tính toán $t_{tt}^{\circ}\text{C}$

Dòng điện làm việc của dây đốt Nicrom tương ứng nhiệt độ nung nóng tính toán t_{tt} của dây đốt trong điều kiện dây đốt treo ngang trong không khí tĩnh ở nhiệt độ 20°C								
Đường kính dây đốt mm	Tiết diện mm^2	Dòng điện làm việc cho phép ở nhiệt độ tính toán $t_{tt}^{\circ}\text{C}$						
		200	400	600	700	800	900	1000
5	19,6	52	83	105	124	146	173	206
4	12,6	37	60	80	93	110	129	151
3	7,07	22,3	37,5	54,5	64	77	88	102
2,5	4,91	16,6	27,5	40	46,6	57,5	66,5	73
2	3,14	11,7	19,6	28,7	33,8	39,5	47	51
1,8	2,54	10	16,9	24,9	29	33,1	39	43,2
1,6	2,01	8,6	14,4	21	24,5	28	32,9	36
1,5	1,77	7,9	13,2	19,2	22,4	25,7	30	33
1,4	1,54	7,25	12	17,4	20	23,3	27	30
1,3	1,33	6,6	10,9	15,6	17,8	21	24,4	27
1,2	1,13	6	9,8	14	15,8	18,7	21,6	24,3
1,1	0,95	5,4	8,7	12,4	13,9	16,5	19,1	21,5
1	0,785	4,85	7,7	10,8	12,1	14,3	16,8	19,2
0,9	0,636	4,25	6,7	9,35	10,45	12,3	14,5	16,5

0,8	0,503	3,7	5,7	8,15	9,15	10,8	12,3	14
0,75	0,442	3,4	5,3	7,55	8,4	9,95	11,25	12,85
0,7	0,385	3,1	4,8	6,95	7,8	9,1	10,3	11,8
0,65	0,332	2,82	4,4	6,3	7,15	8,25	9,3	10,75
0,6	0,342	2,52	4	5,7	6,5	7,5	8,5	9,7
0,55	0,238	2,25	3,55	5,1	5,8	6,75	7,6	8,7
0,5	0,195	2	3,15	4,5	5,2	5,9	6,75	7,7
0,45	0,159	1,74	2,75	3,9	4,45	5,2	5,85	6,75
0,40	0,126	1,5	2,34	3,3	3,85	4,4	5	5,7
0,35	0,096	1,27	1,95	2,76	3,3	3,75	4,15	4,75
0,3	0,085	1,05	1,63	2,27	2,7	3,05	3,4	3,85
0,25	0,049	0,84	1,33	1,83	2,15	2,4	2,7	3,1
0,2	0,0314	0,65	1,03	1,4	1,65	1,82	2	2,3
0,15	0,0177	0,46	0,74	0,99	1,15	1,28	1,4	1,62
0,1	0,00785	0,1	0,47	0,63	0,72	0,8	0,9	1,0

Bảng 2. Chỉ ra ảnh hưởng giữa môi trường lên dây đốt qua hệ số F_C

Thứ tự	Loại dây đốt	K_C
1	Dây đốt quán lò xo treo trong không khí tĩnh Dây đốt căng trong không khí tĩnh	1
2	Dây đốt quán lò xo trong không khí động	1,1- 1,5
3	Dây đốt ngâm trong nước	2,5
4	Dây đốt ngâm trong dòng chất lỏng chuyển động	3 – 3,5

Bảng 3. Chỉ ra ảnh hưởng của cách đặt dây đốt qua hệ số K_M

Thứ tự	Loại dây đốt	K_M
1	Dây đốt căng ngang trong không khí tĩnh và động	1
2	Dây đốt quán lò xo trong không khí tĩnh và động	0,8 – 0,9
3	Dây đốt quán lò xo treo trên tựa chịu sát tường trong không khí tĩnh	0,6 – 0,7
4	Dây đốt nằm giữa hai lớp cách điện dẫn nhiệt	0,5

5	Dây đốt nằm giữa hai lớp cách điện dẫn nhiệt lớn	0,3 – 0,4
---	--	-----------

Thứ tự tính toán như sau:

1. Tính dòng điện làm việc của dây đốt: I

$$I = \frac{P_{tbđm}}{nU}$$

Trong đó:

$P_{tbđm}$ – là công suất thiết bị định mức(W), tính theo $P_{tbđm} = 1,2P_{đm}$

$P_{đm}$ – công suất hữu ích trong một pha

n- số nhánh dây đốt trong một pha

U - điện áp pha trên nhánh dây đốt dây đốt.

2. Chọn loại dây đốt trong bảng ‘‘Một số dây đốt hợp kim và phi kim loại’’

3. Chọn nhiệt độ làm việc của dây đốt $t_{lvđđ}$

Chọn theo $t_{lv\ lò} < t_{lv\ đđ} < t_{max}$

Trong đó:

$t_{lv\ lò}$ - nhiệt độ làm việc của lò

$t_{lv\ đđ}$ - nhiệt độ làm việc của dây đốt

t_{max} - nhiệt độ làm việc cực đại của dây đốt

4. Tính nhiệt độ tính toán t_{tt} theo:

$$t_{tt} = K_C \cdot K_M \cdot t_{lvđđ}$$

Trong đó:

K_C - chỉ ảnh hưởng của môi trường đặt dây đốt

K_M - chỉ ảnh hưởng của điều kiện đặt dây đốt

K_C, K_M đã cho trong các bảng 3, bảng 4

5. Dựa vào bảng 2 theo dòng điện làm việc I và t_{tt} chọn đường kính dây đốt d

6. Tính chiều dài dây đốt l

$$l = \frac{U^2 s}{P \cdot \rho_t}$$

Với U (V), P (W), s (m^2), l (m), ρ_t (Ωm)

7. Hiệu chỉnh kích thước dây đốt

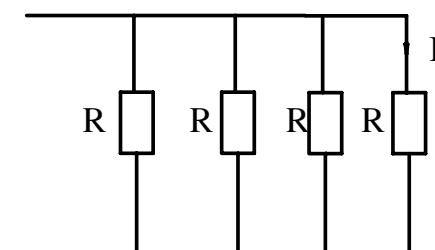
8. Kiểm tra công suất dây đốt

9. Tính kích thước kết cấu.

VD: Lò điện có công suất P_{tbdm} là 2 KW nguồn áp 1 pha 220 V, dây đốt quấn lò xo treo trên tựa chịu nhiệt sát tường trong không khí tĩnh. Bố trí theo 4 nhánh để tiện điều chỉnh mỗi nhánh 25% công suất, nhiệt độ làm việc của lò là 350°C .

Bài làm:

1. Vẽ sơ đồ bố trí dây đốt hình 1



Hình 1

2. Chọn vật liệu dây đốt vì nhiệt độ làm việc của thiết bị không khí tĩnh là 350°C nên chọn loại $\text{Cr}_{15}\text{Ni}_{60} - \text{N}$ rẻ tiền hơn. Có:

$$\rho_{20} = 1,1 \cdot 10^{-6} (\Omega m)$$

$$\alpha = 16,3 \cdot 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

3. Chọn nhiệt độ làm việc của dây đốt $t_{\text{lvdd}} = 600^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} = 1100^{\circ}\text{C}$ và $t_{\text{lvdd}} > t_{\text{lv lò}} = 350^{\circ}\text{C}$.

4. Tính dòng điện làm việc:

$$I = \frac{2 \cdot 10^3}{4 \cdot 220} = 2,27 \text{ A}$$

5. Tính nhiệt độ tính toán t_{tt}

$$t_{\text{tt}} = K_C \cdot K_M \cdot t_{\text{lvdd}}$$

Theo điều kiện đã cho ở đầu bài chọn $K_C = 1$, $K_M = 0,7$ có

$$t_{\text{tt}} = 1,0 \cdot 0,7 \cdot 600 = 420^{\circ}\text{C}$$

6. Chọn đường kính dây đốt d

Dựa vào bảng 2 không có 420°C , có thể chọn 400°C vì $400^{\circ}\text{C} > 350^{\circ}\text{C}$ nhiệt độ làm việc của thiết bị.

Dòng điện làm việc của dây đốt $I_{\text{lvdd}} = 2,27 \text{ A}$ không có ở 400°C , có thể chọn 2,34A tương ứng có $d = 0,4 \text{ mm}$

7. Tính chiều dài dây đốt l :

$$l = \frac{U^2 s}{P \cdot \rho_t} = \frac{220^2 \cdot \pi \cdot 0,4^2 \cdot 10^{-6}}{\frac{2}{4} \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} (1 + 16,3 \cdot 10^{-6} (600 - 20))} 4$$

$$l = 10,96m \approx 11m$$

8. Kiểm tra lại công suất

$$P_{tbdm} = 4 \cdot P_{1nhánh} = 4 \cdot \frac{U^2}{R}$$

Với $R = \rho_t \cdot \frac{l}{s} = 1,108 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{11}{0,125 \cdot 10^{-6}} = 0,75 \Omega$

$$P_{tbdm} = 4 \cdot \frac{220^2}{0,75} = 1985,6W \text{ so với } 2000W \text{ là kết quả chấp nhận}$$

được.

9. Tính kích thước kết cấu

Với loại dây đốt Cr- Ni

$$D = (8 - 10)d, \text{ chọn } D = 10d = 10 \cdot 0,4 = 4mm$$

$$h = (2 - 4)d, \text{ chọn } h = 4 \cdot 0,4 = 1,6mm$$

Số vòng lò xo tính theo:

$$n = \frac{l}{\sqrt{(\pi D)^2 + h^2}} = \frac{11 \cdot 10^3}{\sqrt{(\pi \cdot 4)^2 + 1,6^2}} = 869 \text{ vòng}$$

§ 6. Tính toán dây đốt kín

1. Phân loại một số loại dây đốt kín

Dây đốt kín đã nói về cấu tạo ở phần trên. Đây là loại dây đốt được bọc bởi vỏ kim loại là thép không gỉ, đồng, đồng thau, thép cacbon kim loại CT10 – CT20... phần tử nung nóng là hợp kim Nicrom. Ưu điểm của dây đốt kín là vừa nung nóng trực tiếp, vừa nung nóng gián tiếp và được dùng nhiều trong nung nóng đun nước, dung dịch, dầu mỡ... hoặc làm dây đốt thiết bị sấy, loại dây đốt kín tăng an toàn trong sử dụng, bền chắc, tăng thời gian sử dụng...

Nhiệt độ làm việc có thể đạt 700 °C hoặc cao hơn

Sau đây xem xét một số loại dây đốt kín do Nga sản xuất. Trong công nghiệp phổ biến các loại có một số thông số kỹ thuật sau:

Công suất từ	15 W	đến	15 KW
Chiều dài triển khai từ	250 mm	đến	6300 mm
Đường kính ngoài từ	7 mm	đến	19 mm
Nguồn áp từ	12 mV	đến	380 mV

Tính toán nhiệt loại dây đốt này đã trình bày ở phần trên trong mục đích tính toán nhiệt truyền nhiệt bằng phương pháp dẫn nhiệt. Cụ thể hơn xem trong những tài liệu chuyên ngành. Ở đây sẽ tính lựa chọn dây đốt kín theo yêu cầu nung nóng trong công nghiệp.

2. Tính chọn dây đốt kín

Để tính chọn dây đốt kín sử dụng trong các thiết bị nung nóng người ta thường dùng phương pháp mật độ công suất truyền tải, nội dung như sau:

Mật độ công suất truyền tải của dây đốt kín đó là công suất của tải nhận được từ đơn vị diện tích bề mặt của dây đốt.

Giá trị của mật độ công suất truyền tải phụ thuộc vào điều kiện làm việc của dây đốt, vào vật liệu vỏ bọc dây đốt, vào môi trường nung nóng. Người ta cho mật độ công suất truyền tải của dây đốt kín trong bảng 1, khi tính chọn dây đốt theo điều kiện đã biết chọn được mật độ công suất truyền tải, dựa vào đó để tính chọn dây đốt. Sau đây đưa ra thứ tự tính toán như sau:

1. Tính công suất hữu ích của thiết bị P_h theo các công thức ở chương 2

Tính công suất tính P_{tt} và P_{tb} theo

$$P_{tt} = \frac{P_h}{\eta}$$

$$P_{tb} = (1,05 - 1,10) P_{tt}$$

hoặc $P_{tb} = 1,2 P_h$

η - hiệu suất thiết bị

P_{tb} - công suất thiết bị

Khi cần tăng thời gian sử dụng và đảm bảo an toàn khi dùng liên tục, tải nặng nề cần giảm mật độ công suất tải cho phép W_{cp} cho trong bảng đi 30 % - 40 %.

2. Từ bảng 1 theo điều kiện làm việc chọn được mật độ công suất cho phép W_{cp}

3. Tính diện tích tác dụng bề mặt F_{td}

$$F_{td} = \frac{P_{tb}}{W_{cp}}$$

4. Từ bảng 2 – các thông số kỹ thuật của một số loại dây đốt kín dạng ống, chọn dây đốt theo điều kiện đã cho, căn cứ theo điều kiện làm việc và kích thước của thiết bị mà chọn dây đốt hợp lý.

Từ dây đốt chọn được ta có thông số để tính diện tích bề mặt tác dụng của nó, tính cho một ống theo:

$$F_{1td} = \pi d \cdot l_{td} \cdot 10^{-3} (m^2)$$

Trong đó:

F_{1td} – bề mặt tác dụng của một ống dây đốt, m^2

d- đường kính dây đốt , mm

l_{td} - độ dài tác dụng của một ống dây đốt, m

Sau đó tính số lượng dây đốt cần thiết n theo

$$n = \frac{F_{td}}{F_{1td}}$$

Bảng 1. Mật độ công suất truyền tải của dây đốt kín

Môi trường nung nóng	Đặc điểm và điều kiện nung nóng	Vật liệu bọc ngoài của dây đốt kín	Mật độ công suất tải cho phép W_{cp} (W / cm ²)
Nước	Nung nóng và tạo hơi	Đồng, đồng thau, thép không rỉ	9 - 11
Không khí	Nung nóng trong môi trường tĩnh	Thép CT 10- CT 20, đồng thau, thép không rỉ..	1,2 – 1,8 2,3 – 5,0
Không khí	Nung nóng trong môi trường không khí động	Thép Ct 10- CT 20 , thép không rỉ	4,5 – 5,0 5 – 5,5
Dung dịch (sữa..)	Nung nóng trong thùng	Thép không rỉ	1,5 – 2,0
Các loại bếp điện, lò điện ...	Dây đốt bọc trong vỏ kim loại	Thép CT 10- CT 20	5,0 – 7,0

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của một số loại dây đốt kín dạng ống

Loại dây đốt kín	Công suất định mức, KW	Điện áp định mức, V	Chiều dài triển khai, m	Đường kính ngoài, mm
Nung nóng không khí tĩnh và động tới nhiệt 250 ÷ 350 °C				
TəH – 01	0,57	220	1,71	13,5
TəH – 02	0,40		0,90	
TəH – 05	0,40		1,32	
TəH – 07	0,45		1,82	
TəH – 13	0,60		2,476	
TəH – 15	0,56	220	1,584	220
TəH – 17	0,35		1,10	
TəH – 21	0,80		1,742	
TəH – 23	0,50		1,32	

T _đ H – 30	0,50		1,113	
T _đ H – 31	0,50		1,113	
Nung nóng nước và dung dịch tới nhiệt độ sôi				
T _đ H – 03A	3,5		0,99	
T _đ H – 06A	0,8		0,43	
T _đ H – 08A	2,33		0,685	
T _đ H – 09A	1,8		0,685	
T _đ H – 10A	2,0	220	0,995	
T _đ H – 11	0,3		0,910	
T _đ H – 12	5,0		1,487	
T _đ H – 14	2,67		0,79	
T _đ H – 16	1,33		0,57	
T _đ H – 18	1,2		1,665	13,5
T _đ H – 19A	2,33		0,64	
T _đ H – 20	1,5	220	1,93	
T _đ H – 20A	1,0		0,805	
T _đ H – 22	1,2		1,063	
T _đ H – 24	1,93		1,74	
T _đ H – 25	1,93		1,63	
T _đ H – 29	2,0		0,995	
T _đ H – 32	3,6		1,10	
T _đ H – 33	1,2		1,27	
T _đ H – 39	1,5		1,125	
T _đ H – 43	1,2		1,575	
Nung nóng nước và dung dịch tới 100 °C				
HB – 3,9/6,0	2,0	220 (380)	Trong 3 pha	
HB – 4,8/7,5	2,5	220,(380)	2,0	
HB – 5,4/9,0	3,0	220 (380)	2,0	16
HB – 6,3/10,5	3,5	220 (380)	2,0	
HB – 6,9/12,0	4,0	220,(380)	2,0	
HB – 7,8/15,0	5,0	220 (380)	2,0	
HB - 0,75/0,5	0,25		0,375	
HB – 1,0/1,0	0,5		0,50	
HB – 1,5/2,0	1,0		0,75	13
HB – 2,0/3,0	1,2		1,0	13

HB – 2,5/4,0	2,0		1,25	13
HB – 3,0/5,0	2,5		1,5	13
HB – 3,5/6,0	3,0	220	1,75	16
HB – 4,0/7,0	3,5		2,0	16
HB – 4,5/ 8,0	4,0		2,25	16
HB – 5,0/10,0	5,0		2,5	16
HB – 0,65/1,2	1,2		0,65	16
HB – 1,0/3,5	3,5		1,9	16
HB – 1,25/1,2	1,2		1,25	13
				16
				16
Nung nóng dầu mỡ tới 200 °C				
TəH – 26	2,8	220	1,903	13,5
TəH – 27	2,8		1,804	
TəH – 28	2,8		1,70	
Sấy và nung nóng				
TəH – 37	0,50	220	1,10*	13,5
	0,45		1,71*	
	1,25		1,30*	

+) Ví dụ tính toán dây đốt kín

Cần tính chọn dây đốt kín để nung nóng trực tiếp sữa trong thùng có chiều cao 0,7 m, khối lượng cần nung nóng là 50 kg từ nhiệt độ 10 °C đến 30 °C, tỷ nhiệt của sữa là 3,92 KJ / kg °C, thời gian nung nóng là 30 phút.

Hãy chọn dây đốt dạng ống, nguồn áp ba pha 380 /220V, chọn hiệu suất thiết bị $\eta = 0,90$

+ Thứ tự tính toán:

1. Tính công suất:

Tính công suất hữu ích:

$$P_h = \frac{mc(t - t_0)}{\tau} = \frac{50.3,92.10^3(30 - 10)}{30.60} = 2,18KW$$

Tính công suất tính toán:

$$P_{tt} = \frac{2,18}{0,90} = 2,422KW$$

Chọn $P_{tb} = 1,05 KW = 1,05. 2,422 = 2,56 KW$

2. Chọn dây đốt kín có vỏ ngoài là thép không rỉ để đun nóng trực tiếp vào sữa

Theo bảng 1: mật độ công suất tải chọn là $W_{cp} = 2 \text{ W/cm}^2$

3. Bề mặt truyền nhiệt tối thiểu của dây đốt là F_{td}

$$F_{td} = \frac{P_{tb}}{W_{cp}} = \frac{2,56 \cdot 10^3}{2} = 1280 \text{ cm}^2 = 0,128 \text{ m}^2$$

4. Từ bảng 2 chọn dây đốt kín do Nga sản xuất loại TəH 33 có độ dài triển khai là 1,27 m, đường kính $d = 13,5 \text{ mm}$. Khi chọn chú ý tới kích thước của thùng là 0,7 m

TəH- 33 là dây đốt hình chữ U, có chiều dài triển khai là 1,27m độ cao đặt vào thùng khoảng 0,63m nhỏ hơn chiều cao thùng 0,7 m là hợp lý.

5. Tính diện tích tác dụng của một dây đốt F_{1td}

Độ dài tác dụng của dây đốt nhỏ hơn độ dài triển khai là 5% chiều dài triển khai do đó tính được độ dài tác dụng là:

$$l_{td} = 1,27 \cdot 0,05 \cdot 1,27 = 1,2 \text{ m}$$

Bề mặt tác dụng có diện tích là: F_{1td}

$$F_{1td} = \pi d \cdot l_{td} = \pi \cdot 13,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 = 0,051 \text{ m}^2$$

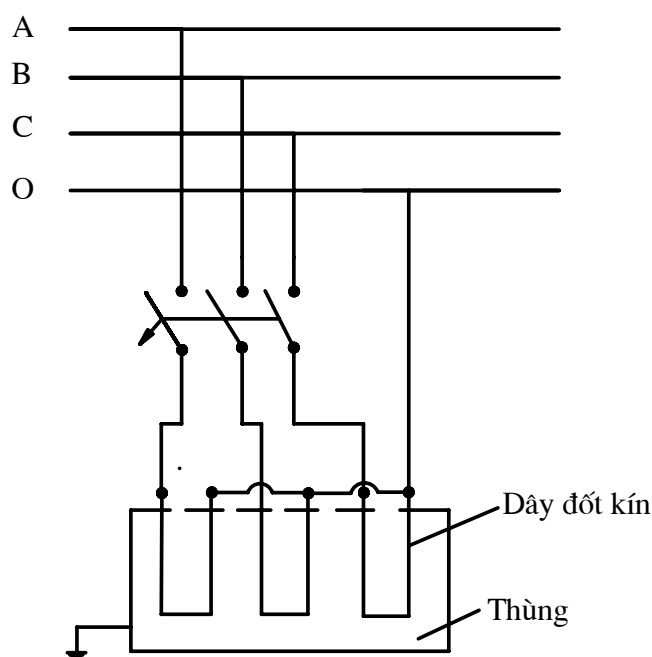
6. Số lượng dây đốt TəH- 33 là n

$$n = \frac{F_{td}}{F_{1td}} = \frac{0,128}{0,051} = 2,51 \text{ ống}$$

Chọn 3 ống TəH – 33

Bố trí dây đốt như hình 1

Ba dây đốt TəH – 33 có vỏ thép không rỉ có dạng chữ U, công suất mỗi dây đốt là 1,2 KW, áp 220 V. Ba dây đốt được nối sao vào nguồn ba pha có áp 380/220 V như hình 1



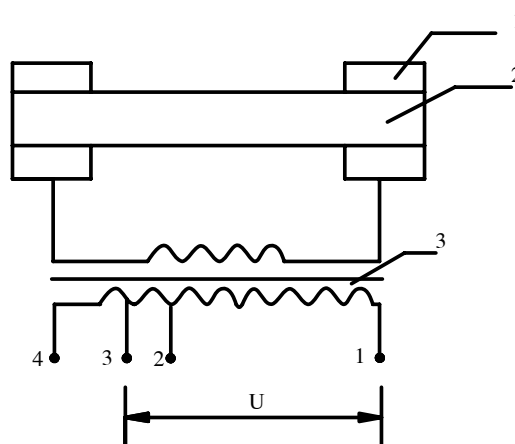
Hình 1

CHƯƠNG 6. NUNG NÓNG TRỰC TIẾP

§1. Nung nóng trực tiếp và ứng dụng

1. Nung nóng trực tiếp: được thực hiện khi cho dòng điện trực tiếp đi qua vật được nung nóng.

Xét nguyên lý làm việc của phương pháp nung nóng trực tiếp:
Ở hình 1 thực hiện nung nóng trực tiếp chi tiết máy có dạng trụ



Hình 1.

1. Đầu kẹp
2. Chi tiết máy có dạng trụ
3. Máy biến áp có cấp điều chỉnh điện áp

Từ máy biến áp với áp vào là U , hạ điện áp xuống cấp trực tiếp vào chi tiết máy thông qua đầu kẹp 1, chi tiết được nung nóng bằng dòng điện qua nó theo $Q = I^2 R \tau$, do điện trở của chi tiết nhỏ nên dòng qua chi tiết cần rất lớn để đủ năng lượng nung nóng chi tiết, đầu tiếp xúc thường bằng đồng nguyên chất để giảm điện trở tiếp xúc. Có thể dùng dòng xoay chiều và một chiều. Thực tế chỉ dùng dòng xoay chiều bởi dòng điện cần để nung nóng có thể đạt hàng trăm hàng nghìn ampe. Nguồn áp đưa vào chi tiết nhỏ từ vài vôn tới 12 – 24 V. Một trong những khó khăn của phương pháp này là việc đưa dòng điện vào chi tiết phải qua đầu kẹp 1 ở hình 1. Điện trở tiếp xúc thường lớn và có khi bằng hoặc lớn hơn điện trở chi tiết. Đó là nhược điểm lớn của phương pháp này. Do điện trở tiếp xúc lớn so với điện trở chi tiết do đó sự phân bố nhiệt theo chiều dài không đều trên chi tiết. Để giảm điện trở tiếp xúc thường dùng thiết bị kẹp thủy

lực hoặc khí nén, ngoài ra để giảm nhiệt độ ở vùng tiếp xúc người ta dùng nước để làm mát đầu kẹp.

2. Lĩnh vực ứng dụng

Những ứng dụng chính của phương pháp này là:

- Nung trực tiếp các chi tiết kim loại có hình dạng không phức tạp ví dụ ống, trục, lò xo....
- Hàn các chi tiết bằng phương pháp nung nóng trực tiếp còn gọi là phương pháp tiếp xúc.
- Nung nóng chảy khi cần khôi phục các chi tiết kim loại bị ăn mòn
- Nung nóng các ống kim loại để nung nóng chất lỏng, hoặc để làm tan băng.

3. Ưu nhược của phương pháp nung tôi trực tiếp:

+)Ưu điểm:

- Phương pháp này có tốc độ nung nóng cao (từ $10 - 40^{\circ}\text{C/s}$). Do đó trong nung tôi chi tiết kim loại khi yêu cầu tốc độ nung nóng cao thì phương pháp này cho phép nung tôi được chi tiết có chất lượng cao hơn trong lò điện trở.
- Phương pháp này đa năng hơn so với phương pháp cảm ứng vì ở phương pháp cảm ứng mỗi lần vật nung có hình dạng khác là phải thay đổi cuộn cảm ứng cho hợp với vật nung.
- So với nung trong lò điện trở, thì độ cháy sém, độ bị oxy hoá giảm 9 -10 lần.
- Cho phép cải thiện điều kiện làm việc.

+) Nhược điểm:

- Chỉ nung nóng được chi tiết có hình dạng đơn giản
- Dòng điện nung nóng lớn gây khó khăn cho bộ nguồn
- Điện trở tiếp xúc giữa các chi tiết và đầu kẹp lớn
- Mỗi lần nung là phải cặp gá chi tiết.

§ 2. Tính toán theo phương pháp nung nóng trực tiếp

Ở đây đưa ra trường hợp tính toán nung nóng chi tiết máy bằng phương pháp trực tiếp để trình bày ứng dụng của phương pháp này:

Ví dụ : Hãy nung nóng chi tiết máy là trục máy có khối lượng m , tỷ nhiệt c từ nhiệt độ t_0 lên nhiệt độ t trong thời gian τ . Tính chọn máy biến áp, điện áp đặt lên chi tiết.

Thứ tự tính toán như sau:

1. Tính công suất hữu ích P_h

$$P_h = \frac{m.C.(t-t_0)}{\tau} \quad (1)$$

2. Tính thời gian nung nóng τ

$$\text{Dùng công thức : } \tau = \frac{\Delta m.C.(t-t_0)}{\Delta P} \quad (2)$$

Trong đó:

Δm - khối lượng riêng của vật nung tính cho một đơn vị dài kg/m

ΔP - công suất riêng tính cho đơn vị dài vật nung, giá trị này được cho theo kinh nghiệm và có giá trị trong khoảng chọn, đối với thép

hợp kim là $\Delta P = (160 - 250) \frac{KW}{m}$

C- tỷ nhiệt của vật nung KJ/kg $^{\circ}C$

t- nhiệt độ nung nóng của vật, $^{\circ}C$

t_0 - nhiệt độ đầu của vật nung, $^{\circ}C$

τ - thời gian nung nóng, s

3. Chọn máy biến áp nung nóng

Máy biến áp nung nóng cấp điện áp cho vật nung làm việc theo chế độ ngắn hạn lặp lại, đặc trưng bằng hệ số tiếp điện: TĐ %

(hoặc kí hiệu TĐ):

$$TĐ\% = \frac{\tau_{lv}}{\tau_{lv} + \tau_n} . 100 \quad (3)$$

τ_{lv} - thời gian làm việc

τ_n - thời gian nghỉ ứng thời gian thay vật nung nóng mới

$$\text{Hoặc có thể tính } TĐ = \frac{\tau_{lv}}{\tau_{lv} + \tau_n}$$

Máy biến áp có công suất tính theo biểu thức:

$$S_{tt} = S \sqrt{TĐ} \quad (4)$$

Trong đó:

S_{tt} – công suất tính toán của máy biến áp

S – công suất biểu kiến của máy biến áp

$$S \text{ được tính theo: } S = \frac{K_z P_h}{\eta . \cos \varphi} \quad (5)$$

P_h – công suất hữu ích tính theo (1)

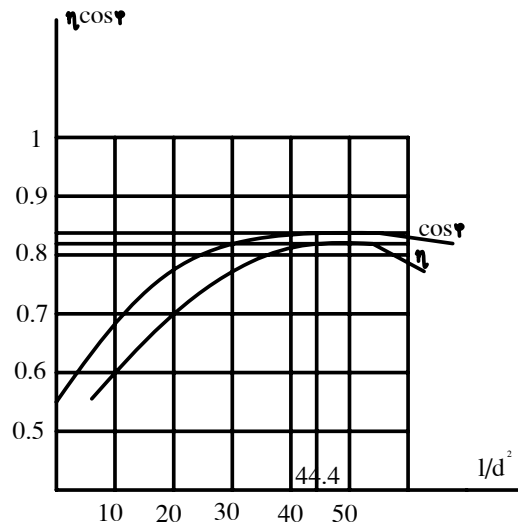
K_z - hệ số dự phòng, thường chọn trong khoảng $K_z = 1,10 - 1,15$

$\eta, \cos \varphi$ - hiệu suất và hệ số công suất của phương pháp nung

nóng trực tiếp.

Giá trị $\eta, \cos \varphi$ được tính theo quan hệ với tỷ số $\frac{l}{d^2}$ đã được lập sẵn theo

kinh nghiệm bằng đồ thị hình 1



Hình 1

Tỷ số $\frac{l}{d^2}$ trong đó l chiều dài của vật nung nóng có đơn vị tính là cm,

d - đường kính của vật nung nóng, cm

4. Tính điện áp U cấp vật nung nóng

Áp U tính theo biểu thức:

$$P_u = \frac{P_h}{\eta} = \frac{U^2}{R_t} \quad (6)$$

Với : $R_t = \rho_t \cdot \frac{l}{S}$

P_h – công suất hữu ích tính theo (1)

η - hiệu suất tính trên hình 1.

Điện trở suất của thép hợp kim vật nung nóng tính theo:

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + \alpha \cdot \theta + \beta \cdot \theta^2) \quad (7)$$

Với $\theta = t_{tb} - 20^0$

t_{tb} - nhiệt độ trung bình; $t_{tb} = \frac{t + t_0}{2}$

t - nhiệt độ nung nóng chi tiết, 0C

t_0 - nhiệt độ đầu của vật, 0C

Với vật nung là thép hợp kim, hệ số α , β có giá trị:

$$\alpha = 0,0055 \text{ } ^0C^{-1}, \quad \beta = 9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^0C^{-2}$$

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + 0,0055\theta + 9 \cdot 10^{-6} \theta^2)$$

từ (6) có $U = \sqrt{\frac{P_h \cdot R_t}{\eta}} \quad (8)$

Điện áp U thường có giá trị $U = (1 - 12) V$, dòng điện có thể đạt tới hàng vạn ampe.

Với dòng điện nung nóng lớn như vậy gây khó khăn trong lắp đặt cuộn thứ cấp máy biến áp và chọn lựa các thiết bị đóng cắt và bảo vệ.

§ 3. Ví dụ tính toán

Tính chọn máy biến áp cấp cho thiết bị nung nóng trực tiếp vật nung là chi tiết máy thép hợp kim có $\rho_{20} = 0,135.10^{-4} \Omega m$. Nhiệt độ đầu là $20^{\circ}C$ nung nóng đến $700^{\circ}C$, chiều dài vật nung $0,4 m$, đường kính $d = 30 mm$. Hệ số tiếp điện của máy biến áp chọn $TĐ = 0,25$.

Tính toán: theo thứ tự đã trình bày ở trên tính như sau:

1. Tính thời gian nung nóng τ

$$\tau = \frac{\Delta m \cdot C \cdot (t_2 - t_1)}{\Delta P}$$

$$\Delta m = \frac{m}{l}, \quad m = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l \cdot D$$

D – trọng lượng riêng của vật nung; $D = 7,8 \text{ kg/dm}^3$

$$l = 0,4 m = 4 dm, \quad d = 30 mm = 0,3 dm, \quad m = \frac{\pi \cdot 0,3^2}{4} \cdot 4 \cdot 7,8 = 2,2 kg$$

$$\Delta m = \frac{2,2}{4} = 0,55 kg/dm = 5,5 kg/m$$

$$\Delta P = 200 KW/m$$

Chọn

$$C = 0,48 \text{ KJ/kg}^{\circ}C$$

$$\tau = \frac{5,5}{200} \cdot 0,48 \cdot (700 - 20) = 8,97 s \approx 9 s$$

2. Tính công suất hữu ích P_h

$$P_h = \frac{mC(t_2 - t_1)}{\tau} = \frac{2,2 \cdot 0,48 \cdot (700 - 20)}{9} = 79,78 KW$$

3. Công suất tính toán của máy biến áp S_{tt}

$$S_{tt} = \frac{K_z P_h}{\eta \cdot \cos \varphi} \quad \text{trong đó} \quad P_{tt} = K_z \cdot \frac{P_h}{\eta}$$

K_z - hệ số dự phòng, $K_z = 1,1 - 1,15$

η - hiệu suất

P_{tt} - công suất tác dụng tính toán

$\cos \varphi$ - hệ số công suất

$\eta, \cos \varphi$ xác định trên đồ thị hình 1

$$\eta = f\left(\frac{l}{d^2}\right), \quad \cos \varphi = f\left(\frac{l}{d^2}\right)$$

Với $\frac{l}{d^2} = \frac{4}{0,3^2} = 44,4$ Từ đồ thị hình 1 tìm được $\eta = 0,82, \cos \varphi = 0,84$

Có
$$S_u = \frac{1,15.79,78}{0,82.0,84} = 139KW$$

Với hệ số tiếp điện $TĐ = 0,25$

$$S_{u(TĐ=0,25)} = 139 \cdot \sqrt{0,25} = 69,5KVA$$

4. Tính điện trở vật nung R_t

$$R_t = \rho_t \frac{l}{S}$$

Với thép hợp kim có tính tới hiệu ứng bề mặt, với hệ số hiệu ứng bề mặt k_m

$$R_t = k_m \rho_t \frac{l}{S}$$

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + 0,0055\theta + 9.10^{-6} \cdot \theta^2)$$

$$\theta = \frac{20 + 700}{2} - 20 = 340^\circ C$$

$$\rho_t = 0,135.10^{-4} (1 + 0,0055.340 + 9.10^{-6} \cdot 340^2)$$

$$\rho_t = 0,528.10^{-4} \Omega cm$$

Tính hệ số k_m : với thép hợp kim trong ví dụ trên chọn $\mu = 100$. Tính được độ thâm sâu của dòng điện vào bề mặt nung tôi là:

$$Z_a = 5030 \cdot \sqrt{\frac{\rho_t}{\mu \cdot f}} = 5030 \cdot \sqrt{\frac{0,528.10^{-4}}{100 \cdot 50}} = 0,52cm$$

$$a = \frac{d}{4Z_a} = \frac{30.10^{-3}}{4 \cdot 0,52.10^{-2}} = 1,44 > 1$$

từ đây có biểu thức tính k_m :

$$k_m = \frac{1}{4} + a + \frac{3}{64a} = 1,72$$

Điện trở vật nung là:

$$R_t = 1,72 \cdot 0,528.10^{-4} \cdot \frac{40}{\frac{\pi \cdot 3^2}{4}} = 0,514.10^{-3} \Omega$$

5. Tính điện áp U đặt lên vật nung

$$U = \sqrt{\frac{P_h \cdot R_t}{\eta}} = \sqrt{\frac{79,78 \cdot 0,514.10^{-3}}{0,82}} = 7V$$

6. Dòng điện làm việc đi qua máy biến áp và vật nung

$$I = \frac{U}{R_t} = \frac{7}{0,514.10^{-3}} = 13618A$$

Vậy công suất của máy biến cần thiết kể là 69,5KVA, với dòng điện thứ cấp rất lớn 13618 A.

7. Tính điện áp không tải U_0

$$U_0 = U + \Delta U$$

Áp tổn thất ΔU tính được theo : $\Delta U = I.(R_{tx} + R_t)$

R_{tx} – là điện trở tiếp xúc giữa vật nung nóng và đầu kẹp

R_t – là điện trở của vật nung

Theo kinh nghiệm với dòng điện 13618 A áp ΔU tính:

$$\Delta U = 0,1U = 0,1.7 = 0,7V$$

Vậy $U_0 = 7 + 0,7 = 7,7 V$

§ 4: Phương pháp hàn tiếp xúc

1. Nguyên lý

Hàn tiếp xúc là ứng dụng của nung nóng trực tiếp. Khi cho dòng điện qua bề mặt tiếp xúc giữa hai vật cần hàn với điện trở tiếp xúc R_{tx} , thì năng lượng toả ra theo : $Q = I^2 R_{tx} \tau$

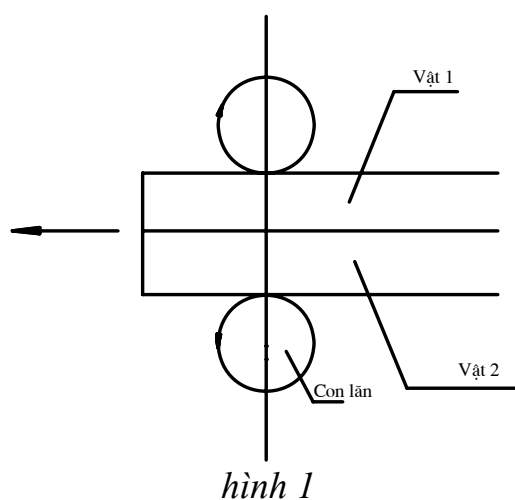
I – dòng điện bề mặt tiếp xúc

τ - thời gian

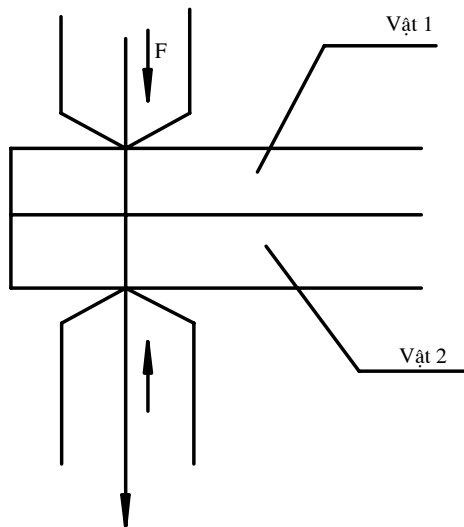
Năng lượng Q nung nóng bề mặt hai vật tiếp theo dùng lực ép hai vật lại

2. Các phương pháp hàn tiếp xúc

a. Hàn lăn: hình 1

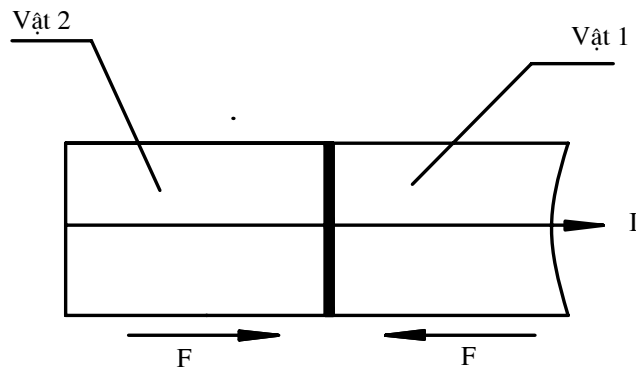


b. Hàn điểm: hình 2



hình 2

c. Hàn nối tiếp: hình 3



hình 3

3. Điện trở tiếp xúc R_{tx}

Từ $Q = I^2 R_{tx} \tau$ tính R_{tx} theo công thức mang tính kinh nghiệm như sau:

$$R_{tx} = \frac{r_{tx}}{(9,8p)^n}$$

Trong đó:

r_{tx} - điện trở tiếp xúc đơn vị , Ω tính theo áp suất bề mặt p trên bề mặt của hai vật

p- áp suất bề mặt giữa hai vật, N

n- hệ số tính tới độ phẳng độ bóng hai mặt tiếp xúc

Ví dụ: điện trở tiếp xúc đơn vị r_{tx} của:

- Bề mặt nhôm – nhôm là khoảng $(1,5 - 2,5) \cdot 10^{-4} \Omega$

- Bề mặt sắt - sắt là khoảng $3,5 \cdot 10^{-4} \Omega$

- Bề mặt bạc - bạc là khoảng $6 \cdot 10^{-5} \Omega$

Số mũ n khi bề mặt gia công là phẳng không có độ bóng lấy khoảng :
 $n = 0,5 - 0,7$

CHƯƠNG 7. PHƯƠNG PHÁP CẢM ỨNG

§1. Khái niệm chung và ứng dụng

1. Phương pháp cảm ứng:

Dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Khi có vật dẫn điện được đặt trong từ trường biến thiên thì trong vật sẽ sinh ra dòng điện cảm ứng, dòng điện cảm ứng này sẽ nung nóng vật dẫn đó.

2. Ứng dụng:

Phương pháp cảm ứng có nhiều ứng dụng trong kỹ thuật điện nhiệt như nung cảm ứng để nấu chảy kim loại trong các lò luyện thép; nung cảm ứng để tôi luyện các chi tiết máy; hàn chi tiết máy bằng phương pháp cảm ứng; sấy vật liệu bằng phương pháp cảm ứng...

Ở đây sẽ xem xét hai ứng dụng chính là: nung tôi chi tiết máy, luyện thép bằng phương pháp cảm ứng

3. Phân loại

Phương pháp cảm ứng: được phân thành

- a. Phương pháp cảm ứng trực tiếp
- b. Phương pháp cảm ứng gián tiếp

Phương pháp trực tiếp: là dòng điện cảm ứng trực tiếp nung nóng vật nung, phương pháp này là phổ biến được dùng trong nung tôi chi tiết máy, luyện kim sản xuất thép trong các lò cảm ứng..

Phương pháp gián tiếp: dòng năng lượng nhiệt do dòng điện cảm ứng trong vật dẫn trung gian sinh ra để nung nóng vật khác. Phương pháp này ít được sử dụng.

4. Đặc điểm:

Đặc điểm của phương pháp cảm ứng là cường độ nung nóng phụ thuộc vào hai đại lượng quan trọng đó là:

- Tần số của dòng điện trong cuộn cảm ứng
- Cường độ từ trường H của dòng điện trong cuộn cảm ứng

Nhất là tần số f có ảnh hưởng rất lớn tới cường độ và đặc tính nung nóng.

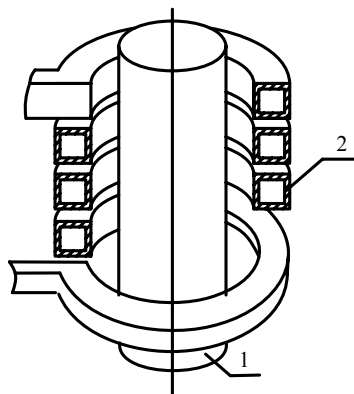
Ví dụ:

Ở tần số 50 Hz và cường độ từ trường $H = 3000 - 5000 \text{ A/m}$, mật độ công suất nung tính cho đơn vị diện tích không vượt quá 10 W/cm^2 . Khi tăng tần số lên cao khoảng lớn hơn 10 KHz, mật độ công suất đạt tới hàng trăm, hàng nghìn W/cm^2 . Lúc đó nhiệt độ tăng cao làm nóng chảy cả những kim loại, hợp kim trong các lò luyện kim.

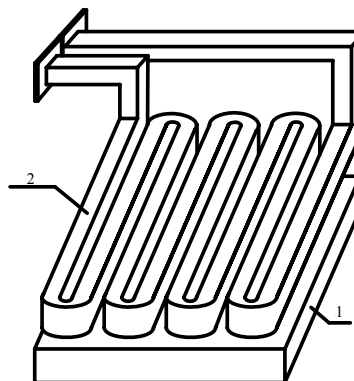
Mặt khác cần chú ý rằng khi tần số tăng cao độ thâm sâu của dòng điện vào kim loại càng giảm xuống, điều đó làm cho độ dày bề mặt được nung nóng càng có độ dày giảm và ngược lại. Như vậy khi tăng tần số cao là có phương pháp nung tôi bề mặt, khi hạ thấp tần số là có phương

pháp nung tôi sâu hoặc nung tôi xuyên, đó là cách thức thực hiện nung tôi chi tiết máy bằng phương pháp cảm ứng.

§2. Cuộn cảm ứng



Hình 1a



Hình 1b

Hình 1a- cuộn cảm ứng dạng hình trụ

Hình 1b- cuộn cảm ứng dạng hình phẳng

1- vật nung

2- cuộn cảm ứng

Trong các thiết bị làm việc theo phương pháp cảm ứng cuộn cảm ứng là một bộ phận của thiết bị. Đó là nơi tạo ra từ trường biến thiên cung cấp năng lượng cho vật nung tôi và cũng là nơi đặt vật nung.

Hình 1a và hình 1b là cuộn cảm ứng dùng trong nung tôi chi tiết máy với vật nung có hai dạng: dạng trụ và dạng phẳng. Người ta nhận thấy rằng hiệu quả nung tôi cảm ứng càng cao khi cuộn cảm ứng có hình dạng giống hình dạng vật nung, điều này có thể giải thích rằng dạng từ trường do từng dạng cuộn dây cảm ứng sinh ra càng gần giống dạng vật nung thì càng cho hiệu quả cao. Như vậy cấu trúc của cuộn cảm ứng phụ thuộc vào hình dáng của vật tôi. Và đây cũng là nhược điểm của phương pháp nung tôi cảm ứng, tức là để có hiệu quả nung tôi cao phải có cuộn cảm ứng riêng cho từng loại hình dạng vật nung, còn với lò nung tôi bằng phương pháp điện trở thì không yêu cầu phải như vậy.

Cuộn cảm ứng được chế tạo bằng đồng nguyên chất để giảm điện trở. Mặt khác vì có hiện tượng hiệu ứng bề mặt, do dòng điện trong cuộn cảm ứng với tần số biến thiên tới hàng trăm KHz nên cuộn cảm ứng có cấu trúc ruột rỗng H.1a và H.1b, người ta thường bơm nước, không khí qua ruột cuộn dây để làm mát với tốc độ 10 – 15 m/s.

§ 3: Tương quan năng lượng giữa cuộn cảm ứng và vật nung tôi

Cuộn cảm ứng tạo ra năng lượng thông qua từ trường biến thiên với tần số f , vật nung hấp thụ năng lượng đó. Lập được quan hệ trao đổi năng lượng giữa cuộn cảm ứng và vật nung như sau:

$$\Delta P = 10^{-4} \cdot H_m^2 \cdot \sqrt{\mu \cdot \rho_t \cdot f} \quad (1)$$

Với:

H_m – biên độ cường độ từ trường do cuộn cảm ứng tạo ra, A/cm

μ – hệ số từ thẩm của vật nung

ρ_t – điện trở suất của vật nung, Ωcm

f – tần số dòng trong cuộn cảm ứng, Hz

ΔP – mật độ công suất đó là công suất tính trên đơn vị diện tích bề mặt phía trong cuộn cảm ứng, W/cm^2

$\sqrt{\mu \cdot \rho_t \cdot f}$ – hệ số hấp thụ

Để thuận tiện khi tính ΔP ta thay:

- $H_m = I_m \cdot W_0$

- $I_m = \sqrt{2} \cdot I$

- I_m – biên độ dòng điện cuộn cảm ứng

W_0 – số vòng cuộn cảm ứng trên chiều cao của cuộn cảm ứng

Thay vào (1) có:

$$\Delta P = 10^{-4} \cdot 2 \cdot (IW_0)^2 \cdot \sqrt{\mu \cdot \rho_t \cdot f} \quad (2)$$

Từ (2) thấy rằng công suất vật nung hấp thụ được từ cuộn cảm ứng tỷ lệ với bình phương giá trị ampe - vòng IW_0 , cuộn cảm ứng và hệ số hấp thụ công suất $\sqrt{\mu \cdot \rho_t \cdot f}$.

Công suất của cuộn cảm ứng P được tính theo:

$$P = \Delta P \cdot S$$

S – diện tích bề mặt phía trong cuộn cảm ứng

Sẽ xét hai ứng dụng của phương pháp cảm ứng: nung tôi chi tiết kim loại và phương pháp cảm ứng trong luyện kim.

§ 4. Một số phương pháp nung tôi các chi tiết kim loại trong chế tạo máy

Trong chế tạo máy nung tôi chi tiết máy bằng kim loại được thực hiện với mục đích nâng cao chất lượng. Có thể thực hiện nung tôi trong lò điện trở. Thực tế nhận thấy rằng nung tôi theo phương pháp cảm ứng cho phép tạo lớp nung tôi trên bề mặt chi tiết theo yêu cầu, bề mặt được nung tôi chịu được sự mài mòn cao hơn nhiều (từ 3- 5 lần) so với ở lò điện trở, tạo được những chi tiết vừa chịu mài mòn tốt lại chịu được lực tốt, cùng với nhiều ưu điểm khác.

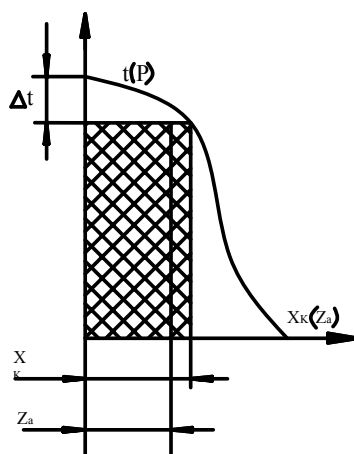
Tuỳ thuộc vào tần số dòng điện trong cuộn cảm ứng mà phân thành hai chế độ nung tôi sau đây:

1. Chế độ nung tôi sâu

Chế độ này được thực hiện với tần số dòng cảm ứng được chọn sao cho độ thấm sâu của dòng điện vào bề mặt chỉ tiết bằng độ dày yêu cầu của lớp nung tôi X_K

$$Z_a = X_K$$

Có thể biểu diễn điều này trên đồ thị hình 1, được lập theo quan hệ giữa nhiệt độ phụ thuộc vào công suất $t(P)$ và độ dày yêu cầu nung tôi X_K phụ thuộc vào độ thấm sâu dòng $X_K (Z_a)$



Hình 1

Quá trình nung tôi xảy ra tức khắc toàn bộ suốt cả độ dày lớp nung X_K . Khi giá trị $Z_a \approx X_K$ với $Z_a = 503 \sqrt{\frac{\rho_t}{\mu f}}$ thấy rằng ở chế độ nung tôi sâu tần số f phải chọn tương đối thấp, nung nóng được thực hiện toàn bộ độ dày X_K cùng lúc, do đó công suất máy phát phải lớn.

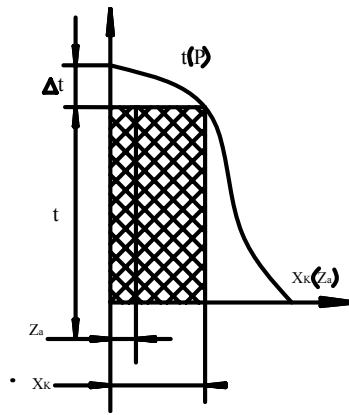
Ở hình 1 biểu diễn sự phân bố nhiệt độ từ bề mặt vào sâu trong vật nung tôi.

Δt - là độ chênh nhiệt giữa bề mặt và độ sâu nung tôi X_K . Nung tôi sâu có chất lượng cao so với nung tôi các chế độ nung tôi bề mặt, và ở lò điện trở.

Nhưng nung tôi sâu đòi hỏi máy phát phải có công suất lớn hơn gây khó khăn trong chế tạo, tăng giá thành thiết bị.

2. Nung tôi bề mặt

Được thực hiện ở tần số tương đối cao so với nung tôi sâu. Lúc này độ thấm sâu Z_a nhỏ hơn nhiều so với độ thấm sâu cần được nung tôi X_K , biểu diễn trên hình 2.



hình 2

Hình 2. biểu diễn sự phân bố nhiệt độ từ bề mặt vào sâu trong vật nung ở chế độ nung sôi bề mặt.

Ở chế độ nung bề mặt $Z_a < X_K$, việc nung nóng toàn bộ độ dày X_K là do sự dẫn nhiệt của vật nung sôi.

Ưu điểm của nung sôi bề mặt là công suất dùng cho độ sâu Z_a nhỏ, nhờ đó giảm được công suất máy phát, thuận tiện cho chế tạo. Hình 2 công suất hữu ích tỷ lệ với phần gạch chéo.

Ở tần số thấp hơn qui định việc thực hiện nung sôi không thực hiện được vì độ thâm sâu của dòng sẽ rất lớn, năng lượng nhiệt không đủ để đảm bảo nhiệt độ nung sôi.

Ở phương pháp cảm ứng thực hiện được cả nung sôi bề mặt cả nung sôi sâu- đây là ưu điểm của phương pháp này, ở lò điện trở không thực hiện được nung sôi sâu.

3. Chọn tần số trong nung sôi

Tần số nung sôi được chọn theo sự kết hợp với kinh nghiệm trong vận hành. Tùy theo phương thức nung sôi là bề mặt hay nung sôi sâu mà đưa ra các giá trị cụ thể.

Trong các thiết bị nung sôi đều có bảng giá trị cho từng phương thức. Ở đây đưa ra những giá trị mang tính ví dụ;

Tần số chọn phải phù hợp với độ dày nung sôi Z_a theo:

$$Z_a = 5030 \sqrt{\frac{\rho_t}{\mu f}}$$

Vậy nên khi tăng tần số độ dày nung sôi Z_a giảm và ngược lại

Với nung sôi sâu có thể chọn theo:

$$\frac{10^4}{X_K^2} < f < \frac{4 \cdot 10^5}{X_K^2} (Hz)$$

Với những vật đơn giản dạng trụ, đường kính d (mm) cần nung sôi xuyên suốt cả trụ thì chọn:

$$f = \frac{3 \cdot 10^6}{d^2} (Hz)$$

với X_K (mm)

d (mm)

Với nung tôi bề mặt tần số xác định theo khoảng:

$$f > \frac{4.10^6}{X_K^2} (Hz)$$

Với những vật đơn giản (mặt phẳng, dạng trụ...) xác định theo

$$f = \frac{5.10^4}{X_K^2} (Hz)$$

Với những chi tiết phức tạp chọn tần số theo

$$f = \frac{5.10^6}{X_K^2} (Hz)$$

Ngoài ra khi sử dụng các thiết bị nung tôi tìm được trong sổ tay tài liệu hướng dẫn.

§ 5. Tính công suất máy phát cấp nguồn cho cuộn cảm ứng Điện áp cấp cho cuộn cảm ứng

1. Công suất máy phát P_n tính theo

$$P_n = \frac{\Delta P \cdot S}{\eta \cdot \cos \varphi}$$

Với : ΔP - mật độ công suất bề mặt phía trong cuộn cảm ứng

S- diện tích bề mặt trong cuộn cảm ứng

η - hiệu suất thường từ 0,50 – 0,87.

$\cos \varphi$ - hệ số công suất, hệ số $\cos \varphi$ ở phương pháp điện cảm rất thấp từ khoảng 0,1 – 0,3

2. Điện áp : Cấp cho cuộn cảm ứng trong nung tôi thường chọn theo sự kết hợp với kinh nghiệm; đưa ra khoảng chọn:

$$U = (50 - 250) V$$

Với nung tôi bề mặt: $U = (50 - 100) V$

3. Nâng cao hệ số công suất cho cuộn cảm ứng

Cuộn cảm ứng có hệ số công suất $\cos \varphi$ thấp $\cos \varphi = 0,1 - 0,3$ bởi vậy bắt buộc phải nâng cao hệ số công suất. Trị số của tụ điện C dùng để nâng cao hệ số công suất được tính theo:

$$C = \frac{P_n}{U^2 \omega} \cdot (tg \varphi_1 - tg \varphi_2)$$

Với P_n – công suất của nguồn , W

U – áp trên cuộn cảm ứng, V

$\omega = 2\pi f$ - ; f- tần số dòng cảm ứng, Hz

$tg \varphi_1$ - từ hệ số công suất trước khi nâng cao $\cos \varphi_1$

$tg\varphi_2$ - từ hệ số công suất trước khi nâng cao $\cos\varphi_2$

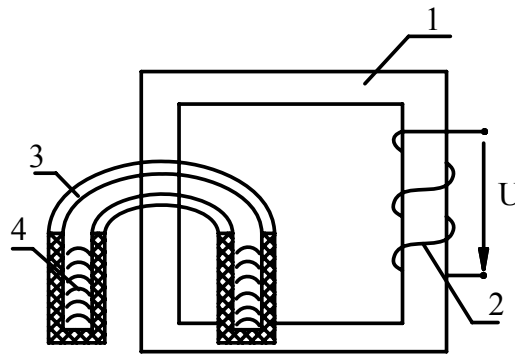
C- trị số tụ điện, F

Các bộ tụ điện được đấu song song với cuộn cảm ứng

§ 6. Các loại lò luyện kim theo phương pháp cảm ứng

Hiện nay trong luyện kim, sản xuất sắt thép xây dựng, thép hợp kim, trong chế tạo máy... thường dùng lò cảm ứng. Xét hai loại lò phổ biến:

1. Lò máng (lò có lõi thép)



Hình 1

Trên hình 1. Cấu tạo nguyên lý lò máng.

1- Lõi thép

2- Cuộn cảm ứng

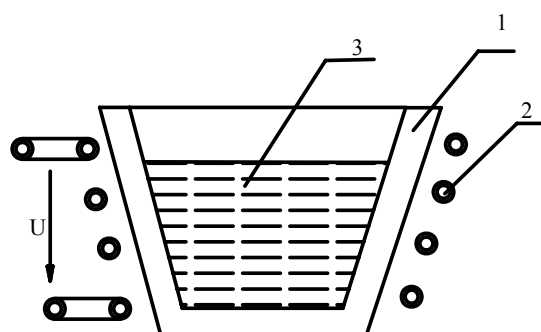
3- Máng

4- Thép hợp kim

Nhờ có lõi thép, từ thông trong lõi lớn nhờ đó dòng cảm ứng trong thép lớn, tạo được nhiệt độ cao, tốc độ nung chảy cao. Loại lò này dùng phổ biến cho thép hợp kim.

2. Lò nồi (lò không có lõi thép)

Lò nồi không có lõi thép, từ thông biến thiên qua kim loại nhỏ hơn lò máng, nhiệt độ thấp hơn ở lò máng nhưng ít chịu tác động lớn của lực điện động, nhờ nhiệt độ không quá cao nhờ đó thép ít bị phé phẩm, ít bị cháy, phù hợp luyện kim loại có giá trị.



Hình 2

Hình 2. Cấu tạo nguyên lý lò nôi:

- 1- Vỏ lò
- 2- Cuộn cảm ứng
- 3- Thép hợp kim

§ 7. Nguồn áp cung cấp cho cuộn cảm ứng

Nguồn áp cho cuộn cảm ứng đòi hỏi phải có tần số cao hơn nhiều tần số dòng điện công nghiệp 50 Hz đồng thời phải điều chỉnh được và làm việc ổn định trong các thiết bị nung tôi và luyện kim.

Điêm qua một số nguồn áp được sử dụng trong phương pháp cảm ứng như sau:

1. Máy phát tần số cao: là máy phát đồng bộ với roto có số đôi cực từ p , tần số f của dòng điện phát ra là:

$$f = \frac{np}{60} (Hz)$$

n - số vòng quay của roto

Khi tăng số đôi cực từ p sẽ tăng tần số f . Nhưng số đôi cực từ p cũng bị hạn chế kết cấu của máy. Do đó tần số của loại máy phát này hạn chế $f \leq 800 Hz$ loại máy phát này trước kia dùng trong lò luyện kim.

2. Máy phát điện cảm ứng

Tần số của máy phát điện cảm ứng f xác định theo:

$$f = \frac{nZ}{60} (Hz)$$

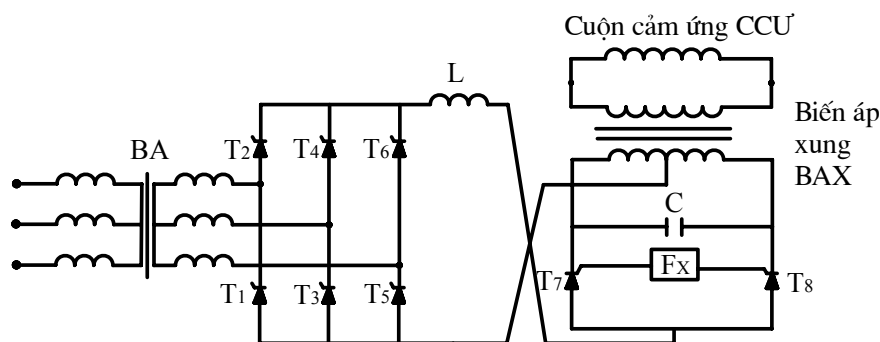
với n - tốc độ quay của roto

Z - số răng của roto

Khi tăng số răng Z của roto tăng tần số f . Máy phát điện cảm ứng làm việc với tần số $f < 1 KHz$.

Các loại máy phát điện quay ở trên có nhược điểm là hiệu suất thấp, kích thước lớn, vận hành bảo hành khó... Ngày nay với kỹ thuật điện tử công suất phát triển người ta tạo ra nguồn áp có hiệu suất cao, làm việc ổn định, không tiếng ồn cùng với nhiều tính năng ưu việt khác. Sau đây xem xét mạch điện tử công suất như vậy.

1. Bộ biến đổi tần số tĩnh



Hình 1

Hình 1- sơ đồ nguyên lý của bộ biến đổi tần số tĩnh là mạch điện tử công suất, cấp điện áp cho cuộn cảm ứng của lò luyện kim.

Có thể trình bày nguyên lý làm việc của mạch hình 1 như sau: từ biến áp nguồn ba pha BA đưa áp thích hợp vào bộ chỉnh lưu dùng Tiristor $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ bố trí như hình 1. Nguồn áp từ bộ chỉnh lưu qua lọc L đưa vào bộ nghịch lưu, tạo áp và tần số cấp cho cuộn cảm ứng, áp cấp cho cuộn cảm ứng khoảng 50 – 250 V, tùy thuộc trường hợp cụ thể. Bộ nghịch lưu làm việc như sau: thời điểm đầu phát xung ở bộ phát xung FX để mở tiristor T_7 , dòng qua T_7 vào biến áp xung BAX nạp tụ C. Qua BAX áp cấp cho cuộn cảm ứng CCu. Ở thời điểm sau, phát xung mở T_8 , dòng qua T_8 qua BAX đồng thời C phóng điện qua T_7 qua T_8 làm đóng T_7 ... Thời điểm tiếp theo lại tiếp tục lại từ đầu.

Tần số dòng điện ở cuộn cảm ứng CCu quyết định bởi tần số phát xung của bộ FX.

Tần số dòng ở cuộn cảm ứng dùng mạch điện tử công suất hiện nay giới hạn trong khoảng 30 KHz. Với tần số đó thích hợp cho lò luyện kim. Với lò nung tôi chi tiết máy yêu cầu phải có tần số tới hàng trăm KHz bởi với mạch điện tử công suất không đáp ứng được, người ta thiết kế mạch điện tử tần số cao dùng đèn điện tử.

4. Máy phát đèn đèn điện tử tần số cao.

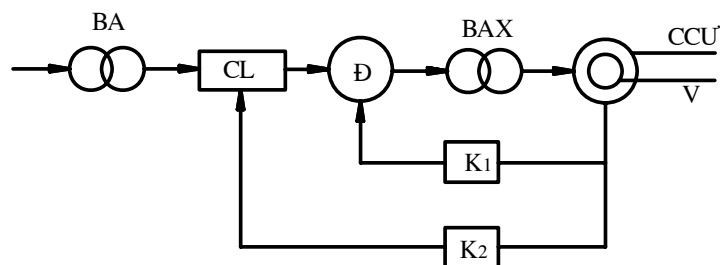
Trong phương pháp cảm ứng tùy theo tần số dòng điện trong cuộn cảm ứng có thể phân thành:

- Tần số thấp là tần số công nghiệp 50 Hz
- Tần số trung, khoảng từ 150 – 10000 Hz
- Tần số cao khoảng từ 60 KHz – 100 MHz

Với dòng điện có tần số từ 150 – 500 Hz nhận được từ những máy phát đồng bộ, khi cần tần số cao hơn nữa dùng máy phát cảm ứng.

Ở thời gian này khi kỹ thuật điện tử công suất phát triển các máy phát đồng bộ tần số cao và máy phát cảm ứng được thay thế bởi những bộ biến đổi tần số tĩnh được thực hiện bằng Tiristor và máy biến áp, như đã trình bày ở trên.

Dòng điện trong cuộn cảm ứng ở tần số cao từ 60 KHz trở lên chỉ có thể thực hiện được nhờ máy phát đèn đèn điện tử. Các máy phát đèn đèn điện tử được sử dụng với nhiều mục đích khác nhau trong kỹ thuật gia công nhiệt như nung tôi bề mặt, nấu luyện hợp kim...



Hình 2

Hình 2 là sơ đồ mô tả máy phát đèn đèn điện tử

BA- biến áp nguồn

CL- chỉnh lưu

Đ- đèn điện tử

BAX- biến áp xung

CCU- cuộn cảm ứng

V- vật nung tôi

K_1, K_2 - các hệ số phản hồi

Các máy phát đèn đèn điện tử được công nghiệp chế tạo với công suất tới 250 KW hoặc cao hơn đáp ứng yêu cầu đòi hỏi.

CHƯƠNG VIII. PHƯƠNG PHÁP HỒ QUANG

§1. Hồ quang và những đặc tính của hồ quang điện

1. Hồ quang điện

Đó là hiện tượng phóng điện ổn định trong môi trường hơi kim loại hoặc trong khí, nó được đặc trưng bởi mật độ của dòng điện rất cao.

2. Bản chất của hồ quang

Hồ quang đó là sự chuyển động của dòng điện trong môi trường bị ion hoá không kèm theo sự phân cực, cũng bởi vậy hồ quang được tạo ra bằng dòng một chiều và dòng xoay chiều.

Dòng điện hồ quang được đặc trưng bằng mật độ cao của năng lượng nhiệt truyền cho vật được nung nóng nhờ sự tăng tốc của các ion trong trường điện và sự bức xạ hồng ngoại rất lớn của cột hồ quang.

Cột hồ quang có nhiệt độ rất cao, có thể đạt từ 5000 °C đến 12000 °C. Bởi vậy hồ quang có thể nung chảy cả những kim loại, hợp kim cứng nhất.

Sự kích thích tạo hồ quang bắt đầu ngay ở tiếp xúc khi các điện cực ngắn mạch. Tại nơi tiếp xúc của điện cực và vật (chi tiết) sẽ sinh ra năng lượng nhiệt rất lớn làm cho kim loại tại đó bắt đầu có sự nóng chảy. Khi

đưa điện cực tách ra khỏi chi tiết các liên kết kim loại nóng chảy bị kéo theo, lúc đó tiết diện của chúng giảm xuống nhiệt độ tăng lên. Tiếp tục kéo điện cực ra thêm nữa thì sẽ xảy ra sự bay hơi của kim loại và các phân tử khí.

Các ion dương chuyển động về katốt còn các điện tử và ion âm chuyển động về anốt, chính ở thời điểm này hồ quang xuất hiện. Dòng các điện tích được gia tốc trong trường điện chúng được truyền động năng và khi bắn phá vào các điện cực chúng nung nóng các điện cực.

Katốt được truyền năng lượng nhỏ hơn anốt bởi vậy nhiệt độ ở katốt thấp hơn anốt. Ví dụ điện cực bằng than katốt có nhiệt độ khoảng $2500 - 3500^{\circ}\text{C}$, với điện cực kim loại katốt có nhiệt độ $2300 - 2400^{\circ}\text{C}$.

Sau khi đã tạo được hồ quang, hồ quang được ổn định là nhờ sự ion hoá, phát xạ điện tử ở các điện cực và các va chạm tạo động năng lớn tạo phát xạ thứ cấp tăng cường các hạt mang điện, ion, điện tử... Năng lượng tạo ra trong quá trình đó làm tăng nhiệt độ và bức xạ dưới dạng hồng ngoại, cực tím và những tia không nhìn thấy.

§ 2. Ứng dụng và phân loại hồ quang

1. Ứng dụng của hồ quang

Với sự toả nhiệt lớn trên cột hồ quang và điện cực, tính chất này được dùng để hàn và nấu chảy kim loại trong lò hồ quang trực tiếp.

Với bức xạ tia hồng ngoại rất lớn, dùng tính chất này trong lò hồ quang gián tiếp.

Với việc tạo ra bức xạ nhìn thấy, dùng để thắp sáng dùng trong đèn pha, đèn hải đăng.

Với tính chất bức xạ cực tím mạnh, dùng như máy phát phát ra tia cực tím.

Song thực tế không dùng hồ quang làm máy phát tia cực tím vì hiệu suất thấp.

2. Phân loại hồ quang

Phân loại hồ quang được thực hiện theo một số cách như sau:

Phân loại theo môi trường, nơi diễn ra hồ quang gồm có:

- Hồ quang dạng hở: hồ quang loại này diễn ra trong không khí
- Hồ quang dạng kín: hồ quang tồn tại trong lớp bảo vệ
- Hồ quang trong môi trường khí có bảo vệ

Phân loại theo tính chất dòng điện gồm có:

- Hồ quang dòng một chiều
- Hồ quang dòng xoay chiều một pha
- Hồ quang dòng xoay chiều ba pha

Ưu điểm của hồ quang dòng một chiều là ổn định, chất lượng hồ quang tốt hơn dòng xoay chiều.

Khi hàn bằng dòng một chiều thường phân thành cực thuận và cực ngược.

Cực thuận là đưa cực âm của nguồn vào que hàn. Vật hàn được nối với cực dương của nguồn. Do anôt toả ra nhiệt lượng lớn hơn katôt do vậy cần thiết cho nóng chảy phần kim loại bề mặt vật hàn.

Cực ngược là đưa cực âm của nguồn vào vật hàn, cực dương của nguồn nối với que hàn.

Sau đây nói tới một số ứng dụng của phương pháp hồ quang trong luyện kim và hàn điện.

§ 3. Các loại lò hồ quang điện sử dụng trong luyện kim

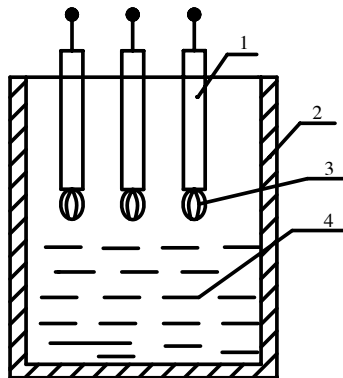
1. Lò điện hồ quang trực tiếp

Ở hình 1 hồ quang được tạo ra giữa điện cực nối với áp ba pha và trực tiếp với quặng hoặc kim loại.

Điện cực bằng than, đặt thẳng đứng. Do hồ quang trực tiếp giữa điện cực và quặng cho nên tạo được nhiệt độ rất cao.

Ưu điểm của loại lò điện trực tiếp là tạo được nhiệt độ cao, năng suất cao.

Nhược điểm là tạo xỉ nhiều do mòn các điện cực gây nên, nhiệt độ cao làm cháy kim loại nhiều.



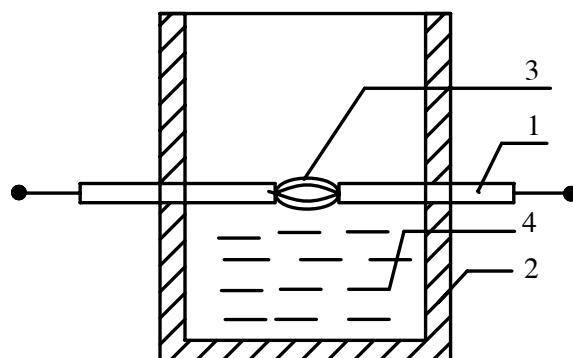
Hình 1

1. Điện cực
2. Vỏ lò
3. Hồ quang
4. Quặng

2. Lò điện hồ quang gián tiếp

Lò này điện cực đặt nằm ngang như hình 2 , cách quặng một khoảng. Hồ quang tạo ra giữa điện cực với nhiệt lượng lớn truyền cho quặng chủ yếu bằng bức xạ. Nhờ đó nhiệt độ đối với quặng không quá cao so với lò trực tiếp, nhờ đó tránh được cháy kim loại và tạo xỉ ít.

Nhược điểm là do điện cực đặt ngang nên dùng loại điện cực kích thước nhỏ. Bởi vậy công suất của loại lò này không lớn.



Hình 2

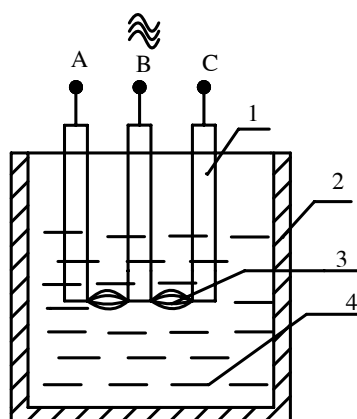
1. Điện cực
2. Vỏ lò
3. Hồ quang
4. Quặng

3. Lò điện hồ quang điện trở

Loại này có ba điện cực nối vào nguồn ba pha được nhúng ngập vào quặng. Hồ quang được tạo thành trong lòng quặng, ngoài ra năng lượng còn được tạo ra khi dòng điện chảy giữa các điện cực.

Loại lò này có hiệu suất và năng suất cao.

Các loại lò điện hồ quang chủ yếu được dùng trong lò nấu luyện quặng.



Hình 3.

1. Điện cực
2. Vỏ lò
3. Hồ quang
4. Quặng kim loại

§ 4. Hàn điện bằng hồ quang

1. Ứng dụng:

Hồ quang để hàn, rất phổ biến trong sản xuất, xây dựng, sửa chữa... Bởi những ưu điểm về thiết bị không phức tạp, tiết kiệm nguyên vật liệu so với các phương pháp gia công khác, có độ bền cơ học cao, giá thành hạ, năng suất cao...

2. Yêu cầu đối với nguồn hàn hồ quang

Để tạo được hồ quang trong hàn điện nguồn hàn có ý nghĩa quyết định, sau đây đưa ra một số yêu cầu chính đối với nguồn hàn như sau:

a. Yêu cầu trước tiên là nguồn hàn phải đảm bảo được ổn định hồ quang. Muốn vậy điện áp không tải phải đủ lớn để tạo hồ quang. Sau đây là trị số điện áp tạo hồ quang của nguồn một chiều và xoay chiều:

+) Với nguồn một chiều: áp tạo hồ quang $U_{0\min} = (30 - 55) \text{ V}$

Trong đó còn phụ thuộc vào vật liệu của điện cực.

- Với điện cực kim loại: $U_{0\min} = (30 - 40) \text{ V}$

- Với điện cực than: $U_{0\min} = (45 - 55) \text{ V}$

+) Với nguồn điện xoay chiều: áp tạo hồ quang $U_{0\min} = (50 - 60) \text{ V}$.

Trị số giới hạn trên của áp tạo hồ quang xác định dựa vào độ an toàn, thường dao động trong khoảng $(60 - 70) \text{ V}$. Khi máy biến áp hàn, với dòng hàn từ 2000 A trở lên áp cũng không vượt quá 90 V.

b. Để đảm bảo an toàn cho thợ hàn, thiết bị hàn ở chế độ làm việc cũng như ngắn mạch. Bội số dòng ngắn mạch phải thoả mãn:

$$\lambda = \frac{I_n}{I_{dm}} = 1,2 \div 1,4$$

λ - bội số dòng ngắn mạch

I_n - dòng ngắn mạch (A)

I_{dm} - dòng hàn định mức (A)

c. Nguồn hàn phải có công suất đủ lớn

d. Nguồn hàn phải có khả năng điều chỉnh điện áp. Khi thực hiện hàn với các đối tượng vật hàn có độ dày, mỏng khác nhau, cần điều chỉnh dòng hàn, que hàn. Dòng hàn phụ thuộc đường kính que hàn theo biểu thức kinh nghiệm sau:

$$I_h = (40 - 60) d$$

I_h - dòng hàn (A);

d - đường kính que hàn (mm)

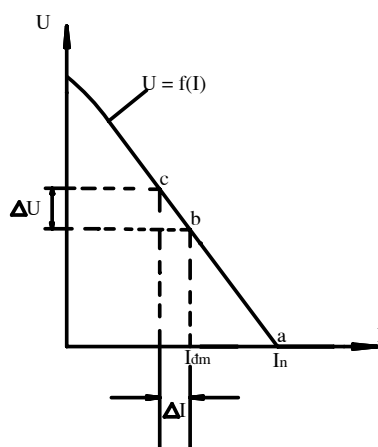
Việc điều chỉnh dòng hàn thực hiện bằng điều chỉnh điện áp nguồn.

e. Đặc tính hàn (đặc tính vôn – ampe) của thiết bị hàn phải đảm bảo sự ổn định của hồ quang.

Đặc tính hàn đó là đường biểu diễn quan hệ giữa điện áp trên đầu ra U của nguồn hàn và dòng điện hàn I :

$U = f(I)$ – quan hệ này còn gọi là đặc tính ngoài.

Để đảm bảo ổn định của hồ quang hàn, đặc tính hàn phải dốc. Ví dụ có đặc tính ngoài của nguồn hàn như hình 1. Đó là đường đặc tính dốc.



Hình 1

Giả sử tại thời điểm a hình q, chạm que hàn (điện cực) vào vật hàn, sẽ xảy ra ngắn mạch, dòng ngắn mạch I_n xuất hiện tương ứng điểm

a. Dòng lớn làm tại tiếp xúc nóng chảy. Đưa que hàn ra khỏi vật hàn, sẽ xuất hiện hồ quang và điện áp giữa que hàn và vật hàn tăng lên theo đường $U = f(I)$ tại điểm b có hồ quang ổn định. Và dòng điện xác định là dòng định mức I_{dm} . Khi có sự thay đổi cột hồ quang, do quá trình hàn tạo ra làm có thay đổi áp hồ quang ΔU lớn, song nhờ đặc tính dốc nên dòng hàn với sự thay đổi ΔI nhỏ đảm bảo hồ quang vẫn duy trì ổn định hình 1.

Mặt khác khi đặc tính ngoài dốc, bội số dòng điện $\lambda = \frac{I_n}{I_{dm}}$ không

lớn đảm bảo được qui định $\lambda = \frac{I_n}{I_{dm}} = 1,2 \div 1,4$ an toàn cho thợ hàn.

Khi không thực hiện được yêu cầu $\lambda = 1,2 \div 1,4$ nguồn hàn phải chịu quá tải lớn, chất lượng hàn kém và không an toàn cho thợ hàn do kim loại cháy nổ.

Ngoài đường đặc tính ngoài dốc, còn có đặc tính ngoài cứng và tăng, được dùng để hàn có bảo vệ và trong môi trường có khí bảo vệ, trong hàn tự động.

§ 5. Điều chỉnh dòng điện hàn

Vật hàn có độ dày khác nhau, với độ dày, mỏng khác nhau dòng điện hàn cần được điều chỉnh hợp lý. Muốn vậy nguồn hàn phải trang bị cơ cấu điều chỉnh theo cấp hoặc điều chỉnh trơn (vô cấp) dòng hàn.

Như đã nói ở trên để tạo được đặc tính hàn (đặc tính ngoài) dốc, cần có độ rơi điện áp.

Việc tạo điện áp rơi có thể thực hiện ngay trong khi chế tạo nguồn áp, ví dụ với nguồn áp là máy biến áp, thì cần chế tạo tăng điện áp ngắn mạch hoặc bằng cách mắc thêm điện kháng (cuộn dây) nối tiếp với nguồn. Trong mọi trường hợp phương trình đặc tính hàn (đặc tính ngoài) có dạng:

$$\dot{U} = \dot{U}_0 - \dot{I} \cdot Z_{td} \quad (1)$$

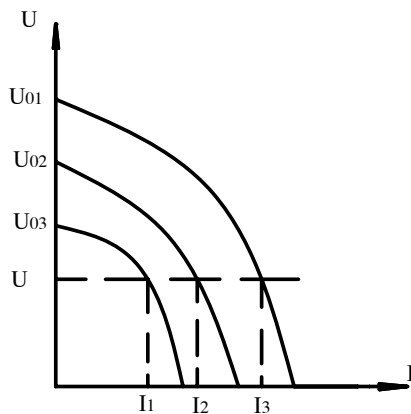
U_0 - điện áp lúc không tải của nguồn

U_n - điện áp nguồn khi có dòng hàn

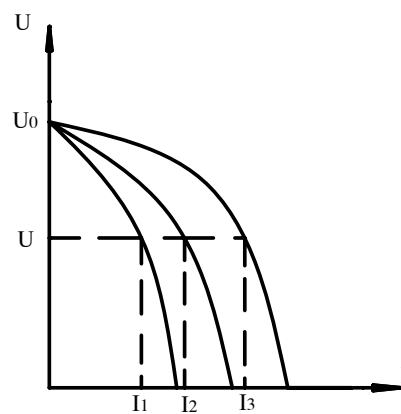
I - dòng điện hàn

Z_{td} - tổng trở tương đương, bao gồm tổng trở nguồn và tổng trở của cuộn kháng nối thêm.

Hình 1 biểu diễn đặc tính hàn khi điều chỉnh dòng hàn bằng cách thay đổi điện áp nguồn không tải U_{01} , U_{02} , U_{03} tương ứng với điện áp hàn khi làm việc là U có dòng điều chỉnh I_1 , I_2 , I_3



Hình 1



Hình 2

Hình 2 điều chỉnh dòng hàn bằng cách thay đổi tổng trở của cuộn kháng nối tiếp với nguồn. Trong tổng trở Z_{td} cùng với mỗi thay đổi của Z_{td} có đường đặc tính hàn khác nhau và khi ứng với điện áp làm việc U có dòng điện hàn I_1 , I_2 , I_3 .

§ 6. Chế độ làm việc của nguồn hàn và hệ số tiếp điện

Thiết bị hàn làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại: thời gian làm việc dài nhất của máy hàn là thời gian hàn hết một que hàn ký hiệu là τ_{lv} , thời gian nghỉ ngắn nhất là thời gian đủ thay que hàn và mỗi hồ quang ký hiệu là τ_n . Với máy hàn tự động thời gian làm việc dài nhất là hàn hết một lô que hàn.

Máy hàn làm việc ổn định khi thỏa mãn điều kiện năng lượng là khi làm việc toả ra Q_1 bằng năng lượng toả ra môi trường xung quanh Q_2 trong một chu kì làm việc, viết được:

$$Q_1 = Q_2$$

Với $Q_1 = I^2 R \tau_{lv}$ - nhiệt lượng toả ra trong thời gian hàn τ_{lv}

$Q_2 = K(\tau_{lv} + \tau_n)$ - nhiệt lượng toả ra môi trường trong chu kì làm việc $\tau_{lv} + \tau_n$;

τ_{lv} - thời gian làm việc

τ_n - thời gian nghỉ

K- hệ số đặc trưng cho chế độ toả nhiệt của nguồn hàn

Coi gần đúng $K = \text{const}$ viết được biểu thức sau:

$$I^2 R \tau_{lv} = K(\tau_{lv} + \tau_n) \quad (1)$$

Chia biểu thức (1) cho $R(\tau_{lv} + \tau_n)$ có:

$$I^2 \frac{\tau_{lv}}{\tau_{lv} + \tau_n} = \frac{K}{R} = \text{const} \quad (2)$$

Đặt : $\frac{\tau_{lv}}{\tau_{lv} + \tau_n} = TĐ$ gọi là hệ số tiếp điện của nguồn hàn hồ quang

Thường tính vào phần trăm:

$$TĐ\% = \frac{\tau_{lv}}{\tau_{lv} + \tau_n} \cdot 100\% \quad (3)$$

TĐ% là thông số ghi trong tài liệu hướng dẫn sử dụng các máy hàn hồ quang.

Quan hệ giữa dòng điện hàn I và hệ số tiếp điện TĐ% như sau: Từ biểu thức (2) ta suy ra quan hệ giữa dòng điện hàn và hệ số tiếp điện là:

$$I_{dm}^2 \cdot TĐ\%_{dm} = I^2 TĐ\% \quad (4)$$

Trong đó:

I_{dm} - là dòng hàn định mức

$TĐ\%_{dm}$ là hệ số tiếp điện định mức ứng với I_{dm}

I- là dòng điện hàn khác định mức

TĐ% - là hệ số tiếp điện ứng với dòng hàn I

Khi máy làm việc dài hạn tức khi giá trị $TĐ\% = 100\%$. Từ biểu thức (4) khi máy hàn làm việc khác định mức với hệ số tiếp điện là $TĐ\%$ thì dòng hàn phải chọn theo:

$$I = I_{đm} \sqrt{\frac{TĐ\%_{đm}}{TĐ\%}} \quad (5)$$

Và ngược lại khi đưa máy hàn làm việc với dòng điện I khác định mức thì hệ số tiếp điện $TĐ\%$ chọn theo :

$$TĐ\% = \frac{I_{đm}^2 TĐ\%_{đm}}{I^2} \quad (6)$$

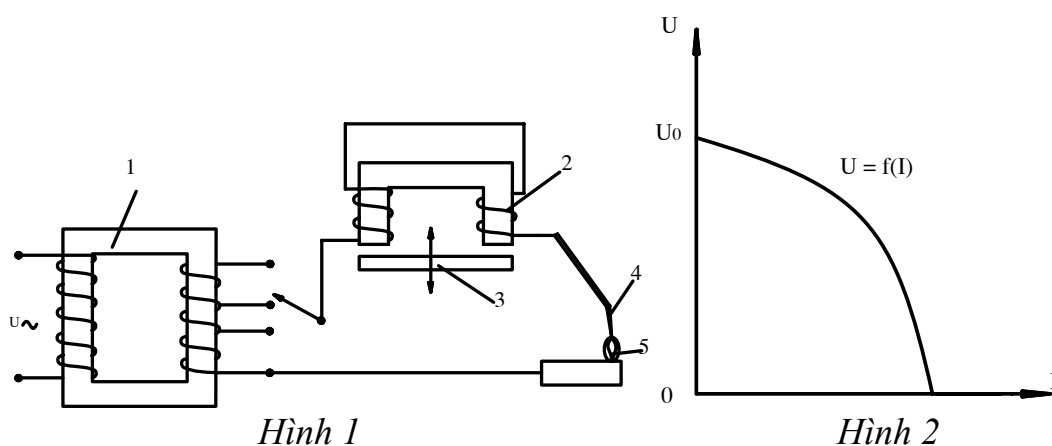
§7. Một số nguồn điện hàn

Về hàn bằng hồ quang trong thực tế phổ biến một số nguồn hàn như sau:

1. Máy biến áp hàn
2. Tổ động cơ – máy phát một chiều
3. Mạch điện tử công suất

Nguồn hàn là máy biến áp hàn hồ quang dùng dòng xoay chiều một pha và ba pha. Với loại máy biến áp hàn một pha là thiết bị hàn dòng xoay chiều, đơn giản, rẻ tiền và rất phổ biến, thông dụng trong sản xuất khi yêu cầu về chất lượng mối hàn không cao lắm.

Ví dụ hình 1 là sơ đồ máy biến áp hàn một pha đơn giản và phổ biến.



1. Máy biến áp với cuộn sơ cấp W_1 , cuộn thứ cấp W_2 có nhiều đầu
2. Cuộn kháng CK để điều chỉnh
3. Cơ cấu điều chỉnh
4. Que hàn
5. Hồ quang
6. Vật hàn

Cuộn thứ cấp của máy biến áp hàn có nhiều đầu ra với các điện áp khác nhau tạo nên điều chỉnh điện áp nhiều cấp cho nguồn hàn. Nổi thêm cuộn kháng với cơ cấu điều chỉnh 3 để điều chỉnh điện kháng của nó, cho phép thay đổi điện áp hàn.

Nguồn hàn là tổ hợp động cơ – máy phát 1 chiều dùng điện áp 1 chiều tạo ra hồ quang bởi vậy hồ quang cháy rất ổn định, chất lượng hàn tốt, nhưng thiết bị kém hiệu quả nên hiện nay ít phổ biến.

Nguồn hàn là linh kiện điện tử công suất. Cho phép hàn bằng dòng 1 chiều và dòng xoay chiều. Hiện này rất phổ biến trong kỹ thuật hàn hồ quang, cho chất lượng hàn tốt, năng suất cao, thiết bị nhỏ gọn, bền, hiệu suất cao... Mạch điện tử công suất dùng trong các thiết bị hàn MIG, MAG, TIG...

- Hàn MIG, MAG là hàn nóng chảy mà hồ quang nóng chảy giữa dây hàn (dùng làm điện cực hàn) và vật hàn trong môi trường có khí bảo vệ.

MIG (Metal Inert Gas) dùng khí trơ loại Ar và He trộn lẫn...

MAG (Metal Active Gas) dùng khí trộn lẫn gồm hỗn hợp khí Ar, He và (CO_2 , O_2 ...) nhờ đó kinh tế hơn không đòi hỏi vệ sinh khắt khe, rất tiện lợi...

Khí bảo vệ có tác dụng ngăn không cho sự tác dụng của oxy và nitơ của môi trường vào mối hàn, giúp hồ quang ổn định

- Hàn MIG được dùng để hàn thép không gỉ, hợp kim nhôm, inox, hợp kim Ni-Cr, Al-Cu...
- Hàn MAG dùng để hàn thép cacbon, hợp kim...
- Hàn TIG (Tungsten Inert Gas) là quá trình hàn bảo vệ. Que hàn chịu nhiệt đồng thời là điện cực, thường dùng là W chịu được nhiệt độ rất cao. Chất khí ngăn cản tác động có hại của oxy và nitơ đối với mối hàn. Hàn TIG thường dùng để hàn thép cacbon, thép không gỉ, nhôm và hợp kim nhôm, titan, hợp kim Ni-Cu, Ni-Cr-Fe...

Về thiết bị hàn có nhiều loại như máy hàn của Pháp loại AVISO-300AC-OC là hàn TIG có 2 chế độ 1 chiều và xoay chiều; loại JUNIOR 403 là hàn MIG/MAG hàn bằng dòng 1 chiều.