

Nguyễn Đình Thiên - Nguyễn Trung Sơn

Tailieu.vn

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:

$$1J = 1 \text{Ws} = 0,24\text{cal}$$

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:

- a. Phương pháp trực tiếp
- b. 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

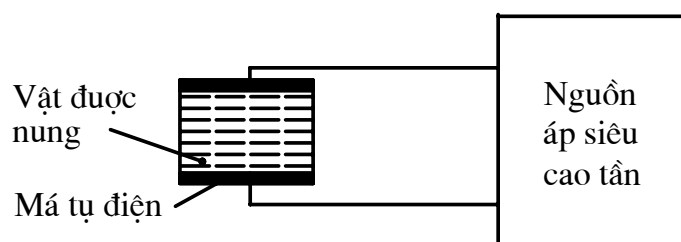
- a. Phương pháp hồ quang trực tiếp
- b. Phương pháp hồ quang gián tiếp

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.

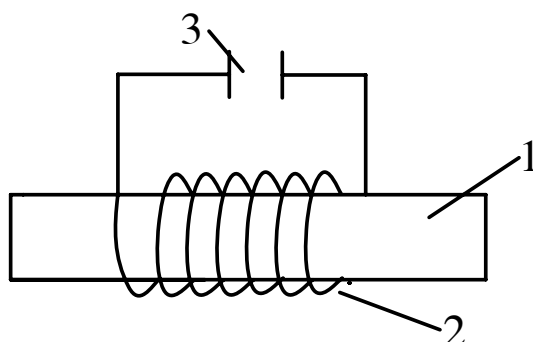
h - hằng số Planck.

ν - tần số.

Hiệu số $E_2 - E_1$ càng lớn thì tần số càng lớn, tức bước sóng càng nhỏ, ánh sáng tử 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

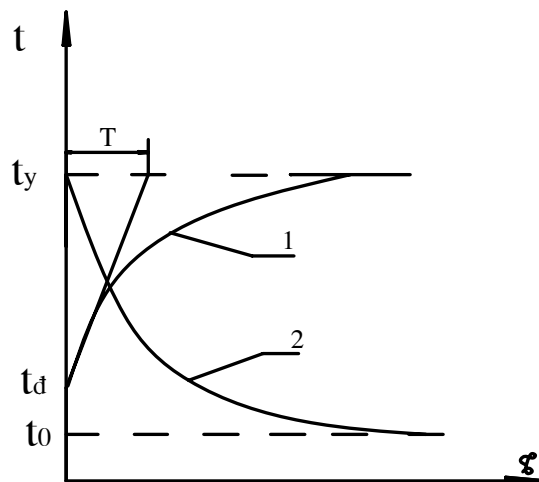
§2 . Phương trình nhiệt độ nung nóng

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 ($J/^\circ C$ kg); t, t_0 ($^\circ C$); 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 ($J/^\circ C$ kg), t, t_0 ($^\circ C$), 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/°C kg), t, t_0 (°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 (m³/s) năng suất không khí

ρ (kg/m³) trọng lượng riêng của không khí

c (J/°C kg)- tỷ nhiệt của không khí

t, t_0 (°C) - nhiệt độ nung nóng và nhiệt độ môi trường

P_h (W)

Với không khí có $c_{\text{không khí}} = 1,1 \cdot 10^3$ J/kg °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 ÷ 0,95
2	Thiết bị tạo hơi nước và nung nóng nước ở nhiệt độ cao	0,78 ÷ 0,96
3	Thiết bị sấy bằng không khí	0,85 ÷ 0,99
4	Lò điện trở	0,70 ÷ 0,90
5	Thiết bị hàn	0,50 ÷ 0,95
6	Thiết bị điện nhiệt tần số cao	0,80 ÷ 0,90
7	Thiết bị điện nhiệt dân dụng	0,60 ÷ 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 ($\text{đ}/\text{m}^2 \text{ năm}$))

K_i - tiền chi phí cho thực hiện cách nhiệt, tính cho 1 m^2 diện tích bề mặt lớp cách nhiệt ($\text{đ}/\text{m}^2$)

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 m^2 diện tích cách nhiệt trong một năm, có quan hệ sau:

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

Z ($\text{đ}/\text{m}^2 \text{ năm}$)

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:

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

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

$\tau \left(\frac{\text{h}}{\text{năm}} \right)$ 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 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

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

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

Trong đó: 1 q

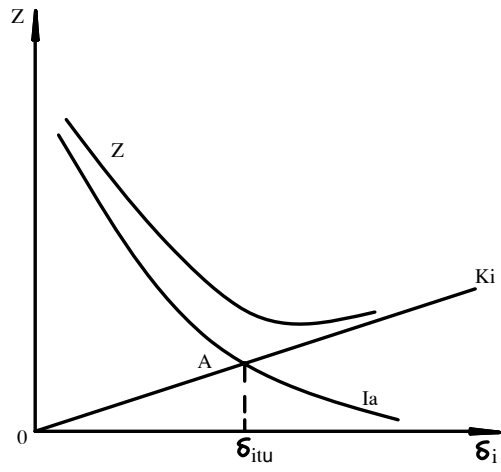
δ_i (m) bề dày cách nhiệt

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

Cuối cùng ta có biểu thức sau:

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

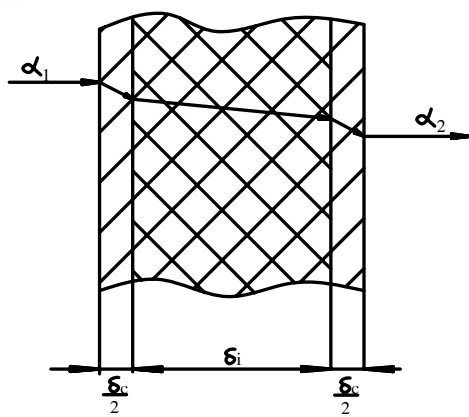
Sự quan hệ giữa các đại lượng trong biểu thức (5) đều có sự phụ thuộc vào độ dày cách nhiệt δ_i . Dựng đồ thị như hình 1 tìm được điểm A- đây là điểm tối ưu để tính chọn bề dày cách nhiệt tối ưu là δ_{it}



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 nung phía trong tới vỏ kim loại phía trong và từ vỏ kim loại phía ngoài tới môi trường xung quanh, có đơn vị : (W/ m² °C)

λ_i - hệ số dẫn nhiệt của lớp cách nhiệt W/ m °C

λ_c - hệ số dẫn nhiệt của vỏ kim loại W/ m °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_{iur} như

sau:

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

Khi thay δ_{iur} 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:

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

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.

