

Máy nung cao tần (hay còn gọi là lò nung cao tần) sử dụng hiện tượng cảm ứng điện từ để làm nóng vật liệu. Quá trình nung được thực hiện thông qua việc tạo ra một trường điện từ xoay chiều với tần số cao trong cuộn cảm, từ đó làm nóng vật liệu mà nó tác động vào. Đây là phương pháp nung hiệu quả và có thể kiểm soát nhiệt độ chính xác.

Dưới đây là các bước hướng dẫn tính toán và thiết kế một máy nung cao tần:

1. Xác định yêu cầu nung

- **Loại vật liệu:** Xác định loại vật liệu cần nung (thép, nhôm, đồng, v.v.), tính chất vật lý của vật liệu (hệ số dẫn điện, hệ số từ thẩm, điểm nóng chảy, v.v.).
- **Nhiệt độ nung:** Xác định nhiệt độ cần đạt được để nung chảy hoặc gia công vật liệu (ví dụ, nhiệt độ nung của thép là khoảng 800-1200°C).
- **Kích thước vật liệu:** Xác định kích thước của vật liệu (có thể là một thanh kim loại, một bộ phận máy, hoặc một sản phẩm nhỏ gọn).
- **Tần suất và công suất nung:** Xác định tần số của dòng điện cao tần và công suất cần thiết cho quá trình nung.

2. Lựa chọn tần số và công suất

- **Tần số cao tần (f):** Tần số của dòng điện có ảnh hưởng lớn đến quá trình nung. Tần số càng cao thì độ sâu của vùng nung sẽ càng nông. Các tần số phổ biến là từ vài kHz đến vài MHz.
 - Tần số thấp (kHz) thường được dùng để nung các vật liệu dày hoặc có khối lượng lớn.
 - Tần số cao (MHz) phù hợp cho vật liệu mỏng, nhanh chóng nóng lên.
- **Công suất (P):** Công suất cần thiết phụ thuộc vào khối lượng và loại vật liệu. Công thức tính công suất cần thiết cho máy nung cao tần:

$$P = k \times V \times \Delta T$$

Trong đó:

- P : công suất cần thiết (W)
- k : hệ số truyền nhiệt của vật liệu (W/m·K)
- V : thể tích vật liệu cần nung (m³)
- ΔT : độ chênh lệch nhiệt độ cần đạt (°C)

Giả sử:

- Loại vật liệu: Thép
- Khối lượng vật liệu cần nung: 2 kg
- Kích thước vật liệu: Một thanh thép dài 10 cm, đường kính 2 cm.
- Nhiệt độ cần đạt được: 1000°C (để thép có thể gia công hoặc nung chảy bề mặt)
- Tần số dòng điện cao tần: 50 kHz (thường dùng cho nung bề mặt)
- Hệ số dẫn điện của thép: 15×10^6 S/m (Siemens/m)
- Hệ số từ thẩm của thép: 1000 (thường có giá trị khoảng này cho thép)
- Hệ số truyền nhiệt của thép: 50 W/m·K

Đầu tiên, ta cần xác định công suất cần thiết để nung vật liệu lên 1000°C từ nhiệt độ phòng (khoảng 25°C). Công thức tính công suất theo độ chênh lệch nhiệt độ:

$$P = k \times V \times \Delta T$$

Trong đó:

- P là công suất cần thiết (W)
- k là hệ số truyền nhiệt của vật liệu (50 W/m·K)
- V là thể tích vật liệu cần nung (m³)
- ΔT là độ chênh lệch nhiệt độ (1000°C - 25°C = 975°C)

Thể tích vật liệu (vì đây là một thanh thép trụ) có thể tính bằng công thức thể tích hình trụ:

$$V = \pi r^2 h$$

Trong đó:

- r là bán kính của thanh thép = 2 cm = 0.02 m
- h là chiều dài của thanh thép = 10 cm = 0.1 m

$$V = \pi \times (0.02)^2 \times 0.1 = 1.2566 \times 10^{-5} m^3$$

Giờ ta có thể tính công suất cần thiết:

$$P = 50 \times 1.2566 \times 10^{-5} \times 975 = 0.613W$$

Như vậy, công suất cần thiết để nung thanh thép này lên 1000°C là khoảng **0.613 W**. Tuy nhiên, đây chỉ là công suất lý thuyết, thực tế cần phải tính đến tổn thất năng lượng và hiệu suất của hệ thống.

3. Thiết kế mạch nguồn cao tần

- **Mạch nguồn:** Mạch nguồn cao tần có thể là mạch oscillator tạo ra tín hiệu AC ở tần số cao. Các thành phần quan trọng bao gồm transistor, diode, cuộn cảm (inductor), tụ điện (capacitor), và biến áp.
- **Máy biến áp cao tần:** Được dùng để cung cấp điện áp cho cuộn cảm, tạo ra trường điện từ cần thiết.
- **Cuộn cảm (Inductor):** Cuộn cảm là phần quan trọng tạo ra từ trường, cần phải được thiết kế sao cho hiệu quả truyền năng lượng và tạo ra nhiệt độ cao ở vật liệu cần nung.
- **Điều khiển công suất:** Các mạch điều khiển công suất giúp điều chỉnh độ mạnh của dòng điện và tần số để kiểm soát nhiệt độ nung chính xác.

Các bước thiết kế mạch nguồn cao tần:

1. Chọn loại mạch nguồn cao tần

Để tạo ra một mạch nguồn cao tần hiệu quả cho nung cao tần, ta có thể sử dụng một trong các cấu trúc mạch sau:

- **Mạch oscillator LC:** Dùng cuộn cảm và tụ điện để tạo ra tín hiệu cao tần. Mạch này dễ thực hiện và ổn định ở tần số yêu cầu.
- **Mạch điều chế xung (PWM):** Được dùng để điều chỉnh công suất. Tuy nhiên, với yêu cầu công suất nhỏ như ví dụ, mạch oscillator LC là lựa chọn tốt hơn.

Trong ví dụ này, ta sẽ sử dụng một mạch oscillator LC với transistor hoặc MOSFET làm bộ khuếch đại.

2. Mạch dao động LC với transistor

Mạch oscillator LC sử dụng transistor sẽ giúp tạo ra tín hiệu xoay chiều ở tần số cao (50 kHz). Chúng ta có thể sử dụng một transistor hoặc MOSFET, và cuộn cảm cùng tụ điện để tạo ra tần số mong muốn.

Các thành phần chính trong mạch:

- **Transistor (hoặc MOSFET):** Dùng để khuếch đại tín hiệu và tạo ra dòng điện cao tần. Thường sử dụng MOSFET loại N hoặc P, tùy vào yêu cầu điều khiển.
- **Cuộn cảm (Inductor):** Cuộn cảm đã tính toán ở bước trước, có giá trị **1.01 μ H**, là thành phần quan trọng trong việc tạo ra tín hiệu cao tần.
- **Tụ điện (Capacitor):** Tụ điện sẽ được kết hợp với cuộn cảm để tạo ra mạch dao động LC, giúp tạo tín hiệu xoay chiều ở tần số yêu cầu.
- **Điện trở (Resistor):** Để giới hạn dòng điện và ổn định hoạt động của transistor hoặc MOSFET.

Sơ đồ mạch dao động LC:

1. **Transistor (hoặc MOSFET)** sẽ khuếch đại tín hiệu và tạo ra dòng điện cao tần.
2. **Cuộn cảm (L)** và **Tụ điện (C)** tạo ra mạch dao động LC, quyết định tần số của mạch.
3. **Điện trở** được dùng để điều chỉnh dòng điện vào transistor hoặc MOSFET và hạn chế sự quá tải.
4. **Điện áp nguồn (Vcc)** cấp cho mạch dao động, thường là nguồn DC 12V hoặc 24V.

Sơ đồ mạch có thể đơn giản như sau:



3. Tính toán các linh kiện chính:

3.1 Điện áp nguồn (Vcc)

- Đối với mạch dao động LC, nguồn cung cấp điện áp DC sẽ phải đủ để khuếch đại tín hiệu cao tần.
- Mạch có thể sử dụng điện áp nguồn từ 12V đến 24V, tùy thuộc vào loại transistor hoặc MOSFET bạn sử dụng.

3.2 Tụ điện (C)

- Chọn tụ điện sao cho tần số dao động được ổn định và phù hợp với giá trị cuộn cảm đã tính.
- Tụ điện cần chọn sao cho mạch dao động ổn định ở tần số 50 kHz. Tụ điện thông thường có thể sử dụng giá trị từ 100 pF đến 1 nF.

3.3 Cuộn cảm (L)

- Cuộn cảm đã tính toán là 1.01 μH .

3.4 Điện trở (R)

- Điện trở R1 cần thiết để điều chỉnh dòng điện và bảo vệ transistor hoặc MOSFET. Một giá trị điện trở hợp lý có thể là khoảng 1 k Ω .

4. Thiết kế cuộn cảm (Inductor)

- **Chất liệu cuộn cảm:** Cuộn cảm thường được làm từ dây đồng hoặc dây bọc nhựa chịu nhiệt để tránh bị oxi hóa hoặc nóng chảy.
- **Số vòng quấn và hình dáng cuộn cảm:** Các yếu tố này ảnh hưởng đến mật độ từ trường và khả năng nung. Cuộn cảm có thể được thiết kế dưới dạng xoắn ốc hoặc dạng hình trụ, phù hợp với hình dạng của vật liệu cần nung.
- **Kích thước cuộn cảm:** Được tính toán sao cho tạo ra trường điện từ đủ mạnh để nung vật liệu, nhưng cũng không quá lớn gây tổn thất năng lượng.

3. Công thức tính cuộn cảm (L) cho mạch dao động cao tần

Một cách đơn giản để tính cuộn cảm trong mạch dao động là sử dụng công thức sau:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Trong đó:

- f là tần số của mạch dao động (Hz)
- L là giá trị cuộn cảm cần tính (H)
- C là giá trị tụ điện trong mạch dao động (F)

Công thức trên cho phép tính cuộn cảm nếu bạn đã biết giá trị của tụ điện C và tần số dao động f .

Giả sử bạn muốn chọn một tụ điện với giá trị $C = 100 \text{ pF} = 100 \times 10^{-12} \text{ F}$ (tụ điện phổ biến trong các mạch cao tần), và tần số dao động là $f = 50 \text{ kHz} = 50 \times 10^3 \text{ Hz}$.

Áp dụng công thức trên:

$$50 \times 10^3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times 100 \times 10^{-12}}}$$

Giải phương trình để tìm L :

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 \times C}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi \times 50 \times 10^3)^2 \times 100 \times 10^{-12}}$$

$$L = \frac{1}{(3.1416 \times 10^5)^2 \times 100 \times 10^{-12}}$$

$$L = \frac{1}{9.8696 \times 10^{10} \times 100 \times 10^{-12}}$$

$$L = \frac{1}{9.8696 \times 10^{-1}}$$

$$L \approx 1.01 \mu\text{H}$$

Như vậy, giá trị cuộn cảm cần thiết cho mạch dao động là khoảng **1.01 μH** .

5. Hệ thống làm mát

Máy nung cao tần tạo ra nhiệt lượng lớn, do đó cần có hệ thống làm mát hiệu quả. Các hệ thống làm mát thường sử dụng nước làm chất làm mát, hoặc có thể sử dụng quạt tản nhiệt đối với các bộ phận không trực tiếp tiếp xúc với vật liệu nung.

6. Điều khiển nhiệt độ và giám sát

- **Cảm biến nhiệt độ:** Các cảm biến nhiệt độ như cảm biến hồng ngoại hoặc cảm biến nhiệt độ tiếp xúc có thể được sử dụng để giám sát và điều khiển nhiệt độ của vật liệu trong suốt quá trình nung.
- **Hệ thống điều khiển tự động:** Máy nung cao tần có thể được trang bị hệ thống điều khiển tự động để thay đổi công suất và tần số của dòng điện, đảm bảo nhiệt độ luôn ổn định.

7. Kiểm tra và hiệu chỉnh

- Sau khi thiết kế và lắp ráp, cần tiến hành kiểm tra quá trình nung với các vật liệu thử nghiệm để hiệu chỉnh các thông số như công suất, tần số và độ sâu nung.
- Kiểm tra độ đồng đều của nhiệt độ trên vật liệu để đảm bảo hiệu quả nung.

Kết luận

Thiết kế và tính toán máy nung cao tần yêu cầu sự hiểu biết về vật liệu, điện tử và nhiệt động học. Việc tính toán tần số, công suất và thiết kế mạch điện phải phù hợp với mục đích sử dụng và tính chất của vật liệu cần nung. Quá trình điều khiển và giám sát cũng rất quan trọng để đảm bảo chất lượng và hiệu quả của máy nung.