

## TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ LÒ THẨM NITƠ KIỂU ĐIỆN TRỞ CỠ TRUNG

### Computation and Designing of Medium-sized Electric Furnace for Gas Nitriding

Đào Quang Kế<sup>1</sup>, Hoàng Minh Thuận<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Bản<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup> Trường Cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng Ưông Bí - Quảng Ninh

#### TÓM TẮT

Các tác giả đã tiến hành tính toán và thiết kế lò thẩm nitơ kiểu điện trở cỡ trung sử dụng trong phòng thí nghiệm phục vụ cho nghiên cứu, giảng dạy và sản xuất nhỏ. Lò thẩm được thiết kế là kiểu lò giếng có múp lò với kết cấu và hình dáng hợp lý giúp cho nhiệt độ trong không gian múp lò đồng đều. Lò được chế tạo có công suất tiêu thụ 8,5 kW. Nhiệt độ trong lò đạt được 700°C.

Từ khóa: Bề mặt, chế tạo, hóa nhiệt luyện, lò thẩm cỡ trung, thẩm nitơ thể khí, thiết kế.

#### SUMMARY

The authors have performed computation and designing of a medium-sized electric furnace for gas nitriding which is used in laboratories for researches, training and small scale production. This furnace is of a shaft type and has muffle with rational construction structure and shape that can maintain homogenous temperature in it. The manufactured furnace consumes 8.5 kW and the temperature in the furnace reaches 700°C.

Key words: Design, gas nitriding, manufacture, medium-sized electric furnace.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất lượng của chi tiết máy với những đặc tính như: khả năng chịu mài mòn, độ cứng, khả năng làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao, tính chống gỉ,... có ý nghĩa quyết định đến tuổi thọ và độ tin cậy của chúng. Các chi tiết máy bị hư hỏng bắt đầu từ việc phá hủy bề mặt ngoài.

Công nghệ xử lý bề mặt là một trong những công nghệ cơ bản được áp dụng rộng rãi trong việc chế tạo các sản phẩm từ phôi kim loại. Nó làm tăng độ bền, bảo vệ chống ăn mòn, làm tăng vẻ đẹp và giá trị thương phẩm cho sản phẩm hoàn thiện trước khi xuất xưởng (Butrkov, Toshkov, 1985; Đào Quang Kế, Hoàng Minh Thuận, 2005).

Thẩm nitơ là phương pháp khuếch tán nitơ vào bề mặt chi tiết làm tăng độ cứng và tăng tính chịu mài mòn, tạo nên lớp ứng suất nén dư đáng kể ở bề mặt làm

tăng mạnh giới hạn mỏi của chi tiết; thép thẩm nitơ còn có bề mặt bóng mờ, chống ăn mòn tốt trong khí quyển và có thể dùng để làm đồ trang sức (Butrkov, Toshkov, 1985; Lakhtin, Leonchieva, 1990).

Hiện nay, trong điều kiện đất nước ta đã gia nhập WTO, sản phẩm cơ khí của các cơ sở phải đủ sức cạnh tranh với các sản phẩm nhập ngoại cả về chất lượng và giá cả; trong khi các cơ sở sản xuất đều là các xí nghiệp vừa và nhỏ. Các xí nghiệp này vừa thiếu vốn để mua sắm thiết bị đắt tiền, vừa thiếu các kỹ thuật viên để sử dụng các thiết bị hiện đại.

Từ những yêu cầu thực tế cấp bách trên, nhóm tác giả đã nghiên cứu, thiết kế lò thẩm nitơ thể khí kiểu điện trở cỡ trung bình phục vụ cho công tác nghiên cứu cũng như phục vụ sản xuất với quy mô nhỏ. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu nói trên.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu là dây điện trở, vật liệu chế tạo thân lò, hệ thống cung cấp và dẫn khí, thiết bị đo lường và kiểm tra điện áp, dòng điện, nhiệt độ, van giảm áp.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Dựa trên lý thuyết về truyền nhiệt và dòng khí kết hợp tính toán, thiết kế làm cơ sở cho việc nghiên cứu thực nghiệm chế tạo lò thối. Trong quá trình nghiên cứu, chúng tôi chọn phương án thiết kế lò thối kiểu lò giếng có múp lò.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Hình dáng và kết cấu lò thối

Lò thối kiểu lò giếng có múp lò có hình dạng của buồng lò và múp lò thuận lợi cho việc xếp các điện trở để nung nóng, nhiệt độ trong không gian của múp lò đồng đều hơn, thuận lợi cho việc khuấy nhiệt trong không gian lò (Hoàng Nghĩa Thanh, 1982; Phạm Văn Trí & cs, 2003). Mặt khác, với hình dạng buồng lò và múp lò có thể tiết kiệm được vật liệu chế tạo lò.

Để đơn giản việc chế tạo và giảm giá thành lò, chúng tôi chọn phương án nắp lò bố trí ở phía trên thân lò. Nắp lò được đóng kín khi lò vận hành bằng chính trọng lượng của bản thân nó.

Múp lò, đặt ở phía trong buồng lò - là bộ phận làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao và trực tiếp tiếp xúc với hóa chất. Vật liệu chế tạo múp lò phải đảm bảo khả năng chịu nhiệt độ cao, chịu hóa chất. Vật liệu chế tạo múp lò là thép hợp kim 20Cr11Ni, dây 5 mm.

Khi lò làm việc, múp lò phải được đóng kín bằng nắp múp lò để chống lọt khí amôniac ( $NH_3$ ) ra ngoài làm hao tổn khí và ô nhiễm môi trường. Để làm kín khí,

giữa nắp múp và múp lò có đệm bằng bìa amiăng, silicon và được làm chặt bằng các bulông.

Để làm gọn nhẹ cho kết cấu của lò, đơn giản trong sử dụng và bảo dưỡng sửa chữa, chúng tôi thiết kế lò không sử dụng quạt gió. Việc khuấy nhiệt và tăng cường chảy rôi của dòng khí được đảm bảo do việc bố trí đường ống dẫn khí vào, tận dụng tốc độ của dòng khí ở miệng ống.

Đường dẫn khí vào lò lắp ở đáy lò. Khí amôniac được dẫn vào trong múp lò bằng ba đường ống đặt cách đều nhau  $120^\circ$ , sát thành của múp lò, để tăng cường sự chảy rôi của dòng khí và làm nhiệm vụ khuấy đều nhiệt độ trong múp lò.

Khí trước khi đi vào trong múp lò được sấy nóng ngay trong đường ống.

Điện trở dùng để đốt nóng lò, được sắp xếp phía trong của buồng lò ở phần đáy và tường lò.

Do nhiệt độ của lò khi làm việc thấp hơn  $700^\circ C$ , nhiệt độ vỏ ngoài lò chọn  $70^\circ C$ , nên thiết kế vỏ lò chỉ có một lớp cách nhiệt, vừa làm nhiệm vụ chịu nhiệt, vừa làm nhiệm vụ cách nhiệt. Lớp cách nhiệt làm bằng bông mác 200.

Vỏ ngoài lò chế tạo bằng thép lá, dày 3 mm.

Để đo nhiệt độ trong lò thối, sử dụng can nhiệt.

### 3.2. Cân bằng nhiệt lò

Nhiệt lượng cung cấp cho lò làm việc phải lớn hơn tổng nhiệt lượng cung cấp cho các khoản thu nhiệt (gồm để nung vật phẩm và các khoản hao tổn nhiệt khác). Sự cân bằng nhiệt của lò thối dạng hình trụ và có múp lò:

$$\begin{aligned} Q_{lo} &= \Sigma Q_{thu} = 1,016 \Sigma Q_{chi} = \\ &= 1,016(Q_{c_{ich}} + Q_{ton_{that}}) \\ &= 1,016(Q_{c_{ich}} + Q_{xl} + Q_{bx} + \\ & \quad Q_{lam_{nguai}} + Q_{phu} + Q_{ngan_{mach} + \dots}) \end{aligned}$$

Công suất danh định cho lò xác định bằng công thức:  $Q_{dd} = k.Q_{lo}$ .

Trong đó, k là hệ số dự trữ,  $k = 1,2 \div 1,3$  đối với lò làm việc liên tục và  $k = 1,4 \div 1,5$  đối với lò làm việc chu kỳ. Hệ số dự trữ được đưa vào để duy trì nhiệt độ trong lò

cần thiết khi giảm hiệu điện thế của lưới điện.

Sau khi lựa chọn và tính toán, các kết quả được thể hiện ở bảng 1.

**Bảng 1. Kết quả lựa chọn và tính toán**

Stt	Các thông số	Đơn vị tính	Kết quả tính toán
1	Các số liệu ban đầu:		
	- Đường kính múp lò thắm, $d_1$	mm	318
	- Đường kính vỏ lò, $d_2$	mm	542
	- Thời gian nung, $\tau$	giờ	8
	- Nhiệt độ ban đầu, $t'$	$^{\circ}\text{C}$	20
	- Nhiệt độ cuối quá trình nung, $t''$	$^{\circ}\text{C}$	700
	- Nhiệt độ không khí xung quanh lò, $t_{kk}$	$^{\circ}\text{C}$	40
	- Khối lượng của vật nung	kg	40
	- Hệ số không chính xác khi lắp ráp, chế tạo	%	2
	- Khối lượng cơ cấu kim loại, $G_m$	kg	10
2	Các khoản chi phí nhiệt:		
	- Nhiệt lượng có ích để nung vật phẩm, $Q_{c\acute{o} \acute{i}ch}$	W	3650
	- Nhiệt lượng tổn thất qua các thể xây lò, $Q_{xi}$	W	126
	- Nhiệt lượng hao tổn do bức xạ qua cửa và khe hở, $Q_{bx}$	W	1635
	- Nhiệt lượng tổn thất do nung nóng cơ cấu kim loại đỡ vật nung, $Q_{dv}$	W	60
	- Nhiệt lượng tổn thất do vỏ lò giữ nhiệt, $Q_{ngh}$	W	0,5
3	Các khoản nhiệt được cung cấp:		
	- Công suất danh định cho lò, $Q_{dd}$	W	8336

### 3.3. Tính toán dây điện trở trong lò

#### 3.3.1. Vật liệu chế tạo dây điện trở

Yêu cầu của dây điện trở: Khả năng chịu nóng tốt, không bị oxy hoá trong môi trường không khí ở nhiệt độ cao; Bền nóng cao, bền cơ học tốt; Điện trở suất lớn; Hệ số nhiệt điện trở nhỏ; Các kích thước phải ổn định; Các tính chất điện phải cố định; Dễ gia công: kéo dây, dễ hàn, đối với vật liệu phi kim loại cần ép khuôn được.

Để đảm bảo yêu cầu chung của việc thiết kế và chế tạo, dây điện trở dùng để chế tạo lò thắm phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật, dễ lắp đặt, dễ bảo dưỡng và sửa chữa, vì thế chúng tôi chọn dây hợp kim crôm - nhôm.

#### 3.3.2. Cấu trúc và việc bố trí dây điện trở trong lò

Trong các lò điện trở, dây điện trở thường có tiết diện tròn hoặc tiết diện hình chữ nhật. Từ hai loại dây này người ta cấu trúc thành các kiểu khác nhau: Dây điện trở có cấu trúc xoắn (xoắn trụ và xoắn

phẳng); Dây điện trở có cấu trúc zíc zắc; Dây điện trở có tiết diện chữ nhật, cấu trúc zíc zắc.

Chọn cách bố trí dây điện trở sao cho lượng nhiệt phát ra là lớn nhất và dòng nhiệt phát ra phải ổn định. Có nhiều cách bố trí dây điện trở và tùy theo kết cấu của lò để chọn cách bố trí hợp lý. Điện trở thường được bố trí ở mặt trong của tường lò và đáy lò.

$$W = \frac{P}{F_{xq}}, \quad \text{W/cm}^2$$

Trong đó:

W - công suất bề mặt riêng của dây điện trở thực,  $\text{W/cm}^2$ ;

P - công suất của dây điện trở, W;

$F_{xq}$  - bề mặt xung quanh dây điện trở,  $\text{cm}^2$ ;

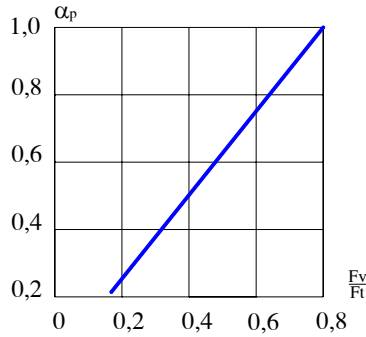
$$W = Wlt \cdot \alpha_c \cdot \alpha_{\Gamma} \cdot \alpha_p \cdot \alpha_{hp}, \quad \text{W/cm}^2$$

Wlt - công suất bề mặt riêng của dây điện trở lý tưởng,  $\text{W/cm}^2$

$\alpha_c$  - hệ số xét đến ảnh hưởng của hệ số bức xạ quy dẫn Cqd.

Khi  $C_{qd} = 3,3 \text{ kCal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}^4$ , thì  $\alpha_c = 1$   
 $\alpha_p$  - hệ số xét tới sự ảnh hưởng của kích thước vật nung. Giá trị  $\alpha_p$  phụ thuộc vào tỷ số bề mặt tính toán của vật nung ( $F_v$ ) và bề mặt của tường lò ở đó có bố trí dây điện trở, giá trị của ( $F_v$ ) tính theo hình 1.

$F_v$  - bề mặt trao đổi nhiệt của vật nung,  $\text{m}^2$ ;  
 $F_t$  - bề mặt tường lò trên đó có bố trí dây điện trở,  $\text{m}^2$ ;  
 Từ bảng 2,  $\alpha_{hp} = 0,68$  (chọn dây tròn kiểu ziczắc).

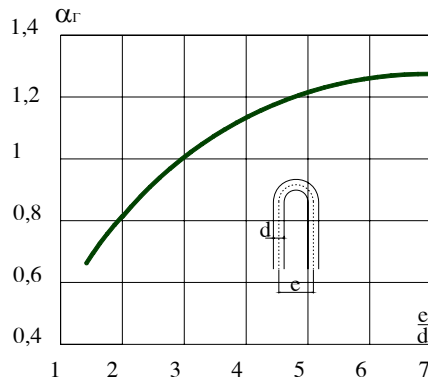


Hình 1. Hệ số kích thước vật nung  $\alpha_p$  phụ thuộc vào tỷ số  $F_v/F_t$

Bảng 2. Giá trị hệ số  $\alpha_{hp}$

Kiểu dây điện trở	Khoảng cách vít nhỏ nhất	$\alpha_{hp}$
Dây tròn kiểu ziczắc	$e/d = 2,75$	0,68
Dây tiết diện chữ nhật kiểu ziczắc	$e/d = 0,9$	0,40
Dây xoắn trên ống gốm	$t/d = 2$	0,32
Dây xoắn đặt trên giá	$t/d = 2$	0,32
Dây xoắn đặt trên mái đua	$t/d = 2$	0,22
Dây đốt dạng thoi	$t/d = 2,75$	0,68

$\alpha_r$  - hệ số xét tới ảnh hưởng của cấu trúc dây điện trở, cụ thể là xét tới ảnh hưởng của bước xoắn (Hình 2).



Hình 2. Hệ số  $\alpha_r$  phụ thuộc  $e/d$  (dây tròn kiểu ziczắc)

Dây điện trở được bọc ngoài bằng ống gốm cách điện và được bố trí phía trong của tường lò. Cần bố trí đều mặt ngoài xung quanh múp lò và diện tích phân đáy lò.

### 3.3.3. Tính toán dây và kiểm tra điện trở

Kết quả tính toán:

- Công suất bề mặt riêng của dây điện trở lý tưởng:

$$W_{lt} \approx 1,65 \text{ W/cm}^2$$

- Công suất riêng của dây điện trở:

$$W = 0,84 \text{ W/cm}^2$$

- Công suất điện trở theo yêu cầu của lò:  $P = Q_{dd} = 8336 \text{ W} = 8,336 \text{ kW}$ . Với công suất thiết kế của lò nhỏ hơn 15 (kW), nên mạch điện mắc cho lò là mạch điện xoay chiều một pha (Hoàng Kim Cơ, 2001);

Hiệu điện thế của mạch điện của lò:

$$U = 220 \text{ V};$$

Dây điện trở của lò được chia làm 3 đoạn bằng nhau, đấu song song;

Nhiệt độ cao nhất của lò theo yêu cầu thiết kế:  $t_{v(\max)} = 700^\circ\text{C}$ ;

Chọn cách bố trí vật nung ở trong buồng lò hợp lý và lắp điện trở;

Lò làm việc ở chế độ không liên tục.

Vật liệu chế tạo dây điện trở là hợp kim crôm - nhôm (X134); điện trở suất ở  $0^\circ\text{C}$  là  $\rho_0 = 1,26 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ; hệ số nhiệt điện trở  $\alpha = 0,15 \cdot 10^{-3}$ . Đường kính của dây:  $d = 2\text{mm}$ .

Công suất một nhánh dây điện trở:  $Q_{nh} = Q_{dd}/3 = 8336/3 = 2779 \text{ W}$

Điện trở suất của dây:  $\rho_t = 1,365 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Chiều dài dây:  $L \approx 40 \text{ m}$

Dây điện trở chọn kiểu quấn xoắn tròn, đường kính vòng xoắn  $\varnothing = 12 \text{ mm}$ . Chiều dài của một đoạn dây xoắn được tính như sau:

Số vòng xoắn  $n = L/\pi$ .

$$\varnothing = 40000/3,14 \cdot 12 = 1061 \text{ vòng};$$

Chiều dài của dây xoắn:

$$L_x = n \cdot (\pi \cdot d) = 1061 \cdot 2 = 2122 \text{ mm}$$

Chọn chiều dài dây 3,0 m.

Công suất bề mặt riêng thực tế của dây:

$$W_{thực} = 0,37 \text{ W/cm}^2$$

$$\rightarrow W_{thực} < W = 0,84 \text{ W/cm}^2$$

Vậy dây điện trở được chọn ở trên đạt yêu cầu về công suất bề mặt riêng so với thiết kế của lò.

### 3.4. Tính toán, thiết kế đường ống dẫn khí

#### 3.4.1. Tính toán đường ống dẫn khí

Hệ thống dẫn khí từ bình khí  $\text{NH}_3$  vào lò được tính toán thiết kế sao cho dòng khí vào trong lò để đảm bảo tốt cho quá trình thắm.

Lưu lượng của dòng khí amôniac đảm bảo cho việc thắm nitơ khoảng từ  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  đến  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Vì vậy trong tính toán ta lấy lưu lượng là  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Chọn đường kính ống dẫn khí từ bình ra là  $d = 12 \text{ mm}$ .

Lưu lượng dòng khí tại miệng ống nạp vào múp lò:  $Q = 0,000014 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Vận tốc dòng khí:  $v = 0,2 \text{ m/s}$ .

Với vận tốc của dòng khí nạp như trên, dòng khí chảy trong múp lò sẽ đập vào vách của múp lò, tạo ra chảy rối cưỡng bức và khuấy nhiệt trong múp lò.

Chọn đường kính của ống dẫn khí ra bằng đường kính của đường dẫn khí vào.

Từ dòng khí chính ta dẫn thành ba dòng khí rẽ để đi vào trong lò nhằm tạo ra dòng xoáy khí trong lò và tăng cường cho sự chảy rối dòng khí trong lò.

Khi đó ta có:

Lưu lượng qua từng nhánh:

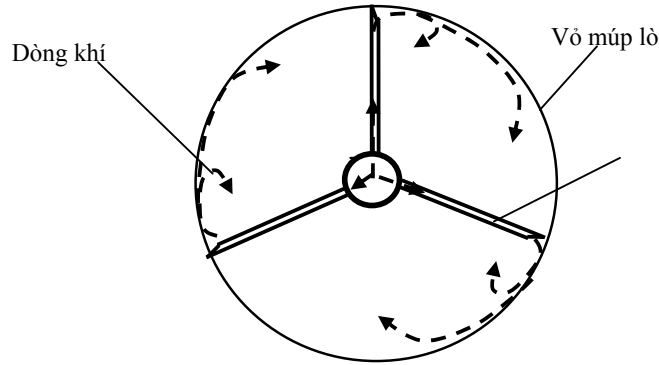
$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q/3 = 0,57 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Đường kính nhánh:

$$d_1 = d_2 = d_3 = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi v}} \approx 3,6 \text{ mm}$$

Vật liệu chế tạo ống là thép hợp kim 20Cr11Ni có độ dày 1 mm.

#### 3.4.2. Cách bố trí đường ống dẫn khí trong lò

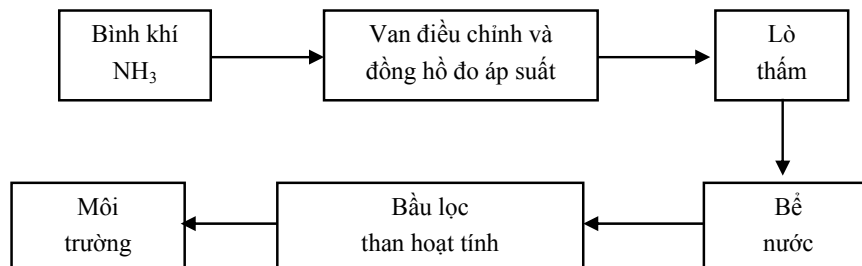


Hình 3. Sơ đồ nguyên lý dòng khí chảy trong mặt cắt ngang của múp lò

Đường ống nạp khí được thiết kế như hình 3. Với cách bố trí như vậy, thì dòng khí vào lò tạo ra xoáy, khả năng điền đầy khí vào lò nhanh hơn, tăng cường chảy rối của dòng khí trong lò, đảm bảo được quá

trình thấm diễn ra nhanh hơn và đạt chất lượng thấm cao.

Dòng khí nạp cho lò được điều chỉnh áp suất bằng van điều chỉnh áp suất và theo dõi bằng đồng hồ đo áp suất (hình 4).



Hình 4. Sơ đồ lưu thông dòng khí trong hệ thống lò thấm

Dòng khí vào lò sẽ đi từ dưới lên trên tức là được dẫn từ phía đáy lò, sau khi làm việc khí xả sẽ được thoát ra khỏi lò theo đường ống thoát. Miệng ống thoát được ngập trong bể nước, nhằm hòa tan lượng khí  $\text{NH}_3$  còn dư. Miệng bể nước được làm kín, khí xả được thoát ra theo đường ống gắn phía trên nắp bể và được dẫn tới bầu lọc than hoạt tính để lọc mùi và khí độc trước khi thải ra môi trường.

### 3.5. Điều chỉnh lưu lượng khí cung cấp cho lò

Điều chỉnh lưu lượng dòng khí amôniac  $\text{NH}_3$  cung cấp cho lò thấm là việc rất quan

trọng. Nó ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của quá trình thấm. Trong quy trình thấm nitơ thể khí, khi nhiệt độ lò đạt khoảng  $300^\circ\text{C}$  thì bắt đầu cung cấp khí amôniac vào trong múp lò với lưu lượng khoảng 200 l/h. Khi nhiệt độ trong lò đạt tới nhiệt độ thấm, cần điều chỉnh lưu lượng khí cung cấp khoảng 400 l/h. Khi chuẩn bị ngừng thấm, tắt nguồn cung cấp nhiệt, nhiệt độ của lò giảm dần, tiếp tục cung cấp khí với lưu lượng khoảng 200 l/h và giữ lưu lượng đó cho tới khi nhiệt độ trong lò xuống tới  $300^\circ\text{C}$  thì ngừng cung cấp khí.

Nếu coi vận tốc dòng khí vào ổn định trong quá trình dẫn khí, khi vận hành lò,

lưu lượng khí lưu thông qua lò không lớn so với đường kính của múp lò, một đầu của ống xả khí được nhúng vào bể nước. Coi áp suất trong múp lò bằng áp suất khí quyển; tổn thất năng lượng của dòng khí trong hệ thống là không đáng kể.

Áp suất đo được tại đầu ống nạp khí sẽ là độ chênh lệch giữa mặt cắt ngang của đường ống và mặt cắt ngang của múp lò.

Lưu lượng khí vào múp lò là 200 l/h:

$$\rightarrow h = 0,14 \text{ mH}_2\text{O}$$

Lưu lượng khí vào múp lò là 400 l/h:

$$\rightarrow h = 0,28 \text{ mH}_2\text{O}$$

Như vậy, khi cần thay đổi lưu lượng dòng khí amoniác nạp vào trong múp lò, ta chỉ cần điều chỉnh van điều chỉnh áp suất đầu ra của bình khí.

### 3.6. Chế tạo lò thối

Việc chế tạo lò thối chủ yếu là chế tạo thiết bị tạo nhiệt và múp lò, ống dẫn khí vào và ra. Các bộ phận trong lò liên kết với nhau bằng các khớp nối đảm bảo kín khí.

Lò sau khi chế tạo, được đem thử nghiệm và đánh giá.

#### **Một số đặc điểm và thông số cơ bản của lò như sau:**

- Điện áp đầu vào: 220 V;
- Điện áp đầu ra: 220 V;
- Dải nhiệt độ điều chỉnh được:  $100 \div 1100^\circ\text{C}$ ;
- Hệ thống hoàn toàn đóng ngắt điện tự động thông qua các chế độ đã định.
- Công suất tiêu thụ: 8,5 kW;
- Nhiệt độ đạt được:  $700^\circ\text{C}$ ;
- Đường kính trong  $\varnothing = 300\text{mm}$ ;
- Chiều cao có ích h: = 400 mm;
- Trọng lượng: 40 kg.

## 4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công lò thối nitơ thể khí cỡ trung bình dùng trong phòng thí nghiệm và sử dụng trong sản xuất quy mô nhỏ.

Đặc tính kỹ thuật của lò sau khi chế tạo, qua khảo nghiệm và đánh giá đã đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đề ra. Lò thối làm việc ổn định với các chế độ công nghệ khác nhau.

### Lời cảm ơn

Xin chân thành cảm ơn Vụ Khoa học và Công nghệ - Bộ Giáo dục và Đào tạo và Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội đã hỗ trợ kinh phí để các tác giả có thể hoàn thành đề tài B2006-11-32 và bài báo này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hoàng Kim Cơ, Đỗ Ngân Thanh, Dương Đức Hồng (2001). *Tính toán kỹ thuật nhiệt luyện kim*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- Đào Quang Kế, Hoàng Minh Thuận (2005). *Nghiên cứu thối Nitơ nâng cao chất lượng bề mặt một số vật liệu cơ khí*. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 3+4, tr. 57-59.
- Hoàng Nghĩa Thanh (1982). *Hỏi đáp về thiết bị nhiệt luyện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Phạm Văn Trí, Dương Đức Hồng, Nguyễn Công Cần (2003). *Lò công nghiệp*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Бунцов А.В. Ташков (1985). *Источники азота в технике*
- Ляхин Ю.М., В.П. Леоньева (1990). *Машиностроение*, Москва
- [http://www.en.wikipedia.org/wiki/Plasma\\_nitriding](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Plasma_nitriding).