

# NGHIÊN CỨU CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT VÀ ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN CÔNG NGHỆ TÁI LUYỆN LIỆU RỜI TRONG LÒ ĐỨNG - PLASMA

Lưu Phương Minh, Lê Văn Lữ - Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

Kochiakop V.N - Viện Vật lý Kim loại và Hợp kim - Viện hàn lâm khoa học Ukraina

(Bài nhận ngày 08 tháng 2 năm 2002, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 14 tháng 3 năm 2002)

**TÓM TẮT:** Nghiên cứu các quá trình nhiệt trong lò đứng Plasma. Xác định sự phân bố nhiệt độ theo chiều cao thân lò. Đề xuất phương án sử dụng năng lượng Plasma để bù đắp sự mất mát nhiệt do khí cháy không hoàn toàn tại vùng nổi lò. Trên cơ sở các kết quả thực nghiệm đã đề xuất một số phương án kết cấu lò đứng Plasma để tái luyện liệu rời kim loại màu.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các ngành công nghiệp và dân dụng hàng năm thải ra số lượng lớn phế liệu kim loại màu và đen. Nếu xử lý tốt nguồn phế liệu này sẽ giải quyết một phần nguyên liệu cho các nhà sản xuất, đặc biệt là các loại thép hợp kim, kim loại màu có giá trị kinh tế cao, tiết kiệm ngoại tệ, góp phần bảo vệ môi trường. Liệu rời chiếm tỷ trọng lớn trong các loại phế liệu kim loại. Đặc điểm của liệu rời là có bề mặt tiếp xúc lớn, dễ bị ôxy hóa, gây khó khăn cho quá trình luyện và tinh luyện. Các loại thiết bị luyện thông thường không thể xử lý hiệu quả liệu rời mà cần thiết phải có các loại thiết bị chuyên dùng.

Từ những năm 1970 - 1980 các nước phát triển chú ý đến tính ưu việt của lò đứng, bởi hiệu suất thu hồi nhiệt cao. Trên cơ sở lò đứng truyền thống các nhà khoa học đã đề xuất loại lò đứng kiểu mới để nấu luyện kim loại màu, cho phép sử dụng cả liệu rời. Tuy nhiên ngoài tính ưu việt về thu hồi nhiệt loại lò này vẫn không giải quyết triệt để vấn đề ôxy hóa bề mặt kim loại trong quá trình luyện.

Trong những năm gần đây công nghệ plasma nhiệt độ thấp (với mức độ ion hóa ~ 1% với nhiệt độ <math> < 10.000^0\text{K}</math>) được ứng dụng rộng rãi trong ngành luyện kim. Ưu điểm của nguồn năng lượng plasma :

- Nguồn nhiệt tập trung, có thể tạo vùng cục bộ nhiệt độ cao, cho phép cường hóa các quá trình nhiệt và luyện kim.
- Có thể tạo môi trường luyện và tinh luyện theo yêu cầu (ôxy hóa, hoàn nguyên, trung tính). Mặt khác đây là nguồn năng lượng sạch, hạn chế ô nhiễm môi trường.

Mục đích nghiên cứu đề xuất theo hướng cường hóa quá trình nhiệt, luyện kim và bảo vệ môi trường, kết hợp ưu điểm về hiệu suất nhiệt cao của lò đứng với nguồn năng lượng plasma.

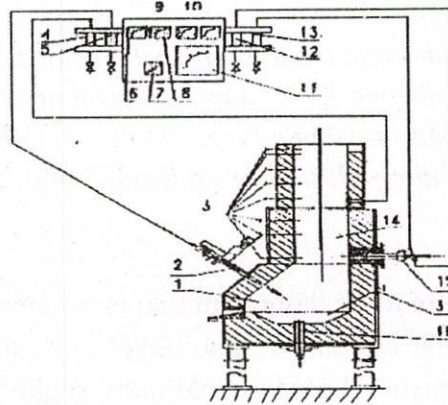
## 2. NGHIÊN CỨU CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT TRONG LÒ ĐỨNG PLASMA :

Thiết bị và công nghệ đề xuất lưu ý đến đặc thù luyện liệu rời có bề mặt tiếp xúc với không khí lớn. Quá trình nung chảy liệu được thực hiện bằng nhiệt đốt cháy khí tự nhiên, được thực hiện bằng các plasmatron dòng điện một chiều cực thuận, nâng nhiệt và tinh luyện kim loại lỏng trong buồng chứa của lò.

Sự đốt cháy khí tự nhiên với lượng khí không đủ sẽ kéo theo việc giảm nhiệt lượng cháy. Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm chỉ ra rằng với hệ số tiêu hao khí  $\alpha = 0,5-0,6$

hầu như không xảy ra sự ôxy hóa kim loại, nhưng đồng thời nhiệt lượng cháy của khí đốt giảm gần hai lần.

Trong lò đứng plasma, tại vùng nung liệu, để có được khí chuyển hóa năng lượng cao, sử dụng các plasmatron hồ quang điện một chiều mà trong đó sự mất mát nhiệt lượng do đốt cháy nhiên liệu không hoàn toàn sẽ được bù lại bằng năng lượng do plasmatron tạo ra. Điều này cho phép duy trì mức nhiệt độ cao của quá trình nung liệu với vận tốc cho trước mà vẫn giảm thiểu sự oxy hóa bề mặt liệu.



H1. Sơ đồ lò đứng plasma thực nghiệm.

- |                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1. Buồng quá nhiệt         | 7. Thiết bị ngắt cấp nhiệt điện    |
| 2. plasma                  | 8, 10. Vôn kế                      |
| 3. Cấp nhiệt điện          | 11. Milivon am kế                  |
| 4, 5, 12, 13. Lưu lượng kế | 15. Plasmatron tương tác gián tiếp |
| 6, 9. Ampe kế.             | 16. Anốt                           |

Kết cấu của thiết bị thí nghiệm bao gồm buồng đốt liệu dạng lò đứng, buồng quá nhiệt kim loại lỏng, 2 plasmatron hồ quang tương tác gián tiếp với bộ ổn định từ hồ quang, 1 plasmatron hồ quang cực thuận với cơ cấu dịch chuyển, nước làm nguội điện cực anod đáy, 2 nguồn điện một chiều, nguồn điện áp thấp phụ trợ dòng một chiều và bảng điều khiển. Khí tạo plasma được chọn là không khí nén, hỗn hợp không khí nén và khí tự nhiên với hệ số tiêu hao không khí  $\alpha = 0,5 - 0,6$  để tạo môi trường trung tính. Các mẻ luyện được tiến hành với sự thay đổi công suất vào plasmatron trong vùng quá nhiệt kim loại từ 10 -20 KW, và trong vùng nung liệu kim loại từ 50 - 80 KW. Tiêu hao không khí, khí tự nhiên và argon đưa vào plasmatron không vượt quá  $64 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{h}$ ,  $13 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{h}$  và  $2,1 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{h}$ . Liệu dùng làm thí nghiệm là phoi đồng và các dây dẫn điện bằng đồng, phoi thép.

## 2.1 Các qui luật chế độ nhiệt của lò :

Nhiệt độ của khí năng lượng cao ở mặt cắt thoát của plasmatron được xác định theo cân bằng nhiệt :

$$T_k = \frac{P_p - (P_a + P_k)}{G_k \cdot C_{kn}} \quad (1)$$

$P_p$  - công suất của Plasmatron KW.

$P_a, P_k$  - mất mát công suất trên anod và catod, KW.

- $G_k$  - tiêu hao khí làm việc, Kg/ S.  
 $C_{kn}$  - nhiệt dung của khí nóng, KJ/Kg<sup>0</sup>C.

Khi nung ở trạng thái ngược dòng, coi sự mất mát nhiệt qua môi trường bằng không, với mọi tiết diện theo chiều cao thân lò đứng, hiệu số Entanpi của dòng khí thải và liệu bằng Entanpi của khí ở đầu ra của lớp tiết diện đó cùng với nhiệt độ dư.

$$G_k \cdot C_k \cdot T_{kd} - G_{kl} \cdot C_{kl} = G_k \cdot C_k \cdot T_{kc} \quad (2)$$

Từ biểu thức (2) suy ra :

$$T_k^c = T_k^d - \frac{G_{kl} \cdot C_{kl}}{G_k \cdot C_k} \quad (3)$$

- $G_k, G_{kl}$  - Khối lượng hao khí và liệu tương ứng, Kg/h.  
 $C_k, C_{kl}$  - Nhiệt dung của khí và liệu tương ứng, KJ/Kg<sup>0</sup>C.  
 $T_k^d, T_k^c$  - Nhiệt độ của khí ban đầu và cuối tương ứng, <sup>0</sup>C.  
 $T_{kl}$  - Nhiệt độ nung liệu, <sup>0</sup>C.

Khi nung liên tục vô hạn, nhiệt độ của liệu trong vùng nóng chảy đạt được nhiệt độ của khí trong vùng đó. Nếu từ thời điểm đó viết biểu thức (2) và cho rằng:  $T_k = T_k' - T_{kl}$ , ta có biểu thức :

$$T_{kl} = \frac{T_k'}{1 - \frac{G_{kl} \cdot C_{kl}}{G_k \cdot C_k}} \quad (4)$$

Biểu thức này đúng cho trường hợp trao đổi nhiệt kết thúc cho liệu mỏng cũng như liệu cục lớn. Biểu thức đó thiết lập mối quan hệ giữa các đặc tính của dòng khí và liệu, tính dẫn nhiệt của liệu và khí, vận tốc di chuyển của liệu, cường độ trao đổi nhiệt và nhiệt độ của liệu và khí trong vùng nung.

## 2.2. Các qui luật đặc trưng trong vùng nung liệu:

Trong vùng nung (thân lò) nhiệt cần thiết để nung kim loại đến nhiệt độ nóng chảy được xác định bằng biểu thức :

$$Q_l = G_l [G_l / (T_{nc} - T_0) + R] \quad (5)$$

Nhiệt của sản phẩm chuyển hóa khí đốt được đưa vào vùng này, ngoài ra còn có nhiệt đốt hết khí đốt dư và nhiệt bức xạ của kim loại lỏng, nhiệt của Plasma vùng nóng chảy.

$$Q_l = G_k I_k + M q^p + \frac{\sigma_1 \cdot \varphi_1}{T_{kl}^4 - T_{nc}^4} + \frac{\sigma_2 \cdot \varphi_2}{T_{kl}^4 - T_{nc}^4} - Q_m \quad (6)$$

Nhiệt cần nâng nhiệt độ của kim loại lỏng trong vùng nung :

$$Q_2 = Q_{kl} \cdot C_{kl} (T_{kl} - T_{nc}) \quad (7)$$

Đưa vào vùng này thêm nhiệt vì giảm thế Anod; đối lưu khí nóng và bức xạ từ dòng plasma.

$$Q_2^1 = U_A \cdot I_A + Q_{kl}^k + \frac{\sigma_3 \cdot \varphi_3}{T_{pl}^4 - T_{kl}^4} - Q_m \quad (8)$$

Tính cả vùng nung và tăng nhiệt kim loại lỏng trong lò đứng Plasma có biểu thức sau:

$$Q_3 = G_k I_k + Mq^p + \sigma_1 \cdot \varphi_1 / (T_{kl}^4 - T_{n.c}^4) + \sigma_2 \cdot \varphi_2 / (T_{PL}^4 - T_{n.c}^4) + \sigma_3 \cdot \varphi_3 / (T_{PL}^4 - T_{n.c}^4) + G_{kl}^k + U_{Bên A} I_{Bên A} - \Sigma Q_m \quad (9)$$

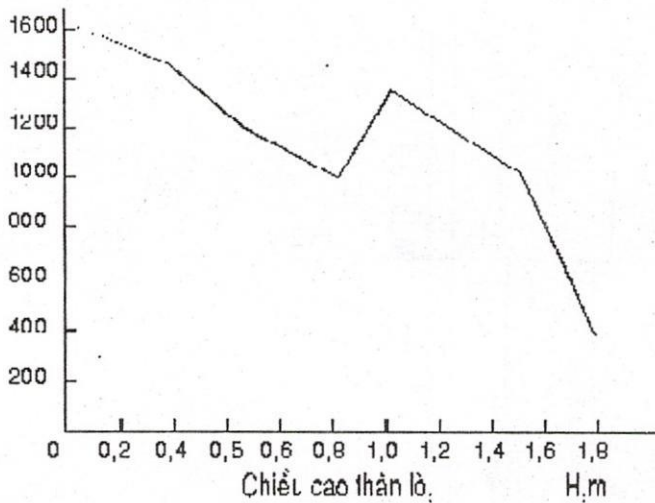
- $G_1, G_{kl}$  - Tiêu hao khối lượng liệu và kim loại tương ứng.
- $C_1, C_{kl}$  - Nhiệt dung của liệu và kim loại.
- $T_{nc}, T_{kl}$  - Nhiệt độ nóng chảy của liệu và nhiệt độ của kim loại lỏng.
- $T^0$  - Nhiệt độ ban đầu của liệu.
- $R$  - Ẩn nhiệt nóng chảy của liệu.
- $G_k$  - Tiêu hao khối lượng khí.
- $I_k$  - Entanpi sản phẩm chuyển hóa.
- $Q^p$  - Nhiệt lượng của khí đốt.
- $M$  - Nhiệt sinh ra do đốt hết sản phẩm chuyển hóa khí đốt dư.
- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  - Các hệ số bức xạ qui đổi.
- $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  - Hệ số góc.
- $T_{pl}$  - Nhiệt độ của dòng plasma.
- $\Sigma Q_m$  - Mất mát qua khí thải, tường lò v.v...
- $U_a$  - Giảm áp anot.
- $I_a$  - Dòng điện hồ quang.
- $Q_{kl}^k$  - Nhiệt đối lưu truyền từ khí đến kim loại.

Công thức (9) cho phép thiết lập cân bằng nhiệt cho lò đứng Plasma và xác định chế độ nhiệt cần thiết tối ưu cho lò.

### 3. THẢO LUẬN KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ ĐỀ XUẤT CÁC PHƯƠNG ÁN CÔNG NGHỆ:

Trên thiết bị thí nghiệm (H1) đã nghiên cứu các đặc trưng phân bố nhiệt độ theo chiều cao của thân lò, xác định năng suất và tiêu hao điện năng, cho phép đánh giá hiệu quả của quá trình. Đặc trưng thay đổi nhiệt độ theo chiều cao được thể hiện ở H2. Nhiệt độ của sản phẩm cháy khí tự nhiên sau khi ra khỏi Plasmatron giảm theo chiều cao của lò. Ở vùng cấp không khí để đốt sản phẩm cháy chưa hết nhiệt độ lại tăng lên. Khi lên cao trong vùng liệu lạnh nhiệt độ của nó giảm dần và ra khỏi lò còn 500°C. Phân tích số liệu cho

thấy theo chiều cao của lò có 2 vùng nhiệt độ cao của khí thải. Đó là phần dưới của lò nơi lắp đặt plasmatron và vị trí cấp không khí để đốt cháy hoàn toàn sản phẩm cháy dư.



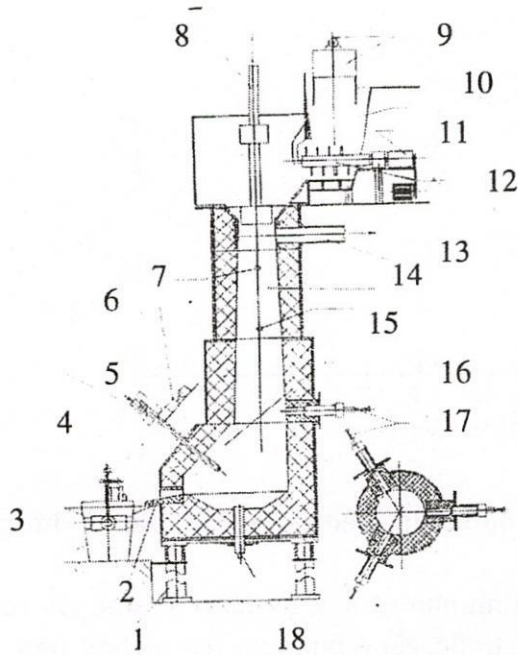
## H2. Sự thay đổi nhiệt độ khí lò theo chiều cao thân lò đứng

Kết quả nghiên cứu các quá trình nhiệt trong lò đứng plasma chỉ ra rằng, với công suất chung của plasmatron là 90 KW trong vùng nung và nóng chảy liệu tiêu hao hết 77 KW, phần công suất còn lại tiêu hao cho việc nâng nhiệt kim loại lỏng. Ở đây với công suất 77 KW trong vùng nóng chảy liệu, công suất sinh ra trong plasmatron khi đốt cháy không hoàn toàn khí tự nhiên với hệ số tiêu hao không khí là 0,5 chiếm 43 KW. Với công suất chung 90 KW, năng suất lò là 100 Kg/h, tiêu hao đơn vị năng lượng điện cho cả chu trình luyện là 0,9 KWh/ Kg. Với các lò qui mô công nghiệp năng suất cao, tiêu hao đơn vị năng lượng điện sẽ nhỏ hơn rất nhiều.

Kết quả nghiên cứu cho thấy tính hợp lý về công nghệ và kinh tế khi chế tạo hợp kim đúc từ liệu rời trong lò đứng plasma. Trên cơ sở các nghiên cứu về nhiệt và đặt trưng của quá trình luyện kim trong lò đứng plasma đã đề xuất ra các phương án công nghệ và kết cấu lò:

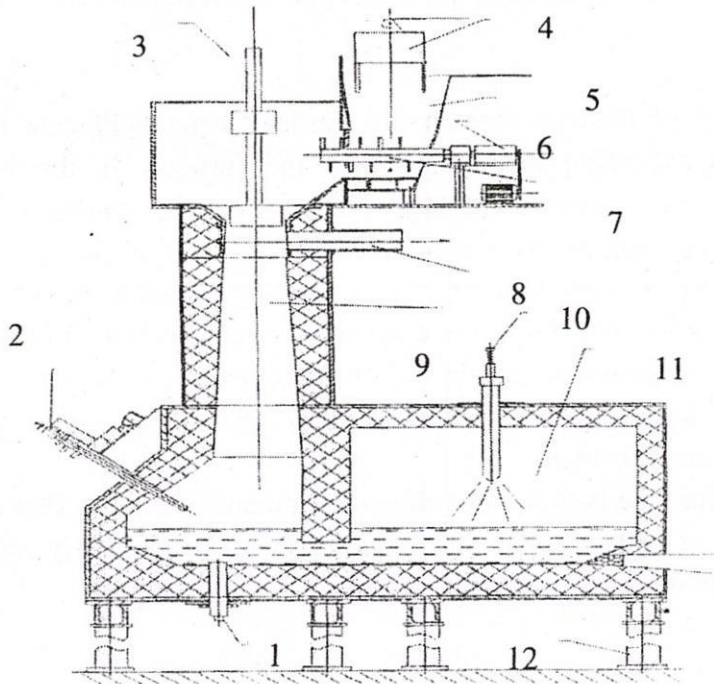
Theo phương án 1 (H3) quá trình nấu luyện tiến hành trong môi trường khí trơ bởi Plasmatron cực thuận được lắp đặt ở phần dưới của lò đứng. Nó cho phép tiến hành cường hóa quá trình nung kim loại lỏng trong buồng chứa, tinh luyện kim loại bằng dòng plasma và làm chảy liệu với tốc độ lớn.

Theo phương án 2 (H4) qui trình công nghệ hoàn thiện hơn, sự nung nóng và làm chảy liệu được thực hiện bởi nhiệt cháy khí đốt tự nhiên trong các plasmatron tương tác gián tiếp, còn nâng nhiệt và tinh luyện kim loại lỏng trong buồng chứa được thực hiện bởi plasmatron cực thuận. Sơ đồ này rất hiệu quả theo quan điểm công nghệ.



H3: Lò đứng plasma

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Khung đỡ                       | 10. Buồng chứa liệu                 |
| 2. Máng rót                       | 11. Cơ cấu chuyển động cấp liệu rời |
| 3. Dốt                            | 12. Thiết bị cấp liệu rời           |
| 4. Plasmatron                     | 13. Ống dẫn khí thải                |
| 5. Plasmatron                     | 14. Thân lò đứng                    |
| 6. Cơ cấu chuyển động Plasmatron  | 15. Cấp khí để đốt nguyên liệu dư   |
| 7. Cấp khí giảm nhiệt độ khí thải | 16. Buồng nung kim loại lỏng        |
| 8. Thiết bị đẩy liệu              | 17. Plasmatron                      |
| 9. Thiết bị nạp liệu              | 18. Anod                            |



**H4: Lò đứng plasma**

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Anod                            | 7. Máng cấp điện                   |
| 2. Plasmatron hồ quang             | 8. Ống thoát khí thải              |
| 3. Thiết bị đẩy liệu               | 9. Thân lò                         |
| 4. Thiết bị nạp liệu               | 10. Plasmatron gián tiếp           |
| 5. Buồng chứa liệu                 | 11. Buồng nâng nhiệt kim loại lỏng |
| 6. Cơ cấu chuyển động cấp liệu rời | 12. Khung đỡ                       |

## STUDY OF HEAT PROCESSES AND SUGGESTION FOR THE OPTION OF RECYCLING WASTE METALS IN THE VERTICAL FURNACE PLASMA

Kochiakop V.N, Lưu Phương Minh, Lê Văn Lữ  
(Received 08 February 2002, Revised 14 March 2002)

**ABSTRACT:** The study of heat process in the vertical furnace Plasma is to study the temperature distribution according to the height of the furnace. In the vertical furnace Plasma at the furnace heart, in order to get high gas energy transforming, people utilize the one way photoelectric Plasmatron in which the loss of energy due to incomplete gas combustion will be compensated by the energy generated by Plasmatron.

In the industry of cast production, the electric sensitive oven has the strong point of energy concentration, the heat and pressure of which can be adjusted easily during the process of metallurgy. The metal liquid is evenly mixed, guaranteeing uniform temperature and chemical elements, the output is high.

At present, this kind of furnace is being developed by means of adding Plasmatron in using the absolute heat source of Plasma to enhance metallurgy process at early stage when metal liquid is not yet present in the sensitive oven.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Aseida C, Jejvehi S, Adachi J, *Industrial plasma introductrion frennaca*, Trans, Jap Inst metall. 1970-34-P850.
2. Heine Hans J, *Plasma fined cupola pxomiscs metting economics*. Foundry Manag and Techonol, 1986-114, N3.
3. Andreev A. D, Gogini V. B, *Chiemkin M Z Plavka Abuminhievue splavov Tsacnue pechax*, Moskva, Metalukgia, 1988.
4. Kochiakôp V. N, *Plasma indutsion plavka*. Kiev, Naukova Dumka, 1991.