



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0048190

(51)^{2022.01} C21C 7/10

(13) B

(21) 1-2022-08585

(22) 16/06/2021

(86) PCT/JP2021/022858 16/06/2021

(87) WO 2022/009630 13/01/2022

(30) 2020-118610 09/07/2020 JP

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/05/2023 422A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) MIZOBATA Keisuke (JP); HARADA Akifumi (JP); NAKAI Yoshie (JP); MURAI Takeshi (JP); NEGISHI Hidemitsu (JP).

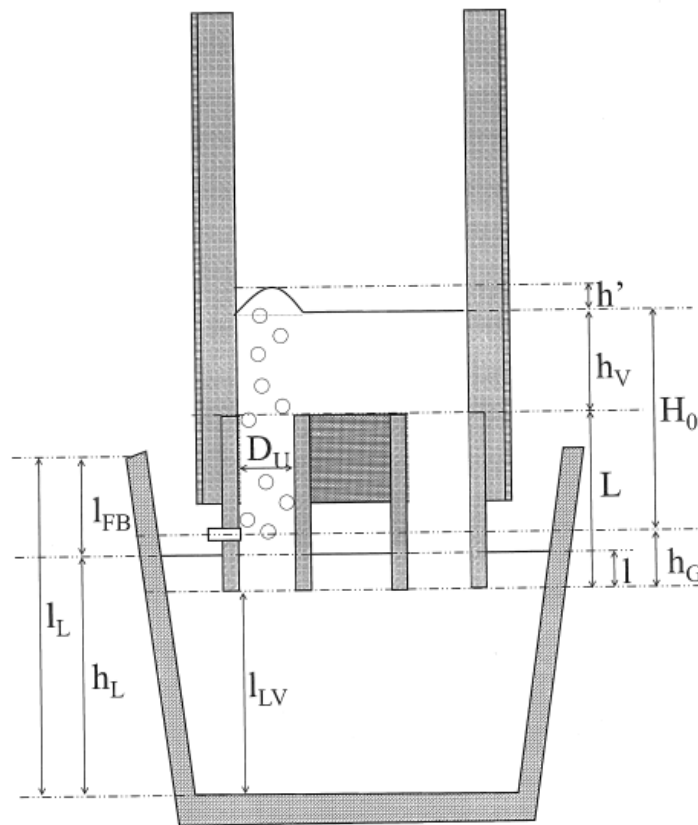
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP TÍNH LUYỆN THÉP NÓNG CHẢY

(21) 1-2022-08585

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp tinh luyện thép nóng chảy làm tăng tốc độ tuần hoàn sử dụng thiết bị khử khí chân không RH. Độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy bên trong bể chân không hoặc tốc độ dòng khí tuần hoàn G được xác định sao cho mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy đáp ứng công thức sau. (Các ký hiệu trong công thức đại diện như sau. G : tốc độ dòng khí tuần hoàn, T : nhiệt độ của thép nóng chảy, ρ_L : mật độ của thép nóng chảy, g : gia tốc trọng trường, H_0 : độ cao từ vị trí của một vòi thổi khí tuần hoàn vào bề mặt bể của kim loại nóng chảy bên trong bể chân không ở trạng thái đứng yên, P : áp suất bên trong bể chân không, P_0 : áp suất khí quyển, h_V : chiều cao từ bề mặt bể thép nóng chảy bên trong bể chân không ở trạng thái tĩnh đến nền, L : chiều cao từ đầu dưới của ống nhúng đến nền, h_G : chiều cao từ đầu dưới của ống nhúng đến vị trí vòi thổi khí tuần hoàn vào, l : độ sâu nhúng của ống nhúng vào thép nóng chảy và D_U : đường kính trong ống hướng lên.) $\varepsilon = [371GT \times \ln\{1 + (\rho_L g H_0 / P)\}] / W_V$, $W_V = (\pi \cdot D_V^2 / 4) \times H_0 \times \rho_L / 1000$, $H_0 = h_V + L - h_G$, $h_V = (P_0 - P) / (\rho_L g) + l - L$, $1,35 \times 10^5 \times D_U / W_V < \varepsilon < 2,1 \times 10^4$.

FIG.2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp tinh luyện thép nóng chảy sử dụng thiết bị khử khí chân không RH.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nhiều loại phương tiện khác nhau để thực hiện tinh luyện bằng gàu rót và khử khí chân không thép nóng chảy đã được biết đến, bao gồm cả VOD và VTD. Với việc vật liệu thép trở nên cao cấp và nhu cầu về chúng ngày càng tăng, sự đa dạng và số lượng thép cần khử khí chân không đang có xu hướng ngày càng tăng. Tình trạng này khiến cho việc nâng cao khả năng khử khí bằng cách rút ngắn thời gian xử lý và giảm chi phí sản xuất gang thép bằng cách giảm nhiệt độ của bộ chuyển đổi là rất cần thiết. Ngoài những nhu cầu như vậy, việc khử khí chân không thường được thực hiện sử dụng thiết bị khử khí chân không Rheinstahl-Heraeus (Rheinstahl-Heraeus, RH).

Như thể hiện trên Fig.1, thiết bị khử khí chân không RH 1 có ống nhúng phía hướng lên 8 và ống nhúng phía hướng xuống 9. Các ống nhúng phía hướng lên 8 và ống nhúng phía hướng xuống 9 này được nhúng vào thép nóng chảy 3 bên trong gàu rót 2, và bên trong bể chân không khử khí 5 được giảm áp suất bằng cách xả không khí từ cổng xả qua ống dẫn 11 bằng thiết bị giảm áp (không hiển thị) để hút thép nóng chảy 3 lên. Sau đó, khí tuần hoàn được thổi vào ống nhúng phía hướng lên 8 bao gồm ống thổi khí tuần hoàn 10 qua ống thổi khí tuần hoàn 10 này. Đối với khí tuần hoàn, khí trơ, chẳng hạn như khí argon, thường được sử dụng. Thép nóng chảy 3 được di chuyển lên trên sử dụng lực nổi của khí và được dẫn đến bể chân không khử khí 5, và sau đó được di chuyển xuống dưới qua ống nhúng phía hướng xuống 9. Do đó, thép nóng chảy 3 được tuần hoàn và khử khí.

Các ví dụ về tinh luyện sử dụng thiết bị khử khí chân không RH như vậy bao gồm sự khử cacbon trong chân không (sau gọi là "khử cacbon chân không") và sự khử khí hydro, nitơ, v.v. Việc tăng tốc độ tuần hoàn có hiệu quả để tăng tốc độ khử cacbon trong sự khử cacbon chân không hoặc tốc độ khử khí trong sự khử khí, và nhiều phương pháp để tăng tốc độ tuần hoàn đã được đề xuất.

Ví dụ, Tài liệu sáng chế 1 đề xuất phương pháp trong đó khí trơ đã được làm nóng đến 200 °C đến 1000 °C được thổi vào ở áp suất 0,5 MPa hoặc cao hơn để tuần hoàn thép nóng chảy.

Tài liệu sáng chế 2 đề xuất phương pháp trong đó bể khử khí được kéo dài xuống dưới để cung cấp ống nhúng bên ngoài mở xuống dưới và bên trong ống nhúng bên ngoài này, ống nhúng bên trong mở lên trên và xuống dưới được bố trí đồng tâm để đóng vai trò làm đường dẫn dòng hướng lên mà qua đó thép nóng chảy nâng lên khi khí argon được thổi vào từ vòi thổi khí tuần hoàn vào được bố trí trong ống nhúng bên trong, trong khi khoảng cách giữa ống nhúng bên trong và ống nhúng bên ngoài đóng vai trò là đường dẫn dòng hướng xuống cho thép nóng chảy. Do đó, đường dẫn dòng hướng lên và đường dẫn dòng hướng xuống với diện tích mặt cắt ngang lớn được hình thành để tăng tốc độ tuần hoàn của thép nóng chảy.

Nói chung, tốc độ tuần hoàn trong thiết bị khử khí được tính theo Công thức (A) sau được bộc lộ trong Tài liệu phi sáng chế 1:

$$Q_c = K \times G^{1/3} \times D^{4/3} \times \{\ln(P_0/P)\}^{1/3} / (\rho_l/1000) \dots (A)$$

trong đó, Q_c : tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy đã tính (thép nóng chảy m³/phút), G : tốc độ dòng khí tuần hoàn (Nm³/giây), D : đường kính trong (m) của ống nhúng, P : áp suất (Pa) bên trong bể chân không, P_0 : áp suất khí quyển (101325 Pa), và ρ_l : khối lượng riêng (kg/m³) của thép nóng chảy.

K là tham số phù hợp thu được từ kết quả thí nghiệm trong các điều kiện hoạt động khác nhau và Tài liệu phi sáng chế 2 báo cáo rằng K xấp xỉ 446,3 trong điều kiện thép nóng chảy. Trong Công thức (A), chỉ số công suất của đường kính trong D của ống nhúng cao hơn chỉ số công suất của tốc độ dòng khí tuần hoàn G . Điều này cho thấy rằng, để tăng tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy tính toán Q_c , việc tăng đường kính trong của ống nhúng có hiệu quả hơn việc tăng tốc độ dòng khí tuần hoàn. Đã được biết đến là việc tăng đường kính bên trong của ống nhúng và do đó tăng tốc độ tuần hoàn của thép nóng chảy là phương tiện hiệu quả để nâng cao hiệu quả của phản ứng khử khí.

Ở đây, đường kính trong của ống nhúng bị hạn chế bởi kích thước của bể khử khí, do đó, việc tăng đường kính trong của ống nhúng bên trong hầu hết các trường hợp đòi hỏi phải đồng thời mở rộng bể khử khí. Tuy nhiên, các kích thước của bể khử khí bị hạn chế

bởi kích thước của gàu rót và các thiết bị phụ trợ. Do đó, khi khó mở rộng đồng đều bề mặt khí vì lý do cơ sở vật chất trong khi vẫn giữ nguyên hình dạng tròn chính xác của nó, kỹ thuật được sử dụng chẳng hạn như tạo bề mặt khí theo hình elip bằng cách mở rộng chỉ theo hướng tuần hoàn, tức là hướng từ ống hướng lên về phía ống hướng xuống, và mở rộng ống nhúng sao cho tương ứng với sự mở rộng theo hướng trục dài của hình elip.

Tài liệu sáng chế 3 đề xuất kết cấu bề mặt khí có mặt cắt ngang hình elip và có cặp ống tuần hoàn được bố trí theo hướng trục dài. Theo tài liệu này, thực hiện tinh luyện chân không sử dụng bề mặt khí áp dụng kỹ thuật này có thể loại bỏ một phần ứ đọng trong dòng thép nóng chảy bên trong bề mặt khí chân không và do đó ngăn chặn tình trạng đình trệ của thép nóng chảy và giữ lại xỉ, nên tốc độ khử cacbon tăng.

Tài liệu sáng chế 4 đề xuất phương pháp làm mịn các bọt khí của khí trơ bằng cách đề xuất bộ rung siêu âm trên bề mặt chu vi bên trong của ống nhúng phía hướng lên, phía trên vị trí lắp đặt của ống thổi khí tuần hoàn vào được bố trí trong ống nhúng phía hướng lên.

Danh sách trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP2007-031820A

Tài liệu sáng chế 2: JPH08-269534A

Tài liệu sáng chế 3: JPH04-272120A

Tài liệu sáng chế 4: JPH02-173205A

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế 1: Tatsuro Kuwabara et al., Tetsu-to-Hagane, Vol. 73 (1987), PS176

Tài liệu phi sáng chế 2: Tatsuro Kuwabara et al., Transactions of The Iron and Steel Institute of Japan, Vol. 28 (1988), P305

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, tình trạng kỹ thuật đã nêu có các vấn đề sau.

Phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1 có vấn đề ở chỗ nó cần thiết bị để làm nóng sơ bộ khí trơ và do đó làm tăng chi phí xử lý.

Phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 2 có vấn đề ở chỗ, vì nó cần ống nhúng bên ngoài và ống nhúng bên trong nên thiết bị trở nên phức tạp. Hơn nữa, ống khí tuần hoàn cần phải được đi qua ống nhúng bên trong thông qua bể khử khí, nên không thể chỉ thay thế chỉ ống nhúng bên trong bằng cách tháo nó ra khỏi bể khử khí. Do đó, việc thay thế ống nhúng đòi hỏi phải thay thế toàn bộ bể khử khí bên dưới, do đó chi phí vật liệu chịu lửa tăng lên đáng kể.

Kỹ thuật được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 3 có vấn đề ở chỗ phải mất thời gian và tiền bạc đáng kể để đáp dụng, vì việc tạo bể khử khí thành một kết cấu hình elip đòi hỏi phải sản xuất mới lớp vỏ sắt của bể khử khí.

Phương pháp được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 4 cần có máy rung siêu âm, máy phát sóng siêu âm, v.v., do đó, không chỉ thiết bị trở nên phức tạp mà còn tăng chi phí thiết bị và chi phí ống nhúng là không thể tránh khỏi.

Được tạo ra dựa trên những tình huống này, sáng chế nhằm mục đích đề xuất phương pháp tinh luyện thép nóng chảy có thể tăng tốc độ tuần hoàn khi tinh luyện thép nóng chảy sử dụng thiết bị khử khí chân không RH, mà không yêu cầu đầu tư cơ sở mới hoặc gây ra tăng chi phí xử lý.

Giải pháp cho vấn đề

Để giải quyết các vấn đề trên, các tác giả sáng chế đã tiến hành nhiều thí nghiệm khác nhau với sự chú ý tập trung vào ảnh hưởng của các điều kiện vận hành và hình dạng của thiết bị khử khí chân không RH đối với dòng bên trong bể khử khí. Kết quả là, chúng tôi nhận thấy rằng năng lượng của khí tuần hoàn được thổi vào ống hướng lên đã bị tiêu tán chủ yếu bên trong bể chứa chân không, và việc thay đổi các điều kiện vận hành để giảm lượng năng lượng tiêu tán có thể làm tăng tốc độ tuần hoàn. Sáng chế đã được tạo ra dựa trên phát hiện này, và ý chính của nó như sau.

Phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo sáng chế giải quyết thuận lợi các vấn đề trên là phương pháp tinh luyện thép nóng chảy sử dụng thiết bị khử khí chân không RH, khác biệt ở chỗ độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy bên trong bể chân không hoặc tốc độ dòng khí tuần hoàn G được xác định sao cho mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy được biểu thị bằng Công thức (1) đến (4) sau đáp ứng Công thức (5) sau. (Các ký hiệu trong công thức đại diện như sau. ε : mật độ năng lượng công suất

khuấy (oát/tấn) đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không, G : tốc độ dòng khí tuần hoàn ($\text{Nm}^3/\text{giờ}$), T : nhiệt độ (K) của thép nóng chảy, ρ_L : khối lượng riêng (kg/m^3) của thép nóng chảy, g : gia tốc trọng trường ($9,8 \text{ m/giây}^2$), W_V : khối lượng (tấn) của thép nóng chảy thép bên trong bể chân không, D_V : đường kính bên trong (m) của bể chân không, H_0 : chiều cao (m) từ vị trí của vòi thổi khí tuần hoàn vào đến bề mặt bể thép nóng chảy bên trong bể chân không ở trạng thái tĩnh, P : áp suất (Pa) bên trong bể chân không, P_0 : áp suất khí quyển (101325 Pa), h_V : chiều cao (m) tính từ bề mặt bể thép nóng chảy bên trong bể chân không trong trạng thái tĩnh đến nền, L : chiều cao (m) từ đầu dưới của ống nhúng đến nền, h_G : chiều cao (m) từ đầu dưới của ống nhúng đến vị trí vòi thổi khí tuần hoàn vào, l : độ sâu nhúng (m) của ống nhúng vào thép nóng chảy, và D_U : đường kính bên trong (m) của ống hướng lên.)

$$\varepsilon = [371GT \times \ln\{1 + (\rho_L g H_0 / P)\}] / W_V \dots (1)$$

$$W_V = (\pi \cdot D_V^2 / 4) \times H_0 \times \rho_L / 1000 \dots (2)$$

$$H_0 = h_V + L - h_G \dots (3)$$

$$h_V = (P_0 - P) / (\rho_L g) + l - L \dots (4)$$

$$1,35 \times 10^5 \times D_U / W_V < \varepsilon < 2,1 \times 10^4 \dots (5)$$

Phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo sáng chế có thể là giải pháp được ưu tiên hơn khi độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy hoặc tốc độ dòng khí tuần hoàn G được xác định sao cho mật độ năng lượng khuấy ε đáp ứng Công thức (6) sau:

$$1,35 \times 10^5 \times D_U / W_V < \varepsilon < 1,0 \times 10^4 \dots (6)$$

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Sáng chế có thể tăng tốc độ tuần hoàn và góp phần rút ngắn thời gian xử lý khi tinh luyện thép nóng chảy sử dụng thiết bị khử khí chân không RH mà không cần đầu tư cơ sở mới hoặc làm tăng chi phí xử lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt dọc dạng giản đồ thể hiện một ví dụ về thiết bị khử khí chân không RH.

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt phóng to của thiết bị khử khí chân không RH thể hiện khái niệm của sáng chế.

Fig.3 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ của tốc độ tuần hoàn được chuẩn hóa với mật

độ năng lượng công suất khuấy ε đối với chất lỏng bên trong bể chân không trong thí nghiệm mô hình nước.

Fig.4 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa năng lượng công suất khuấy E và Q_E/Q_C là tỷ lệ giữa tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được đo thực tế Q_E với tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được tính toán Q_C thu được sử dụng Công thức (A) trong thiết bị khử khí chân không RH khác nhau về đường kính ống nhúng và đường kính bên trong bể chân không.

Fig.5 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa đường kính ống hướng lên D_U và năng lượng công suất khuấy tối thiểu $E_{\min}$.

Fig.6 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ của tỷ lệ Q_E/Q_C giữa tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được tính toán Q_C và tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy đo được thực tế Q_E với mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không trong hoạt động thực tế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trước khi sáng chế được mô tả dưới đây dựa trên phương án được ưu tiên, trước hết, kết quả của nghiên cứu dẫn đến sáng chế sẽ được mô tả. Fig. 1 là hình vẽ mặt cắt dọc thể hiện một ví dụ về thiết bị khử khí chân không RH được sử dụng cho phương pháp tinh luyện thép nóng chảy như một phương án của sáng chế.

Trong Fig.1, số chỉ dẫn 1 là thiết bị khử khí chân không RH; 2 là gàu rót; 3 là thép nóng chảy; 4 là xỉ; 5 là bể chân không; 6 là bể trên; 7 là bể dưới; 8 là ống nhúng phía hướng lên (ống hướng lên); 9 là ống nhúng phía hướng xuống (ống hướng xuống); 10 là ống thổi khí tuần hoàn vào; 11 là ống dẫn; 12 là cổng nạp nguyên liệu thô; và 13 là ống nhỏ thổi trên cùng. Bể chân không 5 bao gồm bể trên 6 và bể dưới 7. Ống nhỏ thổi trên cùng 13 là thiết bị mà qua đó khí oxy hoặc dung môi được thổi để thêm vào thép nóng chảy bên trong bể chân không, và được lắp đặt ở phần trên của bể chân không 5 trong khi có thể di chuyển lên và xuống bên trong bể chân không 5.

Trong thiết bị khử khí chân không RH 1, gàu rót 2 chứa thép nóng chảy 3 được nâng lên bằng thiết bị nâng hạ (không được hiển thị), và ống nhúng phía hướng lên 8 và ống nhúng phía hướng xuống 9 được nhúng vào thép nóng chảy 3 bên trong gàu rót. Sau đó, không khí bên trong bể chân không 5 được thải ra ngoài bằng thiết bị xả (không hiển thị) được ghép nối với ống dẫn 11 để giảm áp suất bên trong bể chân không 5, và khí tuần hoàn

được thổi vào ống nhúng phía hướng lên 8 thông qua ống thổi khí tuần hoàn vào 10. Khi bên trong bể chân không 5 bị giảm áp suất, thép nóng chảy 3 bên trong gàu rót tăng lên tỷ lệ với chênh lệch giữa áp suất khí quyển và áp suất (độ chân không) bên trong bể chân không và chảy vào bể chân không. Đồng thời, do hiệu ứng nâng khí của khí tuần hoàn được thổi vào qua ống thổi khí tuần hoàn 10, thép nóng chảy 3 dâng lên qua ống nhúng phía hướng lên 8 cùng với khí tuần hoàn và chảy vào bể chân không 5. Sau đó, thép nóng chảy 3 tạo thành dòng chảy quay trở lại gàu rót 2 thông qua ống nhúng phía hướng xuống 9, hay còn gọi là dòng tuần hoàn, và do đó trải qua quá trình tinh luyện bằng cách khử khí chân không RH. Khi thép nóng chảy 3 tiếp xúc với môi trường khí giảm áp bên trong bể chân không, các thành phần khí trong thép nóng chảy di chuyển đến môi trường khí bên trong bể chân không và phản ứng khử khí của thép nóng chảy 3 diễn ra.

Trong thử nghiệm mô hình nước mô phỏng thiết bị khử khí chân không RH, chúng tôi đã nghiên cứu về việc tăng tốc độ tuần hoàn của thép nóng chảy bằng cách thực hiện nhiều thay đổi đối với các điều kiện vận hành. Ở đây, mô hình nước đã được sử dụng vì lý do sau. Thép nóng chảy nặng và có độ nhớt cao so với nước, trong khi thép nóng chảy và nước có độ nhớt động học gần như giống nhau. Do đó, khi mô phỏng được tiến hành ở tỷ lệ thực (tỷ lệ 1,0) sử dụng nước, hai số không thứ nguyên, số Froude và số Reynolds, có thể khớp với chỉ số của thép nóng chảy. Do đó, trong phương pháp mô phỏng tỷ lệ thực sử dụng nước, dòng thép nóng chảy có thể được tái tạo dưới ảnh hưởng của trọng lực, lực quán tính và lực nhớt. Kết quả là, chúng tôi thấy rằng tốc độ tuần hoàn có thể được tăng lên một cách hiệu quả bằng cách kiểm soát mật độ năng lượng ε của năng lượng mà khí tuần hoàn được thổi vào ống hướng lên đã khuấy chất lỏng bên trong bể chân không nằm trong phạm vi thích hợp.

Mật độ năng lượng của công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không được biểu thị bằng các Công thức (1) đến (4) sau:

$$\varepsilon = [371GT \times \ln\{1 + (\rho_L g H_0/P)\}]/W_V \dots (1)$$

$$W_V = (\pi \cdot D_V^2/4) \times H_0 \times \rho_L/1000 \dots (2)$$

$$H_0 = h_V + L - h_G \dots (3)$$

$$h_V = (P_0 - P)/(\rho_L g) + l - L \dots (4)$$

trong đó các ký hiệu đại diện cho:

ε : mật độ năng lượng công suất khuấy (oát/tấn) đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không,

G: tốc độ dòng khí tuần hoàn ($\text{Nm}^3/\text{giờ}$),

T: nhiệt độ (K) của thép nóng chảy,

ρ_L : khối lượng riêng (kg/m^3) của thép nóng chảy,

g: gia tốc trọng trường ($9,8 \text{ m}/\text{giây}^2$),

W_V : khối lượng (tấn) của thép nóng chảy bên trong bể chân không,

D_V : đường kính trong (m) của bể chân không,

H_0 : chiều cao (m) từ vị trí của vòi thổi khí tuần hoàn vào đến bề mặt bể thép nóng chảy bên trong bể chân không ở trạng thái tĩnh,

P: áp suất (Pa) bên trong bể chân không,

P_0 : áp suất khí quyển (101325 Pa),

h_V : chiều cao (m) từ bề mặt bể thép nóng chảy bên trong bể chân không ở trạng thái tĩnh đến nền,

L: chiều cao (m) từ đầu dưới của ống nhúng đến nền,

h_G : chiều cao (m) từ đầu dưới của ống nhúng đến vị trí của vòi thổi khí tuần hoàn vào, và

l: độ sâu nhúng (m) của ống nhúng vào thép nóng chảy.

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt phóng to của thiết bị khử khí chân không RH thể hiện khái niệm của sáng chế. Trong Fig.2, các ký hiệu liên quan đến kích thước của thiết bị khử khí chân không RH được sử dụng trong các Công thức (1) đến (4) ở trên được biểu thị.

Trong Công thức (4), độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy được xác định theo Công thức (B) sau:

$$l = l_L - l_{FB} - l_{LV} \dots (B)$$

trong đó, l_L : khoảng cách (m) từ đầu trên của gàu rót đến đáy gàu rót,

l_{FB} : khoảng cách (m) từ đầu trên của gàu rót đến bề mặt của thép nóng chảy bên trong gàu rót, và

l_{LV} : khoảng cách (m) từ đầu dưới của ống nhúng đến đáy gàu rót.

l_{FB} thu được, ví dụ, bằng cách đo mức bề mặt của thép nóng chảy sử dụng máy đo mức thép nóng chảy, hoặc bằng cách nhúng thanh kim loại vào thép nóng chảy bên trong

gàu rút và đo chiều dài của phần nóng chảy. L_V thu được từ khoảng cách tương đối giữa gàu rút và bề chân không thu được từ hệ thống điều khiển.

Trong thí nghiệm mô hình nước, độ sâu của bể nước bên trong bể chân không được thay đổi thành các độ sâu khác nhau và tốc độ tuần hoàn ở các mực nước tương ứng thu được bằng cách đo tốc độ dòng trong ống hướng xuống. Fig. 3 thể hiện mối quan hệ của tốc độ tuần hoàn được chuẩn hóa với mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với chất lỏng bên trong bể chân không trong thí nghiệm mô hình nước. Tốc độ tuần hoàn được chuẩn hóa là tỷ lệ so với giá trị mà tại đó tốc độ tuần hoàn là thấp nhất. Kết quả của thí nghiệm, chúng tôi thấy rằng khi tốc độ dòng khí tuần hoàn không đổi, tốc độ tuần hoàn tăng khi mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với chất lỏng bên trong bể chân không giảm.

Lý do tại sao tốc độ tuần hoàn thay đổi như được mô tả ở trên là như sau: khi mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không thấp hơn, có ít sự khuấy bề mặt bể hơn và tỷ lệ năng lượng tiêu thụ là năng lượng mà thắng giáng ranh giới của thép nóng chảy trở nên thấp hơn, do đó tỷ lệ một phần năng lượng của khí tuần hoàn đóng góp vào sự tuần hoàn tăng theo tỷ lệ và do đó tốc độ tuần hoàn tăng lên.

Ngay cả khi mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không đủ thấp, nếu năng lượng công suất khuấy E (oát) được biểu thị bằng Công thức (C) sau là thấp so với bên trong kính D_U (m) của ống hướng lên, hiệu ứng nâng và bơm không được thể hiện đầy đủ và tốc độ tuần hoàn giảm đi.

$$E = [371GT \times \ln\{1 + (\rho_L g H_0/P)\}] (= \varepsilon \cdot W_V) \dots (C)$$

Fig. 4 thể hiện mối quan hệ giữa năng lượng công suất khuấy E và Q_E/Q_C là tỷ lệ giữa tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được đo thực tế Q_E (thép nóng chảy $m^3/phút$) với tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được tính toán Q_C thu được sử dụng Công thức (A) trong các thiết bị khử khí chân không RH khác nhau về đường kính ống nhúng và đường kính bên trong bể chân không. Đối với tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được đo thực tế Q_E , đồng được thêm vào dưới dạng chất đánh dấu từ bể chân không trong quá trình xử lý và thời gian trộn đồng nhất τ (giây) được đo và tốc độ Q_E được tính toán từ thời gian trộn đồng nhất thu được τ sử dụng biểu thức quan hệ sẽ được mô tả sau. Công thức (A) được tính toán với hằng số K được đặt là 446,3. Khi năng lượng công suất khuấy E nằm trong phạm vi bằng hoặc cao hơn giá trị nhất định, khi năng lượng công suất khuấy E giảm, mật độ năng lượng

công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không cũng giảm, do đó hiệu suất năng lượng tăng và tốc độ tuần hoàn tăng. Mặt khác, khi năng lượng công suất khuấy E bằng hoặc thấp hơn giá trị nhất định $E_{\min}$, hiệu ứng nâng và bơm của khí hạ xuống ngắn so với đường kính ống hướng lên D_U , dẫn đến tuần hoàn kém và giảm Q_E/Q_C . Ở đây, Fig.5 thể hiện mối quan hệ giữa đường kính ống hướng lên D_U và $E_{\min}$, với $E_{\min}$ được định nghĩa là năng lượng công suất khuấy tối thiểu. Từ hằng số tỷ lệ trong xấp xỉ tỷ lệ của mối quan hệ giữa đường kính ống hướng lên D_U và $E_{\min}$ thu được từ mối quan hệ của Fig.5, điều kiện đối với năng lượng công suất khuấy E cần thiết cho tuần hoàn bình thường trong thiết bị khử khí chân không RH được xác định như được biểu thị bằng Công thức (7) sau:

$$1,35 \times 10^5 \times D_U \leq E \dots (7)$$

Sử dụng quan hệ $\varepsilon = E/W_V$, Công thức (7) được chuyển thành Công thức (8) sau:

$$1,35 \times 10^5 \times D_U/W_V < \varepsilon \dots (8)$$

Hơn nữa, do đo tốc độ tuần hoàn trong các điều kiện khác nhau và đánh giá Q_E/Q_C cho cùng thiết bị khử khí chân không RH, chúng tôi nhận thấy rằng khi mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không thấp hơn $2,1 \times 10^4$, Q_E/Q_C tăng lên rất nhiều và vượt quá 1,1. Fig.6 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không và Q_E/Q_C . Trong Fig.6, những điều kiện không đáp ứng Công thức (8) được bỏ qua.

Từ kết quả này, Công thức (9) thu được dưới dạng điều kiện để ε làm tăng tốc độ tuần hoàn:

$$\varepsilon < 2,1 \times 10^4 \dots (9)$$

Từ Công thức (8) và Công thức (9), Công thức (5) thu được là điều kiện để mật độ năng lượng công suất khuấy ε cần thiết để tăng hiệu suất năng lượng của khí tuần hoàn và tăng tốc độ tuần hoàn:

$$1,35 \times 10^5 \times D_U/W_V < \varepsilon < 2,1 \times 10^4 \dots (5)$$

Khi mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không tiếp tục giảm trong phạm vi đáp ứng Công thức (7), Q_E/Q_C tăng hơn nữa và khi ε ở trong phạm vi thấp hơn $1,0 \times 10^4$, tỷ lệ này vượt quá 1,2. Do đó, mong muốn hơn là đặt giá trị của ε thấp hơn $1,0 \times 10^4$. Các điều kiện này được thể hiện bằng công thức như Công thức (6):

$$1,35 \times 10^5 \times D_U/W_V < \varepsilon < 1,0 \times 10^4 \dots (6)$$

Các thông số để kiểm soát mật độ năng lượng công suất khuấy ε bên trong bể chân không nằm trong phạm vi của Công thức (5) hoặc Công thức (6) là tốc độ dòng khí tuần hoàn G, độ chân không P, và độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy, không phải là các kích thước của thiết bị. Khi độ chân không bị giảm, tốc độ phản ứng khử khí mà vốn mục đích ban đầu là sẽ giảm hoặc bằng không. Do đó, mong muốn là thực hiện kiểm soát bằng cách thay đổi tốc độ dòng khí tuần hoàn G hoặc độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy.

Như đã mô tả ở trên, sáng chế có thể làm tăng tốc độ tuần hoàn của thép nóng chảy mà không cần đầu tư thiết bị mới hoặc làm tăng chi phí xử lý.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Quá trình tinh luyện chân không 300 tấn thép nóng chảy đã được thổi bằng lò thổi được thực hiện sử dụng thiết bị khử khí chân không RH. Trong trường hợp này, ε được tính toán theo Công thức (1) đến (4) từ các kích thước của thiết bị và điều kiện vận hành, và độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy được điều chỉnh trong phạm vi từ 0,3 m đến 0,9 m sao cho đáp ứng Công thức (5) hoặc Công thức (6). Đối với bể khử khí, bể khử khí (bể A) có diện tích mặt cắt ngang bể chân không S_A là 3,14 m² và đường kính trong ống hướng lên D_U là 0,6 m, hoặc bể khử khí (bể B) có bể chân không diện tích mặt cắt ngang bể chân không S_A là 3,8 m² và đường kính trong ống hướng lên D_U là 0,8 m đã được sử dụng. Đối với các điều kiện vận hành, độ chân không P là 133 Pa, và tốc độ dòng khí tuần hoàn G được giữ không đổi ở tốc độ dòng là một trong số 0,020 Nm³/giây, 0,027 Nm³/giây, 0,037 Nm³/giây, và 0,050 Nm³/giây trong quá trình xử lý. Đồng được thêm dưới dạng chất đánh dấu từ bể chân không vào dòng tuần hoàn và thời gian trộn đồng nhất τ (giây) được đo và tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy đo được thực tế Q_E được tính toán từ thời gian trộn đồng nhất thu được τ . Mối quan hệ giữa thời gian trộn đồng nhất τ và tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy đo được thực tế Q_E được thể hiện bằng các Công thức (D), (E) và (F) sau:

$$\tau = 800 \times \varepsilon^{-0,45} \dots (D)$$

$$\varepsilon_L = 8,33 \times 10^{-3} \times \rho Q_E^2 / W_L \dots (E)$$

$$v = Q_E / (15\pi D^2) \dots (F)$$

trong đó, ε_L là mật độ công suất khuấy (oát/tấn) đối với thép nóng chảy trong gàu

rót, v là tốc độ dòng (m/giây) của thép nóng chảy trong ống hướng xuống, và W_L là lượng (tấn) của thép nóng chảy trong gàu rót.

Ngoài ra, tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được tính toán Q_C thu được sử dụng Công thức (A) và Q_E/Q_C được tính cho mỗi lần nạp. Hằng số K trong Công thức (A) được đặt thành 446,3. Thép nóng chảy được sử dụng có thành phần nguyên tố với C: 0,04 đến 0,06 % khối lượng, Si: 0,05 % khối lượng hoặc nhỏ hơn, Mn : 0,3 % khối lượng hoặc nhỏ hơn, P: 0,02 % khối lượng hoặc nhỏ hơn, và S: 0,003 % khối lượng hoặc nhỏ hơn, và nhiệt độ của thép nóng chảy trước khi xử lý là 1640 đến 1670 °C.

Kết quả của thử nghiệm được hiển thị trong Bảng 1. Trong phạm vi đáp ứng Công thức (5), tỷ lệ giữa tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được đo thực tế Q_E với tốc độ tuần hoàn thép nóng chảy được tính toán Q_C bằng hoặc cao hơn 1,1, bất kể sự khác biệt trong các điều kiện vận hành khác nhau và kích thước của thiết bị, đó là kết quả tốt. Ngoài ra, trong phạm vi đáp ứng Công thức (6), so với khi chỉ đáp ứng Công thức (5), tốc độ tuần hoàn được tăng thêm và Q_E/Q_C ổn định bằng hoặc cao hơn 1,2, đây là một kết quả thậm chí còn tốt hơn.

[Bảng 1]

Số	G	S _A	L	h _G	l	H ₀	h _v	D _U	V	E	ε	Q _E /Q _C	Nhận xét
	Nm ³ /giây	m ²	m	m	m	m	m	m	m ³	oát	oát/tấn	-	
1	0,027	3,14	1,60	0,30	0,40	1,57	0,27	0,60	0,86	124728	20548	1,12	Ví dụ sáng chế
2	0,027	3,14	1,60	0,30	0,45	1,62	0,32	0,60	1,02	126364	17466	1,14	Ví dụ sáng chế
3	0,027	3,14	1,60	0,30	0,60	1,77	0,47	0,60	1,49	127380	12104	1,16	Ví dụ sáng chế
4	0,027	3,14	1,60	0,30	0,70	1,87	0,57	0,60	1,81	128343	10078	1,19	Ví dụ sáng chế
5	0,027	3,14	1,60	0,30	0,80	1,97	0,67	0,60	2,12	128806	8649	1,22	Ví dụ sáng chế
6	0,027	3,14	1,60	0,30	0,85	2,02	0,72	0,60	2,28	129258	8082	1,21	Ví dụ sáng chế
7	0,027	3,14	1,60	0,30	0,90	2,07	0,77	0,60	2,43	171501	7587	1,24	Ví dụ sáng chế
8	0,037	3,80	1,60	0,30	0,45	1,62	0,32	0,80	1,23	173023	19847	1,15	Ví dụ sáng chế
9	0,037	3,80	1,60	0,30	0,55	1,72	0,42	0,80	1,61	173751	15309	1,17	Ví dụ sáng chế
10	0,037	3,80	1,60	0,30	0,60	1,77	0,47	0,80	1,80	175147	13754	1,18	Ví dụ sáng chế
11	0,037	3,80	1,60	0,30	0,70	1,87	0,57	0,80	2,18	176471	11453	1,18	Ví dụ sáng chế
12	0,037	3,80	1,60	0,30	0,80	1,97	0,67	0,80	2,56	177109	9829	1,20	Ví dụ sáng chế
13	0,037	3,80	1,60	0,30	0,85	2,02	0,72	0,80	2,75	177730	9184	1,22	Ví dụ sáng chế
14	0,037	3,80	1,60	0,30	0,90	2,07	0,77	0,80	2,95	235940	8621	1,23	Ví dụ sáng chế
15	0,050	3,80	1,60	0,30	0,55	1,72	0,42	0,80	1,61	236933	20876	1,12	Ví dụ sáng chế

16	0,050	3,80	1,60	0,30	0,60	1,77	0,47	0,80	1,80	237898	18756	1,15	Ví dụ sáng chế
17	0,050	3,80	1,60	0,30	0,65	1,82	0,52	0,80	1,99	238837	17038	1,15	Ví dụ sáng chế
18	0,050	3,80	1,60	0,30	0,70	1,87	0,57	0,80	2,18	239752	15617	1,14	Ví dụ sáng chế
19	0,050	3,80	1,60	0,30	0,75	1,92	0,62	0,80	2,37	240643	14422	1,15	Ví dụ sáng chế
20	0,050	3,80	1,60	0,30	0,80	1,97	0,67	0,80	2,56	241512	13403	1,17	Ví dụ sáng chế
21	0,050	3,80	1,60	0,30	0,85	2,02	0,72	0,80	2,75	93111	12523	1,16	Ví dụ sáng chế
22	0,020	3,14	1,60	0,30	0,40	1,57	0,27	0,60	0,86	94773	15411	1,17	Ví dụ sáng chế
23	0,020	3,14	1,60	0,30	0,60	1,77	0,47	0,60	1,49	95535	9078	1,21	Ví dụ sáng chế
24	0,020	3,14	1,60	0,30	0,70	1,87	0,57	0,60	1,81	96257	7559	1,22	Ví dụ sáng chế
25	0,020	3,14	1,60	0,30	0,80	1,97	0,67	0,60	2,12	123551	6487	1,23	Ví dụ sáng chế
26	0,027	3,14	1,60	0,30	0,35	1,52	0,22	0,60	0,71	123551	24999	1,01	Ví dụ so sánh
27	0,027	3,14	1,60	0,30	0,38	1,55	0,25	0,60	0,80	123912	22119	1,03	Ví dụ so sánh
28	0,037	3,80	1,60	0,30	0,35	1,52	0,22	0,80	0,85	169882	28408	0,99	Ví dụ so sánh
29	0,037	3,80	1,60	0,30	0,40	1,57	0,27	0,80	1,04	170704	23350	1,01	Ví dụ so sánh
30	0,050	3,80	1,60	0,30	0,40	1,57	0,27	0,80	1,04	232779	31841	0,97	Ví dụ so sánh
31	0,050	3,80	1,60	0,30	0,50	1,67	0,37	0,80	1,42	234918	23559	0,99	Ví dụ so sánh
32	0,020	3,14	1,60	0,30	0,70	1,87	0,57	0,80	1,81	95535	7559	0,82	Ví dụ so sánh

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo sáng chế có thể tối ưu hóa tốc độ tuần hoàn trong thiết bị khử khí chân không RH và do đó thực hiện hiệu quả quá trình khử cacbon hoặc khử khí chân không, giúp phương pháp này trở nên hữu ích cho các mục đích công nghiệp.

Danh sách số chỉ dẫn

- 1 Thiết bị khử khí chân không RH
- 2 Gàu rót
- 3 Thép nóng chảy
- 4 Xi
- 5 Bể chân không
- 6 Bể trên
- 7 Bể dưới
- 8 Ống nhúng phía hướng lên (ống hướng lên)
- 9 Ống nhúng phía hướng xuống (ống hướng xuống)
- 10 Ống thổi khí tuần hoàn vào
- 11 Ống dẫn
- 12 Cổng nạp nguyên liệu thô
- 13 Ống nhỏ thổi trên cùng

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tinh luyện thép nóng chảy sử dụng thiết bị khử khí chân không RH, khác biệt ở chỗ độ sâu nhúng 1 của ống nhúng vào thép nóng chảy bên trong bể chân không hoặc tốc độ dòng khí tuần hoàn G được xác định sao cho mật độ năng lượng công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy được biểu thị bằng các Công thức (1) đến (4) sau đáp ứng Công thức (5) sau:

$$\varepsilon = [371GT \times \ln\{1 + (\rho_L g H_0/P)\}] / W_V \dots (1)$$

$$W_V = (\pi \cdot D_V^2 / 4) \times H_0 \times \rho_L / 1000 \dots (2)$$

$$H_0 = h_V + L - h_G \dots (3)$$

$$h_V = (P_0 - P) / (\rho_L g) + l - L \dots (4)$$

$$1,35 \times 10^5 \times D_U / W_V < \varepsilon < 2,1 \times 10^4 \dots (5),$$

trong đó các ký hiệu đại diện cho:

ε : mật độ năng lượng công suất khuấy (oát/tấn) đối với thép nóng chảy bên trong bể chân không,

G: tốc độ dòng khí tuần hoàn (Nm³/giây),

T: nhiệt độ (K) của thép nóng chảy,

ρ_L : khối lượng riêng (kg/m³) của thép nóng chảy,

g: gia tốc trọng trường (9,8 m/giây²),

W_V : khối lượng (tấn) thép nóng chảy bên trong bể chân không,

D_V : đường kính trong (m) của bể chân không,

H_0 : chiều cao (m) từ vị trí của vòi thổi khí tuần hoàn vào đến bề mặt bể thép nóng chảy bên trong bể chân không ở trạng thái tĩnh,

P: áp suất (Pa) bên trong bể chân không,

P_0 : áp suất khí quyển (101325 Pa),

h_V : chiều cao (m) từ bề mặt bể thép nóng chảy bên trong bể chân không ở trạng thái tĩnh đến nền,

L: chiều cao (m) từ đầu dưới của ống nhúng đến nền,

h_G : chiều cao (m) từ đầu dưới của ống nhúng đến vị trí của vòi thổi khí tuần hoàn vào,

l: độ sâu nhúng (m) của ống nhúng vào thép nóng chảy, và

D_U : đường kính trong (m) của ống hướng lên.

2. Phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo điểm 1, trong đó độ sâu nhúng l của ống nhúng vào thép nóng chảy hoặc tốc độ dòng khí tuần hoàn G được xác định sao cho mật độ năng lượng công suất khuấy ε đáp ứng Công thức (6) sau:

$$1,35 \times 10^5 \times D_U/W_V < \varepsilon < 1,0 \times 10^4 \dots (6)$$

FIG. 1

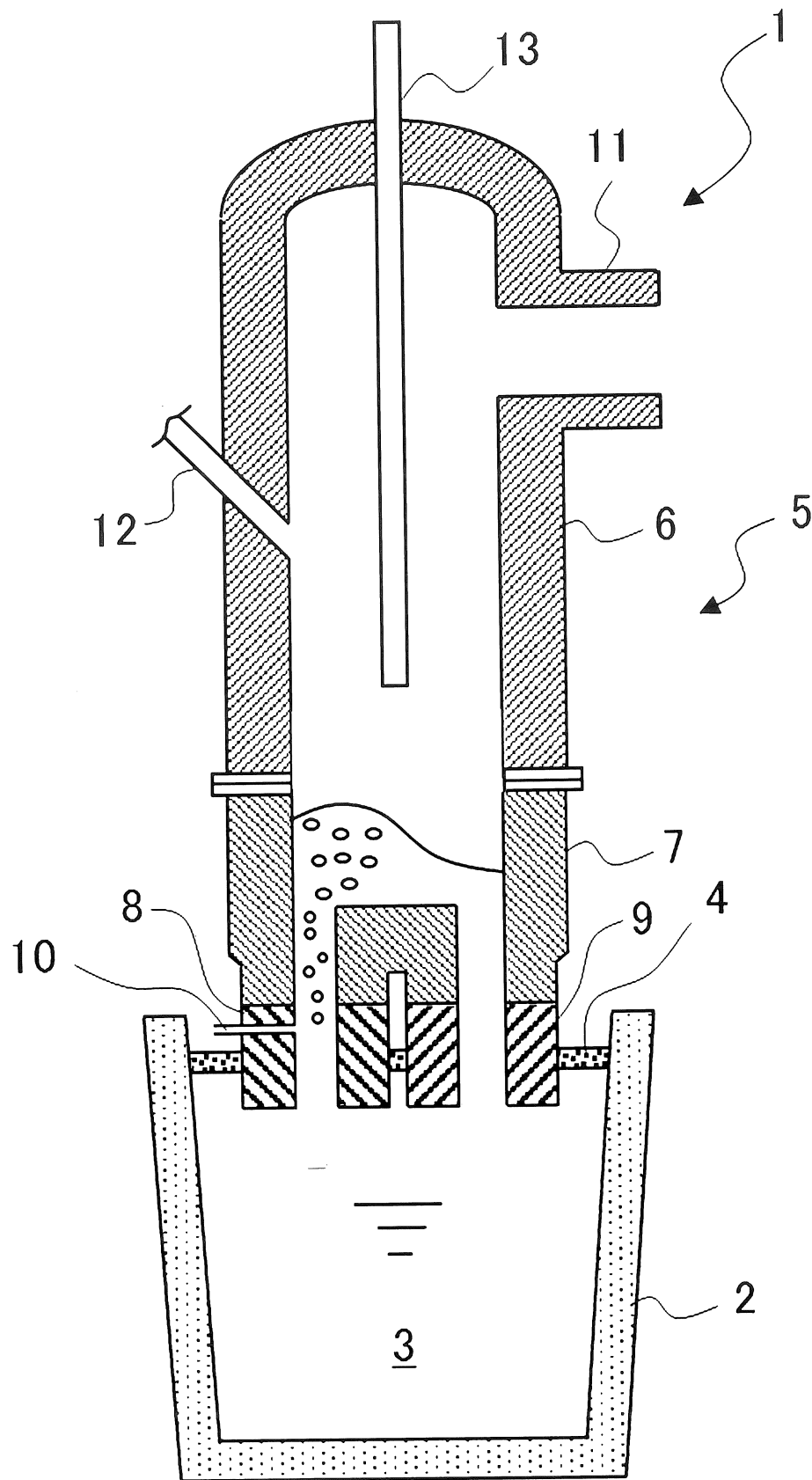


FIG.2

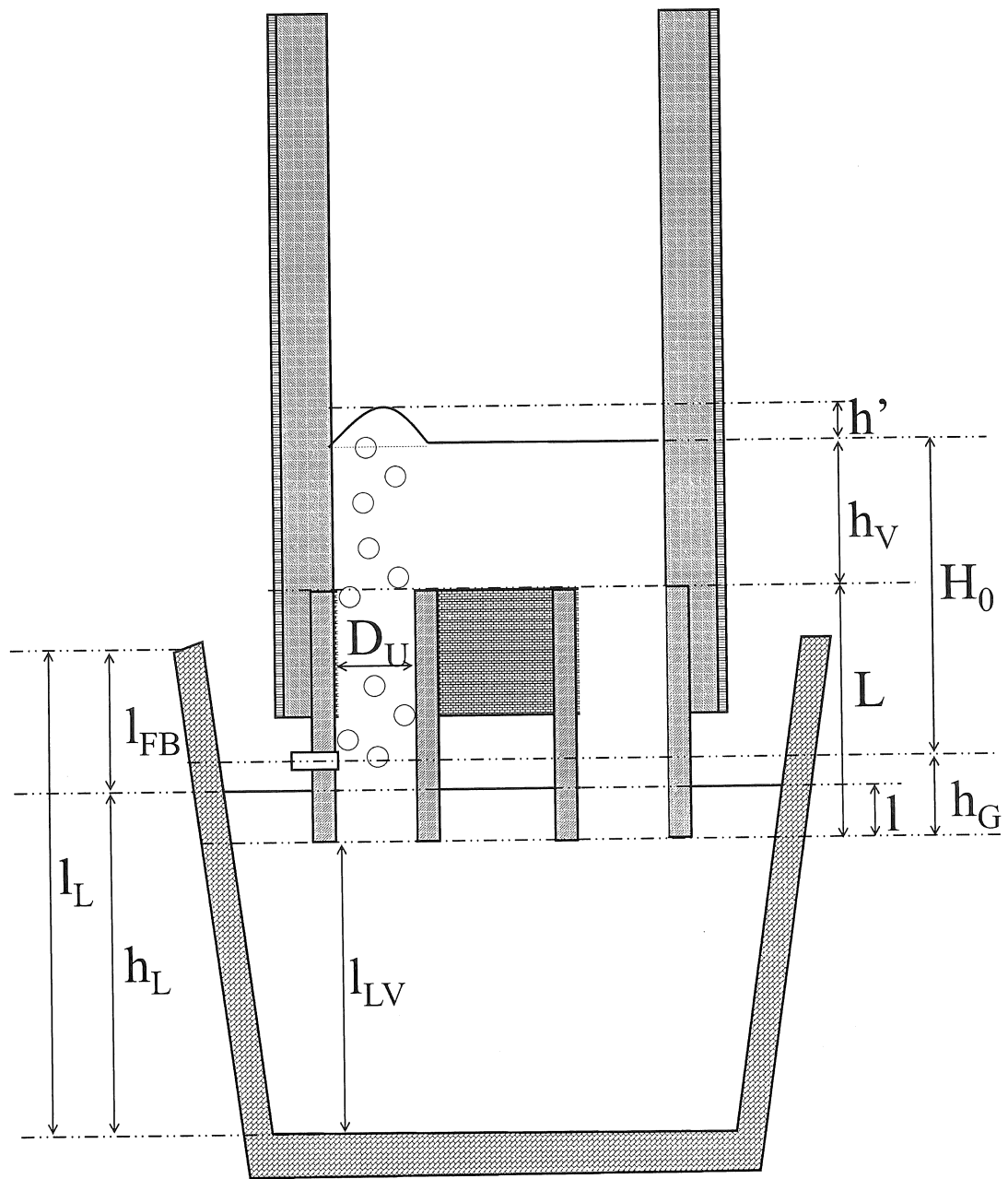


FIG. 3

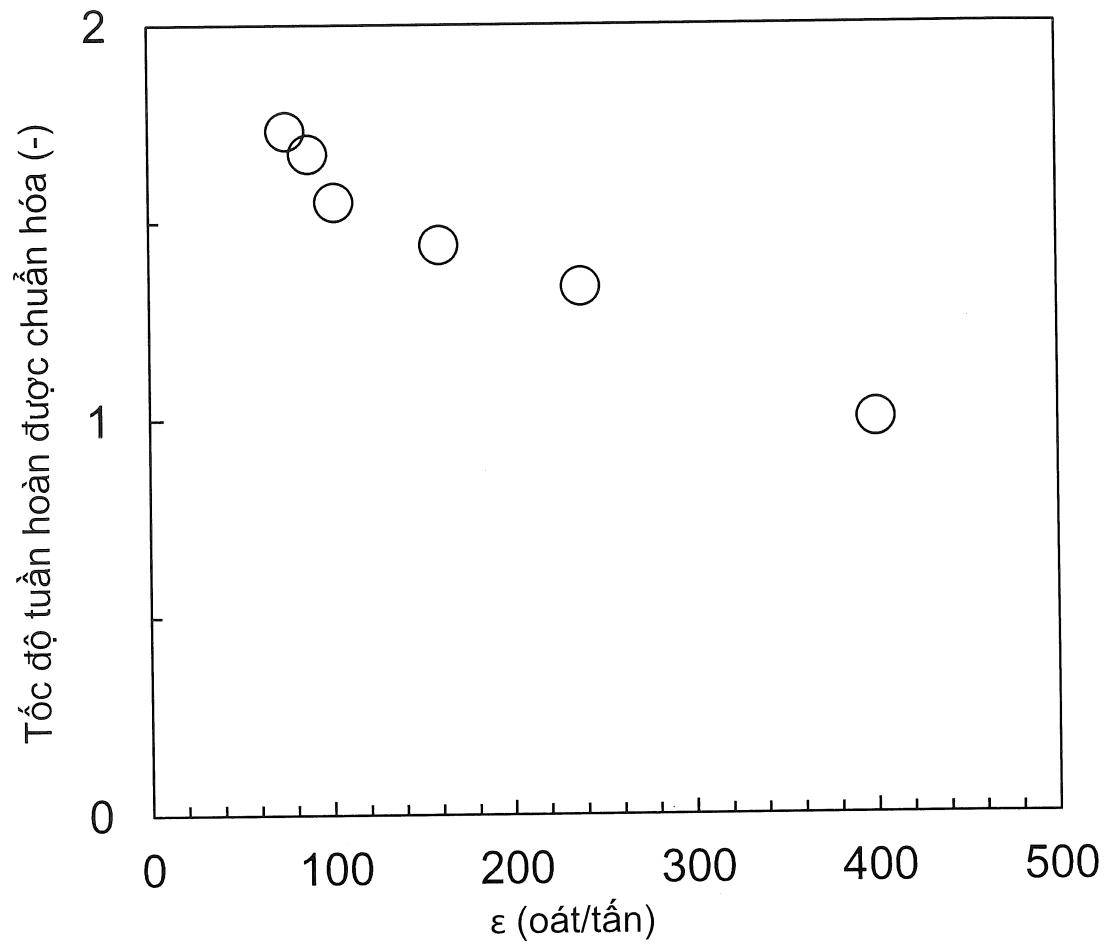


FIG. 4

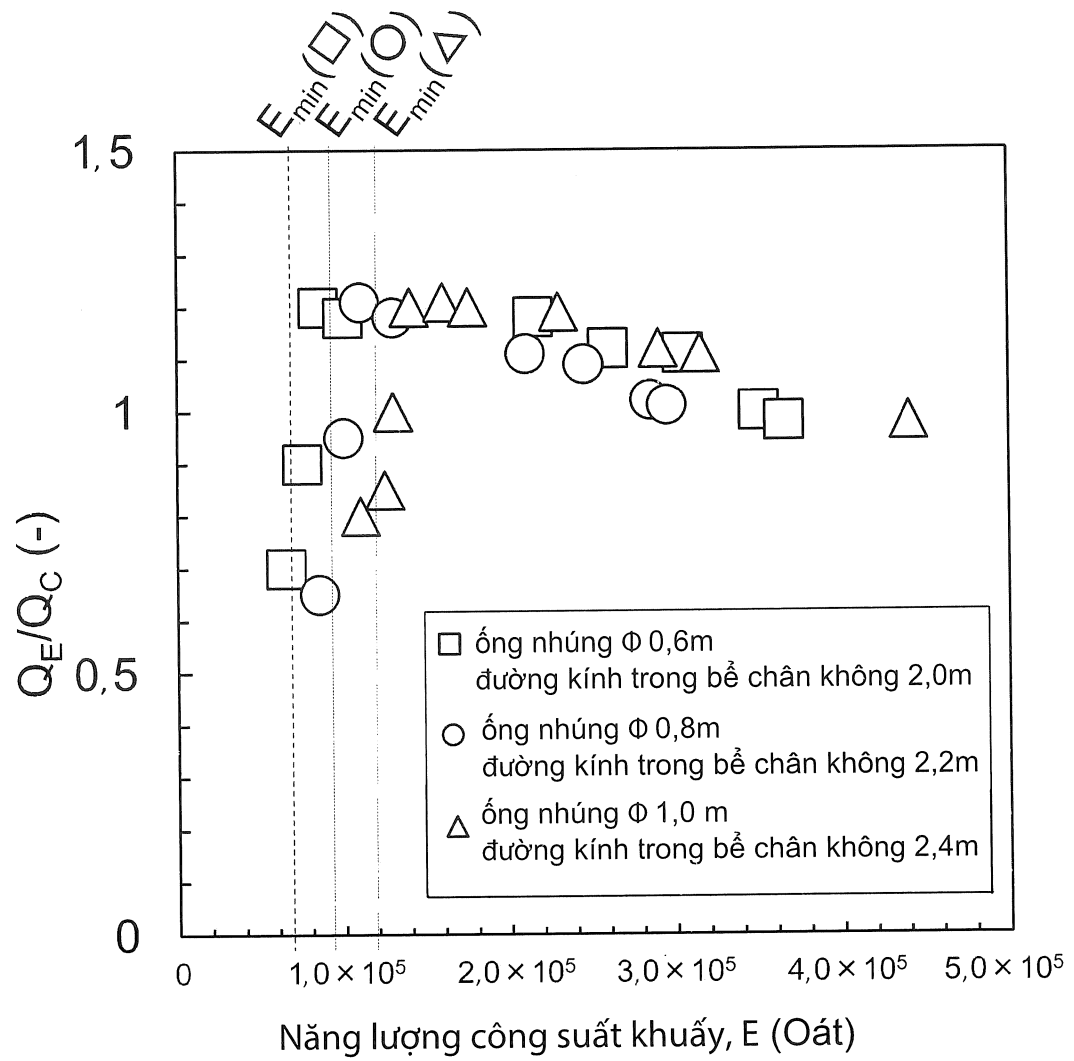


FIG. 5

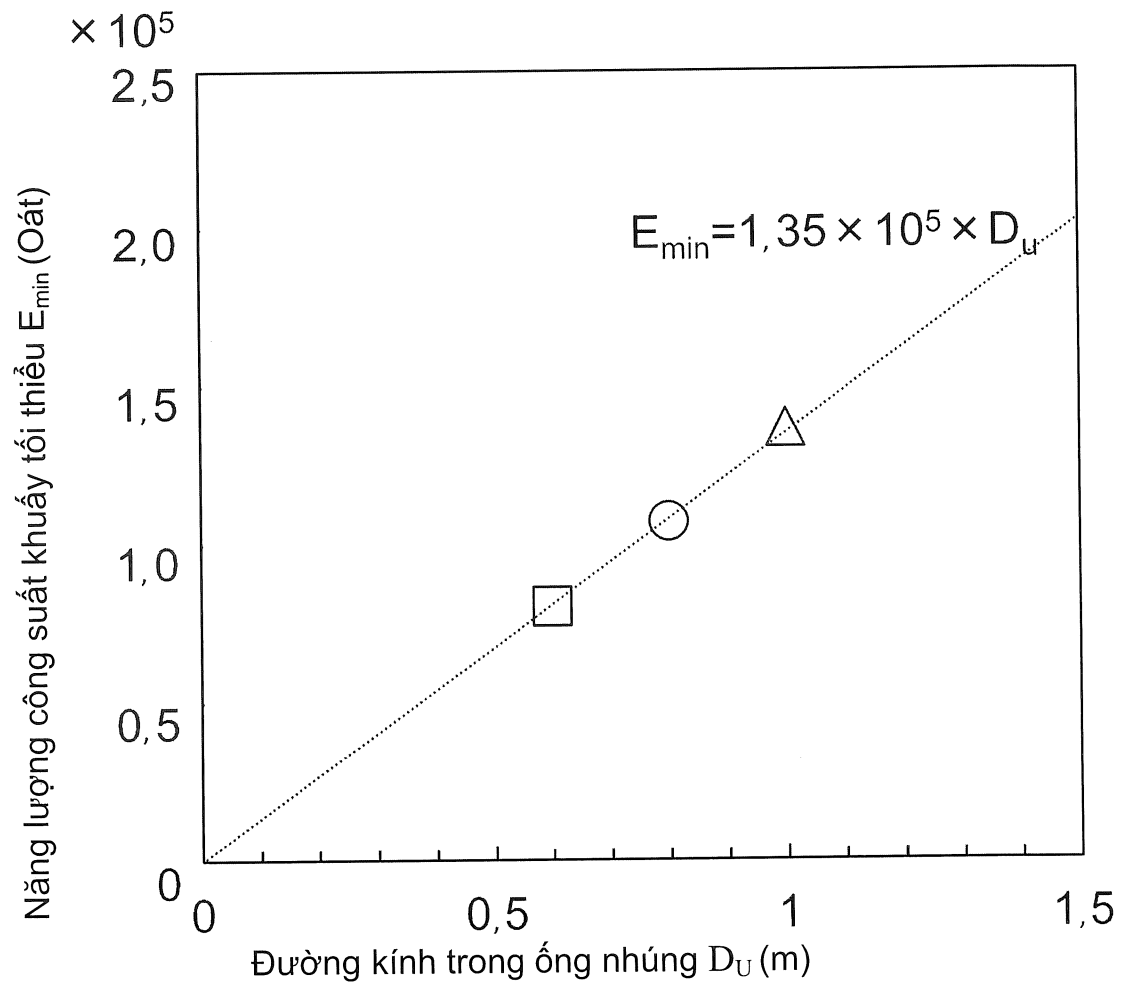


FIG. 6

