



(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)



1-0032040

(51)⁸ C21C 7/10; C21C 7/072; C21C 7/04;
C21C 7/064

(13) B

(21) 1-2018-03681

(22) 15/02/2017

(86) PCT/JP2017/005391 15/02/2017

(87) WO/2017/145877 31/08/2017

(30) 2016-032620 24/02/2016 JP

(45) 25/05/2022 410

(43) 26/11/2018 368A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

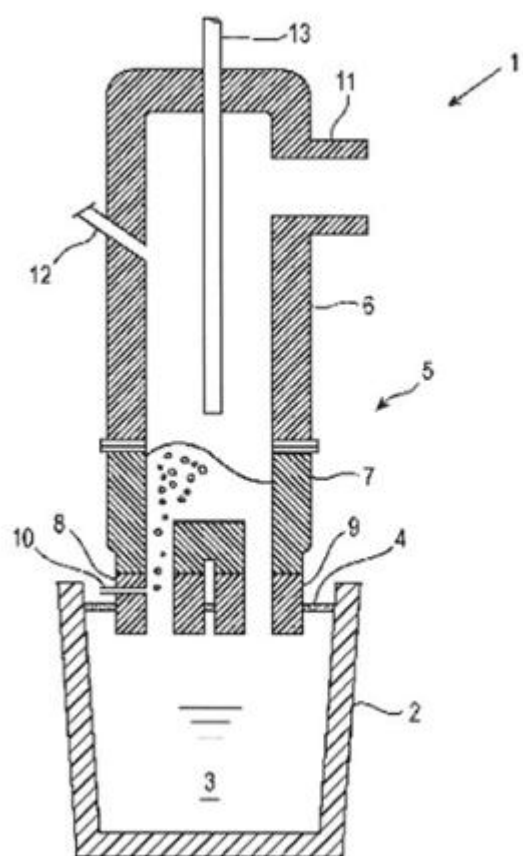
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) FUJII Yusuke (JP); NAKAI Yoshie (JP); KIKUCHI Naoki (JP); SHIBUTA Naoya (JP); NAGAI Shinichi (JP); MAEDA Takahiko (JP); MIKI Yuji (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP TÍNH LUYỆN THÉP NÓNG CHẢY TRONG THIẾT BỊ KHỬ KHÍ CHÂN KHÔNG

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp tính luyện sử dụng thiết bị khử khí chân không trong đó bột như quặng mangan và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được làm nóng bằng ngọn lửa được tạo ra ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh và do đó được đẩy vào thép nóng chảy, hiệu suất bổ sung bột và hiệu quả truyền nhiệt được tăng cường. Phương pháp tính luyện thép nóng chảy theo sáng chế bao gồm bước đẩy bột vào thép nóng chảy (3) trong khi làm nóng bột bằng ngọn lửa được tạo ra bởi sự đốt cháy của khí hydrocacbon ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh (13). Chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh (khoảng cách giữa bề mặt bề tính của thép nóng chảy và phần đầu của ống nhỏ) được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m, và áp suất động P của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh được tính từ phương trình (1) dưới đây được điều chỉnh đến 20,0 kPa hoặc lớn hơn và 100,0 kPa hoặc nhỏ hơn. $P = \rho_g \times U^2 / 2$... (1) trong đó P là áp suất động (kPa) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, ρ_g là mật độ (kg/Nm³) của dòng tia, và U là tốc độ (m/giây) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp tinh luyện thép nóng chảy để làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp, thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp, thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp hoặc tương tự bằng cách đưa (thổi) bột như quặng mangan và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO đến bề mặt của bể chứa thép nóng chảy dưới điều kiện chân không trong thiết bị khử khí chân không từ ống thổi từ đỉnh trong khi làm nóng bột bằng ngọn lửa được tạo ra ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, vật liệu sắt thép đã có công dụng trong các ứng dụng đa dạng và đã được sử dụng thường xuyên trong môi trường khắc nghiệt hơn bao giờ hết. Kèm theo thực tế này, yêu cầu về các đặc tính như đặc điểm cơ học của sản phẩm thép cũng đòi hỏi yêu cầu cao hơn trước. Trong trường hợp này, thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp mà có độ bền cao và tính gia công cao đã được phát triển nhằm mục đích làm tăng độ bền của các đối tượng về kết cấu và giảm trọng lượng và chi phí của chúng. Thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp đã được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như các tấm thép dùng cho các ống nối có ren và các tấm thép dùng cho xe hơi. Ở đây, "thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp" là thép có nồng độ cacbon là 0,05 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn và nồng độ mangan là 0,5 % theo khối lượng hoặc lớn hơn.

Nguồn mangan rẻ tiền bao gồm quặng mangan hoặc feromangan có hàm lượng cacbon cao, hoặc tương tự, mà được sử dụng trong quá trình luyện thép để điều chỉnh nồng độ mangan trong thép nóng chảy. Quá trình làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp bao gồm bước đẩy quặng mangan làm nguồn mangan vào lò luyện thép; hoặc bước bổ sung feromangan có hàm lượng cacbon cao

làm nguồn mangan vào thép nóng chảy được tháo từ lò luyện thép, trong quá trình lọc khử cacbon của gang lỏng trong lò luyện thép. Do đó, quá trình làm nóng chảy thép này làm tăng nồng độ mangan trong thép nóng chảy đến nồng độ được xác định trước trong khi cắt giảm chi phí liên quan đến nguồn mangan (xem, ví dụ, Tài liệu sáng chế 1).

Tuy nhiên, trong trường hợp sử dụng nguồn mangan rẻ tiền này, việc giảm lượng mangan dẫn đến không thể giảm đủ nồng độ cacbon trong thép nóng chảy qua quá trình lọc khử cacbon trong lò luyện thép, hoặc sự có mặt của cacbon trong feromangan có hàm lượng cacbon cao làm tăng nồng độ cacbon trong thép nóng chảy được tháo ra. Do đó, nếu nồng độ cacbon trong thép nóng chảy có nguy cơ vượt quá giới hạn cho phép đối với thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp, thì thép nóng chảy đã tháo ra cần tiếp tục được khử cacbon (được tinh luyện).

Như phương pháp đã biết để loại bỏ hữu hiệu cacbon khỏi thép nóng chảy được tháo từ lò luyện thép, có một phương pháp khử cacbon mà bao gồm bước cho thép nóng chảy ở trạng thái không được khử oxi tiếp xúc với môi trường chân không có sử dụng thiết bị khử khí chân không, chẳng hạn thiết bị khử khí chân không RH; và bước khử cacbon cho thép bằng phản ứng giữa oxy được hòa tan chứa trong thép nóng chảy (oxy được hòa tan trong thép nóng chảy) và cacbon trong thép nóng chảy. Phương pháp khử cacbon thay thế bao gồm bước thổi nguồn oxy như khí oxy vào thép nóng chảy trong môi trường chân không để oxi hóa cacbon trong thép nóng chảy bằng nguồn oxy được cấp từ đó.

Các phương pháp khử cacbon trong môi trường chân không này được gọi là "quá trình lọc khử cacbon chân không" ngược lại với quá trình lọc khử cacbon trong lò luyện thép mà diễn ra dưới áp suất không khí. Để loại bỏ cacbon lẫn trong nguồn mangan rẻ tiền bằng quá trình lọc khử cacbon chân không, ví dụ, Tài liệu sáng chế 2 đề xuất phương pháp mà trong đó feromangan có hàm lượng cacbon cao được thêm vào thép nóng chảy ở giai đoạn ban đầu của quá trình lọc khử cacbon chân không trong thiết bị khử khí chân không. Hơn nữa, Tài liệu sáng chế 3 đề xuất phương pháp

trong đó feromangan có hàm lượng cacbon cao được thêm vào trong quá trình làm nóng chảy thép có hàm lượng cacbon cực thấp trong thiết bị khử khí chân không, bước thêm vào diễn ra vào thời điểm khi quá trình lọc khử cacbon chân không đạt 20%. Tuy nhiên, trong quá trình lọc khử cacbon chân không của thép nóng chảy chứa lượng lớn mangan, oxy không chỉ phản ứng với cacbon trong thép nóng chảy mà còn phản ứng với mangan trong thép nóng chảy, với kết quả là mangan được thêm vào bị mất đi bởi sự oxi hóa và sản lượng mangan giảm. Hơn nữa, phản ứng khiến khó điều chỉnh hàm lượng trong thép nóng chảy với độ chính xác tốt.

Liên quan đến nguồn oxy và phương pháp để thúc đẩy phản ứng khử cacbon trong quá trình lọc khử cacbon chân không, ví dụ, Tài liệu sáng chế 4 đề xuất phương pháp mà trong đó oxy rắn như vảy thép cán được thêm vào ống chân không để cho phép phản ứng khử cacbon xảy ra tốt hơn là trong quá trình ngăn sự oxi hóa mangan. Tài liệu sáng chế 5 đề xuất phương pháp trong khi thép nóng chảy được tinh luyện bởi quá trình khử cacbon chân không theo cách mà việc thổi lò luyện thép kết thúc ở nồng độ cacbon được điều chỉnh trong thép nóng chảy và ở nhiệt độ được điều chỉnh của thép nóng chảy, và quặng mangan được thêm vào thép nóng chảy này trong thiết bị khử khí chân không.

Tài liệu sáng chế 6 và 7 đề xuất các phương pháp trong đó thép nóng chảy được tháo từ lò luyện thép được tinh luyện bằng sự khử cacbon chân không với thiết bị khử khí chân không RH theo cách mà bột MnO hoặc bột quặng mangan được thổi lên trên cùng với khí mang về phía bề mặt của thép nóng chảy trong ống chân không. Tài liệu sáng chế 8 đề xuất phương pháp tinh luyện khử cacbon chân không trong đó bột quặng mangan được thổi vào thép nóng chảy trong ống chân không của thiết bị khử khí chân không RH cùng với khí mang thông qua vòi phun được bố trí ở thành bên của ống chân không để khử cacbon cho thép nóng chảy nhờ oxy trong quặng mangan và còn làm tăng nồng độ mangan trong thép nóng chảy.

Trong khi đó, nhu cầu về các đặc tính tăng cường của vật liệu ngày càng tăng kết hợp với sự gia tăng về giá trị bổ sung và việc mở rộng ứng dụng của các vật liệu

sắt và thép. Một cách để đáp ứng nhu cầu này là làm tăng độ sạch của thép, cụ thể là khử lưu huỳnh trong thép nóng chảy đến mức cực thấp.

Quá trình làm nóng chảy thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp thường thực hiện bước khử lưu huỳnh ở giai đoạn gang lỏng mà tại giai đoạn này phản ứng khử lưu huỳnh đạt được hiệu quả cao. Tuy nhiên, chỉ riêng với bước khử lưu huỳnh ở giai đoạn gang lỏng thì khó làm giảm nồng độ lưu huỳnh đủ đến hàm lượng mong muốn là 0,0024 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn dùng cho thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp hoặc 0,0010 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn dùng cho thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp. Do đó, quá trình sản xuất thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp với hàm lượng lưu huỳnh là 0,0024 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn hoặc thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp với hàm lượng lưu huỳnh 0,0010 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn bao gồm bước khử lưu huỳnh không chỉ ở giai đoạn gang lỏng mà còn sau khi thép nóng chảy đã được tháo khỏi lò luyện thép.

Trước đây, nhiều phương pháp đã được đề xuất để khử lưu huỳnh của thép nóng chảy được tháo khỏi lò luyện thép, ví dụ các phương pháp bao gồm phun chất khử lưu huỳnh vào thép nóng chảy trong gàu rót, và bổ sung chất khử lưu huỳnh vào thép nóng chảy trong gàu rót tiếp theo bằng cách khuấy thép nóng chảy và chất khử lưu huỳnh. Tuy nhiên, các phương pháp này, có thêm bước mới (là bước khử lưu huỳnh) giữa bước tháo thép từ lò luyện thép và bước xử lý trong thiết bị khử khí chân không, và do đó gây ra các vấn đề như làm giảm nhiệt độ của thép nóng chảy, làm tăng chi phí sản xuất, và làm giảm năng suất.

Để giải quyết vấn đề này, nhiều nỗ lực đã được thực hiện để tích hợp chức năng khử lưu huỳnh vào thiết bị khử khí chân không để kết hợp và đơn giản hóa các bước tinh luyện thứ hai. Ví dụ, Tài liệu sáng chế 9 đề xuất phương pháp khử lưu huỳnh trong thép nóng chảy bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không trong đó thép nóng chảy được đưa vào ống chân không của thiết bị khử khí chân không RH được trang bị ống thổi từ đỉnh, và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được đẩy (thổi) cùng với khí mang từ ống thổi từ đỉnh lên trên bề mặt bề để khử lưu huỳnh

trong thép nóng chảy.

Tuy nhiên, trong quá trình tinh luyện trong thiết bị khử khí chân không, khi bột oxit như quặng mangan để làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp hoặc chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO dùng cho việc khử lưu huỳnh được đẩy từ ống thổi từ đỉnh, nhiệt độ thép nóng chảy bị giảm xuống do nhiệt hiện và nhiệt ẩn của bột oxit được đẩy xuống hoặc do nhiệt phân hủy cần cho quá trình phân hủy do nhiệt. Sự giảm nhiệt này của thép nóng chảy được bù lại bằng cách, chẳng hạn làm tăng trước nhiệt độ thép nóng chảy trong bước mà được thực hiện ở phía trên của thiết bị khử khí chân không, hoặc bổ sung nhôm kim loại vào thép nóng chảy trong khi tinh luyện trong thiết bị khử khí chân không để sử dụng nhiệt đốt cháy của nhôm để làm tăng nhiệt độ thép nóng chảy. Tuy nhiên, phương pháp bao gồm làm tăng nhiệt độ thép nóng chảy trong bước được thực hiện ở phía trên của thiết bị khử khí chân không kéo theo sự hao mòn và sự hư hại vật liệu chịu nhiệt đáng kể trong bước xử lý trước đó, và dẫn đến làm tăng chi phí. Cách làm tăng nhiệt độ bằng việc bổ sung nhôm kim loại trong thiết bị khử khí chân không là bất lợi ở chỗ, ví dụ, độ sạch thép nóng chảy bị suy giảm do nhôm oxit thu được, và chi phí vật liệu phụ bị tăng lên.

Sau đó các phương pháp đã được đề xuất mà bao gồm bước đưa bột oxit vào đồng thời ngăn sự giảm nhiệt độ của thép nóng chảy. Ví dụ, Tài liệu sáng chế 10 đề xuất phương pháp mà trong đó bột oxit như quặng mangan được đưa lên trên bề mặt của bể chứa thép nóng chảy đồng thời được làm nóng bởi lửa của mỏ đốt được bố trí ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh. Hơn nữa, các tài liệu sáng chế 11 và 12 đề xuất các phương pháp mà trong đó thép nóng chảy được khử lưu huỳnh bằng chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được đưa vào từ ống thổi từ đỉnh theo cách mà khí oxy và khí dễ cháy được phun cùng với nhau từ ống thổi từ đỉnh để tạo ra lửa ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh, và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO sau khi được làm nóng và được làm nóng chảy với lửa, được đưa đến bề mặt của bể chứa thép nóng chảy.

Các phương pháp tinh luyện nêu trên nhằm mục đích làm tăng tốc độ phản ứng và làm tăng nhiệt độ của thép nóng chảy bằng cách làm nóng bột như quặng mangan và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO bằng ngọn lửa được tạo ra ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh trong thiết bị khử khí chân không, bột được làm nóng do đó được đưa vào thép nóng chảy. Theo kiểu phương pháp tinh luyện này, áp suất động của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh không chỉ ảnh hưởng đến năng suất quặng mangan và hiệu quả khử lưu huỳnh của chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO, mà còn ảnh hưởng đến hiệu quả của sự truyền nhiệt được làm trung gian bởi bột. Có nghĩa là, nếu dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh mà không điều chỉnh thích hợp áp suất động của nó, thì tác dụng của lửa không thể được tận dụng hết. Tuy nhiên, các kỹ thuật thông thường bao gồm các phương pháp được nêu trong các tài liệu sáng chế 10, 11 và 12 không xác định áp suất động mà ở đó dòng tia cần được phun từ ống thổi từ đỉnh.

Danh sách đối chứng

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 4-88114,

Tài liệu sáng chế 2: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2-47215,

Tài liệu sáng chế 3: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 1-301815,

Tài liệu sáng chế 4: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 58-73715,

Tài liệu sáng chế 5: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 63-293109,

Tài liệu sáng chế 6: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 5-239534,

Tài liệu sáng chế 7: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số

5-239526,

Tài liệu sáng chế 8: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 1-92312,

Tài liệu sáng chế 9: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 5-311231,

Tài liệu sáng chế 10: Bằng sáng chế Nhật bản số 5382275,

Tài liệu sáng chế 11: Bằng sáng chế Nhật bản số 2972493,

Tài liệu sáng chế 12: Đơn công bố sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2012-172213.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Sáng chế đã được thực hiện trên cơ sở của các trường hợp nêu trên. Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp tinh luyện thép nóng chảy trong thiết bị khử khí chân không mà trong đó bột như quặng mangan và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được làm nóng bằng ngọn lửa được tạo ra ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh trong thiết bị khử khí chân không và do đó được đẩy từ ống thổi từ đỉnh đến bề mặt của bể chứa thép nóng chảy theo cách đó là làm tăng không chỉ năng suất của việc bổ sung bột như quặng mangan và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO mà còn làm tăng hiệu quả sự truyền nhiệt được làm trung gian bởi bột.

Giải pháp cho vấn đề

Để đạt được mục đích nêu trên, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu tập trung vào nhiệt độ của thép nóng chảy, các thành phần trong thép nóng chảy, và sự thay đổi về nồng độ bụi thải.

Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra là mục đích nêu trên có thể đạt được bằng cách tối ưu hóa các điều kiện mà trong đó quặng mangan được đẩy vào thép nóng chảy. Cụ thể, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra là có thể đẩy quặng mangan ở năng suất cao mà không gây ra sự giảm về nhiệt độ của thép nóng chảy

bằng cách thiết lập ống thổi từ đỉnh ở chiều cao ống nhỏ được xác định trước và bằng cách điều chỉnh giới hạn thích hợp áp suất động P của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, áp suất động được tính toán từ mật độ của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh và tốc độ của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh.

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã xác định là có thể thực hiện sự khử lưu huỳnh đủ mà không gây ra sự giảm về nhiệt độ của thép nóng chảy bằng cách đẩy chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO, tương tự như việc đẩy quặng mangan, trong khi đặt ống thổi từ đỉnh ở chiều cao ống nhỏ được xác định trước và trong khi điều chỉnh giới hạn thích hợp áp suất động P, được tính toán như được nêu trên, của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh.

Sáng chế đã được thực hiện dựa vào các dấu hiệu nêu trên. Bản chất kỹ thuật của sáng chế được nêu dưới đây

[1] Phương pháp tinh luyện thép nóng chảy trong thiết bị khử khí chân không, bao gồm các bước:

bước đẩy bột cùng với khí mang về phía bề mặt của bể chứa thép nóng chảy trong ống chân không của thiết bị khử khí chân không qua lỗ trung tâm được bố trí ở phần trung tâm của ống thổi từ đỉnh có thể di chuyển theo chiều dọc trong ống chân không; và

bước cấp khí hydrocacbon từ lỗ phun nhiên liệu được bố trí ở biên của lỗ trung tâm và bước cấp khí chứa oxy từ lỗ phun khí chứa oxy được bố trí ở biên, sao cho bột rơi vào thép nóng chảy trong khi được làm nóng bằng ngọn lửa được tạo ra bởi sự đốt cháy của khí hydrocacbon ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh;

trong khi chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m, chiều cao ống nhỏ là khoảng cách giữa bề mặt tĩnh của bề mặt bể và phần đầu trong khi đẩy bột,

áp suất động P của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh được tính toán từ các phương trình từ (1) đến (5) dưới đây là 20,0 kPa hoặc lớn hơn và 100,0 kPa hoặc

nhỏ hơn,

$$P = \rho_g \times U^2/2 \cdots (1)$$

$$\rho_g = \rho_A \times F_A/F_T + \rho_B \times F_B/F_T + \rho_C \times F_C/F_T + V_P/(F_T/60) \cdots (2)$$

$$U = (F_T/S_T) \times (1/3600) \cdots (3)$$

$$S_T = S_A + S_B + S_C \cdots (4)$$

$$F_T = F_A + F_B + F_C \cdots (5)$$

trong đó, theo các phương trình từ (1) đến (5), P là áp suất động (kPa) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, ρ_g là mật độ (kg/Nm^3) của dòng tia, ρ_A là mật độ (kg/Nm^3) của khí mang, ρ_B là mật độ (kg/Nm^3) của khí chứa oxy, ρ_C là mật độ (kg/Nm^3) của khí hydrocacbon, V_P là tốc độ cấp ($\text{kg}/\text{phút}$) của bột, U là tốc độ ($\text{m}/\text{giây}$) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_T là tổng diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ trung tâm, lỗ phun nhiên liệu và lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_A là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ trung tâm ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_B là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_C là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ phun nhiên liệu ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, F_T là tổng lưu lượng (Nm^3/h) của khí mang, khí chứa oxy và khí hydrocacbon, F_A là lưu lượng (Nm^3/h) của khí mang, F_B là lưu lượng (Nm^3/h) của khí chứa oxy, và F_C là lưu lượng (Nm^3/h) của khí hydrocacbon.

[2] Phương pháp theo trong mục [1], trong đó bột là một, hoặc hai hoặc lớn hơn thành phần trong các quặng mangan, hợp kim Fero mangan và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO.

[3] Phương pháp trong mục [1] hoặc [2], trong đó độ chân không trong ống chân không trong khi đẩy bột nằm trong khoảng từ 2,7 đến 13,3 kPa.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Do sáng chế điều chỉnh chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh và áp suất động P của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh đến giới hạn thích hợp, nên có thể

bổ sung bột vào thép nóng chảy ở năng suất cao. Do đó, phản ứng tinh luyện được thúc đẩy. Hơn nữa, do bột có thể được thêm vào thép nóng chảy với năng suất cao, nên có thể đạt được hiệu quả truyền nhiệt cao. Do đó, thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp hoặc thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp có thể được làm nóng chảy với năng suất cao và chi phí thấp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt ngang theo chiều dọc dạng sơ đồ của ví dụ thiết bị khử khí chân không RH được sử dụng trong việc thực hiện theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết. Thiết bị khử khí chân không có thể sử dụng trong phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo sáng chế bao gồm thiết bị khử khí chân không RH, thiết bị khử khí chân không DH, lò VAD và lò VOD. Thiết bị điển hình nhất là thiết bị khử khí chân không RH. Do đó, các phương án theo sáng chế sẽ được mô tả lấy ví dụ việc tinh luyện thép nóng chảy bằng phương pháp theo sáng chế sử dụng thiết bị khử khí chân không RH.

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt ngang theo chiều dọc dạng sơ đồ của ví dụ thiết bị khử khí chân không RH được sử dụng trong việc thực hiện phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo sáng chế. Trên Fig. 1, số 1 là thiết bị khử khí chân không RH, 2 là gầu rót, 3 là thép nóng chảy, 4 là xỉ, 5 là ống chân không, 6 là ống trên, 7 là ống dưới, 8 là ống dẫn nhúng chìm đi lên, 9 là ống dẫn nhúng chìm đi xuống, 10 là ống dẫn thổi khí tuần hoàn, 11 là ống dẫn, 12 là cửa nạp, và 13 là ống thổi từ đỉnh. Ống chân không 5 bao gồm ống trên 6 và ống dưới 7. Ống thổi từ đỉnh 13 có thể di chuyển theo chiều dọc ở bên trong của ống chân không 5.

Thiết bị khử khí chân không RH 1 nâng gầu rót 2 bằng bộ nâng (không được thể hiện) để ống dẫn nhúng chìm đi lên 8 và ống dẫn nhúng chìm đi xuống 9 được nhúng chìm vào thép nóng chảy 3 trong gầu rót. Sau đó, khí tuần hoàn được thổi qua

ống dẫn thổi khí tuần hoàn 10 vào ống dẫn nhúng chìm đi lên 8, và bên trong của ống chân không 5 được hút chân không bằng thiết bị thoát khí (không được thể hiện) được nối với ống dẫn 11 để làm giảm áp suất trong ống chân không 5. Khi bên trong ống chân không 5 được hút chân không, thép nóng chảy 3 trong gầu rót đi lên ống dẫn nhúng chìm đi lên 8 cùng với khí tuần hoàn do tác dụng nâng khí của khí tuần hoàn được thổi từ ống dẫn thổi khí tuần hoàn 10, và chảy vào bên trong của ống chân không 5 và sau đó chảy lại hoặc tuần hoàn lại gầu rót 2 qua ống dẫn nhúng chìm đi xuống 9. Việc tinh luyện khử khí chân không RH do đó được thực hiện.

Mặc dù không được thể hiện, ống thổi từ đỉnh 13 là các kết cấu dạng nhiều ống mà có các kênh dẫn dòng độc lập bao gồm kênh dẫn dòng bột mà qua đó bột như quặng mangan, hợp kim ferro mangan hoặc chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được cấp cùng với khí mang, kênh dẫn dòng nhiên liệu mà qua đó khí hydrocacbon được cấp, kênh dẫn dòng khí chứa oxy mà qua đó khí chứa oxy để đốt cháy khí hydrocacbon được cấp, và các kênh cấp và tháo mà qua đó nước làm nguội để làm mát ống thổi từ đỉnh 13 được cấp và được tháo. Kênh dẫn dòng bột liên tục với lỗ trung tâm được bố trí ở phần trung tâm của phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13. Kênh dẫn dòng nhiên liệu liên tục với lỗ phun nhiên liệu được bố trí ở biên của lỗ trung tâm. Kênh dẫn dòng khí chứa oxy liên tục với lỗ phun khí chứa oxy được bố trí ở biên của lỗ trung tâm. Nước làm nguội các kênh cấp và tháo được nối với nhau ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13 và do đó được tạo kết cấu để làm cho nước làm nguội quay lại ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13.

Lỗ phun nhiên liệu và lỗ phun khí chứa oxy được tạo kết cấu để phun từ các lỗ tương ứng sẽ nối với nhau. Do đó, khí hydrocacbon được phun qua lỗ phun nhiên liệu được đốt cháy bởi khí chứa oxy (khí oxy (khí oxy sạch dùng trong công nghiệp), không khí giàu oxy, không khí hoặc tương tự) được phun through lỗ phun khí chứa oxy để tạo ra lửa mở đốt dưới phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13. Trong trường hợp này, mỏ đốt dẫn hướng có mỗi lửa có thể được bố trí ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13 để giúp cho việc mỗi lửa.

Ống thổi từ đỉnh 13 được nối với phễu (không được thể hiện) mà chứa bột như quặng mangan, hợp kim fero mangan hoặc chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO, và bột được cấp cùng với khí mang vào ống thổi từ đỉnh 13 và được phun từ lỗ trung tâm ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13. Khí mang dùng cho bột thường là khí trơ như khí argon hoặc khí nitơ. Khi quá trình lọc khử cacbon chân không của thép nóng chảy 3 được thực hiện như trong trường hợp làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp, khí chứa oxy có thể được sử dụng làm khí mang. Hiển nhiên, ống nhỏ được tạo kết cấu để ngưng việc phun bột và để phun chỉ khí trơ hoặc khí chứa oxy.

Ống thổi từ đỉnh 13 còn được nối với ống dẫn cấp nhiên liệu (không được thể hiện) và ống dẫn cấp khí chứa oxy (không được thể hiện). Khí hydrocacbon như khí propan hoặc khí tự nhiên được cấp vào ống thổi từ đỉnh 13 qua ống dẫn cấp nhiên liệu, và khí chứa oxy để đốt cháy khí hydrocacbon được cấp vào ống thổi từ đỉnh 13 qua ống dẫn cấp khí chứa oxy. Như được đề cập trước đây, ống thổi từ đỉnh 13 được tạo kết cấu để khí hydrocacbon và khí chứa oxy được phun từ lỗ phun nhiên liệu và lỗ phun khí chứa oxy, lần lượt, được bố trí ở phần đầu của ống nhỏ.

Ví dụ, kênh dẫn dòng nhiên liệu và kênh dẫn dòng khí chứa oxy trong ống thổi từ đỉnh 13 có thể là ống dẫn đôi mà trong đó ống dẫn bên trong là kênh dẫn dòng dùng cho khí hydrocacbon và ống dẫn bên ngoài là kênh dẫn dòng dùng cho khí chứa oxy để đốt cháy khí hydrocacbon (các ống dẫn đôi này được bố trí ở biên của lỗ trung tâm). Ngoài ra, kênh dẫn dòng dùng cho khí hydrocacbon có thể được tạo kết cấu từ ống dẫn đơn được bố trí bên ngoài kênh dẫn dòng bột, và kênh dẫn dòng dùng cho khí chứa oxy có thể được tạo kết cấu từ ống dẫn đơn được bố trí bên ngoài hơn nữa.

Với việc sử dụng thiết bị khử khí chân không RH 1 được tạo kết cấu như được nêu trên, bột được phun từ ống thổi từ đỉnh 13 trong khi được làm nóng bằng ngọn lửa được tạo kết cấu bởi sự đốt cháy của khí hydrocacbon dưới phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13, và được đẩy (được thổi) về phía bề mặt của bể chứa thép nóng chảy

3 tuần hoàn trong ống chân không 5. Trong quá trình này, chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh 13 (khoảng cách giữa bề mặt bề tĩnh của thép nóng chảy và phần đầu của ống nhỏ) trong khi đẩy bột được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m, và áp suất động P của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh 13 được điều chỉnh đến 20,0 kPa hoặc lớn hơn và 100,0 kPa hoặc nhỏ hơn, áp suất động được tính toán theo các phương trình từ (1) đến (5) dưới đây:

$$P = \rho_g \times U^2/2 \cdots (1)$$

$$\rho_g = \rho_A \times F_A/F_T + \rho_B \times F_B/F_T + \rho_C \times F_C/F_T + V_P/(F_T/60) \cdots (2)$$

$$U = (F_T/S_T) \times (1/3600) \cdots (3)$$

$$S_T = S_A + S_B + S_C \cdots (4)$$

$$F_T = F_A + F_B + F_C \cdots (5)$$

Trong các phương trình từ (1) đến (5), P là áp suất động (kPa) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, ρ_g là mật độ (kg/Nm^3) của dòng tia, ρ_A là mật độ (kg/Nm^3) của khí mang, ρ_B là mật độ (kg/Nm^3) của khí chứa oxy, ρ_C là mật độ (kg/Nm^3) của khí hydrocacbon, V_P là tốc độ cấp ($\text{kg}/\text{phút}$) của bột, U là tốc độ ($\text{m}/\text{giây}$) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_T là tổng diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ trung tâm, lỗ phun nhiên liệu và lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_A là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ trung tâm ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_B là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, S_C là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ phun nhiên liệu ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh, F_T là tổng lưu lượng (Nm^3/h) của khí mang, khí chứa oxy và khí hydrocacbon, F_A là lưu lượng (Nm^3/h) của khí mang, F_B là lưu lượng (Nm^3/h) của khí chứa oxy, và F_C là lưu lượng (Nm^3/h) của khí hydrocacbon.

"Dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh 13" là việc tập hợp bột mà được đẩy, khí mang dùng cho bột, khí hydrocacbon và khí chứa oxy để đốt cháy khí hydrocacbon, tất cả được coi là dòng tia đơn. "Bề mặt bề tĩnh của thép nóng chảy" là bề mặt của thép nóng chảy mà được tiếp xúc với môi trường chân không và mà được

để yên mà không có khí bất kỳ như khí oxy được thổi vào đó. Cụ thể, trong trường hợp là thiết bị khử khí chân không RH 1, bề mặt bề tĩnh của thép nóng chảy là bề mặt của thép nóng chảy 3 lưu thông trong ống chân không 5.

Nếu độ chân không bên trong ống chân không 5 quá cao, nhiều bột được xát từ ống chân không 5 cùng với khí xả mà được hút vào ống dẫn 11. Để ngăn việc này, tốt hơn là khi việc đẩy bột diễn ra, độ chân không bên trong ống chân không 5 nằm trong khoảng từ 2,7 đến 13,3 kPa.

Sau đây, sẽ mô tả các ứng dụng ví dụ của phương pháp tinh luyện thép nóng chảy theo sáng chế để làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp, thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp và thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp. Trước tiên, phương pháp làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp sẽ được mô tả.

Gang lỏng được tháo từ lò cao được rót vào ống giữ hoặc ống vận chuyển như gầu rót gang lỏng hoặc xe ngư lôi (torpedo car), và được vận chuyển đến lò luyện thép mà gang lỏng được tinh luyện bằng phương pháp khử cacbon. Thông thường, gang lỏng được xử lý trước bởi các phương pháp xử lý như khử lưu huỳnh và khử photpho trong quá trình vận chuyển này. Trong phương án theo sáng chế, tốt hơn là gang lỏng được xử lý trước, cụ thể, được khử photpho, ngay trong trường hợp mà gang lỏng không cần xử lý trước theo các tiêu chuẩn của thành phần dùng cho thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp. Nguyên nhân đối với việc này là do việc làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp bao gồm việc bổ sung quặng mangan như nguồn mangan rẻ trong quá trình lọc khử cacbon trong lò luyện thép. Nếu việc khử photpho không được thực hiện sơ bộ, thì phản ứng khử photpho cần được thực hiện đồng thời với phản ứng khử cacbon trong quá trình lọc khử cacbon trong lò luyện thép. Việc này yêu cầu là lượng lớn luồng có nguồn gốc từ CaO cần được thêm vào lò luyện thép. Kết quả là, lượng được tăng lên là xỉ được tạo ra và nhiều mangan được phân bố vào xỉ để làm giảm năng suất của mangan được đưa vào thép nóng chảy.

Gang lỏng được vận chuyển được thêm vào lò luyện thép. Sau đó, quặng mangan làm nguồn mangan được thêm vào lò luyện thép và, nếu cần thiết, lượng nhỏ luồng có nguồn gốc từ CaO như vôi sống được bổ sung. Sau đó, gang lỏng được khử cacbon bằng cách thổi từ đỉnh và/hoặc thổi từ đáy khí oxy để tạo ra thép nóng chảy có chế phẩm hóa học được xác định trước. Thép nóng chảy sau đó được tháo vào gầu rót 2 mà không có sự bổ sung các chất khử oxy bất kỳ như nhôm kim loại và ferroxilic vào thép nóng chảy, có tên là, thép nóng chảy ở trạng thái không khử oxy. Trong quá trình này, lượng hợp kim ferro mangan rẻ được xác định trước như feromangan có hàm lượng cacbon cao có thể được bổ sung.

Như đề cập trước đây, nguồn mangan rẻ như quặng mangan hoặc feromangan có hàm lượng cacbon cao được sử dụng trong quá trình lọc khử cacbon trong lò luyện thép. Do tình trạng này, nên nồng độ cacbon trong thép nóng chảy không tránh khỏi bị tăng lên. Tuy nhiên, tốt hơn là ngay trong trường hợp này nồng độ cacbon trong thép nóng chảy sau khi điều chỉnh nồng độ mangan là 0,2 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn. Nếu nồng độ cacbon trong thép nóng chảy vượt quá 0,2 % theo khối lượng, thì quá trình lọc khử cacbon chân không trong thiết bị khử khí chân không trong bước tiếp theo mất thời gian dài và do đó làm cho năng suất bị giảm xuống. Hơn nữa, sự giảm nhiệt của thép nóng chảy kết hợp với thời gian kéo dài của quá trình lọc khử cacbon chân không cần được bù bằng cách làm tăng nhiệt độ của thép nóng chảy được tháo, mà làm cho năng suất của sắt bị giảm hoặc dẫn đến sự hao mòn tăng lên của vật liệu chịu lửa và do đó làm tăng chi phí của vật liệu chịu lửa. Tốt hơn là nồng độ cacbon trong thép nóng chảy sau khi điều chỉnh nồng độ mangan là 0,2 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Thép nóng chảy 3 được tháo từ lò luyện thép được vận chuyển đến thiết bị khử khí chân không RH 1. Trong thiết bị khử khí chân không RH 1, thép nóng chảy 3 trong trạng thái không được khử oxy được tuần hoàn giữa gầu rót 2 và ống chân không 5. Thép nóng chảy 3, mà không được khử oxy, được khử cacbon trong điều kiện chân không bằng phản ứng cacbon trong thép nóng chảy với oxy được hòa tan

trong thép nóng chảy ($C + O = CO$) do thép nóng chảy 3 được tiếp xúc với môi trường chân không trong ống chân không. Khi sự tuần hoàn của thép nóng chảy 3 đã được bắt đầu, quặng mangan được đẩy từ ống thổi từ đỉnh 13 sử dụng khí argon làm khí mang. Ngay trước khi hoặc sau khi bắt đầu việc đẩy quặng mangan, khí hydrocacbon và khí chứa oxy được phun từ ống thổi từ đỉnh 13 để tạo ra lửa dưới phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13. Quặng mangan được làm nóng bởi nhiệt của lửa và được làm rơi lên trên bề mặt của bể chứa thép nóng chảy.

Quặng mangan đẩy vào bề mặt của bể chứa thép nóng chảy bị giảm bởi cacbon trong thép nóng chảy gây ra sự tăng lên về nồng độ mangan trong thép nóng chảy và sự giảm xuống về nồng độ cacbon trong thép nóng chảy. Có nghĩa là, quặng mangan không chỉ dùng làm nguồn mangan để điều chỉnh chế phẩm hóa học của thép nóng chảy, mà còn làm nguồn của oxy dùng cho phản ứng khử cacbon của thép nóng chảy 3.

Trong quá trình mà trong đó lửa được tạo ra dưới phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13 và quặng mangan được đẩy từ ống thổi từ đỉnh 13, chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh 13 (khoảng cách giữa bề mặt bể tĩnh của thép nóng chảy và phần đầu của ống nhỏ) được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m, và lưu lượng của khí tương ứng và tốc độ cấp của quặng mangan được điều chỉnh tương ứng với diện tích mặt cắt của ba lỗ phun (lỗ trung tâm, lỗ phun nhiên liệu và lỗ phun khí chứa oxy) của ống thổi từ đỉnh 13 để áp suất động P, được tính toán từ các phương trình từ (1) đến (5), của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh sẽ là 20,0 kPa hoặc lớn hơn và 100,0 kPa hoặc nhỏ hơn.

Bằng cách điều chỉnh áp suất động P của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh nằm trong khoảng từ 20,0 kPa đến 100,0 kPa, quặng mangan có thể được làm nóng hữu hiệu và được bổ sung hữu hiệu vào thép nóng chảy 3. Do đó, quặng mangan có thể được thêm vào mà không gây ra hoặc gây ra ít sự giảm nhiệt của thép nóng chảy 3. Do quặng mangan có thể được bổ sung hữu hiệu vào thép nóng chảy 3, quặng mangan có thể được giảm theo cách đẩy mạnh và năng suất mangan có thể

được tăng cường, làm cho nó có thể cắt giảm chi phí sản xuất của thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp bằng cách tạo ra việc sử dụng của nguồn mangan rẻ.

Khi nồng độ mangan trong thép nóng chảy sau khi việc bổ sung chỉ quặng mangan không thỏa mãn các tiêu chuẩn, feromangan có hàm lượng cacbon cao (hàm lượng cacbon: khoảng 7% theo khối lượng) có thể được bổ sung qua ống thổi từ đỉnh 13 trong khi được làm nóng bằng lửa trước khi bổ sung quặng mangan, theo nồng độ mangan tiêu chuẩn dùng cho thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp. Ngoài ra, bột hỗn hợp của feromangan có hàm lượng cacbon cao và quặng mangan có thể được bổ sung qua ống thổi từ đỉnh 13 trong khi được làm nóng bằng lửa.

Khi nồng độ cacbon trong thép nóng chảy đã đạt được tiêu chuẩn về thành phần, thời gian được xác định trước của quá trình lọc khử cacbon chân không, chất khử oxy mạnh như nhôm kim loại được bổ sung từ cửa nạp 12 vào thép nóng chảy 3 đến nồng độ thấp hơn của oxy hòa tan trong thép nóng chảy (khử oxy). Quá trình lọc khử cacbon chân không do đó kết thúc. Trong trường hợp mà nhiệt độ của thép nóng chảy sau khi kết thúc quá trình lọc khử cacbon chân không thấp hơn nhiệt độ được yêu cầu khi xem xét bước tiếp theo, ví dụ, bước đúc liên tục, nhiệt độ của thép nóng chảy có thể tăng lên bằng cách bổ sung nhôm kim loại vào thép nóng chảy 3 qua cửa nạp 12 và đốt cháy nhôm trong thép nóng chảy trong khi thổi khí oxy từ ống thổi từ đỉnh 13 lên trên bề mặt của bể chứa thép nóng chảy.

Sau khi được khử oxy bằng việc bổ sung chất khử oxy mạnh, thép nóng chảy 3 còn được được tuần hoàn liên tục trong thời gian vài phút. Nếu nồng độ mangan trong thép nóng chảy 3 vẫn nhỏ hơn các tiêu chuẩn, thì mangan kim loại hoặc feromangan có hàm lượng cacbon thấp được thêm vào thép nóng chảy 3 qua cửa nạp 12 trong sự tuần hoàn này để điều chỉnh nồng độ mangan trong thép nóng chảy 3. Hơn nữa, khi cần thiết, các chất điều chỉnh thành phần như nhôm, silic, niken, crom, đồng, niobi và titan được thêm vào thép nóng chảy 3 qua cửa nạp 12 trong quá trình tuần hoàn để đưa chế phẩm hóa học của thép nóng chảy vào khoảng được xác định trước. Áp suất bên trong ống chân không 5 được thoát ra thành áp suất môi

trường. Việc tinh luyện khử khí chân không do đó được hoàn thành.

Tiếp theo, phương pháp làm nóng chảy thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp hoặc thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp sẽ được mô tả.

Gang lỏng được tháo từ lò cao được rót vào ống giữ hoặc ống vận chuyển như gầu rót gang lỏng hoặc xe ngư lôi (torpedo car), và được vận chuyển đến lò luyện thép mà gang lỏng được tinh luyện bằng phương pháp khử cacbon. Gang lỏng được xử lý trước bởi sự khử lưu huỳnh trong quá trình vận chuyển này. Như việc trước xử lý khi bổ sung gang lỏng, việc khử photpho được thực hiện mà cần thiết khi xem xét nồng độ photpho tiêu chuẩn trong thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp hoặc thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp cần được làm nóng chảy. Trong các trường hợp khác, việc khử photpho có thể được bỏ qua.

Gang lỏng được vận chuyển được thêm vào lò luyện thép. Sau đó, quặng mangan làm nguồn mangan được bổ sung theo yêu cầu vào lò luyện thép và, nếu cần thiết, lượng nhỏ luồng có nguồn gốc từ CaO như vôi sống được bổ sung. Sau đó, gang lỏng được khử cacbon bằng cách thổi từ đỉnh và/hoặc thổi từ đáy khí oxy để tạo ra thép nóng chảy có chế phẩm hóa học được xác định trước. Thép nóng chảy sau đó được tháo vào gầu rót 2 mà không có sự bổ sung các chất khử oxy bất kỳ như nhôm kim loại và ferroxilic vào thép nóng chảy, có tên là, thép nóng chảy ở trạng thái không khử oxy. Trong quá trình này, lượng hợp kim ferro mangan rẻ được xác định trước như feromangan có hàm lượng cacbon cao có thể được bổ sung.

Thép nóng chảy 3 được tháo từ lò luyện thép được vận chuyển đến thiết bị khử khí chân không RH 1. Trong thiết bị khử khí chân không RH 1, mà cần thiết, thép nóng chảy 3 ở trạng thái không được khử oxy được khử cacbon trong điều kiện chân không bằng cách thổi khí oxy vào thép nóng chảy 3 qua ống thổi từ đỉnh 13, nhờ đó điều chỉnh nồng độ cacbon trong thép nóng chảy 3. Khi nồng độ cacbon trong thép nóng chảy đã đạt được tiêu chuẩn về thành phần, chất khử oxy mạnh như nhôm kim loại được bổ sung từ cửa nạp 12 vào thép nóng chảy 3 để khử oxy thép nóng chảy và làm giảm nồng độ oxy hòa tan trong thép nóng chảy. Quá trình lọc khử

cacbon chân không do đó kết thúc.

Quá trình lọc khử cacbon chân không được bỏ qua khi nồng độ cacbon tiêu chuẩn của thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp hoặc thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp cần được làm nóng chảy có thể đạt được mà không có quá trình lọc khử cacbon chân không. Khi quá trình lọc khử cacbon chân không được bỏ qua, thép nóng chảy 3 không cần được giữ ở trạng thái không được khử oxy và có thể được khử oxy bằng việc bổ sung nhôm kim loại vào thép nóng chảy 3 được tháo từ lò luyện thép đến gầu rót 2. Trong quá trình khử oxy này, vôi sống hoặc CaO-chứa chất trợ dung có thể được bổ sung, cùng với nhôm kim loại, vào thép được tháo. Tốt hơn là, thép nóng chảy 3 được tháo vào gầu rót 2 được vận chuyển đến thiết bị khử khí chân không RH 1 sau khi chất cải biến xỉ như nhôm kim loại được thêm vào xỉ 4 nổi trên thép nóng chảy, và oxit sắt như FeO và oxit mangan như MnO trong xỉ được giảm xuống.

Trong trường hợp mà nhiệt độ của thép nóng chảy sau khi kết thúc quá trình lọc khử cacbon chân không thấp hơn nhiệt độ được yêu cầu khi xem xét bước tiếp theo, ví dụ, bước đúc liên tục, nhiệt độ của thép nóng chảy có thể tăng lên bằng cách bổ sung nhôm kim loại vào thép nóng chảy 3 qua cửa nạp 12 và đốt cháy nhôm trong thép nóng chảy trong khi thổi khí oxy từ ống thổi từ đỉnh 13 lên trên bề mặt của bể chứa thép nóng chảy. Khi thép nóng chảy 3 ở trạng thái không được khử oxy được đưa vào quá trình lọc khử cacbon chân không, việc xử lý có thể được thực hiện bằng cách đẩy quặng mangan từ ống thổi từ đỉnh 13 trong khi làm nóng nó bằng ngọn lửa, tương tự như phương pháp được nêu trên làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp.

Thép nóng chảy 3 sau đó được khử oxy bằng chất khử oxy mạnh như nhôm kim loại và về cơ bản được khử lưu huỳnh bằng cách phun chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO qua ống thổi từ đỉnh 13 lên trên bề mặt của bể chứa thép nóng chảy được khử oxy 3 trong khi chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được làm nóng bằng ngọn lửa được tạo ra ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13.

Khi chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được đẩy từ ống thổi từ đỉnh 13

trong khi ngọn lửa được tạo ra dưới phần đầu của ống thổi từ đỉnh 13, chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh 13 (khoảng cách giữa bề mặt bề tĩnh của thép nóng chảy và phần đầu của ống nhỏ) được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m, và lưu lượng của khí tương ứng và tốc độ cấp của chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO được điều chỉnh theo diện tích mặt cắt của ba lỗ phun (lỗ trung tâm, lỗ phun nhiên liệu và lỗ phun khí chứa oxy) của ống thổi từ đỉnh 13 để áp suất động P, được tính toán theo các phương trình từ (1) đến (5), của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh sẽ là 20,0 kPa hoặc lớn hơn và 100,0 kPa hoặc nhỏ hơn.

Bằng cách điều chỉnh áp suất động P của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh nằm trong khoảng từ 20,0 kPa đến 100,0 kPa, chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO có thể được làm nóng hữu hiệu và được bổ sung hữu hiệu vào thép nóng chảy 3. Do đó, chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO có thể được thêm vào mà không gây ra hoặc gây ra ít sự giảm nhiệt của thép nóng chảy 3. Do chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO mà đã được làm nóng có thể được bổ sung hữu hiệu vào thép nóng chảy 3, phản ứng khử lưu huỳnh được thúc đẩy và tốc độ khử lưu huỳnh cao có thể thu được. Ví dụ, chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO mà được bổ sung có thể chỉ là vôi sống (CaO), hoặc hỗn hợp vôi sống có 30 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn là florua (CaF_2) hoặc nhôm oxit (Al_2O_3) (hỗn hợp có thể được làm nóng chảy trước).

Khi nồng độ lưu huỳnh trong thép nóng chảy 3 đã được làm giảm đến mức được xác định trước hoặc trong điều kiện, việc đẩy chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO từ ống thổi từ đỉnh 13 được làm gián đoạn và việc khử lưu huỳnh được kết thúc. Ngay sau phần cuối của việc xử lý, thép nóng chảy 3 được làm tuần hoàn liên tục trong thời gian vài phút và, trong quá trình tuần hoàn này, chất điều chỉnh thành phần như nhôm, silic, niken, crom, đồng, niobi và titan được bổ sung theo yêu cầu để thép nóng chảy 3 qua cửa nạp 12 để đưa chế phẩm hóa học của thép nóng chảy trong khoảng được xác định trước. Áp suất bên trong ống chân không 5 được thoát ra thành áp suất môi trường. Việc tinh luyện khử khí chân không do đó được hoàn

thành.

Như được nêu trên, việc điều chỉnh thích hợp của chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh 13 và áp suất động P của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh 13 theo sáng chế cho phép bột được thêm vào thép nóng chảy 3 với năng suất cao. Do đó, phản ứng tinh luyện được thúc đẩy và, do bột có thể được thêm vào thép nóng chảy 3 với năng suất cao, nên có thể đạt được hiệu quả truyền nhiệt cao.

Trong các ví dụ được nêu trên minh họa quá trình tinh luyện với thiết bị khử khí chân không RH, làm nóng chảy thép như thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp, thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp hoặc thép có hàm lượng lưu huỳnh cực thấp có thể thực hiện được theo phương pháp nêu trên ngay cả khi sử dụng thiết bị khử khí chân không khác như thiết bị khử khí chân không DH hoặc lò VOD.

Ví dụ 1

Các thử nghiệm được thực hiện mà trong đó gần 300 tấn thép nóng chảy được tinh luyện bởi sự khử cacbon chân không bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không RH được minh họa trên Fig.1 để làm nóng chảy thép có hàm lượng mangan cao cacbon thấp.

Thép nóng chảy ở trạng thái không được khử oxy khi được tháo từ lò luyện thép có nồng độ cacbon nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,04 % theo khối lượng và nồng độ mangan nằm trong khoảng từ 0,07 đến 0,08 % theo khối lượng. Nồng độ của oxy hòa tan trong thép nóng chảy khi vừa tới ở ở thiết bị khử khí chân không RH là từ 0,04 đến 0,07% theo khối lượng.

Chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh mà được lắp xuyên qua phần đỉnh của ống chân không được thiết lập từ 0,5 đến 9,0m. Trong quá trình lọc khử cacbon chân không in thiết bị khử khí chân không RH, LNG (khí hydrocacbon) và khí oxy (khí chứa oxy để đốt cháy khí hydrocacbon) được phun qua ống thổi từ đỉnh để tạo ra lửa mở đốt dưới phần đầu của ống thổi từ đỉnh. Sau khi lửa mở đốt được tạo ra, quặng mangan (sau đây, đôi khi được viết là "quặng Mn") được đẩy ở tốc độ cấp là 200

kg/phút trong các thử nghiệm sử dụng khí argon làm khí mang. Lượng quặng Mn được bổ sung là 5,0 kg/t thép nóng chảy trong tất cả các thử nghiệm. Trong quá trình đẩy bột, độ chân không trong ống chân không nằm trong khoảng từ 1,3 đến 17,3 kPa, và lưu lượng của khí argon đối với việc tuần hoàn là 3000 NL/min trong các thử nghiệm.

Các thử nghiệm đánh giá tốc độ của sự truyền nhiệt đến thép nóng chảy và sản lượng mangan (Mn). Để tính toán áp suất động P của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh theo các phương trình từ (1) đến (5), các tham số của chúng được sử dụng như sau: mật độ ρ_A của khí mang là 1,5 kg/Nm³, mật độ ρ_B của khí chứa oxy là 2,5 kg/Nm³, mật độ ρ_C của khí hydrocacbon là 1,5 kg/Nm³, tốc độ cấp V_P của bột là 200 kg/phút, diện tích mặt cắt S_A của lỗ trung tâm ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh là 0,0038 m², diện tích mặt cắt S_B của lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh là 0,0006 m², diện tích mặt cắt S_C của lỗ phun nhiên liệu ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh là 0,0003 m², lưu lượng F_A của khí mang nằm trong khoảng từ 120 đến 1000 Nm³/h, lưu lượng F_B của khí chứa oxy nằm trong khoảng từ 240 đến 2200 Nm³/h, và lưu lượng F_C của khí hydrocacbon là 400 Nm³/h.

Bảng 1 mô tả chiều cao ống nhỏ và các điều kiện hoạt động như áp suất động P trong quá trình lọc khử cacbon chân không trong các thử nghiệm, và các kết quả hoạt động như nồng độ mangan trong thép nóng chảy sau quá trình lọc khử cacbon chân không, sản lượng mangan và tốc độ truyền nhiệt. Các lưu ý trong Bảng 1, "INV. EX." có nghĩa là thử nghiệm nằm trong phạm vi sáng chế, và "COMP. EX." nằm ngoài phạm vi sáng chế. Tốc độ truyền nhiệt được mô tả trong Bảng 1 được tính toán sử dụng phương trình (6) dưới đây.

Tốc độ truyền nhiệt (%) = Nhiệt (cal) đưa vào thép nóng chảy $\times$ 100/Tổng nhiệt (cal) của sự đốt cháy của mỏ đốt ... (6)

Trong phương trình (6), nhiệt (cal) được đưa vào thép nóng chảy là một phần, của tổng nhiệt được tạo ra bởi sự đốt cháy của mỏ đốt, mà được truyền đến thép nóng chảy, và tổng nhiệt (cal) của sự đốt cháy của mỏ đốt là tích năng suất tỏa nhiệt

(cal/Nm³) của nhiên liệu nhân với thể tích (Nm³) của nhiên liệu.

[Bảng 1]

Số thử tự thử nghiệm	Lượng (kg/t) quặng Mn được bỏ sung	Chiều cao ống nhỏ (m)	Áp suất động P (kPa) của dòng tia	Độ chân không (kPa) trong ống chân không trong khí đẩy quặng Mn	Nồng độ Mn (% theo khối lượng) trong thép nóng chảy			Sản lượng Mn (% theo khối lượng)	Tốc độ khử cacbon (% theo khối lượng/phút)	Tốc độ truyền nhiệt (%)	Lưu ý
					Trước súng quặng Mn	khí bỏ	Sau khi bỏ sung quặng Mn				
1	5,0	6,0	17,2	1,3	0,08		0,18	44	0,0017	63	COMP. EX.
2	5,0	6,0	19,5	1,3	0,08		0,20	53	0,0019	68	COMP. EX.
3	5,0	6,0	20,8	1,3	0,07		0,24	76	0,0032	81	INV. EX.
4	5,0	6,0	45,1	1,3	0,08		0,26	80	0,0033	82	INV. EX.
5	5,0	6,0	99,4	1,3	0,07		0,25	80	0,0035	84	INV. EX.
6	5,0	6,0	100,6	1,3	0,07		0,21	62	0,0019	71	COMP. EX.
7	5,0	6,0	119,3	1,3	0,07		0,18	49	0,0018	69	COMP. EX.
8	5,0	0,5	45,1	1,3	0,07		0,20	58	0,0020	72	COMP. EX.
9	5,0	1,0	45,1	1,3	0,08		0,26	80	0,0034	83	INV. EX.
10	5,0	4,0	45,1	1,3	0,08		0,26	80	0,0035	82	INV. EX.
11	5,0	7,0	45,1	1,3	0,07		0,23	71	0,0031	84	INV. EX.
12	5,0	8,0	45,1	1,3	0,08		0,21	58	0,0020	71	COMP. EX.
13	5,0	9,0	45,1	1,3	0,08		0,20	53	0,0019	71	COMP. EX.
14	5,0	5,0	45,1	4,0	0,07		0,27	89	0,0021	86	INV. EX.
15	5,0	5,0	45,1	6,7	0,08		0,29	93	0,0033	89	INV. EX.
16	5,0	5,0	45,1	9,3	0,07		0,27	89	0,0035	87	INV. EX.
17	5,0	5,0	45,1	12,0	0,07		0,27	89	0,0018	86	INV. EX.
18	5,0	5,0	45,1	14,7	0,07		0,26	84	0,0020	85	INV. EX.
19	5,0	5,0	45,1	17,3	0,08		0,25	76	0,0034	84	INV. EX.

Như được thể hiện trên Bảng 1, các thử nghiệm số từ 3 đến 5, từ 9 đến 11, và từ 14 đến 19, mà trong đó chiều cao ống nhỏ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m và áp suất động P của dòng tia được tính toán theo các phương trình từ (1) đến (5) nằm trong khoảng từ 20,0 đến 100,0 kPa, đạt được sản lượng mangan là 70 % theo khối lượng hoặc lớn hơn và tốc độ truyền nhiệt cao là 80% hoặc lớn hơn.

Ngược lại, các thử nghiệm số. 1, 2, từ 6 đến 8, 12 và 13 dẫn đến sản lượng mangan thấp và tốc độ truyền nhiệt thấp trên việc tính toán áp suất động P của dòng tia được tính toán từ các phương trình từ (1) đến (5) ở bên ngoài khoảng từ 20,0 đến 100,0 kPa, hoặc chiều cao ống nhỏ ở ngoài khoảng từ 1,0 đến 7,0 m.

Cụ thể, trong các thử nghiệm số 1, 2, 12 và 13, áp suất động của dòng tia ở bề mặt của bể chứa thép nóng chảy thấp do ống nhỏ cao quá mức hoặc áp suất động P của dòng tia thấp, gây ra lượng bột cần được xả qua ống dẫn cùng với khí xả. Việc này xác suất là lý do làm năng suất bổ sung kém.

Hơn nữa, trong các thử nghiệm số từ 6 đến 8, khối lượng của tảng xỉ đã được làm lắng ở thành bên trong của ống chân không sau khi kết thúc quá trình tinh luyện. Áp suất động của dòng tia ở bề mặt của bể chứa thép nóng chảy được làm tăng lên quá mức do chiều cao ống nhỏ thấp hoặc áp suất động P của dòng tia cao, và do đó bột được phân tán bên trong ống chân không và được gắn cùng với thép nóng chảy lên trên vật liệu chịu lửa bên trong ống chân không. Việc này xác suất là nguyên nhân làm cho tốc độ truyền nhiệt kém và sản lượng mangan thấp.

Trong các thử nghiệm số từ 14 đến 17, mà trong đó bột được đẩy trong mức độ chân không bên trong ống chân không nằm trong khoảng từ 2,7 đến 13,3 kPa, tốc độ truyền nhiệt cao và sản lượng mangan cao đạt được so với phần còn lại của các ví dụ theo sáng chế trong các thử nghiệm số từ 3 đến 5, từ 9 đến 11, 18 và 19. Kết quả này xác suất có thể do thực tế mà điều chỉnh mức độ chân không trong ống chân không nằm trong khoảng từ 2,7 đến 13,3 kPa trong khi đẩy bột được làm ổn định sự tuần hoàn của của thép nóng chảy và làm giảm lượng bột được xả qua ống dẫn cùng với khí xả.

Ví dụ 2

Các thử nghiệm được thực hiện mà trong đó gần 300 tấn thép nóng chảy được khử lưu huỳnh bằng việc bổ sung chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không RH được minh họa trên Fig.1 để làm nóng chảy thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp (nồng độ lưu huỳnh: 0,0024 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn).

Thép nóng chảy trước khi tinh luyện trong thiết bị khử khí chân không RH có nồng độ cacbon nằm trong khoảng từ 0,08 đến 0,10 % theo khối lượng, nồng độ silic nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,2 % theo khối lượng, nồng độ nhôm nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,035 % theo khối lượng và nồng độ lưu huỳnh nằm trong khoảng từ 0,0030 đến 0,0032 % theo khối lượng. Nhiệt độ của thép nóng chảy nằm trong khoảng từ 1600 đến 1650°C.

Khi cần thiết, nhiệt độ của thép nóng chảy được đo để xem xét nhiệt độ của thép nóng chảy đã đạt được trước khi bổ sung chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO hay không. Ở đây, "nhiệt độ yêu cầu của thép nóng chảy" là nhiệt độ của thép nóng chảy được xác định trong mỗi hoạt động phụ thuộc vào thiết bị xử lý và các điều kiện xử lý được chấp nhận, khi xem xét đến sự giảm nhiệt sau khoảng thời gian xử lý theo quy định và sự giảm nhiệt do bổ sung chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO. Khi nhiệt độ của thép nóng chảy không đủ, việc xử lý nhiệt được thực hiện mà trong đó nhôm kim loại được bổ sung từ cửa nạp và khí oxy được thổi từ ống thổi từ đỉnh.

Sau đó, nhôm kim loại dùng cho sự khử oxy và điều chỉnh chế phẩm hóa học được thêm vào thép nóng chảy. Tiếp theo, chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh mà được lắp qua đỉnh của ống chân không được thiết lập từ 0,5 đến 9,0 m, và LNG (khí hydrocacbon) và khí oxy (khí chứa oxy để đốt cháy khí hydrocacbon) được phun qua ống thổi từ đỉnh để tạo ra lửa mở đốt dưới phần đầu của ống thổi từ đỉnh. Sau khi lửa mở đốt đã được tạo ra, chất khử lưu huỳnh CaO-Al₂O₃ được làm nóng chảy trước được đẩy ở tốc độ cấp là 200 kg/phút trong tất cả các thử nghiệm sử dụng khí argon

làm khí mang. Lượng chất khử lưu huỳnh $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ được làm nóng chảy trước được bổ sung là 1500 kg trên mỗi lần nạp trong tất cả các thử nghiệm. Lưu lượng của khí agon dùng cho sự tuần hoàn là 3000 NL/min trong tất cả các thử nghiệm.

Các thử nghiệm được đánh giá thực hiện dựa vào hoặc không dựa vào thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp có nồng độ lưu huỳnh là 0,0024 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn được làm nóng chảy. Để tính toán áp suất động P của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh theo các phương trình từ (1) đến (5), các tham số của chúng được sử dụng như sau: mật độ ρ_A của khí mang là $1,5 \text{ kg/Nm}^3$, mật độ ρ_B của khí chứa oxy là $2,5 \text{ kg/Nm}^3$, mật độ ρ_C của khí hydrocacbon là $1,5 \text{ kg/Nm}^3$, tốc độ cấp V_P của bột là 200 kg/phút, diện tích mặt cắt S_A của lỗ trung tâm ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh là $0,0028 \text{ m}^2$, diện tích mặt cắt S_B của lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh là $0,0006 \text{ m}^2$, diện tích mặt cắt S_C của lỗ phun nhiên liệu ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh là $0,0003 \text{ m}^2$, lưu lượng F_A của khí mang nằm trong khoảng từ 50 đến 700 Nm^3/h , lưu lượng F_B của khí chứa oxy nằm trong khoảng từ 80 đến 1400 Nm^3/h , và lưu lượng F_C của khí hydrocacbon là 400 Nm^3/h .

Bảng 2 mô tả chiều cao ống nhỏ và các điều kiện hoạt động như áp suất động P trong quá trình lọc khử cacbon chân không trong các thử nghiệm, và các kết quả hoạt động như nồng độ lưu huỳnh trong thép nóng chảy sau quá trình khử lưu huỳnh, việc đánh giá quá trình khử lưu huỳnh và tốc độ truyền nhiệt. Các lưu ý trong Bảng 2, "INV. EX." có nghĩa là thử nghiệm nằm trong phạm vi sáng chế, và "COMP. EX." nằm ngoài phạm vi sáng chế. "Đạt" và "Không đạt" trong cột đánh giá sự khử lưu huỳnh trên bảng 2 có nghĩa là nồng độ lưu huỳnh trong thép nóng chảy được khử lưu huỳnh là 0,0024 % theo khối lượng hoặc nhỏ hơn ("Đạt") hoặc vượt quá 0,0024 % theo khối lượng ("Không đạt"). Tốc độ truyền nhiệt được tính toán sử dụng phương trình (6) được mô tả trên.

Bảng 2

Số thứ tự thử nghiệm	Lượng (kg) chất khử lưu huỳnh được bổ sung	Chiều cao ống nhỏ (m)	Áp suất động P (kPa) của dòng tia	Nồng độ S (% theo khối lượng) trong thép nóng chảy		Đánh giá sự khử lưu huỳnh	Tốc độ truyền nhiệt (%)	Lưu ý
				Trước khi khử lưu huỳnh	Sau khi khử lưu huỳnh			
51	1500	5,0	18,5	0,0031	0,0027	Không đạt	61	COMP. EX.
52	1500	5,0	19,3	0,0032	0,0027	Không đạt	68	COMP. EX.
53	1500	5,0	20,7	0,0032	0,0021	Đạt	80	INV. EX.
54	1500	5,0	72,4	0,0030	0,0020	Đạt	87	INV. EX.
55	1500	5,0	99,2	0,0031	0,0021	Đạt	83	INV. EX.
56	1500	5,0	100,3	0,0030	0,0025	Không đạt	67	COMP. EX.
57	1500	5,0	116,5	0,0031	0,0027	Không đạt	65	COMP. EX.
58	1500	0,5	72,4	0,0030	0,0026	Không đạt	63	COMP. EX.
59	1500	1,0	72,4	0,0031	0,0020	Đạt	83	INV. EX.
60	1500	4,0	72,4	0,0030	0,0020	Đạt	85	INV. EX.
61	1500	7,0	72,4	0,0030	0,0023	Đạt	86	INV. EX.
62	1500	8,0	72,4	0,0031	0,0026	Không đạt	66	COMP. EX.
63	1500	9,0	72,4	0,0031	0,0027	Không đạt	61	COMP. EX.

Như được thể hiện trên bảng 2, các thử nghiệm số từ 53 đến 55 và từ 59 đến 61, mà trong đó chiều cao ống nhỏ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m và áp suất động P của dòng tia được tính toán theo các phương trình từ (1) đến (5) nằm trong khoảng từ 20,0 đến 100,0 kPa, dẫn đến việc làm nóng chảy thành công của thép có hàm lượng lưu huỳnh thấp mong muốn và đạt được tốc độ truyền nhiệt cao theo thứ tự là 80%.

Ngược lại, các thử nghiệm số 51, 52, từ 56 đến 58, 62 và 63 dẫn đến tốc độ khử lưu huỳnh thấp và tốc độ truyền nhiệt thấp ở việc tính toán áp suất động P của dòng tia được tính toán theo các phương trình từ (1) đến (5) nằm ngoài khoảng từ 20,0 đến 100,0 kPa, hoặc chiều cao ống nhỏ nằm ngoài khoảng từ 1,0 đến 7,0 m.

Cụ thể, trong các thử nghiệm số 51, 52, 62 và 63, áp suất động của dòng tia ở bề mặt của bể chứa thép nóng chảy thấp do ống nhỏ cao quá mức hoặc áp suất động P của dòng tia thấp, gây ra lượng bột cần được xả qua ống dẫn cùng với khí xả. Việc này xác suất là lý do làm năng suất bổ sung kém.

Hơn nữa, trong các thử nghiệm số 56, 57 và 58, khối lượng của tảng xỉ đã được làm lắng ở thành bên trong của ống chân không sau khi kết thúc quá trình tinh luyện. Áp suất động của dòng tia ở bề mặt của bể chứa thép nóng chảy được làm tăng lên quá mức do chiều cao ống nhỏ thấp hoặc áp suất động P của dòng tia cao, và do đó bột được phân tán bên trong ống chân không và được gắn cùng với thép nóng chảy lên trên vật liệu chịu lửa bên trong ống chân không. Việc này xác suất là nguyên nhân làm cho tốc độ khử lưu huỳnh kém và tốc độ truyền nhiệt thấp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tinh luyện thép nóng chảy trong thiết bị khử khí chân không, bao gồm các bước:

bước đưa bột cùng với khí mang về phía bề mặt của bể chứa thép nóng chảy trong ống chân không của thiết bị khử khí chân không thông qua lỗ trung tâm nằm ở phần giữa ống thổi từ đỉnh mà có thể di chuyển theo chiều dọc trong ống chân không; và

bước cấp khí hydrocacbon từ lỗ phun nhiên liệu nằm ở biên của lỗ trung tâm và bước cấp khí chứa oxy từ lỗ phun khí chứa oxy nằm ở biên, sao cho bột rơi vào thép nóng chảy trong khi được làm nóng bằng ngọn lửa được tạo ra bởi sự đốt cháy của khí hydrocacbon ở phần đầu của ống thổi từ đỉnh;

trong đó chiều cao ống nhỏ của ống thổi từ đỉnh nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0 m, chiều cao ống nhỏ là khoảng cách giữa bề mặt tĩnh của bề mặt bể và phần đầu dẫn trong quá trình đưa bột vào,

áp suất động P của dòng tia được phun từ ống thổi từ đỉnh được tính toán từ các phương trình từ (1) đến (5) dưới đây là 20,0 kPa hoặc lớn hơn và 100,0 kPa hoặc nhỏ hơn,

$$P = \rho_g \times U^2/2 \cdots (1)$$

$$\rho_g = \rho_A \times F_A/F_T + \rho_B \times F_B/F_T + \rho_C \times F_C/F_T + V_P/(F_T/60) \cdots (2)$$

$$U = (F_T/S_T) \times (1/3600) \cdots (3)$$

$$S_T = S_A + S_B + S_C \cdots (4)$$

$$F_T = F_A + F_B + F_C \cdots (5)$$

trong đó, theo các phương trình từ (1) đến (5),

P là áp suất động (kPa) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh,

ρ_g là mật độ (kg/Nm³) của dòng tia,

ρ_A là mật độ (kg/Nm³) của khí mang,

ρ_B là mật độ (kg/Nm³) của khí chứa oxy,

ρ_C là mật độ (kg/Nm³) của khí hydrocacbon,

V_P là tốc độ cấp (kg/phút) của bột,

U là tốc độ (m/giây) của dòng tia ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh,

S_T là tổng diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ trung tâm, lỗ phun nhiên liệu và lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh,

S_A là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ trung tâm ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh,

S_B là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ phun khí chứa oxy ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh,

S_C là diện tích mặt cắt (m^2) của lỗ phun nhiên liệu ở đầu ra của ống thổi từ đỉnh,

F_T là tổng lưu lượng (Nm^3/h) của khí mang, khí chứa oxy và khí hydrocacbon,

F_A là lưu lượng (Nm^3/h) của khí mang,

F_B là lưu lượng (Nm^3/h) của khí chứa oxy, và

F_C là lưu lượng (Nm^3/h) của khí hydrocacbon.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bột là một, hoặc hai hoặc lớn hơn hai thành phần trong số quặng mangan, hợp kim ferô mangan và chất khử lưu huỳnh có nguồn gốc từ CaO.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó độ chân không trong ống chân không trong khi quá trình đưa bột vào nằm trong khoảng từ 2,7 đến 13,3 kPa.

FIG. 1

