



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0048188

(51)^{2021.01} C21C 7/00; B22D 11/113; G01K 13/02; (13) B
F27B 3/28; G01K 1/10; B22D 1/00;
C21C 7/10

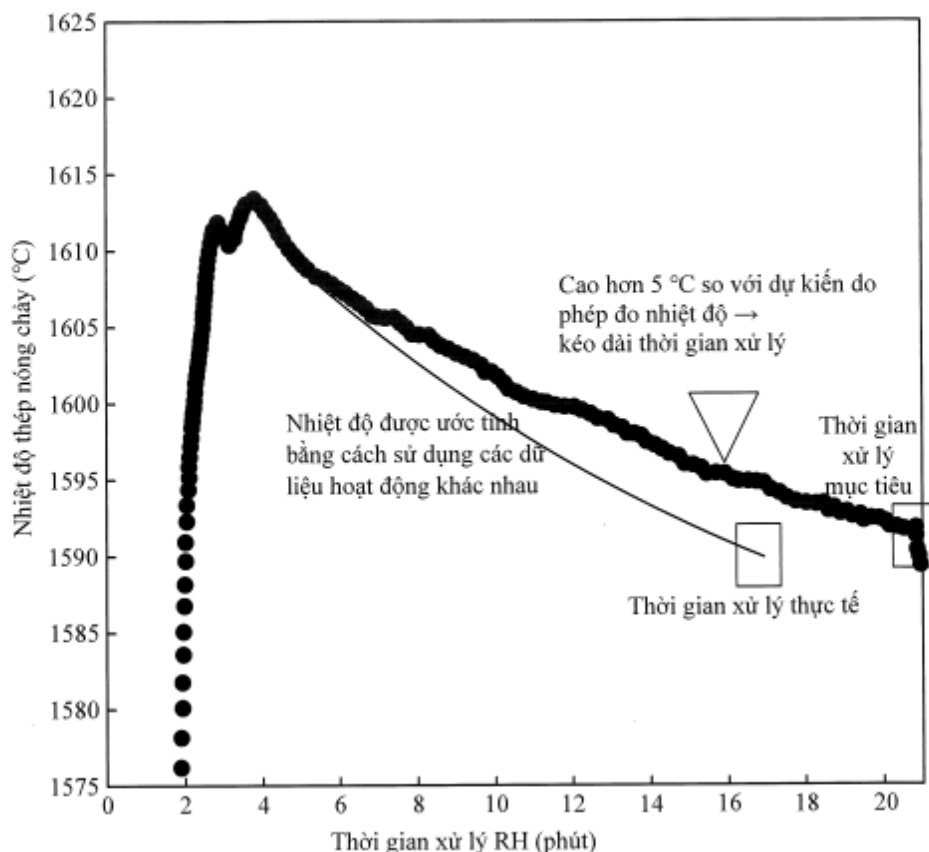
(21) 1-2022-03662	(22) 21/10/2020
(86) PCT/JP2020/039613 21/10/2020	(87) WO 2021/106441 03/06/2021
(30) 2019-217402 29/11/2019 JP	
(45) 25/07/2025 448	(43) 26/09/2022 414A
(73) JFE STEEL CORPORATION (JP) 2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan	
(72) HIRAKAWA Kazuaki (JP); HIRATA Koichiro (JP); SHIMODA Isao (JP); YAMAUCHI Takashi (JP); UEHARA Hirohide (JP).	
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)	

(54) PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH QUÁ TRÌNH XỬ LÝ TINH LUYỆN TRONG
THÙNG RÓT

(21) 1-2022-03662

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp, trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy, ước tính chính xác nhiệt độ thép nóng chảy sau quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, trong đó quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy được thực hiện trong khi liên tục đo nhiệt độ thép nóng chảy trong khi vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy bao gồm bước cài đặt thời gian sớm hơn thời gian kết thúc theo lịch trình của quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót trong khoảng thời gian đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy làm thời điểm xác định, và ước tính nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình trên cơ sở sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy từ khi bắt đầu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến thời điểm xác định.

FIG.4



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, trong đó thép nóng chảy được nhận trong thùng rót và được trải qua quá trình tinh luyện hoàn thiện chẳng hạn như khử khí, khử cacbon, khử oxy, khử lưu huỳnh, kiểm soát hình thái bao thể, hoặc điều chỉnh hợp phần (bổ sung hợp kim) trong thùng rót.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy, ví dụ trong quá trình xử lý khử khí chẳng hạn như xử lý khử khí RH, xử lý khử khí chân không DH, xử lý khử khí chân không REDA, hoặc xử lý khử khí chân không trong thiết bị VOD, bằng cách nắm bắt chính xác những thay đổi về nhiệt độ thép nóng chảy trong suốt quá trình xử lý và tăng cường tỷ lệ hiệu quả của nhiệt độ hoàn thiện của quá trình xử lý, có thể ngăn chặn, ví dụ, việc thực hiện gia nhiệt hoặc làm mát quá mức trong suốt quá trình xử lý khử khí, sự gia tăng về thời gian xử lý khử khí do việc gia nhiệt hoặc làm mát này, và sự giảm tốc độ do sự gia tăng ΔT (mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy) trong quá trình đúc liên tục gây ra sau khi xử lý khử khí. Điều này góp phần cải thiện năng suất và giảm chi phí sản xuất thép.

Để nắm bắt chính xác những thay đổi về nhiệt độ thép nóng chảy, nhiều sự cố gắng đã được thực hiện để đưa ra phép đo nhiệt độ liên tục trong sản xuất thép. Ví dụ, JP S63-203716 A (Tài liệu sáng chế 1) và JP H11-124618 A (Tài liệu sáng chế 2) đều bộc lộ phương pháp đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy bằng cách sử dụng sợi quang hoặc tương tự và kiểm soát nhiệt độ thép nóng chảy trong suốt quá trình tinh luyện. JP 2010-217164 A (Tài liệu sáng chế 3) bộc lộ phương pháp tính toán liên tục sự chênh lệch giữa nhiệt độ thép nóng chảy và nhiệt độ mục tiêu ở cuối quá trình tinh luyện thứ cấp và điều chỉnh lượng oxy được cung cấp vào thép nóng chảy trên cơ sở sự chênh lệch nhiệt độ đã được tính toán và hiệu suất gia nhiệt được giữ làm cơ sở dữ liệu để kiểm soát nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình tinh luyện thứ cấp đến

giá trị mục tiêu.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP S63-203716 A (trang 2)

Tài liệu sáng chế 2: JP H11-124618 A (các đoạn [0028] và [0029])

Tài liệu sáng chế 3: JP 2010-217164 A (đoạn [0042])

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

(Vấn đề kỹ thuật)

Tuy nhiên, các phương pháp này xác định nhu cầu gia nhiệt hoặc làm mát trên cơ sở sự chênh lệch giữa nhiệt độ thép nóng chảy đã đo và nhiệt độ mục tiêu ở cuối quá trình xử lý, và không nhất thiết phải đảm bảo rằng nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý nằm trong phạm vi mục tiêu. Hơn nữa, do thực hiện gia nhiệt hoặc làm mát trong suốt quá trình tinh luyện, nên việc điều chỉnh nhiệt độ thép nóng chảy có thể được yêu cầu. Tùy thuộc vào thời gian gia nhiệt hoặc làm mát, việc xử lý không thể hoàn thành trong thời gian theo lịch trình, và việc kéo dài thời gian xử lý có khả năng dẫn đến tổn hao trong quá trình sản xuất. Thời gian xử lý như vậy không được giải quyết bằng các phương pháp đã nêu ở trên, và cần phải tiến hành các hoạt động để hoàn thành quá trình xử lý trong thời gian đã định.

Do đó, có thể hữu ích nếu đề xuất phương pháp, trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy, ước tính chính xác nhiệt độ thép nóng chảy sau quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót và hơn nữa là phương pháp kiểm soát nhiệt độ sau khi xử lý sẽ nằm trong phạm vi mục tiêu bằng cách sử dụng giá trị được ước tính mà không kéo dài thời gian xử lý theo lịch trình.

(Giải quyết vấn đề)

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, các tác giả đề xuất:

(1) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, trong đó quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy được thực hiện trong khi liên tục đo nhiệt độ thép nóng chảy trong khi vận hành quá

trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy, phương pháp vận hành này bao gồm bước cài đặt thời gian sớm hơn thời gian kết thúc theo lịch trình của quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót trong khoảng thời gian đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy làm thời điểm xác định, và ước tính nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình trên cơ sở sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy từ khi bắt đầu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến thời điểm xác định.

(2) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục (1), trong đó dữ liệu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy là các giá trị đo được hiệu chỉnh tùy thuộc vào độ sâu nhúng của cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ liên tục.

(3) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục (1) hoặc (2), trong đó trong trường hợp mà giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy nằm trong phạm vi mục tiêu của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, các điều kiện vận hành tại thời điểm xác định được duy trì cho đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

(4) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục (1) hoặc (2), trong đó trong trường hợp mà giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy cao hơn phạm vi mục tiêu của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, hoạt động làm giảm nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện trong khoảng thời gian từ thời điểm xác định đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

(5) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục (1) hoặc (2), trong đó trong trường hợp mà giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy thấp hơn phạm vi mục tiêu của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, hoạt động làm tăng nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện trong khoảng thời gian từ thời điểm xác định đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

(6) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5), trong đó thời điểm xác định là từ 3 phút đến 8 phút trước thời gian kết thúc theo lịch trình.

(7) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6), trong đó giá trị ước tính T_f của nhiệt độ thép nóng chảy được tính toán theo công thức (1) sau đây:

$$T_f = BMA_{td} + (BMA_{td} - BMA_{td-\alpha})/\alpha \times t_r \quad \dots (1)$$

trong đó T_f là giá trị ước tính theo °C của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, BMA_{td} là giá trị trung bình động nghịch theo °C của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian t_d , $BMA_{td-\alpha}$ là giá trị trung bình động nghịch theo °C của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian $(t_d-\alpha)$, t_d là thời gian hoạt động theo phút từ khi bắt đầu phép đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy đến thời điểm xác định, $t_d-\alpha$ là thời gian hoạt động theo phút từ khi bắt đầu phép đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến α phút trước t_d , và t_r là thời gian theo phút từ khi thu được giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

(8) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục (7), trong đó α là từ 0,5 phút đến 2,0 phút.

(9) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục (7) hoặc (8), trong đó phạm vi của trung bình động nghịch được xác định trên cơ sở chu kỳ biến thiên của giá trị đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy được đo trước.

(10) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục bất kỳ trong số các mục từ (2) đến (9), trong đó độ sâu nhúng của cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ liên tục được tăng lên với sự gia tăng số lần sử dụng của phần tử đo của cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ liên tục.

(11) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (10), trong đó nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình được ước tính trên cơ sở sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy trong suốt quá trình xử lý khử kền từ sau khi kết thúc ít nhất một trong số các hoạt động bổ sung hợp kim và cung cấp oxy đến thời điểm xác định trong khoảng thời gian đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy.

(12) Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót

theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (11), trong đó quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót là quá trình xử lý khử khí RH.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Theo đó, trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót có thể ước tính chính xác nhiệt độ thép nóng chảy tại cuối quá trình xử lý. Bằng cách sử dụng giá trị được ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy, nhu cầu gia nhiệt hoặc làm mát trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót được xác định một cách phù hợp và, khi cần thiết, việc gia nhiệt hoặc làm mát có thể được thực hiện mà không kéo dài thời gian xử lý theo lịch trình. Hoạt động như vậy cũng có hiệu quả ổn định nhiệt độ thép nóng chảy sau quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót và do đó cho phép thực hiện quá trình đúc liên tục sau đó mà không làm giảm năng suất. Hơn nữa, khi đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy (phép đo nhiệt độ liên tục) trong khi vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, tuổi thọ của phần tử đo (phần tử đo nhiệt độ được phủ lớp chịu lửa được nhúng trong thép nóng chảy, sau đây còn được gọi là “đầu dò”) của cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ liên tục có thể được cải thiện trong khi duy trì độ chính xác của giá trị đo. Do đó, có thể giảm thiểu sự gia tăng chi phí vận hành đo nhiệt độ liên tục.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trong các hình vẽ được đính kèm:

Fig.1 là sơ đồ minh họa cách tính toán giá trị bù nhiệt độ trên một đơn vị độ sâu của hiệu giữa độ sâu nhúng tham chiếu và độ sâu nhúng thực tế của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục;

Fig.2 là sơ đồ minh họa phương pháp điều chỉnh độ sâu nhúng của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục;

Fig.3 là sơ đồ minh họa ví dụ về hoạt động thực hiện hoạt động giảm nhiệt độ nạp phế liệu sắt;

Fig.4 là sơ đồ minh họa ví dụ về hoạt động ước tính nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý khử khí RH bằng cách đo nhiệt độ theo mẻ; và

Fig.5 là sơ đồ minh họa các giá trị ước tính xu hướng của nhiệt độ sau

khi xử lý RH trong hoạt động theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thép nóng chảy thu được bằng cách tinh luyện trong lò chuyển hoặc lò nung điện được xả vào trong thùng rót, thùng rót chứa thép nóng chảy được vận chuyển đến thiết bị tinh luyện kiểu thùng rót, và thép nóng chảy trong thùng rót được trải qua quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót. Ví dụ, thiết bị tinh luyện kiểu thùng rót là thiết bị khử khí chân không chẳng hạn như thiết bị khử khí chân không RH, thiết bị khử khí chân không DH, hoặc thiết bị VOD, và thép nóng chảy trong thùng rót được trải qua quá trình tinh luyện khử khí trong thiết bị khử khí chân không. Trong tinh luyện khử khí, tinh luyện khử cacbon dưới chân không cao, tinh luyện để loại bỏ các thành phần khí trong thép nóng chảy chẳng hạn như hydro và nitơ, và các loại khí tương tự được thực hiện. Các ví dụ về các quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót khác với tinh luyện khử khí bao gồm tinh luyện khử lưu huỳnh được thực hiện bằng cách cung cấp tác nhân khử lưu huỳnh, tinh luyện loại bỏ bao thể phi kim bằng cách sử dụng công suất khuấy, và tinh luyện để điều chỉnh hợp phần.

Trong trường hợp mà xử lý tinh luyện khử khí là quá trình ngay trước khi đúc liên tục, thì cần phải xác định, trong suốt xử lý tinh luyện khử khí, nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối tinh luyện khử khí theo quy trình sau, hoàn thiện thép nóng chảy tại nhiệt độ được xác định, và kết thúc tinh luyện khử khí, để gây ra mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy trong thùng trung gian trong quá trình đúc liên tục tiếp theo là giá trị được xác định trước. Sau khi kết thúc quá trình tinh luyện khử khí thép nóng chảy được vận chuyển đến quá trình đúc liên tục tiếp theo.

Phương án này mô tả, như ví dụ về quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, xử lý tinh luyện khử khí bằng cách sử dụng thiết bị xử lý khử khí RH. Thiết bị xử lý khử khí RH bao gồm bình chân không hình trụ và cặp ống thông hơi hình trụ kéo dài từ đáy bình của bình chân không.

Trong quá trình xử lý khử khí bằng cách sử dụng thiết bị xử lý khử khí RH có cấu trúc như này, bình chân không được hạ xuống và các ống thông hơi được nhúng trong thép nóng chảy được chứa trong thùng rót. Sau đó, bên trong bình chân không được giảm áp suất để hút thép nóng chảy lên độ cao được xác

định trước trong bình chân không. Bằng cách thổi tiếp khí chẳng hạn như Ar hoặc N_2 từ bề mặt trong của một trong số các ống thông hơi, thép nóng chảy dâng lên trong ống thông hơi ở phía mà khí được thổi vào và đổ vào ống thông hơi còn lại, sao cho thép nóng chảy được tuần hoàn để làm cho quá trình xử lý khử khí diễn ra. Do đó, trong thiết bị xử lý khử khí RH, thép nóng chảy tuần hoàn trong khi đi qua bên trong bình chân không, do đó, các thành phần khí, các tạp chất, và những thành phần tương tự trong thép nóng chảy nổi lên và được loại bỏ. Hơn nữa, bằng cách thổi khí oxy vào trong thép nóng chảy trong bình chân không từ ống hoặc bộ phận tương tự, thép nóng chảy được trải qua quá trình tinh luyện oxy hóa chẳng hạn như khử cacbon, hoặc được trải qua gia nhiệt thông qua việc sử dụng quá trình tạo ra nhiệt oxy hóa của Al được nạp vào trong thép nóng chảy. Hơn nữa, bằng cách bổ sung hợp kim sắt và nguyên liệu phụ trợ vào thép nóng chảy trong bình chân không từ máng nạp nguyên liệu phụ trợ ở trạng thái thép nóng chảy tuần hoàn, ví dụ, các hợp phần của thép nóng chảy được điều chỉnh.

Thông thường, quá trình xử lý khử khí RH được thực hiện theo cách sau:

Ví dụ, trong quá trình xử lý khử khí RH liên quan đến tinh luyện khử cacbon của thép nóng chảy, thép nóng chảy thu được bằng cách tinh luyện trong lò chuyển hoặc lò nung điện được xả vào trong thùng rót trong trạng thái không bị oxy hóa, thùng rót được vận chuyển đến thiết bị khử khí RH, và thép nóng chảy trong thùng rót được trải qua quá trình tinh luyện khử khí. Trong giai đoạn đầu của quá trình xử lý khử khí RH, khử cacbon làm cho cacbon trong thép nóng chảy phản ứng với oxy hòa tan ở áp suất giảm được thực hiện. Trong suốt quá trình này, khí oxy được cung cấp tùy ý từ ống để tăng lượng oxy hòa tan và tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình khử cacbon. Quá trình xử lý như vậy được thực hiện với thép nóng chảy trong trạng thái không bị oxy hóa được gọi là “quá trình xử lý sôi”.

Sau khi nồng độ cacbon trong thép nóng chảy giảm xuống nồng độ mục tiêu, vật liệu khử oxy chẳng hạn như Al được bổ sung để khử oxy cho thép nóng chảy. Sau đó, hợp kim sắt được bổ sung để điều chỉnh các hợp phần để đạt được hợp phần hóa học mục tiêu, và quá trình xử lý khử khí RH được tiếp tục trong thời gian xác định trước để đồng nhất nồng độ thành phần trong thép

nóng chảy và tạo điều kiện thuận lợi cho sự phân tách nổi của các sản phẩm khử oxy. Quá trình xử lý sau khi khử oxy như vậy được gọi là “quá trình xử lý khử”.

Trong quá trình xử lý khử khí RH không liên quan đến tinh luyện khử cacbon của thép nóng chảy, sau khi khử oxy cho thép nóng chảy trong thùng rót khi xả thép nóng chảy từ lò chuyển hoặc lò nung điện, thùng rót được vận chuyển đến thiết bị khử khí RH. Trong trường hợp này, trong thiết bị khử khí RH, xử lý khử được thực hiện, nghĩa là, hợp kim sắt được bổ sung để điều chỉnh các hợp phần để đạt được hợp phần hóa học mục tiêu và quá trình xử lý được tiếp tục trong thời gian xác định trước.

Trong quá trình xử lý khử khí RH nêu trên, nhiệt độ thép nóng chảy giảm dần theo tiến trình của quá trình xử lý khử (trừ khi hoạt động gia nhiệt được thực hiện). Cần phải ước tính một cách thích hợp lượng giảm nhiệt độ này và điều chỉnh chính xác nhiệt độ thép nóng chảy sau khi xử lý khử khí RH đến nhiệt độ mục tiêu. Do đó, cần phải nắm bắt chính xác những thay đổi nhiệt độ trong suốt quá trình xử lý khử khí RH và cải thiện độ chính xác ước tính lượng giảm nhiệt độ và, trong trường hợp nhiệt độ thép nóng chảy sau khi xử lý được dự kiến là không nằm trong phạm vi mục tiêu, phải nhanh chóng thực hiện hoạt động điều chỉnh để hoàn thành quá trình xử lý mà không kéo dài thời gian theo lịch trình.

Điều tương tự cũng áp dụng cho quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót khác với quá trình xử lý khử khí RH. Cụ thể, trong tất cả các loại xử lý tinh luyện trong thùng rót bao gồm xử lý khử khí chẳng hạn như xử lý khử khí chân không DH, xử lý khử khí chân không REDA, và xử lý khử khí chân không trong thiết bị VOD, xử lý sục khí, xử lý phun bột trong khí quyển hoặc tại áp suất giảm, xử lý bổ sung dây kim loại, và xử lý tinh luyện trong thùng rót (có nghĩa là xử lý trong lò dạng thùng rót) liên quan đến gia nhiệt hồ quang, nhiệt độ thép nóng chảy chắc chắn sẽ giảm do quá trình xử lý trừ khi hoạt động làm tăng nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện. Do đó, cần phải nắm bắt chính xác những thay đổi nhiệt độ trong suốt quá trình xử lý và cải thiện độ chính xác ước tính lượng giảm nhiệt độ và, trong trường hợp mà nhiệt độ thép nóng chảy sau khi xử lý được dự kiến là không nằm trong phạm vi mục tiêu, thực

hiện nhanh chóng hoạt động hiệu chỉnh để hoàn thành việc xử lý mà không kéo dài thời gian theo lịch trình.

Để giải quyết vấn đề vận hành trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót chẳng hạn như quá trình xử lý khử khí RH, có thể có lợi khi đề xuất phương pháp ước tính chính xác nhiệt độ thép nóng chảy sau khi xử lý và hơn nữa là phương pháp kiểm soát nhiệt độ sau khi xử lý nằm trong phạm vi mục tiêu bằng cách sử dụng giá trị được ước tính mà không kéo dài thời gian xử lý theo lịch trình.

Sử dụng ví dụ về việc thực hiện, như quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, quá trình xử lý khử khí RH trên thép nóng chảy và đúc thép nóng chảy đã qua xử lý khử khí RH, ước tính chính xác nhiệt độ thép nóng chảy sau quá trình xử lý khử khí RH và kiểm soát quá trình xử lý khử khí RH bằng cách sử dụng giá trị được ước tính sẽ được mô tả chi tiết dưới đây theo thứ tự này.

Theo sáng chế, phép đo nhiệt độ liên tục được thực hiện lên thép nóng chảy để nắm bắt chính xác nhiệt độ những thay đổi trong suốt quá trình xử lý khử khí RH. Các ví dụ về cảm biến nhiệt độ mà có thể được sử dụng cho phép đo nhiệt độ liên tục bao gồm cặp nhiệt điện được phủ lớp chịu lửa và nhiệt kế bức xạ được kết nối với các sợi quang. Vị trí đo nhiệt độ không bị hạn chế miễn là vị trí này là giống nhau xuyên suốt mỗi hoạt động, nhưng tốt hơn là cảm biến nhiệt độ được nhúng tại bề mặt của thép nóng chảy trong thùng rót bên ngoài bình chân không từ quan điểm dễ lắp đặt cảm biến nhiệt độ và khả năng chịu đựng của cảm biến nhiệt độ với nhiệt và dòng thép nóng chảy.

Trong trường hợp sử dụng cặp nhiệt điện được phủ lớp chịu lửa làm cảm biến nhiệt độ, tại lúc hoặc sau khi bắt đầu quá trình xử lý khử khí RH, đầu dò để đo nhiệt độ liên tục (phần của cặp nhiệt điện được phủ lớp chịu lửa được nhúng trong thép nóng chảy) được nhúng trong lớp bề mặt của thép nóng chảy trong thùng rót để bắt đầu đo nhiệt độ, và phép nhiệt độ được tiếp tục cho đến khi kết thúc quá trình xử lý khử khí RH. Theo sáng chế, không cần thiết phải yêu cầu nhiệt độ thép nóng chảy trong giai đoạn ban đầu của quá trình xử lý khử khí RH. Tuy nhiên, vì phải mất vài phút trước khi vật liệu chịu lửa của lớp phủ đạt đến nhiệt độ thép nóng chảy nhiệt độ thép nóng chảy và giá trị đo nhiệt độ đi vào trạng thái ổn định, nên việc nhúng cặp nhiệt điện trong thép

nóng chảy được thực hiện theo mong muốn từ giai đoạn ban đầu của quá trình xử lý nằm trong phạm vi mà thỏa mã khả năng chịu đựng của lớp phủ chịu lửa.

Độ sâu nhúng của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục không bị hạn chế là đầu của cặp nhiệt điện nằm trong phạm vi của lớp phủ chịu lửa được nhúng trong thép nóng chảy một cách đáng tin cậy. Tuy nhiên, do thép nóng chảy trong thùng rót giải phóng nhiệt từ bề mặt của nó, sự phân bố nhiệt độ xuất hiện trong lớp bề mặt, và thông thường giá trị đo nhiệt độ là cao hơn khi độ sâu nhúng sâu hơn. Theo đó, tốt hơn là hiệu chỉnh giá trị đo của nhiệt độ thép nóng chảy bằng đầu dò để đo nhiệt độ liên tục tùy thuộc vào độ sâu nhúng của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục.

Sự hiệu chỉnh có thể được thực hiện, ví dụ, bằng phương pháp mà giá trị bù nhiệt độ trên một đơn vị độ sâu của hiệu giữa độ sâu nhúng tham chiếu và độ sâu nhúng thực tế được tính toán trước và giá trị bù tương ứng với độ sâu nhúng thực tế tại thời điểm đo được cộng một cách đồng nhất vào hoặc được trừ một cách đồng nhất từ giá trị đo để hiệu chỉnh giá trị đo. Phương pháp tính toán giá trị bù nhiệt độ trên một đơn vị độ sâu của hiệu giữa độ sâu nhúng tham chiếu và độ sâu nhúng thực tế không bị hạn chế, và, ví dụ, phương pháp sau đây có thể được sử dụng.

Như được minh họa trên Fig.1, trong suốt thời gian xử lý nhiệt một lần, phép đo nhiệt độ liên tục được thực hiện trong một khoảng thời gian nhất định với độ sâu nhúng của đầu dò được cố định, và sau đó độ sâu nhúng của đầu dò được thay đổi để sâu hơn (ΔL trên Fig.1) và phép đo nhiệt độ liên tục được thực hiện trong một khoảng thời gian nhất định với độ sâu nhúng của đầu dò được thay đổi. Ở đây, với các tốc độ thay đổi nhiệt độ (lượng thay đổi nhiệt độ trên một đơn vị thời gian) trước và sau khi thay đổi độ sâu nhúng đầu dò, các giá trị đã đo được đưa vào phép ngoại suy thuận và phép ngoại suy ngược để ước tính các giá trị (T_1 và T_2 trên Fig.1) tại các thời điểm trong quá trình thay đổi độ sâu nhúng đầu dò. Lượng thay đổi nhiệt độ ($\Delta T = T_2 - T_1$) giữa trước và sau khi thay đổi độ sâu nhúng đầu dò được ước tính theo cách này được chia cho lượng thay đổi (ΔL) của độ sâu nhúng đầu dò và được lấy làm giá trị bù nhiệt độ ($\Delta T/\Delta L$) trên một đơn vị độ sâu của hiệu giữa độ sâu nhúng tham chiếu và độ sâu nhúng thực tế.

Trong khi liên tục đo nhiệt độ thép nóng chảy từ khi bắt đầu đến khi kết thúc quá trình xử lý khử khí RH của thép nóng chảy, nhiệt độ thép nóng chảy sau quá trình xử lý khử khí RH được ước tính trên cơ sở sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy từ khi bắt đầu quá trình xử lý khử khí RH đến thời điểm xác định mà sớm hơn thời gian kết thúc theo lịch trình của quá trình xử lý và mà tại đó liệu hoạt động điều chỉnh củ việc gia nhiệt hoặc làm mát (sau đây còn được gọi đơn giản là “hoạt động điều chỉnh”) có cần thiết hay không trong quá trình xử lý được xác định.

Cụ thể, khi thực hiện quá trình xử lý khử khí RH, ví dụ người vận hành thiết lập thời điểm xác định xem hoạt động điều chỉnh có cần thiết hay không. Ví dụ, người vận hành thiết lập thời điểm xác định là 5 phút trước thời gian kết thúc theo lịch trình. Thời điểm này là thời điểm mong muốn mà người vận hành, đã nhận ra (thu được) giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, có thể thực hiện hành động gia nhiệt hoặc làm mát thép nóng chảy sao cho nhiệt độ tăng lên hoặc nhiệt độ giảm xuống của thép nóng chảy sẽ được hoàn thành vào thời gian kết thúc theo lịch trình. Thời điểm xác định tốt hơn là từ 3 phút đến 8 phút trước thời gian kết thúc theo lịch trình. Nếu thời điểm xác định muộn 3 phút trước thời gian kết thúc theo lịch trình, thì thời điểm ước tính nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình là muộn. Trong trường hợp này, nếu giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy không nằm trong phạm vi mục tiêu và hành động gia nhiệt hoặc làm mát thép nóng chảy là cần thiết, thì có khả năng quá trình xử lý khử khí không được hoàn thành trước thời gian kết thúc theo lịch trình và thời gian xử lý bị kéo dài. Nếu thời điểm xác định sớm hơn 8 phút trước thời gian kết thúc theo lịch trình, thì thời điểm ước tính nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình là quá sớm. Trong trường hợp này, độ chính xác ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình có khả năng sẽ giảm xuống.

Ở đây, thời gian kết thúc theo lịch trình biểu thị thời điểm mà tại đó quá trình xử lý khử khí RH cần phải được kết thúc để hoàn thành quá trình đúc tiếp theo lịch trình sản xuất. Thời gian kết thúc theo lịch trình được xác định cụ

thể trên cơ sở các yêu cầu từ quá trình đúc đến quá trình xử lý khử khí RH. Đó là bởi vì nếu thời gian kết thúc của quá trình xử lý khử khí RH muộn hơn thời gian kết thúc theo lịch trình, những thay đổi về hoạt động chẳng hạn như trì hoãn thời gian bắt đầu đúc trong quá trình đúc và, trong trường hợp đúc liên tục nối tiếp (đúc với số lượng lớn gia nhiệt liên tục mà không gián đoạn quá trình đúc), cần phải hạ thấp tốc độ đúc và chờ thép nóng chảy đến sau quá trình xử lý khử khí RH, điều này làm giảm năng suất. Ngoài ra, nếu thời gian kết thúc quá trình xử lý khử khí RH sớm hơn thời gian kết thúc theo lịch trình, thì thép nóng chảy sau quá trình xử lý khử khí RH cần phải chờ bắt đầu quá trình đúc trong trạng thái được giữ trong thùng rót. Trong thời gian này, nhiệt độ của thép nóng chảy trong thùng rót giảm xuống, do đó không thể đảm bảo được mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy cần thiết cho quá trình đúc. Trong trường hợp xấu nhất, quá trình đúc buộc phải dừng lại trước khi đúc toàn bộ thép nóng chảy trong thùng rót.

Khi quá trình xử lý khử khí RH diễn ra và đạt đến thời điểm xác định được đặt trước, nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình được ước tính trên cơ sở sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian này. Ví dụ, nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình có thể được ước tính bằng phương pháp sau đây.

Trước tiên, các nhiệt độ thép nóng chảy tại 1 phút trước thời điểm xác định và tại thời điểm xác định được đọc từ dữ liệu đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy, và lượng thay đổi trong nhiệt độ thép nóng chảy trên 1 phút được tính toán từ hiệu giữa các nhiệt độ này. Nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình được tính toán bằng cách ngoại suy trên giả thuyết là được tính toán lượng thay đổi trong nhiệt độ thép nóng chảy trên 1 phút là không bị thay đổi cho đến thời gian kết thúc theo lịch trình. Mặc dù phép tính này có thể được thực hiện bởi người vận hành, các giá trị đo nhiệt độ liên tục có thể được trải qua trong máy tính xử lý hoặc tương tự để thực hiện phép tính tự động.

Sự ước tính nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình không bị hạn chế ở phương pháp nêu trên, và có thể được thực hiện theo công

thức (1) dưới đây. Việc sử dụng công thức (1) được ưu tiên hơn vì độ chính xác của ước tính được cải thiện.

$$T_f = BMA_{td} + (BMA_{td} - BMA_{td-\alpha})/\alpha \times t_r \quad \dots (1)$$

trong đó T_f là nhiệt độ được ước tính ($^{\circ}\text{C}$) của thép nóng chảy tại thời gian kết thúc quá trình xử lý theo lịch trình, BMA_{td} là giá trị trung bình động nghịch ($^{\circ}\text{C}$) của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian t_d , $BMA_{td-\alpha}$ là giá trị trung bình động nghịch ($^{\circ}\text{C}$) của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian $(t_d-\alpha)$, t_d là thời gian hoạt động (phút) từ khi bắt đầu phép đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến thời điểm xác định, $t_d-\alpha$ là thời gian hoạt động (phút) từ khi bắt đầu phép đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến α phút trước t_d , và t_r là thời gian (phút) từ khi đạt được giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

Bằng cách sử dụng công thức (1), nhiệt độ thép nóng chảy có thể được ước tính trên cơ sở mục (A) và (B) sau đây:

(A) Đối với sự thay đổi theo thời gian của giá trị đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời điểm xác định để xác định xem hoạt động điều chỉnh có cần thiết hay không, sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo nhiệt độ liên tục từ α phút trước thời điểm xác định đến thời điểm xác định được sử dụng.

(B) Đối với mỗi giá trị đại diện tương ứng của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời điểm xác định và giá trị đo nhiệt độ liên tục tại α phút trước thời điểm xác định, giá trị trung bình động nghịch trong x phút được sử dụng.

Nhiệt độ thép nóng chảy giá trị trong dữ liệu đo nhiệt độ liên tục (sau đây được gọi là “giá trị đo nhiệt độ liên tục”) thay đổi dưới ảnh hưởng của tiếng ồn và các nhiễu động chẳng hạn như dòng thép nóng chảy. Theo đó, khi tính toán sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy tại một thời điểm nhất định, có thể không thu được giá trị chính xác nếu tính toán được thực hiện trên cơ sở độ dịch chuyển trong một thời gian rất ngắn. Do đó mong muốn tính toán sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong khoảng thời gian α phút. α tốt hơn là từ 0,5 phút đến 2,0 phút. Nếu α nhỏ hơn 0,5 phút, thì sự biến thiên của giá trị đo nhiệt độ liên tục không thể được hấp

thụ. Nếu α lớn hơn 2,0 phút, có khả năng là ảnh hưởng của hành động vận hành được thực hiện trước đó chẳng hạn như nạp hợp kim sắt vẫn còn và trạng thái của nhiệt độ thép nóng chảy không ổn định.

Nếu các giá trị tức thời của các thời điểm tương ứng được sử dụng làm giá trị đại diện của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời điểm xác định và giá trị đại diện của nhiệt độ thép nóng chảy tại α phút trước thời điểm xác định, thì có thể không thu được giá trị chính xác. Để tránh điều này, tốt hơn là sử dụng giá trị trung bình động nghịch trong x phút làm giá trị đại diện của nhiệt độ thép nóng chảy tại mỗi thời điểm. Theo cách này, có thể giảm thiểu ảnh hưởng của sự biến thiên theo chu kỳ trong giá trị đo do tiếng ồn và những tác động tương tự.

Đối với khoảng x của trung bình động, tốt hơn là thực hiện liên tục phép đo nhiệt độ thép nóng chảy trước và, trên cơ sở xem giá trị đo có biến thiên tuần hoàn hay không và chu kỳ trong trường hợp mà giá trị đo có biến thiên tuần hoàn, thì xác định khoảng x là khoảng thời gian của ít nhất một chu kỳ. Khoảng trung bình động có thể là khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng thời gian tuần hoàn thép nóng chảy (thời gian để thép nóng chảy trong thùng rót đi qua bên trong bình khử khí chân không và quay trở về thùng rót). Tuy nhiên, nếu khoảng trung bình động quá dài, thì khoảng trung bình động có thể bao gồm khoảng thời gian trong đó hoạt động như vậy gây ra sự thay đổi không ổn định trong nhiệt độ thép nóng chảy, chẳng hạn như sự bổ sung hợp kim sắt hoặc cung cấp oxy, được thực hiện. Điều này có thể làm giảm độ chính xác ước tính của giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý. Do đó tốt hơn là thiết lập khoảng trung bình động sao cho trung bình động có thể được tính toán bằng cách sử dụng dữ liệu đo nhiệt độ liên tục trong khoảng thời gian xử lý khử.

Một khi đạt được giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình (sau đây còn được gọi đơn giản là “giá trị ước tính”) theo cách được mô tả ở trên, người vận hành xác định hành động tiếp theo sẽ được thực hiện phụ thuộc vào việc giá trị ước tính có nằm trong phạm vi nhiệt độ mục tiêu được xác định trước hay không.

Cụ thể, nếu giá trị ước tính cao hơn phạm vi nhiệt độ mục tiêu được

xác định trước, hoạt động làm giảm nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện trong suốt khoảng thời gian từ thời điểm xác định đến thời gian kết thúc theo lịch trình. Ví dụ về hoạt động làm giảm nhiệt độ thép nóng chảy trong quá trình xử lý khử khí RH là phương pháp nạp phế liệu sắt có kích cỡ hạt đã được điều chỉnh vào trong thép nóng chảy và nấu chảy phế liệu sắt nhiệt độ thép nóng chảy bằng cách sử dụng nhiệt cảm nhận được và nhiệt ẩn của phế liệu sắt.

Nếu giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình thấp hơn phạm vi nhiệt độ mục tiêu được xác định trước, hoạt động làm tăng nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện trong suốt khoảng thời gian từ thời điểm xác định đến thời gian kết thúc theo lịch trình. Ví dụ về hoạt động tăng nhiệt độ thép nóng chảy là phương pháp bổ sung kim loại Al vào thép nóng chảy và cũng cung cấp khí oxy vào thép nóng chảy để tăng nhiệt độ thép nóng chảy bằng cách sử dụng nhiệt của sự đốt cháy Al bằng khí oxy. Kim loại Si hoặc sắt silic có thể được sử dụng thay cho kim loại Al tùy thuộc vào loại thép. Trong trường hợp mà bình khử khí chân không được trang bị đầu đốt có khả năng gia nhiệt thép nóng chảy trong thiết bị khử khí RH, đầu đốt này có thể được sử dụng để gia nhiệt thép nóng chảy miễn là độ sạch của thép nóng chảy không bị suy giảm.

Nếu giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình nằm trong phạm vi nhiệt độ mục tiêu được xác định trước, hoạt động hiện tại được tiếp tục từ thời điểm xác định đến thời gian kết thúc theo lịch trình mà không cần thực hiện bất kỳ hoạt động làm giảm nhiệt độ thép nóng chảy và hoạt động làm tăng nhiệt độ thép nóng chảy nào ở trên.

Phạm vi nhiệt độ mục tiêu được xác định trước là phạm vi nhiệt độ thép nóng chảy được chỉ định từ quá trình đúc tiếp theo. Thông thường, trong quá trình đúc, hoạt động được thực hiện trong khi thiết lập phạm vi nhiệt độ đúc thích hợp (phạm vi mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy) tùy thuộc vào loại thép sao cho sự hóa rắn của thép đúc có thể được hoàn thành xuyên suốt chiều dày của nó trước khi nó đi đến điểm cuối của máy đúc liên tục mà không có khuyết tật chẳng hạn như nứt thép đúc hoặc các sự cố chẳng hạn như vỡ hoặc dừng quá trình đúc. Theo đó quá trình đúc chỉ định phạm vi nhiệt độ mục tiêu

ở cuối quá trình xử lý khử khí RH có xét đến thời gian được ước tính đến khi bắt đầu đúc sao cho mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy trong giai đoạn đúc (có nghĩa là tại thời gian đúc theo lịch trình) sẽ nằm trong phạm vi nhiệt độ đúc thích hợp. Phạm vi của giá trị mục tiêu thường nằm trong khoảng $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, mặc dù điều này phụ thuộc vào loại thép và tình huống hoạt động. Nếu nhiệt độ ở cuối quá trình xử lý khử khí RH cao hơn phạm vi mục tiêu, các điều kiện vận hành trong quá trình đúc được thay đổi bằng cách trì hoãn thời gian bắt đầu đúc, hạ thấp tốc độ đúc, hoặc tương tự sao cho hoạt động có thể được thực hiện mà không gây ra hiện tượng vỡ phôi và tương tự ngay cả khi nhiệt độ thép nóng chảy cao. Điều này làm giảm năng suất. Nếu nhiệt độ ở cuối quá trình xử lý khử khí RH thấp hơn phạm vi mục tiêu, thì có thể không đảm bảo được mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy cần thiết cho quá trình đúc. Trong trường hợp xấu nhất, quá trình đúc buộc phải dừng lại trước khi đúc toàn bộ thép nóng chảy trong thùng rót.

Khi số lần sử dụng đầu dò để đo nhiệt độ liên tục tăng lên, vị trí (đường xỉ) trong phần được phủ lớp chịu lửa mà tiếp xúc với xỉ khi nhúng sẽ bị xói mòn cục bộ. Nếu lớp phủ chịu lửa của vị trí đường xỉ bị xói mòn và kết quả là bên trong đầu dò bị ảnh hưởng, thì cặp nhiệt điện bên trong sẽ bị hỏng. Do đó, để cải thiện tuổi thọ của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục, điều quan trọng là phải cải thiện tuổi thọ của lớp phủ chịu lửa của vị trí đường xỉ. Mặc dù phương pháp làm tăng chiều dày của lớp phủ chịu lửa hoặc phương pháp thay đổi vật liệu chịu lửa để chống xói mòn tốt hơn có thể được sử dụng, các phương pháp này có thể làm tăng chi phí của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục hoặc tăng nguy cơ nứt vỡ do nhiệt.

Trong phương pháp vận hành quá trình xử lý khử khí RH theo sáng chế, phương pháp sau đây làm tăng độ sâu nhúng của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục với sự gia tăng số lần sử dụng của đầu dò có thể được sử dụng: Như được minh họa trên Fig.2, ví dụ, khi bắt đầu sử dụng đầu dò mới để đo nhiệt độ liên tục, đầu dò để đo nhiệt độ liên tục được nhúng nông sao cho độ sâu nhúng của phần được phủ chịu lửa ở mức độ tối thiểu mà không cản trở việc đo nhiệt độ thép nóng chảy. Độ sâu nhúng của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục được tăng lên khi số lần sử dụng tăng lên như được biểu thị bằng cách mũi tên trên Fig.2. Bằng

cách sử dụng phân bố như vậy về vị trí tương ứng với đường xỉ trong phần được phủ chịu lửa của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục, sự xói mòn cục bộ của lớp phủ chịu lửa có thể được ngăn chặn và tuổi thọ của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục có thể được cải thiện. Các tác giả đã xác nhận rằng tuổi thọ của đầu dò đã được cải thiện xấp xỉ khoảng từ 10 ch đến 20 ch trong trường hợp sử dụng phương pháp này so với trường hợp không sử dụng phương pháp này. Trong trường hợp tăng độ sâu nhúng của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục với việc tăng số lần sử dụng đầu dò, tốt hơn là hiệu chỉnh giá trị đo được của nhiệt độ thép nóng chảy bởi đầu dò mà phụ thuộc vào độ sâu nhúng của đầu dò.

Ví dụ thực hiện sáng chế

(Ví dụ thứ nhất)

Từ 300 tấn đến 340 tấn thép nóng chảy đã được khử cacbon trong lò chuyển được nhận trong thùng rót và được trải qua quá trình xử lý khử khí RH bằng cách sử dụng thiết bị khử khí RH. Trong suốt quá trình xử lý, phép đo nhiệt độ liên tục thiết bị được nhúng trong thép nóng chảy, và nhiệt độ thép nóng chảy được ước tính trên cơ sở dữ liệu nhiệt độ đã đo được. Nhiệt độ thép nóng chảy được quan sát mỗi giây bằng cách đo nhiệt độ liên tục. Việc ước tính nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện theo công thức (1) dưới đây. Nhiệt độ thép nóng chảy được ước tính được thể hiện trong bảng 1.

$$T_f = BMA_{td} + (BMA_{td} - BMA_{td-\alpha})/\alpha \times t_r \quad \dots (1)$$

trong đó T_f là nhiệt độ được ước tính ($^{\circ}\text{C}$) của thép nóng chảy tại thời gian kết thúc quá trình xử lý theo lịch trình, BMA_{td} là giá trị trung bình động nghịch ($^{\circ}\text{C}$) của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian t_d , $BMA_{td-\alpha}$ là giá trị trung bình động nghịch ($^{\circ}\text{C}$) của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian $(t_d-\alpha)$, t_d là thời gian hoạt động (phút) từ khi bắt đầu phép đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến thời điểm xác định, $t_d-\alpha$ là thời gian hoạt động (phút) từ khi bắt đầu phép đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến α phút trước t_d , và t_r là thời gian (phút) từ khi đạt được giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

Trong hoạt động nêu trên, nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý được ước tính trong đó t_d trong công thức (1) là giá trị tương ứng với 5 phút

trước thời điểm kết thúc quá trình xử lý theo lịch trình, α là 1 phút, và x là 0 phút hoặc 2 phút trong mỗi ví dụ. Trong trường hợp đặt x thành 0 phút, thì không lấy trung bình động.

Bảng 1 thể hiện các kết quả ước tính, dùng phép đo nhiệt độ liên tục trong quá trình xử lý khử khí RH, nhiệt độ sau khi xử lý theo sáng chế. Như được thể hiện trong bảng 1, trong mỗi ví dụ từ 1 đến 3, giá trị ước tính tại 5 phút trước khi kết thúc quá trình xử lý nằm trong phạm vi nhiệt độ mục tiêu của giá trị mục tiêu ± 2 °C, vì vậy việc điều chỉnh bằng cách gia nhiệt hoặc làm mát không được thực hiện. Nhiệt độ thép nóng chảy thực tế ở cuối quá trình xử lý khử khí RH thực tế đều nằm trong phạm vi của giá trị mục tiêu ± 2 °C, chứng tỏ rằng công thức ước tính và việc xác định xem sự điều chỉnh có được thực hiện đúng hay không.

Trong mỗi ví dụ 4 và 5, giá trị ước tính tại thời điểm 5 phút trước khi kết thúc quá trình xử lý nằm ngoài phạm vi nhiệt độ mục tiêu của giá trị mục tiêu ± 2 °C. Theo đó, hoạt động giảm nhiệt độ của quá trình nạp phế liệu sắt được thực hiện trong ví dụ 4 (xem Fig.3), và hoạt động tăng nhiệt độ của quá trình nạp Al và thổi oxy được thực hiện trong ví dụ 5. Do đó, nhiệt độ thép nóng chảy thực tế ở cuối quá trình xử lý khử khí RH thực tế nằm trong phạm vi của giá trị mục tiêu ± 2 °C.

Để so sánh, nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý khử khí RH được ước tính bằng phép đo nhiệt độ không liên tục (phép đo nhiệt độ theo mẻ) thay cho phép đo nhiệt độ liên tục. Cụ thể, phép đo nhiệt độ theo mẻ được thực hiện tại thời điểm 5 phút trước khi kết thúc quá trình xử lý, và giá trị đo thu được được thế vào trong công thức ước tính trên cơ sở các dữ liệu hoạt động khác nhau (chẳng hạn như thời gian từ quá trình trước đó đến khi xử lý RH và nhiệt độ thùng rót) để tính toán giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý khử khí RH. Kết quả tính toán là 1590 °C. Vì 1590 °C nằm trong phạm vi của giá trị mục tiêu ± 2 °C, nên hoạt động được tiếp tục đến khi kết thúc quá trình xử lý như theo lịch trình mà không thực hiện hoạt động tăng hoặc giảm nhiệt độ thép nóng chảy. Tuy nhiên, khi phép đo nhiệt độ theo mẻ được thực hiện lại tại 1 phút trước thời gian kết thúc quá trình xử lý mục tiêu, nhiệt độ cao hơn 5 °C so với dự kiến. Như vậy, thời gian xử lý được

kéo dài thêm 3 phút để làm mát thép nóng chảy và đạt được nhiệt độ mục tiêu là 1589 °C.

Bảng 1

Ví dụ	Nhiệt độ sau khi xử lý RH (°C)		
	Nhiệt độ mục tiêu	Giá trị ước tính tại 5 phút trước khi kết thúc quá trình xử lý ($x = 2$)	Giá trị thực tế
1	1573	1572,3	1574,9
2	1580	1578,6	1579,6
3	1572	1573,8	1573,0
4	1607	1613,5	1605,5
5	1594	1590,6	1593,7

Fig.5 minh họa các giá trị ước tính xu hướng của nhiệt độ sau khi xử lý RH trong hoạt động theo quy trình từ (a) đến (f) sau đây:

(a) Tại thời điểm bắt đầu hoạt động, thời gian xử lý theo lịch trình là 17,5 phút.

(b) Hoạt động được bắt đầu với thời điểm xác định được đặt thành 12,5 phút sau khi bắt đầu hoạt động và α được đặt thành 1 phút. Phép đo nhiệt độ liên tục được bắt đầu tại cùng thời điểm.

(c) Do hoạt động diễn ra theo lịch trình, nên giá trị trung bình động nghịch 11,5 phút sau khi bắt đầu hoạt động và giá trị trung bình động nghịch 12,5 phút sau khi bắt đầu hoạt động với khoảng trung bình động là 2 phút được tính toán khi 12,5 phút trôi qua kể từ khi bắt đầu hoạt động.

(d) Bằng cách sử dụng các giá trị trung bình động nghịch, giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy 17,5 phút sau khi bắt đầu hoạt động được tính toán theo công thức (1).

(e) Giá trị ước tính được tính toán theo (d) là 1573,8 °C, mà nằm trong phạm vi của giá trị mục tiêu $(1572,0 \text{ °C}) \pm 2 \text{ °C}$. Như vậy, hoạt động được kết

thúc tại 17,5 phút.

(f) Nhiệt độ thép nóng chảy thực tế ở cuối hoạt động là 1573,0 °C, chứng tỏ rằng giá trị ước tính bằng cách đo liên tục có độ chính xác cao.

Trên Fig.5, các chấm màu xám biểu thị các giá trị ước tính khi $x = 0$, và các chấm màu đen biểu thị các giá trị ước tính khi $x = 2$. Các chấm màu xám thu được mà không có trung bình động được biến thiên với các chu kỳ xấp xỉ 2 phút. Các chấm màu đen thu được bằng cách lấy trung bình động với chiều rộng là 2 phút không có sự biến thiên như vậy, chứng tỏ rằng nhiệt độ có thể được ước tính chính xác.

Các kỹ thuật được bộc lộ theo sáng chế không bị giới hạn ở quá trình xử lý khử khí RH nêu trên, và cũng có thể áp dụng được cho, ví dụ, quá trình xử lý sục khí. Cụ thể, đối với các loại thép mà được trải qua quá trình xử lý sục khí và đúc liên tục nối tiếp sau khi được xả từ lò chuyển, phép đo nhiệt độ liên tục được thực hiện trong suốt quá trình xử lý sục khí, và nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý sục khí được ước tính bằng cách sử dụng công thức (1) như trong ví dụ thứ nhất.

Do không có phương tiện gia nhiệt trong quá trình xử lý sục khí, nên không thể đúc nếu nhiệt độ thép nóng chảy thấp hơn giới hạn dưới mục tiêu. Theo quan điểm này, thông thường, nhiệt độ xả được thiết lập cao hơn, và vật liệu lạnh được nạp trong suốt quá trình xử lý sục khí để điều chỉnh nhiệt độ sau quá trình xử lý sục khí đến nhiệt độ mục tiêu. Tuy nhiên, do lượng vật liệu lạnh được nạp vào được xác định trên cơ sở lượng giảm nhiệt độ được dự đoán theo kinh nghiệm, nên nếu lượng giảm nhiệt độ nhỏ hơn dự khiến, thì thời gian xử lý bị kéo dài để làm mát thép nóng chảy trong một số trường hợp.

Giả sử các kỹ thuật được bộc lộ trong bản mô tả này được áp dụng cho quá trình xử lý sục khí mà trong đó khí Ar được thổi với tốc độ 400 L/phút vào trong thép nóng chảy với kích cỡ gia nhiệt là 340 t và có thời gian xử lý theo lịch trình là 10 phút. Ví dụ, khi nhiệt độ thép nóng chảy ở cuối quá trình xử lý được ước tính, trong đó t_a trong công thức (1) là giá trị tương ứng với 3 phút trước thời gian kết thúc quá trình xử lý theo lịch trình, α là 1 phút, và x là 2 phút, thu được giá trị ước tính chính xác như trong ví dụ thứ nhất. Do đó, lượng vật liệu lạnh thích hợp có thể được nạp vào trong quá trình xử lý sục

khí mà không cần quan tâm đến việc hạ thấp nhiệt độ thép nóng chảy quá mức, làm giảm nhu cầu kéo dài thời gian xử lý để làm mát thép nóng chảy.

(Ví dụ thứ hai)

Từ 300 tấn đến 340 tấn thép nóng chảy được khử cacbon trong lò chuyển được nhận trong thùng rót và được trải qua quá trình xử lý khử khí RH bằng cách sử dụng thiết bị khử khí RH. Trong suốt quá trình xử lý, phép đo nhiệt độ liên tục thiết bị được nhúng trong thép nóng chảy, và nhiệt độ thép nóng chảy được ước tính trên cơ sở dữ liệu nhiệt độ đã đo được. Phép đo nhiệt độ liên tục bằng đầu dò để đo nhiệt độ liên tục được thực hiện ở độ sâu nhúng sâu hơn 300 mm so với độ sâu nhúng trong ví dụ thứ nhất. Điều đã được xác nhận trước là giá trị bù nhiệt độ do độ sâu nhúng của đầu dò để đo nhiệt độ liên tục sâu hơn 300 mm so với trong ví dụ thứ nhất là 1,1 °C. Các điều kiện vận hành khác và các điều kiện đo nhiệt độ liên tục là giống như trong ví dụ thứ nhất.

Bảng 2 thể hiện các kết quả ước tính, during phép đo nhiệt độ liên tục trong quá trình xử lý khử khí RH, nhiệt độ sau khi xử lý theo sáng chế. Như được thể hiện trong bảng 2, trong mỗi ví dụ 6 đến 8, 1,1 °C là giá trị bù nhiệt độ do độ sâu nhúng sâu hơn 300 mm được trừ đi giá trị ước tính tại 5 phút trước khi kết thúc quá trình xử lý để hiệu chỉnh giá trị ước tính. Giá trị ước tính được hiệu chỉnh nằm trong phạm vi nhiệt độ mục tiêu của giá trị mục tiêu ± 2 °C, vì vậy sự điều chỉnh bằng cách gia nhiệt hoặc làm mát không được thực hiện. Nhiệt độ thép nóng chảy thực tế ở cuối quá trình xử lý khử khí RH thực tế đều nằm trong phạm vi của giá trị mục tiêu ± 2 °C, chứng tỏ rằng công thức ước tính, sự hiệu chỉnh giá trị, và xác định rằng sự điều chỉnh được thực hiện đúng.

Bảng 2

Ví dụ	Các điều kiện nhúng đầu dò		Nhiệt độ sau khi xử lý RH (°C)			
	Sự gia tăng từ độ sâu nhúng tham chiếu (mm)	Giá trị bù nhiệt độ (°C)	Nhiệt độ mục tiêu	Giá trị ước tính tại 5 phút trước khi kết thúc quá trình xử lý (x=2) không có bù	Giá trị ước tính tại 5 phút trước khi kết thúc quá trình xử lý (x=2) có bù	Giá trị thực tế
6	300	1,1	1588	1590,1	1589,0	1589,3
7	300	1,1	1599	1600,6	1599,5	1599,0
8	300	1,1	1592	1594,2	1593,1	1592,4

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, trong đó quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy được thực hiện trong khi liên tục đo nhiệt độ thép nóng chảy trong khi vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót của thép nóng chảy, được đặc trưng ở chỗ phương pháp vận hành này bao gồm

cài đặt thời gian sớm hơn thời gian kết thúc theo lịch trình của quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót trong khoảng thời gian đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy làm thời điểm xác định, và

ước tính nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình trên cơ sở sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy từ khi bắt đầu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến thời điểm xác định, trong đó

giá trị ước tính T_f là nhiệt độ thép nóng chảy được tính toán theo công thức (1) dưới đây:

$$T_f = BMA_{td} + (BMA_{td} - BMA_{td-\alpha})/\alpha \times t_r \quad \dots (1)$$

trong đó T_f là giá trị ước tính theo °C của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, BMA_{td} là giá trị trung bình động nghịch theo °C của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian t_d , $BMA_{td-\alpha}$ là giá trị trung bình động nghịch theo °C của giá trị đo nhiệt độ liên tục tại thời gian $(t_d-\alpha)$, t_d là thời gian hoạt động theo phút từ khi bắt đầu phép đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến thời điểm xác định, $t_d-\alpha$ là thời gian hoạt động theo phút từ khi bắt đầu phép đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy đến α phút trước t_d , và t_r là thời gian theo phút từ khi thu được giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

2. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm 1, trong đó dữ liệu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy là các giá trị đo được hiệu chỉnh tùy thuộc vào độ sâu nhúng của cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ liên tục.

3. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo

điểm 1 hoặc 2, trong đó trong trường hợp mà giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy nằm trong phạm vi mục tiêu của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, các điều kiện vận hành tại thời điểm xác định được duy trì cho đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

4. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm 1 hoặc 2, trong đó trong trường hợp mà giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy cao hơn phạm vi mục tiêu của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, hoạt động làm giảm nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện trong khoảng thời gian từ thời điểm xác định đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

5. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm 1 hoặc 2, trong đó trong trường hợp mà giá trị ước tính của nhiệt độ thép nóng chảy thấp hơn phạm vi mục tiêu của nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình, hoạt động làm tăng nhiệt độ thép nóng chảy được thực hiện trong khoảng thời gian từ thời điểm xác định đến thời gian kết thúc theo lịch trình.

6. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó thời điểm xác định là từ 3 phút đến 8 phút trước thời gian kết thúc theo lịch trình.

7. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó α là từ 0,5 phút đến 2,0 phút.

8. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó phạm vi trung bình động nghịch được xác định trên cơ sở chu kỳ biến thiên của giá trị đo liên tục của nhiệt độ thép nóng chảy được đo trước.

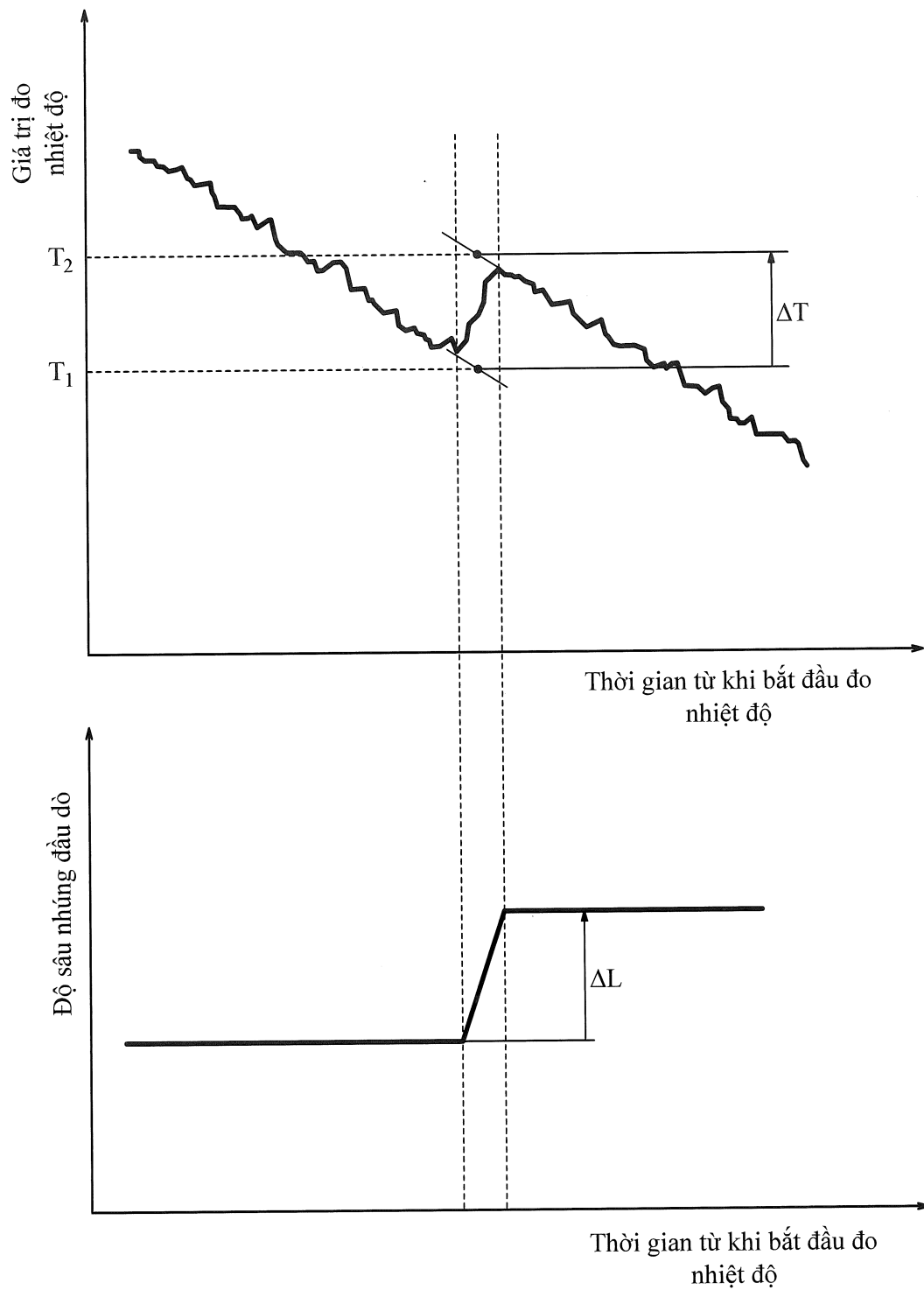
9. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 8, trong đó độ sâu nhúng của cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ liên tục được tăng lên với sự gia tăng số lần sử dụng của phần tử đo của cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ liên tục.

10. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo

điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó nhiệt độ thép nóng chảy tại thời gian kết thúc theo lịch trình được ước tính trên cơ sở sự thay đổi theo thời gian của nhiệt độ thép nóng chảy trong dữ liệu đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy trong suốt quá trình xử lý khử từ sau khi kết thúc ít nhất một trong số các hoạt động bổ sung hợp kim và cung cấp đến thời điểm xác định trong khoảng thời gian đo liên tục nhiệt độ thép nóng chảy.

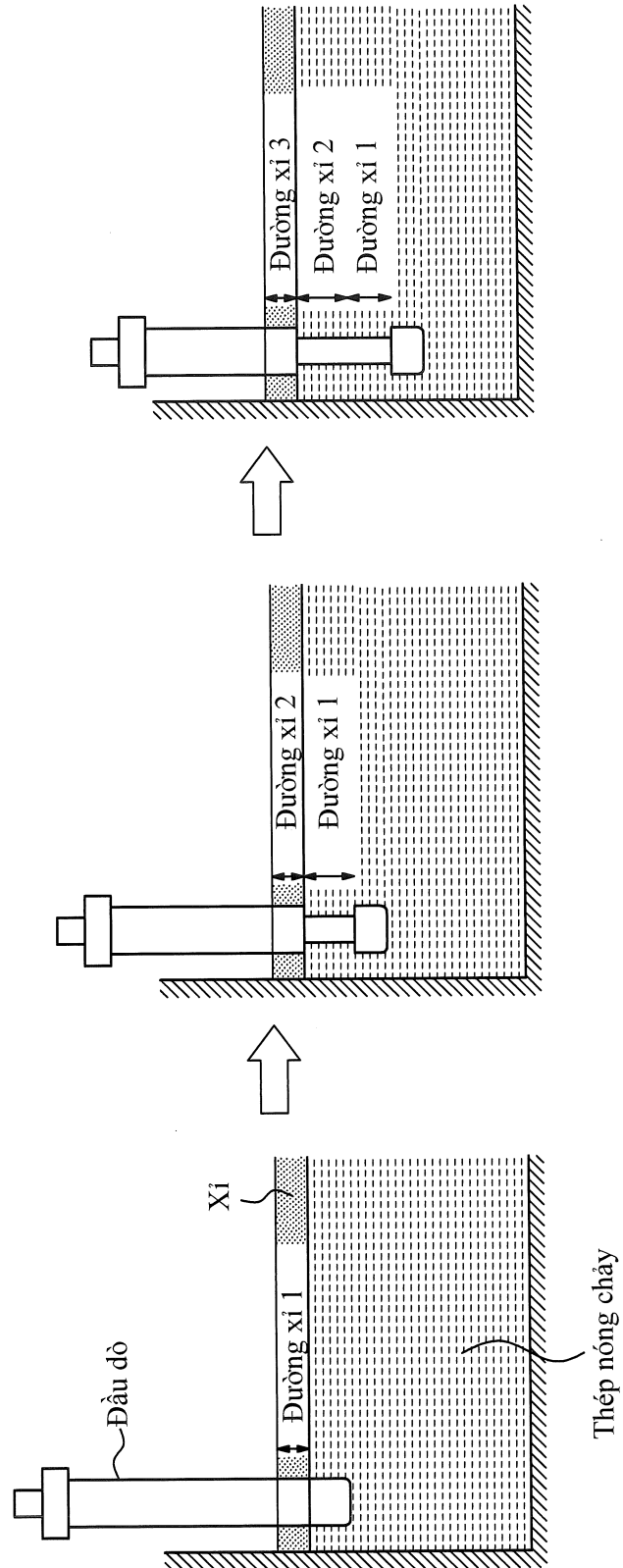
11. Phương pháp vận hành quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót là quá trình xử lý khử khí RH.

1/5

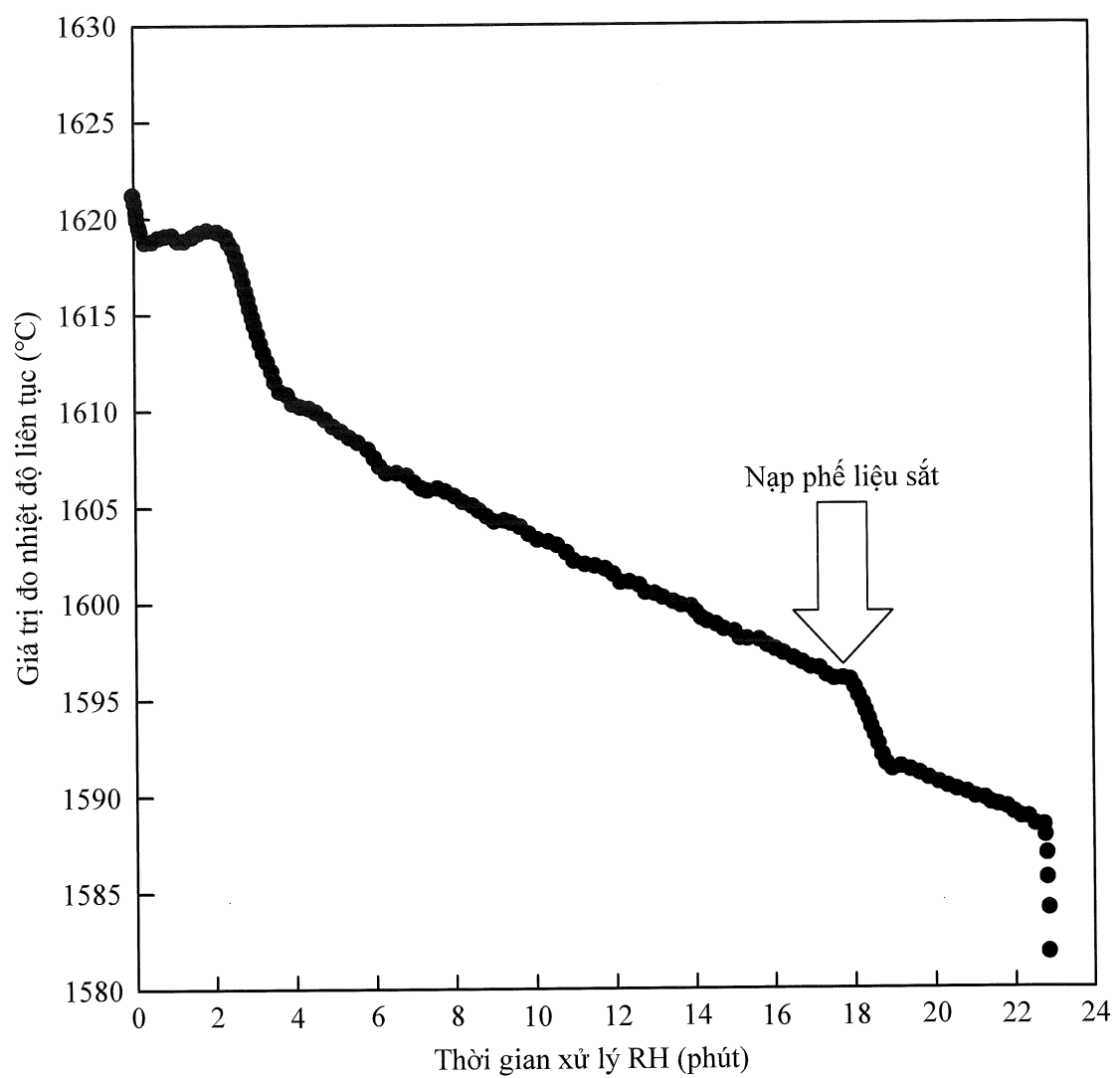
FIG.1

2/5

FIG.2



3/5

FIG.3

4/5

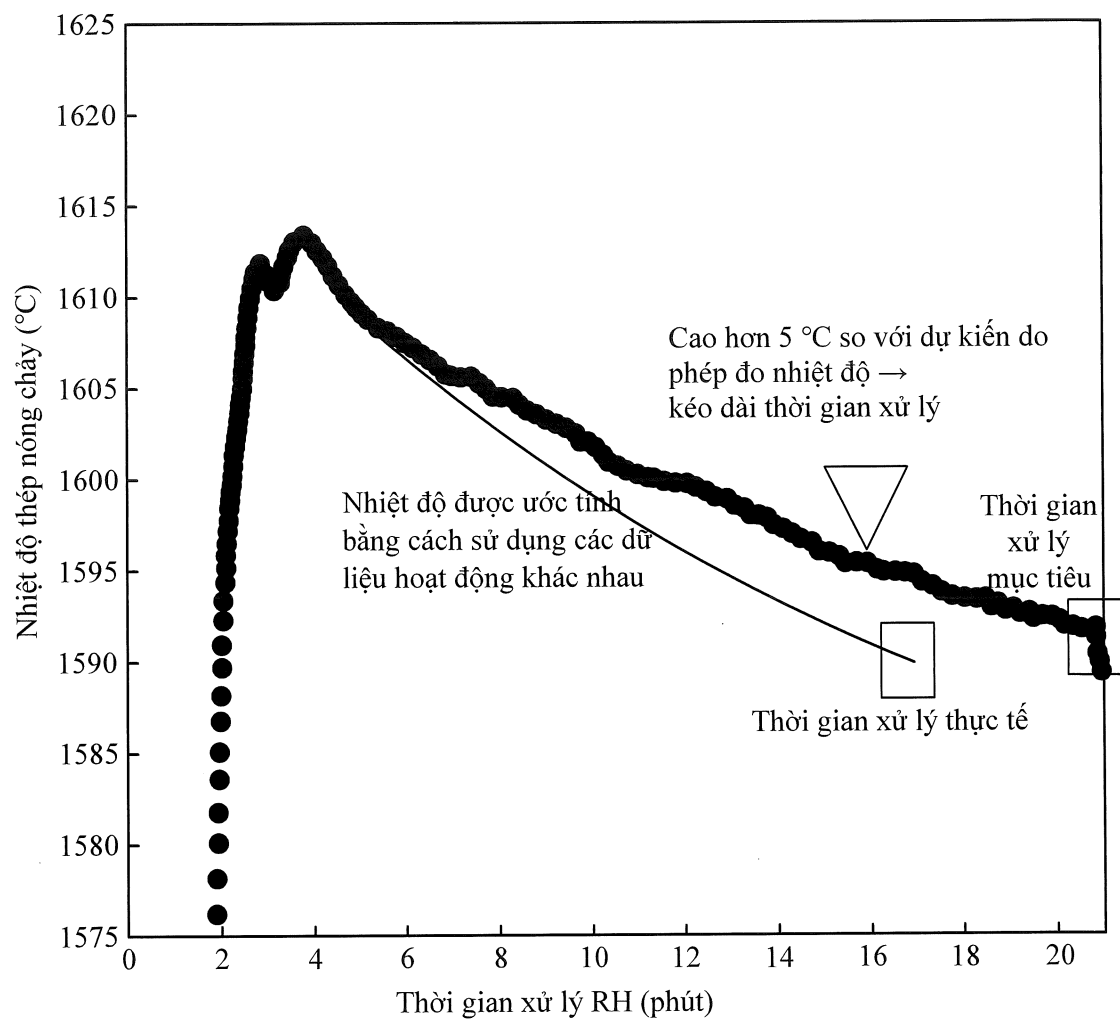
FIG.4

FIG.5

