



(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)



1-0035991

(51)¹⁹ C21C 5/32

(13) B

(21) 1-2019-06179

(22) 07/05/2018

(86) PCT/JP2018/017585 07/05/2018

(87) WO/2018/207718 15/11/2018

(30) 2017-092258 08/05/2017 JP

(45) 26/06/2023 423

(43) 25/02/2020 383A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

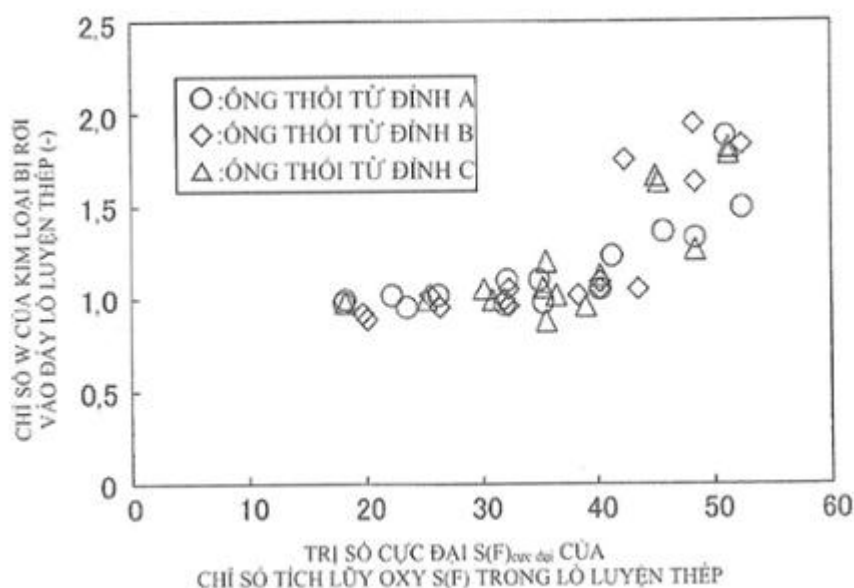
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) Amano Shota (JP); Takahashi Yukio (JP); KIKUCHI Naoki (JP); MIKI Yuji (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH Lò LUYỆN THÉP

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò luyện thép. Khi tinh luyện khử cacbon của sắt nóng chảy được thực hiện bằng cách khí oxy thổi từ đỉnh từ ống thổi từ đỉnh, sự dao động của sắt nóng chảy, việc vỡ bọt khí, và bắn tung tóe do việc vỡ bọt khí được hạn chế. Phương pháp tinh luyện dùng cho lò luyện thép gồm có khử cacbon sắt nóng chảy ở trong lò luyện thép với ống thổi từ đỉnh có các vòi phun Laval được bố trí tại đầu dưới của nó bằng cách thổi khí oxy lên bề mặt sắt nóng chảy ở trong lò luyện thép thông qua các vòi phun Laval, mà trong đó một trong hoặc cả tốc độ cấp oxy từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH được điều chỉnh theo cách sao cho chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ là 40 hoặc nhỏ hơn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò luyện thép bằng cách thổi khí oxy lên kim loại nóng thông qua nhiều vòi phun Laval được bố trí trên ống thổi từ đỉnh để sản xuất thép nóng chảy từ sắt nóng chảy trong khi ngăn chặn việc phun kim loại nóng ra bên ngoài lò luyện thép. Thuật ngữ "sắt nóng chảy" được sử dụng ở đây là chỉ kim loại nóng hoặc thép nóng chảy. Khi kim loại nóng và thép nóng chảy được phân biệt rõ ràng với nhau, thuật ngữ "kim loại nóng" hoặc "thép nóng chảy" được sử dụng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong quá trình tinh luyện khử cacbon bằng các lò luyện thép, từ góc độ cải thiện năng suất của các lò luyện thép, các hoạt động được thực hiện với lượng lớn khí oxy được cung cấp trên một đơn vị thời gian (còn được gọi là "tốc độ cấp oxy"). Tuy nhiên, lượng lớn khí oxy được cung cấp trên một đơn vị thời gian sẽ làm tăng lượng sắt bị phân tán từ các lò luyện thép ra ngoài dưới dạng, ví dụ, bụi sắt và làm tăng lượng sắt bám dính và bị lắng đọng ở trên các vách của các lò luyện thép và ở gần miệng của các lò luyện thép. Các tổn hao sắt này cuối cùng sẽ được thu hồi và được sử dụng lại làm nguồn sắt. Tuy nhiên, việc tăng lượng sắt này dẫn đến việc tăng chi phí cần phải có để thu hồi bụi sắt và loại bỏ sắt bám dính ở gần miệng của lò luyện thép và dẫn đến làm giảm tốc độ hoạt động của các lò luyện thép. Do đó, đây là một trong những vấn đề quan trọng cần phải giải quyết.

Đối với việc tạo ra và hạn chế bụi sắt trong quá trình tinh luyện khử cacbon trong lò luyện thép, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện trước đây. Kết quả là, đã được biết là cơ chế tạo ra bụi sắt được phân loại thô thành hai cơ chế sau và lượng bụi sắt được tạo ra và tỷ lệ bụi sắt được tạo ra bởi mỗi cơ chế tạo bụi này thay đổi theo tiến trình thổi.

[1] Bụi sắt được tạo ra bởi việc vỡ bọt khí (ví dụ, bắn tung tóe (phân tán kim loại))

hoặc phân tán hạt sắt do các bọt khí bị tách ra khỏi kim loại nóng chảy).

[2] Bụi sắt được tạo ra bởi khói (sự bay hơi của các nguyên tử sắt).

Đã được biết là tốc độ phản ứng khử cacbon khi sử dụng oxy được thổi từ đỉnh từ ống thổi từ đỉnh được giới hạn bởi oxy được cấp trong giai đoạn cho đến khi nồng độ cacbon trong sắt nóng chảy đạt tới nồng độ cacbon tới hạn và bị giới hạn bởi sự di chuyển (sự khuếch tán) của cacbon trong sắt nóng chảy tại nồng độ cacbon nhỏ hơn nồng độ cacbon tới hạn. Tài liệu không phải sáng chế 1 mô tả rằng tốc độ khử cacbon dựa trên sự phân tích liên tục khí thải không phải là hằng số mà thay đổi ngay cả trong giai đoạn giới hạn tốc độ được chi phối bởi việc cấp oxy. Quan sát trực tiếp bề mặt kim loại nóng ở trong lò nung nhỏ trong quá trình tinh luyện khử cacbon đã hé lộ là các sự thay đổi về tốc độ khử cacbon trong giai đoạn giới hạn tốc độ được chi phối bởi việc cấp oxy tạo ra các bọt khí lớn từ bề mặt kim loại nóng. Từ đó có thể tin được là các thay đổi về tốc độ khử cacbon được gây ra bởi sự mở rộng của diện tích phản ứng do sự chuyển dịch từ phản ứng bề mặt sang phản ứng ở trong bể.

Điều đã được biết đến là phản ứng khử cacbon mà sử dụng oxy được thổi từ đỉnh chủ yếu diễn ra ở mặt phân giới va chạm giữa luồng khí oxy và sắt nóng chảy, nghĩa là, "khoảng" được gọi là "điểm nóng". Tài liệu không phải sáng chế 2 mô tả như được biểu diễn bởi công thức (4), diện tích mặt phân giới tương đương A^* bao gồm sự ảnh hưởng của các giọt được tạo ra ở trên bề mặt của kim loại nóng ngoài diện tích bề mặt A_p của khoang hình học được định ra là diện tích của điểm nóng và như được biểu diễn bởi công thức (5), hiệu suất oxy đối với khử cacbon giảm xuống với việc tăng tải trọng oxy F_g , mà là tỷ lệ tốc độ thổi của oxy được thổi từ đỉnh F_{O_2} vào diện tích mặt phân giới tương đương A^* .

Công thức toán học 1

$$A^* \equiv A_p \times \left(\frac{\kappa \times I}{\sigma \times d_c} \right)^{0,2} \quad \dots(4)$$

$$F_g = \frac{F_{o2}}{A^*} \quad \dots(5)$$

Trong công thức (4), d_c là đường kính miệng vòi phun Laval, I là động lượng của luồng khí oxy được thổi từ đỉnh, κ là hệ số hiệu chỉnh của động lượng I , và σ là sức căng bề mặt của sắt nóng chảy.

Trong bình phản ứng tinh luyện như là lò luyện thép, sắt nóng chảy trong thân lò phản ứng dao động do việc cấp khí thổi từ đỉnh hoặc đáy để tinh luyện và sục và tạo khí CO do phản ứng khử cacbon. Khi tần số dao động và tần số tự nhiên được xác định bởi hình dạng của thân lò phản ứng trùng nhau, nghĩa là, khi chúng được cộng hưởng, biên độ dao động được tối đa hóa. Hiện tượng này được gọi là "hiện tượng trượt". Khi hiện tượng trượt xảy ra, lượng sắt bám dính và bị lắng đọng ở trên ống thổi từ đỉnh và thành bình và ở gần miệng của thân lò tăng lên.

Tài liệu không phải sáng chế 3 mô tả hiện tượng trượt và các trạng thái mà tần số tự nhiên f_{calc} của thân lò hình trụ có thể được xác định bằng phân tích và có thể được tính từ công thức (6) được mô tả ở dưới đây bằng cách sử dụng đường kính trong D của thân lò hình trụ và độ sâu H của kim loại nóng. Trong công thức (6), g là gia tốc trọng trường, và k là hằng số ($= 1,84$).

Công thức toán học 2

$$f_{calc} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k \times g}{D} \tanh\left(2k \times \frac{H}{D}\right)} \quad \dots(6)$$

Tài liệu không phải sáng chế 4 mô tả sự rung động của lò luyện thép trong quá trình tinh luyện khử cacbon được đo thực tế và tần số dao động của sắt nóng chảy ở lò luyện thép quy mô thương mại là từ khoảng 0,3 đến khoảng 0,4 Hz. Trị số đo

này gần như trùng khớp với tần số tự nhiên của lò luyện thép được tính từ phương trình (6).

Điều này biểu thị là hiện tượng hiện tượng trượt cũng có thể xảy ra ở lò luyện thép quy mô thương mại. Khi hiện tượng hiện tượng trượt xảy ra, việc tràn xỉ (tóa xỉ) xảy ra dễ dàng, từ đó làm tăng lượng sắt bám dính và bị lắng đọng ở trên ống thổi từ đỉnh và vách lò luyện thép và ở gần miệng của lò luyện thép.

Tài liệu sáng chế 1 mô tả, để nhằm mục đích hạn chế việc xảy ra bắn tung tóe và tràn xỉ, quá trình tinh luyện để hạn chế việc xảy ra bắn tung tóe và tràn xỉ trong hoạt động lò luyện thép mà ở đó lượng oxy được cung cấp trên một đơn vị thời gian được tăng lên, quá trình bao gồm việc tính nồng độ oxy dư ở trong lò luyện thép trên cơ sở lượng khí oxy được cung cấp vào lò luyện thép, lưu lượng khí thải từ lò luyện thép, thành phần của khí thải, các thành phần kim loại nóng, và lượng các nguyên liệu phụ trợ; và điều chỉnh ít nhất là một trong các thông số gồm lượng khí oxy được cung cấp, chiều cao ống, và lưu lượng khí được thổi từ đáy theo nồng độ oxy dư được tính ở trong lò luyện thép.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản đang được xét nghiệm số 2013-108153

Tài liệu không phải sáng chế

Tài liệu không phải sáng chế 1: Seisan Kenkyu (Nghiên cứu sản xuất), tập 22(1970), Số 11, trang 488

Tài liệu không phải sáng chế 2: Tetsu-to-Hagane (Sắt và Thép), tập 57(1971), Số 12, trang 1764

Tài liệu không phải sáng chế 3: Seisan Kenkyu (Nghiên cứu sản xuất), tập 26(1974), Số 3, trang 119

Tài liệu không phải sáng chế 4: Báo cáo kỹ thuật thép của Kawasaki, tập 19(1987), Số 1, trang 1

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Trong quá trình tinh luyện được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, các dấu hiệu của việc tràn xỉ (tóc xỉ) được theo dõi, và hành động được thực hiện sau đó. Mặc dù việc tràn xỉ có thể được phát hiện, nhưng không thể hạn chế được việc vỡ bọt khí và bắn tung tóc (phân tán kim loại) do vỡ bọt khí.

Sáng chế đã được thực hiện trên cơ sở các trường hợp nêu trên. Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò luyện thép khi tinh luyện khử cacbon của sắt nóng chảy được thực hiện bằng cách thổi khí oxy từ ống thổi từ đỉnh, phương pháp hạn chế sự dao động của sắt nóng chảy, việc vỡ bọt khí và bắn tung tóc do vỡ bọt khí, và việc giảm sản lượng sắt.

Giải quyết vấn đề

Sáng chế giải quyết các vấn đề nêu trên được đặc trưng bởi các điểm sau:

[1] Phương pháp vận hành lò luyện thép gồm có phương pháp tinh luyện bao gồm bước khử cacbon sắt nóng chảy trong lò luyện thép với ống thổi từ đỉnh có một hoặc nhiều vòi phun Laval được bố trí tại đầu dưới của nó bằng cách thổi khí oxy lên bề mặt sắt nóng chảy ở trong lò luyện thép thông qua một hoặc nhiều vòi phun Laval,

mà trong đó lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng ($\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \times \text{s})$) được xác định bởi công thức (1) được mô tả ở dưới đây,

chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ ở trong lò luyện thép được xác định từ lưu lượng khí oxy F và công thức (2) được mô tả ở dưới đây, và một hoặc cả tốc độ cấp oxy Q_g từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH được điều chỉnh theo cách sao cho chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ thỏa mãn công thức (3) được mô tả ở dưới đây,

Công thức toán học 3

$$F = \frac{\left(\frac{Q_g}{n}\right)^{1,2}}{\frac{\pi}{6} \times r \times \left[\left(r^2 + 4L\right)^{\frac{3}{2}} - r^3\right]} \times \left(\frac{4,8586 P_0^{0,112} \times d_c^{-0,44} \times v_{gc}}{1630}\right)^{0,2} \dots (1)$$

$$S(F) = \alpha \Sigma \left(\frac{1}{F_0} - \frac{1}{F}\right) \Delta t \dots (2)$$

$$S(F) \leq 40 \dots (3)$$

trong công thức (1),

n là số lượng (-) vòi phun Laval được bố trí tại đầu dưới của ống thổi từ đỉnh,

d_c là đường kính miệng (mm) của mỗi một hoặc nhiều vòi phun Laval,

Q_g là tốc độ cấp oxy (Nm^3/s) từ ống thổi từ đỉnh,

P_0 là áp suất cung cấp (Pa) của khí oxy vào một hoặc nhiều vòi phun Laval,

v_{gc} là vận tốc dòng khí oxy được tính từ chiều cao ống LH (m) tại bề mặt va chạm của bề mặt sắt nóng chảy và vận tốc dòng khí oxy (m/s) dọc theo trục trung tâm của mỗi một hoặc nhiều vòi phun Laval,

r là bán kính (mm) của khoang được tạo thành bởi sự va chạm của khí oxy với bề mặt sắt nóng chảy, và

L là độ sâu (mm) của khoang, và

trong công thức (2),

α là hằng số ($(m^2 \times s)/Nm^3$),

F_0 là hằng số ($Nm^3/(m^2 \times s)$), và

Δt là khoảng thời gian thu thập dữ liệu (giây).

[2] Theo phương pháp vận hành lò luyện thép được mô tả ở mục [1], trị số thực tế của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ được tính từ công thức (2) và lượng oxy chưa được xác

định được theo dõi trong quá trình thổi để xác định hằng số α , lượng oxy chưa được xác định được định ra bởi độ chênh lệch giữa lượng oxy vào và lượng oxy ra, lượng oxy vào được định ra bởi tổng lượng khí oxy được cung cấp từ ống thổi từ đỉnh và lượng oxy trong nguyên liệu thô phụ trợ được nạp vào trong lò luyện thép, lượng oxy ra được định ra bởi tổng lượng oxy có mặt dưới dạng khí CO, khí CO₂, và khí oxy trong khí thải từ lò luyện thép và lượng oxy được tiêu thụ bởi phản ứng khử silic và có mặt dưới dạng SiO₂ ở trong lò luyện thép.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, bởi vì chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ được định ra bởi công thức (2) là hàm của tốc độ cấp oxy Q_g từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH được kiểm soát trong phạm vi được xác định trước, có thể hạn chế sự dao động của sắt nóng chảy ở trong lò luyện thép và làm giảm lượng sắt bám dính và bị lắng đọng ở trên ống thổi từ đỉnh và vách của lò luyện thép và ở gần miệng của lò luyện thép.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị minh họa mối quan hệ giữa hiệu suất oxy trung bình η để khử cacbon và lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng được tính từ công thức (1).

Fig.2 là đồ thị minh họa mối quan hệ giữa chỉ số W của kim loại bị rơi ra ngoài lò luyện thép và trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ trong lò luyện thép được tính từ công thức (2).

Fig.3 là đồ thị minh họa mối quan hệ giữa gia tốc cực đại $a_{\text{cực đại}}$ của rung động thân lò và trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ được tính từ công thức (2).

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả ở dưới đây thông qua việc sử dụng các phương án của sáng chế. Trước tiên, các trường hợp dẫn đến việc hoàn thành sáng chế sẽ được mô tả.

Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu về sự ảnh hưởng của chiều cao ống LH của ống thổi từ đỉnh lên lượng kim loại bám dính vào vách lò luyện thép và ống thổi từ đỉnh khi kim loại nóng được đưa vào quá trình tinh luyện khử cacbon với lò luyện thép công suất 300 tấn bằng khí oxy thổi từ đỉnh (khí oxy tinh khiết dùng trong công nghiệp) lên kim loại nóng ở trong lò luyện thép, lò luyện thép được tạo kết cấu để cho phép khí oxy được thổi từ ống thổi từ đỉnh và được tạo kết cấu để cho phép khí sục được thổi đồng thời thông qua ống bể thổi từ đáy từ phần đáy của lò luyện thép. Khí argon được sử dụng là khí sục thổi từ đáy. "Chiều cao ống LH" là khoảng cách (m) từ phần đầu của ống thổi từ đỉnh đến bề mặt của kim loại nóng khi kim loại nóng ở trong lò luyện thép ở trạng thái tĩnh.

Trong thí nghiệm, ba loại ống thổi từ đỉnh (các ống thổi từ đỉnh A, B, và C) được sử dụng như được thể hiện trong bảng 1, Tốc độ cấp oxy (lưu lượng của oxy được cung cấp) từ mỗi ống thổi từ đỉnh được thay đổi trong phạm vi từ 750 đến 1000 Nm³/phút. Chiều cao ống LH được thay đổi trong phạm vi từ 2,2 đến 2,8 m. Kim loại bám dính vào miệng và nắp đáy của lò luyện thép trong quá trình thổi và sau đó bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép được thu hồi sau khi thổi và được cân để kiểm tra sự ảnh hưởng của chiều cao ống LH và các điều kiện thổi lên lượng kim loại bám dính.

Bảng 1

Loại ống thổi từ đỉnh	Số lượng lỗ chính	Hình dạng lỗ chính	Đường kính miệng của lỗ chính (mm)	Đường kính ra (mm)	Góc nghiêng vòi phun của lỗ chính (°)
Ống thổi từ đỉnh A	4	Vòi phun Laval	76,0	87,0	17
Ống thổi từ đỉnh B	5	Vòi phun Laval	57,0	67,2	15
Ống thổi từ đỉnh C	5	Vòi phun Laval	65,0	75,3	15

Trong thử nghiệm, gia tốc kế được gắn vào trục nghiêng của lò luyện thép, và gia tốc theo hướng trục nghiêng được đo trong quá trình thổi. Tín hiệu gia tốc thu được được đưa vào máy phân tích, được ghi lại, và được đưa vào biến đổi Fourier nhanh để thực hiện phân tích tần số của rung động thân lò.

Trong thử nghiệm, việc cấp khí oxy từ mỗi ống thổi từ đỉnh được bắt đầu khi nồng độ cacbon trong kim loại nóng là 4,0% theo khối lượng, và việc cấp khí oxy được dừng lại khi nồng độ cacbon trong thép nóng chảy là 0,05% theo khối lượng.

Trong quá trình tinh luyện khử cacbon của kim loại nóng bằng khí oxy thổi từ đỉnh, lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng ($\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \times \text{giây})$) được biểu diễn bởi công thức (1) dưới đây. Lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng là trung bình của các lưu lượng của khí oxy va chạm trên một đơn vị diện tích tại nhiều điểm nóng, mà là các phần của bề mặt kim loại nóng va chạm với khí oxy được thổi từ đỉnh ở trong lò luyện thép, trong giai đoạn tinh luyện khử cacbon.

Công thức toán học 4

$$F = \frac{\left(\frac{Q_g}{n}\right)^{1,2}}{\frac{\pi}{6} \times r \times \left[(r^2 + 4L)^{\frac{3}{2}} - r^3\right]} \times \left(\frac{4,8586 P_0^{0,112} \times d_c^{-0,44} \times v_{gc}}{1630}\right)^{0,2} \quad \dots (1)$$

Trong công thức (1), n là số lượng (-) của các vòi phun Laval được bố trí tại đầu dưới của ống thổi từ đỉnh. d_c là đường kính miệng (mm) của mỗi vòi phun Laval. Q_g là tốc độ cấp oxy (Nm^3/s) từ ống thổi từ đỉnh. P_0 là áp suất cung cấp (Pa) của khí oxy vào các vòi phun Laval của ống thổi từ đỉnh.

v_{gc} là vận tốc dòng khí oxy được tính từ chiều cao ống LH (m) tại bề mặt va chạm của bề mặt kim loại nóng và là vận tốc dòng khí oxy (m/s) dọc theo trục trung tâm của mỗi vòi phun Laval. r là bán kính (mm) của khoang được tạo thành bởi sự va chạm của khí oxy với bề mặt kim loại nóng. L là độ sâu (mm) của khoang.

Các phương pháp tính toán vận tốc dòng khí oxy v_{gc} (m/s), đường kính r (mm) của khoang, và độ sâu L (mm) của khoang sẽ được mô tả ở dưới đây.

Giả định là dòng khí trong vòi phun Laval là thay đổi đoạn nhiệt, vận tốc dòng

xả v_{g0} (m/s) của khí được phun từ vòi phun Laval được biểu diễn bởi công thức (7). Trong công thức (7), g là gia tốc trọng trường (m/s^2). p_c áp suất (áp suất tĩnh) (Pa) tại miệng vòi phun Laval. p_e là áp suất (áp suất tĩnh) (Pa) tại đầu phun ra của vòi phun Laval. v_c là thể tích riêng (m^3/kg) ở trong miệng vòi phun Laval. v_e là thể tích riêng (m^3/kg) tại đầu ra của vòi phun Laval. K là hệ số giãn nở đẳng hướng.

Công thức toán học 5

$$v_{g0}^2 = 2 \times g \times \frac{K}{K-1} \times (p_c \times v_c - p_e \times v_e) \quad \dots (7)$$

Điều đã được biết là vận tốc dòng khí oxy v_{gc} dọc theo trục trung tâm của vòi phun Laval sau khi phun từ vòi phun Laval được xác định như hàm của khoảng cách từ vòi phun đến bề mặt của kim loại nóng. Từ đó, khi xét đến độ dài vùng x_c (m) được gọi là lõi thể được tạo thành trực tiếp ở dưới đầu ra của vòi phun Laval, vận tốc dòng khí oxy v_{gc} được biểu diễn bởi công thức (8) dưới đây. Trong công thức (8), β và γ là các hằng số. Theo đó, trong trường hợp mà ở đó v_{g0} , LH, và x_c đã được biết đến, vận tốc dòng khí oxy v_{gc} có thể được tính bằng cách sử dụng công thức (8) dưới đây.

Công thức toán học 6

$$v_{gc} = \beta \times v_{g0} \times \left(\frac{LH - x_c}{d_c} \right)^\gamma \quad \dots (8)$$

Độ sâu L (mm) của khoang được tạo ra ở trên bề mặt sắt nóng chảy mà luồng khí va chạm vào được biểu diễn bởi công thức (9) dưới đây. Trong công thức (9), ε là hằng số không có thứ nguyên và là trị số trong phạm vi từ 0,5 đến 1,0. Theo phương án này, độ sâu L của khoang được tính bằng cách đặt ε bằng 1,0.

Công thức toán học 7

$$L = 63,0 \times \left(\varepsilon \times \frac{Q_g}{n \times d_c} \right)^{\frac{2}{3}} \times e^{\left(\frac{-0,78 \times \frac{LH}{63,0 \times \left(\varepsilon \times \frac{Q_g}{n \times d_c} \right)^{\frac{2}{3}}}}{1} \right)} \dots (9)$$

Đường kính r (mm) của khoang được tạo ra ở trên bề mặt sắt nóng chảy mà luồng khí va chạm vào được biểu diễn bởi công thức (10) dưới đây. Trong công thức (10), θ_s góc lan truyền luồng khí ($^\circ$).

Công thức toán học 8

$$r = LH \times \tan(\theta_s) \dots (10)$$

Fig.1 là đồ thị minh họa mối quan hệ giữa hiệu suất oxy trung bình η (%) để khử cacbon trong quá trình thổi khi việc khử cacbon được thực hiện theo cách sao cho nồng độ cacbon được thay đổi từ 3% theo khối lượng đến 1% theo khối lượng trong quá trình thổi và lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng ($Nm^3/(m^2 \times s)$) được tính từ công thức (1). Hiệu suất oxy trung bình η (%) để khử cacbon được định ra bởi công thức (11) bằng cách sử dụng lưu lượng khí thải $Q_{\text{khí thải}}$ (Nm^3/s), nồng độ CO trong khí thải (C_{CO} ; % theo thể tích), và nồng độ CO_2 trong khí thải (C_{CO_2} ; % theo thể tích).

Công thức toán học 9

$$\eta = \frac{11,2}{22,4} \times (C_{CO} + C_{CO_2}) \times \frac{Q_{\text{khí thải}}}{Q_g} \times 100 \dots (11)$$

Như được thấy rõ từ Fig.1, hiệu suất oxy trung bình η (%) để khử cacbon giảm xuống khi lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng tăng lên. Nói cách khác, lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng càng cao dẫn đến lượng oxy được tích tụ ở trong lò luyện thép càng lớn.

Fig.2 là đồ thị minh họa mối quan hệ giữa chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép và trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy S(F) ở trong lò luyện thép trong quá trình thổi. Chỉ số tích lũy oxy S(F) ở trong lò luyện thép được định ra bởi công thức (2) dưới đây. Trong công thức (2), F là lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng được tính từ công thức (1). α là hằng số $((m^2 \times s)/Nm^3)$. F_0 là hằng số $(Nm^3/(m^2 \times s))$. Theo phương án này, hằng số α được đặt bằng $0,07 (m^2 \times s)/Nm^3$, và hằng số F_0 được đặt bằng $0,60 Nm^3/(m^2 \times s)$. Hằng số α là trị số nằm trong phạm vi từ 0,05 đến 0,10 $(m^2 \times s)/Nm^3$ theo lưu lượng khí được thổi từ đáy trên một đơn vị khối lượng thép nóng chảy. Δt là khoảng thời gian thu thập dữ liệu (giây) và là, ví dụ, 1 giây theo phương án này. Trong trường hợp mà Δt là 1 giây và thời gian thổi là 20 phút, chỉ số tích lũy oxy S(F) được tính bằng cách tính $(1/F_0 - 1/F)$ mỗi 1 giây, lấy tổng phép toán này khoảng 1200 lần, và nhân trị số kết quả với α .

Công thức toán học 10

$$S(F) = \alpha \Sigma \left(\frac{1}{F_0} - \frac{1}{F} \right) \Delta t \quad \dots (2)$$

Chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép được định ra bởi công thức (12) dưới đây. "Khối lượng đo được của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép" được mô tả trong mẫu số ở vế phải của công thức (12) là khối lượng trung bình của kim loại bị rơi sau khi hoàn tất việc thổi trong nhiều thử nghiệm nạp.

Công thức toán học 11

$$W = \frac{\text{Khối lượng đo được của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép (Kg)}}{\text{Khối lượng trung bình của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép khi thổi ở } S(F)_{\text{cực đại}} \text{ nhỏ hơn } 40 \text{ (Kg)}} \times 100 \quad \dots (12)$$

Như có thể thấy rõ từ Fig.2, chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép tăng mạnh khi trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy S(F) ở trong lò

luyện thép lớn hơn 4

Fig.3 là đồ thị minh họa mối quan hệ giữa gia tốc cực đại $a_{\text{cực đại}}$ tại tần số tự nhiên là 0,35 Hz được tính từ công thức (6) khi rung động thân lò trong quá trình thổi và trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ ở trong lò luyện thép.

Như có thể thấy rõ từ Fig.3, gia tốc cực đại $a_{\text{cực đại}}$ tăng lên khi trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ ở trong lò luyện thép trong quá trình thổi tăng lên. Khi trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ lớn hơn 40, số gia của gia tốc cực đại $a_{\text{cực đại}}$ được tăng lên. Nói cách khác, có thể thấy là khi trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ lớn hơn 40, sự dao động của kim loại nóng có thể được tăng lên.

Cần lưu ý ở đây là bất kể độ chênh lệch trong các vòi phun Laval của ống thổi từ đỉnh, lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng tương quan nghịch với hiệu suất oxy trung bình η để khử cacbon, trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ ở trong lò luyện thép trong quá trình thổi tương quan thuận với chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép và gia tốc cực đại $a_{\text{cực đại}}$ của rung động thân lò, và cả hai chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép và gia tốc cực đại $a_{\text{cực đại}}$ của rung động thân lò được tăng lên đáng kể tại trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ lớn hơn 40.

Để hạn chế sự dao động của sắt nóng chảy, để làm giảm kim loại bám dính vào miệng và nắp đáy của lò luyện thép, và để ngăn chặn việc giảm sản lượng sắt, các kết quả biểu thị là việc kiểm soát trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ ở trong lò luyện thép đến 40 hoặc nhỏ hơn là rất quan trọng, nghĩa là, thỏa mãn công thức (3):

$$S(F) \leq 40 \quad \dots(3)$$

Hằng số α thay đổi nhẹ, tùy thuộc vào, ví dụ, trạng thái hoạt động của thân lò. Từ đó, tại thời điểm triển khai, trị số thực tế của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ được tính từ công thức (2) và lượng oxy chưa được xác định tốt hơn là được theo dõi trong quá trình thổi để xác định hằng số α trên cơ sở trị số thực tế của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$

và lượng oxy chưa được xác định, lượng oxy chưa được xác định được định ra bởi độ chênh lệch giữa lượng oxy vào và lượng oxy ra, lượng oxy vào được định ra bởi tổng lượng khí oxy được cung cấp từ ống thổi từ đỉnh và lượng oxy trong nguyên liệu thô phụ trợ được nạp vào trong lò luyện thép, lượng oxy ra được định ra bởi tổng lượng oxy có mặt dưới dạng khí CO, khí CO₂, và khí oxy trong khí thải từ lò luyện thép và lượng oxy được tiêu thụ bởi phản ứng khử silic và có mặt dưới dạng SiO₂ ở trong lò luyện thép.

Sáng chế dựa trên các kết quả thử nghiệm nêu trên và đề cập đến phương pháp tinh luyện trong lò luyện thép, phương pháp bao gồm việc đưa sắt nóng chảy ở trong lò luyện thép sang quá trình tinh luyện oxy hóa như là tinh luyện khử cacbon với ống thổi từ đỉnh có các vòi phun Laval được bố trí tại đầu dưới của nó bằng cách thổi khí oxy lên bề mặt sắt nóng chảy ở trong lò luyện thép qua vòi phun Laval, mà trong đó một hoặc cả tốc độ cấp oxy Q_g từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH được điều chỉnh theo cách sao cho lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng được xác định bằng công thức (1) được mô tả ở trên và chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ ở trong lò luyện thép được xác định bằng công thức (2) thỏa mãn công thức (3) được mô tả ở trên.

Bằng cách điều chỉnh một hoặc cả tốc độ cấp oxy Q_g từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH theo cách sao cho chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ thỏa mãn công thức (3), việc cung cấp quá mức oxy lên bề mặt sắt nóng chảy được hạn chế, kéo theo việc sinh bọt khí lớn quá mức CO được hạn chế bởi phản ứng của cacbon và oxy xảy ra trong sắt nóng chảy, nhờ đó hạn chế việc vỡ bọt khí và bắn tung tóe do vỡ bọt khí.

Như được minh họa trên Fig.3, bằng cách điều chỉnh một hoặc cả tốc độ cấp oxy Q_g từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH theo cách sao cho chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ thỏa mãn công thức (3), có thể hạn chế việc tăng sự dao động của sắt nóng chảy

Như được mô tả ở trên, bằng cách triển khai phương pháp vận hành lò luyện thép theo phương án sáng chế, có thể hạn chế sự dao động của sắt nóng chảy và vỡ

bọt khí và bắn tung tóe do vỡ bọt khí. Điều này làm giảm sự phân tán sắt ra bên ngoài lò luyện thép, làm giảm chi phí được yêu cầu để tái chế và tái sử dụng kim loại, và có thể hạn chế việc giảm tốc độ hoạt động của lò luyện thép do việc loại bỏ kim loại bám dính và bị lắng đọng ở trên, ví dụ, miệng của lò luyện thép.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả ở dưới đây. Quá trình tinh luyện khử cacbon được thực hiện với lò luyện thép có công suất 300 tấn được tạo kết cấu để cho phép khí oxy được thổi từ ống thổi từ đỉnh và được tạo kết cấu để cho phép khí sục được thổi qua ống bể thổi từ đáy từ phần đáy của lò luyện thép (sau đây, được gọi là "lò luyện thép kiểu được thổi từ đỉnh xuống đáy"). Như đánh giá về sự phân tán sắt ra bên ngoài lò luyện thép, chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép được định ra bởi công thức (12) được sử dụng.

Ống thổi từ đỉnh được sử dụng trong ví dụ này có bốn vòi phun Laval có hình dạng giống nhau đóng vai trò là các vòi phun luồng khí tại phần đầu của ống thổi này. Các vòi phun Laval được bố trí đồng tâm với trung tâm trục của thân chính của ống thổi từ đỉnh tại các khoảng đều nhau và góc là 17° giữa trung tâm trục của thân chính của ống thổi từ đỉnh và trục trung tâm của mỗi vòi phun (sau đây, được gọi là "góc nghiêng vòi phun"). Mỗi vòi phun Laval có đường kính miệng d_e là 76,0 mm và đường kính ra d_r là 87,0 mm.

Tương tự, các ống thổi từ đỉnh sau đây được sử dụng: ống thổi từ đỉnh có năm vòi phun Laval, góc nghiêng vòi phun là 15° , đường kính miệng d_e là 65,0 mm, và đường kính ra d_r là 78,0 mm; ống thổi từ đỉnh có năm vòi phun Laval, góc nghiêng vòi phun là 15° , đường kính miệng d_e là 65,0 mm, và đường kính ra d_r là 75,3 mm; và ống thổi từ đỉnh có năm vòi phun Laval, góc nghiêng vòi phun là 15° , đường kính miệng d_e là 57,0 mm, và đường kính ra d_r là 67,2 mm. Bảng 2 thể hiện các đặc điểm kỹ thuật của các ống thổi từ đỉnh được sử dụng trong các thử nghiệm.

Bảng 2

	Số lượng lỗ chính	Đường kính miệng của lỗ chính (mm)	Đường kính ra của lỗ chính (mm)	Góc nghiêng vòi phun của lỗ chính (°)
Ví dụ 1	4	76,0	87,0	17
Ví dụ 2	5	65,0	78,0	15
Ví dụ 3	5	65,0	75,3	15
Ví dụ 4	5	57,0	67,2	15
Ví dụ so sánh 1	4	76,0	87,0	17
Ví dụ so sánh 2	4	76,0	87,0	17
Ví dụ so sánh 3	5	65,0	78,0	15
Ví dụ so sánh 4	5	65,0	78,0	15
Ví dụ so sánh 5	5	65,0	78,0	15

Phương pháp vận hành lò luyện thép là như sau: Sau khi sắt vụn được nạp vào trong lò luyện thép kiểu được thổi từ đỉnh xuống đáy, kim loại nóng với nhiệt độ từ 1260°C đến 1280°C được nạp vào trong lò luyện thép kiểu được thổi từ đỉnh xuống đáy. Quá trình tinh luyện khử cacbon được thực hiện sau đó bởi thổi khí argon hoặc khí nitơ đóng vai trò là khí sục trong kim loại nóng thông qua ống bể thổi từ đáy trong khi khí oxy được thổi lên bề mặt của kim loại nóng từ ống thổi từ đỉnh tại tốc độ thổi trung bình là $2,0 \text{ Nm}^3/(\text{giờ} \times t)$ cho đến khi nồng độ cacbon của thép nóng chảy đạt 0,05% theo khối lượng. Lượng sắt vụn nạp vào được điều chỉnh theo cách sao cho nhiệt độ của thép nóng chảy là 1650°C tại thời điểm hoàn thành việc tinh luyện. Bảng 3 thể hiện thành phần và nhiệt độ của kim loại nóng được sử dụng.

Bảng 3

Thành phần hóa học của sắt nóng chảy (% theo khối lượng)						Nhiệt độ của sắt nóng chảy (°C)
C	Si	Mn	P	S	Cr	
3,9-4,2	0,01-0,04	0,12-0,25	0,016-0,036	0,006-0,015	tr	1260-1280

Bảng 4 thể hiện tốc độ cấp oxy từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH. Như được thể hiện trong bảng 4, mỗi thông số gồm tốc độ cấp oxy từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH được đặt riêng cho mỗi phần 1, 2, và 3 theo nồng độ cacbon trong kim loại nóng.

Bảng 4

	Phần	Nồng độ cacbon (% theo khối lượng)	Tốc độ cấp oxy (Nm ³ /phút)		Chiều cao ống (m)	
			Phần	Trung bình	Phần	Trung bình
Ví dụ 1	1	> 3,0	800	898	2,80	2,64
	2	3,0-0,5	950		5,60	
	3	< 0,5	800		2,50	
Ví dụ 2	1	> 3,0	750	885	2,50	2,48
	2	3,0-0,5	950		2,45	
	3	< 0,5	800		2,60	
Ví dụ 3	1	> 3,0	850	840	2,60	2,43
	2	3,0-0,5	850		2,40	
	3	< 0,5	750		2,20	
Ví dụ 4	1	> 3,0	850	840	2,60	2,43
	2	3,0-0,5	850		2,40	
	3	< 0,5	750		2,30	
Ví dụ so sánh 1	1	> 3,0	850	883	2,80	2,64
	2	3,0-0,5	900		2,55	
	3	< 0,5	850		2,70	
Ví dụ so sánh 2	1	> 3,0	850	840	2,80	2,55
	2	3,0-0,5	850		2,50	
	3	< 0,5	750		2,30	
Ví dụ so sánh 3	1	> 3,0	750	885	2,60	2,51
	2	3,0-0,5	950		2,45	
	3	< 0,5	800		2,70	
Ví dụ so sánh 4	1	> 3,0	800	865	2,70	2,55
	2	3,0-0,5	900		2,50	
	3	< 0,5	800		2,50	
Ví dụ so sánh 5	1	> 3,0	850	840	2,60	2,44
	2	3,0-0,5	850		2,40	
	3	< 0,5	750		2,30	

Tốc độ cấp oxy từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH được thay đổi theo các vòi phun khác nhau của ống thổi từ đỉnh theo cách sao cho vận tốc dòng khí oxy v_{gc} tại bề mặt va chạm của bề mặt kim loại nóng ở trong phạm vi khoảng từ 120 đến 240 m/s trong các phần 1, 2, và 3, Lưu lượng khí được thổi từ đáy là hằng số trong tất cả các thử nghiệm.

Bảng 5 thể hiện lưu lượng oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng được

tính từ công thức (1), trị số cực đại $S(F)_{\text{cực đại}}$ của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ ở trong lò luyện thép được tính từ công thức (2), và các kết quả hoạt động cho mỗi thử nghiệm.

Bảng 5

	Phần	Nồng độ carbon (% theo khối lượng)	Lưu lượng ($\text{Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$)		$S(F)_{\text{cực đại}}$	Thời gian thổi (phút)	Chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò luyện thép (-)
			Phần	Trung bình			
Ví dụ 1	1	> 3,0	0,962	0,758	29,5	21,0	0,98
	2	3,0-0,5	0,668				
	3	< 0,5	0,834				
Ví dụ 2	1	> 3,0	1,002	0,780	35,9	22,4	1,04
	2	3,0-0,5	0,669				
	3	< 0,5	0,946				
Ví dụ 3	1	> 3,0	0,805	0,759	27,3	22,0	1,08
	2	3,0-0,5	0,734				
	3	< 0,5	0,806				
Ví dụ 4	1	> 3,0	0,761	0,759	16,3	22,4	1,02
	2	3,0-0,5	0,703				
	3	< 0,5	0,722				
Ví dụ so sánh 1	1	> 3,0	0,870	0,762	43,9	21,1	1,78
	2	3,0-0,5	0,709				
	3	< 0,5	0,831				
Ví dụ so sánh 2	1	> 3,0	0,870	0,793	45,8	23,0	1,88
	2	3,0-0,5	0,825				
	3	< 0,5	0,835				
Ví dụ so sánh 3	1	> 3,0	1,056	0,798	41,7	22,7	1,45
	2	3,0-0,5	0,669				
	3	< 0,5	0,994				
Ví dụ so sánh 4	1	> 3,0	0,994	0,822	49,2	23,2	1,88
	2	3,0-0,5	0,744				
	3	< 0,5	0,899				
Ví dụ so sánh 5	1	> 3,0	0,855	0,808	42,8	23,3	1,77
	2	3,0-0,5	0,776				
	3	< 0,5	0,900				

Như có thể thấy rõ từ bảng 5, thời gian thổi là gần bằng nhau giữa các ví dụ sáng chế và các ví dụ so sánh. Tuy nhiên, chỉ số W của kim loại bị rơi ra bên ngoài lò

luyện thép trong mỗi ví dụ từ 1 đến 4 tại thời điểm hoàn tất việc thổi nhỏ hơn đáng kể so với các ví dụ so sánh từ 1 đến 5 tại thời điểm hoàn tất việc thổi. Các kết quả này đã biểu thị là tại chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ là 40 hoặc nhỏ hơn, sự bám dính của kim loại có thể được hạn chế, vì vậy hoạt động lò luyện thép có thể kiểm soát việc giảm sản lượng sắt có thể được thực hiện.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp vận hành lò luyện thép, bao gồm phương pháp tinh luyện gồm bước khử cacbon sắt nóng chảy trong lò luyện thép với ống thổi từ đỉnh có một hoặc nhiều vòi phun Laval được bố trí tại đầu dưới của nó bằng cách thổi khí oxy lên trên bề mặt của sắt nóng chảy ở trong lò luyện thép thông qua một hoặc nhiều vòi phun Laval,

trong đó lưu lượng khí oxy F trên một đơn vị diện tích vùng nóng ($\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \times \text{s})$) được xác định bởi công thức (1) được mô tả ở dưới đây, trong đó vùng nóng là khoang được hình thành do sự va chạm của khí oxy từ ống thổi từ đỉnh với bề mặt sắt nóng chảy, chỉ số tích lũy oxy S(F) ở trong lò luyện thép được xác định từ lưu lượng khí oxy F và công thức (2) được mô tả ở dưới đây, và một hoặc cả tốc độ cấp oxy Q_g từ ống thổi từ đỉnh và chiều cao ống LH được điều chỉnh theo cách sao cho chỉ số tích lũy oxy S(F) thỏa mãn công thức (3) được mô tả ở dưới đây, trong đó chiều cao ống LH (m) là khoảng cách từ đỉnh của ống thổi từ đỉnh đến bề mặt của kim loại nóng chảy khi kim loại nóng chảy trong lò luyện thép ở trạng thái tĩnh.

Công thức toán học 1

$$F = \frac{\left(\frac{Q_g}{n}\right)^{1,2}}{\frac{\pi}{6} \times r \times \left[\left(r^2 + 4L\right)^{\frac{3}{2}} - r^3\right]} \times \left(\frac{4,8586 P_0^{0,112} \times d_c^{-0,44} \times v_{gc}}{1630}\right)^{0,2} \quad \dots(1)$$

$$S(F) = \alpha \sum \left(\frac{1}{F_0} - \frac{1}{F}\right) \Delta t \quad \dots(2)$$

$$S(F) \leq 40 \quad \dots(3)$$

trong công thức (1),

n là số lượng (-) các vòi phun Laval được bố trí tại đầu dưới của ống thổi từ

đỉnh,

d_c là đường kính miệng (mm) của mỗi vòi phun Laval,

Q_g là tốc độ cấp oxy (Nm^3/s) từ ống thổi từ đỉnh,

P_0 là áp suất cung cấp (Pa) của khí oxy vào một hoặc nhiều vòi phun Laval,

v_{gc} là vận tốc dòng khí oxy được tính từ chiều cao ống LH (m) tại bề mặt va chạm của bề mặt sắt nóng chảy và là vận tốc dòng khí oxy (m/s) dọc theo trục trung tâm của mỗi một hoặc nhiều vòi phun Laval,

r là bán kính (mm) của khoang được tạo thành bởi sự va chạm của khí oxy với bề mặt sắt nóng chảy, và

L là chiều sâu (mm) của khoang, và

trong công thức (2),

α là hằng số và nằm trong phạm vi từ 0,05 đến 0,10 ($(\text{m}^2 \times \text{s})/\text{Nm}^3$),

F_0 là hằng số và là 0,60 ($\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \times \text{s})$), và

Δt là khoảng thời gian thu thập dữ liệu (giây), trong đó, khi tính $S(F)$ ở công thức (2), trong thời gian thổi khi mà khí oxy bị thổi, $(1/F_0 - 1/F)$ được tính ở mọi khoảng thời gian thu thập dữ liệu và các kết quả sẽ được tích hợp, và trị số kết quả được nhân với α ,

trong đó vận tốc dòng khí oxy có thể được tính bởi công thức (8)

$$v_{gc} = \beta \times v_{g0} \times \left(\frac{LH - x_c}{d_c} \right)^\gamma \quad \dots (8)$$

trong công thức (8),

β và γ là các hằng số,

x_c là chiều dài vùng được gọi là lõi tiềm năng được hình thành ngay bên dưới đầu ra của vòi Laval (m)

trong đó chiều sâu L (mm) của khoang được tính bởi công thức (9)

$$L = 63,0 \times \left(\varepsilon \times \frac{Q_g}{n \times d_c} \right)^{\frac{2}{3}} \times e^{\left(-0,78 \times \frac{LH}{63,0 \times \left(\varepsilon \times \frac{Q_g}{n \times d_c} \right)^{\frac{2}{3}}} \right)} \dots (9)$$

trong công thức (9),

ε là hằng số không có thứ nguyên

và trong đó bán kính r (mm) của khoang được tính bởi công thức (10)

$$r = LH \times \tan(\theta_s) \dots (10)$$

trong công thức (10),

θ_s là góc lan truyền luồng khí ($^\circ$).

trong đó trị số thực tế của chỉ số tích lũy oxy $S(F)$ được tính từ công thức (2) và lượng oxy chưa được xác định được theo dõi trong quá trình thổi để xác định hằng số α , lượng oxy chưa được xác định được định ra bởi độ chênh lệch giữa lượng oxy vào và lượng oxy ra, lượng oxy vào được định ra bởi tổng lượng khí oxy được cung cấp từ ống thổi từ đỉnh và lượng oxy trong nguyên liệu thô phụ trợ được nạp vào trong lò luyện thép, lượng oxy ra được định ra bởi tổng lượng oxy có mặt dưới dạng khí CO, khí CO₂, và khí oxy trong khí thải từ lò luyện thép và lượng oxy được tiêu thụ bởi phản ứng khử silic và có mặt dưới dạng SiO₂ ở trong lò luyện thép.

Fig.1

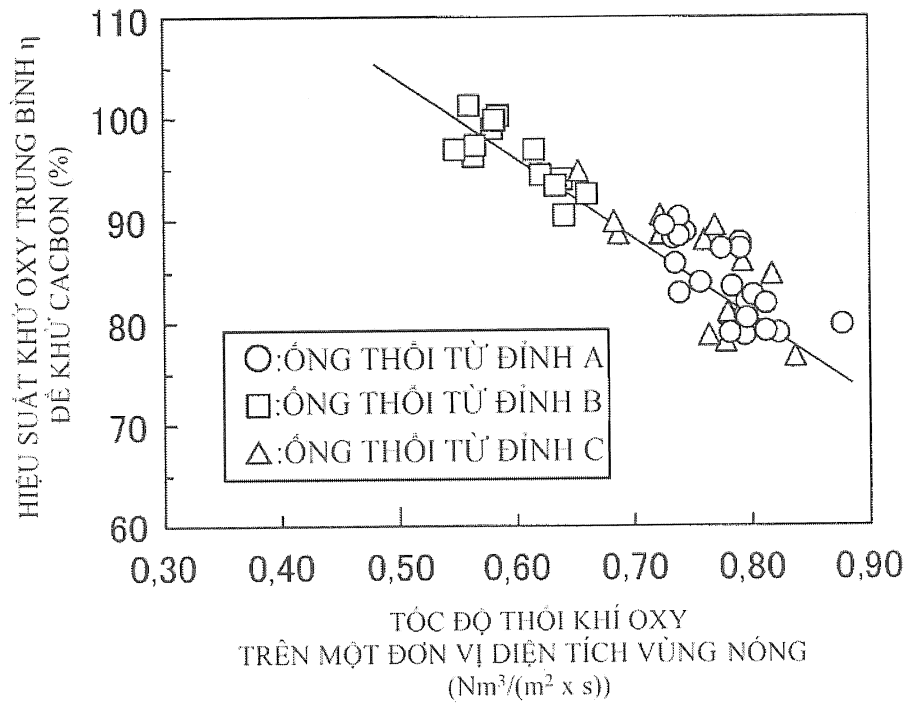


Fig.2

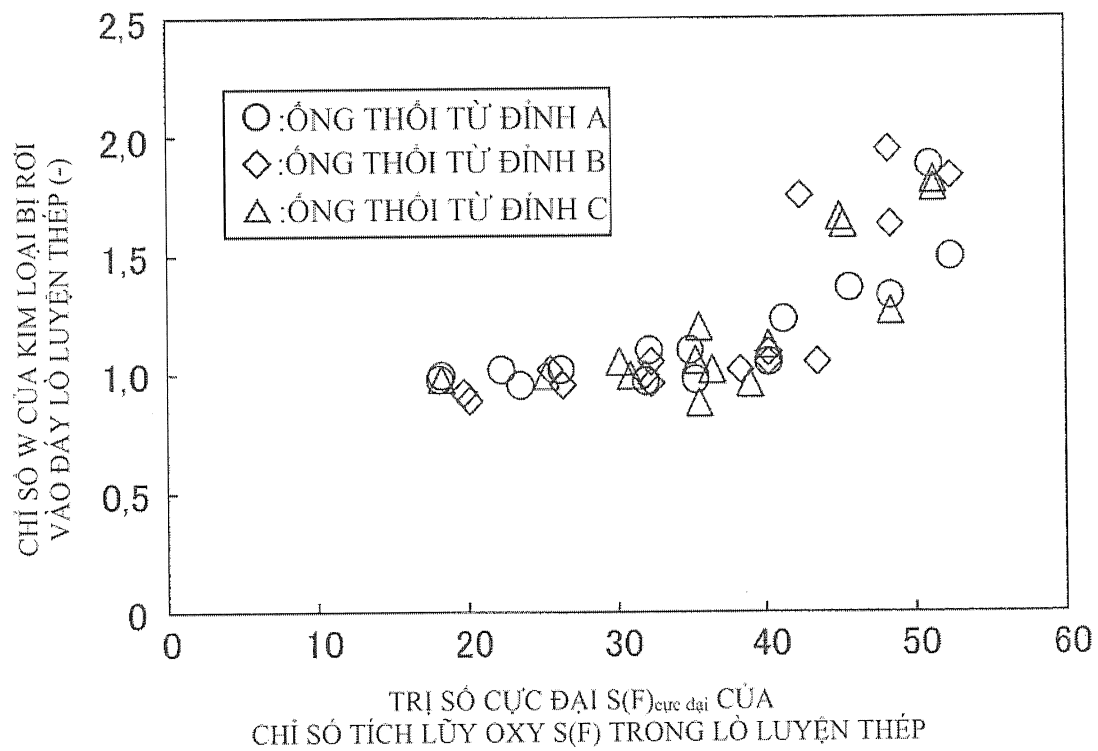


Fig.3

