



(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)



1-0048737

(51)^{2021.01} C21B 5/00

(13) B

(21) 1-2022-03955

(22) 27/11/2020

(86) PCT/JP2020/044217 27/11/2020

(87) WO 2021/107091 03/06/2021

(30) 2019-216568 29/11/2019 JP; 2020-092467 27/05/2020 JP

(45) 25/07/2025 448

(43) 26/09/2022 414A

(73) 1. NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, Japan

2. JFE Steel Corporation (JP)

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

3. Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho (Kobe Steel, Ltd.) (JP)

2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-8585, Japan

4. NIPPON STEEL ENGINEERING CO., LTD. (JP)

5-1, Osaki 1-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-8604, Japan

(72) Hiroshi SAKAI (JP); Kaoru NAKANO (JP).

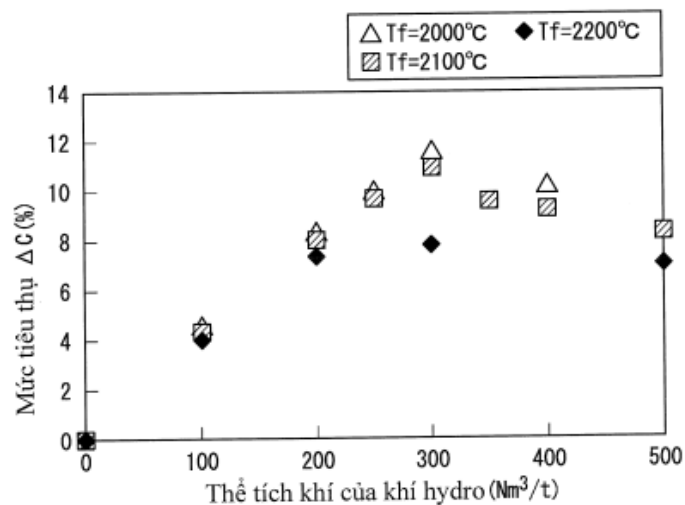
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH Lò CAO

(21) 1-2022-03955

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò cao bao gồm bước thổi khí chứa hydro nồng độ cao mà chứa khí hydro có nồng độ lớn hơn hoặc bằng 80% mol từ ống gió dưới: điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng và thấp hơn hoặc bằng 300°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 200 Nm³/t và nhỏ hơn hoặc bằng 500 Nm³/t; điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 145 Nm³/t; điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C và thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 125 Nm³/t, hoặc điều kiện tương tự.

FIG. 2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong ngành công nghiệp thép, phương pháp lò cao là quy trình luyện thép dòng chính. Trong phương pháp lò cao, các vật liệu chứa sắt dùng cho lò cao (các vật liệu thô chứa sắt oxit; chủ yếu là quặng thiêu kết; sau đây được gọi đơn giản là “vật liệu chứa sắt”) và than cốc được luân phiên nạp vào trong các tầng của lò cao từ phần đỉnh của lò cao, và khí nóng được thổi vào trong lò cao từ ống gió của phần dưới của lò cao. Khí nóng phản ứng với than nghiền được thổi cùng với khí nóng và than cốc trong lò cao sao cho khí khử ở nhiệt độ cao (ở đây, chủ yếu là khí CO) được sinh ra trong lò cao. Tức là, khí nóng khí hóa than cốc và than nghiền trong lò cao. Khí khử sinh ra trong lò cao và khử các vật liệu chứa sắt trong khi nung các vật liệu chứa sắt này. Các vật liệu chứa sắt được nung và được khử bởi khí khử trong khi rơi vào trong lò cao. Tiếp theo, các vật liệu chứa sắt được nung chảy và được cho chảy vào trong lò cao trong khi tiếp tục được khử bằng than cốc. Sau cùng, các vật liệu chứa sắt được tích tụ trong lò nung dưới dạng sắt nóng chảy (gang thổi) chứa khoảng 5% khối lượng cacbon. Sắt nóng chảy trong lò nung được lấy ra từ lỗ tháo và được cấp cho quy trình luyện thép tiếp theo. Do đó, trong phương pháp lò cao, vật liệu cacbon như than cốc hoặc than nghiền được sử dụng làm vật liệu khử.

Trong khi đó, trong những năm gần đây, đã có sự kêu gọi ngăn chặn sự ấm lên toàn cầu, và giảm sự phát thải khí cacbon dioxit (khí CO₂), là một khí nhà kính, đã trở thành một vấn đề xã hội. Như được nêu ở trên, trong phương pháp lò cao, vật liệu cacbon được sử dụng làm vật liệu khử. Như vậy, một lượng lớn khí CO₂ được sinh ra. Do đó, ngành công nghiệp thép là một trong số các ngành công nghiệp chính gây ra sự phát thải khí CO₂ và cần phải đáp ứng các yêu cầu của xã hội. Đặc biệt, yêu cầu giảm hơn nữa tỷ lệ vật liệu khử (lượng vật liệu khử được sử dụng cho mỗi tấn sắt nóng chảy) được đòi hỏi cấp bách trong quá trình vận hành lò cao.

Vật liệu khử có chức năng gia nhiệt các nguyên liệu bên trong lò làm nguồn nhiệt và có chức năng khử vật liệu chứa sắt trong lò, và hiệu suất khử trong lò cần được gia tăng để giảm tỷ lệ vật liệu khử. Các phản ứng khử trong lò có thể được thể hiện bằng các công thức phản ứng khác nhau. Trong số các phản ứng khử này, phản ứng khử trực tiếp (công thức phản ứng: $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$) bằng than cốc là phản ứng thu nhiệt kèm theo nhiệt thu nhiệt cao. Do đó, để giảm tỷ lệ vật liệu khử, quan trọng là phải ngăn chặn sự xuất hiện phản ứng này càng nhiều càng tốt. Phản ứng khử trực tiếp xảy ra ở phần dưới của lò cao. Do vậy, miễn là các vật liệu chứa sắt có thể được khử đầy đủ bằng khí khử như CO hoặc H_2 trước khi các vật liệu chứa sắt đi tới phần dưới lò, các vật liệu chứa sắt mà là đích của phản ứng khử trực tiếp có thể được khử.

Về giải pháp kỹ thuật liên quan để giải quyết các vấn đề được nêu ở trên, ví dụ, như được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 1 đến 6, kỹ thuật thổi khí khử (khí H_2 , khí lò cốc (COG - coke oven gas), khí tự nhiên, khí thấp sáng, hoặc loại khí tương tự) cùng với khí nóng từ ống gió để cải thiện thể khí khử trong lò là đã biết. Trong trường hợp ở đó khí khử là khí khử chứa cacbon (khí khử trong đó các nguyên tử cacbon có trong cấu trúc phân tử của khí, ví dụ, khí hydrocacbon), các nguyên tử cacbon trong khí chứa cacbon trở thành khí CO trong lò cao, mà khử các vật liệu chứa sắt. Trong trường hợp ở đó khí khử là khí hydro (khí H_2), khí hydro này khử các vật liệu chứa sắt. Do đó, lượng của các vật liệu chứa sắt mà là đích cho phản ứng khử trực tiếp có thể được làm giảm. Ngoài ra, ở phần mô tả dưới đây, trừ phi được quy định cụ thể, “cacbon” và “hydro” có nghĩa là “nguyên tử cacbon” và “nguyên tử hydro”.

Tài liệu kỹ thuật trước đây

Tài liệu sáng chế

[Tài liệu sáng chế 1] Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 6019893

[Tài liệu sáng chế 2] Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 5987773

[Tài liệu sáng chế 3] Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 5050706

[Tài liệu sáng chế 4] Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 5770124

[Tài liệu sáng chế 5] Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 5315732

[Tài liệu sáng chế 6] Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 5851828

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, trong các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 1 đến 6, thể tích khí khử được thổi từ ống gió là nhỏ, và hiệu quả giảm sự phát thải khí CO₂ là nhỏ.

Vì vậy, sáng chế đã được thực hiện xét đến các vấn đề ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò cao cải tiến và mới mà có khả năng gia tăng thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió làm khí khử, trong khi vẫn duy trì được sự vận hành lò cao ổn định, và tiếp tục giảm sự phát thải khí CO₂.

Cách thức giải quyết vấn đề

Để giải quyết các vấn đề ở trên, theo một quan điểm cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp vận hành lò cao bao gồm bước thổi khí chứa hydro nồng độ cao mà chứa khí hydro có nồng độ lớn hơn hoặc bằng 80% mol từ ống gió dưới: điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng và thấp hơn hoặc bằng 300°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 200 Nm³/t và nhỏ hơn hoặc bằng 500 Nm³/t; điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 145 Nm³/t; điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 125 Nm³/t; điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 900°C và thấp hơn hoặc bằng 1200°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ

cao là lớn hơn hoặc bằng $110 \text{ Nm}^3/\text{t}$; hoặc điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 1200°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao lớn hơn hoặc bằng $100 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Ở đây, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể là nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng và thấp hơn hoặc bằng 300°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể là lớn hơn hoặc bằng $200 \text{ Nm}^3/\text{t}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Ở đây, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể là lớn hơn hoặc bằng $145 \text{ Nm}^3/\text{t}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $600 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Ngoài ra, nhiệt độ ngọn lửa có thể thấp hơn hoặc bằng 2050°C .

Ngoài ra, nhiệt độ ngọn lửa có thể được thiết lập đến cao hơn 2050°C và thấp hơn hoặc bằng 2150°C .

Ngoài ra, nhiệt độ ngọn lửa có thể được thiết lập đến cao hơn 2150°C và thấp hơn hoặc bằng 2250°C .

Ngoài ra, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 1400°C .

Ngoài ra, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C , thì thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể là nhỏ hơn hoặc bằng $1000 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Ngoài ra, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng $400 \text{ Nm}^3/\text{t}$, thì nhiệt độ ngọn lửa có thể được thiết lập đến thấp hơn hoặc bằng 2050°C .

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp vận hành lò cao bao gồm bước thu trước mỗi tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon, mà là mỗi

tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và tham số tiêu thụ cacbon liên quan đến lượng tiêu thụ cacbon khi nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao mà chứa khí hydro có nồng độ lớn hơn hoặc bằng 80% mol là giá trị định trước, cho từng nhiệt độ ngọn lửa; bước xác định thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời, dựa trên mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon; và bước thổi khí chứa hydro nồng độ cao từ ống gió ở thể tích khí xác định.

Ngoài ra, mối tương quan giữa thể tích khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và tham số tiêu thụ cacbon có thể thu được cho từng nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao.

Ngoài ra, mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất, là mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi mức tổn thất áp suất đối với quá trình vận hành cơ bản khi nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là giá trị định trước, có thể thu được trước cho từng nhiệt độ ngọn lửa, và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời và sự thay đổi mức tổn thất áp suất là giá trị nằm trong khoảng định trước có thể được xác định dựa trên mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon và mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất.

Ngoài ra, mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao, là mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao đối với quá trình vận hành cơ bản khi nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là giá trị định trước, có thể thu được trước cho từng nhiệt độ ngọn lửa, và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao là giá trị nằm trong khoảng định trước có thể được xác định dựa trên mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon và mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao.

Hiệu quả của sáng chế

Như được nêu ở trên, theo quan điểm nêu trên của sáng chế, có thể gia tăng thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió làm khí khử, trong khi vẫn duy trì được sự vận hành lò cao ổn định, và tiếp tục giảm sự phát thải khí CO₂.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là sơ đồ giải thích nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao.

FIG.2 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

FIG.3 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 300°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

FIG.4 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 350°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng.

FIG.5 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 600°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

FIG.6 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 650°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng.

FIG.7 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 900°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

FIG.8 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro

sạch ở 950°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng.

FIG.9 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 1200°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

FIG.10 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 1250°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng.

FIG.11 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng hoặc thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao chứa 80% mol H₂-20% mol N₂ ở nhiệt độ trong phòng và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng.

FIG.12 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng và sự thay đổi mức tổn thất áp suất cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

FIG.13 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

FIG.14 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 1200°C và sự thay đổi mức tổn thất áp suất khi nhiệt độ ngọn lửa Tf đạt đến 2100°C.

FIG.15 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa nhiệt độ thổi của khí hydro sạch và thể tích khí của khí hydro sạch cần thiết để thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến 10%.

FIG.16 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa nhiệt độ thổi của khí hydro sạch và thể tích khí của khí hydro sạch cần thiết để thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến 20%.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây với sự tham chiếu các hình vẽ kèm theo. Ngoài ra, theo phương án của sáng chế, phạm vi số được thể hiện bằng cách sử dụng thuật ngữ “đến” là phạm vi bao gồm các giá trị số được đề cập trước và sau thuật ngữ “đến” làm giới hạn dưới và giới hạn trên. Ngoài ra, “tỷ lệ vật liệu khử” là tổng khối lượng của vật liệu khử cần thiết để tạo ra 1 tấn sắt nóng chảy. Do vậy, tỷ lệ vật liệu khử về cơ bản là tổng khối lượng của than cốc và than nghiền cần thiết để tạo ra 1 tấn sắt nóng chảy, và khối lượng của khí khử chứa cacbon trong khí chứa hydro nồng độ cao được coi là không nằm trong tỷ lệ vật liệu khử. Ngoài ra, “mức tiêu thụ cacbon riêng (lượng vào C)” là lượng cacbon cần thiết để tạo ra 1 tấn sắt nóng chảy (tức là, lượng tiêu thụ cacbon cho mỗi tấn sắt nóng chảy). “Tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng” là tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng đối với quá trình vận hành cơ bản là quá trình vận hành ở đó khí chứa hydro nồng độ cao không được thổi. Giả sử rằng lượng vào C của quá trình vận hành cơ bản tính theo đơn vị kg/t là A và lượng vào C ở thời điểm của quá trình vận hành này tính theo đơn vị kg/t là B, lượng vào ΔC được thể hiện bằng công thức sau đây.

$$\text{Lượng vào } \Delta C = (A-B)/A \times 100 (\%)$$

Tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng càng lớn, thì tỷ lệ vật liệu khử càng nhỏ, và sự phát thải CO_2 càng được làm giảm nhiều hơn.

<1. Các phát hiện của các tác giả sáng chế>

Để giải quyết các vấn đề ở trên, các tác giả sáng chế đã tập trung vào khí chứa hydro nồng độ cao làm khí khử. Ở đây, khí chứa hydro nồng độ cao theo phương án của sáng chế là khí chứa khí hydro có nồng độ lớn hơn hoặc bằng 80% mol (% mol của khí hydro so với tổng lượng của các chất của tất cả các khí tạo thành khí chứa hydro nồng độ cao). Khí chứa hydro nồng độ cao có thể là khí hydro sạch (khí có nồng độ khí hydro là 100% mol).

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã tập trung vào thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao (sau đây, còn được gọi đơn giản là thể tích khí hydro) và nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao. Phản ứng khử của vật liệu chứa sắt bởi khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là phản ứng thu nhiệt. Để bù cho sự giảm nhiệt độ được gây ra bởi phản ứng thu nhiệt, có thể xem xét đến việc tăng nhiệt độ thổi của khí hydro. Tuy nhiên, rất khó phát hiện ra mức giảm nhiệt độ bên trong lò trong trường hợp ở đó một lượng lớn khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được thổi vào, và mức độ bù nhiệt cần thiết phụ thuộc vào mức giảm nhiệt độ bên trong lò. Do vậy, cho đến nay sự nghiên cứu chi tiết về các vấn đề này vẫn chưa được thực hiện. Các tác giả sáng chế là những người đầu tiên tiến hành sự nghiên cứu kỹ lưỡng về các vấn đề trên. Đặc biệt là, sự tìm hiểu thành phần của các khí khác nhau như khí hydro và khí CO trong khí chứa hydro nồng độ cao và tốc độ phản ứng khử của khí chứa hydro nồng độ cao ở các nhiệt độ thổi khác nhau, tìm hiểu ảnh hưởng của nhiệt độ bên trong lò, mà thay đổi do nhiệt của phản ứng khử của các khí này, về tốc độ phản ứng khử và ảnh hưởng của thành phần khí, mà thay đổi do phản ứng khử, về tốc độ phản ứng khử, và sau đó tìm hiểu các lượng nhiệt để sao cho tốc độ phản ứng khử không giảm đã được thực hiện cho toàn bộ lò. Đối với nghiên cứu như vậy, sự thực hiện nhiều thử nghiệm trên máy lò cao thực tế, các thử nghiệm sử dụng thiết bị thí nghiệm mà có thể thổi khí bên trong lò cao trong các điều kiện bên trong lò cao trong khi mô phỏng các điều kiện đoạn nhiệt sử dụng thiết bị mức lò cao thử nghiệm, và sự nghiên cứu được thực hiện bởi mô hình mô phỏng là cần thiết. Các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu trên bằng cách sử dụng mô hình mô phỏng, và nhờ đó, phát hiện ra rằng có một phạm vi thể tích khí thích hợp cho từng nhiệt độ thổi.

Tức là, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là thấp hơn hoặc bằng 600°C , tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không đơn giản gia tăng cùng với sự gia tăng thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao, mà còn bị suy yếu và bắt đầu giảm khi thể tích khí gia tăng đến mức độ cụ thể. Ngoài ra, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao khi tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng bị suy giảm và bắt đầu giảm thay đổi tùy thuộc vào nhiệt độ thổi của

khí chứa hydro nồng độ cao. Mặt khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C , tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có xu hướng gia tăng cùng với sự gia tăng về thể tích khí. Khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao gia tăng đến mức độ cụ thể, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 7%. Do vậy, sự phát thải khí CO_2 có thể được làm giảm đáng kể bằng cách thổi thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao trong lò cao, mà được xác định theo thể tích khí của khí hydro trong khoảng thích hợp này. Ví dụ, như được thể hiện trong các ví dụ được mô tả dưới đây, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong khi vận hành lò cao có thể được thiết lập đến lớn hơn hoặc bằng 7%, và sự phát thải khí CO_2 có thể được làm giảm đáng kể. Các tác giả sáng chế đã đạt được phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế trên cơ sở kiến thức đó. Sau đây, phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

<2. Thành phần của khí chứa hydro nồng độ cao>

Trong phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế, khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió. Như vậy, trước tiên, thành phần của khí chứa hydro nồng độ cao sẽ được đề cập. Khí chứa hydro nồng độ cao là khí chứa khí hydro có nồng độ lớn hơn hoặc bằng 80% mol như được nêu ở trên. Khí chứa hydro nồng độ cao bao gồm khí hydro sạch. Khí chứa hydro nồng độ cao bao gồm các thành phần khí khác với khí hydro, ví dụ, khí khử chứa cacbon được nêu ở trên (ví dụ, khí hydrocacbon), khí CO , khí CO_2 , khí H_2O , khí N_2 , hoặc khí tương tự. Tuy nhiên, tổng nồng độ của các khí khác này là nhỏ hơn 20% mol.

Các khí để mà tổng nồng độ của các thành phần khí khác là lớn hơn hoặc bằng 20% mol không được tính đến trong khí chứa hydro nồng độ cao theo phương án của sáng chế. Điều này là bởi vì lượng khử của khí CO_2 giảm đáng kể trong trường hợp ở đó nồng độ của các khí khác là lớn hơn hoặc bằng 20% mol. Ví dụ, vì các khí hydrocacbon, khí CO_2 , và khí H_2O trong số các thành phần khí khác gây ra phản ứng thu nhiệt khi các khí được phân hủy ở đỉnh ống gió, hiệu suất khử trong lò cao giảm. Vì lý do này, nên lượng của các vật liệu chứa sắt mà đi đến phần dưới của

lò cao không được khử sẽ gia tăng. Do vậy, lượng của phản ứng khử trực tiếp bằng than cốc gia tăng. Do đó, cần đến một lượng lớn vật liệu khử để duy trì nhiệt độ trong lò cao, và lượng khử khí CO_2 giảm đáng kể. Ví dụ, trong trường hợp ở đó khí lò luyện cốc (COG - coke furnace gas) chứa 50% mol của khí hydro được thổi vào trong lò cao với thể tích khí là $600 \text{ Nm}^3/\text{t}$, khí hydro được thổi vào trong lò cao với thể tích khí là $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Hiệu quả giảm sự phát thải khí CO_2 trong trường hợp này là kém hơn nhiều so với hiệu quả giảm sự phát thải khí CO_2 khi khí hydro sạch được thổi vào trong lò cao với thể tích khí là $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$, và không dẫn đến sự giảm mạnh sự phát thải khí CO_2 (ví dụ, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng $\geq 7\%$). Ngoài ra, như được thể hiện ở các ví dụ được mô tả dưới đây, trong ví dụ của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng, hiệu quả giảm sự phát thải khí CO_2 đạt mức lớn nhất khi thể tích khí là khoảng $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

<3. Phương pháp vận hành lò cao>

Tiếp theo, phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Trong phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế, trước tiên, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao được xác định nằm trong khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng.

Ở đây, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao (sau đây, có thể được gọi đơn giản là “nhiệt độ thổi”) sẽ được đề cập với sự tham chiếu FIG.1. FIG.1 là sơ đồ giải thích nhiệt độ thổi. Nhiệt độ của khí chứa hydro nồng độ cao được điều chỉnh, ví dụ, trong thùng chứa khí 3 có bộ gia nhiệt 5. Tức là, khí chứa hydro nồng độ cao được đưa đến ống gió 2 để thổi khí nóng được cấp ở phần dưới của lò cao 1 sau khi được gia nhiệt bằng bộ gia nhiệt 5 trong thùng chứa khí 3 hoặc trong khi chưa gia nhiệt ở nhiệt độ trong phòng. Khí chứa hydro nồng độ cao được đưa đến ống gió 2 có thể được thổi vào trong lò cao 1 từ ống gió 2. Đặc biệt là, khí chứa hydro nồng độ cao được đưa đến ống gió 2 được kết hợp với (hòa vào) khí nóng được sinh ra trong lò cao gió nóng 4 và sau đó được thổi vào trong lò cao 1 từ ống gió 2. Nhiệt độ thổi là nhiệt độ của khí chứa hydro nồng độ cao ngay trước khi được kết hợp với khí nóng khi khí nóng được thổi vào trong lò cao 1 từ ống gió 2. Trong quá trình vận hành thực tế (lò thực tế), ví dụ, vì không có sự giảm nhiệt độ từ bộ gia nhiệt 5 mà gia

nhật khí chứa hydro nồng độ cao cho đến khi khí được thổi vào trong lò cao 1, nhiệt độ đã thiết lập của bộ gia nhiệt 5 có thể được thiết lập làm nhiệt độ thổi. Mặc dù nhiệt độ của khí chứa hydro nồng độ cao tăng do sự kết hợp của khí nóng và khí chứa hydro nồng độ cao, nhiệt độ trong trường hợp này không phải là nhiệt độ thổi theo phương án của sáng chế. Ngoài ra, mặc dù nhiệt độ thổi được đề cập trong tài liệu sáng chế 1, nhiệt độ thổi trong tài liệu sáng chế 1 khác với nhiệt độ thổi theo phương án của sáng chế.

Như được thể hiện ở các ví dụ được mô tả dưới đây, sự phát thải khí CO₂ có thể được làm giảm đáng kể ngay cả trong trường hợp ở đó khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió ở nhiệt độ trong phòng mà không cần gia nhiệt (xem FIG.2). FIG.2 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf. Biểu đồ này thu được bằng cách mô phỏng sự vận hành lò cao. Chi tiết về sự mô phỏng sự vận hành lò cao được mô tả trong các ví dụ. Tuy nhiên, ở đây, cái gọi là mô hình toán học của lò cao “Blast Furnace Mathematical Model” Kouji TAKATANI, Takanobu INADA, Yutaka UJISAWA, “Three-dimensional Dynamic Simulator for Blast Furnace”, ISI International, Vol. 39 (1999), No. 1, các trang 15 đến 22 được sử dụng. Trong mô hình toán học của lò cao này, vùng bên trong của lò cao được phân chia theo hướng độ cao, hướng xuyên tâm, và hướng chu vi để xác định các mắt lưới (các vùng nhỏ), và sự hoạt động của từng mắt lưới được mô phỏng. Các điều kiện mô phỏng là giống như ở các ví dụ được mô tả dưới đây. Như được thể hiện ở FIG.2, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng là từ 200 đến 500 Nm³/t, có thể thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 7%. Tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 8%. Ngoài ra, “nhiệt độ trong phòng” theo phương án của sáng chế có nghĩa là trạng thái chưa gia nhiệt, và cụ thể là, nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 5°C và thấp hơn hoặc bằng 35°C.

Mặc dù sẽ được mô tả chi tiết dưới đây, khi nhiệt độ thổi nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào

ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng với cùng một thể tích khí gia tăng vì nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn (xem các FIG.2 đến FIG.10). FIG.3 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 300°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf. FIG.4 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 350°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng. FIG.5 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 600°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf. FIG.6 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 650°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng. FIG.7 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 900°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf. FIG.8 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 950°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng. FIG.9 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 1200°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf. FIG.10 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 1250°C và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng.

Các biểu đồ này thu được từ sự mô phỏng sự vận hành lò cao được mô tả ở trên. Các chi tiết sẽ được mô tả trong các ví dụ. Có thể thấy rằng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trên các FIG.3 đến FIG.10 là cao hơn tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trên FIG.2. Nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao càng cao, nhiệt cảm biến của khí Bosch (hỗn hợp khí gồm khí nitơ, khí hydro, và khí CO) được sinh ra trong lò cao càng cao. Như vậy, người ta cho rằng càng nhiều khí khử sẽ càng làm giảm các vật liệu chứa sắt. Tức là, hiệu suất khử sẽ trở nên cao hơn. Vì lý do này, người ta cho rằng nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao càng cao sẽ dẫn đến tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng càng lớn. Do vậy, từ quan điểm gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon

riêng, tốt hơn là tăng nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao. Cụ thể, tốt hơn là xác định nhiệt độ thổi nằm trong khoảng cao hơn 300°C , tốt hơn nữa là nằm trong khoảng cao hơn 600°C , và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng cao hơn 900°C .

Tuy nhiên, để tăng nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao đến mức cao hơn 600°C , có trường hợp ở đó sự tu sửa trang thiết bị kích cỡ lớn được yêu cầu. Vì lý do này, trong trường hợp ở đó khó thiết lập nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao đến mức cao hơn 600°C với trang thiết bị hiện có, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể được xác định nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 600°C . Mặt khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể được gia tăng đến mức cao hơn 600°C bằng trang thiết bị hiện có (hoặc bằng cách tu sửa trang thiết bị hiện có), nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể được xác định nằm trong khoảng cao hơn 600°C .

Tiếp theo, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được xác định. Ở đây, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là tốc độ dòng trên tấn sắt nóng chảy của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được thổi vào trong lò cao từ ống gió, và đơn vị là Nm^3/t . Khi khí chứa hydro nồng độ cao là khí hydro sạch, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là bằng với thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao. Khi khí chứa hydro nồng độ cao là hỗn hợp khí chứa các khí khác với khí hydro, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lượng thu được bằng cách lấy thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao tính theo đơn vị % mol nhân với tỷ lệ của khí hydro. Trong quá trình vận hành thực tế, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được tính từ giá trị được chỉ định bởi lưu tốc kế được bố trí ở cửa xả của nguồn cấp khí chứa hydro nồng độ cao (ví dụ, thùng chứa khí) và tỷ lệ của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tính theo đơn vị % mol.

Theo phương án của sáng chế, thể tích khí được xác định bằng cách phân loại các trường hợp ở nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao. Cụ thể, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi là từ nhiệt độ trong phòng đến 300°C , thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được xác định nằm trong khoảng từ 200 đến $500 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Mặt khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi là cao hơn 300°C và

thấp hơn hoặc bằng 600°C , thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được xác định nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $145 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ thối của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C , thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao được xác định nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $125 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ thối của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 900°C và thấp hơn hoặc bằng 1200°C , thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được xác định nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $110 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ thối của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 1200°C , thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được xác định nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $100 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Lý do vì sao các trường hợp được phân loại theo nhiệt độ thối theo cách này là do thể tích khí ưu tiên hơi thay đổi tùy thuộc vào nhiệt độ thối. Ngoài ra, trong phần mô tả sau đây, trường hợp ở đó khí chứa hydro nồng độ cao là khí hydro sạch sẽ được đề cập như là một ví dụ. Tuy nhiên, như được thể hiện ở Ví dụ 1-2 được mô tả dưới đây, ngay cả trong trường hợp ở đó khí chứa hydro nồng độ cao chứa thành phần khí khác với khí hydro, mối tương quan giữa nhiệt độ thối của khí chứa hydro nồng độ cao và thể tích khí được ưu tiên không thay đổi.

Như được thể hiện ở các FIG.2 và FIG.3, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thối của khí chứa hydro nồng độ cao là từ nhiệt độ trong phòng đến 300°C , tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng gia tăng khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng từ 0 trong quá trình vận hành cơ bản. Sau đó, khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao đạt đến khoảng $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến đỉnh, và khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tiếp tục gia tăng, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng bắt đầu giảm. Tiếp theo, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng từ 200 đến $500 \text{ Nm}^3/\text{t}$, có thể thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến mức lớn hơn hoặc bằng 7%. Ngoài ra, trong trường hợp ở đó

khí chứa hydro nồng độ cao là khí hydro sạch, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao. Tuy nhiên, trong trường hợp ở đó khí chứa hydro nồng độ cao bao gồm thành phần khí khác với khí hydro, giá trị này là lượng thu được bằng cách lấy thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao nhân với tỷ lệ của khí hydro (% mol).

Phản ứng khử của các vật liệu chứa sắt với khí hydro (tức là, phản ứng khử hydro) là phản ứng thu nhiệt. Vì lý do này, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao vượt quá 300 Nm³/t, người ta cho rằng phản ứng thu nhiệt xảy ra thường xuyên trong lò và nhiệt độ bên trong lò giảm xuống. Ngoài ra, sự giảm nhiệt độ bên trong lò được cho là làm giảm hiệu suất khử của khí khử chứa khí hydro. Để ngăn chặn sự giảm hiệu suất khử, cần phải gia tăng tỷ lệ vật liệu khử để thực hiện thao tác này. Vì lý do này, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao vượt quá 300 Nm³/t, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng bắt đầu giảm. Do vậy, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi là từ nhiệt độ trong phòng đến 300°C, tốt hơn là xác định thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng từ 200 đến 400 Nm³/t, và tốt hơn nữa là xác định thể tích khí nằm trong khoảng từ 200 đến 300 Nm³/t. Trong trường hợp này, có thể thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến mức lớn hơn hoặc bằng 8%.

Như được thể hiện ở các FIG.4 và 5, ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng gia tăng khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng từ 0 Nm³/t Nm trong quá trình vận hành cơ bản. Sau đó, khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 145 Nm³/t, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trở nên lớn hơn hoặc bằng 7%. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 600°C, như được thể hiện trên FIG.5, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là khoảng 600 Nm³/t, và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến mức bão hòa. Tiếp theo, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi

của khí chứa hydro nồng độ cao là 350°C , như được thể hiện trên FIG.4, khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao đạt đến khoảng $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến đỉnh, và khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tiếp tục gia tăng, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng bắt đầu giảm.

Ngoài ra, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 350°C , khó duy trì được nhiệt độ đỉnh ống gió Tf ở 2200°C khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao vượt quá $600 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Trong quá trình vận hành lò cao trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, nhiệt độ ngọn lửa Tf thường được thiết lập vào khoảng 2200°C , và trong trường hợp ở đó khó duy trì được nhiệt độ ngọn lửa Tf ở 2200°C , các điều kiện vận hành của quá trình vận hành lò cao trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan sẽ được thay đổi.

Lý do tại sao tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng bắt đầu giảm trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 350°C là giống như ở trên. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 600°C , tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không bắt đầu giảm trong khoảng thể tích khí lên đến $700 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Tuy nhiên, khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là khoảng $600 \text{ Nm}^3/\text{t}$, hiệu quả giảm mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến mức bão hòa. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi là cao hơn 350°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C , nhiệt cảm biến của khí Bosch là lớn hơn. Do vậy, vì sự ảnh hưởng của nhiệt thu nhiệt do phản ứng khử hydro bị giảm, nhiệt độ bên trong lò được cho là không có khả năng giảm ngay cả khi khí hydro được thổi vào nhiều hơn so với trong trường hợp ở trên. Do vậy, người ta cho rằng ngay cả khi một lượng lớn khí hydro được thổi vào trong lò cao, nhiệt độ bên trong lò không dễ giảm và hiệu suất khử có thể không giảm. Vì lý do này, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng được cho là đã đạt đến mức bão hòa. Hơn nữa, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là từ 300 đến $600 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 10%.

Như được thể hiện ở các FIG.6 và FIG.7, ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi là cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng gia tăng khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng từ 0 Nm³/t trong quá trình vận hành cơ bản. Tiếp theo, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 125 Nm³/t, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7%. Cụ thể, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 180 Nm³/t, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 10%. Hơn nữa, vì thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao gia tăng, tốc độ gia tăng của tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng (lượng gia tăng của tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng so với (lượng gia tăng theo đơn vị của thể tích khí) giảm. Tuy nhiên, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không bắt đầu giảm. Trạng thái này là hoàn toàn khác với trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là thấp hơn hoặc bằng 600°C. FIG.7 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao (ở đây là khí hydro sạch) là 900°C. Xu hướng tương tự như trên FIG.7 được quan sát thấy ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 650°C. Ví dụ, như được thể hiện trên FIG.6, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 650°C và thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 125 Nm³/t, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7,0%.

Như được nêu ở trên, vì phản ứng khử được gây ra bởi khí hydro là phản ứng thu nhiệt, khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao gia tăng đến mức độ cụ thể, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng bắt đầu giảm. Tuy nhiên, nếu nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C, nhiệt cảm biến của khí Bosch được sinh ra trong lò cao trở

nên rất cao. Như vậy, nhiệt phản ứng cần cho phản ứng khử có thể được bao hàm. Vì lý do này, người ta cho rằng ngay cả khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao gia tăng, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng của mức tiêu thụ cacbon riêng không bắt đầu giảm mà còn tiếp tục gia tăng. Trạng thái như vậy được quan sát thấy trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C . Do vậy, từ quan điểm tiếp tục gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng, giới hạn trên của thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao không được thiết lập riêng biệt. Tuy nhiên, vì thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao gia tăng, tốc độ gia tăng của tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng giảm. Do vậy, người ta cho rằng hiệu quả giảm mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến đỉnh với thể tích khí cụ thể. Thể tích khí trong trường hợp này được cho là gần bằng $1000 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Do vậy, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể nhỏ hơn hoặc bằng $1000 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Như được thể hiện ở các FIG.8 và 9, ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi là cao hơn 900°C và thấp hơn hoặc bằng 1200°C , tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng gia tăng khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng từ $0 \text{ Nm}^3/\text{t}$ Nm trong quá trình vận hành cơ bản. Tiếp theo, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $110 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7%. Cụ thể, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $150 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng lớn hơn hoặc bằng 10%. Hơn nữa, tương tự với trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao trở nên cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C , vì thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao gia tăng, tốc độ gia tăng của tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng giảm. Tuy nhiên, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không bắt đầu giảm. FIG.9 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng

trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao (ở đây là khí hydro sạch) là 1200°C . Xu hướng tương tự như trên FIG.9 được quan sát thấy ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 950°C . Ví dụ, như được thể hiện trên FIG.8, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 950°C và thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng $110 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7,0%.

Do vậy, từ quan điểm tiếp tục gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng, giới hạn trên của thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao không được thiết lập riêng biệt. Tuy nhiên, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là khoảng $1000 \text{ Nm}^3/\text{t}$, người ta cho rằng hiệu quả giảm mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến đỉnh. Do vậy, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể là nhỏ hơn hoặc bằng $1000 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Ngoài ra, theo sự mô phỏng sự vận hành lò cao, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là 1200°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng $800 \text{ Nm}^3/\text{t}$, thể tích khí của than nghiền trở thành 0, và có thể tiếp tục giảm mức tiêu thụ cacbon riêng bằng cách giảm tỷ lệ than cốc. Nói chung, trong quá trình vận hành lò cao, sự giảm tỷ lệ than cốc gây ra sự gia tăng tổn thất áp suất, dẫn đến sự vận hành không ổn định. Ở đây, tổn thất áp suất là sự chênh lệch giữa áp suất ở đỉnh ống gió (lỗ thoát của ống gió), nói cách khác, áp suất bên trong lò ở lỗ thoát của ống gió và áp suất ở đỉnh lò, và giá trị không bao gồm sự tổn thất áp suất của đường ống từ máy quạt gió đến đỉnh ống gió. Trong quá trình vận hành thực tế, mức tổn thất áp suất được đo bằng áp kế được lắp trên phần vách lò. Tuy nhiên, như được thể hiện trên FIG.14, trong quá trình vận hành lò cao dưới điều kiện nồng độ hydro cao như trong phương án của sáng chế, độ nhớt khí và mật độ khí trong lò giảm đáng kể. Do vậy, vấn đề về sự gia tăng tổn thất áp suất khi tỷ lệ than cốc giảm được giải quyết, và sự tổn thất áp suất không ảnh hưởng đến sự vận hành ổn định trong quá trình vận hành thực tế. Ngoài ra, FIG.14 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở 1200°C và sự

thay đổi mức tổn thất áp suất bên trong lò khi nhiệt độ ngọn lửa đạt đến 2100°C, mà thu được bằng cách mô phỏng sự vận hành lò cao. Mức tổn thất áp suất trong quá trình vận hành bình thường là khoảng 85 kPa là chuẩn. Theo FIG.14, có thể thấy rằng mức tổn thất áp suất nhỏ hơn 85 kPa dưới các điều kiện vận hành theo phương án của sáng chế.

Như được thể hiện trên FIG.10, ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi là cao hơn 1200°C, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng gia tăng khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng từ 0 Nm³/t Nm trong quá trình vận hành cơ bản. Tiếp theo, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 100 Nm³/t, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7%. Hơn nữa, tương tự với trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao trở nên cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C, vì thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao gia tăng, tốc độ gia tăng của tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng giảm. Tuy nhiên, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không bắt đầu giảm. Do vậy, từ quan điểm tiếp tục gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng, giới hạn trên của thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao không được thiết lập riêng biệt. Tuy nhiên, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là khoảng 1000 Nm³/t, người ta cho rằng hiệu quả giảm mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến đỉnh. Do vậy, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể nhỏ hơn hoặc bằng 1000 Nm³/t.

Giới hạn trên của nhiệt độ thổi không bị giới hạn cụ thể miễn là môi trường cho phép nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao vượt quá 600°C. Tuy nhiên, như được thể hiện ở các FIG.15 và FIG.16, hiệu quả giảm mức tiêu thụ cacbon riêng gần như không thay đổi trong phạm vi ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng cao hơn 1200°C đến khoảng 1400°C. Ngoài ra, các FIG.15 và FIG.16 là các biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa nhiệt độ thổi của khí hydro sạch và thể tích khí của khí hydro sạch cần thiết để thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của

lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến 10% hoặc 20%. Nhiệt độ ngọn lửa T_f được thiết lập đến 2100°C . Các biểu đồ này thu được bằng cách bằng cách thiết lập mối tương quan giữa các FIG.2 đến FIG.10 nhờ mối tương quan của nhiệt độ thổi của khí hydro sạch và thể tích khí của khí hydro sạch cần thiết để thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến 10% hoặc 20%. Do vậy, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể là thấp hơn hoặc bằng 1400°C . Tức là, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao có thể là, ví dụ, cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 1400°C .

Tiếp theo, khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió ở nhiệt độ thổi xác định và thể tích khí xác định. Do đó, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể được thiết lập đến, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 7%, và sự phát thải khí CO_2 có thể được làm giảm nhiều. Ngoài ra, ống gió để thổi khí chứa hydro nồng độ cao là, ví dụ, ống gió để thổi khí nóng được bố trí ở phần dưới của lò. Phương án của sáng chế được mô tả dựa trên giả thuyết rằng khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió để thổi khí nóng. Tuy nhiên, ống gió để thổi khí chứa hydro nồng độ cao không bị giới hạn ở đó. Ví dụ khác về ống gió được gọi là ống gió trực được bố trí trên phần thân lò. Khí chứa hydro nồng độ cao có thể được thổi vào trong lò cao từ ống gió bất kỳ trong số các ống gió này hoặc có thể được thổi vào trong lò cao từ cả hai ống gió. Trong trường hợp ở đó khí chứa hydro nồng độ cao được thổi vào trong lò cao từ nhiều ống gió, tổng thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ mỗi ống gió phù hợp với thể tích khí được xác định ở trên.

Ngoài ra, bằng cách thiết lập một cách thích hợp nhiệt độ thổi khí hydro, thể tích khí, nhiệt độ ngọn lửa T_f , và các thông số tương tự dưới các điều kiện của phương án của sáng chế, thao tác duy trì thích hợp nhiệt độ khí lò cao có thể thực hiện được. Vì lý do này, không cần thổi khí đã được đốt nóng trước vào hoặc nung nóng sơ bộ nguyên liệu bên trong lò, các quá trình này được thực hiện để duy trì nhiệt độ khí lò cao, nhưng các quá trình đó có thể được thực hiện riêng biệt.

<4. Các ví dụ cải biến>

(4-1. Ví dụ cải biến 1)

Sau đây, các ví dụ cải biến khác nhau về phương pháp vận hành lò cao sẽ được mô tả. Trong ví dụ cải biến 1, nhiệt độ ngọn lửa Tf được duy trì ở thấp hơn hoặc bằng 2050°C. Ở đây, nhiệt độ ngọn lửa là nhiệt độ bên trong lò ở phần đầu đỉnh của ống gió ở bên trong lò, và còn được gọi là “nhiệt độ đỉnh ống gió Tf”. Trong quá trình vận hành thực tế, nhiệt độ ngọn lửa Tf được tính là nhiệt độ đốt cháy lý thuyết ở đỉnh ống gió theo phương trình Lamm được mô tả trong “Ironmaking Handbook” (Chijinshokan Co., Ltd.), Akitoshi SHIGEMI.

Như được thể hiện ở các FIG.2, FIG.3, FIG.5, FIG.7, và FIG.9, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa Tf thấp hơn hoặc bằng 2050°C (2000°C ở các FIG.2, FIG.3, FIG.5, FIG.7, và FIG.9) là lớn hơn tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa Tf cao hơn 2050°C (2100°C và 2200°C ở các FIG.2, FIG.3, FIG.5, FIG.7, và FIG.9). Như vậy, trong ví dụ cải biến 1, nhiệt độ ngọn lửa Tf được duy trì ở mức thấp hơn hoặc bằng 2050°C. Do đó, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể tiếp tục được gia tăng. Ngoài ra, như được thể hiện ở các FIG.7 và FIG.9, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 400 Nm³/t, xu hướng này xuất hiện nhiều. Do vậy, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 400 Nm³/t, nhiệt độ ngọn lửa Tf có thể được thiết lập đến mức thấp hơn hoặc bằng 2050°C.

Ở đây, vì nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là thấp hơn nhiệt độ thổi của gió nóng, nhiệt độ ngọn lửa Tf bằng cách giảm bằng cách thổi khí chứa hydro nồng độ cao vào trong lò cao. Để thiết lập nhiệt độ ngọn lửa Tf đến nhiệt độ mong muốn, tức là, gia tăng nhiệt độ ngọn lửa Tf, cần phải gia tăng tỷ lệ làm giàu oxy để thực hiện thao tác này. Ở đây, khí nóng được thổi vào trong lò cao là khí bao gồm cả không khí. Khí nóng có thể bao gồm độ ẩm do hút ẩm và oxy đã được làm giàu ngoài không khí. Tỷ lệ làm giàu oxy là tỷ lệ thể tích của oxygen trong khí nóng

so với tổng thể tích của gió nóng, và “tỷ lệ làm giàu oxy (%) = {(thể tích thổi (tốc độ dòng) $[Nm^3/phút]$ $\times 0,21$ + lượng oxy đã được làm giàu $[Nm^3/phút]$ / (thể tích thổi $[Nm^3/phút]$ + lượng oxy đã được làm giàu $[Nm^3/phút]$)} $\times 100 - 21$ ”. Trong quá trình vận hành thực tế, tỷ lệ làm giàu oxy được điều chỉnh bằng cách thay đổi tốc độ dòng oxy đã được làm giàu tính theo đơn vị Nm^3/t và tốc độ dòng không khí mà không thay đổi tốc độ dòng oxygen, mà là tổng tốc độ dòng oxy đã được làm giàu tính theo đơn vị Nm^3/t và oxy trong gió nóng. Điều này là để giữ cho tỷ lệ sắt trong mẻ thép (lượng sắt trong mẻ thép hàng ngày trên mỗi m^3 thể tích bên trong lò) càng không đổi càng tốt. Do vậy, khi tỷ lệ làm giàu oxy gia tăng, thì tốc độ dòng khí nóng giảm. Do đó, lượng khí Bosch giảm.

Do vậy, khi nhiệt độ ngọn lửa T_f càng cao, lượng khí Bosch giảm. Tiếp theo, khi lượng khí Bosch giảm, nhiệt cảm biến của khí Bosch giảm. Do vậy, nhiệt độ bên trong lò có xu hướng giảm do nhiệt thu nhiệt được sinh ra bởi phản ứng khử hydro. Sau đó, để ngăn chặn sự giảm nhiệt độ bên trong lò, cần thực hiện thao tác ở đó tỷ lệ vật liệu khử được gia tăng. Vì lý do này, người ta cho rằng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa T_f thấp hơn hoặc bằng $2050^\circ C$ là lớn hơn tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa T_f lớn hơn $2050^\circ C$.

Ngoài ra, từ quan điểm truyền nhiệt cho sắt nóng chảy và khả năng cháy của than nghiền, tốt hơn là nhiệt độ ngọn lửa T_f là cao hơn hoặc bằng $2000^\circ C$. Tuy nhiên, nếu tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể đủ lớn và tỷ lệ than nghiền (than nghiền được sử dụng trên mỗi tấn sắt nóng chảy) có thể được làm giảm đầy đủ, nhiệt độ ngọn lửa T_f có thể thấp hơn $2000^\circ C$. Ví dụ, nếu tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể được duy trì ngay cả nếu nhiệt độ ngọn lửa T_f thấp hơn $2000^\circ C$ và sự vận hành ổn định có thể đạt được, nhiệt độ ngọn lửa T_f có thể được thiết lập đến mức thấp hơn $2000^\circ C$. Theo khía cạnh này, ví dụ, như được nêu ở trên, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là $1200^\circ C$ và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng $800 Nm^3/t$, thể tích khí của than

nghiên là 0 (tức là, tỷ lệ than nghiền là 0). Trong trường hợp này, vì không cần xét đến sự đốt cháy của than nghiền, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể được duy trì ngay cả khi nhiệt độ ngọn lửa T_f thấp hơn 2000°C , và sự vận hành ổn định trở nên khả thi. Do vậy, nhiệt độ ngọn lửa T_f có thể được thiết lập đến mức thấp hơn 2000°C . Tức là, nếu thể tích khí của than nghiền có thể được thiết lập đến 0 nhờ tăng nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao và gia tăng thể tích khí, nhiệt độ ngọn lửa T_f có thể được thiết lập đến mức thấp hơn 2000°C .

(4-2. Ví dụ cải biến 2)

Trong ví dụ cải biến 2, nhiệt độ ngọn lửa T_f được duy trì cao hơn 2050°C và thấp hơn 2150°C . Theo Ví dụ cải biến 1, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể được gia tăng bằng cách thiết lập nhiệt độ ngọn lửa T_f đến thấp hơn hoặc bằng 2050°C . Mặt khác, khi nhiệt độ ngọn lửa T_f giảm, có khả năng là tốc độ đốt cháy của than nghiền giảm. Tức là, khi nhiệt độ ngọn lửa T_f giảm, than nghiền không có khả năng cháy. Trong trường hợp ở đó than nghiền là chất làm chậm ngọn lửa hoặc trong trường hợp ở đó thao tác này được thực hiện bằng cách gia tăng tỷ lệ than nghiền, khả năng giảm tốc độ đốt cháy của than nghiền tiếp tục được gia tăng. Khi tốc độ đốt cháy của than nghiền giảm, nhiệt độ bên trong lò giảm. Như vậy, có thể cần phải thực hiện thao tác ở đó tỷ lệ vật liệu khử được gia tăng theo. Từ quan điểm này, trong ví dụ cải biến 2, nhiệt độ ngọn lửa T_f được duy trì cao hơn 2050°C và thấp hơn 2150°C . Do đó, tốc độ đốt cháy của than nghiền có thể được duy trì, và sự giảm nhiệt độ bên trong lò có thể được ngăn chặn.

(4-3. Ví dụ cải biến 3)

Trong ví dụ cải biến 3, nhiệt độ ngọn lửa T_f được duy trì cao hơn 2150°C . Trong quá trình vận hành lò cao trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, nhiệt độ ngọn lửa T_f thường được thiết lập vào khoảng 2200°C . Do vậy, bằng cách thiết lập nhiệt độ ngọn lửa T_f đến mức cao hơn 2150°C , thao tác này có thể được thực hiện mà không cần thay đổi nhiều các điều kiện vận hành từ quá trình vận hành lò cao trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan. Ngoài ra, từ quan điểm bảo vệ thiết bị ống gió, tốt hơn là nhiệt độ

ngọn lửa T_f thấp hơn hoặc bằng 2250°C .

(4-4. Ví dụ cải biến 4)

Như được thể hiện ở các FIG.2 đến FIG.10, có mối tương quan cụ thể giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng. Như vậy, trong ví dụ cải biến 4, mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng, mà là mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng, được thu trước.

Ví dụ, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng thể tích khí trong số vài thể tích khí thu được bằng cách mô phỏng sự vận hành lò cao trong đó quá trình vận hành lò cao hiện thời bao gồm nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao được phản hồi. Phương pháp cụ thể có thể là giống như phương pháp của các ví dụ được mô tả dưới đây.

Tiếp theo, các giá trị thu được bằng phương pháp ở trên được vẽ đồ thị trên mặt phẳng ở đó trục nằm ngang là thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tính theo đơn vị Nm^3/t và trục thẳng đứng là tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC (%) của mức tiêu thụ cacbon riêng. Tiếp theo, đường cong gần đúng từ các đồ thị này có thể thu được bằng, ví dụ, phương pháp bình phương tối thiểu, và đường cong gần đúng, cụ thể hơn là, biểu thức quan hệ thể hiện đường cong gần đúng, có thể được sử dụng làm mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng được nêu ở trên. Tốt hơn là thu mối tương quan thể tích khí và tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ ngọn lửa T_f .

Tiếp theo, thể tích khí ở đó tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng lớn hơn tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng của quá trình vận hành hiện thời, tức là, thể tích khí ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm, được xác định dựa trên mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng thu được ở trên. Tiếp theo, khí chứa

hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió ở thể tích khí xác định. Do đó, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng chắc chắn có thể được làm giảm.

Ở đây, tốt hơn là thu trước mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng cho từng nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao. Do đó, ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi dao động, thể tích khí mong muốn của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể được xác định dễ dàng. Tức là, ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi dao động, có thể dễ dàng xác định thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trở nên lớn.

(4-5. Ví dụ cải biến 5)

FIG.12 là biểu đồ thể hiện, đối với từng nhiệt độ ngọn lửa T_f , mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng tính theo đơn vị Nm^3/t và sự thay đổi mức tổn thất áp suất tính theo đơn vị kPa đối với quá trình vận hành cơ bản, là quá trình hành ở đó khí chứa hydro nồng độ cao không được thổi. Biểu đồ này thu được từ sự mô phỏng sự vận hành lò cao. Chi tiết quá trình vận hành này sẽ được mô tả trong các ví dụ. Ở đây, sự tổn thất áp suất là sự chênh lệch giữa áp suất ở đỉnh ống gió (lỗ thoát của ống gió), nói cách khác, áp suất bên trong lò ở lỗ thoát của ống gió và áp suất ở đỉnh lò, và giá trị này không bao gồm sự tổn thất áp suất của đường ống từ máy quạt gió đến đỉnh ống gió. Trong quá trình vận hành thực tế, sự tổn thất áp suất được đo bằng áp kế được lắp trên phần vách lò. Sự thay đổi mức tổn thất áp suất đối với quá trình vận hành cơ bản là giá trị thu được bằng cách lấy mức tổn thất áp suất trong quá trình vận hành cơ bản trừ đi mức tổn thất áp suất trong quá trình vận hành cụ thể. Tốt hơn là mức tổn thất áp suất gần giống với mức tổn thất áp suất của quá trình vận hành cơ bản hoặc giá trị thấp hơn giá trị của quá trình vận hành cơ bản từ quan điểm giới hạn áp suất thổi, ngăn chặn sự rò thoát khí, và tương tự. FIG.12 thể hiện mối tương quan ở trên trong trường hợp ở đó khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng được sử dụng. Mối tương quan trên cũng có thể thu được trong trường hợp ở đó khí chứa hydro nồng độ cao khác với khí hydro sạch được sử dụng. Ngoài ra, ngay cả khi nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là

cao hơn nhiệt độ trong phòng, mối tương quan trên có thể thu được.

Rõ ràng từ FIG.12 thấy rằng, có mối tương quan cụ thể giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi mức tổn thất áp suất. Ví dụ, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng, nhiệt độ ngọn lửa T_f giảm như được nêu ở trên. Để thiết lập nhiệt độ ngọn lửa đến nhiệt độ mong muốn, cần phải gia tăng tỷ lệ làm giàu oxy để thực hiện thao tác này. Trong quá trình vận hành thực tế, tỷ lệ làm giàu oxy được điều chỉnh trong khi lượng sắt trong mẻ thép được duy trì ở lượng định trước bằng cách thay đổi tốc độ dòng oxy đã được làm giàu tính theo đơn vị Nm^3/t và tốc độ dòng không khí mà không thay đổi tốc độ dòng oxy, là tốc độ dòng toàn phần của oxy đã được làm giàu và oxy trong khí nóng tính theo đơn vị Nm^3/t . Do vậy, khi tỷ lệ làm giàu oxy gia tăng, tốc độ dòng khí nóng giảm. Do đó, lượng khí Bosch giảm. Nói cách khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa T_f là thấp, lượng khí Bosch gia tăng. Do vậy, có khả năng là mức tổn thất áp suất là lớn hơn mức tổn thất áp suất của quá trình vận hành cơ bản. Tuy nhiên, khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tiếp tục được gia tăng, độ nhớt khí và mật độ khí của khí trong lò được làm giảm, và mức tổn thất áp suất được làm giảm. Sau đó, sự giảm mức tổn thất áp suất được gây ra bởi sự giảm độ nhớt khí và mật độ khí bù cho sự gia tăng mức tổn thất áp suất được gây ra bởi sự gia tăng lượng khí Bosch, và do đó, mức tổn thất áp suất giảm.

Ở Ví dụ cải biến 5, trước tiên, mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng được thu trước tương tự với Ví dụ cải biến 4. Hơn nữa, thu được mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất, là mối tương quan giữa thể tích khí và sự thay đổi mức tổn thất áp suất đối với quá trình vận hành cơ bản.

Ví dụ, sự thay đổi mức tổn thất áp suất cho từng thể tích khí trong số vài thể tích khí thu được bằng cách mô phỏng sự vận hành lò cao trong đó quá trình vận hành lò cao hiện thời bao gồm nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao được phản hồi. Phương pháp cụ thể có thể giống như phương pháp của các ví dụ được mô tả dưới đây.

Tiếp theo, các giá trị thu được bằng phương pháp ở trên được vẽ đồ thị trên mặt phẳng ở đó trục nằm ngang là thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tính theo đơn vị Nm^3/t và trục thẳng đứng là Δ mức tổn thất áp suất mà là sự thay đổi mức tổn thất áp suất tính theo đơn vị kPa. Sau đó, đường cong gần đúng từ các đồ thị này có thể thu được bằng, ví dụ, phương pháp bình phương tối thiểu, và đường cong gần đúng (cụ thể hơn là, biểu thức quan hệ thể hiện đường cong gần đúng) có thể được sử dụng làm mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất được nêu ở trên. Mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất tốt hơn là thu được cho từng nhiệt độ ngọn lửa T_f .

Tiếp theo, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng của quá trình vận hành hiện thời, tức là, lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm và thể tích khí ở đó sự thay đổi mức tổn thất áp suất là giá trị nằm trong khoảng định trước được xác định dựa trên mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng và mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất. Ở đây, khoảng định trước là, ví dụ, khoảng -50 đến $+5$ kPa, nhưng không bị giới hạn ở khoảng này. Tiếp theo, khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió ở thể tích khí xác định. Do đó, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng chắc chắn có thể được làm giảm trong khi sự thay đổi mức tổn thất áp suất được thiết lập đến giá trị nằm trong khoảng định trước.

(4-6. Ví dụ cải biến 6)

FIG.13 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch tính theo đơn vị Nm^3/t ở nhiệt độ trong phòng và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao đối với quá trình vận hành cơ bản tính theo đơn vị $^{\circ}\text{C}$ cho từng nhiệt độ ngọn lửa T_f . Biểu đồ này thu được từ sự mô phỏng sự vận hành lò cao. Chi tiết sẽ được mô tả trong các ví dụ. Ở đây, nhiệt độ khí lò cao là nhiệt độ của khí lò cao trong lò (chủ yếu là CO_2 , N_2 , CO không phản ứng, hoặc các khí tương tự) được thoát ra từ phần đỉnh của lò cao, và trong quá trình vận hành thực tế, được đo bằng nhiệt kế được lắp trên ống xả thẳng đứng hoặc ống tương tự. Sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao đối với quá trình vận hành cơ bản là giá trị thu được bằng cách lấy nhiệt độ khí lò cao trong

quá trình vận hành cơ bản trừ đi nhiệt độ khí lò cao trong quá trình vận hành cụ thể. Nhiệt độ khí lò cao tốt hơn là gần giống như nhiệt độ khí lò cao của quá trình vận hành cơ bản từ quan điểm hạn chế trang thiết bị đỉnh lò và sự vận hành hiệu quả, và ví dụ là, tốt hơn là nằm trong khoảng $\pm 20^{\circ}\text{C}$ từ nhiệt độ khí lò cao của quá trình vận hành cơ bản. FIG.13 thể hiện mối tương quan ở trên trong trường hợp ở đó khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng được sử dụng. Mối tương quan nêu trên cũng có thể thu được trong trường hợp ở đó khí chứa hydro nồng độ cao khác với khí hydro sạch được sử dụng. Ngoài ra, ngay cả khi nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn nhiệt độ trong phòng, mối tương quan nêu trên có thể thu được.

Rõ ràng từ FIG.13, có mối tương quan cụ thể giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao. Ví dụ, trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng, nhiệt độ ngọn lửa T_f giảm như được nêu ở trên. Để thiết lập nhiệt độ ngọn lửa T_f đến nhiệt độ mong muốn, cần phải gia tăng tỷ lệ làm giàu oxy để thực hiện thao tác này. Trong quá trình vận hành thực tế, tỷ lệ làm giàu oxy được điều chỉnh bằng cách thay đổi tốc độ dòng không khí tính theo đơn vị Nm^3/t mà không thay đổi tốc độ dòng oxy tính theo đơn vị Nm^3/t . Do vậy, khi tỷ lệ làm giàu oxy gia tăng, tốc độ dòng khí nóng giảm. Do đó, lượng khí Bosch giảm. Nói cách khác, khi nhiệt độ ngọn lửa T_f tăng, lượng khí Bosch giảm. Vì lý do này, tỷ lệ dòng nhiệt được biểu hiện bằng biểu thức (nhiệt dung của nguyên liệu bên trong lò giảm theo đơn vị thời gian)/(nhiệt dung của khí Bosch tăng theo đơn vị thời gian) gia tăng. Kết quả là, nhiệt độ của khí bên trong lò mà tăng bên trong lò có xu hướng giảm, và do đó, nhiệt độ khí lò cao có xu hướng giảm. Do vậy, có khả năng là nhiệt độ khí lò cao thấp hơn nhiệt độ khí lò cao của quá trình vận hành cơ bản. Tuy nhiên, khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tiếp tục được gia tăng, nhiệt độ bên trong lò giảm do phản ứng thu nhiệt như được nêu ở trên vào khoảng $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$ như một ranh giới, và hiệu suất khử bắt đầu giảm. Để ngăn chặn sự giảm hiệu suất khử, thao tác được thực hiện bằng cách gia tăng tỷ lệ vật liệu khử. Tuy nhiên, khi tỷ lệ vật liệu khử được gia tăng, lượng tiêu thụ nhiệt trong lò gia tăng và nhiệt độ khí lò cao có xu hướng tăng. Do vậy, nhiệt độ khí lò cao bắt đầu gia tăng.

Trong ví dụ cải biến 6, trước tiên, mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng được thu trước tương tự với Ví dụ cải biến 4. Hơn nữa, mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao, là mối tương quan giữa thể tích khí và sự thay đổi nhiệt độ khí lò đối với quá trình vận hành cơ bản, được thu.

Ví dụ, sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao cho từng thể tích khí trong số vài thể tích khí thu được từ sự mô phỏng sự vận hành lò cao ở đó quá trình vận hành lò cao hiện thời bao gồm nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao được phản hồi. Phương pháp cụ thể có thể giống như phương pháp của các ví dụ được mô tả dưới đây.

Tiếp theo, các giá trị thu được bằng phương pháp ở trên được vẽ đồ thị trên mặt phẳng ở đó trục nằm ngang là thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao tính theo đơn vị Nm^3/t và trục thẳng đứng tính theo đơn vị kPa là Δ nhiệt độ khí lò cao mà là sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao tính theo đơn vị $^{\circ}C$. Tiếp theo, đường cong gần đúng từ các đồ thị này có thể thu được bằng, ví dụ, phương pháp bình phương tối thiểu, và đường cong gần đúng, cụ thể hơn là, biểu thức quan hệ thể hiện đường cong gần đúng, có thể được sử dụng làm mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao được nêu ở trên. Mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao tốt hơn là thu được cho từng nhiệt độ ngọn lửa Tf.

Tiếp theo, thể tích khí ở đó tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng của quá trình vận hành hiện thời, tức là, lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm và ở đó sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao là giá trị nằm trong khoảng định trước được xác định dựa trên mối tương quan thể tích khí - tỷ lệ phần trăm giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng và mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao. Ở đây, khoảng định trước là, ví dụ, khoảng -20 đến $+20^{\circ}C$, nhưng không bị giới hạn ở đó. Sau đó, khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió ở thể tích khí xác định. Do đó, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng chắc chắn có thể được làm giảm trong khi sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao được thiết lập đến giá trị nằm trong khoảng định trước.

Ở đây, trong các Ví dụ cải biến 4 đến 6 ở trên, tham số được ghép đôi với thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao không nhất thiết giới hạn ở tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng. Tức là, tham số được ghép đôi với thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao có thể tham số bất kỳ liên quan đến lượng tiêu thụ cacbon, tức là, bất kỳ tham số tiêu thụ cacbon. Điều này là bởi vì nếu lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm, thì sự phát thải khí CO_2 có thể được làm giảm. Các ví dụ về tham số tiêu thụ cacbon bao gồm mức tiêu thụ cacbon riêng, tỷ lệ vật liệu khử, tỷ lệ phần trăm giảm của tỷ lệ vật liệu khử, và tham số tương tự ngoài tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng. Tỷ lệ phần trăm giảm của tỷ lệ vật liệu khử là tỷ lệ phần trăm giảm của tỷ lệ vật liệu khử đối với quá trình vận hành cơ bản, và phương pháp tính là giống như phương pháp tính tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng.

Hơn nữa, Ví dụ cải biến 5 và Ví dụ cải biến 6 có thể được kết hợp với nhau. Do đó, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng chắc chắn có thể được làm giảm trong khi sự thay đổi mức tổn thất áp suất và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao được thiết lập đến các giá trị nằm trong khoảng định trước.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ của phương án theo sáng chế sẽ được mô tả. Theo phương án của sáng chế, bằng cách thực hiện việc mô phỏng sự vận hành lò cao người ta xác nhận rằng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng gia tăng nhờ phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế, tức là, sự phát thải khí CO_2 được làm giảm.

<1. Ví dụ 1: Sự kiểm tra trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 600°C >

Như được nêu ở trên, mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng thể hiện trạng thái khác nhau với nhiệt độ thổi 600°C như một ranh giới. Như vậy, trong ví dụ 1, sự kiểm tra được thực hiện trong trường hợp ở đó nhiệt

độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là thấp hơn hoặc bằng 600°C.

<1-1. Mô hình và các điều kiện tính toán được sử dụng cho sự mô phỏng>

Về sự mô phỏng sự vận hành lò cao, cái gọi là mô hình toán học của lò cao “Blast Furnace Mathematical Model” Kouji TAKATANI, Takanobu INADA, Yutaka UJISAWA, “Three-dimensional Dynamic Simulator for Blast Furnace”, ISIJ International, Vol. 39 (1999), No. 1, các trang 15 đến 22 được sử dụng. Trong mô hình toán học của lò cao này, vùng bên trong của lò cao được phân chia theo hướng độ cao, hướng xuyên tâm, và hướng chu vi để xác định các mắt lưới (các vùng nhỏ), và sự hoạt động của từng mắt lưới được mô phỏng.

Trong mô hình toán học của lò cao, thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao được thiết lập làm lượng khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió. Tất nhiên, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được thiết lập làm lượng thu được bằng cách lấy thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao nhân với tỷ lệ của khí hydro tính theo đơn vị % mol. Nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao được thiết lập làm nhiệt độ của khí chứa hydro nồng độ cao khi khí chứa hydro nồng độ cao được thổi từ ống gió. Nhiệt độ ngọn lửa T_f được tính nhờ xét đến nhiệt cháy của các khí khác nhau, nhiệt cảm biến của sự thổi gió, nhiệt độ của than cốc chảy vào trong đỉnh ống gió (lỗ thoát của ống gió), nhiệt của các phản ứng khác nhau, và nhiệt tương tự. Mức tổn thất áp suất được tính bằng cách sử dụng phương trình Ergun làm mức tổn thất áp suất của tầng đã nạp bên trong lò. Nhiệt độ khí lò cao được tính là nhiệt độ khí ở lớp ngoài cùng (lớp trên cùng) của nguyên liệu bên trong lò.

Các điều kiện tính toán được thể hiện ở Bảng 1. Tỷ lệ than cốc trong Bảng 1 là lượng than cốc được sử dụng cho mỗi tấn sắt nóng chảy. Ngoài ra, Bảng 2 thể hiện các thông số kỹ thuật của quá trình vận hành cơ bản ở đó khí chứa hydro nồng độ cao không được thổi vào. Như được thể hiện trong các Bảng 1 và Bảng 2, trong ví dụ của sáng chế, nhiệt độ ngọn lửa T_f được thiết lập đến nhiệt độ bất kỳ trong số các nhiệt độ 2000°C, 2100°C, hoặc 2200°C. Ngoài ra, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được thiết lập nằm trong khoảng từ 0 đến 600 Nm³/t.

Ngoài ra, thể tích thổi, tỷ lệ làm giàu oxy, và thể tích khí của PC (than nghiền) được điều chỉnh sao cho tỷ lệ sắt trong mẻ thép và nhiệt độ sắt nóng chảy là không đổi trong tất cả các quá trình vận hành.

[Bảng 1]

Các điều kiện tính toán

Tỷ lệ sắt trong mẻ thép	t/d/m ³	Khoảng 2,7 (không thay đổi)
Nhiệt độ sắt nóng chảy	°C	1535 đến 1540
Thể tích thổi	Nm ³ /phút	Được điều chỉnh
Tỷ lệ làm giàu oxy	%	Được điều chỉnh
Nhiệt độ ống gió trước	°C	2000, 2100, 2200
Thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao	Nm ³ /t	0 đến 600
Nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao	°C	25 đến 600
Tỷ lệ than cốc	kg/t	300 (không thay đổi)
Thể tích khí của than nghiền	tấn/giờ	Được điều chỉnh

[Bảng 2]

Thông số kỹ thuật của quá trình vận hành cơ bản ở các nhiệt độ ống gió trước 2000°C, 2100°C, và 2200°C

		2000°C	2100°C	2200°C
Tỷ lệ sắt trong mẻ thép	t/d/m ³	2,74	2,74	2,74
Thể tích thổi	Nm ³ /phút	9440	7800	6300
Tỷ lệ làm giàu oxy	%	1,2	4,8	9,2
Thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao	Nm ³ /t	0	0	0
Tỷ lệ than cốc	kg/t	306,6	306,6	306,6
Tỷ lệ than nghiền	kg/t	201,4	200,1	200,2
Nhiệt độ sắt nóng chảy	°C	1537	1536	1536

Ngoài ra, các vật liệu chứa sắt đều là quặng thiêu kết. Ngoài ra, thành phần của quặng thiêu kết là T-Fe: 58,5%, FeO: 7,5%, C/S: 1,9, và Al₂O₃: 1,7%. Ngoài ra, liên quan đến than cốc, trường hợp ở đó C: 87,2% và tro: 12,6% được sử dụng được giả định. Ngoài ra, đơn vị “%” ở trên là “% khối lượng”.

<1-2. Ví dụ 1-1: Trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ

cao nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 600°C và khí chứa hydro nồng độ cao là khí hydro sạch>

Trong ví dụ 1-1, mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng được tính bằng cách sử dụng khí chứa hydro nồng độ cao làm khí hydro sạch, dưới điều kiện là nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao thấp hơn hoặc bằng 600°C . Các kết quả được thể hiện ở các FIG.2 đến FIG.5.

Như được thể hiện ở các FIG.2 đến FIG.5, người ta đã nhận thấy rằng, trong phạm vi ở đó nhiệt độ thổi là ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng và thấp hơn hoặc bằng 600°C , tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không đơn giản gia tăng cùng với sự gia tăng về thể tích khí, mà còn đạt đến mức bão hòa và bắt đầu giảm khi thể tích khí của không khí gia tăng đến mức độ cụ thể. Sau đó, người ta đã nhận thấy rằng thể tích khí khi tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đạt đến mức bão hòa và bắt đầu giảm hơi khác nhau tùy thuộc vào nhiệt độ thổi. Tức là, người ta đã nhận thấy rằng có khoảng thích hợp của thể tích khí cho từng nhiệt độ thổi. Khoảng thích hợp là từ 200 đến $500 \text{ Nm}^3/\text{t}$ trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 300°C và là lớn hơn hoặc bằng $145 \text{ Nm}^3/\text{t}$ khi nhiệt độ thổi cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C . Ngoài ra, như được thể hiện ở các FIG.4 và FIG.5, người ta đã nhận thấy rằng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không đơn giản gia tăng cùng với sự gia tăng về thể tích khí, mà còn đạt đến mức bão hòa ở thể tích khí vào khoảng $600 \text{ Nm}^3/\text{t}$ khi nhiệt độ thổi là 600°C và bắt đầu giảm cùng với sự gia tăng về thể tích khí ở đỉnh thể tích khí vào khoảng $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$ khi nhiệt độ thổi là 350°C . Hơn nữa, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C và thể tích khí nằm trong khoảng thích hợp lớn hơn hoặc bằng $145 \text{ Nm}^3/\text{t}$, có thể thiết lập tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đến mức lớn hơn hoặc bằng 7%. Hơn nữa, như được thể hiện ở các FIG.2 đến FIG.5, cũng nhận thấy rằng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng đối với cùng một thể tích khí thay đổi tùy thuộc vào nhiệt độ ngọn lửa T_f và đạt mức lớn nhất khi nhiệt

độ ngọn lửa Tf là 2000°C . Lý do tại sao thu được hiện tượng như vậy là như được nêu ở trên.

Do vậy, bằng cách thổi khí chứa hydro nồng độ cao trong lò cao theo phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể được gia tăng, và sự phát thải khí CO_2 có thể được làm giảm nhiều.

<1-3. Ví dụ 1-2>

Trong ví dụ 1-2, người ta đã xác nhận rằng ngay cả nếu khí chứa hydro nồng độ cao chứa thành phần khí khác với khí hydro, quy trình giống như trong trường hợp của khí hydro sạch có thể thực hiện được. Cụ thể là, khí 80% mol H_2 -20% mol N_2 bao gồm 80% mol khí hydro và 20% mol khí nitơ được coi là khí chứa hydro nồng độ cao. Tiếp theo, sự mô phỏng sự vận hành lò cao được thực hiện theo cách giống như trong ví dụ 1 với nhiệt độ thổi được thiết lập đến 25°C và nhiệt độ ngọn lửa Tf được thiết lập đến 2100°C . Các kết quả được thể hiện trên FIG.11. FIG.11 thể hiện sự so sánh giữa kết quả tính toán của khí hydro sạch (khí 100% mol H_2) và kết quả tính toán của khí 80% mol H_2 -20% mol N_2 . Ngoài ra, trục nằm ngang trên FIG.11 thể hiện giá trị thu được bằng cách chuyển tốc độ dòng của hỗn hợp khí trong khí hydro sạch, tức là, giá trị thu được bằng cách lấy tốc độ dòng của khí 80% mol H_2 -20% mol N_2 nhân với 80% mol. Rõ ràng từ FIG.11, người ta đã nhận thấy rằng, đối với khí 80% mol H_2 -20% mol N_2 , khoảng thích hợp của thể tích khí được chuyển thành khí hydro sạch là giống như khoảng thích hợp của khí hydro sạch và chỉ có chi phí thực hiện là hơi giảm. Do vậy, người ta đã nhận thấy rằng ngay cả khi khí chứa hydro nồng độ cao chứa thành phần khí khác với khí hydro, quy trình giống như trong trường hợp của khí hydro sạch có thể thực hiện được. Ngoài ra, cũng nhận thấy rằng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng có thể được gia tăng, mặc dù hiệu quả hơi giảm.

<1-4. Ví dụ 1-3>

Trong ví dụ 1-3, khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng được sử dụng làm khí chứa hydro nồng độ cao, và đạt được sự thay đổi mức tổn thất áp suất đối với

từng thể tích khí trong số vài thể tích khí (sự thay đổi mức tổn thất áp suất đối với quá trình vận hành cơ bản). FIG.12 thể hiện các kết quả. Rõ ràng từ FIG.12, người ta đã nhận thấy rằng có mối tương quan cụ thể giữa thể tích khí của khí hydro sạch và sự thay đổi mức tổn thất áp suất. Ví dụ, người ta đã nhận thấy rằng có khả năng là mức tổn thất áp suất là lớn đối với quá trình vận hành cơ bản trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa T_f là thấp. Tuy nhiên, mức tổn thất áp suất giảm khi thể tích khí của khí hydro sạch gia tăng. Cụ thể hơn là, trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa T_f là 2000°C và thể tích khí là từ 100 đến $150 \text{ Nm}^3/\text{t}$, mức tổn thất áp suất gia tăng vào khoảng 10 đến 20 kPa so với quá trình vận hành cơ bản. Đây là giá trị nằm ngoài khoảng định trước được nêu ở trên. Tuy nhiên, khi thể tích khí gia tăng đến lớn hơn hoặc bằng $200 \text{ Nm}^3/\text{t}$, mức tổn thất áp suất là gần giống như hoặc nhỏ hơn giá trị của quá trình vận hành cơ bản. Lý do tại sao xảy ra hiện tượng như vậy được nêu ở trên. Do vậy, người ta đã nhận thấy rằng có thể ngăn chặn sự gia tăng mức tổn thất áp suất và gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm theo đơn vị của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong khi tiến hành sự vận hành ổn định, bằng cách thu trước mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất, là mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi mức tổn thất áp suất đối với quá trình vận hành cơ bản khi nhiệt độ thổi là giá trị định trước, cho từng nhiệt độ ngọn lửa T_f và bằng cách xác định thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời, và sự thay đổi mức tổn thất áp suất là giá trị nằm trong khoảng định trước dựa trên mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon và mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất.

Sau đó, người ta đã nhận thấy rằng có thể ngăn chặn sự gia tăng mức tổn thất áp suất và gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong khi thực hiện sự vận hành ổn định như được thể hiện trên FIG.12, dưới các điều kiện là khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng được sử dụng làm khí chứa hydro nồng độ cao và thể tích khí là lớn hơn hoặc bằng $200 \text{ Nm}^3/\text{t}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $500 \text{ Nm}^3/\text{t}$. Người ta đã nhận thấy rằng khi thể tích khí gia tăng đến $200 \text{ Nm}^3/\text{t}$ trong trường hợp của khí hydro sạch ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng và thấp hơn hoặc bằng 300°C , mức tổn thất áp suất là gần giống như hoặc

bằng hoặc nhỏ hơn giá trị của quá trình vận hành cơ bản. Tương tự, người ta đã nhận thấy rằng có thể ngăn chặn sự gia tăng mức tổn thất áp suất và gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong khi thực hiện sự vận hành ổn định trong trường hợp ở đó thể tích khí hydro sạch ở nhiệt độ cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C là lớn hơn hoặc bằng $145 \text{ Nm}^3/\text{t}$, ngay cả trong trường hợp ở đó thể tích khí hydro sạch ở nhiệt độ cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C là lớn hơn hoặc bằng $125 \text{ Nm}^3/\text{t}$, ngay cả trong trường hợp ở đó thể tích khí hydro sạch ở nhiệt độ cao hơn 900°C và thấp hơn hoặc bằng 1200°C là lớn hơn hoặc bằng $110 \text{ Nm}^3/\text{t}$, và ngay cả trong trường hợp ở đó thể tích khí hydro sạch ở nhiệt độ cao hơn 1200°C là lớn hơn hoặc bằng $100 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

Do vậy, người ta đã nhận thấy rằng có thể gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong khi thiết lập sự thay đổi mức tổn thất áp suất đến giá trị nằm trong khoảng định trước bằng cách thổi khí chứa hydro nồng độ cao trong lò cao theo phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế.

<1-5. Ví dụ 1-4>

Trong ví dụ 1-4, khí hydro sạch ở nhiệt độ trong phòng được sử dụng làm khí chứa hydro nồng độ cao, và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao đối với từng thể tích khí trong số vài thể tích khí (sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao đối với quá trình vận hành cơ bản) thu được. FIG.13 thể hiện các kết quả. Rõ ràng từ FIG.13, người ta đã nhận thấy rằng có mối tương quan cụ thể giữa thể tích khí của khí hydro sạch và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao. Ví dụ, khi nhiệt độ ngọn lửa T_f gia tăng, nhiệt độ khí lò cao giảm so với quá trình vận hành cơ bản. Cụ thể, trong trường hợp ở đó nhiệt độ ngọn lửa T_f là 2100°C và thể tích khí là từ 250 đến $300 \text{ Nm}^3/\text{t}$, sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao là giá trị nằm ngoài khoảng định trước được nêu ở trên. Tuy nhiên, nếu thể tích khí giảm đến $200 \text{ Nm}^3/\text{t}$, sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao trở thành giá trị nằm trong khoảng định trước. Lý do tại sao xảy ra hiện tượng như vậy được nêu ở trên. Do vậy, trong trường hợp ở đó hiệu quả của quá trình vận hành hoặc tương tự được nhấn mạnh, thể tích khí có thể được điều chỉnh khi xét đến mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao. Do vậy, người ta đã

nhận thấy rằng có thể ngăn chặn sự giảm hiệu quả của quá trình vận hành bằng cách đạt được trước mỗi tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao, là mỗi tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao đối với quá trình vận hành cơ bản khi nhiệt độ thổi là giá trị định trước, cho từng nhiệt độ ngọn lửa T_f và bằng cách xác định thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời, và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao là giá trị nằm trong khoảng định trước dựa trên mỗi tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon và mỗi tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao.

<2. Ví dụ 2: Sự kiểm tra trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C >

Trong ví dụ 2, trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C được xác minh.

<2-1. Mô hình và các điều kiện tính toán được sử dụng cho sự mô phỏng>

Trong sự mô phỏng sự vận hành lò cao, “mô hình toán học của lò cao” giống như trong ví dụ 1 được sử dụng. Các điều kiện tính toán được thể hiện ở Bảng 3. Như được thể hiện ở Bảng 3, các điều kiện tính toán là gần giống như các điều kiện tính toán trong ví dụ 1, nhưng tỷ lệ than cốc là khác với tỷ lệ than cốc trong ví dụ 1. Tức là, trong ví dụ 2, tỷ lệ than cốc là không đổi ở 300 kg/t trong trường hợp ở đó thể tích khí than nghiền lớn hơn 0 tấn/giờ , và tỷ lệ than cốc dao động trong trường hợp ở đó thể tích khí than nghiền là 0 tấn/giờ (tức là, trong trường hợp ở đó tỷ lệ than nghiền là 0). Tức là, trong trường hợp ở đó thể tích khí của than nghiền là 0 tấn/giờ , nhiệt độ lò được điều chỉnh theo tỷ lệ than cốc.

Như được nêu ở trên, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng và thể tích khí được gia tăng, thể tích khí của than nghiền có thể là 0 tấn/giờ . Trong trường hợp này, bằng cách giảm tỷ lệ than cốc, có thể tiếp tục giảm mức tiêu thụ cacbon riêng. Ngoài ra, thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được thiết lập nằm trong khoảng từ 0 đến 1000

Nm³/t. Hơn nữa, nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao được thiết lập đến cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 1400°C. Ngoài ra, các thông số kỹ thuật của quá trình vận hành cơ bản ở đó khí chứa hydro nồng độ cao không được thổi là giống như trong ví dụ 1. Các điều kiện khác là giống như các điều kiện của Ví dụ 1. Ví dụ, thể tích thổi, tỷ lệ làm giàu oxy, và thể tích khí của PC (than nghiền) được điều chỉnh sao cho tỷ lệ sắt trong mẻ thép và nhiệt độ sắt nóng chảy là không đổi trong tất cả các quá trình vận hành. Các vật liệu chứa sắt là quặng thiêu kết được sử dụng trong ví dụ 1.

[Bảng 3]

Các điều kiện tính toán

Tỷ lệ sắt trong mẻ thép	t/d/m ³	Khoảng 2,7 (không thay đổi)
Nhiệt độ sắt nóng chảy	°C	1535 đến 1540
Thể tích thổi	Nm ³ /phút	Được điều chỉnh
Tỷ lệ làm giàu oxy	%	Được điều chỉnh
Nhiệt độ ống gió trước	°C	2000, 2100, 2200
Thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao	Nm ³ /t	0 đến 1000
Nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao	°C	Cao hơn 600 và thấp hơn hoặc bằng 1400
Tỷ lệ than cốc	kg/t	300 (không thay đổi trong trường hợp ở đó thể tích khí của than nghiền lớn hơn 0 tấn/giờ)
Thể tích khí của than nghiền	tấn/giờ	Được điều chỉnh

<2-2. Ví dụ 2-1: Trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và khí chứa hydro nồng độ cao là khí hydro sạch>

Trong ví dụ 2-1, mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro sạch và tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng được tính bằng cách sử dụng khí chứa hydro nồng độ cao làm khí hydro sạch. Các kết quả được thể hiện ở các FIG.6 đến FIG.10.

Như được thể hiện ở các FIG.6 đến FIG.10, người ta đã nhận thấy rằng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng gia tăng khi thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao được gia tăng từ 0 Nm³/t trong quá trình vận hành cơ bản. Hơn nữa, vì thể tích khí của khí hydro trong khí

chứa hydro nồng độ cao gia tăng, tốc độ gia tăng của tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng (lượng gia tăng của tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng so với lượng gia tăng theo đơn vị của thể tích khí) giảm. Tuy nhiên, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng không bắt đầu giảm. Trạng thái này hoàn toàn khác với trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là thấp hơn hoặc bằng 600°C .

Ngoài ra, khoảng ở đó tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng lớn hơn hoặc bằng 7% là khác nhau tùy thuộc vào nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao. Đặc biệt, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C và trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $125 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7%. Ngoài ra, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi cao hơn 900°C và thấp hơn hoặc bằng 1200°C và trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $110 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7%. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi cao hơn 1200°C và trong trường hợp ở đó thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $100 \text{ Nm}^3/\text{t}$, tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng là lớn hơn hoặc bằng 7%.

<2-3. Các thử nghiệm khác>

Các thử nghiệm giống như trong các Ví dụ 1-3 và 1-4 được thực hiện với nhiệt độ thổi của khí hydro sạch được thiết lập đến 900°C . Kết quả là, ngay cả trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí hydro sạch là 900°C , người ta xác nhận rằng có mối tương quan cụ thể giữa thể tích khí của khí hydro sạch và sự thay đổi mức tổn thất áp suất hoặc sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao.

Do vậy, có thể gia tăng tỷ lệ phần trăm giảm của lượng vào ΔC của mức tiêu thụ cacbon riêng trong khi thiết lập mức thay đổi nhiệt độ khí lò cao đến giá trị nằm trong khoảng định trước bằng cách thổi khí chứa hydro nồng độ cao trong lò cao

theo phương pháp vận hành lò cao theo phương án của sáng chế.

Mặc dù phương án ưu tiên sáng chế đã được mô tả chi tiết ở trên với sự tham chiếu các hình vẽ kèm theo, sáng chế không bị giới hạn ở phương án đó. Rõ ràng là những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan đến sáng chế có thể suy luận ra các sự thay đổi hoặc cải biến khác nhau trong phạm vi của các ý tưởng kỹ thuật được đề cập trong các điểm yêu cầu bảo hộ, và hiểu rằng các sự thay đổi hoặc cải biến đó cũng nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Quyền ưu tiên được yêu cầu dựa trên đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2019-216568, nộp tại Nhật Bản ngày 29 tháng 11 năm 2019 và đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2020-092467, nộp tại Nhật Bản ngày 27 tháng 5 năm 2020, các nội dung của các đơn này được kết hợp vào bản mô tả bằng cách tham khảo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp vận hành lò cao bao gồm bước thổi khí chứa hydro nồng độ cao mà chứa khí hydro với nồng độ lớn hơn hoặc bằng 80% mol từ ống gió dưới:

điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng và thấp hơn hoặc bằng 300°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 200 Nm³/t và nhỏ hơn hoặc bằng 500 Nm³/t;

điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 145 Nm³/t;

điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 900°C và thể tích khí của khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 125 Nm³/t;

điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 900°C và thấp hơn hoặc bằng 1200°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 110 Nm³/t; hoặc

điều kiện trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 1200°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 100 Nm³/t.

2. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 1,

trong đó nhiệt độ thổi là cao hơn nhiệt độ trong phòng và thấp hơn hoặc bằng 300°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng 200 Nm³/t và nhỏ hơn hoặc bằng 300 Nm³/t.

3. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 1,

trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 300°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng

độ cao là lớn hơn hoặc bằng $145 \text{ Nm}^3/\text{t}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $600 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

4. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó nhiệt độ ngọn lửa là thấp hơn hoặc bằng 2050°C .

5. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó nhiệt độ ngọn lửa là cao hơn 2050°C và thấp hơn hoặc bằng 2150°C .

6. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó nhiệt độ ngọn lửa là cao hơn 2150°C và thấp hơn hoặc bằng 2250°C .

7. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 1,

trong đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thấp hơn hoặc bằng 1400°C .

8. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 1 hoặc 7,

trong đó, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C , thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là nhỏ hơn hoặc bằng $1000 \text{ Nm}^3/\text{t}$.

9. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1, 7 và 8,

trong đó, trong trường hợp ở đó nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao là cao hơn 600°C và thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao là lớn hơn hoặc bằng $400 \text{ Nm}^3/\text{t}$, nhiệt độ ngọn lửa được thiết lập đến thấp hơn hoặc bằng 2050°C .

10. Phương pháp vận hành lò cao, phương pháp này bao gồm các bước:

thu trước mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon, mà là mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và

tham số tiêu thụ cacbon liên quan đến lượng tiêu thụ cacbon khi nhiệt độ thổi của khí chứa hydro nồng độ cao mà chứa khí hydro có nồng độ lớn hơn hoặc bằng 80% mol là giá trị định trước, cho từng nhiệt độ ngọn lửa;

xác định thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời, dựa trên mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon; và

thổi khí chứa hydro nồng độ cao từ ống gió ở thể tích khí xác định.

11. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 10,

trong đó mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon thu được cho từng nhiệt độ thổi.

12. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 10 hoặc 11,

trong đó mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất, là mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi mức tổn thất áp suất đối với quá trình vận hành cơ bản khi nhiệt độ thổi là giá trị định trước, được thu trước cho từng nhiệt độ ngọn lửa, và

thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời và sự thay đổi mức tổn thất áp suất là giá trị nằm trong khoảng định trước được xác định dựa trên mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon và mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi mức sụt áp suất.

13. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 12,

trong đó mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao, là mối tương quan giữa thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao đối với quá trình vận hành cơ bản khi nhiệt độ thổi là giá trị định trước, được thu trước cho từng nhiệt độ ngọn lửa, và

thể tích khí của khí hydro trong khí chứa hydro nồng độ cao ở đó lượng tiêu

thụ cacbon được làm giảm so với lượng tiêu thụ cacbon của quá trình vận hành hiện thời và sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao là giá trị nằm trong khoảng định trước được xác định dựa trên mối tương quan thể tích khí-tham số tiêu thụ cacbon và mối tương quan thể tích khí-sự thay đổi nhiệt độ khí lò cao.

1/8

FIG. 1

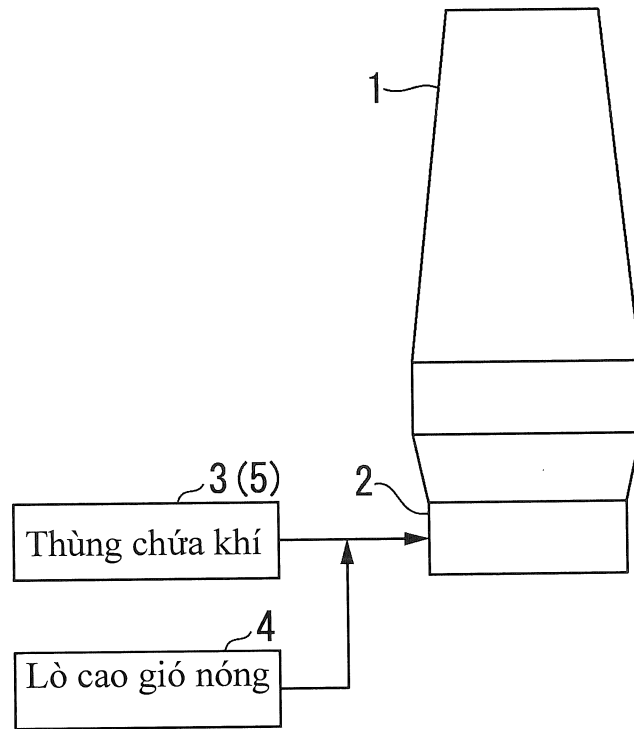
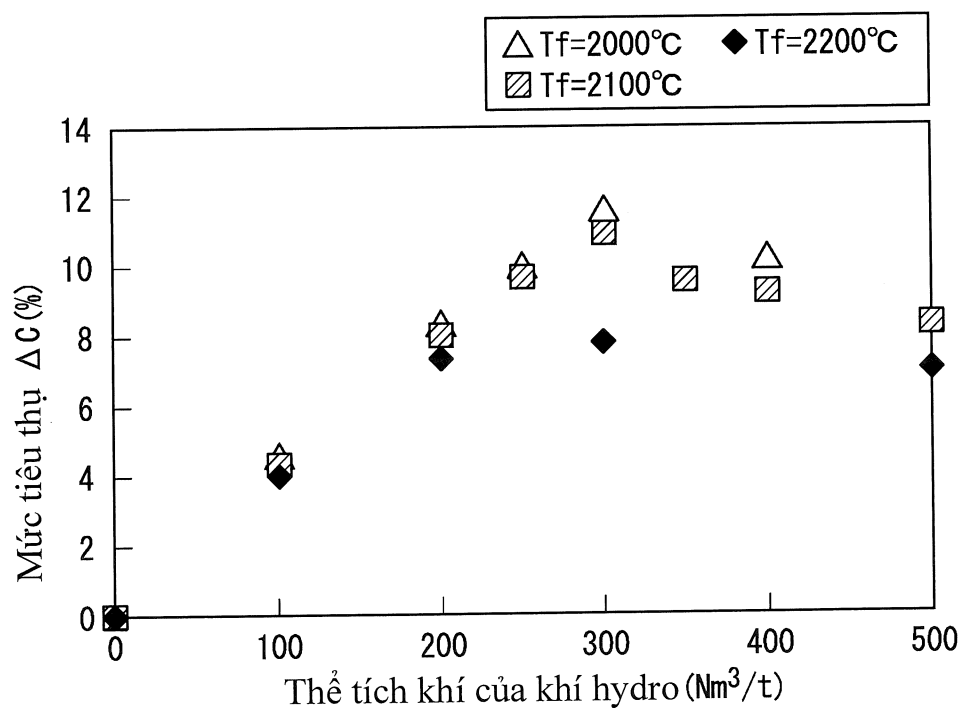


FIG. 2



2/8

FIG. 3

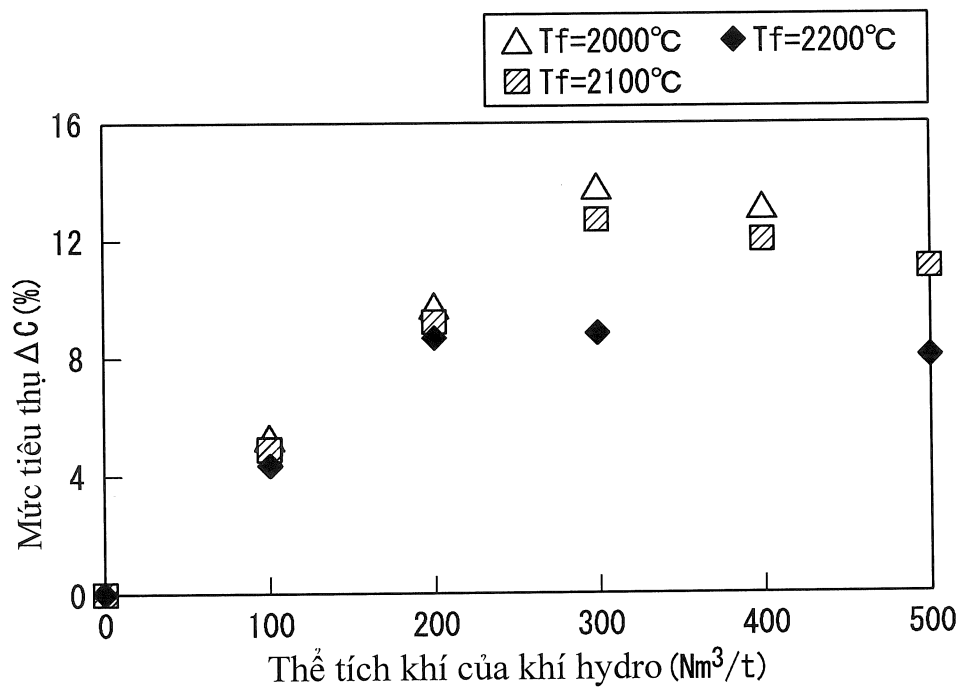
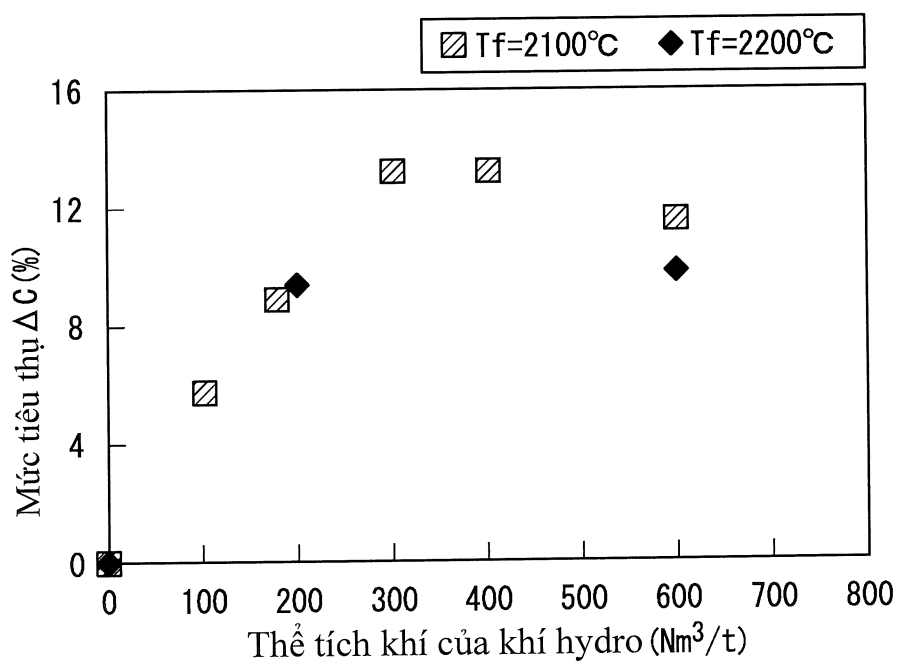


FIG. 4



3/8

FIG. 5

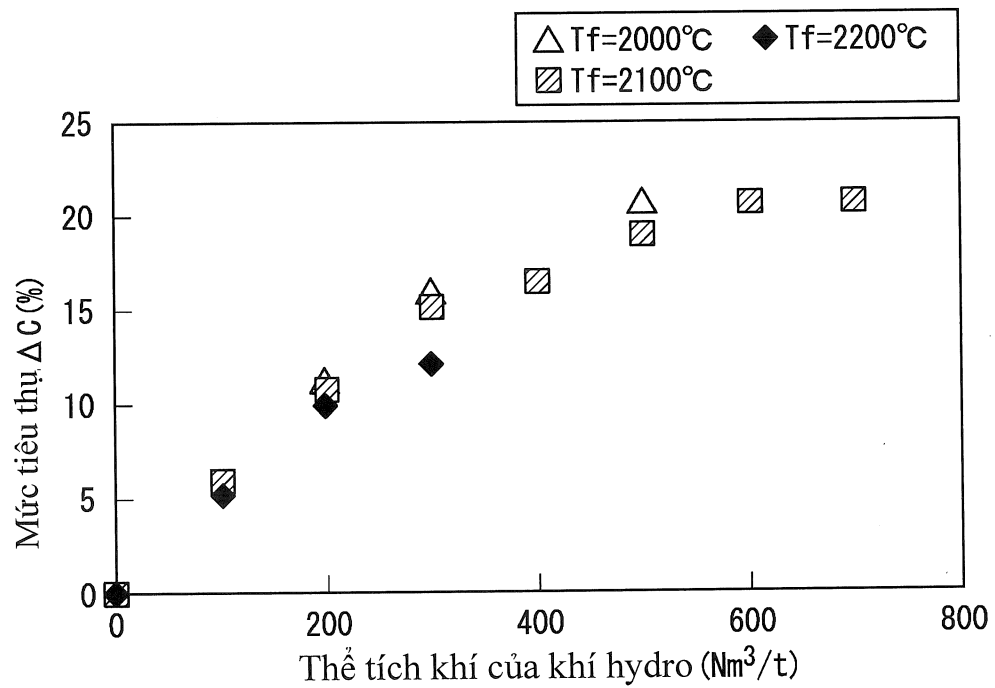
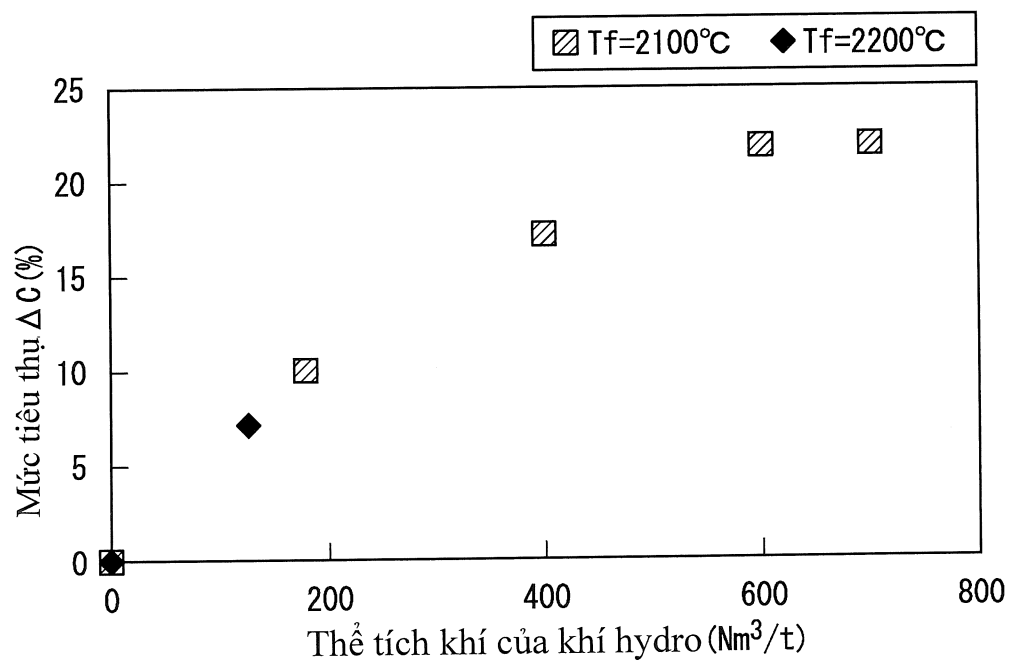


FIG. 6



4/8

FIG. 7

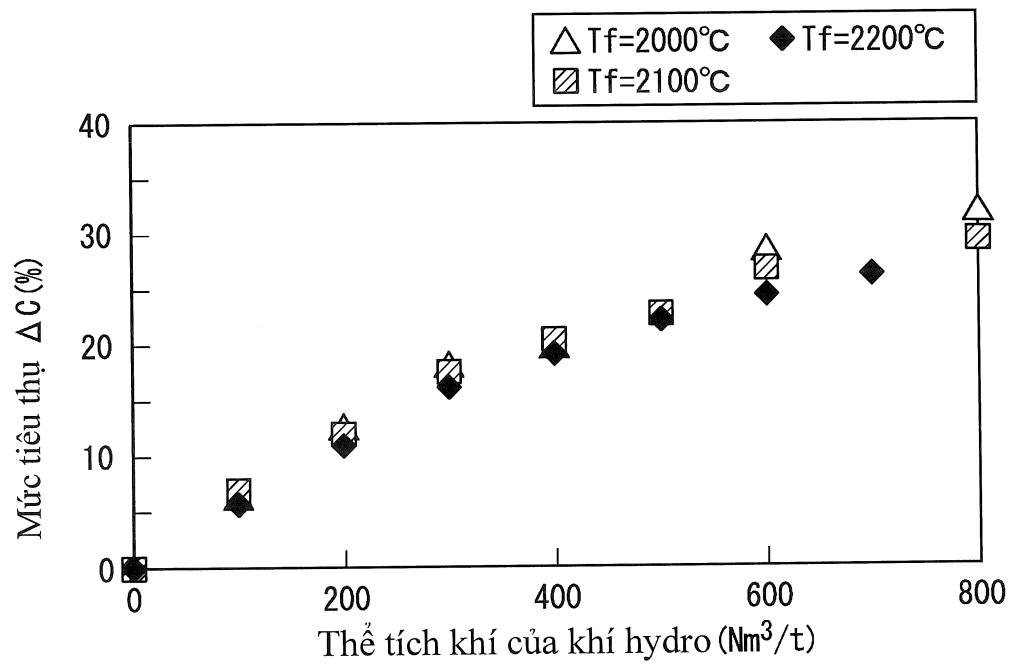
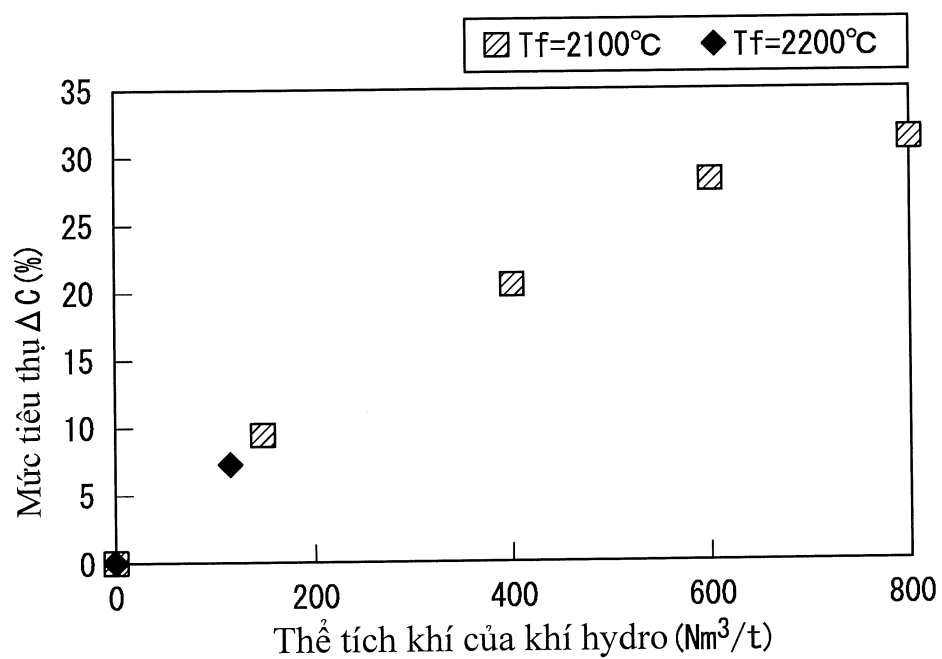


FIG. 8



5/8

FIG. 9

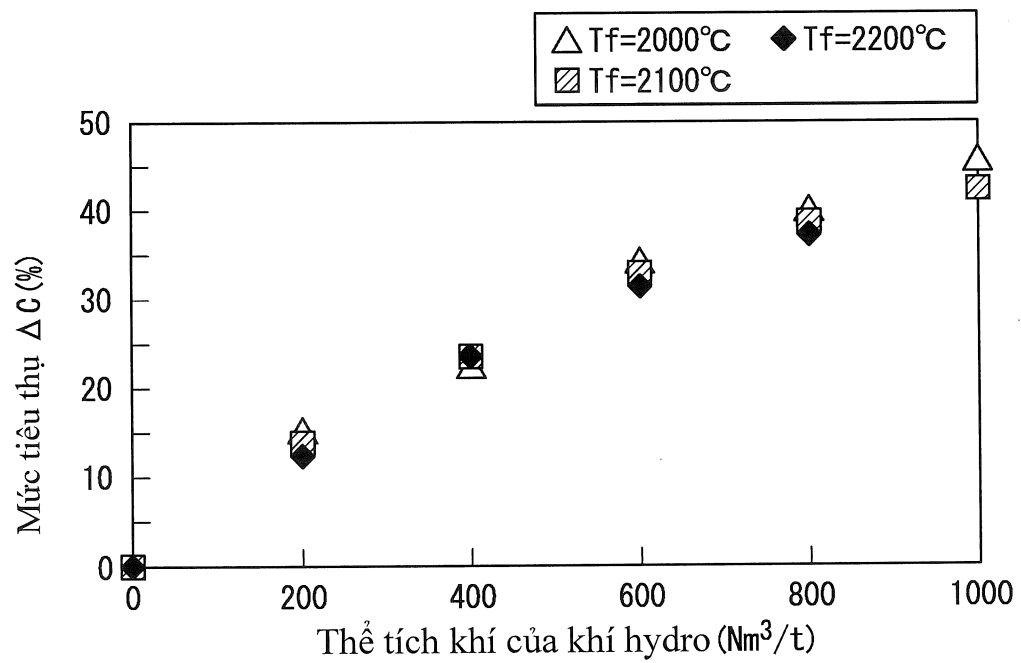
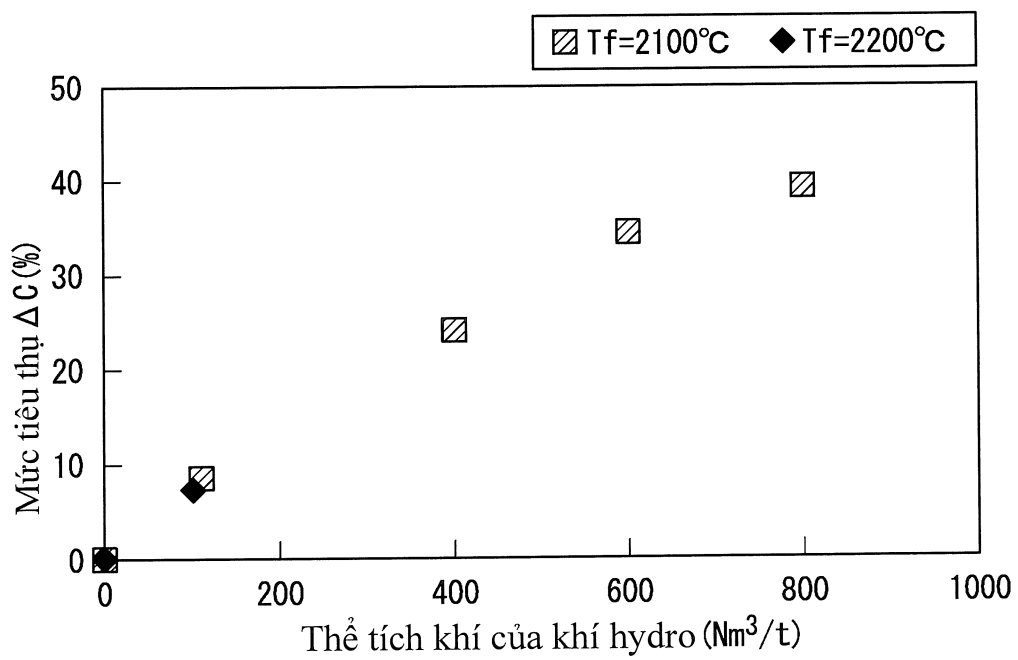


FIG. 10



6/8

FIG. 11

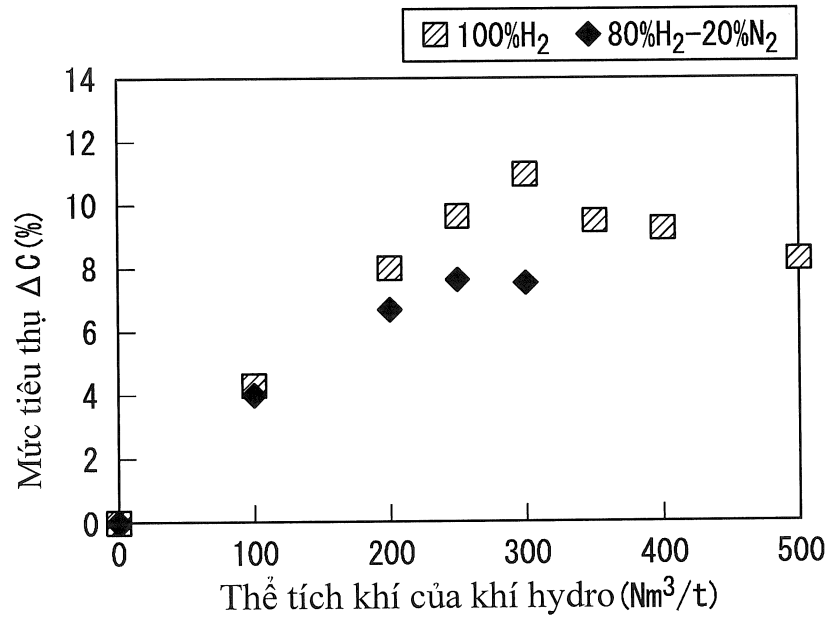
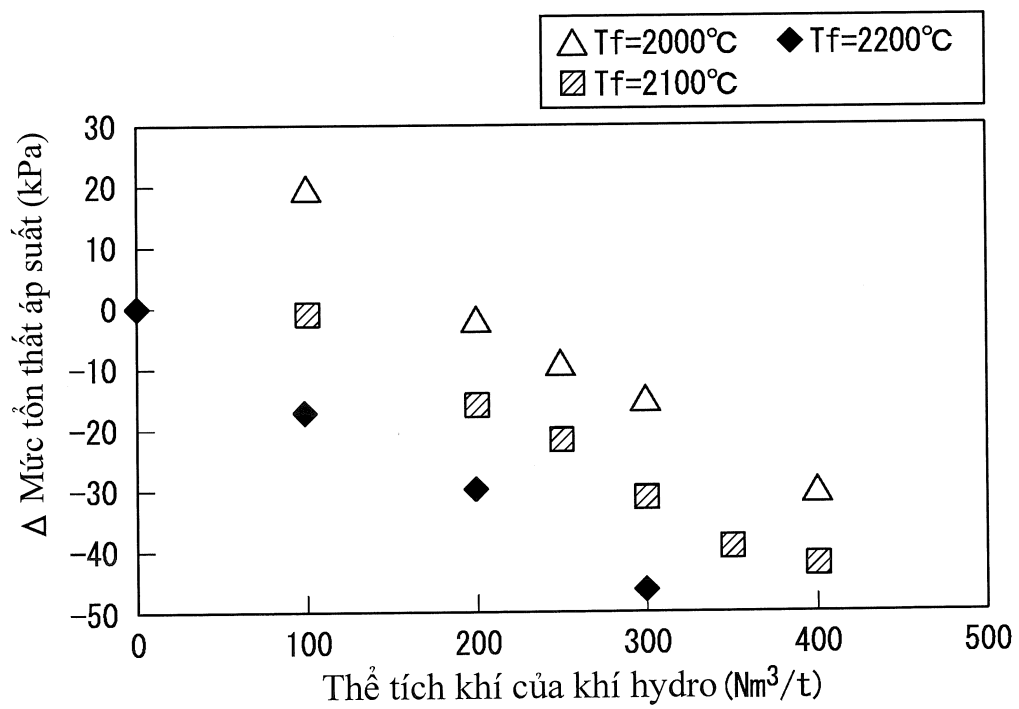


FIG. 12



7/8

FIG. 13

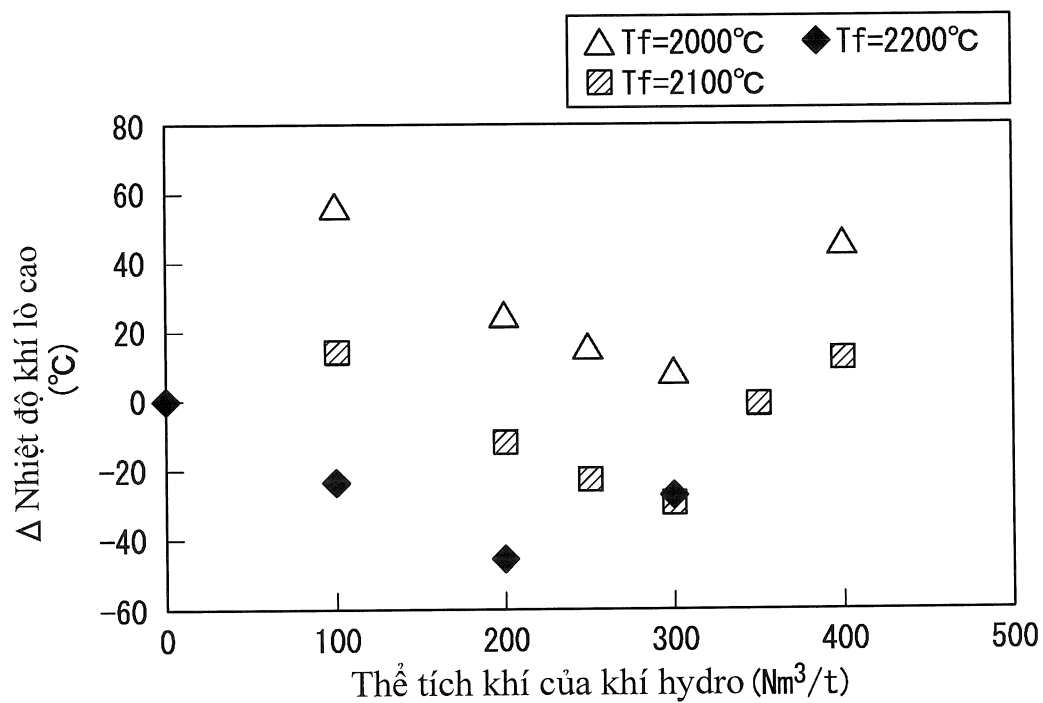
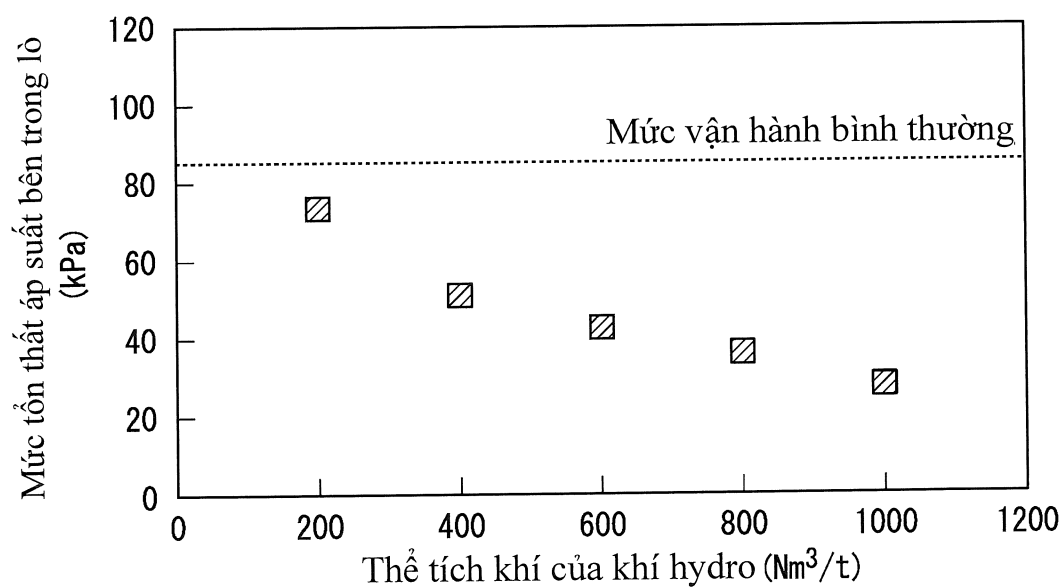


FIG. 14



8/8

FIG. 15

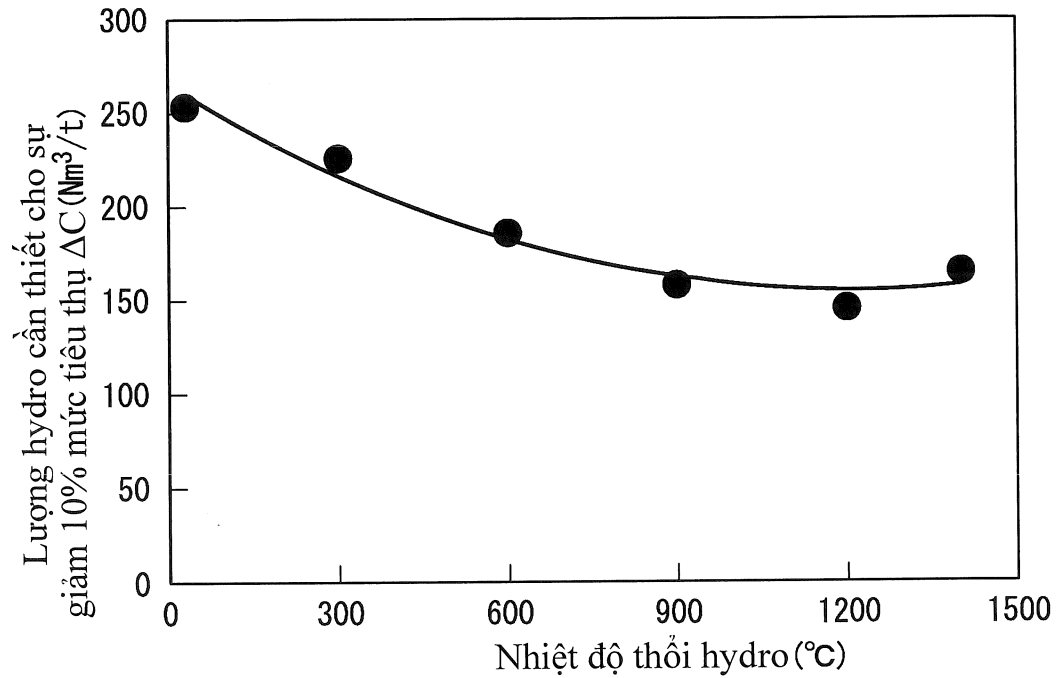


FIG. 16

