



(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)



1-0043388

(51)^{2020.01} C21B 5/00

(13) B

(21) 1-2021-05411

(22) 17/02/2020

(86) PCT/JP2020/006011 17/02/2020

(87) WO2020/171008 A1 27/08/2020

(30) 2019-026220 18/02/2019 JP

(45) 25/02/2025 443

(43) 27/12/2021 405A

(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); Koki NISHIOKA (JP); Kaoru NAKANO (JP).

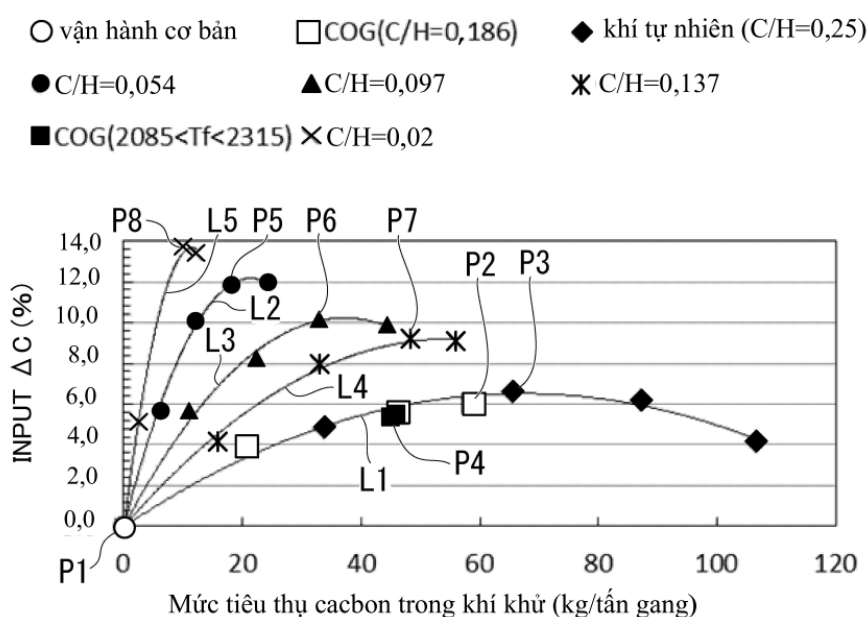
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH Lò CAO

(21) 1-2021-05411

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò cao theo một khía cạnh bao gồm: bước thu được mối tương quan giữa mức tiêu thụ cacbon trong khí khử và mức giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng gây bởi việc thổi khí khử vào lò cao cho mỗi tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử; bước xác định mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó mức giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước dựa trên mối tương quan thu được cho mỗi C/H; và bước điều chỉnh lượng khí khử được thổi vào lò cao dựa trên mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử và tỷ lệ cacbon trong khí khử.

FIG. 1



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 xu thế chủ đạo của quá trình luyện thép. Trong phương pháp lò cao, các nguyên liệu chứa sắt cho lò cao (các nguyên liệu bao gồm sắt oxit; chủ yếu là các quặng thiêu kết; sau đây được gọi đơn giản là “các nguyên liệu chứa sắt”) và than cốc được nạp lần lượt theo lớp vào lò cao từ đỉnh của lò cao, và gió nóng được thổi vào lò cao từ ống gió của phần dưới của lò cao. Gió nóng này phản ứng với than nghiền được thổi cùng với gió nóng và than cốc trong lò cao sao cho khí khử có nhiệt độ cao (ở đây, chủ yếu là khí CO) được tạo ra trong lò cao. Tức là, gió nóng làm khí hóa than cốc và than nghiền trong lò cao. Khí khử bốc lên trong lò cao và khử nguyên liệu chứa sắt trong khi nung nóng các nguyên liệu chứa sắt này. Các nguyên liệu chứa sắt được nung nóng và được khử bởi khí khử trong khi rơi trong lò cao. Tiếp theo, các nguyên liệu chứa sắt được làm nóng chảy và chảy nhỏ giọt vào lò cao trong khi được khử thêm bởi than cốc. Cuối cùng, các nguyên liệu chứa sắt được tích tụ trong đáy lò dưới dạng gang nóng chảy (gang thổi) bao gồm khoảng 5% khối lượng cacbon. Gang nóng chảy ở đáy lò được lấy ra từ lỗ tháo và được cung cấp cho quá trình luyện thép tiếp theo. Do đó, trong phương pháp lò cao, nguyên liệu cacbon như than cốc hoặc than nghiền được sử dụng làm nguyên liệu khử.

Bất ngờ là, gần đây, sự nóng lên toàn cầu đã trở thành một vấn đề xã hội, và việc làm giảm lượng phát thải cacbon dioxit (khí CO₂) là một khí gây hiệu ứng nhà kính đã được cho là biện pháp đối phó chống lại sự nóng lên toàn cầu. Như được mô tả ở trên, trong phương pháp lò cao, một lượng lớn gang thổi được sản xuất bằng cách sử dụng nguyên liệu cacbon làm nguyên liệu khử. Do đó, một lượng lớn CO₂ được tạo ra. Do đó, ngành công nghiệp thép là ngành chính liên quan đến sự phát thải khí CO₂ và cần đáp ứng yêu cầu của xã hội. Cụ thể, việc làm giảm hơn nữa tỷ lệ nguyên liệu khử (lượng nguyên liệu khử được sử dụng cho một tấn gang nóng chảy) là rất cần thiết trong quá trình vận hành lò cao. Cụ thể, tỷ lệ nguyên liệu khử để chỉ tổng khối lượng của than cốc và than nghiền cần thiết để tạo ra một tấn gang nóng chảy (và khi khí khử được thổi từ ống gió,

khí khử (được mô tả dưới đây được thổi từ ống gió).

Nguyên liệu khử có chức năng nung nóng các nguyên liệu để được nạp vào lò dưới dạng nguồn nhiệt và chức năng khử nguyên liệu chứa sắt trong lò, và cần tăng hiệu quả khử trong lò để làm giảm tỷ lệ nguyên 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 sự hấp thụ nhiệt cao. Do đó, để làm giảm tỷ lệ nguyên liệu khử, điều quan trọng là ngăn chặn sự xảy ra của phản ứng khử trực tiếp càng nhiều càng tốt. Lý do của điều này là, bằng cách ngăn chặn sự xảy ra của phản ứng khử trực tiếp càng nhiều càng tốt, lượng than cốc và nguyên liệu khử được sử dụng làm nguồn nhiệt cần thiết cho phản ứng khử trực tiếp có thể được giảm đi. Phản ứng khử trực tiếp này xảy ra trong phần dưới của lò cao. Do đó, miễn là các nguyên liệu chứa sắt có thể được khử đủ bởi khí khử như CO hoặc H_2 cho đến khi các nguyên liệu chứa sắt đi đến phần dưới của lò, các nguyên liệu chứa sắt là mục tiêu của phản ứng khử trực tiếp có thể được khử.

Để làm kỹ thuật trong lĩnh vực liên quan để giải quyết vấn đề được mô tả ở trên, ví dụ, như được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 1 đến 3, kỹ thuật cải thiện khả năng của khí khử trong lò bằng cách thổi khí khử (ví dụ, COG, LPG, hoặc khí metan) bao gồm cacbon cùng với gió nóng từ ống gió là đã biết. Theo kỹ thuật này, cacbon trong khí khử được thổi từ ống gió được biến đổi thành khí CO trong lò cao để khử các nguyên liệu chứa sắt. Kết quả là, lượng các nguyên liệu chứa sắt là mục tiêu của phản ứng khử trực tiếp có thể được giảm đi. Trong phần mô tả sau đây, nếu không được chỉ rõ theo cách khác, “cacbon” và “hydro” là “nguyên tử cacbon” và “nguyên tử hydro” tương ứng.

Tài liệu đã biết

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 5070706

Tài liệu sáng chế 3. Đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần thứ nhất số 2007-169750

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, khi lượng khí khử bao gồm cacbon được thổi (lượng của nó được thổi cho một tấn gang nóng chảy) tăng lên, lượng cacbon được cấp vào lò cao tăng lên cùng với sự tăng lượng nguyên liệu khử được thổi. Cùng với sự tăng thể tích khí khử, hệ số sử dụng khí CO trong lò cao thay đổi. Khi thể tích khí khử tăng lên quá mức, phần lớn khí khử này được xả ra mà không được sử dụng trong lò. Do đó, chỉ khi lượng khí khử được thổi tăng lên, cacbon trong khí khử được xả ra mà không được sử dụng để khử nên tỷ lệ nguyên liệu khử có thể tăng lên hoặc lượng phát thải CO₂ có thể tăng lên.

Do đó, sáng chế đã được tạo ra khi xem xét các vấn đề được mô tả ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò cao mới và cải tiến trong đó tác dụng giảm tỷ lệ nguyên liệu khử mong muốn có thể thu được.

Cách giải quyết vấn đề

Để đạt được mục đích này, các tác giả sáng chế đã định nghĩa thông số mức giảm Input_{ΔC} của mức tiêu thụ cacbon riêng gây bởi việc thổi khí khử vào lò cao. Ở đây, mức tiêu thụ cacbon riêng Input C (kg/t-pig, kg/tấn gang) để chỉ lượng cacbon được tiêu thụ cho một tấn gang nóng chảy và cụ thể hơn để chỉ tổng khối lượng của than cốc, than nghiền, và cacbon trong khí khử được thổi từ ống gió cần thiết để tạo ra một tấn gang nóng chảy. Cụ thể, Input C được tính từ biểu thức bằng số (1) sau đây.

$$\text{Input C (kg/tấn gang)} = \text{tỷ lệ than cốc (kg/tấn gang)} \times \text{tỷ lệ cacbon (\% khối lượng) trong than cốc} + \text{tỷ lệ than nghiền (kg/tấn gang)} \times \text{tỷ lệ cacbon (\% khối lượng) trong than nghiền} + \text{mức tiêu thụ khí khử được sử dụng (Nm}^3\text{/tấn gang)} \times \text{tỷ lệ cacbon (kg/Nm}^3\text{) trong khí khử (1)}$$

Ở đây, tỷ lệ than cốc và tỷ lệ than nghiền để chỉ lượng than cốc và than nghiền được sử dụng cho một tấn gang nóng chảy. Mức tiêu thụ khí khử được sử dụng để chỉ thể tích khí khử cho một tấn gang nóng chảy. Tỷ lệ cacbon trong than cốc để chỉ % khối lượng của cacbon so với tổng khối lượng của than cốc, và tỷ lệ cacbon trong than nghiền để chỉ % khối lượng của cacbon so với tổng khối lượng của than nghiền. Tỷ lệ cacbon trong khí khử để chỉ hàm lượng cacbon cho một thể tích đơn vị của khí khử. Trong biểu thức bằng số (1), thể tích (Nm³/tấn gang) của khí khử được thổi vào để sản xuất một tấn gang nóng chảy được sử dụng làm mức tiêu thụ khí khử được sử dụng, và hàm lượng cacbon (kg/Nm³) cho

một thể tích đơn vị của khí khử được sử dụng làm tỷ lệ cacbon trong khí khử. Tuy nhiên, khối lượng (kg/tấn gang) của khí khử được thổi vào để sản xuất một tấn gang nóng chảy được sử dụng làm mức tiêu thụ khí khử được sử dụng, và % khối lượng của cacbon so với tổng khối lượng của khí khử được sử dụng làm tỷ lệ cacbon trong khí khử.

Input Δ C có thể được xác định, ví dụ, dưới dạng tỷ lệ giảm (tỷ lệ phần trăm, %) của mức tiêu thụ cacbon riêng (Input C) của quá trình vận hành trong đó lượng được xác định trước của khí khử được thổi so với quá trình vận hành cơ bản. Trong quá trình vận hành cơ bản, ví dụ, các điều kiện vận hành trong đó khí khử không được thổi có thể được thiết lập. Khi Input C của quá trình vận hành cơ bản được biểu diễn bằng A (kg/tấn gang) và Input C của quá trình vận hành trong đó lượng được xác định trước của khí khử được thổi được biểu diễn bằng B (kg/tấn gang), Input Δ C được biểu diễn bằng biểu thức bằng số (2) sau đây. Chắc chắn là, mức giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng không bị giới hạn ở giá trị được biểu diễn bằng biểu thức bằng số (2) sau đây và có thể là giá trị biểu diễn mức độ giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng so với quá trình vận hành cơ bản. Ví dụ, Input Δ C có thể là hiệu số (A - B) giữa A và B.

$$\text{Input}\Delta\text{C} = (A - B) / A \times 100 (\%) \quad (2)$$

Input Δ C là thông số tương ứng với tỷ lệ nguyên liệu khử, và khi Input Δ C tăng lên, mức giảm của tỷ lệ nguyên liệu khử so với quá trình vận hành cơ bản tăng lên. Như được mô tả chi tiết dưới đây trong các ví dụ, các tác giả sáng chế đã tính Input Δ C so với lượng của nhiều khí khử được thổi bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao trong khi thay đổi loại khí khử và lượng khí khử được thổi (lượng khí khử được thổi cho một tấn gang nóng chảy). Kết quả là, miễn là lượng khí khử được thổi là nhỏ, Input Δ C tăng lên cùng với sự tăng lượng khí khử được thổi. Tuy nhiên, đã được làm rõ là, khi lượng khí khử được thổi tăng lên hơn nữa, mức tăng của Input Δ C giảm đi, và Input Δ C bắt đầu giảm đi.

Do đó, các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu đối với các thông số ảnh hưởng đến Input Δ C hoặc tỷ lệ nguyên liệu khử. Trước hết, các tác giả sáng chế tập trung vào lượng hydro được cấp vào lò cao cho một tấn gang nóng chảy (Nm³/tấn gang). Hydro được mô tả ở đây để chỉ hydro được cấp vào phía trước của ống gió và bao gồm không chỉ hydro trong khí khử mà còn hydro trong hơi ẩm do hút ẩm của không khí và hydro trong than

nghiên. Các tác giả sáng chế đã thay đổi lượng hydro được cấp bằng cách thay đổi loại khí khử và lượng khí khử được thổi và thu được mối tương quan giữa lượng hydro được cấp và tỷ lệ khử bằng hydro (%) ở thời điểm này thông qua việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao. Ở đây, việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp giống như của ví dụ 1 dưới đây. Tỷ lệ khử bằng hydro được định nghĩa là tỷ lệ sắt oxit được khử bởi hydro trong sắt oxit được nạp vào lò, và tổng của tỷ lệ khử bằng CO (tỷ lệ sắt oxit được khử bởi khí CO) và tỷ lệ khử trực tiếp (tỷ lệ sắt oxit được khử bằng cách khử trực tiếp bằng C) là 100%. Các kết quả này được thể hiện trên Fig.2. Trên Fig.2, khí lò than cốc (coke oven gas, COG), khí tự nhiên (NG), và khí hỗn hợp của khí lò than cốc và khí hydro được sử dụng làm khí khử. Ở đây, trong quá trình trộn khí lò than cốc và khí hydro đối với khí hỗn hợp, $\text{COG:H}_2 = 1:1,43$ khi tổng lượng hydro được nạp vào lò $\approx 270 \text{ Nm}^3/\text{tấn gang}$, và $\text{COG:H}_2 = 1:2,28$ khi tổng lượng hydro được nạp vào lò $\approx 340 \text{ Nm}^3/\text{tấn gang}$. Trong quá trình vận hành cơ bản, khí khử không được thổi. Kết quả là, có thể thấy rằng, bất kể loại khí khử nào, khi lượng hydro được cấp tăng lên, tỷ lệ khử bằng hydro (%) tăng lên về cơ bản là đơn điệu. Khi các nguyên liệu chứa sắt được khử hoàn toàn, tổng của tỷ lệ khử bằng hydro, tỷ lệ khử bằng CO, và tỷ lệ khử trực tiếp là 100%, và có mối quan hệ trong đó, khi tỷ lệ khử bằng hydro tăng lên, tỷ lệ khử trực tiếp (hoặc tỷ lệ khử bằng CO) giảm đi. Fig.3 thể hiện tỷ lệ khử trực tiếp ở thời điểm này. Trong thử nghiệm này, khi lượng hydro được cấp tăng lên, tỷ lệ khử bằng hydro tăng lên đơn điệu, tỷ lệ khử trực tiếp giảm đi đơn điệu, và $\text{Input}\Delta\text{C}$ tăng lên đơn điệu cùng với sự tăng lượng hydro được cấp. Do đó, tính chất đặc trưng là sự tăng $\text{Input}\Delta\text{C}$ giảm đi cùng với sự tăng lượng hydro được cấp và $\text{Input}\Delta\text{C}$ bắt đầu giảm đi không thể xảy ra. Do đó, đã phát hiện được rằng lượng hydro được cấp không là thông số ảnh hưởng đến tính chất của $\text{Input}\Delta\text{C}$ hoặc tỷ lệ nguyên liệu khử.

Tiếp theo, các tác giả sáng chế tập trung vào mức tiêu thụ của cacbon được cấp vào lò cao cùng với khí khử được thổi từ ống gió. Ở đây, mức tiêu thụ của cacbon được cấp vào lò cao cùng với khí khử là giá trị thu được bằng cách nhân tỷ lệ cacbon (kg/Nm^3) trong khí khử với thể tích khí khử cho một tấn gang nóng chảy ($\text{Nm}^3/\text{tấn gang}$). Sau đây, mức tiêu thụ của cacbon được cấp vào lò cao cùng với khí khử cũng sẽ được gọi là “mức tiêu thụ cacbon trong khí khử”.

Các tác giả sáng chế đã tính $\text{Input}\Delta\text{C}$ bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình

vận hành lò cao trong khi thay đổi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử và loại khí khử như được mô tả chi tiết dưới đây trong các ví dụ. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng có mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta\text{C}$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử.

Các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu về mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta\text{C}$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử và đã làm rõ là mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta\text{C}$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có xu hướng thay đổi giữa trường hợp trong đó tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử bằng hoặc cao hơn 0,15 và trường hợp trong đó C/H là thấp hơn 0,15. Cụ thể hơn, khi C/H trong khí khử là bằng hoặc cao hơn 0,15, mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta\text{C}$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định duy nhất bất kể loại khí khử nào (nói cách khác, bất kể C/H nào trong khí khử). Mặt khác, khi C/H trong khí khử là thấp hơn 0,15, mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta\text{C}$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử thay đổi phụ thuộc vào C/H trong khí khử. Lưu ý rằng, trong tất cả các trường hợp này, mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta\text{C}$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được biểu diễn bằng đồ thị tạo thành đường cong lồi lên trên (tức là, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là giá trị cho trước, giá trị lớn nhất được thể hiện).

Do đó, bằng cách thu được từ trước mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta\text{C}$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử cho mỗi C/H trong khí khử, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có thể được xác định sao cho $\text{Input}\Delta\text{C}$ là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước dựa vào mối tương quan này. Ngoài ra, lượng khí khử được thổi vào lò cao có thể được điều chỉnh dựa vào mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử và tỷ lệ cacbon trong khí khử. Kết quả là, $\text{Input}\Delta\text{C}$ mong muốn (tức là, $\text{Input}\Delta\text{C}$ mà bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu) có thể thu được. Tức là, tác dụng làm giảm tỷ lệ nguyên liệu khử mong muốn có thể thu được, và ngoài ra tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm đi một cách đáng tin cậy hơn. Ngoài ra, theo mối tương quan này, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là giá trị cho trước, $\text{Input}\Delta\text{C}$ thể hiện giá trị lớn nhất (đồ thị cụ thể sẽ được mô tả dưới đây). Do đó, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định sao cho $\text{Input}\Delta\text{C}$ gần với giá trị lớn nhất, tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm đi một cách hiệu quả hơn. Ngoài ra, bằng cách thu được mối tương quan cho mỗi C/H trong khí khử, lượng khí khử được thổi có thể được xác định dựa vào mối tương quan tương ứng với C/H trong khí khử này. Các tác giả sáng chế đã hoàn thành sáng chế dựa vào các phát hiện được mô tả ở trên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế là như sau.

Theo một khía cạnh của sáng chế, đã đề xuất phương pháp vận hành lò cao trong đó khí khử bao gồm các nguyên tử hydro và các nguyên tử cacbon được thổi vào lò cao, phương pháp này bao gồm: bước tìm được mối tương quan giữa mức tiêu thụ cacbon trong khí khử và sự giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng gây bởi việc thổi khí khử vào lò cao cho mỗi tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử; xác định mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó mức giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước dựa trên mối tương quan thu được cho mỗi C/H; và điều chỉnh lượng khí khử được thổi vào lò cao dựa trên mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử và tỷ lệ cacbon trong khí khử.

Ở đây, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử có thể bằng hoặc lớn hơn 0,15.

Ngoài ra, mối tương quan này có thể được biểu diễn bằng biểu thức bậc hai của mức tiêu thụ cacbon trong khí khử.

Ngoài ra, mối tương quan này có thể được biểu diễn bằng $Y = a_1X^2 + b_1X + c_1$ (trong đó X là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, Y là mức giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng, và tất cả các hệ số a_1 , b_1 , và c_1 là các giá trị không phụ thuộc vào tỷ lệ mol C/H).

Ngoài ra, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có thể được xác định trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 107 kg/tấn gang.

Ngoài ra, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có thể được xác định trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 65 kg/tấn gang.

Ngoài ra, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử có thể lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,15.

Ngoài ra, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử có thể bằng hoặc nhỏ hơn 0,13.

Ngoài ra, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử có thể bằng hoặc nhỏ hơn 0,10.

Ngoài ra, mối tương quan này có thể được biểu diễn bằng $Y = a_2X^2 + b_2X + c_2$

(trong đó X là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, Y là mức giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng, và ít nhất một trong số các hệ số a2, b2, và c2 là hàm số bao gồm tỷ lệ mol C/H là biến số).

Ngoài ra, khí khí khử được thổi vào lò cao, nhiệt độ của ngọn lửa có thể được điều chỉnh để bằng hoặc cao hơn 2000°C.

Ngoài ra, để điều chỉnh nhiệt độ của ngọn lửa bằng hoặc cao hơn 2000°C, ít nhất một trong số thể tích gió thổi hoặc tỷ lệ làm giàu oxy trong gió nóng có thể được điều chỉnh.

Ngoài ra, khí khử có thể được chọn từ nhóm bao gồm khí lò than cốc, khí tự nhiên, khí lò cao được trùng chỉnh (reformed top gas, BFG), khí thấp, khí hỗn hợp của chúng, và khí được trộn hydro thu được bằng cách trộn khí hydro với nó.

Các hiệu quả của sáng chế

Theo khía cạnh này của sáng chế, tác dụng làm giảm tỷ lệ nguyên liệu khử mong muốn có thể thu được.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa Input Δ C và mức tiêu thụ cacbon (kg/tấn gang) trong khí khử cho mỗi C/H trong khí khử.

Fig.2 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa tỷ lệ khử bằng hydro và lượng hydro được cấp vào lò cao cho một tấn gang nóng chảy (Nm³/tấn gang).

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa tỷ lệ khử trực tiếp và lượng hydro được cấp vào lò cao cho một tấn gang nóng chảy (Nm³/tấn gang).

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, phương án được ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết. Trong phương án sau đây, khoảng giới hạn bằng số được biểu diễn bằng cách sử dụng từ “đến” để chỉ khoảng bao gồm các giá trị bằng số trước và sau từ “đến” làm giới hạn dưới và giới hạn trên. Giá trị bằng số được thể hiện cùng với từ “lớn hơn” hoặc “nhỏ hơn” không được bao gồm trong một khoảng số.

1. Mối tương quan giữa Input Δ C và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử

Trước hết, mối tương quan giữa Input Δ C và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử

được thổi từ ống gió (sau đây, mối tương quan này cũng sẽ được gọi là “mối tương quan ΔC -khí khử”) sẽ được mô tả dựa vào Fig.1. Trên Fig.1 trục thẳng đứng (trục y) biểu diễn Input ΔC (%) và trục nằm ngang (trục x) biểu diễn mức tiêu thụ cacbon (kg/tấn gang) trong khí khử.

Ở đây, Input ΔC có thể được xác định là tỷ lệ giảm của mức tiêu thụ cacbon riêng gây bởi việc thổi khí khử vào lò cao. Khi Input C của quá trình vận hành cơ bản được biểu diễn bằng A (kg/tấn gang) và Input C của quá trình vận hành trong đó lượng được xác định trước của khí khử được thổi được biểu diễn bằng B (kg/tấn gang), Input ΔC được biểu diễn bằng biểu thức bằng số (2) sau đây. Lưu ý rằng Input ΔC của quá trình vận hành cơ bản trên Fig.1 bằng 0,0. Chắc chắn là, Input ΔC không bị giới hạn ở việc được biểu diễn bằng biểu thức bằng số (2) sau đây. Ví dụ, hiệu số (A-B) giữa A và B có thể thu được dưới dạng Input ΔC .

$$\text{Input}\Delta C = (A - B) / A \times 100 (\%) \quad (2)$$

Mức tiêu thụ cacbon trong khí khử để chỉ mức tiêu thụ của cacbon được cấp vào lò cao bởi khí khử được thổi từ ống gió như được mô tả ở trên, và có thể thu được bằng cách nhân tỷ lệ cacbon (kg/Nm³) trong khí khử với thể tích khí khử cho một tấn gang nóng chảy (Nm³/tấn gang).

Khí khử được thổi vào lò cao từ ống gió được bố trí trong lò cao. Khí khử này bao gồm các thành phần khử để khử các nguyên liệu chứa sắt trong lò cao. Ở đây, các thành phần khử theo phương án này bao gồm không chỉ thành phần (ví dụ khí CO hoặc khí hydro) mà có thể khử các nguyên liệu chứa sắt bởi chính nó mà còn bao gồm thành phần (ví dụ, khí CO₂ hoặc khí hydrocacbon) mà có thể tạo ra khí khử thông qua phản ứng trong lò cao (ví dụ, phản ứng với than cốc, than nghiền, hoặc tương tự hoặc phân hủy).

Mối tương quan ΔC -khí khử được thể hiện trên Fig.1 thu được bằng cách thực hiện, ví dụ, việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao. Để làm mô phỏng quá trình vận hành lò cao, ví dụ, mô hình được gọi là “Mô hình toán học lò cao” Kouji TAKATANI, Takanobu INADA, Yutaka UJISAWA, “Thiết bị mô phỏng động ba chiều cho lò cao”, ISIJ International, Vol. 39 (1999), No.1, trang15 đến 22 có thể được sử dụng. Trong mô hình toán học lò cao này, vùng bên trong của lò cao được chia theo hướng chiều cao, hướng kính, và hướng chu vi để tạo ra nhiều mắt lưới (các vùng nhỏ), và tính chất của mỗi mắt

lưới được mô phỏng. Tóm tắt việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao là như sau. Tức là, việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao được thực hiện bằng cách sử dụng các trường hợp khác nhau trong đó C/H trong khí khử và lượng khí khử được thổi (lượng của nó được thổi cho một tấn gang nóng chảy) là khác nhau. Các trường hợp này còn bao gồm quá trình vận hành cơ bản (trường hợp trong đó thể tích khí khử bằng 0). Ở đây, các điều kiện vận hành được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của ngọn lửa và nhiệt độ của gang nóng chảy càng không đổi càng tốt trong các trường hợp. Ví dụ, ít nhất một trong số thể tích gió thổi hoặc tỷ lệ làm giàu oxy trong gió nóng có thể được điều chỉnh. Ở đây, nhiệt độ của ngọn lửa để chỉ nhiệt độ trong lò trong phần đầu mút của ống gió ở phía bên trong lò, và cũng sẽ được gọi là “nhiệt độ đầu mút ống gió”. Trong quá trình vận hành thực tế, nhiệt độ của ngọn lửa được tính là nhiệt độ đốt cháy theo lý thuyết của đầu mút ống gió theo công thức Lamm được mô tả trong “Ironmaking Handbook” (Chijinshokan Co., Ltd.), Akitoshi SHIGEMI. Gió nóng được thổi vào lò cao là khí bao gồm không khí. Gió nóng này có thể bao gồm hơi ẩm do hút ẩm và oxy được làm giàu ngoài không khí. Trên sơ đồ, tỷ lệ làm giàu oxy để chỉ tỷ lệ thể tích của oxy trong gió nóng so với tổng thể tích của gió nóng, và được biểu diễn bằng “Tỷ lệ làm giàu oxy (%) = $\{(Thể tích gió thổi [Nm^3/phút] \times 0,21 + \text{lượng oxy được làm giàu [Nm}^3\text{/phút]} / (Thể tích gió thổi [Nm}^3\text{/phút]} + \text{lượng oxy được làm giàu [Nm}^3\text{/phút])\} \times 100 - 21$ ”. Ngoài ra hoặc thay cho việc điều chỉnh các yếu tố được mô tả ở trên, ít nhất một trong số tỷ lệ than cốc hoặc tỷ lệ than nghiền có thể được điều chỉnh. Kết quả là, Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử đã thu được cho mỗi trường hợp. Bất ngờ là, điểm biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử của mỗi trong số các trường hợp này được vẽ đồ thị trên mặt phẳng xy được thể hiện trên Fig.1. Các điểm P1 đến P8 là các ví dụ về các điểm được vẽ đồ thị. Đường cong được làm khớp của mỗi đồ thị đã thu được bằng cách sử dụng phương pháp tính gần đúng như phương pháp bình phương nhỏ nhất hoặc tương tự. Các đường cong được làm khớp này tạo thành đồ thị thể hiện mối tương quan ΔC -khí khử. Các đồ thị L1 đến L5 là các ví dụ về đồ thị thể hiện mối tương quan ΔC - khí khử.

1-1. Trường hợp trong đó C/H bằng hoặc cao hơn 0,15

Như được mô tả ở trên, mối tương quan giữa Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, tức là, mối tương quan ΔC -khí khử có xu hướng thay đổi giữa trường hợp trong đó tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử

bằng hoặc cao hơn 0,15 và trường hợp trong đó C/H là thấp hơn 0,15. Do đó, trước hết, mối tương quan ΔC -khí khử của trường hợp trong đó C/H bằng hoặc cao hơn 0,15 sẽ được mô tả dựa vào các điểm P1 đến P4 và đồ thị L1.

Ở đây, điểm P1 biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong quá trình vận hành cơ bản (quá trình vận hành trong đó khí khử không được thổi), các điểm P2 và P4 biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong quá trình vận hành trong đó khí lò than cốc (COG, C/H = 0,186) làm khí khử được thổi, và điểm P3 biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong quá trình vận hành trong đó khí tự nhiên (C/H = 0,25) làm khí khử được thổi. Các điểm P1 đến P3 thu được bằng cách sử dụng phương pháp giống như của ví dụ 1 được mô tả dưới đây. Điểm P4 thu được bằng cách sử dụng phương pháp giống như của ví dụ 1, chỉ khác là nhiệt độ của ngọn lửa được đặt là 2085°C hoặc 2315°C. Đồ thị L1 là đồ thị thể hiện đường cong được làm khớp của các điểm P1 đến P4, tức là, mối tương quan ΔC -khí khử.

Các ví dụ về khí khử trong đó C/H bằng hoặc cao hơn 0,15 bao gồm COG, khí tự nhiên, khí thấp, và tương tự. Khí khử có thể là khí thu được bằng cách chưng cất khí lò cao (BFG) (khí thu được bằng cách loại bỏ hơi nước và khí CO₂ khỏi khí lò cao). Trong số các khí này, khí khử bao gồm khí hydrocacbon, tức là, COG, khí tự nhiên, khí thấp hoặc tương tự là được ưu tiên. Khi khí khử này được sử dụng, khí hydrocacbon được đốt cháy trong lò để tạo ra nhiệt đốt cháy. Do đó, việc làm giảm hơn nữa tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được mong đợi. Ngoài ra, trong nhà máy luyện gang trong đó lò than cốc có mặt, năng lượng có thể được cung cấp từ chính nhà máy luyện gang bằng cách sử dụng COG. COG là được ưu tiên hơn so với các khí khử còn lại theo quan điểm chi phí. Giới hạn trên của C/H là không bị giới hạn cụ thể và, ví dụ, có thể bằng hoặc nhỏ hơn 0,3.

Thành phần của COG được sử dụng để thu được dữ liệu của các điểm P2 và P4 được thể hiện trong bảng 1, và thành phần của khí tự nhiên được sử dụng để thu được dữ liệu của điểm P3 được thể hiện trong bảng 2. Các thành phần này được xác định bằng cách sắc ký khí, phổ khối kế, hoặc tương tự. Các giá trị bằng số của mỗi trong số các thành phần được thể hiện trong bảng 1 và 2 là tỷ lệ mol (cụ thể hơn, tỷ lệ giữa các nồng độ mol (mol/l)). Lưu ý rằng C biểu diễn tỷ lệ cacbon (kg/Nm³) trong khí khử. C/H của COG có thành phần được thể hiện trong bảng 1 dưới đây là 0,185. Ví dụ về phép tính là như sau.

$$(0,065 + 0,025 + 0,292 + 0,02 \times 2 + 0,008 \times 2) / (0,535 \times 2 + 0,292 \times 4 + 0,02 \times 4 + 0,008 \times 6) = 0,185$$

Ngoài ra, C/H của khí tự nhiên có thành phần được thể hiện trong bảng 2 dưới đây là 0,271. Ví dụ về phép tính là như sau.

$$(0,85 + 0,03 \times 2 + 0,12 \times 2) / (0,85 \times 4 + 0,03 \times 4 + 0,12 \times 6) = 0,271$$

Bảng 1

Ví dụ về thành phần của COG

CO	CO ₂	H ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C	C/H
(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kg/Nm ³)	(-)
0,065	0,025	0,535	0,055	0,292	0,02	0,008	0,23	0,185

Bảng 2

Ví dụ về thành phần của khí tự nhiên

CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C	C/H
(-)	(-)	(-)	(kg/Nm ³)	(-)
0,85	0,03	0,12	0,62	0,271

Như có thể thấy từ Fig.1, các điểm P1 đến P4 có mặt gần như trên cùng một đồ thị L1. Do đó, bằng cách thu được mức tiêu thụ cacbon trong khí khử bất kể loại khí khử nào (nói cách khác, bất kể C/H nào trong khí khử), InputΔC có thể được xác định duy nhất. Tức là, InputΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có mối tương quan không phụ thuộc vào C/H, mối tương quan này được biểu diễn bằng đồ thị L1. Ngoài ra, khi việc điểm P4 có mặt trên đồ thị L1 được xem xét, có thể cho rằng mối tương quan này cũng không phụ thuộc vào nhiệt độ của ngọn lửa.

Do đồ thị L1 được biểu diễn bằng đồ thị dạng lồi lên trên, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được biểu diễn bằng biểu thức bậc hai. Ví dụ, đồ thị L1 được biểu diễn bằng biểu thức dạng số $Y = a_1X^2 + b_1X + c_1$, X là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, và Y là InputΔC. Tất cả các hệ số a_1 , b_1 , và c_1 là các giá trị không phụ thuộc vào tỷ lệ mol C/H. Trong ví dụ trên Fig.1, đồ thị L1 được biểu diễn bằng biểu thức dạng số $Y = -0,0014X^2 + 0,194X$ (tức là, $a_1 = -0,0014$, $b_1 = 0,194$, $c_1 = 0$). Chắc chắn là, đồ thị L1 không bị giới hạn ở việc được biểu diễn bằng biểu thức dạng số này.

Theo đồ thị L1, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử nằm trong khoảng bằng hoặc thấp hơn 65 kg/tấn gang, Input Δ C có mối tương quan đồng biến với mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, và khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử nằm trong khoảng cao hơn 65 kg/tấn gang, Input Δ C có mối tương quan nghịch biến với mức tiêu thụ cacbon trong khí khử. Ngoài ra, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là khoảng 65 kg/tấn gang, Input Δ C có giá trị lớn nhất. Do đó, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định sao cho Input Δ C gần với giá trị lớn nhất, tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm hơn nữa.

Cụ thể hơn, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử nằm trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 107 kg/tấn gang, Input Δ C là khoảng bằng hoặc cao hơn 4,0%. Trong trường hợp này, ví dụ, giả sử rằng tỷ lệ nguyên liệu khử của quá trình vận hành cơ bản là 375 kg/tấn gang đến 500 kg/tấn gang, tỷ lệ nguyên liệu khử được giảm khoảng 15 kg/tấn gang đến 20 kg/tấn gang hoặc nhiều hơn. Mức giảm này là giá trị đáng kể khi xem xét sự thay đổi hàng ngày của tỷ lệ nguyên liệu khử, và hiệu quả của việc giảm tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được mong đợi. Do đó, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử tốt hơn là nằm trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 107 kg/tấn gang.

Ở đây, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là khoảng 65 kg/tấn gang, Input Δ C có giá trị lớn nhất, và khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử vượt quá 65 kg/tấn gang, Input Δ C bắt đầu giảm đi. Tức là, tác dụng làm giảm Input C bị mất. Ví dụ, lý do của điều này được cho là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là cao quá mức so với lượng cần thiết để khử trong lò nên hệ số sử dụng khí giảm đi hoặc được cho là, mặc dù lượng khí khử được thổi tăng lên cùng với sự tăng mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, trong điều kiện là nhiệt độ của ngọn lửa là không đổi, tỷ lệ làm giàu oxy tăng lên cùng với sự tăng lượng khí khử được thổi và lượng khí được thổi vào lò cao thông qua lò đốt nóng giảm đi nên nhiệt cảm biến của không khí giảm đi, hoặc tương tự. Do đó, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử tốt hơn nữa là bằng hoặc thấp hơn 65 kg/tấn gang, tức là, 21 kg/tấn gang đến 65 kg/tấn gang. Trong trường hợp này, Input Δ C có thể được làm cho cao lên (cụ thể bằng hoặc cao hơn 4,0%) với một lượng nhỏ hơn của khí khử được thổi.

Ngoài ra, khi khí khử mà trong đó tỷ lệ cacbon (kg/Nm³) là thấp (cụ thể là, khí khử trong đó tỷ lệ cacbon là thấp hơn 0,6 kg/Nm³) được sử dụng, do các hạn chế của quá trình vận hành, có thể có trường hợp trong đó mức tiêu thụ cacbon trong khí khử tốt hơn là bằng

hoặc thấp hơn 65 kg/tấn gang. Sau đây, lý do của điều này sẽ được mô tả chi tiết.

Trong quá trình vận hành lò cao, nhiệt độ của ngọn lửa cần được duy trì ở giá trị không đổi cao hơn hoặc bằng giá trị được xác định trước càng nhiều càng tốt (ở đây, giá trị được xác định trước thay đổi phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau nhưng có thể là giá trị khoảng 2000°C). Lý do của điều này là, khi nhiệt độ của ngọn lửa là thấp hơn giá trị được xác định trước, khả năng cháy của than nghiền giảm đi và có vấn đề là, ví dụ, than không cháy được tạo ra và làm giảm khả năng thấm trong lò hoặc chỉ một phần than nghiền được cấp dưới dạng nguyên liệu khử có thể được sử dụng làm khí khử (mà được tạo ra trong lò), hoặc tương tự. Khi tỷ lệ cacbon (kg/Nm^3) trong khí khử được thổi từ ống gió là thấp, cần thổi một lượng lớn khí khử để điều chỉnh mức tiêu thụ cacbon trong khí khử cao hơn 65 kg/tấn gang. Kết quả là, cần tăng tỷ lệ làm giàu oxy trong gió nóng. Lý do của điều này được cho là, nếu tỷ lệ làm giàu oxy không tăng lên, có thể có trường hợp trong đó nhiệt độ của ngọn lửa không thể được duy trì ở giá trị được xác định trước hoặc cao hơn. Lưu ý rằng, khi tỷ lệ làm giàu oxy tăng lên, tỷ lệ oxy trong gió nóng tăng lên nên oxy tinh khiết được thổi. Ở thời điểm này, tỷ lệ làm giàu oxy đạt tới giới hạn trên, và tỷ lệ làm giàu oxy không thể tăng thêm được nữa.

Ví dụ, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được điều chỉnh đến 83 kg/tấn gang bằng cách sử dụng COG có thành phần được thể hiện trong bảng 1, cần thổi COG ở mức 350 Nm^3 /tấn gang. Trong trường hợp này, bằng cách tăng tỷ lệ làm giàu oxy gần bằng giới hạn trên, nhiệt độ của ngọn lửa có thể được duy trì ở giá trị được xác định trước hoặc cao hơn. Tuy nhiên, cần thiết kế cẩn thận các yếu tố vận hành sao cho nhiệt độ của ngọn lửa là rất gần với giá trị được xác định trước, và cần theo dõi cẩn thận các yếu tố này trong quá trình vận hành. Do đó, quá trình vận hành có thể được thực hiện, nhưng cần thời gian và nỗ lực cho quá trình vận hành này. Ngoài ra, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là 95 kg/tấn gang, cần thổi COG ở mức 400 Nm^3 /tấn gang. Trong trường hợp này, ngay cả khi oxy tinh khiết được thổi, có thể có trường hợp trong đó nhiệt độ của ngọn lửa không thể được duy trì ở giá trị được xác định trước hoặc cao hơn. Khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là bằng hoặc thấp hơn 65 kg/tấn gang, lượng COG được thổi có thể được làm cho thấp hơn 350 Nm^3 /tấn gang. Do đó, có thể cho phép tỷ lệ làm giàu oxy và nhiệt độ của ngọn lửa. Do đó, khi khí khử trong đó tỷ lệ cacbon (kg/Nm^3) là thấp (cụ thể là, khí khử trong đó tỷ lệ cacbon là thấp hơn 0,6 kg/Nm^3) được sử dụng, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử tốt

hơn là bằng hoặc thấp hơn 65 kg/tấn gang.

Mặt khác, khi khí tự nhiên (tỷ lệ cacbon là bằng hoặc cao hơn 0,6 kg/Nm³) được thể hiện trong bảng 2 được sử dụng, về cơ bản, các hạn chế được mô tả ở trên không có mặt. Ví dụ, ngay cả khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là 100 kg/tấn gang, mức này là cao hơn nhiều so với 65 kg/tấn gang, lượng khí khử được thổi chỉ cần bằng khoảng 170 Nm³/tấn gang. Trong trường hợp này, mặc dù sự giảm nhiệt độ của ngọn lửa là có liên quan, nhiệt độ của ngọn lửa được làm cho có giá trị được xác định trước hoặc cao hơn bằng cách tăng tỷ lệ làm giàu oxy. Do đó, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có thể được làm cho cao hơn 65 kg/tấn gang.

Do các lý do được mô tả ở trên, điểm P2 được vẽ đồ thị trong khoảng bằng hoặc thấp hơn 65 kg/tấn gang, nhưng điểm P3 được vẽ đồ thị trong khoảng rộng hơn.

Khi các điều kiện vận hành khác với các điều kiện được mô tả ở trên thay đổi, mối tương quan ΔC -khí khử có thể thay đổi nhẹ so với đồ thị L1. Tuy nhiên, ngay cả trong trường hợp này, đã cho rằng không có sự thay đổi đáng kể về khoảng ưu tiên của mức tiêu thụ cacbon trong khí khử.

1-2. Trường hợp trong đó C/H là thấp hơn 0,15

Bất ngờ là, trước hết, mối tương quan ΔC -khí khử của trường hợp trong đó C/H là thấp hơn 0,15 sẽ được mô tả dựa vào các điểm P1 và P5 đến P8 và các đồ thị L2 đến L5. Ở đây, điểm P5 biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong trường hợp trong đó C/H trong khí khử bằng 0,054, điểm P6 biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong trường hợp trong đó C/H trong khí khử bằng 0,097, điểm P7 biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong trường hợp trong đó C/H trong khí khử bằng 0,137, và điểm P8 biểu diễn Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong trường hợp trong đó C/H trong khí khử bằng 0,02. Các điểm P5 đến P8 đã thu được bằng cách sử dụng phương pháp giống như của ví dụ 2 được mô tả dưới đây. Các đồ thị L2 đến L5 là các đồ thị thể hiện các đường cong được làm khớp của các điểm P5 đến P8, tức là, các mối tương quan ΔC -khí khử tương ứng.

Các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu về khí khử (ví dụ, COG, khí tự nhiên, khí thấp, và tương tự) trong lĩnh vực liên quan, và C/H trong phần lớn khí khử là bằng hoặc cao hơn 0,15. Do đó, khí khử trong đó C/H là thấp hơn 0,15 có thể được tạo ra, ví dụ, bằng

cách trộn khí hydro với khí khử trong đó C/H là bằng hoặc cao hơn 0,15. Khí khử trong đó khí hydro được trộn có thể là khí khử bất kỳ miễn là nó là khí khử trong đó C/H là bằng hoặc cao hơn 0,15, và các ví dụ của nó bao gồm COG, khí tự nhiên, khí lò cao, khí thấp, và tương tự. Ngoài ra, phương pháp tạo ra khí khử không nhất thiết giới hạn ở phương pháp này. Ví dụ, khí khử trong đó C/H là thấp hơn 0,15 có thể được tạo ra bằng cách trộn các khí khử có C/H khác nhau với nhau (cụ thể, khí khử trong đó C/H bằng hoặc cao hơn 0,15 và khí khử trong đó C/H thấp hơn 0,02).

Như đã thấy rõ từ Fig.1, các điểm P5 đến P8 có mặt trên các đồ thị L2 đến L5 là khác nhau tương ứng. Do đó, khi C/H trong khí khử là thấp hơn 0,15, mối tương quan ΔC -khí khử thay đổi phụ thuộc vào C/H trong khí khử. Tức là, bằng cách thu được C/H trong khí khử và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, Input ΔC có thể được xác định duy nhất. Cách này, Input ΔC và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có mối tương quan phụ thuộc vào C/H, và mối tương quan cho mỗi C/H được biểu diễn bằng, ví dụ, các đồ thị L2 đến L5. Lưu ý rằng tất cả các mối tương quan này được biểu diễn bằng các đồ thị lồi lên trên (tức là, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là giá trị cho trước, giá trị lớn nhất được thể hiện). Đã cho rằng, ngay cả khi nhiệt độ của ngọn lửa thay đổi, gần như không có ảnh hưởng đến mối tương quan như trong trường hợp trong đó C/H là bằng hoặc cao hơn 0,15.

Do các đồ thị L2 đến L5 được biểu diễn bằng đồ thị dạng lồi lên trên, các đồ thị L2 đến L5 được biểu diễn bằng biểu thức bậc hai của mức tiêu thụ cacbon trong khí khử. Ví dụ, các đồ thị L2 đến L5 được biểu diễn bằng biểu thức dạng số $Y = a_2X^2 + b_2X + c_2$. Để đơn giản hóa đồ thị, Fig.1 không thể hiện đường cong của phần mà trong đó Input ΔC bắt đầu giảm đi. X là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, và Y là Input ΔC . Do hình dạng của các đồ thị L2 đến L5 thay đổi phụ thuộc vào C/H trong khí khử, ít nhất một trong số các hệ số a_2 , b_2 , và c_2 là hàm số bao gồm C/H trong khí khử là biến số. Do đó, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định sao cho Input ΔC gần với giá trị lớn nhất, tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm hơn nữa. Như được mô tả ở trên, lý do mà các đồ thị L2 đến L5 bắt đầu giảm đi từ giá trị tối đa được cho là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là cao quá mức so với lượng cần thiết để khử trong lò nên hệ số sử dụng khí giảm đi hoặc được cho là, mặc dù lượng khí khử được thổi tăng lên cùng với sự tăng mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, trong điều kiện là nhiệt độ của ngọn lửa là không đổi, tỷ lệ làm giàu oxy tăng lên cùng với sự tăng lượng khí khử được thổi và lượng khí được thổi vào lò cao thông

qua lò đốt nóng giảm đi nên nhiệt cảm biến của không khí giảm đi, và tương tự.

Các đồ thị L2 đến L5 sẽ được mô tả chi tiết hơn. Trong phạm vi của mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó $\text{Input}\Delta C$ không đạt tới giá trị lớn nhất, khi C/H giảm đi, độ dốc của các đồ thị L2 đến L5 tăng lên. Tức là, sự tăng của $\text{Input}\Delta C$ so với sự tăng đơn vị của mức tiêu thụ cacbon trong khí khử tăng lên. Do đó, khi C/H trong khí khử giảm đi, $\text{Input}\Delta C$ có thể được tăng lên một cách hiệu quả. Cụ thể hơn, C/H trong khí khử tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn 0,13, tốt hơn nữa là bằng hoặc nhỏ hơn 0,10, và còn tốt hơn nữa là bằng hoặc nhỏ hơn 0,05. Giới hạn dưới của C/H là không bị giới hạn cụ thể miễn là nó cao hơn 0.

Như được mô tả ở trên, có mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta C$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử. Mối tương quan này, tức là, mối tương quan ΔC -khí khử, có xu hướng thay đổi giữa trường hợp trong đó tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử bằng hoặc cao hơn 0,15 và trường hợp trong đó C/H là thấp hơn 0,15. Tức là, khi C/H trong khí khử bằng hoặc cao hơn 0,15, mối tương quan ΔC -khí khử được xác định duy nhất bất kể loại khí khử (nói cách khác, bất kể C/H trong khí khử). Mặt khác, khi C/H trong khí khử là thấp hơn 0,15, mối tương quan ΔC -khí khử thay đổi phụ thuộc vào C/H trong khí khử. Lưu ý rằng, trong tất cả các trường hợp này, mối tương quan giữa $\text{Input}\Delta C$ và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được biểu diễn bằng đồ thị dạng lồi lên trên (tức là, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là giá trị cho trước, giá trị lớn nhất được thể hiện).

Do đó, bằng cách thu được trước mối tương quan ΔC -khí khử cho mỗi C/H trong khí khử, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử có thể được xác định sao cho $\text{Input}\Delta C$ là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước dựa vào mối tương quan này. Ngoài ra, lượng khí khử được thổi vào lò cao có thể được điều chỉnh dựa vào mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử và tỷ lệ cacbon trong khí khử. Kết quả là, $\text{Input}\Delta C$ mong muốn (tức là, $\text{Input}\Delta C$ bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu có thể thu được. Tức là, tác dụng làm giảm tỷ lệ nguyên liệu khử mong muốn có thể thu được, và ngoài ra tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm đi một cách đáng tin cậy hơn. Phương pháp vận hành lò cao theo phương án này được thực hiện dựa trên các phát hiện được mô tả ở trên.

Trong ví dụ được mô tả ở trên, mối tương quan ΔC -khí khử thu được bằng cách

thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao, nhưng phương pháp thu được mỗi tương quan ΔC -khí khử không bị giới hạn ở đó. Tương tự, trong quá trình vận hành trong lò thực tế (bao gồm vận hành thực và vận hành thử nghiệm) hoặc vận hành thử nghiệm trong lò cao thử nghiệm, mỗi tương quan ΔC -khí khử có thể thu được bằng cách tính $\text{Input}\Delta C$ trong khi thay đổi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử.

2. Phương pháp vận hành lò cao

Tiếp theo, phương pháp vận hành lò cao theo phương án này sẽ được mô tả. Phương pháp vận hành lò cao theo phương án này bao gồm các phương pháp thứ nhất đến thứ ba được mô tả dưới đây.

2-1. Phương pháp thứ nhất

Trong phương pháp thứ nhất, mỗi tương quan ΔC -khí khử thu được cho mỗi C/H trong khí khử. Phương pháp thu được mỗi tương quan ΔC -khí khử (phương pháp thu được) là không bị giới hạn cụ thể. Ví dụ, mỗi tương quan ΔC -khí khử có thể thu được bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao. Khi mô phỏng quá trình vận hành lò cao, ví dụ, mô hình được gọi là “Mô hình toán học lò cao” Kouji TAKATANI, Takanobu INADA, Yutaka UJISAWA, “Thiết bị mô phỏng động ba chiều cho lò cao”, ISIJ International, Vol. 39 (1999), No.1, trang 15 đến 22 có thể được sử dụng. Trong mô hình toán học lò cao này, vùng bên trong của lò cao được chia theo hướng chiều cao, hướng kính, và hướng chu vi để tạo ra các mắt lưới (các vùng nhỏ), và tính chất của mỗi mắt lưới được mô phỏng. Các điều kiện tính toán của việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao là không bị giới hạn cụ thể và tốt hơn là được xác định phụ thuộc vào các điều kiện vận hành thực tế. Ví dụ, nhiệt độ của ngọn lửa tốt hơn là bằng hoặc cao hơn 2000°C. Lưu ý rằng, như được mô tả ở trên, ngay cả khi nhiệt độ của ngọn lửa thay đổi, mỗi tương quan ΔC -khí khử gần như không thay đổi. Bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao, mỗi tương quan ΔC -khí khử đã thu được cho mỗi C/H. Tức là, đồ thị thể hiện mỗi tương quan ΔC -khí khử đã thu được. Ở đây, như được mô tả ở trên, mỗi tương quan ΔC -khí khử có xu hướng thay đổi giữa trường hợp trong đó C/H trong khí khử bằng hoặc cao hơn 0,15 và trường hợp trong đó C/H trong khí khử là thấp hơn 0,15. Do đó, tốt hơn là thu được nhiều loại mỗi tương quan ΔC -khí khử của các trường hợp khác nhau.

Phương pháp thu được mỗi tương quan ΔC -khí khử sẽ được mô tả chi tiết hơn.

Việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao được thực hiện bằng cách sử dụng các trường hợp khác nhau trong đó C/H trong khí khử và lượng khí khử được thổi (lượng khí khử được thổi cho một tấn gang nóng chảy) là khác nhau. Các trường hợp này còn bao gồm quá trình vận hành cơ bản (quá trình vận hành trong đó thể tích khí khử bằng 0). Ở đây, tốt hơn là các điều kiện tính toán (các điều kiện vận hành) được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của ngọn lửa và nhiệt độ của gang nóng chảy càng không đổi càng tốt trong các trường hợp này. Để làm cho nhiệt độ của ngọn lửa không đổi, ít nhất một trong số thể tích gió thổi hoặc tỷ lệ làm giàu oxy trong gió nóng có thể được điều chỉnh. Ngoài ra hoặc thay cho việc điều chỉnh các yếu tố được mô tả ở trên, ít nhất một trong số tỷ lệ than cốc và tỷ lệ than nghiền có thể được điều chỉnh. Kết quả là, Input Δ C và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử đã thu được cho mỗi trường hợp. Bất ngờ là, điểm biểu diễn Input Δ C và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử của mỗi trong số các trường hợp này được vẽ đồ thị, ví dụ, trên mặt phẳng xy được thể hiện trên Fig.1. Các điểm P1 đến P8 là các ví dụ về các điểm được vẽ đồ thị. Tiếp theo, đường cong được làm khớp của mỗi trong số các đồ thị này đã thu được bằng cách sử dụng phương pháp tính gần đúng như phương pháp bình phương nhỏ nhất. Các đường cong được làm khớp này tạo thành đồ thị thể hiện mối tương quan Δ C-khí khử. Các đồ thị L1 đến L5 là các ví dụ về đồ thị thể hiện mối tương quan Δ C-khí khử.

2-2. Phương pháp thứ hai

Theo phương pháp thứ hai, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó Input Δ C là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước được xác định dựa vào mối tương quan Δ C-khí khử thu được trong phương pháp thứ nhất. Tức là, mối tương quan Δ C-khí khử tương ứng với C/H trong khí khử cần được sử dụng trong thực tế được chọn, và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó Input Δ C là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước được xác định dựa vào mối tương quan Δ C-khí khử được chọn này. C/H trong khí khử có thể thu được, ví dụ, bằng cách xác định thành phần của khí khử bằng cách sử dụng phương pháp xác định được mô tả ở trên và thu được C/H dựa vào thành phần được xác định này của khí khử.

Ở đây, như được mô tả ở trên, mối tương quan Δ C-khí khử được biểu diễn bằng đồ thị dạng lồi lên trên. Do đó, tốt hơn là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định sao cho Input Δ C gần với giá trị lớn nhất. Kết quả là, tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được

giảm hơn nữa. Ví dụ, khi C/H trong khí khử để được sử dụng thực tế là bằng hoặc cao hơn 0,15, tốt hơn là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định trong khoảng 21 kg/tấn gang đến 107 kg/tấn gang, và tốt hơn nữa nếu mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 65 kg/tấn gang. Lý do của điều này là như được mô tả ở trên. Tức là, bằng cách xác định mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 107 kg/tấn gang, Input Δ C có thể được điều chỉnh bằng hoặc cao hơn 4,0%. Ngoài ra, bằng cách xác định mức tiêu thụ cacbon trong khí khử nằm trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 65 kg/tấn gang, Input Δ C có thể được điều chỉnh cao lên (cụ thể là bằng hoặc cao hơn 4,0%) với một lượng nhỏ hơn của khí khử được thổi. Ngoài ra, ngay cả khi tỷ lệ cacbon trong khí khử là thấp (cụ thể là, khi tỷ lệ cacbon là thấp hơn 0,6 kg/Nm³), nhiệt độ của ngọn lửa có thể được duy trì ổn định ở mức bằng hoặc cao hơn giá trị được xác định trước trong khi tăng Input Δ C.

Khi khí khử trong đó C/H bằng hoặc cao hơn 0,15 được sử dụng và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là cao hơn 65 kg/tấn gang, như được mô tả ở trên, nhiệt độ của ngọn lửa có xu hướng giảm đi. Do đó, tốt hơn là các yếu tố vận hành bao gồm tỷ lệ làm giàu oxy được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của ngọn lửa là giá trị được xác định trước (ví dụ, 2000°C) hoặc cao hơn. Ngoài ra, trong khoảng giá trị được điều chỉnh này, Input Δ C giảm đi. Do đó, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là cao quá mức so với lượng cần thiết để khử trong lò nên hệ số sử dụng khí giảm đi. Do đó, biện pháp đối phó để cải thiện hệ số sử dụng khí có thể được áp dụng. Ví dụ, nguyên liệu chứa sắt có thể thay đổi thành nguyên liệu có khả năng khử tuyệt vời.

2-3. Phương pháp thứ ba

Theo phương pháp thứ ba, lượng khí khử được thổi vào lò cao (ví dụ, lượng khí khử được thổi cho một tấn gang nóng chảy) được điều chỉnh dựa vào mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định trong phương pháp thứ hai và tỷ lệ cacbon trong khí khử. Ví dụ, lượng khí khử được thổi có thể thu được bằng cách chia mức tiêu thụ cacbon trong khí khử cho tỷ lệ cacbon trong khí khử. Bằng cách thổi khí khử vào lò cao với lượng được xác định của nó được thổi, tác dụng làm giảm tỷ lệ nguyên liệu khử mong muốn có thể thu được. Các điều kiện vận hành khác với các điều kiện được mô tả ở trên có thể là giống như các điều kiện trong lĩnh vực liên quan.

Trên sơ đồ, trong khi nạp lần lượt các nguyên liệu chứa sắt và than cốc theo lớp vào lò cao từ đỉnh của lò cao, khí khử được thổi vào lò cao cùng với gió nóng từ ống gió được bố trí trong lò cao. Các loại nguyên liệu chứa sắt và than cốc là không bị giới hạn cụ thể, và các nguyên liệu chứa sắt và than cốc được sử dụng trong quá trình vận hành lò cao trong lĩnh vực liên quan cũng có thể được sử dụng thích hợp trong phương án này. Lượng khí khử được thổi được đặt ở giá trị được xác định trong phương pháp thứ ba. Khí khử có thể là, ví dụ, một hoặc nhiều khí được chọn từ nhóm bao gồm COG, khí tự nhiên, khí lò cao được trùng chỉnh (BFG), và khí thấp. Khí khử có thể là khí hỗn hợp của các khí hoặc khí được trộn hydro thu được bằng cách trộn khí hydro với các khí (bao gồm khí hỗn hợp). Cụ thể là, khí khử trong đó C/H là thấp hơn 0,15 có thể được tạo ra bằng cách trộn khí hydro với COG hoặc tương tự.

Khí khử có thể được thổi vào lò cao mà không được gia nhiệt nhưng tốt hơn là được thổi vào lò cao sau khi được gia nhiệt. Bằng cách thổi khí khử vào lò cao sau khi được gia nhiệt, việc làm giảm hơn nữa tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được mong đợi. Nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là khoảng 300°C đến 350°C.

Ống gió để thổi khí khử vào lò cao (sau đây, còn được gọi là “ống gió cho khí khử”) được bố trí, ví dụ, trong phần bụng lò. Ống gió cho khí khử có thể được bố trí trong phần thân lò. Ống gió cho khí khử có thể được bố trí trong cả phần thân lò và phần bụng lò. Khí khử được thổi từ phần thân lò tốt hơn là bao gồm một lượng lớn CO và/hoặc H₂ và được thổi trong khi quản lý C/H.

Giống như trong quá trình vận hành lò cao trong lĩnh vực liên quan, gió nóng được thổi vào lò cao. Nhiệt độ của gió nóng, thành phần của nó, và lượng của nó được thổi có thể là giống như các thông số này của quá trình vận hành lò cao trong lĩnh vực liên quan. Ví dụ, gió nóng bao gồm không khí và có thể còn bao gồm hơi ẩm do hút ẩm và oxy được làm giàu. Gió nóng này được thổi vào lò cao, ví dụ, từ ống gió được bố trí trong phần bụng lò. Ống gió để thổi gió nóng vào lò cao có thể chung với hoặc khác với ống gió cho khí khử.

Như được mô tả ở trên, trong phương án này, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó Input Δ C là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước được xác định dựa vào mối tương quan Δ C-khí khử thu được từ trước, và lượng khí khử được thổi được

xác định dựa vào mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử và tỷ lệ cacbon trong khí khử. Do đó, Input Δ C mong muốn có thể đạt được một cách tương đối tin cậy. Tức là, tác dụng làm giảm tỷ lệ nguyên liệu khử mong muốn có thể thu được, và ngoài ra tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm đi một cách đáng tin cậy hơn. Kết quả là, lượng phát thải CO₂ có thể được giảm đi. Ngoài ra, theo mối tương quan Δ C-khí khử, khi mức tiêu thụ cacbon trong khí khử là giá trị cho trước (giá trị này thay đổi phụ thuộc vào C/H), Input Δ C có giá trị lớn nhất. Do đó, khi giá trị đã đặt của mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định sao cho Input Δ C gần với giá trị lớn nhất, tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm hơn nữa. Ngoài ra, bằng cách thu được mối tương quan cho mỗi C/H, lượng khí khử được thổi có thể được xác định và được quản lý dựa vào mối tương quan tương ứng với C/H này trong khí khử. Do đó, các yếu tố vận hành cần thiết để làm tăng Input Δ C có thể được thiết lập và quản lý thích hợp.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các hiệu quả của một khía cạnh của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn bằng cách sử dụng các ví dụ. Tuy nhiên, các điều kiện của các ví dụ này chỉ để làm ví dụ để khẳng định khả năng vận hành và các hiệu quả của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ về điều kiện này. Sáng chế có thể chọn các điều kiện khác nhau trong phạm vi không đi chệch khỏi phạm vi của sáng chế miễn là mục đích của sáng chế có thể đạt được trong các điều kiện này.

1. Ví dụ 1

Trong ví dụ 1, bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao, đã xác nhận rằng, khi C/H bằng hoặc cao hơn 0,15, mối tương quan Δ C-khí khử có mặt.

Khi mô phỏng quá trình vận hành lò cao, “mô hình toán học lò cao” được mô tả ở trên được sử dụng. Các điều kiện tính toán được thể hiện trong bảng 3. Các nguyên liệu chứa sắt đều là các quặng thiêu kết. Ngoài ra, thành phần của các quặng thiêu kết này 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 trong đó than cốc có thành phần gồm C: 87,2% và tro: 12,6% được sử dụng được giả định (“%” biểu diễn “% khối lượng” trong tất cả các trường hợp này).

Bảng 3

Các điều kiện tính

Năng suất	tấn/ngày/m ³	2,71~2,81
Thể tích gió thổi	Nm ³ /tấn gang	4~1035
Tỷ lệ làm giàu oxy	%	7,6~78,9
Hơi ẩm do hút ẩm của không khí	g/Nm ³	5
Nhiệt độ ngọn lửa	°C	2175~2225

Trong ví dụ 1, bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao trong khi thay đổi loại khí khử (tức là, giá trị của C/H) và lượng khí khử được thổi (lượng khí khử được thổi cho một tấn gang nóng chảy), đã xác nhận rằng có mối tương quan ΔC -khí khử. Để làm khí khử, COG có thành phần được thể hiện trong bảng 1 hoặc khí tự nhiên có thành phần được thể hiện trong bảng 2 được sử dụng. Khí khử này được thổi vào lò cao từ ống gió được bố trí trong phần bụng lò. Thể tích gió thổi và tỷ lệ làm giàu oxy trong gió nóng được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của ngọn lửa càng không đổi càng tốt (tức là, là giá trị trong khoảng được thể hiện trong bảng 3) khi khí khử được thổi. Lưu ý rằng tỷ lệ làm giàu oxy được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của ngọn lửa là 2085°C trong trường hợp 8 và tỷ lệ làm giàu oxy được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của ngọn lửa là 2315°C trong trường hợp 9. Ngoài ra, trong tất cả các trường hợp này, tỷ lệ than cốc được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của gang nóng chảy là không đổi. Để làm các điều kiện cố định, tỷ lệ than nghiền là 115 kg/tấn gang, và nhiệt độ của gió thổi là 1000°C. Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 4 và Fig.1.

Bảng 4

Các kết quả tính toán

	Loại khí khử	Thể tích khí khử	Mức tiêu thụ cacbon trong khí khử	Input ΔC
	-	Nm ³ /tấn gang	kg/tấn gang	%
Trường hợp 0	Không có	0	0	0,0
Trường hợp 1	COG	88	21	4,0
Trường hợp 2	COG	191	46	5,6
Trường hợp 3	COG	244	59	6,1
Trường hợp 4	Khí tự nhiên	55	34	4,9
Trường hợp 5	Khí tự nhiên	106	65	6,6
Trường hợp 6	Khí tự nhiên	141	87	6,2
Trường hợp 7	Khí tự nhiên	173	107	4,2
Trường hợp 8	COG	195	46	5,6
Trường hợp 9	COG	193	45	5,4

Như được thể hiện trong bảng 4 và Fig.1, có thể xác nhận rằng có mối tương quan ΔC -khí khử. Ngoài ra, cũng xác nhận rằng, khi C/H trong khí khử là bằng hoặc cao hơn 0,15, mối tương quan ΔC -khí khử được xác định duy nhất bất kể loại khí khử nào (nói cách khác, bất kể C/H nào trong khí khử). Bằng cách xác định mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó Input ΔC là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước bằng cách sử dụng mối tương quan ΔC -khí khử và xác định lượng khí khử được thổi dựa vào mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử, tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm đi một cách đáng tin cậy hơn, và ngoài ra lượng phát thải CO₂ có thể được giảm đi.

2. Ví dụ 2

Trong ví dụ 2, bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao, đã xác nhận rằng, khi C/H là nhỏ hơn 0,15, có mối tương quan ΔC -khí khử.

Khi mô phỏng quá trình vận hành lò cao, “mô hình toán học lò cao” được mô tả ở trên được sử dụng. Các điều kiện tính toán là giống như của Ví dụ 1. Ngoài ra, đã giả định rằng các nguyên liệu chứa sắt và than cốc giống như của ví dụ 1 được sử dụng.

Trong ví dụ 2, bằng cách thực hiện việc mô phỏng quá trình vận hành lò cao trong khi thay đổi C/H trong khí khử và lượng khí khử được thổi (lượng khí khử được thổi cho

một tấn gang nóng chảy), đã xác nhận rằng có mối tương quan ΔC -khí khử. Trong quá trình vận hành thực tế, C/H trong khí khử có thể được điều chỉnh, ví dụ, bằng cách trộn COG có thành phần được thể hiện trong bảng 1 với khí hydro ở tỷ lệ trộn khác nhau cho mỗi trường hợp. Khí khử được thổi vào lò cao từ ống gió được bố trí trong phần bụng lò. Thể tích gió thổi và tỷ lệ làm giàu oxy trong gió nóng được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của ngọn lửa càng không đổi càng tốt (tức là, là giá trị trong khoảng được thể hiện trong bảng 3) khi khí khử được thổi. Ngoài ra, trong tất cả các trường hợp này, tỷ lệ than cốc được điều chỉnh sao cho nhiệt độ của gang nóng chảy là không đổi. Để làm các điều kiện cố định, tỷ lệ than nghiền là 115 kg/tấn gang, và nhiệt độ của gió thổi là 1000°C. Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 5 và Fig.1.

Bảng 5

Các kết quả tính toán

	C/H trong khí khử	Thể tích khí khử	Mức tiêu thụ carbon trong khí khử	Input ΔC
	-	Nm ³ /tấn gang	kg/tấn gang	%
Trường hợp 0	-	0	0	0,0
Trường hợp 1	0,054	99	6,1	5,7
Trường hợp 2	0,054	199	12,1	10,0
Trường hợp 3	0,054	294	17,9	11,8
Trường hợp 4	0,054	396	24,1	11,9
Trường hợp 5	0,097	99	11,1	5,6
Trường hợp 6	0,097	199	22,5	8,3
Trường hợp 7	0,097	292	33,0	10,2
Trường hợp 8	0,097	393	44,4	9,9
Trường hợp 9	0,137	98	16,1	4,2
Trường hợp 10	0,137	199	32,9	8,0
Trường hợp 11	0,137	293	48,4	9,2
Trường hợp 12	0,137	340	56,1	9,0
Trường hợp 13	0,02	99	2,6	5,1
Trường hợp 14	0,02	390	10,2	13,7
Trường hợp 15	0,02	473	12,3	13,4

Như được thể hiện trong bảng 5 và Fig.1, có thể xác nhận rằng có mối tương quan ΔC -khí khử. Ngoài ra, cũng xác nhận rằng, khi C/H trong khí khử là nhỏ hơn 0,15, mối tương quan ΔC -khí khử thay đổi phụ thuộc vào C/H trong khí khử. Do đó, mối tương quan tương ứng với C/H trong khí khử được chọn, và mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó Input ΔC là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước được xác định bằng cách sử dụng mối tương quan được chọn này. Bằng cách xác định lượng khí khử được thổi dựa vào mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử, tỷ lệ nguyên liệu khử có thể được giảm đi một cách đáng tin cậy hơn, và ngoài ra lượng phát thải CO_2 có thể được giảm đi.

Quyền ưu tiên được yêu cầu dựa trên đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế số 2019-026220, nộp ngày 18/2/2019, nội dung của nó được đưa vào đây bằng cách viện dẫn

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp vận hành lò cao trong đó khí khử bao gồm các nguyên tử hydro và các nguyên tử cacbon được thổi vào lò cao, phương pháp này bao gồm các bước:

thu được mối tương quan giữa mức tiêu thụ cacbon trong khí khử và mức giảm $\text{Input}\Delta\text{C}$ của mức tiêu thụ cacbon riêng gây bởi việc thổi khí khử vào lò cao cho mỗi tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử;

xác định mức tiêu thụ cacbon trong khí khử trong đó mức giảm $\text{Input}\Delta\text{C}$ của mức tiêu thụ cacbon riêng là bằng hoặc cao hơn giá trị mục tiêu được xác định trước dựa trên mối tương quan thu được cho mỗi C/H; và

điều chỉnh lượng khí khử được thổi vào lò cao dựa trên mức tiêu thụ cacbon xác định được này trong khí khử và tỷ lệ cacbon trong khí khử.

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

trong đó, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử là bằng hoặc cao hơn 0,15.

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

trong đó, mối tương quan nêu trên được biểu diễn bằng biểu thức bậc hai của mức tiêu thụ cacbon trong khí khử.

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

trong đó, mối tương quan nêu trên được biểu diễn bằng $Y = a1X^2 + b1X + c1$ (trong đó X là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, Y là mức giảm $\text{Input}\Delta\text{C}$ của mức tiêu thụ cacbon riêng, và tất cả các hệ số a1, b1 và c1 là các giá trị không phụ thuộc vào tỷ lệ mol C/H).

5. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 4,

trong đó, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 107 kg/tấn gang.

6. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 4 hoặc 5,

trong đó, mức tiêu thụ cacbon trong khí khử được xác định trong khoảng từ 21 kg/tấn gang đến 65 kg/tấn gang.

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

trong đó, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử là lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,15.

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

trong đó, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử là bằng hoặc nhỏ hơn 0,13.

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

trong đó, tỷ lệ mol C/H của các nguyên tử cacbon với các nguyên tử hydro trong khí khử là bằng hoặc nhỏ hơn 0,10.

10. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 9,

trong đó, mối tương quan nêu trên được biểu diễn bằng $Y = a_2X^2 + b_2X + c_2$ (trong đó X là mức tiêu thụ cacbon trong khí khử, Y là mức giảm Input Δ C của mức tiêu thụ cacbon riêng, và ít nhất một trong số các hệ số a_2 , b_2 , và c_2 là hàm số bao gồm tỷ lệ mol C/H là biến số).

11. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10,

trong đó, khi khí khử được thổi vào lò cao, nhiệt độ của ngọn lửa được điều chỉnh để bằng hoặc cao hơn 2000°C.

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

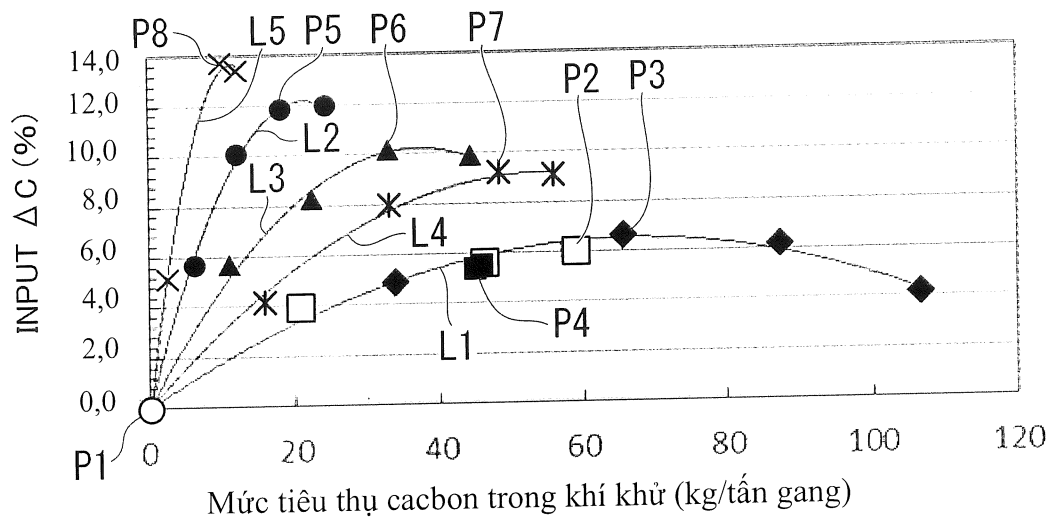
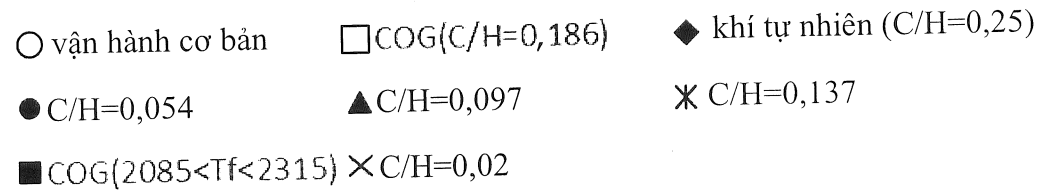
trong đó, để điều chỉnh nhiệt độ của ngọn lửa bằng hoặc cao hơn 2000°C, ít nhất một trong số thể tích gió thổi hoặc tỷ lệ làm giàu oxy trong gió nóng được điều chỉnh.

13. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12,

trong đó, khí khử được chọn từ nhóm bao gồm khí lò than cốc, khí tự nhiên, khí lò cao được trùng chỉnh (BFG), khí thấp, khí hỗn hợp của chúng và khí được trộn hydro thu được bằng cách trộn khí hydro với nó.

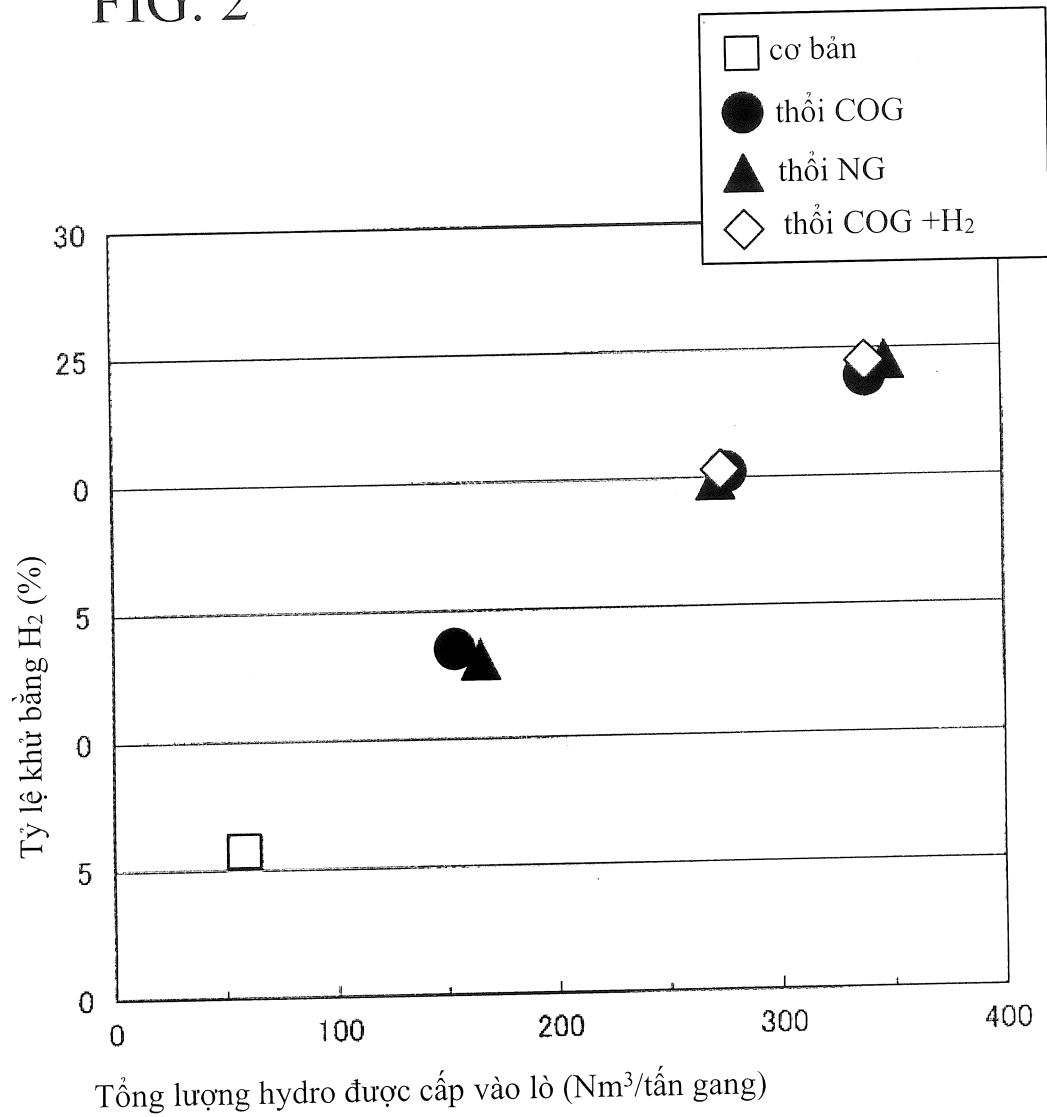
1/3

FIG. 1



2/3

FIG. 2



3/3

FIG. 3

