



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0043434
(51)^{2006.01} C21C 5/52; C21C 5/54; C21B 11/10; (13) B
C21C 1/04

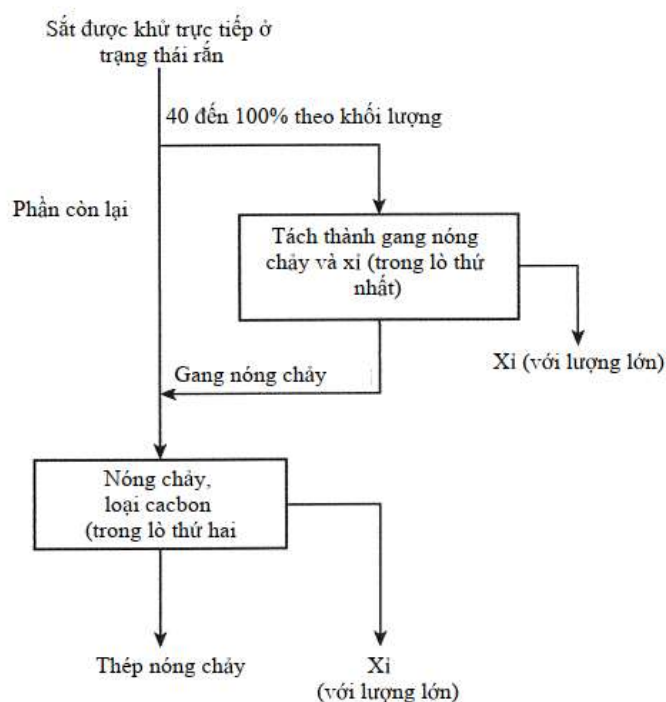
(21) 1-2022-03659 (22) 11/11/2020
(86) PCT/JP2020/042005 11/11/2020 (87) WO 2021/100565 A1 27/05/2021
(30) 2019-210829 21/11/2019 JP
(45) 25/02/2025 443 (43) 25/08/2022 413A
(73) KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (Kobe Steel, Ltd.) (JP)
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-8585 Japan
(72) Koji TOKUDA (JP); Tsuyoshi MIMURA (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP NÓNG CHẤY

(21) 1-2022-03659

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thép nóng chảy, trong đó sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn chứa SiO_2 và Al_2O_3 với tổng lượng bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng và cacbon với lượng bằng hoặc lớn hơn 1,0% theo khối lượng. Tỷ lệ của sắt kim loại với tổng hàm lượng sắt chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng, và hàm lượng cacbon dư Cx là bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng so với cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Phương pháp này bao gồm bước trong lò thứ nhất là bước làm nóng chảy 40 đến 100% theo khối lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, và tách gang thỏi nóng chảy có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1350 đến 1550°C và xỉ có độ bazơ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,4 và bước trong lò thứ hai là bước làm nóng chảy phần còn lại của sắt được khử ở trạng thái rắn cùng với gang thỏi nóng chảy được tách ra trong lò thứ nhất và thỏi oxy lên chất nóng chảy này để tách cacbon thành thép nóng chảy.

FIG. 1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thép nóng chảy.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phương pháp sản xuất sắt trực tiếp đã được thực hiện trong đó nguồn oxit sắt như quặng sắt được khử ở trạng thái rắn bằng chất chứa cacbon hoặc khí khử để thu được sắt được khử trực tiếp. Phương pháp sản xuất thép nóng chảy bằng cách khử quặng sắt bằng khí tự nhiên và làm nóng chảy sắt được khử trực tiếp thu được này trong lò điện được bộc lộ trong tài liệu phi sáng chế 1.

Trong những năm gần đây, sự sản xuất quặng sắt được gọi là loại cao cấp có hàm lượng thấp của các tạp chất như bản quặng giảm đi, nên tầm quan trọng của quặng sắt loại thấp cấp đã tăng lên.

Tuy nhiên, sắt được khử trực tiếp thu được từ quặng sắt loại thấp cấp làm nguyên liệu chứa một lượng tương đối lớn của bản quặng, nên khi bản quặng được nóng chảy trong lò điện, một lượng lớn xỉ được tạo ra cùng với thép nóng chảy.

Do hàm lượng sắt của xỉ tạo ra cùng với thép nóng chảy là cao ở mức khoảng 25% theo khối lượng, lượng xỉ càng lớn, lượng sắt chứa trong xỉ càng nhiều, và hiệu suất của thép nóng chảy giảm đáng kể. Do đó, mặc dù quặng sắt loại thấp cấp có giá thành cho một đơn vị trọng lượng thấp hơn so với quặng sắt loại cao cấp, trọng lượng của quặng sắt cần thiết để tạo ra một đơn vị trọng lượng thép nóng chảy ở quặng sắt loại thấp cấp là cao hơn đáng kể so với quặng sắt loại cao cấp, và chi phí sản xuất của thép nóng chảy cho một đơn vị trọng lượng ở quặng sắt loại thấp cấp là không khác nhiều so với chi phí của quặng sắt loại cao cấp.

Như được mô tả ở trên, việc sử dụng quặng sắt loại thấp cấp làm nguyên liệu cho sắt được khử trực tiếp hiện nay bị hạn chế bởi vì không có ưu điểm đáng kể về chi phí do hiệu suất thấp.

Sáng chế đã được tạo ra khi xem xét vấn đề này, và mục đích của nó là đề xuất phương pháp sản xuất thép nóng chảy có khả năng thu được với hiệu suất cao ngay cả khi quặng sắt loại thấp cấp được sử dụng làm nguyên liệu cho sắt được khử trực tiếp ở

trạng thái rắn.

Danh mục tài liệu viện dẫn

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế 1: Masaaki ATSUSHI, Hiroshi UEMURA, Takashi SAKAGUCHI, "MIDREX (Registered Trademark) Processes", R&D Kobe Steel Technical Report, Vol. 60, No. 1, tháng 4.2010, trang 5-11.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo kết quả của các nghiên cứu khác nhau, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng mục đích nêu trên có thể đạt được bằng các giải pháp sau đây.

Phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo một khía cạnh của sáng chế là phương pháp sản xuất thép nóng chảy sử dụng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn làm nguyên liệu, trong đó sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn này chứa SiO_2 và Al_2O_3 với lượng tổng cộng bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng và cacbon với lượng bằng hoặc lớn hơn 1,0% theo khối lượng, tỷ lệ của sắt kim loại với tổng hàm lượng sắt chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng, và hàm lượng cacbon dư C_x được chỉ ra bằng công thức (1) sau đây với cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng, phương pháp này bao gồm bước trong lò thứ nhất là bước làm nóng chảy 40 đến 100% theo khối lượng của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, và tách gang thổi nóng chảy có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1350 đến 1550°C và xỉ có độ bazơ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,4 và bước trong lò thứ hai là bước làm nóng chảy phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn cùng với gang thổi nóng chảy được tách ra trong lò thứ nhất, và thổi oxy lên chất nóng chảy này để tách cacbon thành thép nóng chảy.

$$C_x = [C] - [\text{FeO}] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947 \dots (1)$$

Trong công thức này, C_x : hàm lượng cacbon dư (% theo khối lượng), $[C]$: hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng), $[\text{FeO}]$: hàm lượng FeO của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng).

Mục đích, dấu hiệu và ưu điểm của sáng chế sẽ được làm rõ từ phần mô tả chi

tiết sau đây và các hình vẽ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ công nghệ của phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo một phương án theo sáng chế.

Fig.2 là đồ thị thể hiện ví dụ về mối quan hệ giữa lượng cacbon chứa trong sắt nóng chảy và tổng lượng sắt có thể được chứa trong xỉ cùng tồn tại với sắt nóng chảy.

Fig.3 là hình vẽ mặt cắt dọc của lò luyện gang điện có thể được sử dụng trong phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo một phương án theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo một phương án của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở đó.

Phương pháp sản xuất thép nóng chảy

Phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế là phương pháp sản xuất thép nóng chảy sử dụng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn làm nguyên liệu, trong đó sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn này chứa SiO_2 và Al_2O_3 với lượng tổng cộng bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng và cacbon với lượng bằng hoặc lớn hơn 1,0% theo khối lượng, tỷ lệ của sắt kim loại với tổng hàm lượng sắt chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng, và hàm lượng cacbon dư C_x được chỉ ra bằng công thức (1) sau đây với cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng.

$$C_x = [C] - [\text{FeO}] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947 \dots (1)$$

Trong công thức này, C_x : hàm lượng cacbon dư (% theo khối lượng), $[C]$: hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng), $[\text{FeO}]$: hàm lượng FeO của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng).

Theo cấu hình nêu trên, có thể đề xuất phương pháp sản xuất thép nóng chảy với hiệu suất cao ngay cả khi quặng sắt loại thấp cấp được sử dụng làm nguyên liệu cho sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn.

Hơn nữa, phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế,

như được thể hiện trên sơ đồ công nghệ của Fig.1, bao gồm bước trong lò thứ nhất là bước làm nóng chảy 40 đến 100% theo khối lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, và tách gang thổi nóng chảy có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1350 đến 1550°C và xỉ có độ bazơ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,4 (sau đây, được gọi là "bước trong lò thứ nhất") và bước trong lò thứ hai là bước làm nóng chảy phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn cùng với gang thổi nóng chảy được tách ra trong lò thứ nhất, và thổi oxy lên chất nóng chảy này để tách cacbon thành thép nóng chảy (sau đây, được gọi là "bước trong lò thứ hai").

Trong phần sau đây, mỗi yêu cầu của phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

Sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn

Trong phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn có tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng được sử dụng. Để làm sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, ví dụ, các nguồn oxit sắt như quặng sắt, chúng được khử ở trạng thái rắn bằng chất chứa cacbon hoặc khí khử, có thể được sử dụng. Không có giới hạn cụ thể đối với phương pháp sản xuất sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, và các phương pháp sản xuất sử dụng thiết bị sản xuất sắt được khử trực tiếp đã biết như lò có đáy quay, lò khử loại có đáy di động như ghi lò thẳng, lò đứng như lò giếng, và lò quay như lò nung quay có thể được sử dụng.

Khi tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là nhỏ hơn 3,0% theo khối lượng, nguồn oxit sắt như quặng sắt được sử dụng để tạo ra sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là loại cao cấp. Ngay cả khi sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn này được làm nóng chảy trực tiếp trong lò thứ hai, lượng xỉ được tạo ra dưới dạng sản phẩm phụ là nhỏ, nên thép nóng chảy có thể thu được với hiệu suất cao. Do đó, khi tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là nhỏ hơn 3,0% theo khối lượng, không cần áp dụng phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế trong đó sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được tạo thành gang thổi nóng chảy trong lò thứ nhất trước lò thứ hai. Do đó, trong

phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn có tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng được sử dụng.

Hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được thiết lập ở mức bằng hoặc lớn hơn 1,0% theo khối lượng. Khi sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất, FeO trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được khử bằng cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, bằng cách đó tạo ra khí CO . Bằng cách thiết lập hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn ở mức bằng hoặc lớn hơn 1,0% theo khối lượng, thể tích đủ của khí CO có thể được tạo ra, và bằng cách đó sự tạo bọt xỉ đủ có thể đạt được bằng khí CO tạo ra này. Việc gia nhiệt hiệu quả trở thành có thể đạt được bằng cách thực hiện quá trình nung nóng bằng hồ quang trong xỉ được tạo bọt này. Theo quan điểm này, hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 1,5% theo khối lượng.

Mặt khác, nếu hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là quá nhiều, nồng độ cacbon của gang thời nóng chảy có thể vượt quá nồng độ cacbon bão hòa. Khi nồng độ cacbon của gang thời nóng chảy vượt quá nồng độ cacbon bão hòa, cacbon không góp phần vào phản ứng khử của FeO được tháo ra bên ngoài lò cùng với xỉ hoặc khí xả được thải. Do đó, hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn 7,0% theo khối lượng và tốt hơn nữa là bằng hoặc nhỏ hơn 6,0% theo khối lượng.

Tỷ lệ của sắt kim loại với tổng hàm lượng sắt chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (sau đây, còn được gọi là "tỷ lệ kim loại hóa của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn" hoặc đơn giản là "tỷ lệ kim loại hóa") được thiết lập ở mức bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng. Bằng cách thiết lập tỷ lệ kim loại hóa của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn ở mức bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng, thép nóng chảy có thể được tạo ra với hiệu suất cao bằng phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế.

Khi tỷ lệ kim loại hóa của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là nhỏ hơn 90% theo khối lượng, hàm lượng FeO trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn tăng lên.

Hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn có thể được tăng lên trong quá trình thấm cacbon được thực hiện trong quá trình sản xuất sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Tuy nhiên, có giới hạn trên đối với hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn mà khả thi trong công nghiệp. Do đó, khi hàm lượng của FeO trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là cao, FeO mà không được khử bằng cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn còn lại trong lò thứ nhất. FeO không được khử này rửa giải vào xỉ ở dạng như vậy và được tháo ra khỏi lò thứ nhất cùng với xỉ. Như được mô tả ở trên, khi tỷ lệ kim loại hóa của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là nhỏ hơn 90% theo khối lượng, khó tạo ra thép nóng chảy với hiệu suất cao ngay cả khi bước trong lò thứ nhất và bước trong lò thứ hai theo phương án của sáng chế được sử dụng. Do đó, trong phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế, tỷ lệ kim loại hóa của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được thiết lập ở mức bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng. Hơn nữa, khi hàm lượng FeO trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là cao, năng lượng cần thiết để khử FeO trong bước trong lò thứ nhất và bước trong lò thứ hai cũng tăng lên. Do đó, tỷ lệ kim loại hóa của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn tốt hơn nữa là bằng hoặc cao hơn 92% theo khối lượng. Tỷ lệ kim loại hóa càng cao, tỷ lệ kim loại hóa càng trở nên tốt hơn, nên không có giới hạn trên cụ thể. Tuy nhiên, do tỷ lệ kim loại hóa quá cao sẽ làm giảm nhiều năng suất của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn trong quá trình sản xuất sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, tỷ lệ kim loại hóa tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn 98% theo khối lượng, tốt hơn nữa là bằng hoặc nhỏ hơn 97% theo khối lượng.

Trong số cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, hàm lượng cacbon dư C_x được chỉ ra bởi công thức (1) nêu trên được thiết lập ở mức bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng. Hàm lượng cacbon dư C_x là lượng cacbon còn lại (sau đây, còn được gọi là “cacbon dư”) khi toàn bộ FeO chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được khử bằng cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Bằng cách thiết lập hàm lượng cacbon dư C_x ở mức bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng, khi sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất, toàn bộ FeO chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được khử bằng cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn này. Do đó, sự rửa giải của FeO chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn vào xỉ có thể được ngăn chặn.

Ngoài ra, do hàm lượng cacbon trong sắt nóng chảy có thể được tăng lên bởi cacbon dư này, có thể làm giảm tỷ lệ thấm cacbon bên ngoài cần thiết để thu được gang thổi nóng chảy có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng. Ở đây, "thấm cacbon bên ngoài" nghĩa là nạp cacbon vào lò cùng với sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Mặt khác, "thấm cacbon bên trong" nghĩa là sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được làm cho chứa cacbon. Quá trình thấm cacbon bên trong này được thực hiện, ví dụ, trong quá trình sản xuất sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Do quá trình thấm cacbon bên ngoài là kém hơn quá trình thấm cacbon bên trong về hiệu quả thấm cacbon, hiệu quả thấm cacbon có thể được cải thiện nói chung bằng cách thiết lập hàm lượng cacbon dư C_x ở mức bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng. Ở đây, "hiệu quả thấm cacbon" có nghĩa là tỷ lệ của cacbon được hòa tan trong gang thổi nóng chảy với cacbon được nạp vào lò bằng quá trình thấm cacbon bên ngoài hoặc quá trình thấm cacbon bên trong.

Hàm lượng cacbon dư C_x tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng, và tốt hơn nữa là bằng hoặc lớn hơn 0,5% theo khối lượng. Nếu hàm lượng cacbon dư C_x là quá nhiều, nồng độ cacbon của gang thổi nóng chảy có thể vượt quá nồng độ cacbon bão hòa. Khi nồng độ cacbon của gang thổi nóng chảy vượt quá nồng độ cacbon bão hòa, như được mô tả ở trên, cacbon không góp phần vào phản ứng khử của FeO được tháo ra bên ngoài lò cùng với xỉ hoặc khí xả được thải. Do đó, hàm lượng cacbon dư C_x tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn 6,0% theo khối lượng, và tốt hơn nữa là bằng hoặc nhỏ hơn 5,0% theo khối lượng.

Tiếp theo, mỗi bước của phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

Bước trong lò thứ nhất

Trong lò thứ nhất, 40 đến 100% theo khối lượng của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, là nguyên liệu cho thép nóng chảy, được làm nóng chảy. Tỷ lệ của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất có thể được xác định phụ thuộc vào, ví dụ, tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, lượng xỉ mục tiêu được tạo ra từ lượng còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn trong lò thứ hai, và tương tự. Tốt hơn là tổng hàm lượng

của SiO_2 và Al_2O_3 càng cao, tỷ lệ của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất càng cao. Điều này là do tỷ lệ của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất càng cao, lượng xỉ tạo ra trong lò thứ hai càng nhỏ, nên hiệu suất của thép nóng chảy có thể cao hơn. Mặt khác, nếu tỷ lệ của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất được tăng lên nhiều hơn mức cần thiết, lượng điện năng sử dụng cho 1 tấn thép nóng chảy kết hợp trong bước trong lò thứ nhất và bước trong lò thứ hai tăng lên. Do đó, tỷ lệ của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 45% theo khối lượng, và tốt hơn nữa là bằng hoặc lớn hơn 50% theo khối lượng. Tỷ lệ của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn 95% theo khối lượng, tốt hơn nữa là bằng hoặc nhỏ hơn 90% theo khối lượng.

Đối với lò thứ nhất, ví dụ, lò luyện gang điện được mô tả sau đây có thể được sử dụng.

Sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nạp vào lò thứ nhất và được nung nóng, và chất tạo xỉ như vôi sống và dolomit được bổ sung nếu cần theo tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Ngoài ra, quá trình thẩm cacbon bên ngoài nếu cần theo hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, sau đó làm nóng chảy được thực hiện. Bằng các quá trình này, gang thổi nóng chảy có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1350 đến 1550°C và xỉ có độ bazơ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,4 được tách ra. Để làm giảm năng lượng cần thiết để nung nóng, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nạp vào lò thứ nhất tốt hơn là ở trạng thái trước khi nhiệt độ giảm đi sau khi tạo ra nó.

Fig.2 là đồ thị thể hiện ví dụ về mối quan hệ giữa lượng cacbon chứa trong sắt nóng chảy và tổng lượng sắt có thể được chứa trong xỉ cùng tồn tại với sắt nóng chảy. Như được thể hiện trên Fig.2, nói chung, lượng cacbon chứa trong sắt nóng chảy càng lớn, tổng lượng sắt có thể được chứa trong xỉ càng nhỏ. Tức là, gang thổi nóng chảy có hàm lượng cacbon tương đối cao được chứa trong xỉ với lượng nhỏ hơn so với thép nóng chảy có hàm lượng cacbon tương đối thấp. Trong phương án của sáng chế, gang thổi

nóng chảy để chỉ sắt nóng chảy có hàm lượng cacbon bằng hoặc lớn hơn 2,0% theo khối lượng, và thép nóng chảy để chỉ sắt nóng chảy có hàm lượng cacbon nhỏ hơn 2,0% theo khối lượng.

Trong bước trong lò thứ nhất theo phương án của sáng chế, hàm lượng cacbon của gang thổi nóng chảy được thiết lập ở mức 2,0 đến 5,0% theo khối lượng. Do đó, tổng lượng sắt có thể được chứa trong xỉ có thể giảm đi, và lượng sắt được chuyển thành xỉ có thể giảm đi. Do đó, tổng lượng sắt được tháo ra cùng với xỉ có thể giảm đi, và sự giảm hiệu suất của gang thổi nóng chảy có thể được ngăn chặn. Hơn nữa, có thể ngăn chặn sự giảm hiệu suất của thép nóng chảy thu được trong lò thứ hai. Hàm lượng cacbon của gang thổi nóng chảy tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng.

Trong lò thứ nhất, nhiệt độ của gang thổi nóng chảy được thiết lập ở mức 1350 đến 1550°C. Do đó, cacbon chứa trong sắt nóng chảy có thể được hòa tan để đưa hàm lượng cacbon của gang thổi nóng chảy đến mức nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng. Bằng cách thiết lập nhiệt độ của gang thổi nóng chảy đến mức bằng hoặc cao hơn 1350°C, độ nhớt của xỉ giảm đi, nên gang thổi nóng chảy và xỉ có thể được tách dễ dàng, và mỗi trong số gang thổi nóng chảy và xỉ có thể được tháo dễ dàng ra khỏi lò thứ nhất. Mặt khác, bằng cách thiết lập nhiệt độ của gang thổi nóng chảy ở mức bằng hoặc thấp hơn 1550°C, có thể ngăn chặn sự ăn mòn của lớp lót chịu lửa của lò thứ nhất. Nhiệt độ của gang thổi nóng chảy tốt hơn là bằng hoặc cao hơn 1400°C. Ngoài ra, nhiệt độ của gang thổi nóng chảy tốt hơn là bằng hoặc thấp hơn 1530°C.

Độ bazơ của xỉ được thiết lập ở mức nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,4. Bằng cách thiết lập độ bazơ của xỉ ở mức bằng hoặc nhỏ hơn 1,4, độ lỏng của xỉ có thể được đảm bảo, và xỉ có thể được tháo dễ dàng ra khỏi lò thứ nhất. Hơn nữa, khi vật liệu chịu lửa có tính bazơ được sử dụng làm lớp lót chịu lửa của lò thứ nhất, sự ăn mòn vật liệu chịu lửa do xỉ có thể được ngăn chặn bằng cách thiết lập độ bazơ của xỉ ở mức bằng hoặc lớn hơn 1,0. Ở đây, độ bazơ của xỉ có nghĩa là tỷ lệ khối lượng của CaO với SiO₂ (CaO /SiO₂) đối với CaO và SiO₂ chứa trong xỉ. Độ bazơ của xỉ có thể được điều chỉnh bằng cách điều chỉnh lượng chất tạo xỉ được nạp vào lò thứ nhất cùng với sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn.

Bước trong lò thứ hai

Trong lò thứ hai, phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy cùng với gang thổi nóng chảy được tách ra trong lò thứ nhất, và oxy được thổi lên chất nóng chảy này để tách cacbon thành thép nóng chảy. Do 40 đến 100% theo khối lượng của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất, phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ hai nằm trong khoảng từ 0 đến 60% theo khối lượng. Tức là, khi tổng lượng của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (100% theo khối lượng) được nóng chảy trong lò thứ nhất, không có sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (0% theo khối lượng) được nóng chảy trong lò thứ hai.

Để làm lò thứ hai, lò hồ quang điện thông thường (electric arc furnace, EAF) mà tạo ra plasma hồ quang để thực hiện quá trình nung nóng có thể được sử dụng. Gang thổi nóng chảy thu được trong lò thứ nhất được rót vào lò thứ hai, phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nạp vào đó, và sau đó gang thổi nóng chảy và sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn này được nung nóng và làm nóng chảy. Ở thời điểm này, dựa trên thành phần của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn và tương tự, chất tạo xỉ như vôi sống và dolomit có thể được bổ sung thích hợp vào chất nóng chảy nếu cần.

Chất nóng chảy được chứa trong lò thứ hai chứa gang thổi nóng chảy tăng lên bằng cách làm nóng chảy sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn và xỉ tạo ra từ SiO_2 , Al_2O_3 , v.v.. chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Oxy được thổi từ mặt trên của chất nóng chảy hoặc từ phần dưới lò để oxy hóa cacbon chứa trong gang thổi nóng chảy và loại bỏ cacbon dưới dạng cacbon monoxit. Do đó, thép nóng chảy có thể thu được. Hơn nữa, nếu cần, thành phần của xỉ có thể được điều chỉnh bằng chất tạo xỉ để chuyển các tạp chất chứa trong gang thổi nóng chảy sang xỉ, nên hàm lượng tạp chất của thép nóng chảy có thể được điều chỉnh tới giá trị mong muốn.

Độ bazơ của xỉ trong lò thứ hai là không bị giới hạn cụ thể, nhưng khi vật liệu chịu lửa có tính bazơ được sử dụng trong phần của lò thứ hai tiếp xúc với xỉ, độ bazơ của xỉ tốt hơn là cao, ví dụ bằng 1,8, để ngăn chặn sự ăn mòn của vật liệu chịu lửa có tính bazơ.

Hơn nữa, lượng cacbon chứa trong thép nóng chảy sau khi loại cacbon có thể

được điều chỉnh tới giá trị mong muốn theo việc sử dụng thép thu được bằng cách hóa rắn thép nóng chảy.

Ngoài ra, sắt vụn có thể được nạp vào lò thứ hai ngoài gang thổi nóng chảy thu được trong lò thứ nhất và phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Ngoài ra, toàn bộ lượng gang thổi nóng chảy thu được trong lò thứ nhất có thể được rót vào lò thứ hai ở dạng như vậy. Một phần của gang thổi nóng chảy thu được trong lò thứ nhất được làm nguội và đúc thành gang thổi, và gang thổi này được bổ sung vào gang thổi nóng chảy thu được trong lò thứ nhất và phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn và sau đó được nạp vào lò thứ hai. Hơn nữa, gang thổi có thể được bán ra ngoài để làm nguyên liệu cho lò luyện thép.

Theo phương pháp sản xuất sắt nóng chảy theo phương án của sáng chế, như được mô tả ở trên, sự giảm hiệu suất của gang thổi nóng chảy có thể được ngăn chặn trong lò thứ nhất, và thép nóng chảy có thể thu được từ gang thổi nóng chảy trong lò thứ hai, nên thép nóng chảy này có thể thu được với hiệu suất cao ngay cả khi quặng sắt loại thấp cấp được sử dụng làm nguyên liệu cho sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn.

Khi toàn bộ lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ nhất

Như được mô tả ở trên, khi toàn bộ lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (100% theo khối lượng) được nóng chảy trong lò thứ nhất, không có sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (0% theo khối lượng) được nóng chảy trực tiếp trong lò thứ hai mà không đi qua lò thứ nhất. Do đó, trong lò thứ hai, chỉ có gang thổi nóng chảy được tách ra trong lò thứ nhất được loại cacbon. Trong trường hợp này, do gang thổi nóng chảy không được làm nguội bằng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn và sự nung nóng gang thổi nóng chảy là không cần thiết, lò thổi có thể được sử dụng làm lò thứ hai. Điều này làm cho có thể làm giảm năng lượng cần thiết để tạo ra thép nóng chảy trong lò thứ hai. Khi lò thổi được sử dụng, chất tạo xỉ được nạp vào lò thổi cùng với gang thổi nóng chảy nếu cần, và oxy được thổi lên gang thổi nóng chảy từ ít nhất một trong số phía trên và phía dưới để loại cacbon của gang thổi nóng chảy này.

Lò luyện gang điện

Tiếp theo, lò luyện gang điện (EIF) mà có thể được sử dụng làm lò thứ nhất

trong phương pháp sản xuất thép nóng chảy của phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

Fig.3 là hình vẽ mặt cắt dọc của lò luyện gang điện. Lò luyện gang điện 10 là lò nóng chảy kiểu cố định không nghiêng được để làm nóng chảy sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn bằng cách nung nóng bằng hồ quang chủ yếu bao gồm nhiệt bức xạ. Sau đây, các số chỉ dẫn được mô tả trong các hình vẽ để chỉ 1: sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, 2: gang thỏi nóng chảy, 3: xỉ, và 5a: hồ quang.

Lò luyện gang điện 10 có thân chính 11 để chứa sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1, gang thỏi nóng chảy 2 và xỉ 3; điện cực 5 được bố trí trên phần trên của thân chính 11 để nung nóng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1, gang thỏi nóng chảy 2 và xỉ 3 chứa trong thân chính 11 bằng hồ quang 5a; bộ phận nạp 6 để nạp sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 vào thân chính 11; bộ phận xả 7 để tháo khí và bụi tạo ra bằng cách nung nóng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1, gang thỏi nóng chảy 2 và xỉ 3; bộ phận nắp 8 để đẩy thân chính 11 từ bên trên; và bộ phận làm nguội 9 để làm nguội thân chính 11. Bộ phận nắp 8 có lỗ xuyên mà điện cực 5, bộ phận nạp 6 và bộ phận xả 7 xuyên qua. Hơn nữa, thân chính 11 có lỗ tháo xỉ 11a để tháo xỉ 3 và lỗ tháo 11b được bố trí bên dưới lỗ tháo xỉ 11a để tháo gang thỏi nóng chảy 2 theo cách xuyên tương ứng qua thành. Lỗ tháo xỉ 11a và lỗ tháo 11b có thể được đóng lại bằng súng bắn bùn và được mở ra bằng khoan.

Bộ phận làm nguội 9 có bộ phận làm nguội thứ nhất 9a được bố trí để bao quanh chu vi ngoài của thân chính 11 và bộ phận làm nguội thứ hai 9b được bố trí bên trên bộ phận nắp 8. Mỗi bộ phận làm nguội thứ nhất 9a và bộ phận làm nguội thứ hai 9b có cấu trúc làm nguội bằng nước và làm nguội thân chính 11 và bộ phận nắp 8. Bộ phận làm nguội thứ nhất 9a và bộ phận làm nguội thứ hai 9b có thể có cấu trúc làm nguội bằng không khí. Bằng cách bố trí bộ phận làm nguội 9, thân chính 11 có thể được làm nguội, và sự ăn mòn vật liệu chịu lửa tạo thành thân chính 11 có thể được ngăn chặn.

Lò luyện gang điện 10 có cấu trúc kín mà có thể duy trì phần bên trong của lò trong môi trường được xác định trước. Do đó, các bộ phận mà có thể làm giảm độ kín khí trong lò, như các bộ phận nối giữa bộ phận nắp 8 và đầu trên của thân chính 11 và các bộ phận mà tiếp xúc với điện cực 5 và bộ phận xả 7 của bộ phận nắp 8, được bịt kín bằng kỹ thuật đã biết như bịt kín bằng nitơ hoặc vòng bịt kín bằng gốm. Hơn nữa, chỉ

tiết bịt kín 6a kết hợp bịt kín chất bằng phễu và bộ phận cấp liệu để tháo sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 từ phễu này được bố trí giữa bộ phận nạp 6 và bộ phận nắp 8. Cấu trúc của chi tiết bịt kín 6a không bị giới hạn ở cấu trúc này.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất gang thổi nóng chảy 2 bằng cách sử dụng lò luyện gang điện 10 sẽ được mô tả. Sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 và, nếu cần, chất tạo xỉ như vôi sống và dolomit và chất thấm cacbon bên ngoài được nạp vào thân chính 11 qua bộ phận nạp 6. Sau đó, điện cực 5 được nối điện, và sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 được nung nóng bằng hồ quang 5a được tạo ra từ đầu mút của điện cực 5. Khi nhiệt độ của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 tăng lên, sắt oxit (FeO) chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 trước hết được khử bằng cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1. Ở thời điểm này, cacbon monoxit được tạo ra, và môi trường bên trong thân chính 11 trở thành môi trường khử chủ yếu bao gồm cacbon monoxit. Tiếp theo, sắt kim loại chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được làm nóng chảy, và cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 hòa tan trong sắt kim loại nóng chảy này, nên hàm lượng cacbon trong sắt kim loại được tăng lên để tạo ra gang thổi nóng chảy 2. Hơn nữa, SiO_2 và Al_2O_3 chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy để tạo ra xỉ 3 dưới dạng sản phẩm phụ, nó nổi lên trên gang thổi nóng chảy 2. Sau khi xỉ 3 được tạo ra, đầu mút của điện cực 5 được bố trí bên trong xỉ 3 để tạo ra hồ quang 5a bên trong xỉ 3.

Trong khi điện cực 5 được nối điện, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1, chất tạo xỉ, và chất thấm cacbon bên ngoài được nạp liên tục vào thân chính 11, và lượng gang thổi nóng chảy 2 và lượng xỉ 3 tăng dần để làm tăng mức chất lỏng. Khi mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 đạt tới chiều cao được xác định trước bên dưới lỗ tháo xỉ 11a, hoặc khi mức chất lỏng của xỉ 3 đạt tới chiều cao được xác định trước bên trên lỗ tháo xỉ 11a, lỗ tháo xỉ 11a được mở để bắt đầu tháo xỉ 3, và chiều cao của mức chất lỏng của xỉ 3 được điều chỉnh. Mức chất lỏng của xỉ 3 được duy trì bên trên đầu trên của lỗ tháo xỉ 11a sao cho môi trường bên trong thân chính 11 được duy trì. Hơn nữa, độ dày của lớp xỉ 3 được duy trì ít nhất bằng hoặc lớn hơn độ dày được xác định trước nên hồ quang 5a có thể được tạo ra trong xỉ 3. Do đó, xỉ 3 có thể được tháo liên tục ra khỏi thân chính 11 trong khi sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 được nạp liên tục vào thân chính 11.

Khi mức chất lỏng của xỉ 3 giảm tới đầu trên của lỗ tháo xỉ 11a hoặc khi độ dày của xỉ 3 đạt tới độ dày được xác định trước nêu trên, lỗ tháo xỉ 11a được đóng lại, và khi mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 đạt tới chiều cao được xác định trước bên dưới lỗ tháo xỉ 11a hoặc khi mức chất lỏng của xỉ 3 đạt tới chiều cao được xác định trước bên trên lỗ tháo xỉ 11a, lỗ tháo xỉ 11a lại được mở ra. Cần lưu ý rằng chiều cao của mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 và độ dày của xỉ 3 được ước tính từ lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 được nạp vào thân chính 11.

Hơn nữa, khi mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 đạt tới chiều cao được xác định trước bên trên lỗ tháo 11b, sự tháo gang thổi nóng chảy 2 được bắt đầu và chiều cao của mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 được điều chỉnh. Mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 được duy trì bên trên lỗ tháo 11b nên xỉ 3 không được tháo ra cùng với gang thổi nóng chảy 2. Do đó, gang thổi nóng chảy 2 có thể được tháo liên tục ra khỏi thân chính 11 trong khi sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn 1 được nạp liên tục vào thân chính 11.

Khi mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 giảm tới đầu trên của lỗ tháo 11b, lỗ tháo 11b được đóng lại, và khi mức chất lỏng của gang thổi nóng chảy 2 đạt tới chiều cao được xác định trước hoặc khi mức chất lỏng của xỉ 3 đạt tới chiều cao được xác định trước bên trên lỗ tháo xỉ 11a, lỗ tháo 11b lại được mở ra.

Như được mô tả ở trên, bằng cách sử dụng lò luyện gang điện nêu trên làm lò thứ nhất trong phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo phương án của sáng chế, gang thổi có thể được tạo ra liên tục từ sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn và có thể được tạo ra một cách hiệu quả, nên nói chung thép nóng chảy có thể được tạo ra một cách hiệu quả.

Sáng chế bộc lộ các khía cạnh khác nhau của các kỹ thuật như được mô tả ở trên, và các kỹ thuật chính được tóm tắt dưới đây.

Như được mô tả ở trên, phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo một khía cạnh của sáng chế là phương pháp sản xuất thép nóng chảy sử dụng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn làm nguyên liệu, trong đó sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn này chứa SiO_2 và Al_2O_3 với tổng lượng bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng và cacbon với lượng bằng hoặc lớn hơn 1,0% theo khối lượng, tỷ lệ của sắt kim loại với

tổng hàm lượng sắt chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng, và hàm lượng cacbon dư C_x được chỉ ra bằng công thức (1) sau đây với cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng, phương pháp này bao gồm bước trong lò thứ nhất là bước làm nóng chảy 40 đến 100% theo khối lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, và tách gang thổi nóng chảy có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1350 đến 1550°C và xỉ có độ bazơ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,4 và bước trong lò thứ hai là bước làm nóng chảy phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn cùng với gang thổi nóng chảy được tách ra trong lò thứ nhất, và thổi oxy lên chất nóng chảy này để tách cacbon thành thép nóng chảy.

$$C_x = [C] - [FeO] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947 \dots (1)$$

Trong công thức này, C_x : hàm lượng cacbon dư (% theo khối lượng), $[C]$: hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng), $[FeO]$: hàm lượng FeO của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng).

Theo cấu hình này, tổng lượng sắt có thể được chứa trong xỉ được tách ra có thể giảm đi trong lò thứ nhất, và tổng lượng sắt được tháo ra cùng với xỉ có thể giảm đi. Do đó, sự giảm hiệu suất của gang thổi nóng chảy có thể được ngăn chặn trong lò thứ nhất, và thép nóng chảy có thể thu được từ gang thổi nóng chảy này trong lò thứ hai. Do đó, ngay cả khi quặng sắt loại thấp cấp được sử dụng làm nguyên liệu cho sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, thép nóng chảy có thể thu được với hiệu suất cao.

Trong lò thứ nhất có cấu hình nêu trên, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn có thể được nóng chảy bằng hồ quang, và gang thổi nóng chảy và xỉ có thể được tháo ra liên tục tương ứng từ lò thứ nhất.

Do đó, gang thổi nóng chảy có thể được tạo ra một cách hiệu quả trong lò thứ nhất, nên thép nóng chảy có thể được tạo ra một cách hiệu quả bằng phương pháp sản xuất thép nóng chảy nói chung.

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn dựa vào các ví dụ. Các ví dụ sau đây không được hiểu là làm giới hạn phạm vi của sáng chế, và sáng chế có thể được thực hiện với các cải biến được bổ sung trong phạm vi phù hợp với các mục đích được

mô tả ở trên và dưới đây, và cải biến bất kỳ trong số chúng cần được bao gồm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các điều kiện thử nghiệm

Việc mô phỏng bằng máy tính được thực hiện đối với quá trình sản xuất thép nóng chảy của các thử nghiệm số 1 đến 3 sau đây bằng cách sử dụng lò luyện gang điện (lò thứ nhất) và lò hồ quang điện (lò thứ hai) được mô tả ở trên và sử dụng các sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, mỗi sắt này có thành phần được thể hiện trong bảng 1 làm nguyên liệu. Sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn A1 được tạo ra từ quặng sắt loại thấp cấp làm nguyên liệu và có tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 bằng 7,63% theo khối lượng. Sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn A2 được tạo ra từ quặng sắt loại cao cấp làm nguyên liệu và có tổng hàm lượng của SiO_2 và Al_2O_3 bằng 2,47% theo khối lượng. Tỷ lệ kim loại hóa là 94,0% trong mỗi trường hợp. “T.Fe” được thể hiện trong bảng 1 có nghĩa là tổng hàm lượng sắt chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn.

Bảng 1

Sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn	Thành phần (% theo khối lượng)						SiO_2 + Al_2O_3	Tỷ lệ kim loại hóa (%)
	T.Fe	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	C		
A1	88,3	7,63	0,00	0,47	0,51	1,5	7,63	94,0
A2	93,1	1,72	0,75	0,89	0,34	1,5	2,47	94,0

Thử nghiệm 1

Thử nghiệm 1 là ví dụ theo sáng chế. Trong thử nghiệm 1, thử nghiệm được thực hiện bằng cách sử dụng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn A1. Trong lò thứ nhất, 70% theo khối lượng của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được tạo thành gang thổi nóng chảy. Trong lò thứ hai, phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy cùng với gang thổi nóng chảy thu được trong lò thứ nhất và sau đó được loại cacbon để thu được thép nóng chảy.

Trong lò thứ nhất, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn ở 500°C được nạp vào lò luyện gang điện, và hàm lượng cacbon của gang thổi nóng chảy được thiết lập ở 3,0% theo khối lượng. Trong lò thứ hai, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn ở 25°C được nạp vào lò hồ quang điện, và hàm lượng cacbon của thép nóng chảy được thiết lập ở 0,05% theo khối lượng.

Trong cả lò thứ nhất và lò thứ hai, vôi sống và dolomit được sử dụng làm chất tạo xỉ, và như được thể hiện trong các bảng 2 và 3, độ bazơ của xỉ được thiết lập ở mức 1,3 trong lò thứ nhất và 1,8 trong lò thứ hai. Nhiệt độ của gang thỏi nóng chảy của lò thứ nhất là thấp hơn nhiệt độ của thép nóng chảy của lò thứ hai, và hàm lượng FeO của xỉ cũng là thấp, nên tải lượng vật liệu chịu lửa có tính bazơ được giảm đi để làm cho có thể làm giảm độ bazơ của xỉ của lò thứ nhất.

Thử nghiệm 2 và thử nghiệm 3

Thử nghiệm 2 và thử nghiệm 3 là các ví dụ so sánh. Thử nghiệm này được thực hiện bằng cách sử dụng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn A1 trong thử nghiệm 2 và sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn A2 trong thử nghiệm 3. Trong cả thử nghiệm 2 và thử nghiệm 3, toàn bộ (100% theo khối lượng) sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy trong lò thứ hai và được loại cacbon để thu được thép nóng chảy. Do đó, trong thử nghiệm 2 và thử nghiệm 3, lò thứ nhất không được sử dụng.

Trong cả thử nghiệm 2 và thử nghiệm 3, sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn ở 500°C được nạp vào lò hồ quang điện, và hàm lượng cacbon của thép nóng chảy được thiết lập ở 0,05% theo khối lượng. Ngoài ra, vôi sống và dolomit được sử dụng làm chất tạo xỉ, và độ bazơ của xỉ được thiết lập ở mức 1,8 như được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 2

Lò thứ nhất	Thử nghiệm 1
Độ bazơ của xỉ	1,3
Hàm lượng MgO của xỉ (% theo khối lượng)	15
Hàm lượng FeO của xỉ (% theo khối lượng)	1,0
Hàm lượng cacbon của gang thỏi nóng chảy (% theo khối lượng)	3,0
Nhiệt độ của gang thỏi nóng chảy (°C)	1530
Lượng sắt được khử trực tiếp (500°C) được sử dụng (kg/tấn)	1098
Lượng vôi sống được sử dụng (kg/tấn)	88,3
Lượng dolomit được sử dụng (kg/tấn)	55,4
Lượng cacbon được sử dụng (kg/tấn) (thấm cacbon bên ngoài)	28,50
Lượng oxy được sử dụng (Nm ³ /tấn)	0
Lượng điện năng được sử dụng (kW giờ/tấn)	591,1
Lượng xỉ tạo ra (kg/tấn)	237
Hiệu suất của gang thỏi nóng chảy (%)	99,8

Bảng 3

Lò thứ hai	Thử nghiệm 1	Thử nghiệm 2	Thử nghiệm 3
Độ bazơ của xỉ	1,8	1,8	1,8
Hàm lượng MgO của xỉ (% theo khối lượng)	12	12	12
Hàm lượng FeO của xỉ (% theo khối lượng)	25,0	25,0	25,0
Hàm lượng cacbon của thép nóng chảy (% theo khối lượng)	0,05	0,05	0,05
Nhiệt độ của thép nóng chảy (°C)	1630	1630	1630
Lượng gang thổi nóng chảy (1300°C) được sử dụng	744,23	0	0
Lượng sắt được khử trực tiếp (25°C) được sử dụng (kg/tấn)	355,1	0	0
Lượng sắt được khử trực tiếp (500°C) được sử dụng (kg/tấn)	0	1231	1095
Lượng vôi sống được sử dụng (kg/tấn)	54,9	149,4	19,3
Lượng dolomit được sử dụng (kg/tấn)	34	87,0	18,4
Lượng điện năng được sử dụng (kW giờ/tấn)	203,9	542,5	461,5
Lượng cacbon được sử dụng (kg/tấn) (thấm cacbon bên ngoài)	0	0	0
Lượng oxy được sử dụng (Nm ³ /tấn)	31,7	23,2	7,6
Lượng xỉ tạo ra (kg/tấn)	169	456	104
Hiệu suất của thép nóng chảy (%)	96,8	91,9	98,0

Các kết quả thử nghiệm

Bảng 2 thể hiện lượng các nguyên liệu và điện năng được sử dụng để sản xuất cho 1 tấn gang thổi nóng chảy, lượng xỉ tạo ra, và hiệu suất của gang thổi nóng chảy. Bảng 3 thể hiện lượng các nguyên liệu và điện năng được sử dụng để sản xuất cho 1 tấn thép nóng chảy, lượng xỉ tạo ra, và hiệu suất của thép nóng chảy. Bảng 4 thể hiện lượng các nguyên liệu và điện năng được sử dụng để sản xuất cho 1 tấn thép nóng chảy thu được bằng cách kết hợp bước trong lò thứ nhất và bước trong lò thứ hai, và hiệu suất của thép nóng chảy. Ở đây, hiệu suất của gang thổi nóng chảy là tỷ lệ (% theo khối lượng) của hàm lượng sắt được thu hồi dưới dạng gang thổi nóng chảy với hàm lượng sắt được nạp vào lò thứ nhất dưới dạng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn. Liên quan đến hiệu suất của thép nóng chảy, tỷ lệ (% theo khối lượng) của sắt được thu hồi dưới dạng thép nóng chảy với hàm lượng sắt được nạp vào lò thứ hai dưới dạng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn và gang thổi nóng chảy trong thử nghiệm 1 và dưới dạng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn trong thử nghiệm 2 và thử nghiệm 3. Liên quan đến

thử nghiệm 1, "tổng hiệu suất của thép nóng chảy" trong bảng 4 được tính theo tỷ lệ phần trăm (% theo khối lượng) của hàm lượng sắt được thu hồi dưới dạng thép nóng chảy trong lò thứ hai với tổng hàm lượng sắt được nạp vào lò thứ nhất và lò thứ hai dưới dạng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn.

Thử nghiệm 1

Trong thử nghiệm 1, hàm lượng cacbon của gang thổi nóng chảy là cao ở mức 3,0% trong lò thứ nhất, nên hàm lượng FeO của xỉ là thấp ở mức 1,0% theo khối lượng. Do đó, hàm lượng sắt được tháo ra cùng với xỉ có thể được giảm đi, và gang thổi nóng chảy có thể được tạo ra với hiệu suất cao bằng 99,8%. Lượng xỉ tạo ra trong lò thứ nhất là 237 kg/tấn, đây là lượng không gây ra các vấn đề vận hành bất kỳ.

Trong lò thứ hai, hàm lượng cacbon của thép nóng chảy được giảm tới 0,05% theo khối lượng, nên hàm lượng FeO của xỉ là cao ở mức 25,0% theo khối lượng. Tuy nhiên, lượng xỉ tạo ra là 169 kg/tấn, lượng này là nhỏ hơn đáng kể so với lượng 456 kg/tấn của xỉ tạo ra trong thử nghiệm 2 trong đó toàn bộ lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn A1 này được nóng chảy trong lò thứ hai, và lượng sắt được tháo ra cùng với xỉ có thể được giảm đi. Ngoài ra, lượng xỉ này là lượng không gây ra các vấn đề vận hành bất kỳ.

Tổng hiệu suất của thép nóng chảy trong toàn bộ quá trình trong lò thứ nhất và trong lò thứ hai là cao ở mức 96,7%, và ngay cả khi quặng sắt loại thấp cấp được sử dụng làm nguyên liệu cho sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, thép nóng chảy có thể thu được với hiệu suất cao.

Thử nghiệm 2

Trong thử nghiệm 2, hàm lượng cacbon của thép nóng chảy được giảm tới 0,05% theo khối lượng trong lò thứ hai, nên hàm lượng FeO của xỉ là cao ở mức 25,0% theo khối lượng. Ngoài ra, do lò thứ nhất không được sử dụng, tổng lượng xỉ được tạo ra trong lò thứ hai. Do đó, một lượng lớn sắt được tháo ra cùng với xỉ, và hiệu suất của thép nóng chảy là thấp ở mức 91,9%.

Ngoài ra, lượng xỉ tạo ra là cao ở mức 456 kg/tấn. Xỉ tạo ra với lượng lớn này cần thời gian dài để làm nóng chảy chất tạo xỉ, và cần thời gian dài để tháo xỉ nóng chảy

ra khỏi lò thứ hai, điều này làm giảm đáng kể năng suất của thép nóng chảy. Ngoài ra, do một lượng lớn xỉ được giữ trong lò và làm nóng chảy, cần cải biến thiết bị như tăng lớp vỏ của lò. Lượng lớn xỉ này gây khó khăn cho công tác vận hành.

Thử nghiệm 3

Trong thử nghiệm 3, quặng sắt loại cao cấp được sử dụng làm nguyên liệu cho sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, nên lượng xỉ tạo ra là nhỏ ở mức 104 kg/tấn. Do đó, hàm lượng sắt được tháo ra cùng với xỉ là nhỏ, và hiệu suất của thép nóng chảy là 98,0%, hiệu suất này là cao hơn so với thử nghiệm 1. Ngoài ra, lượng xỉ tạo ra này là lượng không gây ra các vấn đề vận hành bất kỳ.

Bảng 4

	Thử nghiệm 1 (toàn bộ quá trình)	Thử nghiệm 2	Thử nghiệm 3
Tổng lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được sử dụng (kg/tấn)	1172	1231	1095
Tổng hiệu suất của thép nóng chảy (%)	96,7	91,9	98,0
Tổng lượng điện năng được sử dụng (kW giờ/tấn)	644	542,5	461,5
Tổng lượng cacbon được sử dụng (kg/tấn) (thấm cacbon bên ngoài)	21,2	0	0
Tổng lượng oxy được sử dụng (Nm ³ /tấn)	31,7	23,2	7,6
Tổng lượng vôi sống được sử dụng (kg/tấn)	120,6	149,4	19,3
Tổng lượng dolomit được sử dụng (kg/tấn)	75,2	87,0	18,4

Tóm lại

Như được mô tả ở trên, theo phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo sáng chế, đã khẳng định được rằng ngay cả khi quặng sắt loại thấp cấp được sử dụng, thép nóng chảy có thể thu được với hiệu suất cao tương đương với hiệu suất khi quặng sắt loại cao cấp được sử dụng.

Đơn này dựa trên đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2019-210829 nộp tại Cơ quan sáng chế Nhật Bản ngày 21.11.2019, nội dung của nó được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Để mô tả sáng chế, sáng chế được mô tả trong phần nêu trên một cách thích hợp và đủ bằng cách sử dụng các phương án dựa vào các ví dụ cụ thể và tương tự. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các thay đổi và/hoặc cải biến đối với các phương án nêu trên sẽ dễ dàng được thực hiện với người có hiểu biết trong lĩnh vực này. Do đó, trừ khi thay đổi hoặc cải biến được thực hiện bởi người có hiểu biết trong lĩnh vực này nằm ngoài phạm vi của các yêu cầu bảo hộ kèm theo, thay đổi hoặc cải biến này cần được bao gồm trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Khả năng áp dụng trong công nghiệp

Sáng chế có khả năng áp dụng rộng rãi trong công nghiệp trong các lĩnh vực kỹ thuật liên quan đến phương pháp sản xuất thép nóng chảy.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất thép nóng chảy sử dụng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn làm nguyên liệu thô, trong đó:

sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn này chứa SiO_2 và Al_2O_3 với lượng tổng cộng bằng hoặc lớn hơn 3,0% theo khối lượng và cacbon với lượng bằng hoặc lớn hơn 1,0% theo khối lượng,

tỷ lệ của sắt kim loại với tổng hàm lượng sắt chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 90% theo khối lượng, và

hàm lượng cacbon dư C_x được chỉ ra bằng công thức (1) sau đây với cacbon chứa trong sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn là bằng hoặc lớn hơn 0,2% theo khối lượng,

phương pháp này bao gồm:

bước trong lò thứ nhất là bước làm nóng chảy 40 đến 100% theo khối lượng sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn, và tách gang thổi nóng chảy có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0% theo khối lượng và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1350 đến 1550°C và xỉ có độ bazơ nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,4 và

bước trong lò thứ hai là bước làm nóng chảy phần còn lại của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn cùng với gang thổi nóng chảy được tách ra trong lò thứ nhất, và thổi oxy lên chất nóng chảy này để tách cacbon thành thép nóng chảy,

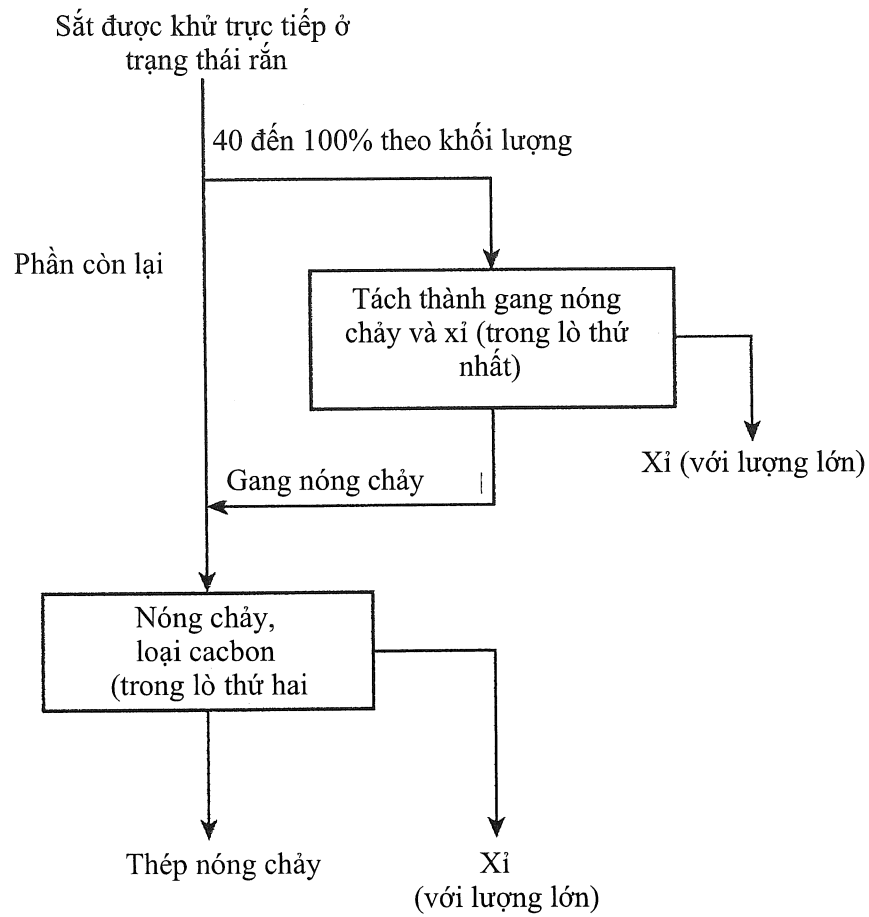
$$C_x = [C] - [\text{FeO}] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947 \dots (1)$$

trong công thức này, C_x : hàm lượng cacbon dư (% theo khối lượng), $[C]$: hàm lượng cacbon của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng), $[\text{FeO}]$: hàm lượng FeO của sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn (% theo khối lượng).

2. Phương pháp sản xuất thép nóng chảy theo điểm 1, trong đó sắt được khử trực tiếp ở trạng thái rắn được nóng chảy bằng hồ quang trong lò thứ nhất, và gang thổi nóng chảy và xỉ được tháo ra liên tục tương ứng từ lò thứ nhất.

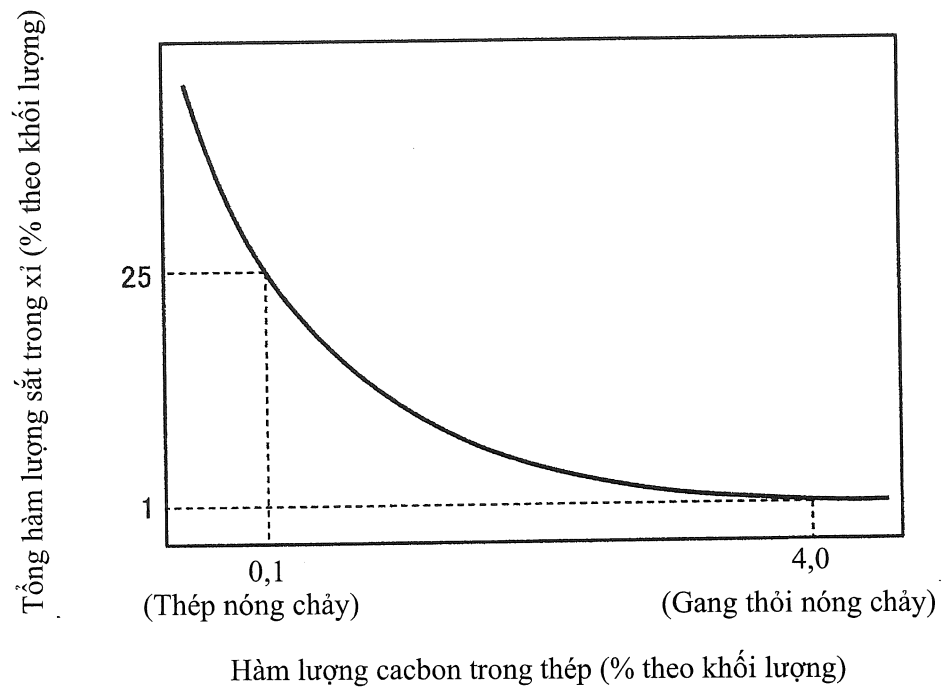
1/3

FIG. 1



2/3

FIG. 2



3/3

FIG. 3

