



(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)



1-0042922

(51)^{2021.01} C21B 5/00; F27D 17/00; C21B 7/00

(13) B

(21) 1-2022-03771

(22) 14/12/2020

(86) PCT/JP2020/046609 14/12/2020

(87) WO 2021/140841 15/07/2021

(30) 2020-003193 10/01/2020 JP

(45) 27/01/2025 442

(43) 26/09/2022 414

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) MORITA Yuya (JP); KAWASHIRI Yuki (JP); NOUCHI Taihei (JP); OZAWA Sumito (JP); TAKAHASHI Koichi (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH Lò CAO VÀ PHƯƠNG TIỆN HỖ TRỢ Lò CAO

(21) 1-2022-03771

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò cao, bao gồm bước tạo ra khí metan tái sinh bằng cách sử dụng khí sản phẩm phụ được xả ra từ lò cao và khí lò luyện cốc, và thổi khí phun và tác nhân khử vào lò cao từ ống bể, trong đó khí phun là khí oxy và khí metan tái sinh được sử dụng ít nhất là một phần của tác nhân khử.

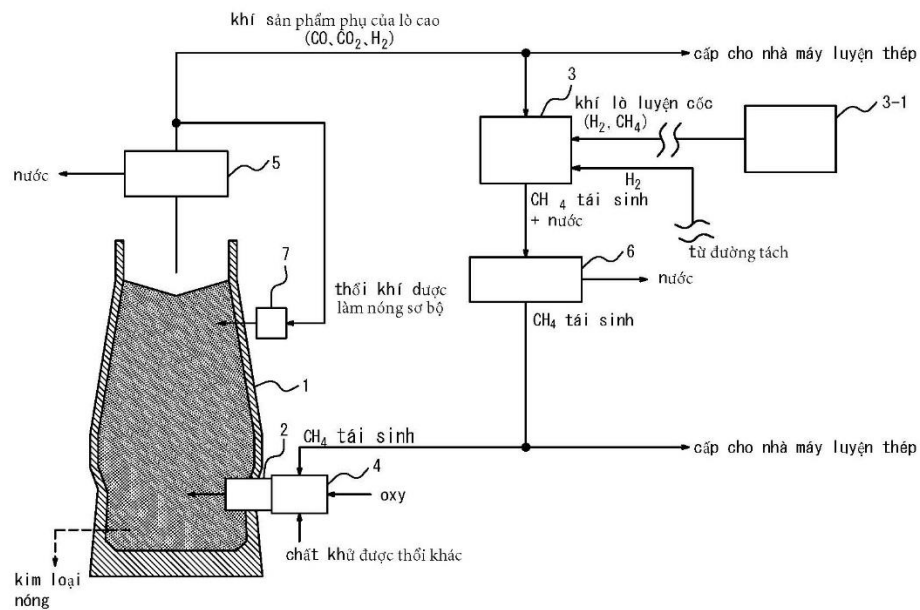


FIG. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, có nhu cầu mạnh làm giảm lượng khí thải cacbon dioxit (CO_2) đối với bối cảnh về các vấn đề môi trường toàn cầu. Do đó, việc vận hành với tỷ lệ tác nhân khử thấp (RAR thấp) là bắt buộc khi vận hành lò cao được lắp đặt trong nhà máy luyện thép.

Trong lò cao điển hình, luồng khí nóng (không khí được làm nóng đến khoảng $1200\text{ }^\circ\text{C}$) được thổi vào lò cao dưới dạng khí phun từ ống bể. Kết quả là, oxy trong các phản ứng luồng khí nóng với than cốc hoặc than bột là tác nhân khử để tạo ra các chất khí cacbon monoxit (CO) và hydro (H_2). Các khí cacbon monoxit và hydro này làm giảm quặng sắt nạp vào lò cao. Ngoài ra, cacbon dioxit được tạo ra trong quá trình phản ứng khử quặng sắt.

Khí phun là khí mà được thổi vào lò cao từ ống bể. Khí phun cũng đóng một vai trò trong việc khí hóa than bột và than cốc trong lò cao.

Như kỹ thuật để giảm lượng khí thải cacbon dioxit trong hoạt động của lò cao, kỹ thuật đã được đề xuất để cải cách cacbon monoxit và cacbon dioxit có trong khí sản phẩm phụ xả ra từ lò cao, v.v., để tạo ra hydrocacbon như metan và etanol, và để đưa các hydrocacbon được tạo ra trở lại lò cao làm tác nhân khử.

Ví dụ, JP2011-225969A (Tài liệu sáng chế 1) mô tả:

“phương pháp vận hành lò cao bao gồm bước (A) tách và thu hồi CO_2 và/hoặc CO từ khí hỗn hợp có chứa CO_2 và/hoặc CO , bước (B) thêm hydro vào CO_2 và/hoặc CO được tách ra và thu hồi trong bước (A) và chuyển đổi CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 , bước (C) tách và loại bỏ H_2O từ khí đã trải qua bước (B), và bước (D) thổi khí đã trải qua bước (C) vào lò cao”.

JP2014-005510A (Tài liệu sáng chế 2) mô tả:

“phương pháp vận hành lò cao bao gồm tách CO_2 từ khí thải của lò đốt sử dụng khí sản phẩm của lò cao làm toàn bộ hoặc một phần nhiên liệu, làm biến đổi khí CO_2 được tách ra thành metan để thu được khí khử, và thổi khí khử vào lò cao”.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP2011-225969A

Tài liệu sáng chế 2: JP2014-005510A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, với kỹ thuật của tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2, khi lượng khí metan thổi vào lò cao là tác nhân khử vượt quá mức nhất định, có thể gây ra các vấn đề vận hành như không đủ làm nóng cho đáy lò cao, áp suất giảm tăng lên, và bước tháo hỏng.

Do đó, cần phải phát triển phương pháp vận hành lò cao để có thể giảm thiểu hơn nữa lượng khí thải cacbon dioxit từ lò cao trong điều kiện vận hành ổn định.

Theo tình hình hiện tại được mô tả ở trên, có thể hữu ích nếu cung cấp phương pháp vận hành lò cao có thể làm giảm hơn nữa lượng khí thải cacbon dioxit từ lò cao trong điều kiện hoạt động ổn định.

Cũng có thể hữu ích nếu cung cấp phương tiện hỗ trợ lò cao để sử dụng trong phương pháp vận hành lò cao được mô tả ở trên.

(Giải quyết vấn đề)

Các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu để đạt được các vấn đề đã nêu ở trên.

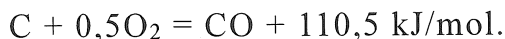
Trước tiên, các tác giả sáng chế đã xem xét nguyên nhân của các sự cố vận hành xảy ra khi lượng khí metan thổi vào lò cao làm tác nhân khử vượt quá mức nhất định trong các kỹ thuật của tài liệu sáng chế 1 và 2.

Kết quả là, đã phát hiện ra các vấn đề sau đây.

Khi lượng khí metan được thổi vào lò cao làm tác nhân khử vượt quá mức nhất định, nhiệt độ ngọn lửa (sau đây gọi là nhiệt độ đầu ra) được tạo ra bởi sự đốt cháy của tác nhân khử thổi và than cốc trong khu vực đốt (khu vực xoáy cuộn) gần đầu ra của ống bể giảm đáng kể. Nhiệt độ đầu ra của ống bể giảm xuống trở thành nguyên nhân của các vấn đề vận hành như không đủ nhiệt cho đáy lò cao, tăng giảm áp suất, và bước tháo hỏng.

Cụ thể, khi than bột được thổi vào lò cao từ ống bể làm tác nhân khử,

vì thành phần chính của than bột là cacbon, phản ứng sau xảy ra trong khu vực xoáy cuộn:



Mặt khác, khi metan được thổi làm tác nhân khử vào lò cao từ ống bể, phản ứng sau xảy ra trong khu vực xoáy cuộn:



Lượng nhiệt được tạo ra trong quá trình phản ứng, khi chuyển thành một mol của tổng lượng CO và H₂, là 11,9 kJ/mol.

Để lò cao hoạt động ổn định cần điều chỉnh nhiệt độ đầu ra của ống bể trong khoảng 2000°C đến 2400°C. Tuy nhiên, nếu phần lớn tác nhân khử được thổi vào lò cao bị thay đổi thành khí metan từ than bột, nhiệt độ đầu ra của ống bể sẽ giảm do sự chênh lệch nhiệt phản ứng đã mô tả ở trên. Do đó, không thể điều chỉnh nhiệt độ đầu ra của ống bể trong phạm vi trên, và các sự cố vận hành khác nhau xảy ra.

Dựa trên các vấn đề trên, các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu.

Kết quả là, đã phát hiện ra các vấn đề sau đây. Sử dụng khí oxy thay vì luồng khí nóng (không khí được làm nóng đến khoảng 1200°C) vì khí phun đã ngăn chặn hiệu quả sự giảm nhiệt độ đầu ra của ống bể ngay cả khi lượng lớn khí metan được sử dụng làm tác nhân khử được thổi vào lò cao. Hơn nữa, bằng cách tái tạo khí metan như vậy từ khí sản phẩm phụ xả ra từ lò cao (sau đây được gọi là khí sản phẩm phụ của lò cao) và thổi khí metan tái sinh (khí metan tái sinh) trở lại lò cao làm tác nhân khử, có thể đạt việc vận hành lò cao ổn định đồng thời giảm thêm lượng khí thải cacbon dioxid từ lò cao.

Ngoài ra, lượng nitơ có trong khí sản phẩm phụ của lò cao được giảm đáng kể do sử dụng khí oxy có nồng độ oxy đặc biệt cao làm khí phun. Do đó, quá trình tách cacbon monoxit và cacbon dioxid khỏi khí sản phẩm phụ của lò cao không còn cần thiết nữa, điều này cực kỳ thuận lợi về tính gọn nhẹ của phương tiện.

Các tác giả sáng chế tin tưởng rằng lý do tại sao nhiệt độ đầu ra của ống bể có thể được điều chỉnh trong phạm vi 2000°C đến 2400°C bằng cách sử dụng khí oxy làm khí phun ngay cả khi lượng lớn khí metan được sử dụng làm tác nhân khử được thổi vào lò cao như sau.

Cụ thể, khi luồng khí nóng (không khí nóng lên khoảng 1200°C) được dùng làm khí phun, khí cháy chứa nitơ khoảng 50% theo thể tích, mà không

đóng góp vào phản ứng cháy, và do đó nhiệt độ ngọn lửa trong khu vực xoáy cuộn hầu như không cao. Do đó, khi phần lớn tác nhân khử được thổi vào lò cao được biến đổi thành khí metan từ than bột, sự chênh lệch giữa nhiệt phản ứng trong phản ứng oxy-than bột và nhiệt phản ứng trong phản ứng oxy - khí metan được mô tả ở trên sẽ gây ra nhiệt độ đầu ra của ống bể giảm, và cuối cùng nhiệt độ đầu ra của ống bể sẽ giảm xuống dưới 2000°C, là giới hạn dưới của nhiệt độ thích hợp.

Mặt khác, việc sử dụng khí oxy làm khí phun có thể ngăn chặn sự trộn lẫn khí nitơ, mà không góp phần vào phản ứng cháy, do đó nhiệt độ đầu ra của ống bể có thể được nâng lên đến nhiệt độ đủ. Cụ thể, nhiệt độ ngọn lửa trong khu vực xoáy cuộn có thể được tạo ra cao hơn so với khi sử dụng luồng khí nóng, do đó ngay cả khi lượng lớn khí metan được thổi vào làm tác nhân khử từ ống bể, nhiệt độ đầu ra của ống bể có thể được điều chỉnh trong phạm vi 2000°C đến 2400°C, là phạm vi thích hợp.

Để tạo ra metan từ khí sản phẩm phụ của lò cao, cần phản ứng hydro với cacbon monoxit và cacbon dioxit có trong khí sản phẩm phụ của lò cao.

Tuy nhiên, để tạo ra toàn bộ lượng khí sản phẩm phụ của lò cao được tạo ra từ lò cao lớn lớp 5000 m³, được sử dụng chủ yếu ở Nhật Bản, thành khí metan, khoảng 60000 m³/h của hydro là cần thiết. Tuy nhiên, việc thu mua lượng lớn hydro như vậy từ bên ngoài các nhà máy luyện thép là vô cùng khó khăn.

Các tác giả sáng chế cũng đã nghiên cứu điểm này và nhận thấy rằng việc sử dụng khí sản phẩm phụ được xả từ lò luyện cốc (sau đây gọi là khí lò luyện cốc) là nguồn thuận lợi cho việc tạo ra khí metan tái sinh.

Cụ thể, khí lò luyện cốc chứa khí metan ngoài hydro. Do đó, việc sử dụng khí lò luyện cốc để tạo ra khí metan tái sinh có thể làm giảm lượng hydro cần thiết để sản xuất metan từ khí sản phẩm phụ của lò cao, đặc biệt là lượng hydro được cung cấp từ các nguồn bên ngoài. Ngoài ra, hydro, được tạo ra là sản phẩm phụ của quá trình chưng cất than đá để sản xuất than cốc trong lò luyện cốc, có thể được sử dụng hiệu quả, giúp xây dựng hệ thống tái chế tài nguyên hiệu quả hơn.

Sáng chế dựa trên các nghiên cứu này và các nghiên cứu sâu hơn.

Các dấu hiệu kỹ thuật chính của sáng chế như sau.

1. Phương pháp vận hành lò cao, bao gồm

tạo ra khí metan tái sinh bằng cách sử dụng khí sản phẩm phụ của lò

cao mà là khí sản phẩm phụ được xả ra từ lò cao và khí lò luyện cốc là khí sản phẩm phụ được xả ra từ lò luyện cốc, và

bước thổi khí phun và tác nhân khử vào lò cao từ ống bể,

trong đó khí phun là khí oxy và khí metan tái sinh được sử dụng như ít nhất một phần của tác nhân khử.

2. Phương pháp vận hành lò cao theo mục 1, trong đó tốc độ tiêu thụ các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử là 60 kg/t hoặc lớn hơn,

trong đó tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn là khối lượng đương lượng cacbon của khí metan tái sinh mà được thổi vào lò cao làm tác nhân khử để tạo ra 1t kim loại nóng chảy, và thu được theo phương trình sau:

$$[\text{Tỷ lệ tiêu thụ nguyên tử cacbon tuần hoàn (kg/t)}] = [\text{Khối lượng metan trong khí metan tái sinh được thổi vào lò cao làm tác nhân khử (kg)}] \times (12/16) \div [\text{Lượng sản xuất kim loại nóng chảy (t)}].$$

3. Phương pháp vận hành lò cao theo mục 1 hoặc mục 2, trong đó tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc là 140 Nm³/t hoặc ít hơn,

trong đó tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc là lượng khí lò luyện cốc được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh để sản xuất 1t kim loại nóng chảy.

4. Phương pháp vận hành lò cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ 1 đến 3, trong đó khí oxy có nồng độ oxy là 80% hoặc lớn hơn theo thể tích.

5. Phương pháp vận hành lò cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ 1 đến 4, trong đó khí metan tái sinh được tạo ra từ một phần khí sản phẩm phụ của lò cao và phần dư của khí sản phẩm phụ của lò cao được cấp cho nhà máy luyện thép.

6. Phương pháp vận hành lò cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ 1 đến 5, trong đó phần dư của khí metan tái sinh được cấp cho các nhà máy luyện thép.

7. Phương tiện hỗ trợ lò cao được sử dụng trong phương pháp vận hành lò cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ 1 đến 6, bao gồm

thiết bị tạo khí metan mà tạo ra khí metan tái sinh bằng cách sử dụng khí sản phẩm phụ của lò cao và khí lò luyện cốc, và

thiết bị thổi khí có bộ phận cấp khí metan mà đưa khí metan tái sinh vào ống bể của lò cao và bộ phận cấp khí oxy mà đưa khí oxy vào ống bể của lò cao.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Sáng chế cho phép giảm thêm khí thải cacbon dioxit (CO_2) từ lò cao theo vận hành ổn định. Hơn nữa, điều này sẽ giúp cho có thể xây dựng hệ thống tái chế tài nguyên hiệu quả cao. Ngoài ra, việc sử dụng khí metan tạo ra từ khí sản phẩm phụ của lò cao cũng có thể làm giảm lượng than cốc và than bột được sử dụng, tức là lượng than được sử dụng làm nhiên liệu hóa thạch hữu hạn.

Ngoài ra, do lượng nitơ trong khí sản phẩm phụ xả ra từ lò cao bị giảm đáng kể, nên quá trình tách cacbon monoxit và cacbon đioxit ra khỏi khí sản phẩm phụ, hay nói cách khác, sự tách hấp thụ áp suất chuyển đổi (pressure swing adsorption - PSA) rất lớn hoặc tương tự là không cần thiết, điều này cực kỳ thuận lợi về mặt làm cho phương tiện nhỏ gọn hơn.

Ngoài ra, vì khí lò luyện cốc chứa metan ngoài hydro, việc sử dụng khí lò luyện cốc để tạo ra khí metan tái sinh có thể làm giảm lượng hydro cần thiết để tạo ra khí metan từ khí sản phẩm phụ của lò cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trong các hình vẽ đi kèm:

Fig.1 minh họa sơ đồ ví dụ về lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được sử dụng trong phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ;

Các Fig. 2A và 2B mỗi Fig minh họa bng sơ đồ ví dụ về thiết bị thổi khí được sử dụng trong phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ;

Fig.3 minh họa sơ đồ lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được sử dụng trong ví dụ so sánh;

Fig.4 minh họa sơ đồ lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được sử dụng trong ví dụ so sánh;

Fig.5 minh họa sơ đồ lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được sử dụng trong ví dụ so sánh; và

Fig.6 minh họa ví dụ về mối quan hệ giữa tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn và nhiệt độ đầu ra của ống bể đối với các điều kiện thổi khí oxy và luồng khí nóng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các kỹ thuật được bộc lộ hiện tại sẽ được mô tả dưới đây theo các phương án.

Một trong các phương án được bộc lộ là phương pháp vận hành lò cao, bao gồm

tạo ra khí metan tái sinh bằng cách sử dụng khí sản phẩm phụ của lò cao mà là khí sản phẩm phụ được xả ra từ lò cao và khí lò luyện cốc là khí sản phẩm phụ được xả ra từ lò luyện cốc, và

bước thổi khí phun và tác nhân khử vào lò cao từ ống bể,

trong đó khí phun là khí oxy và khí metan tái sinh được sử dụng như ít nhất một phần của tác nhân khử.

Trước tiên, phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ sẽ được mô tả, lấy làm ví dụ về trường hợp phương pháp này được áp dụng cho lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 1.

Trên hình vẽ này, ký hiệu tham chiếu 1 là lò cao, 2 là ống bể, 3 là thiết bị tạo khí metan, 3-1 là lò luyện than cốc, 4 là thiết bị thổi khí, 5 là thiết bị khử nước thứ nhất, 6 là thiết bị khử nước thứ hai, và 7 là mỏ đốt.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ "lò cao" bao gồm các lò khử kiểu trực.

[Cách vận hành lò cao]

Trong phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ, thiêu kết, quặng cục, và viên (sau đây còn được gọi là nguyên liệu quặng), than cốc, v.v., là nguyên liệu thô, được nạp vào lò cao từ đầu lò (không được minh họa). Ngoài ra, khí phun và tác nhân khử được thổi vào lò cao 1 từ ống bể 2 được cung cấp ở đáy lò cao. Tác nhân khử mà được thổi vào lò cao 1 từ ống bể 2 còn được gọi là "tác nhân khử thổi" để phân biệt với than cốc.

Khí cacbon monoxit và khí hydro được tạo ra từ phản ứng giữa khí phun và tác nhân khử làm giảm vật liệu quặng nạp vào lò cao 1. Trong phản ứng khử của vật liệu quặng, cacbon dioxit được tạo ra. Sau đó, cacbon dioxit được xả ra khỏi đầu lò cao dưới dạng khí sản phẩm phụ, cùng với cacbon monoxit và hydro chưa phản ứng với vật liệu quặng. Đầu lò cao trong điều kiện áp suất cao khoảng 2,5 atm. Do đó, hơi nước ngưng tụ do sự giãn nở và làm mát của khí sản phẩm phụ của lò cao mà là khí sản phẩm phụ được xả ra từ đầu lò cao khi nó trở về áp suất bình thường. Sau đó, phần ngưng tụ được loại bỏ qua thiết bị khử nước thứ nhất 5.

Sau đó, ít nhất một phần khí sản phẩm phụ của lò cao được đưa vào thiết bị tạo khí metan 3. Sau đó, trong thiết bị tạo khí metan 3, cacbon monoxit

và cacbon dioxit có trong khí sản phẩm phụ của lò cao được phản ứng với khí hydro để tạo ra khí metan (CH_4). Ở đây, khí metan thu được từ phản ứng khí sản phẩm phụ của lò cao được gọi là khí metan tái sinh.

Khí hydro được sử dụng trong quy trình tạo khí metan tái sinh không nhất thiết phải là khí có nồng độ hydro là 100% theo thể tích, nhưng để đạt được nồng độ metan cao trong khí metan tái sinh, khí có nồng độ hydro cao, cụ thể là khí hydro có nồng độ hydro là 80% hoặc lớn hơn theo thể tích được ưu tiên sử dụng. Nồng độ hydro tốt hơn là 90% hoặc lớn hơn theo thể tích, và tốt hơn nữa là 95% hoặc lớn hơn theo thể tích. Nồng độ hydro có thể là 100% theo thể tích. Khí còn lại ngoài hydro bao gồm, ví dụ, CO , CO_2 , H_2S , CH_4 , và N_2 .

Hơn nữa, khí lò luyện cốc được sử dụng ít nhất là một phần của nguồn cung cấp khí hydro được sử dụng trong quá trình tạo ra khí metan tái sinh.

Các lý do như sau:

- vì khí lò luyện cốc có chứa khí metan ngoài hydro, việc sử dụng khí lò luyện cốc để tạo ra khí metan tái sinh có thể làm giảm lượng hydro cần thiết để tạo ra khí metan từ sản phẩm phụ của lò cao, đặc biệt là lượng hydro cung cấp từ các nguồn bên ngoài; và

Ngoài ra, hydro, được tạo ra là sản phẩm phụ của quá trình chưng cất than đá để sản xuất than cốc trong lò luyện cốc 3-1, có thể được sử dụng hiệu quả, giúp xây dựng hệ thống tái chế tài nguyên hiệu quả hơn.

Ở đây, khí lò luyện cốc được sử dụng trong quá trình tạo khí metan tái sinh (được đưa vào thiết bị tạo khí metan 3) thường chứa hydro từ 50% đến 60% theo thể tích, metan là từ 25% đến 30% theo thể tích và phần khí còn lại là từ 10% đến 25% theo thể tích. Khí còn lại bao gồm, ví dụ, hydrocacbon C_nH_m ngoài metan, CO , CO_2 , và N_2 . Hydrocacbon C_nH_m ngoài metan, CO và CO_2 chứa trong phần khí còn lại phản ứng với hydro trong thiết bị tạo khí metan 3 để trở thành khí metan (metan này cũng được chứa trong khí metan tái sinh).

Khí metan chứa trong khí lò luyện cốc cùng với hydro được đưa vào thiết bị tạo khí metan 3, sau đó được đưa thẳng vào thiết bị thổi khí 4 dưới dạng khí metan tái sinh.

Cụ thể, khí metan tái sinh chứa metan có trong khí lò luyện cốc như nó vốn có.

Khí ngay sau khi được xả ra khỏi lò luyện cốc 3-1 (sau đây gọi là khí

lò luyện cốc chưa tinh chế) chứa các thành phần bao gồm nhựa đường, amoniac, hydro sulfua, và naphtalen. Do đó, các thành phần này được loại bỏ khỏi khí lò luyện cốc chưa tinh chế trước khi nó được sử dụng trong quá trình tạo khí metan tái sinh (được đưa vào thiết bị tạo khí metan 3).

Khí lò luyện cốc chưa tinh chế cũng chứa CO và CO₂, vì vậy nếu cần, CO và CO₂ có thể được phân tách bằng PSA (hấp phụ vật lý) hoặc các cách khác.

Trong mô tả này, khi chỉ đơn giản đề cập đến "khí lò luyện cốc", nó không có nghĩa là khí lò luyện cốc chưa tinh chế, mà là khí lò luyện cốc từ các thành phần như nhựa đường, amoniac, hydro sunfua, naphtalen, và nếu cần, CO và CO₂ được loại bỏ (nói cách khác, khí lò luyện cốc được sử dụng trong quá trình tạo khí metan tái sinh (được đưa vào thiết bị tạo khí metan 3)).

Ngoài ra, tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc (lượng khí lò cốc được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh để sản xuất 1 t kim loại nóng chảy) tốt hơn là 140 Nm³/t hoặc ít hơn. Cụ thể, khi suất tiêu thụ khí lò luyện cốc vượt quá 140 Nm³/t, than cốc sẽ được sản xuất quá mức trong các nhà máy luyện thép, và do đó việc làm giảm lượng khí thải CO₂ hữu hiệu có thể thấp.

Mặt khác, trên quan điểm tăng hiệu suất tái chế tài nguyên và do đó giảm thiểu việc sử dụng khí hydro cung cấp từ các nguồn bên ngoài càng nhiều càng tốt, tốc độ tiêu thụ khí lò luyện cốc tốt hơn là 70 Nm³/t hoặc lớn hơn. Tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc tốt hơn là 105 Nm³/t hoặc lớn hơn.

Lượng khí hydro không đủ được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh có thể được cung cấp từ các nguồn bên ngoài hoặc được tạo ra bằng cách điện phân nước. Khí hydro được cung cấp từ nguồn bên ngoài bao gồm, ví dụ, khí hydro được tạo ra bằng cách tái tạo hydrocacbon như khí tự nhiên bằng cách tái tạo hơi nước, v.v., khí hydro thu được bằng cách hóa hơi hydro và khí hydro được tạo ra bằng cách khử hydro hóa các hydrua hữu cơ.

Khí hydro được cung cấp từ các nguồn bên ngoài và khí hydro được tạo ra bởi quá trình điện phân nước (sau đây còn được gọi là khí hydro khác) có thể được đưa vào thiết bị tạo khí metan 3 thông qua đường riêng biệt với khí lò luyện cốc như minh họa trên Fig. 1, ví dụ. Đường cấp khí hydro khác có thể được nối với đường dẫn dòng khí lò luyện cốc giữa thiết bị tạo khí metan 3 và lò luyện cốc 3-1 (nhưng ở phía dòng ra của thiết bị để loại bỏ các thành phần bao gồm nhựa đường, amoniac, hydro sunfua, và naphtalen, và nếu cần, CO và CO₂).

Sau đó, bằng cách làm mát khí metan tái sinh đến nhiệt độ phòng, hơi

nước trong khí metan tái sinh được ngưng tụ. Sau đó, trong thiết bị khử nước thứ hai 6, phần ngưng tụ được loại bỏ.

Sau đó, khí metan tái sinh được đưa vào thiết bị thổi khí 4. Thiết bị thổi khí 4 được nối với thiết bị tạo khí metan 3 qua thiết bị khử nước thứ hai 6. Thiết bị thổi khí 4 có bộ phận cấp khí metan mà đưa khí metan tái sinh, mà đóng vai trò là tác nhân khử thổi, vào ống bể 2 của lò cao 1, và bộ phận cấp khí oxy mà đưa khí oxy, đóng vai trò như khí phun, vào ống bể của lò cao.

Ví dụ, như được minh họa trên Fig. 2A, thiết bị thổi khí 4 bao gồm ống nhiều đồng trục bao gồm ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3. Sau đó, khí metan (khí metan tái sinh và một cách thích hợp, khí metan bên ngoài như mô tả bên dưới) được đưa vào đoạn bên trong của ống trung tâm, mà đóng vai trò là bộ phận cấp khí metan (đoạn), và khí oxy được đưa vào đường ống hình khuyên giữa ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3, đóng vai trò là bộ phận cấp khí oxy (đoạn).

Tác nhân khử thổi khác, ví dụ, than bột, nhựa phế thải, hoặc khí khử như khí hydro hoặc khí cacbon monoxit, có thể được sử dụng cùng nhau. Tổng lượng thổi của tác nhân khử thổi khác vào lò cao tốt hơn là 150 kg/t hoặc nhỏ hơn. Ở đây, đơn vị "kg/t" là lượng tác nhân khử thổi khác được thổi vào lò cao để tạo ra 1t kim loại nóng chảy.

Khi sử dụng tác nhân khử thổi khác, nó cũng có thể được đưa vào bộ phận cấp khí metan. Khi sử dụng than bột hoặc nhựa phế thải làm tác nhân khử thổi khác, tốt hơn là để cung cấp, riêng biệt với bộ phận cấp khí metan, bộ phận cấp tác nhân khử khác (đoạn) mà than bột hoặc nhựa thải chảy qua. Trong trường hợp này, như được minh họa trên Fig. 2B, ví dụ, thiết bị thổi khí 3 bao gồm ống nhiều đồng trục bao gồm, ngoài ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3, một đường ống trong 4-2 được cung cấp giữa ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3. Sau đó, tác nhân khử thổi khác như than bột hoặc nhựa phế thải được đưa vào từ đoạn bên trong của ống trung tâm, đóng vai trò làm bộ phận cấp tác nhân khử khác. Hơn nữa, khí metan được đưa vào từ đoạn ống hình khuyên giữa ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3, là bộ phận cung cấp khí metan và oxy được đưa vào từ đoạn ống hình khuyên giữa ống trong 4-2 và ống ngoài 4-3, là bộ phận cung cấp khí oxy.

Vì việc sử dụng khí oxy ở nhiệt độ phòng như khí phun gây ra khả năng bắt cháy kém, nên ưu tiên cung cấp phần xả của ống ngoài mà tạo thành bộ phận cấp khí oxy của thiết bị thổi khí 4 có cấu trúc xóp để thúc đẩy quá trình trộn của khí oxi và tác nhân khử thổi.

Không nhất thiết phải sử dụng khí metan tái sinh cho toàn bộ khí metan được thổi vào lò cao từ ống bể (sau đây gọi là "khí metan thổi"), mà là khí metan được cung cấp từ phương tiện riêng biệt (còn được gọi tắt là như "khí metan bên ngoài") có thể được sử dụng phù hợp với hoạt động của các nhà máy thép. Trong trường hợp này, đường cung cấp khí metan bên ngoài có thể được nối với bộ phận cấp khí metan của thiết bị thổi khí 4, hoặc với bộ phận cấp tác nhân khử khác như đã mô tả ở trên. Đường cấp khí metan bên ngoài cũng có thể được nối với đường dẫn dòng khí metan tái sinh giữa thiết bị tạo khí metan 3 và thiết bị thổi khí 4 (tốt hơn là giữa thiết bị khử nước thứ hai 6 và thiết bị thổi khí 4).

Khí metan bên ngoài bao gồm, ví dụ, khí metan có nguồn gốc từ nhiên liệu hóa thạch.

Sau đó, như được minh họa trên các Fig. 2A và 2B, tác nhân khử thổi như khí metan được thổi và khí oxy được đưa vào từ thiết bị thổi khí 4 được trộn lẫn trong ống bể 2. Ngay sau khi khí hỗn hợp này được thổi vào lò cao 1 từ ống bể 2, xảy ra hiện tượng bắt cháy nhanh và cháy nhanh. Sau đó, khu vực xoáy cuộn 8 là khu vực mà khí oxy phản ứng với tác nhân khử thổi như khí metan thổi và than cốc được hình thành trong lò cao bên ngoài ống bể 2.

Khi nồng độ oxy trong khí phun tăng, lượng khí trong lò giảm, và độ tăng nhiệt độ của tải trọng ở phần trên của lò cao có thể không đủ. Trong trường hợp này, như được minh họa trên Fig. 1, tốt hơn là thực hiện thổi khí làm nóng sơ bộ, trong đó một phần khí sản phẩm phụ của lò cao ở dòng ra của thiết bị khử nước thứ nhất 5 được đốt cháy một phần bởi mỏ đốt 7 để đạt đến nhiệt độ khoảng 800°C đến 1000°C, và sau đó được thổi vào bộ phận trực lò cao.

Và trong phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ, điều quan trọng là sử dụng khí oxy thay vì luồng khí nóng (không khí được làm nóng đến khoảng 1200°C) như khí phun, như đã mô tả ở trên.

Cụ thể, khi luồng khí nóng (không khí nóng lên khoảng 1200°C) được dùng làm khí phun, khí cháy chứa nitơ khoảng 50% theo thể tích, mà không đóng góp vào phản ứng cháy, và do đó nhiệt độ ngọn lửa trong khu vực xoáy cuộn hầu như không cao. Do đó, khi phần lớn tác nhân khử được thổi vào lò cao được biến đổi thành khí metan từ than bột, sự chênh lệch giữa nhiệt phản ứng trong phản ứng oxy-than bột và nhiệt phản ứng trong phản ứng oxy - khí metan được mô tả ở trên sẽ gây ra nhiệt độ đầu ra của ống bể giảm, và cuối cùng nhiệt độ đầu ra của ống bể sẽ giảm xuống dưới 2000°C, là giới hạn dưới

của nhiệt độ thích hợp. Điều này dẫn đến các vấn đề vận hành như không đủ nhiệt cho đáy lò cao, tăng giảm áp suất và bước tháo hỏng. Hơn nữa, vì khí sản phẩm phụ của lò cao có chứa lượng lớn nitơ, nên cần phải tách nitơ khỏi cacbon monoxit và cacbon dioxit trong quá trình trước khi tạo ra khí metan từ khí sản phẩm phụ của lò cao.

Mặt khác, việc sử dụng khí oxy làm khí phun có thể ngăn chặn sự trộn lẫn khí nitơ, mà không góp phần vào phản ứng cháy, do đó nhiệt độ đầu ra của ống bễ có thể được nâng lên đến nhiệt độ đủ. Điều này có nghĩa là nhiệt độ của ngọn lửa trong khu vực xoáy cuộn có thể cao hơn so với khi sử dụng luồng khí nóng. Do đó, ngay cả khi lượng lớn khí metan được thổi vào từ ống bễ làm tác nhân khử, nhiệt độ đầu ra của ống bễ có thể được điều chỉnh trong phạm vi thích hợp 2000°C đến 2400°C.

Dựa trên các vấn đề nêu trên, điều quan trọng là sử dụng khí oxy làm khí phun trong phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ.

Fig. 6 minh họa, đối với các điều kiện có luồng khí nóng (không khí được làm nóng đến khoảng 1200°C) được sử dụng làm luồng khí nóng (sau đây gọi là điều kiện thổi luồng khí nóng) và khí oxy (nồng độ oxy: 100%) được sử dụng làm khí phun (sau đây gọi là điều kiện thổi khí oxy), ví dụ về mối quan hệ giữa tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử (sau đây được gọi đơn giản là tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn) như được mô tả dưới đây và nhiệt độ đầu ra của ống bễ. Trong cả hai điều kiện, toàn bộ tác nhân khử được thổi là khí metan tái sinh (nồng độ metan: 99,5%).

Như minh họa trên Fig. 6, trong điều kiện thổi luồng khí nóng, khi tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn là 52 kg/t hoặc lớn hơn (tức là lượng thổi khí metan tái sinh là 97 Nm³/t hoặc lớn hơn), nhiệt độ đầu ra của ống bễ giảm xuống dưới 2000 °C, là giới hạn dưới của nhiệt độ thích hợp. Do đó, trong điều kiện thổi luồng khí nóng được sử dụng, tốc độ tiêu thụ các nguyên tử cacbon tuần hoàn từ 55 kg/t hoặc lớn hơn, đặc biệt là 60 kg/t hoặc lớn hơn làm giảm nhiệt độ đầu ra của ống bễ, khiến cho hoạt động ổn định không thể thực hiện được.

Mặt khác, trong điều kiện thổi khí oxy, nhiệt độ đầu ra của ống bễ được giữ ở mức 2000°C hoặc cao hơn ngay cả khi tốc độ tiêu thụ các nguyên tử cacbon tuần hoàn là 55 kg/t hoặc lớn hơn, hoặc thậm chí 60 kg/t hoặc lớn hơn.

Trong điều kiện thổi khí oxy được minh họa trên Fig. 6, nhiệt độ đầu

ra của ống bể vượt quá 2400°C, là giới hạn trên của nhiệt độ thích hợp, trong khoảng mà tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn là 55 kg/t đến 80 kg/t. Điều này là do toàn bộ tác nhân khử thổi là metan tái sinh. Khi khí metan bên ngoài được sử dụng làm một phần của tác nhân khử thổi, nhiệt độ đầu ra của ống bể có thể được điều chỉnh trong phạm vi 2000°C đến 2400°C ngay cả khi tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn nằm trong khoảng từ 55 kg/t đến 80 kg/t. Ngay cả khi toàn bộ tác nhân khử thổi là metan tái sinh, nhiệt độ đầu ra của ống bể có thể được điều chỉnh trong phạm vi 2000°C đến 2400°C bằng cách điều chỉnh nồng độ oxy của khí oxy.

Nồng độ oxy trong khí oxy tốt hơn là 80% hoặc lớn hơn theo thể tích. Cụ thể, khi nồng độ oxy trong khí oxy thấp, lượng khí đưa vào lò cao và do đó áp suất giảm áp trong lò cao có thể tăng lên, dẫn đến năng suất thấp hơn. Hơn nữa, trong quá trình lặp lại tuần hoàn khí, nồng độ khí metan trong khí metan tái sinh giảm tương đối. Do đó, nồng độ oxy trong khí oxy tốt hơn là 80% hoặc lớn hơn theo thể tích. Nồng độ oxy tốt hơn là 90% hoặc lớn hơn theo thể tích, và tốt hơn nữa là 95% hoặc lớn hơn theo thể tích. Đặc biệt là, khi nồng độ oxy là 90% hoặc lớn hơn theo thể tích, nồng độ khí metan trong khí metan tái sinh có thể được duy trì ở mức cao (khoảng 90% theo thể tích) mà không cần cấp khí metan bên ngoài kể cả khi lò cao vận hành vượt quá thời hạn vận hành bình thường, điều này rất thuận lợi. Nồng độ oxy có thể là 100% theo thể tích.

Khí còn lại ngoài oxy trong khí oxy có thể bao gồm, ví dụ, nitơ, cacbon dioxid, và argon.

Nồng độ metan của khí metan thổi bao gồm khí metan tái sinh hoặc khí metan tái sinh và khí metan bên ngoài tốt hơn là 80% hoặc lớn hơn theo thể tích.

Cụ thể, khi nồng độ khí metan trong khí metan thổi thấp, lượng khí phun vào lò cao, và do đó việc giảm áp suất trong lò cao có thể tăng lên, dẫn đến năng suất thấp hơn. Hơn nữa, trong quá trình lặp lại tuần hoàn khí, nồng độ metan trong khí metan tái sinh giảm tương đối. Do đó, nồng độ metan của khí metan thổi tốt hơn là 80% hoặc lớn hơn theo phần trăm thể tích. Nồng độ metan của khí metan thổi tốt hơn nữa là 90% hoặc lớn hơn theo thể tích, và tốt hơn nữa là 95% hoặc lớn hơn theo thể tích. Nồng độ metan của khí metan được thổi có thể là 100% theo thể tích.

Vì lý do tương tự, nồng độ metan của mỗi khí metan tái sinh và khí metan bên ngoài tốt hơn là 80% hoặc lớn hơn theo thể tích. Nồng độ metan của mỗi khí metan tái sinh và khí metan bên ngoài tốt hơn là 90% hoặc lớn

hơn theo thể tích, và tốt hơn nữa là 95% hoặc lớn hơn theo thể tích. Nồng độ metan của mỗi khí metan tái sinh và khí metan bên ngoài có thể là 100% theo thể tích.

Khí còn lại ngoài metan trong khí metan thối, khí metan tái sinh và khí metan bên ngoài có thể bao gồm, ví dụ, cacbon monoxit, cacbon dioxit, hydro và hydrocacbon, và khí tạp chất như nitơ.

Khi nồng độ metan trong khí metan tái sinh giảm, nồng độ metan trong khí metan thối có thể được giữ ở mức cao, ví dụ, bằng cách làm giảm tỷ lệ khí metan tái sinh trong khí metan thối trong khi tăng tỷ lệ khí metan bên ngoài có nồng độ metan cao.

Trong phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ, tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử tốt hơn là từ 55 kg/t hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là từ 60 kg/t hoặc lớn hơn.

Tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn là khối lượng đương lượng cacbon của khí metan tái sinh mà được thổi vào lò cao làm tác nhân khử để tạo ra 1 t kim loại nóng chảy, và thu được theo phương trình sau:

$$[\text{Tỷ lệ tiêu thụ nguyên tử cacbon tuần hoàn (kg/t)}] = [\text{Khối lượng metan trong khí metan tái sinh được thổi vào lò cao làm tác nhân khử (kg)}] \times (12/16) \div [\text{Lượng sản xuất kim loại nóng chảy (t)}].$$

Để lò cao hoạt động ổn định, nói chung cần kiểm soát nhiệt độ đầu ra của ống bể trong khoảng 2000°C đến 2400°C. Do đó, khi luồng khí nóng (không khí nóng lên khoảng 1200°C) được sử dụng làm khí phun, khí metan chỉ có thể được thổi vào lò cao với khối lượng tương đương cacbon khoảng 52 kg/t để giữ cho nhiệt độ đầu ra của ống bể trong phạm vi nêu trên. Cụ thể, ngay cả khi toàn bộ khí metan được thổi vào lò cao là khí metan tái sinh, tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử chỉ khoảng 52 kg/t.

Mặt khác, trong phương pháp vận hành lò cao theo một trong các phương án sáng chế, ngay cả khi lượng thổi của khí metan tăng lên đáng kể, thì nhiệt độ đầu ra của ống bể có thể được kiểm soát trong phạm vi từ 2000°C đến 2400°C. Do đó, tốc độ tiêu thụ các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử có thể tăng lên 55 kg/t hoặc lớn hơn, và thậm chí 60 kg/t hoặc lớn hơn. Điều này sẽ làm tăng việc sử dụng khí metan tái sinh có nguồn gốc từ cacbon monoxit và cacbon dioxit có trong khí sản phẩm phụ của lò cao, giảm hơn nữa lượng khí thải cacbon dioxit từ lò cao. Tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử tốt hơn là 80 kg/t hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 90 kg/t hoặc lớn hơn. Không có giới hạn trên nào được đặt ra đối

với tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử, nhưng giới hạn trên tốt hơn là 110 kg/t hoặc nhỏ hơn.

Tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử có thể được điều chỉnh bằng cách điều chỉnh lượng khí metan tái sinh trong tác nhân khử thổi mà thổi vào ống bể.

Đặc biệt, bằng cách thiết lập tỷ lệ khí metan tái sinh trong khí metan thổi là 80% hoặc lớn hơn theo thể tích, tốt hơn là 90% hoặc lớn hơn theo thể tích, có thể đạt được hiệu quả giảm lượng khí thải cacbon dioxit cao.

Khí metan tái sinh có thể được tạo ra từ một phần khí sản phẩm phụ của lò cao và phần dư của khí sản phẩm phụ của lò cao có thể được cung cấp cho các nhà máy luyện thép. Hơn nữa, nếu có phần dư của khí metan tái sinh, phần dư có thể được cung cấp cho các nhà máy luyện thép.

Lượng thổi khí oxy và tác nhân khử, cũng như các điều kiện vận hành khác, không bị giới hạn và có thể được xác định một cách thích hợp tùy theo công suất của lò cao và tương tự.

[Phương tiện hỗ trợ lò cao]

Phương tiện hỗ trợ lò cao theo một trong các phương án được bộc lộ là phương tiện hỗ trợ lò cao được sử dụng trong phương pháp vận hành lò cao như được mô tả ở trên, bao gồm

thiết bị tạo khí metan mà tạo ra khí metan tái sinh bằng cách sử dụng khí sản phẩm phụ của lò cao và khí lò luyện cốc, và

thiết bị thổi khí có bộ phận cấp khí metan mà đưa khí metan tái sinh vào ống bể của lò cao và bộ phận cấp khí oxy mà đưa khí oxy vào ống bể của lò cao.

Ở đây, thiết bị tạo khí metan có, ví dụ, bộ phận nạp khí sản phẩm phụ của lò cao, bộ phận nạp khí lò luyện cốc, và bộ phận phản ứng. Thiết bị tạo khí metan cũng có thể có bộ phận nạp khí hydro được nối với các nguồn khác. Trong phản ứng, khí lò cao lấy từ bộ phận nạp khí lò cao phản ứng với hydro có trong khí lò luyện cốc lấy từ bộ phận nạp khí lò luyện cốc (và khí hydro lấy từ bộ phận nạp khí hydro) để tạo ra khí metan tái sinh.

Vì phản ứng tạo ra khí metan tạo ra nhiệt, nên bộ phận phản ứng tốt hơn là được trang bị cơ cấu làm mát.

Như đã mô tả ở trên, chẳng hạn, như được minh họa trên Fig. 2A, thiết bị thổi khí bao gồm ống nhiều đồng trục bao gồm ống trung tâm 4-1 và ống

ngoài 4-3. Sau đó, khí metan (khí metan tái sinh và một cách thích hợp, khí metan bên ngoài như mô tả bên dưới) được đưa vào đoạn bên trong của ống trung tâm, mà đóng vai trò là bộ phận cấp khí metan (đoạn), và khí oxy được đưa vào đường ống hình khuyên giữa ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3, đóng vai trò là bộ phận cấp khí oxy (đoạn).

Tác nhân khử thối khác, ví dụ, than bột, nhựa phế thải, hoặc khí khử như khí hydro hoặc khí cacbon monoxit, có thể được sử dụng cùng nhau.

Khi sử dụng tác nhân khử thối khác, nó cũng có thể được đưa vào bộ phận cấp khí metan. Khi sử dụng than bột hoặc nhựa phế thải làm tác nhân khử thối khác, tốt hơn là để cung cấp, riêng biệt với bộ phận cấp khí metan, bộ phận cấp tác nhân khử khác (đoạn) mà than bột hoặc nhựa thải chảy qua. Trong trường hợp này, như được minh họa trên Fig. 2B, ví dụ, thiết bị thối khí bao gồm một đường ống nhiều đồng trục, ngoài ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3, một đường ống trong 4-2 được cung cấp giữa ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3. Sau đó, tác nhân khử thối khác như than bột hoặc nhựa phế thải được đưa vào từ đoạn bên trong của ống trung tâm, đóng vai trò làm bộ phận cấp tác nhân khử khác. Hơn nữa, khí metan được đưa vào từ đoạn ống hình khuyên giữa ống trung tâm 4-1 và ống ngoài 4-3, là bộ phận cung cấp khí metan và oxy được đưa vào từ đoạn ống hình khuyên giữa ống trong 4-2 và ống ngoài 4-3, là bộ phận cung cấp khí oxy.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sử dụng lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên các Fig.1 và từ Fig.3 đến Fig.5, hoạt động của lò cao được tiến hành trong các điều kiện được liệt kê trong Bảng 1, và nhiệt độ đầu ra của ống bể và lượng khí thải cacbon dioxit từ lò cao trong quá trình vận hành đã được đánh giá. Kết quả đánh giá cũng được liệt kê trong Bảng 1.

Trên các Fig từ Fig. 3 đến Fig. 5, ký hiệu tham chiếu 9 là lò điều nhiệt không khí nóng, 10 là thiết bị tách khí, và 11 là thiết bị khử nước dùng cho khí xả lò điều nhiệt không khí nóng.

Trong Ví dụ 1, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 1 đã được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh từ một phần khí sản phẩm phụ của lò cao, và phần dư của khí sản phẩm phụ của lò cao được cung cấp cho các nhà máy luyện thép. Toàn bộ tác nhân khử thối là khí metan tái sinh, và phần dư của khí metan tái sinh được cung cấp cho các nhà máy luyện thép. Ngoài ra, khí lò luyện cốc đã được sử dụng là một phần của nguồn khí hydro cần thiết để sản xuất khí metan tái sinh.

Trong Ví dụ 2, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 1 đã được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh từ một phần khí sản phẩm phụ của lò cao, và phần dư của khí sản phẩm phụ của lò cao được cung cấp cho các nhà máy luyện thép. Toàn bộ tác nhân khử thổi là khí metan tái sinh, và lượng khí metan tái sinh được tạo ra đã được điều chỉnh để không tạo ra phần dư của khí metan tái sinh. Ngoài ra, khí lò luyện cốc đã được sử dụng là một phần của nguồn khí hydro cần thiết để sản xuất khí metan tái sinh.

Trong Ví dụ 3, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 1 được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh từ toàn bộ khí sản phẩm phụ của lò cao. Toàn bộ tác nhân khử thổi là khí metan tái sinh, và phần dư của khí metan tái sinh được cung cấp cho các nhà máy luyện thép. Ngoài ra, khí lò luyện cốc đã được sử dụng là một phần của nguồn khí hydro cần thiết để sản xuất khí metan tái sinh.

Trong Ví dụ 4 và 5, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 1 đã được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh từ một phần khí sản phẩm phụ của lò cao, và phần dư của khí sản phẩm phụ của lò cao được cung cấp cho các nhà máy luyện thép. Như tác nhân khử thổi, ngoài khí metan tái sinh, khí metan bên ngoài có nguồn gốc từ nhiên liệu hóa thạch cũng được sử dụng. Ngoài ra, khí lò luyện cốc đã được sử dụng là một phần của nguồn khí hydro cần thiết để sản xuất khí metan tái sinh.

Mặt khác, trong ví dụ so sánh 1, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 3 đã được sử dụng. Cụ thể, ví dụ so sánh 1 là phương pháp vận hành chung của lò cao mà sử dụng luồng khí nóng (không khí được làm nóng đến khoảng 1200°C (nồng độ oxy: khoảng 21% đến 25% theo thể tích)) như khí phun và than bột làm tác nhân khử thổi. Khí metan tái sinh không được sản xuất từ khí sản phẩm phụ của lò cao.

Trong ví dụ so sánh 2, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 4 đã được sử dụng. Luồng khí nóng (không khí được làm nóng đến khoảng 1200°C (nồng độ oxy: khoảng 21% đến 25% theo thể tích)) được sử dụng làm khí phun và khí metan tái sinh được sử dụng làm tác nhân khử thổi. Trước khi tạo ra khí metan tái sinh, cacbon monoxit và cacbon dioxit được tách ra từ khí sản phẩm phụ của lò cao, và khí metan tái sinh được tạo ra từ cacbon monoxit và cacbon dioxit đã được tách riêng. Khí lò luyện cốc không được sử dụng để sản xuất khí metan tái sinh.

Trong ví dụ so sánh 3, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 5 đã được sử dụng. Luồng khí nóng (không khí được

làm nóng đến khoảng 1200°C (nồng độ oxy: khoảng 21% đến 25% theo thể tích)) được sử dụng làm khí phun và khí metan tái sinh được sử dụng làm tác nhân khử thổi. Trong quá trình tạo ra khí metan tái sinh, khí sản phẩm phụ từ lò điều nhiệt không khí nóng (sau đây còn được gọi là khí xả lò điều nhiệt không khí nóng) đã được sử dụng thay cho khí sản phẩm phụ của lò cao. Sau đó, cacbon dioxit được tách ra khỏi khí xả của lò điều nhiệt không khí nóng, và khí metan tái sinh được tạo ra từ cacbon dioxit được tách ra. Khí lò luyện cốc không được sử dụng để sản xuất khí metan tái sinh.

Trong ví dụ so sánh 4, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 1 đã được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh từ một phần khí sản phẩm phụ của lò cao, và phần dư của khí sản phẩm phụ của lò cao được cung cấp cho các nhà máy luyện thép. Như tác nhân khử thổi, ngoài khí metan tái sinh, khí metan bên ngoài có nguồn gốc từ nhiên liệu hóa thạch cũng được sử dụng. Khí lò luyện cốc không được sử dụng để sản xuất khí metan tái sinh.

Trong ví dụ so sánh 5, cũng như với ví dụ so sánh 2, lò cao và phương tiện hỗ trợ lò cao được minh họa bằng sơ đồ trên Fig. 4 đã được sử dụng. Ví dụ so sánh 5 có cùng điều kiện với ví dụ so sánh 2, ngoại trừ tỷ lệ khí metan thổi vào tăng lên.

Với mục đích so sánh, các thông số kỹ thuật của lò cao được tiêu chuẩn hóa càng nhiều càng tốt. Cụ thể, hiệu suất trực là 94% và tổn thất nhiệt là 150000 kcal/t.

Đơn vị "kcal/t" dùng để chỉ lượng nhiệt mất đi (kcal) sinh ra khi sản xuất 1t kim loại nóng chảy. Tương tự, đơn vị "kg/t" được sử dụng cho tỷ lệ than cốc, có nghĩa là lượng than cốc (kg) được sử dụng để sản xuất 1t kim loại nóng chảy, v.v. Hơn nữa, đơn vị " Nm^3/t " được sử dụng cho tỷ lệ khí metan thổi ra đề cập đến lượng metan (Nm^3) trong khí metan đã thổi được thổi vào lò cao để tạo ra 1t kim loại nóng chảy (tỷ lệ metan thổi là tổng của tỷ lệ metan tái sinh và tỷ lệ metan bên ngoài, nhưng khí metan tái sinh chứa lượng nhỏ khí còn lại không phải metan. Các giá trị của tỷ lệ metan tái sinh và tỷ lệ metan bên ngoài liệt kê trong Bảng 1 đều là lượng metan không bao gồm lượng nhỏ khí còn lại không phải là metan và thu được bằng cách làm tròn số đến một chữ số thập phân. Do đó, mỗi tỷ lệ metan thổi liệt kê trong Bảng 1 đôi khi khác với tổng tỷ lệ metan tái sinh và tỷ lệ metan bên ngoài tương ứng. Tương tự có thể áp dụng đối với các trị số khác trên Bảng 1).

Ngoài ra, tên mục "Đầu vào lò cao C" trong Bảng 1 đề cập đến khối

lượng (kg) nguyên tử cacbon có nguồn gốc bên ngoài (đặc biệt chứa trong than cốc, than bột, và khí metan bên ngoài) được sử dụng để sản xuất 1 t kim loại nóng chảy.

Bảng 1

		Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3	Ví dụ 4	Ví dụ 5
Mô tả lò cao	Hiệu suất trực	-	0,94	0,94	0,94	0,94
	Tồn hao nhiệt	kcal/t	150000	150000	150000	150000
	Tỷ lệ than cốc	kg/t	338	338	338	338
	Tỷ lệ than bột	kg/t	0	0	0	0
	Chất khí	Nm ³ /t	200	200	200	200
	(chất khí được thổi)	Nm ³ /t	200	200	103	112
	Tỷ lệ metan bên ngoài	Nm ³ /t	0	0	98	88
	Lượng cấp	Nm ³ /t	321	321	321	321
	Nhiệt cấp	°C	25	25	25	25
	Loại	-	khí oxy	khí oxy	khí oxy	khí oxy
Quy trình tách khí	Nồng độ oxy	% theo thể tích	100	100	100	100
	Lượng tạo khí sản phẩm phụ của lò cao	Nm ³ /t	1034	1034	1034	1034
	Có/không có quy trình tách	-	không có	không có	không có	không có
	Loại khí trước khi tách	-	-	-	-	-
	Lượng khí trước khi tách	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Loại khí sau khi tách	-	-	-	-	-
	Lượng khí sau khi tách	Nm ³ /t	-	-	-	-

Bảng 1 (tiếp)

		Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3	Ví dụ 4	Ví dụ 5
Quy trình tạo khí metan	Loại khí vật liệu thô	-	Khí sản phẩm phụ của lò cao	Khí sản phẩm phụ của lò cao	Khí sản phẩm phụ của lò cao	Khí sản phẩm phụ của lò cao
	Lượng khí vật liệu thô	Nm ³ /t	184	1034	56	68
	Lượng cấp khí lò luyện cốc (tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc)	Nm ³ /t	140	140	140	140
	Lượng hydro trong khí lò luyện cốc	Nm ³ /t	82	82	82	82
	Lượng metan trong khí lò luyện cốc	Nm ³ /t	38	38	38	38
	Lượng tổng CO, CO ₂ , và C _n H _m (trừ metan) trong khí lò luyện cốc	Nm ³ /t	17	17	17	17
	Tổng	Nm ³ /t	1106	455	2554	167
	Lượng cấp khí hydro	Nm ³ /t	39	39	39	39
	Khí metan tái sinh	Nm ³ /t	1067	416	2515	99
	Nồng độ metan của khí metan tái sinh	% theo thể tích	99,6	99,6	99,6	99,6
Phân bố khí	Lượng khí metan tái sinh trong khí metan được thổi	Nm ³ /t	201	201	103	112
	Lượng dư của khí metan tái sinh (lượng cấp vào nhà máy luyện thép)	Nm ³ /t	201	0	0	0
	Lượng dư của khí sản phẩm phụ của lò cao (lượng cấp vào nhà máy luyện thép)	Nm ³ /t	586	850	0	978
	Tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn	kg/t	107	107	107	60
Phần còn lại C	Đầu vào lò cao C	kg/t	290	290	343	338
	Lượng CO ₂ được phát thải từ lò cao ra bên ngoài	kg/t	1064	1064	1256	1238
Các kết quả đánh giá	Nhiệt độ đầu ra ống gió	°C	2046	2046	2046	2046

*1 lượng hydro trừ hydro mà phản ứng với CO, v.v., có trong khí lò luyện cốc (lượng hydro được sử dụng khi phản ứng với khí vật liệu thô)

*2 bao gồm metan trong khí lò luyện cốc và metan thu được từ CO, v.v., có trong khí lò luyện cốc

Bảng 1 (tiếp)

		Ví dụ so sánh 1	Ví dụ so sánh 2	Ví dụ so sánh 3	Ví dụ so sánh 4	Ví dụ so sánh 5
Mô tả lò cao	Hiệu suất trực	-	0,94	0,94	0,94	0,94
	Tổng hao nhiệt	kcal/t	150000	150000	150000	150000
	Tỷ lệ than cốc	kg/t	331	410	338	406
	Tỷ lệ than bột	kg/t	170	0	0	0
	Chất khử (chất khử được thổi)	Nm ³ /t	0	97	200	103
	Tỷ lệ metan được thổi	Nm ³ /t	0	97	75	103
	Tỷ lệ metan tái sinh	Nm ³ /t	0	0	126	0
	Tỷ lệ metan bên ngoài	Nm ³ /t	1006	1053	321	1057
	Lượng cấp	°C	1200	1200	25	1200
	Nhiệt độ cấp	-	thổi nóng	thổi nóng	khí oxy	thổi nóng
Quy trình tách khí	Loại	% theo thể tích	25	25	100	25
	Nồng độ oxy	Nm ³ /t	1517	1587	1034	1594
	Lượng tạo khí sản phẩm phụ của lò cao	-	không có	có	không có	có
	Có/không có quy trình tách	-	không có	khí sản phẩm phụ của lò cao	khí thải lò không nóng	khí sản phẩm phụ của lò cao
	Loại khí trước khi tách	-	-	232	-	246
	Lượng khí trước khi tách	Nm ³ /t	-	CO, CO ₂	-	CO, CO ₂
	Loại khí sau khi tách	-	-	97	-	103
	Loại khí sau khi tách	Nm ³ /t	-	179	-	-

Bảng 1 (tiếp)

		Ví dụ so sánh 1	Ví dụ so sánh 2	Ví dụ so sánh 3	Ví dụ so sánh 4	Ví dụ so sánh 5
Quy trình tách khí metan	Loại khí vật liệu thô	-	CO, CO ₂	CO ₂	khí sản phẩm phụ của lò cao	CO, CO ₂
	Lượng khí vật liệu thô	Nm ³ /t	97	179	98	103
	Lượng cấp khí lò luyện cốc (tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc)	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Lượng hydro trong khí lò luyện cốc	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Lượng metan trong khí lò luyện cốc	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Tổng lượng khí CO, CO ₂ , và C _n H _m (trừ metan) trong khí lò luyện cốc	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Tổng	Nm ³ /t	342	715	243	360
	Lượng cấp khí hydro	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Từ khí lò luyện cốc *1	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Khác (trừ hydro)	Nm ³ /t	342	715	243	360
	Lượng tạo ra *2	Nm ³ /t	97	179	75	103
	Khí metan tái sinh	Nm ³ /t	-	-	-	-
	Có nguồn gốc từ metan, CO, v.v., trong khí lò luyện cốc	% theo thể tích	100,0	100,0	99,6	100,0
Phân bố khí	Nồng độ metan của khí metan tái sinh	Nm ³ /t	97	97	75	103
	Lượng khí metan tái sinh trong khí metan được thổi	Nm ³ /t	0	81	0	0
	Lượng dư của khí metan tái sinh (lượng cấp vào nhà máy luyện thép)	Nm ³ /t	1144	960	1192	951
Phần còn lại C	Lượng dư của khí sản phẩm phụ của lò cao (lượng cấp vào nhà máy luyện thép)	kg/t	0	52	40	55
	Tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn	kg/t	420	353	353	349
Kết quả đánh giá	Đầu vào lò cao C	kg/t	1539	1293	1311	1279
	Lượng CO ₂ được phát thải từ lò cao ra bên ngoài	°C	2179	2000	2046	1978
Nhiệt độ đầu ra ống gió						

*1 lượng hydro trừ hydro mà phản ứng với CO, v.v., có trong khí lò luyện cốc (lượng hydro được sử dụng khí phản ứng với khí vật liệu thô)

*2 bao gồm metan trong khí lò luyện cốc và metan thu được từ CO, v.v., có trong khí lò luyện cốc

Như đã chỉ ra trong Bảng 1, trong tất cả các ví dụ, lượng cacbon dioxit xả ra từ lò cao ra bên ngoài có thể được giảm bớt trong khi vẫn duy trì hoạt động ổn định của lò cao bằng cách kiểm soát nhiệt độ đầu ra của ống bể trong khoảng 2000°C đến 2400°C. Đặc biệt, trong các Ví dụ 1 đến 3, lượng cacbon dioxit xả ra từ lò cao ra bên ngoài có thể giảm đáng kể.

Mặt khác, các ví dụ so sánh 1 đến 4 không cung cấp đủ việc giảm lượng khí thải cacbon dioxit hữu hiệu. Trong ví dụ so sánh 5, lò cao không thể hoạt động ổn định vì nhiệt độ đầu ra của ống bể thấp hơn 2000°C do lượng khí metan thổi ra tăng lên.

Danh sách số chỉ dẫn

- 1: lò cao
- 2: ống bể
- 3: thiết bị tạo khí metan
- 3-1: lò luyện cốc
- 4: thiết bị thổi khí
- 4-1: ống trung tâm
- 4-2: ống trong
- 4-3: ống ngoài
- 5: thiết bị khử nước thứ nhất
- 6: thiết bị khử nước thứ hai
- 7: mỏ đốt
- 8: khu vực xoáy cuộn
- 9: lò điều nhiệt không khí nóng
- 10: thiết bị tách khí
- 11: thiết bị khử nước cho khí thải lò điều nhiệt không khí nóng

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp vận hành lò cao, bao gồm các bước

tạo ra khí metan tái sinh bằng cách sử dụng khí sản phẩm phụ của lò cao mà là khí sản phẩm phụ được xả ra từ lò cao và khí lò luyện cốc là khí sản phẩm phụ được xả ra từ lò luyện cốc, và

thổi khí phun và tác nhân khử vào lò cao từ ống bể,

trong đó khí phun là khí oxy và khí metan tái sinh được sử dụng như ít nhất một phần của tác nhân khử,

tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử là 55 kg/t hoặc lớn hơn, tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn là khối lượng đương lượng cacbon của khí metan tái sinh mà được thổi vào trong lò cao làm tác nhân khử để tạo ra 1 tấn kim loại nóng chảy và

khí oxy có nồng độ oxy là 80 % hoặc lớn hơn theo thể tích.

2. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 1, trong đó tốc độ tiêu thụ các nguyên tử cacbon tuần hoàn trong tác nhân khử là 60 kg/t hoặc lớn hơn,

trong đó tốc độ tiêu thụ của các nguyên tử cacbon tuần hoàn thu được theo phương trình sau:

$$[\text{Tỷ lệ tiêu thụ nguyên tử cacbon tuần hoàn (kg/t)}] = [\text{Khối lượng metan trong khí metan tái sinh được thổi vào lò cao làm tác nhân khử (kg)}] \times (12/16) \div [\text{Lượng sản xuất kim loại nóng chảy (t)}].$$

3. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc là 140 Nm³/t hoặc ít hơn,

trong đó tốc độ tiêu thụ của khí lò luyện cốc là lượng khí lò luyện cốc được sử dụng để tạo ra khí metan tái sinh để tạo ra 1 tấn kim loại nóng chảy.

4. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó khí metan tái sinh được tạo ra từ một phần khí sản phẩm phụ của lò cao và phần dư của khí sản phẩm phụ của lò cao được cấp cho nhà máy luyện thép.

5. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó phần dư của khí metan tái sinh được cấp cho các nhà máy luyện thép.

6. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó phương pháp này không bao gồm bước phân tách cacbon monoxit và cacbon dioxit từ khí thải đốt cháy.

7. Phương tiện hỗ trợ lò cao được sử dụng trong phương pháp vận hành lò cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, bao gồm

thiết bị tạo khí metan mà tạo ra khí metan tái sinh bằng cách sử dụng khí sản phẩm phụ của lò cao và khí lò luyện cốc, và

thiết bị thổi khí có bộ phận cấp khí metan mà đưa khí metan tái sinh vào ống bể của lò cao và bộ phận cấp khí oxy mà đưa khí oxy vào ống bể của lò cao.

FIG. 2A

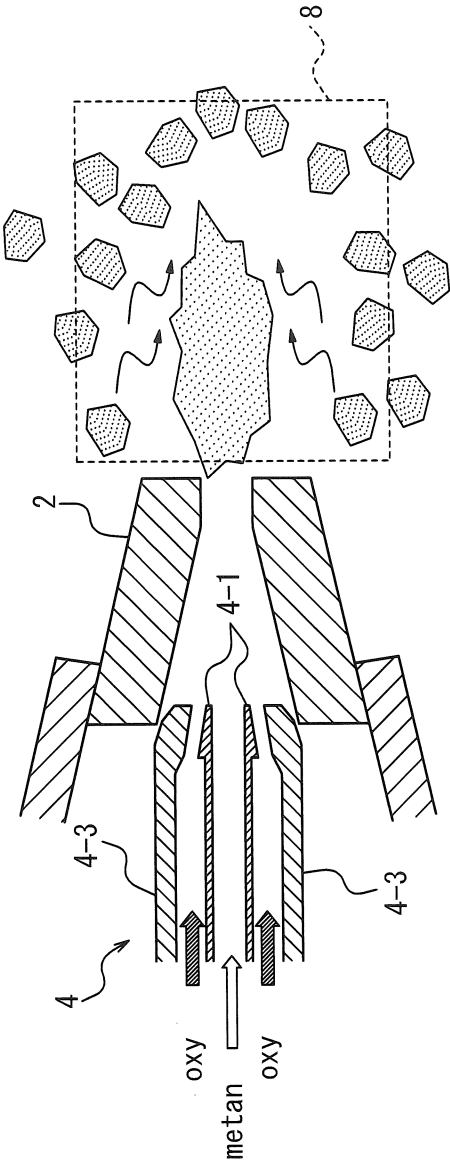
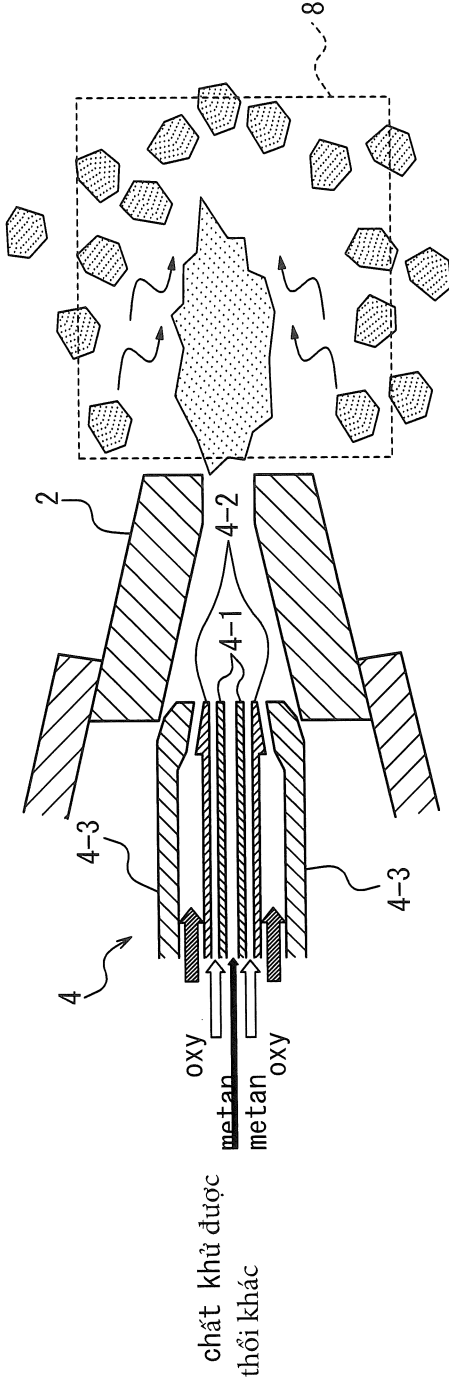
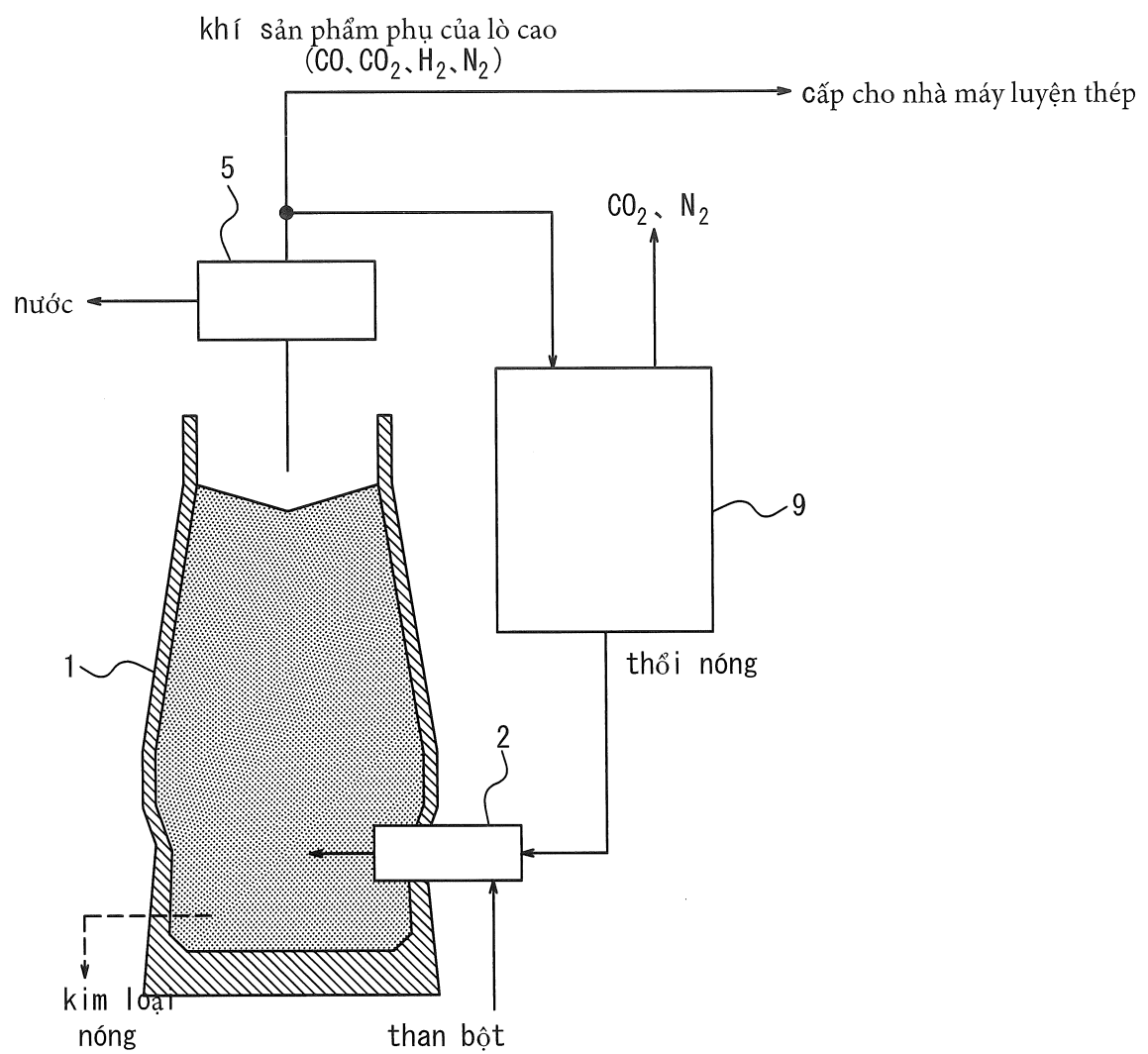


FIG. 2B



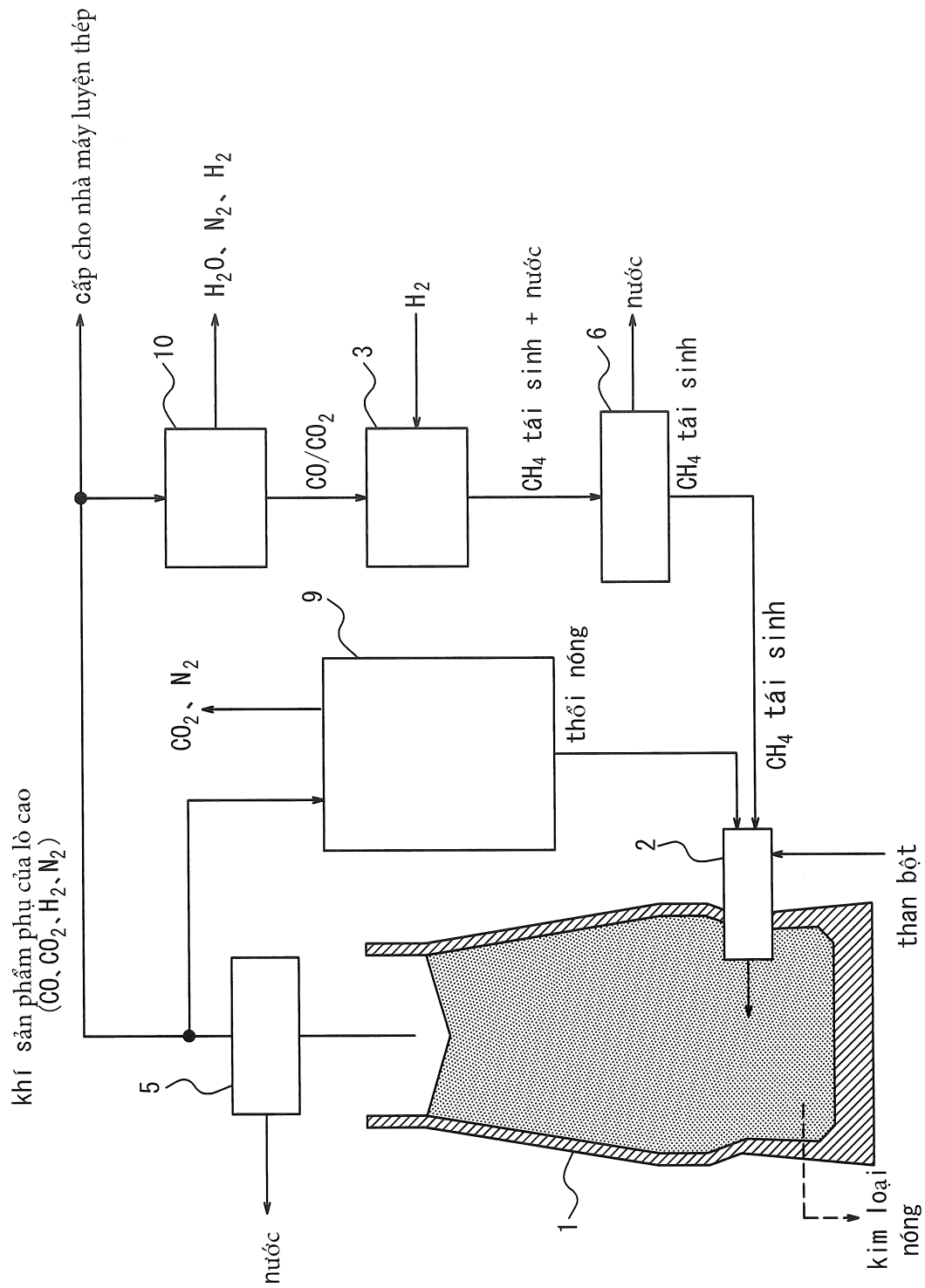
3/6

FIG. 3



4 / 6

FIG. 4



5/6

FIG. 5

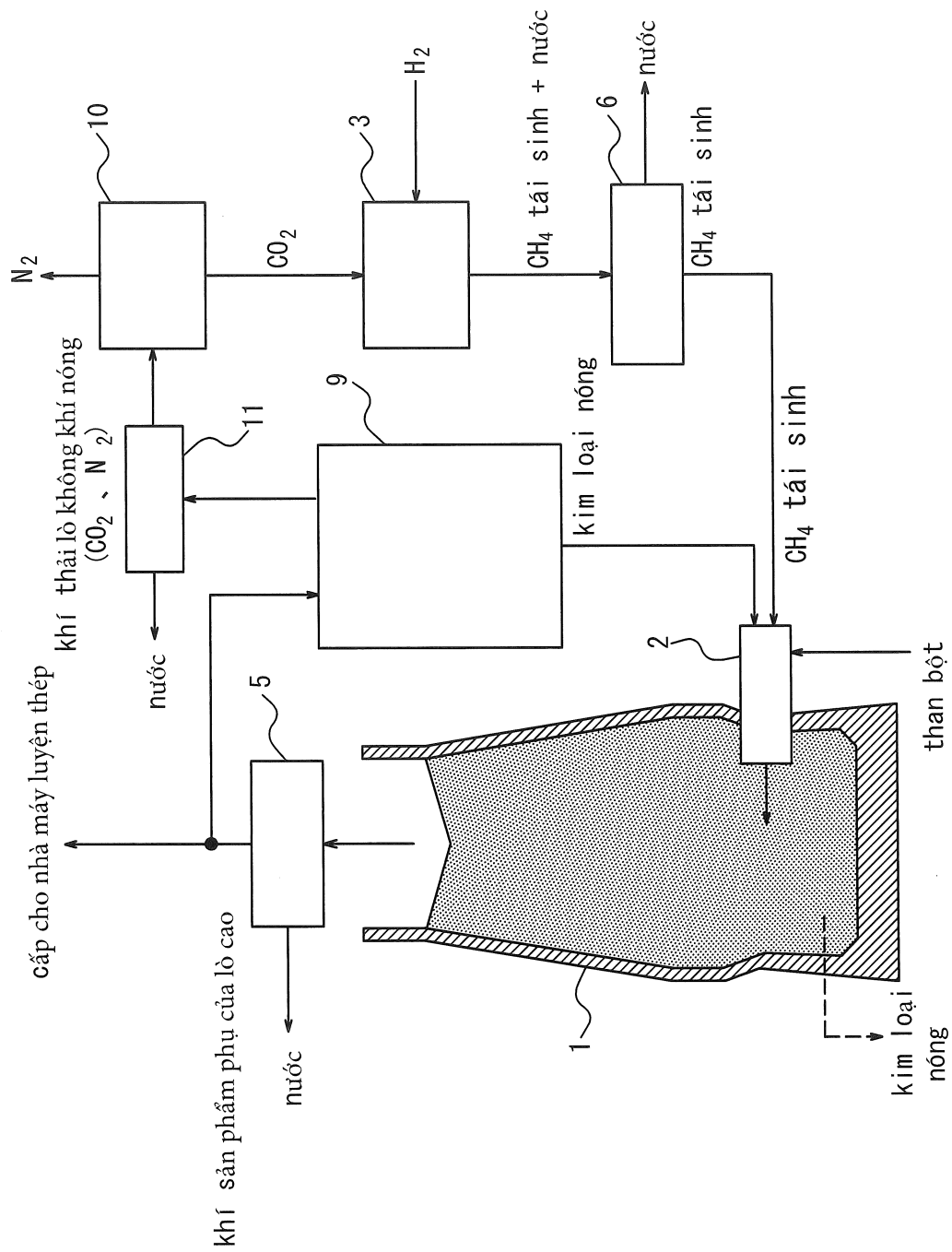


FIG. 6

