(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) **1-0051112**

(51)[2022.01] **C21B 13/00**; F27D 17/00

(13) **B**

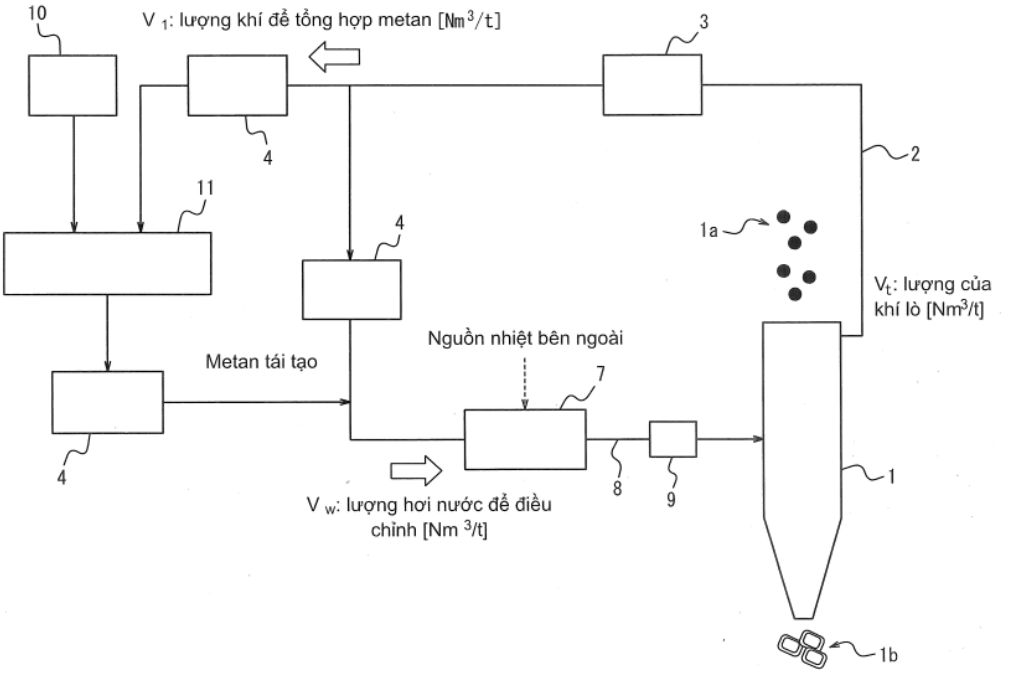
(21) 1-2024-00463
(22) 23/05/2022
(86) PCT/JP2022/021161 23/05/2022
(87) WO 2022/270194 29/12/2022
(30) 2021-105176 24/06/2021 JP
(45) 25/09/2025 450
(43) 25/03/2024 432
(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan
(72) TERUI Koki (JP); TAKAHASHI Koichi (JP); MORIYA Kota (JP); OZAWA Sumito (JP).
(74) Công ty cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT SẮT HOÀN NGUYÊN

(21) 1-2024-00463

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp có thể thực hiện việc bảo toàn năng lượng và giảm lượng khí thải CO_2 khi sản xuất sắt hoàn nguyên bằng oxit sắt. Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên bao gồm quá trình nạp oxit sắt trong đó oxit sắt được nạp vào lò khử, quá trình thổi khí khử trong đó khí khử được thổi vào lò khử, quá trình khử trong đó oxit sắt bị khử bằng khí khử trong lò khử, quá trình tổng hợp khí metan trong đó khí chứa metan là thành phần chính được tổng hợp từ khí hydro và một phần khí lò thải ra từ đỉnh lò khử và quá trình điều chỉnh khí trong đó khí metan và khí đốt lò không bao gồm những thứ được cung cấp cho quá trình tổng hợp metan được sử dụng làm khí nguyên liệu thô và khí nguyên liệu thô được đun nóng và chuyển đổi thành khí khử, trong đó theo sự thay đổi tỷ lệ H_2/CO của H_2 và CO trong khí khử được thổi vào lò khử, một lượng khí lò V_1 cung cấp cho quá trình tổng hợp metan và lượng hơi nước Vw trong khí lò cung cấp cho quá trình điều chỉnh khí được điều chỉnh để kiểm soát cân bằng khối lượng trong các quá trình từ quá trình nạp oxit sắt đến quá trình khử.

FIG. 2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, nhu cầu bảo tồn năng lượng trong các nhà máy thép ngày càng tăng do các vấn đề môi trường toàn cầu và vấn đề cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch.

Nguyên liệu thô của sắt chủ yếu là oxit sắt và quá trình khử là cần thiết để khử oxit sắt. Quá trình khử thịnh hành và phổ biến nhất trên toàn thế giới là lò cao. Trong lò cao, than cốc và than nghiền thành bột phản ứng với oxy tạo ra vụ nổ nóng (không khí đã được nung nóng đến khoảng 1200 °C) tại ống hút gió để sản xuất các khí CO và H_2 (khí khử) và khí khử được sử dụng để khử quặng sắt và các vật liệu khác trong lò. Những cải tiến gần đây trong công nghệ vận hành lò cao đã làm giảm tỷ lệ chất khử (lượng than cốc và than nghiền thành bột dùng để sản xuất một tấn kim loại nóng) xuống còn khoảng 500 kg/t. Tuy nhiên, tỷ lệ chất khử gần như đã đạt đến giới hạn dưới và không thể hy vọng tỷ lệ chất khử sẽ giảm đáng kể hơn nữa.

Mặt khác, ở những khu vực sản xuất khí đốt tự nhiên, phương pháp thường được sử dụng để sản xuất sắt hoàn nguyên trong đó lò khử thẳng đứng được nạp quặng sắt lớn như quặng thiêu kết hoặc dạng viên làm nguyên liệu thô oxit sắt và khí khử chứa hydro và cacbon monooxit được thổi vào để khử nguyên liệu thô oxit sắt để tạo ra sắt hoàn nguyên. Trong phương pháp này, khí tự nhiên hoặc loại tương tự được sử dụng làm khí nguyên liệu thô để khử khí. Khí nguyên liệu thô được gia nhiệt và điều chỉnh trong bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh cùng với khí lò thải ra từ đỉnh lò khử để tạo ra khí khử. Khí khử được tạo ra được thổi vào lò khử và phản ứng với nguyên liệu thô oxit sắt được cung cấp từ đỉnh lò khử, và oxit sắt được khử để thu được sắt hoàn nguyên. Sắt hoàn nguyên được sản xuất được làm nguội ở khu vực phía dưới vị trí mà khí khử được thổi vào lò khử, sau đó sắt hoàn nguyên được thải ra khỏi đáy lò khử.

Khí sau khi được sử dụng để khử oxit sắt được thải ra từ đỉnh lò khử dưới dạng khí lò, sau khi loại bỏ bụi và làm mát, một phần khí được đưa đến bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh làm nguyên liệu cho khí điều chỉnh. Khí lò còn lại được sử dụng để gia nhiệt và làm khí đốt cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh. Khí lò còn lại dùng để gia nhiệt và dùng làm khí nhiên liệu cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh thường được thải ra khỏi hệ thống.

Như một ví dụ về quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên được mô tả ở trên, JP 2017-88912 A (PTL 1) mô tả rằng khí thải từ lò khử và khí tự nhiên được điều chỉnh trong máy điều chỉnh để tạo ra khí khử bao gồm chủ yếu là khí CO và H_2, và khí khử này được thổi vào lò khử để khử oxit sắt bên trong lò khử để tạo ra sắt hoàn nguyên.

Hơn nữa, JP 2016-529384 A (PTL 2) mô tả phương pháp trong đó khí lò cốc và khí lò của lò khử mà từ đó CO_2 đã được loại bỏ được điều chỉnh để tạo ra khí khử, đồng thời khí khử được thổi vào lò khử để tạo ra sắt hoàn nguyên.

Danh sách tài liệu trích dẫn
Tài liệu sáng chế
PTL 1: JP 2017-88912 A
PTL 2: JP 2016-529384 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế
Vấn đề kỹ thuật

Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên được mô tả trong PTL 1 sử dụng khí tự nhiên để tạo ra khí khử, do đó lượng khí thải CO_2 nhất định không thể tránh khỏi, mặc dù nó thấp hơn so với lò cao.

Phương pháp được mô tả trong PTL 2 sử dụng khí lò cốc hoặc khí chuyển đổi được sản xuất tại các nhà máy thép để tạo ra khí khử. Vì khí lò luyện cốc và khí chuyển đổi rất cần thiết làm khí nhiên liệu cho các quá trình hạ nguồn như lò nung và lò ủ trong các nhà máy thép tích hợp, nên việc chuyển hướng chúng sang quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên sẽ gây ra tình trạng thiếu khí đốt trong các quá trình ra sản phẩm. Kết quả là, khí tự nhiên cuối cùng được cung cấp từ bên ngoài để bù đắp cho sự thiếu hụt khí trong các quá trình ra sản phẩm, và giảm lượng khí thải CO_2 không được hiện thực hóa và vẫn là vấn đề.

Do đó, sẽ rất hữu ích khi cung cấp phương pháp có thể thực hiện bảo tồn năng lượng và giảm lượng khí thải CO_2 khi sản xuất sắt hoàn nguyên bằng oxit sắt.

Giải pháp cho vấn đề

Chúng tôi đã phát triển hệ thống có quy trình nạp oxit sắt trong đó oxit sắt được nạp vào lò khử, quy trình thổi khí khử trong đó khí khử được thổi vào lò khử, quy trình khử trong đó oxit sắt bị khử bằng khí khử trong lò khử, quy trình tổng hợp khí metan trong đó khí metan được tổng hợp từ khí hydro và một phần khí lò thải ra từ đỉnh lò khử và quy trình điều chỉnh khí trong đó khí

metan và khí lò không bao gồm những thứ đó được cung cấp cho quá trình tổng hợp metan được sử dụng làm khí nguyên liệu thô và khí nguyên liệu thô được đun nóng và chuyển đổi thành khí khử, để thực hiện bảo tồn năng lượng và giảm khí thải CO_2. Trong hệ thống này, khí lò được tuần hoàn và tái sử dụng. Hơn nữa, để đạt được hoạt động ổn định trong hệ thống này, cần phải cân bằng các khí trong hệ thống sao cho cân bằng khối lượng trong hệ thống này lành mạnh, tức là tỷ lệ thành phần (tỷ lệ thể tích) H_2/CO của H_2 và CO trong khí khử cung cấp cho lò khử luôn được duy trì ở giá trị xác định trước mà không có bất kỳ biến động nào.

Tuy nhiên, khi cấp độ oxit sắt (quặng lớn) làm nguyên liệu thô cho sắt hoàn nguyên thay đổi, thành phần của khí lò thoát ra từ đỉnh lò thay đổi, khiến việc duy trì cân bằng khối lượng lành mạnh như mô tả ở trên trở nên khó khăn. Hơn nữa, những thay đổi về hiệu suất do hoạt động liên tục của bộ phận tổng hợp khí metan trong quá trình tổng hợp metan và bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh khí trong quá trình điều chỉnh khí và các hiện tượng tương tự gây ra những thay đổi trong thành phần khí ở đầu ra của bộ phận tổng hợp khí metan và bộ phận gia nhiệt và đốt nóng bộ phận điều chỉnh, dẫn đến thay đổi tỷ lệ H_2/CO của H_2 và CO trong khí khử và gây khó khăn cho việc duy trì sự cân bằng khối lượng lành mạnh như mô tả ở trên.

Chúng tôi đã nghiên cứu kỹ lưỡng các cách để duy trì sự cân bằng khối lượng lành mạnh trong hệ thống được mô tả ở trên và mới phát hiện ra rằng điều quan trọng là duy trì sự cân bằng khí thích hợp giữa quá trình tổng hợp khí metan và quá trình điều chỉnh khí phù hợp với những thay đổi trong thành phần của khí khử được thổi vào lò khử, từ đó hoàn thiện sáng chế này.

Do đó, chúng tôi để xuất những điều sau đây.

[1] Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên, bao gồm

quá trình nạp oxit sắt trong đó oxit sắt được nạp vào lò khử,

quá trình thổi khí khử trong đó khí khử được thổi vào lò khử,

quá trình khử trong đó oxit sắt được khử bằng khí khử trong lò khử,

quy trình tổng hợp khí metan trong đó khí chứa thành phần chính là khí metan được tổng hợp từ khí hydro và một phần khí lò thải ra từ đỉnh lò khử, và

quy trình điều chỉnh khí trong đó khí metan và khí đốt lò không bao gồm những thứ được cung cấp cho quá trình tổng hợp metan được sử dụng làm khí nguyên liệu thô và khí nguyên liệu thô được đun nóng và biến đổi thành khí khử, trong đó

theo sự thay đổi của tỷ lệ H_2/CO của H_2 và CO trong khí khử được thổi vào lò khử, lượng khí lò V_1 cung cấp cho quá trình tổng hợp metan và lượng

hơi nước Vw trong khí nguyên liệu thô cung cấp cho quá trình điều chỉnh khí được điều chỉnh để triệt tiêu sự thay đổi, và sự cân bằng khối lượng H_2 và CO trong các quá trình từ quá trình nạp oxit sắt đến quá trình khử được kiểm soát.

[2] Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên theo khía cạnh [1], trong đó khi có sự thay đổi về tỷ lệ H_2/CO là sự tăng giá trị của tỷ lệ H_2/CO, lượng hơi nước Vw và lượng khí lò V_1 giảm đi.

[3] Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên theo khía cạnh [1], trong đó khi có sự thay đổi về tỷ lệ H_2/CO là sự giảm giá trị của tỷ số H_2/CO, lượng hơi nước Vw và lượng khí lò V_1 được tăng lên.

[4] Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh [1] đến [3], trong đó tỷ lệ X tính theo phần trăm của lượng khí lò V_1 cung cấp cho quá trình tổng hợp metan với một lượng khí lò tạo thành Vt và tỷ lệ Y tính theo phần trăm lượng hơi nước Vw trong khí nguyên liệu cung cấp cho quá trình điều chỉnh khí với một lượng khí lò tạo thành Vt thỏa mãn biểu thức (1) sau,

$$aX^2 + bX + c \leq Y \leq 100 \quad (1)$$

trong đó a, b và c là các giá trị tùy ý được xác định bởi điều kiện vận hành của lò khử.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, có thể thực hiện vận hành ổn định với sự cân bằng khối lượng hợp lý trong phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên trong một hệ thống khép kín tuần hoàn và tái sử dụng khí lò, trong đó CO_2-Hydro tự do được cung cấp từ bên ngoài vào khí đốt của lò khử để tổng hợp khí metan tái tạo, còn khí metan tái tạo được sử dụng để tạo ra khí khử.

Mô tả tóm tắt các hình vẽ

Trong các hình vẽ kèm theo:

Fig. 1 minh họa các quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên sử dụng lò trục thông thường;

Fig. 2 minh họa các quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên theo sáng chế;

Fig. 3 minh họa mối quan hệ giữa lượng hơi nước Vw và lượng khí lò V_1 để tổng hợp khí metan, được điều chỉnh khi thành phần khí khử thay đổi; và

Fig. 4 minh họa kết quả của thí nghiệm nghiên cứu mối quan hệ giữa phần trăm Y của một lượng hơi nước Vw được sử dụng trong quá trình điều chỉnh với lượng khí lò Vt và phần trăm X của một lượng khí V_1 được sử dụng để tổng hợp khí metan thành lượng khí lò Vt.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây mô tả chi tiết phương pháp của sáng chế có tham khảo các hình vẽ. Đầu tiên, các quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên thông thường sẽ được mô tả, so sánh với phương pháp của sáng chế.

Fig. 1 minh họa cấu hình của quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên thông thường sử dụng lò khử kiểu trục. Trong Fig. 1, ký hiệu tham khảo 1 là lò khử, 1a là oxit sắt, 1b là sắt hoàn nguyên, 2 là khí lò thoát ra từ lò khử 1, 3 là bộ phận loại bỏ bụi cho khí lò 2, 4 là bộ phận khử nước, 5 là khí tự nhiên được cung cấp từ bên ngoài, 6 là không khí, 7 là bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh làm nóng hoặc điều chỉnh nhiệt khí lò 2 và không khí 6 để tạo ra khí khử 8 chứa khí cacbon monooxit và khí hydro, và 9 là bộ phận thổi khí khử cung cấp khí khử cho lò khử 1.

Nguyên liệu thô sắt oxit khổng lồ 1a như quặng hoặc viên thiêu kết được nạp từ đỉnh lò khử 1, là trung tâm của quá trình sản xuất sắt hoàn nguyên, và được hạ xuống dần dần. Khí khử nhiệt độ cao 8 được thổi vào từ giữa lò để khử nguyên liệu sắt oxit 1a, đồng thời sắt hoàn nguyên 1b được thải ra từ đáy lò. Lúc này, khí lò 2 chứa chủ yếu là CO, CO_2, H_2 và H_2O được thải ra từ đỉnh lò. Khí lò 2 được loại bỏ bụi trong bộ phận loại bỏ bụi 3 và một phần khí được gửi đến bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7 dưới dạng khí nguyên liệu sau khi điều chỉnh độ ẩm. Khí chứa hydrocacbon, chẳng hạn như khí tự nhiên 5, được cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7 và được nung nóng trong đó cùng với khí lò được điều chỉnh độ ẩm 2. Tại bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7 xảy ra phản ứng điều chỉnh tạo thành khí khử nhiệt độ cao 8 chứa chủ yếu là khí CO và H_2 được thổi vào lò khử 1. Phần khí lò 2 còn lại được sử dụng làm nhiên liệu đốt nóng buồng đốt của bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7 sau khi khử nước.

Phương án

So sánh với các quy trình thông thường nêu trên được minh họa trên Fig. 1, sáng chế sử dụng khí metan tái tạo được tạo thành trong lò phản ứng tổng hợp metan trong các quy trình này thay vì khí hydrocacbon được cung cấp từ bên ngoài như khí tự nhiên 5 được mô tả ở trên, như được minh họa trên Fig. 2. Nói cách khác, trong cấu hình của các quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên được minh họa trên Fig. 2, bộ phận tổng hợp khí metan 11 mới được cung cấp để tổng hợp khí metan từ khí lò 2 và hydro 10. Khí metan tái tạo được hình thành trong bộ phận tổng hợp khí metan 11 được cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7 để sử dụng làm khí nguyên liệu cho khí khử 8.

Trong trường hợp này, nguyên liệu thô để tổng hợp metan ở bộ phận tổng hợp metan 11 được cung cấp từ bên ngoài khí hydro 10 và khí chứa CO,

CO_2 và hydrocacbon. Khí chứa CO, CO_2 và hydrocacbon có thể là bất kỳ loại khí nào có sẵn trong các nhà máy thép. Ví dụ, như được minh họa trên Fig. 2, một phần khí lò 2 được hình thành trong lò khử 1 được sử dụng để gia nhiệt bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7 trong các quy trình thông thường trên Fig. 1 được thổi vào bộ phận tổng hợp metan 11 để tổng hợp metan và dùng làm nguyên liệu thô cho metan tái tạo. Sự thay đổi dòng khí lò 2 trong hệ thống này cho phép tổng hợp một lượng metan tái tạo cần thiết cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7. Trong trường hợp này, do không có nhiên liệu được cung cấp để đốt nóng bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7, nên CO_2 bên ngoài-nguồn nhiệt tự do, chẳng hạn như nguồn nhiệt bên ngoài sử dụng CO_2-Điện tự do, có thể được sử dụng thay thế. Trong phương pháp này, nếu CO_2-điện tự do được sử dụng để đốt nóng bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7 và sản xuất hydro, CO_2 về mặt lý thuyết có thể giảm lượng khí thải xuống bằng không.

Khí metan tái tạo được tổng hợp trong bộ phận tổng hợp khí metan 11 được trộn với khí lò 2 đã trải qua quá trình khử nước, sau đó loại bỏ bụi và khử nước một phần, hỗn hợp này được cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh 7, trong đó nó được biến đổi thành khí chứa chủ yếu là H_2 và CO được thổi vào lò khử 1 làm khí khử 8 để sản xuất sắt hoàn nguyên.

Điều quan trọng trong các quy trình sản xuất sắt hoàn nguyên ở trên trong hệ thống khép kín được minh họa trên Fig. 2 là, theo sự biến động của thành phần (tỷ lệ H_2/CO) của khí khử được thổi vào lò khử, nhằm triệt tiêu ngay sự biến động trong thành phần (tỷ lệ H_2/CO) của khí khử bằng cách duy trì sự cân bằng khí giữa quá trình tổng hợp metan và quá trình điều chỉnh khí. Như đã mô tả ở trên, ví dụ, thành phần của khí lò thoát ra từ đỉnh lò khử thay đổi khi cấp độ oxit sắt thô thay đổi. Hơn nữa, tỷ lệ khí lò sau khi loại bỏ bụi được chia thành khí nguyên liệu và khí tổng hợp metan thay đổi tùy thuộc vào lượng khí cần thiết để hình thành khí khử trong quá trình điều chỉnh khí tiếp theo, tức là lượng khí metan tái tạo đưa vào quá trình điều chỉnh khí và lượng hơi nước có trong khí lò. Vì vậy, cần ước tính lượng khí cần thiết trong mỗi quá trình để đáp ứng cân bằng khối lượng mô tả ở trên.

Do đó, theo sáng chế, sắt hoàn nguyên được sản xuất trong điều kiện cân bằng khối lượng lành mạnh như được mô tả ở trên bằng cách điều chỉnh lượng khí lò V_1 cung cấp cho quá trình tổng hợp khí metan và lượng hơi nước Vw trong khí nguyên liệu thô cung cấp cho quá trình điều chỉnh khí theo sự biến động của tỷ lệ H_2/CO trong khí khử được thổi vào lò khử. Sau đây là mô tả chi tiết về các phương pháp vận hành trong điều kiện cân bằng khối lượng lành mạnh trong phương pháp theo sáng chế.

H_2 và CO trong khí khử thổi vào lò khử được tổng hợp bằng phản ứng

của CH_4 với CO_2 và H_2O trong bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh số 7 ở phía trước lò khử 1 được minh họa trên Fig. 2. Các phản ứng được biểu diễn bằng các công thức (i) và (ii) sau.

$$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2 \quad (i)$$

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \quad (ii)$$

Từ công thức (i) và (ii) có thể hiểu khí nguyên liệu thô dùng để điều chỉnh là CH_4, CO_2và H_2O. Trong đó, lượng H_2O cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh có thể được điều chỉnh bằng cách loại bỏ sự ngưng tụ thông qua làm mát khí hoặc bằng cách thêm bản thân H_2O vào khí. Mặt khác, CH_4 được tổng hợp bằng cách cung cấp một phần khí lò thải ra từ lò khử cho bộ phận tổng hợp metan. Từ công thức (ii) trên có thể hiểu rằng nếu lượng hơi nước (H_2O) Vw [Nm^3/t] cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh tăng thì cần phải tăng lượng CH_4 phản ứng với H_2O. Để tăng lượng CH_4, cần tăng lượng khí lò V_1 [Nm^3/t] cung cấp cho bộ phận tổng hợp metan mà là một phần khí lò được xả ra từ lò khử. Vì vậy, Vw và V_1 có liên quan tích cực.

Ví dụ: phần sau đây mô tả trường hợp lượng CH_4 hình thành giảm do tốc độ phản ứng của bộ phận tổng hợp metan giảm. Nếu hoạt động tiếp tục trong trường hợp này, lượng CH_4 cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh cũng giảm, làm giảm lượng CO trong khí khử. Kết quả là tỷ lệ H_2 so với H_2 và C (tỷ lệ H_2) trong khí khử tăng lên. Như đã trình bày ở trên, cần giữ tỷ lệ thành phần (tỷ lệ thể tích) H_2/CO của H_2 và CO trong khí khử được thổi vào lò khử là hằng số, sao cho tỷ lệ H_2 cần phải giảm. Vì vậy, để ngăn chặn sự hình thành CO và H_2 bằng phản ứng được biểu thị ở công thức (ii) trên, cần giảm lượng hơi nước Vw cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh và tăng lượng khí lò V1 cung cấp cho quá trình tổng hợp metan.

Đối với ví dụ khác, phần sau mô tả trường hợp trong đó nồng độ CO_2 trong khí lò Vt tăng lên do sự thay đổi cấp độ oxit sắt khối lượng lớn làm nguyên liệu thô cho sắt hoàn nguyên. Nếu hoạt động tiếp tục trong trường hợp này, lượng CO_2 cung cấp cho bộ phận tổng hợp metan hoặc bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh cũng tăng lên, làm tăng lượng CO trong khí khử. Kết quả là tỷ lệ CO so với H_2 và CO (tỷ lệ CO) trong khí khử tăng lên. Như đã trình bày ở trên, cần giữ tỷ lệ thành phần (tỷ lệ thể tích) H_2/CO của H_2 và CO trong khí khử được thổi vào lò khử là hằng số, sao cho tỷ lệ H_2 cần phải tăng. Vì vậy, để đẩy nhanh quá trình hình thành CO và H_2 bằng phản ứng được biểu thị ở công thức (ii) trên, cần tăng lượng hơi nước Vw cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh và giảm lượng khí lò V1 cung cấp cho quá trình tổng hợp metan.

Lượng khí khử cung cấp cho lò khử thay đổi do các hoạt động này. Nếu

sự thay đổi lượng khí khử quá lớn thì lò khử sẽ khó vận hành ổn định. Vì vậy cần chú ý đến sự thay đổi lượng khí khử. Cụ thể, lượng khí khử giảm nhiều dẫn đến năng suất giảm sút và chất lượng sản phẩm giảm sút. Mặt khác, nếu lượng khí khử tăng lên nhiều thì khả năng cản thông gió của khí bên trong lò tăng lên và nguyên liệu thô (viên) bên trong lò sẽ không rơi xuống.

Chúng tôi đã nghiên cứu lượng khí khử phù hợp để tránh những nhược điểm trên và nhận thấy tốc độ dòng khí khử phù hợp là 1500 Nm^3/t trở lên và 3500 Nm^3/t trở xuống.

Hơn nữa, chúng tôi đã nghiên cứu kỹ lưỡng phương pháp đơn giản để điều chỉnh lượng hơi nước Vw và khí V_1 để tổng hợp metan.

Thứ nhất, mối quan hệ giữa lượng hơi nước Vw và lượng khí lò V_1 đối với quá trình tổng hợp metan, được điều chỉnh khi thành phần của khí khử thay đổi như mô tả ở trên, sẽ được giải thích với tham chiếu tới Fig. 3. Fig. 3 minh họa bằng sơ đồ mối quan hệ giữa Vw và V_1 trong các quy trình của sáng chế, với Vw được vẽ trên trục hoành và V_1 được vẽ trên trục tung. Như đã mô tả ở trên, khi Vw bắt đầu tăng, lượng lớn H_2 được hình thành bởi phản ứng theo công thức (ii). Do đó, cần phải tăng lượng CO tạo thành theo phản ứng nêu ở công thức (i) để duy trì tỷ lệ H_2/CO của khí khử, sao cho lượng V_1 tăng. Nói cách khác, tỷ lệ lượng khí tăng lên để tổng hợp metan ΔV_1 so với sự gia tăng lượng hơi nước ΔVw trở nên nhanh. Mặt khác, khi lượng hơi nước Vw bắt đầu giảm sẽ hình thành lượng lớn H_2 theo phản ứng chỉ ra ở công thức (ii) bị ức chế nên không có sự biến động lớn về lượng CO cần thiết để duy trì tỷ lệ H_2/CO xác định trước. Vì vậy, tỷ lệ tăng lượng khí để tổng hợp metan ΔV_1 so với sự gia tăng lượng hơi nước ΔVw trở nên chậm. Vì lượng thay đổi (giá trị chênh lệch) trong mối quan hệ giữa Vw và V_1 thay đổi tùy thuộc vào giá trị của Vw, người ta hy vọng rằng mối quan hệ giữa Vw và V_1 được biểu thị bằng hàm phi tuyến tính.

Chúng tôi đã thực hiện các phép tính số về cân bằng khối lượng trong các quy trình để xác định hàm phi tuyến tính biểu thị mối quan hệ giữa Vw và V_1. Việc tính toán cân bằng khối lượng được mô phỏng bằng phần mềm có sẵn trong thương mại. Sau khi thiết lập lưu lượng khí nổ và tỷ lệ H_2/CO trong lưu lượng khí nổ và tính toán thành phần trong khí lò, lượng hơi nước Vw cung cấp từ khí lò đến bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh được xác định tùy ý. Lượng metan tổng hợp được trong bộ phận tổng hợp metan và lượng CO và H_2 được tổng hợp trong bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh đã được tính toán tương ứng, và các tính toán được thực hiện bằng cách thay đổi liên tục lượng hơi nước cung cấp Vw sao cho tỷ lệ thành phần H_2/CO trong khí khử thu được từ các kết quả này bằng giá trị thiết lập ban đầu. Việc tính toán được thực hiện cho

đến khi tỷ lệ H_2/CO thu được từ tính toán bằng với tỷ lệ H_2/CO thiết lập.

Mặc dù việc tăng lượng khí để tổng hợp metan ΔV_1 đối với sự gia tăng lượng hơi nước ΔVw nhanh hoặc chậm tùy thuộc vào phạm vi lượng hơi nước Vw, như được mô tả ở trên và như được minh họa trên Fig. 3, về cơ bản nó được ước tính là giá trị dương. Vì vậy, tỷ lệ tăng lượng khí để tổng hợp metan ΔV_1 so với sự gia tăng lượng hơi nước ΔVw, là giá trị chênh lệch, là giá trị dương như được chỉ ra bên dưới.

$$dV_1/dVw > 0$$

Khi tỷ lệ giữa lượng khí lò V_1 để tổng hợp metan (lượng khí lò được cung cấp cho bộ phận phản ứng metan) và lượng khí lò Vt [Nm^3/t] ($V_1/Vt \times 100$) được biểu thị bằng X và tỷ lệ phần trăm của lượng hơi nước Vw trên lượng khí lò Vt [Nm^3/t] ($Vw/Vt \times 100$) được biểu thị bằng Y, biểu thức trên có thể được biểu thị như sau với giả định rằng không có biến động lớn về lượng khí lò Vt.

$$dV_1/dVw = dY/dX > 0$$

Mặc dù các hàm khác nhau có thể được coi là dạng thức của giá trị vi phân dY/dX, nhưng nó được biểu thị bằng biểu thức tuyến tính sau đây từ quan điểm luôn lấy giá trị dương, giả sử không có tính tuần hoàn trong giá trị, mức tăng của ΔV_1 tăng dần theo mức tăng của ΔVw như được minh họa trên Fig. 3, và dễ dàng xử lý.

$$dY/dX = \alpha X + \beta \ (\alpha > 0, \text{ và } \beta > 0)$$

Dạng hàm của Y có thể thu được bằng cách lấy tích phân biểu thức trên.

$$\int(dY/dX)dX = \int(\alpha X + \beta)dX$$

$$Y - Y_0 = \alpha/2X^2 + \beta X + \gamma$$

Tóm lại, Y dự kiến sẽ được biểu thị dưới dạng hàm bậc hai của X như sau.

$$Y = aX^2 + bX + c \text{ (trong đó a, b và c là các hằng số dương)}$$

Bảng 1 liệt kê các kết quả tính toán ở trên trong đó tốc độ dòng khí khử là 2200 Nm^3/t và $0,5 \leq H_2/CO \leq 4$. Fig. 4 minh họa tóm tắt các kết quả tính toán được liệt kê trong Bảng 1, trong đó tỷ lệ phần trăm của lượng hơi nước Vw với lượng khí lò Vt [Nm^3/t] ($Vw/Vt \times 100$) được biểu thị bằng Y và là tỷ lệ phần trăm của lượng khí lò V_1 để tổng hợp metan so với lượng khí lò Vt [Nm^3/t] ($V_1/Vt \times 100$) được biểu thị bằng X.

[Bảng 1]

Lượng hơi nước Vw [Nm^3/t]	Lượng khí lò V_1 để tổng hợp metan [Nm^3/t]	Lượng khí lò Vt [Nm^3/t]	Khí khử H_2/CO	Y (Vw/Vt) [%]	X (V_1/Vt) [%]	Lượng hydro được thêm vào từ bên ngoài [Nm^3/t]
15	2181	2200	0,5	0,7	100	455
0	2009	2200	0,5	0,0	92	455
194	2181	2200	1,0	8,8	100	455
123	1636	2200	1,0	5,6	75	455
53	1091	2200	1,0	2,4	50	455
0	685	2200	1,0	0,0	31	455
264	2181	2200	1,3	12,0	100	455
184	1636	2200	1,3	8,4	75	455
105	1091	2200	1,3	4,8	50	455
48	477	2200	1,3	2,2	22	455
0	388	2200	1,3	0,0	18	455
318	2181	2200	1,6	14,5	100	455
232	1636	2200	1,6	10,5	75	455
150	1091	2200	1,6	6,8	50	455
104	605	2200	1,6	4,7	28	455
0	384	2200	1,6	0,0	18	455
374	2181	2200	2,0	17,0	100	455
293	1636	2200	2,0	13,3	75	455
220	1091	2200	2,0	10,0	50	455
186	835	2200	2,0	8,4	38	455
0	378	2200	2,0	0,0	17	455
471	2181	2200	2,5	21,4	100	455
378	1636	2200	2,5	17,2	75	455
319	1290	2200	2,5	14,5	59	455
250	1091	2200	2,5	11,4	50	455
0	371	2200	2,5	0,0	17	455
505	2181	2200	2,7	23,0	100	455
406	1636	2200	2,7	18,4	75	455

393	1567	2200	2,7	17,9	72	455
237	1091	2200	2,7	10,8	50	455
0	368	2200	2,7	0,0	17	455
550	2181	2200	3,0	25,0	100	455
385	1636	2200	3,0	17,5	75	455
220	1091	2200	3,0	10,0	50	455
0	364	2200	3,0	0,0	17	455
440	2181	2200	4,0	20,0	100	455
309	1636	2200	4,0	14,0	75	455
178	1091	2200	4,0	8,1	50	455
0	349	2200	4,0	0,0	16	455

Như được mô tả ở trên, phạm vi hoạt động trong các quy trình theo sáng chế được ước tính được biểu thị dưới dạng hàm bậc hai của X, trong đó Y là phần trăm của lượng hơi nước Vw trên lượng khí lò Vt [Nm^3/t] ($Vw/Vt \times 100$). Fig. 4 minh họa kết quả của việc điều chỉnh phạm vi hoạt động dưới dạng hàm bậc hai của X. Như được biểu thị trên Fig. 4, phạm vi hoạt động thích hợp cho các quy trình theo sáng chế có thể được xác định bằng cách sử dụng biểu thức sau (1).

$$aX^2 + bX + c \leq Y \leq 100 \quad (1)$$

Trong biểu thức, a, b và c là các giá trị tùy ý được xác định bởi các điều kiện vận hành của lò khử.

Ví dụ: khi nhiệt độ khí khử từ 600 °C đến 1200 °C và lượng thổi khí khử từ 1500 Nm^3/t đến 3500 Nm^3/t, a, b và c phù hợp cho hoạt động được xác định như sau.

$0,002 \leq a \leq 0,038$

$2,6 \leq b \leq 3,3$

$10 \leq c \leq 34$

Như đã mô tả ở trên, khi xác định a, b và c cho mỗi nguyên công và áp dụng cho biểu thức (1) ở trên, phạm vi thích hợp của lượng khí lò V_1 cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh tương ứng với lượng hơi nước (H_2O) Vw trong hoạt động liên quan có thể thu được. Sau đó, bằng cách điều chỉnh Vw và V_1 theo phạm vi thích hợp này, có thể thực hiện hoạt động để tạo ra lượng sắt hoàn nguyên ở mức cân bằng khối lượng lành mạnh trong hệ thống tuần hoàn khép kín.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phần sau đây mô tả ví dụ của sáng chế.

Các quy trình theo sáng chế được thực hiện như được minh họa trên Fig. 2 trong điều kiện tốc độ thổi khí khử là 2200 Nm^3/t và giá trị của tỷ lệ thành phần (tỷ lệ thể tích) H_2/CO trong khí khử là 2,0. Thành phần khí (thể tích) của khí lò khi vận hành thường xuyên ở các điều kiện này là H_2: CO: CO_2: H_2O = 48: 30: 9: 14. Khi cấp quặng khối lớn nạp vào lò khử giảm thì giá trị của tỷ lệ H_2/CO trong khí khử tăng lên 2,2, tức là tỷ lệ H_2 tăng lên. Mức độ giảm mà sản phẩm cuối cùng đạt được cũng giảm từ 91 % khi bắt đầu vận hành xuống 89 %. Vì vậy, để khôi phục lại giá trị của tỷ số H_2/CO xuống 2,0, lượng hơi nước Vw cung cấp cho bộ phận gia nhiệt và điều chỉnh đã giảm so với mức 374 Nm^3/t trước đó xuống 355 Nm^3/t. Kết quả là, vận hành có thể được duy trì với thành phần khí khử là giá trị đã thiết lập, nghĩa là giá trị của tỷ lệ H_2/CO là 2,0. Mức độ giảm đạt được của sản phẩm cuối cùng cũng được khôi phục thành 91 % như lúc bắt đầu vận hành.

Danh sách ký hiệu tham khảo

1	lò khử
1a	sắt oxit
1b	sắt khử
2	khí lò
3	bộ phận loại bỏ bụi
4	bộ phận khử nước
5	khí tự nhiên
6	không khí
7	bộ phận sưởi ấm và điều chỉnh
8	giảm khí
9	bộ phận giảm khí thổi
10	hydro
11	bộ phận tổng hợp metan

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên, bao gồm

quá trình nạp oxit sắt trong đó oxit sắt được nạp vào lò khử,

quá trình thổi khí khử trong đó khí khử được thổi vào lò khử,

quá trình khử trong đó oxit sắt được khử bằng khí khử trong lò khử,

quy trình tổng hợp khí metan trong đó khí chứa thành phần chính là khí metan được tổng hợp từ khí hydro và một phần khí lò thải ra từ đỉnh lò khử, và

quy trình điều chỉnh khí trong đó khí metan và khí đốt lò không bao gồm những thứ được cung cấp cho quá trình tổng hợp metan được sử dụng làm khí nguyên liệu thô và khí nguyên liệu thô được đun nóng và biến đổi thành khí khử, trong đó

theo sự thay đổi của tỷ lệ H_2/CO của H_2 và CO trong khí khử được thổi vào lò khử, lượng khí lò V_1 cung cấp cho quá trình tổng hợp metan và lượng hơi nước Vw trong khí nguyên liệu thô cung cấp cho quá trình điều chỉnh khí được điều chỉnh để triệt tiêu sự thay đổi, và sự cân bằng khối lượng của H_2 và CO trong các quá trình từ quá trình nạp oxit sắt đến quá trình khử được kiểm soát.

2. Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên theo điểm 1, trong đó khi có sự thay đổi về tỷ lệ H_2/CO là sự tăng giá trị của tỷ số H_2/CO, lượng hơi nước Vw và lượng khí lò V_1 giảm đi.

3. Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên theo điểm 1, trong đó khi có sự thay đổi về tỷ lệ H_2/CO là sự giảm giá trị của tỷ lệ H_2/CO, lượng hơi nước Vw và lượng khí lò V_1 được tăng lên.

4. Phương pháp sản xuất sắt hoàn nguyên theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó tỷ lệ X tính theo phần trăm của lượng khí lò V_1 cung cấp cho quá trình tổng hợp metan với một lượng khí lò tạo thành Vt và tỷ lệ Y tính theo phần trăm lượng hơi nước Vw trong khí nguyên liệu cung cấp cho quá trình điều chỉnh khí với lượng khí lò tạo thành Vt thỏa mãn biểu thức sau (1),

$$aX^2 + bX + c \leq Y \leq 100 \quad (1)$$

trong đó a, b và c là các giá trị tùy ý được xác định bởi điều kiện vận hành của lò khử.

FIG. 1

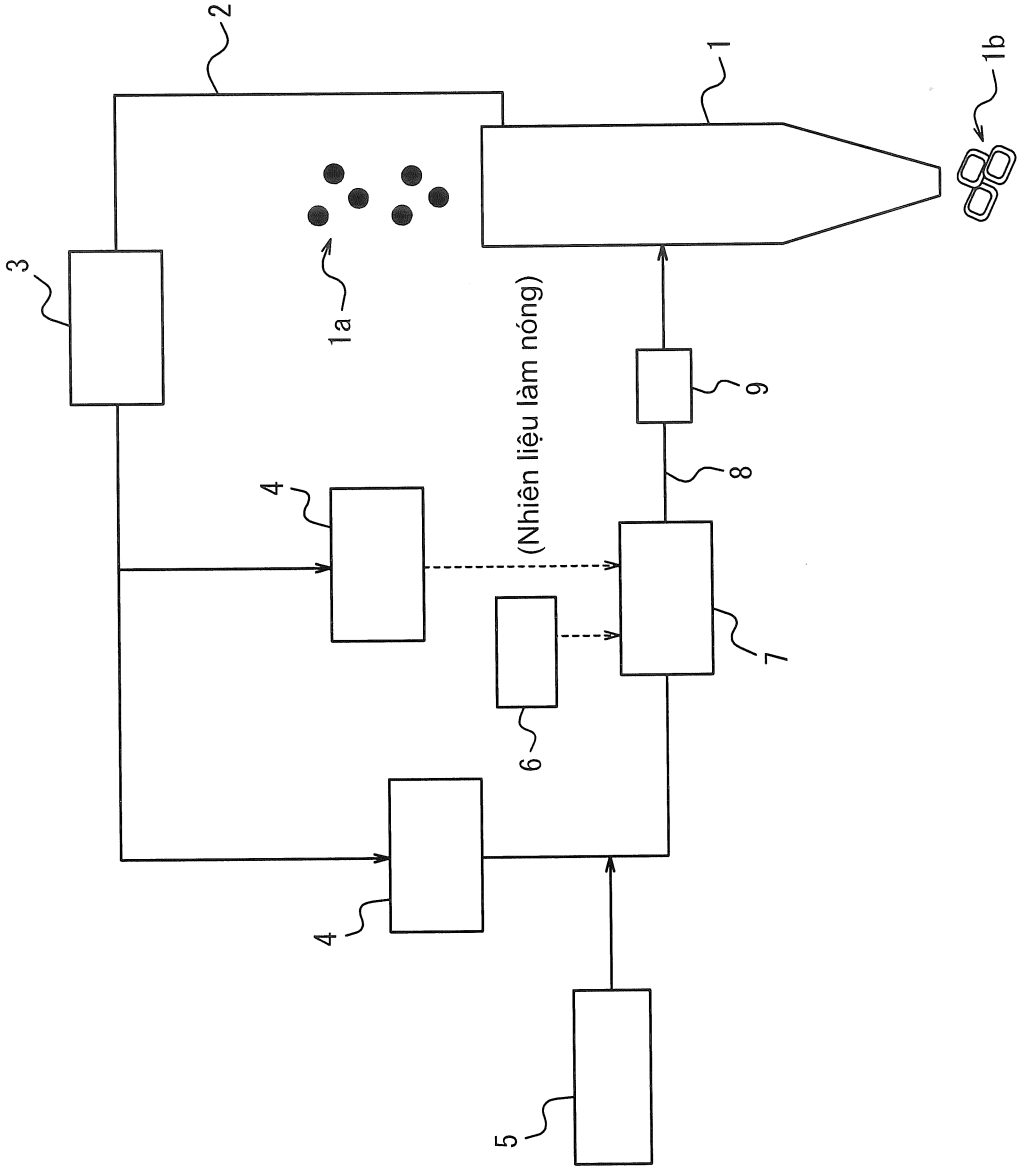


FIG. 2

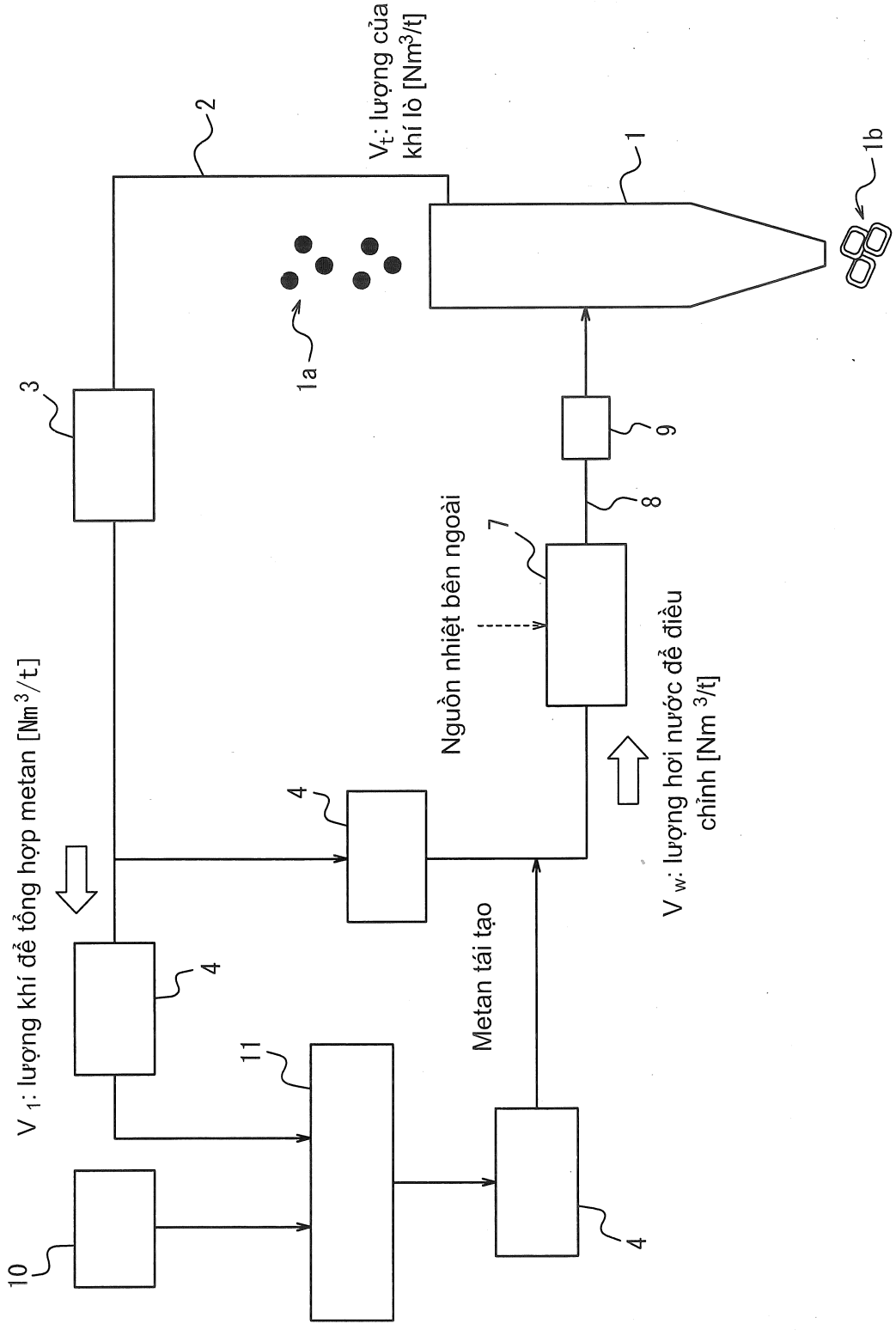

V_t: lượng của khí lò [Nm^3/t]
2
1
1b
1a
3
9
8
7
Nguồn nhiệt bên ngoài
4
V_1: lượng khí để tổng hợp metan [Nm^3/t]
V_w: lượng hơi nước để điều chỉnh [Nm^3/t]
4
11
Metan tái tạo
10
4

FIG. 3

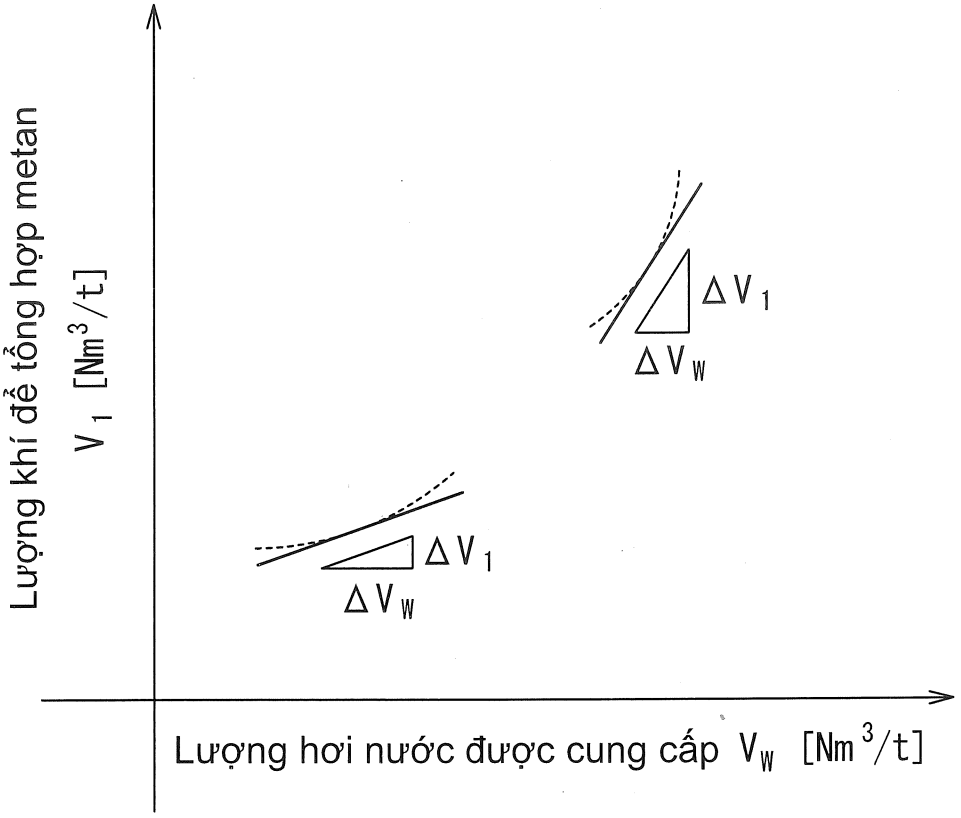
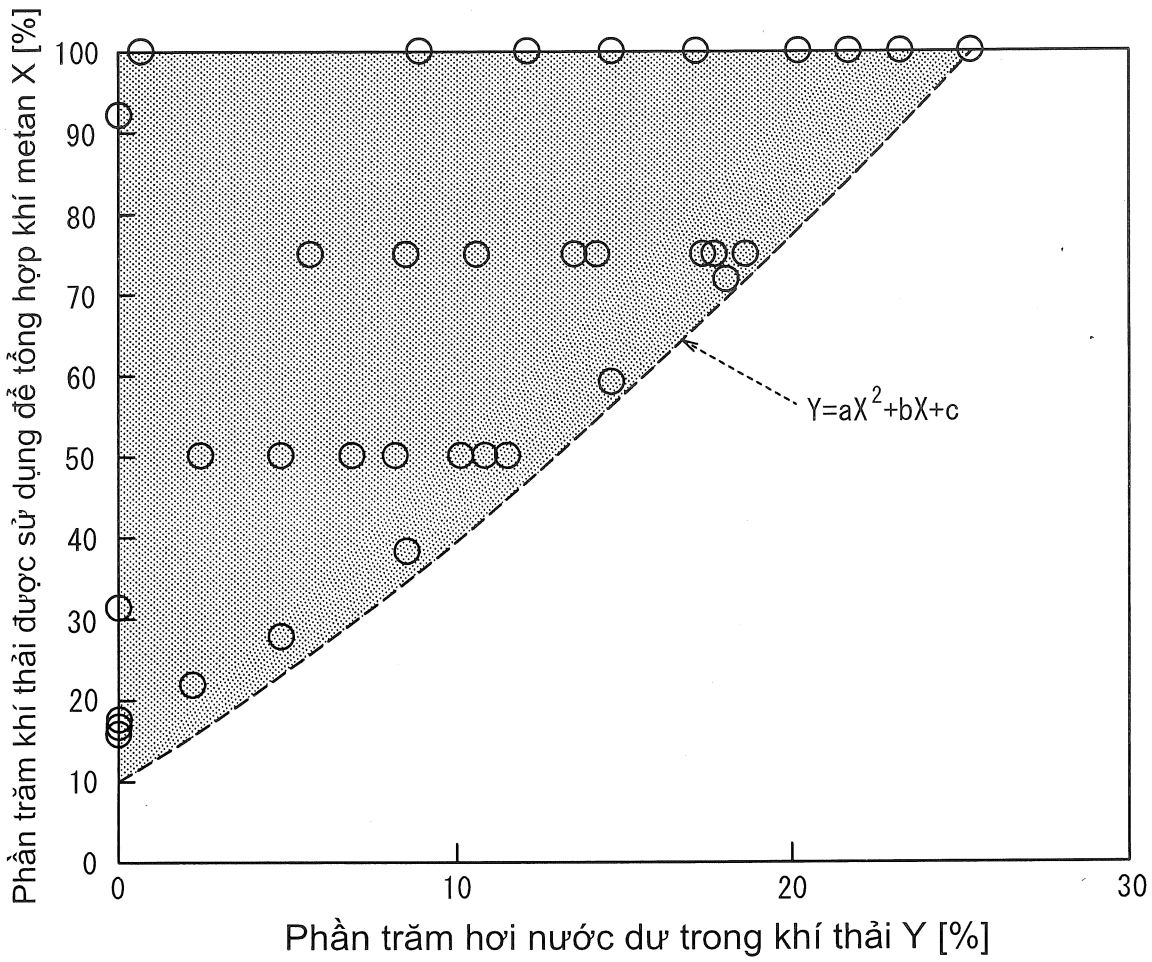

Lượng khí để tổng hợp metan
V_1 [Nm^3/t]
ΔV_1
ΔV_W
ΔV_1
ΔV_W
Lượng hơi nước được cung cấp V_W [Nm^3/t]

FIG. 4


Phần trăm khí thải được sử dụng để tổng hợp khí metan X [%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
Phần trăm hơi nước dư trong khí thải Y [%]
Y=aX2+bX+c