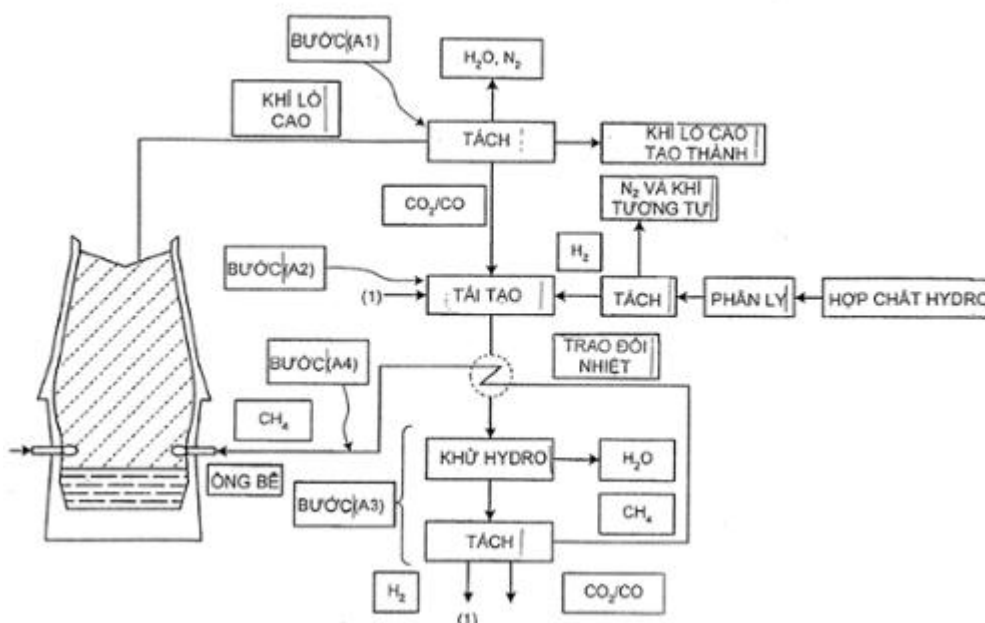


(21) 1-2012-02592 (22) 01/03/2011
(86) PCT/JP2011/054647 01/03/2011 (87) WO/2011/108546 09/09/2011
(30) 2010-045392 02/03/2010 JP; 2010-074110 29/03/2010 JP; 2010-078851 30/03/2010 JP; 2011-017404 31/01/2011 JP; 2011-026229 09/02/2011 JP; 2011-035508 22/02/2011 JP
(45) 25/12/2020 393 (43) 25/02/2013 299A
(73) JFE Steel Corporation (JP)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan
(72) SAIMA, Hitoshi (JP); NOUCHI, Taihei (JP); FUJIBAYASHI, Akio (JP); MOGI, Yasuhiro (JP); ASANUMA, Minoru (JP); TAKAGI, Katsuhiko (JP).
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH Lò CAO, PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH Lò LUYỆN THÉP VÀ PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG KHÍ CHỨA CACBON OXIT

(57) Sáng chế đề xuất quy trình vận hành lò cao hoặc lò luyện thép bao gồm bước (A1) tách và thu gom CO₂ và/hoặc CO từ khí hỗn hợp chứa CO₂ và/hoặc CO, bước (A2) bổ sung hydro vào CO₂ và/hoặc CO được tách và thu gom trong bước (A1) và chuyển hóa CO₂ và/hoặc CO thành CH₄, bước (A3) tách và loại bỏ H₂O khỏi khí thu được sau bước (A2), và bước (A4) thổi khí thu được sau bước (A3) vào lò cao. Vì CO₂ và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp và được chuyển hóa (tái tạo) thành CH₄, và CH₄ được thổi vào lò cao để làm nguồn nhiệt và chất khử, có thể thực hiện việc vận hành lò cao một cách hiệu quả sử dụng CO₂ và/hoặc CO với chi phí thấp và để làm giảm lượng CO₂ được tạo thành



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp vận hành lò cao tạo thành CO₂ và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO₂ và/hoặc CO và sử dụng CO₂ và/hoặc CO này làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) hoặc chất khử trong lò cao, phương pháp vận hành lò luyện thép tạo thành CO₂ và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO₂ và/hoặc CO và sử dụng CO₂ và/hoặc CO này làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) hoặc chất khử trong lò luyện thép, và phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO₂ hoặc CO₂ và CO).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

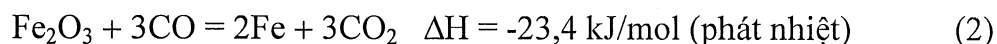
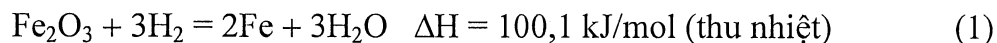
Sự nóng lên toàn cầu do sự gia tăng CO₂ gây ra đã được xem là vấn đề quốc tế lớn, và vì vậy việc giảm phát thải đã trở thành nhiệm vụ toàn cầu. Mặc dù việc phát triển các kỹ thuật khác nhau nhằm tách và thu gom CO₂ từ khí tạo thành đã được nỗ lực thực hiện, nhưng các phương pháp hiệu quả vẫn chưa được đề xuất, xét đến việc CO₂ thu gom được sẽ được sử dụng như thế nào. Kỹ thuật chôn CO₂ thu gom dưới đất, tức là, phương pháp được gọi là CCS (Thu gom và Lưu trữ cacbon dioxit - Cacbon dioxit Capture và Storage) đã được nghiên cứu kỹ chủ yếu ở châu Âu, Hoa Kỳ, và Nhật Bản. Tuy nhiên, phương pháp này rất khó nhận được sự đồng thuận của cộng đồng, đặc biệt là ở Nhật Bản, là vùng có nhiều động đất, xét theo quan điểm an toàn sau khi chôn CO₂ dưới đất. Ngoài ra, theo các tính toán tạm thời bởi Viện nghiên cứu công nghệ sáng tạo cho trái đất - Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE), giá trị thu được bằng cách chia lượng CO₂ có thể chôn được ở Nhật Bản bao gồm cả nước liền kề cho lượng thải ra, Mặt khác, thời gian sống được xem là ngắn chỉ khoảng từ 50 đến 100 năm. Vì lý do này, được xem là khó sử dụng công nghệ CCS làm giải pháp cơ bản để làm giảm lượng CO₂ thải ra, ít nhất là ở Nhật Bản.

Theo thống kê, khoảng 30% lượng CO₂ thải ra ở Nhật Bản là được thải ra trong quá trình tạo ra điện năng, 10% được thải ra trong quá trình sản xuất sắt và thép, và giao thông vận tải và sinh hoạt chiếm tỷ lệ lớn trong số phần trăm còn lại. Trong các nhà máy điện, CO₂ được thải ra khi năng lượng hóa học của than, dầu khí, và khí thiên nhiên được chuyển hóa thành năng lượng điện bằng cách oxy hóa hoàn toàn các nguyên liệu hóa

thạch này. Vì vậy, CO₂ chắc chắn được tạo ra với lượng tương ứng với nhiên liệu hóa thạch được sử dụng. Tuy nhiên, được cho rằng việc tạo năng lượng bằng cách sử dụng nhiên liệu hóa thạch sẽ được giảm dần trong dài hạn kể từ khi các phương pháp tạo ra điện bằng năng lượng mặt trời, bằng năng lượng gió, và bằng năng lượng thủy triều, bằng cái gọi là năng lượng mềm, bằng năng lượng sinh học, và bằng năng lượng hạt nhân, sẽ được sử dụng rộng rãi.

Mặt khác, trong quá trình sản xuất sắt và thép, CO₂ được tạo ra trong nhiều quy trình khác nhau, và nguồn tạo ra nhiều nhất là quy trình lò cao. Việc tạo ra CO₂ trong quy trình lò cao là kết quả của việc khử quặng sắt dưới dạng sắt oxit bằng cacbon trong nguyên liệu khử và loại bỏ oxy trong quặng sắt. Vì vậy, có thể nói rằng việc tạo ra CO₂ là không thể tránh khỏi trong quá trình sản xuất sắt và thép. Trong quy trình lò cao, gió nóng ở nhiệt độ 1000°C hoặc cao hơn được chuyển từ phần thấp hơn của lò cao, than cốc được đốt, nhiệt cần thiết để khử và làm nóng chảy quặng sắt được cung cấp, khí khử (CO) được thực hiện, và quặng sắt được khử bằng khí khử để thu được sắt nóng chảy.

Khi phương pháp khử quặng sắt, trong đó CO₂ không được tạo ra, việc sử dụng hydro làm khí khử có thể được xem xét. Nếu hydro được thổi vào lò cao, phản ứng khử quặng sắt bằng hydro được biểu diễn bằng công thức (1) dưới đây. Phản ứng khử bằng CO được tạo thành trong quá trình đốt cháy than cốc được biểu diễn bằng Công thức (2) dưới đây. Tức là, vì phản ứng khử bằng hydro là phản ứng thu nhiệt, nên có một điều cần quan tâm là nhiệt cần thiết để khử và làm nóng chảy quặng sắt là không đủ vì hydro dẫn nhiệt ra khỏi đáy lò khi được thổi trực tiếp vào lò cao, và việc bù đắp nhiệt cho lò là được yêu cầu.



Mặt khác, Tài liệu Patent 1 bộc lộ phương pháp vận hành lò cao trong đó khí gốc hydrocarbon như LGN được thổi để khử nguyên liệu khử than cốc trong lò cao. Tài liệu patent 2 bộc lộ kỹ thuật theo đó một phần khí lò cao được đốt cháy và thổi dưới dạng khí nóng vào phần trực của lò cao để bù đắp nhiệt ở phần trên của lò trong trường hợp nhằm mục đích vận hành lò cao với tỷ lệ nguyên liệu khử thấp. Tài liệu patent cũng bộc lộ kỹ thuật loại bỏ CO₂ trong khí lò cao khi cần thiết. Tài liệu patent 3 bộc lộ phương pháp trong đó khí lò cao gây ra phản ứng với dimetyl ete với sự có mặt của chất xúc tác để tạo

thành dimetyl ete và CO₂ trong khí lò cao thành CO và hydro. Tài liệu patent 4 bộc lộ kỹ thuật theo đó khí lò cao, hỗn hợp khí lò cao và khí lò cao than cốc, hoặc khí thu được bằng cách loại bỏ khí cacbon dioxit từ khí lò cao được đốt cháy và được đưa vào phần trục của lò cao.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu patent

Tài liệu patent 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2006-233332

Tài liệu patent 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2008-214735

Tài liệu patent 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2009-192125

Tài liệu patent 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2008-214735

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Như được mô tả ở trên, việc tạo thành CO₂ là không thể tránh khỏi trong quá trình sản xuất sắt và thép. Vì lý do này, nhiệm vụ quan trọng là CO₂ được tạo thành được sử dụng hiệu quả đến mức nào và lượng CO₂ được tạo thành được giảm đáng kể đến mức nào. Tuy nhiên, phương pháp trong tài liệu patent 1 không đề cập đến việc sử dụng một cách có hiệu quả CO₂ được tạo thành và việc làm giảm một cách đáng kể lượng CO₂ được tạo thành, mặc dù có thể làm giảm nguyên liệu khử (than cốc) và giảm gián tiếp lượng CO₂ được tạo thành trong lò cao bằng cách thổi LNG vào trong lò cao. Ngoài ra, kỹ thuật trong tài liệu patent 2 không làm giảm đáng kể lượng CO₂ được tạo thành theo cách giống như trong tài liệu patent 1, và không có mô tả đến việc sử dụng hiệu quả hơn phần CO₂ được tách ra. Hơn nữa, chi phí sản xuất dimetyl ete được sử dụng trong phương pháp trong tài liệu patent 3 là cao vì dimetyl ete thu được bằng cách chuyển hóa chỉ một lần than, dầu mỏ, hoặc khí thiên nhiên thành CO và H₂, tạo thành khí tổng hợp, và sản xuất tiếp từ khí tổng hợp này, năng lượng được đưa vào trong bước sản xuất, và vì vậy, có vấn đề là CO₂ lại được tạo thành mới.

Trong lò luyện thép, khí lò cao, khí lò cao than cốc, và khí lò chuyển hóa được tạo thành dưới dạng sản phẩm phụ lần lượt từ lò cao, lò than cốc, và lò chuyển hóa, và các sản phẩm phụ là khí này được sử dụng làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) cho lò gia nhiệt và lò gia nhiệt bằng không khí trong lò luyện thép. Mặt khác, việc tạo thành lượng khí lò cao

và lượng nhiệt tạo thành giảm đi trong trường hợp nhằm mục đích vận hành lò cao ở tỷ lệ nguyên liệu khử thấp. Ngoài ra, có thể làm giảm lượng sản xuất than cốc vì chỉ có một lượng than cốc để vận hành với tỷ lệ nguyên liệu khử thấp được yêu cầu, và kết quả là, khí lò cao than cốc cũng giảm đi. Vì vậy, nguồn nhiệt (nhiên liệu) trong lò luyện thép thường không đủ để vận hành với tỷ lệ nguyên liệu khử thấp. Ngoài ra, việc tạo thành lượng sản phẩm phụ là khí được giảm, và nguồn nhiệt (nhiên liệu) trong lò luyện thép cũng trở nên không đủ, ví dụ, ngay cả nếu khả năng vận hành của lò cao và lò than cốc giảm đi, khi lượng khí được tạo thành trở nên nhỏ hơn do rắc rối trong các thiết bị, hoặc khi một lượng lớn sắt phế liệu được sử dụng để khử CO_2 . Nếu sản phẩm phụ là khí làm nguồn nhiệt là không đủ như được mô tả ở trên, thì cần phải nạp dầu nặng, khí thiên nhiên, hoặc các chất tương tự, là nhiên liệu chứa cacbon, từ bên ngoài.

Tài liệu Patent 4 bộc lộ phương pháp loại bỏ khí cacbon dioxit và đưa khí cacbon dioxit quay trở lại phân trực của lò cao. Tuy nhiên, phương pháp này cho hiệu quả thấp trừ khi nitơ chứ không phải là khí cacbon dioxit được loại bỏ, và hơn nữa nitơ trong khí lò cao gia tăng về lượng tương ứng với nitơ tuần hoàn và đưa vào, và khả năng tỏa nhiệt của khí lò cao được giảm đi. Về cơ bản, khí lò cao có khả năng tỏa nhiệt nhỏ khoảng 1000 kcal/m^3 hoặc thấp hơn và thường được sử dụng làm nhiên liệu khí bằng cách trộn với khí khác có khả năng tỏa nhiệt lớn. Sự giảm khả năng tỏa nhiệt của khí lò cao mang lại hiệu quả tiêu cực như cần gia tăng tỷ lệ hỗn hợp khí có khả năng tỏa nhiệt lớn, làm gia tăng lượng khí cacbon dioxit thải ra. Như được mô tả ở trên, việc tạo thành CO_2 là không thể tránh khỏi trong quá trình sản xuất sắt và thép. Ngoài ra, CO được kích thích tạo thành, và CO được chuyển thành CO_2 . Vì lý do này, nhiệm vụ quan trọng là làm thế nào để khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO được tạo thành được tái sử dụng một cách hiệu quả và lượng CO_2 được tạo thành được giảm một cách đáng kể.

Sáng chế được thực hiện nhằm giải quyết vấn đề trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò cao trong đó CO_2 và/hoặc CO được tạo thành có thể được tái sử dụng một cách hiệu quả, và lượng CO_2 được tạo thành có thể được giảm đáng kể. Ngoài ra, mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò luyện thép trong đó CO_2 và/hoặc CO được tạo thành có thể được tái sử dụng một cách hiệu quả, lượng CO_2 được tạo thành có thể được giảm đáng kể, và sản phẩm phụ là khí có thể được bù đắp ngay cả nếu sản phẩm phụ là khí làm nguồn nhiệt trong lò luyện thép là không đủ. Hơn nữa, cụ thể là, mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò cao

hoặc lò luyện thép trong đó lượng CO_2 được tạo thành trong lò cao có thể được giảm đáng kể bằng cách sử dụng một cách có hiệu quả CO_2 và/hoặc CO thải ra từ lò cao. Ngoài ra, mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép trong đó lượng hydro nạp vào cần thiết để tái tạo CO_2 và/hoặc CO có thể giảm đi, cho phép sản xuất với chi phí thấp.

Ngoài ra, mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò cao trong đó lượng CO_2 được tạo thành có thể được giảm đáng kể bằng cách tái tạo CO_2 được tạo thành và sử dụng một cách có hiệu quả CO_2 trong lò cao, cho phép sản xuất với chi phí thấp. Hơn nữa, mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò luyện thép trong đó lượng CO_2 được tạo thành có thể được giảm đáng kể bằng cách tái tạo CO_2 được tạo thành và sử dụng một cách có hiệu quả CO_2 trong lò luyện thép và sản phẩm phụ là khí có thể được bù đắp ngay cả nếu sản phẩm phụ là khí làm nguồn nhiệt trong lò luyện thép là không đủ, cho phép sản xuất với chi phí thấp. Ngoài ra, cụ thể là, mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép trong đó CO_2 thải ra từ lò cao có thể được tái tạo và được sử dụng một cách có hiệu quả.

Ngoài ra, mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit trong đó khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO) có thể được tái sử dụng một cách hiệu quả.

Giải quyết vấn đề

Kết quả của việc nghiên cứu kỹ lưỡng nhằm giải quyết vấn đề nêu trên trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép mới trong đó có thể giảm đáng kể lượng CO_2 được tạo thành bằng cách tách và thu gom CO_2 và/hoặc CO từ khí hỗn hợp (được ưu tiên là khí lò cao) chứa CO_2 và/hoặc CO, chuyển hóa (tái tạo) CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 , và thổi CH_4 làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) và chất khử vào trong lò cao, hoặc sử dụng CH_4 làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) trong các thiết bị như lò gia nhiệt hoặc lò gia nhiệt bằng không khí trong lò luyện thép. Cùng một lúc, phương pháp vận hành đã được phát hiện có thể được thực hiện với chi phí thấp bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng được tạo thành trong quá trình chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 để sản xuất hydro trong quá trình thực hiện phương pháp vận hành này. Tức là, nguyên tắc chính của sáng chế là như sau.

Phương pháp vận hành lò cao bao gồm: Bước (A1) tách và thu gom CO_2 và/hoặc

CO từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO; Bước (A2) bổ sung hydro vào CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom trong Bước (A1) và chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 ; Bước (A3) tách và loại bỏ H_2O khỏi khí thu được sau Bước (A2); và Bước (A4) thổi khí thu được sau Bước (A3) vào lò cao.

Phương pháp vận hành lò luyện thép bao gồm: Bước (A1) tách và thu gom CO_2 và/hoặc CO từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO; Bước (A2) bổ sung hydro vào CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom trong Bước (A1) và chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 ; và Bước (A3) tách và loại bỏ H_2O khỏi khí thu được sau Bước (A2), trong đó khí thu được sau Bước (A3) được sử dụng làm nhiên liệu và/hoặc chất khử trong lò luyện thép.

Ngoài ra, kết quả của việc nghiên cứu kỹ lưỡng nhằm giải quyết vấn đề nêu trên trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra phương pháp vận hành mới trong đó có thể giảm đáng kể lượng CO_2 được tạo thành bằng cách tách và thu gom CO_2 từ khí hỗn hợp (được ưu tiên là, khí lò cao) chứa CO_2 , chuyển hóa (tái tạo) CO_2 thành CO, và sử dụng CO làm nhiên liệu trong các thiết bị như lò gia nhiệt hoặc lò gia nhiệt bằng không khí trong lò luyện thép hoặc thổi CO làm chất khử vào trong lò cao. Tức là, nguyên tắc chính của sáng chế là như sau.

Phương pháp vận hành lò cao bao gồm: Bước (B1) tách và thu gom CO_2 từ khí hỗn hợp chứa CO_2 ; Bước (B2) bổ sung chất khử gốc hydro vào CO_2 được tách và thu gom trong Bước (B1) và chuyển hóa CO_2 thành CO; Bước (B3) tách và loại bỏ H_2O hoặc H_2O và N_2 từ khí thu được sau Bước (B2); và Bước (B4) thổi khí thu được sau Bước (B3) vào lò cao.

Phương pháp vận hành lò luyện thép bao gồm: Bước (B1) tách và thu gom CO_2 từ khí hỗn hợp chứa CO_2 ; Bước (B2) bổ sung chất khử gốc hydro vào CO_2 được tách và thu gom trong Bước (B1) và chuyển hóa CO_2 thành CO; và Bước (B3) tách và loại bỏ H_2O hoặc H_2O và N_2 từ khí thu được sau Bước (B2), trong đó khí thu được sau Bước (B3) được sử dụng làm nhiên liệu và/hoặc chất khử trong các thiết bị trong lò luyện thép.

Hơn nữa, kết quả của việc nghiên cứu kỹ lưỡng nhằm giải quyết vấn đề nêu trên trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng có thể giảm đáng kể CO_2 bằng cách thu gom CO_2 được tạo thành trong ngành công nghiệp thép hoặc các ngành công nghiệp khác, làm giảm CO_2 và tái sử dụng CO_2 dưới dạng CO trong lò

cao. Tức là, các tác giả sáng chế hình thành ý tưởng rằng khí lò cao hoặc khí lò chuyển hóa, là khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO) được tạo thành trong lò luyện thép, được thu gom, cacbon oxit (CO_2 hoặc CO_2 và CO) được tách từ khí chứa cacbon oxit được thu gom, CO_2 trong cacbon oxit được tách được khử bằng chất khử gốc hydrocacbon và được chuyển hóa thành CO , và nhờ đó thu được CO (CO thu được bằng cách khử CO_2 được tách từ khí chứa cacbon oxit và/hoặc CO thu được bằng cách tách từ khí chứa cacbon oxit) được tái sử dụng trong lò cao. Dựa vào ý tưởng trên, sáng chế được mô tả như sau.

Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit trong đó, CO_2 hoặc CO_2 và CO được tách từ khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO , CO_2 hoặc CO_2 và CO được tách sau đó được đưa vào tiếp xúc với chất khử gốc hydrocacbon để chuyển thành CO và hydro, và CO thu được được đưa vào lò cao.

Hiệu quả của sáng chế

Theo phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo sáng chế, CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO và được chuyển hóa (tái tạo) thành CH_4 , và CH_4 được thổi làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) và chất khử vào trong lò cao hoặc được sử dụng làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) trong lò gia nhiệt hoặc lò gia nhiệt bằng không khí, là nơi sản xuất trong lò luyện thép, và vì vậy, có thể thực hiện với chi phí thấp việc vận hành toàn bộ lò cao và lò luyện thép sử dụng một cách có hiệu quả CO_2 và/hoặc CO và để làm giảm lượng CO_2 được tạo thành. Ngoài ra, có thể bù đắp một cách thích hợp cho sự thiếu hụt khi sản phẩm phụ là khí làm nguồn nhiệt trong lò luyện thép là không đủ do thực hiện việc vận hành lò cao ở tỷ lệ nguyên liệu khử thấp hoặc các lý do khác.

Hơn nữa, có thể thực hiện sáng chế với chi phí thấp bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng được tạo thành trong chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 để tạo thành hydro và sử dụng hydro được tạo thành trong bước chuyển hóa (tái tạo) nêu trên. Ngoài ra, có thể gia tăng hiệu quả về mặt năng lượng trong hệ thống và đạt được việc tiết kiệm năng lượng trong toàn bộ quy trình bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng làm nguồn nhiệt, tạo thành hydro bằng phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ, và đặt áp suất phản ứng trong bước phản ứng khử hydro cao hơn áp suất phản ứng trong bước phản ứng metan hóa để chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 .

Theo phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo sáng chế, CO_2 được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và được chuyển hóa (tái tạo) thành CO, và CO được sử dụng làm nhiên liệu trong các thiết bị như lò gia nhiệt hoặc lò gia nhiệt bằng không khí trong lò luyện thép, hoặc thổi làm chất khử vào trong lò cao, và vì vậy, có thể thực hiện với chi phí thấp việc vận hành toàn bộ lò cao và lò luyện thép một cách hiệu quả sử dụng CO_2 và để làm giảm lượng CO_2 được tạo thành. Ngoài ra, có thể bù đắp một cách thích hợp cho sự thiếu hụt khi sản phẩm phụ là khí làm nguồn nhiệt trong lò luyện thép là không đủ do thực hiện việc vận hành lò cao ở tỷ lệ nguyên liệu khử thấp hoặc các lý do khác.

Theo phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo sáng chế, có thể tái sử dụng một cách có hiệu quả khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO) và ngăn chặn đáng kể việc tạo thành CO_2 .

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG. 1 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khi bước (A2) được thực hiện.

FIG. 2 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khi bước (A2) và Bước (A5) được thực hiện.

FIG. 3 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khác khi bước (A2) và Bước (A5) được thực hiện.

FIG. 4 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khác khi bước (A2) và Bước (A5) được thực hiện.

FIG. 5 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khác khi bước (A2) và Bước (A5) được thực hiện.

FIG. 6 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khác khi bước (A2) và Bước (A5) được thực hiện.

FIG. 7 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khác khi bước (A2) và Bước (A5) được thực hiện.

FIG. 8 là sơ đồ giải thích minh họa phương án thực hiện khác khi bước (A2) và Bước (A5) được thực hiện.

FIG. 9 là sơ đồ giải thích minh họa một phương án của phương pháp bao gồm

Bước (A5) để tạo thành hydro từ hydrua hữu cơ.

FIG. 10 là sơ đồ giải thích minh họa cách sử dụng (quy trình xử lý khí) trong trường hợp sử dụng khí lò cao làm khí hỗn hợp trong phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ nhất theo sáng chế.

FIG. 11 là sơ đồ giải thích minh họa cách sử dụng khác (quy trình xử lý khí) trong trường hợp sử dụng khí lò cao làm khí hỗn hợp trong phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ nhất theo sáng chế.

FIG. 12 là sơ đồ giải thích minh họa cách sử dụng (quy trình xử lý khí) trong trường hợp sử dụng khí lò cao làm khí hỗn hợp trong phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ hai theo sáng chế.

FIG. 13 là sơ đồ giải thích minh họa cách sử dụng (quy trình xử lý khí) trong trường hợp sử dụng khí lò cao làm khí hỗn hợp trong phương pháp vận hành lò luyện thép theo phương án thứ hai theo sáng chế.

FIG. 14 là sơ đồ minh họa ví dụ của phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo sáng chế.

FIG. 15 là sơ đồ minh họa ví dụ của phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo sáng chế.

FIG. 16 là sơ đồ minh họa ví dụ của phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo sáng chế.

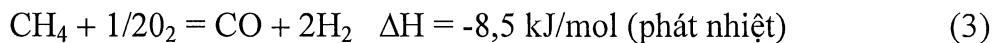
Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án thứ nhất

Phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ nhất theo sáng chế bao gồm bước (A1) tách và thu gom CO_2 và/hoặc CO từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO, bước (A2) bổ sung hydro vào CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom trong bước (A1) và chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 , bước (A3) tách và loại bỏ H_2O từ khí thu được sau bước (A2), và bước (A4) thổi khí thu được sau bước (A3) vào lò cao. Được ưu tiên hơn là, phương pháp vận hành lò cao bao gồm bước (A5) để tạo thành hydro bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng được tạo thành trong bước (A2), và ít nhất một phần hydro được tạo thành trong bước (A5) được ưu tiên sử dụng trong Bước (A2).

CH_4 thổi vào trong lò cao trong bước (A4) được chuyển hóa thành chất khử (khí

khử) bằng phản ứng của Công thức (3) dưới đây trong lò cao.



Công thức (3) nêu trên biểu diễn phản ứng tỏa nhiệt, và nhiệt được tạo thành được cung cấp dưới dạng nhiệt cần thiết để khử quặng sắt. Khí khử được tạo thành khử quặng sắt như được biểu diễn bởi Công thức (4) dưới đây.



Vì nhiệt đốt cháy của CH_4 cũng có thể được sử dụng trong việc khử và làm nóng chảy quặng sắt trong lò cao như được mô tả ở trên, việc bù đắp nhiệt cho phần dưới của lò cao là không được yêu cầu nhiều như yêu cầu để khử quặng sắt bằng hydro như được biểu diễn bởi công thức (1) ở trên.

Loại khí hỗn hợp bất kỳ có thể được sử dụng miễn là khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO . Mặc dù các ví dụ đại diện về khí hỗn hợp được tạo thành trong quá trình sản xuất sắt bao gồm khí lò cao và khí lò chuyển hóa, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này, và khí hỗn hợp được tạo thành trong ngành công nghiệp khác có thể được sử dụng. Mặc dù mong muốn rằng nồng độ CO_2 của khí hỗn hợp là cao để tách một cách hiệu quả CO_2 , khí hỗn hợp chứa CO_2 với lượng 15% thể tích hoặc lớn hơn là được ưu tiên sử dụng trên giả định khí lò cao, khí lò chuyển hóa, và khí thải ra trong đốt lò gia nhiệt.

Sáng chế hữu ích nhất khi khí lò cao được sử dụng làm khí hỗn hợp của nguyên liệu thô, và có thể làm giảm lượng CO_2 thải ra từ lò cao bằng cách tái tạo CO_2 và CO chứa trong khí lò cao thành CH_4 và quay vòng CH_4 làm nguồn nhiệt và chất khử trong lò cao. Thông thường thành phần khí lò cao chứa khoảng từ 15 đến 25% thể tích CO_2 , khoảng từ 15 đến 25% thể tích CO , khoảng từ 45 đến 55% thể tích N_2 , và khoảng từ 0 đến 5% thể tích hydro. Nếu khí lò cao được sử dụng làm khí hỗn hợp của nguyên liệu thô, một phần hoặc toàn bộ khí lò cao được tạo thành từ lò cao có thể được sử dụng. Ví dụ, nếu 10% thể tích khí lò cao được sử dụng, thì lượng CO_2 thải ra có thể giảm đi xấp xỉ 12%.

Sau đây là phần mô tả các bước từ (A1) đến (A4) và bước (A5) tạo thành phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ nhất theo sáng chế.

Bước (A1)

Khí hỗn hợp làm khí nguyên liệu thô là khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO , và CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp trong Bước (A1). Mặc dù được ưu tiên là CO_2 và CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp và được chuyển hóa (tái tạo) thành CH_4 trong Bước (2) trong trường hợp khí hỗn hợp chứa CO_2 và CO , nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này, và chỉ CO_2 có thể được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và CO .

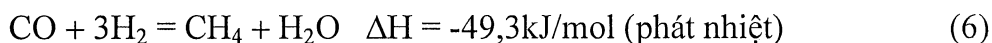
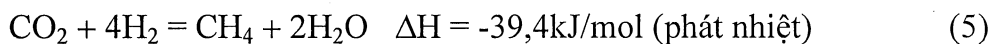
Đối với các phương pháp tách và thu gom CO_2 và CO từ khí hỗn hợp, các phương pháp tùy ý có thể được sử dụng lần lượt. Nếu CO_2 và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí hỗn hợp, thì CO có thể được tách và thu gom sau khi CO_2 được tách và thu gom, và ngược lại. CO_2 và CO có thể được tách và thu gom cùng một lúc. Đối với các phương pháp tách và thu gom CO_2 từ khí hỗn hợp, ví dụ, phương pháp hóa lỏng hoặc hóa rắn CO_2 bằng áp suất hoặc làm mát, phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi tạo xút ăn da, amin, v.v., là dung dịch nước kiềm, để hấp phụ CO_2 , phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi tạo cacbon hoạt tính, zeolit, v.v. để hấp phụ CO_2 , và phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng màng tách CO_2 đã được biết đến, và phương pháp tùy ý bao gồm một trong số các phương pháp nêu trên có thể được sử dụng.

Đối với các phương pháp tách và thu gom CO từ khí hỗn hợp, ví dụ, phương pháp tách và thu gom CO bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi tạo đồng/cacbon hoạt tính, đồng/nhôm oxit, hoặc đồng/zeolit, là ví dụ về chất hấp phụ, để hấp phụ CO và phương pháp tách và thu gom CO bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi hấp phụ dung dịch chứa đồng làm thành phần chính để hấp phụ CO đã được biết đến, và phương pháp tùy ý bao gồm một trong số các phương pháp nêu trên có thể được sử dụng. CO_2 và CO có thể được tách và thu gom cùng một lúc bằng cách tiến hành phương pháp tách và thu gom CO_2 và phương pháp tách và thu gom CO như được mô tả ở trên cùng một lúc hoặc theo cách hỗn hợp. Mặc dù độ tinh khiết khí của CO_2 và CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp không bị giới hạn cụ thể, độ tinh khiết là 80% thể tích hoặc cao hơn là được ưu tiên từ quan điểm làm giảm kích thước chất phản ứng được sử dụng trong bước tái tạo.

Bước (A2)

Trong Bước (A2), hydro được bổ sung vào CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom trong Bước (A1), và CO_2 và/hoặc CO được chuyển hóa (tái tạo) thành CH_4 . Đối với

phương pháp bổ sung hydro vào CO₂ và/hoặc CO và tái tạo CO₂ và/hoặc CO thành CH₄, phương pháp đã biết để tạo thành CO₂ và/hoặc CO bằng cách sử dụng chất xúc tác đặc biệt có thể được sử dụng. Phản ứng khử CO₂ bằng hydro được biểu diễn bằng Công thức (5) dưới đây, và phản ứng khử CO bằng hydro được biểu diễn bằng Công thức (6) dưới đây, lần lượt.

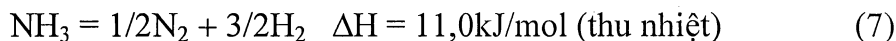


Các Công thức (5) và (6) nêu trên biểu diễn phản ứng tỏa nhiệt. Đối với Công thức (5), nhiệt độ thấp là được ưu tiên xét về mặt cân bằng, và chuyển hóa cân bằng CO₂ ở nhiệt độ 300°C là khoảng 95%. Ngay cả đối với Công thức (6), nhiệt độ thấp là được ưu tiên xét về mặt cân bằng, và chuyển hóa cân bằng CO ở nhiệt độ 300°C là khoảng 98%. Đối với các phản ứng này, chất xúc tác metan hóa thường được sử dụng là có thể được. Cụ thể, CO₂ và CO có thể được tái tạo thành CH₄ bằng cách sử dụng sắt, Ni, Co, Ru, v.v. là chất xúc tác gốc kim loại chuyển tiếp. Cụ thể, chất xúc tác gốc Ni được đánh giá cao, có độ chịu nhiệt cao, và có thể được sử dụng ở nhiệt độ tới khoảng 500°C, là được đặc biệt ưu tiên. Quặng sắt có thể được sử dụng làm chất xúc tác, và cụ thể, quặng có hàm lượng nước kết hợp cao có thể được ưu tiên sử dụng làm chất xúc tác vì diện tích bề mặt riêng của nó gia tăng khi nước kết hợp bị loại bỏ.

Lò phản ứng metan hóa được ưu tiên vận hành ở áp suất đầu vào khoảng từ 0,2 đến 1 MPa, và được ưu tiên hơn là ở áp suất đầu vào khoảng từ 0,3 đến 0,6 MPa có tính đến sự mất áp suất trong lớp xúc tác và sự mất áp suất trong bộ phận trao đổi nhiệt, bộ phận này sẽ được mô tả dưới đây, khi bộ phận trao đổi nhiệt được bố trí trên mặt đi xuống của lò phản ứng metan hóa. Nếu áp suất phản ứng tại lò phản ứng metan hóa quá thấp, thì cần phải bố trí thiết bị thổi hút trên mặt đi xuống của lò phản ứng metan hóa do sự mất áp suất, và tiêu thụ năng lượng gia tăng. Mặt khác, nếu áp suất phản ứng tại lò phản ứng metan hóa quá cao, thì năng lượng tiêu thụ để nâng áp suất của CO₂ và/hoặc CO và H₂ tới áp suất phản ứng sẽ gia tăng.

Nếu CO₂ và CO được tái tạo thành CH₄, thì CO₂ và CO có thể được tái tạo riêng rẽ hoặc tái tạo ở trạng thái trong đó CO₂ và CO được trộn lẫn. Nguồn cung cấp hydro được bổ sung vào CO₂ và/hoặc CO có thể tùy ý, và ví dụ, hydro được tạo thành bằng cách phân ly amoniac, là hợp chất hydro, có thể được sử dụng. Sự phân ly amoniac được

biểu diễn bằng Công thức (7) dưới đây.



Công thức (7) nêu trên biểu diễn chuyển hóa cân bằng khoảng 95% ở nhiệt độ 400°C. Amoniac có thể được phân ly thành nitơ và hydro bằng cách sử dụng sắt, Ni, hoặc Co, v.v. là chất xúc tác gốc kim loại chuyển tiếp. Quặng sắt có thể được sử dụng làm chất xúc tác, và cụ thể, quặng có hàm lượng nước kết hợp cao có thể được ưu tiên sử dụng làm chất xúc tác vì diện tích bề mặt riêng của nó gia tăng khi nước kết hợp bị loại bỏ. Amoniac được tạo ra trong quá trình sản xuất than cốc bằng cách chưng cất phân hủy than (lượng amoniac tạo thành là khoảng 3,3Nm³/t-coal) và được thu gom dưới dạng nước amoniac hoặc amoni sulfat ở trạng thái thông thường. Nếu amoniac có thể được sử dụng làm nguồn hydro theo sáng chế, cần loại bỏ hydro bên ngoài lò luyện thép, hoặc lượng hydro bên ngoài lò luyện thép có thể được giảm đi.

Các ví dụ về các hợp chất hydro khác để thu được hydro bao gồm khí lò cao than cốc. Để thu được hydro từ khí lò cao than cốc, phương pháp tách và thu gom hydro trong khí lò cao than cốc bằng phương pháp PSA (hấp phụ vật lý) hoặc phương pháp tương tự hoặc phương pháp tạo thành (oxy hóa một phần) hydrocacbon trong khí lò cao than cốc và tách và thu gom hydro từ khí tái tạo này bằng phương pháp PSA (hấp phụ vật lý) hoặc phương pháp tương tự có thể được sử dụng. Sinh khối có thể được đưa vào oxy hóa một phần, và hydro có thể được tách và thu gom từ khí thu được bằng phương pháp PSA (hấp phụ vật lý) hoặc phương pháp tương tự. Nếu amoniac, v.v., là hợp chất hydro, được phân ly để thu được hydro, thành phần khí (nitơ trong trường hợp amoniac) không phải là hydro sau khi phân ly được tách và được loại bỏ, và hydro được cung cấp vào Bước (A2). Các ví dụ về hydro thu được từ các nguồn cung cấp khác bao gồm hydro được tạo thành bằng cách cho khí thiên nhiên, v.v., là hydrocacbon, hơi nước tái tạo, hydro thu được bằng cách hóa khí hydro hóa lỏng, hydro được tạo thành bằng cách khử hydro của hydrua hữu cơ, và hydro được tạo thành bằng cách kết tủa nước bằng điện.

Để bổ sung hydro vào CO₂ và/hoặc CO và tái tạo CO₂ và/hoặc CO thành CH₄ bằng cách sử dụng chất xúc tác (tái tạo CO₂, CO theo cách riêng rẽ hoặc ở dạng hỗn hợp), CO₂ và/hoặc CO được bổ sung hydro thường được đưa vào lò phản ứng được nạp đầy chất xúc tác, và phản ứng chuyển hóa (tái tạo) CO₂ và/hoặc CO thành CH₄ được xảy ra. Đối với lò phản ứng, lò phản ứng nền cố định, lò phản ứng nền hóa lỏng, hoặc lò phản

ứng nền cuộn có thể được sử dụng. Tùy loại lò phản ứng, tính chất vật lý của chất xúc tác được lựa chọn một cách thích hợp.

Cụ thể, lò phản ứng nền cố định cách nhiệt được nạp chất xúc tác Ni, v.v. là tuyệt vời về độ chịu nhiệt được ứng dụng rất nhiều trong công nghiệp để làm lò phản ứng metan hóa. FIG. 1 thể hiện phương án thực hiện khi Bước (A2) được thực hiện, và các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni, v.v.) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4. Các lò phản ứng 1 này là các lò phản ứng nền cố định cách nhiệt. CO₂ và/hoặc CO được bổ sung hydro lần lượt được đưa vào các lò phản ứng 1, và phản ứng chuyển hóa (tái tạo) CO₂ và/hoặc CO thành CH₄ xuất hiện trong mỗi lò phản ứng 1. Bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trong đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và nhiệt phản ứng (nhiệt nhạy cảm với khí) của phản ứng metan hóa trong mỗi lò phản ứng 1 được thu gom bằng bộ phận trao đổi nhiệt 2. Trong phương án này, nước được sử dụng làm chất mang nhiệt (5 biểu diễn đường chảy của chất mang nhiệt), và bộ phận trao đổi nhiệt 2 tạo ra hơi để tiến hành việc thu hồi nhiệt.

Để gây ra phản ứng metan hóa một cách hiệu quả trong khi vẫn kiểm soát nhiệt độ phản ứng một cách thích hợp, được ưu tiên là lượng chất xúc tác để nạp vào một lò phản ứng 1 được giảm đi, nhiệt độ phản ứng được kiểm soát trong khi việc thu hồi nhiệt được thực hiện bằng bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và phản ứng metan hóa hoàn thành với nhóm lò phản ứng này trong đó một số hệ thống lò 1 và bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí hàng loạt, như trong phương án này.

Lượng hydro được trộn với CO₂ và/hoặc CO được ưu tiên là tương đương với hoặc lớn hơn tỷ lệ cân bằng hóa học, và cụ thể, được ưu tiên là lượng hydro trong tỷ lệ cân bằng hóa học tính theo CO₂ và/hoặc CO nằm trong khoảng từ 1 đến 1,2. Nếu tỷ lệ cân bằng hóa học nhỏ hơn 1, có sự liên quan trong đó không chỉ lượng CO₂ và/hoặc CO còn lại ở trạng thái chưa phản ứng gia tăng, mà các chất cacbon cũng được kết tủa trên chất xúc tác metan hóa, do đó rút ngắn thời gian tồn tại của chất xúc tác. Mặt khác, nếu tỷ lệ cân bằng hóa học vượt quá 1,2, thì H₂ còn lại ở trạng thái chưa phản ứng gia tăng, và hiệu quả kinh tế giảm đi, trong khi không quan sát thấy ảnh hưởng bất lợi trong phản ứng.

Bước (A3)

Trong Bước (A3), H₂O được tách và được loại bỏ từ khí thu được sau bước (A2)

nêu trên (sau đây, gọi là khí tái tạo). Nếu CO_2 và/hoặc CO được tái tạo thành CH_4 bằng hydro, thì H_2O được tạo ra. Nếu H_2O được đưa vào lò cao, thì than cốc trong lò cao được tiêu thụ, và ngược lại, lượng CO_2 thải ra gia tăng. Do đó, cần thiết phải tách và loại bỏ H_2O từ khí tái tạo. Đối với phương pháp tách và loại bỏ H_2O từ khí tái tạo, phương pháp làm mát hoặc phương pháp hấp phụ có thể được áp dụng. Theo phương pháp làm mát, khí tái tạo này được làm mát xuống đến nhiệt độ tương đương với hoặc thấp hơn nhiệt độ điểm sương, và H_2O được ngưng tụ và được loại bỏ. Nhiệt độ điểm sương phụ thuộc vào nồng độ H_2O của khí tái tạo, và thông thường nếu khí tái tạo này được làm mát xuống đến nhiệt độ tương đương hoặc thấp hơn 30°C , thì H_2O có thể được ngưng tụ một cách thích hợp và được loại bỏ và nồng độ sẽ trở nên ngang bằng với nồng độ ẩm của không khí thổi vào trong lò cao, nhờ đó, thích hợp để vận hành lò cao. Theo phương pháp hấp phụ, chất hấp phụ để khử ẩm như silica gel được sử dụng, và phương pháp hấp phụ lặp lại và tái tạo trong cột hấp phụ hoặc phương pháp quay kiểu tổ ong của phương pháp tái tạo lặp lại và hấp phụ trong khi quay chất hấp phụ có dạng tổ ong có thể được sử dụng một cách thích hợp. Đối với phương pháp làm mát khí tái tạo, bước trao đổi nhiệt có thể được tiến hành với khí tái tạo này (thông thường ở nhiệt độ môi trường) trong quá trình nạp vào lò cao sau Bước (A3).

Mặc dù không xuất hiện rắc rối đặc biệt trong sáng chế ngay cả nếu một phần hydro được bổ sung để tạo thành CO_2 và/hoặc CO trong Bước (A2) nêu trên vẫn còn lại ở trạng thái chưa phản ứng (thông thường, một phần hydro được bổ sung còn lại ở trạng thái chưa phản ứng trong khí tái tạo) trong khí tái tạo, hydro còn lại có thể được tách và thu gom để được tái sử dụng trong Bước (A2). Để tách và thu gom hydro từ khí tái tạo, phương pháp PSA hoặc phương pháp tương tự để hấp phụ và tách khí không phải là H_2 bằng chất hấp phụ có thể được sử dụng. Nếu CO_2 và/hoặc CO (cụ thể là CO_2) không được tái tạo thành CH_4 trong Bước (A2) nêu trên còn lại trong khí tái tạo, thì CO_2 và/hoặc CO có thể được tách và được loại bỏ bằng phương pháp nêu trên. Như được mô tả ở trên, khí tái tạo này thông thường là khí chủ yếu chứa CH_4 hoặc khí hoàn toàn chỉ chứa CH_4 .

Bước (A4)

Trong Bước (A4), khí tái tạo thu được sau Bước (A3) được thổi dưới dạng nguồn nhiệt và chất khử vào trong lò cao. Khí tái tạo này được ưu tiên thổi vào trong lò cao trong khi nhiệt độ khí được gia tăng có tính đến vận hành lò cao, và vì vậy, bước trao đổi

nhật có thể được tiến hành với khí tái tạo này ở nhiệt độ cao ngay sau Bước (A2) để làm tăng nhiệt độ, và khí tái tạo này sau đó có thể được thổi vào trong lò cao. Nguồn nhiệt khác có thể được sử dụng để làm tăng nhiệt độ của khí tái tạo này bằng cách gia nhiệt gián tiếp. Mặc dù khí tái tạo này thường được thổi vào trong lò cao qua ống gió, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Nếu khí tái tạo này được thổi từ ống gió, thì một đầu phun thường được bố trí tại ống gió và khí tái tạo này được thổi từ đầu phun này.

Bước (A5)

Bước (A5) được thực hiện để thu gom và sử dụng nhiệt phản ứng được tạo thành trong Bước (A2) để tạo thành hydro, và theo sáng chế, ít nhất một phần hydro được tạo thành trong Bước (A5) được sử dụng trong Bước (A2). Các FIG. từ 2 đến 8 thể hiện một phương án sản xuất trong đó các Bước (A2) và (A5) được thực hiện. Như được biểu diễn bởi các Công thức (5) và (6) nêu trên, nhiệt phản ứng được tạo thành trong chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 trong Bước (A2) là rất cao. Cụ thể là, việc sử dụng chất xúc tác như chất xúc tác gốc Ni, có độ chịu nhiệt cao, và lò phản ứng metan hóa cách nhiệt, kiểm soát được nhiệt độ khí ở đầu ra của lò phản ứng metan hóa nằm trong khoảng từ 400 đến 500°C, và việc thu hồi nhiệt được thực hiện từ khí tái tạo này, có thể sử dụng nhiệt một cách hiệu quả trong quá trình tạo thành hydro, thông thường là phản ứng thu nhiệt đáng kể.

Mặc dù các phương pháp dưới đây có thể được đưa ra làm ví dụ đối với phương pháp tạo thành hydro theo một phương án của Bước (A5), nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

(1) phương pháp tạo thành hydro bằng phản ứng khử hydro của hydrua của hợp chất monoaromatic và/hoặc hợp chất polyaromatic (sau đây, các hợp chất này được gọi chung là “hydrua hữu cơ” trong một số trường hợp để thuận lợi cho việc giải thích) và sử dụng nhiệt phản ứng, được tạo ra trong Bước (A2) làm nguồn nhiệt cho phản ứng khử hydro

(2) phương pháp tạo thành hydro bằng cách phân ly amoniac trong khi sử dụng nhiệt phản ứng được tạo thành trong Bước (A2) làm nguồn nhiệt

(3) phương pháp tạo thành hydro bằng cách cho hydrocacbon vào hơi nước tái tạo và sử dụng nhiệt phản ứng, được tạo ra trong Bước (A2), làm nguồn nhiệt để gia nhiệt sơ bộ hydrocacbon dưới dạng nguyên liệu thô

(4) phương pháp tạo thành hydro bằng cách cho hydrocacbon vào hơi nước tái tạo, tạo hơi bằng nhiệt phản ứng được tạo ra trong Bước (A2), và sử dụng hơi này làm hơi nước cho phản ứng tái tạo

(5) phương pháp tạo hơi bằng nhiệt phản ứng được tạo ra trong Bước (A2), tạo điện năng bằng hơi này, và tạo thành hydro bằng cách kết tủa nước bằng điện

(6) phương pháp tạo hơi bằng nhiệt phản ứng được tạo ra trong Bước (A2), tạo điện năng bằng hơi này, và tạo thành hydro bằng cách tách hydro từ khí chứa hydro dựa trên phương pháp PSA (Phương pháp chênh lệch áp suất) sử dụng điện năng

Ví dụ, phương pháp này bao gồm phương pháp tách hydro từ khí lò cao than cốc và phương pháp tách hydro khỏi khí thu được bằng cách hóa khí sinh khối hoặc chất dẻo.

Lò phản ứng để tạo thành hydro trong đó phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ được thực hiện, lò phản ứng để tạo thành hydro trong đó amoniac được phân ly, và lò phản ứng để tạo thành hydro trong đó hydrocacbon được đưa vào hơi nước tái tạo được sử dụng lần lượt trong phương pháp (1) nêu trên, phương pháp (2) nêu trên, và phương pháp (3) nêu trên, và nhiệt phản ứng được tạo ra trong Bước (A2) được sử dụng làm nguồn nhiệt trong các lò phản ứng này để tạo thành hydro. Các FIG. từ 2 đến 6 thể hiện một số phương án sản xuất được ưu tiên để thực hiện các phương pháp từ (1) đến (3) nêu trên. Trong số các phương pháp nêu trên, hydrua hữu cơ dưới dạng nguyên liệu thô để tạo thành hydro trong phương pháp (1) nêu trên là chất lỏng ở nhiệt độ môi trường, và được ưu tiên là sử dụng nguyên liệu thô để tạo thành hydro là chất lỏng ở nhiệt độ môi trường theo quan điểm tiết kiệm năng lượng trong quy trình tạo thành hydro. Đó là vì áp suất chất lỏng có thể gia tăng với năng lượng nhỏ hơn nhiều so với chất khí khi áp lực của nguyên liệu thô để tạo thành hydro gia tăng và nguyên liệu được cung cấp vào lò phản ứng để tạo thành hydro.

Theo phương án trong FIG. 2, các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trong đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và bộ phận trao đổi nhiệt 2 (5 là đường chảy của chất mang nhiệt 5) thu hồi nhiệt phản ứng (nhiệt nhạy cảm với khí) của phản ứng metan hóa trong mỗi lò phản ứng 1, theo cách giống như trong phương án trong FIG. 1. Theo phương án này, nguyên liệu thô để tạo thành hydro, tức là hydrua hữu cơ trong phương pháp (1) nêu trên,

amoniac trong phương pháp (2) nêu trên, hoặc hydrocacbon trong phương pháp (3) nêu trên lần lượt được sử dụng làm chất mang nhiệt, bộ phận trao đổi nhiệt 2 trực tiếp thực hiện bước trao đổi nhiệt với nguyên liệu thô để tạo thành hydro để gia nhiệt sơ bộ nguyên liệu thô để tạo thành hydro. Nguyên liệu thô để tạo thành hydro được gia nhiệt sơ bộ được đưa vào lò phản ứng 6 để tạo thành hydro, và hydro được tạo thành dựa trên phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp từ (1) đến (3) nêu trên. Mặc dù nhiệt phản ứng metan hóa là hiệu quả để gia nhiệt sơ bộ nguyên liệu thô hydrocacbon vì nhiệt độ phản ứng tái tạo hơi nước thường cao trong phương pháp (3) nêu trên, được ưu tiên là cung cấp nguồn nhiệt ở nhiệt độ cao hơn để thực hiện phản ứng tái tạo hơi nước với tỷ lệ phản ứng cao hơn.

Theo phương án trong FIG.3, các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trong đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và bộ phận trao đổi nhiệt 2 (5 biểu diễn đường chảy của chất mang nhiệt) thu hồi nhiệt phản ứng (nhiệt nhạy cảm với khí) của phản ứng metan hóa trong mỗi lò phản ứng 1, theo cách giống như trong phương án trong FIG. 1. Theo phương án này, nước được sử dụng làm chất mang nhiệt, bộ phận trao đổi nhiệt 2 tạo thành hơi để thực hiện việc thu hồi nhiệt, và bộ phận trao đổi nhiệt 7 tiếp tục tạo ra bước trao đổi nhiệt của hơi này với nguyên liệu thô để tạo thành hydro (8 biểu diễn đường chảy của nguyên liệu thô để tạo thành hydro) để gia nhiệt sơ bộ nguyên liệu thô để tạo thành hydro. Nguyên liệu thô để tạo thành hydro được gia nhiệt sơ bộ được đưa vào lò phản ứng 6 để tạo thành hydro, và hydro được tạo thành dựa trên phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp từ (1) đến (3) nêu trên.

Theo phương án trong FIG. 4, các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4 theo cách giống như trong phương án trong FIG. 1. Đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1 di chuyển qua bên trong của lò phản ứng 6a để tạo thành hydro (lò phản ứng kiểu vỏ và ống), và nhiệt nhạy cảm của khí thổi qua đường thổi khí 4 được sử dụng làm nguồn nhiệt cho lò phản ứng 6a để tạo thành hydro. Trong lò phản ứng 6a để tạo thành hydro mà nguyên liệu thô được đưa vào để tạo thành hydro, hydro được tạo thành dựa trên phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp từ (1) đến (3) nêu trên. Mặc dù hướng chảy của nguyên liệu thô để tạo thành hydro và đường thổi khí 4 thường được

bố trí để chảy ngược dòng, nhưng hướng chảy này cũng có thể là dòng chảy đồng hướng. Mặc dù lò kiểu vỏ và ống được ví dụ để làm lò phản ứng 6a để tạo thành hydro trong phương án này, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Theo phương án trong FIG. 5, các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trong đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và bộ phận trao đổi nhiệt 2 (5 biểu diễn đường chảy của chất mang nhiệt) thu hồi nhiệt phản ứng (nhiệt nhạy cảm với khí) của phản ứng metan hóa trong mỗi lò phản ứng 1, theo cách giống như trong phương án trong FIG.1. Theo phương án này, nước được sử dụng làm chất mang nhiệt, và bộ phận trao đổi nhiệt 2 tạo thành hơi để thu hồi nhiệt. Đường chảy của chất mang nhiệt 5, mà hơi đi qua, di chuyển qua bên trong của lò phản ứng 6a để tạo thành hydro (lò phản ứng kiểu vỏ và ống), và nhiệt nhạy cảm của hơi này được sử dụng làm nguồn nhiệt cho lò phản ứng 6a để tạo thành hydro. Trong lò phản ứng 6a để tạo thành hydro trong đó nguyên liệu thô để tạo thành hydro được đưa vào, hydro được tạo thành dựa trên phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp từ (1) đến (3) nêu trên. Mặc dù hướng chảy của nguyên liệu thô để tạo thành hydro và đường thổi khí 4 thường được bố trí để chảy ngược dòng, nhưng hướng chảy cũng có thể là dòng chảy đồng hướng. Mặc dù lò phản ứng kiểu vỏ và ống type được ví dụ làm lò phản ứng 6a để tạo thành hydro trong phương án này, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Theo phương án trong FIG. 6, các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trong đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và bộ phận trao đổi nhiệt 2 (5 biểu diễn đường chảy của chất mang nhiệt) thu hồi nhiệt phản ứng (nhiệt nhạy cảm với khí) của phản ứng metan hóa trong mỗi lò phản ứng 1, theo cách giống như trong phương án trong FIG.1. Theo phương án này, nước được sử dụng làm chất mang nhiệt, bộ phận trao đổi nhiệt 2 tạo thành hơi để thu hồi nhiệt, nước được cho chảy từ trống hơi 9 qua đường chảy của chất mang nhiệt 5 đến các bộ phận trao đổi nhiệt 2a (các bộ phận trao đổi nhiệt 2a được bố trí trên mặt đi xuống của các lò phản ứng 1) được lắp đặt cho một lò phản ứng hoặc hai hay nhiều lò phản ứng 1 trên mặt đi xuống trong số các lò phản ứng được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, và các bộ phận trao đổi nhiệt 2a tạo thành hơi để thu hồi nhiệt. Hơi này được chuyển đến

các bộ phận trao đổi nhiệt 2b (các bộ phận trao đổi nhiệt 2b được bố trí trên mặt đi xuống của các lò phản ứng 1) được lắp đặt cho một lò phản ứng 1 hoặc hai hay nhiều lò phản ứng 1 trên mặt đi lên sau khi các thành phần lỏng của chúng được loại bỏ sau khi đi qua trống hơi 9, và các bộ phận trao đổi nhiệt 2b tạo ra hơi được gia nhiệt quá mức để thu hồi nhiệt. Liên quan đến các bộ phận trao đổi nhiệt 2, ba bộ phận trao đổi nhiệt 2a và một bộ phận trao đổi nhiệt 2b được bố trí trong phương án này. Bộ phận trao đổi nhiệt 7 thực hiện bước trao đổi nhiệt của hơi được gia nhiệt quá mức, đã được tạo thành bởi các bộ phận trao đổi nhiệt 2b, với nguyên liệu thô để tạo thành hydro (8 biểu diễn đường chảy của nguyên liệu thô để tạo thành hydro), và nguyên liệu thô để tạo thành hydro được gia nhiệt sơ bộ. Nguyên liệu thô để tạo thành hydro được gia nhiệt sơ bộ được đưa vào lò phản ứng 6 để tạo thành hydro, và hydro được tạo thành dựa trên phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp từ (1) đến (3) nêu trên. Phương pháp tạo thành hơi được gia nhiệt quá mức bằng nhiệt phản ứng trong Bước (A2) và sử dụng hơi được gia nhiệt quá mức làm nguồn nhiệt để gia nhiệt sơ bộ nguyên liệu thô để tạo thành hydro là được đặc biệt ưu tiên do hiệu quả về nhiệt tuyệt vời. Cơ chế tạo thành hơi được gia nhiệt quá mức được thể hiện trong FIG. 6 cũng có thể được áp dụng để sản xuất theo phương án trong FIG. 5.

Trong phương pháp (4) nêu trên, lò phản ứng để tạo thành hydro, tiến hành tái tạo hơi nước của hydrocacbon, được sử dụng, và hơi được tạo thành bởi nhiệt phản ứng được tạo thành trong Bước (A2) được đưa vào lò phản ứng để tạo thành hydro. FIG. 7 thể hiện phương án thực hiện các công đoạn được ưu tiên để thực hiện phương pháp (4) này. Theo phương án trong FIG. 7, các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trong đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và bộ phận trao đổi nhiệt 2 (5 biểu diễn đường chảy của chất mang nhiệt) thu hồi nhiệt phản ứng (nhiệt nhạy cảm với khí) của phản ứng metan hóa trong mỗi lò phản ứng 1, theo cách giống như trong phương án trong FIG. 1. Theo phương án này, nước được sử dụng làm chất mang nhiệt, bộ phận trao đổi nhiệt 2 tạo thành hơi để thu hồi nhiệt, và hơi này được đưa vào dưới dạng hơi nước cho phản ứng tái tạo vào trong lò phản ứng 10 để tạo thành hydro mà hydrocacbon được cung cấp vào đó, và hydro được tạo thành bằng cách tái tạo hơi nước của hydrocacbon. Vì nhiệt độ phản ứng tái tạo hơi nước là cao, phương pháp sử dụng hơi này được tạo thành bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng của phản ứng metan hóa làm ít nhất một phần của hơi nước cho phản ứng tái tạo là đặc biệt hữu ích.

Việc tạo thành hơi được gia nhiệt quá mức và cung cấp hơi được gia nhiệt quá mức làm ít nhất một phần của hơi nước cho phản ứng tái tạo với các công đoạn sản xuất như được thể hiện trong FIG. 6 là đặc biệt hiệu quả xét về hiệu quả nhiệt.

FIG. 8 thể hiện phương án thực hiện các công đoạn được ưu tiên để thực hiện các phương pháp (5) và (6) nêu trên. Theo phương án này, các lò phản ứng 1 (các lò phản ứng metan hóa) được nạp chất xúc tác 3 (chất xúc tác gốc Ni) được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí trong đường thổi khí 4 trên mặt đi xuống của mỗi lò phản ứng 1, và bộ phận trao đổi nhiệt 2 (5 biểu diễn đường chảy của chất mang nhiệt) thu hồi nhiệt phản ứng (nhiệt nhạy cảm với khí) của phản ứng metan hóa trong mỗi lò phản ứng 1, theo cách giống như trong phương án trong FIG. 1. Mặc dù nước được sử dụng làm chất mang nhiệt và bộ phận trao đổi nhiệt 2 tạo thành hơi để thu hồi nhiệt trong phương án này, nước từ trống hơi 9 được cho chảy qua đường chảy của chất mang nhiệt 5 tới các bộ phận trao đổi nhiệt 2a (các bộ phận trao đổi nhiệt 2a được bố trí trên mặt đi xuống của các lò phản ứng 1) được lắp đặt cho một lò phản ứng 1 hoặc hai hay nhiều lò phản ứng 1 trên mặt đi xuống trong số các lò phản ứng được bố trí thành dãy trong đường thổi khí 4, và bộ phận trao đổi nhiệt 2a tạo ra hơi để thu hồi nhiệt. Hơi này được chuyển đến các bộ phận trao đổi nhiệt 2b (các bộ phận trao đổi nhiệt 2b được bố trí trên mặt đi xuống của các lò phản ứng 1) được lắp đặt cho một lò phản ứng 1 hoặc hai hay nhiều lò phản ứng 1 trên mặt đi lên sau khi các thành phần lỏng của chúng được loại bỏ sau khi đi qua trống hơi 9, và các bộ phận trao đổi nhiệt 2b tạo ra hơi được gia nhiệt quá mức để thu hồi nhiệt. Liên quan đến bộ phận trao đổi nhiệt 2, ba bộ phận trao đổi nhiệt 2a và một bộ phận trao đổi nhiệt 2b được bố trí trong phương án này. Hơi được gia nhiệt quá mức được tạo thành bởi các bộ phận trao đổi nhiệt 2b được cung cấp vào tuốc bin hơi 11 để tạo ra điện năng. Điện năng được cung cấp cho công đoạn sản xuất để tạo thành hydro (không được thể hiện trong hình vẽ này), và hydro được tạo thành bằng cách kết tủa nước bằng điện trong phương pháp (5) nêu trên, hoặc hydro được tạo thành bằng cách tách hydro từ khí chứa hydro dựa trên phương pháp PSA trong phương pháp (6) nêu trên, bằng cách sử dụng điện năng. Trong phương pháp này, việc tạo thành điện năng có thể được gia tăng khi phối hợp với, ví dụ, phương pháp tạo điện từ nhiệt dư, như chuyển hóa điện nhiệt, sử dụng hơi dư thải ra từ tuốc bin hơi 11 hoặc nhiệt dư của nước cạn nhiệt được nén áp suất cao.

Trong số các phương án khác nhau nêu trên, các phương pháp (các FIG.3, và từ 5

đến 8) thu hồi nhiệt phản ứng được tạo thành trong Bước (A2) bằng hơi là các phương pháp được ưu tiên vì hiệu quả dẫn nhiệt tuyệt vời và nhiều hiệu quả thực tế trong công đoạn tạo điện năng. Cụ thể, lò phản ứng nền cố định cách nhiệt được nạp chất xúc tác gốc Ni là tuyệt vời về độ chịu nhiệt như được mô tả trong FIG.1 là được đặc biệt ưu tiên vì nhiệt độ đầu ra của lò phản ứng metan hóa có thể từ 400 đến 500°C, và vì vậy, nhiệt phản ứng có thể được thu hồi bằng hơi được gia nhiệt quá mức ở áp suất môi trường (áp suất khoảng từ 2 đến 5 MPa), và hydro có thể được tạo thành một cách hiệu quả, nếu lò phản ứng nền cố định cách nhiệt được sử dụng làm lò phản ứng metan hóa.

Một hoặc nhiều loại hydrua hữu cơ được chọn từ hợp chất monoaromatic hydrua và hợp chất polyaromatic hydrua được sử dụng làm nguyên liệu thô để tạo thành hydro trong phương pháp (1) nêu trên. Cụ thể, cyclohexan, methylcyclohexan, dimethylcyclohexan, decalin, methyldecalin, dimethyldecalin, tetralin, và perhydroantracen có thể được đưa ra làm ví dụ, và một hoặc nhiều loại nêu trên có thể được sử dụng. Nhiệt độ phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ là khoảng từ 300 đến 400°C, thấp hơn nhiệt độ khí đầu ra của lò phản ứng metan hóa cách nhiệt 1. Do đó, có thể tạo thành hydro bằng cách khử hydro của hydrua hữu cơ bằng các công đoạn bất kỳ nêu trên được thể hiện trong các FIG. từ 2 đến 6.

FIG. 9 thể hiện bằng sơ đồ một phương án của trường hợp trong đó hydro được tạo thành từ hydrua hữu cơ dựa trên phương pháp (1) nêu trên và hydro được sử dụng trong phản ứng metan hóa trong Bước (A2), và công đoạn bất kỳ trong số các công đoạn được thể hiện trong các FIG. từ 2 đến 6 có thể được sử dụng làm công đoạn sản xuất. Trong hình vẽ này, 1 biểu diễn lò phản ứng (lò phản ứng metan hóa) trong đó phản ứng metan hóa được thực hiện, 4 biểu diễn đường thổi khí, 6 biểu diễn lò phản ứng để tạo thành hydro (lò phản ứng khử hydro) trong đó phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ được thực hiện, 12 biểu diễn thiết bị tách hydro (cột chưng cất) tách hydro từ sản phẩm của phản ứng khử hydro trong lò phản ứng 6 để tạo thành hydro, 13 biểu diễn bơm cung cấp hydrua hữu cơ vào lò phản ứng 6 để tạo thành hydro, 14 biểu diễn đường chảy của sản phẩm thu được bằng cách khử hydro của hydrua hữu cơ, 15 biểu diễn van áp suất ngược, và 16 biểu diễn đường chảy của sản phẩm thu được bằng cách khử hydro của hydrua hữu cơ sau khi tách hydro.

Được ưu tiên là áp suất phản ứng của phản ứng khử hydro trong lò phản ứng 6 để tạo thành hydro được đặt cao hơn áp suất phản ứng của phản ứng metan hóa trong lò

phản ứng 1. Đó là vì sự cần thiết sử dụng máy nén được loại bỏ, máy nén để đưa hydro được tạo thành trong lò phản ứng 6 vào lò phản ứng 1 bằng cách tạo ra khác biệt về áp suất và hiệu quả về mặt năng lượng trong hệ thống sẽ rất cao. Cụ thể, áp suất đầu vào của lò phản ứng 6 để tạo thành hydro trong đó phản ứng khử hydro được xảy ra được ưu tiên là được đặt cao hơn áp suất đầu vào của lò phản ứng 1 trong đó phản ứng metan hóa được xảy ra, từ 0,1 đến 0,5MPa, và được ưu tiên hơn là từ 0,2 đến 0,4MPa phụ thuộc vào sự mất áp suất trong lò phản ứng 6 để tạo thành hydro và thiết bị tách hydro 12. Nếu sự khác biệt giữa áp suất đầu vào của lò phản ứng khử hydro (lò phản ứng 6) và áp suất đầu vào của lò phản ứng metan hóa (lò phản ứng 1) quá nhỏ, thì hydro được tạo thành trong lò phản ứng khử hydro không thể được đưa đều đặn vào lò phản ứng metan hóa trong một số trường hợp, và Mặt khác, nếu khác biệt giữa áp suất đầu vào của lò phản ứng khử hydro và áp suất đầu vào của lò phản ứng metan hóa quá lớn, thì sản lượng hydro giảm đi vì phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ thuận lợi hơn xét về mặt cân bằng ở áp suất thấp. Bằng cách đặt áp suất phản ứng cho phản ứng khử hydro trong lò phản ứng khử hydro (lò phản ứng 6) cao hơn áp suất phản ứng cho phản ứng metan hóa trong lò phản ứng metan hóa (lò phản ứng 1), hoặc được ưu tiên là tạo ra khác biệt về áp suất trong khoảng nêu trên, áp suất cho phản ứng khử hydro được duy trì với áp suất của hydrua hữu cơ gia tăng và hydrua hữu cơ sau đó được cấp vào lò phản ứng khử hydro (lò phản ứng 6), và cũng như vậy, có thể đưa đều đặn hydro được tách vào trong lò phản ứng metan hóa (lò phản ứng 1) mà không làm tăng áp suất của nó và đạt được việc tiết kiệm năng lượng trong toàn bộ quy trình.

Liên quan đến phản ứng phân ly amoniac dưới dạng nguồn hydro trong phương pháp (2) nêu trên, nhiệt độ phản ứng mà tại đó chuyển hóa cân bằng dưới áp suất phản ứng 0,1 MPa là 95% khoảng 400°C. Do đó, có thể tạo thành hydro dựa trên phương pháp bất kỳ được thể hiện trong các FIG. từ 2 đến 6 ngay cả trong trường hợp theo cách giống như phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ. Vì các chất được tạo thành trong phân ly amoniac chỉ là N_2 và H_2 , có thể đạt được tỷ lệ đảo ngược quá mức cân bằng bằng cách tiến hành phản ứng phân ly trong lò phản ứng màng kết hợp giữa màng tách hydro đã biết như màng Pd và chất xúc tác phân ly amoniac, và vì vậy được ưu tiên. Đối với chất xúc tác phân ly amoniac, chất xúc tác gốc kim loại chuyển tiếp như sắt, Ru, Ni, và Co có thể được sử dụng. Quặng sắt có thể được sử dụng làm chất xúc tác, và cụ thể, quặng có hàm lượng nước kết hợp cao có thể được ưu tiên được sử dụng làm chất xúc tác vì diện tích bề

mặt riêng gia tăng trong nước tinh thể khử hydro.

Sau khi tạp chất được loại bỏ khi cần thiết khỏi hydro được tạo thành trong Bước (A5) như được mô tả ở trên, hydro được gom vào ống cấp hydro trên mặt đi lên của lò phản ứng metan hóa trong Bước (A2) và được sử dụng làm một phần hydro cần thiết cho phản ứng metan hóa. Cụm từ “tạp chất được loại bỏ khi cần thiết” nêu trên có nghĩa là tạp chất được loại bỏ đến mức cần thiết cho mỗi phản ứng metan hóa trong Bước (A2), bước thổi khí metan hóa vào trong lò cao trong Bước (A4), và Bước (A5) để tạo thành hydro. Cụ thể, độ tinh khiết của hydro là 90% hoặc cao hơn, hoặc được ưu tiên là 95% hoặc cao hơn có thể được áp dụng. Độ tinh khiết của hydro nhỏ hơn 90% thường làm giảm hoạt tính của chất xúc tác để tạo thành metan do tạp chất trong hydro hoặc làm cho độ dẫn nhiệt giảm đi, ví dụ, tại bộ phận trao đổi nhiệt được bố trí trên mặt đi xuống của lò phản ứng metan hóa. Điều này cũng làm cho hiệu quả khử giảm đi hoặc giảm hiệu quả nhiệt của quặng sắt trong lò cao trong bước thổi vào lò cao trong Bước (A4). Mặc dù không có rắc rối kỹ thuật xuất hiện trong các Bước (A2), (A4), và (A5) ngay cả nếu độ tinh khiết của hydro vượt quá 99.999%, nhưng độ tinh khiết quá cao sẽ làm tăng chi phí, và vì vậy, giới hạn trên của độ tinh khiết của hydro được ưu tiên là tới 99,999%.

FIG. 10 thể hiện phương án (quy trình xử lý khí) theo sáng chế trong trường hợp nếu khí lò cao được sử dụng làm khí nguyên liệu thô (khí hỗn hợp). Theo phương án này, CO₂ và/hoặc CO trước hết được tách và thu gom từ khí lò cao trong Bước (A1). Vì khí lò cao chứa H₂O và N₂, nên có thể gia tăng chất lượng của khí còn lại (khí lò cao được tái tạo), và khí còn lại có thể được sử dụng làm nhiên liệu hoặc nguồn hydro, bằng cách tách và thu gom chúng. Tiếp theo, hydro được bổ sung vào CO₂ và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí lò cao, và CO₂ và/hoặc CO được chuyển hóa (tái tạo) thành CH₄, trong Bước (A2). Hydro thu được từ hợp chất hydro như phân ly amoniac, và các thành phần khí (nitơ trong trường hợp amoniac) không phải là hydro sau khi phân ly được tách và được loại bỏ, sau đó hydro được cung cấp vào Bước (A2).

Khí tái tạo sau Bước (A2) nêu trên được làm mát bằng bước trao đổi nhiệt với khí tái tạo này ngay trước khi được đưa vào lò cao, và H₂O sau đó được tách và được loại bỏ trong Bước (A3). Nếu CO₂ và/hoặc CO không được tái tạo trong Bước (A2) và hydro không phản ứng còn lại trong khí tái tạo, thì CO₂ và/hoặc CO và hydro có thể được tách, thu gom, và được tái sử dụng trong Bước (A2). Vì vậy, nhiệt độ của khí tái tạo sau khi đưa vào Bước (A3) như được mô tả ở trên gia tăng bởi sự trao đổi nhiệt với khí tái tạo

này ở nhiệt độ cao ngay sau Bước (A2), và sau đó khí tái tạo này được thổi với gió nóng từ ống gió vào trong lò cao (Bước (A4)).

FIG. 11 thể hiện phương án (quy trình xử lý khí) theo sáng chế trong trường hợp nếu khí lò cao được sử dụng làm khí nguyên liệu thô (khí hỗn hợp). Theo phương án này, các Bước từ (A1) đến (A4) là giống như trong FIG. 10, hydro được tạo thành trong Bước (A5) bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng được tạo thành trong Bước (A2), và hydro được tạo thành được cung cấp vào Bước (A2) để được sử dụng cho phản ứng metan hóa. Trong Bước (A5), hydro được tạo thành dựa trên phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp từ (1) đến (6) nêu trên, với các công đoạn bất kỳ trong các FIG. từ 2 đến 8.

Tiếp theo là phần mô tả phương pháp vận hành lò luyện thép theo phương án thứ nhất theo sáng chế.

Phương pháp vận hành lò luyện thép theo phương án thứ nhất theo sáng chế bao gồm Bước (1) tách và thu gom CO₂ và/hoặc CO từ khí hỗn hợp chứa CO₂ và/hoặc CO, Bước (A2) bổ sung hydro vào CO₂ và/hoặc CO được tách và thu gom trong Bước (A1) và chuyển hóa CO₂ và/hoặc CO thành CH₄, và Bước (A3) tách và loại bỏ H₂O từ khí thu được sau Bước (A2), và khí thu được sau Bước (A3) được sử dụng làm nhiên liệu và/hoặc chất khử trong lò luyện thép. Được ưu tiên là, phương pháp vận hành lò luyện thép còn bao gồm Bước (A5) để tạo thành hydro bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng được tạo thành trong Bước (A2) và ít nhất một phần hydro được tạo thành trong Bước (A5) được sử dụng trong Bước (A2).

Lò gia nhiệt bằng không khí để tạo thành gió nóng được cấp vào lò cao, thiết bị đốt lưu giữ nhiệt tương tự lò gia nhiệt làm nóng các miếng thép như tấm gia nhiệt, lò than cốc, và máy nung cũng như lò cao nêu trên có thể được đưa ra làm ví dụ như các thiết bị trong lò luyện thép mà khí thu được sau Bước (A3) được cung cấp vào đó. Bằng cách cung cấp CH₄ thu được theo sáng chế, làm nhiên liệu cho các thiết bị như lò gia nhiệt và lò gia nhiệt bằng không khí, có thể tiết kiệm lượng nhiên liệu khí được sử dụng trong các thiết bị này.

Nhiên liệu khí được sử dụng trong lò gia nhiệt bằng không khí là khí thông thường thu được bằng cách trộn khí lò cao và khí lò cao than cốc và điều chỉnh lượng nhiệt tạo thành (khoảng 1000kcal/Nm³), và cũng có thể sử dụng CH₄ thu được theo sáng chế, thay cho khí lò cao và khí lò cao than cốc. Theo sáng chế, CH₄ thu được bằng cách tái tạo CO₂

và/hoặc CO (khoảng từ 8000 đến 8500 kcal/Nm³ với nhiệt đốt cháy thấp hơn) có lượng nhiệt tạo thành lớn hơn so với khí lò cao thông thường (khoảng 800kcal/Nm³ với nhiệt đốt cháy thấp hơn), và lượng CH₄ được yêu cầu thấp hơn so với khí lò cao, làm giảm chi phí lắp ráp ống. Mặc dù khí lò cao, khí lò cao than cốc, và khí lò chuyển hóa được tạo thành dưới dạng sản phẩm phụ lần lượt từ lò cao, lò than cốc, và lò chuyển hóa trong lò luyện thép như được mô tả ở trên, và mặc dù sản phẩm phụ là khí được sử dụng dưới dạng các nguồn nhiệt (nhiên liệu) cho lò gia nhiệt và lò gia nhiệt bằng không khí trong lò luyện thép, sản phẩm phụ là khí làm các nguồn nhiệt có thể không đủ trong một số trường hợp do các lý do khác nhau, và nhiên liệu bên ngoài như khí thiên nhiên có thể được sử dụng trong một số trường hợp, và có thể làm giảm lượng sử dụng nhiên liệu bên ngoài để bù đắp cho sự thiếu hụt nếu CH₄ thu được bằng cách tái tạo CO₂ và/hoặc CO làm nguồn nhiệt được sử dụng.

Khí nguyên liệu thô (khí hỗn hợp) là thành phần hoặc sản phẩm của các Bước từ (A1) đến (A3) và Bước (A5) trong phương pháp vận hành lò luyện thép là giống như trong phương pháp vận hành lò cao nêu trên. Nếu cần thiết gia tăng nhiệt độ khí của khí tái tạo này và sử dụng khí này, khí tái tạo có thể được sử dụng sau bước trao đổi nhiệt với khí tái tạo này ở nhiệt độ cao ngay sau Bước (A2) để làm tăng nhiệt độ. Nhiệt độ của khí tái tạo này có thể được gia tăng bằng cách gia nhiệt gián tiếp sử dụng nguồn nhiệt khác. Nếu khí tái tạo này (CH₄) được sử dụng tại lò gia nhiệt bằng không khí, là ví dụ về thiết bị, lượng khí tái tạo sử dụng được xác định có tính đến lượng nhiên liệu sử dụng (khí hỗn hợp của khí lò cao và khí lò cao than cốc trong trường hợp lò gia nhiệt bằng không khí) thông thường được sử dụng trong thiết bị này. Nhiên liệu thông thường sử dụng được giảm theo lượng khí tái tạo sử dụng.

[Ví dụ]

Các điều kiện vận hành lò cao trước khi thực hiện sáng chế như sau.

thể tích hơi: 1112Nm³/t-p

thể tích làm giàu oxy: 7,6Nm³/t-p

độ ẩm của hơi: 25g/Nm³

nhiệt độ của hơi: 1150°C

tỷ lệ nguyên liệu khử: 497 kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 387kg/t-p, tỷ lệ than cám:

110kg/t-p)

việc tạo thành lượng khí lò cao (khô): $1636\text{Nm}^3/\text{t-p}$ (nitơ: 54,0% thể tích, CO_2 : 21,4% thể tích, CO: 21,0% thể tích, hydro: 3,6% thể tích)

lượng CO_2 thải ra (chuyển hóa CO_2 của C được cấp vào lò cao): 1539kg/t-p

[Ví dụ 1]

Dựa trên quy trình xử lý như được thể hiện trong FIG. 10, phần khí lò cao được tái tạo và quay vòng.

Bước (A1)

Sau khi khoảng 10% thể tích của khí lò cao được tạo thành từ lò cao được đưa vào cột hấp phụ được nạp chất hấp phụ CO_2 , cột hấp phụ được dùng để hấp phụ CO_2 ở áp suất tuyệt đối là 200 kPa và sau đó giải hấp phụ CO_2 ở áp suất tuyệt đối là 7kPa để thu được CO_2 (Nồng độ CO_2 là 99% thể tích). Sau khi khí lò cao đã được tách và thu gom CO_2 được đưa vào cột hấp phụ được nạp chất hấp phụ CO, cột hấp phụ được dùng để hấp phụ CO ở áp suất tuyệt đối là 200 kPa và sau đó giải hấp phụ CO ở áp suất tuyệt đối là 7kPa để thu được CO (Nồng độ CO là 99% thể tích).

Các Bước từ (A2) đến (A4)

CO_2 và CO (khí hỗn hợp gồm CO_2 và CO) được tách và thu gom như được mô tả ở trên được đưa vào thiết bị tái tạo (lò phản ứng), H_2 thu được bằng cách phân ly amoniac được bổ sung vào đó (tỷ lệ mol $\text{H}_2/(\text{CO}_2 + \text{CO}) : 5$), và CO_2 và CO được tái tạo (được chuyển hóa) thành CH_4 trong điều kiện nhiệt độ phản ứng: 500°C và SV (Vận tốc không gian): 100h^{-1} sử dụng chất xúc tác gốc Ni. Tỷ lệ nghịch đảo ($\text{CO}_2 + \text{CO}$) là khoảng 100%. Khí tái tạo này được đưa vào bước trao đổi nhiệt và làm mát, H_2O được loại bỏ bằng cách loại bỏ nước, H_2 không phản ứng được hấp phụ và được tách (được loại bỏ), và sau đó khí tái tạo này được thổi từ ống gió lò cao. H_2 được hấp phụ và tách được sử dụng lại dưới dạng hydro để tái tạo ($\text{CO}_2 + \text{CO}$). Trong Ví dụ này, tỷ lệ nguyên liệu khử: 439kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 329kg/t-p , tỷ lệ than cám: 110kg/t-p) và thu được lượng CO_2 thải ra: 1358kg/t-p , và có thể làm giảm lượng CO_2 thải ra tới khoảng 11,7% so với điều kiện vận hành lò cao trước khi có sáng chế này.

[Ví dụ 2]

Dựa trên dòng quy trình như được thể hiện trong FIG. 11, phần khí lò cao được tái

tạo và quay vòng. Trong Bước (A2) và Bước (A5), quy trình bao gồm cơ chế để thu được hơi được gia nhiệt quá mức được thể hiện trong FIG. 6 trong các thiết bị (tức là, quy trình trong đó năm bộ lò phản ứng 1 và bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí thành dãy) được thể hiện trong FIG. 5 được sử dụng.

Bước (A1)

Sau khi khoảng 10% thể tích của khí lò cao được tạo thành từ lò cao được đưa vào cột hấp phụ được nạp chất hấp phụ CO_2 , cột hấp phụ được dùng để hấp phụ CO_2 ở áp suất tuyệt đối là 200kPa và sau đó giải hấp phụ CO_2 ở áp suất tuyệt đối là 7kPa để thu được CO_2 (Nồng độ CO_2 là 99% thể tích). Sau khi khí lò cao được tách và thu gom CO_2 được đưa vào cột hấp phụ được nạp chất hấp phụ CO, cột hấp phụ được dùng để hấp phụ CO ở áp suất tuyệt đối là 200kPa và sau đó giải hấp phụ CO ở áp suất tuyệt đối là 7kPa để thu được CO (Nồng độ CO là 99% thể tích).

Các Bước từ (A2) đến (A4)

Tốc độ dòng chảy của mỗi khí được kiểm soát sao cho tỷ lệ mol $\text{H}_2/(\text{CO}_2 + \text{CO})$ giữa CO_2 và CO (khí hỗn hợp gồm CO_2 và CO) được tách và thu gom như được mô tả ở trên và H_2 với độ tinh khiết là 99% là 5, và khí được sử dụng dưới dạng khí nguyên liệu thô. Khí nguyên liệu thô được đưa vào quy trình, trong đó năm bộ lò phản ứng metan hóa cách nhiệt và bộ phận trao đổi nhiệt được nạp chất xúc tác gốc Ni được bố trí thành dãy, và CO_2 và CO được tái tạo (được chuyển hóa) thành CH_4 trong điều kiện nhiệt độ đầu vào của lò phản ứng: 265°C , nhiệt độ phản ứng: 470°C và SV (Vận tốc không gian): 2000h^{-1} . Tuy nhiên, điều kiện nhiệt độ đầu vào của lò phản ứng: 220°C và nhiệt độ đầu ra của lò phản ứng: 250°C chỉ được đặt cho lò phản ứng ở giai đoạn cuối cùng (bộ thứ năm). Tỷ lệ nghịch đảo $[\text{CO}_2 + \text{CO}]$ là khoảng 100%. Khí tái tạo này được làm mát bằng bộ phận trao đổi nhiệt, H_2O được loại bỏ bằng cách loại bỏ nước, H_2 không phản ứng được hấp phụ và được tách (được loại bỏ), và khí tái tạo này được thổi từ ống gió lò cao. H_2 được hấp phụ và được tách được sử dụng lại dưới dạng hydro để tái tạo ($\text{CO}_2 + \text{CO}$). Trong Ví dụ này, tỷ lệ nguyên liệu khử: 439 kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 329 kg/t-p, tỷ lệ than cám: 110kg/t-p) và thu được lượng CO_2 thải ra: 1358kg/t-p, và có thể làm giảm lượng CO_2 thải ra khoảng 11,7% so với điều kiện vận hành lò cao trước khi có sáng chế.

Bước (A5)

Đối với lò phản ứng để tạo thành hydro, lò phản ứng khử hydro trong đó hydro

được tạo thành bằng phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ được sử dụng. Hơi được tạo thành bằng bộ phận trao đổi nhiệt trên mặt đi xuống của lò phản ứng metan hóa, được cấp vào mặt vỏ của lò phản ứng khử hydro metylxyclohexan (MCH) (lò phản ứng kiểu vỏ và ống), và được sử dụng làm nguồn nhiệt cho phản ứng khử hydro. Hơi này là hơi được gia nhiệt quá mức dưới áp suất 4 MPa và ở nhiệt độ 400°C, và tốc độ dòng chảy là 38 t/h. Tuy nhiên, vì năng lượng cho máy nén để đưa khí nguyên liệu thô vào trong lò phản ứng metan hóa (Bước A2), máy nén thổi khí metan hóa vào trong lò cao (Bước A4), và bơm nước được cấp vào bộ phận trao đổi nhiệt (Bước A5) là dựa trên đường dẫn hơi, nên lượng hơi để làm nguồn nhiệt cho phản ứng khử hydro MCH là 26 t/h.

Mặt ống của lò phản ứng khử hydro được nạp chất xúc tác khử hydro gốc Pt (SV: 100h⁻¹), 21 t/h của MCH được cấp vào đó, và phản ứng khử hydro được thực hiện dưới áp suất 0,2 MPa ở nhiệt độ tại thời điểm đó. Vì khí ở đầu ra của lò phản ứng khử hydro chứa toluen và một lượng nhỏ MCH cũng như H₂ chưa phản ứng, cột chưng cất được bố trí trên mặt đi xuống của lò phản ứng khử hydro tách H₂. Vì độ tinh khiết mục tiêu của H₂ được đặt là 95%, nhiệt độ trên đầu cột của cột chưng cất là 42°C, và bộ phận tích tụ được làm mát một cách thích hợp bằng nước. Sản lượng hydro là 12700Nm³/h, và có thể tạo thành khoảng 20% H₂ dưới dạng sản phẩm phụ được cấp vào Bước (A2). Tổng lượng H₂ được tách ở cột chưng cất được đưa vào hệ thống cung cấp khí nguyên liệu thô trong Bước (A2) được sử dụng trong phản ứng metan hóa trong lò phản ứng metan hóa.

[Ví dụ 3]

Dựa trên dòng quy trình như được thể hiện trong FIG. 11, phần khí lò cao được tái tạo và quay vòng. Trong Bước (A2) và Bước (A5), quy trình bao gồm cơ chế để thu được hơi được gia nhiệt quá mức được thể hiện trong FIG. 6 trong các thiết bị (tức là, quy trình trong đó năm bộ lò phản ứng 1 và bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí thành dãy) được thể hiện trong FIG. 5 được sử dụng.

Bước (A1)

Bước tương tự được thực hiện giống như Ví dụ 2.

Các Bước từ (A2) đến (A4)

Bước tương tự được thực hiện giống như Ví dụ 2.

Bước (A5)

Đối với lò phản ứng để tạo thành hydro, lò phản ứng dạng màng để tạo thành hydro bằng cách phân ly NH_3 được sử dụng. Khác hơn là, H_2 được tạo thành sử dụng 26 t/h hơi được gia nhiệt quá mức dưới áp suất 4 MPa và ở nhiệt độ 400°C theo cách giống như trong Bước (A5) trong Ví dụ 2. Lượng NH_3 cung cấp là 14 t/h. Vì N_2 tương ứng với 1/3 số mol H_2 được tạo thành trong bước phân ly NH_3 , H_2 được tách từ khí phân ly dựa trên phương pháp PSA. Kết quả là, lượng sản phẩm H_2 với độ tinh khiết là 99% là $21900 \text{ Nm}^3/\text{h}$, và có thể tạo thành khoảng 30% H_2 được cấp vào Bước (A2). Chất xúc tác gốc Ru được sử dụng làm chất xúc tác phân ly NH_3 . Tổng lượng H_2 tạo thành được đưa vào hệ thống cung cấp khí nguyên liệu thô trong Bước (A2) và được sử dụng cho phản ứng metan hóa trong lò phản ứng metan hóa.

[Ví dụ 4]

Dựa trên dòng quy trình như được thể hiện trong FIG. 11, phần khí lò cao được tái tạo và quay vòng. Trong Bước (A2) và Bước (A5), quy trình bao gồm cơ chế để thu được hơi được gia nhiệt quá mức được thể hiện trong FIG. 6 trong các thiết bị (tức là, quy trình trong đó năm bộ lò phản ứng 1 và bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí thành dãy) được thể hiện trong FIG. 5 được sử dụng.

Bước (A1)

Bước tương tự được thực hiện giống như Ví dụ 2.

Các Bước từ (A2) đến (A4)

Tốc độ dòng chảy của mỗi khí được kiểm soát sao cho tỷ lệ mol $\text{H}_2/(\text{CO}_2 + \text{CO})$ giữa CO_2 và CO (khí hỗn hợp gồm CO_2 và CO) được tách và thu gom như được mô tả ở trên từ khí lò cao và H_2 với độ tinh khiết là 99% là 5, và khí được sử dụng dưới dạng khí nguyên liệu thô. Khí nguyên liệu thô được đưa vào quy trình, trong đó năm bộ lò phản ứng metan hóa cách nhiệt và bộ phận trao đổi nhiệt được nạp chất xúc tác gốc Ni được bố trí thành dãy, và CO_2 và CO được tái tạo (được chuyển hóa) thành CH_4 trong điều kiện nhiệt độ đầu vào của lò phản ứng: 265°C , nhiệt độ đầu ra của lò phản ứng: 470°C , SV (Vận tốc không gian): 2000h^{-1} , và áp suất đầu vào của lò phản ứng: 0,3 MPa. Tuy nhiên, điều kiện nhiệt độ đầu vào của lò phản ứng: 220°C và nhiệt độ đầu ra của lò phản ứng: 250°C chỉ được đặt cho lò phản ứng ở giai đoạn cuối cùng (bộ thứ năm). Tỷ lệ nghịch đảo $[\text{CO}_2 + \text{CO}]$ là khoảng 100%. áp suất của khí metan hóa trên đầu ra của bộ phận trao đổi nhiệt trên mặt đi xuống của lò phản ứng ở giai đoạn cuối cùng là 0,2 MPa.

Khí tái tạo này được làm mát bằng bộ phận trao đổi nhiệt, H_2O được loại bỏ bằng cách loại bỏ nước, H_2 chưa phản ứng được hấp phụ và được tách (được loại bỏ), và khí tái tạo này được thổi từ ống gió lò cao. H_2 được hấp phụ và được tách được sử dụng lại dưới dạng hydro để tái tạo ($CO_2 + CO$). Trong Ví dụ này, tỷ lệ nguyên liệu khử: 439kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 329kg/t-p, tỷ lệ than cám: 110kg/t-p) và thu được lượng CO_2 thải ra: 1358 kg/t-p, và có thể làm giảm lượng CO_2 thải ra khoảng 11,7% so với điều kiện vận hành lò cao trước khi có sáng chế.

Bước (A5)

Đối với lò phản ứng để tạo thành hydro, lò phản ứng khử hydro mà hydro được tạo thành bằng phản ứng khử hydro của hydrua hữu cơ được sử dụng. Hơi được tạo thành với bộ phận trao đổi nhiệt trên mặt đi xuống của lò phản ứng metan hóa, được cấp vào mặt vỏ của lò phản ứng khử hydro metylxyclohexan (MCH) (lò phản ứng kiểu vỏ và ống), và được sử dụng làm nguồn nhiệt cho phản ứng khử hydro. Hơi này là hơi được gia nhiệt quá mức dưới áp suất 4MPa và ở nhiệt độ 400°C, và tốc độ dòng chảy là 38 t/h. Tuy nhiên, vì năng lượng cho máy nén để đưa khí nguyên liệu thô vào trong lò phản ứng metan hóa (Bước A2), máy nén thổi khí metan hóa vào trong lò cao (Bước A4), và bơm nước được cấp vào bộ phận trao đổi nhiệt (Bước A5) dựa trên đường dẫn hơi, lượng hơi có khả năng làm nguồn nhiệt cho phản ứng khử hydro MCH là 26 t/h.

Mặt ống của lò phản ứng khử hydro được nạp chất xúc tác khử hydro gốc Pt (SV: 100h⁻¹), 20 t/h của MCH được cấp vào đó trong khi áp suất của nó gia tăng tới 0,6 MPa. Phản ứng khử hydro được thực hiện ở nhiệt độ tại thời điểm đó. áp suất đầu ra của lò phản ứng khử hydro là 0,5 MPa. Vì khí ở đầu ra của lò phản ứng khử hydro chứa toluen và một lượng nhỏ MCH cũng như H_2 chưa phản ứng, cột chưng cất được bố trí trên mặt đi xuống của lò phản ứng khử hydro tách H_2 . Vì áp suất trên đầu cột của cột chưng cất được đặt là 0,4 MPa, và vì độ tinh khiết mục tiêu của H_2 được đặt là 95%, nhiệt độ trên đầu cột của cột chưng cất là 57°C, và bộ phận tích tụ được làm mát một cách thích hợp bằng nước.

Sản lượng hydro là 10600Nm³/h, và có thể tạo thành 16% H_2 dưới dạng sản phẩm phụ được cấp vào Bước (A2). Tổng lượng H_2 được tách ở cột chưng cất được đưa vào hệ thống cung cấp khí nguyên liệu thô trong Bước (A2) để được sử dụng trong phản ứng metan hóa trong lò phản ứng metan hóa. Vì áp suất trên đầu cột của cột chưng cất, tức là

áp suất của hydro được tách, là 0,4 MPa, áp suất này thích hợp là cao hơn áp suất đầu vào (0,3 MPa) của lò phản ứng metan hóa và có thể đưa hydro được tạo thành vào trong lò phản ứng metan hóa mà không cần gia tăng áp suất của nó. Có thể duy trì áp suất của phản ứng khử hydro chỉ với áp suất (0,6 MPa) của MCH dưới dạng nguyên liệu thô, năng lượng trực gia tăng áp suất chỉ nhỏ đến 8 kW, và có thể tiết kiệm năng lượng cho toàn bộ các quy trình.

[Ví dụ 5]

Dựa trên dòng quy trình như được thể hiện trong FIG. 11, phần khí lò cao được tái tạo và quay vòng. Trong Bước (A2) và Bước (A5), quy trình bao gồm cơ chế để thu được hơi được gia nhiệt quá mức được thể hiện trong FIG. 6 trong các thiết bị (tức là, quy trình trong đó năm bộ lò phản ứng 1 và bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí thành dãy) được thể hiện trong FIG. 5 được sử dụng.

Bước (A1)

Bước tương tự được thực hiện giống như Ví dụ 2.

Các Bước từ (A2) đến (A4)

Bước tương tự được thực hiện giống như Ví dụ 4.

Bước (A5)

Phản ứng khử hydro MCH được thực hiện theo cách giống như trong Ví dụ 4 ngoại trừ MCH được cấp vào lò phản ứng khử hydro trong khi áp suất của nó gia tăng đến 1,1 MPa. áp suất đầu ra của lò phản ứng khử hydro là 1 MPa. Mặc dù lượng sản phẩm hydro giảm xuống $9200\text{Nm}^3/\text{h}$ so với Ví dụ 4 khoảng 10% hoặc lớn hơn, nhưng năng lượng trực gia tăng áp suất là 19 kW, chỉ gấp 2,5 lần so với trong Ví dụ 4 (8 kW).

[Ví dụ 6]

Dựa trên dòng quy trình như được thể hiện trong FIG.11, phần khí lò cao được tái tạo và quay vòng. Trong Bước (A2) và Bước (A5), quy trình bao gồm cơ chế để thu được hơi được gia nhiệt quá mức được thể hiện trong FIG. 6 trong các thiết bị (tức là, quy trình trong đó năm bộ lò phản ứng 1 và bộ phận trao đổi nhiệt 2 được bố trí thành dãy) được thể hiện trong FIG. 5 được sử dụng.

Bước (A1)

Bước tương tự được thực hiện giống như Ví dụ 2.

Các Bước từ (A2) đến (A4)

Bước tương tự được thực hiện giống như Ví dụ 4.

Bước (A5)

Phản ứng khử hydro MCH được thực hiện theo cách giống như trong Ví dụ 4 ngoại trừ MCH được cấp vào lò phản ứng khử hydro trong khi áp suất của nó gia tăng đến 0,3 MPa. áp suất đầu ra của lò phản ứng khử hydro là 0,2 MPa. Vì áp suất trên đầu cột của cột chưng cất được đặt là 0,1 MPa, nhiệt độ trên đầu cột của cột chưng cất là 28°C, việc làm mát bộ phận tích tụ không được thực hiện một cách thích hợp bằng nước, và cần phải bố trí thiết bị làm lạnh. Mặc dù lượng sản phẩm hydro gia tăng tới 12700Nm³/h so với Ví dụ 4, nhưng cần thiết phải chuẩn bị máy nén để đưa hydro được tạo thành vào trong lò phản ứng metan hóa vì áp suất của nó là 0,1 MPa, và năng lượng trực gia tăng áp suất cao tới 830 kW được yêu cầu. Trong khi năng lượng trực gia tăng áp suất của MCH là 3 kW, năng lượng gia tăng áp suất tổng là 833kW, và cân bằng năng lượng trong toàn bộ quy trình giảm so với Ví dụ 4.

Phương án hai

Phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ hai theo sáng chế bao gồm Bước (B1) tách và thu gom CO₂ từ khí hỗn hợp chứa CO₂, Bước (B2) bổ sung chất khử gốc hydro vào CO₂ được tách và thu gom trong Bước (B1) và chuyển hóa (tái tạo) CO₂ thành CO, Bước (B3) tách và loại bỏ H₂O hoặc H₂O và N₂ từ khí thu được sau Bước (B2), và Bước (B4) thổi khí (thông thường, khí CO hoặc khí chứa CO làm thành phần chính) thu được sau Bước (B3) vào lò cao. Theo phương án được ưu tiên trong trường hợp nếu khí hỗn hợp chứa cả CO₂ và CO, thì CO₂ và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí hỗn hợp trong Bước (B1), và khí thu được sau Bước (B3) được thổi với CO được tách và thu gom trong Bước (B1) vào trong lò cao trong Bước (B4). CO thổi vào trong lò cao trong Bước (B4) có chức năng như là chất khử bổ sung cho quặng sắt. Việc khử quặng sắt bằng CO là phản ứng tỏa nhiệt, và bù đắp nhiệt cho phần dưới của lò cao là không được yêu cầu so với yêu cầu để khử quặng sắt bằng hydro.

Loại khí hỗn hợp bất kỳ có thể được sử dụng miễn là khí hỗn hợp chứa CO₂ hoặc CO₂ và CO. Mặc dù các ví dụ đại diện của khí hỗn hợp được tạo thành trong quá trình sản xuất sắt bao gồm khí lò cao và khí lò chuyển hóa, nhưng sáng chế không bị giới hạn

ở các ví dụ này, và khí hỗn hợp được tạo thành trong ngành công nghiệp khác có thể được sử dụng. Mặc dù mong muốn rằng nồng độ CO_2 của khí hỗn hợp là cao để tách một cách hiệu quả CO_2 , nhưng khí hỗn hợp chứa 15% thể tích CO_2 hoặc lớn hơn được ưu tiên sử dụng trên giả định khí lò cao, khí lò chuyển hóa, và khí thải ra trong đốt lò gia nhiệt. Sáng chế hữu ích nhất khi khí lò cao được sử dụng làm khí hỗn hợp của nguyên liệu thô, và có thể làm giảm lượng CO_2 thải ra từ lò cao bằng cách tái tạo CO_2 chứa trong khí lò cao thành CO và CO quay vòng làm chất khử trong lò cao. Đối với thành phần thông thường của khí lò cao, khí này chứa khoảng từ 15 đến 25% thể tích CO_2 , khoảng từ 15 đến 25% thể tích CO, khoảng từ 45 đến 55% thể tích N_2 , và khoảng từ 0 đến 5% thể tích hydro. Nếu khí lò cao được sử dụng làm khí hỗn hợp của nguyên liệu thô, thì một phần hoặc toàn bộ khí lò cao được tạo thành từ lò cao là sản phẩm đích, và nếu 20% thể tích của khí lò cao được sử dụng, thì lượng CO_2 thải ra có thể giảm đi khoảng từ 5 đến 6%.

Sau đây là phần mô tả các Bước từ (B1) đến (B4) tạo thành phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ hai theo sáng chế.

Bước (B1)

Khí hỗn hợp làm khí nguyên liệu thô là khí hỗn hợp chứa CO_2 (hoặc khí hỗn hợp chứa CO_2 và CO), và CO_2 được tách và thu gom từ khí hỗn hợp trong Bước (B1). Trong trường hợp khí là khí hỗn hợp bao gồm CO_2 và CO, mặc dù được ưu tiên là CO_2 và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí hỗn hợp và cuối cùng CO được tách và thu gom được thổi vào trong lò cao với CO thu được bằng cách chuyển hóa (tái tạo) CO_2 trong Bước (B2), nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này, và chỉ CO_2 có thể được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và CO.

Đối với các phương pháp tách và thu gom CO_2 và CO từ khí hỗn hợp, các phương pháp tùy ý có thể được sử dụng lần lượt. Nếu CO_2 và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí hỗn hợp, CO có thể được tách và thu gom sau khi CO_2 được tách và thu gom, và ngược lại. CO_2 và CO có thể được tách và thu gom cùng một lúc. Đối với các phương pháp tách và thu gom CO_2 từ khí hỗn hợp, phương pháp hóa lỏng hoặc hóa rắn CO_2 bằng áp suất hoặc làm mát, phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi tạo xút ăn da hoặc amin, là ví dụ của dung dịch nước kiềm, để hấp phụ CO_2 , phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi tạo cacbon hoạt tính hoặc zeolit để hấp phụ CO_2 , và phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng màng tách CO_2 đã được biết đến, và phương pháp tùy ý bao gồm một trong số các

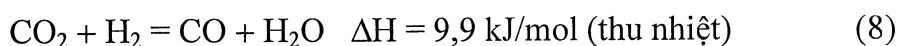
phương pháp nêu trên có thể được sử dụng.

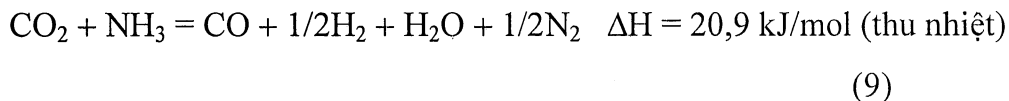
Đối với các phương pháp tách và thu gom CO từ khí hỗn hợp, phương pháp tách và thu gom CO bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi tạo đồng/cacbon hoạt tính, đồng/nhôm oxit, hoặc đồng/zeolit, là ví dụ về chất hấp phụ, để hấp phụ CO và phương pháp tách và thu gom CO bằng cách gia nhiệt hoặc giảm áp suất sau khi hấp phụ dung dịch chứa đồng làm thành phần chính để hấp phụ CO đã được biết đến, và phương pháp tùy ý bao gồm một trong số các phương pháp nêu trên có thể được sử dụng. Mặc dù độ tinh khiết của khí chứa CO₂ và CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp không bị giới hạn cụ thể, độ tinh khiết 80% thể tích hoặc cao hơn là được ưu tiên theo quan điểm giảm kích thước lò phản ứng được sử dụng trong bước tái tạo.

Bước (B2)

Mặc dù trong Bước (B2), chất khử gốc hydro được bổ sung vào CO₂ được tách và thu gom trong Bước (B1), và CO₂ được chuyển hóa (tái tạo) thành CO, một hoặc nhiều loại được chọn từ hydro, hydrocacbon, và amoniac được sử dụng làm chất khử gốc hydro (khí). Cụ thể, (i) LNG hoặc LPG chứa CH₄, (ii) khí là sản phẩm phụ của lò luyện thép chứa CH₄ và hydro (ví dụ, khí lò cao than cốc), (iii) hydro, (iv) amoniac và các chất tương tự có thể được đưa ra làm ví dụ, và một hoặc nhiều loại trong số các chất nêu trên có thể được sử dụng. Vì chất khử gốc hydro không tạo CO₂ mới trong bước thực hiện là được ưu tiên theo quan điểm giảm lượng CO₂ thải ra, nên các chất khử gốc hydro không chứa cacbon, tức là hydro và amoniac là được đặc biệt ưu tiên trong số các chất nêu trên. Amoniacc được tạo ra trong quá trình sản xuất than cốc bằng cách chưng cất phân hủy than (lượng amoniacc tạo thành là khoảng 3,3 Nm³/t-coal) và được thu gom dưới dạng nước amoniacc hoặc amoni sulfat ở trạng thái thông thường. Nếu amoniacc có thể được sử dụng làm chất khử gốc hydro theo sáng chế, thì không cần thu được chất khử gốc hydro bên ngoài lò luyện thép, hoặc có thể làm giảm lượng chất khử gốc hydro thu được bên ngoài lò luyện thép.

Đối với phương pháp khử CO₂ bằng chất khử gốc hydro (được ưu tiên là hydro hoặc/và amoniacc), phương pháp khử đã biết với chất xúc tác đặc biệt hoặc các chất tương tự có thể được sử dụng. Phản ứng khử CO₂ bằng hydro và phản ứng khử CO₂ bằng amoniacc lần lượt được biểu diễn bởi các công thức (8) và (9) dưới đây.





Phản ứng của Công thức (8) biểu diễn chuyển hóa cân bằng CO_2 khoảng 45% ở nhiệt độ 500°C , và phản ứng của Công thức (9) biểu diễn chuyển hóa cân bằng CO_2 khoảng 95%. Thông thường, Fe, Ni, hoặc Co, là ví dụ về chất xúc tác gốc kim loại chuyển tiếp, được sử dụng trong cả hai phản ứng (điều này cũng đúng trong trường hợp CH_4 , là ví dụ về hydrocacbon, được sử dụng làm chất khử gốc hydro), CO_2 được tái tạo thành CO. Quặng sắt có thể được sử dụng làm chất xúc tác. Cụ thể, quặng có hàm lượng nước kết hợp cao có thể được ưu tiên sử dụng làm chất xúc tác vì diện tích bề mặt riêng của nó gia tăng khi nước kết hợp bị loại bỏ. Chất xúc tác Al_2O_3 , là ví dụ về chất mang oxit, mang Pd hoặc Ru, là ví dụ của nguyên tố kim loại quý, có thể được sử dụng.

Để bổ sung chất khử gốc hydro vào CO_2 và tái tạo CO_2 thành CO bằng cách sử dụng chất xúc tác, CO_2 đã được trộn với chất khử gốc hydro thường được đưa vào lò phản ứng được nạp đầy chất xúc tác, và phản ứng chuyển hóa (tái tạo) CO_2 thành CO được xảy ra. Mặc dù lò phản ứng nền cố định, lò phản ứng nền hóa lỏng, hoặc lò phản ứng nền cuộn có thể được sử dụng làm lò phản ứng, lò phản ứng nền chất lỏng hoặc lò phản ứng nền cuộn là được đặc biệt ưu tiên có tính đến việc phản ứng này là phản ứng thu nhiệt. Tùy theo kiểu lò phản ứng, tính chất vật lý của chất xúc tác được lựa chọn một cách thích hợp. Lượng chất khử gốc hydro được trộn với CO_2 được ưu tiên là tương đương với hoặc lớn hơn tỷ lệ cân bằng hóa học. Phản ứng để tái tạo CO_2 thành CO là phản ứng thu nhiệt như được biểu diễn bởi công thức phản ứng nêu trên, và để làm nguồn nhiệt cho phản ứng này, Nhiệt nhạy cảm COG, nhiệt nhạy cảm xi, hoặc nhiệt nhạy cảm đá túp, là nhiệt dư không được thu gom trong lò luyện thép, có thể được sử dụng, hoặc nhiệt thu được bằng cách đốt cháy CO thu được theo sáng chế có thể được sử dụng. Nguồn nhiệt này có thể thu được bằng cách đốt cháy nhiên liệu riêng rẽ.

Bước (B3)

Trong Bước (B3), H_2O hoặc H_2O và N_2 được tách và được loại bỏ từ khí thu được sau bước (B2) nêu trên (sau đây, gọi là “khí tái tạo”). Nếu CO_2 được tái tạo thành CO bằng chất khử gốc hydro, các nguyên liệu khử tiêu thụ thành phần (than cốc) trong lò cao được tạo thành cùng một lúc, và các thành phần này nằm trong khí tái tạo. Cụ thể, H_2O được tạo ra khi hydro hoặc CH_4 , là ví dụ của hydrocacbon, được sử dụng làm chất khử

gốc hydro, và H_2O và N_2 được tạo thành khi amoniac được sử dụng làm chất khử gốc hydro. Nếu H_2O được đưa vào lò cao, than cốc trong lò cao được tiêu thụ, và ngược lại, lượng CO_2 thải ra gia tăng. Mặt khác, ngay cả nếu N_2 được đưa vào lò cao, thì nhiệt nhạy cảm để làm nóng N_2 thành khí nóng được yêu cầu trong khi than cốc trong lò cao không được tiêu thụ, kết quả là làm gia tăng lượng than cốc được sử dụng. Do đó, cần tách và loại bỏ H_2O (nếu hydro hoặc CH_4 , là ví dụ của hydrocacbon, được sử dụng làm chất khử gốc hydro) hoặc H_2O và N_2 (nếu amoniac được sử dụng làm chất khử gốc hydro) khỏi khí tái tạo.

Đối với phương pháp tách và loại bỏ H_2O từ khí tái tạo, phương pháp làm mát hoặc phương pháp hấp phụ có thể được áp dụng. Theo phương pháp làm mát, khí tái tạo này được làm mát xuống đến nhiệt độ tương đương với hoặc thấp hơn nhiệt độ điểm sương, và H_2O được ngưng tụ và được loại bỏ. Nhiệt độ điểm sương phụ thuộc vào nồng độ H_2O của khí tái tạo, và thông thường được ưu tiên là khí tái tạo này được làm mát xuống đến nhiệt độ tương đương với hoặc thấp hơn 30°C để vận hành lò cao vì H_2O có thể được ngưng tụ một cách thích hợp và được loại bỏ và nồng độ sẽ tương đương với nồng độ ẩm của không khí thổi vào trong lò cao thông thường. Theo phương pháp hấp phụ, silica gel là ví dụ về chất hấp phụ để khử độ ẩm được sử dụng, và phương pháp hấp phụ lặp lại và tái tạo trong cột hấp phụ hoặc phương pháp quay kiểu tổ ong tái tạo lặp lại theo trình tự và hấp phụ trong khi quay chất hấp phụ có dạng tổ ong có thể được sử dụng một cách thích hợp. Đối với phương pháp làm mát khí tái tạo, bước trao đổi nhiệt có thể được tiến hành với khí tái tạo này (thông thường, nhiệt độ môi trường) trong quá trình nạp vào lò cao sau Bước (B3). Để tách và loại bỏ N_2 từ khí tái tạo, có thể hoàn toàn sử dụng phương pháp tách và loại bỏ N_2 bằng cách áp dụng phương pháp tách và thu gom CO từ khí hỗn hợp như được thực hiện trong Bước (B1) và tách CO từ khí tái tạo. Phương pháp cụ thể giống như được mô tả ở trên trong Bước (B1).

Nếu phần chất khử gốc hydro (hydro hoặc/ và amoniac) được bổ sung để tạo thành CO_2 trong Bước (B2) nêu trên còn lại ở trạng thái chưa phản ứng trong khí tái tạo, thì phần chất khử gốc hydro có thể được tách, thu gom, và được tái sử dụng làm chất khử gốc hydro trong Bước (B2). Để tách và thu gom hydro hoặc amoniac, là ví dụ về chất khử gốc hydro, từ khí tái tạo, ví dụ, phương pháp hấp phụ các thành phần khí sử dụng chất hấp phụ có thể được sử dụng. Nếu CO_2 không được tái tạo trong Bước (B2) nêu trên còn lại trong khí tái tạo, thì CO_2 có thể được tách và được loại bỏ bằng phương pháp nêu

trên. Như được mô tả ở trên, khí tái tạo này thông thường trở thành khí chủ yếu chứa CO hoặc khí hoàn toàn chỉ chứa CO.

Bước (B4)

Trong Bước (B4), khí tái tạo thu được sau Bước (B3) được thổi dưới dạng chất khử bổ sung vào trong lò cao, và khí tái tạo này có thể được trộn với CO và thổi vào trong lò cao nếu CO cũng được tách và thu gom trong Bước (B1) nêu trên. Khí tái tạo này (hoặc khí tái tạo được trộn CO được tách và thu gom trong Bước (B1)) được ưu tiên là thổi vào trong lò cao trong khi nhiệt độ khí được gia tăng có tính đến vận hành lò cao, và vì vậy, bước trao đổi nhiệt có thể được tiến hành với khí tái tạo này ở nhiệt độ cao ngay sau Bước (B2) để làm tăng nhiệt độ, và khí tái tạo này sau đó có thể được thổi vào trong lò cao. Nguồn nhiệt khác có thể được sử dụng để làm tăng nhiệt độ của khí tái tạo này bằng cách gia nhiệt gián tiếp. Mặc dù khí tái tạo này thường được thổi vào trong lò cao qua ống gió, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Nếu khí tái tạo này được thổi từ ống gió, thông thường, đầu phun được bố trí tại ống gió sao cho khí tái tạo này được thổi từ đầu phun.

FIG. 12 thể hiện phương án (quy trình xử lý khí) trong trường hợp nếu khí lò cao được sử dụng làm khí nguyên liệu thô (khí hỗn hợp) trong phương pháp vận hành lò cao theo phương án thứ hai theo sáng chế. Theo phương án này, trước tiên CO₂ và CO lần lượt được tách từ khí lò cao trong Bước (B1). Vì khí lò cao chứa H₂O và N₂, nên có thể nâng cao chất lượng khí còn lại (khí tái tạo lò cao) bằng cách tách và loại bỏ H₂O và N₂, và khí còn lại có thể được sử dụng làm nhiên liệu hoặc nguồn hydro. Tiếp theo, chất khử gốc hydro được bổ sung vào CO₂ được tách và thu gom từ khí lò cao, và CO₂ được chuyển hóa (tái tạo) thành CO, trong Bước (B2).

Khí tái tạo này được làm mát bằng bước trao đổi nhiệt với khí tái tạo (khí tái tạo này được trộn với CO được tách và thu gom trong Bước (B1)) ngay trước khi được đưa vào lò cao, và H₂O hoặc H₂O và N₂ sau đó được tách và được loại bỏ trong Bước (B3). Trước tiên, nếu H₂O được tách và được loại bỏ bằng cách khử hydro, và khí tái tạo này chứa N₂ (nếu amoniac được sử dụng làm chất khử gốc hydro), thì N₂ được tách và được loại bỏ. Nếu CO₂ không được tái tạo trong Bước (B2) và chất khử gốc hydro chưa phản ứng còn lại trong khí tái tạo, thì CO₂ được tách và được loại bỏ, và chất khử gốc hydro được tách, thu gom, và đưa vào Bước (B2) để tái sử dụng. Sau khi CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp trong Bước (B1) nêu trên được trộn với khí tái tạo thu được như

được mô tả ở trên sau Bước (B3), bước trao đổi nhiệt được thực hiện với khí tái tạo này ở nhiệt độ cao ngay sau Bước nêu trên (B2), và khí tái tạo này sau đó được thổi với gió nóng từ ống gió vào trong lò cao.

Tiếp theo là phần mô tả phương pháp vận hành lò luyện thép theo phương án thứ hai theo sáng chế.

Phương pháp vận hành lò luyện thép bao gồm Bước (B1) tách và thu gom CO₂ từ khí hỗn hợp chứa CO₂, Bước (B2) bổ sung chất khử gốc hydro vào CO₂ được tách và thu gom trong Bước (B1) và chuyển hóa (tái tạo) CO₂ thành CO, và Bước (B3) tách và loại bỏ H₂O hoặc H₂O và N₂ từ khí thu được sau Bước (B2), và khí thu được sau Bước (B3) (thông thường, khí CO hoặc khí chủ yếu chứa CO) được sử dụng làm nhiên liệu và/hoặc chất khử trong lò luyện thép. Theo phương án được ưu tiên trong trường hợp nếu khí hỗn hợp chứa CO₂ và CO, CO₂ và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí hỗn hợp trong Bước (B1), và khí thu được sau Bước (B3) được cung cấp với CO được tách và thu gom trong Bước (B1) cho các thiết bị trong lò luyện thép trong đó khí và CO được sử dụng. Mặc dù lò gia nhiệt bằng không khí để tạo thành gió nóng được cấp vào lò cao, lò gia nhiệt tương tự thiết bị đốt lưu giữ nhiệt làm nóng các miếng thép như tấm gia nhiệt, lò than cốc, và máy nung cũng như lò cao nêu trên có thể được đưa ra làm ví dụ để làm các thiết bị trong lò luyện thép mà khí thu được sau Bước (B3) được cung cấp vào đó, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Bằng cách cung cấp CO, thu được theo sáng chế, làm nhiên liệu cho lò gia nhiệt và lò gia nhiệt bằng không khí là các ví dụ về thiết bị, có thể tiết kiệm lượng nhiên liệu khí được sử dụng trong các thiết bị này.

Nhiên liệu khí được sử dụng trong lò gia nhiệt bằng không khí thông thường là khí thu được bằng cách trộn khí lò cao và khí lò cao than cốc và điều chỉnh lượng nhiệt tạo thành (khoảng 1000 kcal/Nm³), và có thể sử dụng CO, thu được theo sáng chế, thay cho khí lò cao và khí lò cao than cốc. Lượng nhiệt CO tạo thành (khoảng 3000kcal/Nm³) thu được bằng cách tái tạo CO₂ theo sáng chế là lớn hơn lượng nhiệt của khí lò cao thông thường (khoảng 800kcal/Nm³), và yêu cầu lượng CO nhỏ hơn so với khí lò cao, làm giảm chi phí lắp đặt ống. Mặc dù khí lò cao, khí lò cao than cốc, và khí lò chuyển hóa được tạo thành dưới dạng sản phẩm phụ từ lò cao, lò than cốc, và lò chuyển hóa trong lò luyện thép như được mô tả ở trên, và các sản phẩm phụ là khí này được sử dụng dưới dạng các nguồn nhiệt (nhiên liệu) cho lò gia nhiệt và lò gia nhiệt bằng không khí trong lò luyện thép, sản phẩm phụ là khí để làm các nguồn nhiệt là không thích hợp trong một số trường

hợp do các lý do khác nhau, và CO thu được bằng cách tái tạo CO₂ là hữu ích làm nguồn nhiệt bù đắp cho sự thiếu hụt.

Khí nguyên liệu thô (khí hỗn hợp) là thành phần hoặc chất đích của các Bước từ (B1) đến (B3) trong phương pháp vận hành lò luyện thép là giống như trong phương pháp vận hành lò cao nêu trên. Mặc dù khí tái tạo thu được sau Bước (B3) được sử dụng làm nhiên liệu và/hoặc chất khử cho lò gia nhiệt bằng không khí và lò gia nhiệt, khí tái tạo này có thể được trộn với CO và được sử dụng nếu CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp trong Bước (B1) nêu trên. Khí tái tạo (hoặc khí tái tạo được trộn CO được tách và thu gom trong Bước (B1)) được ưu tiên được sử dụng sau khi nhiệt độ khí của nó gia tăng, và vì lý do này, khí tái tạo này có thể được sử dụng sau Bước trao đổi nhiệt với khí tái tạo này ở nhiệt độ cao ngay sau Bước (B2) để làm tăng nhiệt độ. Nhiệt độ của khí tái tạo này có thể được gia tăng bằng cách gia nhiệt gián tiếp sử dụng nguồn nhiệt khác. Nếu khí tái tạo này được sử dụng tại lò gia nhiệt bằng không khí, là ví dụ của các thiết bị, lượng khí tái tạo sử dụng được xác định có tính đến lượng nhiên liệu sử dụng (khí hỗn hợp của khí lò cao và khí lò cao than cốc trong trường hợp lò gia nhiệt bằng không khí) thông thường được sử dụng trong thiết bị này. Nhiên liệu thông thường được sử dụng được giảm tùy theo lượng khí tái tạo được sử dụng.

FIG. 13 thể hiện phương án (quy trình xử lý khí) trong trường hợp nếu khí lò cao được sử dụng làm khí nguyên liệu thô (khí hỗn hợp) và khí tái tạo này được sử dụng trong lò gia nhiệt bằng không khí trong phương pháp vận hành lò luyện thép theo phương án thứ hai theo sáng chế. Theo phương án này, trước tiên CO₂ và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí lò cao trong Bước (B1). Vì khí lò cao chứa H₂O và N₂, có thể nâng cao chất lượng khí còn lại (khí tái tạo lò cao) bằng cách tách và loại bỏ H₂O và N₂ này, và khí còn lại có thể được sử dụng làm nhiên liệu và nguồn hydro. Tiếp theo, chất khử gốc hydro được bổ sung vào CO₂ được tách và thu gom từ khí lò cao, và CO₂ được chuyển hóa (tái tạo) thành CO, trong Bước (B2).

Sau khi khí tái tạo này được làm mát xuống bằng bước trao đổi nhiệt với khí tái tạo (khí tái tạo này được trộn với CO được tách và thu gom trong Bước (B1)) trước khi được cấp vào lò gia nhiệt bằng không khí, và H₂O hoặc H₂O và N₂ được tách và được loại bỏ trong Bước (B3). Trước tiên, H₂O được tách và được loại bỏ bằng cách khử hydro, và N₂ được tách và được loại bỏ nếu khí tái tạo này chứa N₂ (nếu amoniac được sử dụng làm chất khử gốc hydro). Nếu CO₂ không được tái tạo trong Bước (B2) hoặc chất khử

gốc hydro chưa phản ứng còn lại trong khí tái tạo, thì CO₂ được tách và được loại bỏ, và chất khử gốc hydro được tách, thu gom, và được đưa vào Bước (B2) để tái sử dụng. Sau khi CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp trong Bước (B1) được trộn với khí tái tạo thu được sau Bước (B3), bước trao đổi nhiệt với khí tái tạo này ở nhiệt độ cao ngay sau Bước (B2) được thực hiện để làm tăng nhiệt độ, và sau đó khí hỗn hợp được đưa vào lò gia nhiệt bằng không khí để làm nhiên liệu.

[Ví dụ]

(1) Các Ví dụ liên quan đến phương pháp vận hành lò cao

Các điều kiện vận hành lò cao trước khi có sáng chế như sau.

thể tích hơi:	1112Nm ³ /t-p
thể tích làm giàu oxy:	7,6Nm ³ /t-p
độ ẩm của hơi:	25g/Nm ³
nhiệt độ của hơi:	1150°C
tỷ lệ nguyên liệu khử:	497 kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 387 kg/t-p, tỷ lệ than cám: 110 kg/t-p)

việc tạo thành lượng khí lò cao (khô): 1636 Nm³/t-p (nitơ: 54,0% thể tích, CO₂: 21,4% thể tích, CO: 21,0% thể tích, hydro: 3,6% thể tích)

lượng CO₂ thải ra (chuyển hóa CO₂ của C được cấp vào lò cao): 1539kg/t-p

[Ví dụ 1]

Dựa trên dòng quy trình như được thể hiện trong FIG. 12, phần khí lò cao được tái tạo và quay vòng. Khoảng 20% thể tích của khí lò cao được tạo thành trong khí lò cao được đưa vào cột hấp phụ được nạp chất hấp phụ CO₂, và cột hấp phụ được dùng để hấp phụ CO₂ ở áp suất tuyệt đối là 200 kPa và sau đó giải hấp phụ CO₂ ở áp suất tuyệt đối là 7 kPa, và thu được CO₂ (Nồng độ CO₂ là 99% thể tích) (sau đây, bước tách và thu gom CO₂ từ khí lò cao sẽ được gọi là “khí CO₂ x”). khí lò cao được tách và thu gom CO₂ được đưa vào cột hấp phụ được nạp chất hấp phụ CO, cột hấp phụ để hấp phụ CO ở áp suất tuyệt đối là 200 kPa và sau đó giải hấp phụ CO ở áp suất tuyệt đối là 7 kPa, và thu được CO (Nồng độ CO là 99% thể tích) (sau đây, CO được tách và thu gom từ khí lò cao sẽ được gọi là “khí CO y”).

Khí CO₂ x được đưa vào thiết bị tái tạo (lò phản ứng), H₂ được bổ sung vào đó làm chất khử gốc hydro (H₂/CO₂: 2 tỷ lệ mol), và khí CO₂ x được tái tạo (được chuyển hóa) thành CO sử dụng chất xúc tác gốc Ni trong điều kiện nhiệt độ phản ứng: 600°C và SV (Vận tốc không gian): 100h⁻¹. Tỷ lệ nghịch đảo CO₂ là khoảng 55%. Khí tái tạo này được làm mát bằng bộ phận trao đổi nhiệt, H₂O được loại bỏ bằng thiết bị loại bỏ nước, và sau đó khí tái tạo này được đưa vào cột hấp phụ để tách (hấp phụ → giải hấp phụ) CO (sau đây, CO được tách sẽ được gọi là “khí CO z”). Khí sau khi tách CO là H₂ chứa phản ứng được sử dụng lại làm chất khử gốc hydro để tái tạo CO₂. Sau khi khí CO z nêu trên được trộn với khí CO y nêu trên, khí hỗn hợp được thổi từ ống gió lò cao. Trong Ví dụ này, tỷ lệ nguyên liệu khử: 469kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 359 kg/t-p, tỷ lệ than cám: 110kg/t-p) và thu được lượng CO₂ thải ra: 1453 kg/t-p, và có thể làm giảm lượng CO₂ thải ra khoảng 5,6% so với điều kiện vận hành lò cao trước khi có sáng chế.

[Ví dụ 2]

Quy trình được thực hiện tương tự như trong Ví dụ 1 ngoại trừ khoảng 10% thể tích của khí lò cao được tạo thành trong lò cao được sử dụng, và khí CO được thổi từ ống gió lò cao. Trong Ví dụ này, tỷ lệ nguyên liệu khử: 484kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 374kg/t-p, tỷ lệ than cám: 110kg/t-p) và thu được lượng CO₂ thải ra: 1499kg/t-p, và có thể làm giảm lượng CO₂ thải ra khoảng 2,6% so với điều kiện vận hành lò cao trước khi có sáng chế.

[Ví dụ 3]

Quy trình được thực hiện tương tự như trong Ví dụ 1 ngoại trừ amoniac được sử dụng làm chất khử gốc hydro, và khí CO được thổi từ ống gió lò cao. Khí CO₂ x được tách và thu gom từ khí lò cao được đưa vào thiết bị tái tạo (lò phản ứng), amoniac được bổ sung vào đó làm chất khử gốc hydro (NH₃/CO₂: 1.5 tỷ lệ mol), và khí CO₂ x được tái tạo (được chuyển hóa) thành CO sử dụng chất xúc tác gốc Ni-CO trong điều kiện nhiệt độ phản ứng: 500°C và SV: 200h⁻¹. Tỷ lệ nghịch đảo CO₂ là khoảng 90%. Trong Ví dụ này, tỷ lệ nguyên liệu khử: 469kg/t-p (tỷ lệ than cốc: 359kg/t-p, tỷ lệ than cám: 110kg/t-p) và thu được lượng CO₂ thải ra: 1453kg/t-p, và có thể làm giảm lượng CO₂ thải ra khoảng 5,6% so với điều kiện vận hành lò cao trước khi có sáng chế.

(2) Các Ví dụ liên quan đến Phương pháp vận hành lò cao

[Ví dụ 4]

CO thu được bằng cách tái tạo CO₂ theo cách giống như trong Ví dụ 1 được sử

dụng làm nhiên liệu trong lò gia nhiệt bằng không khí. Theo cách vận hành thông thường, $1112\text{Nm}^3/\text{t-p}$ gió nóng ở nhiệt độ 1150°C được tạo thành bằng cách trộn khí lò cao: $493\text{Nm}^3/\text{t-p}$ (lượng nhiệt tạo thành: $740\text{kcal}/\text{Nm}^3$) và khí lò cao than cốc: $40\text{Nm}^3/\text{t}$ (lượng nhiệt tạo thành: $4580\text{kcal}/\text{Nm}^3$) để thu được $533\text{Nm}^3/\text{t-p}$ (lượng nhiệt tạo thành: $1028\text{kcal}/\text{Nm}^3$) của khí hỗn hợp, đốt cháy khí hỗn hợp tại lò gia nhiệt bằng không khí để lưu trữ nhiệt, và cung cấp không khí cho lò gia nhiệt bằng không khí lưu trữ nhiệt này, và gió nóng được đưa vào lò cao. Mặt khác, trong Ví dụ này, $1112\text{Nm}^3/\text{t-p}$ gió nóng ở nhiệt độ 1150°C được tạo thành bằng cách trộn khí CO: $75\text{Nm}^3/\text{t-p}$ (lượng nhiệt tạo thành: $2950\text{kcal}/\text{Nm}^3$) với khí lò cao: $493\text{Nm}^3/\text{t-p}$ (lượng nhiệt tạo thành: $740\text{kcal}/\text{Nm}^3$) thay cho khí lò cao than cốc nêu trên để thu được khí hỗn hợp gồm $568\text{Nm}^3/\text{t-p}$ ($1032\text{kcal}/\text{Nm}^3$) và đốt cháy khí hỗn hợp tại lò gia nhiệt bằng không khí, và gió nóng được đưa vào lò cao. Kết quả là, có thể làm giảm $40\text{m}^3/\text{t-p}$ của khí lò cao than cốc được sử dụng trong phương pháp vận hành thông thường và sử dụng khí lò cao than cốc được giảm trong lò gia nhiệt trong nhà máy.

Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit

Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo phương án theo sáng chế là phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO) được sản xuất trong ngành công nghiệp thép hoặc các ngành công nghiệp khác, và cụ thể hơn, phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit trong đó CO_2 được giảm đáng kể bằng cách tách và thu gom cacbon oxit (CO_2 hoặc CO_2 và CO) từ khí chứa cacbon oxit được tạo thành trong ngành công nghiệp thép hoặc các ngành công nghiệp khác, khử CO_2 trong cacbon oxit để thu được CO, và tái sử dụng CO thu được trong lò cao.

Tức là, phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo phương án theo sáng chế là phương pháp trong đó khí lò cao và khí lò chuyển hóa, là các ví dụ về khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO), được tạo thành trong bước sản xuất sắt được thu gom, khí chứa cacbon oxit với nồng độ (nồng độ tổng của CO_2 và CO) là 80% hoặc cao hơn được tách, CO_2 trong khí được tách (khí chứa CO_2 và CO với nồng độ tổng là 80% hoặc cao hơn) được khử bằng chất khử và sau đó được chuyển hóa thành khí chứa CO và hydro làm thành phần chính, và CO và hydro thu được được tái sử dụng trong lò cao. Trong trường hợp nếu nồng độ cacbon oxit của khí thu gom chứa cacbon oxit nhỏ hơn 80%, thì lò phản ứng lớn hơn được yêu cầu và nhiệt nhạy cảm của các thành phần khác có ảnh hưởng lớn hơn trong bước khử là bước tiếp theo, điều này không kinh tế.

Theo phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo phương án theo sáng chế, trong khi không cần hạn chế khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO) dưới dạng nguyên liệu thô cho khí được tạo thành trong bước sản xuất sắt, mong muốn rằng nồng độ oxy của nó là 5% hoặc nhỏ hơn do bước tiếp theo là khử khí bằng chất khử (chất khử gốc hydrocacbon). Đó là vì cần lượng chất khử lớn hơn được tiêu thụ để đốt cháy nếu nồng độ oxy cao hơn 5%. Đối với phương pháp tách và thu gom cacbon oxit (CO_2 hoặc CO_2 và CO) từ khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO) dưới dạng nguyên liệu thô, các phương pháp đã biết khác nhau có thể được sử dụng. Tức là, phương pháp tách và thu gom CO sau khi tách và thu gom CO_2 , phương pháp tách và thu gom CO_2 sau khi tách và thu gom CO theo thứ tự ngược lại, và phương pháp tách và thu gom CO_2 và CO cùng một lúc khác có thể được đưa ra làm ví dụ.

Đối với phương pháp tách và thu gom CO_2 , phương pháp đã biết bất kỳ bao gồm phương pháp (phương pháp hấp phụ và tách) tách và thu gom CO_2 bằng cacbon hoạt tính hoặc zeolit để hấp phụ khí hỗn hợp và sau đó gia nhiệt hoặc giảm áp suất cacbon hoạt tính hoặc zeolit này, phương pháp hóa lỏng hoặc hóa rắn CO_2 bằng áp suất hoặc làm mát khí hỗn hợp, phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng cách tạo xút hoặc amin, là ví dụ của dung dịch nước kiềm, để hấp phụ khí hỗn hợp và gia nhiệt hoặc giảm áp suất khí hỗn hợp, phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng màng tách CO_2 , và phương pháp tách và thu gom CO_2 bằng bari titanat là ví dụ về chất hấp phụ khí cacbon dioxit dạng rắn để hấp phụ khí hỗn hợp và gia nhiệt và giảm áp suất khí hỗn hợp có thể được sử dụng. Trong số các phương pháp nêu trên, được đặc biệt ưu tiên là sử dụng phương pháp hấp phụ và tách, vì phương pháp này ít ảnh hưởng đến bước tiếp theo và đã được biết rõ về mặt kỹ thuật.

Đối với phương pháp tách và thu gom CO , phương pháp đã biết bất kỳ bao gồm phương pháp tách và thu gom CO bằng đồng/cacbon hoạt tính, đồng/nhôm oxit, hoặc đồng/zeolit là ví dụ về chất hấp phụ CO để hấp phụ khí hỗn hợp và gia nhiệt và giảm áp suất khí hỗn hợp (phương pháp hấp phụ và tách) và phương pháp tách và thu gom CO bằng dung dịch hấp phụ CO chứa đồng làm thành phần chính để hấp phụ khí hỗn hợp và gia nhiệt hoặc giảm áp suất khí hỗn hợp. Trong số các phương pháp nêu trên, được đặc biệt ưu tiên là sử dụng phương pháp hấp phụ và tách, vì phương pháp này ít ảnh hưởng đến bước tiếp theo và đã được biết rõ về mặt kỹ thuật.

Phương pháp tách và thu gom CO_2 và phương pháp tách và thu gom CO có thể được tiến hành cùng một lúc hoặc theo cách lần lượt để tách CO_2 và CO cùng một lúc.

Phương pháp đã biết có thể được sử dụng để làm phương pháp khử CO₂ trong cacbon oxit được tách và thu gom như được mô tả ở trên để thu được CO. Phương pháp tái tạo khô sử dụng metan như được biểu diễn bởi Công thức (10) dưới đây làm chất khử có thể được đưa ra làm ví dụ. Theo phương pháp tái tạo khô sử dụng metan làm chất khử, phản ứng được thực hiện ở nhiệt độ từ 700 đến 900°C nếu chất xúc tác được sử dụng, và phản ứng này được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn 1000°C. Nhiệt độ cao hơn là được ưu tiên hơn khi khí được thổi vào lò cao, phương pháp sử dụng chất xúc tác hoặc phương pháp nhiệt để thực hiện phản ứng có thể được sử dụng, và được ưu tiên là khí có thể được đưa vào mà không cần làm mát khí sau phản ứng này. Mặc dù cần bổ sung nhiệt bên ngoài để tiến hành phản ứng này ở nhiệt độ cao như được mô tả ở trên, nhưng cũng có thể sử dụng nhiệt nhạy cảm không sử dụng của lò cao xỉ hoặc lò chuyển hóa xỉ, và mong muốn là khí cacbon dioxid không cần thiết không được tạo thành trong bước gia nhiệt.



Theo phương pháp tái tạo khô, không cần giới hạn chất khử được sử dụng cho metan, Khí Dầu mỏ Hóa lỏng (LPG), là ví dụ của hydrocacbon, metanol, là ví dụ của các rượu, dimetyl ete (DME) là ví dụ của ete, aldehyt, hoặc keton có thể được sử dụng. Công thức phản ứng của bước khử CO₂ khi LPG được sử dụng làm chất khử được biểu diễn bởi Công thức (11) dưới đây, và công thức phản ứng khử CO₂ khi DME được sử dụng làm chất khử được biểu diễn bởi Công thức (12) dưới đây.



Nếu khí với nồng độ CO (CO thu được bằng cách tách từ khí chứa cacbon oxit và CO thu được bằng cách khử CO₂ được tách từ khí chứa cacbon oxit) là 80% hoặc cao hơn thu được bằng cách tách và thu gom cacbon oxit từ khí chứa cacbon oxit và khử CO₂ trong cacbon oxit được tách và thu gom như được mô tả ở trên, bước khử có thể được tiến hành sau khi trộn CO₂ và CO mà đã được tách và thu gom độc lập, hoặc trộn với CO đã được tách và thu gom riêng rẽ có thể được tiến hành sau khi khử CO₂. CO₂ và CO có thể được tách và thu gom cùng một lúc và sau đó được khử. Đối với phản ứng giữa CO₂ và chất khử, được ưu tiên là đặt điều kiện tỷ lệ nghịch đảo CO₂ là 50% hoặc cao hơn, và được đặc biệt ưu tiên là tỷ lệ nghịch đảo CO₂ được đặt là 70% hoặc cao hơn.

Phản ứng giữa CO₂ và metan, LPG, hoặc DME, là ví dụ của chất khử, nêu trên là

phản ứng thu nhiệt. Vì vậy, cần bổ sung nhiệt bên ngoài để thực hiện phản ứng này. Mặt khác, nhiệt dư không được sử dụng trong một số trường hợp trong lò luyện thép hoặc nhà máy hóa học. Vì vậy, trong phương án theo sáng chế, nhiệt dư này có thể được sử dụng làm một phần hoặc toàn bộ nguồn nhiệt để thực hiện phản ứng thu nhiệt. Cụ thể, nhiệt nhạy cảm của lò cao xỉ và lò chuyển hóa xỉ trong lò luyện thép và nhiệt nhạy cảm của than cốc nóng đỏ có thể được đưa ra làm ví dụ. Ngoài ra, vị trí khí chứa CO với nồng độ 80% hoặc cao hơn được đưa vào lò cao có thể ở gần ống gió lò cao hoặc ở phần trên của lò cao.

Theo phương án này, có thể tái sử dụng một cách hiệu quả khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO) và thực sự ngăn chặn được CO_2 . Một phần hoặc toàn bộ hydro thu được bằng cách khử CO_2 có thể được sử dụng cho mục đích khác mà không được đưa vào lò cao. Nếu khí chứa cacbon oxit không chứa CO, phương pháp tách và thu gom CO nêu trên không được thực hiện. Điều này xảy ra trong trường hợp trong đó, ví dụ, thành phần CO là nhỏ ngay cả nếu khí chứa cacbon oxit có chứa CO.

[Ví dụ 1]

FIG. 14 thể hiện Ví dụ 1 (Ví dụ sáng chế 1) của Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo phương án theo sáng chế. Trong Ví dụ sáng chế 1, cột hấp phụ (PSA unit) 102 được nạp chất hấp phụ thu được bằng cách trộn chất hấp phụ cacbon dioxit và chất hấp phụ cacbon monoxit được dùng để hấp phụ khí lò cao (nitơ: 52%, cacbon dioxit: 22%, cacbon monoxit: 23%, hydro: 3%) được tạo thành trong lò cao 101 ở áp suất tuyệt đối là 200kPa và sau đó giải hấp phụ khí lò cao ở áp suất tuyệt đối là 7kPa, và thu được khí chứa CO_2 và CO với nồng độ tổng là 99%, như được thể hiện trong FIG. 14. Nếu khí hỗn hợp gồm CO_2 và CO được trộn với lượng DME (chất khử) giống như với CO_2 , và phản ứng tái tạo được thực hiện trong lò phản ứng tái tạo 103 với sự có mặt của chất xúc tác gốc đồng dưới áp suất thường ở nhiệt độ 280°C, 90% CO_2 được chuyển dạng, và nồng độ CO là cacbon oxit được tạo thành trong phản ứng tái tạo là 95%. Nồng độ CO và hydro trong tất cả các sản phẩm lần lượt là 49% và 47%. Khí này được đưa vào ống gió lò cao ở dạng nguyên. Kết quả là, khẳng định được rằng có thể tái sử dụng một cách hiệu quả khí chứa cacbon oxit (khí lò cao) và thực sự làm giảm CO_2 theo sáng chế.

[Ví dụ 2]

FIG. 15 thể hiện Ví dụ 2 (Ví dụ sáng chế 2) của phương pháp sử dụng khí chứa

cacbon oxit theo phương án theo sáng chế. Trong Ví dụ sáng chế 2, khí lò cao (nitơ: 52%, cacbon dioxit: 22%, cacbon monoxit: 23%, hydro: 3%) được tạo thành trong lò cao 101 được quay trong cột hấp phụ 104 chứa MEA (monoetanolamin) dung dịch nước được duy trì ở nhiệt độ 30°C, và dung dịch nước MEA được dùng để hấp phụ CO₂, như được thể hiện trong FIG. 15. Dung dịch nước MEA hấp phụ CO₂ được gia nhiệt đến nhiệt độ 100°C trong cột thu gom 105 để giải phóng CO₂, và nước được ngưng tụ bằng cách làm mát khí được tạo thành để thu gom CO₂. Độ tinh khiết của CO₂ là 99%. CO₂ này được trộn với khí thiên nhiên chứa metan làm thành phần chính, và phản ứng tái tạo được thực hiện với sự có mặt của chất xúc tác gốc niken ở nhiệt độ 900°C. Kết quả là, 98% CO₂ được phản ứng, và cả hai nồng độ của CO và hydro trong sản phẩm là 49%. Khí này được đưa ở dạng nguyên vào trong ống gió lò cao. Khi làm như vậy, có thể khẳng định rằng có thể tái sử dụng một cách hiệu quả khí chứa cacbon oxit (khí lò cao) và thực sự ngăn chặn được CO₂ theo sáng chế.

[Ví dụ 3]

FIG. 16 thể hiện Ví dụ 3 (Ví dụ sáng chế 3) của phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo phương án theo sáng chế. Trong Ví dụ sáng chế 3, lò cao xỉ 110 ở nhiệt độ cao được sử dụng làm nguồn nhiệt cho lò phản ứng tái tạo 103 trong Ví dụ sáng chế 1 nêu trên, như được thể hiện trong FIG.16. Các phần khác của phương pháp sử dụng được thực hiện theo cách giống như trong Ví dụ sáng chế 1. Lò cao xỉ 110 ở nhiệt độ cao làm nóng chất mang nhiệt và tiếp theo làm nóng dimetyl ete 109 trong thiết bị thu hồi nhiệt nhạy cảm xỉ 106, và trở thành xỉ lò cao 111 ở nhiệt độ thấp. Dimetyl ete 109 được gia nhiệt trong thiết bị thu hồi nhiệt nhạy cảm xỉ 106 được chuyển đến lò phản ứng tái tạo 103. Mặt khác, chất mang nhiệt được gia nhiệt được đưa vào lò phản ứng tái tạo 103 qua đường vận chuyển chất mang nhiệt 107, được làm mát xuống bằng cách cung cấp nhiệt phản ứng cho phản ứng thu nhiệt trong đó khí cacbon dioxit và dimetyl ete được tái tạo thành CO và hydro, và lại được chuyển đến the thiết bị thu hồi nhiệt nhạy cảm xỉ 106 bằng bơm vận chuyển chất mang nhiệt 108. Nếu thử nghiệm được thực hiện trong cùng điều kiện như trong Ví dụ sáng chế 1, thì 88% CO₂ được chuyển dạng, và nồng độ CO là cacbon oxit được tạo thành trong phản ứng tái tạo là 93%. Các nồng độ CO và hydro trong toàn bộ sản phẩm lần lượt là 48% và 46%. Khí này được đưa nguyên vào trong ống gió lò cao. Khi làm như vậy, có thể khẳng định rằng có thể tái sử dụng một cách hiệu quả khí chứa cacbon oxit (khí lò cao hoặc các chất tương tự) và thực sự ngăn chặn được CO₂

theo sáng chế.

Mặc dù phần mô tả nêu trên là các phương án của sáng chế được các tác giả sáng chế tạo ra, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở phần mô tả và hình vẽ theo các phương án được bộc lộ theo sáng chế. Các phương án, các Ví dụ, và kỹ thuật vận hành khác được thực hiện bởi các chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật này dựa trên các phương án như được mô tả ở trên đều thuộc phạm vi sáng chế.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Sáng chế có thể được áp dụng cho phương pháp vận hành lò cao tạo thành CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO và sử dụng CO_2 và/hoặc CO làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) hoặc chất khử trong lò cao, phương pháp vận hành lò luyện thép tạo thành CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO và sử dụng CO_2 và/hoặc CO làm nguồn nhiệt (nhiên liệu) hoặc chất khử trong lò luyện thép, và phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit (khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO).

Danh sách các ký hiệu tham chiếu

1	Lò phản ứng
2, 2a, 2b	Bộ phận trao đổi nhiệt
3	Chất xúc tác
4	Đường thổi khí
5	Đường chảy của chất mang nhiệt
6, 6a	Lò phản ứng để tạo thành hydro
7	Bộ phận trao đổi nhiệt
8	Dòng nguyên liệu thô để tạo thành hydro
9	Trống hơi
10	Lò phản ứng để tạo thành hydro
11	Tuốc bin hơi
12	Thiết bị tách hydro
13	Bơm

- 14 Dòng sản phẩm thu được bằng cách khử hydro của
 hydrua hữu cơ
- 15 Van áp suất ngược
- 16 Dòng sản phẩm thu được bằng cách khử hydro của
 hydrua hữu cơ sau khi tách hydro
- 101 Lò cao
- 102 đơn vị PSA
- 103 Lò phản ứng tái tạo
- 104 Cột hấp phụ
- 105 Cột thu gom
- 106 Thiết bị thu hồi nhiệt nhạy cảm xỉ
- 107 Đường vận chuyển chất mang nhiệt
- 108 Bơm vận chuyển chất mang nhiệt
- 109 Dymetyl ete
- 110 Xi lò cao (nhiệt độ cao)
- 111 Xi lò cao (nhiệt độ thấp)

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp vận hành lò cao bao gồm:

bước (A1) tách và thu gom CO_2 và/hoặc CO từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO;

bước (A2) bổ sung hydro vào CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom trong bước (A1) và chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 ;

bước (A3) tách và loại bỏ H_2O khỏi khí thu được sau bước (A2); và

bước (A4) thổi khí thu được sau bước (A3) vào lò cao; và

bước (A5) tạo ra hydro bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2).

2. Phương pháp vận hành lò luyện thép bao gồm:

bước (A1) tách và thu gom CO_2 và/hoặc CO từ khí hỗn hợp chứa CO_2 và/hoặc CO;

bước (A2) bổ sung hydro vào CO_2 và/hoặc CO được tách và thu gom trong bước (A1) và chuyển hóa CO_2 và/hoặc CO thành CH_4 ; và

bước (A3) tách và loại bỏ H_2O khỏi khí thu được sau bước (A2); và

bước (A5) tạo ra hydro bằng cách sử dụng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2),

trong đó khí thu được sau Bước (A3) được sử dụng làm nhiên liệu và/hoặc chất khử trong lò luyện thép.

3. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó bước (A3) bao gồm thêm bước tách và loại bỏ hoặc tách và thu gom chất (i) và/hoặc (ii) từ khí thu được sau bước (A2):

(i) CO_2 và/hoặc CO còn lại mà không được tái tạo trong bước (A2),

(ii) hydro còn lại không được tiêu thụ trong bước (A2).

4. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó khí hỗn hợp là khí lò cao.

5. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 1 hoặc 2, trong đó ít nhất một phần hydro được sử dụng trong bước (A2) thu được bằng cách phân ly amoniac.
6. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 1 hoặc 2, : trong đó ít nhất một phần hydro được tạo thành trong bước (A5) được sử dụng trong bước (A2).
7. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 6, trong đó bước (A5) bao gồm bước tạo thành hydro bằng phản ứng khử hydro của hydrua của hợp chất monoaromatic và/hoặc hợp chất polyaromatic và sử dụng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2), làm nguồn nhiệt cho phản ứng khử hydro.
8. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 7, trong đó bước (A5) bao gồm bước tạo thành hydro bằng cách tiến hành phản ứng khử hydro dưới áp suất phản ứng cao hơn áp suất phản ứng cho phản ứng metan hóa trong bước (A2).
9. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 8, trong đó áp suất phản ứng cho phản ứng khử hydro trong bước (A5) được duy trì với áp suất để cung cấp hydrua của hợp chất monoaromatic và/hoặc hợp chất polyaromatic vào lò phản ứng.
10. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 8 hoặc 9, trong đó hydro được tạo thành trong bước (A5) được cung cấp vào bước (A2) mà không phải tăng thêm áp suất.
11. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 6, trong đó bước (A5) bao gồm bước phân ly amoniac sử dụng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2), làm nguồn nhiệt và tạo thành hydro.
12. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 11, trong đó phản ứng phân ly amoniac được thực hiện với sự có mặt của màng tách hydro.
13. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 6, trong đó bước (A5) bao gồm bước tạo thành hydro bằng cách tái tạo hơi nước của hydrocacbon và sử dụng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2), làm nguồn nhiệt để gia nhiệt sơ bộ hydrocacbon.
14. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 6, trong đó bước (A5) bao gồm bước tạo thành hydro bằng cách tái tạo hơi nước của hydrocacbon, tạo thành hơi

nước bằng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2), và sử dụng hơi nước này làm hơi nước cho phản ứng tái tạo.

15. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 6, trong đó bước (A5) bao gồm bước tạo hơi bằng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2), tạo điện năng bằng hơi này, và tạo hydro bằng cách kết tủa nước bằng điện bằng điện năng này.

16. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm 6, trong đó bước (A5) bao gồm bước tạo hơi bằng nhiệt phản ứng được tạo ra trong bước (A2), tạo điện năng bằng hơi này, và tách hydro từ khí chứa hydro dựa trên phương pháp PSA sử dụng điện năng này.

17. Phương pháp vận hành lò cao bao gồm:

bước (B1) tách và thu gom CO_2 từ khí hỗn hợp chứa CO_2 ;

bước (B2) bổ sung chất khử gốc hydro vào CO_2 được tách và thu gom trong bước (B1) và chuyển hóa CO_2 thành CO;

bước (B3) tách và loại bỏ H_2O hoặc H_2O và N_2 từ khí thu được sau bước (B2); và

bước (B4) thổi khí đã được điều chỉnh thu được từ bước (B3) vào lò cao sau khi thực hiện trao đổi nhiệt với khí đã được điều chỉnh ở nhiệt độ cao ngay sau bước (B2) để nâng nhiệt độ.

18. Phương pháp vận hành lò cao theo điểm 17,

trong đó khí hỗn hợp bao gồm cả CO_2 và CO,

trong đó trong bước (B1), CO_2 và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí hỗn hợp, và

trong đó trong bước (B4), khí thu được sau bước (B3) được thổi với CO được tách và thu gom trong bước (B1) vào trong lò cao.

19. Phương pháp vận hành lò luyện thép bao gồm:

bước (B1) tách và thu gom CO_2 từ khí hỗn hợp chứa CO_2 ;

bước (B2) bổ sung chất khử gốc hydro vào CO_2 được tách và thu gom trong bước (B1) và chuyển hóa CO_2 thành CO; và

bước (B3) tách và loại bỏ H_2O hoặc H_2O và N_2 từ khí thu được sau bước (B2),

trong đó khí đã được điều chỉnh thu được từ bước (B3) được sử dụng làm nhiên liệu và/hoặc chất khử trong các thiết bị trong lò luyện thép sau khi thực hiện trao đổi nhiệt với khí đã được điều chỉnh ở nhiệt độ cao ngay sau bước (B2) để nâng nhiệt độ

20. Phương pháp vận hành lò luyện thép theo điểm 19,

trong đó khí hỗn hợp bao gồm cả CO_2 và CO,

trong đó trong bước (B1), CO_2 và CO lần lượt được tách và thu gom từ khí hỗn hợp, và

trong đó khí thu được trong bước (B3) được sử dụng với CO được tách và thu gom trong bước (B1) làm nhiên liệu và/hoặc chất khử trong các thiết bị trong lò luyện thép.

21. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 đến 20,

trong đó trong bước (B3), các chất (i) và/hoặc (ii) được tách và được loại bỏ hoặc được tách và thu gom từ khí thu được sau bước (B2):

(i) CO_2 còn lại mà không được tái tạo trong bước (B2),

(ii) chất khử gốc hydro còn lại không được tiêu thụ trong bước (B2).

22. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 đến 20,

trong đó khí hỗn hợp là khí lò cao.

23. Phương pháp vận hành lò cao hoặc lò luyện thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 đến 20,

trong đó chất khử gốc hydro là hydro hoặc/ và amoniac.

24. Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit trong đó, CO_2 hoặc CO_2 và CO được tách từ khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO, CO_2 được tách hoặc CO_2 và CO sau đó được đưa vào tiếp xúc với chất khử gốc hydrocacbon để chuyển thành CO và hydro, và tất cả các sản phẩm thu được được đưa vào ống gió lò cao.

25. Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo điểm 24, trong đó khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO là khí lò cao được tạo thành dưới dạng sản phẩm phụ trong lò luyện thép.

26. Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo điểm 24, trong đó khí hỗn hợp

chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO là khí lò chuyển hóa được tạo thành dưới dạng sản phẩm phụ trong lò luyện thép.

27. Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 24 đến 26, trong đó phương pháp tách CO_2 hoặc CO_2 và CO từ khí hỗn hợp chứa CO_2 hoặc CO_2 và CO là phương pháp hấp phụ và tách.

28. Phương pháp sử dụng khí chứa cacbon oxit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 24 đến 26, trong đó chất khử gốc hydrocacbon là khí chứa metan làm thành phần chính.

29. Phương pháp sử dụng khí chứa khí cacbon oxit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 24 đến 26, trong đó chất khử gốc hydrocacbon là khí chứa khí dầu mỏ hóa lỏng làm thành phần chính.

30. Phương pháp sử dụng khí chứa khí cacbon oxit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 24 đến 26, trong đó chất khử gốc hydrocacbon là khí và/hoặc chất lỏng chứa metanol và/hoặc dimetyl ete làm thành phần chính.

31. Phương pháp sử dụng khí chứa khí cacbon oxit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 24 đến 26, trong đó nhiệt dư của lò luyện thép được sử dụng làm một phần hoặc toàn bộ nguồn nhiệt để đưa CO_2 hoặc CO_2 và CO được tách vào tiếp xúc với chất khử gốc hydrocacbon để chuyển thành CO và hydro.

FIG.1

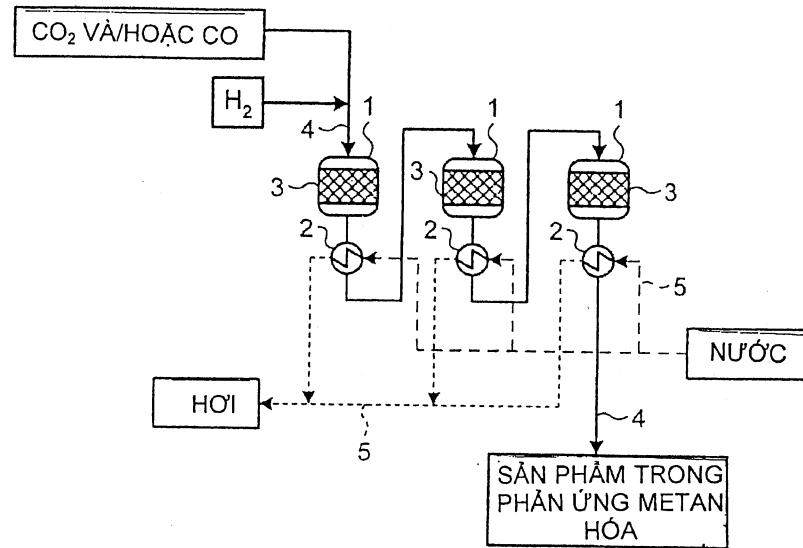


FIG.2

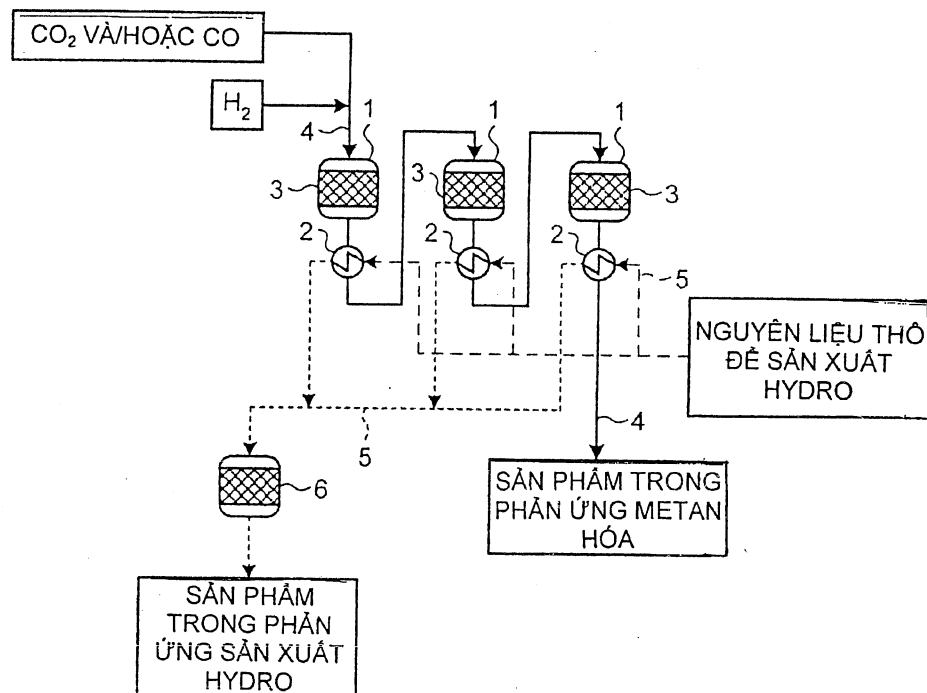


FIG.3

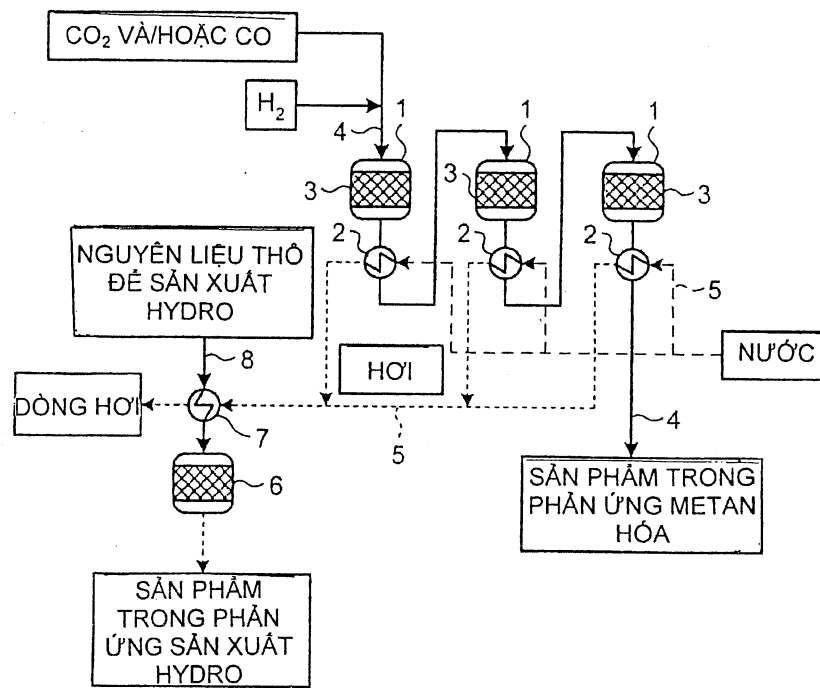


FIG.4

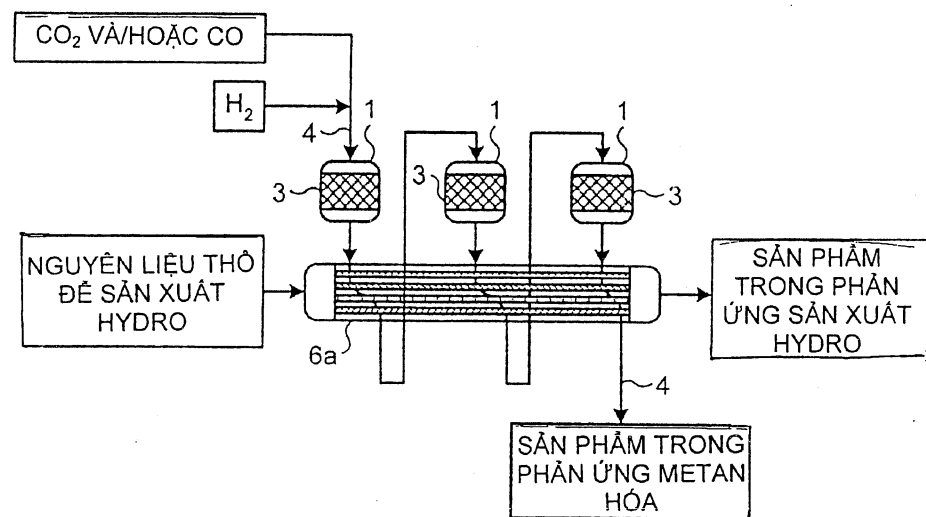


FIG.5

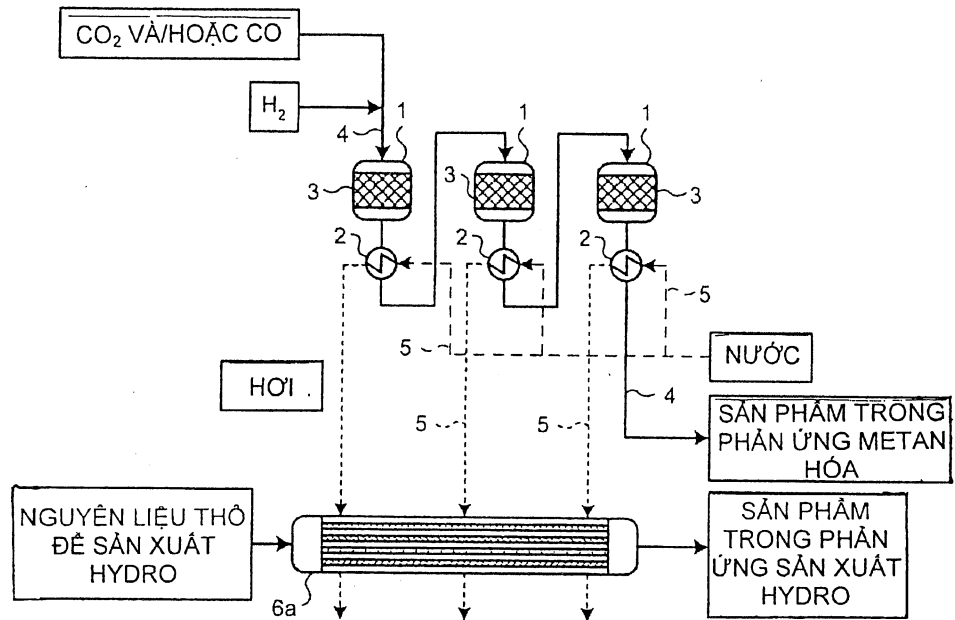


FIG.6

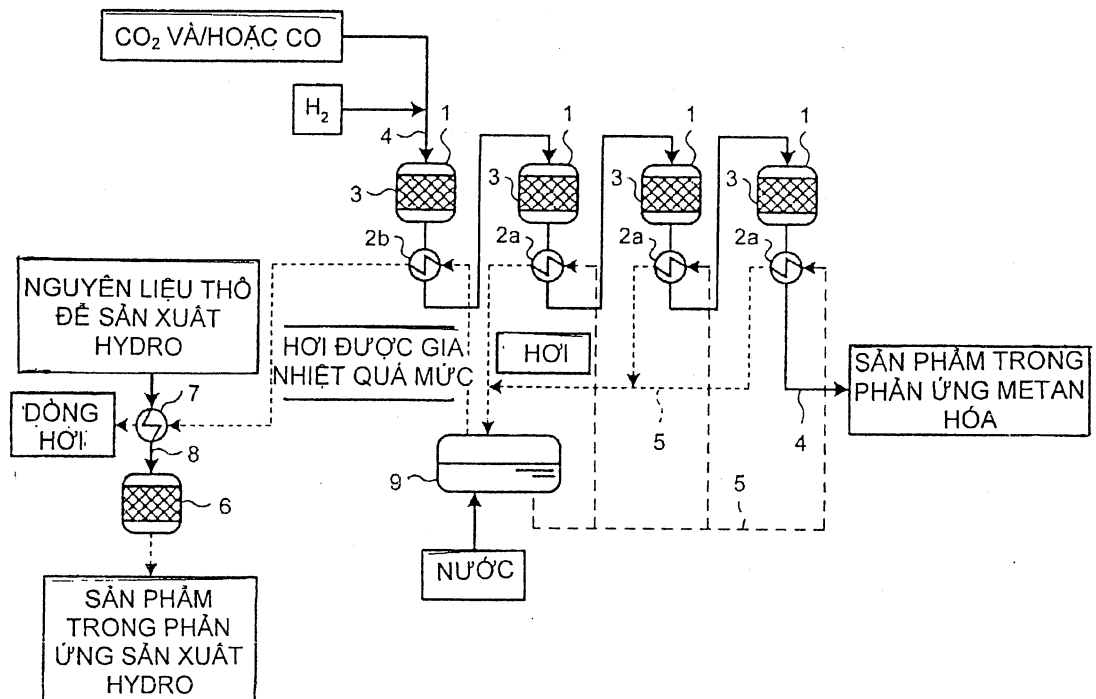


FIG.7

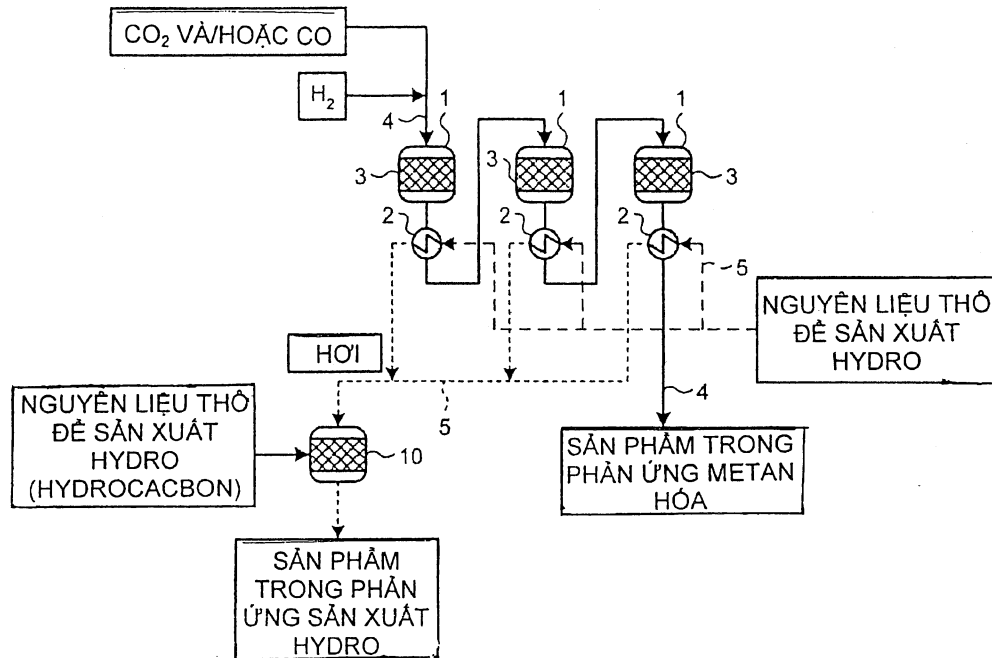


FIG.8

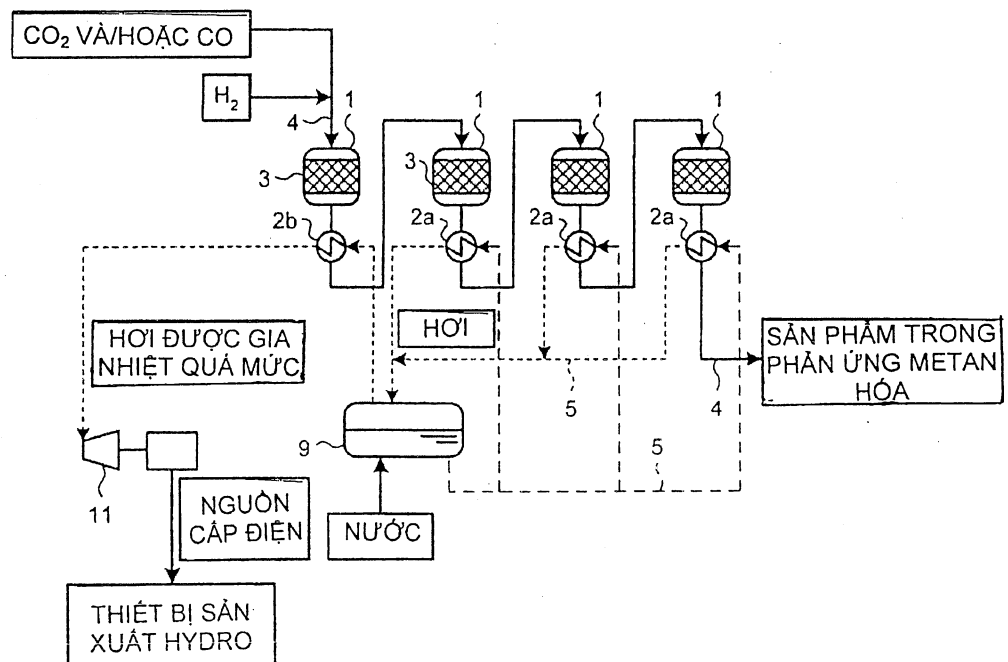


FIG.9

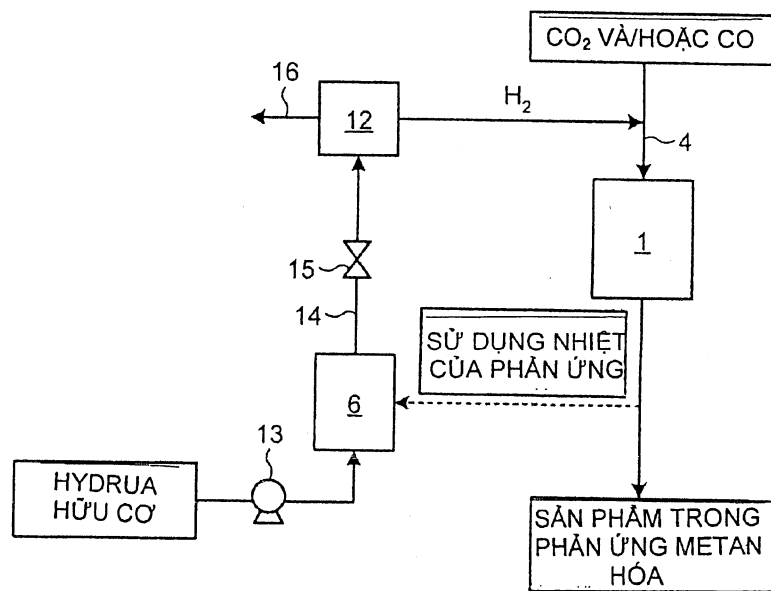


FIG.11

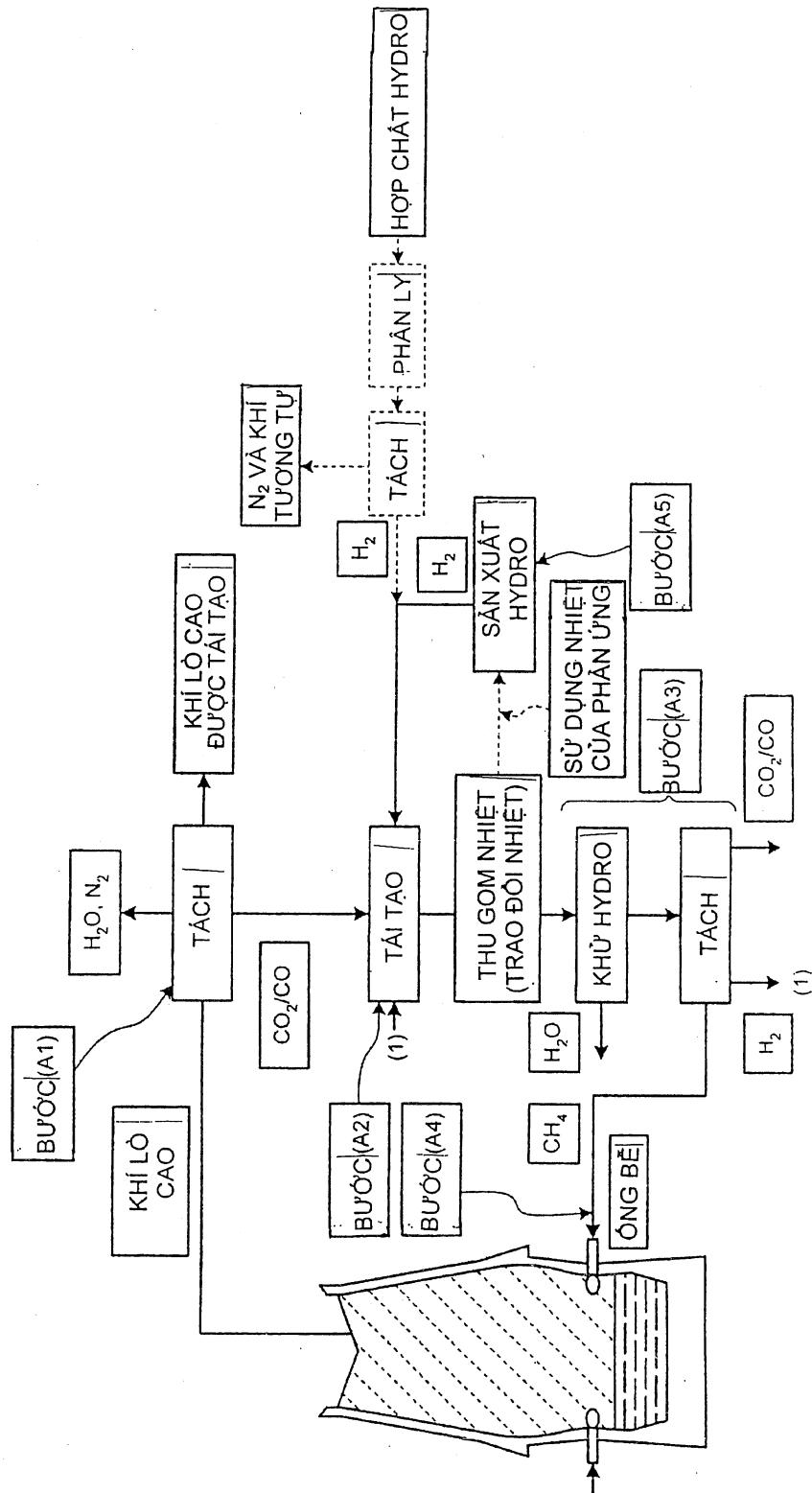


FIG.12

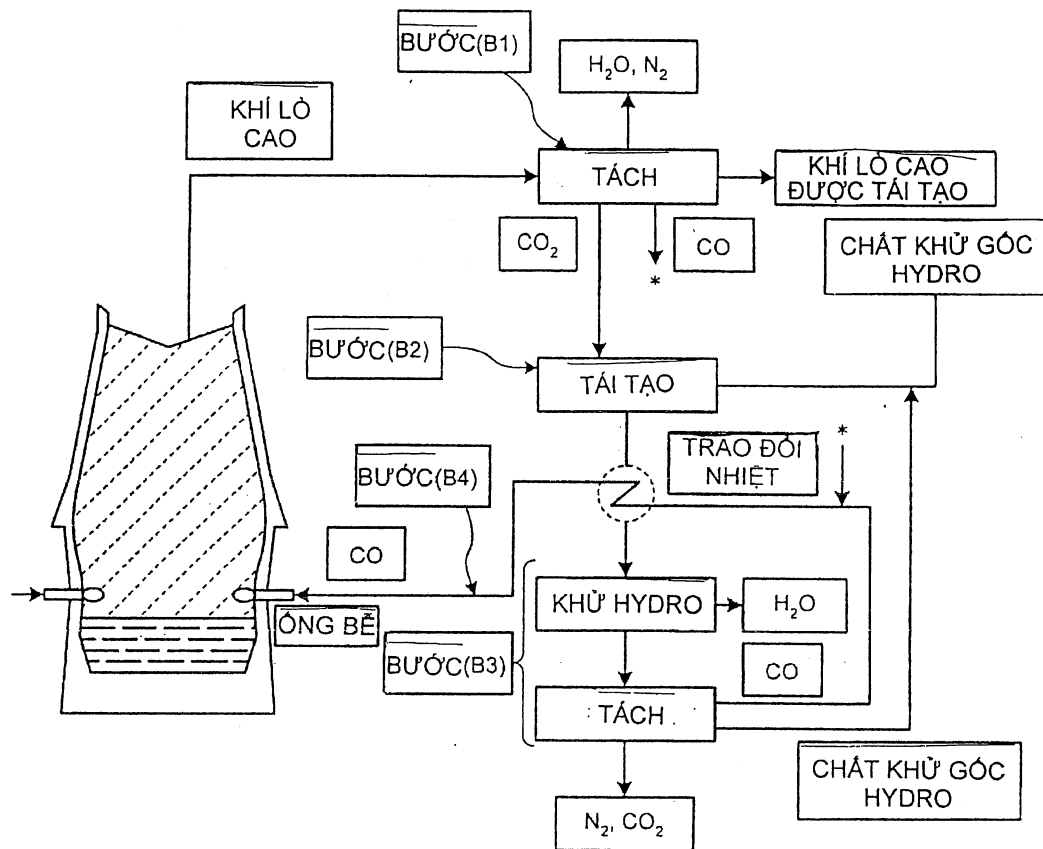


FIG.13

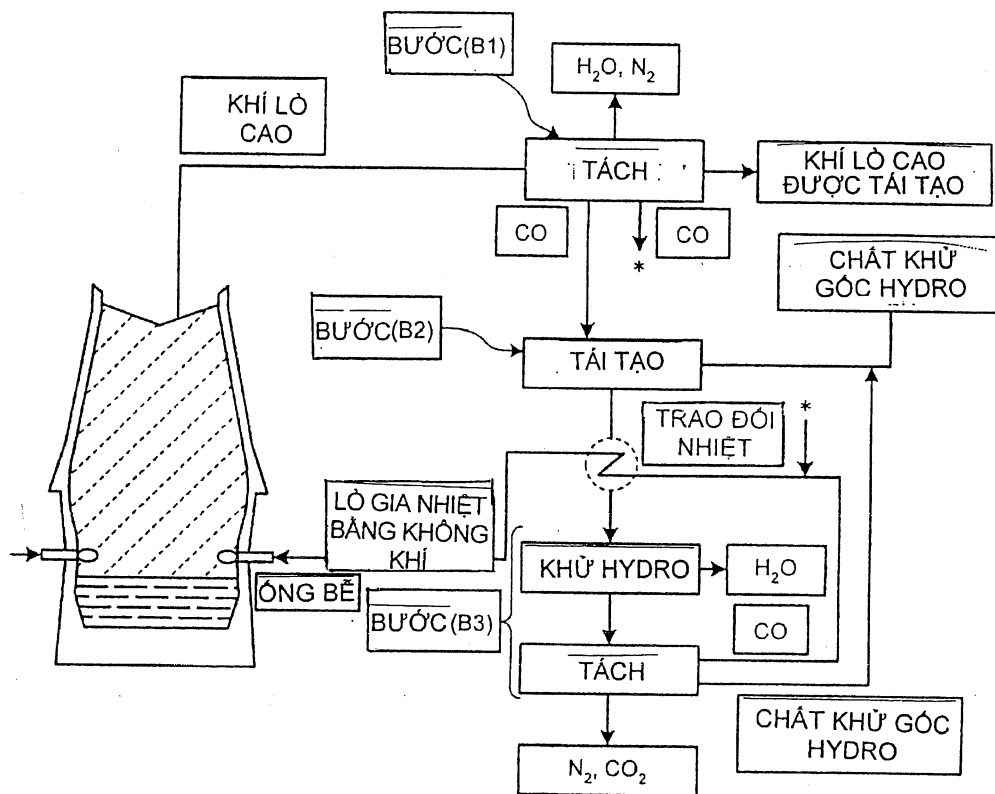


FIG.14

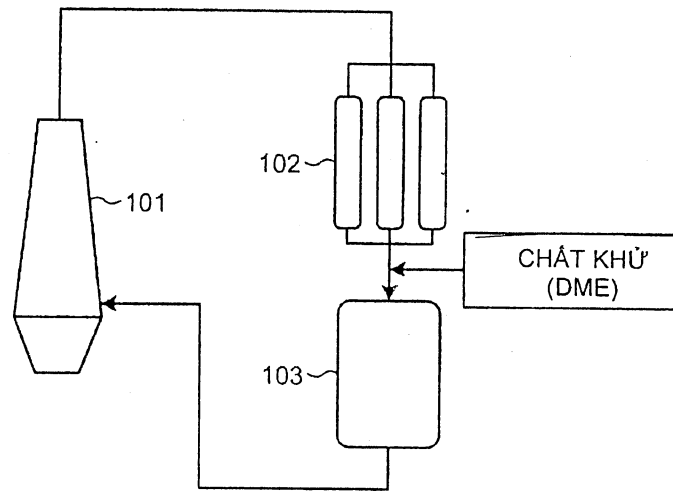


FIG.15

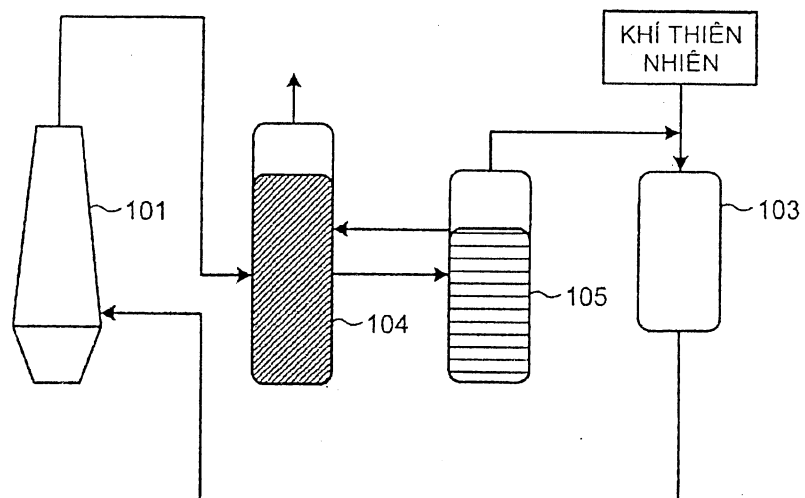


FIG.16

