



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0036296

(51)^{2021.01} B01D 53/60; B01D 53/56; B01D 53/64; (13) B
B01D 53/78; F23J 9/00; F01N 3/10;
F02C 3/34; F23C 9/00; F23J 15/04; F23J
15/06; B01D 53/50; C01B 32/50

(21) 1-2018-02115

(22) 21/10/2016

(86) PCT/US2016/058104 21/10/2016

(87) WO2017/070466 27/04/2017

(30) 62/244,411 21/10/2015 US

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/07/2018 364A

(73) 8 RIVERS CAPITAL, LLC (US)

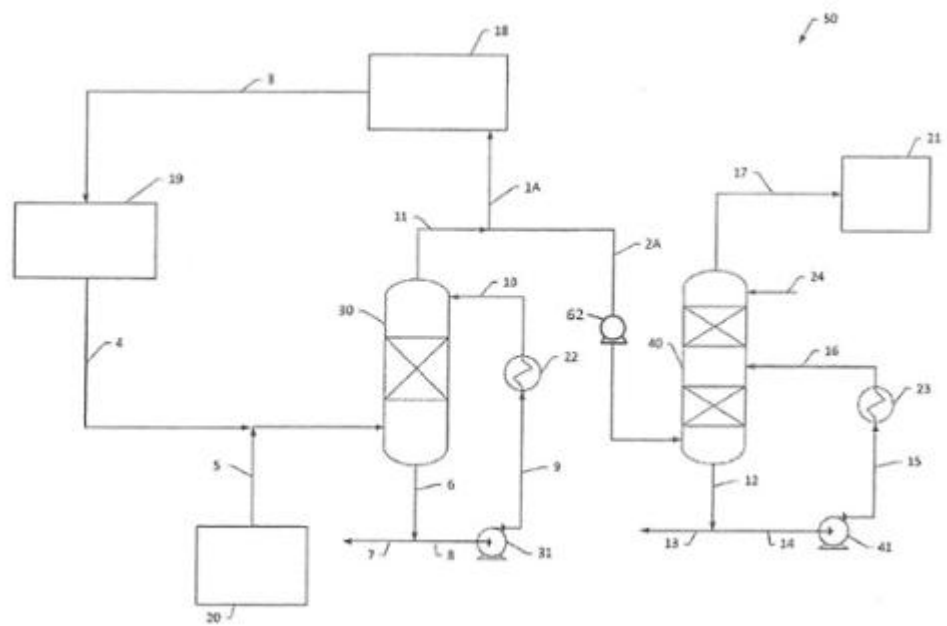
406 Blackwell Street, Durham, North Carolina 27701, United States of America

(72) Rodney John ALLAM (GB); Xijia LU (CN); Scott Thomas MARTIN (US).

(74) Công ty cổ phần tư vấn Trung Thực (TRUNG THUC.,JSC)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG LOẠI BỎ KHÍ AXIT RA KHỎI DÒNG SẢN PHẨM CỦA CHU TRÌNH PHÁT ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập tới hệ thống loại bỏ chất ô nhiễm ra khỏi chu trình phát điện sử dụng chất lưu tuần hoàn áp suất cao. Hệ thống bao gồm tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để làm nguội chất lưu tuần hoàn áp suất cao và ngưng dòng chất lưu mà loại bỏ SO₂ ra khỏi chất lưu tuần hoàn. Bơm tái tuần hoàn thứ nhất nối thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Tháp thứ nhất có cửa xả được tạo kết cấu để tuần hoàn dòng sản phẩm CO₂ nguội, và tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để tiếp nhận ít nhất một phần dòng sản phẩm CO₂ nguội từ cửa xả. Tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để làm nguội dòng sản phẩm CO₂ và ngưng dòng chất lưu mà loại bỏ NO_x ra khỏi dòng sản phẩm CO₂. Bơm tái tuần hoàn thứ hai nối thông chất lưu với tháp thứ hai. Sáng chế còn đề cập đến phương pháp loại bỏ chất ô nhiễm.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp loại bỏ các sản phẩm ra khỏi chu trình phát điện. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp loại bỏ các chất ô nhiễm khí axit ra khỏi chu trình phát điện sử dụng chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Patent Mỹ số 8.596.075 đề xuất hệ thống và phương pháp phát điện sử dụng việc đốt nhiên liệu hóa thạch với cacbon đioxit làm chất lưu công tác, mà nội dung của nó được đưa hoàn toàn vào đây bằng cách viện dẫn. Các ước tính chỉ ra rằng nhiên liệu hóa thạch sẽ tiếp tục cung cấp phần lớn nhu cầu điện năng trên thế giới trong vòng 100 năm nữa khi các nguồn năng lượng phi cacbon được phát triển và triển khai. Tuy nhiên, các phương pháp phát điện đã biết qua việc đốt các nhiên liệu hydrocacbon, như nhiên liệu hóa thạch và/hoặc sinh khối thích hợp, bị hạn chế do các chi năng lượng tăng cao và mong muốn giảm sự phát sinh và xả thải cacbon đioxit (CO_2). Hiện tượng nóng lên toàn cầu được nhận thấy ngày một tăng cao do hậu quả thảm khốc tiềm năng do xả thải CO_2 tăng cao ở các quốc gia đã và đang phát triển. Trong tương lai gần, năng lượng gió và năng lượng mặt trời chắc chắn không thể thay cho năng lượng sinh ra từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch và/hoặc các nhiên liệu hydrocacbon khác. Ngoài ra, năng lượng hạt nhân có các mối nguy hiểm đi kèm, bao gồm sự phổ biến của nguyên liệu hạt nhân và xả thải hạt nhân.

Hiện nay, năng lượng sinh ra từ việc đốt như nêu trên thành gánh nặng ngày một tăng với mong muốn bẫy CO_2 áp suất cao để phân phối đến các nơi càng hóa, các hoạt động tân thu dầu, và/hoặc phun vào đường ống để tái sử dụng nói chung. Mong muốn bẫy CO_2 này khó được đáp ứng với phát điện hệ thống và phương pháp hiện tại, như các thiết bị trong chu trình kết hợp có hiệu suất cao; tải ký sinh phát sinh trong việc bẫy CO_2 có thể dẫn đến các hiệu suất nhiệt rất thấp. Hơn nữa, các chi phí đầu tư là cao để đạt được mức độ bẫy CO_2 mong muốn. Các rắc rối này và khác nữa dẫn đến chi phí điện cao hơn đáng kể (ví dụ, tăng đến khoảng từ 50% đến 70%) so với các hệ thống mà xả CO_2 vào

khí quyển. Trái đất ngày càng ấm lên và/hoặc thuế xả cacbon có thể tác động thảm khốc đến môi trường và các tính chất kinh tế của việc phát điện. Do vậy, trong lĩnh vực kỹ thuật này, có nhu cầu về hệ thống và phương pháp mà cung cấp việc phát điện hiệu suất cao với giảm lượng phát thải CO₂ bằng cách bắt giữ CO₂, mà có thể có được các chi phí điện năng thấp hơn và mức độ dễ dàng hóa được cải thiện và lưu trữ CO₂ bắt được.

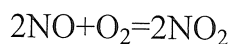
Một phương pháp để khắc phục gánh nặng nhiệt động lực của tái thu giữ CO₂ là chu trình phát điện hiệu quả cao mà sử dụng chất lưu công tác CO₂ gần như nguyên chất có các áp suất thích hợp để phun vào đường ống. Phương pháp này đạt được độ phổ biến nâng cao, với các thiết kế sử dụng các chất lưu công tác chuyển tiếp tới hạn, siêu tới hạn, và/hoặc cực siêu tới hạn tái tuần hoàn. Các chất lưu công tác này, mà chủ yếu bao gồm CO₂ tạo ra từ việc đốt oxy, được duy trì trong các cửa sổ vận hành mà, tại các điểm bên trong chu trình phát điện, trùng khớp với các áp suất và nhiệt độ thích hợp để phun vào đường ống. Tại các điểm trùng khớp này, CO₂ có thể được thoát hơi một cách an toàn ra khỏi chu trình phát điện vào đường ống và/hoặc bước xử lý phía sau mà đòi hỏi CO₂ tinh khiết và áp suất cao như vậy, trong khi vẫn duy trì các hiệu quả cao trong chu trình phát điện. Một chu trình phát điện kiểu này có thể sử dụng việc đốt nhiên liệu hydrocacbon bằng oxy để cấp năng lượng cho chất lưu công tác cacbon đioxit chuyển tiếp tới hạn, thu hồi toàn bộ trong chu trình phát điện kiểu Brayton, đã được bộc lộ trong Patent Mỹ số 8.596.075 nêu trên. Theo các khía cạnh khác, chu trình phát điện vốn bắt gần như 100% CO₂ được tạo ra từ việc đốt nhiên liệu hydrocacbon mà có áp suất đường ống hoặc áp suất càng hóa mong muốn. Hơn nữa, CO₂ bắt được có độ tinh khiết cao đáng kể. Theo các khía cạnh mà khí tự nhiên được sử dụng làm nhiên liệu đốt, chu trình phát điện này có thể đạt được các hiệu suất nhiệt mà gần như tương đương với các hiệu suất có được trong các hệ thống theo chu trình kết hợp nói chung mà không làm giảm hiệu suất bắt CO₂ ở các áp suất bằng và cao hơn 300 bar (30Mpa). Cụ thể hơn, khi nhiên liệu đốt được dùng có chứa các nồng độ sulfua và nitơ thấp, như khí tự nhiên, CO₂ sinh ra từ chu trình có thể được thoát vào đường ống CO₂ ở các mức độ tinh khiết phân tử theo yêu cầu mà cần từ rất ít đến không cần các bước hậu xử lý bổ sung. Các nhiên liệu đốt rắn, như các loại than khác nhau, cốc dầu mỏ, bitum hoặc sinh khối, có thể chứa các nồng độ sulfua, nitơ tăng cao, và các tạp chất có nguồn gốc từ nhiên liệu khác. Khi sử dụng, trước hết các nhiên liệu này phải được tạo khí bằng oxy gần như nguyên chất trong thiết bị tạo khí áp suất cao để tạo ra khí nhiên liệu. Sau đó, khí nhiên liệu được làm sạch hết hạt còn lại bất

kỳ, làm nguội, nén đến áp suất đốt cần thiết, và sau đó nạp vào buồng đốt trong chu trình phát điện để đốt nhiên liệu oxy. Ngoài ra, khí tự nhiên chưa chứa nồng độ các hợp chất chứa sulfua ở mức cao có thể được sử dụng. Các tạp chất có nguồn gốc từ nhiên liệu, như các hợp chất chứa sulfua và nitơ, không được loại ra khỏi khí nhiên liệu trước khi oxy hóa. Như vậy, khí nhiên liệu vẫn giữ lại nồng độ tạp chất đáng kể mà có thể gồm H_2S , COS , CS_2 , NH_3 , HCN , Hg , và các thành phần tạo vết khác tùy theo nguồn nhiên liệu sơ cấp.

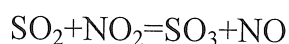
Việc đốt khí nhiên liệu kiểu nhiên liệu oxy sinh ra dòng CO_2 tương đối nguyên chất, lượng nước (H_2O), và các hợp chất sau đốt sót lại bất kỳ, mà có thể bao gồm oxy phân tử (O_2). Nếu cụm tách không khí được sử dụng trong chu trình phát điện, các nồng độ nitơ phân tử (N_2) và argon phân tử (Ar) tương đối thấp có thể có mặt, với nitơ cũng có nguồn gốc từ các cửa nạp không khí theo thiết kế bất kỳ. Ngoài ra, các phản ứng oxy hóa khác của các hợp chất chứa sulfua và nitơ có thể diễn ra với chất oxy hóa còn lại, mà có thể được giữ còn dư có chủ định. Việc oxy hóa này có thể dẫn đến sự hình thành một vài tạp chất, có nguồn gốc từ nhiên liệu sơ cấp hoặc quá trình oxy hóa một phần và được sinh ra trong buồng đốt nhiên liệu oxy và/hoặc các vùng có nhiệt độ cao khác trong chu trình phát điện. Các tạp chất này có thể bao gồm các sulfua oxit (SO_x), như sulfua đioxit (SO_2) và sulfua trioxit (SO_3), mà tạo ra khi sulfua có nguồn gốc từ nhiên liệu được oxy hóa ở nhiệt độ cao. Các tạp chất khác có thể bao gồm các nitơ oxit (NO_x), như nitơ oxit (NO) và nitơ đioxit (NO_2), mà chủ yếu tạo ra khi các hợp chất nitơ chứa trong nhiên liệu và/hoặc nitơ có nguồn gốc từ không khí đi qua đệm bật hệ thống được oxy hóa ở nhiệt độ cao. Ngoài ra, các tạp chất tạo vết khác, như Hg , có thể tạo ra trong khi oxy hóa. Các hợp chất sulfua và nitơ được oxy hóa này, vốn được biết đến là “các khí axit” phải được kiểm soát về môi trường do chúng là các chất xúc tác chính để sinh ra mưa axit, cũng có thể ăn mòn thiết bị khi xuất hiện trong pha nước của chúng, và do đó, có nhu cầu về việc loại bỏ và/hoặc duy trì các hợp chất oxy hóa này thấp hơn các giới hạn ngưỡng xác định trong ít nhất một số phần trong chu trình phát điện. Các hợp chất oxy hóa này nên được loại ra khỏi chu trình phát điện để ngăn chặn sự phát xạ của các tạp chất độc này vào khí quyển và để bảo vệ thiết bị xử lý bên trong. Do vậy, các khí có nguồn gốc từ việc đốt mà tạo ra nồng độ sulfua và nitơ ở mức cao cần quy trình hậu xử lý trước khi tái tuần hoàn và/hoặc thoát hơi.

Trong khi một số quy trình hiện có loại bỏ sulfua và/hoặc nitơ ra khỏi các nhiên liệu trước khi đốt (nghĩa là, các quy trình loại bỏ trước khi đốt) hoặc loại bỏ các khí axit tạo vết từ khí xử lý được xả ở cuối chu trình phát điện (nghĩa là, các quy trình loại bỏ sau đốt), hiện có nhu cầu về quy trình loại bỏ mà sử dụng theo cách có lợi thiết kế tái tuần hoàn của chu trình phát điện, mà sử dụng chất lưu công tác chuyển tiếp tới hạn, siêu tới hạn, và/hoặc cực siêu tới hạn. Theo cách có lợi, hệ thống loại bỏ này có thể được lắp để tái tuần hoàn CO₂ vào trong chu trình phát điện theo các tỷ lệ mong muốn giữa các nồng độ CO₂ tái chế với cacbon trong nhiên liệu. Theo cách lý tưởng, chu trình phát điện này tạo ra nồng độ các tạp chất thấp có kiểm soát trong dòng chất lưu công tác CO₂ tái chế và/hoặc dòng CO₂ thành phẩm. Các tạp chất có thể được loại bỏ ở dạng cho phép thải loại bền vững có hiệu quả và bảo vệ thiết bị bên trong. Theo cách lý tưởng, quy trình loại bỏ này sẽ đáp ứng một số nhu cầu xử lý bên trong các quy trình vòng lặp nửa kín, như làm nguội, ngưng tụ, và loại bỏ các chất gây ô nhiễm ra khỏi chất lưu công tác tái chế, vốn tương đối không đắt tiền để xây dựng và duy trì, có thiệt hại kỹ sinh thấp, và sử dụng chiến lược vận hành và kiểm soát đơn giản.

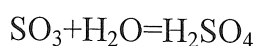
Patent Mỹ số 8.580.206 cấp cho Allam và các đồng tác giả, mà nội dung của nó được đưa hoàn toàn vào đây bằng cách viện dẫn, đề xuất phương pháp loại bỏ SO₂ và/hoặc NO_x ra khỏi CO₂ thể khí ở áp suất tăng cao với sự có mặt của oxy phân tử và nước. Cụ thể hơn, patent này đề xuất phương pháp sử dụng chuỗi các bước phản ứng pha nước và/hoặc pha khí mà nitric oxit (NO) được oxi hóa để tạo ra nitơ đioxit (NO₂) ở áp suất riêng phần tăng cao của các chất phản ứng. Phương pháp oxi hóa này có thể kiểm soát tốc độ tổng thể của chuỗi phản ứng. Sau đó NO₂ oxi hóa sulfua đioxit (SO₂) để tạo ra sulfua trioxit (SO₃), và NO₂ được khử thành NO. Sau đó, SO₃ hòa tan trong nước ở thể lỏng để tạo ra axit sulfuric (H₂SO₄). Kết quả cuối cùng là sự chuyển đổi SO₂ thành H₂SO₄ bằng cách sử dụng NO_x làm chất xúc tác. Chuỗi phản ứng được mô tả theo các phương trình liệt kê dưới đây.



Phương trình A



Phương trình B



Phương trình C

Dữ liệu thực nghiệm đã xác nhận các tính toán phản ứng lý thuyết, mà chỉ ra nồng độ SO₂ có thể được giảm đến mức rất thấp (ví dụ, dưới đây 50ppm (phân tử)) trong khoảng dưới 10 giây khi nồng độ NO_x cao hơn 100ppm và áp suất cao hơn khoảng 10 bar

(1Mpa) và áp suất riêng phần của oxy là khoảng 0,1 bar (10kPa) hoặc cao hơn. Xem, ví dụ, Murciano, L., White, V., Petrocelli, F., Chadwick, D., “Sour compression process for removal of SO_x and NO_x from oxyfuel-derived CO₂,” Energy Procedia 4 (2011) pp. 908-916; and White, V., Wright, A., Tappe, S., and Yan, J., “The Air Products Vattenfall oxyfuel CO₂ Compression and Purification Pilot Plant at Schwarze Pumpe,” Energy Procedia 37 (2013) 1490-1499, mà nội dung của chúng được đưa hoàn toàn vào đây bằng cách viện dẫn.

Ngoài ra, Patent Mỹ số 8.580.206 đề xuất việc sử dụng chuỗi phản ứng đã biết này để loại bỏ một hoặc nhiều tạp chất, mà có thể bao gồm SO₂ và/hoặc NO_x, trong dòng chủ yếu chứa CO₂ vốn được cung cấp bởi lò hơi chạy bằng nhiên liệu oxy tạo ra hơi. Cụ thể hơn, hệ thống bao gồm lò hơi đốt than đã nghiền bột và hệ thống đốt nhiên liệu oxy mà tái chế gần như toàn bộ khí chua, tách khỏi dòng giàu CO₂ thành phẩm thuần. Khí chua được trộn với dòng oxi hóa O₂ nguyên chất và cấp đến các buồng đốt than, điều này dẫn đến nồng độ của NO_x bị cưỡng bức đến mức độ cân bằng dựa ít nhất một phần trên nhiệt độ lửa đoạn nhiệt trong buồng đốt. Nhiệt độ lửa đoạn nhiệt trong buồng đốt có thể đủ cao để gần như đạt đến các điều kiện gần cân bằng đối với nồng độ NO_x trong khí chua. Trong lĩnh vực kỹ thuật này, vẫn có nhu cầu đối với hệ thống và phương pháp loại bỏ các chất ô nhiễm, cụ thể là các khí axit, ra khỏi các dòng đầu ra trong việc phát điện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo các khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống loại bỏ các chất ô nhiễm ra khỏi chu trình phát điện. Cụ thể hơn, theo các khía cạnh khác nhau, sáng chế đề xuất hệ thống loại bỏ các chất ô nhiễm khí axit ra khỏi chu trình phát điện, hệ thống này bao gồm buồng đốt hiệu suất cao và tuabin nối tiếp và dòng chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao (ví dụ, chất lưu công tác CO₂ tái tuần hoàn). Hệ thống bao gồm tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất (ví dụ cột chuyển khối của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp) được tạo kết cấu để làm nguội chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao. Tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất còn được tạo kết cấu để ngưng dòng chất lưu mà loại bỏ SO₂ ra khỏi chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao đã nguội. Theo khía cạnh khác, tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có thể được tạo kết cấu để ngưng dòng chất lưu mà loại bỏ SO₂ và nếu muốn, phần chứa NO_x ra khỏi chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao đã nguội. Hệ thống còn bao gồm bơm tái tuần hoàn

thứ nhất nổi thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Ngoài ra, đầu ra đối với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để phân tán dòng sản phẩm CO₂ nguội. Hệ thống còn bao gồm tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai (ví dụ cột chuyển khối của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp) được tạo kết cấu để tiếp nhận ít nhất một phần dòng sản phẩm CO₂ nguội từ đầu ra của tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Theo một số khía cạnh, tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai có thể được tạo kết cấu để tiếp nhận ít nhất một phần dòng sản phẩm CO₂ nguội sau khi dòng sản phẩm CO₂ nguội đã tuần hoàn qua máy nén và/hoặc bơm của hệ thống phát điện. Tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai làm nguội dòng sản phẩm CO₂ và ngưng dòng chất lưu mà loại bỏ NO_x và/hoặc SO_x sót lại bất kỳ ra khỏi dòng sản phẩm CO₂ nguội. Bơm tái tuần hoàn thứ hai được nổi thông chất lỏng với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp loại bỏ các chất ô nhiễm ra khỏi chu trình phát điện, và cụ thể hơn, loại bỏ các chất ô nhiễm khí axit ra khỏi chu trình phát điện sử dụng buồng đốt hiệu suất cao và tuabin nối tiếp và dòng chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao (ví dụ, chất lưu công tác CO₂ tái tuần hoàn). Phương pháp bao gồm bước kiểm soát nồng độ NO_x trong chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao đang nạp vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Ngoài ra, phương pháp bao gồm bước làm nguội chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Phương pháp có thể bao gồm bước ngưng dòng chất lưu được tạo kết cấu để loại bỏ SO₂ ra khỏi chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao đã nguội trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Phương pháp còn có thể bao gồm bước chiết xuất chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao đã nguội từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất như dòng sản phẩm CO₂ và bước chia dòng sản phẩm CO₂ thành dòng chất lưu công tác tái chế tái tuần hoàn và dòng sản phẩm CO₂ thuần. Phương pháp bao gồm bước cấp dòng sản phẩm CO₂ thuần vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai. Ngoài ra, phương pháp có thể bao gồm bước cấp dòng nước tinh khiết vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai. Theo các khía cạnh khác, phương pháp bao gồm bước làm nguội dòng sản phẩm CO₂ thuần trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và ngưng dòng chất lưu mà loại bỏ NO_x và/hoặc SO_x sót lại bất kỳ ra khỏi dòng sản phẩm CO₂ thuần, nguội trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai. Phương pháp còn bao gồm bước chiết xuất dòng sản phẩm CO₂ đã tinh khiết từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Theo một khía cạnh, chất lưu tái tuần hoàn áp suất cao có thể được nạp vào trong buồng đốt cùng với nhiên liệu và chất oxy hóa để đốt nhằm tạo ra dòng chất lưu áp suất cao, nhiệt độ cao bao gồm chất lưu công tác CO₂ tái tuần hoàn và các sản phẩm đốt. Hỗn hợp này của các sản phẩm đốt và chất lưu công tác CO₂ tái tuần hoàn có thể bao gồm các khí axit, như NO_x và SO₂, và các tạp chất tạo vết khác, như thủy ngân (Hg). Dòng chất lưu thu được có thể được nạp vào trong cơ cấu phát điện, như tuabin, sau đó là thu hồi nhiệt ở nhiệt độ cao thành dòng nạp qua bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt, mà làm nóng chất lưu công tác CO₂ tái tuần hoàn áp suất cao đang nạp trong khi làm nguội khí xả tuabin.

Theo một khía cạnh, trước khi thoát hơi trong chu trình phát điện, nước và/hoặc các chất ô nhiễm khí axit có nguồn gốc từ việc đốt, như SO₂ và NO_x, có thể được loại bỏ để thỏa mãn các thông số càng hóa và/hoặc sản phẩm đường ống chấp nhận được để tái sử dụng và/hoặc phun CO₂ vào trong các giếng khoan để thu hồi dầu cấp ba. Việc loại bỏ SO₂ và/hoặc NO_x ra khỏi dòng chất lưu công tác tái tuần hoàn CO₂ tái chế có thể còn bảo vệ các bộ phận của hệ thống không bị ăn mòn do sự hình thành của các dung dịch axit trong nước ăn mòn, như axit sulfuric (H₂SO₄) và/hoặc axit nitric (HNO₃).

Theo một số khía cạnh, chất lưu công tác CO₂ ra khỏi bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt được mong muốn làm nguội đến nhiệt độ đủ thấp để loại bỏ nước ngưng và để tạo ra việc nén và bơm có hiệu quả chất lưu công tác CO₂ tái chế đến áp suất tái tuần hoàn cao theo yêu cầu. Ngoài ra, có thể mong muốn loại bỏ CO₂ tạo ra từ chu trình đốt như dòng sản phẩm CO₂ có các thông số tinh khiết theo yêu cầu, như được mô tả trong bản mô tả này.

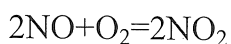
Theo một số khía cạnh, sáng chế đề xuất hệ thống có thể bao gồm hai cơ cấu tiếp xúc nhiều giai đoạn thể hơi/thể lỏng (ví dụ, cột chuyển khối của các bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp). Cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp có thể có chức năng như cơ cấu làm nguội CO₂ tiếp xúc trực tiếp và cơ cấu loại khí axit. Cột thứ nhất có thể được gắn kèm bên trong quy trình tái tuần hoàn sơ cấp trong đó hầu hết hơi nước còn lại trong dòng CO₂ áp suất thấp hơn được ngưng do khí CO₂ được làm nguội đến gần nhiệt độ khí quyển. Các phản ứng pha lỏng và pha khí có xúc tác được mô tả trong bản mô tả này có thể diễn ra bên trong cột thứ nhất này. Cụ thể hơn, các phản ứng xúc tác có thể diễn ra khi oxy dư có áp suất riêng phần thấp nhất là 0,1 bar (10kPa) tồn tại và nồng độ NO_x đáng kể (nghĩa là, ít nhất là 100ppm) có mặt. Ngoài ra, các phản ứng

xúc tác có thể diễn ra ở cột thứ nhất khi mức độ tiếp xúc giữa khí với nước ở thể lỏng là đủ và thời gian lưu thích hợp được tạo ra đối với các phản ứng liên quan đến sự chuyển đổi của SO_2 thành H_2SO_4 được tiếp tục đến khi hoàn thành. Theo một số khía cạnh, Cột chuyển khối thứ hai của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp có thể được lắp để xử lý dòng sản phẩm CO_2 thuần mà liên tục được thoát hơi ra khỏi quy trình tái tuần hoàn. Dòng sản phẩm CO_2 thuần có thể có nồng độ SO_2 thấp hơn khoảng 50 ppm. Ngoài ra, dòng sản phẩm CO_2 thuần có thể có nồng độ NO_x được tăng cao. Theo một số khía cạnh, mong muốn nếu hạ thấp được nồng độ NO_x đến thấp hơn khoảng 20 ppm và tốt hơn là thấp hơn khoảng 10 ppm trước khi dòng sản phẩm CO_2 thuần được gom như sản phẩm khí cuối cùng.

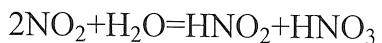
Yếu tố quan trọng trong các khía cạnh khác nhau của sáng chế là duy trì được nồng độ cao của NO_x trong tuabin và trong dòng xả của bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt, điều này được hiểu rằng phần lớn NO_x phải được giữ lại trong chất lưu tái tuần hoàn. Việc duy trì nồng độ NO_x ở mức cao trong tuabin và trong dòng xả trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt có thể tạo ra sự hoàn thành chuỗi phản ứng khí có xúc tác trong cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp trong thời gian lưu ngắn nhất. Theo một số khía cạnh, nồng độ NO_x được duy trì ở các mức độ cần thiết được tăng cao trong dòng như các điều kiện phản ứng trong cột thứ nhất được điều chỉnh để tạo ra dòng đầu ra có nồng độ SO_2 đủ thấp và khoảng thời gian hạn chế đối với NO_x bất kỳ để phản ứng với oxy và nước để cường bức việc loại bỏ NO_x bất kỳ ra khỏi dòng. Như vậy, lượng NO_x chuyển đổi thành HNO_3 ở cột thứ nhất được giữ ở mức thấp nhất. Theo một số khía cạnh, khoảng ít hơn 10% NO_x trong dòng sản phẩm CO_2 tái chế có áp suất cao ra khỏi cột thứ nhất được chuyển đổi thành HNO_3 . Theo khía cạnh khác, khoảng ít hơn 5% NO_x trong dòng sản phẩm CO_2 tái chế có áp suất cao ra khỏi cột thứ nhất được chuyển đổi thành HNO_3 . Việc chuyển đổi hạn chế NO_x thành HNO_3 ở cột thứ nhất có thể dẫn đến dòng đầu ra thứ nhất từ cột thứ nhất về cơ bản chứa H_2SO_4 và dòng đầu ra thứ hai từ cột thứ nhất về cơ bản bao gồm dòng CO_2 tái chế có áp suất cao có nồng độ NO_x ở mức cao. Theo một số khía cạnh, chu trình phát điện có thể sinh ra thêm NO_x trong phần đốt nhiên liệu nơi mà việc cấp oxy nguyên chất được làm loãng với CO_2 để tạo ra hợp phần O_2 thường chứa khoảng 15% – 35% (phân tử) và nhiệt độ đốt đoạn nhiệt nằm trong khoảng xấp xỉ 1800°C đến xấp xỉ 2500°C. Sau đó, dòng chất lưu công tác CO_2 tái chế có thể được trộn với các sản phẩm đốt trong buồng đốt để tạo ra nhiệt độ trộn thường là xấp xỉ

1150°C, mà không thể dẫn đến sự hình thành hoặc phá hủy NO_x đáng kể bất kỳ trong dòng nạp tuabin được trộn. Sự thiếu vắng của việc hình thành hoặc phá hủy NO_x đáng kể trong dòng nạp tuabin được trộn là một yếu tố khác biệt trong các khía cạnh khác nhau của sáng chế, cụ thể là các khía cạnh có mục đích hướng đến các chu trình phát điện sử dụng CO_2 làm chất lưu công tác. Các chu trình phát điện này tái chế lượng lớn CO_2 áp suất cao được làm nóng trước, mà trộn với các sản phẩm đốt sau khi đốt và trước khi dòng kết hợp đi vào tuabin phát điện.

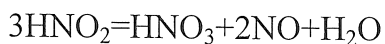
Các khía cạnh khác nhau được mô tả trong bản mô tả này đề xuất việc kiểm soát một cách độc lập nồng độ NO_x trong dòng CO_2 tái chế. Điều này không phụ thuộc vào việc kiểm soát nồng độ NO_x để cho phép giảm đến mức thấp nhất thời gian lưu tiếp xúc và kích thước trong cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp, vốn có thể làm cho nồng độ NO_x trong dòng CO_2 có áp suất thấp được giữ gần như không đổi chỉ với phân đoạn nhỏ, như xấp xỉ nằm trong khoảng từ 3% đến 20% đối với chu trình phát điện đốt than, mà bị thất thoát do axit nitric được loại ra khỏi dòng sản phẩm CO_2 thuần trong cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp. Sự thất thoát NO_x với lượng nhỏ có thể được bù lại nhờ lượng NO_x nhỏ mà được tạo ra trong buồng đốt của chu trình phát điện và/hoặc, theo một số khía cạnh, nhờ thiết bị tạo NO_x mà có thể sử dụng oxi hóa ammoniac trên chất xúc tác. Đường đi qua tuabin cũng có thể làm hạ nhiệt độ đến xấp xỉ 750°C mà không làm thay đổi nồng độ NO_x . Chuỗi phản ứng đã biết tạo thành axit nitric trong bộ tiếp xúc thứ hai là như sau:



Phương trình D



Phương trình E



Phương trình F

Do đó, khí thành phẩm ra khỏi cột chuyển khối thứ hai của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp gần như không có SO_2 và NO_x . Theo một số khía cạnh, H_2SO_4 có thể được chuyển đổi một cách dễ dàng thành thạch cao, khoáng chất sulfat mềm bao gồm canxi sulfat đihydrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bằng cách phản ứng H_2SO_4 với đá vôi trong bình phản ứng khuấy liên tục, mà dẫn đến sự hình thành của sản phẩm thạch cao rắn không ngâm chiết để sử dụng trong thương mại hoặc thải loại sau khi khử nước. Cột thứ hai, có thể có nồng độ axit nitric tương đối cao, có thể loại bỏ thủy ngân như chuyển đổi một cách trực tiếp thủy ngân với axit nitric thành nitrat thủy ngân.

Các khía cạnh khác nhau của sáng chế đề xuất việc sử dụng chuỗi phản ứng đã biết để tách lượng SO_2 ra khỏi tổng sản phẩm đốt từ tuabin phát điện trong chu trình phát điện sử dụng CO_2 tái chế như chất lưu công tác. Theo một khía cạnh, sáng chế có thể tạo ra dòng CO_2 tái chế ở áp suất cao mà đi vào bộ trao đổi nhiệt như bộ hoàn nhiệt trong chu trình phát điện nghĩa là gần như không có tạp chất SO_2 . Theo khía cạnh khác, sáng chế có thể tạo ra dòng CO_2 thành phẩm ra khỏi chu trình phát điện mà gần như không có cả hai tạp chất SO_2 và NO_x . Ngoài ra, dòng CO_2 thành phẩm từ chu trình phát điện có thể gần như không có thủy ngân mà có nguồn gốc từ nhiên liệu sơ cấp.

Theo các khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống loại bỏ các chất ô nhiễm mà cho phép các chu trình phát điện tái tuần hoàn, hoàn nhiệt, đốt oxy, chuyển tiếp tới hạn CO_2 được sử dụng các nhiên liệu chứa sulfua, nitơ và/hoặc các tạp chất có nguồn gốc từ nhiên liệu khác ở mức cao và được vận hành với việc loại bỏ gần như hoàn toàn các tạp chất này. Việc loại bỏ gần như hoàn toàn các chất ô nhiễm này bảo vệ thiết bị xử lý bên trong và cuối cùng thì tạo ra dòng CO_2 sản phẩm mà gần như không có SO_2 , NO_x , Hg, và/hoặc các tạp chất khác, trong khi đem lại chức năng hiệu quả để thỏa mãn các mục đích quy trình/chu trình khác.

Theo khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp loại bỏ SO_2 và các nitơ oxit NO và NO_2 ra khỏi hệ thống phát điện. Hệ thống phát điện có thể sử dụng CO_2 làm chất lưu công tác trong chu trình Brayton kiểu hoàn nhiệt có buồng đốt trong đó nhiên liệu thể khí chứa ít nhất là H_2S , NH_3 , HCNH_2 , và/hoặc COCH_4 được đốt bằng O_2 nguyên chất tiếp theo bước trộn của các khí đốt, mà hiện chứa các hợp chất oxi hóa bao gồm SO_2 và/hoặc NO, với dòng tái chế CO_2 ở nhiệt độ thấp hơn, dòng này đã được làm nóng trong bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt trong chu trình phát điện Brayton. Sau đó, dòng kết hợp đi qua tuabin phát điện mà xả qua bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt do đó làm nóng dòng tái chế CO_2 . Việc loại bỏ SO_2 có thể được hoàn thành nhờ các phản ứng giữa NO và O_2 , mà có thể tạo ra NO_2 mà tiếp theo nhờ phản ứng của NO_2 với SO_2 , mà có thể tạo ra SO_3 và tái tạo NO, mà có thể được tiếp nối nhờ phản ứng của SO_3 và H_2O để tạo ra H_2SO_4 . Việc loại bỏ NO và NO_2 tiếp theo việc loại bỏ SO_2 có thể được hoàn thành nhờ các phản ứng giữa NO được oxi hóa bởi O_2 để tạo ra NO_2 và nước tạo thành HNO_2 và/hoặc HNO_3 , mà có thể được tiếp nối nhờ sự chuyển đổi của HNO_2 thành HNO_3 và NO cộng với nước. Phương pháp có thể khác biệt ở bước thực hiện các phản ứng loại bỏ SO_2 trong cụm tiếp xúc đa giai đoạn chất hơi/chất lỏng thứ nhất trong đó mức độ SO_2 được giảm đến thấp

hơn khoảng 50 ppm và mức độ NO thấp hơn khoảng 10% trong dòng cấp được chuyển đổi thành axit nitric. Theo khía cạnh khác, phương pháp có thể khác biệt ở bước thực hiện các phản ứng loại bỏ SO₂ trong cụm tiếp xúc đa giai đoạn chất hơi/chất lỏng thứ nhất trong đó mức độ SO₂ được giảm đến thấp hơn khoảng 50 ppm và mức độ NO thấp hơn khoảng 5% trong dòng cấp được chuyển đổi thành axit nitric. Hơn nữa, phương pháp có thể còn bao gồm bước duy trì các nồng độ nitơ oxit được kiểm soát trong việc cấp CO₂ vào cụm tiếp xúc nhiều giai đoạn lỏng/hơi thứ nhất ở mức độ mà cho phép việc loại bỏ SO₂ và sự thất thoát của axit nitric trong cụm tiếp xúc nhiều giai đoạn lỏng/hơi thứ nhất cần được duy trì ở các mức độ cần thiết. Phương pháp có thể còn bao gồm bước kiểm soát nồng độ của các nitơ oxit trong đầu nạp vào cụm tiếp xúc nhiều giai đoạn lỏng/hơi thứ nhất bằng cách bổ sung NO tươi từ việc hình thành NO_x trong buồng đốt và bổ sung thêm các nitơ oxit từ nguồn bên ngoài và cho phép tăng nồng độ của các nitơ oxit đến trị số mong muốn qua hiệu ứng tích tụ. Phương pháp có thể còn bao gồm bước duy trì và kiểm soát nồng độ của các nitơ oxit trong dòng xả tuabin, dòng này sau khi làm nguội tạo ra dòng nạp vào cụm tiếp xúc nhiều giai đoạn lỏng/hơi thứ nhất bằng cách trộn dòng tái chế CO₂ ở áp suất cao ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C đến 800°C với các sản phẩm đốt dẫn đến nhiệt độ dòng trộn ở đầu nạp tuabin nằm trong khoảng từ 900°C đến 1200°C khiến cho lượng NO_x vào và ra khỏi buồng đốt thay đổi dưới 5%. Phương pháp có thể còn bao gồm bước lấy dòng sản phẩm CO₂ thuần từ dòng khí ra khỏi cụm tiếp xúc nhiều giai đoạn lỏng/hơi thứ nhất và cho dòng sản phẩm CO₂ thuần đi qua bộ tiếp xúc khí/lỏng ngược dòng thứ hai mà có thời gian lưu đủ cao mà thích hợp để cho phép loại bỏ các nitơ oxit ra khỏi khí sản phẩm CO₂ thuần đến mức thấp hơn khoảng 25 ppm. Phương pháp có thể còn bao gồm bước trang bị cho mỗi cụm tiếp xúc/bộ tiếp xúc bơm chất lỏng mà bao gồm bơm và bộ làm nguội, mà tạo ra mỗi cụm tiếp xúc/bộ tiếp xúc với dòng chất lỏng hồi lưu. Phương pháp còn có thể bao gồm bước sử dụng sự kết hợp giữa biến thiên tốc độ hồi lưu chất lỏng và sự biến thiên nồng độ đầu nạp của các nitơ oxit vào cụm tiếp xúc nhiều giai đoạn lỏng/hơi thứ nhất để điều khiển phản ứng trong cụm tiếp xúc nhiều giai đoạn lỏng/hơi thứ nhất nhằm đạt được mức loại bỏ SO₂ mong muốn với mức độ hình thành HNO₃ thấp như mong muốn. Phương pháp có thể còn bao gồm bước kiểm soát tốc độ hồi lưu trong bộ tiếp xúc khí/lỏng ngược dòng thứ hai nhằm đạt được nồng độ các nitơ oxit thấp như mong muốn trong dòng sản phẩm CO₂ thuần.

Theo một hoặc các phương án, sáng chế đề xuất phương pháp có thể được đặc biệt hướng đến việc loại bỏ khí axit ra khỏi dòng sản phẩm của chu trình phát điện. Dòng của chu trình phát điện có thể là dòng ra khỏi chu trình phát điện sử dụng chất lưu công tác CO₂ tái chế, và cụ thể hơn, dòng này có thể là dòng sản phẩm đốt mà đã được giãn nở một cách tùy ý để phát điện và/hoặc một cách tùy ý được đi qua bộ trao đổi nhiệt như bộ hoàn nhiệt để giảm nhiệt độ dòng. Các chu trình phát điện thích hợp (kể cả hai hệ thống và phương pháp sử dụng hệ thống này) được mô tả trong Patent Mỹ số 9.068.743 cấp cho Palmer các đồng tác giả, Patent Mỹ số 9.062.608 cấp cho Allam và các đồng tác giả, Patent Mỹ số 8.986.002 cấp cho Palmer các đồng tác giả, Patent Mỹ số 8.959.887 cấp cho Allam và các đồng tác giả, Patent Mỹ số 8.869.889 cấp cho Palmer các đồng tác giả, Patent Mỹ số 8.776.532 cấp cho Allam và các đồng tác giả, và Patent Mỹ số 8.596.075 cấp cho Allam và các đồng tác giả, nội dung của các tài liệu này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp có thể gồm các bước sau:
thực hiện chu trình phát điện;

hướng dòng sản phẩm chứa CO₂, SO_x, và NO_x từ chu trình phát điện vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất;

cho dòng sản phẩm chứa CO₂, SO_x, và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất tiếp xúc với dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ nhất;

loại bỏ ít nhất một phần của SO₂ có mặt trong dòng sản phẩm trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất qua phản ứng giữa SO₂ và NO₂ trong dòng sản phẩm với sự có mặt của dòng chất lỏng trong nước;

rút dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; và

phân phối ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x về lại trong chu trình phát điện.

Theo một hoặc các phương án, phương pháp như nêu trên có thể bao gồm một hoặc nhiều dấu hiệu dưới đây, các dấu hiệu này có thể được kết hợp theo số lượng và trình tự bất kỳ.

Dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ nhất có thể gồm H₂SO₄. Ví dụ, dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ nhất có thể là dòng chứa nước có lượng H₂SO₄ bao gồm trong dòng này.

Dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x có thể chứa NO_x với lượng ít nhất là 10 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x . Như được mô tả thêm trong bản mô tả này, tốt hơn là dòng sản phẩm có lượng NO_x thấp nhất này để tạo điều kiện thuận lợi cho việc loại bỏ SO_2 trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x có thể chứa NO_x với lượng thấp nhất là 15 ppm, thấp nhất là 20 ppm, hoặc thấp nhất là 25 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x . Các phạm vi nêu trên được hiểu bao gồm giới hạn trên mà có thể được tính trên cơ sở các điều kiện phản ứng bổ sung. Ví dụ, giới hạn trên có thể là 200 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, hoặc 5000 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x .

Dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x có thể chứa NO_x với lượng nằm trong khoảng từ 10 ppm đến 1000 ppm, nằm trong khoảng từ 12 ppm đến 750 ppm, hoặc nằm trong khoảng từ 15 ppm đến 500 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x . Nếu muốn, cũng có thể sử dụng lượng NO_x trong phạm vi hẹp hơn, như phạm vi nằm trong khoảng từ 10 ppm đến 150 ppm hoặc nằm trong khoảng từ 10 ppm đến 100 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x .

Nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x có thể được không chế trong phạm vi sao cho nồng độ này ít hơn 50% theo khối lượng của NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được chuyển đổi thành HNO_3 trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Các phạm vi nồng độ NO_x nêu trên có thể đặc biệt có ích để ngăn chặn sự chuyển đổi dư của NO_x thành HNO_3 trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Tốt hơn là, nồng độ này ít hơn 25%, ít hơn 20%, ít hơn 15%, ít hơn 10%, ít hơn 5%, hoặc ít hơn 1% theo khối lượng của NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được chuyển đổi thành HNO_3 trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Theo một số phương án, NO_x gần như không có mặt trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được chuyển đổi thành HNO_3 trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Theo các phương án này, cần hiểu rằng “gần như không có” là NO_x có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,5% theo khối lượng trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x .

Dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có thể có NO_x với lượng ít nhất là 90% theo khối lượng trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được đưa vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Theo một số phương án, dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có thể có NO_x với lượng ít nhất là 50%, ít nhất là 75%, ít nhất là 90%, ít nhất là 95%, ít nhất là 98%, hoặc ít nhất là 99% theo khối lượng trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được đưa vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có thể gần như không có SO_2 , trong đó cần hiểu rằng “gần như không có” SO_2 có thể có với lượng tạo vết, như với lượng ít hơn 5 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x . Theo một số phương án, dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có thể chứa SO_2 với lượng ít hơn 100 ppm, ít hơn 50 ppm, ít hơn 25 ppm, hoặc ít hơn 15 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x .

Nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x có thể được điều chỉnh bằng cách bổ sung NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Ví dụ, NO_x có thể được bổ sung theo dòng ngược từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất bằng cách kết hợp nguồn nitơ với nhiên liệu và chất oxi hóa trong buồng đốt nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Theo ví dụ khác, NO_x có thể được bổ sung một cách trực tiếp vào dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Cụ thể hơn, NO_x được bổ sung một cách trực tiếp vào dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có thể được sinh ra từ ammoniac, như trong bình phản ứng xúc tác. Tuy nhiên, cần hiểu rằng lượng NO_x thích hợp trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x có thể đạt được qua việc sử dụng nhiên liệu mà chứa đủ lượng nitơ.

Nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x có thể được điều chỉnh bằng cách tăng hoặc giảm dòng xả từ bơm tái tuần hoàn thứ nhất mà được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng sản phẩm lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất và tái tuần hoàn dòng sản phẩm lỏng vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương pháp có thể bao gồm các bước sao cho ít nhất một phần NO_x trong dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được hướng về lại trong chu trình phát điện.

Dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x có thể được chia thành dòng chất lưu công tác tái tuần hoàn mà được hướng về lại trong chu trình phát điện và dòng sản phẩm CO_2 thuần.

Phương pháp có thể còn bao gồm các bước sau:

hướng ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai:

cho dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai tiếp xúc với dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ hai;

loại bỏ ít nhất một phần NO_2 ra khỏi dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai qua phản ứng giữa NO_2 và nước; và

rút dòng chứa CO_2 ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ hai có thể gồm HNO_3 .

Phương pháp có thể còn bao gồm bước bổ sung O_2 vào dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trước khi hướng dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Phương pháp có thể còn bao gồm bước nén dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trước khi hướng dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x này vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Trước khi hướng ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai, dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x có thể được nén bằng cách sử dụng máy nén trong chu trình phát điện.

Dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x có thể được chia thành phần tái tuần hoàn mà được hướng về lại trong chu trình phát điện và phần sản phẩm thuần mà được hướng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Như thấy được từ phần mô tả nêu trên, sáng chế còn đề xuất hệ thống được tạo kết cấu để loại bỏ khí axit ra khỏi dòng sản phẩm của chu trình phát điện. Hệ thống này có thể có bộ phận bất kỳ mà được mô tả là thích hợp để dùng theo các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này. Theo một hoặc các phương án, hệ thống do sáng chế đề xuất có thể gồm các bộ phận sau:

bộ chuyển đổi được tạo kết cấu để phân phối dòng sản phẩm của chu trình phát điện chứa CO_2 , SO_x , và NO_x từ bộ phận của chu trình phát điện;

tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng sản phẩm của chu trình phát điện chứa CO_2 , SO_x , và NO_x từ bộ phận của chu trình phát điện

dưới các điều kiện phản ứng khiến cho ít nhất một phần của SO_2 được loại bỏ ra khỏi dòng này và dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được đưa ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất;

bơm tái tuần hoàn thứ nhất nối thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng chất lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất và tái tuần hoàn ít nhất một phần của dòng chất lỏng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; và

bộ chuyển đổi được tạo kết cấu để phân phối ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x đến bộ phận của chu trình phát điện.

Theo một hoặc các phương án, hệ thống như nêu trên có thể bao gồm một hoặc nhiều dấu hiệu dưới đây, các dấu hiệu này có thể được kết hợp theo số lượng và trình tự bất kỳ.

Hệ thống có thể còn bao gồm tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để tiếp nhận ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất dưới các điều kiện phản ứng khiến cho ít nhất một phần của NO_2 trong dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được loại bỏ ra khỏi dòng này và dòng chứa CO_2 được đưa ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Hệ thống có thể còn bao gồm bơm tái tuần hoàn thứ hai nối thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng chất lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và tái tuần hoàn ít nhất một phần của dòng chất lỏng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Hệ thống có thể còn bao gồm cửa nạp O_2 nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và nằm sau tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Hệ thống có thể còn bao gồm máy nén nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và nằm sau tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất. Sáng chế bao gồm các phương án không mang tính giới hạn sau đây.

Phương án 1: Phương pháp loại bỏ khí axit ra khỏi dòng sản phẩm của chu trình phát điện, phương pháp bao gồm: thực hiện chu trình phát điện; hướng dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x từ chu trình phát điện vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; cho dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất tiếp xúc với dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ nhất; loại bỏ ít nhất một phần của SO_2 có mặt trong dòng sản phẩm trong tháp làm nguội tiếp xúc

trực tiếp thứ nhất qua phản ứng giữa SO_2 và NO_2 trong dòng sản phẩm với sự có mặt của dòng chất lỏng trong nước; rút dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; và phân phối ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x về lại trong chu trình phát điện.

Phương án 2: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ nhất bao gồm H_2SO_4 .

Phương án 3: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x chứa NO_x với lượng ít nhất là 10 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x .

Phương án 4: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được khống chế trong phạm vi sao cho nồng độ này ít hơn 50% theo khối lượng của NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được chuyển đổi thành HNO_3 trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương án 5: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có NO_x với lượng ít nhất là 90% theo khối lượng trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được đưa vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương án 6: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất là gần như không có SO_2 hoặc chứa SO_2 với lượng thấp hơn 50 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x .

Phương án 7: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được điều chỉnh bằng cách bổ sung NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương án 8: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó NO_x được bổ sung theo dòng ngược từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất bằng cách kết hợp nguồn nitơ với nhiên liệu và chất oxi hóa trong buồng đốt nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương án 9: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó NO_x được bổ sung một cách trực tiếp vào dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương án 10: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó NO_x được bổ sung một cách trực tiếp vào dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được sinh ra từ ammoniac.

Phương án 11: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được điều chỉnh bằng cách tăng hoặc giảm dòng xả từ bơm tái tuần hoàn thứ nhất mà được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng sản phẩm lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất và tái tuần hoàn dòng sản phẩm lỏng vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương án 12: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó ít nhất một phần NO_x trong dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được hướng về lại trong chu trình phát điện.

Phương án 13: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được chia thành dòng chất lưu công tác tái tuần hoàn mà được hướng về lại trong chu trình phát điện và dòng sản phẩm CO_2 thuần.

Phương án 14: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: phương pháp này còn bao gồm bước: hướng ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai; cho dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai tiếp xúc với dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ hai; loại bỏ ít nhất một phần NO_2 ra khỏi dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai qua phản ứng giữa NO_2 và nước; và rút dòng chứa CO_2 ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Phương án 15: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ hai bao gồm HNO_3 .

Phương án 16: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: phương pháp này còn bao gồm bước bổ sung O_2 vào dòng tái chế chứa

CO₂ và NO_x trước khi hướng dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Phương án 17: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: trong đó trước khi hướng ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai, dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x được nén bằng cách sử dụng máy nén trong chu trình phát điện.

Phương án 18: Phương pháp theo phương án bất kỳ nêu trên: trong đó dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x được chia thành phần tái tuần hoàn mà được hướng về lại trong chu trình phát điện và phần sản phẩm thuần mà được hướng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Phương án 19: Sáng chế đề xuất hệ thống loại bỏ khí axit ra khỏi dòng sản phẩm của chu trình phát điện, hệ thống bao gồm: bộ chuyển đổi được tạo kết cấu để phân phối dòng sản phẩm của chu trình phát điện chứa CO₂, SO_x, và NO_x từ bộ phận của chu trình phát điện; tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng sản phẩm của chu trình phát điện chứa CO₂, SO_x, và NO_x từ bộ phận của chu trình phát điện dưới các điều kiện phản ứng khiến cho ít nhất một phần của SO₂ được loại bỏ ra khỏi dòng này và dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x được đưa ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; bơm tái tuần hoàn thứ nhất nối thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng chất lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất và tái tuần hoàn ít nhất một phần của dòng chất lỏng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; và bộ chuyển đổi được tạo kết cấu để phân phối ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x đến bộ phận của chu trình phát điện.

Phương án 20: Hệ thống theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: hệ thống này còn bao gồm: tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để tiếp nhận ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất dưới các điều kiện phản ứng khiến cho ít nhất một phần của NO₂ trong dòng tái chế chứa CO₂ và NO_x được loại bỏ ra khỏi dòng này và dòng chứa CO₂ được đưa ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai; và bơm tái tuần hoàn thứ hai nối thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng chất lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và tái tuần hoàn ít nhất một phần của dòng chất lỏng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

Phương án 21: Hệ thống theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: hệ thống này còn bao gồm cửa nạp O_2 nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và nằm sau tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Phương án 22: Hệ thống theo phương án bất kỳ nêu trên hoặc theo phương án tiếp theo này: hệ thống này còn bao gồm máy nén nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và nằm sau tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

Các dấu hiệu, khía cạnh và ưu điểm nêu trên và khác nữa của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng khi đọc phần mô tả chi tiết sau đây cùng với các hình vẽ kèm theo, được mô tả vắn tắt dưới đây. Sáng chế bao hàm sự kết hợp bất kỳ giữa hai, ba, bốn hoặc nhiều phương án bất kỳ nêu trên cũng như sự kết hợp của hai, ba, bốn hoặc nhiều dấu hiệu hoặc chi tiết được mô tả trong bản mô tả này mà, không phụ thuộc liệu có hay không việc các dấu hiệu hoặc chi tiết đó được kết hợp một cách rõ ràng trong phần mô tả chi tiết phương án ưu tiên của sáng chế. Phần mô tả sáng chế nhằm để được đọc một cách tổng thể khiến cho các dấu hiệu hoặc chi tiết tách rời bất kỳ của sáng chế, theo các khía cạnh khác nhau và các phương án bất kỳ của chúng, sẽ được xem như có thể kết hợp được trừ khi ngữ cảnh chỉ ngược lại một cách rõ ràng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Do đó, sáng chế được mô tả theo các thuật ngữ chung dưới đây có dựa vào các hình vẽ không được vẽ theo đúng tỷ lệ kèm theo, và trong đó:

FIG.1A là hình vẽ lưu đồ ở dạng sơ đồ thể hiện hệ thống phát điện theo một khía cạnh của sáng chế, bao gồm buồng đốt hiệu suất cao và tuabin nối tiếp kết hợp với chất lưu tái tuần hoàn áp suất cao, được tạo kết cấu để loại bỏ các chất ô nhiễm khí axit ra khỏi hệ thống;

FIG.1B là hình vẽ lưu đồ ở dạng sơ đồ thể hiện hệ thống phát điện theo một khía cạnh của sáng chế, bao gồm buồng đốt hiệu suất cao và tuabin nối tiếp kết hợp với chất lưu tái tuần hoàn áp suất cao, được tạo kết cấu để loại bỏ các chất ô nhiễm khí axit ra khỏi hệ thống;

FIG.2 là hình vẽ đồ thị thể hiện thời gian loại bỏ SO_x và NO_x trong các cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp và thứ hai một cách tương ứng so với các mức nồng độ ngày càng tăng của NO khi nạp vào cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp, theo một khía cạnh của sáng chế; và

FIG.3 là hình vẽ đồ thị thời gian lưu của việc loại bỏ NO_x sau khi loại bỏ toàn bộ SO_x so với nồng độ đầu ra NO mong muốn trong cột chuyển khối thứ hai của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp, theo một khía cạnh của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả đầy đủ hơn có dựa vào các khía cạnh để làm ví dụ của sáng chế. Các khía cạnh làm ví dụ này được mô tả khiến cho phần mô tả này sẽ xuyên suốt và hoàn thiện, và sẽ chuyển tải đầy đủ phạm vi được mô tả đến người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực. Thực vậy, phần mô tả sáng chế có thể được thể hiện theo nhiều dạng khác nhau và sẽ không được thực hiện nhằm giới hạn ở các khía cạnh nêu trong bản mô tả này; thay vào đó, các khía cạnh này được nêu nhằm làm cho phần mô tả sáng chế đáp ứng các yêu cầu về luật pháp hiện hành. Khi được dùng trong bản mô tả, và trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo, các dạng số ít “một”, “một chiếc”, “một cái”, bao gồm cả các tham chiếu đến dạng số nhiều trừ khi ngữ cảnh chỉ rõ đi ngược lại.

Sáng chế đề cập đến hệ thống phát điện được tạo kết cấu để loại bỏ các chất ô nhiễm ra khỏi thông phát điện. Như được thể hiện trên Fig.1A và Fig.1B, hệ thống 50 loại bỏ các khí axit cụ thể ra khỏi thông phát điện 18, 19 có thể được tạo kết cấu để loại bỏ các chất ô nhiễm khí axit cụ thể (ví dụ, SO_x , NO_x , và/hoặc các chất tương tự) ra khỏi hệ thống phát điện 18, 19. Trên Fig.1A và Fig.1B, khối 19 minh họa các bộ phận thông thường của hệ thống phát điện, mà theo một khía cạnh của sáng chế, có thể bao gồm buồng đốt, tuabin, và bộ trao đổi nhiệt. Tương tự, khối 18 minh họa các bộ phận thông thường bổ sung của hệ thống phát điện như máy nén và/hoặc bơm, chẳng hạn. Hệ thống phát điện 18, 19 có thể sử dụng khí nhiên liệu như, khí nhiên liệu hydrocacbon chẳng hạn. Theo một số khía cạnh, ngoài sulfua, nitơ và/hoặc các tạp chất có nguồn gốc từ nhiên liệu khác mà có thể bao gồm hydro sunfit (H_2S), carbonyl sunfit (COS), cacbon đisulfít (CS_2), ammoniac (NH_3), hydro xyanit (HCN), và/hoặc thủy ngân (Hg), nhiên liệu được sử dụng có thể được coi như khí không ngọt hoặc khí chua xử lý ở mức thấp nhất hoặc chưa xử lý chứa metan và các phân tử hydrocacbon chuỗi dài, tất cả các khí này đều ở dạng khử. Theo một số khía cạnh, hệ thống phát điện 18, 19 có thể sử dụng khí nhiên liệu mà chủ yếu bao gồm cacbon monoxit và hydro cùng với các tạp chất, mà có thể bao gồm hydro sunfit (H_2S), carbonyl sunfit (COS), cacbon đisulfít (CS_2), ammoniac (NH_3), hydro xyanit (HCN), và/hoặc thủy ngân (Hg), tất cả các khí này đều ở dạng khử.

Khí nhiên liệu có thể được sản xuất theo phương pháp đã biết bất kỳ. Theo ví dụ nhằm mục đích minh họa, khí nhiên liệu có thể được sinh ra trong bộ khí hóa than trên cơ sở oxy như bộ khí hóa tôi nước của GE-Exaco, có loại bỏ hoàn toàn tro được tiếp nối bằng cách làm nguội khí nhiên liệu có trao đổi nhiệt với chu trình phát điện, việc loại nước ngưng và nén khí nhiên liệu đến áp suất xấp xỉ 320 bar (32Mpa) chẳng hạn.

Khí nhiên liệu (không phụ thuộc là khí này được tạo ra như nêu trên hoặc là khí không ngọt hoặc khí chua được xử lý ở mức thấp nhất hoặc chưa được xử lý như nêu trên) được đốt trong buồng đốt trong hệ thống phát điện trong dòng có chất oxy hóa, tốt hơn nếu dòng này là sự kết hợp giữa O_2 và CO_2 (theo một số phương án, hỗn hợp chứa xấp xỉ 25% O_2 và 75% CO_2 (phân tử)). Điều này dẫn đến sản phẩm đốt chứa CO_2 , H_2O , và O_2 . Tốt hơn là, dòng sản phẩm đốt chứa O_2 dư với lượng 2% (phân tử). Lượng CO_2 tái chế tương đối lớn (ví dụ, ở áp suất xấp xỉ 300 bar (30Mpa) và ở nhiệt độ xấp xỉ 720°C) được trộn với sản phẩm đốt (ví dụ, trong buồng đốt) để tạo ra dòng sản phẩm đốt kết hợp (ví dụ, ở nhiệt độ xấp xỉ 1150°C và áp suất xấp xỉ 300 bar (30Mpa)). Dòng sản phẩm đốt này được khử ở áp suất (ví dụ, đến xấp xỉ 30 bar (3Mpa) có nhiệt độ xấp xỉ 750°C) khi dòng sản phẩm đi qua hệ thống phát điện tuabin. Sau đó, dòng này tiếp tục được làm nguội trong bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt ngược dòng CO_2 tái chế làm nóng. Cần hiểu rằng phần mô tả nêu trên đưa ra các bộ điều kiện xử lý để làm ví dụ, và nếu cần, các nhiệt độ, áp suất, v.v. có thể được điều chỉnh.

Dòng 4 ra khỏi đầu nguội của bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt trong khối 19 ở nhiệt độ được giảm đáng kể (ví dụ, khoảng 65°C) và áp suất (ví dụ, khoảng 29 bar (2,9Mpa)). Tại điểm này, thành phần của dòng chủ yếu là CO_2 có lượng nước (H_2O), mà gần như ở pha lỏng (ví dụ, khoảng 85% trọng lượng) có một phần giữ lại ở pha hơi. Ngoài ra, dòng 4 chứa các hợp chất oxy hóa của lưu huỳnh và nitơ (SO_x và NO_x) với các thành phần tạo vết khác như thủy ngân (Hg) có nguồn gốc từ việc oxy hóa các tạp chất trong khí nhiên liệu.

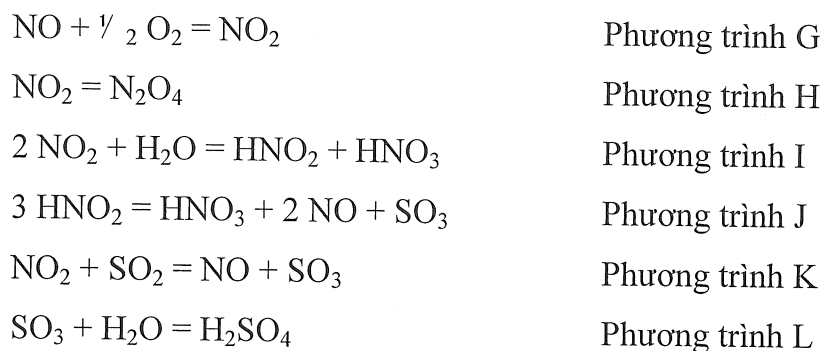
Dòng sản phẩm đốt ra khỏi khối 19 có thể có lượng NO_x hoặc dòng này có thể gần như không có NO_x . Lượng NO_x trong dòng 4 mong muốn được không chế sao cho lượng NO_x này là đủ cao để phản ứng với SO_x như được mô tả tiếp trong bản mô tả này. Cụ thể hơn, theo các phương án khác nhau, dòng sản phẩm đốt (ví dụ, dòng 4) đi vào Cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp 30 (như được mô tả dưới đây) có thể bao gồm CO_2 , SO_x , và NO_x . Cần hiểu rằng thuật ngữ SO_x biểu thị sự có mặt của

sulfua oxit bất kỳ và không bị giới hạn ở sulfua oxit cụ thể trừ khi được biểu thị cụ thể theo cách khác (như tham chiếu đến dòng chứa SO_x mà cụ thể là chứa SO_2). Dòng chứa SO_x có thể chứa một loại sulfua oxit hoặc hỗn hợp chứa nhiều loại sulfua oxit. Tương tự, cần hiểu rằng thuật ngữ NO_x biểu thị sự có mặt của nitơ oxit bất kỳ và không bị giới hạn ở nitơ oxit cụ thể trừ khi được biểu thị cụ thể theo cách khác (như tham chiếu đến dòng chứa NO_x mà cụ thể là chứa NO_2). Dòng chứa NO_x có thể chứa một loại nitơ oxit hoặc hỗn hợp chứa nhiều loại nitơ oxit. Cụ thể hơn, việc tham chiếu đến loại bỏ khí axit có thể biểu thị việc loại bỏ một trong số hoặc cả SO_x lẫn NO_x .

Như được thể hiện trên Fig.1A và Fig.1B, hệ thống phát điện 18, 19 có hệ thống 50 để loại bỏ chất ô nhiễm khí axit có thể bao gồm hai cột chuyển khối của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp. Cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể được tạo kết cấu để loại bỏ SO_2 ở dạng H_2SO_4 ra khỏi dòng sản phẩm CO_2 thuần, trong khi cột chuyển khối thứ hai 40 có thể được tạo kết cấu để loại bỏ NO và/hoặc NO_2 ở dạng HNO_3 ra khỏi dòng sản phẩm CO_2 thuần ở bên ngoài so với dòng tái tuần hoàn sơ cấp. Theo một số khía cạnh, cột chuyển khối thứ hai 40 có thể được tạo kết cấu để loại bỏ NO và/hoặc NO_2 ở dạng HNO_3 ra khỏi dòng sản phẩm CO_2 thuần trước khi chất lưu tái tuần hoàn áp suất cao được nạp vào máy nén 18 của hệ thống phát điện, như được thể hiện trên Fig.1A. Theo khía cạnh khác, như được thể hiện trên Fig.1B, cột chuyển khối thứ hai 40 có thể được tạo kết cấu để loại bỏ NO và/hoặc NO_2 ở dạng HNO_3 ra khỏi dòng sản phẩm CO_2 thuần sau khi chất lưu tái tuần hoàn áp suất cao được nạp vào máy nén 18 của hệ thống phát điện. Các thành phần cần thiết cho việc chuyển khối này, kể cả chất xúc tác pha khí NO_x , là có mặt trong dòng chất lưu xử lý 4 mà đi vào cột chuyển khối thứ nhất 30 mà ở đó SO_2 được loại bỏ dưới dạng H_2SO_4 . Theo một số khía cạnh, các thành phần này bao gồm SO_2 , NO , NO_2 , O_2 , và H_2O .

Theo một khía cạnh, dòng 4 đi vào đáy của cột chuyển khối thứ nhất 30, mà có thể là cột tiếp xúc chất hơi/chất lỏng ngược dòng tiếp xúc trực tiếp nhiều tầng và có thể bao gồm phương tiện tiếp xúc bên trong như các khay, vòng vít có cấu trúc, vòng vít xếp chồng ngẫu nhiên, và/hoặc phương tiện tương tự. Cột chuyển khối thứ nhất 30 có ống xả đáy 6 mà cấp dòng sản phẩm lỏng thuần 7 hoặc bơm tuần hoàn thứ nhất 31 qua đường nạp 8. Đường xả 9 của bơm tuần hoàn thứ nhất đi vào bộ trao đổi nhiệt làm mát bằng nước thứ nhất 22, mà xả dòng chất lỏng nguội 10 vào đỉnh của cột chuyển khối thứ nhất 30.

Theo một số khía cạnh, cột chuyển khối thứ nhất 30 làm nguội dòng 4 giàu CO₂ đầu vào từ nhiệt độ minh họa xấp xỉ 65°C ngược dòng chất lưu 10 tái tuần hoàn, nguội đi theo chiều ngược lại qua môi trường tiếp xúc bên trong đến nhiệt độ gần bằng nhiệt độ môi trường xung quanh. Cụ thể hơn, CO₂ được làm nguội đến nhiệt độ thấp nhất mà gần bằng nhiệt độ của nước làm nguội. Theo một khía cạnh làm ví dụ, CO₂ được làm nguội đến khoảng 16°C, trong khi nước làm nguội gần ở nhiệt độ xấp xỉ 13°C. Do dòng CO₂ nạp đi lên trên qua môi trường tiếp xúc, dòng này nguội xuống gần bằng nhiệt độ môi trường xung quanh, nước ngưng thêm, và các phản ứng loại bỏ chất ô nhiễm diễn ra. Đầu tiên, các phản ứng loại bỏ chất ô nhiễm này xảy ra ở pha khí qua việc oxi hóa NO thành NO₂ bằng cách sử dụng O₂ dư còn lại trong dòng 4 giàu CO₂ đầu vào. Sau đó, SO₂ được oxi hóa bởi NO₂ để tạo ra SO₃ và NO. Thứ ba, SO₃ phản ứng với nước (H₂O) để tạo ra H₂SO₄ ở pha lỏng, nhờ đó loại bỏ SO₂. NO tác động như chất xúc tác pha khí trong quy trình này. Các phản ứng loại bỏ chất ô nhiễm có liên quan được chi tiết hóa trong các phương trình dưới đây:



Các phản ứng này được hiểu rõ như cơ cấu trong quy trình khoang dẫn (Lead Chamber Process) để sản xuất axit sulfuric. Ngoài ra, các phản ứng có thể được mô tả, như sau: Phương trình G là pha khí, điều khiển động lực; Phương trình H là pha khí, được điều khiển cân bằng với động lực nhanh; Phương trình I là pha lỏng, điều khiển động lực; Phương trình J là pha lỏng, được điều khiển cân bằng với động lực nhanh; Phương trình K là pha khí, được điều khiển cân bằng với động lực nhanh; và Phương trình L là hòa tan trong pha nước mà có thể được thiết kế bên trong bộ tiếp xúc cần xử lý đủ nhanh.

Ở áp suất tăng cao xấp xỉ 29 bar (2,9Mpa) với sự có mặt của nước dư ở thể lỏng và áp suất riêng phần của O₂ xấp xỉ 0,58 bar (58kPa) và trong dòng 4 SO₂ có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 100 ppm đến 2000 ppm và NO_x có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 20 ppm đến 2000 ppm, các phản ứng này xảy ra đồng thời và nhanh chóng.

Ngoài ra, hệ thống được điều khiển để đảm bảo rằng nồng độ SO_2 trong dòng 11 ra khỏi đỉnh của cột chuyển khối thứ nhất 30 là thấp hơn khoảng 50 ppm trong khi nồng độ của HNO_2 và HNO_3 trong dòng chất lỏng sản phẩm thuần 7 là thấp hơn khoảng 1%.

Theo một khía cạnh, các nồng độ này có được bằng cách kiểm soát nồng độ đầu vào của NO_x trong dòng 4 và/hoặc bằng cách kiểm soát dòng xả 9 ra khỏi bơm tuần hoàn thứ nhất 31, mà tạo ra tỷ số giữa chất hơi và chất lỏng, và do đó hiệu suất tách trong cột chuyển khối thứ nhất 30, được điều chỉnh. Theo khía cạnh khác, nồng độ NO_x trong dòng 4 giàu CO_2 đầu vào có thể được điều chỉnh trong khi dòng xả 9 từ bơm tuần hoàn thứ nhất 31 giữ không đổi nhằm đảm bảo nồng độ SO_2 trong dòng 11 ra khỏi đỉnh của cột chuyển khối thứ nhất 30 và/hoặc nồng độ HNO_2 và HNO_3 trong dòng chất lỏng sản phẩm thuần 7 là các nồng độ thích hợp.

Theo một số khía cạnh, như được thể hiện trên Fig.1A, dòng sản phẩm CO_2 xả 11 ra khỏi đỉnh của cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể được chia. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.1A, phần lớn dòng sản phẩm CO_2 11 được làm trệch như dòng chất lưu 1A tái tuần hoàn, tái chế, mà đi vào bộ phận bơm và nén 18 của hệ thống phát điện 19, trong khi dòng sản phẩm thuần 2A đi vào cột chuyển khối thứ hai 40. Theo khía cạnh khác, như được thể hiện trên Fig.1B, toàn bộ dòng sản phẩm CO_2 xả 11 ra khỏi đỉnh của cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể được cấp vào bộ phận bơm và nén 18 của hệ thống phát điện như dòng chất lưu 1B tái tuần hoàn, tái chế. Sau khi dòng chất lưu tái tuần hoàn, tái chế đi qua ít nhất một bộ phận bơm và/hoặc nén 18 của hệ thống phát điện, chất lưu công tác tái tuần hoàn 3 áp suất cao có thể được chia khiến cho dòng sản phẩm thuần 2B đi vào cột chuyển khối thứ hai 40 sau khi đi qua ít nhất một bộ phận nén 18 của hệ thống phát điện. Thiết kế của cột chuyển khối thứ hai 40 tạo ra thời gian tiếp xúc và hiệu suất tách thích hợp cho chuỗi phản ứng, mà dẫn đến việc tạo ra axit nitric. Cột chuyển khối thứ hai 40 có thể bao gồm dòng chất lỏng xả đáy 12, có thể được chia thành dòng sản phẩm axit nitric 13 và dòng tái chế axit nitric 14. Các dòng axit nitric này được hiểu là các dòng có chứa nước có lượng axit nitric thay đổi. Theo một khía cạnh, dòng tái chế axit nitric 14 đi qua bơm tuần hoàn thứ hai 41. Dòng xả 15 từ bơm tuần hoàn thứ hai 41 được cấp vào trong bộ trao đổi nhiệt 23 làm nguội bằng không khí môi trường xung quanh và/hoặc nước, mà sinh ra dòng axit nitric loãng, nguội 16 nạp vào cột chuyển khối thứ hai 40. Theo một số khía cạnh, cột chuyển khối thứ hai 40 bao gồm phần tiếp xúc thứ hai bên trên điểm nạp của dòng axit nitric loãng, nguội 16. Phần tiếp xúc thứ hai nằm bên trên điểm nạp của

dòng axit nitric loãng, nguội 16 có thể được làm ẩm bằng dòng nạp nước nguyên chất 24. Theo một khía cạnh, tốc độ dòng chảy của dòng nạp nước nguyên chất 24 có thể được điều chỉnh để nhận được nồng độ HNO_3 mong muốn trong dòng sản phẩm axit nitric 13. Tốc độ dòng chảy còn có chức năng để loại bỏ một cách có hiệu quả chất mang axit trong dòng sản phẩm thuần CO_2 cuối cùng 17. Dòng sản phẩm thuần CO_2 17 cuối cùng sẽ gần như không có các hạt axit và sẽ có nồng độ SO_2 và NO_x quy định ở mức thấp.

Theo một khía cạnh, các phản ứng chuyển khối có thể được hoàn thành nhờ cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp 30 tạo ra sự tiếp xúc chất khí và chất lỏng thích hợp để cho phép SO_3 được tạo ra ở pha khí được chuyển đổi một cách nhanh chóng và có hiệu quả thành H_2SO_4 ở pha lỏng.

Cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể là cột mà có các khay chung cất và/hoặc vòng bít ngẫu nhiên và/hoặc theo kết cấu có cách bố trí chất khí và chất lỏng ngược chiều nhau. Ngoài ra, cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể bao gồm cửa nạp đáy để tiếp nhận dòng 4 giàu CO_2 đầu vào và cửa nạp đỉnh để tiếp nhận dòng axit loãng, tái chế, nguội 10. Các bố trí cột chuyển khối thứ nhất 30 này có thể tạo ra chất lưu làm nguội theo vòng kín, mà tái tuần hoàn qua bộ trao đổi nhiệt 22 kiểu gián tiếp. Theo một số khía cạnh, nhiệt loại ra trong cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể được truyền đến phương tiện làm nguội ở nhiệt độ môi trường xung quanh, như hệ thống tuần hoàn nước làm nguội, mà có thể bao gồm tháp làm nguội và/hoặc bộ làm nguội kiểu quạt không khí đối lưu cưỡng bức.

Ngoài ra, cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể bao gồm bộ tách sương hiệu quả nằm bên trên phần tiếp xúc. Bộ tách sương có thể được tạo kết cấu để loại bỏ H_2SO_4 loãng, được cuốn theo ra dòng sản phẩm CO_2 xả 11 để bảo vệ thiết bị nén phía sau không bị ăn mòn; các dung dịch chứa H_2SO_4 có xu hướng tạo ra sương mù gây hư hại. Theo cách khác, phần môi trường tiếp xúc bổ sung có thể được lắp đặt và rửa bằng dòng nước tinh khiết để pha loãng hạt axit và/hoặc loại bỏ chất mang chứa hạt axit. Phần môi trường tiếp xúc bổ sung có thể tạo ra sự tối ưu hóa tiếp xúc giữa chất khí với chất lỏng, mà có thể tăng tốc các phản ứng chuyển khối mà tạo ra axit sulfuric, có thể hạn chế nhu cầu đối với môi trường làm nguội bổ sung, và có thể ngưng H_2O có nguồn gốc từ việc đốt còn sót lại ra khỏi dòng tái tuần hoàn tiếp theo việc thu hồi nhiệt ở mức cao từ dòng xả qua bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt trong hệ thống phát điện. Việc tối ưu hóa sự tiếp xúc chất khí và chất lỏng, hạn chế nhu cầu đối với môi trường làm nguội bổ sung, và/hoặc ngưng tụ H_2O

có nguồn gốc từ việc đốt còn sót lại diễn ra theo cách đáng mong muốn bên trong kích thước cột và thời gian lưu hợp lý.

Theo một số khía cạnh, các điều kiện bên trong buồng đốt trong hệ thống phát điện 19 tạo ra việc sản xuất NO quy mô nhỏ bằng cách kết hợp nitơ, các thành phần chứa nitơ trong nhiên liệu, và/hoặc nitơ có nguồn gốc từ sự nạp khí qua đệm bột hệ thống với oxy dư ở các nhiệt độ đốt thông thường nằm trong khoảng từ 1500°C đến 2500°C, áp suất đốt thông thường nằm trong khoảng từ 100 bar (10Mpa) đến 500 bar (50Mpa), và O₂ dư, mà có thể có thành phần O₂ với lượng nằm trong khoảng từ 0 mol% đến 5 mol% tiếp theo việc đốt và trộn với CO₂ áp suất cao, tái chế. Theo một khía cạnh, nói chung nhiệt độ ngọn lửa càng cao có thể được mong muốn do cơ cấu hình thành NO nhiệt có thể chi phối việc tạo ra NO. Sự bảo toàn lượng NO này là đáng mong muốn do các nồng độ NO ở mức cao hỗ trợ và thúc đẩy các phản ứng loại bỏ SO₂ thành H₂SO₄ trong cột chuyển khối thứ nhất 30 được xúc tiến ở tốc độ thích hợp. Việc bảo toàn NO sinh ra từ buồng đốt có thể được hoàn thành qua các tính toán thiết kế, ví dụ như bằng cách tích tụ NO bên trong hệ thống vòng nửa kín và/hoặc bằng cách giảm đến mức thấp nhất sự chuyển đổi của NO₂ thể khí (được tạo ra bởi phản ứng giữa NO và O₂) thành HNO₃ trong nước. Việc tích tụ NO trong hệ thống vòng nửa kín có thể được tạo ra nhờ thiết kế vốn có của hệ thống phát điện 18, 19, và giảm đến mức thấp nhất sự chuyển đổi NO₂ thể khí thành HNO₃ trong nước có thể được hoàn thành bằng cách làm thích hợp thời gian lưu cột của cột chuyển khối thứ nhất 30 để loại bỏ theo lựa chọn SO₂, như được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một khía cạnh, nồng độ NO có thể được giữ ở mức cao qua thiết kế cân trọng của phương tiện tiếp xúc trực tiếp bên trong cột chuyển khối thứ nhất 30 để có thời gian lưu mà giảm đến mức thấp nhất sự chuyển đổi của NO₂ thành HNO₂ và/hoặc HNO₃. Cụ thể hơn, quan sát thấy rằng trong khi SO₂ tồn tại trong dòng xả tuabin nguội, NO₂, được tạo ra do oxi hóa của NO với O₂, được chuyển đổi ngay lập tức về NO bằng cách phản ứng với SO₂. Sự chuyển đổi ngay lập tức của NO₂ về lại thành NO nhờ đó giữ nguyên nồng độ cao của chất xúc tác pha khí. Về khía cạnh này, một khi lượng SO₂ cao đáng kể đã được loại bỏ vĩnh viễn ra khỏi pha khí bằng cách chuyển đổi SO₂ thành H₂SO₄ ở pha lỏng, chuỗi phản ứng tiếp theo diễn ra trong đó NO₂ hòa tan trong nước để tạo ra HNO₂ và HNO₃. Ngoài ra, một khía cạnh mong muốn đề xuất các điều kiện trong cột chuyển khối thứ nhất 30 để chuyển đổi lượng NO ít hơn thành HNO₂ và/hoặc HNO₃.

nhờ chuỗi phản ứng thứ hai trong cột chuyển khối thứ nhất 30. Ví dụ, các điều kiện trong cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể tạo ra dòng xả 11 giàu CO_2 mà ra khỏi cột chuyển khối thứ nhất nơi có ít hơn 30% theo khối lượng của NO_x được chuyển đổi thành HNO_2 và/hoặc HNO_3 . Theo một số khía cạnh, khoảng ít hơn 5% NO_x được chuyển đổi thành HNO_2 và/hoặc HNO_3 trước khi chất lưu công tác tái tuần hoàn có áp suất cao ra khỏi cột chuyển khối thứ nhất. Việc chuyển đổi lượng NO lớn hơn thành HNO_2 và/hoặc HNO_3 sẽ giảm nồng độ NO trong dòng 4 giàu CO_2 đầu vào mà ra khỏi tuabin của hệ thống phát điện 19 và đi vào cột chuyển khối thứ nhất 30, nhờ đó giảm tốc độ chuyển đổi của SO_2 thành H_2SO_4 . Hơn thế nữa, HNO_2 và/hoặc HNO_3 bất kỳ đã chuyển đổi ra khỏi cột chuyển khối thứ nhất 30 trong dòng chất lỏng axit sulfuric 7 và sau đó có thể được trung hòa. Lượng chuyển đổi NO_x thực tế có thể điều tiết trên cơ sở các nhu cầu xử lý chính xác.

Việc loại bỏ SO_2 đã tách trong cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể còn làm tích tụ axit sulfuric (và/hoặc HNO_3 tạo vết) trong chất lưu tái tuần hoàn của cột chuyển khối thứ nhất 30. Theo một khía cạnh, nồng độ HNO_3 ở mức thấp trong dòng chất lỏng axit sulfuric có thể tồn tại, song lượng nồng độ có thể được khống chế về mức thấp nhất. Phản ứng của HNO_3 với thủy ngân có nguồn gốc từ than chủ yếu diễn ra trong cột chuyển khối thứ hai 40 tạo thành nitrat thủy ngân. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$ đã trộn cũng có thể chuyển đổi các tạp chất có nồng độ thấp khác thành các muối hòa tan được, mà có thể được loại bỏ trong pha axit lỏng. Ngoài ra hoặc theo cách khác, axit sulfuric còn lại tạo ra bên trong cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể được phản ứng với chất quánh của đá vôi nghiền và/hoặc hợp chất kiềm bất kỳ thích hợp khác ở trong nước nhằm chuyển đổi H_2SO_4 thành canxi sulfat. Canxi sulfat chuyển đổi có thể được loại bỏ như chất rắn và sử dụng trong thương mại và/hoặc thải loại. Ngoài ra, CO_2 có thể được giải phóng trong bước này, tạo ra sản phẩm nguyên chất mà có thể được kết hợp với dòng CO_2 thuần 1 của chu trình phát điện và/hoặc làm trệch hướng đến dòng thoát hệ thống tách rời hoặc dùng chung 17 vào đường ống 21 để vận chuyển.

Theo một số khía cạnh, NO vốn được sinh ra bên trong quy trình có thể không thích hợp để xúc tác xúc tác việc loại bỏ SO_2 thích hợp ra khỏi khí xử lý. Theo một khía cạnh, dòng bổ sung NO 5 gần như không có NO có thể được nạp vào hệ thống phát điện 5. Theo một số khía cạnh, ví dụ, NO có thể được tạo ra, bằng cách oxi hóa ammoniac (NH_3) với hỗn hợp chứa oxy và/hoặc cacbon đioxit trên chất xúc tác trong cụm tạo NO

20. Việc bổ sung N_2 nguyên chất vào hệ thống phát điện 18, 19 có thể là không mong muốn bởi vì việc bổ sung này có thể dẫn đến các hiệu quả mạnh mẽ về các động lực hệ thống. Ví dụ, việc bổ sung N_2 nguyên chất có thể thay đổi các đặc tính chất lưu công tác quan trọng, như khả năng nén của chất lưu. Bằng cách kiểm soát nồng độ đầu vào NO đưa vào cột chuyển khối thứ nhất 30 qua việc bổ sung NO qua dòng bổ sung NO 5, thời gian cần để loại bỏ SO_2 ra khỏi quy trình khí có thể được khống chế nằm trong thời gian lưu cột mong muốn. Trọng tâm đối với cơ cấu khống chế này là ở chỗ NO không thể dùng được đến khi gần như toàn bộ SO_2 được loại bỏ. Như vậy, cột chuyển khối của bình phản ứng thứ nhất 30 có thể được điều tiết và/hoặc thiết kế bằng cách khống chế cẩn thận nồng độ NO đầu vào để loại bỏ gần như toàn bộ SO_2 (ví dụ, 99,99%) mà không cần loại bỏ đáng kể NO. Nồng độ NO cụ thể có thể được xác định nhờ nồng độ SO_2 đầu vào cũng như thời gian lưu theo thiết kế để loại bỏ SO_2 . Ví dụ, theo một khía cạnh, nồng độ NO tại đầu vào đối với cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể vào khoảng 152 ppm và nồng độ SO_2 tại đầu vào đối với cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể vào khoảng 1318 ppm. Theo một số khía cạnh, tỷ số hồi lưu trong cả hai cột chuyển khối thứ nhất 30 và/hoặc cột chuyển khối thứ hai 40 có thể được khống chế bằng cách kiểm soát các lưu tốc trong các bơm tuần hoàn thứ nhất và/hoặc thứ hai 31, 41. Theo một số khía cạnh, một tính toán thiết kế của hệ thống phát điện có thể bao gồm thời gian lưu cột, mà thời gian này có thể được tối ưu hóa sao cho khi việc loại bỏ SO_2 được hoàn thành và pha khí được tách ra khỏi pha lỏng, sự chuyển đổi của NO thành HNO_2 và/hoặc HNO_3 không thể xảy ra.

Trong hệ thống phát điện 18, 19 làm ví dụ bao gồm chất lưu xử lý tái tuần hoàn, lượng NO có thể được bảo toàn bên trong dòng xử lý bằng cách điều tiết và/hoặc đặt cấu hình thời gian lưu cột và nồng độ của các loại ở đầu nạp của cột chuyển khối thứ nhất 30 sao cho đạt được hiệu quả loại bỏ SO_2 mong muốn bên trong cột chuyển khối thứ nhất 30 trong khi cho phép NO được duy trì trong dòng sản phẩm CO_2 xả 11 ở đầu ra của cột chuyển khối thứ nhất 30. Theo một khía cạnh làm ví dụ, cột thứ nhất thời gian lưu là khoảng 30 giây và nồng độ NO ở đầu ra của cột thứ nhất là khoảng 155 ppm. Về khía cạnh này, hiệu ứng tích tụ diễn ra, hiệu ứng này tạo nồng độ NO tăng cao bên trong dòng chất lưu tái chế 1, mà nhờ đó có thể giảm lượng bổ sung NO theo yêu cầu từ cụm sinh ra NO 20 để giữ nguyên tốc độ loại bỏ SO_2 tương tự trong cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp 30. Hiệu ứng tích tụ này có tác động cụ thể trong các hệ

thống nơi mà việc đốt dẫn đến nồng độ tăng cao của SO_2 nhờ đó cho phép thời gian loại bỏ được giảm đáng kể bằng cách nâng cao nồng độ NO bên trong hệ thống.

Theo một số khía cạnh, tiếp theo việc làm nguội và loại bỏ SO_2 trong cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp 30 của hệ thống phát điện 5, dòng sản phẩm CO_2 xả 11 có thể được chia thành hai dòng và được nén đến áp suất nằm trong khoảng từ xấp xỉ 100 bar (10Mpa) đến xấp xỉ 500 bar (50Mpa). Dòng nhỏ làm loãng dòng oxy, tạo ra hỗn hợp oxi hóa được dùng trong buồng đốt, trong khi dòng lớn được làm nóng trong bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt của hệ thống phát điện 19 đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C đến 800°C và trộn với khí thành phẩm buồng đốt tạo ra dòng đầu nạp tuabin. Ở các điều kiện này, sự phân hủy của NO hầu như không diễn ra do sự chuyển đổi của NO thành N_2 và O_2 và/hoặc sự hình thành của NO do phản ứng giữa N_2 và O_2 . Lượng và nồng độ NO trong dòng 4 giàu CO_2 , nguội, hoàn nhiệt đi vào cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể được cao hơn so với lượng và nồng độ ra khỏi cột chuyển khối thứ nhất 30 và đi vào dòng chất lưu tái chế 1 do lượng nhỏ HNO_3 được tạo ra trong cột chuyển khối thứ nhất 30 và NO_x có mặt trong dòng sản phẩm CO_2 thuần 2 đi vào cột chuyển khối thứ hai 40.

Ngoài ra, thiết kế của cột chuyển khối thứ nhất 30 và cột chuyển khối thứ hai 40 sẽ là lý tưởng sao cho thời gian lưu khí sẽ dẫn đến các điều kiện phản ứng hợp lý đối với hệ thống phát điện 18, 19 vận hành trên toàn bộ phạm vi hoạt động từ công suất lớn nhất đến hao hụt nhỏ nhất. Ví dụ, ở mức hao hụt lớn nhất (ví dụ 50% dòng tuabin), thời gian lưu cột được nhân đôi, mà có thể làm cho gần như không mất thêm NO. Tuy nhiên, thời gian phản ứng kéo dài có thể tạo ra nồng độ NO thấp hơn trong khí nạp, mà có thể vẫn cho phép loại bỏ SO_2 mong muốn. Nồng độ NO này có thể được tăng lên thông qua việc bổ sung và tích tụ theo các cách đã nêu.

Theo một khía cạnh làm ví dụ, cột chuyển khối thứ hai 40 có thể nhỏ hơn so với cột chuyển khối thứ nhất 30 và có thể được lắp trong dòng sản phẩm CO_2 thuần của hệ thống phát điện 18, 19. Ngoài ra, cột chuyển khối thứ hai 40 nhỏ hơn này có thể sử dụng các phản ứng và/hoặc các tính toán thiết kế tương tự như cột chuyển khối thứ nhất 30 sao cho cột chuyển khối thứ hai 40 nhỏ hơn cũng được tạo kết cấu để loại bỏ SO_2 . Sau đó, cột chuyển khối thứ hai của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp 40 nhỏ hơn có thể thay đổi nồng độ NO đến nồng độ NO phía sau mong muốn, và ngoài ra hoặc theo cách khác có thể tạo ra HNO_2 và HNO_3 trong khi quy trình. Cột có thể vận hành ở áp suất tương tự với

lò phản ứng tiếp xúc trực tiếp thứ nhất, hoặc ở áp suất tăng cao đáng kể, tiếp theo bước nén hoặc chuổi các bước nén. Theo khía cạnh khác, cột chuyển khối thứ hai 40 có thể vận hành ở nhiệt độ tương tự với nhiệt độ của cột chuyển khối thứ nhất 30 hoặc nhiệt độ tăng cao đáng kể so với cột chuyển khối thứ nhất, và có thể phụ thuộc vào các yêu cầu đối với dòng sản phẩm thuần CO_2 cuối cùng 17.

Thiết kế của cột chuyển khối thứ nhất 30 và cột chuyển khối thứ hai 40 có thể được chịu ảnh hưởng của các đặc tính tốc độ loại bỏ SO_2 và NO . Ví dụ, việc loại bỏ SO_2 thúc đẩy đến tốc độ loại bỏ xấp xỉ 100% do việc tăng thời gian lưu, áp suất, và nồng độ NO trong cột chuyển khối thứ nhất 30. Do đó, nồng độ NO đầu vào ở mức cao có thể được mong muốn để thúc đẩy độ loại bỏ SO_2 . Ví dụ, FIG.2 minh họa đồ thị thể hiện rằng dựa vào thời gian lưu cố định, thời gian loại bỏ loại bỏ SO_2 trong cột chuyển khối thứ nhất 30 giảm khi nồng độ NO tăng. FIG.3 minh họa rằng thời gian loại bỏ NO so với giới hạn nồng độ đầu ra mong muốn đạt đến tiệm cận thời gian loại bỏ cần thiết cố định một khi SO_2 đã được loại bỏ một cách đáng kể. Đồ thị này chỉ ra rằng thậm chí ở các mức tích tụ NO cao, thời gian bổ sung cần thiết để loại bỏ NO đến giới hạn mong muốn ở cột chuyển khối thứ hai 40 cuối cùng đạt đến thời gian tiệm cận, trong khi thời gian loại bỏ SO_2 trong cột chuyển khối thứ nhất 30 luôn luôn giảm với sự bổ sung NO dư. Điều này được hiểu rằng việc bổ sung NO để thúc đẩy độ loại bỏ SO_2 trong cột chuyển khối thứ nhất 30 có thể được duy trì trong cột chuyển khối thứ hai 40, mà có thể được điều tiết và/hoặc thiết kế theo thời gian loại bỏ tiệm cận cộng với hệ số an toàn có liên quan.

Theo một số khía cạnh, việc loại bỏ NO_x trong bộ tiếp xúc thứ hai có thể được thúc đẩy thêm bằng cách bổ sung thêm oxy vào cột. Theo các khía cạnh khác, việc loại bỏ NO_x trong cột thứ hai 40 có thể được thúc đẩy bằng cách nén dòng 2A và/hoặc 2B đến áp suất cao hơn áp suất của cột thứ nhất 30 trước khi đi vào cột thứ hai. Điều này sẽ thúc đẩy sự chuyển đổi NO thành NO_2 như được thể hiện theo Phương trình G khiến cho các phản ứng loại bỏ được dẫn động để hoàn thành theo cách nhanh hơn. Áp suất xả chính xác của máy nén này có thể được điều chỉnh sao cho thực hiện việc loại bỏ cần thiết trong cột thứ hai 40. Các phương án này được minh họa trên Fig.1A trong đó máy nén 62 được thể hiện bằng đường 2A giữa khối 18 và cột thứ hai 40. Máy nén có thể là tùy chọn. Theo cách khác, liên quan đến FIG.1B, toàn bộ thành phần của dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x có thể được nạp vào việc hệ thống phát điện trong khối 18 nơi mà dòng này có thể

được nén. Do vậy, dòng 2B có thể được lấy một cách trực tiếp từ khối 18 ở áp suất bất kỳ cần được phân phối vào cột thứ hai 40.

Theo một số phương án, oxy có thể được mong muốn bổ sung thêm vào dòng trước khi đi vào cột thứ hai 40. Như được thể hiện trên Fig.1B, nguồn oxy 60 được đặt để cấp oxy qua đường ống 61a vào dòng 2B trước khi đi vào trong cột thứ hai 40. Cần hiểu rằng các phương tiện để bổ sung oxy tương tự có thể được ứng dụng để bổ sung oxy vào đường ống 2A trên Fig.1A. Nguồn oxy có thể là tùy chọn. Theo các khía cạnh khác, việc bổ sung oxy và sử dụng nén lại có thể được thực hiện để thúc đẩy thêm việc loại bỏ NO_x .

Sáng chế được mô tả thêm nhờ các ví dụ sau đây, các ví dụ này được mô tả nhằm minh họa các khía cạnh nhất định của sáng chế và các ví dụ này không xem như giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ 1

Việc đánh giá được thực hiện liên quan đến hệ thống phát điện sử dụng việc đốt oxy của nhiên liệu chứa cacbon để cấp năng lượng cho chu trình phát điện Brayton hoàn nhiệt toàn phần, chuyển tiếp tới hạn cacbon đioxit. Theo các khía cạnh khác, hệ thống này vốn bẫy CO_2 ở áp suất càng hóa và/hoặc áp suất sẵn có trong đường ống. Theo các khía cạnh mà nồng độ sulfua và nitơ là thấp trong nhiên liệu đốt, CO_2 có thể được bẫy bằng cách sử dụng các bước hậu xử lý tối thiểu. Do đó, CO_2 xả ra khỏi chu trình có thể được thoát vào đường ống CO_2 ở các mức độ tinh khiết phân tử mong muốn với từ rất ít đến không có các bước hậu xử lý thêm. Tuy nhiên, khi nhiên liệu chứa nồng độ sulfua và nitơ ở mức cao, và/hoặc khi sự nạp khí vào hệ thống là các nhiệt độ đốt tương đối cao, và nhiệt độ cao ở đầu nóng của thiết bị oxi hóa nhiên liệu cũng như các hợp phần có thể oxi hóa khác và có thể sinh ra các khí axit như NO_x và/hoặc SO_x mà cần phải được loại bỏ để bảo vệ cả thiết bị xử lý lẫn thỏa mãn mức độ tinh khiết đường ống CO_2 được ủy thác.

Theo một ví dụ, hệ thống 50 được tạo kết cấu, theo cách như được mô tả trong bản mô tả này, có cột chuyển khối thứ nhất và thứ hai. Cột chuyển khối thứ nhất được kết hợp vào trong dòng chất lưu tái chế, và xử lý và loại bỏ theo lựa chọn SO_2 ra khỏi dòng tái chế. Tại điểm vào của cột chuyển khối thứ nhất, NO được phun vào trong dòng chất lưu tái chế qua quy trình thích hợp bất kỳ ở tốc độ dòng chảy ổn định, và được điều chỉnh nhằm điều khiển loại bỏ SO_2 hoàn toàn bên trong cột chuyển khối thứ nhất dựa vào thời gian lưu được tạo ra. Theo một phương án làm ví dụ, tốc độ phun NO là khoảng 46,67 pao/giờ (21,17 kg/giờ) và sử dụng oxi hóa ammoniac trên chất xúc tác. Bên trong cột

chuyển khối thứ nhất, ở áp suất xấp xỉ 30 bar (3Mpa) và ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 60°F (15,56°C) đến 200°F (93,33°C), SO₂ được loại bỏ và phần lớn NO được phép đi ra với chất lưu công tác và do đó tái tuần hoàn bên trong quy trình nhờ đó dẫn đến nồng độ NO trong toàn hệ thống tăng ở mức cao. Nồng độ NO cao như vậy được hiểu là thúc đẩy việc loại bỏ SO₂ bên trong cột chuyển khối thứ nhất.

Cột chuyển khối thứ hai vận hành ở đầu ra của hệ thống phát điện ở áp suất xấp xỉ 30 bar (3Mpa) và ở nhiệt độ xấp xỉ nhiệt độ môi trường xung quanh. Cụ thể hơn, cột chuyển khối thứ hai loại bỏ NO sót lại trong chất lưu công tác đến nồng độ mong muốn, như xấp xỉ 20 ppm. Các mô phỏng bằng máy tính của hệ thống làm ví dụ đã được hoàn thành, và các kết quả và đầu vào có liên quan như thời gian lưu và nồng độ đầu vào và nồng độ đầu ra của NO và SO₂ được thể hiện trong Bảng 1 dưới đây. Các kết quả và đầu vào có liên quan được thể hiện trên Bảng 1 dưới đây chỉ nhằm mục đích minh họa và không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế. Các kết quả đã bộc lộ trong bảng này không nhằm giải thích như các chỉ số cụ thể, song các kết quả này chỉ là các biểu thị về kết quả gần đúng (nghĩa là, lượng SO_x (phần mol) ra khỏi cột chuyển khối thứ hai, 1,39E-20, biểu thị rằng lượng SO_x ra khỏi cột chuyển khối thứ hai gần như bằng không).

Bảng 1 – Các đặc tính của cột chuyển khối thứ nhất và thứ hai của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp trong hệ thống phát điện

Cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp	Giây	Thời gian lưu cần thiết	30
Cột chuyển khối thứ hai của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp	Giây	Thời gian lưu cần thiết	22,2
Bổ sung NO _x	paomol_NO/giờ	NO phun	1,5553
	pao_NO/giờ	NO phun	46,6685495
Cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp	pao/giờ	Tổng NO tại đầu nạp	780,744945
		Tổng SO ₂ tạo đầu nạp	14458,5508
		NO đầu ra	780,474244
		SO ₂ đầu ra	0,000263097
	Phần mol	NO nạp	0,000151911
		SO ₂ nạp	0,00131764
		NO _x ra	0,000155385
		SO _x ra	2,45E-11
	pao/giờ	Tổng khối lượng dòng ra	7335076,8
Cột chuyển khối thứ hai của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp	pao/giờ	NO _x nạp	44,1640181
		SO _x nạp	1,49E-05
		NO _x đầu ra	8,44E-15
		SO _x đầu ra	5,6701554
	Phần mol	NO _x vào	0,000155632
		SO _x vào	2,46E-11
		NO _x ra	2,00E-05
		SO _x ra	1,39E-20
	pao/giờ	Tổng khối lượng dòng ra	413664,494

Mặc dù việc tăng tốc độ của dòng NO nạp vào quy trình tái tuần hoàn khí dòng sẽ làm giảm thời gian lưu cần thiết trong cột chuyển khối thứ nhất của bình phản ứng tiếp xúc trực tiếp so với tổng loại bỏ SO₂, sự cân bằng giữa các chi phí thay đổi của nhiệm vụ

bơm, bổ sung NO, trung hòa, và chi phí đầu tư của cỡ cột hiện có, cuối cùng sẽ xác định thời gian lưu cần thiết đối với tốc độ và chi phí loại bỏ SO₂ tối ưu.

Các biến thể và các phương án của sáng chế sẽ được người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế biết đến nhờ các lợi ích có được từ phần mô tả nêu trên và các hình vẽ kèm theo. Do đó, cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án cụ thể đã bộc lộ và các biến thể và các phương án khác đều nằm trong phạm vi bảo hộ được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Mặc dù các thuật ngữ cụ thể được sử dụng trong bản mô tả này song các thuật ngữ này được sử dụng theo nghĩa chung và mang tính minh hoặc và không nhằm mục đích giới hạn sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp loại bỏ khí axit ra khỏi dòng sản phẩm của chu trình phát điện, phương pháp bao gồm:

thực hiện chu trình phát điện;

hướng dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x từ chu trình phát điện vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất;

cho dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất tiếp xúc với dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ nhất;

loại bỏ ít nhất một phần của SO_2 có mặt trong dòng sản phẩm trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất qua phản ứng giữa SO_2 và NO_2 trong dòng sản phẩm với sự có mặt của dòng chất lỏng trong nước;

rút dòng tái chế CO_2 và NO_x ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; và
phân phối ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x về lại chu trình phát điện.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ nhất chứa H_2SO_4 .

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x chứa ít nhất là 10 ppm NO_x trên cơ sở tổng khối lượng của dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x .

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được khống chế trong phạm vi sao cho ít hơn 50% theo khối lượng của NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được chuyển đổi thành HNO_3 trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất có NO_x có mặt với lượng ít nhất là 90% theo khối lượng trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được đưa vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x mà được rút từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất gần như không chứa SO_2 hoặc chứa SO_2 với lượng thấp hơn 50 ppm trên cơ sở tổng khối lượng của dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x .
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được điều chỉnh bằng cách bổ sung NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó NO_x được bổ sung phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất bằng cách kết hợp nguồn nitơ với nhiên liệu và chất oxy hóa trong buồng đốt nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.
9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó NO_x được bổ sung một cách trực tiếp vào dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.
10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó NO_x được bổ sung một cách trực tiếp vào dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x phía trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được sinh ra từ amoniac.
11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nồng độ NO_x trong dòng sản phẩm chứa CO_2 , SO_x , và NO_x được điều chỉnh bằng cách tăng hoặc giảm dòng xả từ bơm tái tuần hoàn thứ nhất mà được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng sản phẩm lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất và tái tuần hoàn dòng sản phẩm lỏng vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.
12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một phần NO_x trong dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được hướng về lại chu trình phát điện.
13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được chia thành dòng chất lưu công tác tái tuần hoàn mà được hướng về lại trong chu trình phát điện và dòng sản phẩm CO_2 thuần.

14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm:

hướng ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai;

cho dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai tiếp xúc với dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ hai;

loại bỏ ít nhất một phần NO_2 ra khỏi dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai qua phản ứng giữa NO_2 và nước; và

rút dòng chứa CO_2 ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó dòng chất lỏng trong nước tuần hoàn ngược dòng thứ hai chứa HNO_3 .

16. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước bổ sung O_2 vào dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x trước khi hướng dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x này vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

17. Phương pháp theo điểm 14, trong đó trước khi hướng ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x vào trong tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai, dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x này được nén bằng cách sử dụng máy nén trong chu trình phát điện.

18. Phương pháp theo điểm 14, trong đó dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được chia thành phần tái tuần hoàn mà được hướng về lại chu trình phát điện và phần sản phẩm thuần mà được hướng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

19. Hệ thống loại bỏ khí axit ra khỏi dòng sản phẩm của chu trình phát điện, hệ thống này bao gồm:

bộ chuyển đổi được tạo kết cấu để phân phối dòng sản phẩm của chu trình phát điện chứa CO_2 , SO_x , và NO_x từ bộ phận của chu trình phát điện;

tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng sản phẩm của chu trình phát điện chứa CO_2 , SO_x , và NO_x từ bộ phận của chu trình phát điện ở các điều kiện phản ứng khiến cho ít nhất một phần của SO_2 được loại bỏ ra khỏi dòng

này và dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được đưa ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất;

bơm tái tuần hoàn thứ nhất nối thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng chất lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất và tái tuần hoàn ít nhất một phần của dòng chất lỏng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất; và

bộ chuyển đổi được tạo kết cấu để phân phối ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x vào bộ phận của chu trình phát điện.

20. Hệ thống theo điểm 19, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để tiếp nhận ít nhất một phần dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất ở các điều kiện phản ứng khiến cho ít nhất một phần của NO_2 trong dòng tái chế chứa CO_2 và NO_x được loại bỏ ra khỏi dòng này và dòng chứa CO_2 được đưa ra khỏi tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai; và

bơm tái tuần hoàn thứ hai nối thông chất lưu với tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai được tạo kết cấu để tiếp nhận dòng chất lỏng từ tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và tái tuần hoàn ít nhất một phần của dòng chất lỏng vào tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai.

21. Hệ thống theo điểm 19, trong đó hệ thống này còn bao gồm cửa nạp O_2 nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và nằm sau tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

22. Hệ thống theo điểm 19, trong đó hệ thống này còn bao gồm máy nén nằm trước tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ hai và nằm sau tháp làm nguội tiếp xúc trực tiếp thứ nhất.

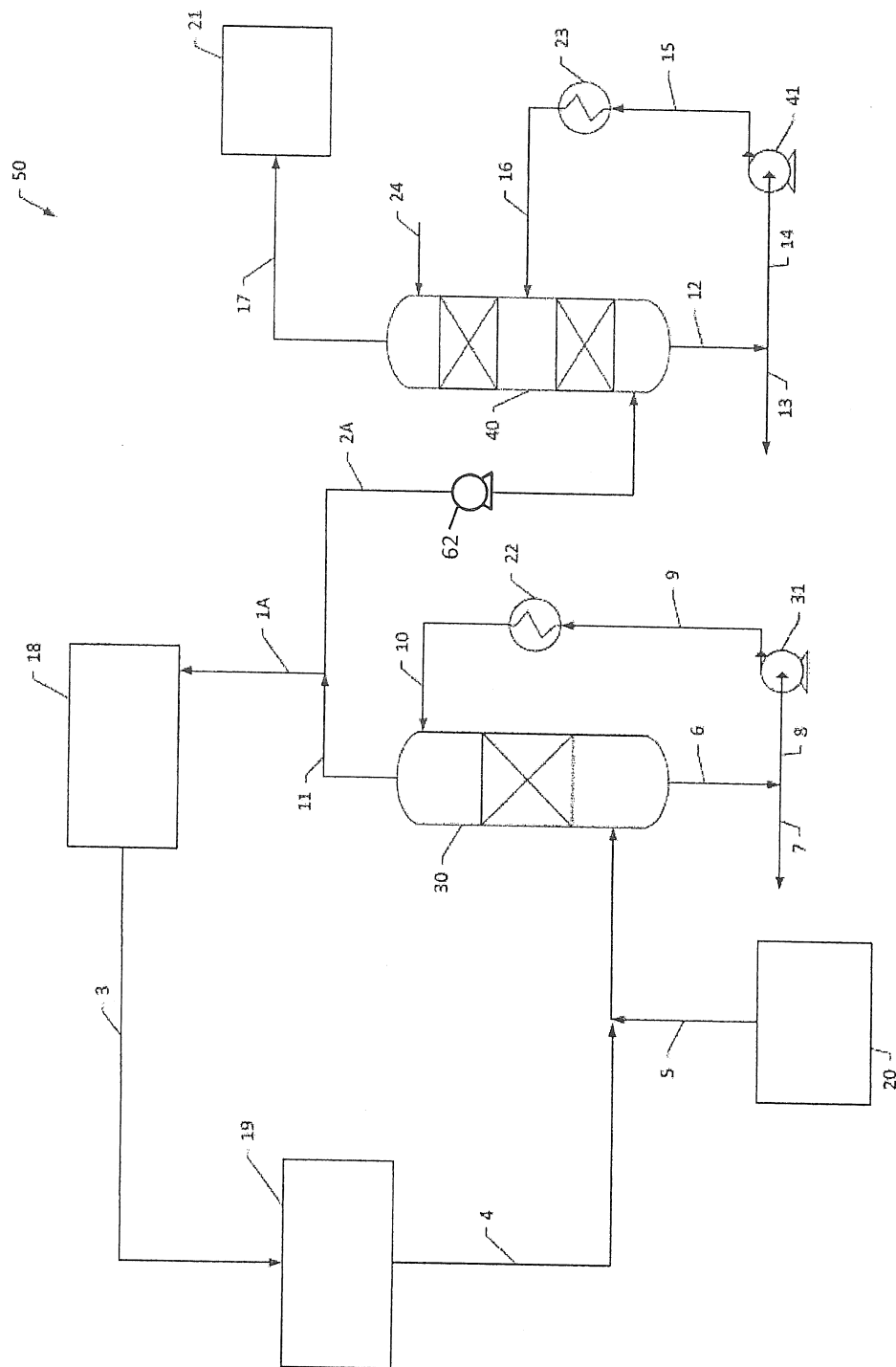


FIG. 1A



3/4

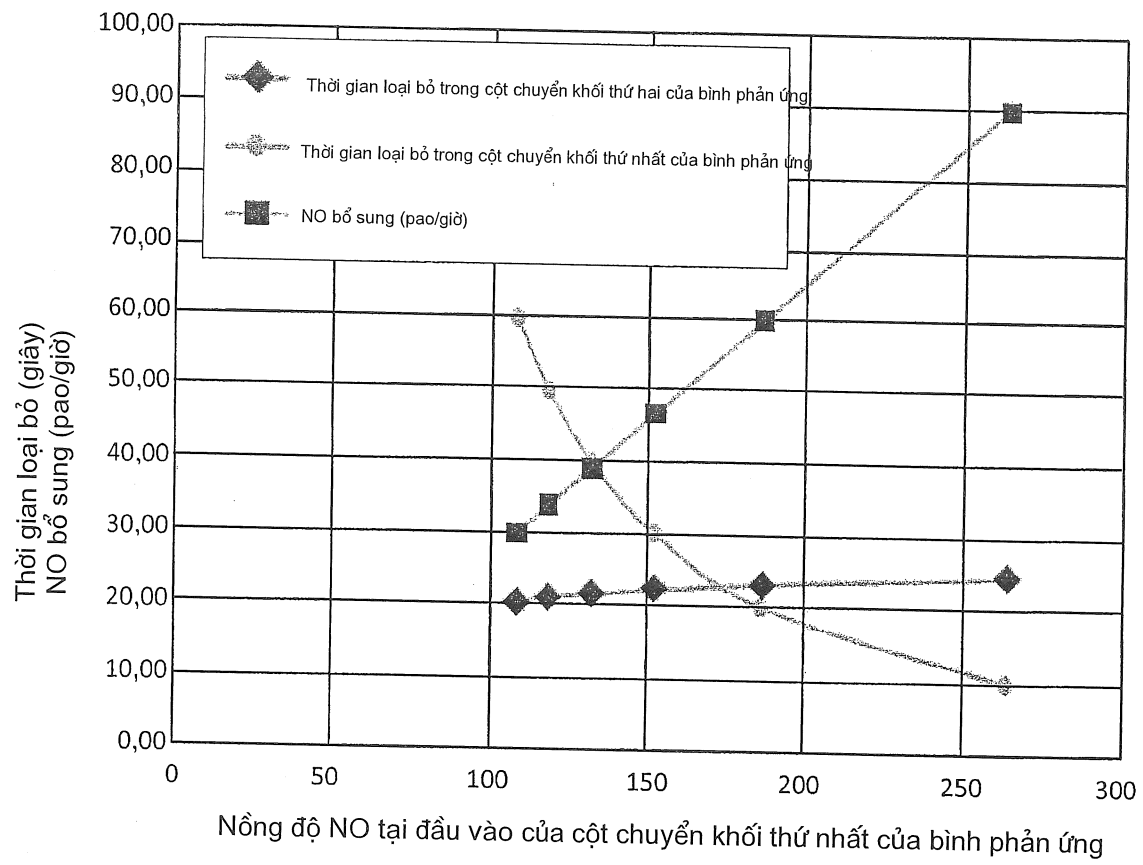


FIG. 2

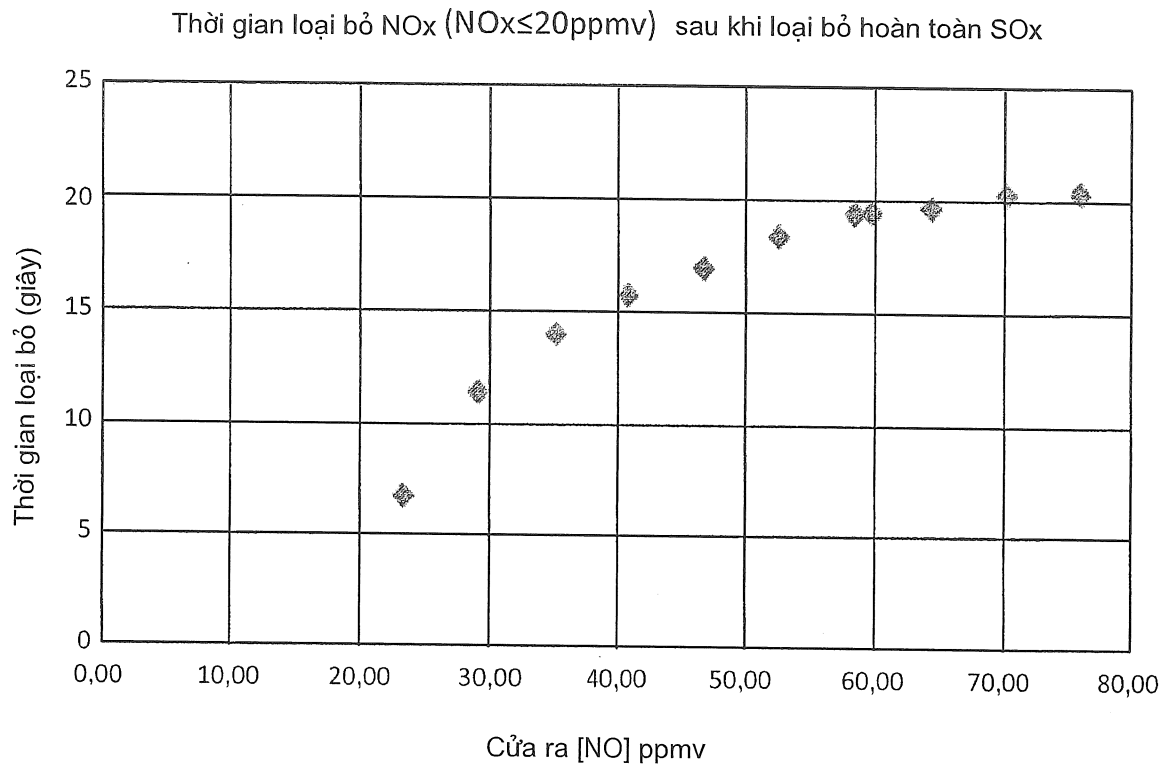


FIG. 3