



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

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

(11)



1-0023832

(51)⁷ B01D 53/62; F02C 3/34; F02C 1/08

(13) B

(21) 1-2013-02973

(22) 05/03/2012

(86) PCT/US2012/027781 05/03/2012

(87) WO2012/128929A2 27/09/2012

(30) 61/466,385 22/03/2011 US; 61/466,384 22/03/2011 US; 61/466,381

22/03/2011 US; 61/542,035 30/09/2011 US; 61/542,031 30/09/2011 US;

61/542,041 30/09/2011 US; 61/542,030 30/09/2011 US

(45) 25/05/2020 386

(43) 25/02/2014 311A

(73) ExxonMobil Upstream Research Company (US)

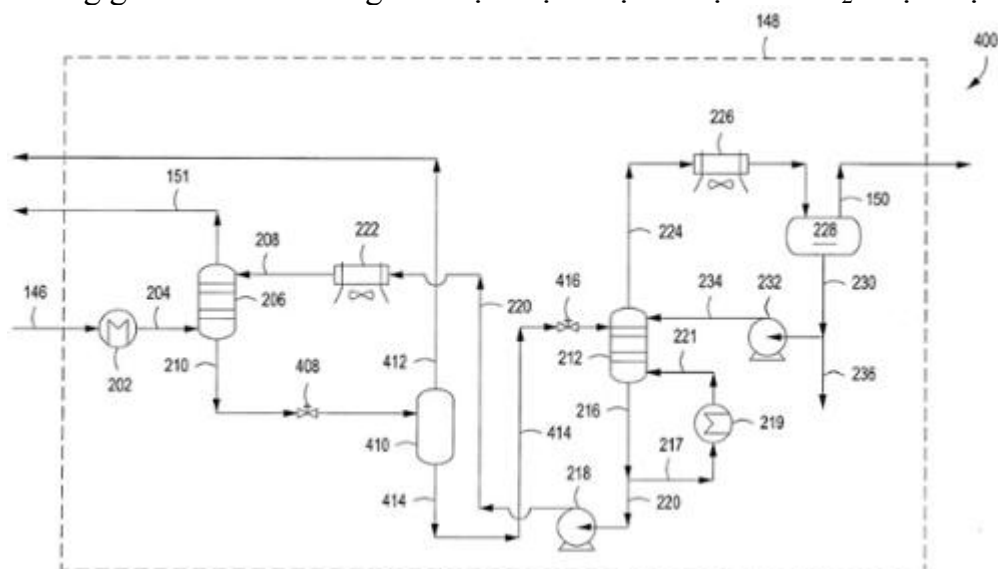
P. O. Box 2189 (CORP-URC-SW359), Houston, Texas 77252-2189, United States of America

(72) Franklin F. Mittricker (US); Richard A. Huntington (US); Russell H. Oelfke (US)

(74) Công ty Luật TNHH AMBYS Hà Nội (AMBYS HANOI)

(54) HỆ THỐNG TẠO NĂNG LƯỢNG TÍCH HỢP VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO NĂNG LƯỢNG

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống tạo năng lượng tích hợp và phương pháp tạo năng lượng. Một hệ thống bao gồm hệ thống tuabin khí mà đốt cháy nhiên liệu và chất oxy hóa trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén để cung cấp cơ năng và khí thải. Dòng làm sạch được lấy từ dòng tuần hoàn được nén và được dẫn đến thiết bị phân tách CO₂ được tạo kết cấu để hấp thụ CO₂ từ dòng làm sạch bằng cách sử dụng dung môi kali cacbonat. Các chất dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung môi đậm đặc bằng cách cất hoặc chưng nhanh đến áp suất trung gian trước khi dung môi đậm đặc được tái tạo và CO₂ được loại bỏ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp. Cụ thể hơn, các phương án của sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị để đốt cháy nhiên liệu để tạo năng lượng và sản xuất cacbon đioxit (CO_2) tăng cường, và sử dụng công nghệ dung môi để thu CO_2 .

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của phần này là giới thiệu các khía cạnh khác nhau trong lĩnh vực này, mà có thể được kết hợp với các phương án mẫu của sáng chế. Phần bản luận này được tin là có tác dụng hỗ trợ việc cung cấp nền tảng giúp dễ dàng hiểu được các khía cạnh cụ thể của sáng chế. Theo đó, cần hiểu rằng đoạn này được đọc theo quan niệm đó, và không nhất thiết là sự thừa nhận tình trạng kỹ thuật.

Nhiều nước sản xuất dầu mỏ đang trải qua sự gia tăng mạnh nhu cầu năng lượng trong nước và quan tâm đến phương pháp thu hồi dầu tăng cường (enhanced oil recovery - EOR) để nâng cao hiệu quả thu hồi dầu từ các bể chứa. Hai kỹ thuật thu hồi dầu tăng cường (EOR) phổ biến bao gồm phun nitơ (N_2) để duy trì áp suất bể chứa và phun cacbon đioxit (CO_2) để phun ngập trộn lẫn cho việc thu hồi dầu tăng cường (EOR). Ngoài ra còn một lo ngại mang tính toàn cầu về khí thải gây hiệu ứng nhà kính (green house gas - GHG). Mối lo ngại này kết hợp với việc thực hiện các chính sách mua bán hạn ngạch ô nhiễm ở nhiều nước (còn gọi là cap-and-trade) khiến việc làm giảm sự phát thải CO_2 trở thành ưu tiên hàng đầu đối với các nước này và các nước khác cũng như với các công ty vận hành hệ thống sản xuất hydrocacbon trong các nước đó.

Một số phương pháp làm giảm sự phát thải CO_2 bao gồm khử cacbon nhiên liệu hoặc thu sau đốt cháy bằng cách sử dụng dung môi như các amin. Tuy nhiên, cả hai giải pháp này đều tốn kém và làm giảm hiệu suất tạo năng lượng, dẫn tới sự tạo ra năng lượng thấp, nhu cầu nhiên liệu tăng lên và chi phí điện năng tăng lên để đáp ứng yêu cầu năng lượng trong nước. Cụ thể, sự có mặt của oxy, lưu huỳnh oxit (SO_x), và

nitơ oxit (NO_x) gây khó khăn cho việc sử dụng sự hấp thụ dung môi amin. Một phương pháp khác là tuabin chạy bằng khí oxy nhiên liệu trong chu trình kết hợp (ví dụ, trong đó nhiệt thải ra từ chu trình Brayton cho tuabin khí được giữ lại để tạo ra hơi và sản xuất năng lượng bổ sung trong chu trình Rankine). Tuy nhiên, không có tuabin khí nào bán trên thị trường có thể hoạt động trong chu trình đã nêu và năng lượng cần để sản xuất oxy có độ tinh khiết cao làm giảm đáng kể tổng hiệu suất của quy trình.

Hơn nữa, với sự quan tâm ngày càng gia tăng về sự thay đổi khí hậu toàn cầu và tác động của khí thải cacbon đioxit, việc giảm thiểu lượng khí thải cacbon đioxit từ các nhà máy năng lượng được đặc biệt chú trọng. Nhà máy năng lượng dùng tuabin khí rất hiệu quả và có chi phí thấp hơn so với nhà máy sử dụng kỹ thuật sản xuất năng lượng hạt nhân hoặc từ than đá. Việc thu CO_2 từ khí thải của nhà máy năng lượng dùng tuabin khí rất tốn kém, tuy nhiên, do nồng độ của CO_2 trong ống xả thấp nên lượng lớn khí cần phải được xử lý, và áp suất của dòng thải thấp. Các yếu tố này, trong số các yếu tố khác, dẫn đến chi phí thu CO_2 cao.

Trước đây, việc thu và thu hồi CO_2 từ các hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp mà kết hợp vòng tái chế khí thải đã được mô tả. Ví dụ, Đơn xin cấp patent Mỹ số 61/361173, mà được kết hợp trong bản mô tả này để tham khảo, minh họa sự sử dụng dung môi kali cacbonat (K_2CO_3) để hấp thụ và thu hồi CO_2 từ các hệ thống này. Tuy nhiên, khi CO_2 được thu hồi thông qua sự hấp thụ dung môi, dung môi cũng hấp thụ lượng nhỏ các thành phần dễ bay hơi (ví dụ, nitơ, oxy, argon, và cacbon monoxit) mà sẽ có độ hòa tan thấp trong dung môi nền nước như K_2CO_3 . Sau khi tái tạo dung môi để giải phóng CO_2 được hấp thụ, các thành phần dễ bay hơi này cũng sẽ bốc lên và lưu lại cùng với CO_2 . Nếu CO_2 được sử dụng cho EOR hoặc được phun vào trong bể chứa cho phản ứng cang hóa, thì sự có mặt của các chất dễ bay hơi có thể không thích hợp. Ví dụ, sự có mặt của oxy có thể làm tăng tốc độ ăn mòn, trong khi sự có mặt của cacbon monoxit (CO) có thể dẫn đến nguy cơ về tính an toàn hoặc môi trường nếu được giải phóng trong giai đoạn khởi động hoặc điều kiện thiết lập quy trình.

Theo đó, vẫn rất cần quy trình tạo năng lượng hiệu suất cao, phát thải thấp với chi phí thu và thu hồi CO_2 giảm. Ngoài ra, khi sử dụng dung môi K_2CO_3 để phân tách CO_2 , người ta còn quan tâm đến việc loại bỏ chất dễ bay hơi khỏi CO_2 được thu hồi.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến các hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp mà kết hợp vòng tuần hoàn khí thải và thu hồi cacbon đioxit (CO_2) bằng cách sử dụng hệ thống phân tách trên cơ sở kali cacbonat (K_2CO_3). Trong các hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp được mô tả ở đây, khí thải từ các tuabin khí phát thải thấp, mà được thông hơi trong nhà máy sử dụng chu trình kết hợp khí tự nhiên điển hình, được tuần hoàn và một phần khí thải tuần hoàn được phân tách ra và thu hồi. Thiết bị, hệ thống và phương pháp của sáng chế phân tách khí thải bằng cách sử dụng dung môi K_2CO_3 để hấp thụ và thu hồi CO_2 . Đôi khi quy trình phân tách K_2CO_3 được gọi là quy trình kali cacbonat nóng, hoặc quy trình “nồi nóng”. Sáng chế tiếp tục đề cập đến thiết bị và phương pháp loại bỏ các thành phần dễ bay hơi khỏi dung môi giàu CO_2 trước khi tái tạo dung môi và loại bỏ CO_2 , dẫn đến sự sản xuất CO_2 có độ tinh khiết cao với ít chất ô nhiễm. CO_2 được thu hồi có thể có thể được sử dụng cho quy trình thu hồi dầu tăng cường (EOR), phản ứng cang hóa, hoặc cho nhiều mục đích khác.

Trong các hệ thống và phương pháp của sáng chế, nhiên liệu và chất oxy hóa được nén được đốt cháy trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén trong buồng đốt để tạo ra dòng xả. Dòng xả được giãn nở để tạo ra năng lượng và dòng thải dạng khí, và dòng thải dạng khí này được làm lạnh và tuần hoàn đến máy nén chính. Máy nén chính tạo ra dòng tuần hoàn được nén. Một phần của dòng tuần hoàn được nén được dẫn ngược trở lại buồng đốt để hoạt động như chất pha loãng trong quá trình đốt cháy, trong khi phần còn lại của dòng tuần hoàn được nén được dẫn đến hệ thống phân tách CO_2 . Bên trong hệ thống phân tách CO_2 , khí thải được làm lạnh và dẫn đến cột hấp thụ, tại đây dung môi K_2CO_3 được sử dụng để hấp thụ CO_2 từ khí thải, tạo ra dòng cạn giàu nitơ và dung dịch dung môi bicacbonat.

Trong một hoặc nhiều phương án của sáng chế, các thành phần dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi bicacbonat bằng cách giải hấp dung dịch dung môi bằng hơi như nitơ, argon, hoặc hơi. Trong các phương án khác, các thành phần dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi bicacbonat bằng cách chưng nhanh dung dịch này đến áp suất đủ để giải phóng các khí dễ bay hơi khỏi dung môi trong khi vẫn giữ CO_2 trong dung dịch lỏng. Sau đó, các thành phần dễ bay hơi có thể được tuần

hoàn đến hệ thống tuần hoàn khí thải (EGR), ví dụ bằng cách kết hợp các khí dễ bay hơi với dòng tuần hoàn được làm lạnh đi vào máy nén chính. Trong cả hai trường hợp, ngay sau khi khí dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi bicacbonat, dung dịch này được chưng nhanh đến áp suất khí quyển hoặc áp suất gần bằng áp suất khí quyển và được tái tạo bằng cách đun sôi dung dịch này để loại bỏ CO_2 và nước, tạo ra dung môi K_2CO_3 được tái tạo nghèo. Dung dịch được tái tạo có thể được tuần hoàn đến cột hấp thụ, trong khi CO_2 và nước được loại bỏ khỏi dung dịch chứa dung môi có thể được làm lạnh và ngưng tụ để tạo ra dòng nước và dòng CO_2 được thu hồi. Bằng cách loại bỏ các khí dễ bay hơi khỏi dung dịch dung môi bicacbonat trước khi tái tạo dung môi và thu hồi CO_2 , thu được sản phẩm CO_2 có độ tinh khiết cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các ưu điểm đã nêu và ưu điểm khác của sáng chế có thể trở nên rõ ràng nhờ phần mô tả chi tiết và các hình vẽ về các ví dụ không giới hạn của các phương án dưới đây trong đó:

Fig.1 mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO_2 tăng cường.

Fig.2 mô tả hệ thống thu CO_2 minh họa được sử dụng trong hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO_2 tăng cường.

Fig.3 mô tả hệ thống thu CO_2 minh họa khác kết hợp phần giải hấp để loại bỏ các chất dễ bay hơi trước khi tái tạo dung dịch dung môi bicacbonat và loại bỏ CO_2 .

Fig.4 mô tả hệ thống thu CO_2 minh họa khác kết hợp bước chưng nhanh để loại bỏ các chất dễ bay hơi trước khi tái tạo dung dịch dung môi bicacbonat và loại bỏ CO_2 .

Fig.5 mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO_2 tăng cường trong đó các chất dễ bay hơi được loại bỏ trong hệ thống thu CO_2 được tuần hoàn đến hệ thống tuần hoàn khí thải.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần mô tả chi tiết dưới đây, các phương án cụ thể của sáng chế được mô tả kết hợp với các phương án ưu tiên. Tuy nhiên, trong phạm vi mà phần mô tả dưới đây hướng đến phương án cụ thể hoặc sự sử dụng cụ thể của sáng chế, phần mô tả chi

tiết này đơn thuần chỉ để minh họa và cung cấp phần mô tả các phương án ví dụ. Do đó, sự bộc lộ này không bị giới hạn ở các phương án cụ thể được mô tả dưới đây, mà hơn nữa, nó còn bao gồm tất cả các sự biến đổi, thay đổi và tương đương trong phạm vi của phần bảo hộ đính kèm.

Phần dưới đây định nghĩa các thuật ngữ khác nhau được sử dụng trong bản mô tả. Nếu một thuật ngữ sử dụng trong một điểm yêu cầu bảo hộ nào đó không được định nghĩa trong phần dưới đây thì người có trình độ trong lĩnh vực phải hiểu rằng định nghĩa về thuật ngữ đó là định nghĩa rộng nhất trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan mà được nêu trong ít nhất một công bố giấy hoặc patent đã được cấp.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "khí tự nhiên" chỉ khí nhiều thành phần thu được từ giếng dầu thô (khí kết hợp) hoặc từ vỉa chứa khí ngầm (khí không kết hợp). Thành phần và áp suất của khí tự nhiên có thể thay đổi đáng kể. Dòng khí tự nhiên thường chứa metan (CH_4) là thành phần chính, nghĩa là hơn 50 %mol khí tự nhiên là metan. Dòng khí tự nhiên cũng có thể chứa etan (C_2H_6), hydrocacbon trọng lượng phân tử cao (ví dụ, C_3 - C_{20} hydrocacbon), một hoặc nhiều khí axit (ví dụ, hydro sulfua, cacbon đioxit), hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Khí tự nhiên cũng có thể chứa lượng nhỏ chất ô nhiễm như nước, nitơ, sắt sulfua, sáp, dầu thô hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng.

Như sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "cháy theo tỉ lượng" chỉ phản ứng đốt cháy có thể tích chất phản ứng bao gồm nhiên liệu và chất oxy hóa và thể tích sản phẩm tạo thành từ sự đốt cháy các chất phản ứng trong đó tổng thể tích của các chất phản ứng được sử dụng để tạo ra sản phẩm. Như sử dụng ở đây, thuật ngữ "cháy gần như theo tỉ lượng" chỉ phản ứng đốt cháy có tỉ lệ tương đương nằm trong khoảng từ khoảng 0,9:1 đến khoảng 1,1:1, hoặc tốt hơn từ khoảng 0,95:1 đến khoảng 1,05:1.

Như sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "dòng" chỉ thể tích của chất lưu, mặc dù việc sử dụng thuật ngữ dòng này thường có nghĩa là thể tích chuyển động của chất lưu (ví dụ, có tốc độ hoặc lưu lượng chất). Tuy nhiên, thuật ngữ "dòng" không đòi hỏi tốc độ, lưu lượng khối hoặc loại ống dẫn cụ thể để chứa dòng.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, cụm từ "áp suất gần bằng áp suất khí quyển" chỉ áp suất trong khoảng 10%, hoặc tốt hơn là trong khoảng 5% của áp suất khí

quyển thực. Ví dụ, nếu áp suất khí quyển là 14,7psi thì áp suất bất kỳ nằm trong khoảng từ 13,2psi đến khoảng 16,2psi được coi là "áp suất gần bằng áp suất khí quyển".

Các phương án của hệ thống và quy trình được bộc lộ trong sáng chế sáng chế có thể được sử dụng để sản xuất điện phát thải cực thấp và CO₂ cho EOR hoặc các ứng dụng cảng hóa. Theo một số phương án được bộc lộ trong bản mô tả này, hỗn hợp chứa khí và nhiên liệu có thể được đốt cháy và trộn đồng thời với dòng khí thải tuần hoàn. Dòng khí thải tuần hoàn được làm lạnh và nén và có thể được sử dụng làm chất pha loãng để kiểm soát hoặc giảm nhiệt độ của sự đốt cháy theo tỉ lượng và của khí thải đi vào bộ phận giãn nở kế tiếp. Trong một hoặc nhiều phương án, điều kiện đốt cháy không theo tỉ lượng. Trong các phương án khác, điều kiện đốt cháy theo tỉ lượng hoặc gần theo tỉ lượng.

Khí thải không được tuần hoàn đến buồng đốt cháy được phân tách để thu CO₂ và tạo ra dòng cặn chứa nitơ. Trong các ứng dụng EOR, CO₂ thu hồi được phun vào trong hoặc cạnh các giếng dầu sản xuất, thường là dưới điều kiện siêu tới hạn. CO₂ hoạt động cả như chất gia áp và, khi được hòa tan trong dầu thô ngầm làm giảm đáng kể độ nhớt của dầu tạo thuận lợi cho dầu chảy nhanh hơn xuyên qua lòng đất đến giếng loại bỏ. Dòng cặn chứa nitơ (và thường chứa cả oxy và argon) có thể được sử dụng để tạo thêm năng lượng, và cũng có thể được sử dụng cho nhiều mục đích, bao gồm duy trì áp suất. Trong các ứng dụng duy trì áp suất, khí trơ như nitơ được nén và phun vào trong bể chứa hydrocacbon để duy trì áp suất ban đầu trong bể chứa, do đó cho phép thu hồi hydrocacbon tăng cường. Kết quả của các hệ thống được bộc lộ trong bản mô tả này là sản xuất năng lượng, tập trung và thu CO₂ theo cách hiệu quả kinh tế hơn.

Sự cháy ở điều kiện gần theo tỉ lượng (hoặc cháy "cần rất ít oxy") có thể thuận lợi để loại bỏ chi phí loại bỏ oxy thừa. Bằng cách làm lạnh khí thải và ngưng tụ nước ra khỏi dòng, có thể tạo ra dòng với hàm lượng CO₂ tương đối cao. Trong khi một phần khí thải tuần hoàn có thể được sử dụng để làm giảm nhiệt độ trong chu trình Brayton kín, dòng khí làm sạch còn lại có thể được sử dụng cho các ứng dụng EOR và điện năng có thể được tạo ra với ít hoặc không có SO_x, NO_x, hoặc CO₂ được phát thải

vào khí quyển. Kết quả của quy trình này là tạo ra năng lượng và sản xuất thêm CO₂.

Sự cháy theo tỉ lượng hoặc gần theo tỉ lượng của nhiên liệu kết hợp với tăng áp suất của khí thải trước khi được nén cho quy trình tuần hoàn kín có thể khiến áp suất thành phần của CO₂ cao hơn nhiều so với trong khí thải tuabin truyền thống. Vì vậy, sự thu cacbon trong quy trình phân tách CO₂ có thể được thực hiện bằng cách sử dụng dung môi ít tổn năng lượng hơn, ví dụ kali cacbonat (K₂CO₃). Sự có mặt của oxy (O₂), lưu huỳnh oxit (SO_x), và nitơ oxit (NO_x) trong khí thải khiến việc sử dụng dung dịch amin (ví dụ, MEA, DEA, MDEA, và các dung môi liên quan) trở nên khó khăn ngay cả tại áp suất cao và hàm lượng CO₂ tăng, do dung môi amin có thể thoái biến trong sự có mặt của các chất này. Hơn nữa, K₂CO₃ dễ dàng hấp thụ SO_x và NO_x, biến đổi chúng thành phân bón đơn như kali sulfít (K₂SO₃) và kali nitrat (KNO₃). Phân bón này có thể dễ dàng được thải ra một cách vô hại với môi trường.

Trong một hoặc nhiều phương án của sáng chế, các hệ thống tạo năng lượng tích hợp được đề xuất bao gồm hệ thống tuabin khí, hệ thống tuần hoàn khí thải, và hệ thống phân tách CO₂. Các phương án khác nhau của mỗi trong số các thành phần này được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Hệ thống tuabin khí

Hệ thống turbin khí bao gồm buồng đốt, máy nén đầu vào, và bộ phận giãn nở, trong đó buồng đốt được tạo kết cấu để đốt cháy một hoặc nhiều chất oxy hóa và một hoặc nhiều nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén để tạo ra dòng xả. Dòng xả được giãn nở trong bộ phận giãn nở để tạo ra dòng thải dạng khí. Một hoặc nhiều chất oxy hóa có thể bao gồm chất lưu chứa oxy bất kỳ, như không khí xung quanh, không khí được làm giàu oxy, oxy gần như tinh khiết hoặc hỗn hợp của chúng. Một hoặc nhiều nhiên liệu có thể chứa khí tự nhiên, khí kết hợp, diesel, dầu nhiên liệu, than đá khí hóa, than cốc, dầu mỏ, etan, butan, propan, khí tổng hợp, dầu lửa, nhiên liệu máy bay, nhiên liệu sinh học, nguyên liệu cấp hydrocacbon được oxy hóa, hydrocacbon thích hợp khác chứa khí hoặc chất lỏng, hydro, cacbon monoxit, hoặc hỗn hợp của chúng. Ngoài ra, nhiên liệu có thể chứa các thành phần trợ bao gồm, nhưng không giới hạn ở N₂ hoặc CO₂. Trong một số phương án, nhiên liệu có thể ít nhất được cấp một phần bởi bể chứa hydrocacbon mà có lợi từ EOR thông qua việc

phun CO₂ được thu bằng cách sử dụng quy trình được mô tả ở đây. Trong các phương án nhất định, nhiên liệu chứa khí tự nhiên.

Trong một hoặc nhiều phương án, điều kiện đốt cháy trong buồng đốt là theo tỉ lượng hoặc gần theo tỉ lượng. Chất pha loãng có thể được cấp cho buồng đốt để kiểm soát hoặc điều tiết nhiệt độ đốt cháy hoặc khí ống khói để đáp ứng yêu cầu nguyên liệu của bộ phận giãn nở tiếp theo. Dòng chất pha loãng có thể được điều chỉnh để duy trì điều kiện đốt cháy theo tỉ lượng trong buồng đốt, làm giảm những thay đổi về thành phần, lưu lượng theo thể tích, hoặc những biến đổi khác ở chất oxy hóa và dòng nhiên liệu. Trong một hoặc nhiều phương án, chất pha loãng cung cấp cho buồng đốt chứa ít nhất một phần của dòng tuần hoàn được nén.

Trong một số phương án, hơi áp suất cao cũng có thể được sử dụng làm chất pha loãng trong buồng đốt. Trong các phương án này, sự bổ sung hơi sẽ làm giảm yêu cầu về năng lượng và kích thước trong hệ thống, nhưng sẽ yêu cầu bổ sung chu trình tuần hoàn kín nước.

Ngoài ra, trong các phương án khác, chất oxy hóa được nén cấp cho buồng đốt có thể chứa agon. Ví dụ, chất oxy hóa có thể chứa từ khoảng 0,1 đến khoảng 5,0 % thể tích agon, hoặc từ khoảng 1,0 đến khoảng 4,5 % thể tích agon, hoặc từ khoảng 2,0 đến khoảng 4,0 % thể tích agon, hoặc từ khoảng 2,5 đến khoảng 3,5 % thể tích agon, hoặc khoảng 3,0 % thể tích agon.

Máy nén đầu vào có thể là máy nén đơn hoặc hai hoặc nhiều máy nén hoạt động song song hoặc liên tiếp nhau. Mỗi máy nén có thể bao gồm một hoặc nhiều tầng. Trong các máy nén nhiều tầng, tầng giữa làm lạnh có thể tùy ý được sử dụng để cho phép tỉ lệ nén tổng thể cao hơn và công suất đầu ra tổng thể cao hơn. Khi hơn một máy nén được sử dụng để nén dòng chất oxy hóa, các máy nén hoạt động cùng nhau được gọi là "máy nén đầu vào" trong bản mô tả này. Máy nén đầu vào có thể là loại bất kỳ thích hợp cho quy trình được mô tả trong bản mô tả này. Các máy nén này bao gồm, nhưng không giới hạn ở máy nén trục, ly tâm, pittong hoặc hai trục và sự kết hợp của các loại máy này. Trong một hoặc nhiều phương án, máy nén đầu vào bao gồm máy nén trục.

Sự đốt cháy của chất oxy hóa và nhiên liệu trong buồng đốt tạo ra dòng xả. Dòng

xả chứa sản phẩm đốt cháy, và các thành phần riêng lẻ của chúng sẽ thay đổi tùy thuộc vào thành phần của nhiên liệu và chất oxy hóa được sử dụng trong buồng đốt. Trong một hoặc nhiều phương án, dòng xả có thể chứa nước được bốc hơi, CO_2 , O_2 , cacbon monoxit (CO), nitơ (N_2), argon (Ar), NO_x , SO_x , hydro sulfua (H_2S), hoặc hỗn hợp của chúng. Dòng xả này có thể được giãn nở trong bộ phận giãn nở để tạo thành dòng thải dạng khí.

Bộ phận giãn nở có thể là bộ phận nén đơn hoặc hai hoặc nhiều bộ phận giãn nở hoạt động song song hoặc liên tiếp nhau. Mỗi bộ phận giãn nở có thể bao gồm một hoặc nhiều tầng. Khi hơn một bộ phận giãn nở được sử dụng để giãn nở dòng xả, các bộ phận giãn nở kết hợp với nhau này được gọi là "bộ phận giãn nở" trong bản mô tả này. Bộ phận giãn nở có thể là loại thích hợp bất kỳ cho quy trình được mô tả ở đây, bao gồm nhưng không giới hạn ở bộ phận giãn nở trực hoặc ly tâm hoặc sự kết hợp của các loại này. Sự giãn nở của dòng xả tạo ra năng lượng, năng lượng này được sử dụng để dẫn động một hoặc nhiều máy nén hoặc máy phát điện. Trong một hoặc nhiều phương án theo sáng chế, bộ phận giãn nở được liên kết với máy nén chính, mà sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây, thông qua trục chung hoặc cơ cấu ghép cơ học, điện, hoặc năng lượng khác, sao cho máy nén chính ít nhất được dẫn động một phần bởi bộ phận giãn nở. Trong các phương án khác, máy nén chính có thể được liên kết cơ học với động cơ điện có hoặc không có thiết bị tăng tốc hoặc giảm tốc như hộp số. Khi kết hợp với nhau, máy nén chính, buồng đốt, và bộ phận giãn nở có thể được đặc trưng là chu trình Brayton.

Hệ thống tuần hoàn khí thải (exhaust gas recirculation - EGR)

Hệ thống tuần hoàn khí thải (EGR) bao gồm máy nén tăng áp hoặc quạt cao áp và một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh được nối thông chất lưu với máy nén tăng áp, trong đó máy nén tăng áp được tạo kết cấu để nhận và tăng áp suất của dòng thải dạng khí và một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh được tạo kết cấu để làm lạnh dòng thải dạng khí và cung cấp dòng tuần hoàn được làm lạnh cho máy nén chính. Máy nén chính nén dòng tuần hoàn được làm lạnh và tạo ra dòng tuần hoàn được nén. Ít nhất một phần dòng tuần hoàn được nén được dẫn ngược trở lại buồng đốt, trong khi dòng làm sạch chứa phần dòng tuần hoàn được nén khác được làm lạnh để tạo ra dòng làm sạch được

làm lạnh mà được dẫn đến hệ thống phân tách CO₂.

Máy nén tăng áp (hoặc quạt cao áp) và một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh có thể được sắp xếp theo cách thích hợp cho mục đích này. Ví dụ, một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh có thể được đặt ở vị trí ngược chiều hoặc xuôi chiều với máy nén tăng áp, hoặc có thể ở vị trí cả ngược chiều và xuôi chiều với máy nén tăng áp. Một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh có thể là loại máy bất kỳ thích hợp để làm giảm nhiệt độ của khí thải, ví dụ, thiết bị thu hồi nhiệt (heat recovery unit - HRU), thiết bị trao đổi nhiệt, máy phát điện, thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC), thiết bị làm lạnh phụ, thiết bị làm lạnh cơ học, hoặc sự kết hợp của chúng. Trong một số phương án, thiết bị làm lạnh là HRU, mà có thể được đặt ở vị trí ngược dòng với máy nén tăng áp. Khi được sử dụng, HRU có thể được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí và sử dụng nhiệt dư trong dòng khí này để tạo ra hơi, ví dụ trong lò hơi hồi nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG). Hơi được tạo ra bởi HRSG có thể được sử dụng cho nhiều mục đích, ví dụ để dẫn động máy phát điện dùng tuabin hơi trong chu trình Rankine hoặc để khử muối trong nước. Trong cùng hoặc các phương án khác, thiết bị làm lạnh là DCC, mà có thể được đặt ở vị trí ngược chiều hoặc xuôi chiều với máy nén tăng áp. Khi được sử dụng, DCC có thể được tạo kết cấu để loại bỏ một phần nước ngưng tụ từ dòng tuần hoàn được làm lạnh thông qua dòng loại nước. Trong một số phương án, dòng loại nước có thể tùy ý được dẫn đến HRSG để cung cấp nguồn nước tạo thêm hơi. Trong một số phương án, cả HRSG và DCC được sử dụng để làm lạnh dòng thải dạng khí và mỗi chúng được đặt ở vị trí ngược dòng với máy nén tăng áp.

Trong một hoặc nhiều phương án, dòng tuần hoàn được làm lạnh được dẫn đến máy nén chính và được nén để tạo ra dòng tuần hoàn được nén. Máy nén chính có thể là máy nén đơn hoặc hai hoặc nhiều máy nén hoạt động song song hoặc nối tiếp nhau. Mỗi máy nén có thể bao gồm một hoặc nhiều tầng. Trong các máy nén nhiều tầng, tầng giữa làm lạnh có thể tùy ý được sử dụng để cho phép tỉ lệ nén tổng thể cao hơn và công suất đầu ra tổng thể cao hơn. Khi hơn một máy nén được sử dụng để nén dòng tuần hoàn được làm lạnh, các máy nén cùng nhau được gọi là "máy nén chính" trong bản mô tả này. Máy nén chính có thể là loại bất kỳ thích hợp cho quy trình được mô tả trong bản mô tả này. Các máy nén này bao gồm, nhưng không giới hạn ở máy nén trục, ly tâm, pittong hoặc hai trục và sự kết hợp của các loại máy này. Trong một hoặc

hiều phương án, máy nén chính bao gồm máy nén trục. Việc làm lạnh và nén khí xả giúp giải quyết các vấn đề liên quan đến thể tích khí lớn mà phải được xử lý và áp suất thấp của dòng xả mà thường dẫn đến chi phí thu CO₂ cao, do đó khiến việc thu và thu hồi CO₂ trong các hệ thống này trở nên hiệu quả hơn và kinh tế hơn.

Sau khi thoát khỏi máy nén chính, dòng tuần hoàn được nén có thể được dẫn đến buồng đốt để sử dụng làm chất pha loãng để kiểm soát hoặc điều tiết nhiệt độ của sự đốt cháy và khí ống khói để đáp ứng yêu cầu nguyên liệu của bộ phận giãn nở tiếp theo và, khi thích hợp, để duy trì điều kiện đốt cháy theo tỉ lượng trong buồng đốt. Trong một hoặc nhiều phương án, dòng làm sạch có thể được chuyển dòng từ dòng tuần hoàn được nén và được dẫn đến hệ thống phân tách CO₂. Người có trình độ trung bình trong lĩnh vực sẽ nhận ra rằng các bước xử lý như gia nhiệt trung gian, làm lạnh hoặc các bước xử lý khác có thể cần để dòng làm sạch đi vào hệ thống phân tách CO₂ tại các điều kiện được tối ưu hóa cho quy trình phân tách được sử dụng. Trong một hoặc nhiều phương án, ví dụ, bộ trao đổi nhiệt hoặc thiết bị làm lạnh khác có thể được sử dụng để làm lạnh dòng làm sạch để tạo ra dòng làm sạch được làm lạnh mà được dẫn đến hệ thống phân tách CO₂. Bộ trao đổi nhiệt có thể sử dụng chất lưu làm lạnh bất kỳ để làm lạnh lượng khí mong muốn, bao gồm nhưng không giới hạn ở nước biển, nước lạnh, một hoặc nhiều chất làm lạnh, các dòng xử lý khác, hoặc hỗn hợp của chúng. Trong một số phương án, dòng làm sạch có thể được làm lạnh trong bộ trao đổi chéo được tạo kết cấu để sử dụng dòng khí dư giàu nitơ thoát khỏi cột hấp thụ của hệ thống phân tách CO₂ để làm lạnh. Trong các phương án trong đó dòng cạn sau đó được giãn nở để tạo ra năng lượng, sự trao đổi chéo giữa các dòng làm sạch và dòng cạn có thể đặc biệt có lợi do nhiệt bổ sung cung cấp cho dòng cạn có thể cho phép tạo ra năng lượng nhiều hơn.

Hệ thống phân tách cacbon đioxit

Sự kết hợp của sự đốt theo tỉ lượng (khí được sử dụng) trong buồng đốt và sự loại bỏ nước thông qua một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh cho phép hàm lượng CO₂ trong khí thải tích tụ khoảng 10% thể tích hoặc cao hơn, mà cao hơn khí thải trong các hệ thống chu trình kết hợp truyền thống. Các tác dụng này, cộng với tác động của các áp suất cao hơn do hoạt động của máy nén tăng áp khiến áp suất thành phần của CO₂

cao hơn nhiều so với khí thải tuabin khí truyền thống. Do đó, điều này cho phép thu cacbon trong hệ thống phân tách CO₂ bằng cách sử dụng các dung môi ít tốn năng lượng hơn như công nghệ dung môi K₂CO₃.

Sự có mặt của O₂, SO_x và NO_x khiến việc sử dụng dung dịch amin (ví dụ, MEA, DEA, MDEA, và các dung môi liên quan) trở nên khó khăn ngay cả tại áp suất cao và hàm lượng CO₂ tăng, do các khí này có thể gây ra sự thoái biến amin. Tuy nhiên, kali cacbonat không phản ứng và miễn dịch với tác động bất kỳ của oxy. Trong một số phương án, mặc dù phản ứng diễn ra trong buồng đốt có thể theo tỉ lệ, nhưng một phần của O₂ có thể tồn tại trong dòng làm sạch đã được làm lạnh do những giới hạn cân bằng đốt cháy. Trong khi các dung môi MEA đòi hỏi sự tái tạo dung môi lớn và xử lý an toàn, việc sử dụng K₂CO₃ giúp loại bỏ sự thoái biến dung môi trên nền oxy.

Kali cacbonat dễ dàng hấp thụ SO_x và NO_x trong khí xả, biến đổi các hợp chất này thành phân bón đơn như kali sulfit (K₂SO₃) và kali nitrat (KNO₃). Cụ thể, SO₂, SO₃, và NO₂ tất cả tạo thành axit mạnh trong nước, mạnh hơn CO₂ nhiều. Do đó, chúng sẽ ưu tiên được hấp thụ trong dung dịch dung môi, nhưng sẽ trở thành muối ổn nhiệt (HSS - heat stable salts) và sẽ không bị loại bỏ bởi sự tái tạo. Mặt khác, NO và N₂O có độ hòa tan thấp và khó hấp thụ hơn NO₂, và có xu hướng xảy ra ở các nồng độ thấp. Là phân bón đơn, K₂SO₃ và KNO₃ có thể dễ dàng được thải ra vô hại với môi trường, miễn là không có hợp chất độc hại khác, như chất ức chế sự ăn mòn, chất hoạt hóa, v.v., được bổ sung vào hệ dung môi. Khi hợp chất sulfat và nitrat được loại bỏ, kali hydroxit (KOH) có thể được bổ sung để bù dung môi. Do kali hydroxit là hóa chất khá rẻ nên điều này có thể thực hiện khá kinh tế.

Theo đó, trong một hoặc nhiều phương án, hệ thống phân tách CO₂ bao gồm cột hấp thụ được tạo kết cấu để hấp thụ CO₂ từ dòng làm sạch được làm lạnh bằng cách sử dụng dung môi K₂CO₃. Khi CO₂ được hấp thụ bởi K₂CO₃ trong cột hấp thụ, nó phản ứng với nước để tạo thành axit cacbonic (H₂CO₃), và sau đó là bicacbonat (HCO₃⁻). Phần axit của axit cacbonic (H⁺) có thể phản ứng với ion cacbonat (CO₃²⁻) để tạo thành ion bicacbonat khác. Do đó, tổng thể phản ứng có thể là như sau:



Vì vậy, cột hấp thụ tạo ra dòng cặn giàu nitơ và dung dịch dung môi bicacbonat

như được mô tả trên đây.

Dòng cạn giàu nitơ từ cột hấp thụ có thể được sử dụng, toàn bộ hoặc một phần, cho nhiều ứng dụng. Ví dụ, dòng cạn có thể được phun vào bể chứa hydrocacbon để duy trì áp suất. Dòng cạn cũng có thể được bán, bảo quản hoặc thông khí. Trong một hoặc nhiều phương án khi không thể duy trì áp suất (hoặc khi chỉ một phần dòng cạn cần để duy trì áp suất), dòng cạn có thể được làm lạnh bởi sự giãn nở hoặc phương pháp khác, và được sử dụng để cung cấp sự làm lạnh trong các hệ thống được mô tả ở đây. Ví dụ, dòng cạn được làm lạnh có thể được sử dụng để cung cấp sự làm lạnh nhằm giảm nhiệt độ hút của một hoặc nhiều máy nén ở bên trong hệ thống, hoặc để làm lạnh nước để sử dụng trong một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh bên trong hệ thống.

Trong các phương án khác khi tất cả hoặc một phần của dòng cạn không được sử dụng để duy trì áp suất, dòng cạn có thể được gia nhiệt trước khi giãn nở trong tuabin để tạo ra thêm năng lượng để sử dụng bất kỳ nơi nào trong hệ thống hoặc để bán. Một số phương án gia nhiệt dòng cạn bao gồm trao đổi chéo dòng cạn với dòng xử lý khác (ví dụ dòng làm sạch, như được mô tả trên đây, hoặc dòng khác bên trong hệ thống phân tách hoặc trong toàn bộ hệ thống tạo năng lượng) trong bộ trao đổi nhiệt hoặc sử dụng thiết bị buồng đốt bổ sung để cấp thêm nhiệt cho dòng cạn. Phải biết rằng việc sử dụng thiết bị buồng đốt bổ sung sẽ cần thêm nhiên liệu. Nếu nhiên liệu chứa cacbon được sử dụng trong thiết bị buồng đốt, sẽ tạo ra thêm CO₂ mà sẽ không thể thu hồi từ dòng cạn. Do đó, trong một số phương án, nhiên liệu được sử dụng trong thiết bị buồng đốt có thể là nguồn nhiên liệu không chứa cacbon như hydro. Chất oxy hóa cần cho thiết bị buồng đốt bổ sung có thể được cấp qua dòng chất oxy hóa riêng rẽ, hoặc có đủ chất oxy hóa trong dòng cạn để không cần nguồn cấp bổ sung chất oxy hóa. Phương pháp có thể khác để gia nhiệt dòng cạn của cột hấp thụ bao gồm sử dụng cuộn gia nhiệt trong HRSG để gia nhiệt dòng cạn, sử dụng phản ứng xúc tác để đốt CO bất kỳ có mặt trong dòng cạn, hoặc gia nhiệt dòng cạn nhờ sử dụng dòng cạn để làm lạnh (tức là do dòng cạn cung cấp sự làm lạnh cho các dòng hoặc thiết bị khác, nên bản thân dòng này được gia nhiệt).

Trong một hoặc nhiều phương án, dung dịch dung môi bicacbonat thoát khỏi cột hấp thụ được chưng nhanh đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển thông qua van hoặc

thiết bị giảm áp suất khác. Trong một số phương án, thiết bị giảm áp suất có thể được tạo kết cấu là tuabin thủy lực để tạo ra thêm năng lượng. Sau khi được chưng nhanh đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển, dung dịch dung môi bicacbonat có thể được đun sôi trong cột tái tạo để loại bỏ CO_2 và nước, tạo ra dung môi kali cacbonat mà có thể được tuần hoàn đến cột hấp thụ.

Trong một số phương án, cột tái tạo có thể hoạt động ở các nhiệt độ vượt quá điểm sôi của nước. Ví dụ, cột tái tạo có thể hoạt động trong khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ giới hạn dưới khoảng 220°F ($104,44^\circ\text{C}$), hoặc khoảng 230°F (110°C), hoặc khoảng 240°F ($115,56^\circ\text{C}$), đến giới hạn trên khoảng 280°F ($137,78^\circ\text{C}$), khoảng 290°F ($143,33^\circ\text{C}$), hoặc khoảng 300°F ($148,89^\circ\text{C}$). Trong cùng hoặc khác phương án, cột tái tạo có thể hoạt động ở các áp suất nằm trong khoảng từ 0psig đến khoảng 10psig. Trong ít nhất một phương án, cột tái tạo có thể được tạo kết cấu để hoạt động tại áp suất khoảng 3psig.

Cột tái tạo có thể được tạo kết cấu để sử dụng hơi tuần hoàn trong đó để làm sôi dung môi bicacbonat và đảo ngược phản ứng xảy ra trong cột hấp thụ, từ đó tạo ra dung môi kali cacbonat tái tạo, nghèo thích hợp cho sự tuần hoàn kín đến cột hấp thụ. Trong ít nhất một phương án, bơm nội dòng hoặc tương tự có thể được sử dụng để dẫn động ít nhất một phần của dung môi kali cacbonat nghèo ngược trở lại cột hấp thụ.

Trong một hoặc nhiều phương án, một phần của dung môi kali cacbonat nghèo được tuần hoàn kín đến cột hấp thụ có thể tùy ý được loại bỏ là muối ổn nhiệt (HSS). Ví dụ về các HSS có thể bao gồm phân bón hợp chất, bao gồm nhưng không giới hạn ở kali sulfat và/hoặc kali nitrat. Để bù cho sự hao hụt của dung môi kali cacbonat khi HSS bị loại bỏ, và để duy trì nồng độ chung của dung dịch, dòng kali hydroxit sau đó có thể được cấp cho dòng kali cacbonat nghèo được dẫn đến cột hấp thụ hoặc đến chính cột hấp thụ. Trong một hoặc nhiều phương án, kali hydroxit đóng vai trò là chất bù dung môi.

Dung môi kali cacbonat nghèo được dẫn đến cột hấp thụ có thể tùy ý được dẫn qua thiết bị làm lạnh thứ nhất trước khi vào cột hấp thụ. Trong một hoặc nhiều phương án, thiết bị làm lạnh thứ nhất có thể, ví dụ, thiết bị làm lạnh không khí hoặc bộ trao đổi nhiệt kiểu bộ tản nhiệt, được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của dung môi. Nếu được

sử dụng, thiết bị làm lạnh được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của dung môi kali cacbonat nghèo đến các nhiệt độ nằm trong khoảng từ 230°F (110°C) đến khoảng 60°F (15,56°C).

Để tạo ra hơi tuần hoàn trong cột tái tạo và duy trì nhiệt độ tái tạo cần thiết, trong một hoặc nhiều phương án cột tái tạo còn bao gồm nồi đun lại được nối thông chất lưu với cột tái tạo. Nồi đun lại có thể được tạo kết cấu để gia nhiệt ít nhất một phần của dung môi kali cacbonat nghèo không được tuần hoàn kín đến cột hấp thụ để tạo ra dung môi kali cacbonat nghèo được gia nhiệt. Sau đó, dung môi kali cacbonat nghèo được gia nhiệt có thể tuần hoàn đến cột tái tạo để tạo ra hơi để đun sôi dung dịch dung môi bicacbonat. Trong ít nhất một phương án, nồi đun lại có thể được cấp nhiệt từ HRSG trong hệ thống EGR. Tuy nhiên, trong các phương án khác, nồi đun lại có thể được cấp nhiệt từ nguồn khác, ví dụ từ sự chiết trung gian hoặc sự xả của tuabin hơi.

Nước trong dòng làm sạch được làm lạnh có thể ngưng tụ thành dung dịch dung môi bicacbonat trong cột hấp thụ và sau đó đun sôi trong cột tái tạo. Do đó, cột tái tạo có thể tiếp tục xả CO₂ được phân tách ra từ dung môi trong suốt quy trình tái tạo và nước cạn bất kỳ thông qua dòng đỉnh tháp. Trong ít nhất một phương án, CO₂ (mà thường là hơi) và nước dư có thể được dẫn qua thiết bị làm lạnh thứ hai, như thiết bị làm lạnh khí hoặc bộ trao đổi nhiệt loại tản nhiệt, trước khi được đưa vào bộ ngưng tụ hoặc bình phân tách khác. Bộ ngưng tụ có thể được tạo kết cấu để phân tách nước dư khỏi CO₂ được thu hồi để tạo ra dòng nước và dòng chứa chủ yếu CO₂.

Trong một số phương án, ít nhất một phần nước thoát khỏi bộ ngưng tụ có thể được tuần hoàn kín ngược trở lại cột tái tạo để cân bằng nước trong hệ thống cần duy trì. Nước được đưa liên tục vào dung môi thông qua dòng làm sạch được làm lạnh, và sau đó được loại bỏ thông qua bộ ngưng tụ. Để duy trì tình trạng và nồng độ của dung môi, nước phải duy trì cân bằng ở bên trong hệ thống phân tách CO₂. Theo đó, nước được tuần hoàn kín đến cột tái tạo có thể được quay trở lại để hơi được tạo ra bởi nồi đun lại có thể được kiểm soát độc lập với sự cân bằng nước này. Nói cách khác, nước được tuần hoàn kín có thể được sử dụng làm nước cấp để tạo hơi trong cột tái tạo hoặc để tăng hơi áp suất thấp từ sự làm lạnh nguyên liệu nạp. Trong cùng hoặc các phương án khác, một phần nước thoát khỏi bộ ngưng tụ có thể được xử lý làm nước xử lý sạch.

Ví dụ, mặc dù trong một số trường hợp nước có thể chứa một phần CO_2 được hòa tan nhưng nước thoát khỏi bộ ngưng tụ có thể được sử dụng cho tưới tiêu, được xử lý để sử dụng cho nước cấp nồi đun lại, và/hoặc sử dụng làm nước xử lý sạch.

Trong một số phương án, CO_2 được phân tách thoát khỏi bộ ngưng tụ sau đó có thể được nén cho các ứng dụng như phân tách hoặc bảo quản CO_2 , thu hồi dầu tăng cường, bán CO_2 , thu cacbon, và/hoặc sự kết hợp của chúng. Trong một hoặc nhiều phương án, dòng CO_2 thoát khỏi bộ ngưng tụ có độ tinh khiết cao, và chứa CO_2 với lượng ít nhất bằng 95%mol, hoặc ít nhất 98%mol, hoặc ít nhất 99%mol, hoặc ít nhất 99,5%mol.

Loại bỏ các thành phần dễ bay hơi

Khi CO_2 được thu hồi thông qua sự hấp thụ dung môi như được mô tả ở đây, dung môi cũng hấp thụ lượng nhỏ các thành phần dễ bay hơi (ví dụ, nitơ, oxy, argon, và cacbon monoxit) mà sẽ có độ hòa tan thấp trong dung môi nền nước như K_2CO_3 . Sau khi tái tạo dung môi để giải phóng CO_2 được hấp thụ, các thành phần dễ bay hơi này cũng sẽ tỏa ra và lưu lại cùng với CO_2 . Trong các trường hợp nhất định, ví dụ khi CO_2 được sử dụng cho EOR hoặc được phun vào trong bể chứa cho phản ứng cang hóa, sự có mặt của các chất dễ bay hơi có thể không thích hợp. Ví dụ, sự có mặt của oxy có thể làm tăng tốc độ ăn mòn, trong khi sự có mặt của CO có thể dẫn đến nguy cơ về tính an toàn hoặc môi trường nếu CO_2 được giải phóng trong quá trình khởi động hoặc điều kiện thiết lập quy trình.

Theo đó, trong các phương án nhất định của sáng chế, dung dịch dung môi bicacbonat đậm đặc thoát khỏi cột hấp thụ được xử lý tại áp suất tăng cao hoặc áp suất trung gian để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi trước khi dung dịch được phân tách nhanh đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển và được tái tạo trong cột tái tạo. Các thành phần dễ bay hơi có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở O_2 , N_2 , Ar, và CO. Hai phương pháp để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi, giải hấp hơi và sự phân tách nhanh hai giai đoạn được mô tả dưới đây. Người có trình trung độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật phải biết rằng những biến đổi ở các phương pháp này cũng có thể hiệu quả để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch dung môi bicacbonat, và phương pháp tương tự bất kỳ để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch mà không

loại bỏ CO₂ (hoặc chỉ loại bỏ một lượng không đáng kể CO₂) được coi là nằm trong phạm vi của sáng chế.

Giải hấp hơi

Trong một hoặc nhiều phương án của sáng chế, các thành phần dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi bicacbonat đậm đặc bằng cách cất dung môi với hơi trong cột cất hoặc bộ phận cất. Hơi có thể là hơi bất kỳ (tốt hơn là sạch) mà không phản ứng với CO₂ trong dung dịch dung môi. Hơi thích hợp có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở nitơ, argon, hơi, và hỗn hợp của chúng.

Trong một hoặc nhiều phương án, bộ phận cất được kết hợp là các tầng bên trong cột hấp thụ (thường là ở đáy của cột), để dòng hơi đi vào cột hấp thụ tại hoặc gần tầng đáy của cột, trong khi dòng làm sạch được làm lạnh được nạp vào tầng giữa của cột ngay phía trên các tầng cất. Dung dịch dung môi bicacbonat đậm đặc, được cất khỏi các thành phần dễ bay hơi, thoát khỏi đáy của cột hấp thụ, trong khi hơi cất (chứa các thành phần dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung môi) tiếp tục đi lên cột hấp thụ và thoát khỏi cột là một phần của dòng cặn giàu nitơ.

Trong các phương án khác, bộ phận cất có thể là cột khác phân tách khỏi cột hấp thụ. Trong các phương án này, dòng hơi được nạp đến hoặc gần đến đáy của cột cất, và dung môi bicacbonat đậm đặc thoát khỏi cột hấp thụ được nạp đến hoặc gần đến đỉnh của cột cất. Theo cách này, hơi và dung dịch dung môi bicacbonat chảy ngược dòng qua cột cất. Do đó, cột cất tạo ra dòng thứ nhất (hoặc dòng đỉnh tháp) chứa hơi cất và các thành phần dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi bicacbonat và dòng thứ hai (hoặc đáy) chứa dung dịch dung môi bicacbonat mà được cất khỏi các thành phần dễ bay hơi. Dòng đỉnh tháp có thể được tuần hoàn đến cột hấp thụ, do đó hơi cất (chứa các thành phần dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung môi) thoát khỏi cột hấp thụ là một phần của dòng cặn giàu nitơ.

Trong trường hợp bất kỳ, sự cất dung dịch dung môi bicacbonat xảy ra tại áp suất tăng cao, thường tại hoặc gần tại áp suất của dòng làm sạch được làm lạnh đi vào cột hấp thụ. Bằng cách cất dung môi bicacbonat đậm đặc tại áp suất tăng cao, các chất dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi trong khi gần như tất cả CO₂ lưu lại trong dòng dung dịch bicacbonat thoát khỏi bộ phận cất hoặc cột cất. Sau đó, dung

dịch dung môi bicarbonat có thể được chưng nhanh qua van hoặc thiết bị giảm áp khác (ví dụ tuabin thủy lực) đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển và được dẫn đến cột tái tạo. Bằng cách loại bỏ các thành phần dễ bay hơi theo cách này (tức là, trước khi chưng nhanh dung dịch dung môi đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển và tái tạo dung môi), dòng CO₂ tinh khiết hoặc gần tinh khiết có thể được thu hồi từ hệ thống phân tách CO₂.

Như được mô tả ở trên, khi bộ phận cất hoặc cột cất được sử dụng, hơi cất sẽ thoát khỏi cột hấp thụ trong dòng cặn giàu nitơ. Phải biết rằng có thể cần tiếp tục xử lý dòng này để giải thích cho sự có mặt của hơi trong dòng. Ngoài ra, trong các phương án trong đó dòng cặn giàu nitơ được giãn nở để tạo năng lượng, có thể thích hợp để chuyển dòng cặn qua chất xúc tác oxy hóa, do đó không phát thải CO khi hoặc nếu dòng cặn sau đó được thông khí. Oxy dư có thể được bổ sung vào dòng trước khi đi vào chất xúc tác oxy hóa để đảm bảo sự đốt cháy hoàn toàn của CO bất kỳ. Sự đốt cháy này sẽ tiếp tục gia nhiệt cho dòng cặn một cách thuận lợi, do đó làm tăng lượng năng lượng tạo ra.

Chưng nhanh hai tầng

Trong một hoặc nhiều phương án, thay vì sử dụng cột cất hoặc bộ phận cất để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi, dung dịch dung môi bicarbonat đậm đặc có thể được chưng nhanh qua van hoặc thiết bị giảm áp khác đến áp suất trung gian (hoặc giảm) giữa áp suất của dòng làm sạch được làm lạnh và áp suất khí quyển. Bằng cách chưng nhanh đến áp suất giảm nhưng vẫn cao, dung dịch dung môi bicarbonat trở thành dòng pha kép chứa pha khí và pha lỏng. Trong một hoặc nhiều phương án, dung môi được chưng nhanh đến áp suất giảm, áp suất này được chọn sao cho pha khí chứa các thành phần dễ bay hơi trong dung môi (như nitơ, oxy, argon, cacbon monoxit và các hỗn hợp của chúng) trong khi gần như toàn bộ lượng CO₂ còn lại trong pha lỏng của dung dịch. Trong một số phương án, pha khí của dung dịch dung môi bicarbonat chứa CO₂ với lượng ít hơn khoảng 5%mol, hoặc ít hơn khoảng 3%mol, hoặc ít hơn khoảng 2%mol, hoặc ít hơn khoảng 1%mol, hoặc ít hơn khoảng 0,5%mol, hoặc ít hơn khoảng 0,1%mol.

Trong các phương án nhất định, dung dịch dung môi pha kép có thể được dẫn

đến bình chung nhanh hoặc thiết bị phân tách khác được tạo kết cấu để phân tách các khí dễ bay hơi từ dung dịch dung môi bicacbonat lỏng chứa CO_2 . Trong một số phương án, ít nhất khoảng 95%mol, hoặc ít nhất khoảng 97%mol, hoặc ít nhất khoảng 98 %mol, hoặc ít nhất khoảng 99 %mol của tổng CO_2 đi vào bình chung nhanh còn lại trong dung dịch và được loại bỏ với dung dịch dung môi bicacbonat lỏng từ bình chung nhanh. Các khí dễ bay hơi thoát khỏi bình chung nhanh sau đó có thể được tuần hoàn đến hệ thống tuần hoàn khí xả. Ví dụ, các khí dễ bay hơi có thể được tuần hoàn và kết hợp với dòng tuần hoàn được làm lạnh ở phía trên của máy nén chính. Bằng cách tuần hoàn các khí dễ bay hơi theo cách này, CO và O_2 có thể được sử dụng lại cho quy trình đốt cháy, do đó làm tăng hiệu suất của hệ thống tạo năng lượng. Ngoài ra, nếu lượng CO_2 bất kỳ bị loại bỏ với khí dễ bay hơi, nó được nén lại và xử lý lại thông qua hệ thống phân tách CO_2 để thu hồi.

Trong một hoặc nhiều phương án, dung dịch dung môi bicacbonat thoát khỏi bình chung nhanh có thể được chung nhanh thông qua van thứ hai hoặc thiết bị giảm áp khác đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển và được dẫn đến cột tái tạo. Bằng cách loại bỏ các thành phần dễ bay hơi theo cách này (tức là, tại áp suất trung gian và trước khi chung nhanh dung dịch dung môi đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển và tái tạo dung môi), dòng CO_2 tinh khiết hoặc gần tinh khiết có thể được thu hồi từ hệ thống phân tách CO_2 .

Người có trình độ trung bình trong lĩnh vực có thể biết rằng việc lựa chọn phương pháp và thiết bị được sử dụng để loại bỏ các khí dễ bay hơi khỏi dung dịch dung môi bicacbonat đậm đặc có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố. Ví dụ, sự sử dụng chủ đích dòng cặn giàu nitơ thoát khỏi cột hấp thụ có thể giúp xác định phương pháp loại bỏ khí dễ bay hơi nào được ưu tiên. Như đã mô tả trên đây, sự sử dụng phương pháp cất hơi để loại bỏ khí dễ bay hơi có thể thuận lợi trong các phương án trong đó dòng cặn giàu nitơ được giãn nở để tạo năng lượng, đặc biệt khi dòng cặn được chuyển qua chất xúc tác oxy hóa để đốt cháy CO . Sự đốt cháy này sẽ tiếp tục gia nhiệt cho dòng cặn, do đó làm tăng lượng năng lượng tạo ra. Theo cách khác, khi dòng cặn giàu nitơ được sử dụng để duy trì áp suất trong các bể chứa hydrocacbon, sự loại bỏ khí dễ bay hơi thông qua sự chung nhanh hai tầng được mô tả ở trên có thể được ưu tiên. Bằng cách tuần hoàn khí dễ bay hơi được loại bỏ khỏi dung môi bicacbonat đến EGR

trong phương pháp chưng nhanh hai tầng thay vì kết hợp các khí dễ bay hơi với dòng cặn (như trong phương pháp cất hơi), hiệu suất nhiên liệu được tối đa hóa do tất cả nhiên liệu và/hoặc chất oxy hóa trong các thành phần dễ bay hơi được tuần hoàn và thu hồi.

Bây giờ trở lại các hình vẽ, các phương án của sáng chế có thể được hiểu tốt nhất với sự tham khảo phương án cơ bản được mô tả trên Fig.1 và Fig.2. Fig.1 mô tả sơ đồ hệ thống tích hợp minh họa 100 để tạo năng lượng và thu hồi CO₂. Trong ít nhất một phương án, hệ thống tạo năng lượng 100 có thể bao gồm hệ thống tuabin khí 102 có đặc điểm là chu trình tạo năng lượng Brayton kín. Hệ thống tuabin khí 102 có thể có máy nén thứ nhất hoặc máy nén chính 104 nối với bộ phận giãn nở 106 thông qua trục 108. Trục 108 có thể là trục cơ, điện hoặc ghép năng lượng, từ đó cho phép một phần cơ năng được tạo ra bởi bộ phận giãn nở 106 để dẫn động máy nén chính 104. Trong ít nhất một phương án, hệ thống tuabin khí 102 có thể là tuabin khí chuẩn, trong đó máy nén chính 104 và bộ phận giãn nở 106 lần lượt tạo thành máy nén và các đầu bộ phận giãn nở. Tuy nhiên, trong các phương án khác, máy nén chính 104 và bộ phận giãn nở 106 có thể là các bộ phận riêng rẽ trong hệ thống 102.

Hệ thống tuabin khí 102 cũng có thể bao gồm buồng đốt 110 được tạo kết cấu để đốt cháy dòng nhiên liệu trong đường dẫn 112 trộn với chất oxy hóa bị nén trong đường dẫn 114. Trong một hoặc nhiều phương án, nhiên liệu trong đường dẫn 112 có thể bao gồm khí hydrocarbon hoặc chất lỏng thích hợp bất kỳ, ví dụ khí tự nhiên, metan, naphtha, butan, propan, khí tổng hợp, diesel, kerosen, nhiên liệu máy bay, nhiên liệu từ than đá, nhiên liệu sinh học, nhiên liệu hydrocarbon được oxy hóa, hydro, cacbon monoxit hoặc hỗn hợp của chúng. Chất oxy hóa bị nén trong đường dẫn 114 có thể được dẫn xuất từ máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118 mà được nối thông chất lưu với buồng đốt 110 và được điều chỉnh để nén nguồn cấp chất oxy hóa cấp liệu 120. Trong một hoặc nhiều phương án, chất oxy hóa cấp liệu 120 có thể bao gồm khí thích hợp bất kỳ chứa oxy, ví dụ không khí, không khí giàu oxy hoặc hỗn hợp của chúng.

Như sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây, buồng đốt 110 cũng có thể nhận dòng tuần hoàn bị nén 144, bao gồm khí xả chủ yếu chứa CO₂ và nitơ. Dòng tuần hoàn bị

nén 144 có thể được dẫn xuất từ máy nén chính 104 và có thể trong một số phương án được điều chỉnh để tạo thuận lợi cho sự đốt cháy theo tỉ lượng hoặc gần như theo tỉ lượng của chất oxy hóa bị nén trong đường dẫn 114 và nhiên liệu trong đường dẫn 112, cũng như làm tăng nồng độ CO₂ trong khí thải. Khí thải trong đường dẫn 116 có thể được tạo ra là sản phẩm của sự đốt cháy nhiên liệu trong đường dẫn 112 và chất oxy hóa bị nén trong đường dẫn 114, trong sự có mặt của dòng tuần hoàn bị nén 144. Trong ít nhất một phương án, nhiên liệu trong đường dẫn 112 có thể chủ yếu là khí tự nhiên, do đó tạo ra khí xả trong đường dẫn 116 bao gồm các phân tử tích của nước bốc hơi, CO₂, nitơ, nitơ oxit (NO_x), và lưu huỳnh oxit (SO_x). Trong một số phương án, một phần nhỏ nhiên liệu không bị đốt cháy 112 hoặc các hợp chất khác cũng có thể có mặt trong khí thải trong đường dẫn 116 do những hạn chế về sự cân bằng đốt cháy. Khí thải trong đường dẫn 116 có thể được dẫn đến đầu vào của bộ phận giãn nở 106. Khi khí thải trong đường dẫn 116 giãn nở qua bộ phận giãn nở 106, nó tạo ra cơ năng để dẫn động máy nén chính 104 và cũng tạo ra khí thải trong đường dẫn 122 có hàm lượng CO₂ cao do dòng vào của khí thải tuần hoàn bị nén trong đường dẫn 144.

Hệ thống tạo năng lượng 100 cũng có thể bao gồm hệ thống tuần hoàn khí thải (exhaust gas recirculation - EGR) 124. Trong một hoặc nhiều phương án, hệ thống 124 có thể bao gồm lò hơi hồi nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG) 126, hoặc thiết bị tương tự. Khí thải trong đường dẫn 122 có thể được chuyển đến HRSG 126 để tạo ra hơi trong đường dẫn 130 và khí xả được làm lạnh trong đường dẫn 132. Trong một số phương án, hơi trong đường dẫn 130 có thể được đưa đến tuabin hơi (không được thể hiện) để tạo ra thêm điện năng hoặc đến bộ phân tách CO₂ 148 để cung cấp nhiệt đun lại. Trong các phương án này, sự kết hợp của HRSG 126 và tuabin hơi có thể được đặc trưng là chu trình Rankine. Trong tổ hợp với hệ thống tuabin khí 102, HRSG 126 và tuabin hơi khi được bao gồm, có thể tạo thành một phần của nhà máy tạo năng lượng sử dụng chu trình kết hợp, ví dụ nhà máy sử dụng chu trình kết hợp khí tự nhiên (natural gas combined-cycle - NGCC).

Khí thải tự nhiên được làm lạnh trong đường dẫn 132 có thể được đưa đến ít nhất một thiết bị làm lạnh 134 mà được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của khí xả được làm lạnh 132 và tạo ra dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140. Trong một hoặc nhiều phương án, thiết bị làm lạnh 134 có thể là thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp, thiết bị

làm lạnh phụ, thiết bị làm lạnh cơ học, hoặc kết hợp của các thiết bị này. Thiết bị làm lạnh 134 cũng có thể được tạo kết cấu để loại bỏ một phần nước ngưng tụ thông qua dòng loại nước (không được thể hiện) mà có thể, trong ít nhất một phương án, được dẫn đến HRS 126 để cung cấp nguồn nước để tạo ra thêm hơi trong đường dẫn 130. Trong một hoặc nhiều phương án, dòng khí tuần hoàn 140 có thể được chuyển vào máy nén tăng áp 142 mà được nối thông chất lưu với thiết bị làm lạnh 134. Việc làm lạnh khí thải được làm lạnh trong đường dẫn 132 trong thiết bị làm lạnh 134 có thể làm giảm năng lượng cần để nén dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 trong máy nén tăng áp 142.

Máy nén tăng áp 142 có thể được tạo kết cấu để tăng áp suất của dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 trước khi nó được đưa vào máy nén chính 104. Ngược lại với hệ thống quạt hoặc quạt cao áp truyền thống, máy nén tăng áp 142 làm tăng tỉ trọng toàn phần của dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140, từ đó dẫn lưu lượng khối lớn hơn của cùng một lưu lượng thể tích vào máy nén chính 104. Do máy nén chính 104 thường bị giới hạn lưu lượng thể tích, nên việc dẫn nhiều lưu lượng khối hơn qua máy nén chính 104 có thể tạo ra áp suất xả cao hơn từ máy nén chính 104, nhờ đó chuyển thành tỉ lệ áp suất cao hơn qua bộ phận giãn nở 106. Tỉ lệ áp suất cao hơn được tạo ra qua bộ phận giãn nở 106 có thể cho phép nhiệt độ đầu vào cao hơn, và do đó làm tăng năng suất và hiệu suất của bộ phận giãn nở 106. Điều này có thể thuận lợi do khí thải giàu CO₂ trong đường dẫn 116 thường duy trì nhiệt dung riêng cao hơn.

Máy nén chính 104 có thể được tạo kết cấu để nén dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 nhận được từ máy nén tăng áp 142 đến áp suất về danh nghĩa lớn hơn áp suất của buồng đốt 110, từ đó tạo ra dòng tuần hoàn được nén 144. Trong ít nhất một phương án, dòng làm sạch 146 có thể được làm lệch khỏi dòng tuần hoàn được nén 144 và sau đó được xử lý trong thiết bị phân tách CO₂ 148 để thu CO₂ qua dòng 150. CO₂ được phân tách trong đường dẫn 150 có thể được sử dụng để bán, sử dụng trong quy trình khác cần cacbon đioxit, và/hoặc được nén và phun vào bể chứa trên mặt đất cho mục đích thu hồi dầu tăng cường (enhanced oil recovery - EOR), cang hóa hoặc mục đích khác.

Dòng cặn 151, đặc biệt nghèo CO₂, và chứa chủ yếu nitơ, có thể được dẫn xuất từ

bộ phân tách CO₂ 148. Trong một hoặc nhiều phương án, dòng cận 151 có thể được giãn nở trong bộ phận giãn nở khí (không được thể hiện), ví dụ bộ phận giãn nở nitơ tạo năng lượng được nối thông chất lưu với bộ phân tách CO₂ 148. Trong các phương án này, bộ phận giãn nở khí có thể tùy ý được nối với máy nén đầu vào 118 thông qua trực chung 108 hoặc các liên kết cơ học, điện, hoặc năng lượng khác, từ đó cho phép một phần năng lượng được tạo ra bởi bộ phận giãn nở khí 106 để dẫn động máy nén đầu vào 118. Dòng cận 151, cho dù có giãn nở như được mô tả hay không cũng có thể được thông ra khí quyển hoặc được áp dụng vào các ứng dụng xuôi dòng khác được biết trong tình trạng kỹ thuật. Ví dụ, dòng nitơ được giãn nở có thể được sử dụng trong quy trình làm lạnh bay hơi được thiết kế để tiếp tục làm giảm nhiệt độ của khí thải. Trong một hoặc nhiều phương án, khí thải trong đường dẫn 151 có thể thích hợp để phun vào trong bể chứa cho các ứng dụng duy trì áp suất. Trong các ứng dụng trong đó khí metan thường được phun lại vào trong các giếng hydrocarbon để duy trì áp suất giếng, việc nén dòng cận 151 có thể thuận lợi. Ví dụ, khí nitơ được gia áp từ dòng 151 có thể được phun vào trong các giếng hydrocarbon và khí metan cận bất kỳ có thể được bán hoặc được sử dụng làm nhiên liệu trong các ứng dụng liên quan, ví dụ cung cấp nhiên liệu trong đường dẫn 112.

Sự đốt cháy trong buồng đốt 110 có thể xảy ra dưới điều kiện đốt cháy theo tỉ lượng hoặc không theo tỉ lượng. Trong một số phương án, điều kiện đốt cháy theo tỉ lượng hoặc gần theo tỉ lượng có thể thích hợp. Ví dụ, hệ thống EGR 124 như được mô tả ở đây, đặc biệt với sự bổ sung máy nén tăng áp 142, có thể được vận hành để đạt được nồng độ CO₂ cao hơn trong khí thải của hệ thống tạo năng lượng 100, từ đó cho phép phân tách CO₂ hiệu quả hơn cho các ứng dụng càng hóa, duy trì áp suất, hoặc EOR về sau. Trong các phương án nhất định được bộc lộ trong bản mô tả này, nồng độ của CO₂ trong dòng thải dạng khí có thể được tăng lên một cách hiệu quả đến khoảng 10% thể tích hoặc cao hơn. Để thực hiện việc này, buồng đốt 110 được làm cho phù hợp để đốt cháy tỉ lượng hỗn hợp nhiên liệu 112 và chất oxy hóa được nén 114 đi vào. Để làm giảm nhiệt độ của sự đốt cháy theo tỉ lượng nhằm đáp ứng các yêu cầu về nhiệt độ đầu vào 106 và làm lạnh bộ phận, một phần của dòng tuần hoàn được nén 144 có thể được đồng thời phun vào buồng đốt 110 như chất làm loãng. Do đó, các phương án theo sáng chế có thể làm giảm hoặc gần như loại bỏ được lượng oxy dư bất kỳ khỏi

khí thải trong khi đồng thời làm tăng thành phần CO₂ của nó. Như vậy, khí thải trong đường dẫn 122 có thể chứa ít hơn khoảng 3,0% thể tích oxy, hoặc ít hơn khoảng 1,0% thể tích oxy, hoặc ít hơn khoảng 0,1% thể tích oxy, hoặc thậm chí ít hơn khoảng 0,001 % thể tích oxy.

Bây giờ đề cập đến Fig.2 được mô tả là hệ thống phân tách CO₂ 200 mà có thể sử dụng công nghệ dung môi kali cacbonat (K₂CO₃) như được mô tả ở đây. Hệ thống phân tách CO₂ 200 có thể là hoặc tạo thành ít nhất một phần của bộ phân tách CO₂ 148 mà được mô tả ở đây với sự tham chiếu đến Fig.1. Trong một hoặc nhiều phương án, hệ thống 200 có thể được tạo kết cấu để nhận dòng làm sạch 146 mà được xả ra từ dòng tuần hoàn được nén 144 (Fig.1) tại nhiệt độ khoảng 800°F (426,67°C) và áp suất khoảng 270psia đến khoảng 280psia.

Dòng làm sạch 146, chứa chủ yếu nitơ, CO₂, và nước đốt cháy dư, có thể được làm lạnh trong bộ trao đổi nhiệt 202, từ đó tạo ra dòng làm sạch được làm lạnh trong đường dẫn 204. Trong một phương án, bộ trao đổi nhiệt 202 có thể tạo ra hơi, mà trong một số trường hợp có thể được kết hợp với dòng hơi 130 từ HRSG 12 (Fig.1). Việc chiết CO₂ từ dòng làm sạch 146 trong hệ thống phân tách CO₂ tạo ra dòng cạn giàu nitơ 151 tại hoặc gần tại áp suất tăng cao của dòng làm sạch 146. Trong ít nhất một phương án, bộ trao đổi nhiệt 202 có thể là bộ trao đổi chéo được nối thông chất lưu với dòng cạn 151 và được tạo kết cấu để chiết năng lượng nhiệt kết hợp với làm lạnh dòng làm sạch 146 để gia nhiệt lại dòng cạn 151. Ngay sau khi được gia nhiệt lại, dòng cạn 151 có thể được giãn nở để tạo ra cơ năng như được mô tả trên đây.

Dòng làm sạch được làm lạnh trong đường dẫn 204 có thể được dẫn đến cột hấp thụ 206, tại đây dung môi từ đường dẫn 208 được tuần hoàn, và dòng cạn 151 được xả đồng thời ở đỉnh tháp để tiếp tục xử lý xuôi dòng. Trong một hoặc nhiều phương án, dung môi là dung dịch muối nền nước chứa K₂CO₃. Khi so sánh với các dung môi cạnh tranh như MEA, dung môi K₂CO₃ chịu nhiệt tốt. Kết quả là sự làm lạnh dòng làm sạch 146 có thể được giảm thiểu, nếu cần, và dòng làm sạch nhiệt độ cao hơn 146 có thể được để đi vào cột hấp thụ 206 mà không lo ngại về sự thoái biến do nhiệt. Theo đó, mức độ làm lạnh của dòng làm sạch 146 có thể được cải biến để phù hợp với yêu cầu nhiệt xử lý, thay vì làm lạnh để tránh sự thoái biến do nhiệt.

Do sự hấp thụ của CO_2 bởi dung môi kali cacbonat trong cột hấp thụ 206, nên dung môi bicacbonat đậm đặc có thể được xả khỏi đáy của cột hấp thụ 206 thông qua đường dẫn 210 và được dẫn đến cột tái tạo 212. Trong một phương án, van thứ nhất hoặc trung gian 214 đặt trong đường dẫn 210 có thể được tạo kết cấu để chứng nhanh dung môi bicacbonat đến áp suất thấp, áp suất gần bằng áp suất khí quyển trước khi đưa vào cột tái tạo 212. Trong ít nhất một phương án, van thứ nhất 214 có thể là tuabin thủy lực được tạo kết cấu để tạo thêm năng lượng.

Cột tái tạo 212 có thể được tạo kết cấu để sử dụng hơi tuần hoàn trong đó để làm sôi dung môi bicacbonat và đảo ngược phản ứng xảy ra trong cột hấp thụ, từ đó tạo ra dung môi kali cacbonat tái tạo, nghèo thích hợp cho sự tuần hoàn kín thông qua đường dẫn 216 ở dưới đây. Trong ít nhất một phương án, bơm nội dòng 218 hoặc tương tự có thể dẫn động ít nhất một phần của dung môi kali cacbonat nghèo thông qua đường dẫn 220 ngược trở lại cột hấp thụ 206.

Dung môi kali cacbonat nghèo trong đường dẫn 220 sau đó có thể tùy ý được dẫn qua thiết bị làm lạnh thứ nhất 222. Trong một hoặc nhiều phương án, thiết bị làm lạnh thứ nhất 222 có thể, ví dụ là thiết bị làm lạnh không khí hoặc bộ trao đổi nhiệt kiểu bộ tản nhiệt, được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của dung môi.

Để tạo ra hơi tuần hoàn trong cột tái tạo 212 và duy trì nhiệt tái tạo cần thiết, ít nhất một phần của dung môi kali cacbonat nghèo trong đường dẫn 216 có thể được dẫn đến nồi đun lại 219 thông qua đường dẫn 217. Nồi đun lại 219 có thể được tạo kết cấu để làm tăng nhiệt độ của dung môi kali cacbonat trong đường dẫn 217, và đưa dung môi kali cacbonat tái tạo được gia nhiệt trở lại cột tái tạo thông qua đường dẫn 221. Trong ít nhất một phương án, nồi đun lại 219 có thể được cấp nhiệt từ HRSG 126 (Fig.1). Tuy nhiên, trong các phương án khác, nồi đun lại 219 có thể được cấp nhiệt từ sự xả của tuabin hơi loại áp suất ngược, hoặc từ dòng phụ chiết từ tuabin hơi loại ngưng tụ.

Nước trong dòng làm sạch 146 có thể ngưng tụ thành dung dịch chứa dung môi trong cột hấp thụ 206, và sau đó đun sôi trong cột tái tạo 212. Do đó, cột tái tạo 212 có thể tiếp tục xả hơi CO_2 và nước cạn bất kỳ thông qua đường dẫn đỉnh tháp 224. Trong ít nhất một phương án, hơi CO_2 và nước cạn có thể được dẫn qua thiết bị làm lạnh thứ

hai 216, như thiết bị làm lạnh khí hoặc bộ trao đổi nhiệt loại tản nhiệt, trước khi được đưa vào bộ ngưng tụ 228. Bộ ngưng tụ 228 có thể được tạo kết cấu để phân tách nước cận khối CO_2 được thu hồi bất kỳ và dẫn nước được phân tách vào trong đường dẫn 230 dưới đây trong khi cấp CO_2 được thu hồi vào đường dẫn 150 đỉnh tháp. Có thể nhận thấy rằng, đường dẫn 150 có thể là đường dẫn 150 như được mô tả trên đây theo Fig.1. Trong ít nhất một phương án, CO_2 được phân tách trong đường dẫn 150 sau đó có thể được nén cho các ứng dụng như càn hóa CO_2 , thu hồi dầu tăng cường, bán CO_2 , thu cacbon, và/hoặc sự kết hợp các ứng dụng này.

Trong một phương án, ít nhất một phần nước được phân tách trong đường dẫn 230 có thể được tuần hoàn kín ngược vào trong cột tái tạo 212 thông qua đường dẫn 234 bằng cách sử dụng bơm 232 để tạo ra sự cân bằng nước trong hệ thống cân duy trì. Nước được đưa vào liên tục trong dung môi thông qua dòng 204, và sau đó được loại bỏ thông qua các đường dẫn 236, 150, và 151. Để duy trì tình trạng và nồng độ của dung môi, nước phải duy trì cân bằng ở bên trong hệ thống phân tách 200. Theo đó, nước được tuần hoàn trong đường dẫn 234 có thể được quay trở lại để hơi bốc lên trong đường dẫn 221 có thể được kiểm soát độc lập với sự cân bằng nước này. Trong các phương án khác, phần nước cận trong đường dẫn 230 có thể được sử dụng làm nước xử lý sạch thông qua đường dẫn 236. Ví dụ, nước trong đường dẫn 236 có thể được sử dụng cho tưới tiêu, được xử lý để sử dụng cho nước cấp cho nồi đun và/hoặc nước xử lý khác.

Bây giờ đề cập đến Fig.3, được mô tả là phương án minh họa của hệ thống phân tách CO_2 300 theo sáng chế, tương tự trong một số khía cạnh với hệ thống 200 theo Fig.2 nhưng kết hợp bộ phận cất để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch bicacbonat đậm đặc trước khi tái tạo dung môi. Như vậy, toàn bộ hệ thống 300 sẽ không được mô tả chi tiết nhưng vẫn có thể được hiểu rất rõ khi tham chiếu tới Fig.2. Như được thể hiện trong hệ thống 300 trên Fig.3, dung môi bicacbonat đậm đặc được xả ra từ đáy của cột hấp thụ 206 thông qua dòng 210 có thể được dẫn đến bộ phận cất 310, tại đây các thành phần dễ bay hơi có thể được cất khỏi dung môi bicacbonat đậm đặc bằng cách sử dụng dòng hơi 312. Dòng hơi 312 tốt hơn là chứa hơi sạch, mà có thể là hơi bất kỳ được tạo kết cấu để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi mà sẽ không phản ứng với CO_2 . Trong một số phương án, dòng hơi 312 có thể chứa nitơ, argon, hơi, hoặc

hỗn hợp của chúng. Trong một hoặc nhiều phương án (không được thể hiện), bộ phận cát 310 có thể được đưa vào làm các tầng bổ sung ở đáy của cột hấp thụ 206. Trong các phương án khác, bộ phận cát 310 có thể là cột phân tách từ cột hấp thụ như được thể hiện trên Fig.3. Trong một hoặc nhiều phương án, bộ phận cát 310 hoạt động tại áp suất tăng cao tương tự áp suất của dòng làm sạch được làm lạnh 204.

Bộ phận cát 310 tạo ra dòng thứ nhất hoặc dòng đỉnh tháp 314 chứa hơi cát và các thành phần dễ bay hơi được cất khỏi dung dịch bicacbonat đậm đặc và dòng thứ hai 316 chứa dung dịch dung môi bicacbonat được cất. Dòng đỉnh tháp 314 được tuần hoàn kín đến cột hấp thụ 206 trong khi dung dịch dung môi bicacbonat trong đường 316 được dẫn đến cột tái tạo 212. Đường dẫn 316 có thể bao gồm van 318 ở trong được tạo kết cấu để chưng nhanh dung môi bicacbonat đến áp suất thấp hơn, gần áp suất khí quyển trước khi đưa vào cột tái tạo 212. Trong ít nhất một phương án, van thứ nhất 318 có thể là tuabin thủy lực được tạo kết cấu để tạo thêm năng lượng. Sau đó, sự tái tạo dung môi hoàn thiện có thể diễn ra như được mô tả trên đây với sự tham chiếu tới hệ thống 200.

Bây giờ đề cập đến Fig.4, được mô tả là phương án minh họa của hệ thống phân tách CO₂ 400 theo sáng chế, tương tự trong một số khía cạnh với hệ thống 200 theo Fig.2 nhưng kết hợp sự tăng nhanh sơ bộ áp suất trung gian để loại bỏ các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch bicacbonat đậm đặc trước khi tái tạo dung môi. Như vậy, toàn bộ hệ thống 400 sẽ không được mô tả chi tiết nhưng vẫn có thể được hiểu rất rõ khi tham chiếu tới Fig.2. Như được thể hiện trong hệ thống 400 trên FIG.4, dung môi bicacbonat đậm đặc có thể được xả từ đáy của cột hấp thụ 206 thông qua đường dẫn 210 và được giảm áp suất qua van thứ nhất 408 trước khi bắt đầu được đưa vào trong bình chưng nhanh 410. Trong một hoặc nhiều phương án, van thứ nhất 408 có thể được tạo kết cấu để làm giảm áp suất của dung môi bicacbonat từ áp suất tại hoặc gần áp suất của dòng làm sạch được làm lạnh 204 đến áp suất trung gian đủ để giải phóng các thành phần dễ bay hơi như N₂, O₂, Ar, và CO khỏi dung môi bicacbonat trong khi vẫn giữ CO₂ trong pha lỏng của dung dịch. Dung dịch dung môi pha kép áp suất giảm tạo thành thoát khỏi van thứ nhất 408 sau đó có thể được dẫn đến bình chưng nhanh 410, tại đây các pha được phân tách ra. Pha khí của dung dịch chứa dung môi áp suất giảm, chứa các thành phần dễ bay hơi được mô tả trước đó, được loại bỏ

khởi bình chung nhanh 410 thông qua dòng dễ bay hơi 412, trong khi pha lỏng của dung dịch chứa dung môi áp suất giảm được loại bỏ khỏi bình chung nhanh thông qua đường dẫn 414 và được dẫn đến cột tái tạo 212.

Trong một hoặc nhiều phương án, dòng dễ bay hơi 412 có thể được tuần hoàn đến hệ thống tuần hoàn khí thải 124 (Fig.1). Ví dụ, như được minh họa trong hệ thống 500 của Fig.5, dòng dễ bay hơi 412 có thể được tuần hoàn và được bổ sung vào khí tuần hoàn được làm lạnh 140 trước khi khí tuần hoàn được làm lạnh 140 được dẫn đến máy nén chính 104.

Quay trở lại hệ thống 400 của Fig.4, dung dịch chứa dung môi áp suất giảm trong đường dẫn 414 có thể được chưng nhanh đến áp suất thấp hơn, gần áp suất khí quyển bằng cách sử dụng van thứ hai 416 trước khi được dẫn vào trong cột tái tạo 212. Sau đó, sự tái tạo dung môi hoàn toàn có thể diễn ra như được mô tả trên đây với sự tham khảo hệ thống 200.

Ít nhất một lợi ích thu được từ các hệ thống 300 và 400 lần lượt theo Fig.3 và Fig.4 là khả năng tạo ra dòng CO₂ tinh khiết hoặc gần như tinh khiết từ cột tái tạo 212. Chất ô nhiễm có trong dòng CO₂ trong đường dẫn 210 có thể bao gồm nước và khí dễ bay hơi (được mô tả ở trên) được hòa tan vào trong dung môi tuần hoàn. Do các hệ thống theo Fig.3 và Fig.4 được điều chỉnh để loại bỏ gần như tất cả các khí dễ bay hơi trong khi vẫn giữ CO₂ trong dung dịch nên dòng đỉnh tháp 224 trong cột tái tạo 212 còn lại với hàm lượng CO₂ gần như tinh khiết và nước. Trong một hoặc nhiều phương án, một phần của CO₂ trong đường dẫn 150 có thể tùy ý được dẫn vào trong đường dẫn làm sạch (không được thể hiện) và được giữ cho mục đích không phải EOR, ví dụ nguyên liệu cấp hóa học, sản xuất thức ăn, v.v.,

Các phương án và đặc điểm nhất định được mô tả bằng cách sử dụng tập hợp các giới hạn số trên và tập hợp các giới hạn số dưới. Phải hiểu rằng các khoảng từ giới hạn dưới đến giới hạn trên bất kỳ cũng được dự định bao hàm trong sáng chế, trừ khi có quy định khác. Tất cả các trị số được coi là "khoảng" hoặc "xấp xỉ" trị số được nêu. Hơn nữa, tất cả patent và tài liệu khác được trích dẫn trong đơn này được kết hợp đầy đủ để tham khảo ở mức độ mà nội dung bộc lộ phù hợp với sáng chế và nằm trong phạm vi pháp lý cho phép.

Mặc dù nội dung bộc lộ sáng chế dễ có những biến đổi và các dạng thay thế khác nhau nhưng các phương án minh họa được bàn luận ở trên chỉ được thể hiện bằng ví dụ. Tuy nhiên, một lần nữa phải hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án cụ thể được bộc lộ trong bản mô tả này. Thực chất, sáng chế bao gồm tất cả các phương án thay thế, cải biến và tương đương nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ đính kèm.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống tạo năng lượng tích hợp, hệ thống bao gồm:

hệ thống tuabin khí bao gồm buồng đốt được tạo kết cấu để đốt chất oxy hóa được nén và nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén để tạo ra dòng xả mà được giãn nở trong bộ giãn nở, từ đó tạo ra dòng thải dạng khí;

hệ thống tuần hoàn khí thải bao gồm máy nén tăng áp và một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh được nối thông chất lưu với máy nén tăng áp, máy nén tăng áp được tạo kết cấu để nhận và làm tăng áp suất của dòng thải dạng khí và một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh được tạo kết cấu để làm lạnh dòng thải dạng khí và cung cấp khí tuần hoàn được làm lạnh cho máy nén chính, trong đó máy nén chính nén khí tuần hoàn được làm lạnh và tạo ra dòng tuần hoàn được nén;

dòng làm sạch được nối thông chất lưu với dòng tuần hoàn được nén có bộ trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của dòng làm sạch và tạo ra dòng làm sạch được làm lạnh; và

hệ thống phân tách CO₂ được nối thông chất lưu với bộ trao đổi nhiệt, hệ thống phân tách CO₂ này bao gồm:

cột hấp thụ được tạo kết cấu để nhận dòng làm sạch được làm lạnh và hấp thụ CO₂ từ dòng làm sạch được làm lạnh với dung môi kali cacbonat để tạo ra dòng cặn giàu nitơ và dung dịch dung môi bicacbonat;

van thứ nhất được nối thông chất lưu với cột hấp thụ được tạo kết cấu để ép nhanh dung dịch dung môi bicacbonat đến áp suất đủ để phân tách các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch dung môi bicacbonat, từ đó tạo ra dung dịch dung môi được giảm áp suất pha kép có pha khí chứa các thành phần dễ bay hơi và pha lỏng chứa dung dịch dung môi bicacbonat;

binh chưng nhanh được nối thông chất lưu với van thứ nhất được tạo kết cấu để nhận dung dịch dung môi được giảm áp suất và loại bỏ pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất khỏi pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất, trong đó ít nhất một phần của pha khí của dung dịch được giảm áp suất được loại bỏ khỏi bình chưng nhanh được tuần hoàn đến hệ thống tuần hoàn

khí thải;

van thứ hai được nối thông chất lưu với bình chưng nhanh được tạo kết cấu để nhận pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất và ép nhanh pha lỏng đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển, từ đó tạo ra dung dịch dung môi bicacbonat có áp suất gần bằng áp suất khí quyển; và

cột tái tạo được nối thông chất lưu với van thứ hai được tạo kết cấu để nhận và đun sôi dung dịch dung môi bicacbonat có áp suất gần bằng áp suất khí quyển để loại bỏ CO_2 và nước, tạo ra dung môi kali cacbonat được tái tạo để được tuần hoàn đến cột hấp thụ.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó van thứ nhất được tạo kết cấu để ép nhanh dung dịch dung môi bicacbonat đến áp suất sao cho pha khí của dung dịch dung môi bicabonat chứa cacbon đioxit với lượng ít hơn 1,0%mol.
3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó van thứ nhất được tạo kết cấu để ép nhanh dung dịch dung môi bicacbonat đến áp suất sao cho ít nhất 98%mol của tổng cacbon đioxit trong dung dịch dung môi bicabonat còn lại trong pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất.
4. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống còn bao gồm nồi đun lại được nối thông chất lưu với cột tái tạo và được tạo kết cấu để nhận và gia nhiệt một phần của dung môi kali cacbonat được tái tạo và tạo ra dung môi kali cacbonat được tái tạo được gia nhiệt.
5. Hệ thống theo điểm 4, trong đó nồi đun lại được tạo kết cấu để tuần hoàn dung môi kali cacbonat được tái tạo được gia nhiệt đến cột tái tạo để sinh ra hơi.
6. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống còn bao gồm bộ ngưng tụ được nối thông chất lưu với cột tái tạo được tạo kết cấu để nhận CO_2 và nước được loại bỏ từ dung dịch dung môi bicacbonat và phân tách nước khỏi CO_2 .
7. Hệ thống theo điểm 6, trong đó một phần của nước được phân tách khỏi CO_2 được bơm trở lại cột tái tạo để tạo ra hơi.
8. Hệ thống theo điểm 1, trong đó ít nhất một phần pha khí của dung dịch được giảm áp suất được tuần hoàn đến hệ thống tuần hoàn khí thải được kết hợp với khí tuần hoàn

được làm lạnh được cấp cho máy nén chính.

9. Hệ thống theo điểm 1, trong đó buồng đốt được tạo kết cấu để đốt cháy theo tỉ lượng chất oxy hóa được nén và nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén.

10. Hệ thống theo điểm 1, trong đó dòng tuần hoàn được nén có vai trò như chất pha loãng được tạo ra để làm giảm nhiệt độ của dòng xả.

11. Hệ thống theo điểm 1, trong đó một hoặc cả hai van thứ nhất và van thứ hai là tuabin thủy lực được tạo kết cấu để tạo năng lượng.

12. Phương pháp tạo năng lượng, phương pháp này bao gồm:

đốt cháy chất oxy hóa được nén và nhiên liệu trong buồng đốt và trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén, từ đó tạo ra dòng xả, và giãn nở dòng xả để tạo ra dòng thải dạng khí;

tăng áp suất dòng xả dạng khí và làm lạnh dòng xả dạng khí để tạo ra khí tuần hoàn được làm lạnh được nén để tạo ra dòng tuần hoàn được nén;

làm lạnh dòng làm sạch được nối thông chất lưu với dòng tuần hoàn được nén để tạo ra dòng làm sạch được làm lạnh;

dẫn dòng làm sạch được làm lạnh đến cột hấp thụ và hấp thụ CO_2 từ dòng làm sạch được làm lạnh với dung môi kali cacbonat;

xả dòng cặn giàu nitơ và dung dịch dung môi bicacbonat khỏi cột hấp thụ;

ép nhanh dung dịch dung môi bicacbonat đến áp suất đủ để phân tách các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch dung môi bicacbonat, tạo ra dung dịch dung môi được giảm áp suất pha kép có pha khí chứa các thành phần dễ bay hơi và pha lỏng chứa dung dịch dung môi bicacbonat;

phân tách pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất khỏi pha lỏng của dung dịch được giảm áp suất, trong đó ít nhất một phần của pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất được tuần hoàn và được kết hợp với khí tuần hoàn được làm lạnh;

ép nhanh pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển để tạo ra dung dịch dung môi có áp suất gần bằng áp suất khí

quyển;

đun sôi dung dịch dung môi có áp suất gần bằng áp suất khí quyển trong cột tái tạo để loại bỏ CO_2 và nước, từ đó tạo ra dung môi kali cacbonat được tái tạo; và

tuần hoàn dung môi kali cacbonat được tái tạo đến cột hấp thụ.

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó dung dịch bicacbonat được ép nhanh đến áp suất sao cho pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất chứa CO_2 với lượng ít hơn 1,0%mol.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó dung dịch bicacbonat được ép nhanh đến áp suất sao cho ít nhất 98%mol của tổng lượng CO_2 trong dung dịch dung môi bicarbonat còn lại trong pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất.

15. Phương pháp theo điểm 12, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc nhận CO_2 và nước được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi có áp suất gần bằng áp suất khí quyển trong bộ ngưng tụ được nối thông chất lưu với cột tái tạo và phân tách nước khỏi CO_2 .

16. Phương pháp theo điểm 15, trong đó một phần của nước được phân tách khỏi CO_2 trong bộ ngưng tụ được dẫn đến cột tái tạo để tạo ra hơi.

17. Phương pháp theo điểm 12, trong đó chất oxy hóa được nén và nhiên liệu được đốt cháy trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén dưới các điều kiện theo tỉ lượng.

18. Phương pháp theo điểm 12, trong đó dòng tuần hoàn được nén giảm nhiệt độ của dòng xả.

19. Hệ thống tạo năng lượng tích hợp, hệ thống này bao gồm:

hệ thống tuabin khí bao gồm buồng đốt được tạo kết cấu để đốt chất oxy hóa được nén và nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén để tạo ra dòng xả mà được giãn nở trong bộ giãn nở, từ đó tạo ra dòng thải dạng khí;

hệ thống tuần hoàn khí thải bao gồm máy nén tăng áp và một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh được nối thông chất lưu với máy nén tăng áp, trong đó máy nén tăng áp được tạo kết cấu để nhận và làm tăng áp suất của dòng thải dạng khí và một hoặc nhiều thiết bị làm lạnh được tạo kết cấu để làm lạnh dòng thải dạng khí và cung cấp khí tuần hoàn được làm lạnh cho máy nén chính, trong đó máy nén chính nén khí tuần hoàn được làm lạnh và tạo ra dòng tuần hoàn được nén;

dòng làm sạch được nối thông chất lưu với dòng tuần hoàn được nén có bộ trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của dòng làm sạch và tạo ra dòng làm sạch được làm lạnh; và

hệ thống phân tách CO_2 được nối thông chất lưu với bộ trao đổi nhiệt, hệ thống phân tách CO_2 này bao gồm:

cột hấp thụ được tạo kết cấu để nhận dòng làm sạch được làm lạnh và hấp thụ CO_2 từ dòng làm sạch được làm lạnh với dung môi kali cacbonat để tạo ra dòng cặn giàu nitơ và dung dịch dung môi bicacbonat;

van thứ nhất được nối thông chất lưu với cột hấp thụ được tạo kết cấu để ép nhanh dung dịch dung môi bicacbonat đến áp suất đủ để phân tách các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch dung môi bicacbonat và sao cho pha khí của dung dịch dung môi bicacbonat chứa cacbon đioxit với lượng ít hơn 1,0%mol, từ đó tạo ra dung dịch dung môi được giảm áp suất pha kép có pha khí chứa các thành phần dễ bay hơi và pha lỏng chứa dung dịch dung môi bicacbonat;

bình chưng nhanh được nối thông chất lưu với van thứ nhất được tạo kết cấu để nhận dung dịch dung môi được giảm áp suất và loại bỏ pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất khỏi pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất;

van thứ hai được nối thông chất lưu với bình chưng nhanh được tạo kết cấu để nhận pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất và ép nhanh pha lỏng đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển, từ đó tạo ra dung dịch dung môi bicacbonat có áp suất gần bằng áp suất khí quyển; và

cột tái tạo được nối thông chất lưu với van thứ hai được tạo kết cấu để nhận và đun sôi dung dịch dung môi bicacbonat có áp suất gần bằng áp suất khí quyển để loại bỏ CO_2 và nước, tạo ra dung môi kali cacbonat được tái tạo để được tuần hoàn đến cột hấp thụ.

20. Hệ thống theo điểm 19, trong đó van thứ nhất được tạo kết cấu để ép nhanh dung dịch dung môi bicacbonat đến áp suất sao cho ít nhất 98%mol của tổng lượng cacbon đioxit trong dung dịch dung môi bicarbonat còn lại trong pha lỏng của dung dịch dung

môi được giảm áp suất.

21. Hệ thống theo điểm 19, trong đó hệ thống này còn bao gồm nồi đun lại được nối thông chất lưu với cột tái tạo và được tạo kết cấu để nhận và gia nhiệt một phần của dung môi kali cacbonat được tái tạo và tạo ra dung môi kali cacbonat được tái tạo được gia nhiệt.

22. Hệ thống theo điểm 21, trong đó nồi đun lại được tạo kết cấu để tuần hoàn dung môi kali cacbonat được tái tạo được gia nhiệt đến cột tái tạo để sinh ra hơi.

23. Hệ thống theo điểm 19, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ ngưng tụ được nối thông chất lưu với cột tái tạo được tạo kết cấu để nhận CO_2 và nước được loại bỏ từ dung dịch dung môi bicacbonat và phân tách nước khỏi CO_2 .

24. Hệ thống theo điểm 23, trong đó một phần của nước được phân tách khỏi CO_2 được bơm trở lại cột tái tạo để tạo ra hơi.

25. Hệ thống theo điểm 19, trong đó ít nhất một phần pha khí của dung dịch được giảm áp suất được tuần hoàn đến hệ thống tuần hoàn khí thải được kết hợp với khí tuần hoàn được làm lạnh được cấp cho máy nén chính.

26. Hệ thống theo điểm 19, trong đó buồng đốt được tạo kết cấu để đốt cháy theo tỉ lượng chất oxy hóa được nén và nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén.

27. Hệ thống theo điểm 19, trong đó dòng tuần hoàn được nén có vai trò như chất pha loãng được tạo ra để làm giảm nhiệt độ của dòng xả.

28. Hệ thống theo điểm 19, trong đó một hoặc cả hai van thứ nhất và van thứ hai là tuabin thủy lực được tạo kết cấu để tạo năng lượng.

29. Phương pháp tạo năng lượng, phương pháp này bao gồm:

đốt cháy chất oxy hóa được nén và nhiên liệu trong buồng đốt và trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén, từ đó tạo ra dòng xả, và giãn nở dòng xả để tạo ra dòng thải dạng khí;

tăng áp suất dòng thải dạng khí và làm lạnh dòng thải dạng khí để tạo ra khí tuần hoàn được làm lạnh được nén để tạo ra dòng tuần hoàn được nén;

làm lạnh dòng làm sạch được nối thông chất lưu với dòng tuần hoàn được nén để tạo ra dòng làm sạch được làm lạnh;

dẫn dòng làm sạch được làm lạnh đến cột hấp thụ và hấp thụ CO_2 từ dòng làm sạch được làm lạnh với dung môi kali cacbonat;

xả dòng cặn giàu nitơ và dung dịch dung môi bicacbonat khỏi cột hấp thụ;

ép nhanh dung dịch dung môi bicacbonat đến áp suất đủ để phân tách các thành phần dễ bay hơi khỏi dung dịch dung môi bicacbonat và đến áp suất sao cho pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất chứa CO_2 với lượng ít hơn 1,0%mol, tạo ra dung dịch dung môi được giảm áp suất pha kép có pha khí chứa các thành phần dễ bay hơi và pha lỏng chứa dung dịch dung môi bicacbonat;

phân tách pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất khỏi pha lỏng của dung dịch được giảm áp suất, trong đó ít nhất một phần của pha khí của dung dịch dung môi được giảm áp suất được tuần hoàn và được kết hợp với khí tuần hoàn được làm lạnh;

ép nhanh pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất đến áp suất gần bằng áp suất khí quyển để tạo ra dung dịch dung môi có áp suất gần bằng áp suất khí quyển;

đun sôi dung dịch dung môi có áp suất gần bằng áp suất khí quyển trong cột tái tạo để loại bỏ CO_2 và nước, từ đó tạo ra dung môi kali cacbonat được tái tạo; và

tuần hoàn dung môi kali cacbonat được tái tạo đến cột hấp thụ.

30. Phương pháp theo điểm 29, trong đó dung dịch bicacbonat được ép nhanh đến áp suất để ít nhất 98%mol của tổng lượng CO_2 trong dung dịch dung môi bicarbonat còn lại trong pha lỏng của dung dịch dung môi được giảm áp suất.

31. Phương pháp theo điểm 29, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc nhận CO_2 và nước được loại bỏ khỏi dung dịch dung môi có áp suất gần bằng áp suất khí quyển trong bộ ngưng tụ được nối thông chất lưu với cột tái tạo và phân tách nước khỏi CO_2 .

32. Phương pháp theo điểm 31, trong đó một phần của nước được phân tách khỏi CO_2 trong bộ ngưng tụ được dẫn đến cột tái tạo để tạo ra hơi.

33. Phương pháp theo điểm 29, trong đó chất oxy hóa được nén và nhiên liệu được đốt cháy trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén dưới các điều kiện theo tỉ lượng.
34. Phương pháp theo điểm 29, trong đó dòng tuần hoàn được nén giảm nhiệt độ của dòng xả.

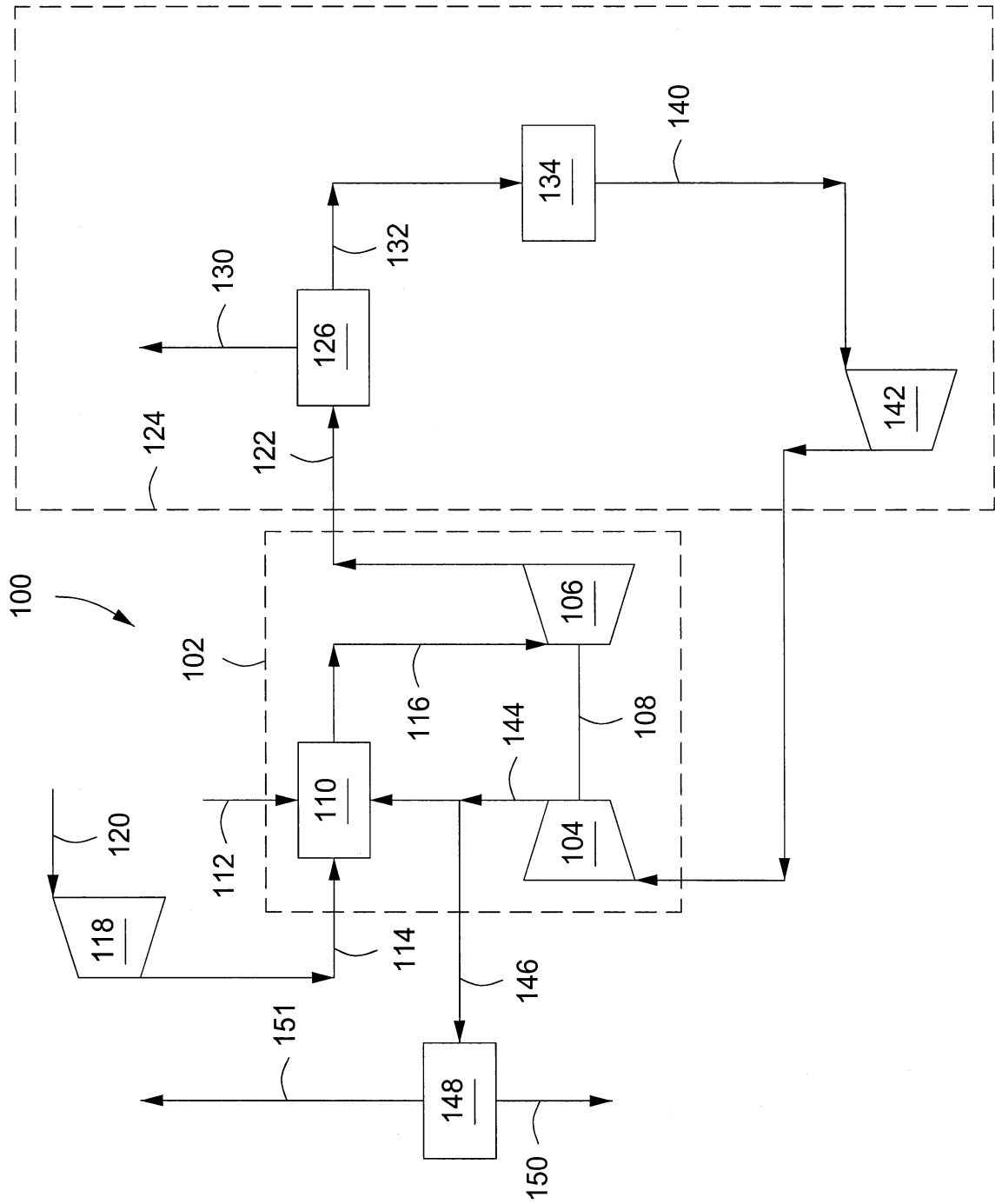


FIG. 1

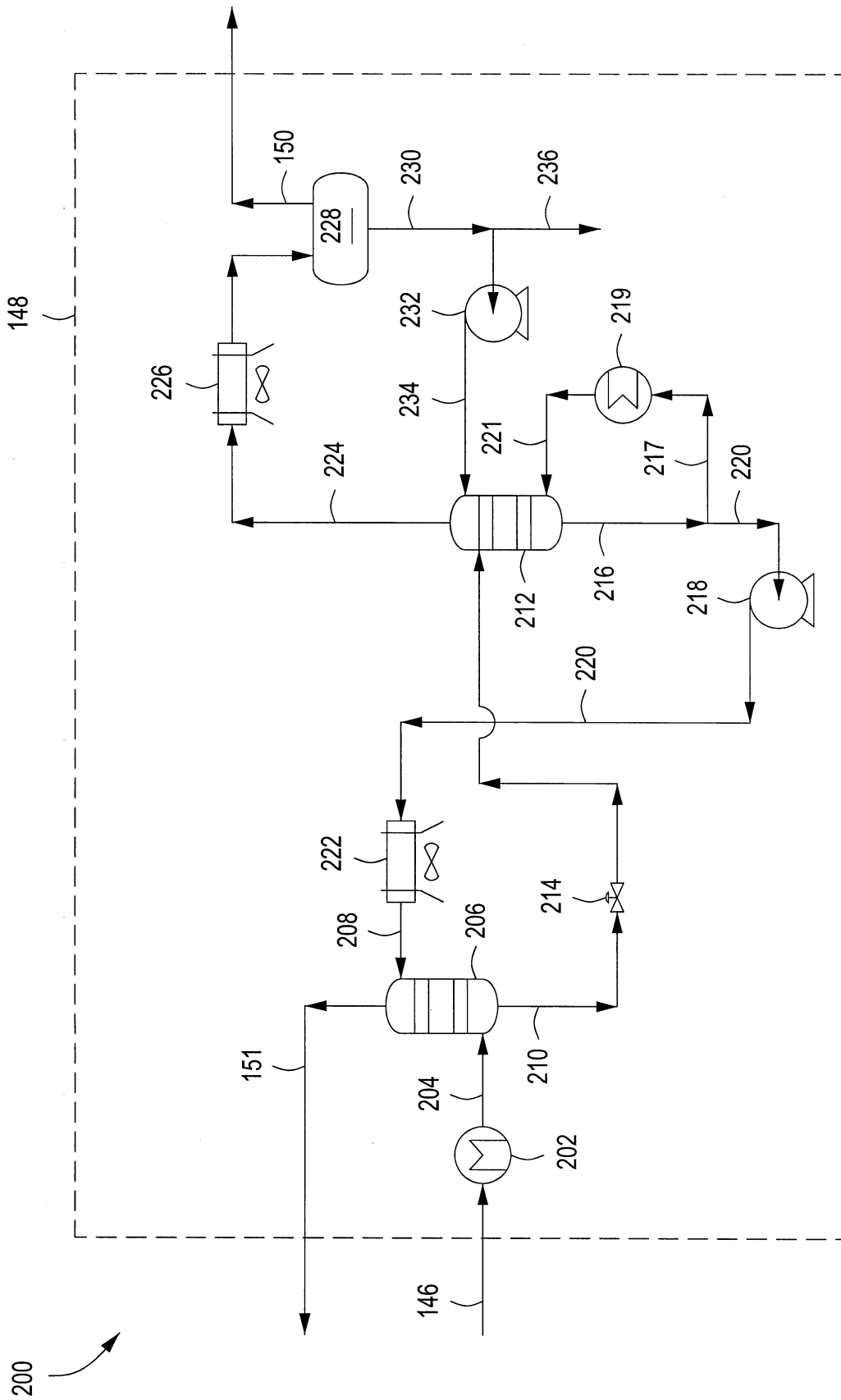


FIG. 2



1997

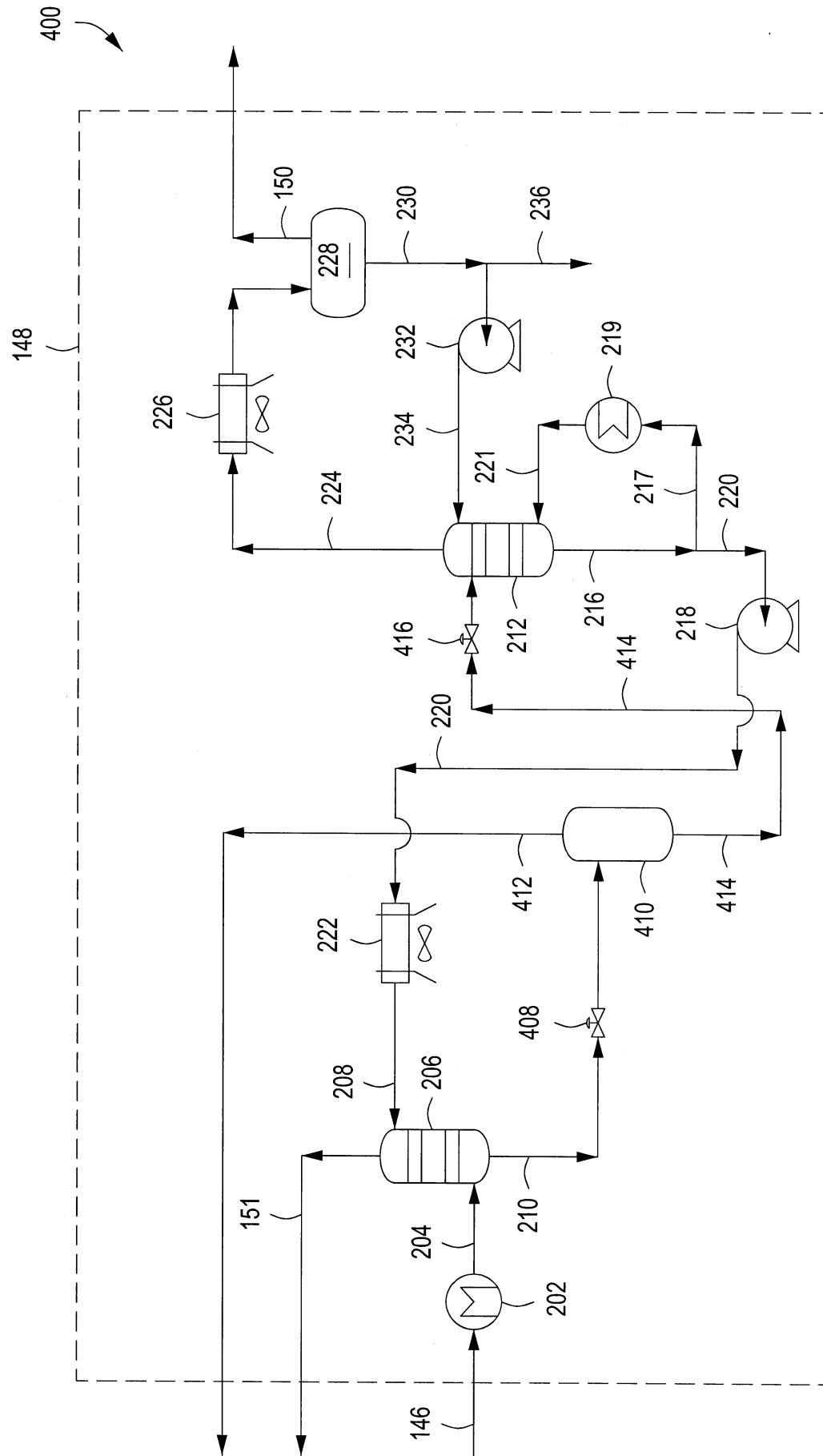


FIG. 4

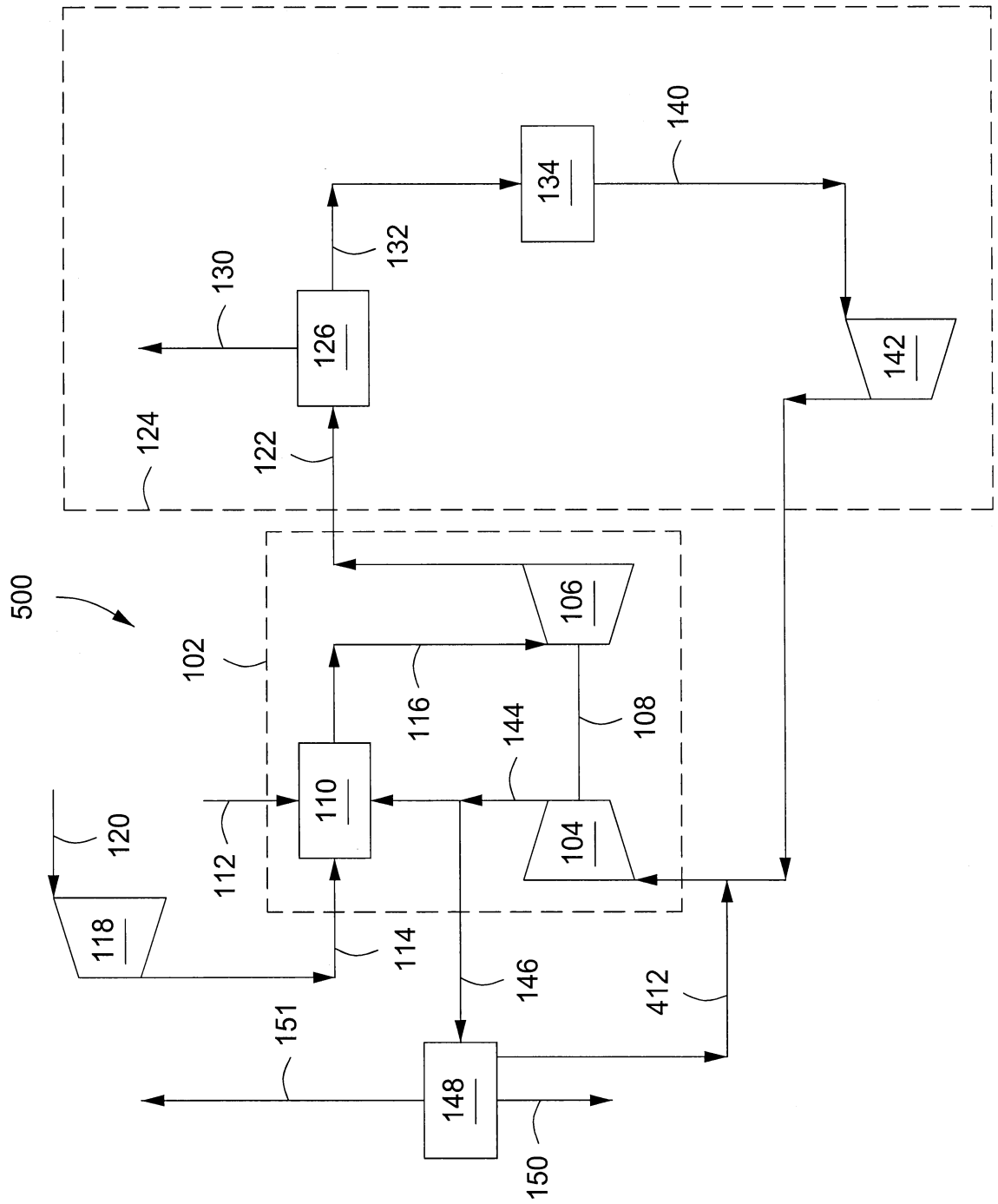


FIG. 5