

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực tạo năng lượng phát xạ thấp trong các hệ thống năng lượng chu trình hỗn hợp. Cụ thể hơn, các phương án của sáng chế đề cập đến các phương pháp và thiết bị đốt cháy nhiên liệu trong tăng cường sản xuất và thu giữ CO₂.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phần này nhằm đưa ra các khía cạnh khác nhau trong lĩnh vực kỹ thuật, có thể được kết hợp với các phương án minh họa của sáng chế. Phần thảo luận này nhằm cung cấp dàn ý để tạo thuận lợi cho việc hiểu rõ hơn các khía cạnh cụ thể của sáng chế. Do đó, cần hiểu rằng phần này nên được hiểu theo khía cạnh này, và không nhất thiết coi là tình trạng kỹ thuật.

Nhiều nước sản xuất dầu từng trải qua quá trình tăng trưởng nội địa mạnh về nhu cầu năng lượng và có mối quan tâm về tăng cường thu hồi dầu (Enhanced Oil Recovery - EOR) để cải thiện thu hồi dầu từ các bể chứa. Hai kỹ thuật EOR phổ biến gồm phun nitơ (N₂) để duy trì áp suất bể chứa và phun cacbon đioxit (CO₂) để bơm ép hỗn hợp cho EOR. Vấn đề liên quan đến phát thải khí nhà kính (Green House Gas - GHG) cũng được quan tâm đến trên toàn cầu. Mối quan tâm này kết hợp với việc thực thi các chính sách của chính phủ-và-thương mại tại nhiều nước làm giảm phát thải CO₂, là ưu tiên trong các nước này và các nước khác, cũng như các công ty vận hành các hệ thống sản xuất hydrocacbon tại các nước này.

Một vài cách tiếp cận để giảm phát thải CO₂ bao gồm loại cacbon của nhiên liệu hoặc thu giữ sau khi đốt cháy sử dụng các dung môi, như amin. Tuy nhiên, cả hai giải pháp này đều đắt tiền và làm giảm hiệu suất tạo ra năng lượng, dẫn đến sản xuất năng lượng thấp hơn, nhu cầu về nhiên liệu và chi phí điện tăng để phù hợp với nhu cầu năng lượng nội địa. Cụ thể là, sự có mặt của các thành phần chứa oxy như SO_x, và NO_x khiến cho việc sử dụng quá trình hấp thụ bằng dung môi amin trở nên khó giải quyết. Cách tiếp cận khác là sử dụng tuabin khí oxy-khí đốt trong chu trình hỗn hợp (ví dụ, nhiệt xả ra khỏi chu trình Brayton tuabin khí được thu giữ để tạo thành hơi nước và sản xuất điện bổ sung trong chu trình Rankin). Tuy nhiên, không có các tuabin

khí có sẵn trên thị trường có thể hoạt động theo chu trình này và năng lượng cần để sản xuất oxy có độ tinh khiết cao làm giảm đáng kể toàn bộ hiệu suất của quy trình. Các nghiên cứu khác nhau được so sánh với các quy trình này và chỉ ra một vài ưu điểm của mỗi cách tiếp cận. Tham khảo, ví dụ: BOLLAND, OLAV, and UNDRUM, HENRIETTE, *Removal of CO₂ from Gas Turbine Power Plants: Evaluation of pre- and post-combustion methods*, SINTEF Group, được tìm thấy tại <http://www.energy.sintef.no/publ/xergi/98/3/3art-8-engelsk.htm> (1998).

Các cách tiếp cận khác để giảm phát thải CO₂ bao gồm tái tuần hoàn khí xả theo hệ số tỷ lệ, như trong các chu trình hỗn hợp khí tự nhiên (Natural Gas Combined Cycle - NGCC). Trong hệ thống NGCC thông thường, chỉ khoảng 40% thể tích hấp thu không khí cần để tạo ra sự đốt cháy nhiên liệu theo hệ số tỷ lệ thích hợp, trong khi còn lại 60% thể tích không khí đóng vai trò làm giảm nhiệt độ và làm mát khí xả thích hợp để đưa vào bộ giãn nở kế tiếp, mà còn tạo ra sản phẩm phụ của oxy dư thừa rất khó để loại bỏ. Hệ thống NGCC thông thường tạo ra khí xả áp suất thấp cần một phần năng lượng được tạo ra để tách CO₂ cho mục đích cô lập hoặc dùng cho EOR, nhờ đó làm giảm hiệu suất nhiệt của NGCC. Ngoài ra, thiết bị tách CO₂ khá cồng kềnh và đắt tiền, và cần đến các giai đoạn nén khác nhau để đưa áp suất môi trường xung quanh đến áp suất cần cho EOR hoặc cô lập. Các giới hạn này là phổ biến đối với quá trình thu giữ cacbon sau khi đốt cháy từ khí xả áp suất thấp kết hợp với sự đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch, như than đá.

Phần thảo luận đề cập ở trên về nhu cầu trong lĩnh vực kỹ thuật là các nhu cầu đại diện chứ chưa bao hàm mọi khía cạnh. Sáng chế hướng đến một hoặc nhiều nhu cầu này, hoặc một vài thiếu sót có liên quan khác trong lĩnh vực, sẽ có lợi để tạo ra năng lượng trong các hệ thống năng lượng chu trình hỗn hợp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống đốt cháy nhiên liệu, tạo ra năng lượng, xử lý hydrocacbon được tạo ra, và/hoặc tạo ra các khí trơ. Các hệ thống có thể được tiến hành theo các trường hợp khác nhau và các sản phẩm của hệ thống có thể tìm thấy trong các ứng dụng khác nhau. Ví dụ, các hệ thống và phương pháp có thể được điều chỉnh để tạo ra dòng cacbon đioxit và dòng nitơ, mỗi dòng có thể có nhiều ứng dụng thích hợp trong các hoạt động sản xuất hydrocacbon. Tương tự, nhiên liệu

đầu vào có thể lấy từ các nguồn khác nhau. Ví dụ, nhiên liệu có thể là dòng nhiên liệu truyền thống bất kỳ hoặc có thể là dòng hydrocacbon được sản xuất, làm dòng chứa metan và các hydrocacbon nặng hơn.

Một hệ thống minh họa trong phạm vi của sáng chế gồm cả hệ thống tuabin khí và hệ thống tái tuần hoàn khí xả. Hệ thống tuabin khí có thể gồm máy nén thứ nhất được tạo kết cấu để nhận và nén dòng khí tái sinh được làm mát thành dòng tái sinh được nén. Hệ thống tuabin khí có thể gồm máy nén thứ hai được tạo kết cấu để nhận và nén chất oxy hóa cấp vào thành chất oxy hóa được nén. Ngoài ra, hệ thống tuabin khí có thể gồm buồng đốt được tạo kết cấu để nhận dòng tái sinh được nén và chất oxy hóa được nén và đốt cháy dòng nhiên liệu, trong đó dòng tái sinh được nén đóng vai trò làm chất pha loãng để làm giảm nhiệt độ cháy. Hệ thống tuabin khí còn gồm bộ giãn nở được nối với máy nén thứ nhất và được tạo kết cấu để nhận dòng xả từ buồng đốt và tạo ra dòng xả dạng khí và dẫn động ít nhất một phần máy nén thứ nhất. Ngoài ra tuabin khí có thể được điều chỉnh để tạo ra năng lượng phụ sử dụng trong các hệ thống khác. Hệ thống minh họa còn gồm hệ thống tái tuần hoàn khí xả bao gồm máy tạo hơi nước thu hồi nhiệt và máy nén tăng áp. Máy tạo hơi nước thu hồi nhiệt có thể được tạo kết cấu để nhận dòng xả dạng khí từ bộ giãn nở và tạo ra hơi nước và dòng xả được làm mát. Dòng xả được làm mát có thể được tái tuần hoàn vào hệ thống tuabin khí trở thành dòng khí tái sinh được làm mát. Trong đường dẫn đến hệ thống tuabin khí, dòng khí tái sinh được làm mát có thể đi qua máy nén tăng áp được lắp đặt để nhận và tăng áp suất của dòng khí tái sinh được làm mát trước khi phun vào máy nén thứ nhất.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các ưu điểm được đề cập ở trên và các ưu điểm khác của sáng chế có thể trở nên rõ ràng khi xem phần mô tả và hình vẽ chi tiết dưới đây về các ví dụ không giới hạn các phương án của sáng chế trong đó:

Fig.1 là hình vẽ mô tả hệ thống tích hợp tạo ra năng lượng phát thải thấp và tăng cường thu hồi CO₂, theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ mô tả hệ thống tích hợp khác tạo ra năng lượng phát thải thấp và tăng cường thu hồi CO₂ theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế.

Fig.3 là hình vẽ mô tả hệ thống tích hợp khác tạo ra năng lượng phát thải thấp và tăng cường thu hồi CO₂ theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế.

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 đề cập đến các phương án được ưu tiên. Tuy nhiên, phần mô tả dưới đây được cụ thể tới những phương án cụ thể hoặc sử dụng cụ thể theo sáng chế, chỉ với mục đích minh họa và đơn giản tạo ra phần mô tả các phương án minh họa. Do đó, sáng chế không bị giới hạn bởi các phương án cụ thể được mô tả dưới đây, mà sáng chế gồm tất cả các phương án thay thế, các cải biến, và các tương đương nằm trong phạm vi và tinh thần của các điểm bảo hộ đính kèm.

Các thuật ngữ khác nhau được sử dụng trong bản mô tả được định nghĩa dưới đây. Để mở rộng thuật ngữ được sử dụng trong yêu cầu bảo hộ mà không được định nghĩa dưới đây, các thuật ngữ này nên được hiểu theo định nghĩa rộng nhất trong lĩnh vực thích hợp như được đưa ra trong ít nhất một công bố đơn bằng văn bản hoặc bằng độc quyền sáng chế được cấp.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "khí tự nhiên" dùng để chỉ khí nhiều thành phần thu được từ giếng dầu thô (khí đồng hành) hoặc từ vỉa mang khí ngầm (khí không đồng hành). Thành phần và áp suất của khí tự nhiên có thể thay đổi đáng kể. Dòng khí tự nhiên thông thường chứa metan (CH₄) là thành phần chính, tức là lớn hơn 50mol% dòng khí tự nhiên là metan. Dòng khí tự nhiên cũng có thể chứa etan (C₂H₆), các hydrocacbon có trọng lượng phân tử cao hơn (ví dụ, hydrocacbon C₃-C₂₀), một hoặc nhiều khí axit (ví dụ, hydro sulfua, cacbon đioxit), hoặc hỗn hợp của chúng. Khí tự nhiên cũng có thể chứa lượng nhỏ hơn các tạp chất như nước, nitơ, sắt sulfua, sáp, dầu thô, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "đốt cháy theo hệ số tỷ lệ" dùng để chỉ phản ứng đốt cháy có thể tích của các chất phản ứng bao gồm nhiên liệu và chất oxy hóa và thể tích của các sản phẩm được tạo thành bằng cách đốt cháy các chất phản ứng trong đó toàn bộ thể tích của các chất phản ứng được sử dụng để tạo thành các sản phẩm. Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "đốt cháy về cơ bản là theo hệ số tỷ lệ" dùng để chỉ phản ứng đốt cháy có tỷ lệ mol của nhiên liệu đốt

so với oxy nằm trong khoảng từ khoảng cộng trừ 10% oxy cần thiết đối với tỷ lệ theo hệ số tỷ lượng hoặc tốt hơn nữa là từ khoảng cộng trừ 5% oxy cần thiết đối với tỷ lệ theo hệ số tỷ lượng. Ví dụ, tỷ lệ theo hệ số tỷ lượng của nhiên liệu đối với oxy với metan bằng 1:2 ($CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$). Propan sẽ có tỷ lệ theo hệ số tỷ lượng của nhiên liệu so với oxy bằng 1:5. Cách đo sự đốt cháy về cơ bản là theo hệ số tỷ lượng là tỷ lệ của oxy được cấp vào trên oxy cần cho sự đốt cháy theo hệ số tỷ lượng, như nằm trong khoảng từ khoảng 0,9:1 đến khoảng 1,1:1, hoặc tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ khoảng 0,95:1 đến khoảng 1,05:1.

Như được sử dụng trong sáng chế, thuật ngữ "dòng" dùng để chỉ thể tích của các chất lưu, mặc dù sử dụng thuật ngữ dòng thường có nghĩa là thể tích động của chất lưu (ví dụ, có vận tốc hoặc lưu lượng khối). Tuy nhiên, thuật ngữ "dòng," không quy định vận tốc, lưu lượng khối, hoặc loại ống dẫn cụ thể bao quanh dòng.

Các phương án về các hệ thống và quy trình được bộc lộ ở đây có thể được sử dụng để tạo ra năng lượng điện phát thải siêu thấp và CO₂ để tăng cường thu hồi dầu (Enhanced Oil Recovery - EOR) hoặc các ứng dụng cụ thể. Theo các phương án được đề xuất trong sáng chế, hỗn hợp không khí và nhiên liệu có thể được đốt cháy theo hệ số tỷ lượng hoặc về cơ bản là theo hệ số tỷ lượng và được trộn với dòng khí xả được tái sinh. Theo một vài cách tiến hành, buồng đốt có thể được vận hành để cố gắng đạt được sự cháy theo hệ số tỷ lượng, có độ lệch theo phía khác của sự cháy theo hệ số tỷ lượng. Ngoài ra hoặc nói cách khác, buồng đốt và hệ thống tuabin khí có thể được thích ứng với việc đốt cháy theo hệ số tỷ lượng có độ lệch hoặc sai số ở phía rút oxy của hệ thống hơn là phía cung cấp oxy dư. Dòng khí xả được tái sinh, thường gồm các sản phẩm cháy như CO₂, có thể được sử dụng làm chất pha loãng để điều chỉnh hoặc nói cách khác làm giảm nhiệt độ của buồng đốt và/hoặc nhiệt độ của khí xả đi vào bộ giãn nở kế tiếp.

Đốt cháy ở các điều kiện gần hệ số tỷ lượng (hoặc sự đốt cháy "giàu nhẹ") có thể chứng minh những ưu điểm để loại trừ chi phí loại bỏ oxy dư. Bằng cách làm mát khí xả và ngưng tụ nước ra khỏi dòng, dòng CO₂ có hàm lượng tương đối cao có thể được tạo ra. Trong khi một phần của khí xả tái sinh có thể được sử dụng để làm giảm nhiệt độ trong chu trình Brayton khép kín, dòng cân bằng còn lại có thể được sử dụng cho

các ứng dụng EOR và năng lượng điện có thể được sản xuất với một lượng nhỏ hoặc không có SO_x , NO_x , hoặc CO_2 được phát thải vào khí quyển.

Tham chiếu đến các hình vẽ, Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ mô tả hệ thống tạo năng lượng 100 và được tích hợp thu hồi CO_2 làm ví dụ bằng cách sử dụng cách lắp đặt chu trình hỗn hợp, theo một hoặc nhiều phương án. Theo ít nhất một phương án, hệ thống tạo năng lượng 100 có thể gồm hệ thống tuabin khí 102 được mô tả dưới dạng chu trình Brayton khép kín, sản xuất năng lượng. Hệ thống tuabin khí 102 có thể có máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 được nối với bộ giãn nở 106 qua trục 108. Trục 108 có thể liên kết cơ học, điện, hoặc liên kết năng lượng khác bất kỳ, nhờ đó cho phép một phần năng lượng cơ học được tạo ra bởi bộ giãn nở 106 để dẫn động máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104. Theo ít nhất một phương án, hệ thống tuabin khí 102 có thể là tuabin khí tiêu chuẩn, trong đó máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 và bộ giãn nở 106 lần lượt tạo thành các đầu máy nén và bộ giãn nở. Tuy nhiên, theo các phương án khác, máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 và bộ giãn nở 106 có thể là các bộ phận riêng biệt trong hệ thống tuabin khí 102.

Hệ thống tuabin khí 102 cũng có thể gồm buồng đốt 110 được lắp đặt để đốt cháy nhiên liệu trong đường dẫn 112 được trộn với chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114. Theo một hoặc nhiều phương án, nhiên liệu trong đường dẫn 112 có thể gồm khí hydrocarbon hoặc chất lỏng thích hợp bất kỳ, như khí tự nhiên, metan, etan, naphta, butan, propan, khí tổng hợp, diesel, kerosen, nhiên liệu máy bay, nhiên liệu có nguồn gốc từ than đá, nhiên liệu sinh học, nguyên liệu cấp hydrocarbon được oxy hóa, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114 có thể nhận được từ máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118 được nối thông chất lưu với buồng đốt 110 và được điều chỉnh để nén chất oxy hóa cấp vào 120. Theo một hoặc nhiều phương án, chất oxy hóa cấp vào 120 có thể gồm khí thích hợp bất kỳ chứa oxy, như không khí, không khí giàu oxy, không khí được rút hết oxy, oxy tinh khiết, hoặc các hỗn hợp của chúng.

Sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây, buồng đốt 110 cũng có thể nhận dòng tái sinh được nén 144, gồm khí xả cơ bản chứa CO_2 và các thành phần nitơ. Dòng tái sinh được nén 144 có thể nhận được từ máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 và được thích ứng để tạo thuận lợi cho quá trình đốt cháy về cơ bản là theo hệ số tỷ lệ chất

oxy hóa được nén trong đường dẫn 114 và nhiên liệu trong đường dẫn 112, và cũng làm tăng nồng độ CO_2 trong khí xả. Dòng xả 116 hướng vào cửa vào của bộ giãn nở 106 có thể được tạo ra dưới dạng sản phẩm cháy của nhiên liệu trong đường dẫn 112 và chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114, với sự có mặt của dòng tái sinh được nén 144. Theo ít nhất một phương án, nhiên liệu trong đường dẫn 112 có thể cơ bản là khí tự nhiên, nhờ đó tạo ra dòng xả 116 gồm các phân tử tích của nước bốc hơi, CO_2 , nitơ, nitơ oxit (NO_x), và oxit lưu huỳnh (SO_x). Theo một vài phương án, một phần nhỏ nhiên liệu không cháy hoặc các hợp chất khác cũng có thể có trong dòng xả 116 do các giới hạn cân bằng của phản ứng cháy. Khi dòng xả 116 giãn nở qua bộ giãn nở 106 nó tạo ra năng lượng cơ học để dẫn động máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104, máy phát điện, hoặc các thiết bị khác, và cũng tạo ra dòng xả dạng khí 122 có hàm lượng CO_2 tăng thêm tạo thành dòng vào của khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 114. Năng lượng cơ học được tạo ra bởi bộ giãn nở 106 ngoài ra hoặc theo cách khác có thể được sử dụng cho các mục đích khác, như để tạo ra điện đến mạng lưới điện cục bộ hoặc dẫn động các hệ thống khác trong khi vận hành hoặc hoạt động.

Hệ thống tạo năng lượng 100 cũng có thể gồm hệ thống tái tuần hoàn khí xả (Exhaust Gas Recirculation- EGR) 124. Theo một hoặc nhiều phương án, hệ thống EGR 124 có thể gồm máy phát hơi nước thu hồi nhiệt (Heat Recovery Steam Generator - HRSG) 126, hoặc thiết bị tương tự, được nối thông chất lưu với tuabin khí hơi nước 128. Theo ít nhất một phương án, tổ hợp của HRSG 126 và tuabin khí hơi nước 128 có thể được mô tả dưới dạng chu trình Rankine khép kín. Khi kết hợp với hệ thống tuabin khí 102, HRSG 126 và tuabin khí hơi nước 128 có thể tạo thành một phần trong nhà máy tạo ra năng lượng chu trình hỗn hợp, như nhà máy chu trình hỗn hợp khí tự nhiên (Natural Gas Combined-Cycle - NGCC). Dòng xả dạng khí 122 có thể được chuyển đến HRSG 126 để tạo ra hơi nước bổ sung trong đường dẫn 130 và khí xả được làm mát trong đường dẫn 132. Theo một phương án, hơi nước bổ sung trong đường dẫn 130 có thể được chuyển đến tuabin khí hơi nước 128 để tạo ra năng lượng điện bổ sung.

Khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 có thể được chuyển đến ít nhất một bộ phận làm mát 134 được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 và tạo ra dòng khí tái sinh được làm mát 140. Theo một hoặc

nhiều phương án, bộ phận làm mát 134 có thể là bộ làm mát tiếp xúc trực tiếp, bộ làm mát vi chỉnh, bộ phận làm lạnh cơ học, hoặc các tổ hợp của chúng. Bộ phận làm mát 134 cũng có thể được tạo kết cấu để loại bỏ một phần nước ngưng tụ qua dòng rút nước 138 có thể, theo ít nhất một phương án, được dẫn vào HRSG 126 qua đường dẫn 141 để tạo ra nguồn nước để tạo ra hơi nước bổ sung trong đường dẫn 130. Theo một hoặc nhiều phương án, dòng khí tái sinh được làm mát 140 có thể được hướng vào máy nén tăng áp 142 được nối thông chất lưu với bộ phận làm mát 134. Làm mát khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 trong bộ phận làm mát 134 có thể làm giảm năng lượng cần thiết để nén dòng khí tái sinh được làm mát 140 trong máy nén tăng áp 142.

Máy nén tăng áp 142 có thể được tạo kết cấu để làm tăng áp suất của dòng khí tái sinh được làm mát 140 trước khi nó được đưa vào máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104. Trái với hệ thống máy quạt gió hoặc quạt thông thường, máy nén tăng áp 142 làm tăng tỷ trọng tổng thể của dòng khí tái sinh được làm mát 140, nhờ đó hướng lưu lượng khối tăng với lưu lượng thể tích bằng nhau vào máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104. Do máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 thường bị giới hạn về lưu lượng thể tích, nên việc hướng lưu lượng khối nhiều hơn qua máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 có thể gây ra áp lực xả cao hơn từ máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104, nhờ đó chuyển thành tỷ lệ áp suất cao hơn dọc theo bộ giãn nở 106. Tỷ lệ áp suất cao hơn được tạo ra qua bộ giãn nở 106 có thể cho phép nhiệt độ đầu vào cao hơn và, do đó, làm tăng năng lượng và hiệu suất trong bộ giãn nở 106. Điều này có thể chứng minh sự có lợi do khí xả giàu CO₂ trong đường dẫn 116 thường duy trì công suất nhiệt đặc trưng cao hơn.

Máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 có thể được tạo kết cấu để nén dòng khí tái sinh được làm mát 140 nhận được từ máy nén tăng áp 142, thành áp suất quy định cao hơn áp suất của buồng đốt 110, nhờ đó tạo ra dòng tái sinh được nén 144. Theo ít nhất một phương án, dòng cân bằng 146 có thể được thu hồi từ dòng tái sinh được nén 144 và tiếp theo được xử lý trong máy tách CO₂ 148 để thu giữ CO₂ ở áp suất tăng cao qua đường dẫn 150. CO₂ được tách trong đường dẫn 150 có thể được sử dụng để bán, được sử dụng trong quy trình khác cần đến cacbon đioxit, và/hoặc được nén và phun vào bể chứa trên mặt đất để tăng cường thu hồi dầu (Enhanced Oil

Recovery - EOR), để cô lập, hoặc cho mục đích khác.

Dòng dư 151, cơ bản được tháo hết CO₂ và cơ bản gồm có nitơ, cũng có thể nhận được từ máy tách CO₂ 148. Theo một vài cách tiến hành, dòng dư 151 giàu nitơ có thể được thông khí và/hoặc được sử dụng trực tiếp trong một hoặc nhiều quy trình hoạt động. Theo một hoặc nhiều phương án, dòng dư 151 có thể tại áp suất, được giãn nở trong bộ giãn nở khí 152, như bộ giãn nở nitơ sản xuất năng lượng, được nối thông chất lưu với máy tách CO₂ 148. Như được mô tả trên các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.3, bộ giãn nở khí 152 có thể tùy ý được nối với máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118 thông qua trục chung 154 hoặc sự liên kết cơ học, điện, hoặc liên kết năng lượng khác, nhờ đó cho phép một phần năng lượng được tạo ra bởi bộ giãn nở khí 152 để chạy máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118. Sau khi giãn nở trong bộ giãn nở khí 152, khí xả trong đường dẫn 156, cơ bản gồm có nitơ, có thể được thông khí với khí quyển hoặc được tiến hành trong các ứng dụng khác đã được biết trong lĩnh vực kỹ thuật. Ví dụ, dòng nitơ được giãn nở có thể được sử dụng trong quy trình làm mát bay hơi được lắp đặt để làm giảm nhiệt độ của khí xả như được mô tả chung trong đơn xin cấp bằng độc quyền Sáng chế Mỹ được nộp đồng thời có tiêu đề "Stoichiometric Combustion with Exhaust Gas Recirculation and Direct Contact Cooler," hàm lượng khí xả được kết hợp ở đây để tham khảo mở rộng mà không mâu thuẫn với bản mô tả. Theo ít nhất một phương án, sự kết hợp của bộ giãn nở khí 152, máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118, và máy tách CO₂ 148 có thể được mô tả dưới dạng chu trình Brayton mở, hoặc bộ phận sản xuất năng lượng thứ ba trong hệ thống tạo năng lượng 100.

Tuy nhiên theo các phương án khác, bộ giãn nở khí 152 có thể được sử dụng để tạo ra năng lượng cho các ứng dụng khác, và không trực tiếp được nối với máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118. Ví dụ, cơ bản không có sự phù hợp giữa năng lượng được tạo ra bởi bộ giãn nở 152 và các yêu cầu đối với máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118. Trong các trường hợp này, bộ giãn nở 152 có thể được điều chỉnh để dẫn động máy nén nhỏ hơn (không được minh họa trên hình vẽ) cần ít năng lượng hơn. Theo các phương án khác, bộ giãn nở khí 152 có thể được thay thế bằng máy nén phía sau (không được minh họa trên hình vẽ) được tạo kết cấu để nén dòng dư 151 và tạo ra khí xả được nén thích hợp để phun vào bể chứa để duy trì áp suất hoặc các ứng dụng

EOR.

Hệ thống EGR 124 như được mô tả ở đây, đặc biệt với sự bổ sung máy nén tăng áp 142, có thể được tiến hành để đạt được nồng độ CO₂ cao hơn trong khí xả của hệ thống tạo năng lượng 100, nhờ đó cho phép tách CO₂ hiệu quả hơn cho quá trình cô lập sau đó, duy trì áp suất, hoặc các ứng dụng EOR. Ví dụ, các phương án được bộc lộ trong bản mô tả có thể làm tăng hiệu quả nồng độ của CO₂ trong dòng xả khí và đến khoảng 10% thể tích hoặc cao hơn. Để tiến hành việc này, buồng đốt 110 có thể được điều chỉnh để đốt theo hệ số tỷ lượng trong hỗn hợp nhiên liệu đi vào trong đường dẫn 112 và chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114. Để làm giảm nhiệt độ đốt cháy theo hệ số tỷ lượng phù hợp với nhiệt độ đầu vào của bộ giãn nở 106 và các yêu cầu làm mát bộ phận, một phần khí xả có thu được từ dòng tái sinh được nén 144 có thể được phun đồng thời vào buồng đốt 110 dưới dạng chất pha loãng. Do đó, các phương án của sáng chế có thể cơ bản loại bỏ oxy dư khỏi khí xả trong khi làm tăng đồng thời thành phần CO₂ của nó. Được hiểu theo cách thông thường, dòng xả dạng khí 122 có thể có 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 nhỏ hơn khoảng 0,001% thể tích oxy.

Các đặc trưng của quy trình hoạt động minh họa hệ thống tạo năng lượng 100 sẽ được thảo luận. Điều này sẽ được đánh giá cao, nhiệt độ và áp suất đặc trưng đạt được hoặc thử nghiệm trong các bộ phận khác nhau theo các phương án bất kỳ được bộc lộ trong bản mô tả có thể thay đổi phụ thuộc vào, trong số các yếu tố khác, độ tinh khiết của chất oxy hóa được sử dụng và/hoặc tạo thành đặc trưng và/hoặc các mô hình của bộ giãn nở, máy nén, thiết bị làm mát, v.v.. Do đó, sẽ rõ ràng với dữ liệu cụ thể được mô tả chỉ với các mục đích minh họa và không được giải thích theo cách hiểu của chúng. Ví dụ, theo một phương án được mô tả ở đây, máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118 có thể được lắp đặt để tạo ra chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114 với áp suất nằm trong khoảng từ 280psia (khoảng 1,931Mpa) và khoảng 300psia (khoảng 2,068Mpa). Tuy nhiên, điều này cũng được dự tính trong bản mô tả, là kỹ thuật tuabin khí phát sinh khí, có thể sản xuất và tiêu thụ áp suất lớn hơn khoảng 750psia (5,171Mpa) và lớn hơn nữa.

Máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 có thể được tạo kết cấu để nén khí xả được tái sinh thành dòng tái sinh được nén 144 ở áp suất quy định cao hơn hoặc bằng

áp suất buồng đốt 110, và sử dụng một phần khí xả được tái sinh làm chất pha loãng trong buồng đốt 110. Do các lượng chất pha loãng cần thiết trong buồng đốt 110 có thể phụ thuộc vào độ tinh khiết của chất oxy hóa được sử dụng để đốt cháy theo hệ số tỷ lệ lượng hoặc kiểu bộ giãn nở 106, vòng của cặp nhiệt điện và/hoặc cảm biến oxy (không được minh họa trên hình vẽ) có thể được kết hợp với buồng đốt hoặc hệ thống tuabin khí thường để xác định, bằng cách đo trực tiếp hoặc bằng cách đánh giá và/hoặc tính toán, nhiệt độ và/hoặc nồng độ oxy trong một hoặc nhiều dòng. Ví dụ, cặp nhiệt điện và/hoặc cảm biến oxy có thể được bố trí phía ngoài của buồng đốt 110, trên cửa vào của bộ giãn nở 106, và/hoặc trên lối ra của bộ giãn nở 106. Khi hoạt động, cặp nhiệt điện và cảm biến oxy có thể được lắp để điều chỉnh và xác định thể tích của khí xả cần đến dưới dạng chất pha loãng để làm mát các sản phẩm cháy đến nhiệt độ đầu vào của bộ giãn nở cần thiết, và cũng điều chỉnh lượng chất oxy hóa được phun vào buồng đốt 110. Do đó, để đáp ứng các yêu cầu về nhiệt độ được phát hiện bởi các cặp nhiệt điện và mức oxy được phát hiện bởi cảm biến oxy, lưu lượng khối thể tích của dòng tái sinh được nén 144 và chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114 có thể được thao tác hoặc điều khiển để phù hợp với nhu cầu.

Theo ít nhất một phương án, sự giảm áp suất nằm trong khoảng từ 12 đến 13psia (từ 0,083 đến 0,09MPa) có thể đi qua buồng đốt 110 trong khi đốt cháy theo hệ số tỷ lệ lượng. Sự đốt cháy nhiên liệu trong đường dẫn 112 và chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114 có thể tạo ra nhiệt độ giữa khoảng 2000°F và khoảng 3000°F (từ khoảng 1093°C đến khoảng 1649°C) và áp suất nằm trong khoảng từ 250psia đến khoảng 300psia (từ khoảng 1,7MPa đến khoảng 2,06MPa). Do lưu lượng khối tăng và nhiệt dung đặc trưng cao hơn của chất lưu làm việc giàu CO₂ có nguồn gốc từ dòng tái sinh được nén 144, tỷ lệ áp suất cao hơn có thể đạt được qua bộ giãn nở 106, nhờ đó cho phép nhiệt độ đầu vào cao hơn và năng lượng của bộ giãn nở 106 tăng cao.

Dòng xả dạng khí 122 tồn tại trong bộ giãn nở 106 có thể có áp suất bằng hoặc gần áp suất của môi trường xung quanh. Theo ít nhất một phương án, dòng xả dạng khí 122 có thể có áp suất nằm trong khoảng từ 15,2psia (0,1MPa). Nhiệt độ của dòng xả dạng khí 122 có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1180°F đến khoảng 1250°F (từ khoảng 637°C đến khoảng 676°C) trước khi đi qua HRSG 126 để tạo ra hơi nước bổ sung trong đường dẫn 130 và khí xả được làm mát trong đường dẫn 132. Khí xả được

làm mát trong đường dẫn 132 có thể có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 190°F đến khoảng 200°F (từ 87°C đến khoảng 93°C). Theo một hoặc nhiều phương án, bộ phận làm mát 134 có thể làm giảm nhiệt độ của khí xả được làm mát 132 nhờ đó tạo ra dòng khí tái sinh được làm mát 140 có nhiệt độ nằm trong khoảng 32°F và 120°F (từ 0°C đến 49°C), cơ bản phụ thuộc vào nhiệt độ bầu cảm ẩm trong các vị trí cụ thể và trong các mùa cụ thể. Phụ thuộc vào mức làm mát bởi bộ phận làm mát 134, bộ phận làm mát có thể được lắp để làm tăng lưu lượng khối của dòng khí tái sinh được làm mát.

Theo một hoặc nhiều phương án, máy nén tăng áp 142 có thể được tạo kết cấu để làm tăng áp suất của dòng khí tái sinh được làm mát 140 thành áp suất nằm trong khoảng từ khoảng 17,1psia đến khoảng 21psia (từ 0,118MPa đến 0,145MPa). Kết quả là, máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 nhận và nén khí xả tái sinh có tỷ trọng cao hơn và lưu lượng khối tăng cao, nhờ đó cho phép áp suất xả cơ bản cao hơn trong khi duy trì tỷ lệ áp suất bằng hoặc tương tự. Theo ít nhất một phương án, nhiệt độ của dòng tái sinh được nén 144 được xả từ máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 có thể bằng khoảng 800°F (426°C), với áp suất bằng khoảng 280psia (1,93MPa).

Bảng dưới đây cung cấp các kết quả thử nghiệm và các đánh giá về hiệu suất trên cơ sở các tuabin khí chu trình hỗn hợp, có và không có tác dụng bổ sung của máy nén tăng áp 142, như được mô tả ở trên.

Bảng 1

So sánh hiệu suất ba chu trình		
Năng lượng (MW)	Máy nén tăng áp chu trình w/o tái tuần hoàn	Máy nén tăng áp chu trình w/ tái tuần hoàn
Năng lượng của bộ giãn nở tuabin khí	1055	1150
Máy nén chính	538	542
Máy nén quạt và máy nén tăng áp	13	27
Máy nén đầu vào	283	315
Năng lượng nén tổng	835	883
Năng lượng của tuabin khí thực	216	261
Năng lượng thực của tuabin hơi nước	395	407

Năng lượng thực của cơ cấu tiêu chuẩn	611	668
Các tổn thất phụ	13	15
Năng lượng của bộ giãn nở nitơ	156	181
Năng lượng chu trình hỗn hợp	598	653
<i>Hiệu suất</i>		
Tốc độ nhiên liệu (mBTU/hr)	5947	6322
Tốc độ gia nhiệt (BTU/kWh)	9949	9680
Hiệu suất của chu trình hỗn hợp (%lhv)	34,3	35,2
Áp suất thanh trùng CO ₂ (psia)	280	308

Nhận thấy rõ từ bảng 1, các phương án có máy nén tăng áp 142 có thể dẫn đến sự tăng năng lượng của bộ giãn nở 106 (tức là, "Gas Turbine Expander Power") do làm tăng các tỷ lệ áp suất. Mặc dù nhu cầu về năng lượng đối với máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 có thể tăng lên, sự tăng của nó nhiều hơn sự dịch chuyển bởi sự tăng công suất năng lượng của bộ giãn nở 106, nhờ đó dẫn đến cải thiện hiệu quả tổng thể hiệu suất động lực bằng khoảng 1% lhv (giá trị gia nhiệt thấp hơn).

Hơn nữa, việc bổ sung máy nén tăng áp 142 cũng có thể làm tăng công suất năng lượng của bộ giãn nở khí 152, khi bộ giãn nở này được kết hợp. Ngoài ra, máy nén tăng áp 142 có thể làm tăng áp suất của CO₂ trong đường dẫn dòng cân bằng 146. Sự tăng áp suất cân bằng trong dòng cân bằng 146 có thể dẫn đến hiệu suất xử lý dung môi được cải thiện trong máy tách CO₂ 148 do áp suất riêng phần của CO₂ cao hơn. Các cách cải thiện này có thể gồm, nhưng không giới hạn với, sự giảm toàn bộ các kinh phí chủ yếu dưới dạng kích thước của thiết bị giảm trong quy trình chiết dung môi.

Tham chiếu đến Fig.2, mô tả phương án thay thế của hệ thống tạo năng lượng 100 trên Fig.1, được thể hiện và được mô tả là hệ thống 200. Như được hiểu theo cách thông thường, Fig.2 có thể được hiểu đối với Fig.1. Tương tự với hệ thống tạo năng lượng 100 trên Fig.1, hệ thống 200 trên Fig.2 gồm hệ thống tuabin khí 102 được kết hợp hoặc được đỡ theo cách khác bởi hệ thống tái tuần hoàn khí xả (Exhaust Gas

Recirculation - EGR) 124. Hệ thống EGR 124 trên Fig.2, tuy nhiên, có thể gồm một phương án trong đó máy nén tăng áp 142 tiếp theo hoặc có thể theo cách khác được nối thông chất lưu với HRSG 126. Như được hiểu theo cách thông thường, khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 có thể được nén trong máy nén tăng áp 142 trước khi làm giảm nhiệt bộ trong bộ phận làm mát 134. Do đó, bộ phận làm mát 134 có thể đóng vai trò làm buồng tản nhiệt sau được lắp để loại bỏ nhiệt nén được tạo ra bởi máy nén tăng áp 142. Như với các phương án được bộc lộ ở phần trước, dòng rút nước 138 có thể hoặc không thể được dẫn vào HRSG 126 để tạo ra hơi nước bổ sung trong đường dẫn 130.

Dòng khí tái sinh được làm mát 140 sau đó có thể được hướng vào máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 trong đó được nén, như được thảo luận ở trên, nhờ đó tạo ra dòng tái sinh được nén 144. Như có thể được đánh giá cao, làm mát khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 trong bộ phận làm mát 134 sau đó nén trong máy nén tăng áp 142 có thể làm giảm lượng năng lượng cần để nén dòng khí tái sinh được làm mát 140 đến áp suất định trước trong máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 sau đó.

Fig.3 mô tả một phương án khác của hệ thống tạo năng lượng 100 phát thải thấp trên Fig.1, được thể hiện dưới dạng hệ thống 300. Như được hiểu theo cách thông thường, Fig.3 có thể được hiểu đối với Fig.1 và Fig.2. Tương tự với các hệ thống tạo năng lượng 100, hệ thống 200 được mô tả trên Fig.1 và Fig.2, theo thứ tự, hệ thống 300 gồm hệ thống tuabin khí 102 được đỡ bởi hoặc được nối theo cách khác với hệ thống EGR 124. Tuy nhiên, hệ thống EGR 124 trên Fig.3 có thể gồm bộ phận làm mát 134 thứ nhất và bộ phận làm mát 136 thứ hai, có máy nén tăng áp 142 được nối thông chất lưu trong đó. Như với các phương án trước, mỗi bộ phận làm mát 134, 136 thứ nhất, thứ hai có thể là bộ làm mát tiếp xúc trực tiếp, bộ làm mát vi chỉnh, hoặc bộ phận tương tự, như được biết trong lĩnh vực kỹ thuật.

Theo một hoặc nhiều phương án, khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 được xả từ HRSG 126 có thể được chuyển đến bộ phận làm mát 134 thứ nhất để tạo ra dòng rút nước 138 được ngưng tụ và dòng khí tái sinh được làm mát 140. Dòng khí tái sinh được làm mát 140 có thể được hướng vào máy nén tăng áp 142 để tăng áp suất của dòng khí tái sinh được làm mát 140, và tiếp đó hướng nó vào bộ phận làm mát thứ hai

136. Bộ phận làm mát 136 thứ hai có thể thích hợp làm bộ tản nhiệt sau được lắp để loại bỏ nhiệt nén được tạo ra bởi máy nén tăng áp 142, và cũng làm giảm nước được ngưng tụ bổ sung qua dòng rút nước 143. Theo một hoặc nhiều phương án, mỗi dòng rút nước 138, 143 có thể hoặc không thể được dẫn vào HRSG 126 để tạo ra hơi nước bổ sung trong đường dẫn 130.

Dòng khí tái sinh được làm mát 140 sau đó có thể được đưa vào máy nén chính hoặc máy nén thứ nhất 104 để tạo ra dòng tái sinh được nén 144 quy định cao hơn hoặc bằng áp suất của buồng đốt 110. Như được đánh giá cao, làm mát khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 trong bộ phận làm mát 134 thứ nhất có thể làm giảm lượng năng lượng cần để nén dòng khí tái sinh được làm mát 140 trong máy nén tăng áp 142. Hơn nữa, khí xả làm mát trong bộ phận làm mát thứ hai 136 có thể làm giảm lượng năng lượng cần thiết để nén dòng khí tái sinh được làm mát 140 đến áp suất định trước trong máy nén chính kết tiếp 104.

Trong khi sáng chế có thể dễ dàng có các biến thể và các dạng thay thế khác nhau, thì các phương án minh họa được thảo luận ở trên chỉ được đưa ra làm ví dụ. Tuy nhiên, một lần nữa cần hiểu rằng bản mô tả không nhằm giới hạn các phương án cụ thể được mô tả ở đây. Thực vậy, sáng chế gồm tất cả các phương án thay thế, các cải biến, và các phương pháp tương đương nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống tích hợp, hệ thống bao gồm:

hệ thống tuabin khí, hệ thống bao gồm:

máy nén thứ nhất được tạo kết cấu để nhận và nén dòng khí tái sinh được làm mát thành dòng tái sinh được nén;

máy nén thứ hai được tạo kết cấu để nhận và nén chất oxy hóa cấp thành chất oxy hóa được nén;

buồng đốt được tạo kết cấu để nhận dòng tái sinh được nén và chất oxy hóa được nén và đốt cháy dòng nhiên liệu về cơ bản là theo hệ số tỷ lượng, trong đó dòng tái sinh được nén đóng vai trò làm chất pha loãng để làm giảm nhiệt độ đốt; và

bộ giãn nở được nối với máy nén thứ nhất và được tạo kết cấu để nhận dòng xả từ buồng đốt để tạo ra dòng xả dạng khí và dẫn động ít nhất một phần máy nén thứ nhất; và

hệ thống tái tuần hoàn khí xả, hệ thống bao gồm:

máy tạo hơi nước thu hồi nhiệt được tạo kết cấu để nhận dòng xả dạng khí từ bộ giãn nở và tạo ra hơi nước và dòng xả được làm mát; và

máy nén tăng áp được tạo kết cấu để nhận và làm tăng áp suất của dòng xả được làm mát trong trạng thái không pha loãng để tạo ra dòng khí tái sinh được làm mát để phun vào máy nén thứ nhất.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống tái tuần hoàn khí xả còn bao gồm tuabin khí hơi nước được tạo kết cấu để nhận hơi nước và tạo ra năng lượng điện.

3. Hệ thống theo điểm 1, trong đó chất oxy hóa cấp vào là không khí, không khí giàu oxy, và hỗn hợp bất kỳ của chúng.

4. Hệ thống theo điểm 1, trong đó dòng nhiên liệu được chọn từ nhóm bao gồm: khí tự nhiên, metan, naphta, butan, propan, khí tổng hợp, diesel, dầu hỏa, nhiên liệu máy bay, nhiên liệu có nguồn gốc từ than đá, nhiên liệu sinh học, nguyên liệu cấp

hydrocacbon được oxy hóa, và hỗn hợp bất kỳ của chúng.

5. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống tái tuần hoàn khí xả còn bao gồm ít nhất một bộ phận làm mát được tạo kết cấu để nhận ít nhất một dòng xả được làm mát và dòng khí tái sinh được làm mát và tạo ra dòng rút nước và dòng khí tái sinh được làm mát.

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó dòng rút nước được nối thông chất lưu với máy tạo hơi nước thu hồi nhiệt để tạo ra hơi nước bổ sung.

7. Hệ thống theo điểm 1, trong đó dòng xả dạng khí được cung cấp vào bộ phận thu hồi nhiệt ở áp suất cao hơn áp suất khí quyển.

8. Hệ thống theo điểm 1, trong đó nhiệt độ của dòng xả dạng khí trong bộ giãn nở bằng khoảng 1250°F (676,67°C).

9. Hệ thống theo điểm 1, trong đó máy nén tăng áp làm tăng áp suất của dòng khí tái sinh được làm mát đến áp suất nằm trong khoảng từ khoảng 17,1psia đến khoảng 21psia (khoảng từ khoảng 1,78MPa đến khoảng 0,15MPa).

10. Hệ thống theo điểm 1, hệ thống này còn bao gồm dòng cân bằng được lấy ra từ dòng tái sinh được nén.

11. Hệ thống theo điểm 10, trong đó dòng cân bằng được xử lý trong máy tách CO₂ để tạo ra dòng cacbon đioxit và dòng dư về cơ bản là chứa khí nitơ.

12. Hệ thống theo điểm 10, trong đó ít nhất một phần của dòng cân bằng được chuyển đến vị trí cho việc cô lập cacbon đioxit, bán cacbon đioxit, thu giữ cacbon, thông khí, hoặc các kết hợp của các việc này.

13. Phương pháp tạo ra năng lượng, phương pháp bao gồm:

nén dòng khí tái sinh được làm mát trong máy nén thứ nhất để tạo ra dòng tái sinh được nén;

nén chất oxy hóa cấp vào trong máy nén thứ hai để tạo ra chất oxy hóa được nén;

đốt cháy về cơ bản là theo hệ số tỷ lệ dòng nhiên liệu và chất oxy hóa được

nén với sự có mặt của dòng tái sinh được nén trong buồng đốt, nhờ đó tạo ra dòng xả, trong đó dòng tái sinh được nén được điều chỉnh để làm giảm nhiệt độ của dòng xả;

giãn nở dòng xả trong bộ giãn nở để tạo ra dòng xả dạng khí và ít nhất một đơn vị năng lượng;

thu hồi nhiệt từ dòng xả dạng khí trong máy tạo hơi nước thu hồi nhiệt để tạo ra hơi nước và dòng xả được làm mát; và

tăng áp suất của dòng xả được làm mát trong trạng thái không được pha loãng trong máy nén tăng áp để tạo ra dòng khí tái sinh được làm mát để phun vào máy nén thứ nhất.

14. Phương pháp theo điểm 13, phương pháp này còn bao gồm việc tạo ra năng lượng điện từ hơi nước trong tuabin khí hơi nước.

15. Phương pháp theo điểm 13, phương pháp này còn bao gồm việc làm mát ít nhất một dòng xả được làm mát và dòng khí tái sinh được làm mát trong bộ phận làm mát để loại bỏ ít nhất một phần nước ngưng tụ từ dòng khí tái sinh.

16. Phương pháp theo điểm 15, phương pháp này còn bao gồm việc dẫn một phần nước ngưng tụ từ bộ phận làm mát đến máy tạo hơi nước thu hồi nhiệt để tạo ra hơi nước bổ sung.

17. Phương pháp theo điểm 13, phương pháp này còn bao gồm:

loại bỏ một phần dòng tái sinh được nén trong dòng cân bằng;

xử lý dòng cân bằng trong máy tách CO₂; và

xả dòng cacbon đioxit và dòng dư về cơ bản chứa khí nitơ khỏi máy tách CO₂.

18. Hệ thống tích hợp, hệ thống bao gồm:

hệ thống tuabin khí, hệ thống bao gồm:

máy nén thứ nhất được tạo kết cấu để nhận và nén dòng khí tái sinh được làm mát thành dòng tái sinh được nén;

máy nén thứ hai được tạo kết cấu để nhận và nén chất oxy hóa cấp vào thành chất oxy hóa được nén;

buồng đốt được tạo kết cấu để nhận dòng tái sinh được nén và chất oxy hóa được nén và đốt cháy về cơ bản là theo hệ số tỷ lệ dòng nhiên liệu; và

bộ giãn nở được nối với máy nén thứ nhất và được lắp đặt để nhận dòng xả từ buồng đốt để tạo ra dòng xả dạng khí ở nhiệt độ bằng ít nhất khoảng 1250°F (676,67°C) và tạo ra ít nhất một đơn vị năng lượng; và

hệ thống tái tuần hoàn khí xả, bao gồm:

máy tạo hơi nước thu hồi nhiệt được lắp đặt để nhận dòng xả dạng khí từ bộ giãn nở và tạo ra hơi nước và dòng xả được làm mát;

máy nén tăng áp được tạo kết cấu để nhận và làm tăng áp suất của dòng xả được làm mát trong trạng thái không pha loãng đến áp suất nằm trong khoảng từ khoảng 17,1psia đến khoảng 21psia (khoảng từ khoảng 1,78MPa đến khoảng 0,15MPa); và

bộ phận làm mát thứ nhất được tạo kết cấu để nhận dòng xả được làm mát từ máy nén tăng áp và tạo ra dòng rút nước và dòng khí tái sinh được làm mát để phun vào máy nén thứ nhất.

19. Hệ thống theo điểm 18, hệ thống này còn bao gồm dòng cân bằng nhận được từ dòng tái sinh được nén và được xử lý trong máy tách CO₂ để tạo ra dòng cacbon đioxit và dòng dư về cơ bản chứa khí nitơ.

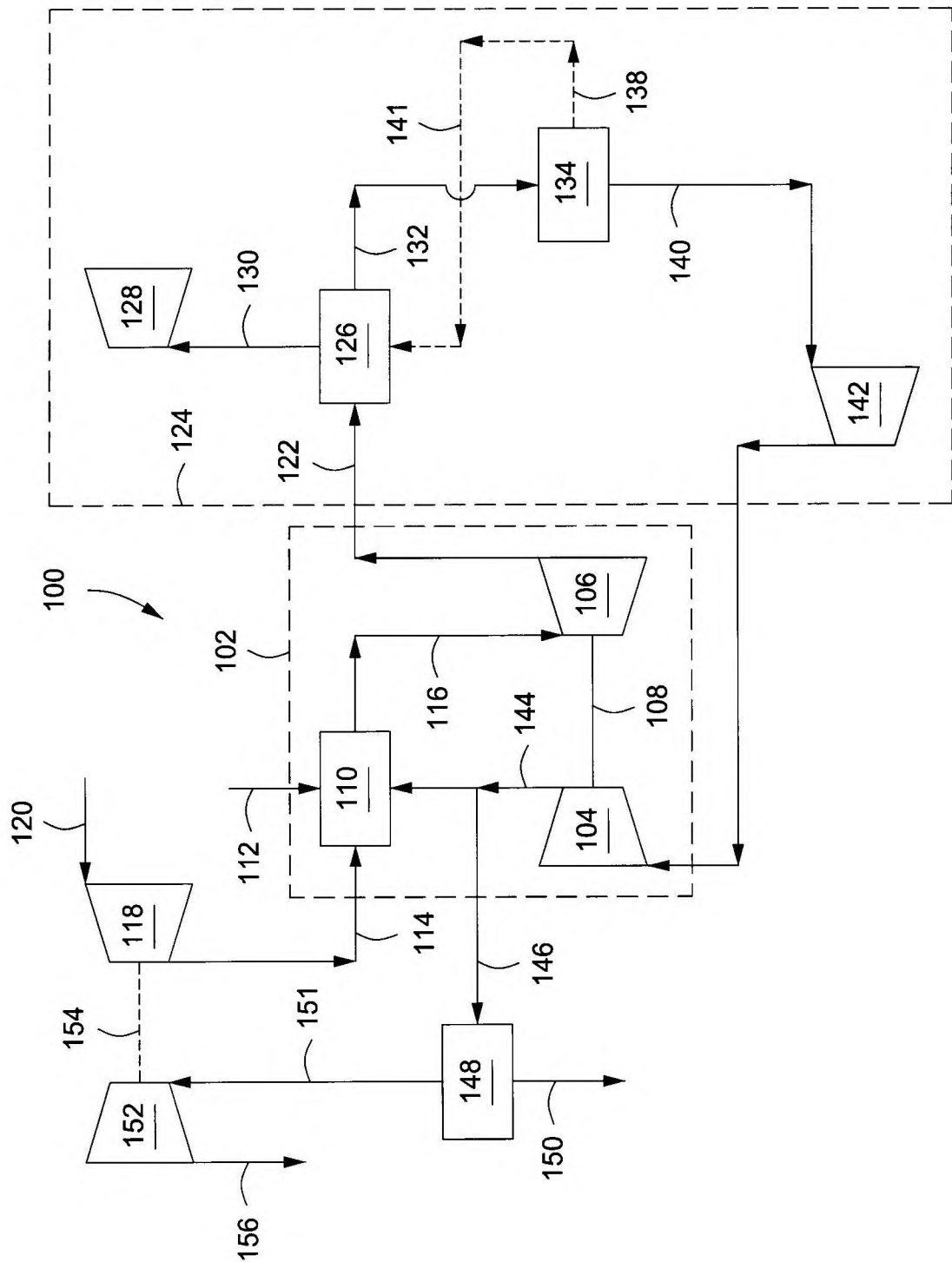


FIG. 1

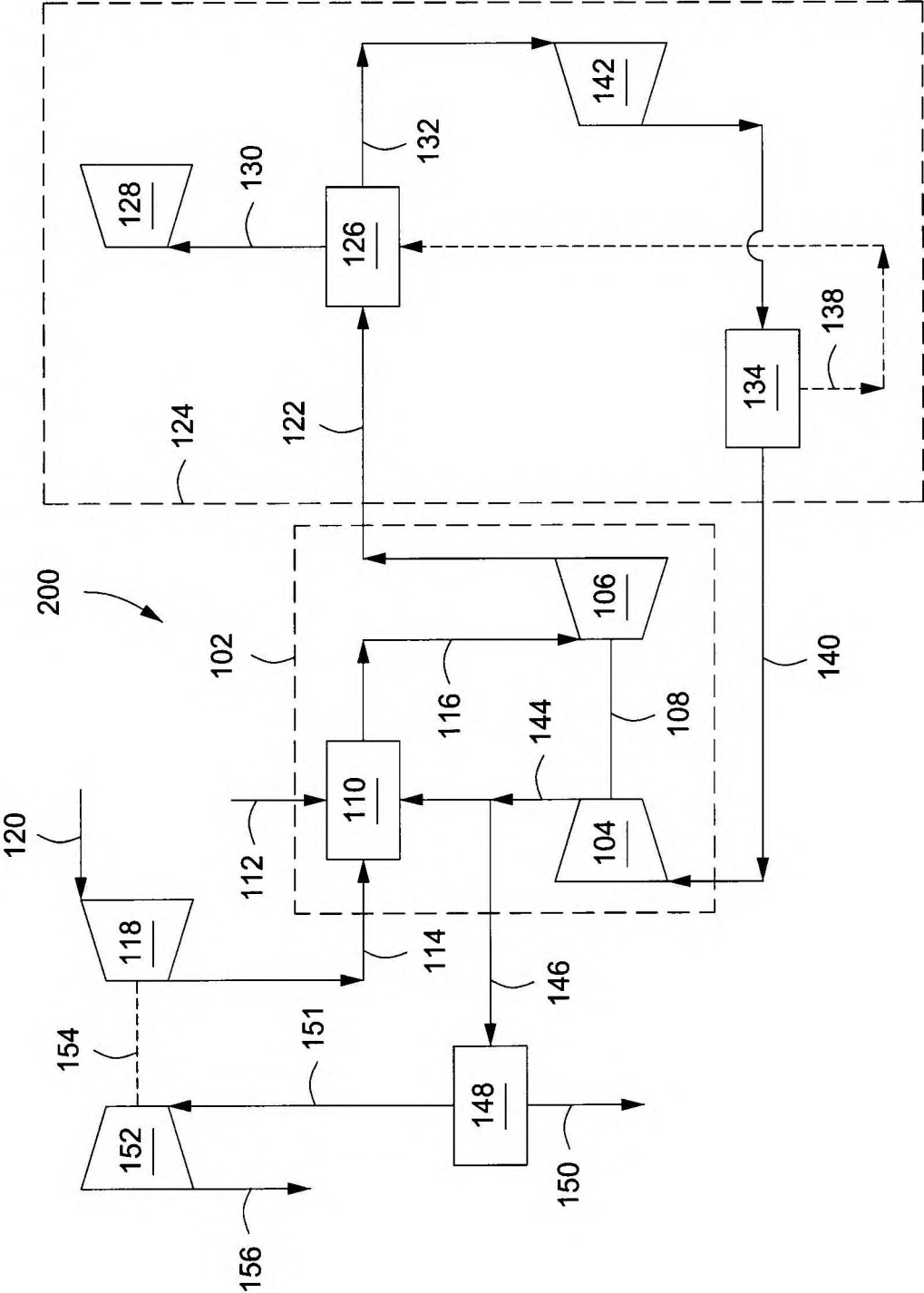


FIG. 2

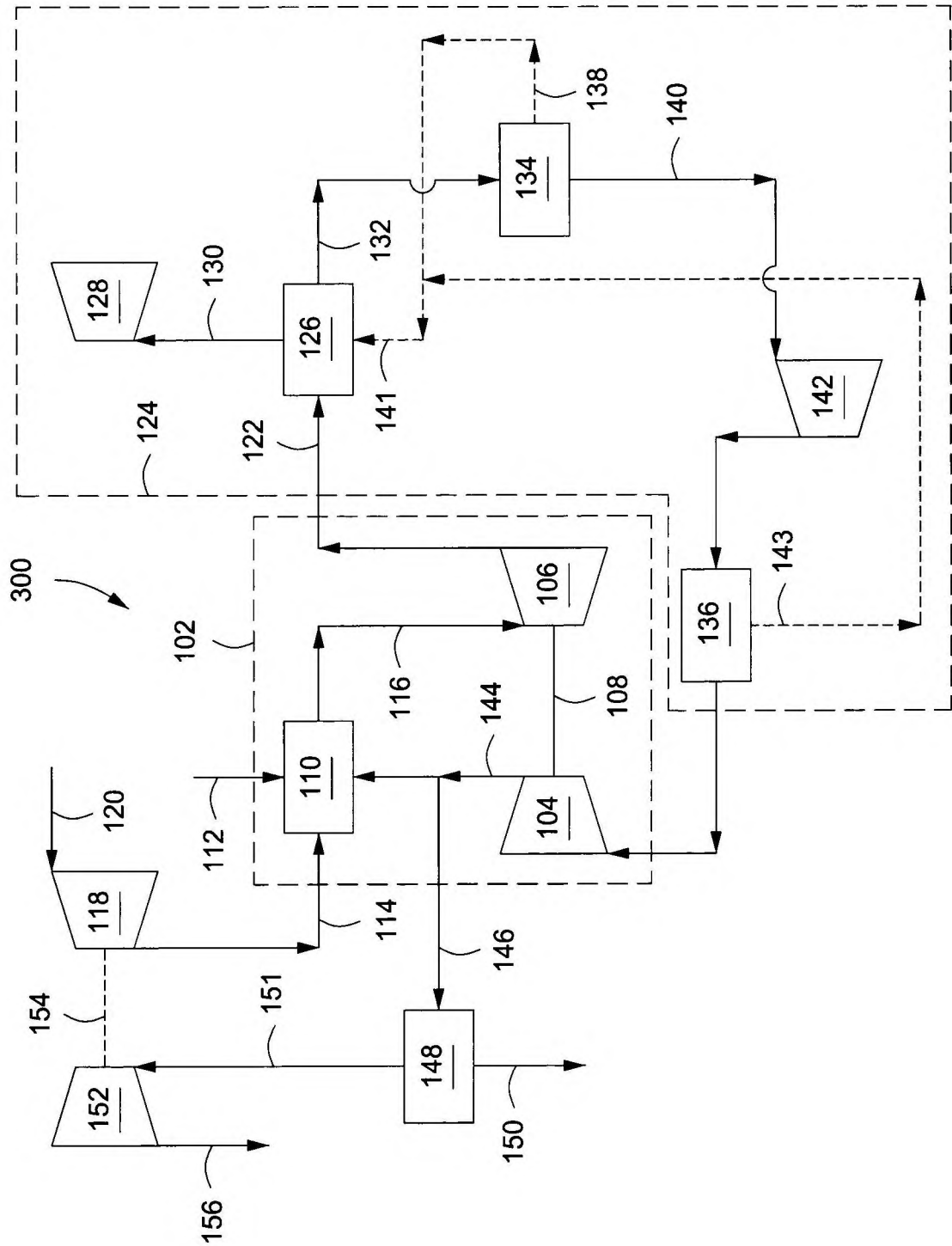


FIG. 3