



(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)



1-0033875

(51)⁷ C01B 31/20; C01B 31/24; F01K 13/00; (13) B
F01K 25/10; F23L 7/00; F02C 3/34;
F02C 7/143; F17C 9/04; F23J 15/02;
B01D 53/62; F02C 1/08

(21) 1-2017-01252

(22) 03/09/2015

(86) PCT/US2015/048340 03/09/2015

(87) WO2016/040108 17/03/2016

(30) 62/047,744 09/09/2014 US

(45) 25/11/2022 416

(43) 25/07/2017 352A

(73) 8 RIVERS CAPITAL, LLC (US)

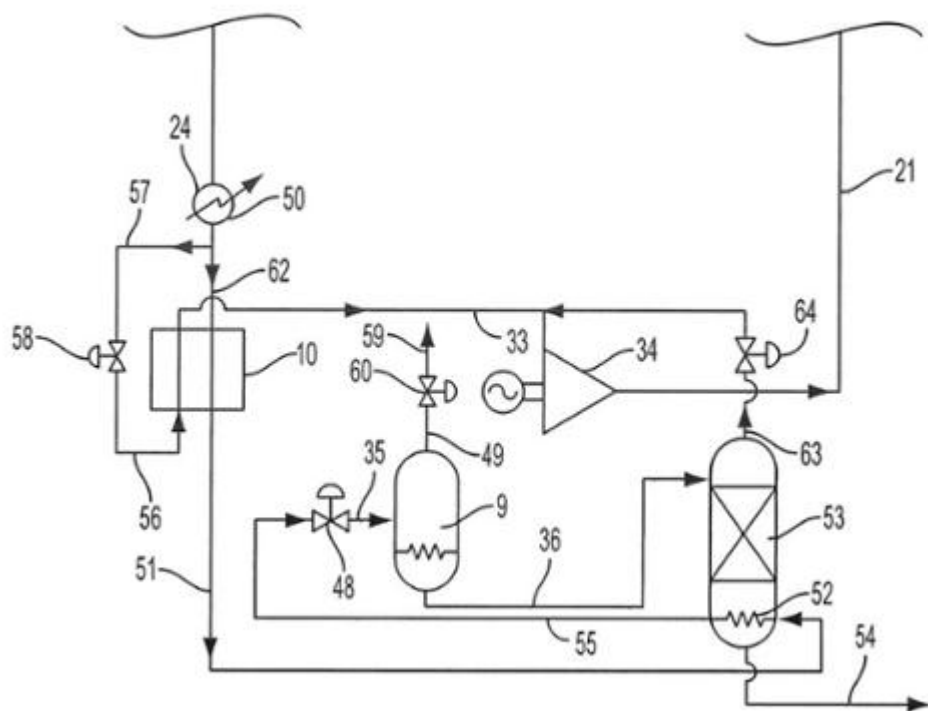
406 Blackwell Street, 4th Floor, Durham, North Carolina 27701, United States of America

(72) Rodney John ALLAM (GB); Brock Alan FORREST (US); Jeremy Eron FETVEDT (US).

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

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO RA CACBON ĐIOXIT LỎNG

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp. Cụ thể, sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp trong đó dòng CO₂ áp suất cao, như dòng CO₂ tái tuần hoàn từ quá trình sản xuất điện sử dụng CO₂ chiếm ưu thế làm chất lưu công tác, có thể được chia sao cho một phần của nó có thể được làm giãn nở và được sử dụng làm dòng làm mát trong bộ trao đổi nhiệt để làm mát phần còn lại của dòng CO₂ áp suất cao, sau đó phần này có thể được làm giãn nở để tạo ra dòng CO₂ áp suất thấp, mà có thể ở dạng hỗn hợp với hơi CO₂. Hệ thống và phương pháp này có thể được sử dụng để tạo ra CO₂ tinh từ việc đốt cháy ở dạng lỏng mà có thể dễ vận chuyển.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp tạo ra cacbon đioxit lỏng. Cụ thể là, cacbon đioxit lỏng có thể là dòng cacbon đioxit áp lực thấp được tạo ra từ cacbon đioxit sinh ra trong hệ thống và phương pháp sản xuất điện, cụ thể là hệ thống và phương pháp sử dụng cacbon đioxit làm chất lưu công tác.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc bắt giữ và cang hóa cacbon (CCS - Cacbon Capture và Sequestration) là đánh giá quan trọng của hệ thống hoặc phương pháp bất kỳ tạo ra cacbon đioxit (CO_2). Cụ thể là, điều này liên quan đến việc sản xuất điện thông qua việc đốt cháy nhiên liệu hóa thạch hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon khác. Một vài phương pháp sản xuất điện đã được đề xuất mà trong đó có thể thực hiện được CCS. Một công bố trong lĩnh vực phát điện hiệu suất cao bằng CCS, Patent Mỹ số 8,596,075 cấp cho Allam và các đồng tác giả, tạo ra các hiệu suất mong muốn trong các hệ thống đốt cháy oxy-nhiên liệu chu trình kín bằng cách sử dụng dòng CO_2 tái tuần hoàn. Trong hệ thống này, CO_2 được bắt giữ dưới dạng dòng tương đối tinh khiết ở áp lực cao.

Các đề xuất hiện nay để xử lý CO_2 thường cần đến việc vận chuyển trong các đường ống áp lực cao như là mật độ cao, chất lưu siêu tới hạn ở áp suất nằm trong khoảng từ 100bar (10MPa) đến 250bar (25MPa). Các đường ống này cần đến chi phí vốn cao. CO_2 được dẫn bằng ống được cô lập trong thành hệ địa chất ngầm, như tầng nước muối sâu, hoặc có thể được sử dụng để tạo ra lợi ích kinh tế, như để tận thu dầu (EOR - Enhanced Oil Recovery).

Việc sử dụng CO_2 để EOR cần đến sự khả dụng của nó trên một vùng rộng của khu vực nhiều dầu. Điều này cần phải sử dụng rộng rãi mạng lưới đường ống kéo dài trên khu vực này. Điều này trở nên rất tốn kém trong sử dụng, cụ thể là các mỏ dầu ở ngoài khơi. Do đó, sẽ có lợi nếu cung cấp khối lượng lớn CO_2 (như sản xuất được từ hệ thống và phương pháp sản xuất điện) ở dạng lỏng mà sẽ dễ vận chuyển hơn đến các giàn khai thác dầu ngoài khơi. Có thể hình dung việc sử dụng hữu ích khác của CO_2 đã được thu gom từ nhà máy sản xuất điện nếu CO_2 này có thể được cung cấp ở dạng hóa lỏng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp hữu ích để tạo ra CO_2 lỏng. Hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể sử dụng CO_2 từ nguồn bất kỳ. Tuy nhiên, hệ thống và

phương pháp này có thể đặc biệt hữu ích liên quan đến hệ thống và phương pháp tạo ra dòng CO₂ áp suất cao, cụ thể là dòng CO₂ áp suất cao ở gần nhiệt độ môi trường. Hệ thống và phương pháp này hữu ích hơn nữa trong đó có thể tạo ra CO₂ lỏng với độ tinh khiết tương đối cao, cụ thể là với lượng nhỏ oxy, nitơ, và các khí hiếm (ví dụ, argon).

Theo các phương án thực hiện nhất định, nguồn CO₂ có thể được sử dụng để tạo ra CO₂ lỏng có thể là hệ thống sản xuất điện, cụ thể là hệ thống và phương pháp đốt cháy oxy - nhiên liệu, và cụ thể hơn, phương pháp đốt cháy sử dụng chất lỏng công tác CO₂. Hệ thống và phương pháp sản xuất điện mà dòng CO₂ có thể thu được từ đó được mô tả trong Patent Mỹ số 8,596,075, Patent Mỹ số 8,776,532, Patent Mỹ số 8,959,887, Patent Mỹ số 8,986,002, Patent Mỹ số 9,068,743, công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2010/0300063, công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2012/0067054, công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2012/0237881, và công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2013/0213049, toàn bộ nội dung của các tài liệu này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Theo một số phương án thực hiện, sáng chế đề cập đến phương pháp tạo ra dòng cacbon đioxit (CO₂) lỏng áp suất thấp. Phương pháp này bao gồm bước tạo ra dòng CO₂ áp suất cao ở áp suất khoảng 60bar (6MPa) hoặc cao hơn, 100bar (10MPa) hoặc cao hơn, hoặc trong vùng áp suất khác được bộc lộ trong bản mô tả này. Phương pháp này còn bao gồm bước chia một phần CO₂ áp suất cao và làm giãn nở phần này để tạo ra dòng làm mát mà có thể là hữu ích làm chất làm lạnh. Ví dụ, dòng làm mát có thể có nhiệt độ nằm trong khoảng -20°C hoặc thấp hơn hoặc trong vùng nhiệt độ khác được bộc lộ trong bản mô tả này. Phương pháp này còn bao gồm bước làm mát dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng 5°C hoặc thấp hơn (tốt hơn là khoảng -10°C hoặc thấp hơn) bằng cách đưa dòng CO₂ áp suất cao đi qua bộ trao đổi nhiệt theo mối tương quan trao đổi nhiệt với dòng làm mát. Phương pháp này còn bao gồm bước làm giãn nở dòng CO₂ áp suất cao để tạo ra dòng CO₂ áp suất thấp ở áp suất xuống đến khoảng 6bar (0,6MPa). Phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng CO₂ áp suất thấp đi qua thiết bị tách một cách có hiệu quả để tách dòng hơi ra khỏi đó và tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp.

Theo các phương án thực hiện khác, sáng chế đề cập đến hệ thống hữu ích để tạo ra dòng cacbon đioxit (CO₂) lỏng áp suất thấp. Theo một số phương án thực hiện, phương pháp này có thể có một hoặc nhiều bộ phận được làm thích ứng để cung cấp dòng CO₂ áp suất cao, một hoặc nhiều bộ trao đổi nhiệt, một hoặc nhiều bộ làm giãn nở (ví dụ, van), một hoặc nhiều thiết bị tách, và một hoặc nhiều thiết bị chưng cất. Trong một ví dụ không giới hạn phạm vi của sáng chế, hệ thống theo sáng chế có thể bao gồm: hệ thống ống dẫn được làm thích ứng để dòng CO₂ áp suất cao đi qua; bộ chia được làm thích ứng để chia dòng CO₂ áp suất cao

thành phân đoạn làm mát và dòng chính; bộ làm giãn nở được làm thích ứng để làm giãn nở và làm mát phân đoạn làm mát của dòng CO₂ áp suất cao; bộ trao đổi nhiệt được làm thích ứng để làm mát dòng chính CO₂ áp suất cao ngược với phân đoạn làm mát đã được làm giãn nở đang làm ấm và đã được làm mát của dòng CO₂ áp suất cao; bộ làm giãn nở được làm thích ứng để làm giãn nở và làm mát dòng chính CO₂ áp suất cao để tạo ra dòng CO₂ áp suất thấp hai pha; thiết bị tách được làm thích ứng để loại bỏ phân đoạn bay hơi ra khỏi dòng CO₂ áp suất thấp hai pha này; và thiết bị chưng cất được làm thích ứng để loại bỏ ít nhất một phần các thành phần không có CO₂ và tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp.

Theo các phương án thực hiện khác nữa, sáng chế đề cập đến phương pháp tạo ra dòng cacbon đioxit (CO₂) lỏng áp suất thấp từ dòng CO₂ áp suất cao thu được từ quá trình sản xuất điện. Theo một số phương án thực hiện, phương pháp này có thể bao gồm bước đốt cháy nhiên liệu chứa cacbon hoặc hydrocacbon trong buồng đốt với sự có mặt của oxy và dòng CO₂ tái tuần hoàn ở áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn và nhiệt độ khoảng 400°C hoặc cao hơn để tạo ra dòng ra khỏi buồng đốt chứa CO₂. Cụ thể, dòng ra khỏi buồng đốt có thể có áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa). Cụ thể, dòng ra khỏi buồng đốt có thể có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1.600°C. Phương pháp này có thể còn bao gồm bước làm giãn nở dòng ra khỏi buồng đốt trong tuabin để phát điện và tạo ra dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂ ở áp suất khoảng 50bar (5MPa) hoặc thấp hơn. Cụ thể, dòng ra khỏi tuabin có thể có áp suất nằm trong khoảng từ 20bar (2MPa) đến 40bar (4MPa). Phương pháp này có thể còn bao gồm bước làm mát dòng ra khỏi tuabin trong bộ trao đổi nhiệt với nhiệt được truyền vào dòng CO₂ tái tuần hoàn đang làm nóng. Việc làm mát có thể là đến nhiệt độ khoảng 80°C hoặc thấp hơn, như đến gần nhiệt độ môi trường. Phương pháp này có thể còn bao gồm bước làm mát thêm dòng xả của tuabin nhờ phương tiện làm lạnh xung quanh và tách nước đã ngưng tụ trong thiết bị tách. Phương pháp này có thể còn bao gồm bước bơm CO₂ từ áp suất ra khỏi tuabin đến áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn để tạo ra dòng CO₂ áp suất cao. Cụ thể, dòng CO₂ áp suất cao có thể có áp suất nằm trong khoảng 100bar (10MPa) đến 500bar (50MPa) hoặc từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa). CO₂ từ dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát có thể được nén đến áp suất thứ nhất, được làm mát để tăng tỷ trọng của nó, và sau đó được bơm đến áp suất thứ hai là áp suất lớn hơn trong vùng nêu trên. Một phần dòng CO₂ áp suất cao có thể được đưa trở lại qua bộ trao đổi nhiệt được làm nóng ngược với dòng ra khỏi tuabin đang được làm mát trước khi đưa trở lại vào trong buồng đốt. Việc làm nóng thêm cũng có thể được áp dụng đối với dòng sau khi nén và trước khi đưa vào trong buồng đốt, việc làm nóng thêm đến từ nguồn khác ngược với dòng ra khỏi tuabin. Một phần dòng CO₂ áp suất cao (phần này có thể bao gồm CO₂ tinh khiết

kỳ được tạo ra trong quá trình đốt cháy) có thể được làm mát đến nhiệt độ khoảng 5°C hoặc thấp hơn, như, ví dụ, trong bộ trao đổi nhiệt sử dụng chất làm lạnh. Chất làm lạnh có thể bao gồm một phần dòng CO_2 áp suất cao mà có thể được dùng làm phân đoạn làm mát bằng cách làm giãn nở một phần đến áp suất khoảng 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng cao hơn áp suất điểm ba của CO_2 . Phân đoạn làm mát có thể ở nhiệt độ khoảng 0°C hoặc thấp hơn hoặc -20°C hoặc thấp hơn. Theo các phương án thực hiện cụ thể của sáng chế, phân đoạn làm mát của dòng CO_2 áp suất cao có thể được làm mát đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ -55°C đến 0°C . Một phần dòng CO_2 áp suất cao được làm mát trong bộ trao đổi nhiệt chảy ngược với phân đoạn làm mát CO_2 có thể được làm giãn nở đến áp suất xuống đến khoảng 6bar (0,6MPa) (tốt hơn là luôn duy trì áp suất cao hơn áp suất điểm ba của CO_2) để tạo ra dòng CO_2 lỏng áp suất thấp. Cụ thể, phần đã được làm mát của dòng CO_2 áp suất cao có thể được làm giãn nở đến áp suất khoảng 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng cao hơn áp suất điểm ba của CO_2 .

Phương pháp đã được mô tả trên đây có thể còn có các yếu tố khác. Ví dụ, cụ thể là việc làm mát dòng ra khỏi tuabin có thể đến nhiệt độ khoảng 70°C hoặc thấp hơn hoặc 60°C hoặc thấp hơn. Một bộ trao đổi nhiệt hoặc các bộ trao đổi nhiệt có thể được sử dụng. Ví dụ, bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm có thể được sử dụng tiếp theo bởi bộ trao đổi nhiệt bằng nước lạnh. Sau khi làm mát, phương pháp này có thể còn bao gồm bước đưa dòng ra khỏi tuabin chứa CO_2 đi qua một hoặc nhiều thiết bị tách để loại bỏ ít nhất là nước ra khỏi đó. Hơn nữa, trước bước bơm, phương pháp này có thể bao gồm bước nén dòng ra khỏi tuabin chứa CO_2 đến áp suất tối đa khoảng 80bar (8MPa) (ví dụ, áp suất nằm trong khoảng từ 60bar (6MPa) đến 80bar (8MPa)). Hơn thế nữa, phương pháp này có thể bao gồm bước tăng tỷ trọng của dòng ra khỏi tuabin chứa CO_2 , như bằng cách làm lạnh dòng này trong bộ trao đổi nhiệt bằng nước lạnh. Ví dụ, tỷ trọng có thể được tăng đến khoảng 600kg/m^3 hoặc lớn hơn, 700kg/m^3 hoặc lớn hơn, hoặc 800kg/m^3 hoặc lớn hơn. Dòng ra khỏi tuabin có thể được nén trước khi tăng tỷ trọng dòng này.

Phương pháp này có thể còn bao gồm bước, sau khi làm mát dòng chính CO_2 áp suất cao trong bộ trao đổi nhiệt và trước khi làm giãn nở, đưa dòng chính CO_2 áp suất cao đi qua nồi đun lại. Cụ thể, nồi đun lại có thể được kết hợp với thiết bị chưng cất (ví dụ, cột cất). Do vậy, nồi đun lại có thể cung cấp việc làm nóng cho thiết bị chưng cất này.

Phương pháp này có thể bao gồm thêm bước xử lý dòng chính CO_2 lỏng áp suất thấp. Ví dụ, dòng CO_2 lỏng áp suất thấp có thể là nguyên liệu hai pha bao gồm pha lỏng và pha hơi. Do đó, phương pháp này có thể bao gồm bước đưa dòng CO_2 lỏng áp suất thấp đi qua thiết bị tách một cách có hiệu quả để tách dòng hơi ra khỏi đó. Theo một số phương án thực

hiện, dòng hơi có thể chứa tối đa khoảng 8% (cụ thể là tối đa khoảng 4% hoặc tối đa khoảng 6%) khối lượng dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đã được đưa qua thiết bị tách. Theo một số phương án thực hiện, dòng hơi có thể chứa từ 1% đến 75% khối lượng CO₂. Theo một số phương án thực hiện, dòng hơi có thể chứa từ 25% đến 99% khối lượng hỗn hợp N₂, O₂, và argon (hoặc các khí trơ khác). Phương pháp này có thể còn bao gồm bước đưa dòng CO₂ lỏng áp suất thấp còn lại (ví dụ, sau khi rút pha hơi ra khỏi đó) đi qua thiết bị chưng cất, như cột cất (mà có thể có nồi đun lại, như được mô tả trên đây).

Sau bước chưng cất, CO₂ lỏng có thể được cấp vào bơm để tăng áp suất của nó đến trị số mong muốn. Dòng xả lạnh từ bơm có thể được cấp vào bộ trao đổi nhiệt nằm trước nồi đun lại để bổ sung nhiệm vụ làm mát CO₂ áp suất cao được làm giãn nở nhằm tạo ra chất làm lạnh. CO₂ của chất làm lạnh đã được làm nóng và/hoặc dòng đỉnh thấp từ cột chưng cất có thể được cấp vào máy nén mà xả dòng này ở áp suất tương thích với hệ thống mà trong đó thu được dòng CO₂ áp suất cao. Dòng pha hơi từ thiết bị tách cũng có thể được cấp vào hệ thống để thực hiện quá trình tách bổ sung. Theo cách khác, dòng pha hơi có thể được cho thoát ra.

Cụ thể, dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đã được tạo ra theo sáng chế chỉ có nồng độ oxy rất thấp. Theo một số phương án thực hiện, dòng CO₂ lỏng áp suất thấp có thể có hàm lượng oxy không lớn hơn 25ppm, cụ thể không lớn hơn 10ppm. Dòng CO₂ lỏng áp suất thấp theo cách tương tự có nồng độ các khí trơ, như nitơ và argon thấp.

Là các ví dụ không giới hạn phạm vi của nó, sáng chế có thể đề cập đến các phương án thực hiện sau. Các phương án thực hiện này được dự định để minh họa bản chất của sáng chế một cách rõ ràng hơn.

Theo một số phương án thực hiện, sáng chế có thể đề xuất phương pháp tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp. Ví dụ, phương pháp này có thể bao gồm bước: đốt cháy nhiên liệu chứa cacbon hoặc hydrocacbon bằng oxy trong buồng đốt với sự có mặt của dòng CO₂ tái tuần hoàn ở áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn và nhiệt độ khoảng 400°C hoặc cao hơn để tạo ra dòng ra khỏi buồng đốt chứa CO₂; làm giãn nở dòng ra khỏi buồng đốt trong tuabin để phát điện và tạo ra dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂ ở áp suất khoảng 50bar (5MPa) hoặc thấp hơn; làm mát dòng ra khỏi tuabin trong bộ trao đổi nhiệt thứ nhất để tạo ra dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát; bơm CO₂ từ dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát đến áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn để tạo ra dòng CO₂ áp suất cao; chia dòng CO₂ áp suất cao thành phần chính và phần làm mát; làm giãn nở phần làm mát của dòng CO₂ áp suất cao để giảm nhiệt độ của nó đến khoảng -20°C hoặc thấp hơn; làm mát phần chính của dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng 5°C hoặc thấp hơn bằng cách đưa phần chính của

dòng CO₂ áp suất cao đi qua bộ trao đổi nhiệt thứ hai chảy ngược với phần làm mát đã được làm giãn nở của dòng CO₂ áp suất cao; và làm giãn nở phần chính của dòng CO₂ áp suất cao đã được làm mát đến áp suất khoảng 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng lớn hơn so với áp suất điểm ba của CO₂ để tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp. Theo các phương án thực hiện khác, phương pháp này có thể có một hoặc nhiều giai đoạn sau, các giai đoạn này có thể được kết hợp với số lượng bất kỳ hoặc tổ hợp bất kỳ. Hơn nữa, phương pháp này có thể có các bộ phận khác ngoài bộ phận đã được mô tả trong bản mô tả này.

Dòng ra khỏi buồng đốt có thể có áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa).

Dòng ra khỏi buồng đốt có thể có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1.600°C.

Dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂ có thể có áp suất nằm trong khoảng từ 20bar (2MPa) đến 40bar (4MPa).

Dòng ra khỏi tuabin có thể được làm mát trong bộ trao đổi nhiệt đến nhiệt độ khoảng 80°C hoặc thấp hơn.

Phương pháp này có thể còn bao gồm bước đưa dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát chứa CO₂ đi qua một hoặc nhiều thiết bị tách để loại bỏ ít nhất là nước ra khỏi đó.

Phương pháp này có thể còn bao gồm bước làm nóng một hoặc cả oxy và dòng CO₂ tái tuần hoàn trong bộ trao đổi nhiệt chảy ngược với dòng ra khỏi tuabin.

Dòng CO₂ áp suất cao có thể có áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa).

Phần chính của dòng CO₂ áp suất cao có thể được làm mát đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ -55°C đến 0°C.

Phương pháp này có thể còn bao gồm bước, sau khi làm mát phần chính của dòng CO₂ áp suất cao và trước khi làm giãn nở phần chính của dòng CO₂ áp suất cao, đưa phần chính của dòng CO₂ áp suất cao đi qua nồi đun lại.

Nồi đun lại có thể nằm trong cột cất.

Phương pháp này có thể bao gồm bước đưa dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đi qua thiết bị tách một cách có hiệu quả để tách dòng hơi ra khỏi đó.

Dòng hơi có thể chứa tối đa khoảng 8% khối lượng dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đã được đưa qua thiết bị tách.

Dòng hơi có thể chứa khoảng từ 1% đến 75% khối lượng CO₂ và khoảng từ 25% đến 99% khối lượng của một hoặc nhiều N₂, O₂, và argon.

Phương pháp này có thể bao gồm bước đưa dòng CO₂ lỏng áp suất thấp còn lại vào trong cột cất.

Dòng CO₂ lỏng áp suất thấp ra khỏi cột cất có thể có hàm lượng oxy không lớn hơn 25ppm.

Phương pháp này có thể bao gồm bước bơm dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đến áp suất ít nhất khoảng 100bar (10MPa).

Phương pháp này có thể bao gồm bước phân phối dòng CO₂ lỏng đã được bơm vào đường ống dẫn CO₂.

Phương pháp này có thể còn bao gồm bước trộn hơi đỉnh tháp từ cột cất với phần làm mát của dòng CO₂ áp suất cao ra khỏi bộ trao đổi nhiệt thứ hai.

Phương pháp này có thể bao gồm bước bổ sung hỗn hợp của hơi đỉnh tháp từ cột cất và phần làm mát của dòng CO₂ áp suất cao ra khỏi bộ trao đổi nhiệt thứ hai vào dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát.

Theo các phương án thực hiện làm ví dụ khác, sáng chế có thể đề xuất hệ thống được tạo kết cấu để tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp. Ví dụ, hệ thống này có thể bao gồm: bộ tách được tạo kết cấu để chia dòng CO₂ áp suất cao thành phần thứ nhất và phần thứ hai; bộ làm giãn nở thứ nhất được tạo kết cấu để làm giãn nở và làm mát phần thứ nhất của dòng CO₂ áp suất cao; bộ trao đổi nhiệt để làm mát phần thứ hai của dòng CO₂ áp suất cao chảy ngược với phần thứ nhất đã được làm mát của dòng CO₂ áp suất cao ra khỏi bộ làm giãn nở; và bộ làm giãn nở thứ hai được tạo kết cấu để làm giãn nở phần thứ hai đã được làm mát của dòng CO₂ áp suất cao nhằm tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp. Theo các phương án thực hiện khác, phương pháp này có thể có một hoặc nhiều giai đoạn sau, các giai đoạn này có thể được kết hợp với số lượng bất kỳ hoặc tổ hợp bất kỳ. Hơn nữa, phương pháp này có thể có các bộ phận khác ngoài bộ phận đã được mô tả trong bản mô tả này.

Bộ làm giãn nở thứ nhất có thể được tạo kết cấu để làm mát phần thứ nhất của dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng -20°C hoặc thấp hơn.

Bộ trao đổi nhiệt có thể được tạo kết cấu để làm mát phần thứ hai của dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng 5°C hoặc thấp hơn.

Bộ làm giãn nở thứ hai có thể được tạo kết cấu để làm giãn nở phần thứ hai đã được làm mát của dòng CO₂ áp suất cao đến áp suất khoảng 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng lớn hơn so với áp suất điểm ba của CO₂.

Hệ thống này có thể còn có cột cất liên hợp và nồi đun lại.

Cột cất có thể nằm thẳng hàng sau bộ làm giãn nở thứ hai, và nồi đun lại có thể nằm thẳng hàng sau bộ trao đổi nhiệt và trước bộ làm giãn nở thứ hai.

Hệ thống này có thể còn có thiết bị tách chất lỏng/hơi được bố trí nằm sau bộ làm giãn nở thứ hai và trước cột cất.

Hệ thống này có thể còn có máy nén được tạo kết cấu để tiếp nhận phần thứ nhất của dòng CO₂ áp suất cao từ bộ trao đổi nhiệt.

Hệ thống này có thể còn có: buồng đốt được tạo kết cấu để đốt cháy nhiên liệu chứa cacbon hoặc hydrocacbon bằng oxy trong buồng đốt với sự có mặt của dòng CO₂ tái tuần hoàn ở áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn và nhiệt độ khoảng 400°C hoặc cao hơn để tạo ra dòng ra khỏi buồng đốt chứa CO₂; tuabin được tạo kết cấu để làm giãn nở dòng ra khỏi buồng đốt nhằm phát điện và tạo ra dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂; bộ trao đổi nhiệt khác được tạo kết cấu để làm mát dòng ra khỏi tuabin; và bơm được tạo kết cấu để bơm CO₂ từ dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát nhằm tạo ra dòng CO₂ áp suất cao.

Sáng chế bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các phương án thực hiện sau.

Phương án thực hiện 1: phương pháp tạo ra dòng cacbon đioxit (CO₂) lỏng áp suất thấp, phương pháp này bao gồm bước: đốt cháy nhiên liệu chứa cacbon hoặc hydrocacbon bằng oxy trong buồng đốt với sự có mặt của dòng CO₂ tái tuần hoàn ở áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn và nhiệt độ khoảng 400°C hoặc cao hơn để tạo ra dòng ra khỏi buồng đốt chứa CO₂; làm giãn nở dòng ra khỏi buồng đốt trong tuabin để phát điện và tạo ra dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂ ở áp suất khoảng 50bar (5MPa) hoặc thấp hơn; làm mát dòng ra khỏi tuabin trong bộ trao đổi nhiệt thứ nhất để tạo ra dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát; bơm CO₂ từ dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát đến áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn để tạo ra dòng CO₂ áp suất cao; chia dòng CO₂ áp suất cao thành phần chính và phần làm mát; làm giãn nở phần làm mát của dòng CO₂ áp suất cao để giảm nhiệt độ của nó đến khoảng -20 °C hoặc thấp hơn; làm mát phần chính của dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng 5 °C hoặc thấp hơn bằng cách đưa phần chính của dòng CO₂ áp suất cao đi qua bộ trao đổi nhiệt thứ hai chảy ngược với phần làm mát đã được làm giãn nở của dòng CO₂ áp suất cao; và làm giãn nở phần chính của dòng CO₂ áp suất cao đã được làm mát đến áp suất khoảng 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng cao hơn so với áp suất điểm ba của CO₂ để tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp.

Phương án thực hiện 2: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng ra khỏi buồng đốt có áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa).

Phương án thực hiện 3: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng ra khỏi buồng đốt có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1.600°C.

Phương án thực hiện 4: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂ có áp suất nằm trong khoảng từ 20bar (2MPa) đến 40bar (4MPa).

Phương án thực hiện 5: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng ra khỏi tuabin được làm mát trong bộ trao đổi nhiệt đến nhiệt độ khoảng 80°C hoặc thấp hơn.

Phương án thực hiện 6: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát chứa CO₂ đi qua một hoặc nhiều thiết bị tách để loại bỏ ít nhất là nước ra khỏi đó.

Phương án thực hiện 7: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước làm nóng một hoặc cả oxy và dòng CO₂ tái tuần hoàn trong bộ trao đổi nhiệt chảy ngược với dòng ra khỏi tuabin.

Phương án thực hiện 8: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng CO₂ áp suất cao có áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa).

Phương án thực hiện 9: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phần chính của dòng CO₂ áp suất cao được làm mát đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ -55°C đến 0°C.

Phương án thực hiện 10: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước, sau khi làm mát phần chính của dòng CO₂ áp suất cao và trước khi làm giãn nở phần chính của dòng CO₂ áp suất cao, đưa phần chính của dòng CO₂ áp suất cao đi qua nồi đun lại.

Phương án thực hiện 11: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó nồi đun lại nằm trong cột cất.

Phương án thực hiện 12: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đi qua thiết bị tách một cách có hiệu quả để tách dòng hơi ra khỏi đó.

Phương án thực hiện 13: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng hơi chứa tối đa khoảng 8% khối lượng dòng CO₂ lỏng áp suất thấp được cho đi qua thiết bị tách.

Phương án thực hiện 14: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng hơi chứa khoảng từ 1% đến 75% khối lượng CO₂ và khoảng từ 25% đến 99% khối lượng của một hoặc nhiều N₂, O₂, và argon.

Phương án thực hiện 15: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng CO₂ lỏng áp suất thấp còn lại vào trong cột cất.

Phương án thực hiện 16: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó dòng CO₂ lỏng áp suất thấp ra khỏi cột cất có hàm lượng oxy không cao hơn 25ppm.

Phương án thực hiện 17: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước bơm dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đến áp suất ít nhất khoảng 100bar (10MPa).

Phương án thực hiện 18: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này bao gồm bước phân phối dòng CO₂ lỏng đã được bơm vào đường ống dẫn CO₂.

Phương án thực hiện 19: phương pháp theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước trộn hơi đỉnh tháp từ cột cất với phân đoạn làm mát của dòng CO₂ áp suất cao ra khỏi bộ trao đổi nhiệt thứ hai.

Phương án thực hiện 20: phương pháp theo phương án thực hiện trước bất kỳ, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước bổ sung hỗn hợp này vào dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát.

Phương án thực hiện 21: hệ thống được tạo kết cấu để tạo ra dòng cacbon đioxit (CO₂) lỏng áp suất thấp, hệ thống này bao gồm: bộ tách được tạo kết cấu để chia dòng CO₂ áp suất cao thành phần thứ nhất và phần thứ hai; bộ làm giãn nở thứ nhất được tạo kết cấu để làm giãn nở và làm mát phần thứ nhất của dòng CO₂ áp suất cao; bộ trao đổi nhiệt để làm mát phần thứ hai của dòng CO₂ áp suất cao chảy ngược với phần thứ nhất đã được làm mát của dòng CO₂ áp suất cao ra khỏi bộ làm giãn nở; và bộ làm giãn nở thứ hai được tạo kết cấu để làm giãn nở phần thứ hai đã được làm mát của dòng CO₂ áp suất cao nhằm tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp.

Phương án thực hiện 22: hệ thống theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó bộ làm giãn nở thứ nhất được tạo kết cấu để làm mát phần thứ nhất của dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng -20°C hoặc thấp hơn.

Phương án thực hiện 23: hệ thống theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó bộ trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để làm mát phần thứ hai của dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng 5°C hoặc thấp hơn.

Phương án thực hiện 24: hệ thống theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó bộ làm giãn nở thứ hai được tạo kết cấu để làm giãn nở phần thứ hai đã được làm mát của dòng CO₂ áp suất cao đến áp suất khoảng 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng cao hơn so với áp suất điểm ba của CO₂.

Phương án thực hiện 25: hệ thống theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó hệ thống này còn bao gồm cột cất liên hợp và nồi đun lại.

Phương án thực hiện 26: hệ thống theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó cột cất là đường ống ở phía sau bộ làm giãn nở thứ hai và trong đó nồi đun lại là đường ống nằm sau bộ trao đổi nhiệt và trước bộ làm giãn nở thứ hai.

Phương án thực hiện 27: hệ thống theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó hệ thống này còn có thiết bị tách chất lỏng/hơi được bố trí nằm sau bộ làm giãn nở thứ hai và trước cột cất.

Phương án thực hiện 28: hệ thống theo phương án thực hiện trước hoặc sau bất kỳ, trong đó hệ thống này còn có máy nén được tạo kết cấu để tiếp nhận phần thứ nhất của dòng CO₂ áp suất cao từ bộ trao đổi nhiệt.

Phương án thực hiện 29: hệ thống theo phương án thực hiện trước bất kỳ, trong đó hệ thống này còn bao gồm: buồng đốt được tạo kết cấu để đốt cháy nhiên liệu chứa cacbon hoặc hydrocacbon bằng oxy trong buồng đốt với sự có mặt của dòng CO₂ tái tuần hoàn ở áp suất khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn và nhiệt độ khoảng 400°C hoặc cao hơn để tạo ra dòng ra khỏi buồng đốt chứa CO₂; tuabin được tạo kết cấu để làm giãn nở dòng ra khỏi buồng đốt nhằm phát điện và tạo ra dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂; bộ trao đổi nhiệt khác được tạo kết cấu để làm mát dòng ra khỏi tuabin; và bơm được tạo kết cấu để bơm CO₂ từ dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát nhằm tạo ra dòng CO₂ áp suất cao.

Các dấu hiệu này và dấu hiệu khác, các khía cạnh, và các ưu điểm nêu trong bản mô tả này sẽ trở nên rõ ràng từ việc đọc phần mô tả chi tiết dưới đây cùng với các hình vẽ kèm theo, mà được mô tả một cách vắn tắt dưới đây. Sáng chế bao gồm tổ hợp bất kỳ của hai, ba, bốn, hoặc nhiều phương án thực hiện nêu trên cũng như tổ hợp bất kỳ của hai, ba, bốn, hoặc nhiều dấu hiệu hoặc yếu tố nêu trong bản mô tả này, bất kể các dấu hiệu hoặc yếu tố này được kết hợp một cách rõ ràng trong phần mô tả sáng chế theo một phương án thực hiện nhất định của nó. Bản mô tả này được dự định để đọc một cách toàn bộ sao cho các dấu hiệu hoặc yếu tố có thể tách được bất kỳ của sáng chế đã được bộc lộ, theo một khía cạnh và một phương án thực hiện bất kỳ trong số các khía cạnh và phương án thực hiện khác nhau của nó, cần được xem như được dự định có thể kết hợp trừ khi có quy định rõ ràng khác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Dưới đây, việc thể hiện sẽ được thực hiện với các hình vẽ kèm theo, mà không nhất thiết phải đúng tỷ lệ, và trong đó:

FIG.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của hệ thống theo các phương án thực hiện của sáng chế để tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp; và

FIG. 2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của hệ thống theo các phương án thực hiện của sáng chế để tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp sử dụng một phần dòng CO₂ áp suất cao được rút ra từ quá trình sản xuất điện.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách đầy đủ hơn có dựa vào các phương án thực hiện làm ví dụ của nó. Các phương án thực hiện làm ví dụ này được mô tả sao cho phần mô tả này sẽ toàn diện và đầy đủ, và sẽ truyền đạt đầy đủ phạm vi của sáng chế đến người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Thực vậy, sáng chế có thể được thực hiện theo nhiều kiểu khác nhau và sẽ không được hiểu là chỉ giới hạn ở các phương án thực hiện nêu trong bản mô tả này; đúng hơn, các phương án thực hiện này được đưa ra sao cho việc bộc lộ này sẽ đáp ứng yêu cầu pháp lý có thể áp dụng được. Như được sử dụng trong bản mô tả này, và trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo, dạng số ít “một”, “một chiếc”, “một cái”, bao gồm cả dạng số nhiều trừ khi có quy định khác.

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp được làm thích ứng để tạo ra cacbon đioxit (CO₂) lỏng áp suất thấp. Cụ thể, hệ thống và phương pháp này có thể được làm thích ứng để nạp dòng chứa CO₂ không lỏng (ví dụ, CO₂ dạng khí hoặc CO₂ siêu tới hạn) và chuyển ít nhất một phần CO₂ không lỏng thành CO₂ lỏng. Dòng nạp có thể chứa một phần CO₂ lỏng; tuy nhiên, tốt hơn là dòng nạp không chứa nhiều hơn 25%, không nhiều hơn 10%, không nhiều hơn 5%, hoặc không nhiều hơn 2% trọng lượng CO₂ lỏng.

CO₂ lỏng được tạo ra theo sáng chế có thể được tạo ra ở áp suất thấp trong đó áp suất của CO₂ lỏng đã được tạo ra nhỏ hơn 50bar (5MPa) nhưng lớn hơn áp suất điểm ba của CO₂ tốt hơn là để tránh sự hình thành đáng kể CO₂ rắn. Theo một số phương án thực hiện của sáng chế, CO₂ lỏng đã được tạo ra có thể ở áp suất xuống đến khoảng 6bar (0,6MPa), cụ thể là nằm trong khoảng từ 30bar (3MPa) đến 6bar (0,6MPa), nằm trong khoảng từ 25bar (2,5MPa) đến 6bar (0,6MPa), hoặc nằm trong khoảng từ 15bar (1,5MPa) đến 6bar (0,6MPa). Tốt hơn là, nhiệt độ của CO₂ lỏng đã được tạo ra nằm trong vùng nhiệt độ bão hòa ở áp suất cụ thể. Ví dụ, nhiệt độ này có thể nằm trong khoảng từ 5°C đến -55°C, nằm trong khoảng từ -5°C đến -55 °C, hoặc nằm trong khoảng từ -15°C đến -55°C.

Nói chung, phương pháp tạo ra dòng CO₂ lỏng theo các phương án thực hiện của sáng chế có thể bao gồm bước làm mát và làm giãn nở CO₂ từ dòng nạp. Tùy thuộc vào nguồn của dòng nạp, phương pháp này có thể bao gồm một hoặc nhiều bước nén. Theo các phương án

thực hiện được ưu tiên của sáng chế, CO₂ nạp có thể có áp suất khoảng 60bar (6MPa) hoặc cao hơn, khoảng 100bar (10MPa) hoặc cao hơn, hoặc khoảng 200bar (20MPa) hoặc cao hơn. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, áp suất của CO₂ nạp có thể nằm trong khoảng từ 60bar (6MPa) đến 400bar (40MPa). Nhiệt độ của CO₂ nạp có thể cao hơn 10°C hoặc có thể nằm trong khoảng từ 10°C đến 40°C, nằm trong khoảng từ 12°C đến 35°C, hoặc nằm trong khoảng từ 15°C đến 30°C. Theo một số phương án thực hiện của sáng chế, CO₂ nạp có thể ở gần nhiệt độ môi trường.

Hệ thống và phương pháp theo một phương án thực hiện của sáng chế hữu ích để tạo ra CO₂ lỏng được thể hiện trên FIG.1. Như thấy được trên hình vẽ này, dòng CO₂ áp suất cao 24 có thể được làm mát bằng cách cho đi qua bộ làm mát bằng nước 50 (có thể tùy ý tùy thuộc vào nhiệt độ thực tế của dòng CO₂ áp suất cao). Sau đó, dòng CO₂ áp suất cao 24 được chia thành phần thứ nhất và phần thứ hai bằng cách sử dụng bộ tách 68 (hoặc hệ thống thích hợp khác được tạo kết cấu để chia dòng) để tạo ra dòng biên CO₂ áp suất cao 57 mà có thể được làm giãn nở, như nhờ van 58 hoặc thiết bị thích hợp khác, để tạo ra dòng CO₂ làm mát 56. Dòng CO₂ áp suất cao còn lại 62 đi qua bộ trao đổi nhiệt 10 mà ở đó nó được làm mát bởi dòng CO₂ làm mát 56, dòng này thoát ra là dòng CO₂ 33. Dòng CO₂ áp suất cao đã được làm mát 51 thoát ra khỏi đầu làm mát của bộ trao đổi nhiệt 10 có thể có nhiệt độ khoảng 5°C hoặc thấp hơn, khoảng 0°C hoặc thấp hơn, khoảng -10°C hoặc thấp hơn, hoặc khoảng -20°C hoặc thấp hơn (ví dụ, nằm trong khoảng từ 5°C đến -40°C hoặc nằm trong khoảng từ 0°C đến -35°C). Dòng CO₂ áp suất cao đã được làm mát 51 có thể được làm giãn nở để tạo ra dòng CO₂ lỏng. Như được thể hiện trên FIG.1, đầu tiên, dòng CO₂ áp suất cao đã được làm mát 51 đi qua nôi đun lại 52, là một phần của cột cất 53 được thể hiện trên FIG.1, và do đó cấp việc làm nóng cho quá trình chưng cất trong cột này, việc làm nóng này sẽ được mô tả thêm dưới đây. Như vậy, việc đi qua nôi đun lại có thể là tùy ý. Dòng CO₂ áp suất cao 55 thoát ra khỏi nôi đun lại 52 được làm giãn nở để tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp 35 ở nhiệt độ và áp suất trong khoảng được mô tả trên đây. Trên FIG.1, dòng 55 được làm giãn nở nhờ van 48, nhưng thiết bị bất kỳ có lợi cho việc làm giãn nở dòng CO₂ đã được nén có thể được sử dụng. Ví dụ, thiết bị làm giãn nở có thể là hệ thống sinh công, như tuabin, mà hạ thấp entalpy của CO₂ giữa đầu vào và đầu ra và còn hạ thấp nhiệt độ của đầu ra.

Việc làm giãn nở dòng CO₂ áp suất cao (ví dụ, nằm trong khoảng từ 60bar (6MPa) đến 400bar (40MPa)) để tạo ra dòng CO₂ áp suất thấp (ví dụ, ở áp suất khoảng 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng cao hơn áp suất điểm ba của CO₂) có thể tạo ra dòng sản phẩm hai pha được tạo ra từ hỗn hợp khí và chất lỏng có tổng entalpy giống như dòng CO₂ đưa vào van (hoặc thiết bị làm giãn nở khác). Cụ thể, nhiệt độ của hỗn hợp hai pha thoát ra khỏi van (hoặc

tuabin theo phương án thực hiện khác làm ví dụ nêu trên) có thể ở nhiệt độ bão hòa của chất lỏng khi áp suất giảm. Trên FIG.1, cả dòng 56 thoát ra khỏi van 58 và dòng 35 thoát ra khỏi van 48 có thể là dòng hai pha. Dòng CO₂ áp suất thấp hai pha 35 thoát ra khỏi van 48 có thể được đưa qua thiết bị tách 9 để tạo ra dòng của phân đoạn bay hơi CO₂ 49 và dòng của phân đoạn lỏng CO₂ 36.

Theo các phương án thực hiện của sáng chế theo đó dòng CO₂ áp suất cao đưa vào là từ hệ thống sản xuất điện bằng cách đốt cháy oxy, phân đoạn bay hơi có thể được tách ra từ dòng CO₂ lỏng áp suất thấp sẽ chứa lượng lớn các khí trơ (ví dụ, nitơ, O₂ dư thừa, và các khí hiếm, như argon) mà có mặt trong nguồn oxy và nguồn nhiên liệu (ví dụ, khí tự nhiên). Theo ví dụ không giới hạn phạm vi của sáng chế, quá trình sản xuất điện bằng cách đốt cháy oxy có thể được thực hiện với 1% dòng oxy dư thừa chảy vào buồng đốt, dòng oxy được tạo ra từ khoảng 99,5% oxy và 0,5% argon. Sản phẩm CO₂ tinh thu được có thể chứa O₂ ở nồng độ 2% và argon ở nồng độ 1%.

Theo sáng chế, việc làm mát sản phẩm CO₂ từ hệ thống điện như được minh họa trên đây bằng phương tiện làm mát gián tiếp đến nhiệt độ mà, với việc làm giãn nở nhờ van đến áp suất, ví dụ, 10bar (1MPa), tạo ra phân đoạn bay hơi nhanh khoảng 4%. Theo các phương án thực hiện khác nhau, phân đoạn bay hơi tối đa có thể khoảng 6%, tối đa khoảng 5%, hoặc tối đa khoảng 4% khối lượng của tổng dòng CO₂ lỏng (ví dụ, dòng 35 được thể hiện trên FIG.1). Dòng hơi (ví dụ, dòng 49 được thể hiện trên FIG.1) có thể chứa từ 1% đến 75% khối lượng CO₂ và từ 25% đến 99% khối lượng hỗn hợp của N₂, O₂, và argon (hoặc các khí trơ khác). Theo các phương án thực hiện khác, dòng hơi có thể chứa khoảng 60% hoặc cao hơn, khoảng 65% hoặc cao hơn, hoặc khoảng 70% hoặc cao hơn khối lượng hỗn hợp của N₂, O₂, và argon (hoặc các khí trơ khác). Phân đoạn bay hơi nhanh (ví dụ, dòng 49 thoát ra khỏi thiết bị tách 9 được thể hiện trên FIG.1) có thể được cho thoát ra môi trường khí hoặc được thu gom. Việc tạo ra dòng hơi nhanh là có lợi theo các phương án thực hiện mà trong đó dòng CO₂ đưa vào được bắt nguồn từ quá trình đốt cháy oxy khi loại bỏ phân đoạn bay hơi sẽ ngăn chặn sự tích tụ của argon trơ và/hoặc nitơ (mà có thể có mặt trong khí tự nhiên và/hoặc khí nhiên liệu thu được từ việc đốt cháy than và có thể có mặt trong dòng oxy thu được từ thiết bị tách không khí ở nhiệt độ thấp). Để tạo ra phân đoạn bay hơi nhanh, việc làm mát dòng CO₂ áp suất cao (ví dụ, dòng 62 được thể hiện trên FIG.1) đến nhiệt độ khoảng -30°C hoặc thấp hơn hoặc khoảng -33°C hoặc thấp hơn trước khi làm giãn nở có thể là có lợi. Theo các phương án thực hiện mà theo đó dòng CO₂ áp suất cao đưa vào là từ nguồn mà có thể gần như hoặc hoàn toàn không có các khí trơ (và oxy tùy ý), không nhất thiết phải tạo ra phân đoạn bay hơi nhanh. Theo các phương án thực hiện sử dụng nhiên liệu khí tự nhiên có phân

đoạn N₂ đáng kể trong quá trình sản xuất điện bằng nhiên liệu oxy, việc điều chỉnh nhiệt độ đến nhiệt độ mà dòng 51 được làm mát có thể là có lợi để đảm bảo loại bỏ lượng lớn N₂ với O₂ và argon trong dòng 49 cùng với hao hụt ở mức tối thiểu của CO₂ trong dòng 49.

Tốt hơn là, phần lớn nồng độ của O₂ và argon (và các khí trơ khác) từ dòng CO₂ đưa vào được loại bỏ trong phân đoạn bay hơi nhanh sao cho dòng của phân đoạn lỏng CO₂ (ví dụ, dòng 36 được thể hiện trên FIG.1) chỉ có nồng độ nhỏ N₂, O₂, và argon – ví dụ, khoảng 1% khối lượng hoặc thấp hơn, khoảng 0,5% hoặc thấp hơn, hoặc khoảng 0,2% hoặc thấp hơn. Nồng độ nhỏ này của N₂, O₂, và argon có thể được loại ra khỏi dòng của phân đoạn lỏng CO₂, bằng cách sử dụng thiết bị chưng cất (ví dụ, cột cất 53 được thể hiện trên FIG.1). Ngoài sự thể hiện trên FIG.1, phân cất có thể được lắp trong phần dưới của thiết bị tách nhanh. Theo các phương án thực hiện sử dụng cột cất, có thể có nồi đun lại (bộ phận 52 được thể hiện trên FIG.1 như được mô tả trên đây) để rút nhiệt khả dụng còn lại ra khỏi một phần hoặc tất cả dòng CO₂ áp suất cao (ví dụ, dòng 51 được thể hiện trên FIG.1). Việc làm nóng có thể được thay đổi để tạo ra tỷ lệ chất lỏng với hơi cần thiết nhằm giảm nồng độ oxy trong sản phẩm CO₂ lỏng tinh (dòng 54 được thể hiện trên FIG.1). Nồng độ oxy trong dòng CO₂ lỏng tinh có thể không nhiều hơn 25ppm, không nhiều hơn 20ppm, hoặc không nhiều hơn 10ppm.

Theo các phương án thực hiện khác, dòng CO₂ lỏng thành phẩm 54 có thể được bơm đến áp suất cao và được làm nóng trong bộ trao đổi nhiệt 10 (hoặc trong bộ trao đổi nhiệt khác hoặc bằng phương tiện khác) để phân phối vào trong đường ống dẫn CO₂. Cụ thể, dòng CO₂ lỏng thành phẩm có thể được bơm đến áp suất nằm trong khoảng từ 100bar (10MPa) đến 250bar (25MPa).

Quay trở lại FIG.1, áp suất của sản phẩm phía trên 63 thoát ra khỏi cột cất 53 có thể được giảm thêm nếu muốn, như nhờ van 64 và sau đó được kết hợp với dòng CO₂ 33. Các dòng kết hợp này có thể được nén trong máy nén 34 để tạo ra dòng CO₂ áp suất cao đưa trở lại 21, mà có thể được, ví dụ, kết hợp với dòng CO₂ áp suất cao đưa vào 24 hoặc được bổ sung vào dòng chứa CO₂ khác (xem FIG. 2).

Sáng chế theo các phương án thực hiện để tạo ra dòng CO₂ lỏng áp suất thấp nêu trên có thể là mong muốn về mặt kinh tế trong đó khoảng 95% khối lượng hoặc cao hơn, khoảng 96% hoặc cao hơn, hoặc khoảng 97% hoặc cao hơn của CO₂ trong dòng CO₂ áp suất thấp tinh (ví dụ, dòng 35 được thể hiện trên FIG.1) có thể được loại bỏ dưới dạng dòng CO₂ lỏng áp suất thấp. Sáng chế theo các phương án thực hiện được mô tả trên đây, 1,5% đến 2,5% khối lượng của sản phẩm CO₂ tinh có thể được cho thoát ra môi trường khí cùng với dòng N₂, O₂, và argon kết hợp (ví dụ, dòng 49 được thể hiện trên FIG.1), do đó tạo ra hiệu quả loại bỏ CO₂ nằm trong khoảng từ 97,5% đến 98,5%. Theo các phương án thực hiện theo đó phương

pháp nêu trên được thực hiện liên quan đến hệ thống điện chu trình kín sử dụng CO₂ làm chất lưu công tác, tốt hơn là dòng 49 được cho thoát ra môi trường khí vì việc loại bỏ các thành phần trợ là cần thiết nhằm giữ áp suất và nồng độ ban đầu của chúng càng thấp càng tốt. Tùy ý, dòng 59, sau khi giảm áp suất nhờ van 60, có thể đi theo hướng qua bộ đường ống trong bộ trao đổi nhiệt 10 để làm lạnh thêm cho dòng 62 trước khi dòng 59 được cho thoát ra.

Việc sử dụng dòng CO₂ áp suất cao đưa vào 24 tạo ra khả năng duy nhất là tạo ra việc làm mát gián tiếp dòng CO₂ áp suất cao. Như được mô tả liên quan đến các phương án thực hiện nêu trên, việc làm lạnh gián tiếp có thể được thực hiện bằng cách chia một phần dòng CO₂ áp suất cao ra ở gần nhiệt độ môi trường và sau đó làm giãn nở phần đã được chia này của dòng CO₂ áp suất cao đến nhiệt độ khoảng -20°C hoặc thấp hơn, khoảng -30°C hoặc thấp hơn, hoặc khoảng -40°C hoặc thấp hơn (ví dụ, nằm trong khoảng từ -40°C đến -55°C). Điều này có thể đạt được bằng cách giảm áp suất của dòng CO₂ áp suất cao 24 xuống đến áp suất thấp hơn khoảng 20bar (2MPa), thấp hơn khoảng 10bar (1MPa), hoặc thấp hơn khoảng 8bar (0,8MPa) (ví dụ, nằm trong khoảng từ 20bar (2MPa) đến 5bar (0,5MPa) hoặc nằm trong khoảng từ 12bar (1,2MPa) đến 5bar (0,5MPa), cụ thể là khoảng 5,55bar (0,555MPa)). Sau đó, dòng hơi cộng với chất lỏng thu được (ví dụ, dòng 56 được thể hiện trên FIG.1) được sử dụng để làm mát dòng chính CO₂ áp suất cao một cách gián tiếp trong bộ trao đổi nhiệt.

Hệ thống và phương pháp theo sáng chế đặc biệt có lợi khi sử dụng kết hợp với phương pháp sản xuất điện sử dụng chất lỏng CO₂ công tác, như hệ thống được bộc lộ trong Patent Mỹ số 8,596,075, mà toàn bộ nội dung của nó được đưa vào đây bằng cách viện dẫn. Cụ thể, quá trình này có thể sử dụng tuabin có tỷ lệ áp suất cao/áp suất thấp làm giãn nở hỗn hợp của dòng CO₂ tái tuần hoàn áp suất cao và các sản phẩm đốt bắt nguồn từ quá trình đốt cháy nhiên liệu. Nhiên liệu hóa thạch bất kỳ, cụ thể là nhiên liệu chứa cacbon, có thể được sử dụng. Tốt hơn, nếu nhiên liệu này là nhiên liệu dạng khí; tuy nhiên, không nhất thiết phải loại trừ nhiên liệu không phải dạng khí. Các ví dụ không giới hạn phạm vi của sáng chế bao gồm khí tự nhiên, khí nén, khí nhiên liệu (ví dụ, bao gồm một hoặc nhiều H₂, CO, CH₄, H₂S, và NH₃) và khí dễ cháy tương tự. Các nhiên liệu rắn – ví dụ, than, than nâu, cốc dầu mỏ, bitum, và các nhiên liệu tương tự, có thể được sử dụng cũng kết hợp với hệ thống cần thiết (như với việc sử dụng buồng đốt oxy hóa một phần hoặc bộ khí hóa để chuyển hóa nhiên liệu rắn hoặc nhiên liệu lỏng nặng sang dạng chứa khí). Nhiên liệu hydrocacbon lỏng cũng có thể được sử dụng. Oxy tinh khiết có thể được sử dụng làm chất oxy hóa trong quá trình đốt. Khí xả nóng của tuabin được sử dụng để làm nóng sơ bộ một phần dòng CO₂ tái tuần hoàn áp suất cao. Dòng CO₂ tái tuần hoàn còn được làm nóng bằng cách sử dụng nhiệt thu được từ năng lượng nén của máy nén CO₂, như được mô tả thêm trong bản mô tả này. Tất cả các tạp chất thu

được từ nhiên liệu và quá trình đốt như các hợp chất lưu huỳnh, NO, NO₂, CO₂, H₂O, Hg và các hợp chất tương tự có thể được tách để xử lý mà không phát tán vào khí quyển. Dòng nén CO₂ được đưa vào và có các cụm hiệu suất cao mà đảm bảo mức tiêu thụ điện năng gia tăng tối thiểu. Cụ thể, dòng nén CO₂ có thể cung cấp dòng của máy nén nhiên liệu CO₂ tái tuần hoàn mà có thể được tuần hoàn một phần đến buồng đốt và hướng một phần đến các bộ phận tạo ra CO₂ lỏng dưới dạng dòng CO₂ áp suất cao đưa vào.

FIG.2, là ví dụ thể hiện hệ thống sản xuất điện được kết hợp với các bộ phận được mô tả trong phần mô tả này để tạo ra sản phẩm CO₂ tinh thu được từ cacbon trong nhiên liệu sơ cấp dưới dạng chất lỏng áp suất thấp với hàm lượng oxy ở khoảng tối thiểu như được mô tả trong phần mô tả này. Hệ thống theo phương án thực hiện này của sáng chế được mô tả trong ví dụ dưới đây có liên quan đến FIG. 2.

Độ lớn của tổng dòng sản phẩm tinh CO₂ có thể thay đổi tùy thuộc vào trạng thái tự nhiên của nhiên liệu được sử dụng. Theo các phương án thực hiện sử dụng nhiên liệu khí tự nhiên, tổng dòng sản phẩm tinh CO₂ có thể nằm trong khoảng từ 2,5% đến 4,5% (ví dụ, khoảng 3,5%) của tổng dòng của máy nén nhiên liệu CO₂ tái tuần hoàn. Theo các phương án thực hiện sử dụng than bitum tiêu chuẩn (ví dụ, Illinois số 6), tổng dòng sản phẩm tinh CO₂ có thể nằm trong khoảng từ 5% đến 7% (ví dụ, khoảng 6%) của tổng dòng của máy nén nhiên liệu CO₂ tái tuần hoàn. Lượng CO₂ đã được tuần hoàn được sử dụng để làm lạnh có thể nằm trong khoảng từ 15% đến 35% hoặc từ 20% đến 30% (ví dụ, khoảng 25%) khối lượng dòng sản phẩm CO₂ tinh.

Theo một số phương án thực hiện, khí tự nhiên hóa lỏng (Liquid Nature Gas - LNG) có thể được sử dụng làm nguồn làm lạnh theo cách như được mô tả trong Công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2013/0104525, mà toàn bộ nội dung của nó được đưa vào đây bằng cách viện dẫn. Theo các phương án thực hiện cụ thể của sáng chế, LNG có thể được làm nóng đến nhiệt độ gần với nhiệt độ ngưng tụ của khí xả của tuabin chứa CO₂ (ví dụ, ở áp suất nằm trong khoảng từ 20bar (2MPa) đến 40bar (4MPa)). Dòng khí xả của tuabin thoát ra khỏi thiết bị tách nước có thể được làm khô trong thiết bị sấy khử ẩm đến nhiệt độ điểm sương dưới khoảng -50°C trước khi được hóa lỏng bằng cách sử dụng việc làm lạnh thu được từ LNG áp suất cao, mà đến lượt mình được làm nóng. Sau đó, CO₂ lỏng có thể được bơm đến áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa) bằng cách sử dụng bơm ly tâm nhiều giai đoạn. Khí tự nhiên áp suất cao thường có nhiệt độ khoảng -23°C (đối với khí xả của tuabin đang thoát ra khỏi bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm ở áp suất khoảng 20bar (2MPa)) với nhiệt độ khoảng 0°C (đối với khí xả của tuabin đang thoát ra khỏi bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm ở áp suất khoảng 40bar (4MPa)) sử dụng nhiệt độ 5°C gần với

hiệu độ bão hòa của CO₂ ở các áp suất này. Khí tự nhiên áp suất cao lạnh này có thể được sử dụng để làm mát sơ bộ CO₂ áp suất cao ở áp suất nằm trong khoảng từ 60bar (6MPa) đến 400bar (40MPa) trước khi làm giãn nở để tạo ra CO₂ lỏng có áp suất nằm trong khoảng từ 6bar (0,6MPa) đến 30bar (3MPa). Việc làm lạnh này có thể được bổ sung nhờ việc làm lạnh bổ sung thu được từ việc làm giãn nở CO₂ áp suất cao như được mô tả trên đây để tạo ra nhiệt độ của sản phẩm CO₂ tinh đã được làm mát mà được làm giãn nở đến áp suất cần thiết của sản phẩm CO₂ lỏng tạo ra phân đoạn khí chứa 50% đến 80% khối lượng của (O₂ + N₂ + Ar). Hiệu quả này làm giảm đáng kể lượng CO₂ bổ sung mà phải được tuần hoàn đối với việc làm lạnh.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các phương án thực hiện của sáng chế được minh họa thêm bằng ví dụ sau, ví dụ này được đưa ra để minh họa đối tượng chính đã hiện được bộc lộ và không được coi là giới hạn phạm vi của sáng chế. Dưới đây sẽ mô tả hệ thống và phương pháp sản xuất điện kết hợp và hệ thống và phương pháp tạo ra CO₂ lỏng áp suất thấp theo một phương án thực hiện của sáng chế, như được thể hiện trên FIG. 2.

Như thấy được trên FIG. 2, dòng nhiên liệu khí tự nhiên 42 (dòng trong ví dụ này là metan tinh khiết) ở áp suất khoảng 40bar (4MPa) được nén đến áp suất khoảng 320bar (32MPa) trong máy nén 44 để tạo ra dòng nhiên liệu khí tự nhiên đã được nén 43, đến lượt mình nó đi vào buồng đốt 1 mà trong đó dòng này đốt cháy trong dòng chất oxy hóa được làm nóng trước 38, mà chứa khoảng 23% khối lượng của hỗn hợp oxy với khoảng 77% khối lượng CO₂ pha loãng. Theo phương án thực hiện được thể hiện, tổng lượng oxy chứa khoảng 1% khối lượng nhiều hơn so bằng oxy được cần thiết đối với việc đốt cháy theo tỷ lệ. Các sản phẩm đốt được pha loãng trong buồng đốt 1 bởi dòng CO₂ tái tuần hoàn được làm nóng 37 ở áp suất khoảng 304bar (30,4MPa) và nhiệt độ khoảng 707°C. Dòng ra khỏi buồng đốt 39 ở nhiệt độ khoảng 1153°C được đưa đến đầu vào của tuabin 2, tuabin được nối với máy phát điện 3 và máy nén tuần hoàn CO₂ chính 4.

Dòng ra khỏi buồng đốt 39 được làm giãn nở trong tuabin 2 để tạo ra dòng ra khỏi tuabin 45 ở áp suất khoảng 30bar (3MPa) và nhiệt độ khoảng 747°C, đến lượt mình nó được đưa qua bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm 15 và được làm mát đến nhiệt độ 56°C thoát ra dưới dạng dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát 16. Dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát 16 được làm mát thêm bằng nước làm mát trong bộ làm mát bằng nước 7 đến gần nhiệt độ môi trường (dòng 17 được thể hiện trên FIG. 2). Dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát 17 được đưa qua thiết bị tách 6 mà trong đó dòng nước lỏng 18 được tách ra khỏi dòng đỉnh thấp của

CO₂ dạng khí 19, mà chính dòng này được chia thành các dòng riêng biệt (dòng 22 và dòng 20 được thể hiện trên FIG. 2).

Dòng chính đỉnh thấp của CO₂ dạng khí 22 đi vào máy nén tuần hoàn CO₂ 4, mà vận hành cùng với bộ làm nguội trung gian 5 và nén dòng chính đỉnh thấp của CO₂ dạng khí 22 ở nhiệt độ môi trường (thu được từ dòng ra khỏi tuabin 45) từ áp suất khoảng 28,2bar (2,82MPa) đến 63,5bar (6,35MPa) – nghĩa là dòng CO₂ đã được nén 23.

Dòng chính đỉnh thấp của CO₂ dạng khí 20 được sử dụng để pha loãng 99,5% dòng O₂ 28 (mà có áp suất khoảng 28bar (2,8MPa)) được tạo ra bởi thiết bị tách không khí ở nhiệt độ thấp 14. Dòng kết hợp 20 và dòng kết hợp 28 tạo ra dòng chất oxy hóa áp suất thấp 26, được nén đến áp suất khoảng 320bar (32MPa) (dòng 27) trong máy nén 11 với các bộ làm mát trung gian 12. Dòng chất oxy hóa áp suất cao 27 được làm nóng trong bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm còn lại như dòng chất oxy hóa được làm nóng trước 38 ở áp suất khoảng 304bar (30,4MPa) khoảng 707°C.

Dòng bên thứ nhất 32 ở nhiệt độ khoảng 110°C được lấy từ dòng CO₂ tái tuần hoàn áp suất cao đang làm nóng và được làm nóng đến nhiệt độ khoảng 154°C (dòng 31 được thể hiện trên FIG. 2) ở phía bộ trao đổi nhiệt 13 chảy ngược với chất lưu truyền nhiệt (đi vào bộ trao đổi nhiệt phía bên dưới dạng dòng 30 và thoát ra dưới dạng dòng 29) loại bỏ nhiệt của quá trình nén từ các máy nén khí trong thiết bị tách không khí ở nhiệt độ thấp 14. ASU có đường ống cấp không khí 40 và dòng thoát nitơ thừa 41 mà được cho thoát ra khí quyển.

Dòng bên thứ hai 61 ở nhiệt độ khoảng 400 °C được lấy từ dòng CO₂ tái tuần hoàn áp suất cao đang làm nóng và được sử dụng trong tuabin 2 để làm mát trong.

Dòng CO₂ đã được nén 23 có áp suất khoảng 63,5bar (6,35MPa) và nhiệt độ khoảng 51°C được làm mát trong bộ trao đổi nhiệt 46 bằng nước làm mát để tạo ra dòng 47 có nhiệt độ khoảng 17,5°C với tỷ trọng khoảng 820kg/m³, mà được bơm trong bơm ly tâm nhiều giai đoạn 8 đến áp suất khoảng 305bar (30,5MPa). Dòng xả của bơm được chia thành hai phần.

Dòng CO₂ tái tuần hoàn áp suất cao 25 từ dòng xả của bơm được đưa qua bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm 15 và mà có chức năng như dòng mà dòng bên thứ nhất và dòng bên thứ hai được lấy từ đó (như được mô tả trên đây).

Tốt hơn là, dòng 24 từ dòng xả của bơm có dòng sản phẩm CO₂ tinh thu được từ cacbon trong khí tự nhiên. Dòng 24 có thể có hàm lượng bổ sung của CO₂ để sử dụng cho việc làm lạnh. Hàm lượng CO₂ bổ sung tối đa có thể là khoảng 50% khối lượng, tối đa khoảng 40% khối lượng, hoặc tối đa khoảng 30% khối lượng của CO₂ tái tuần hoàn. Theo một số phương án thực hiện, hàm lượng CO₂ bổ sung có thể nằm trong khoảng từ 5% đến

45% khối lượng, từ 10% đến 40% khối lượng, hoặc từ 15% đến 35% khối lượng của CO₂ tái tuần hoàn.

Dòng CO₂ áp suất cao 24 được làm mát đến gần nhiệt độ môi trường trong bộ làm mát bằng nước 50 và được chia thành hai phần. Dòng chính CO₂ áp suất cao 57 được giảm áp suất đến khoảng 8,2bar (0,82MPa) nhờ van 58 để tạo ra dòng CO₂ làm mát 56, dòng này là hỗn hợp hai pha ở nhiệt độ khoảng -45°C. Dòng CO₂ làm mát 56 được đưa qua bộ trao đổi nhiệt 10 mà trong đó nó được làm bay hơi và làm nóng đến gần nhiệt độ môi trường thoát ra khỏi dưới dạng dòng CO₂ 33.

Dòng sản phẩm CO₂ tinh áp suất cao 62 được đưa trực tiếp vào trong bộ trao đổi nhiệt 10 mà trong đó nó được làm mát bằng dòng CO₂ làm mát 56 đến nhiệt độ khoảng -38°C thoát ra khỏi dưới dạng dòng sản phẩm CO₂ tinh áp suất cao đã được làm mát 51. Sau đó, dòng này được đưa qua nồi đun lại nhỏ 52 ở đáy của cột cất 53 thoát ra khỏi dưới dạng dòng 55. Dòng này được giảm áp suất đến khoảng 10bar (1MPa) nhờ van 48 để tạo ra dòng sản phẩm CO₂ tinh hai pha 35, sau đó dòng này được đưa qua thiết bị tách 9.

Dòng hơi đỉnh tháp 49 thoát ra khỏi đỉnh của thiết bị tách 9 bao gồm khoảng 4% khối lượng dòng chảy của dòng sản phẩm CO₂ tinh hai pha 35 và được tạo ra từ khoảng 30% khối lượng CO₂ và khoảng 70% khối lượng hỗn hợp O₂ và argon. Dòng hơi đỉnh tháp 49 được giảm áp suất trong van 60 và sau đó được cho thoát ra khí quyển (dòng 59 được thể hiện trên FIG. 2). Tùy ý, dòng 59 có thể được làm nóng trong bộ trao đổi nhiệt 10 đến gần nhiệt độ môi trường để làm lạnh bổ sung và sau được làm nóng thêm đến trên nhiệt độ môi trường để tạo ra dòng thoát ra.

Dòng CO₂ lỏng 36 thoát ra khỏi thiết bị tách 9 ở áp suất khoảng 10bar (1MPa) chứa khoảng 96% khối lượng dòng sản phẩm CO₂ tinh hai pha 35. Dòng 36 được cấp vào đỉnh của cột cất 53.

Thoát ra khỏi đáy cột cất 53 là dòng sản phẩm CO₂ lỏng áp suất thấp 54, dòng này có CO₂ tinh được tạo ra từ cacbon trong nhiên liệu sơ cấp cấp vào hệ thống điện. Trong hệ thống theo phương án thực hiện đã được thể hiện, dòng 54 có hàm lượng oxy thấp hơn 10ppm.

Dòng sản phẩm phía trên 63 ra khỏi cột cất 53 được giảm áp suất đến khoảng 8bar (0,8MPa) trong van 64 và được bổ sung vào dòng CO₂ 33. Dòng 33 và dòng 63 kết hợp được nén trong máy nén 34 đến áp suất khoảng 28,5bar (2,85MPa). Dòng xả 21 đã được nén trong máy nén CO₂ 34 được trộn với dòng chính đỉnh tháp của CO₂ dạng khí 22 và được nén trở lại đến áp suất tối đa khoảng 305bar (30,5MPa) trong máy nén CO₂ 4 và bơm 8.

Trong ví dụ nêu trên, các trị số cụ thể (ví dụ, nhiệt độ, áp suất, và các tỷ lệ tương đối) được đưa ra để minh họa các điều kiện làm việc của sáng chế theo phương án thực hiện làm

ví dụ. Các trị số này không có nghĩa là giới hạn phạm vi của sáng chế, và cần phải hiểu rằng các trị số này có thể được thay đổi trong các khoảng như được mô tả trong bản mô tả này nhằm tạo ra các phương án thực hiện làm việc khác theo quan điểm của sáng chế nêu trong phần mô tả tổng thể đã được đưa ra trong bản mô tả này.

Các biến thể và các phương án thực hiện khác của sáng chế sẽ là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này mà có lợi ích gắn liền với sáng chế đã được thể hiện trong phần mô tả nêu trên và các hình vẽ kết hợp. Do đó, cần phải hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án thực hiện cụ thể được mô tả trong bản mô tả này và các biến thể và các phương án thực hiện khác được dự định nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ. Mặc dù các thuật ngữ cụ thể được sử dụng trong bản mô tả này, chúng được sử dụng chỉ có ý nghĩa khái quát và mô tả và không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tạo ra dòng cacbon đioxit (CO_2) lỏng, phương pháp này bao gồm các bước:

đốt cháy nhiên liệu chứa cacbon hoặc hydrocacbon bằng oxy trong buồng đốt với sự có mặt của dòng CO_2 tái tuần hoàn ở áp suất 100bar (10MPa) hoặc cao hơn và nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn để tạo ra dòng ra khỏi buồng đốt chứa CO_2 ;

làm giãn nở dòng ra khỏi buồng đốt trong tuabin để phát điện và tạo ra dòng ra khỏi tuabin chứa CO_2 ở áp suất 50bar (5MPa) hoặc thấp hơn;

làm mát dòng ra khỏi tuabin trong bộ trao đổi nhiệt thứ nhất để tạo ra dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát;

bơm CO_2 từ dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát đến áp suất 100bar (10MPa) hoặc cao hơn để tạo ra dòng CO_2 có áp;

chia dòng CO_2 có áp thành phần chính và phần làm mát;

làm giãn nở phần làm mát của dòng CO_2 có áp để giảm nhiệt độ của nó đến nhiệt độ -20°C hoặc thấp hơn;

làm mát phần chính của dòng CO_2 có áp đến nhiệt độ 5°C hoặc thấp hơn bằng cách đưa phần chính của dòng CO_2 có áp đi qua bộ trao đổi nhiệt thứ hai ngược với phân đoạn làm mát của dòng CO_2 có áp đã được làm giãn nở; và

làm giãn nở phần chính của dòng CO_2 có áp đã được làm mát đến áp suất 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng lớn hơn so với áp suất điểm ba của CO_2 để tạo ra dòng CO_2 lỏng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng ra khỏi buồng đốt có áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa), tốt hơn là trong đó dòng ra khỏi buồng đốt có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1.600°C.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng ra khỏi tuabin chứa CO_2 có áp suất nằm trong khoảng từ 20bar (2MPa) đến 40bar (4MPa).

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng ra khỏi tuabin được làm mát trong bộ trao đổi nhiệt đến nhiệt độ 80°C hoặc thấp hơn, tốt hơn là trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát chứa CO_2 đi qua một hoặc nhiều thiết bị tách để loại bỏ ít nhất là nước ra khỏi đó.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó một hoặc nhiều điều kiện sau được thỏa mãn:

phương pháp này còn bao gồm bước làm nóng một hoặc cả oxy và dòng CO₂ tái tuần hoàn trong bộ trao đổi nhiệt chảy ngược với dòng ra khỏi tuabin;

dòng CO₂ có áp có áp suất nằm trong khoảng từ 200bar (20MPa) đến 400bar (40MPa);

phần chính của dòng CO₂ có áp được làm mát đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ -55°C đến 0°C.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước, sau khi làm mát phần chính của dòng CO₂ có áp và trước khi làm giãn nở phần chính của dòng CO₂ có áp, đưa phần chính của dòng CO₂ có áp đi qua nồi đun lại; tốt hơn là trong đó nồi đun lại nằm trong cột cất.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng CO₂ lỏng đi qua thiết bị tách một cách có hiệu quả để tách dòng hơi ra khỏi đó.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó một hoặc cả hai điều kiện sau được thỏa mãn:

dòng hơi chứa tối đa 8% khối lượng dòng CO₂ lỏng áp suất thấp đã đi qua thiết bị tách;

dòng hơi chứa khoảng từ 1% đến 75% khối lượng CO₂ và khoảng từ 25% đến 99% khối lượng của một hoặc nhiều N₂, O₂, và argon.

9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước cho dòng CO₂ lỏng còn lại đi qua bên trong cột cất.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó một hoặc cả hai điều kiện sau được thỏa mãn:

dòng CO₂ lỏng ra khỏi cột cất có hàm lượng oxy không lớn hơn 25ppm;

phương pháp này còn bao gồm bước bơm dòng CO₂ lỏng đến áp suất ít nhất 100bar (10MPa), tốt hơn là phương pháp này còn bao gồm bước cấp dòng CO₂ lỏng đã được bơm vào đường ống dẫn CO₂.

11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước trộn hơi đỉnh thấp từ cột cất với phân đoạn làm mát của dòng CO₂ có áp ra khỏi bộ trao đổi nhiệt thứ hai;

tốt hơn là phương pháp này còn bao gồm bước bổ sung hỗn hợp này vào dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát.

12. Hệ thống được tạo kết cấu để tạo ra dòng cacbon đioxit (CO_2) lỏng, hệ thống này bao gồm:

- bộ tách được tạo kết cấu để chia dòng CO_2 có áp thành phần thứ nhất và phần thứ hai;
- bộ làm giãn nở thứ nhất được tạo kết cấu để làm giãn nở và làm mát phần thứ nhất của dòng CO_2 có áp;
- bộ trao đổi nhiệt để làm mát phần thứ hai của dòng CO_2 có áp chảy ngược với phần thứ nhất đã được làm mát của dòng CO_2 có áp ra khỏi bộ làm giãn nở; và
- bộ làm giãn nở thứ hai được tạo kết cấu để làm giãn nở phần thứ hai đã được làm mát của dòng CO_2 có áp nhằm tạo ra dòng CO_2 lỏng.

13. Hệ thống theo điểm 12, trong đó một hoặc nhiều điều kiện sau được thỏa mãn:

- bộ làm giãn nở thứ nhất được tạo kết cấu để làm mát phần thứ nhất của dòng CO_2 có áp đến nhiệt độ -20°C hoặc thấp hơn;
- bộ trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để làm mát phần thứ hai của dòng CO_2 có áp đến nhiệt độ 5°C hoặc thấp hơn;
- bộ làm giãn nở thứ hai được tạo kết cấu để làm giãn nở phần thứ hai đã được làm mát của dòng CO_2 có áp đến áp suất 30bar (3MPa) hoặc thấp hơn nhưng cao hơn so với áp suất điểm ba của CO_2 ;
- hệ thống này còn bao gồm máy nén được tạo kết cấu để tiếp nhận phần thứ nhất của dòng CO_2 có áp từ bộ trao đổi nhiệt.

14. Hệ thống theo điểm 12, trong đó hệ thống này còn có cột cất liên hợp và nồi đun lại; tốt hơn là trong đó cột cất là đường ống ở phía sau bộ làm giãn nở thứ hai và trong đó nồi đun lại là đường ống nằm sau bộ trao đổi nhiệt và nằm trước bộ làm giãn nở thứ hai; và tốt hơn là hệ thống này còn có thiết bị tách chất lỏng/hơi được bố trí nằm sau bộ làm giãn nở thứ hai và nằm trước cột cất.

15. Hệ thống theo điểm 12, trong đó hệ thống này còn có:

- buồng đốt được tạo kết cấu để đốt cháy nhiên liệu chứa cacbon hoặc hydrocacbon bằng oxy trong buồng đốt với sự có mặt của dòng CO_2 tái tuần hoàn ở áp suất 100bar

(10MPa) hoặc cao hơn và nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn để tạo ra dòng ra khỏi buồng đốt chứa CO₂;

tuabin được tạo kết cấu để làm giãn nở dòng ra khỏi buồng đốt để phát điện và tạo ra dòng ra khỏi tuabin chứa CO₂;

bộ trao đổi nhiệt khác được tạo kết cấu để làm mát dòng ra khỏi tuabin; và

bơm được tạo kết cấu để bơm CO₂ từ dòng ra khỏi tuabin đã được làm mát nhằm tạo ra dòng CO₂ có áp.

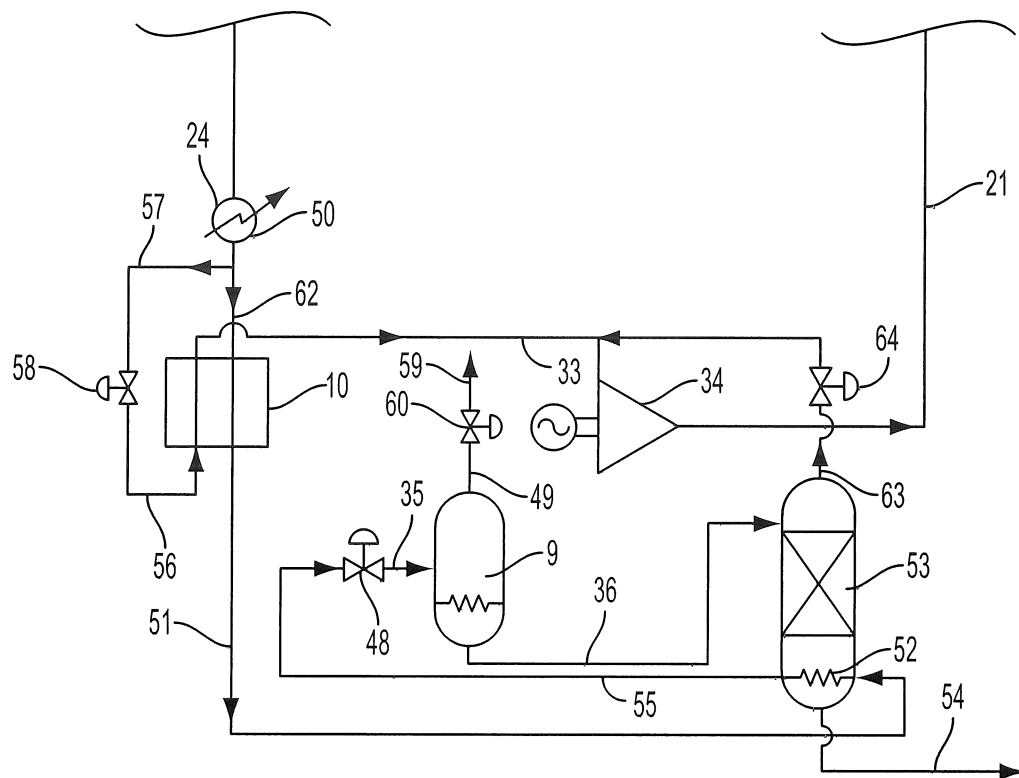


FIG. 1

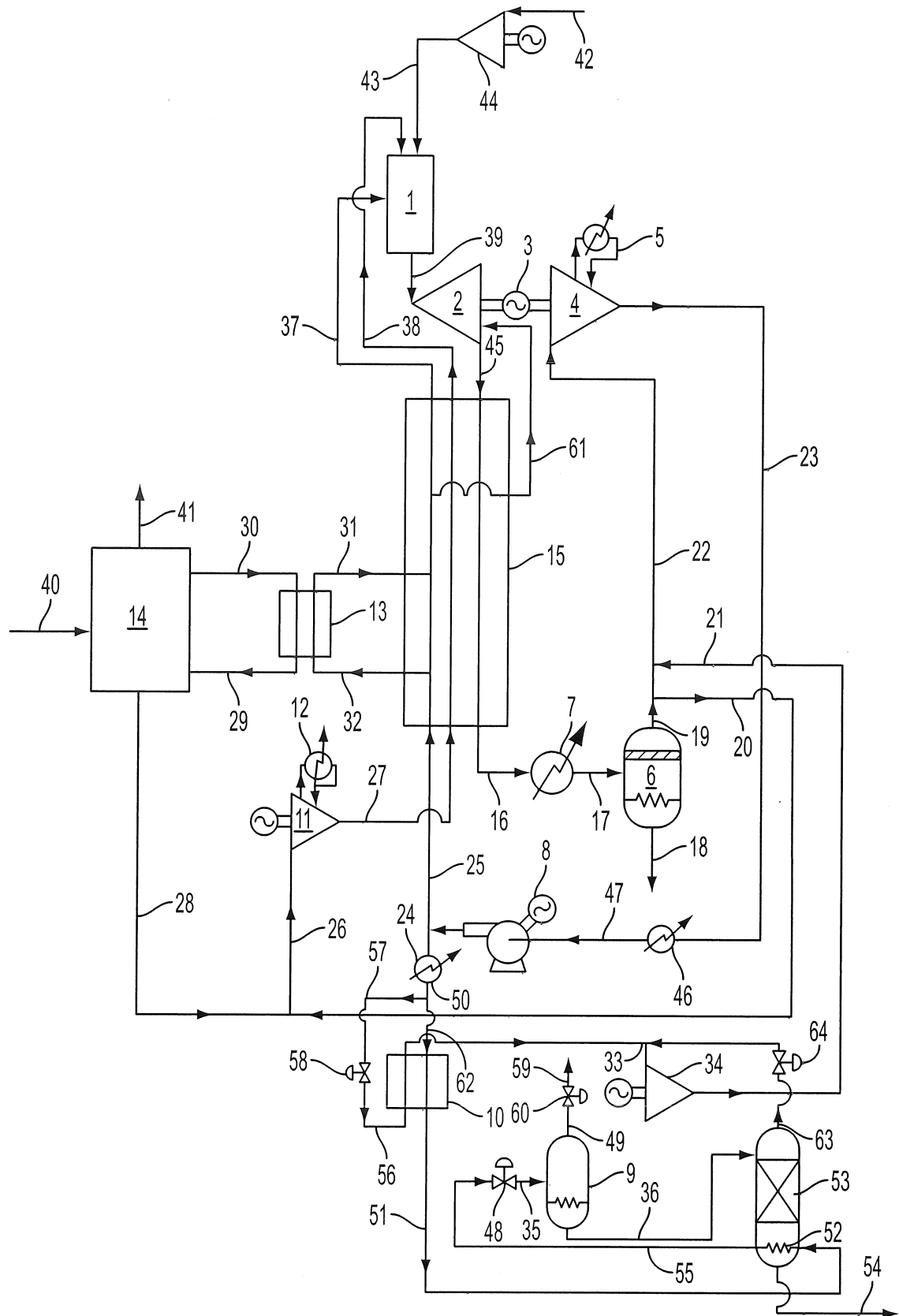


FIG. 2