



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

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

(11)



1-0023767

(51)⁷ F25J 3/02; C10L 3/10

(13) B

(21) 1-2013-00295

(22) 28/06/2011

(86) PCT/US2011/042203 28/06/2011

(87) WO2012/015554 02/02/2012

(30) 61/369,377 30/07/2010 US; 61/500,314 23/06/2011 US; PCT/US2011/042203
28/06/2011 US

(45) 25/05/2020 386

(43) 27/05/2013 302A

(73) EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY (US)

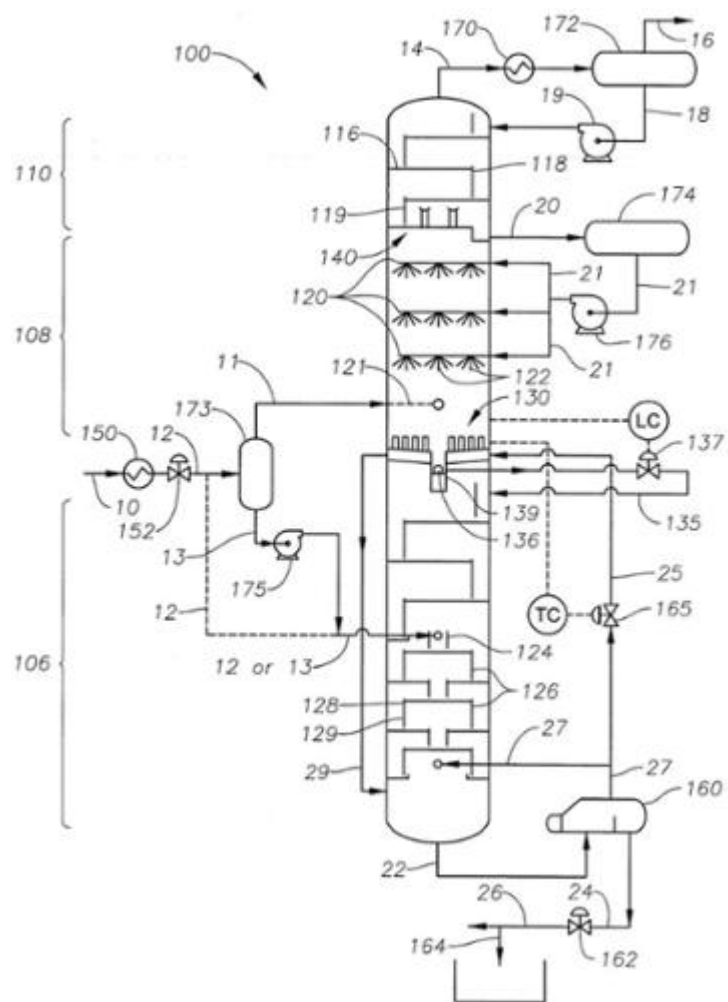
P. O. Box 2189, CORP-URC-SW359, Houston, Texas 77252-2189, US

(72) Paul Scott Northrop (US)

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

(54) HỆ THỐNG LOẠI BỎ KHÍ AXIT KHỎI DÒNG KHÍ THÔ

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống (200) loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô. Hệ thống (200) bao gồm tháp chưng cất làm lạnh sâu (240). Cột chưng cất làm lạnh sâu (240) nhận dòng khí chưa đã loại nước được làm mát (236), và tách dòng khí này thành dòng khí đỉnh tháp (246) gồm chủ yếu metan, và dòng khí axit hóa lỏng ở đáy (248) gồm chủ yếu cacbon đioxit. Ngoài ra, hệ thống nêu trên còn bao gồm dãy các bộ tiếp xúc dòng song song. Các bộ tiếp xúc dòng song song này có thể được đặt nối tiếp nhau để nhận dòng khí axit đáy (248) và thu hồi khí metan bất kỳ được cuốn theo. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, bộ tiếp xúc dòng song song có thể được đặt nối tiếp nhau để nhận dòng khí đỉnh tháp (246), và làm sạch dòng khí này bằng cách sử dụng chất lỏng hồi lưu như metan. Trong trường hợp này, khí đã khử lưu huỳnh tùy ý được hóa lỏng và phân phối để bán trên thị trường hoặc được sử dụng làm khí nhiên liệu tại chỗ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực tách chất lỏng. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến quy trình tách cacbon đioxit và các khí axit khác khỏi dòng chất lưu hydrocacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phần này nhằm giới thiệu các khía cạnh khác nhau của tình trạng kỹ thuật. Thảo luận này được tin là có tác dụng hỗ trợ việc tạo ra kiến thức cơ bản để dễ dàng hiểu được các khía cạnh cụ thể của nội dung sáng chế được bộc lộ. Do đó, nên hiểu rằng đoạn này nên được đọc theo cách này, và không cần thiết phải là tình trạng kỹ thuật.

Việc sản xuất các hydrocacbon từ vỉa thường kết hợp với việc sản xuất ngẫu nhiên các loại khí không phải hydrocacbon. Các khí này chứa tạp chất như cacbon đioxit (CO_2) và hydro sulfua (H_2S). Khi H_2S và CO_2 được tạo ra dưới dạng một phần của dòng khí hydrocacbon (như metan (C_1) hoặc etan (C_2)), dòng khí này đôi khi được gọi là "khí chua".

Khí chua thường được xử lý để loại bỏ CO_2 , H_2S và các tạp chất khác trước khi được dẫn xuôi dòng để tiếp tục xử lý hoặc bán. Sự loại bỏ khí axit tạo ra dòng khí hydrocacbon "đã khử lưu huỳnh". Dòng khí đã khử lưu huỳnh có thể được sử dụng làm nhiên liệu chấp nhận được về môi trường hoặc làm nguyên liệu cho thiết bị hóa chất hoặc khí đến lỏng. Dòng khí đã làm sạch có thể được làm lạnh để tạo thành khí tự nhiên hóa lỏng (LNG, liquefied natural gas).

Quy trình tách khí tạo ra vấn đề liên quan đến sự loại bỏ các tạp chất được tách. Trong một vài trường hợp, khí axit được cô đặc (chủ yếu gồm H_2S và CO_2) được dẫn đến bộ phận thu hồi lưu huỳnh ("SRU", sulfur recovery unit). SRU biến đổi H_2S thành lưu huỳnh nguyên tố. Tuy nhiên, trong một số khu vực (ví dụ, vùng biển Caspian Sea), việc sản xuất lưu huỳnh nguyên tố bổ sung không thích hợp do thị trường bị hạn chế. Do đó, hàng triệu tấn lưu huỳnh được dự trữ trong các khối lớn, trên mặt đất trong một số khu vực trên thế giới, đáng chú ý nhất là Canada và Kazakhstan.

Mặc dù lưu huỳnh được dự trữ trên mặt đất, nhưng khí cacbon đioxit đồng hành với khí axit thường được thoát ra ngoài không khí. Tuy nhiên, thực tế đôi khi không mong muốn CO_2 thoát ra. Một giải pháp được đề xuất để giảm thiểu phát ra CO_2 là

quy trình được gọi là phun khí axit ("AGI", acid gas injection). AGI có nghĩa là các khí chứa nhiều lưu huỳnh không mong muốn được phun lại vào vỉa ngầm dưới điều kiện áp suất và được cô lập để có thể sử dụng sau đó. Theo cách khác, khí cacbon đioxit có thể được sử dụng để tạo ra áp suất vỉa nhân tạo cho hoạt động thu hồi dầu tăng cường.

Để thuận tiện cho AGI, mong muốn có thiết bị xử lý khí có thể tách các thành phần khí axit ra khỏi khí hydrocacbon một cách hiệu quả. Một số vỉa khí tự nhiên không chỉ chứa tỷ lệ hydrocacbon tương đối thấp (ví dụ, nhỏ hơn 40%) và tỷ lệ phần trăm khí axit cao, chủ yếu là cacbon đioxit, mà còn gồm hydro sulfua, cacbonyl sulfua, cacbon đisulfua và các mercaptan khác nhau. Trong các trường hợp này, việc xử lý khí làm lạnh sâu có thể được sử dụng hữu ích.

Sự xử lý khí làm lạnh sâu là quy trình chung cất đôi khi được sử dụng để tách khí. Tuy nhiên, các tháp chưng cất làm lạnh sâu truyền thống có thể công kênh và/hoặc gây ra vấn đề về phân phối trọng lượng cho các bình hoặc vỉa ở ngoài khơi. Hơn nữa, đối với dòng khí có mức CO₂ cao bất thường (ví dụ, lớn hơn khoảng 30% mol), có thể cần phải xử lý thêm để loại bỏ metan mà bị cuốn theo trong dòng chất lỏng ở đáy, hoặc để loại bỏ cacbon đioxit mà bị cuốn theo trong dòng khí đỉnh tháp.

Ngoài ra, tồn tại các thách thức đối với sự chưng cất làm lạnh sâu các khí chua. Ví dụ, ở nồng độ CO₂ cao hơn, ví dụ, lớn hơn khoảng 5% mol tại tổng áp suất nhỏ hơn khoảng 700psig (4830Pa), CO₂ có thể đóng băng thành chất rắn trong tháp chưng cất làm lạnh sâu. Sự tạo thành CO₂ dưới dạng rắn phá vỡ quy trình chưng cất làm lạnh sâu.

Do đó, cần có hệ thống chưng cất làm lạnh sâu cải thiện giải quyết được một hoặc nhiều vấn đề nêu trên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất hệ thống loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô, hệ thống này bao gồm các thành phần từ (a) đến (e): (a) bình loại nước để nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng bao gồm về cơ bản chất lưu trong nước, (b) bộ trao đổi nhiệt để làm mát dòng khí đã loại nước và giải phóng dòng khí chua đã được làm mát, (c) tháp chưng cất làm lạnh sâu nhận dòng khí chua được làm mát, và tách dòng khí chua được làm mát thành (i) dòng khí ở trên gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit hóa lỏng ở đáy gồm chủ yếu cacbon đioxit, (d) bộ tiếp xúc

dòng song song cuối cùng, và (e) bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất.

Trong một hoặc nhiều phương án, hệ thống theo sáng chế sử dụng bộ phận chưng cất dưới mà được giảm đáng kể về kích thước so với các hệ thống truyền thống. Trong một số phương án, bộ phận chưng cất được loại bỏ hoàn toàn. Trong một hoặc nhiều phương án, hệ thống được tạo kết cấu sao cho khí metan cuốn vào dòng chất lỏng lạnh đáy được thu hồi bằng cách sử dụng dây thiết bị tách dòng song song nhỏ, và được dẫn hướng lại trở vào trong phần làm lạnh đã điều chỉnh. Trong một hoặc nhiều phương án, hệ thống được tạo kết cấu sao cho khí cacbon đioxit cuốn vào dòng khí metan ở trên được thu giữ bằng cách sử dụng dây thiết bị tách dòng song song nhỏ, và được dẫn hướng lại trở vào trong bộ phận làm lạnh đã điều chỉnh.

Ngoài ra, sáng chế còn đề xuất phương pháp sử dụng hệ thống loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để sáng chế có thể được hiểu rõ hơn, các ví dụ minh họa nhất định, biểu đồ và/hoặc biểu đồ tiến trình được kèm theo bản mô tả. Tuy nhiên, lưu ý rằng, các hình vẽ chỉ minh họa các phương án thực hiện được chọn lọc theo sáng chế, và do đó không được coi là làm giới hạn phạm vi của sáng chế, vì vậy sáng chế có thể có các phương án thực hiện và các ứng dụng có hiệu quả tương tự khác.

Fig.1 là hình chiếu bên của tháp chưng cất làm lạnh nhanh theo một phương án thực hiện. Dòng khí thô đã làm lạnh được phun vào vùng đóng băng trung gian được điều chỉnh của tháp.

Fig.2 là biểu đồ dưới dạng giản đồ thể hiện thiết bị xử lý khí để loại bỏ khí axit khỏi dòng khí theo một phương án thực hiện của sáng chế. Thiết bị xử lý khí này sử dụng nhiều bộ tiếp xúc dòng song song để thu hồi metan từ dòng khí axit đáy.

Fig.3 là biểu đồ dưới dạng giản đồ thể hiện thiết bị xử lý khí để loại bỏ khí axit khỏi dòng khí trong một phương án thực hiện khác của sáng chế. Thiết bị xử lý khí sử dụng dây các bộ tiếp xúc dòng song song để tiếp tục làm sạch metan từ dòng khí axit đỉnh tháp.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các định nghĩa

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "hydrocacbon" chỉ hợp chất hữu

cơ chủ yếu gồm, nếu không chỉ riêng, các nguyên tố hydro và cacbon. Hydrocacbon thường nằm trong hai lớp: hydrocacbon béo, hoặc hydrocacbon mạch thẳng, và hydrocacbon vòng, hoặc hydrocacbon vòng kín, gồm các terpen vòng. Các ví dụ về các vật liệu chứa hydrocacbon gồm dạng khí tự nhiên bất kỳ, dầu, than đá, và bitum có thể được sử dụng dưới dạng nhiên liệu hoặc được nâng cấp thành nhiên liệu.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "chất lưu hydrocacbon" chỉ hydrocacbon hoặc hỗn hợp các hydrocacbon mà là chất khí hoặc chất lỏng. Ví dụ, chất lưu hydrocacbon có thể gồm hydrocacbon hoặc hỗn hợp các hydrocacbon là chất khí hoặc chất lỏng ở trạng thái hình thành, ở trạng thái xử lý hoặc các điều kiện xung quanh (nhiệt độ 15°C và áp suất 1atm). Các chất lưu hydrocacbon có thể gồm, ví dụ, dầu, khí tự nhiên, metan vỉa than, dầu đá phiến, dầu nhiệt phân, khí nhiệt phân, sản phẩm nhiệt phân của than, và các hydrocacbon khác ở trạng thái khí hoặc lỏng.

Thuật ngữ "thiết bị chuyển khối" chỉ vật thể bất kỳ nhận chất lưu được tiếp xúc, và chuyển các chất lưu này đến các vật thể khác, ví dụ thông qua dòng trọng lực. Một ví dụ không giới hạn là khay chưng cất các thành phần nhất định. Ví dụ khác là khối đệm lưới.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "chất lưu" đề cập đến chất khí, chất lỏng, và hỗn hợp của chất khí và chất lỏng, cũng như hỗn hợp của chất khí và chất rắn, và hỗn hợp của chất lỏng và chất rắn.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "hydrocacbon có thể ngưng tụ" có nghĩa là các hydrocacbon ngưng tụ ở nhiệt độ khoảng 15°C và áp suất khí quyển tuyệt đối. Các hydrocacbon có thể ngưng tụ gồm, ví dụ, hỗn hợp của các hydrocacbon có số nguyên tử cacbon lớn hơn 4.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ "hydrocacbon nặng" chỉ các hydrocacbon có hơn một nguyên tử cacbon. Ví dụ chính bao gồm etan, propan và butan. Các ví dụ khác bao gồm pentan, các chất thơm hoặc diamondoid.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "hệ thống làm lạnh chu trình khép kín" có nghĩa là hệ thống làm lạnh bất kỳ trong đó chất lưu vận chuyển bên ngoài như propan hoặc etylen được sử dụng làm chất lỏng làm mát để làm lạnh dòng metan đỉnh tháp. Hệ thống này ngược lại với "hệ thống làm lạnh chu trình mở" trong đó một phần của dòng metan đỉnh tháp được sử dụng dưới dạng chất lưu vận chuyển.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ "thiết bị tiếp xúc dòng song song" hoặc "bộ tiếp xúc dòng song song" có nghĩa là bình nhận (i) dòng khí và (ii) dòng dung môi hoặc khí hóa lỏng riêng theo cách trong đó dòng khí và dòng dung môi (hoặc khí hóa lỏng) tiếp xúc với nhau trong khi chảy cùng hướng bên trong thiết bị tiếp xúc. Ví dụ không hạn chế bao gồm máy phun và thiết bị kết tụ, hoặc máy trộn tĩnh kết hợp với thiết bị khử hóa lỏng.

"Khí không hấp phụ" có nghĩa là khí không bị hấp thụ nhiều bởi dung môi hoặc khí hóa lỏng trong quá trình làm sạch khí.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "khí tự nhiên" chỉ khí nhiều thành phần thu được từ giếng dầu thô (khí kết hợp) hoặc từ vỉa chứa khí ngầm (khí không kết hợp). Thành phần và áp suất của khí tự nhiên có thể thay đổi đáng kể. Dòng khí tự nhiên điển hình chứa metan (C_1) làm thành phần chính. Dòng khí tự nhiên cũng có thể chứa etan (C_2), các hydrocacbon trọng lượng phân tử cao hơn, và một hoặc nhiều khí axit. Khí tự nhiên cũng có thể chứa lượng nhỏ tạp chất như nước, nito, sáp, và dầu thô.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, "khí axit" có nghĩa là khí bất kỳ hòa tan trong nước tạo ra dung dịch axit. Các ví dụ không hạn chế về khí axit gồm hydro sulfua (H_2S) và cacbon đioxit (CO_2). Hợp chất chứa lưu huỳnh bao gồm cacbon disulfua (CS_2), carbonyl sulfua (COS), mercaptan, hoặc hỗn hợp của chúng.

Thuật ngữ "dung môi lỏng" có nghĩa là chất lưu trong pha về cơ bản lỏng mà có xu hướng hấp thụ các khí axit, từ đó loại bỏ hoặc "làm sạch" ít nhất một phần của các thành phần khí axit từ dòng khí. Dòng khí có thể là dòng khí hydrocacbon hoặc dòng khí khác, ví dụ dòng khí có nito.

"Dòng khí đã khử lưu huỳnh" chỉ dòng chất lưu trong pha khí mà có ít nhất một phần của các thành phần khí axit được loại bỏ.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "nghèo" và "giàu" đối với sự loại bỏ chất lỏng hấp phụ của thành phần khí chọn lọc từ dòng khí, mang tính tương đối, lần lượt ám chỉ mức hàm lượng ít hơn hoặc lớn hơn của thành phần khí được chọn. Các thuật ngữ tương ứng "nghèo" và "giàu" lần lượt không nhất thiết phải chỉ hoặc yêu cầu hoặc là chất lỏng hấp phụ hoàn toàn không có thành phần khí được chọn, hoặc không thể hấp thụ nhiều hơn thành phần khí được chọn.

Thuật ngữ "dòng khí thô" chỉ dòng chất lưu hydrocacbon trong đó các chất lưu về cơ bản trong pha khí, và không trải qua các bước để loại bỏ cacbon đioxit, hydro sulfua, hoặc các thành phần axit khác.

Thuật ngữ "dòng khí chua" chỉ dòng chất lưu hydrocacbon trong đó các chất lưu về cơ bản trong pha khí, và chứa ít nhất 3% mol cacbon đioxit và/hoặc hơn 4 ppm hydro sulfua.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "dưới mặt đất" chỉ tầng địa chất ở bên dưới bề mặt trái đất.

Hệ thống loại bỏ khí axit

Sáng chế đề xuất hệ thống loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô. Theo một phương án thực hiện, hệ thống gồm thứ nhất bình loại nước. Bình loại nước có thể là bình sử dụng glycol hoặc hóa chất khác để loại bỏ nước hoặc nước muối khỏi dòng khí hydrocacbon. Bình loại nước nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng chứa về cơ bản chất lưu trong nước.

Hệ thống còn bao gồm bộ trao đổi nhiệt. Bộ trao đổi nhiệt nhận dòng khí thô đã loại nước và làm mát dòng khí này thông qua bộ trao đổi nhiệt có chất lưu làm mát hoặc cơ cấu khác. Bước làm mát có thể bao gồm, ví dụ, sử dụng van giãn nở. Bộ trao đổi nhiệt giải phóng dòng khí chua đã làm mát.

Hệ thống còn bao gồm tháp chưng cất làm lạnh sâu. Tháp chưng cất làm lạnh sâu tốt hơn là tháp CFZ™, như được thảo luận dưới đây. Tháp chưng cất làm lạnh sâu nhận dòng khí chua đã làm mát, và tách dòng khí này thành (i) dòng khí đỉnh tháp gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit hóa lỏng ở đáy gồm chủ yếu cacbon đioxit.

Hệ thống còn gồm bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng. Bộ tiếp xúc này được tạo kết cấu để nhận dòng khí hóa lỏng ở đáy, hoặc chất lỏng từ khay nóng chảy tùy ý. Do đó, bộ tiếp xúc này có thể được gọi là bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới cuối cùng. Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng cũng nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần từ bộ tiếp xúc dòng song song trước.

Bộ tiếp xúc này tạo ra sự trộn nhanh giữa dòng khí axit hóa lỏng ở đáy và dòng khí đã làm giàu metan một phần. Từ đó, bộ tiếp xúc này giải phóng dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng trở vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu. Ngoài ra, bộ tiếp xúc này còn giải phóng chất lỏng khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất.

Hệ thống gồm thêm bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được tạo kết cấu để nhận khí đã giải hấp, ví dụ từ nồi đun lại. Trong một khía cạnh, khí đã giải hấp là cacbon đioxit. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất nối tiếp với bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới cuối cùng. Do đó, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất có thể được gọi là bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới thứ nhất. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất cũng nhận dòng khí đã giải hấp một phần thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai. Trong một khía cạnh, chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai gồm khoảng 98% mol cacbon đioxit hoặc lớn hơn.

Bộ tiếp xúc dòng song song này tạo ra sự trộn nhanh giữa khí axit cất và chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng. Từ đó, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất cũng giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai.

Tốt hơn là, phần nhiều của chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng được phun vào trong vỉ dưới mặt đất thông qua một hoặc nhiều giếng phun khí axit. Tuy nhiên, một phần của chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng có thể được chuyển dòng và tái sử dụng làm khí giải hấp bằng cách đưa vào nồi đun lại.

Hệ thống cũng có thể chỉ có hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit hóa lỏng ở đáy. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai và bộ tiếp xúc dòng song song trước là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất. Hơn nữa, dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất là dòng khí đã làm giàu metan một phần được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng. Ngoài ra, chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng là chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất.

Theo cách khác, hệ thống cũng có thể có ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit hóa lỏng ở đáy. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song trước là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai. Sau đó, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai được tạo kết cấu để nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, và chất lỏng chứa khí axit hóa lỏng một phần thứ nhất từ

bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng. Tiếp theo, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, và chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất.

Theo cách khác, hệ thống có thể có hơn ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đáy. Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, các bộ tiếp xúc dòng song song trung gian bất kỳ, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp tương ứng ở dạng chất lỏng chứa khí axit giàu CO₂ tăng dần. Đồng thời, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, bộ tiếp xúc dòng song song trung gian bất kỳ, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được sắp xếp liên tiếp nhau để phân phối các dòng khí đã làm giàu metan tương ứng là các dòng khí đã làm giàu metan tăng dần.

Trong hệ thống bất kỳ trong số các hệ thống này, tháp chưng cất làm lạnh sâu có thể có khay nóng chảy ở dưới vùng làm lạnh. Khay nóng chảy nhận huyền phù lạnh chứa các thành phần khí axit, và sau đó phân phối huyền phù này tới thiết bị tiếp xúc dòng song song bên dưới cuối cùng là dòng khí axit hóa lỏng ở đáy.

Hệ thống khác để loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô được đề xuất. Hệ thống bao gồm bình loại nước để nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng chứa về cơ bản chất lưu trong nước. Ngoài ra, hệ thống bao gồm bộ trao đổi nhiệt để làm mát dòng khí thô đã loại nước, và giải phóng dòng khí chua đã được làm mát.

Hệ thống còn bao gồm tháp chưng cất làm lạnh sâu. Tháp chưng cất làm lạnh sâu tốt hơn là tháp CFZ™, ví dụ cột được nói tới dưới đây. Tháp chưng cất làm lạnh sâu nhận dòng khí chua đã được làm mát, và tách dòng khí này thành (i) dòng khí đỉnh tháp gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit hóa lỏng ở đáy gồm chủ yếu cacbon đioxit.

Hệ thống gồm thêm bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được tạo kết cấu để nhận khí đã giải hấp ở đỉnh tháp. Do đó, bộ tiếp xúc này có thể được gọi là bộ tiếp xúc dòng song song bên trên thứ nhất. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất cũng nhận chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần

thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai.

Bộ tiếp xúc dòng song song này tạo ra sự trộn nhanh giữa dòng khí đỉnh tháp và chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần. Từ đó, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất giải phóng dòng khí metan được làm sạch một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất cũng giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 cuối cùng quay trở lại tháp chưng cất làm lạnh sâu.

Hệ thống gồm thêm bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng. Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được tạo kết cấu để nhận khí đã được làm sạch một phần. Trong một khía cạnh, khí được làm sạch một phần là metan. Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng nối tiếp với bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới thứ nhất. Do đó, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng có thể được gọi là bộ tiếp xúc dòng song song bên trên cuối cùng. Bộ tiếp xúc dòng song song bên trên cuối cùng cũng nhận chất lỏng hồi lưu. Chất lỏng hồi lưu tốt hơn là metan.

Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng tạo ra sự trộn nhanh giữa chất lỏng hồi lưu và khí metan đã được làm sạch một phần cuối cùng. Từ đó, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng. Ngoài ra, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng còn giải phóng dòng khí metan đã được làm sạch cuối cùng. Trong một khía cạnh, dòng khí metan đã được làm sạch cuối cùng chứa khoảng 99% mol metan hoặc lớn hơn.

Tốt hơn là, phần nhiều của dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng được phân phối để hóa lỏng và bán. Tuy nhiên, phần khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng có thể được chuyển dòng và sử dụng để tạo ra chất lỏng hồi lưu.

Hệ thống có thể chỉ có hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai và bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất. Hơn nữa, dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất là dòng khí đã làm giàu metan một phần được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng. Ngoài ra, chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần thứ hai được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất là chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần thứ nhất được giải phóng

bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng.

Theo cách khác, hệ thống có thể có ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai. Sau đó, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai được tạo kết cấu để nhận dòng khí metan đã làm giàu một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, và chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng. Tiếp theo, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai giải phóng dòng khí metan đã làm giàu một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, và chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần cuối cùng vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất.

Theo cách khác, hệ thống có thể có hơn ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí ở đỉnh tháp. Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, các bộ tiếp xúc dòng song song trung gian bất kỳ, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp tương ứng là các chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 tăng dần. Đồng thời, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, bộ tiếp xúc dòng song song trung gian bất kỳ, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối các dòng khí đã làm giàu metan tương ứng là các dòng khí đã làm sạch tăng dần.

Trong các hệ thống này, tháp chưng cất làm lạnh sâu còn có vùng chưng cất trên. Vùng chưng cất trên ở phía trên vùng làm lạnh, và nhận hơi từ vùng làm lạnh. Sau đó, vùng chưng cất trên giải phóng dòng khí đỉnh tháp vào trong thiết bị tiếp xúc dòng song song bên trên thứ nhất.

Trong một hoặc nhiều phương án, đề xuất hệ thống loại bỏ khí axit từ dòng khí thô mà sử dụng hai bộ tiếp xúc dòng song song. Một bộ được đặt nối tiếp để nhận dòng khí axit ở đáy và cô đặc dòng khí này bằng cách sử dụng khí giải hấp, ví dụ cacbon đioxit. Bộ còn lại được đặt nối tiếp để nhận dòng khí axit đỉnh tháp, và làm sạch dòng khí này bằng cách sử dụng chất lỏng hồi lưu, ví dụ metan. Trong trường hợp thứ nhất, khí giải hấp được hướng quay trở vào trong cột chưng cất làm lạnh sâu để tiếp tục xử lý. Trong trường hợp sau, khí đã làm sạch tùy ý được hóa lỏng và phân phối để bán trên thị trường, hoặc được sử dụng làm khí nhiên liệu tại chỗ.

Quy trình tách làm lạnh sâu

Thông thường, sự tách khí làm lạnh sâu tạo ra dòng khí đỉnh tháp đã làm lạnh ở áp suất vừa phải (ví dụ, từ 350 đến 550 pao trên mỗi inch vuông (psig)). Ngoài ra, khí axit hóa lỏng được tạo ra là sản phẩm "đáy". Do khí axit hóa lỏng có tỷ trọng tương đối cao, áp suất thủy tĩnh có thể được sử dụng hữu ích trong giếng AGI để hỗ trợ quá trình phun. Điều này có nghĩa là năng lượng cần để bơm khí axit hóa lỏng vào vỉa ít hơn năng lượng cần để nén khí axit áp suất thấp thành áp suất vỉa. Các giai đoạn của máy nén và bơm cần ít hơn.

Tồn tại các thách thức đối với sự chưng cất làm lạnh sâu các khí chua. Khi CO₂ có mặt với nồng độ lớn hơn khoảng 5% mol tại tổng áp suất nhỏ hơn 700 psig trong khí được xử lý, nó sẽ đóng băng dưới dạng chất rắn trong bộ phận chưng cất làm lạnh sâu tiêu chuẩn. Sự tạo thành CO₂ dưới dạng rắn phá vỡ quy trình chưng cất làm lạnh sâu. Để tránh vấn đề này, bên nhận chuyển nhượng trước đây đã thiết kế quy trình “Vùng Đóng Băng Đã Điều ChỉnhTM” (“Controlled Freeze ZoneTM” - CFZTM) khác nhau. Quy trình CFZTM có ưu điểm thiên về cacbon đioxit để tạo thành các phần tử rắn bằng cách cho phép các phần tử CO₂ đã đóng băng hình thành trong phần hở của tháp chưng cất, và sau đó thu giữ các phần tử này trên khay nóng chảy. Kết quả là, dòng metan sạch (cùng với sự có mặt của nitơ hoặc heli trong khí thô) được tạo ra tại đỉnh của tháp, trong khi dòng CO₂/H₂S lỏng lạnh được tạo ra tại đáy tháp.

Các khía cạnh nhất định của quy trình CFZTM và thiết bị kết hợp được mô tả trong Patent Mỹ số 4,533,372; Patent Mỹ số 4,923,493; Patent Mỹ số 5,062,270; Patent Mỹ số 5,120,338; và Patent Mỹ số 6,053,007, mà mỗi tài liệu này được kết hợp trong bản mô tả này qua tham khảo toàn bộ nội dung bộc lộ.

Như thường được mô tả trong các Patent Mỹ trên, tháp chưng cất, hoặc cột, được sử dụng để xử lý khí làm lạnh sâu gồm vùng chưng cất dưới và vùng đóng băng đã điều chỉnh trung gian. Tốt hơn là bao gồm cả vùng chưng cất trên. Cột hoạt động để tạo ra các phần tử CO₂ rắn bằng cách tạo ra một phần của cột có khoảng nhiệt độ thấp hơn điểm đóng băng của cacbon đioxit, nhưng cao hơn nhiệt độ sôi của metan tại áp suất đó. Tốt hơn là, vùng đóng băng đã điều chỉnh được hoạt động ở nhiệt độ và áp suất cho phép metan và các khí hydrocacbon nhẹ khác bốc hơi, trong khi làm CO₂ tạo thành các phần tử (rắn) đóng băng.

Khi dòng khí cấp di chuyển lên cột, các phần tử CO₂ đóng băng phá vỡ khỏi dòng cấp thô đã loại nước và đi xuống nhờ lực hút từ vùng đóng băng đã điều chỉnh lên trên khay nóng chảy. Tại đó, các phần tử này hóa lỏng. Dòng chất lỏng giàu cacbon đioxit sau đó chảy từ khay nóng chảy xuống vùng chưng cất dưới tại đáy của cột. Vùng chưng cất dưới được duy trì tại nhiệt độ và áp suất mà tại đó về cơ bản không tạo thành các chất rắn cacbon đioxit, nhưng làm sôi metan hòa tan. Trong một khía cạnh, dòng axit đáy được tạo ra tại 30°F (-1,1°C) đến 40°F (4,44°C).

Trong một phương án, một số hoặc tất cả phần tử CO₂ đã đóng băng có thể được thu gom trên khay tại đáy của vùng đóng băng. Sau đó, các phần tử được chuyển ra khỏi tháp chưng cất để tiếp tục xử lý.

Vùng đóng băng đã điều chỉnh bao gồm dòng phun chất lỏng lạnh. Đây là dòng chất lỏng giàu metan được biết đến dưới dạng "dòng hồi lưu." Khi dòng hơi của khí hydrocacbon nhẹ và khí chua cuốn theo di chuyển hướng lên trên qua cột, dòng hơi gặp dòng phun lỏng. Dòng phun lỏng lạnh hỗ trợ làm tan các phần tử CO₂ rắn trong khi cho phép khí metan bay hơi và đi lên phía trên trong cột.

Trong vùng chưng cất trên (đôi khi được gọi là vùng tinh cất), metan được thu giữ và dẫn vào ống để bán hoặc làm nhiên liệu sẵn có. Theo một khía cạnh, dòng metan đỉnh tháp được giải phóng ở nhiệt độ khoảng -130°F (-90°C). Khí đỉnh tháp có thể được hóa lỏng một phần bằng cách tiếp tục làm lạnh, một phần chất lỏng được dẫn quay trở lại cột dưới dạng dòng hồi lưu. Dòng hồi lưu lỏng được phun dưới dạng dòng phun lạnh vào trong bộ phận phun của vùng đóng băng đã điều chỉnh, thường là sau khi chảy qua các khay hoặc nạp liệu của bộ phận tinh cất của cột.

Các phương án cụ thể

Fig.1 là sơ đồ thể hiện tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 được sử dụng kết hợp với sự phân tách cacbon đioxit khỏi dòng khí tự nhiên thô. Tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 có thể được đề cập đến trong bản mô tả là "cột," "cột CFZ," hoặc chỉ là "tháp."

Tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 trên Fig.1 nhận dòng chất lưu ban đầu 10. Dòng chất lưu 10 bao gồm chủ yếu các khí sản xuất. Thông thường, dòng chất lưu là dòng khí đã làm khô từ các giếng hoặc tập hợp giếng (không được chỉ ra), và chứa khoảng từ 65% đến khoảng 95% metan. Tuy nhiên, dòng chất lưu 10 có

thể chứa tỷ lệ phần trăm metan thấp hơn, ví dụ từ khoảng 30% đến 65%, hoặc thậm chí thấp trong khoảng từ 20% đến 40%.

Metan có thể tồn tại cùng với một lượng rất nhỏ của các thành phần khí hydrocacbon khác như etan. Ngoài ra, có thể tồn tại các lượng rất nhỏ của heli và nitơ. Trong sáng chế, dòng chất lưu 10 cũng gồm các tạp chất nhất định. Các tạp chất này bao gồm các khí axit như CO_2 và H_2S .

Dòng chất lưu ban đầu 10 có thể ở tại áp suất sau sản xuất khoảng 600pao trên mỗi inch vuông (psi). Trong một số trường hợp, áp lực của dòng chất lưu ban đầu 10 có thể lớn hơn khoảng 750psi hoặc thậm chí 1000psi.

Dòng chất lưu 10 thường được làm lạnh trước khi đi vào tháp chưng cất 100. Bộ trao đổi nhiệt 150, như bộ trao đổi vỏ và ống, được bố trí cho dòng chất lưu ban đầu 10. Bộ phận làm lạnh (không được chỉ ra) cung cấp chất lưu làm lạnh (như propan lỏng) cho bộ trao đổi nhiệt 150 để đưa nhiệt độ của dòng chất lưu ban đầu 10 giảm xuống đến khoảng từ -30°F ($-34,44^\circ\text{C}$) đến -40°F (-40°C). Dòng chất lưu đã làm lạnh sau đó có thể được loại bỏ thông qua van giãn nở 152. Van giãn nở 152 có thể là, ví dụ, van Joule-Thompson ("J-T").

Van giãn nở 152 đóng vai trò làm bộ phận giãn nở để tiếp tục làm lạnh dòng chất lưu 10. Tốt hơn là, sự hóa lỏng một phần của dòng chất lưu 10 được thực hiện qua sự giãn nở. Van Joule-Thompson (hoặc "J-T") được ưu tiên cho các dòng cấp khí thiên về tạo thành chất rắn. Van giãn nở 152 tốt hơn là được gắn vào gần tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 để giảm thiểu sự hao nhiệt trong ống cấp liệu và để giảm thiểu nguy cơ bị bít kín bởi chất rắn trong trường hợp một số các thành phần (ví dụ, CO_2 hoặc benzen) rơi xuống dưới các điểm đóng băng.

Thay cho van J-T, thiết bị giãn nở 152 có thể là tua-bin giãn nở. Tua-bin giãn nở cung cấp nhiệt độ lạnh hơn và tạo ra nguồn công trực cho các quy trình giống như thiết bị làm lạnh. Bộ trao đổi nhiệt 150 là bộ phận của thiết bị làm lạnh. Theo cách này, người vận hành có thể tối thiểu hóa toàn bộ nhu cầu về năng lượng trong quy trình chưng cất. Tuy nhiên, tua bin giãn nở không thể xử lý các phần tử đã đóng băng như van J-T.

Trong trường hợp khác, bộ trao đổi nhiệt 150 và van giãn nở 152 biến đổi khí thô trong dòng chất lưu ban đầu 10 thành dòng chất lưu đã làm lạnh 12. Tốt hơn là,

hiệt độ của dòng chất lưu đã làm lạnh 12 nằm trong khoảng từ -40°F (-40°C) đến -70°F ($-56,67^{\circ}\text{C}$). Theo một khía cạnh, tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 được vận hành tại áp suất khoảng 550psi, và dòng chất lưu đã làm lạnh 12 là khoảng -62°F ($-52,22^{\circ}\text{C}$). Tại các điều kiện này, dòng chất lưu đã làm lạnh 12 về cơ bản thuộc pha lỏng, mặc dù một ít pha hơi chắc chắn được cuốn vào dòng chất lưu được làm lạnh 12. Nhiều khả năng, không có sự tạo thành chất rắn khi có mặt CO_2 .

Tháp chưng cất làm lạnh sâu CFZ™ 100 được chia thành ba vùng chính. Đó là vùng chưng cất dưới, hoặc "vùng cất" 106, vùng đóng băng được điều chỉnh trung gian, hoặc "vùng phun" 108, và vùng chưng cất trên, hoặc "vùng tinh cất" 110. Trong sơ đồ bố trí tháp theo Fig.1, dòng chất lưu đã làm lạnh 12 được đưa vào tháp chưng cất 100 trong vùng đóng băng được điều chỉnh 108. Tuy nhiên, dòng chất lưu đã làm lạnh 12 có thể được đưa theo cách khác vào gần đỉnh của vùng chưng cất 106.

Lưu ý rằng theo sơ đồ bố trí theo Fig.1 trong đó vùng chưng cất dưới 106, vùng phun trung gian 108, vùng chưng cất trên 110, và các bộ phận liên quan được đặt bên trong bình đơn 100. Tuy nhiên, với các ứng dụng ngoài bờ biển trong đó có thể phải xem xét độ cao của tháp 100 và sự chuyển động, hoặc đối với các địa điểm xa xôi trong đó những hạn chế về vận chuyển là một khó khăn, thì tháp 110 có thể tùy ý được tách thành hai bình áp lực riêng biệt (không được chỉ ra). Ví dụ, vùng chưng cất dưới 106 và vùng đóng băng được điều chỉnh 108 có thể được đặt trong một bình, trong khi đó vùng chưng cất trên 108 ở trong một bình khác. Sau đó, ống dẫn bên ngoài được sử dụng để nối hai bình với nhau.

Theo một phương án thực hiện khác, nhiệt độ của vùng chưng cất dưới 106 cao hơn nhiệt độ cấp của dòng chất lưu được làm lạnh 12. Nhiệt độ của vùng chưng cất dưới 106 được đặt ở nhiệt độ cao hơn điểm sôi của metan trong dòng chất lưu được làm lạnh 12 tại áp suất hoạt động của cột 100. Theo cách này, tốt hơn là metan đã giải hấp từ hydrocacbon nặng hơn và các thành phần khí axit lỏng. Tất nhiên, những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực sẽ hiểu rằng chất lỏng bên trong tháp chưng cất 100 là một hỗn hợp, có nghĩa là chất lỏng sẽ "sôi" tại nhiệt độ trung gian nào đó giữa metan tinh khiết và CO_2 tinh khiết. Hơn nữa, trong trường hợp có các hydrocacbon nặng hơn tồn tại trong hỗn hợp (ví dụ etan hoặc propan), sẽ làm tăng nhiệt độ sôi của hỗn hợp. Các yếu tố này sẽ được xem xét đến khi thiết kế nhiệt độ hoạt động trong

tháp chung cất làm lạnh sâu 100.

Trong vùng chung cất dưới 106, CO₂ và các chất lưu pha lỏng bất kỳ khác rơi theo trọng lực về phía đáy của tháp chung cất làm lạnh sâu 100. Đồng thời, metan và các chất lưu pha hơi khác thoát ra và bốc lên trên về phía đỉnh của tháp 100. Quy trình tách này được hoàn thành chủ yếu thông qua sự khác biệt về tỷ trọng giữa các pha khí và lỏng. Tuy nhiên, quy trình tách tùy ý được hỗ trợ bởi các bộ phận bên trong tháp chung cất 100. Như được mô tả dưới đây, các thành phần này gồm khay nóng chảy 130, nhiều thiết bị chuyển khối được định hình có lợi 126, và đường ống cấp nhiệt 25 tùy ý. Nồi đun lại ở bên (173) có thể được bổ sung tương tự cho vùng chung cất dưới 106 để dễ dàng loại bỏ metan.

Trở lại Fig.1, dòng chất lưu đã làm lạnh 12 có thể được đưa vào cột 100 gần đỉnh của vùng chung cất dưới 106. Mặt khác, có thể muốn đưa dòng cấp 12 vào trong vùng đóng băng đã được điều chỉnh 108 ở trên khay nóng chảy 130. Điểm phun dòng chất lưu đã làm lạnh 12 là vấn đề thiết kế chủ yếu được quyết định bởi thành phần của dòng chất lưu ban đầu 10.

Khi nhiệt độ của dòng chất lưu 12 đủ cao (ví dụ cao hơn nhiệt độ -70°F (-56,67°C)) để không tạo ra các chất rắn, tốt hơn là phun dòng chất lưu đã làm lạnh 12 trực tiếp vào trong vùng chung cất dưới 106 thông qua thiết bị kiểu hộp bốc hơi nhanh hai pha (hoặc thiết bị phân phối hơi nước) 124 trong cột 100. Việc sử dụng hộp bốc hơi nhanh 124 có tác dụng ít nhất tách một phần hỗn hợp hơi-lỏng hai pha trong dòng chất lưu đã làm lạnh 12. Hộp bốc hơi nhanh 124 có thể được tạo rãnh để chất lưu hai pha va chạm vào các màng ngăn trong hộp bốc hơi nhanh 124.

Nếu các chất rắn có khả năng tạo thành do nhiệt độ đầu vào thấp thì dòng chất lưu đã làm lạnh 12 có thể phải được tách một phần trong bình 173 trước khi cấp vào cột 100 như được mô tả ở trên. Trong trường hợp này, dòng cấp liệu 12 có thể được tách trong thiết bị tách hai pha 173 để giảm thiểu khả năng các chất rắn bịt kín đường vào và các bộ phận bên trong của cột 100. Hơi khí rời khỏi bình tách hai pha 173 thông qua đường vào của bình 11, trong đó nó đi vào vùng phun 108 thông qua bộ phân phối đầu vào 121. Sau đó, khí di chuyển hướng lên thông qua cột 100. Đồng thời, huyền phù lỏng/rắn 13 được xả ra từ bình tách pha 173. Huyền phù lỏng/rắn được hướng vào cột 100 thông qua thiết bị phân phối hơi 124 và khay nóng chảy 130.

Huyền phù lỏng/rắn 13 có thể được cấp vào vùng chung cất dưới 106 nhờ trọng lực hoặc bơm 175.

Theo sơ đồ bố trí khác, tức là, có hoặc không có bình tách hai pha 173, dòng chất lưu được làm lạnh 12 (hoặc 11) đi vào cột 100. Thành phần lỏng di chuyển xuống tập hợp khay cất 126 ở bên trong vùng chung cất dưới 106. Các khay cất 126 thường bao gồm một loạt các lỗ tràn 128 và ống thải 129. Các khay cất 126, kết hợp với nhiệt độ ẩm hơn trong vùng chung cất dưới 106, khiến khí metan thoát ra khỏi dung dịch. Hơi tạo thành mang khí metan và các phân tử cacbon đioxit được cuốn theo bất kỳ mà sôi sùng sục qua cột 100.

Trong sơ đồ bố trí theo Fig.1, hơi tiến lên phía trên qua các ống dẫn đứng hoặc ống khói của khay nóng chảy 130 và vào trong vùng đóng băng 108. Các ống khói 131 hoạt động như bộ phân phối hơi để phân phối đồng đều qua vùng đóng băng 108. Sau đó, hơi sẽ tiếp xúc với chất lỏng lạnh từ các ống phun 120 để "đóng băng" CO₂. Nói một cách khác, CO₂ sẽ đóng băng và sau đó kết tủa hoặc "tạo tuyết" trở lại lên trên khay nóng chảy 130. Sau đó, CO₂ rắn nóng chảy và chảy nhờ trọng lực dưới dạng lỏng xuống khay nóng chảy 130 và qua vùng chung cất dưới 106 nằm dưới.

Như được thảo luận đầy đủ hơn dưới đây, vùng phun 108 là vùng đóng băng của tháp chung cất làm lạnh sâu 100. Với hình dạng thay thế trong đó dòng chất lưu đã làm lạnh 12 được tách trong bình 173 trước khi đi vào tháp 100, một phần nhỏ huyền phù lỏng/rắn chắc chắn được đưa vào tháp 100 ở ngay trên khay nóng chảy 130. Do đó, hỗn hợp lỏng-rắn của khí axit và các thành phần hydrocacbon nặng hơn sẽ chảy từ bộ phân phối 121, cùng với chất rắn và chất lỏng rơi xuống khay nóng chảy 130.

Khay nóng chảy 130 được tạo kết cấu để nhận các vật liệu lỏng và rắn nhờ trọng lực, chủ yếu là CO₂ và H₂S, từ vùng đóng băng được điều khiển trung gian 108. Khay nóng chảy 130 có tác dụng làm ấm vật liệu lỏng và rắn và hướng chúng đi xuống phía dưới qua vùng chung cất 106 dưới dạng lỏng để tiếp tục tinh chế. Khay nóng chảy 130 thu và làm ấm hỗn hợp rắn-lỏng từ vùng đóng băng được điều chỉnh 108 trong bể chứa chất lỏng. Khay nóng chảy 130 được thiết kế để giải phóng dòng hơi quay trở lại vùng đóng băng đã điều chỉnh 108, để cung cấp sự truyền nhiệt đủ để làm nóng chảy CO₂ rắn, và để tạo thuận lợi cho sự tháo chất lỏng/huyền phù vào vùng chung cất dưới 106 của cột 100 ở dưới khay nóng chảy 130.

Chi tiết bổ sung liên quan đến tháp chứa vùng đóng băng đã điều chỉnh 100 đã được bộc lộ trong công bố Patent Mỹ số 2010/0018248, có tên “Tháp Đóng Băng Đã Được Điều Chỉnh” (“Controlled Freeze Zone Tower”), mà được kết hợp trong bản mô tả này bằng cách tham khảo toàn bộ nội dung bộc lộ. Ví dụ, Fig.2A của công bố 2010 cung cấp hình chiếu bằng của khay nóng chảy 130 theo một phương án thực hiện. Fig.2B cung cấp hình mặt cắt của khay nóng chảy 130, được cắt theo đường ngang B-B trên Fig.2A. Fig.2C thể hiện hình mặt cắt của khay nóng chảy 130, cắt theo đường ngang C-C.

Trở lại Fig.1, khay nóng chảy 130 cũng có thể được thiết kế với hệ thống truyền lỏng bên ngoài. Hệ thống truyền bên ngoài có tác dụng đảm bảo rằng tất cả chất lỏng về cơ bản không chứa chất rắn và rằng sự truyền nhiệt đủ được tạo ra. Hệ thống truyền bao gồm thứ nhất vòi tháo 136. Trong một phương án thực hiện, vòi tháo 136 nằm ở bên trong bể tháo, hoặc ống dẫn 138 (được thể hiện trên Fig.2C của công bố 2010). Các chất lưu thu được trong ống dẫn 138 được phân phối đến dây chuyền tự động 135. Dòng chảy qua dây truyền tự động 135 có thể được điều chỉnh bởi van điều chỉnh 137 và bộ điều chỉnh mức "LC" (được thể hiện trên Fig.1). Chất lỏng quay trở lại vùng chưng cất 106 thông qua dây chuyền tự động 135. Nếu mức chất lỏng quá cao, van điều chỉnh 137 mở; nếu mức quá thấp, van điều chỉnh 137 đóng. Nếu người vận hành lựa chọn không sử dụng hệ thống truyền trong vùng chưng cất 106, thì van điều chỉnh 137 được đóng lại và chất lưu được định hướng trực tiếp tới thiết bị chuyển khối, hoặc "khay cất" 126 bên dưới khay nóng chảy 130 để cất thông qua ống thải chảy tràn 139.

Cho dù có sử dụng hệ thống truyền bên ngoài hay không thì CO₂ rắn vẫn được làm ấm trên khay nóng chảy 130 và biến đổi thành chất lỏng giàu CO₂. Khay nóng chảy 130 được gia nhiệt từ bên dưới bằng hơi từ vùng chưng cất dưới 106. Nhiệt bổ sung có thể tùy ý được thêm vào khay nóng chảy 130 hoặc chỉ ở phía trên để khay nóng chảy 134 bằng các thiết bị khác nhau như đường ống gia nhiệt 25. Đường ống gia nhiệt 25 sử dụng nhiệt năng có sẵn từ nồi đun lại ở đáy 160 để dễ dàng làm tan chất rắn.

Chất lỏng giàu CO₂ được rút ra khỏi khay nóng chảy 130 dưới sự kiểm soát mức chất lỏng và được đưa vào vùng chưng cất dưới 106 nhờ trọng lực. Lưu ý rằng, nhiều khay cất 126 được đề xuất trong vùng chưng cất dưới 106 ở bên dưới khay nóng

chảy 130. Tốt hơn là, các khay cất 126 có quan hệ về cơ bản song song, tức là khay này ở trên khay kia. Mỗi khay cất 126 có thể tùy ý được đặt tại mặt nghiêng rất mỏng, có lỗ tràn để mức chất lỏng được duy trì trên khay. Các chất lưu chảy nhờ trọng lực dọc theo mỗi khay, trên lỗ tràn, và sau đó chảy xuống lên trên mỗi khay qua ống thải.

Các khay cất 126 có thể có cách bố trí khác nhau. Các khay cất 126 có thể được sắp xếp theo hàng ngang thông thường để tạo thành Dòng chất lỏng xuôi ngược, kiểu tầng. Tuy nhiên, tốt hơn là các khay cất 126 được sắp xếp sao cho tạo ra dòng chất lỏng kiểu tầng mà được phân chia bởi các khay cất riêng biệt về cơ bản dọc theo cùng một mặt phẳng nằm ngang. Điều này được thể hiện trong các bố trí trên Fig.3 của công bố 2010, trong đó dòng chất lỏng được tách ra ít nhất một lần để chất lỏng chảy qua các khay riêng rẽ và rơi vào trong hai ống thải đối diện nhau 129.

Tỷ lệ phần trăm của khí metan trong chất lỏng ngày càng nhỏ do chất lỏng di chuyển xuống phía dưới qua vùng chưng cất dưới 106. Mức độ chưng cất phụ thuộc vào số lượng các khay 126 trong vùng chưng cất dưới 106. Trong phần phía trên của vùng chưng cất 106, hàm lượng metan trong chất lỏng có thể cao bằng 25% mol, trong khi tại khay cất đáy hàm lượng metan có thể thấp bằng 0,04% mol. Hàm lượng metan chảy tràn ra một cách nhanh chóng dọc theo các khay cất 126 (hoặc các thiết bị chuyển khối khác). Số lượng các thiết bị chuyển khối được sử dụng trong vùng chưng cất 106 là lý do để lựa chọn thiết kế dựa trên thành phần của dòng khí thô 10. Tuy nhiên, thường chỉ cần sử dụng một vài khay cất 126 để loại bỏ metan tới mức mong muốn là 1% hoặc ít hơn trong khí axit hóa lỏng.

Có thể sử dụng các dạng khay cất 126 khác nhau để khí metan dễ dàng thoát ra. Khay cất 126 có thể đơn giản là tấm panen có các lỗ sàng hoặc nắp bọt. Tuy nhiên, để tiếp tục truyền nhiệt cho chất lưu và ngăn cản sự bít kín không mong muốn do chất rắn gây ra, cái được gọi là "các đĩa phun tia" có thể được sử dụng ở dưới khay nóng chảy. Thay cho khay, có thể sử dụng vòng đệm kín ngẫu nhiên hoặc được tạo cấu trúc. Fig. 4A và 4B của công bố 2010 thể hiện đĩa phun tia minh họa 426.

Khi hoạt động, một hoặc nhiều khay phun có thể được đặt trong vùng chưng cất dưới 106 và/hoặc vùng chưng cất trên 110 của tháp 100. Các khay này có thể được sắp xếp với nhiều mối hàn như mô hình của các khay cất 126. Tuy nhiên, khay hoặc thiết bị nạp liệu có thể được sử dụng để tạo thuận lợi cho sự bùng nổ của khí metan. Chất

lưu chảy như thác xuống mỗi đĩa phun tia.

Khi chất lỏng chảy xuống và chạm vào các khay cất 126, xuất hiện hiện tượng tách vật liệu. Khí metan thoát ra khỏi dung dịch và di chuyển lên phía trên dưới dạng hơi. Tuy nhiên, CO₂ thường đủ lạnh và ở nồng độ đủ lớn để gần như duy trì ở dạng lỏng và di chuyển xuống đáy của vùng chưng cất dưới 106, mặc dù một số khí CO₂ cần phải làm bay hơi trong quy trình. Sau đó, chất lỏng được di chuyển ra ngoài tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 theo đường ra dưới dạng dòng chất lưu đáy 22.

Sau khi thoát khỏi tháp chưng cất 100, dòng chất lưu đáy 22 đi vào nồi đun lại 160. Trên Fig.1, nồi đun lại 160 là bình loại ấm đun cung cấp hơi đã đun lại cho đáy của các khay cất 126. Đường ống chứa hơi đã đun lại được thể hiện tại vị trí 27. Ngoài ra, hơi đã đun lại có thể được phân phối qua đường ống cấp nhiệt 25 để cung cấp nhiệt bổ sung cho khay nóng chảy 130. Nhiệt bổ sung được điều chỉnh thông qua van 165 và bộ điều chỉnh nhiệt độ TC. Theo cách khác, bộ trao đổi nhiệt, như bộ trao đổi nhiệt bằng xi-phông nhiệt (không được chỉ ra) có thể được sử dụng để làm mát dòng chất lưu ban đầu 10 để tiết kiệm năng lượng. Theo khía cạnh này, các chất lỏng đi vào nồi đun lại 160 duy trì tại nhiệt độ tương đối thấp, ví dụ, nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30°F (-1,11°C) đến 40°F (4,44 °C). Nhờ kết hợp nhiệt với dòng chất lưu ban đầu 10, người vận hành có thể làm ấm và làm sôi một phần dòng chất lưu lạnh đáy 22 từ tháp chưng cất 100 trong khi làm mát sơ bộ dòng chất lưu sản xuất 10. Đối với trường hợp này, chất lưu tạo ra nhiệt bổ sung qua đường ống 25 là pha hơi trở về từ nồi đun lại 160.

Dự tính rằng dưới một vài điều kiện, khay nóng chảy 130 có thể hoạt động mà không cần đường ống cấp nhiệt 25. Trong các trường hợp này, khay nóng chảy 130 có thể được thiết kế với đặc tính gia nhiệt bên trong như bếp điện. Tuy nhiên, ưu tiên hệ thống gia nhiệt mà sử dụng nhiệt năng sẵn có trong dòng chất lưu đáy 22. Trong một khía cạnh, chất lưu ấm trong đường ống cấp nhiệt 25 tồn tại tại nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30°F (-1,11°C) đến 40°F (4,44 °C), vì vậy chúng chứa nhiệt năng tương đối. Do đó, trên Fig.1, dòng hơi ấm trong đường ống cấp nhiệt 25 được định hướng tới khay nóng chảy 130 thông qua ống xoắn gia nhiệt (không được chỉ ra) trên khay nóng chảy 130. Theo cách khác, dòng hơi ấm có thể được liên kết với đường truyền 135.

Khi hoạt động, hầu hết dòng hơi đã đun lại được đưa vào đáy của cột qua

đường ống 27, ở trên mức chất lỏng đáy và tại hoặc ở bên dưới khay cất cuối cùng 126. Khi hơi đun lại đi lên phía trên qua mỗi khay 126, metan còn lại đã giải hấp khỏi chất lỏng. Làm lạnh hơi này khi nó di chuyển lên tháp. Tại thời điểm dòng hơi từ đường ống 27 tiến đến khay nóng chảy uốn gợn sóng 130, nhiệt độ có thể hạ xuống từ khoảng -20°F ($-28,89^{\circ}\text{C}$) đến 0°F ($-17,78^{\circ}\text{C}$). Tuy nhiên, dòng hơi này vẫn còn khá ấm so với chất rắn nóng chảy trên khay nóng chảy 130 mà có thể nằm trong khoảng từ -50°F ($-45,56^{\circ}\text{C}$) đến -70°F ($-56,67^{\circ}\text{C}$). Hơi vẫn có đủ entanpi để làm nóng chảy CO_2 rắn khi nó tiếp xúc với khay nóng chảy 130.

Quay trở lại nồi đun lại 160, chất lưu thoát khỏi nồi đun lại 160 là dòng chất lỏng giàu CO_2 24. Các chất lưu trong dòng chất lỏng 24 có thể tùy ý được chuyển qua van giãn nở 162. Van giãn nở 162 làm giảm áp suất của hơi lỏng, tạo ra tác dụng làm lạnh hiệu quả. Do đó, dòng đáy được làm lạnh 26 được tạo ra. Chất lỏng giàu CO_2 thoát ra từ nồi đun lại 160 dưới dạng dòng hơi đáy đã làm lạnh 26 có thể được bơm vào lỗ khoan qua một hoặc nhiều giếng AGI (được thể hiện dưới dạng biểu đồ tại vị trí 164 trên Fig.1). Trong một vài trường hợp, CO_2 lỏng có thể được bơm vào bình chứa dầu được thu hồi như một phần của quy trình thu dầu tăng cường. Do đó, CO_2 có thể là chất phun hỗn hợp. Mặt khác, CO_2 có thể được sử dụng làm chất chảy tràn hỗn hợp để tăng cường thu hồi dầu.

Quay trở lại vùng chưng cất dưới 106 của tháp 100, khí di chuyển lên qua vùng chưng cất dưới 106, qua các ống khói 131 trong khay nóng chảy 130, và đi vào vùng đóng băng được điều chỉnh 108. Vùng đóng băng đã điều chỉnh 108 xác định khoang mở có nhiều vòi phun 122. Khi hơi di chuyển lên trên thông qua vùng đóng băng đã điều chỉnh 108, nhiệt độ của hơi trở nên lạnh hơn nhiều. Hơi được tiếp xúc bởi metan lỏng ("hồi lưu") từ vòi phun 122. Metan lỏng này lạnh hơn nhiều so với hơi di chuyển hướng lên, được làm lạnh bởi bộ phận làm lạnh bên ngoài mà bao gồm bộ trao đổi nhiệt 170. Theo một sơ đồ bố trí, metan lỏng thoát ra từ các vòi phun 122 tại nhiệt độ xấp xỉ từ -120°F ($-84,44^{\circ}\text{C}$) đến -130°F ($-90,00^{\circ}\text{C}$). Tuy nhiên, khi metan lỏng bay hơi, nó hấp thụ nhiệt từ vùng xung quanh nó, nhờ đó làm giảm nhiệt độ của hơi di chuyển hướng lên. Metan bốc hơi cũng chảy hướng lên do tỷ trọng giảm (tương ứng với metan lỏng) và gradien áp suất bên trong tháp chưng cất 100.

Khi hơi metan tiếp tục di chuyển lên tháp chưng cất làm lạnh sâu 100, chúng rời

vùng đóng băng trung gian được điều chỉnh 108 và đi vào vùng chung cất trên 110. Hơi tiếp tục di chuyển hướng lên cùng với các khí nhẹ khác thoát ra từ dòng chất lưu được làm lạnh ban đầu 12 (hoặc đường ống vào 11). Hơi hydrocacbon kết hợp di chuyển ra khỏi đỉnh của tháp chung cất làm lạnh sâu 100, trở thành dòng metan đỉnh tháp 14.

Khí hydrocacbon trong dòng metan đỉnh tháp 14 được di chuyển vào trong bộ phận làm lạnh bên ngoài 170. Theo một khía cạnh, bộ phận làm lạnh 170 sử dụng chất làm lạnh etylen hoặc chất làm lạnh khác có khả năng làm lạnh dòng metan đỉnh tháp 14 xuống đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ -135°F ($-92,78^{\circ}\text{C}$) đến -145°F ($-98,33^{\circ}\text{C}$). Điều này có tác dụng ít nhất hóa lỏng một phần dòng metan đỉnh tháp 14. Dòng metan được làm lạnh 14 sau đó được di chuyển đến bình ngưng hồi lưu hoặc buồng tách 172.

Buồng tách 172 được sử dụng để tách khí 16 khỏi chất lỏng, đôi khi được gọi là "dòng hồi lưu lỏng" 18. Khí 16 là các khí hydrocacbon nhẹ hơn, chủ yếu là metan, từ dòng khí thô ban đầu 10. Nitơ và heli cũng có thể tồn tại. Tất nhiên, khí metan 16 là "sản phẩm" được tìm kiếm cuối cùng để thu hồi và bán trên thị trường, cùng với các vi lượng etan bất kỳ. Phần không hóa lỏng này của dòng metan đỉnh tháp 14 cũng sẵn có để dùng làm nhiên liệu tại chỗ. Khí metan 16 này có thể tiếp tục được làm lạnh để vận chuyển LNG.

Một phần của dòng metan đỉnh tháp 14 thoát ra từ bộ phận làm lạnh 170 được ngưng tụ. Phần này là dòng hồi lưu lỏng 18 mà được tách trong buồng tách 172 và được đưa trở lại tháp 100. Bơm 19 có thể được sử dụng để di chuyển dòng hồi lưu lỏng 18 trở lại tháp 100. Theo cách khác, buồng tách 172 được gắn ở trên tháp 100 để tạo ra sự nạp trọng lực dòng hồi lưu lỏng 18. Dòng hồi lưu lỏng 18 chứa một ít cacbon dioxit mà được thoát khỏi vùng chung cất phía trên 110. Tuy nhiên, hầu hết chất lỏng hồi lưu 18 là metan, thường bằng 95% hoặc lớn hơn, với nitơ (nếu có mặt trong dòng chất lưu ban đầu 10) và một lượng nhỏ hydro sulfua (nếu có mặt trong dòng chất lưu ban đầu 10).

Trong một thiết bị làm lạnh, dòng metan đỉnh tháp 14 được đưa qua hệ thống làm lạnh vòng mở. Trong thiết bị này, dòng metan đỉnh tháp 14 được đưa ra thông qua bộ trao đổi chéo để làm lạnh một phần quay trở lại của dòng metan đỉnh tháp được sử dụng làm dòng hồi lưu lỏng 18. Sau đó, dòng metan đỉnh tháp 14 được tạo áp suất đến

khoảng từ 1000 psi đến 1400 psi, và sau đó được làm lạnh bằng cách sử dụng không khí xung quanh và có thể là chất làm lạnh propan bên ngoài. Dòng khí được gây áp lực và làm lạnh sau đó được hướng thông qua bộ phận giãn để làm lạnh thêm. Tua bin giãn nở có thể được sử dụng để thu lại nhiều chất lỏng hơn cũng như công của trục. Patent Mỹ số 6,053,007 có tiêu đề “Quy Trình Tách Dòng Khí Đa Thành Phần Có Chứa Ít Nhất Một Thành Phần Có Thể Đóng Băng” ("Process For Separation a Multi-Component Gas Stream Containing At Least One Freezable Component") mô tả sự làm lạnh dòng metan đỉnh tháp, và được kết hợp toàn bộ ở đây để tham khảo.

Quay trở lại Fig.1, dòng hồi lưu lỏng 18 được dẫn trở lại vùng chung cất trên 110. Sau đó, dòng hồi lưu lỏng 18 được mang nhờ trọng lực qua một hoặc nhiều thiết bị chuyển khối 116 trong vùng chung cất trên 110. Theo một phương án thực hiện, thiết bị chuyển khối 116 là các khay tinh cất cung cấp một loạt tầng lỗ tràn 118 và ống thổi 119, tương tự các khay 126 được mô tả ở trên.

Khi các chất lưu từ dòng hồi lưu lỏng 18 di chuyển xuống dưới qua các khay tinh cất 116, metan bổ sung bốc hơi ra khỏi vùng chung cất phía trên 110. Khí metan quay trở lại dòng metan đỉnh tháp 14 trở thành một phần của dòng sản phẩm khí 16. Tuy nhiên, pha lỏng còn lại của dòng hồi lưu lỏng 18 rơi trên khay thu góp 140. Chính vì điều này, dòng chất lỏng hồi lưu 18 chắc chắn sẽ nhận một lượng nhỏ hydrocarbon và khí axit dư di chuyển lên trên từ vùng đóng băng đã điều chỉnh 108. Hỗn hợp lỏng của metan và cacbon đioxit được thu tại khay thu góp 140.

Tốt hơn là, khay thu góp 140 là một thân vỏ cơ bản phẳng để thu chất lỏng. Tuy nhiên, như với khay nóng chảy 130, khay thu góp 140 cũng có một, và tốt hơn là nhiều ống khói để thông khí đi lên từ vùng đóng băng đã điều chỉnh 108. Sơ đồ bố trí ống khói và nắp ống khói có thể được sử dụng như được thể hiện bởi các bộ phận 131 và 132 trong các Fig.2B và 2C của công bố 2010 có thể được sử dụng.

Lưu ý rằng trong vùng chung cất phía trên 110, H_2S tồn tại bất kỳ có xu hướng được hòa tan trong chất lỏng hơn là tồn tại trong khí tại nhiệt độ xử lý. Trong khía cạnh này, H_2S có tính dễ bay hơi tương đối thấp. Bằng cách cho hơi còn lại tiếp xúc với nhiều chất lỏng hơn, tháp chung cất làm lạnh sâu 100 làm cho nồng độ H_2S giảm xuống trong giới hạn phần triệu mong muốn (ppm), ví dụ thông số 10 hoặc 4ppm. Khi chất lưu di chuyển qua thiết bị chuyển khối 116 trong vùng chung cất phía trên 110,

H₂S tiếp xúc với metan lỏng và được kéo ra khỏi pha hơi và trở thành một phần của dòng chất lỏng 20. Từ đó, H₂S di chuyển dưới dạng chất lỏng xuống phía dưới qua vùng chưng cất dưới 106 và cuối cùng thoát ra từ tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 dưới dạng một phần của dòng khí axit hóa lỏng 22. Đối với các trường hợp trong đó có rất ít hoặc không có mặt H₂S trong dòng cấp, hoặc nếu H₂S được loại bỏ chọn lọc bởi quy trình ngược dòng, hầu như không có H₂S trong khí đỉnh tháp.

Trong tháp chưng cất làm lạnh sâu 100, chất lỏng được thu giữ tại khay thu góp 140 được rút ra khỏi vùng chưng cất phía trên 110 dưới dạng dòng chất lỏng 20. Dòng chất lỏng 20 bao gồm chủ yếu khí metan. Trong một khía cạnh, dòng chất lỏng 20 bao gồm khoảng 93% mol khí metan, 3% CO₂, 0,5% H₂S, và 3,5% N₂. Tại thời điểm này, dòng chất lỏng 20 ở nhiệt độ khoảng -125°F (-87,22°C) đến -130°F (-90,00°C). Dòng chất lỏng chỉ hơi ấm hơn dòng hồi lưu lỏng 18. Dòng chất lỏng 20 được hướng vào trống ngưng hồi lưu 174. Mục đích của trống ngưng hồi lưu 174 là tạo ra công suất tràn cho bơm 176. Sau khi thoát khỏi trống ngưng hồi lưu 174, dòng phun 21 được tạo ra. Dòng phun 21 được tạo áp suất trong bơm 176 để đưa lần thứ hai vào tháp chưng cất làm lạnh sâu 100. Trong trường hợp này, dòng phun 21 được bơm vào vùng đóng băng đã điều chỉnh trung gian 108 và phát ra qua các vòi phun 122.

Một số phần của dòng phun 21, cụ thể là metan, bốc hơi và bay hơi sau khi dựa trên thoát ra khỏi vòi phun 122. Từ đó, metan bốc lên qua vùng đóng băng đã điều chỉnh 108, qua các ống khói trong khay thu góp 140, và qua thiết bị chuyển khối 116 trong vùng chưng cất phía trên 110. Metan rời tháp chưng cất 100 như dòng metan đỉnh tháp 14 và cuối cùng trở thành sản phẩm thương mại trong dòng khí 16.

Dòng phun 21 từ vòi phun 122 cũng tạo ra cacbon đioxit để khử sự thăng hoa từ pha khí. Theo khía cạnh này, đầu tiên CO₂ đã hòa tan trong metan lỏng có thể ngay lập tức đi vào pha khí và di chuyển hướng lên với metan. Tuy nhiên, do nhiệt độ lạnh ở bên trong vùng đóng băng được điều chỉnh 108, cacbon đioxit thể khí bất kỳ nhanh chóng tạo hạt nhân và kết tụ thành pha rắn và bắt đầu "tạo tuyết." Hiện tượng này được gọi là sự khử thăng hoa. Theo cách này, một phần CO₂ không bao giờ trở lại pha lỏng cho đến khi nó va chạm vào khay nóng chảy 130. Cacbon đioxit này "tạo tuyết" trên khay nóng chảy 130, và nóng chảy thành pha lỏng. Từ đó, chất lỏng giàu CO₂ chảy như thác xuống thiết bị chuyển khối hoặc khay 126 trong vùng chưng cất phía dưới

106, cùng với CO_2 lỏng từ dòng khí thô được làm lạnh 12 như được mô tả ở trên. Tại thời điểm này, metan còn lại từ dòng phun 21 của vòi phun 122 nhanh chóng tan thành hơi. Các hơi này di chuyển lên phía trên trong tháp chưng cất làm lạnh sâu 100 và trở lại vùng chưng cất phía trên 110.

Điều mong muốn là làm cho chất lỏng đã làm lạnh tiếp xúc càng nhiều với khí đang di chuyển hướng lên tháp 100 càng tốt. Nếu hơi đi vòng qua dòng phun 21 phát ra từ vòi phun 122, mức CO_2 cao hơn có thể tiến đến vùng tinh cất 110 của tháp 100. Để cải thiện hiệu quả tiếp xúc giữa khí/lỏng trong vùng đóng băng đã điều chỉnh 108, nhiều vòi phun 122 hình dạng thiết kế có thể được sử dụng. Do đó, thay vì sử dụng nguồn phun đơn tại một hoặc nhiều mức với dòng chất lưu hồi lưu 21, có thể sử dụng một vài đầu phân phối phun sương 120 tùy ý được thiết kế với nhiều vòi phun 122. Do đó, hình dạng của các vòi phun 122 ảnh hưởng đến sự truyền nhiệt và khối diễn ra trong vùng đóng băng đã điều chỉnh 108. Ngoài ra, bản thân vòi phun có thể được thiết kế để tạo ra kích thước giọt và sự phân bố diện tích tối ưu của các giọt này.

Bên nhận chuyển nhượng trước đó đã đề xuất các sơ đồ bố trí vòi phun khác nhau trong đơn công bố Pat Mỹ đồng xét nghiệm số 2010/0018248, được tham khảo trên đây. Fig.6A và 6B được dùng để thể hiện hình dạng của vòi phun. Mục đích của các vòi phun là đảm bảo sự bao phủ 360° trong vùng đóng băng được điều chỉnh 108 và tạo ra sự tiếp xúc hơi-lỏng tốt và sự truyền nhiệt/truyền khối. Điều này lại có tác dụng làm lạnh hiệu quả hơn cacbon đioxit dạng khí bất kỳ di chuyển hướng lên qua tháp chưng cất làm lạnh sâu 100.

Tháp làm lạnh sâu và thiết bị truyền nhiệt kết hợp cung cấp hệ thống tin cậy để tạo ra khí tự nhiên hóa lỏng mà về cơ bản không chứa khí axit. Metan được tạo ra trong vùng chưng cất phía trên đáp ứng hầu hết các thông số kỹ thuật cho sự phân phối trong đường ống dẫn. Ví dụ, khí metan có thể đáp ứng thông số kỹ thuật của khí CO_2 đường ống là nhỏ hơn 2% mol, cũng như thông số kỹ thuật của H_2S là 4 ppm, nếu dòng hồi lưu đủ được tạo ra và/hoặc nếu có đủ giai đoạn tách từ tầng nạp hoặc khay trong vùng chưng cất trên 110.

Hệ thống loại bỏ khí axit trên đây được mô tả kết hợp với Fig.1 có thể mang lại lợi nhuận trong việc sản xuất sản phẩm metan 16 để bán trên thị trường mà về cơ bản không chứa khí axit. Tốt hơn là, sản phẩm 16 là khí và được cho xuống đường ống để

bán. Tốt hơn là, sản phẩm khí đáp ứng thông số kỹ thuật của CO₂ đường ống từ 1 đến 4% mol, trong đó dòng hồi lưu đủ được tạo ra. Đồng thời, cacbon đioxit và hydro sulfua về cơ bản được loại bỏ qua dòng đáy 26.

Lưu ý rằng một ít metan chắc chắn bị cuốn vào dòng khí axit đáy 22. Cột 100 của Fig.1 bao gồm nồi đun lại 160 như thảo luận trên đây. Nồi đun lại 160 cung cấp hơi đã đun lại vào đáy của các khay cất. Hơi đun lại sẽ bao gồm metan mà được đưa lại vào trong cột 100 qua đường ống 27. Tuy nhiên, điều mong muốn là thu lại nhiều lượng metan hơn lượng metan có thể thu được bằng cách sử dụng nồi đun lại 160, và sau đó phân phối metan được thu lại trực tiếp vào vùng đóng băng 108. Tiếp theo, điều mong muốn là giảm kích thước và trọng lượng của cột 100 bằng cách về cơ bản làm giảm kích thước của vùng chưng cất dưới 106, hoặc thậm chí loại bỏ nó hoàn toàn.

Fig.2 là biểu đồ dưới dạng giản đồ thể hiện thiết bị xử lý khí 200 để loại bỏ khí axit khỏi dòng khí theo sáng chế theo một phương án thực hiện. Thiết bị xử lý khí 200 được đặt tại hoặc gần khu vực phát triển hydrocacbon 201. Khu vực phát triển hydrocacbon 201 có thể là địa điểm bất kỳ trong đó các khí hydrocacbon thể khí được tạo ra. Khu vực phát triển 201 có thể ở trên bờ biển, gần bờ biển hoặc ngoài khơi. Khu vực phát triển 201 có thể hoạt động từ áp suất vừa ban đầu hoặc có thể trải qua các quy trình thu hồi tăng cường. Các hệ thống và phương pháp được bảo hộ trong sáng chế không bị giới hạn ở loại lĩnh vực mà đang phát triển miễn là lĩnh vực sản xuất hydrocacbon, bao gồm metan, bị nhiễm cacbon đioxit.

Trong khía cạnh khác, nhiều giếng sản xuất 212 được thể hiện tại khu vực phát triển hydrocacbon 201. Giếng sản xuất 212 mở rộng qua vùng dưới mặt đất 205, và vào trong vỉa được chọn 210. Khu vực phát triển minh họa 201 của Fig.2, ba giếng sản xuất 212 được thể hiện. Tuy nhiên, phải hiểu rằng khu vực phát triển hydrocacbon 201 có thể bao gồm nhiều giếng sản xuất hơn.

Quy trình sản xuất qua các giếng sản xuất 212 tốt hơn là được kết hợp tại đường dòng chảy dưới mặt đất 214. Đường dòng chảy 214 chứa dòng khí thô. Dòng khí "thô", có nghĩa nó chưa được đưa vào bất kỳ bước xử lý nào để loại bỏ nước hoặc khí axit. Dòng khí thô trong đường dòng chảy 214 chủ yếu chứa các chất lưu hydrocacbon trong pha hơi. Các hydrocacbon chủ yếu là metan, nhưng cũng có thể bao gồm etan và thậm chí là các hydrocacbon nặng khác như các lượng vết của propan hoặc butan, hoặc

thậm chí các hydrocacbon thơm.

Dòng khí thô cũng có thể bao gồm các lượng vết của nitơ, heli và các khí trơ khác. Dòng khí thô tiếp tục bao gồm ít nhất một số nước muối hoặc chất lưu trong nước khác. Cuối cùng, dòng khí thô sẽ bao gồm cacbon đioxit và, có thể là các khí axit khác.

Dòng khí thô di chuyển qua đường dòng chảy 214, và được đưa vào trong bình loại nước 220. Bình loại nước 220 có thể là, ví dụ bình loại nước glycol mà sử dụng hóa chất trên nền glycol. Quy trình dựa trên glycol, ví dụ quy trình DRIZO trong đó benzen được sử dụng làm chất cất có thể được sử dụng. Trong một số trường hợp, khí thô từ đường dòng chảy 214 có thể được trộn với monoetylen glycol (MEG) để ngăn nước rơi xuống và ngăn sự tạo thành hydrat. MEG, ví dụ, có thể được phun trên thiết bị làm lạnh, các chất lỏng được thu lại để tách vào trong nước, nhiều MEG cô đặc hơn, và có thể một số hydrocacbon nặng, tùy thuộc vào nhiệt độ của thiết bị làm lạnh và thành phần khí vào. Theo cách khác, bình loại nước 220 có thể sử dụng sàng phân tử.

Nhờ di chuyển khí thô từ đường dòng chảy 214 qua bình loại nước 220, dòng nước 222 được tạo ra. Dòng nước 222 có thể được đưa tới thiết bị xử lý nước (không được thể hiện). Theo cách khác, dòng nước 222 có thể được phun trở lại vào trong vỉa dưới mặt đất 210. Vẫn theo cách khác, dòng nước đã loại bỏ 222 có thể xử lý để đáp ứng tiêu chuẩn về môi trường và sau đó được giải phóng vào lưu vực sông hoặc môi trường ngoài bờ biển dưới dạng nước đã xử lý.

Ngoài ra, nhờ di chuyển dòng khí thô qua bình loại nước 220, dòng khí về cơ bản đã loại nước 224 được tạo ra. Kết hợp với hệ thống và phương pháp của sáng chế, dòng khí đã loại nước 224 bao gồm cacbon đioxit, và, có thể lượng nhỏ hydro sulfua. Dòng khí 224 cũng có thể chứa các thành phần chứa lưu huỳnh khác như carbonyl sulfua, cacbon disulfua, lưu huỳnh đioxit, và các mercaptan khác nhau.

Dòng khí đã loại nước 224 được di chuyển qua bộ trao đổi nhiệt sơ bộ 230. Bộ trao đổi nhiệt 230 sẽ bao gồm bộ phận làm lạnh. Bộ trao đổi nhiệt 230 làm lạnh dòng khí thô đã loại nước 224 xuống đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ -30°F ($-34,44^{\circ}\text{C}$) đến -40°F (-40°C). Bộ trao đổi nhiệt 230 có thể là, ví dụ, thiết bị làm mát bằng không khí hoặc tủ lạnh etylen hoặc propan.

Dòng khí chưa đã làm mát được giải phóng từ bộ trao đổi nhiệt 230. Điều này

được thể hiện tại đường 232. Dòng khí chua đã làm mát tùy ý được dẫn qua thiết bị giãn nở 234. Van giãn nở 234 có thể là, ví dụ, van Joule-Thompson ("J-T"). Thiết bị giãn nở 234 đóng vai trò làm bộ phận giãn nở để tiếp tục làm lạnh dòng khí đã loại nước 232. Do đó, dòng khí chua đã làm mát cuối cùng 236 được tạo ra. Dòng khí chua đã làm mát cuối cùng 236 có thể ở tại nhiệt độ khoảng từ -40°F (-40°C) đến -70°F ($-56,67^{\circ}\text{C}$).

Phải hiểu rằng sơ đồ bố trí làm mát được thể hiện đối với thiết bị xử lý khí 200 chỉ mang tính minh họa. Các sơ đồ bố trí làm mát khác, ví dụ sơ đồ bố trí được thể hiện trên Fig.1 có thể được sử dụng. Sáng chế không bị giới hạn ở cách tạo ra dòng khí chua đã làm mát 236. Tuy nhiên, ưu tiên hoàn thành ít nhất một phần hóa lỏng dòng khí chua 236.

Điều mong muốn là loại bỏ cacbon đioxit (và thành phần chứa lưu huỳnh bất kỳ) từ dòng khí chua đã làm mát 236. Tháp chưng cất làm lạnh sâu 240 được đề xuất theo thiết bị xử lý khí 200. Tháp 240 có thể là tháp có khay, tháp đã nạp liệu, hoặc loại tháp khác, miễn là nó hoạt động để “đóng băng” cacbon đioxit và các thành phần axit khác ra khỏi hơi khí metan dưới dạng các chất rắn.

Dòng khí chua đã loại nước và làm mát 236 đi vào tháp chưng cất 240. Khí chua đã được làm lạnh của đường ống 236 đi vào tháp 200 tại áp suất khoảng 500 đến 600psig. Tháp chưng cất 240 có vùng đóng băng 242. Vùng đóng băng này có thể phù hợp với vùng đóng băng đã điều chỉnh trung gian, hoặc “bộ phận phun” 108, của Fig.1. Tháp chưng cất 200 còn bao gồm vùng chưng cất trên 244. Vùng chưng cất này phù hợp với vùng chưng cất trên, hoặc “bộ phận tinh cất” 110 của Fig.1.

Tháp chưng cất 100 hoạt động để tách metan (và một số etan) từ cacbon đioxit (và các thành phần khí axit khác). Khí metan được giải phóng qua vùng chưng cất trên 244 là dòng khí đỉnh tháp 246, trong khi cacbon đioxit được giải phóng qua đáy của tháp chưng cất 100 là dòng khí axit đáy 248.

Dòng khí đỉnh tháp 246 tốt hơn là được tiếp tục làm mát. Trong sơ đồ bố trí của Fig.2 dòng khí đỉnh tháp 246 được dẫn qua bộ trao đổi nhiệt 250. Bộ trao đổi nhiệt 250 bao gồm bộ phận làm lạnh để gây ra sự hóa lỏng khí metan. Trong một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt 250 sử dụng chất làm lạnh etylen hoặc chất làm lạnh khác có khả năng làm lạnh dòng metan đỉnh tháp 246 xuống nhiệt độ khoảng từ -135° ($-92,77^{\circ}\text{C}$) đến -

145°F (-98,33°C). Van giãn nở (không được thể hiện) cũng có thể được sử dụng cùng với bộ trao đổi nhiệt 250 để đạt được nhiệt độ cần thiết cho sự hóa lỏng. Trong trường hợp bất kỳ, dòng khí tự nhiên đã hóa lỏng (LNG) được sản xuất tại đường ống 252.

Thiết bị xử lý khí 200 còn bao gồm Máy tách 260. Máy tách giải phóng khí tự nhiên lạnh từ đường ống đỉnh tháp 262. Khí tự nhiên trong đường ống 262 là sản phẩm thương mại mà được phân phối xuôi dòng để bán. Tùy ý, phần sản phẩm khí tự nhiên có thể được thu giữ làm khí nhiên liệu cho thiết bị xử lý khí.

Máy tách 260 còn thu giữ khí tự nhiên đã hóa lỏng từ đường ống 252, và dẫn hướng nó trở lại tháp chưng cất 200 là “dòng hồi lưu.” Đường ống chứa dòng hồi lưu được thấy tại 264. Bơm tăng cường áp xuất 266 có thể được sử dụng để hỗ trợ phun dòng hồi lưu từ đường ống 264 vào trong tháp chưng cất 200. Trong sơ đồ bố trí của Fig.2, dòng hồi lưu được phun vào đỉnh của vùng đóng băng (được thể hiện tại 108 trên Fig.1). Tuy nhiên, dòng hồi lưu trong đường ống 264 có thể được phun vào trong vùng chưng cất 244 như được cung cấp trong tháp 100 của Fig.1.

Dòng hồi lưu từ đường ống 264 được dẫn hướng vào trong vùng đóng băng 242 là dòng phun lỏng lạnh. Các đầu phun (ví dụ đầu phun 120 của Fig.1) có thể được sử dụng. Như đã thảo luận trên đây, dòng phun lỏng lạnh giúp kết tủa bất kỳ cacbon đioxit nào đang di chuyển lên trên bên trong tháp chưng cất 200.

Cacbon đioxit và các khí axit khác kết tủa xuống dưới về phía đáy của vùng đóng băng 242. Khay nóng chảy (không được thể hiện) có thể được sử dụng để thu giữ các chất rắn và hướng chúng ra khỏi đáy của vùng đóng băng 242. Nhiệt độ trong tháp chưng cất 240 tại đáy của vùng đóng băng 242 có thể khoảng -50°F (-45,56°C) đến -100°F (-73,33°C). Tuy nhiên, theo hệ thống của sáng chế, không cần vùng chưng cất dưới (ví dụ, vùng chưng cất dưới 106 của Fig.1). Người vận hành có thể lựa chọn có vùng chưng cất dưới rất nhỏ, nhưng điều này không cần thiết cho việc thu giữ khí metan bị cuốn theo cùng với các khí axit thể rắn hoặc lỏng.

Các thành phần khí axit thoát ra tháp 240 là dòng khí axit đáy 248. Dòng khí axit đáy 248 là huyền phù lạnh mà chủ yếu chứa cacbon đioxit. Nó cũng có thể chứa khoảng 5% H₂S và các thành phần chứa lưu huỳnh khác. Nó cũng chứa khoảng từ 1% đến 5% metan và etan, mà lý tưởng được thu hồi.

Để thu hồi các khí hydrocacbon từ dòng khí axit hóa lỏng ở đáy 248, thiết bị xử

lý khí 200 sử dụng một loạt thiết bị tiếp xúc dòng song song $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$. Các thiết bị này được sử dụng để làm dòng khí axit hóa lỏng ở đáy 248 tiếp xúc với khí giải hấp.

Các thiết bị tiếp xúc dòng song song $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$ có thể là loại bất kỳ trong số nhiều loại thiết bị tiếp xúc thời gian ngắn. Ví dụ về chúng bao gồm các máy trộn tĩnh, máy trộn ly tâm và các máy phân lớp. Một số thiết bị trộn phá vỡ chất lỏng qua thiết bị kết tụ. Máy phun phân phối khí qua ống kiểu venturi mà đến lượt ống này kéo chất lỏng vào trong ống. Do tác dụng venturi, chất lỏng được kéo vào và bị vỡ thành các phần tử nhỏ hơn, tạo ra diện tích bề mặt tiếp xúc với khí lớn hơn.

Khí giải hấp tốt hơn là cacbon đioxit về cơ bản tinh khiết. Bình hoặc bể chứa cacbon đioxit được thấy tại 270. Để nạp liệu cho thiết bị tiếp xúc $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$, đường ống CO_2 được bố trí tại đường ống 272 từ bể chứa 270. Dòng chảy chứa CO_2 qua đường ống 272 được điều tiết bởi van 274. Ngay sau khi hệ thống 2000 hoạt động, van 274 về cơ bản được đóng lại. Theo cách khác, khí giải hấp được cung cấp bằng cách đun sôi một phần của dòng đáy hóa lỏng đã giải hấp.

Khi hoạt động, CO_2 được đưa vào trong thiết bị tiếp xúc thứ nhất CD_1 là khí giải hấp. CO_2 di chuyển qua mỗi thiết bị tiếp xúc $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$, nối tiếp nhau để loại bỏ metan còn dư khỏi chất lỏng. Khi khí giải hấp di chuyển qua các thiết bị tiếp xúc $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$, khí giải hấp tiến gần hơn đến tháp chưng cất 200, và nhiệt độ hoạt động sẽ giảm xuống. Ngoài ra, khi khí giải hấp di chuyển qua các thiết bị tiếp xúc $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$, khí trong các thiết bị tiếp xúc trở nên giàu metan do nó đã giải hấp khỏi khí axit hóa lỏng.

Thiết bị tiếp xúc thứ nhất CD_1 giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần 280(1) vào trong thiết bị tiếp xúc thứ hai CD_2 . Dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất 280(1) có thể, ví dụ, ở nhiệt độ khoảng từ $20^\circ F$ ($-6,67^\circ C$) đến $30^\circ F$ ($-1,11^\circ C$), và khoảng từ 400 đến 500psig. Thiết bị tiếp xúc thứ hai CD_2 giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ hai 280(2). Dòng khí này có thể, ví dụ ở nhiệt độ khoảng từ $10^\circ F$ ($-12,22^\circ C$) đến $20^\circ F$ ($-6,67^\circ C$), và khoảng từ 400 đến 450psig. Thiết bị tiếp xúc gần cuối cùng $CD_{(n-1)}$ giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần tiếp theo 280(n-1) vào trong thiết bị tiếp xúc cuối cùng CD_n , và thiết bị tiếp xúc cuối cùng CD_n giải phóng dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng 280(n). Dòng khí đã làm giàu cuối

cùng 280(n) có thể ở tại, ví dụ nhiệt độ -70°F ($-56,67^{\circ}\text{C}$) và 400psig.

Dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng 280(n) bao gồm khí metan và CO_2 . Metan và CO_2 được đưa lại vào trong vùng đóng băng 242 của tháp chưng cất. Sau đó, metan đã thu hồi di chuyển lên trên qua bộ phận chưng cất trên 244, và cuối cùng trở thành một phần của dòng khí đỉnh tháp 246.

Quay trở lại dòng khí axit đáy 248, dòng khí hóa lỏng ở đáy 248 được đưa vào thiết bị tiếp xúc cuối cùng CD_n . Dòng khí axit hóa lỏng 248 di chuyển qua mỗi thiết bị tiếp xúc CD_n , CD_{n-1} , . . ., CD_2 , CD_1 . Khi khí axit hóa lỏng di chuyển qua các thiết bị tiếp xúc CD_n , CD_{n-1} , . . ., CD_2 , CD_1 nối tiếp nhau, hàm lượng khí CO_2 trong chất lỏng trở nên nhiều hơn. Do đó, thiết bị cuối cùng CD_n giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất 285(n) đến thiết bị tiếp xúc dòng song song CD_{n-1} , thiết bị tiếp xúc dòng song song trước đó CD_{n-1} giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần 285(n-1), thiết bị dòng song song thứ hai CD_2 giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai 285(2), và thiết bị tiếp xúc thứ nhất CD_1 giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng 285(1).

Tốt hơn là chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai 285(2) đã được giải phóng bởi thiết bị tiếp xúc thứ hai CD_2 được làm ấm. Cuối cùng, nồi đun lại 276 được đề xuất. Nồi đun lại 276 có thể làm ấm chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai 285(2) đến nhiệt độ, ví dụ 30°F ($-1,11^{\circ}\text{C}$) đến 40°F ($4,44^{\circ}\text{C}$). Điều này có tác dụng giúp làm tan vỡ metan trong thiết bị tiếp xúc thứ nhất CD_1 .

Chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng 285(1) là dung dịch mà bao gồm chủ yếu cacbon đioxit, cộng thêm các thành phần chứa lưu huỳnh bất kỳ từ dòng khí thô ban đầu trong đường ống dòng chảy 214. Chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng 285(1) có thể được phân phối tới một hoặc nhiều giếng phun khí axit 216. Chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng 285(1), sau đó có thể hoặc được tách riêng ra, hoặc có thể được sử dụng để duy trì áp suất vỉa trong vỉa dưới mặt đất 210. Để dễ phun, bơm 290 được sử dụng.

Do chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng 285(1) là dòng CO_2 về cơ bản tinh khiết, một phần chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng 285(1) có thể được chuyển dòng và tái sử dụng làm khí giải hấp. Trong sơ đồ bố trí của Fig.2, đường ống chuyển hướng 288 được đề xuất. Chất lỏng giàu CO_2 trong đường ống 288 được nhập

vào với chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai 285(2) trước khi chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai 285(2) đi vào bộ gia nhiệt 276 (mà về chức năng là nồi đun lại). Theo cách khác, chất lỏng giàu CO₂ trong đường ống 288 có thể được dẫn hướng vào trong đường ống 278.

Lưu ý rằng trong mỗi thiết bị tiếp xúc dòng song song, dòng chảy chứa khí axit và khí giải hấp là song song, tức là, dọc theo trục dọc của các bộ tiếp xúc tương ứng. Điều này cho phép các thiết bị tiếp xúc dòng song song CD₁, CD₂, . . ., CD_(n-1), CD_n hoạt động tại vận tốc chất lưu lớn hơn nhiều so với các bộ tiếp xúc đối dòng. Vì vậy, bộ tiếp xúc dòng chảy song song có xu hướng nhỏ hơn bộ tiếp xúc dòng đối chiều mà sử dụng các tháp đã nạp liệu hoặc có khay.

Một thiết bị tiếp xúc được ưu tiên là bộ tiếp xúc ProsCon™. Bộ tiếp xúc sử dụng máy phun, tiếp theo là thiết bị kết tụ ly tâm. Thiết bị kết tụ ly tâm gây ra các lực ly tâm lớn để tái kết hợp dung dịch lỏng trong thể tích nhỏ. Người ta tin rằng bộ tiếp xúc ProsCon™ đã được sử dụng trong các ứng dụng được, nhưng vẫn chưa được sử dụng trong thiết bị xử lý và phân tách khí. Theo cách khác, người ta tin rằng Máy tách ProScav™ có bán trên thị trường của nhà sản xuất ProPure of Bergen, Norway có thể đóng vai trò làm bộ tiếp xúc dòng song song chấp nhận được. Thông tin tiếp thị hiện có trực tuyến cho biết bộ tiếp xúc ProScav™ được sử dụng để phun chất chống muối H₂S để loại bỏ H₂S. Bộ tiếp xúc ProScav™ hoạt động như máy trộn tĩnh, tiếp theo là thiết bị kết tụ. Trong phương án bất kỳ, công nghệ bình nén được sử dụng, tạo điều kiện cho sự giảm phần cứng so với các tháp tiếp xúc lớn, và ngoài ra còn tạo điều kiện cho sự loại bỏ nhiều của vùng chung cất thấp của tháp chưng cất làm lạnh sâu.

Trong một khía cạnh, sự kết hợp của thiết bị trộn và thiết bị kết tụ tương ứng được sử dụng trong các bộ tiếp xúc. Do đó, ví dụ, bộ tiếp xúc thứ nhất CD₁ và bộ tiếp xúc thứ hai CD₂ có thể sử dụng các máy trộn tĩnh làm thiết bị trộn của chúng, bộ tiếp xúc thứ ba (không được thể hiện) hoặc các bộ tiếp xúc khác có thể sử dụng thiết bị kết tụ, và bộ tiếp xúc gần cuối cùng CD_(n-1) và bộ tiếp xúc CD_n có thể sử dụng các máy trộn ly tâm.

Trong sơ đồ bố trí của Fig.2, bốn thiết bị tiếp xúc dòng song song CD₁, CD₂, . . ., CD_(n-1), CD_n được thể hiện. Tuy nhiên, số lượng thiết bị tiếp xúc dòng song song ít

hơn hoặc lớn hơn có thể được sử dụng. Theo nghĩa thông thường, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được tạo kết cấu để:

- nhận khí giải hấp;
- nhận khí axit đã giải hấp một phần thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng (hoặc thứ hai);
- giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng; và
- giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng (hoặc thứ hai).

Ngoài ra, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được tạo kết cấu để:

- nhận dòng khí axit hóa lỏng ở đáy;
- nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần từ bộ tiếp xúc dòng song song trước đó;
- giải phóng dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu; và
- giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất cho bộ tiếp xúc dòng song song trước đó.

Số lượng thiết bị tiếp xúc (ít nhất là một) trước bộ tiếp xúc cuối cùng CD_n được xác định chủ yếu bởi mức loại bỏ metan cần thiết để đáp ứng tiêu chuẩn mong muốn, ví dụ nhỏ hơn 1% metan trong chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng 285(1). Ví dụ, hệ thống 200 có thể có hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đáy 248. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, trong khi đó bộ tiếp xúc dòng song song trước đó là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD_1 .

Theo cách khác, hệ thống 200 có thể có ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đáy 248. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song trước là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai. Sau đó, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai được tạo kết cấu để nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD_1 , và chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n . Tiếp theo, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng

song song cuối cùng CD_n , và chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD_1 .

Theo cách khác, hệ thống 200 có thể có hơn ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đáy 248. Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n , các bộ tiếp xúc dòng song song trung gian bất kỳ, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai CD_2 , và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD_1 được sắp xếp để phân phối chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp tương ứng là các chất lỏng chứa khí axit giàu hơn nối tiếp nhau. Đồng thời, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD_1 , bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai CD_2 , bộ tiếp xúc dòng song song trung gian bất kỳ, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n được sắp xếp để phân phối dòng khí đã làm giàu metan tương ứng là các dòng khí được làm sạch tăng dần nối tiếp nhau.

Sự sử dụng nhiều thiết bị tiếp xúc dòng song song cũng có thể được sử dụng để thu hồi cacbon đioxit bất kỳ mà thoát khỏi tháp chưng cất làm lạnh sâu với dòng khí đỉnh tháp. Fig.3 là biểu đồ dưới dạng giản đồ thể hiện thiết bị xử lý khí 300 để loại bỏ khí axit khỏi dòng khí theo sáng chế, trong phương án khác. Thiết bị xử lý khí 300 sử dụng dãy bộ tiếp xúc dòng song song để tiếp tục làm sạch metan từ dòng khí đỉnh tháp.

Tương tự như thiết bị xử lý khí 200, thiết bị xử lý khí 300 được đặt tại hoặc gần khu vực phát triển hydrocacbon 301. Khu vực phát triển hydrocacbon 301 có thể là địa điểm bất kỳ trong đó các hydrocacbon chứa khí được sản xuất. Khu vực phát triển 301 có thể ở trên bờ biển, gần bờ biển hoặc ngoài khơi. Hệ thống được bảo hộ trong bản mô tả này không bị giới hạn ở loại lĩnh vực đang phát triển, miễn là lĩnh vực sản xuất hydrocacbon, bao gồm metan, chứa cacbon đioxit.

Nhiều giếng sản xuất 312 được thấy tại khu vực sản xuất hydrocacbon 301. Giếng sản xuất 312 mở rộng qua vùng dưới đất 305, và vào trong vỉa được chọn 310. Trong khu vực phát triển minh họa 301 của Fig.3, ba giếng sản xuất 312 một lần nữa lại được thể hiện. Tuy nhiên, phải hiểu rằng khu vực phát triển hydrocacbon 301 có thể bao gồm nhiều giếng sản xuất hơn.

Quy trình sản xuất qua các giếng sản xuất 312 tốt hơn là được kết hợp tại đường dòng chảy dưới mặt đất 314. Đường dòng chảy 314 chứa dòng khí thô. Dòng khí thô trong đường dòng chảy 314 gồm chủ yếu các chất lưu hydrocacbon trong pha hơi. Các hydrocacbon chủ yếu là metan, nhưng cũng có thể bao gồm etan và thậm chí là các

hydrocacbon nặng khác như các lượng vết của propan hoặc butan, hoặc thậm chí các hydrocacbon thơm.

Dòng khí thô cũng có thể bao gồm các lượng vết của nitơ, heli và các khí trơ khác. Dòng khí thô tiếp tục bao gồm ít nhất một số nước muối hoặc chất lưu trong nước khác. Cuối cùng, dòng khí thô sẽ bao gồm cacbon đioxit và, có thể là các khí axit khác.

Dòng khí thô di chuyển qua đường dòng chảy 314, và được đưa vào trong bình loại nước 320. Bình loại nước 320 có thể phù hợp với bình loại nước 220 từ Fig.2. Nhờ chuyển khí thô từ đường dòng chảy 314 qua bình loại nước 320, dòng trong nước 322 lại một lần nữa được tạo ra. Dòng nước 322 có thể được đưa tới thiết bị xử lý nước (không được thể hiện). Theo cách khác, dòng nước 322 có thể được phun trở lại vào trong vỉa dưới mặt đất 310. Vẫn theo cách khác, dòng nước đã loại bỏ 322 có thể được xử lý để đáp ứng các tiêu chuẩn môi trường và sau đó được giải phóng vào trong lưu vực sông địa phương hoặc, nếu có thể, vào môi trường ngoài bờ biển ở dạng nước đã xử lý.

Ngoài ra, nhờ di chuyển dòng khí thô qua bình loại nước 320, dòng khí về cơ bản đã loại nước 324 được tạo ra. Liên quan đến các hệ thống này, dòng khí đã loại nước 324 gồm cacbon đioxit và, có lẽ lượng nhỏ hydro sulfua. Dòng khí 324 cũng có thể chứa các thành phần chứa lưu huỳnh khác như cacbonyl sulfua, cacbon disulfua, lưu huỳnh đioxit, và các mercaptan khác nhau.

Dòng khí đã loại nước 324 được di chuyển qua bộ trao đổi nhiệt sơ bộ 330. Bộ trao đổi nhiệt 330 sẽ bao gồm bộ phận làm lạnh. Bộ trao đổi nhiệt 330 làm lạnh dòng khí thô đã loại nước 324 xuống đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ -30°F ($-34,44^{\circ}\text{C}$) đến -40°F (-40°C). Bộ trao đổi nhiệt 330 có thể là, ví dụ, thiết bị làm mát bằng không khí hoặc tủ lạnh etylen hoặc propan.

Dòng khí chưa đã làm mát được giải phóng từ bộ trao đổi nhiệt 330. Điều này được thể hiện tại đường 332. Dòng khí chưa đã làm mát tùy ý được dẫn qua thiết bị giãn nở 334. Van giãn nở 334 có thể là, ví dụ, van Joule-Thompson ("J-T"). Thiết bị giãn nở 334 đóng vai trò làm bộ phận giãn nở để tiếp tục làm lạnh dòng khí đã loại nước 332. Do đó, dòng khí chưa đã làm mát cuối cùng 336 được tạo ra. Dòng khí chưa đã làm mát cuối cùng 336 có thể ở tại nhiệt độ khoảng từ -40°F (-40°C) đến -70°F (-

56,67°C).

Phải hiểu rằng sơ đồ bố trí làm mát được thể hiện đối với thiết bị xử lý khí 300 chỉ mang tính minh họa. Các sơ đồ bố trí làm mát khác, ví dụ sơ đồ được thể hiện trên Fig.1, có thể được sử dụng. Thiết bị 300 không bị giới hạn ở cách tạo ra dòng khí chua đã làm mát 336. Tuy nhiên, ưu tiên hoàn thành ít nhất một phần hóa lỏng dòng khí chua 336.

Lại một lần nữa mong muốn loại bỏ cacbon đioxit (và các thành phần chứa lưu huỳnh bất kỳ) khỏi dòng khí chua đã làm mát 336. Theo thiết bị xử lý khí 300, tháp chưng cất làm lạnh sâu 340 được tạo ra. Tháp 340 có thể là tháp có khay, tháp đã nạp liệu, hoặc loại tháp khác, miễn là nó hoạt động để “đóng băng” cacbon đioxit và các thành phần axit khác hơn khỏi khí metan dưới dạng các chất rắn.

Dòng khí chua đã loại nước và làm mát 336 đi vào tháp chưng cất 340. Khí chua đã làm lạnh 336 đi vào tháp 340 tại áp suất khoảng từ 500 đến 600psig. Tháp chưng cất 340 có vùng đóng băng 342. Vùng đóng băng này có thể tương ứng với vùng đóng băng đã điều chỉnh trung gian, hoặc “vùng phun” 108, của Fig.1. Tháp chưng cất 340 cũng bao gồm vùng chưng cất trên 344. Vùng chưng cất này có thể tương ứng với vùng chưng cất trên, hoặc “bộ phận tinh cất” 110 của Fig.1. Cuối cùng, tháp chưng cất 340 bao gồm vùng chưng cất dưới 341. Vùng chưng cất dưới này có thể tương ứng với vùng chưng cất dưới hoặc “vùng cất” 106 của Fig.1.

Tháp chưng cất 340 hoạt động để tách metan (và một số etan) từ cacbon đioxit (và các thành phần chứa khí axit khác). Khí metan được giải phóng qua vùng chưng cất trên 344 dưới dạng dòng khí đỉnh tháp 346, trong khi cacbon đioxit được giải phóng qua vùng chưng cất dưới 341 dưới dạng dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy 348.

Bên trong tháp chưng cất 340, cacbon đioxit và các khí axit khác kết tủa xuống dưới về phía tháp chưng cất dưới 341. Khay nóng chảy (không được thể hiện) có thể được sử dụng để thu các chất rắn và dẫn hướng chúng vào trong lỗ tràn và khay. Điều này cho phép làm nóng chảy các thành phần axit rắn, và tan vỡ khí metan. Nhiệt độ trong tháp chưng cất 340 tại đáy của vùng chưng cất dưới 341 có thể khoảng 0°F (-17,78°C) đến 20°F (-6,67°C). Dòng khí axit đáy 348 được giải phóng từ vùng chưng cất dưới 341 dưới dạng dòng chất lỏng.

Dòng khí axit đáy 348 tốt hơn là được dẫn qua nồi đun lại 350. Dòng khí axit

lỏng đi vào nồi đun lại 350 tại nhiệt độ tương đối thấp, ví dụ khoảng từ 30°F(-1,11°C) đến 40°F(4,44°C). Nồi đun lại 350 tương ứng với nồi đun lại 160 theo Fig.1. Nồi đun lại 350 cho phép khí metan cuốn theo dòng khí axit đáy 348 tràn ra từ các khí axit lỏng. Hơi metan (cùng với CO₂ đã bốc hơi) sau đó di chuyển qua đường ống hơi 352, và trở lại tháp chưng cất 340. Tốt hơn là, đường ống hơi 352 phân phối hơi chứa metan vào trong vùng đóng băng trung gian 342. Theo cách khác, đường ống hơi 352 có thể phân phối hơi metan vào các khay cất (ví dụ lỗ tràn và các khay nhiều tầng 126 trên Fig.1) trong vùng chưng cất dưới 341.

Cacbon đioxit và các thành phần axit vết khác thoát ra nồi đun lại 350 chủ yếu dưới dạng dòng chất lỏng. Điều này được thể hiện tại đường 354. Các thành phần axit lỏng tùy ý được dẫn hướng qua thiết bị giãn nở 356 để tiếp tục làm mát. Điều này làm giảm nhiệt độ của dòng chất lỏng trong đường ống 354. Dòng chất lỏng đã làm lạnh 358 do đó được giải phóng. Dòng chất lỏng giàu CO₂ 358 có thể được bơm lỗ khoan qua một hoặc nhiều giếng AGI. Trong sơ đồ bố trí của Fig.3, chất lỏng đã làm lạnh CO₂ được phun vào trong vỉa dưới mặt đất 310 qua các giếng phun 316 là một phần của quy trình thu hồi dầu tăng cường.

Như đã lưu ý, tháp chưng cất còn giải phóng dòng khí đỉnh tháp 346. Dòng khí đỉnh tháp 346 bao gồm chủ yếu khí metan. Dòng khí đỉnh tháp 346 tốt hơn là bao gồm không quá 2% mol cacbon đioxit. Tại tỷ lệ này, dòng khí đỉnh tháp 346 có thể được sử dụng làm khí nhiên liệu hoặc có thể được bán vào các thị trường nhất định làm khí tự nhiên. Tuy nhiên, tương ứng với các phương pháp nhất định trong bản mô tả này, điều mong muốn là dòng khí đỉnh tháp 346 tiếp tục được xử lý. Cụ thể hơn, điều mong muốn là dẫn lượng cacbon đioxit trong dòng khí đỉnh tháp 346.

Để thu hồi cacbon đioxit trong dòng khí đỉnh tháp 346, thiết bị xử lý khí 300 sử dụng các thiết bị tiếp xúc dòng song song CD₁, CD₂, . . . , CD_(n-1), CD_n. Các thiết bị này được sử dụng để cho dòng khí đỉnh tháp 346 tiếp xúc với chất lỏng hồi lưu.

Chất lỏng hồi lưu tốt hơn là là metan về cơ bản tinh khiết. Bể chứa bắt đầu hoặc bình chứa metan được thể hiện tại 370. Để nạp liệu cho thiết bị tiếp xúc CD₁, CD₂, . . . , CD_(n-1), CD_n, đường ống chứa CH₄ được bố trí tại đường ống 372 từ bể chứa 370. Dòng CH₄ đi qua đường ống 372 được điều tiết bởi van 374. Ngay khi hệ thống 300 vận hành, van 374 về cơ bản được đóng lại.

Thiết bị tiếp xúc dòng song song $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$ có thể lại là loại thiết bị bất kỳ trong số các thiết bị trộn tiếp xúc thời gian ngắn. Ví dụ bao gồm máy trộn tĩnh và máy trộn ly tâm. Khi hoạt động, metan về cơ bản tinh khiết được đưa vào trong thiết bị tiếp xúc cuối dòng CD_n ở dạng chất lỏng. Đầu tiên, metan di chuyển qua đường ống 372, sau đó được dẫn hướng trực tiếp vào trong thiết bị làm lạnh 360. Tốt hơn là, thiết bị làm lạnh 360 là thiết bị làm mát bằng etylen. Thiết bị làm lạnh 360 làm nhiệt độ của khí sản phẩm giảm xuống khoảng -130°F (-90°C) đến -145°F ($-98,33^\circ\text{C}$). Thiết bị làm lạnh 360 giải phóng dòng chất lỏng chứa khí metan đã làm lạnh (CH_4) qua đường ống 362. Bơm 364 tốt hơn là được bố trí dọc theo đường ống 362 để làm tăng áp suất hoạt động.

CH_4 lỏng đã làm lạnh di chuyển qua mỗi thiết bị tiếp xúc $CD_n, CD_{(n-1)}, \dots, CD_{(2)}, CD_1$, nối tiếp nhau để loại bỏ các thành phần axit khỏi khí. Do khí giàu metan di chuyển qua các thiết bị tiếp xúc $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$, hàm lượng khí axit trong khí trở nên ít dần. Do đó, bộ tiếp xúc cuối cùng CD_n giải phóng chất lỏng giàu CO_2 một phần thứ nhất 385(1) vào trong bộ tiếp xúc trước CD_{n-1} . Chất lỏng đã làm giàu CO_2 thứ nhất 385(1) vẫn sẽ có thành phần khí axit rất thấp, ví dụ ít hơn 1% CO_2 và ít hơn 10 ppm H_2S .

Bộ tiếp xúc gần cuối cùng $CD_{(n-1)}$ giải phóng chất lỏng đã làm giàu CO_2 một phần gần cuối cùng 385(n-1); bộ tiếp xúc thứ hai CD_2 giải phóng chất lỏng đã làm giàu CO_2 một phần thứ hai 385(2) vào trong bộ tiếp xúc thứ nhất CD_1 ; và bộ tiếp xúc thứ nhất CD_1 giải phóng chất lỏng đã làm giàu CO_2 385(1). Do đó, khi di chuyển gần hơn đến tháp chưng cất 300, các thành phần axit trong chất lưu hồi lưu axit sẽ tăng lên.

Chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) là dung dịch mà về cơ bản bao gồm metan và cacbon đioxit, cộng thêm một số thành phần chứa lưu huỳnh từ dòng khí thô ban đầu trong đường dòng chảy 314. Chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) được đưa trở lại tháp chưng cất 300. Cụ thể hơn, chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) được phun vào trong vùng chưng cất trên 344. Tốt hơn là, chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) di chuyển qua bơm 382 để làm tăng áp suất đường ống. Dòng hồi lưu đã tạo áp 383 đi vào vùng chưng cất trên 344.

Hai điều được lưu ý trong bản mô tả này là về chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1). Thứ nhất, tỷ lệ phần trăm của các thành phần axit trong chất lỏng hồi lưu rất

nhỏ. Tùy thuộc vào tỷ lệ phần trăm của cacbon đioxit trong dòng khí thô ban đầu 314, mức độ của việc làm lạnh sơ bộ đối với dòng khí chưa đã loại nước 324, áp suất trong tháp chưng cất 340, số thiết bị tiếp xúc dòng song song được sử dụng, và các yếu tố khác, thành phần cacbon đioxit trong chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) có thể nhỏ hơn 5% mol, và có thể nhỏ hơn 2% mol.

Thứ hai, chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) trở thành một phần của dòng phun lạnh được sử dụng trong vùng đóng băng 342. Chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) có thể được phun trực tiếp vào trong vùng đóng băng 342. Tuy nhiên, trong sơ đồ bố trí thiết bị xử lý khí 300 thể hiện trên Fig.3, một phần của chất lỏng hồi lưu cuối cùng 385(1) được thu hồi từ các khay cất (ví dụ các lỗ tràn và khay 116 được thể hiện trên Fig.1) nằm gần đỉnh của tháp chưng cất 340 trong vùng chưng cất trên 344. Đường ống 384 thể hiện một phần của dòng chất lỏng chứa metan và CO₂. Đường ống chứa chất lỏng 384 phân phối hỗn hợp metan và CO₂ cho trống ngưng hồi lưu 381. Trống ngưng hồi lưu 381 cung cấp dung tích tăng vọt cho bơm 387. Bơm 387 phân phối metan và dòng chất lỏng CO₂ vào trong vùng đóng băng 342 dưới dạng dòng phun lỏng lạnh, ví dụ qua các vòi phun. Như đã nói ở trên, dòng phun lỏng lạnh giúp kết tủa cacbon đioxit bất kỳ đang đi lên bên trong tháp chưng cất 300. Đường ống 388 được thấy là phân phối metan và dòng chất lỏng CO₂ vào trong vùng đóng băng 342.

Quay trở lại dòng khí đỉnh tháp 346, dòng khí đỉnh tháp 346 được mang vào trong bộ tiếp xúc thứ nhất CD₁. Dòng khí đỉnh tháp 346 di chuyển qua mỗi thiết bị tiếp xúc CD₁, CD₂, . . . , CD_(n-1), CD_n. Khi khí đỉnh tháp di chuyển qua các thiết bị tiếp xúc CD₁, CD₂, . . . , CD_(n-1), CD_n nối tiếp nhau, hàm lượng khí trong các thiết bị tiếp xúc ngày càng sạch hơn. Do đó, bộ tiếp xúc thứ nhất CD₁ giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất 380(1) vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai CD₂; bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai CD₂ giải phóng dòng khí đã làm sạch một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng CD_(n-1); và bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng CD_(n-1) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần cuối cùng 380(n-1). Bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng 380(n).

Dòng khí đã làm sạch cuối cùng 380(n) bao gồm về cơ bản metan và có thể được lấy làm khí sản phẩm. Trên Fig.3, có thể thấy rằng một phần của dòng khí metan

cuối cùng 380(n) được chuyển dòng vào trong đường ống 361. Metan đã đổi hướng trong đường ống 361 được dẫn qua bộ phận làm lạnh 360. Sau đó, metan lỏng đã làm lạnh được đưa lại vào bộ tiếp xúc cuối cùng CD_n trong đường ống 362.

Phần lớn dòng khí đã làm sạch cuối cùng 380(n) có thể được bán ở dạng sản phẩm thương mại. Tốt hơn là, một số dòng khí đã làm sạch cuối cùng 380(n) được dẫn qua bộ tiếp xúc nhiệt 390 để làm mát lại. Một phần dòng khí đã làm sạch cuối cùng 380(n) được giải phóng từ bộ trao đổi nhiệt 390 ở dạng sản phẩm thương mại (LNG, sau khi áp suất giảm). Tốt hơn là, bộ trao đổi nhiệt 390 có khả năng làm lạnh dòng metan đã làm sạch cuối cùng 380(n) xuống nhiệt độ khoảng từ -135° (-92,78°C) đến -145°F (-98,33°C) ở dạng sản phẩm cuối cùng 392. Trong một hoặc nhiều phương án, bộ trao đổi nhiệt 360 và 390 có thể là một và giống nhau, với chất lỏng được tạo ra đi tới bình góp. Sau đó, chất lỏng này có thể được phân tách giữa dòng hồi lưu và sản phẩm thương mại. Phương án thay thế này có thể là quy trình hiệu quả kinh tế hơn.

Bộ trao đổi nhiệt 390 tốt hơn là sử dụng etylen làm chất làm lạnh. Vòng etylen được thấy tại 394. Etylen được ngưng tụ tương phản với propan trong thiết bị làm lạnh 396. Tốt hơn là, máy nén (không được thể hiện) được đặt dọc theo đường ống 394 để loại bỏ etylen qua thiết bị làm lạnh 396. Etylen ở đường ống 394 đi qua thiết bị làm lạnh 396 để làm mát, và sau đó tốt hơn là di chuyển qua van Joule-Thompson 398 để tiếp tục làm mát. Etylen trong đường ống 394 rời van J-T 398 tại nhiệt độ khoảng -140°F.

Vòng propan được bố trí tại đường ống 391. Propan được lấy từ bộ làm mát 396 và được di chuyển qua máy nén 393. Điều này sẽ làm tăng áp suất và nhiệt độ trong propan trong đường ống 391. Theo đó, propan được lấy qua bộ làm mát không khí 395 để làm nhiệt độ của propan giảm xuống khoảng nhiệt độ xung quanh. Dòng propan đã được làm mát được giải phóng qua đường ống 397. Propan có thể được giãn nở qua van Joule-Thompson 399 hoặc bộ giãn nở tuabin để làm nhiệt độ của propan trong đường ống 397 giảm xuống khoảng -40°F (-40°C).

Hệ thống làm lạnh minh họa theo Fig.3 với bộ trao đổi nhiệt 390 được coi là hệ thống vòng đóng, có nghĩa là chất lưu hoạt động bên ngoài, ví dụ propan hoặc etylen được sử dụng làm chất làm mát để làm lạnh dòng khí đã làm sạch cuối cùng 380(n). Tuy nhiên, phải hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở cách trong đó dòng khí đã làm

sạch cuối cùng 380(n) được làm mát. Ví dụ, hệ thống vòng mở có thể được sử dụng trong đó bản thân một phần dòng metan đỉnh tháp 346 cuối cùng được sử dụng làm chất lưu hoạt động. Trong một số trường hợp, khí sản phẩm không được làm lạnh, mà thực chất được làm ấm, sau đó được đưa đến đường ống để bán làm sản phẩm khí. Trong trường hợp này, điều mong muốn là thu hồi năng lượng nhiệt từ dòng khí 380(n).

Ngoài ra, lưu ý rằng trong mỗi thiết bị tiếp xúc dòng song song, dòng khí metan và chất lưu cất song song nhau, tức là, dọc theo trục dọc của các bộ tiếp xúc tương ứng. Điều này cho phép các thiết bị tiếp xúc dòng song song $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$ hoạt động tại vận tốc chất lưu lớn hơn nhiều so với các bộ tiếp xúc đối dòng. Vì vậy, các bộ tiếp xúc dòng song song có xu hướng nhỏ hơn các bộ tiếp xúc đối dòng mà sử dụng các tháp đã nạp liệu hoặc có khay. Thiết bị tiếp xúc dòng song song theo Fig.3 có thể tương ứng với các thiết bị tiếp xúc dòng song song theo Fig.2. Trong khía cạnh này, ví dụ, các thiết bị tiếp xúc dòng song song theo Fig.3 mỗi chúng có thể là bộ tiếp xúc ProsCon™.

Trong sơ đồ bố trí theo Fig.3, bốn thiết bị tiếp xúc dòng song song $CD_1, CD_2, \dots, CD_{(n-1)}, CD_n$ được thể hiện. Tuy nhiên, có thể sử dụng số lượng thiết bị tiếp xúc dòng song song ít hơn hoặc lớn hơn. Thông thường, bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được tạo kết cấu để:

- nhận dòng khí axit đỉnh tháp;
- nhận dòng chất lưu lỏng đã làm giàu CO_2 một phần thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai;
- giải phóng dòng khí metan được làm sạch một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai; và
- giải phóng dòng hồi lưu lỏng đã làm giàu CO_2 một phần vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu.

Ngoài ra, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được tạo kết cấu để:

- nhận dòng chất lưu lỏng;
- nhận dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần gần cuối cùng từ bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng;

- giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng; và
- giải phóng dòng chất lưu lỏng đã làm giàu CO₂ một phần vào trong bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng.

Số lượng thiết bị tiếp xúc được sử dụng được xác định chủ yếu bởi mức loại bỏ CO₂ cần thiết để đáp ứng chuẩn mong muốn. Ví dụ, hệ thống 300 có thể có hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp 346. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, trong khi đó bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD₁.

Theo cách khác, hệ thống 300 có thể có ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp 346. Trong trường hợp này, bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai sau đó được tạo kết cấu để nhận dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất 380(1) từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD₁, và chất lỏng đã làm giàu CO₂ một phần thứ nhất 385(3) từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n. Tiếp theo, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai giải phóng dòng khí metan được làm sạch một phần thứ hai 380(2) vào trong bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n, và dòng chất lưu lỏng đã làm giàu CO₂ một phần 385(2) vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD₁.

Theo cách khác, hệ thống 300 có thể có hơn ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp 346. Bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD₁, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai CD₂, bộ tiếp xúc dòng song song trung gian bất kỳ, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối dòng khí metan sạch tăng dần. Đồng thời, bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng CD_n, bộ tiếp xúc dòng song song bất kỳ, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai CD₂, và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất CD₁ được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối dòng chất lưu lỏng đã làm giàu CO₂ tương ứng ở dạng dòng chất lưu giàu CO₂ tăng dần.

Phải biết rằng các Fig.2 và 3 thể hiện biểu đồ dưới dạng giản đồ đơn giản hóa nhằm làm rõ các khía cạnh chọn lọc của hệ thống xử lý khí 200 và 300. Hệ thống xử lý thường sẽ bao gồm nhiều thành phần bổ sung như bộ gia nhiệt, thiết bị làm lạnh, bộ ngưng tụ, bơm lỏng, máy nén khí, máy quạt gió, các loại thiết bị tách và/hoặc phân đoạn khác, van, công tắc, bộ điều khiển, cùng với các thiết bị đo áp suất, nhiệt độ, mức và dòng chảy. Liên hệ cụ thể trong bản mô tả này, bơm tăng cường (không được thể

hiện) có thể cần thiết giữa các giai đoạn của bộ tiếp xúc, do sự giảm áp suất cao tại các thiết bị kết tụ. Ngoài ra, lưu ý rằng các bộ tiếp xúc tốt hơn là được cấu tạo cách nhiệt tốt để làm lạnh sâu.

Theo phương án thay thế cho các hệ thống 200 và 300 mô tả trên đây, thiết bị xử lý khí có thể sử dụng nhiều thiết bị tiếp xúc dòng song song để xử lý cả dòng khí axit đáy (dòng 248 theo Fig.2) và dòng khí đỉnh tháp (dòng 346 theo Fig.3). Trong phương án này, tháp chưng cất không cần vùng chưng cất dưới ngoại trừ có thể tùy ý chứa khay nóng chảy. Lợi ích của việc sử dụng các thiết bị tiếp xúc dòng song vào trong là ở chỗ chúng làm giảm kích thước của tháp chưng cất. Hơn nữa, chúng có thể nhỏ hơn nhiều so với các cột chưng cất và các thành phần bên trong. Tiếp theo, chúng về cơ bản không bị ảnh hưởng bởi sự chuyển động có thể của các chất lỏng trên khay, điều này khiến chúng thích hợp cho các trạm ngoài khơi. Sự sử dụng các thiết bị tiếp xúc dòng song song trong cả dòng khí axit đáy 248 và dòng khí đỉnh tháp 346 làm giảm sự cồng kềnh của tháp chưng cất, giảm sự hao hụt metan trong dòng khí axit đáy 248, và làm tăng độ tinh khiết của dòng LNG cuối cùng 394.

Các phương án khác A-BB được đưa ra trong các đoạn sau.

Phương án A: Hệ thống loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô, bao gồm: (a) a bình loại nước để nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng chứa về cơ bản chất lưu trong nước; (b) bộ trao đổi nhiệt để làm mát dòng khí đã loại nước, và giải phóng dòng khí chưa đã làm mát; (c) tháp chưng cất làm lạnh sâu mà nhận dòng khí chưa đã làm mát, và tách dòng khí chưa đã làm mát thành (i) dòng khí đỉnh tháp gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy gồm chủ yếu cacbon đioxit; (d) bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy, (ii) nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần từ bộ tiếp xúc dòng song song trước, (iii) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu, và (iv) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song trước; và (e) bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được tạo kết cấu để (i) nhận khí giải hấp, (ii) nhận chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, (iii) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng, và (iv) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ

hai.

Phương án B: Hệ thống theo Phương án A, trong đó chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng gồm khoảng 98% mol khí axit hoặc lớn hơn.

Phương án C: Hệ thống theo Phương án A hoặc B, trong đó phần nhiều chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng được phun vào trong vỉa dưới mặt đất thông qua một hoặc nhiều giếng phun khí.

Phương án D: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ A-C, trong đó phần chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng bị chuyển dòng và sử dụng dưới dạng ít nhất một phần của khí giải hấp thông qua đun lại.

Phương án E: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ A-D, trong đó: (a) tháp chưng cất làm lạnh sâu gồm vùng đóng băng; (b) vùng đóng băng nhận dòng khí chua đã làm mát, dòng phun chất lỏng lạnh gồm chủ yếu metan, và dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng từ thiết bị tiếp xúc dòng song song cuối cùng; và (c) tháp chưng cất làm lạnh sâu gồm thêm thiết bị làm lạnh ở dưới tháp chưng cất làm lạnh sâu để làm mát dòng metan đỉnh tháp và đưa phần dòng metan đỉnh tháp trở lại tháp chưng cất làm lạnh sâu dưới dạng dòng phun lỏng lạnh.

Phương án F: Hệ thống theo Phương án E, bao gồm thêm khay nóng chảy ở dưới vùng đóng băng để nhận huyền phù chứa các hạt khí axit, và phân phối huyền phù về cơ bản không chứa chất rắn tới thiết bị tiếp xúc dòng song song cuối cùng dưới dạng dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy.

Phương án G: Hệ thống theo Phương án E hoặc F, trong đó dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy thoát khỏi tháp chưng cất làm lạnh sâu tại nhiệt độ không lớn hơn khoảng -70°F ($-56,67^{\circ}\text{C}$).

Phương án H: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ E-G, bao gồm thêm vùng chưng cất dưới nằm dưới vùng đóng băng để nhận huyền phù lạnh chứa các hạt khí axit, ít nhất làm nóng chảy một phần huyền phù chứa các hạt khí axit thành dòng chất lỏng, và phân phối dòng chất lỏng đến thiết bị tiếp xúc dòng song song cuối cùng là dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy.

Phương án I: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ E-H, bao gồm thêm vùng chưng cất trên ở trên vùng đóng băng để nhận hơi từ vùng đóng băng và giải phóng dòng khí đỉnh tháp.

Phương án J: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ A-I, trong đó hệ thống chỉ gồm hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đáy sao cho: (a) bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai; (b) bộ tiếp xúc dòng song song trước là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất; (c) dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất là dòng khí đã làm giàu metan một phần được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng; và (d) chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng là chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất.

Phương án K: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ A-I, trong đó hệ thống gồm ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đáy, để: (a) bộ tiếp xúc dòng song song trước là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai; và (b) bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, (ii) nhận chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, (iii) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, và (iv) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất.

Phương án L: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ A-I, trong đó hệ thống gồm ít nhất ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy, để: (a) bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối chất lỏng chứa khí axit được cất tương ứng dưới dạng khí axit giàu CO₂ tăng dần, và (b) bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối dòng khí đã làm giàu metan tương ứng dưới dạng dòng khí đã làm giàu metan tăng dần.

Phương án M: Hệ thống loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô, bao gồm: (a) bình loại nước để nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng về cơ bản chứa chất lưu trong nước; (b) bộ trao đổi nhiệt để làm mát dòng khí thô đã loại nước, và giải phóng dòng khí chưa đã làm mát; (c) tháp chưng cất làm lạnh

sâu nhận dòng khí chua đã làm mát, và tách dòng khí chua đã làm mát thành (i) dòng khí đỉnh tháp gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy gồm chủ yếu cacbon đioxit; (d) bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí đỉnh tháp, (ii) nhận chất lỏng đã làm giàu CO₂ một phần thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, (iii) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, và (iv) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu; và (e) bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được tạo kết cấu để (i) nhận chất lỏng hồi lưu, (ii) nhận dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần gần cuối cùng từ bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng, (iii) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần vào trong bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng, và (iv) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng.

Phương án N: Hệ thống theo Phương án M, trong đó dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng gồm khoảng 99% mol metan hoặc lớn hơn.

Phương án O: Hệ thống theo Phương án M hoặc N, trong đó phần nhiều dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng được phân phối để hóa lỏng và bán.

Phương án P: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ M-O, trong đó một phần dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng bị chuyển dòng và sử dụng dưới dạng ít nhất một phần chất lỏng hồi lưu trong quá trình hoạt động.

Phương án Q: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ M-P, trong đó: (a) tháp chưng cất làm lạnh sâu gồm vùng đóng băng; (b) vùng đóng băng nhận dòng khí chua đã làm mát và dòng phun chất lỏng lạnh gồm chủ yếu metan; và (c) tháp chưng cất làm lạnh sâu gồm thêm thiết bị làm lạnh ở sau tháp chưng cất làm lạnh sâu để làm mát dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng và đưa phần dòng metan đỉnh tháp trở lại tháp chưng cất làm lạnh sâu dưới dạng dòng phun lạnh.

Phương án R: Hệ thống theo Phương án Q, trong đó the dòng phun lạnh gồm chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ cuối cùng từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng.

Phương án S: Hệ thống theo Phương án Q hoặc R, bao gồm thêm khay nóng chảy ở dưới vùng đóng băng để nhận huyền phù lạnh chứa các hạt khí axit.

Phương án T: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ Q-S, bao gồm thêm vùng chưng cất trên ở trên vùng đóng băng để nhận hơi từ vùng đóng băng và giải phóng

dòng khí đỉnh tháp.

Phương án U: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ Q-T, trong đó hệ thống chỉ gồm hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đỉnh tháp để: (a) bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai; (b) bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất; (c) dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng; và (d) chất lưu hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần thứ nhất được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất là chất lưu hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng.

Phương án V: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ Q-T, trong đó hệ thống gồm ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp, để: (a) bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai; và (b) bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, (ii) nhận chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, (iii) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, và (iv) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất.

Phương án W: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ Q-T, trong đó hệ thống gồm ít nhất ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp, để: (a) bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng, bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ tương ứng ở dạng chất lỏng hồi lưu giàu CO₂ tăng dần; và (b) bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng được sắp xếp nối tiếp nhau để phân phối dòng khí đã làm sạch tương ứng dưới dạng dòng khí đã làm sạch tăng dần.

Phương án X: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ A-W, trong đó dòng khí đỉnh tháp gồm không chỉ metan, mà còn gồm heli, nitơ, hoặc hỗn hợp của chúng.

Phương án Y: Hệ thống loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô, bao gồm: (a) a bình

loại nước để nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng về cơ bản chứa chất lưu trong nước; (b) bộ trao đổi nhiệt để làm mát dòng khí thô đã loại nước, và giải phóng dòng khí chưa đã làm mát; (c) tháp chưng cất làm lạnh sâu nhận dòng khí chưa đã làm mát, và tách dòng khí chưa đã làm mát thành (i) dòng khí đỉnh tháp gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit đáy gồm chủ yếu cacbon đioxit; (d) bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới cuối cùng được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy, (ii) nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần từ bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới trước, (iii) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng thành tháp chưng cất làm lạnh sâu, và (iv) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới trước; (e) bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới trước được tạo kết cấu để (i) nhận khí giải hấp, (ii) nhận chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới thứ hai, (iii) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng, và (iv) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới thứ hai; (f) bộ tiếp xúc dòng song song bên trên thứ nhất được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí đỉnh tháp, (ii) nhận chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, (iii) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, và (iv) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ cuối cùng vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu; và (g) bộ tiếp xúc dòng song song bên trên cuối cùng được tạo kết cấu để (i) nhận chất lỏng hồi lưu, (ii) nhận dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần gần cuối cùng từ bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng, (iii) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng, và (iv) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng.

Phương án Z: Hệ thống theo Phương án Y, trong đó dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy thoát ra tháp chưng cất làm lạnh sâu tại nhiệt độ không lớn hơn khoảng -70° F (-56,67°C).

Phương án AA: Hệ thống theo Phương án Y hoặc Z, trong đó tháp chưng cất làm lạnh sâu là tháp phân đoạn lớn.

Phương án BB: Hệ thống theo Phương án bất kỳ từ Y-AA, trong đó tháp chưng cất làm lạnh sâu gồm vùng đóng băng nhận (i) dòng khí chưa đã làm mát, (ii) dòng

phun chất lỏng lạnh gồm chủ yếu metan, và (iii) dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng từ thiết bị tiếp xúc dòng song song bên dưới cuối cùng.

Mặc dù rõ ràng rằng sáng chế được mô tả trong bản mô tả này đã được tính toán kỹ để đạt được các lợi ích và ưu điểm nêu trên đây, nhưng phải biết rằng sáng chế dễ bị ảnh hưởng bởi những biến đổi, cải biến và thay đổi mà không xa rời phạm vi của sáng chế. Những cải biến về hoạt động của quy trình loại khí axit bằng cách sử dụng vùng đóng băng được đề xuất. Những cải biến này đề xuất thiết kế để loại bỏ H_2S xuống mức rất thấp trong khí sản phẩm.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống (200) loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô, hệ thống này bao gồm:

 bình loại nước (220) để nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng chỉ chứa chất lưu dạng nước;

 bộ trao đổi nhiệt (230) để làm mát dòng khí đã loại nước (224), và giải phóng dòng khí chưa đã làm mát (236);

 tháp chưng cất làm lạnh sâu (240) nhận dòng khí chưa đã làm mát (236), và tách dòng khí chưa (236) đã làm mát thành (i) dòng khí đỉnh tháp (246) gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (248) gồm chủ yếu cacbon đioxit, trong đó tháp chưng cất làm lạnh sâu (240) tách dòng khí chưa đã làm mát (236) bằng cách đóng băng cacbon đioxit trong dòng khí chưa đã làm mát (236);

 bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n) được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (248), (ii) nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần từ bộ tiếp xúc dòng song song trước (CD_{n-1}), (iii) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng (280(n)) vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu (240), và (iv) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất (285(n)) vào trong bộ tiếp xúc dòng song song trước (CD_{n-1}); và

 bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1) được tạo kết cấu để (i) nhận khí giải hấp, (ii) nhận chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai (285(2)) từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai (CD_2), (iii) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng (285(1)), và (iv) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất (280(1)) vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai (CD_2), và

 trong đó các bộ tiếp xúc dòng song song được bố trí nối tiếp, và trong đó khí giải hấp bao gồm cacbon đioxit; và

 trong đó ít nhất một bộ tiếp xúc dòng song song bao gồm thiết bị trộn và thiết bị kết tụ.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng (285(1)) gồm khí axit với lượng là 98% mol hoặc lớn hơn.

3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó phần đáng kể của chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng (285(1)) được phun vào trong vỉa dưới mặt đất (210) thông qua một hoặc

nhiều giếng phun khí axit.

4. Hệ thống theo điểm 2, trong đó phần chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng (285(1)) được chuyển dòng và được sử dụng làm ít nhất một phần khí giải hấp thông qua sự đun lại.

5. Hệ thống theo điểm 1, trong đó:

tháp chưng cất làm lạnh sâu (240) gồm vùng đóng băng (242);

vùng đóng băng (242) nhận dòng khí chua đã làm mát (236), dòng phun chất lỏng lạnh gồm chủ yếu metan, và còn bao gồm metan từ dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng (280(n)) từ thiết bị tiếp xúc dòng song song cuối cùng; và

tháp chưng cất làm lạnh sâu (240) còn bao gồm thiết bị làm lạnh ở phía sau của tháp chưng cất làm lạnh sâu (240) để làm mát dòng metan đỉnh tháp và đưa một phần dòng metan đỉnh tháp trở lại tháp chưng cất làm lạnh sâu (240) làm dòng phun chất lỏng lạnh.

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

khay nóng chảy ở dưới vùng đóng băng để nhận huyền phù lạnh gồm các hạt khí axit, và phân phối huyền phù về cơ bản không chứa các chất rắn vào trong thiết bị tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n) làm dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (248).

7. Hệ thống theo điểm 6, trong đó dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (248) thoát khỏi tháp chưng cất làm lạnh sâu (240) ở nhiệt độ không lớn hơn -70°F (-56,67°C).

8. Hệ thống theo điểm 5, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

vùng chưng cất dưới (106) ở dưới vùng đóng băng để nhận huyền phù lạnh chứa các hạt khí axit, ít nhất làm nóng chảy một phần huyền phù chứa các hạt khí axit thành dòng chất lỏng, và phân phối dòng chất lỏng này vào trong thiết bị tiếp xúc dòng song song cuối cùng làm dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (248).

9. Hệ thống theo điểm 5, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

vùng chưng cất trên (244) ở trên vùng đóng băng để nhận hơi từ vùng đóng băng và giải phóng dòng khí đỉnh tháp (246).

10. Hệ thống theo điểm 2, trong đó hệ thống này chỉ bao gồm hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit hóa lỏng ở đáy (248) sao cho:

bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n) là bộ tiếp xúc dòng song song thứ

hai;

bộ tiếp xúc dòng song song trước là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1);

dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất (280(1)) được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1) là dòng khí đã làm giàu metan một phần được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n); và

chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n) là chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1).

11. Hệ thống theo điểm 2, trong đó hệ thống này bao gồm ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit hóa lỏng ở đáy (248), sao cho:

bộ tiếp xúc dòng song song trước là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai; và

bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1), (ii) nhận chất lỏng chứa khí axit hóa lỏng một phần thứ nhất từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n), (iii) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n), và (iv) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ hai vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1).

12. Hệ thống theo điểm 2, trong đó hệ thống này gồm ít nhất ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (248), sao cho:

bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n), bất kỳ bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai (CD_2) và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1) được bố trí nối tiếp nhau để phân phối chất lỏng chứa khí axit được giải hấp tương ứng làm khí axit được làm giàu CO_2 tăng dần, và

bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1), bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai (CD_2), bất kỳ bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n) được bố trí nối tiếp nhau để phân phối dòng khí được làm giàu metan tương ứng làm dòng khí được làm giàu metan tăng dần.

13. Hệ thống theo điểm 1, trong đó thiết bị trộn được chọn từ máy trộn tĩnh, máy phun và máy trộn ly tâm.

14. Hệ thống (300) loại bỏ khí axit khỏi dòng khí thô, hệ thống này bao gồm:

bình loại nước (320) để nhận dòng khí thô, và tách dòng khí thô thành dòng khí thô đã loại nước và dòng chứa chất lưu dạng nước;

bộ trao đổi nhiệt (330) để làm mát dòng khí thô đã loại nước, và giải phóng dòng khí chưa đã làm mát (336);

tháp chưng cất làm lạnh sâu (340) nhận dòng khí chưa đã làm mát (336), và tách dòng khí chưa đã làm mát thành (i) dòng khí đỉnh tháp (346) gồm chủ yếu metan, và (ii) dòng khí axit đáy (348) gồm chủ yếu cacbon đioxit, trong đó trong đó tháp chưng cất làm lạnh sâu (340) tách dòng khí chưa đã làm mát (336) bằng cách đóng băng cacbon đioxit trong dòng khí chưa đã làm mát (336);

bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới cuối cùng được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (348), (ii) nhận dòng khí đã làm giàu metan một phần từ bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới trước, (iii) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng vào tháp chưng cất làm lạnh sâu (340), và (iv) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới trước; và

bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới thứ nhất được tạo kết cấu để (i) nhận khí giải hấp, (ii) nhận chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới thứ hai, (iii) giải phóng chất lỏng chứa khí axit đã giải hấp cuối cùng, và (iv) giải phóng dòng khí đã làm giàu metan một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới thứ hai;

bộ tiếp xúc dòng song song bên trên thứ nhất được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí đỉnh tháp (346), (ii) nhận chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần thứ hai từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai, (iii) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất (380(1)) vào trong bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai (CD₂), và (iv) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ cuối cùng vào trong tháp chưng cất làm lạnh sâu (340); và

bộ tiếp xúc dòng song song bên trên cuối cùng được tạo kết cấu để (i) nhận chất lỏng hồi lưu, (ii) nhận dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần gần cuối cùng từ bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng, (iii) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO₂ một phần thứ nhất vào trong bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng, và (iv)

giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng (380(n)); và

trong đó các bộ tiếp xúc dòng song song được bố trí nối tiếp, và trong đó khí giải hấp bao gồm cacbon đioxit; và

trong đó ít nhất một trong các bộ tiếp xúc dòng song song bên dưới bao gồm thiết bị trộn và thiết bị kết tụ.

15. Hệ thống theo điểm 14, trong đó dòng khí axit đã hóa lỏng ở đáy (348) thoát ra khỏi tháp chưng cất làm lạnh sâu (340) tại nhiệt độ không lớn hơn -70°F ($-56,67^{\circ}\text{C}$).

16. Hệ thống theo điểm 14, trong đó tháp chưng cất làm lạnh sâu (340) gồm vùng đóng băng (342) mà nhận (i) dòng khí chua đã làm mát, (ii) dòng phun chất lỏng lạnh gồm chủ yếu metan, và (iii) dòng khí đã làm giàu metan cuối cùng từ thiết bị tiếp xúc dòng song song bên dưới cuối cùng.

17. Hệ thống theo điểm 14, trong đó thiết bị trộn được chọn từ máy trộn tĩnh, máy phun và máy trộn ly tâm.

18. Hệ thống theo điểm 14, trong đó dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng (380(n)) bao gồm metan với lượng là 99% mol hoặc lớn hơn.

19. Hệ thống theo điểm 18, trong đó phần đáng kể của dòng khí metan đã được làm sạch cuối cùng (380(n)) được phân phối để hóa lỏng và bán.

20. Hệ thống theo điểm 18, trong đó một phần dòng khí metan đã khử lưu huỳnh cuối cùng (380(n)) được chuyển dòng và sử dụng làm ít nhất một phần chất lỏng hồi lưu trong quá trình hoạt động.

21. Hệ thống theo điểm 14, hệ thống này còn bao gồm:

khay nóng chảy ở dưới vùng đóng băng để nhận huyền phù lạnh chứa các hạt khí axit.

22. Hệ thống theo điểm 14, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

vùng chưng cất trên (344) ở trên vùng đóng băng để nhận hơi từ vùng đóng băng và giải phóng dòng khí đỉnh tháp (346).

23. Hệ thống theo điểm 18, trong đó hệ thống (300) chỉ bao gồm hai bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí axit đỉnh tháp (346) sao cho:

bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n) là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai;

bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1);

dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất (380(1)) được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1) là dòng khí đã làm giàu metan một phần được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n); và

chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần thứ hai (385(2)) được nhận bởi bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1) là chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần được giải phóng bởi bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n).

24. Hệ thống theo điểm 18, trong đó hệ thống này bao gồm ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp (346), sao cho:

bộ tiếp xúc dòng song song gần cuối cùng là bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai; và

bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai được tạo kết cấu để (i) nhận dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ nhất (380(1)) từ bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1), (ii) nhận chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần thứ nhất (385(3)) từ bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n), (iii) giải phóng dòng khí metan đã khử lưu huỳnh một phần thứ hai (380(2)) vào bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n), và (iv) giải phóng chất lỏng hồi lưu đã làm giàu CO_2 một phần thứ hai (385(2)) vào bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1).

25. Hệ thống theo điểm 18, trong đó hệ thống này bao gồm ít nhất ba bộ tiếp xúc dòng song song để xử lý dòng khí đỉnh tháp (346), sao cho:

bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n), bất kỳ bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai (CD_2) và bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1) được bố trí nối tiếp để phân phối chất lỏng hồi lưu được làm giàu CO_2 tương ứng làm chất lỏng hồi lưu được làm giàu CO_2 tăng dần; và

bộ tiếp xúc dòng song song thứ nhất (CD_1), bộ tiếp xúc dòng song song thứ hai (CD_2), bộ tiếp xúc dòng song song trung gian, và bộ tiếp xúc dòng song song cuối cùng (CD_n) được bố trí nối tiếp để phân phối dòng khí đã khử lưu huỳnh tương ứng làm dòng khí đã khử lưu huỳnh tăng dần.

26. Hệ thống theo điểm 14, trong đó dòng khí đỉnh tháp (346) không chỉ bao gồm khí

metan, mà còn bao gồm heli, nitơ hoặc các tổ hợp của chúng.

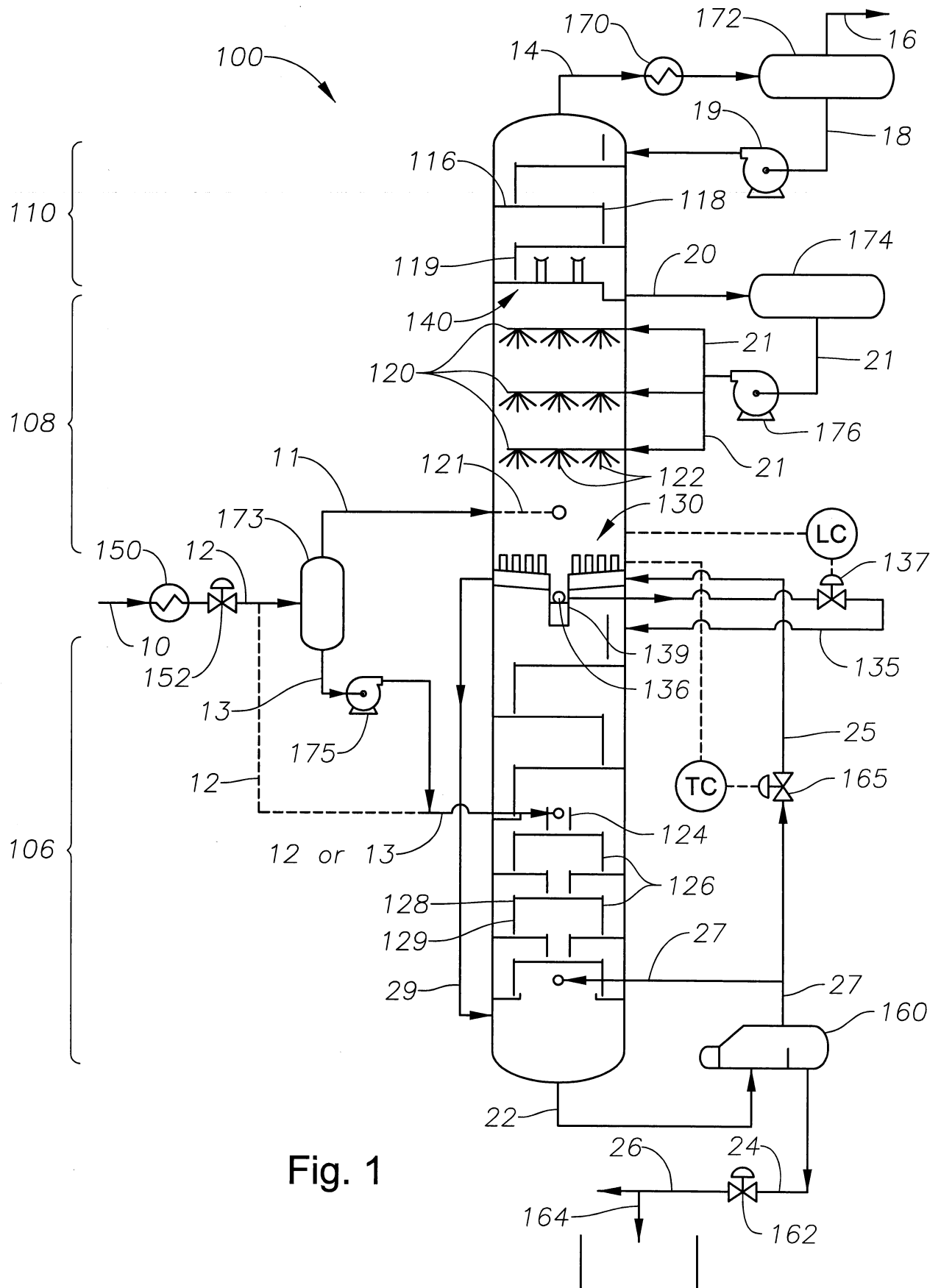


Fig. 1

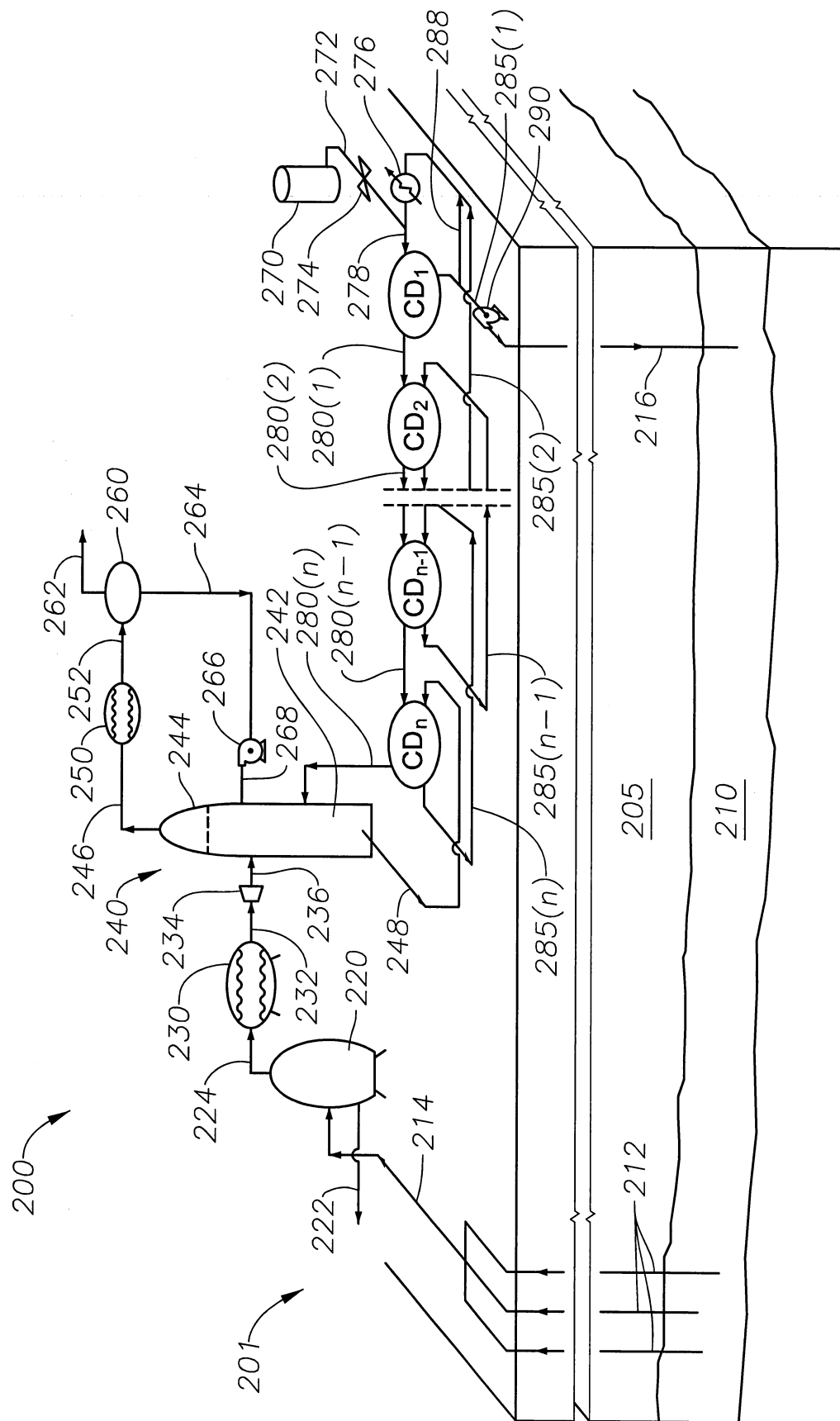


Fig. 2

┐

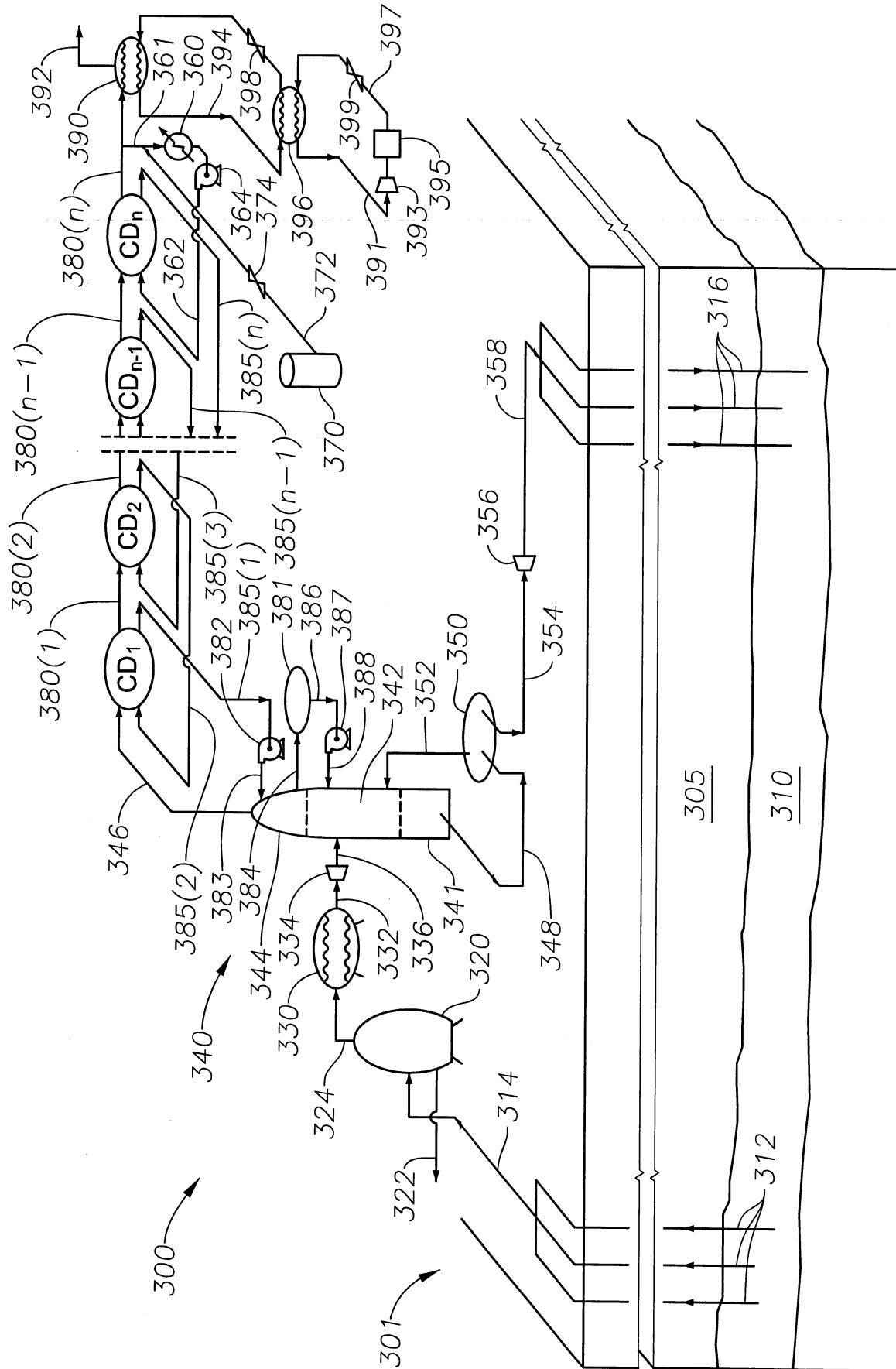


Fig. 3

┐