



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

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

(11) 
1-0021955

(51)⁷ **B01D 53/047**

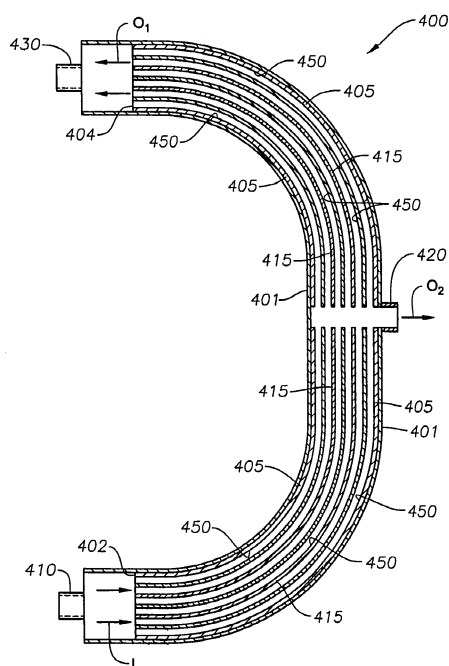
(13) **B**

- (21) 1-2013-01510 (22) 26.09.2011
(86) PCT/US2011/053275 26.09.2011 (87) WO2012/067719A1 24.05.2012
(30) 61/413,845 15.11.2010 US
(45) 25.10.2019 379 (43) 25.10.2013 307
(73) EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY (US)
P. O. Box 2189 (CORP-URC-SW359), Houston, Texas 77252-2189, United States of America
(72) Narasimhan Sundaram (US), P. Scott Northrop (US)
(74) Công ty Luật TNHH AMBYS Hà Nội (AMBYS HANOI)

(54) **QUY TRÌNH TÁCH METAN KHỎI HỖN HỢP KHÍ TỰ NHIÊN VÀ BÌNH CẤT PHÂN ĐOẠN ĐỘNG LỰC**

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên bằng kỹ thuật hấp phụ dao động áp suất trong một hoặc nhiều bình. Mỗi bình chứa vật liệu hấp phụ có tính chọn lọc động lực đối với các tạp chất so với metan lớn hơn 5. Các tạp chất bên trong hỗn hợp khí tự nhiên trở nên được hấp phụ động lực bên trong vật liệu hấp phụ. Bình được đặt dưới áp suất để khiến các tạp chất được hấp phụ trong các bề mặt và vi lỗ của vật liệu hấp phụ. Quy trình này bao gồm bước giải phóng dòng sản phẩm gồm ít nhất 95% thể tích metan từ đầu xả khí tự nhiên trong bình, và giải hấp phụ khí tạp chất từ vật liệu hấp phụ bằng cách giảm áp suất bên trong bình. Bước giải hấp phụ được thực hiện không cần áp nhiệt cho bình, từ đó phân phối dòng khí thải chứa ít nhất 95% thể tích của khí tạp chất.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến bình cất phân đoạn cải tiến có cả hai kênh dòng chảy chính và phụ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực phân tách chất lưu. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến sự phân tách khí cacbon dioxit và các khí axit khác từ dòng chất lưu hydrocacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của phần này là giới thiệu các khía cạnh khác nhau của tình trạng kỹ thuật mà có thể được kết hợp với các phương án ví dụ của sáng chế. Phần thảo luận này được cho rằng để hỗ trợ việc tạo ra nền tảng cơ bản để dễ dàng hiểu được các khía cạnh cụ thể của bản mô tả sáng chế. Do đó, cần hiểu rằng phần này phải được thể hiện khía cạnh này, và không nhất thiết là sự bổ sung của tình trạng kỹ thuật.

Việc sản xuất khí hydrocacbon từ bình chứa nhiên liệu thường kết hợp với sản xuất ngẫu nhiên các loại khí không phải hydrocacbon. Các khí này bao gồm các tạp chất như cacbon dioxit (CO_2), hydro sulfua (H_2S) và mercaptan. Khi các tạp chất này được tạo ra là một phần của dòng khí hydrocacbon, thì dòng khí này có thể được gọi là "khí chua". Ngoài ra, các thành phần CO_2 , H_2S và mercaptan bên trong khí chua có thể được gọi riêng hoặc chung là "khí axit".

Mong muốn là tách các thành phần khí axit tại cơ sở xử lý khí. Điều này có thể thực hiện bằng cách đầu tiên loại bỏ phần lớn nước từ dòng khí thô. Nước thường được loại bỏ bằng cách trộn theo kiểu hóa học glycol vào dòng khí thô để tách nước khỏi dung dịch. Sau đó, nước và glycol được thu giữ qua dòng chứa nước ở đáy. Dòng khí đã khử nước được giải phóng.

Dòng khí đã khử nước là dòng khí chua, với các thành phần khí chua còn lại sau khi khử nước. Do đó, các quy trình tách khí khác được sử dụng. Trong một số trường hợp, trong đó thành phần khí cacbon dioxit đặc biệt cao, khí chua cũng có thể được đưa qua van Joule-Thompson để làm mát nhanh, và sau đó được đưa vào tháp chưng cất nhiệt độ thấp hoặc bộ cất phân đoạn khối để loại bỏ CO_2 .

Trong các trường hợp khác, đặc biệt trong đó thành phần H_2 hoặc S hoặc các thành phần khí hydrocacbon nặng hơn, dòng khí chua có thể được lưu thông qua tầng hấp phụ. Các tầng hấp phụ hoạt động trên nguyên lý trong đó các phân tử khác nhau có

thể có ái lực hấp phụ khác nhau. Nguyên lý này tạo ra cơ chế cho chất hấp phụ để phân biệt giữa các khí khác nhau.

Các loại tầng chất hấp phụ khác nhau đã được biết đến. Các chất hấp phụ điển hình bao gồm cacbon hoạt tính, silicagel, nhôm oxit và zeolit. Trong một số trường hợp, vật liệu polyme có thể được sử dụng làm vật liệu hấp phụ. Trong trường hợp bất kỳ, tầng hấp phụ ưu tiên hấp phụ thành phần dễ được hấp phụ hơn (được gọi là khí "nặng") so với thành phần khó được hấp phụ hơn (được gọi là khí "nhẹ") của hỗn hợp khí.

Để thực hiện quy trình tách, các tầng hấp phụ sử dụng vi cấu trúc có nhiều lỗ rỗng. Các phân tử khí được gắn vào vùng bề mặt dọc theo các lỗ. Khí được hấp phụ trên bề mặt bên trong của vật liệu vi lỗ rỗng có thể bao gồm một lớp chứa chỉ một, hoặc nhiều nhất là một vài phân tử lớn; tuy nhiên, diện tích bề mặt có kích thước một vài mét vuông trên gam cho phép hấp phụ phần lớn trọng lượng của chất hấp phụ trong khí. Do đó, các tầng hấp phụ có thể được sử dụng một cách có lợi cho quy trình tách thành phần.

Ngoài ái lực của chúng đối với các khí khác nhau, zeolit và một số loại cacbon hoạt tính, các sàng phân tử cacbon, có thể sử dụng các đặc điểm của sàng phân tử để loại trừ hoặc làm chậm sự khuếch tán của một số phân tử khí vào trong cấu trúc của chúng. Điều này tạo ra cơ chế cho sự hấp phụ chọn lọc dựa trên kích thước của các phân tử. Trong trường hợp này, tầng hấp phụ hạn chế khả năng được hấp phụ của các phân tử lớn hơn, do đó cho phép khí nạp một cách chọn lọc vào cấu trúc vi lỗ rỗng của vật liệu hấp phụ một hoặc nhiều loại từ hỗn hợp khí nhiều thành phần. Công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2008/0282887 của Chance và cộng sự mô tả quy trình hấp phụ có chọn lọc để loại bỏ CO_2 , N_2 và H_2S khỏi hỗn hợp khí tự nhiên chứa ít nhất một trong số các khí này bằng việc sử dụng zeolit 8 vòng.

Trong một số trường hợp, dòng khí được khử nước trước khi được chuyển qua tầng chất hấp phụ. Một số tầng chất hấp phụ sẽ ưu tiên liên kết với các phân tử nước cùng với các tạp chất, và cho phép metan và các thành phần khí trơ như hydro và nito đi qua. Tuy nhiên, sự có mặt của nước có thể khiến giai đoạn giải hấp phụ sau (được gọi là "tái sinh") trở nên khó khăn. Trong khía cạnh này, khi các vi lỗ của tầng hấp phụ được nạp các tạp chất dạng phân tử, tầng hấp phụ phải ngừng hoạt động và được khử áp suất. Khi có sự có mặt đáng kể của nước, quy trình loại bỏ nước có thể cần sự gia

nhiệt.

Kỹ thuật hấp phụ khác nhau để tách khí đã được biết đến. Một kỹ thuật hấp phụ là kỹ thuật hấp phụ dao động áp lực, hoặc "PSA". Các quy trình PSA dựa trên thực tế là, dưới áp suất, các tạp chất dạng khí có xu hướng được hấp phụ ở bên trong cấu trúc lỗ của vật liệu hấp phụ, hoặc bên trong thể tích tự do của vật liệu polyme, ở các mức độ khác nhau. Áp suất trong bình hấp phụ càng cao thì càng nhiều khí được hấp phụ. Trong trường hợp của khí tự nhiên, hỗn hợp khí tự nhiên có thể được chuyển dưới áp suất qua bình hấp phụ. Các lỗ của chất hấp phụ polyme hoặc vi lỗ được nạp hydro sulfua và cacbon dioxit đến mức độ lớn hơn so với metan. Do đó, hầu hết hoặc thậm chí tất cả H_2S and CO_2 sẽ ở trong tầng hấp phụ, mặc dù khi ra khỏi bình sẽ được làm giàu trong metan. Nước còn lại bất kỳ và các hydrocacbon nặng bất kỳ (ví dụ etan) cũng sẽ được giữ lại. Ngoài ra, benzen, toluen hoặc các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi khác sẽ được giữ lại.

Khi khả năng hấp phụ tạp chất của tầng chất hấp phụ đã hết, tầng hấp phụ này có thể được tái sinh bằng cách giảm áp suất. Điều này khiến bình hấp phụ giải phóng các thành phần được hấp phụ. Do đó, dòng tạp chất cô đặc được giải phóng riêng từ dòng metan. Theo cách này, tầng hấp phụ có thể được tái sinh cho lần sử dụng lại tiếp theo.

Trong hầu hết các trường hợp PSA, việc giảm áp suất trong buồng được tạo áp xuống đến áp suất xung quanh sẽ khiến phần lớn hydro sulfua và các tạp chất khác được giải phóng từ tầng hấp phụ. Trong một số trường hợp, hệ thống hấp phụ dao động áp suất có thể được hỗ trợ bởi sự sử dụng buồng chân không để đặt áp suất tiêu môi trường vào dòng tạp chất. Trong sự có mặt của áp suất thấp hơn, các thành phần chứa lưu huỳnh, cacbon dioxit, và các hydrocacbon nặng sẽ giải hấp phụ hoàn toàn từ nền chất rắn tạo nên tầng hấp phụ.

Kỹ thuật tách khí được đề cập là kỹ thuật hấp phụ dao động nhiệt độ hoặc "TSA". Các quy trình PSA dựa trên thực tế là, các khí có xu hướng được hấp phụ ở bên trong cấu trúc lỗ của vật liệu hấp phụ hoặc bên trong thể tích tự do của vật liệu polyme, đến các mức độ khác nhau. Khi nhiệt độ của tầng hấp phụ trong bình được tăng, các phân tử khí đã hấp phụ được giải phóng hoặc được giải hấp phụ. Bằng cách dao động tuần hoàn nhiệt độ của các tầng chất hấp phụ bên trong bình, các quy trình TSA có thể được sử dụng để tách các khí trong hỗn hợp.

Có thể sử dụng kết hợp kỹ thuật tái sinh dao động nhiệt và tái sinh dao động áp suất. Trong một trong hai trường hợp này, khí giàu metan được giải phóng có thể được đưa qua bộ làm lạnh tiếp theo, nếu cần, để đưa thành phần CO₂ xuống đường ống hoặc quy trình LNG. Điều này cho phép lượng CO₂ dư bất kỳ hóa lỏng và được loại bỏ là dòng khí axit lỏng. Ngoài ra, năng lượng làm mát có thể tùy ý được sử dụng để tạo ra khí tự nhiên hóa lỏng hoặc LNG.

Hệ thống tầng hấp phụ có thể dựa vào nhiều tầng song song. Các tầng này có thể được nạp, ví dụ, cacbon hoạt tính hoặc sàng phân tử. Tầng thứ nhất được sử dụng cho quy trình hấp phụ. Tầng này được gọi là tầng hoạt động. Tầng thứ hai trải qua sự tái sinh, ví dụ qua sự giảm áp suất trong khi tầng thứ nhất đang hoạt động. Lúc này, tầng thứ ba đã được tái sinh và được duy trì để sử dụng cho hệ thống hấp phụ khi tầng thứ nhất trở nên bão hòa. Do đó, mức tối thiểu của ba tầng có thể được sử dụng song song để hoạt động hiệu quả hơn.

Hệ thống hấp phụ dao động áp suất có thể là hệ thống hấp phụ dao động áp suất chu kỳ nhanh. Trong các quy trình "chu kỳ nhanh", thời gian chu kỳ có thể là vài giây. Bộ PSA chu kỳ nhanh ("RCPSA") có thể đặc biệt thuận lợi, do các bộ này khá nhỏ gọn so với các thiết bị PSA bình thường. Hơn nữa, các bộ tiếp xúc RCPSA có thể cho phép tăng đáng kể sự tăng cường xử lý (ví dụ, tần số hoạt động cao hơn và vận tốc lưu thông khí) khi so sánh với PSA truyền thống.

Quy trình PSA và RCPSA hiện tại dựa nhiều vào sự tách cân bằng hoặc vào hoạt động dao động nhiệt. Các hoạt động này dẫn đến thời gian chu kỳ lớn hơn và khối thiết bị lớn hơn. Do đó, cần quy trình mà sử dụng kỹ thuật hấp phụ dao động áp suất để thu được sự tách sản xuất tinh khiết cao mà không cần gia nhiệt bình hấp phụ hoặc hoạt động dao động nhiệt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất quy trình tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên chứa tạp chất. Quy trình này bao gồm các bước: dẫn (510) khí tự nhiên vào bộ phân tách khí, bộ phân tách khí này có ít nhất một bình (100, 400) bao gồm đầu nạp khí (110, 410) để nhận hỗn hợp khí tự nhiên, đầu xả khí thứ nhất (130, 430) và đầu xả khí thứ hai (120, 420) nằm giữa đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất, tầng hấp phụ (300) gồm vật liệu hấp phụ được lựa chọn từ các zeolit 8 vòng có tỷ lệ Si:Al nằm trong khoảng từ 1:1 đến 1000:1, ít nhất hai kênh dòng chảy chính qua tầng hấp phụ đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ

nhất ở trạng thái nổi thông chất lưu, và ít nhất một kênh dòng chảy đầu vào phụ nổi thông chất lưu với các kênh dòng chảy chính và đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ hai ở trạng thái nổi thông chất lưu, trong đó tầng hấp phụ bao gồm vật liệu hấp phụ nguyên khối (315) với các kênh dòng chảy chính (310) được tạo thành trong vật liệu nguyên khối dọc theo trục chính của tầng hấp phụ và ít nhất một kênh ngang nhỏ (320) được tạo thành qua vật liệu nguyên khối và đóng vai trò như ít nhất một kênh dòng chảy phụ; đặt (520) ít nhất một bình dưới áp suất để các tạp chất được hấp phụ vào vật liệu hấp phụ, trong đó tạp chất bao gồm CO_2 , H_2S , H_2O các hydrocacbon nặng, các chất hữu cơ dễ bay hơi (volatile organic compounds - VOC's), mercaptan hoặc tổ hợp của chúng; giải phóng (530) dòng sản phẩm bao gồm ít nhất 95% thể tích metan từ đầu xả thứ nhất; và giải hấp phụ (540) khí tạp chất khỏi vật liệu hấp phụ bằng cách giảm áp suất bên trong ít nhất một bình mà không gia nhiệt cho bình, từ đó phân phối dòng khí thải gồm ít nhất 95% thể tích khí tạp chất, trong đó việc giải hấp phụ khí tạp chất giải phóng phần thứ nhất của dòng khí thải từ đầu xả thứ nhất và phần thứ hai của dòng khí thải từ đầu xả thứ hai.

Theo một phương án khác, sáng chế đề xuất bình cất phân đoạn để tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên, bình cất phân đoạn này bao gồm: khoang (105), đầu nạp khí (110) để nhận hỗn hợp khí tự nhiên vào khoang tại áp suất bằng ít nhất 6,89 bar (100 psig); đầu xả khí thứ nhất (130) để giải phóng ít nhất một phần hỗn hợp khí tự nhiên khỏi khoang; đầu xả khí thứ hai (120, 420) nằm giữa đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất để giải phóng phần dòng khí thải khi bình được giải hấp phụ; và tầng hấp phụ (330) bao gồm vật liệu hấp phụ nằm trong khoang và được lựa chọn từ các zeolit 8 vòng có tỷ lệ Si:Al nằm trong khoảng từ 1:1 đến 1000:1; ít nhất hai kênh dòng chảy chính qua tầng hấp phụ, ít nhất hai kênh dòng chảy chính đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất ở trạng thái nổi thông chất lưu, trong đó đầu xả khí thứ hai tốt hơn là vuông góc với các kênh dòng chảy chính; ít nhất một kênh dòng chảy phụ ở trạng thái nổi thông chất lưu với các kênh chính và đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ hai ở trạng thái nổi thông chất lưu, trong đó tầng hấp phụ bao gồm vật liệu hấp phụ nguyên khối (315) với các kênh dòng chảy chính (310) được tạo thành trong vật liệu nguyên khối dọc theo trục chính của tầng hấp phụ và ít nhất một kênh ngang nhỏ (320) được tạo thành qua vật liệu nguyên khối và đóng vai trò như ít nhất một kênh dòng chảy phụ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để có thể hiểu rõ sáng chế hơn, các hình vẽ, sơ đồ, đồ thị và/hoặc lưu đồ được kèm theo bản mô tả này. 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 sáng chế có thể thừa nhận các phương án thực hiện và các ứng dụng có hiệu quả tương tự khác.

Fig.1 là hình tổng thể của bình hấp phụ dao động áp suất như có thể được sử dụng trong các quy trình theo sáng chế. Bình này còn là bộ cắt phân đoạn động lực của sáng chế.

Fig.2A là hình tổng thể của tầng hấp phụ và kênh dòng chảy cho bình hấp phụ dao động áp suất của Fig.1 theo phương án không yêu cầu bảo hộ. Các kênh dòng chảy chính được thấy giữa các cần hấp phụ dọc theo trục chính của tầng hấp phụ.

Fig.2B thể hiện hình chiếu phóng đại của tầng hấp phụ theo Fig.2A. Fig.2B thể hiện hình chiếu phóng đại của đầu xả khí thứ hai tùy ý. Kênh dòng chảy ngang được thấy kéo dài vào trong bình, đóng vai trò là kênh dòng chảy phụ.

Fig.2C là hình mặt cắt ngang của tầng hấp phụ theo Fig.2A. Hình này được cắt theo đường C-C của Fig.2A. Ở đây, một loạt bề mặt có bậc được thấy dọc theo các cần hấp phụ, mà đóng vai trò làm các kênh dòng chảy phụ.

Fig.3 là hình tổng thể của tầng hấp phụ và kênh dòng chảy cho bình hấp phụ dao động áp suất của Fig.1. Các kênh dòng chảy chính được thấy giữa các cần hấp phụ dọc theo trục chính của tầng hấp phụ. Kênh dòng chảy ngang được thấy trong các phần phóng đại của tầng hấp phụ, mà đóng vai trò làm kênh dòng chảy phụ.

Fig.4 là hình chiếu mặt cắt ngang của tầng hấp phụ và kênh dòng chảy cho bình hấp phụ dao động áp suất của Fig.1 theo phương án không được yêu cầu bảo hộ. Các kênh dòng chảy chính lại được thấy giữa các cần hấp phụ dọc theo trục chính của tầng hấp phụ. Ở đây, trục chính có dạng cong.

Fig.5 là biểu đồ tiến trình thể hiện các bước của các quy trình tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên.

Fig.6A là một phần của bình hấp phụ dao động áp suất như có thể được sử dụng trong các quy trình của sáng chế. Ở đây, van quay được cung cấp để tuần hoàn nhanh hỗn hợp khí tự nhiên.

Fig.6B thể hiện là một phần của bình hấp phụ dao động áp suất như có thể được sử dụng trong các quy trình của sáng chế. Ở đây, van không quay được cung cấp ngoài van quay để tuần hoàn nhanh chóng hỗn hợp khí tự nhiên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Định nghĩa

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ "hydrocacbon" chỉ hợp chất hữu cơ mà bao gồm chủ yếu, nếu không loại trừ, các nguyên tố hydro và cacbon. Các hydrocacbon thường thuộc hai nhóm: các hydrocacbon béo, hoặc hydrocacbon mạch thẳng, và các hydrocacbon mạch vòng, hoặc vòng đóng bao gồm các terpen mạch 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 này, thuật ngữ "chất lưu hydrocacbon" chỉ hydrocacbon hoặc hỗn hợp của các hydrocacbon mà là khí hoặc lỏng. Ví dụ, chất lưu hydrocacbon có thể bao gồm hydrocacbon hoặc hỗn hợp của các hydrocacbon mà là khí hoặc chất lỏng tại điều kiện vỉa, tại điều kiện xử lý, hoặc tại điều kiện xung quanh (15°C hoặc 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.

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

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "hydrocacbon ngưng tụ được" có nghĩa là các hydrocacbon mà ngưng tụ tại nhiệt độ 15°C và một 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 trong bản mô tả này, thuật ngữ "lớp dưới bề mặt" chỉ địa tầng địa lý nằm dưới bề mặt của trái đất.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "hấp phụ dao động áp suất" bao gồm một hoặc nhiều quy trình mà sử dụng sự thay đổi về áp suất đối với chu kỳ xả khí (ví dụ PSA, PPSA, RCPSA, và RCPPSA).

Như được sử dụng trong bản mô tả này, "lỗ giếng" chỉ lỗ trong lớp dưới bề mặt

được tạo ra bằng cách khoan hoặc đưa một ống dẫn vào lớp dưới bề mặt. Lỗ giếng có thể có mặt cắt ngang gần giống vòng tròn, hoặc các hình dạng mặt cắt ngang khác. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "giếng", khi chỉ lỗ trong vỉa có thể được sử dụng thay thế với thuật ngữ "lỗ giếng".

Mô tả các phương án cụ thể được chọn

Sáng chế được mô tả trong bản mô tả này kết hợp với các phương án cụ thể nhất định. Tuy nhiên, khi bản mô tả chi tiết dưới đây được nêu cụ thể ở một phương án cụ thể hoặc sự sử dụng cụ thể thì mục đích của việc này chỉ mang tính minh họa và không được coi là làm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Sáng chế hướng đến các quy trình hấp phụ dao động áp suất mới để loại bỏ các thành phần khí không mong muốn từ dòng khí hydrocacbon. Các thành phần này bao gồm, ví dụ CO_2 , H_2S , H_2O , các hydrocacbon nặng, các chất hữu cơ dễ bay hơi (volatile organic compounds - VOC's), mercaptan hoặc các hỗn hợp của chúng. Các thành phần này là các tạp chất trong hỗn hợp khí tự nhiên.

Quy trình của sáng chế có thể được hiểu tốt hơn khi tham khảo các hình vẽ về quy trình này. Thứ nhất, Fig.1 là hình tổng thể của bình hấp phụ dao động áp suất 100. Bình 100 là bình có bình tiếp xúc, hoặc "bộ tiếp xúc", mà hoạt động để nhận hỗn hợp khí tự nhiên, và tách hỗn hợp thành ít nhất hai thành phần gần như tinh khiết. Một trong số các thành phần này là CH_4 , hoặc metan.

Thành phần của dòng khí tự nhiên từ nguồn cung cấp của lớp dưới bề mặt (khí tự nhiên thô) sẽ thay đổi theo khu vực. Các ví dụ không giới hạn của các thành phần mà có thể bao gồm dòng khí tự nhiên thô bao gồm nước, chất ngưng tụ (chất hữu cơ trọng lượng phân tử lớn hơn), metan, etan, propan, butan, CO_2 , N_2 , He, H_2S , Hg, và mercaptan. Nước và các chất ngưng tụ thường được loại bỏ trước khi khí tự nhiên được dẫn vào trong bình 100, và các chất ngưng tụ được đưa đến nhà máy tinh chế dầu mỏ.

Bình 100 có thân kéo dài chứa áp suất. Bình 100 bao gồm vỏ hộp 105. Tốt hơn là, vỏ hộp 105 được sản xuất từ sắt hoặc thép. Trong sơ đồ bố trí của Fig.1, bình 100 được minh họa trong hướng gần như nằm ngang. Tuy nhiên, bình 100 có thể được hoạt động theo cách khác theo hướng thẳng đứng. Trong một trong số hai trường hợp này, bình 100 có thể bao gồm các chân đỡ hoặc đệm 115.

Bình 100 có thể hoạt động tại các áp suất cao để thích hợp với các áp suất đầu nạp khi xử lý khí tự nhiên. Ví dụ, áp suất đầu vào có thể vượt quá 1378,96kPa (200psig), và thường xuyên hơn có thể lớn hơn khoảng 6894,8kPa (1000psig), hoặc thậm chí 20684,4kPa (3000psig). Để kiểm soát áp suất trong, bình 100 bao gồm áp kế hoặc các thiết bị kiểm soát áp suất khác. Áp kế điển hình được thể hiện tại 150 trong Fig.1. Tất nhiên, phải hiểu rằng các thiết bị kiểm soát áp suất hiện đại hoạt động chủ yếu là các hệ thống số mà tương tác với van, đồng hồ, và phần mềm điều khiển hoạt động.

Bình 100 có đầu thứ nhất được thể hiện tại 102, và đầu thứ hai được thể hiện tại 104. Đầu nạp khí 110 được cung cấp tại đầu thứ nhất 102, trong khi đó đầu xả khí thứ nhất 130 được cung cấp tại đầu thứ hai 104. Tùy ý, đầu xả khí thứ hai 120 được cung cấp giữa đầu thứ nhất 102 và đầu thứ hai 104, hoặc giữa đầu nạp khí 110 và đầu xả khí thứ nhất 130.

Khi hoạt động, bình 100 đóng vai trò là bộ cắt phân đoạn động lực, hoặc bộ tiếp xúc hấp phụ. Hỗn hợp khí tự nhiên, hoặc Dòng khí nạp, được đưa vào bình 100 qua đầu nạp khí 110. Mũi tên "I" chỉ dòng chất lưu vào trong bình 100. Khí tự nhiên được tiếp xúc ở bên trong bình 100 bởi tầng hấp phụ (không được thể hiện trong Fig.1). Tầng hấp phụ sử dụng sự hấp phụ động lực để thu giữ tạp chất. Đồng thời, tầng hấp phụ giải phóng dòng sản phẩm khí tự nhiên qua đầu xả khí thứ nhất 130. Trong cách bố trí này, dòng sản phẩm chứa ít nhất 95% thể tích metan. Dòng lưu thông của dòng sản phẩm khí tự nhiên từ bình 100 được thể hiện tại mũi tên O₁.

Phải hiểu rằng, bình 100 là một phần của bộ phân tách khí lớn hơn (không được thể hiện). Bộ phân tách khí sẽ bao gồm van, bình và áp kế khi cần thiết để thực hiện tái sinh tầng hấp phụ và thu giữ các thành phần khí đã tách ra. Sự tái sinh được thực hiện bằng cách sử dụng kỹ thuật hấp phụ dao động áp suất. Tốt hơn nữa là, sự tái sinh được thực hiện bằng cách sử dụng kỹ thuật PSA tuần hoàn nhanh.

Fig.6 là một phần của bình hấp phụ dao động áp suất 600A như có thể được sử dụng trong các quy trình của sáng chế, đối với PSA chu kỳ nhanh. Ở đây, van quay được cung cấp để tuần hoàn nhanh hỗn hợp khí tự nhiên. Hỗn hợp khí tự nhiên được thể hiện đi vào bình 600A tại mũi tên I.

Hệ thống van bao gồm thứ nhất ống góp quay 610. Ống góp quay gần đầu thứ nhất 602 của bình 600A. Hệ thống van còn bao gồm kênh dòng nạp 620. Ở đây, kênh

dòng nạp 620 quay đối với ống góp 610.

Fig.6B thể hiện một phần của bình hấp phụ dao động áp suất thứ hai 600B như có thể được sử dụng trong các quy trình của sáng chế, đối với PSA chu kỳ nhanh. Ở đây, hệ van không xoay được cung cấp cùng với hệ van xoay để tuần hoàn nhanh hỗn hợp khí tự nhiên.

Hệ van lại gồm ống góp quay 610. Ống góp quay gần đầu thứ nhất 602 của bình 600B. Hệ van còn bao gồm kênh dòng nạp 620. Ở đây, kênh dòng nạp 620 chuyển động qua lại đối với ống góp 610.

Giao diện của hệ thống van được thể hiện trong Fig.6A và 6B mang tính minh họa. Phải hiểu rằng các cách kết hợp khác nhau của ống dẫn quay và không quay và các ống góp có thể được sử dụng. Hơn nữa, hệ thống van có thể được kéo dài để ứng dụng cho nhiều ống góp của bình để thực hiện chu trình hoàn thiện.

Bình 100 và bình 600A, 600B sử dụng tầng hấp phụ để thu giữ tạp chất trên bề mặt của vật liệu hấp phụ vi lỗ và dọc theo các khoảng trống lỗ bên trong đó. Fig.2A là hình tổng thể của tầng hấp phụ 200 theo phương án không được bảo hộ. Ở đây, tầng hấp phụ minh họa 200 có vòng hấp phụ hình tròn 205. Vòng hấp phụ 205 được định kích thước để vừa với đường kính trong của khoang 105 của bình 100 của Fig.1.

Bên trong vòng hấp phụ 205 là nhiều cần hấp phụ 215. Cần hấp phụ 215 gần như chạy dọc theo chiều dài của tầng hấp phụ 200. Điều này có nghĩa là các cần 215 về cơ bản chạy từ đầu thứ nhất 102 đến đầu thứ hai 104 của bình 100. Kênh dòng chảy 210 được cung cấp giữa các cần hấp phụ 215.

Vòng hấp phụ 205 và cần hấp phụ 215 được sản xuất từ vật liệu mà ưu tiên hấp phụ khí không mong muốn. Khí không mong muốn có thể là CO_2 , H_2S , mercaptan, các hydrocacbon nặng, trong pha khí, hoặc hỗn hợp của chúng.

Vật liệu hấp phụ được chọn từ zeolit 8 vòng có tỷ lệ Si:Al từ khoảng 1:1 đến khoảng 1000:1, hoặc tốt hơn là từ khoảng 10:1 đến khoảng 500:1, hoặc tốt hơn nữa là từ khoảng 50:1 đến khoảng 300:1. Thuật ngữ “tỷ lệ Si:Al” như được sử dụng trong bản mô tả này có nghĩa là tỷ lệ mol giữa silic oxit và nhôm oxit của cấu trúc zeolit. Các zeolit 8 vòng được ưu tiên hơn để thu giữ khí chua bao gồm DDR, Sigam-1 và ZSM-58. Vật liệu zeolit có kích thước lỗ phù hợp để loại bỏ các hydrocacbon nặng bao gồm MFI, faujasit, MCM-41, và Beta. Tốt hơn nữa là tỷ lệ Si:Al của các zeolit sử dụng để

loại bỏ hydrocacbon nặng là từ khoảng 20:1 đến khoảng 1000:1 và tốt hơn nữa là từ khoảng 200:1 đến khoảng 1000:1 để ngăn hiện tượng tắc nghẽn quá mức của chất hấp phụ.

Khi Dòng nạp đã khử nước chứa hydro sulfua, có thể thuận lợi cho việc bảo chế chất hấp phụ với các bào chế stannosilicat. Đặc biệt, zeolit 8 vòng có thể được sản xuất với các stannosilicat. Tính chọn lọc động lực của nhóm vật liệu 8 vòng này cho phép H_2S được truyền nhanh chóng vào trong các tinh thể zeolit mặc dù cản trở sự vận chuyển của metan. Điều này tăng cường sự tách chọn lọc H_2S từ hỗn hợp của H_2S và metan.

Zeolit có thể tồn tại trong vòng hấp phụ 205 và cần hấp phụ 215 ở dạng thích hợp bất kỳ. Ví dụ, vật liệu zeolit có thể ở dạng hạt được đóng gói để tạo thành vật liệu hấp phụ. Các hạt chất hấp phụ hoặc cốt liệu, cho các quy trình hấp phụ dao động đã được biết đến trong tình trạng kỹ thuật và có thể có hình dạng thích hợp bất kỳ, bao gồm hình cầu hoặc không đều. Cốt liệu hấp phụ có thể được tạo thành bằng cách dính các tinh thể zeolit vi lỗ cùng với vật liệu liên kết. Các vi lỗ tồn tại nhờ cấu trúc tinh thể của zeolit, trong trường hợp này, tốt hơn là zeolit 8 vòng. Vật liệu liên kết thường là vật liệu đặc mà không có đặc tính hấp phụ, nhưng được sử dụng để liên kết các tinh thể zeolit. Để hoạt động một cách hiệu quả, cỡ của các hạt chất liên kết phải nhỏ hơn cỡ của các tinh thể zeolit riêng lẻ.

Trong suốt quy trình hấp phụ dao động áp suất, dòng nạp "I" sẽ được phun vào trong bộ tiếp xúc 100 và sẽ được đi qua vật liệu hấp phụ. Tốt hơn là, vật liệu hấp phụ là vật liệu zeolit 8 vòng. Zeolit 8 vòng cho phép CO_2 (hoặc thành phần khí chua khác) tiếp cận cấu trúc lỗ bên trong qua cửa sổ 8 vòng theo cách sao cho hệ số khuếch tán thành phần đơn của CO_2 và metan (tức là, D_{CO_2} / D_{CH_4}) lớn hơn 5, tốt hơn là lớn hơn khoảng 10, và tốt hơn là lớn hơn khoảng 50, và thậm chí tốt hơn nữa là lớn hơn 100. Khi Dòng nạp liệu chứa H_2S , zeolit 8 vòng cho phép H_2S tiếp cận cấu trúc lỗ bên trong qua cửa sổ 8 vòng theo cách sao cho hệ số khuếch tán thành phần đơn của H_2S và metan (tức là, D_{H_2S} / D_{CH_4}) lớn hơn 5, tốt hơn là lớn hơn khoảng 20, và tốt hơn nữa là lớn hơn khoảng 50, và thậm chí tốt hơn nữa là lớn hơn 100.

Hệ số khuếch tán thành phần đơn được lấy làm hệ số khuếch tán vận chuyển; hệ số này được đo đối với khí tinh khiết trong chế độ định luật Henry về đường đẳng nhiệt hấp phụ. Sự nạp các phân tử trong zeolit thấp trong chế độ định luật Henry và

trong chế độ này hệ số khuếch tán Fickian và Stephan-Maxwell gần bằng nhau. Toán học hỗ trợ phép phân tích hệ số khuếch tán được mô tả đầy đủ hơn dưới đây.

Trong số cách thực hiện không yêu cầu bảo hộ của tầng hấp phụ 200, vật liệu từ tính có thể được kết hợp vào trong các cần hấp phụ 215. Ví dụ, mỗi cần 215 có thể có lỗ khoan bên trong, và vật liệu từ tính có thể được đặt dọc theo lỗ khoan bên trong. Sau đó, cần 215 chịu từ trường hoặc điện từ trường trong quá trình nạp. Từ trường khiến các cần 215 đẩy nhau, từ đó đảm bảo khoảng cách đồng đều giữa các cần 215. Sự nạp đồng đều của các cần 215 đặc biệt quan trọng đối với các quy trình hấp phụ động lực và có chu kỳ nhanh, vì vậy các thành phần khí ưu tiên không được dẫn qua một kênh lưu thông 210 so với kênh khác.

Trong một khía cạnh, từ trường hoặc điện từ trường được sử dụng trong suốt mỗi chu kỳ nạp chất hấp phụ. Điều này trợ giúp sự tách ra của các cần 215. Sự sử dụng từ trường có thể còn cung cấp định hướng đồng nhất của vật liệu zeolit. Tùy ý, từ trường có thể được dùng trong chính các chu trình.

Trở lại Fig.2A, bên trong vòng hấp phụ hình vòng 205 và ở giữa các cần hấp phụ 215 là nhiều kênh dòng chảy. Kênh dòng chảy được thấy tại 210. Kênh dòng chảy 210 xác định các kênh dòng chảy chính mà chảy dọc theo trục chính của tầng hấp phụ 200.

Kênh dòng chảy 210 tạo ra loại bộ tiếp xúc hấp phụ có cấu trúc được gọi là "bộ tiếp xúc kênh song song". Bộ tiếp xúc kênh song song là bộ nhỏ của các bộ tiếp xúc hấp phụ bao gồm các chất hấp phụ (được thiết kế) có cấu trúc trong đó các kênh dòng chảy về cơ bản song song được kết hợp vào cấu trúc chất hấp phụ. Kênh dòng chảy 210 có thể được tạo thành bằng nhiều cách, một số chúng được mô tả trong Công bố patent Mỹ số 2008/0282887 có tên là "Removal of CO₂, N₂, and H₂S from Gas Mixtures Containing Same,".

Vật liệu hấp phụ tạo thành vòng hình tròn 205 và cần 215 có "tính chọn lọc động lực" đối với hai hoặc nhiều thành phần khí. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "tính chọn lọc động lực" được định nghĩa là tỷ lệ giữa các hệ số khuếch tán thành phần đơn, D (trong m²/giây), đối với hai loại khác nhau. Hệ số khuếch tán thành phần đơn còn được gọi là hệ số khuếch tán vận chuyển Stefan-Maxwell mà được đo cho chất hấp phụ đã cho đối với thành phần khí tinh khiết đã cho. Do đó, ví dụ, tính chọn lọc động lực đối với một chất hấp phụ cụ thể cho thành phần A đối với thành

phần B sẽ bằng D_A / D_B .

Hệ số khuếch tán một thành phần đối với vật liệu có thể được xác định bằng các thử nghiệm đã biết trong lĩnh vực vật liệu hấp phụ. Phương pháp được ưu tiên để đo hệ số khuếch đại động lực là bằng kỹ thuật đáp ứng tần số được mô tả bởi Reyes và cộng sự trong "Frequency Modulation Methods for Diffusion and Adsorption Measurements in Porous Solids," J. Phys. Chem. B. 101, các trang 614-622 (1997). Trong quy trình tách có kiểm soát động lực đối với bình 100, ưu tiên tính chọn lọc động lực (tức là D_A / D_B) của chất hấp phụ được chọn đối với thành phần thứ nhất (ví dụ, CO_2) so với thành phần thứ hai (ví dụ, metan) lớn hơn 5.

Thuật ngữ "tính chọn lọc" như được sử dụng trong bản mô tả này dựa trên sự so sánh nhị phân của các thành phần trong dòng nạp liệu và tổng số mol của các thành phần này được hấp phụ bởi chất hấp phụ cụ thể trong suốt bước hấp phụ của chu kỳ công nghệ dưới điều kiện hoạt động hệ thống đặc trưng và thành phần dòng nạp liệu. Đối với dòng nạp liệu chứa thành phần A, thành phần B, và tùy ý thành phần khác, chất hấp phụ mà có "tính chọn lọc" đối với thành phần A lớn hơn so với thành phần B tại cuối bước hấp phụ của chu kỳ công nghệ hấp phụ dao động sẽ có tỷ số:

$$U_A = (\text{tổng mol của A trong chất hấp phụ}) / (\text{nồng độ mol của A trong dòng nạp liệu})$$

mà lớn hơn tỷ số:

$$U_B = (\text{tổng mol của B trong chất hấp phụ}) / (\text{nồng độ mol của B trong dòng nạp liệu})$$

trong đó U_A là "Chỉ số hấp phụ của thành phần A," và

U_B là "Chỉ số hấp phụ của thành phần B." và

Do đó, đối với chất hấp phụ có tính chọn lọc đối với thành phần A so với thành phần B mà lớn hơn 1:

$$\text{Tính chọn lọc} = U_A / U_B \text{ (trong đó } U_A > U_B \text{)}.$$

Giữa phép so sánh các thành phần khác nhau trong dòng nạp khí tự nhiên, thành phần với tỷ lệ nhỏ nhất của tổng mol đạt được trong chất hấp phụ với nồng độ mol trong dòng nạp là thành phần nhẹ nhất trong quy trình hấp phụ dao động. Thành phần nhẹ được lấy làm loại hoặc thành phần phân tử, mà ưu tiên được thấm hút bởi chất hấp phụ trong quy trình hấp phụ. Điều này có nghĩa là nồng độ mol của thành phần nhẹ

nhất trong dòng nạp đi ra trong suốt bước hấp phụ lớn hơn nồng độ mol của thành phần nhẹ nhất đó trong dòng nạp liệu. Trong sáng chế, bộ tiếp xúc hấp phụ 100 có tính chọn lọc đối với thành phần thứ nhất (ví dụ, CO_2) hơn thành phần thứ hai (ví dụ, metan) ít nhất 5, tốt hơn nữa là tính chọn lọc đối với thành phần thứ nhất hơn thành phần thứ hai ít nhất 10, và tốt hơn nữa là đối với thành phần thứ nhất hơn thành phần thứ hai ít nhất 25.

Lưu ý rằng có thể loại bỏ hai hoặc nhiều tạp chất đồng thời; tuy nhiên, để thuận tiện thành phần hoặc các thành phần này mà được loại bỏ bằng sự hấp phụ chọn lọc hầu hết sẽ được đề cập đến trong bản mô tả này là tạp chất đơn hoặc thành phần nặng.

Sự thu hồi thành phần nhẹ cũng có thể được đặc trưng bởi lưu lượng tương đối. Do đó, sự thu hồi metan có thể được xác định là lưu lượng mol được tính trung bình theo thời gian của metan trong dòng sản phẩm (được thể hiện tại O_1 trong đầu xả thứ nhất 130) chia cho lưu lượng mol được tính trung bình theo thời gian của metan trong dòng nạp liệu (được mô tả là đầu nạp khí 110). Tương tự, sự thu hồi cacbon dioxit và các thành phần nặng khác được xác định là lưu lượng mol được tính trung bình theo thời gian của các thành phần nặng trong dòng tạp chất (được thể hiện tại O_2 trong đầu xả thứ hai 120) chia cho lưu lượng mol được tính trung bình theo thời gian của thành phần nặng trong dòng nạp liệu (được mô tả là đầu nạp khí 110).

Để tăng cường hiệu quả của quy trình tách khí, sáng chế đề xuất các kênh dòng chảy phụ trong bình 100. Các kênh dòng chảy phụ làm tăng diện tích bề mặt phơi nhiễm của vật liệu hấp phụ dọc theo các cần 215.

Fig.2B cung cấp hình chiếu phóng đại của tầng hấp phụ 200 theo Fig.2A. Tầng hấp phụ 200 được cắt qua đầu xả khí thứ hai tùy ý 120. Các kênh dòng chảy chính 210 chạy qua tầng hấp phụ 200 lại được thấy. Ngoài ra, kênh dòng chảy ngang được thấy tại 220. Kênh dòng chảy ngang 220 đóng vai trò là kênh dòng chảy phụ. Kênh dòng chảy 220 được nhìn thấy một phần kéo dài vào trong tầng hấp phụ 200. Tuy nhiên, kênh dòng chảy ngang 220 có thể tùy ý kéo dài gần hết đường vòng quanh chu vi của vòng hấp phụ 205.

Trong sơ đồ bố trí của Fig.2B, chỉ một kênh dòng chảy phụ 220 được thể hiện. Tuy nhiên, tầng hấp phụ 200 có thể có nhiều kênh dòng chảy phụ 220. Chúng có thể tùy ý được góp cùng với dòng chảy hội tụ trên đầu xả khí thứ hai 120.

Fig.2C là hình chiếu mặt cắt ngang theo chiều dọc của tầng hấp phụ 200 theo

Fig.2A. Hình này được cắt qua đường C-C của Fig.2A. Các cần hấp phụ dọc 215 được nhìn thấy trong Fig.2C. Ngoài ra, các kênh dòng chảy chính 210 có thể nhìn thấy giữa các cần 215.

Chuỗi bề mặt có bậc 225 được thấy dọc theo các cần hấp phụ 215. Bề mặt có bậc 225 còn đóng vai trò làm kênh dòng chảy phụ. Thay cho bề mặt có bậc 225, bề mặt 225 có thể là bề mặt hình elip hoặc xoắn ốc. Trong sơ đồ bố trí bất kỳ, bề mặt có bậc 225 có thể được sử dụng ngoài hoặc thay cho kênh ngang 220 để làm tăng diện tích bề mặt và cải thiện tính chọn lọc động lực mà không cần bộ truyền nhiệt lớn và đắt tiền.

Kênh dòng chảy chính 210 và kênh dòng chảy phụ 220, 225 cung cấp đường đi trong bộ tiếp xúc 200 mà khí có thể lưu thông qua đó. Thông thường, kênh dòng chảy 210, 220, 225 tạo ra sức cản dòng chảy tương đối thấp kết hợp với diện tích bề mặt tương đối cao. Chiều dài của kênh dòng chảy phải đủ để cung cấp vùng truyền khối mong muốn, mà, ít nhất là hàm của vận tốc chất lưu và tỷ lệ giữa diện tích bề mặt và thể tích kênh.

Các kênh dòng chảy 210, 220, 225 tốt hơn là được tạo kết cấu để giảm thiểu sự sụt áp trong bình 100. Do đó, giảm thiểu hoặc tránh được đường dòng chảy quanh co. Nếu xảy ra sụt áp quá nhiệt qua tầng 200, thì không dễ dàng đạt được tần số tuần hoàn cao hơn, ví dụ theo trình tự lớn hơn 100cpm. Ngoài ra, ưu tiên là các cần 215 được đặt cách đều nhau để tạo ra mức độ đồng đều kênh.

Trong một khía cạnh, các kênh dòng chảy 210 thường được phân chia để có ít hoặc không có dòng chảy chéo. Trong trường hợp này, phân đoạn dòng chất lưu đi vào kênh 210 tại đầu thứ nhất 102 của bộ tiếp xúc 100 không thông nhiều với phân đoạn chất lưu khác đi vào kênh khác 210 tại đầu thứ nhất 102 cho đến khi các phân đoạn tái kết hợp sau khi đi ra tại đầu thứ hai 104. Trong sơ đồ bố trí này, thể tích của các kênh dòng chảy chính 210 gần như bằng nhau để đảm bảo rằng tất cả các kênh 210 đều được sử dụng hoàn toàn, và rằng vùng truyền chất được xác định bởi thể tích bên trong của bình tiếp xúc 100 gần như được chứa bằng nhau.

Kích thước của các kênh dòng chảy 210 có thể được tính toán xét đến mức sụt áp dọc theo bình tiếp xúc 100. Ưu tiên là kênh dòng chảy 210 có khe kênh với kích thước từ khoảng 5 đến khoảng 1000micron, tốt hơn là từ khoảng 50 đến khoảng 250micron. Như được sử dụng trong bản mô tả này, "khe kênh" của kênh dòng chảy

210 được xác định là chiều dài của đường thẳng qua kích thước tối thiểu của kênh dòng chảy 210 như được thấy trực giao với đường dòng chảy. Ví dụ, nếu kênh dòng chảy 210 có tiết diện là hình tròn thì khe kênh là đường kính trong của hình tròn đó. Tuy nhiên, nếu khe kênh có tiết diện là hình chữ nhật thì khe dòng chảy là khoảng cách của đường thẳng vuông góc và nối với hai cạnh dài nhất của hình chữ nhật (tức là, chiều dài của cạnh nhỏ nhất của hình chữ nhật).

Phải lưu ý rằng các kênh dòng chảy chính 210 có thể có hình dạng tiết diện hoặc biên dạng hình học bất kỳ. Trong các Fig.2A và 2B, kênh dòng chảy chính 210 có dạng hình sao. Không kể đến hình dạng, ưu tiên tỷ lệ giữa thể tích của vật liệu hấp phụ và thể tích của kênh dòng chảy trong bộ tiếp xúc hấp phụ 100 là từ khoảng 0,5:1 đến khoảng 100:1, và tốt hơn nữa là từ khoảng 1:1 đến khoảng 50:1.

Trong một số ứng dụng dao động áp suất, cụ thể với các ứng dụng RCPSA, các kênh dòng chảy được tạo thành khi các tấm hấp phụ được cán mỏng cùng nhau. Các kênh dòng chảy bên trong các tấm sẽ chứa miếng đệm hoặc lưới mà hoạt động như miếng đệm. Các kênh dòng chảy bên trong các tấm sẽ chứa miếng đệm hoặc lưới mà có tác dụng như miếng đệm. Do đó, các tấm nhiều lớp không thích hợp trong bộ tiếp xúc 100 và các quy trình liên quan.

Thay cho các tấm nhiều lớp, nhiều kênh dòng chảy phụ nhỏ, ngang có thể được gia công qua các cần hấp phụ. Fig.3 là hình tổng thể của tầng hấp phụ 300 cho bình hấp phụ dao động áp suất của Fig.1, trong cách bố trí cải biến. Tầng hấp phụ 300 có vòng hấp phụ bên ngoài 305. Vòng hấp phụ bên ngoài 305 được định cỡ để vừa với đường kính trong của khoang 105 của bình 100 của Fig.1.

Kênh dòng chảy chính 310 được cung cấp ở bên trong vật liệu hấp phụ 315. Kênh dòng chảy chính 310 được tạo thành dọc theo trục chính của tầng hấp phụ 300. Tuy nhiên, để tăng thêm diện tích bề mặt dọc theo các cần hấp phụ, các kênh ngang nhỏ 320 được tạo thành qua vật liệu nguyên khối 315. Các kênh này đóng vai trò là các kênh dòng chảy phụ 320.

Kênh dòng chảy phụ 320 có thể là các kênh hình ống rất nhỏ, có đường kính nhỏ hơn khoảng 25micron. Các kênh dòng chảy phụ 320 không quá lớn để hoàn toàn là cần hấp phụ 315. Theo cách này, không cần các miếng đệm đỡ.

Kênh dòng chảy phụ 320 tạo thuận lợi cho sự cân bằng áp suất giữa các kênh dòng chảy chính 310. Năng suất và độ tinh khiết của khí có thể bị ảnh hưởng nếu có sự

không nhất quán kênh quá mức. Trong khía cạnh này, nếu một kênh dòng chảy lớn hơn kênh dòng chảy liền kề hoặc nhận nhiều dòng khí hơn kênh khác, có thể xảy ra chọc thủng sản phẩm sớm. Điều này lại dẫn đến giảm tính tinh khiết của khí sản phẩm xuống mức tinh khiết không thể chấp nhận được. Hơn nữa, các thiết bị hoạt động tại các tần số chu kỳ lớn hơn khoảng 50 chu kỳ trên phút (cpm) cần tính đồng đều kênh dòng chảy lớn hơn và sự sụt áp ít hơn các thiết bị hoạt động tại chu kỳ trên phút thấp hơn.

Bây giờ quay trở lại các Fig.1 và 2, bình 100 trong Fig.1 là một xi lanh, và các cần hấp phụ 215 ở trong đó là các chi tiết hình ống. Tuy nhiên, các hình dạng khác có thể được sử dụng mà thích hợp để sử dụng trong thiết bị xử lý hấp phụ. Ví dụ không giới hạn về cách bố trí bình bao gồm các đá nguyên khối có hình dạng có nhiều kênh gần song song kéo dài từ một đầu của đá nguyên khối đến đầu kia; nhiều chi tiết ống; lớp xếp chồng của các tấm hấp phụ với các miếng đệm nằm giữa mỗi tấm; các cuộn xoắn ốc nhiều lớp hoặc bó sợi rỗng, cũng như các bó sợi rắn về cơ bản song song.

Fig.4 là hình chiếu mặt cắt ngang của bình hấp phụ dao động áp suất 400, trong cách bố trí thay thế và không yêu cầu bảo hộ. Trong cách bố trí này, bình 400 có hình bán nguyệt. Bình 400 xác định thân chứa áp suất kéo dài. Bình 400 bao gồm vỏ hộp 401. Tốt hơn là, vỏ hộp 401 được sản xuất từ sắt hoặc thép.

Bình 400 có đầu thứ nhất được thể hiện tại 402, và đầu thứ hai được thể hiện tại 404. Đầu nạp khí 410 được cung cấp tại đầu thứ nhất 402, trong khi đó đầu xả khí thứ nhất 430 được cung cấp tại đầu thứ hai 404. Tùy ý, đầu xả khí thứ hai 420 được cung cấp giữa đầu thứ nhất 402 và đầu thứ hai 404, hoặc giữa đầu nạp khí 410 và đầu xả khí thứ nhất 430.

Nhiều cần hấp phụ 415 được cung cấp dọc theo trục chính của bình 400. Nói một cách khác, các cần 415 (hoặc các sợi) phù hợp với hình dạng cong của bình 400. Tốt hơn là, vòng hấp phụ 405 cũng được cung cấp bên trong bình 400 và dọc theo bề mặt bên trong của nó. Giữa các cần hấp phụ 415 là các kênh dòng chảy chính 450. Dòng khí thô đã khử nước chảy qua các kênh dòng chảy chính 450 để tách khí.

Trong Fig.4, năm cần hấp phụ 415 được thể hiện; tuy nhiên, phải hiểu rằng bình 400 sẽ chứa 10 hoặc thậm chí vài nghìn cần nhỏ 415. Các kênh dòng chảy chính 450 giữa các cần 415 tốt hơn là có đường kính từ 50 đến 100micron.

Phải nhận biết rằng với cách bố trí theo Fig.4, các ống góp song song riêng rẽ

của các cổng để phân cách với giao diện của hệ thống van (ví dụ giao diện của hệ thống van quay hoặc không quay) có thể được sắp xếp trên cả hai phía của nhiều giá đỡ hấp phụ, do đó cho phép chu kỳ được phân phối đến vật liệu hấp phụ mà không sử dụng các ống nổi rỗng mà tạo ra thể tích chết. Cũng phải hiểu rằng vị trí của các kênh dòng chảy 450 và các cần 415 có thể được đảo ngược, như được thể hiện trong Fig.3.

Trong bình 400 của Fig.4, các kênh dòng chảy phụ cũng được cung cấp. Chúng có thể theo kênh ngang 220 của Fig.2B, bề mặt có bậc (hoặc xoắn ốc) 225 của Fig.2C, hoặc cả hai. Trong một trong hai cách bố trí này, vật liệu hấp phụ có thể được phủ lên trên bình 200/400 và các cần 215/415. Theo cách khác, các cần 215/415 có thể được tạo thành trực tiếp từ vật liệu hấp phụ với chất liên kết thích hợp. Ví dụ về hình dạng hình học được tạo thành trực tiếp từ chất hấp phụ cộng với chất liên kết sẽ là ép đùn của composit zeolit/polyme thành dạng nguyên khối. Ví dụ khác về hình dạng hình học được tạo thành trực tiếp từ chất hấp phụ sẽ là các sợi rỗng được ép đùn hoặc quay sợi làm từ composit zeolit/polyme.

Trong quy trình hấp phụ dao động áp suất được ưu tiên, hỗn hợp khí được chuyển qua tầng hấp phụ thứ nhất trong bình thứ nhất. Dòng sản phẩm được làm giàu thành phần nhẹ nổi lên từ tầng đã cạn, trong khi đó tạp chất, hoặc thành phần nặng vẫn được hấp phụ trong tầng. Sau khoảng thời gian xác định trước, hoặc theo cách khác, khi quan sát thấy sự phá vỡ của tạp chất hoặc thành phần nặng, dòng hỗn hợp khí được chuyển sang tầng hấp phụ thứ hai trong bình thứ hai để tiếp tục tinh chế. Trong khi tầng thứ hai đang hoạt động hấp phụ, tạp chất được hấp phụ, hoặc thành phần nặng được loại bỏ từ tầng hấp phụ thứ nhất bằng sự giảm áp suất. Trong một số phương án, sự giảm áp xuất kèm theo dòng khí ngược để hỗ trợ giải hấp phụ thành phần nặng. Khi áp suất trong bình giảm, thành phần nặng được hấp phụ trước đó trong tầng được giải hấp phụ tăng dần thành dòng sản phẩm được làm giàu thành phần nặng. Khi sự hấp phụ hoàn thành, tầng hấp phụ có thể được xả khí với dòng khí trơ như nitơ hoặc dòng khí xử lý đã tinh lọc.

Sau khi tầng thứ nhất được tái sinh để sẵn sàng lại cho hoạt động hấp phụ, dòng hỗn hợp khí được chuyển từ tầng thứ hai sang tầng thứ nhất, và tầng thứ hai được tái sinh. Tổng thời gian chu kỳ là khoảng thời gian từ khi hỗn hợp khí lần đầu tiên được dẫn đến tầng thứ nhất trong chu kỳ thứ nhất đến thời gian khi hỗn hợp khí lần đầu tiên

được dẫn đến tầng thứ nhất ngay sau đó, tức là, sau khi tái sinh tầng thứ nhất. Sự sử dụng bình thứ ba, thứ tư, thứ năm, vân vân ngoài bình thứ hai có thể có tác dụng làm tăng thời gian chu kỳ khi thời gian chu kỳ hấp phụ ngắn hơn thời gian chu kỳ để giải hấp phụ và xả khí cho tầng.

Để minh họa sự sử dụng bình tiếp xúc 100, các ví dụ được thể hiện dựa trên mô hình quy trình hấp phụ dao động áp suất chu kỳ nhanh động lực (RCPSA). Mô hình này được gọi là Trạng thái ổn định ngược dòng liên tục (CCS). Trong các ví dụ, dòng nạp liệu chứa hydro, metan, và cacbon dioxit được đưa vào trong bình ảo. Sau đó, hai dòng sản phẩm riêng rẽ được giải phóng - một dòng sản phẩm là Dòng sản phẩm (1) sau khi nạp chất hấp phụ, và một dòng là Dòng sản phẩm (2) sau khi xả khí.

Mô hình CCS cho phép xác định thành phần của các Dòng sản phẩm đã tách ra rời khỏi bộ RCPSA khi quy trình đạt đến trạng thái ổn định chu kỳ. Sự biểu diễn CCS dựa vào quan sát tại trạng thái định kỳ, RCPSA tạo ra thành phần cố định (tức là tinh khiết) của các sản phẩm. Qua chu kỳ bất kỳ, sự nạp liệu (tức là vật liệu được hấp phụ) trên tầng hấp phụ dao động giữa hai giới hạn cố định đối với Dòng sản phẩm. Mô phỏng CCS tính biên dạng trực trạng thái định kỳ và thành phần của sản phẩm, là lời giải của phương trình vi phân đồng thời. Mô hình được bàn luận trong tài liệu kỹ thuật, ví dụ trong M. Suzuki, AIChE Symposium Ser. 81 (242) p. 67, (1985); và Farooq và Ruthven, AIChE J., 36 (2) p. 310, (1990).

Bằng cách sử dụng phương pháp này, các ví dụ về tách khí thành phần được thể hiện sau đây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Phương pháp tách động lực bằng cách sử dụng PSA dao động không nhiệt (tức là, không có bước nhiệt) lần đầu tiên được thể hiện trong Bảng 1. Quy trình tách giúp thu hồi CO₂ và CH₄ ở mức độ tinh khiết cao từ Dòng nạp liệu chứa CO₂, CH₄ và H₂.

Trong quy trình này, Dòng nạp liệu chứa 25% thể tích CO₂, 72% CH₄, và 3,0% H₂ còn lại. Các thành phần được tách ra bởi quy trình tách động lực trên vật liệu hấp phụ như sàng phân tử cacbon Takeda 3A. Trong suốt quy trình hấp phụ, cacbon dioxit được hấp phụ lên trên sàng phân tử, trong khi metan và hydro được giải phóng là sản phẩm thứ nhất.

Như có thể thấy trong Bảng 1, sản phẩm thứ nhất, được thể hiện tại Dòng sản phẩm (1), chứa 95,08% CH₄. Đây là dòng có độ tinh khiết cao. Sản phẩm thứ hai, được thể hiện tại Dòng sản phẩm (2), được thu hồi trong suốt chu kỳ lọc. Dòng sản phẩm (2) chứa 99,76% thể tích CO₂. Đây cũng là dòng có độ tinh khiết cao.

Bảng 1

% mol	Dòng nạp liệu	Dòng sản phẩm (1)	Dòng sản phẩm (2)
H ₂	3,0	3,96	0,00
CH ₄	72,0	95,08	0,24
CO ₂	25,0	0,95	99,76

Ví dụ về phương pháp cất phân đoạn RCPSA động lực với các sản phẩm có độ tinh khiết cao

Độ tinh khiết và mức thu hồi thể hiện trong Bảng 1 có thể so sánh với độ tinh khiết và mức thu hồi đạt được theo giải pháp của Urano và cộng sự, được bộc lộ trong EP 0426937 năm 1991. Patent châu Âu này của chủ đơn Saibo Gas Co., Ltd. và Mitsubishi Petrochemical Engineering Co., Ltd. Urano và cộng sự yêu cầu bảo hộ quy trình tách sau đây:

Bảng 2 (EP 0426937)

mol %	Dòng nạp liệu	Dòng sản phẩm (1)	Dòng sản phẩm (2)
H ₂	2,7	3,61	0,00
CH ₄	72,1	96,05	1,03
CO ₂	25,2	0,34	98,97

Tuy nhiên, Urano và cộng sự dựa vào bước nhiệt. Ngược lại, quy trình hiện tại, sử dụng động lực chu kỳ nhanh, có thể cung cấp sự tách về cơ bản tương tự mà không sử dụng dao động nhiệt trong suốt quá trình tái sinh. Theo đó, không cần bộ trao đổi nhiệt và thiết bị liên quan như Urano và cộng sự yêu cầu. Quy trình này có thể lợi dụng sự truyền khối cao hơn và tuần hoàn động lực với ít thiết bị hơn.

Ví dụ 2

Ví dụ thứ hai của quy trình tách thành phần khí cũng được đưa ra trong bản mô

tả này. Trong ví dụ bổ sung này, phương pháp tách động lực bằng cách sử dụng PSA dao động không nhiệt (tức là, không có bước nhiệt) lại được đưa ra, với các kết quả được thể hiện trong Bảng 3. Quy trình tách giúp thu hồi CO₂ và CH₄ ở mức độ tinh khiết cao từ Dòng nạp liệu chứa CO₂, CH₄ và H₂.

Trong quy trình này, Dòng nạp liệu chứa 50,0 % thể tích CO₂, 48,5 % CH₄, và 1,5% H₂ còn lại. Ở đây phải lưu ý rằng Dòng nạp liệu trong Ví dụ 2 này chứa hai lần lượng CO₂ tương đối so với Ví dụ 1. Các thành phần này lại được tách ra bởi quy trình tách động lực trên vật liệu hấp phụ như sàng phân tử cacbon Takeda 3A. Trong suốt quy trình hấp phụ, cacbon dioxit được hấp phụ lên trên sàng phân tử, trong khi metan và hydro được giải phóng là sản phẩm thứ nhất.

Sản phẩm thứ nhất, được thể hiện tại Dòng sản phẩm (1), chứa 96,04% CH₄. Đây là dòng có độ tinh khiết cao. Sản phẩm thứ hai, được thể hiện tại Dòng sản phẩm (2), được thu hồi trong suốt chu kỳ xả khí. Như được thể hiện trong Bảng 2, Dòng sản phẩm (2) chứa 99,95% vol CO₂. Đây là dòng có độ tinh khiết rất cao.

Lại một lần nữa, độ tinh khiết trong Bảng 3 tương tự như độ tinh khiết đạt được bởi Urano và cộng sự, được thể hiện trong Bảng 2. Tuy nhiên, quy trình được bộc lộ, sử dụng động lực chu kỳ nhanh, có thể tạo ra sự tách tương tự mà không sử dụng bước nhiệt và thiết bị liên quan như Urano.

Bảng 3

mol %	Dòng nạp liệu	Dòng sản phẩm (1)	Dòng sản phẩm (2)
H ₂	1,5	2,97	0,00
CH ₄	48,5	96,04	0,05
CO ₂	50,0	0,99	99,95

Ví dụ về phương pháp cất phân đoạn RCPSA động lực với nhiều sản phẩm có độ tinh khiết cao

Mô hình riêng cũng có thể được sử dụng để dự đoán sự tách thành phần và để thiết kế bộ tiếp xúc PSA. Mô hình này dựa vào đường đẳng nhiệt hấp phụ. Trong khía cạnh này, đối với các quy trình hấp phụ dao động được kiểm soát động học có thiết kế tốt, lượng thành phần nặng trong các vi lỗ của vật liệu hấp phụ có thể được tính xấp xỉ

từ đường đẳng nhiệt hấp phụ của thành phần nặng cân bằng với nồng độ pha khí của nó trong bộ tiếp xúc. Tương tự, đối với các quy trình hấp phụ dao động được kiểm soát động học có thiết kế tốt, lượng thành phần nặng trong các vi lỗ của vật liệu hấp phụ có thể được tính xấp xỉ từ đường đẳng nhiệt hấp phụ cạnh tranh của các thành phần nặng và nhẹ cân bằng với nồng độ pha khí của chúng trong bộ tiếp xúc. Các phép tính xấp xỉ này có thể thực hiện bởi vì, trong các quy trình hấp phụ dao động được thiết kế kỹ, bộ tiếp xúc cung cấp đặc điểm truyền chất giữa pha khí và pha được hấp phụ trong vi lỗ của bộ tiếp xúc.

Sự nạp liệu tối đa có thể đạt được của thành phần nặng trong các lỗ lớn hoặc thể tích tự do của bộ tiếp xúc được gọi là q_s (đơn vị cho q_s là milli-mol/m³ của vật liệu vi lỗ hoặc polyme). Tại áp suất thấp, đường đẳng nhiệt hấp phụ đối với thành phần nặng thường tuân theo Định luật Henry. Do đó, lượng thành phần nặng được hấp phụ trong vật liệu vi lỗ hoặc polyme có thể được biểu diễn là:

$$q_{\text{nặng}} = K_{\text{nặng}} P_{\text{nặng}} q_s \text{ (theo milli-mol/m}_3\text{)}$$

trong đó $K_{\text{nặng}}$ là hằng số Henry, và

$P_{\text{nặng}}$ là áp suất thành phần của thành phần nặng.

Hằng số Henry ($K_{\text{nặng}}$) phụ thuộc vào nhiệt độ, và thường xuyên thay đổi theo phương trình:

$$K_{\text{nặng}} = K_0 e^{\frac{\Delta H}{RT}} \text{ (theo pascal}^{-1}\text{)}$$

trong đó K_0 là thừa số trước hàm mũ, và

ΔH là nhiệt hấp phụ (theo jun/mol).

Để cải thiện tính chọn lọc và thu hồi cho quy trình hấp phụ dao động có kiểm soát động lực, nhiệt độ và áp suất đầu vào phải được chọn sao cho tại cuối bước hấp phụ, sự nạp liệu của thành phần nặng trong các vi lỗ gần điểm mà tại đó dòng nạp liệu được đưa vào bộ tiếp xúc phải lớn hơn $0,15q_s$ và tốt hơn là lớn hơn $0,3q_s$ và thậm chí tốt hơn là lớn hơn $0,6q_s$. Yêu cầu này đặt giới hạn thấp hơn lên áp suất đầu nạp và giới hạn tối đa lên nhiệt độ đầu nạp. Với sự nạp thành phần nặng tăng dần trong các vi lỗ của chất hấp phụ, lượng vật liệu mà được hấp phụ chọn lọc trong bộ tiếp xúc được tăng lên và lượng vật liệu mà có thể được giải phóng chọn lọc trong bước giải hấp phụ được tăng lên. Việc tăng mức độ nạp vượt qua khoảng này đáng kể làm giảm mức thu

hồi thành phần nhẹ do hệ số góc của đường đẳng nhiệt hấp phụ có xu hướng giảm theo sự tăng áp suất.

Để tối đa hóa mức thu hồi thành phần nhẹ, còn ưu tiên là gần điểm mà tại đó Dòng nạp liệu được đưa vào bộ tiếp xúc, hệ số góc của đường đẳng nhiệt giải hấp phụ đối với thành phần nặng tương đối lớn để:

$$\frac{\partial q_{\text{Nặng}}}{\partial P_{\text{Nặng}}} > \alpha K_{\text{Nặng}} q_s$$

trong đó $\alpha = 1/50$, hoặc tốt hơn nữa là $\alpha = 1/25$, hoặc thậm chí tốt hơn nữa là $\alpha = 1/8$.

Bất đẳng thức này đặt giới hạn tối đa lên áp suất đầu nạp và giới hạn tối thiểu lên nhiệt độ đầu nạp. Như vậy, các yêu cầu này xác định khoảng giới hạn (tức là, trị số cực đại và trị số cực tiểu) cho áp suất và nhiệt độ của Dòng nạp liệu trong đó mức thu hồi thành phần nhẹ được tối ưu hóa. Khoảng giới hạn này đóng vai trò quan trọng trong các quy trình tách khí tự nhiên do một số khí tự nhiên thường được tạo ra tại các áp suất nằm trong khoảng từ 1500 đến 7000psi. Các áp suất nạp liệu này thường quá cao để thuộc khoảng giới hạn thu hồi tối ưu đối với metan, mà hoạt động như thành phần nhẹ trong quy trình tách hấp phụ dao động.

Ở đây lưu ý rằng tỷ lệ khuếch tán hiệu quả, hoặc tính chọn lọc, có thể được biểu diễn theo cách tính đến cả độ khuếch tán bên trong và hệ số góc của đường đẳng nhiệt cân bằng. Hệ số góc của đường đẳng nhiệt cân bằng là:

$$\frac{\Delta q}{\Delta c}$$

trong đó Δq là mức thay đổi nạp thành phần; và

Δc là mức thay đổi nồng độ của thành phần đó; và

Hệ số góc này giống hằng số Henry tại nồng độ thành phần thấp.

Hệ số khuếch tán hiệu quả (hoặc tính chọn lọc loại 1 bởi chất hấp phụ ưu tiên so với loại 2 trong đó loại 1 là "Nặng", ví dụ CO_2 và loại 2 là "Nhẹ", ví dụ, CH_4 , có thể được suy ra với kết quả sau:

$$\frac{D1}{D2} \times \left(\frac{\text{Slope2}}{\text{Slope1}} \right)^2$$

trong đó: D1 là hệ số khuếch tán của loại Nặng;

D2 là hệ số khuếch tán của loại Nhẹ;

$\frac{D1}{D2}$ là tỷ lệ khuếch tán thực đo chênh lệch ở tỷ lệ hấp phụ đối với

các chất hấp phụ động lực đang nói tới. Giá trị này có thể theo bậc từ 100 đến 500, và có thể cao hơn nhiều.

Hệ số góc 2 là mức thay đổi nồng độ của loại Nhẹ;

Hệ số góc 1 là mức thay đổi nồng độ của loại Nặng;

Giá trị bảo toàn của tỷ lệ hệ số góc $\left(\frac{Slope2}{Slope1}\right)$ (sử dụng miền Henry điển hình), có

bậc là 0,3 đối với các chất hấp phụ động lực đang nói đến. Do đó, tính chọn lọc của bậc $100 \times 0,3 \times 0,3 = 9$. Lưu ý rằng nếu loại Nhẹ trở nên ít có xu hướng bị hấp phụ (tức là Hệ số góc 2 giảm) thì giá trị D2 của nó cũng giảm để tương ứng với sự hấp phụ thấp.

Có thể tiếp cận khoảng giới hạn thu hồi thành phần nhẹ tối ưu đối với hầu hết quy trình tách thành phần nặng (ví dụ CO₂, N₂, và H₂S) bằng cách xử lý sơ bộ khí tự nhiên với bộ giãn nở tuabin. Bộ giãn nở tuabin thu hồi năng lượng từ sự giãn nở khí. Sau đó, năng lượng được thu hồi từ sự giãn nở khí có thể được sử dụng để sản xuất điện hoặc để giúp nén lại các thành phần khí axit đã phân tách (ví dụ CO₂ hoặc H₂S) để chúng có thể được thải trong các vỉa dưới lòng đất. Vỉa dưới lòng đất mà thích hợp cho sự thải/cô lập CO₂ và H₂S bao gồm tầng ngậm nước có lớp bít kín trên cùng ngăn sự mất mát đáng kể của các thành phần khí axit được phun vào, bể dầu, bể khí, bể dầu đã cạn và bể khí đã cạn.

Thông thường, CO₂ và H₂S phải được nén lại đến áp suất lớn hơn 13789.6kPa (2000psi), và thường đến áp suất lớn hơn 34474kPa (5000psi), để phun khí axit. Do đó, có thể tái sử dụng năng lượng thu hồi từ bộ giãn nở tuabin để nén lại. Chi phí của bộ giãn nở tuabin thấp hơn tuabin chạy bằng khí sản xuất ra cùng lượng điện. Như vậy, sẽ có lợi về kinh tế khi sử dụng bộ giãn nở tuabin để thu giữ năng lượng từ sự giãn nở khí được sử dụng để xử lý khí tự nhiên đối với khoảng giới hạn thu hồi metan tối ưu. Năng lượng có thể hoặc được thu hồi bằng máy phát điện ghép trực, hoặc bằng máy nén ghép trực.

Dựa vào công nghệ mô tả trên đây và bình tiếp xúc cải tiến 100, 600A, và 600B, phương pháp 500 tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên được đề xuất trong bản mô tả này. Fig.5 là biểu đồ tiến trình thể hiện các bước của các phương pháp 500 để tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên. Phương pháp 500 sử dụng kỹ thuật hấp phụ dao động áp suất trong một hoặc nhiều bình, không có sự gia nhiệt cho bình trong suốt chu kỳ xả khí.

Như được sử dụng trong các phương pháp 500, thuật ngữ hấp phụ dao động áp suất bao gồm hấp phụ dao động áp suất truyền thống (PSA), cũng như công nghệ hấp phụ dao động áp suất thành phần hoặc hấp phụ xả khí dịch chuyển (PPSA). Các quy trình hấp phụ dao động này có thể tùy ý được tiến hành với các chu kỳ nhanh, trong trường hợp đó chúng được gọi là quy trình hấp phụ dao động áp suất chu kỳ nhanh (RCPSA), và công nghệ hấp phụ dao động áp suất thành phần chu kỳ nhanh hoặc hấp phụ xả khí dịch chuyển (RCPPSA).

Phương pháp 500 bao gồm thứ nhất dẫn hướng hỗn hợp khí tự nhiên vào bộ phân tách khí. Bộ phân tách khí này được cung cấp trong Hộp 510. Bộ phân tách khí này bao gồm ít nhất một bình hấp phụ dao động áp suất. Bình này sử dụng vật liệu hấp phụ có tính chọn lọc động lực đối với các tạp chất lớn hơn 5 so với metan. Các tạp chất có thể là CO_2 , H_2S , H_2O , các hydrocacbon nặng, các chất hữu cơ dễ bay hơi (volatile organic compounds - VOC's), hoặc các hỗn hợp của chúng.

Mỗi bình có đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất. Ngoài ra, mỗi bình có ít nhất hai kênh dòng chảy chính qua vật liệu hấp phụ. Các kênh dòng chảy chính đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất trong trạng thái nổi lỏng.

Các bình rất độc đáo trong đó chúng còn bao gồm ít nhất hai kênh dòng chảy chính qua vật liệu hấp phụ. Kênh dòng chảy phụ nổi lỏng với các kênh chính. Các kênh dòng chảy phụ làm tăng diện tích bề mặt của vật liệu hấp phụ, từ đó làm tăng khả năng hấp phụ.

Trong một số cách thực hiện, mỗi trong số ít nhất hai kênh chính được tạo thành từ và dọc theo trục chính của nhiều cần. Các cần được đặt gần cách đều nhau, cung cấp các kênh dòng chảy với thể tích dòng chảy gần đồng đều. Trong phương án này, ít nhất hai kênh dòng chảy chính được tạo thành bởi nhiều bề mặt có bậc dọc theo các cần tương ứng hoặc bởi các bề mặt xoắn ốc. Theo cách khác, ít nhất hai kênh dòng

chảy nhỏ được tạo thành bởi các kênh dòng chảy mà cắt ngang ít nhất hai kênh dòng chảy chính và đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ hai trong trạng thái nổi lòng. Tốt hơn là, ít nhất hai kênh dòng chảy phụ về cơ bản cắt ngang ít nhất hai kênh dòng chảy chính.

Phương pháp 500 còn bao gồm đặt ít nhất một bình dưới áp suất để khiến các tạp chất trong hỗn hợp khí tự nhiên được hấp phụ lên trên vật liệu hấp phụ. Bộ phân tách khí này được thấy trong Hộp 520. Theo phương pháp 500, các tạp chất bên trong hỗn hợp khí tự nhiên trở nên được hấp phụ động lực trong pha khí bên trong vật liệu hấp phụ. Tạp chất nằm dưới áp suất trong các bề mặt và vi lỗ của vật liệu hấp phụ.

Phương pháp 500 còn bao gồm giải phóng dòng sản phẩm chứa ít nhất 95% thể tích metan từ đầu xả khí thứ nhất trong bình. Điều này được thể hiện tại Hộp 530. Mặc dù dòng sản phẩm chủ yếu chứa metan, nhưng nó cũng có thể chứa hydro, nitơ, hoặc hỗn hợp của chúng.

Phương pháp 500 còn bao gồm giải hấp phụ hoặc xả khí tạp chất từ vật liệu hấp phụ. Điều này được thực hiện bằng cách giảm áp suất bên trong bình. Bước giải hấp phụ được cung cấp tại Hộp 540. Bước giải hấp phụ của Hộp 540 được thực hiện không cần gia nhiệt bình. Từ bước giải hấp phụ của Hộp 540, dòng khí thải được phân phối mà bao gồm ít nhất 95% thể tích của khí tạp chất hoặc các khí.

Tốt hơn là, bước hấp phụ 520 và bước giải hấp phụ 540 diễn ra trong chu trình kết hợp ngắn hơn 1 phút. Theo cách này, phương pháp 500 cung cấp quy trình hấp phụ dao động áp suất chu kỳ nhanh. Các bộ tiếp xúc RCPSA có thể sử dụng hệ thống van quay để dẫn dòng khí qua môđun của thiết bị hấp phụ quay, mặc dù cũng có thể sử dụng hệ thống van không quay. Môđun của thiết bị hấp phụ bao gồm các chi tiết van được đặt có góc quanh đường vòng tròn. Ngoài ra, môđun của thiết bị hấp phụ quay thường bao gồm nhiều ống được giữ giữa hai tấm bít kín trong một trong hai đầu của môđun. Các tấm bít kín tiếp xúc với stato gồm các ống góp riêng rẽ trong đó khí nạp được dẫn đến các ống RCPSA, và khí sản phẩm được xử lý tinh lọc được dẫn ra khỏi môđun. Bằng cách bố trí thích hợp các tấm bít kín và ống góp, nhiều khoang riêng lẻ hoặc ống có thể đi qua chu kỳ. Cụ thể hơn, mỗi ống hoặc khoang liên tiếp được chuyển đến đường lưu thông khí theo hướng và áp suất phù hợp để đạt được một trong số các bước dẫn hướng áp suất/dòng gia tăng trong chu kỳ RCPSA hoàn chỉnh. Các

ống hoặc khoang có thể hoặc di chuyển hoặc đứng yên để tạo ra hệ thống van.

Ưu tiên phương pháp 500 được thực hiện bằng cách sử dụng RCPSA. Trong RCPSA, mỗi ống được tuần hoàn liên tiếp qua bước hấp phụ 520 và bước giải hấp phụ 540 khi môđun quay hoàn thành chu kỳ hoạt động. Quy trình tuần hoàn cho phép công nghệ RCPSA có sự sử dụng vật liệu hấp phụ hiệu quả hơn. Lượng vật liệu hấp phụ cần thiết cho công nghệ RCPSA có thể ít hơn nhiều so với yêu cầu của công nghệ PSA truyền thống để đạt được chất lượng và số lượng phân tách tương tự. Vì vậy, khối thiết bị, sự đầu tư, và lượng chất hấp phụ hoạt tính cần cho công nghệ RCPSA thường thấp hơn nhiều so với bộ PSA truyền thống để xử lý lượng khí tương đương.

Quay trở lại bước 540, để giải hấp phụ cacbon dioxit (hoặc khí tạp chất khác) từ vật liệu hấp phụ, dòng khí thải có thể được phân phối qua đầu nạp khí. Theo cách khác, hệ thống van có thể được sắp xếp để dòng khí thải được phân phối qua đầu xả khí thứ nhất. Trong một khía cạnh, ít nhất một bình hấp phụ còn bao gồm đầu xả khí thứ hai ở giữa đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất. Trong trường hợp này, bước giải hấp phụ khí tạp chất trên mỗi hộp 540 có thể giải phóng phần thứ nhất của dòng khí thải từ đầu xả khí thứ nhất, và phần thứ nhất của dòng khí thải từ đầu xả khí thứ hai.

Trong một số cách thực hiện phương pháp 500, bước giải hấp phụ 540 khí tạp chất bao gồm giải phóng phần thứ nhất của dòng khí thải trong suốt khoảng thời gian thứ nhất, và phần thứ nhất của dòng khí thải trong suốt khoảng thời gian thứ hai. Phần thứ nhất của dòng khí thải có thể bao gồm ít nhất 98% thể tích CO₂. Phần thứ hai của dòng khí thải có thể bao gồm chủ yếu nitơ, hydro, metan, H₂O, hoặc hỗn hợp của chúng. Lưu ý rằng trình tự xả cụ thể có thể được đảo ngược hoặc thay đổi.

Trong số cách thực hiện, phương pháp 500 còn bao gồm chọn chất lưu dạng ion làm chất hấp phụ. Điều này được thể hiện tại hộp 550. Chất lưu dạng ion được sử dụng để tăng cường đặc tính hấp phụ của vật liệu hấp phụ. Sau đó, phương pháp 500 bao gồm đặt chất lưu dạng ion được chọn lên trên bề mặt của vật liệu hấp phụ dọc theo kênh dòng chảy chính và/hoặc phụ trước khi dẫn hỗn hợp khí tự nhiên vào trong đầu nạp khí. Điều này được cung cấp tại hộp 560. Chất lỏng dạng ion có thể được coi là dạng pha lỏng của zeolit trao đổi ion.

Trong khía cạnh khác, phương pháp 500 còn bao gồm đặt từ trường vào vật liệu hấp phụ trong bình. Điều này được thể hiện tại hộp 570. Từ trường kích thích vật liệu

sắt từ mà có thể được đặt dọc theo các cần hấp phụ, về bản chất khiến các cần đẩy nhau. Điều này lại tạo ra các kênh dòng chảy đồng đều cho dòng nạp liệu.

Bằng cách sử dụng vật liệu hấp phụ tạo thành các trục dòng chảy chính kéo dài, các quy trình theo sáng chế có khả năng đạt được mức thu hồi metan lớn hơn khoảng 80% thể tích, tốt hơn nữa là lớn hơn khoảng 85% thể tích, thậm chí tốt hơn nữa là lớn hơn khoảng 90% thể tích, và tốt nhất là lớn hơn khoảng 95% thể tích, ngay cả khi khí tự nhiên được nạp tại áp suất cao, ví dụ tại áp suất đầu vào lớn hơn khoảng 344,74kPa (50psig), tốt hơn là tại áp suất đầu vào lớn hơn 3447,4kPa (500psig), thậm chí tốt hơn nữa là tại áp suất đầu nạp lớn hơn khoảng 6894,8kPa (1000psig). Thực vậy, phương pháp theo sáng chế có thể được sử dụng ngay khi dòng khí tại áp suất khác thường khoảng 20684,4kPa (3000psig).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình (500) tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên chứa tạp chất, quy trình này bao gồm các bước:

 dẫn (510) hỗn hợp khí tự nhiên vào bộ phân tách khí, bộ phân tách khí này có ít nhất một bình (100, 400) gồm có:

 đầu nạp khí (110, 410) để nhận hỗn hợp khí tự nhiên,

 đầu xả khí thứ nhất (130, 430), và đầu xả khí thứ hai (120, 420) nằm giữa đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất,

 tầng hấp phụ (300) bao gồm vật liệu hấp phụ được lựa chọn từ zeolit 8 vòng có tỷ lệ Si:Al nằm trong khoảng từ 1:1 đến 1000:1;

 ít nhất hai kênh dòng chảy chính qua tầng hấp phụ đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất ở trạng thái nối thông chất lưu, và

 ít nhất một kênh dòng chảy phụ nối thông chất lưu với các kênh dòng chảy chính và đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ hai ở trạng thái nối thông chất lưu, trong đó tầng hấp phụ chỉ bao gồm vật liệu hấp phụ nguyên khối (315) với các kênh dòng chảy chính (310) được tạo thành trong vật liệu nguyên khối dọc theo trục chính của tầng hấp phụ và ít nhất một kênh ngang nhỏ (320) được tạo thành qua vật liệu nguyên khối và đóng vai trò như ít nhất một kênh dòng chảy phụ;

 đặt (520) ít nhất một bình dưới áp suất để các tạp chất được hấp phụ vào vật liệu hấp phụ; trong đó các tạp chất này bao gồm CO₂, H₂S, H₂O, các khí hydrocarbon nặng, các chất hữu cơ dễ bay hơi (volatile organic compounds - VOC's), mercaptan hoặc tổ hợp của chúng.

 giải phóng (530) dòng sản phẩm bao gồm ít nhất 95% thể tích metan từ đầu xả khí thứ nhất; và

 giải hấp phụ (540) khí tạp chất từ vật liệu hấp phụ bằng cách giảm áp suất bên trong ít nhất một bình mà không gia nhiệt cho bình, từ đó phân phối dòng khí thải gồm ít nhất 95% thể tích khí tạp chất, trong đó việc giải hấp phụ các khí tạp chất giải phóng phần thứ nhất của dòng khí thải từ đầu xả thứ nhất và phần thứ hai của dòng khí thải từ đầu xả thứ hai.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó ít nhất một bình được tạo kết cấu để phân phối dòng

khí thải qua đầu nạp khí hoặc qua đầu xả khí.

3. Quy trình theo điểm 1, trong đó quy trình này còn bao gồm các bước:

lựa chọn (550) chất lưu dạng ion làm chất hấp phụ để tăng cường các đặc tính hấp phụ của vật liệu hấp phụ; và

đặt (560) chất lưu dạng ion đã được chọn lên trên bề mặt của vật liệu hấp phụ trước khi dẫn hỗn hợp khí tự nhiên vào đầu nạp khí.

4. Quy trình theo điểm 1, trong đó quy trình còn bao gồm bước:

giải hấp phụ khí tạp chất giải phóng phần thứ nhất của dòng khí thải bao gồm ít nhất 98% thể tích CO₂ trong khoảng thời gian thứ nhất, và phần thứ hai bao gồm nitơ, hydro, metan, H₂O hoặc tổ hợp của chúng trong khoảng thời gian thứ hai.

5. Quy trình theo điểm 1, quy trình này còn bao gồm bước:

khử nước hỗn hợp khí tự nhiên trước khi đưa hỗn hợp khí tự nhiên này vào bộ phân tách khí.

6. Bình cất phân đoạn để tách metan khỏi hỗn hợp khí tự nhiên, bình cất này bao gồm:

khoang (105);

đầu nạp khí (110) để nhận hỗn hợp khí tự nhiên vào trong khoang tại áp suất ít nhất là 689,48kPa (100psig);

đầu xả khí thứ nhất (130) để giải phóng ít nhất một phần hỗn hợp khí tự nhiên từ khoang;

đầu xả khí thứ hai (120, 420) nằm giữa đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất để giải phóng phần dòng khí thải khi bình được giải hấp phụ;

tầng hấp phụ (300) bao gồm vật liệu hấp phụ trong khoang và được lựa chọn từ các zeolit 8 vòng có tỷ lệ Si:Al nằm trong khoảng từ 1:1 to 1000:1;

ít nhất hai kênh dòng chảy chính qua tầng hấp phụ, ít nhất hai kênh dòng chảy chính đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ nhất ở trạng thái nối thông chất lưu, trong đó đầu xả khí thứ hai tốt hơn là vuông góc với các kênh dòng chảy chính;

ít nhất một kênh dòng chảy phụ ở trạng thái nối thông chất lưu với các kênh dòng chảy chính và đặt đầu nạp khí và đầu xả khí thứ hai ở trạng thái nối thông chất lưu,

trong đó tầng hấp phụ bao gồm vật liệu hấp phụ nguyên khối (315) với các kênh dòng chảy chính (310) được tạo thành trong vật liệu nguyên khối dọc theo trục chính của tầng hấp phụ và ít nhất một kênh ngang nhỏ (320) được tạo thành qua vật liệu nguyên khối và đóng vai trò như ít nhất một kênh dòng chảy phụ.

7. Bình cất phân đoạn theo điểm 6, trong đó bình cất phân đoạn này còn bao gồm:

ống góp (610) để tuần hoàn hỗn hợp khí tự nhiên qua các giai đoạn giải phóng và giải hấp phụ liên tiếp nhau trong chu kỳ kết hợp ngắn hơn 1 phút, ống góp này bao gồm các giao diện của hệ thống van.

8. Bình cất phân đoạn theo điểm 7, trong đó các giao diện của hệ thống van kết hợp với các bình cất phân đoạn khác để tạo thành hệ thống hấp phụ dao động áp suất bao gồm:

ít nhất một tầng hấp phụ,

ít nhất một tầng đang tái sinh dưới sự giảm áp suất, và

ít nhất một tầng tái sinh được duy trì trong trạng thái dự trữ để sử dụng trong hệ thống hấp phụ khi ít nhất một tầng hấp phụ trở nên bão hòa.

Fig. 1

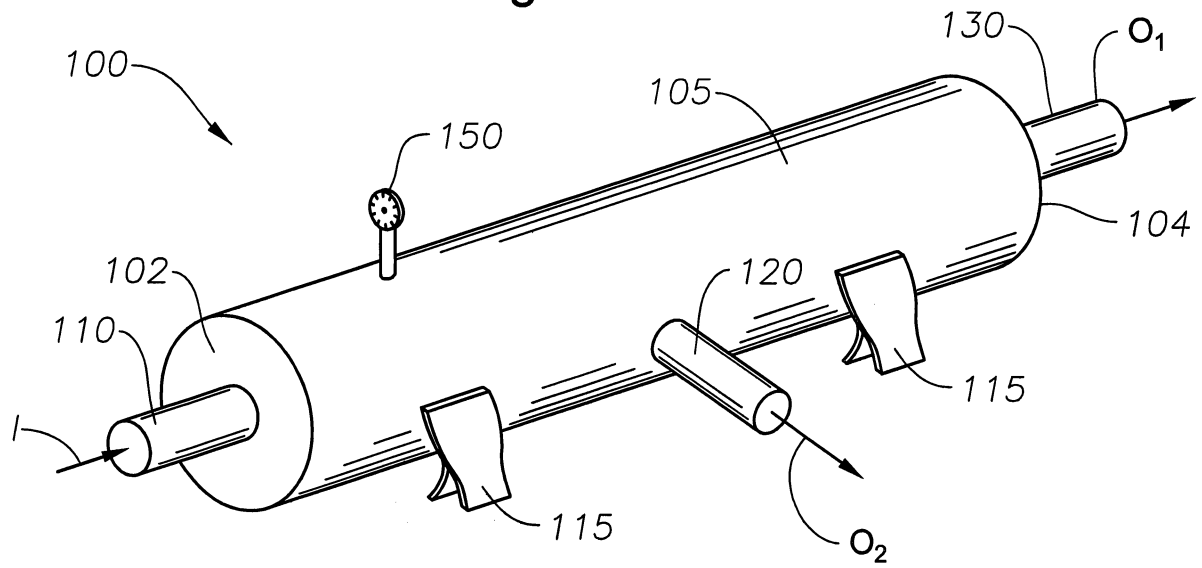


Fig. 2A

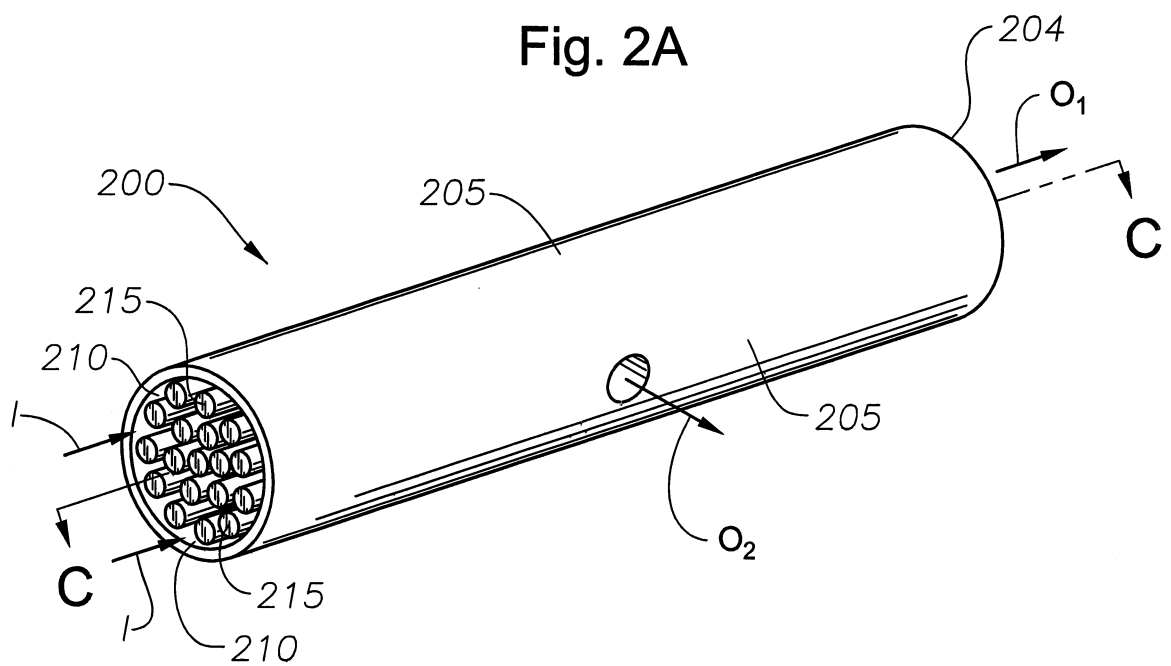


Fig. 2B

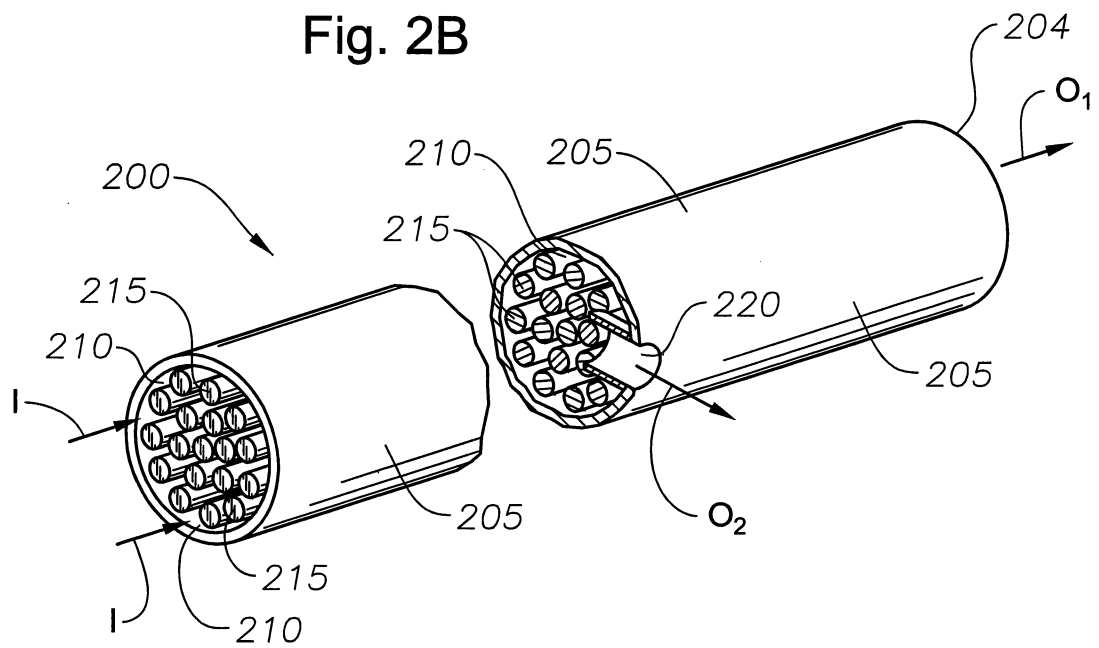
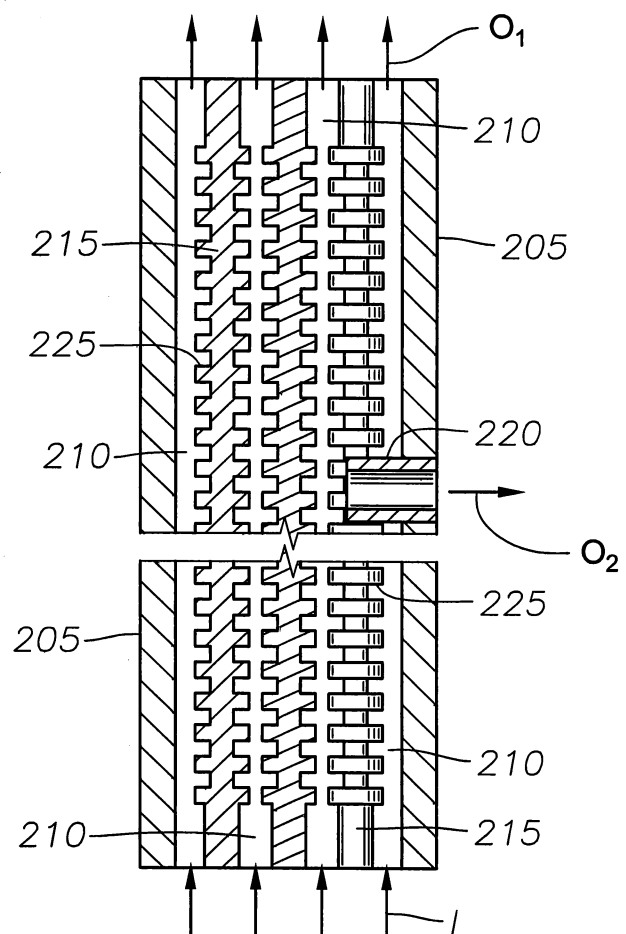


Fig. 2C



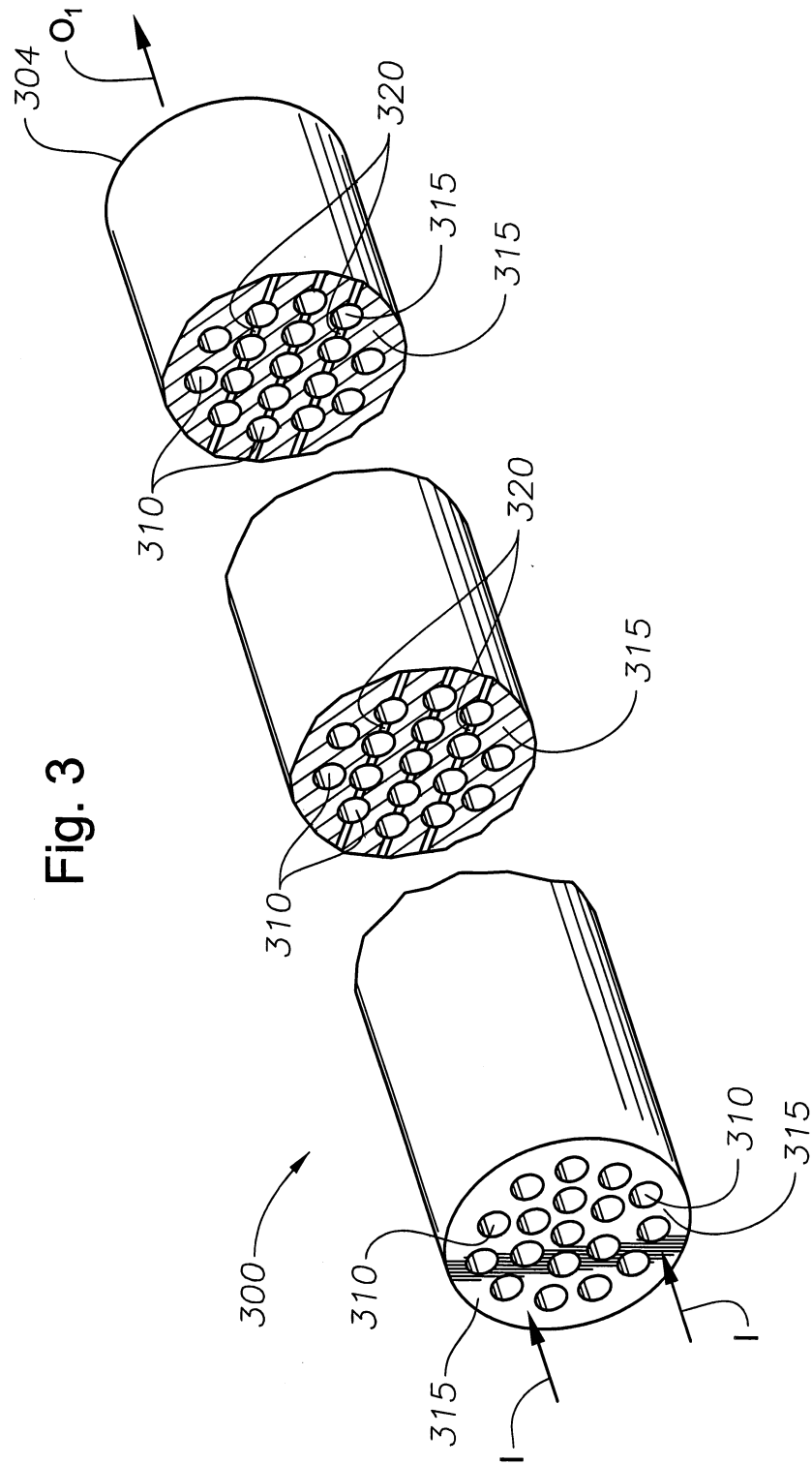


Fig. 4

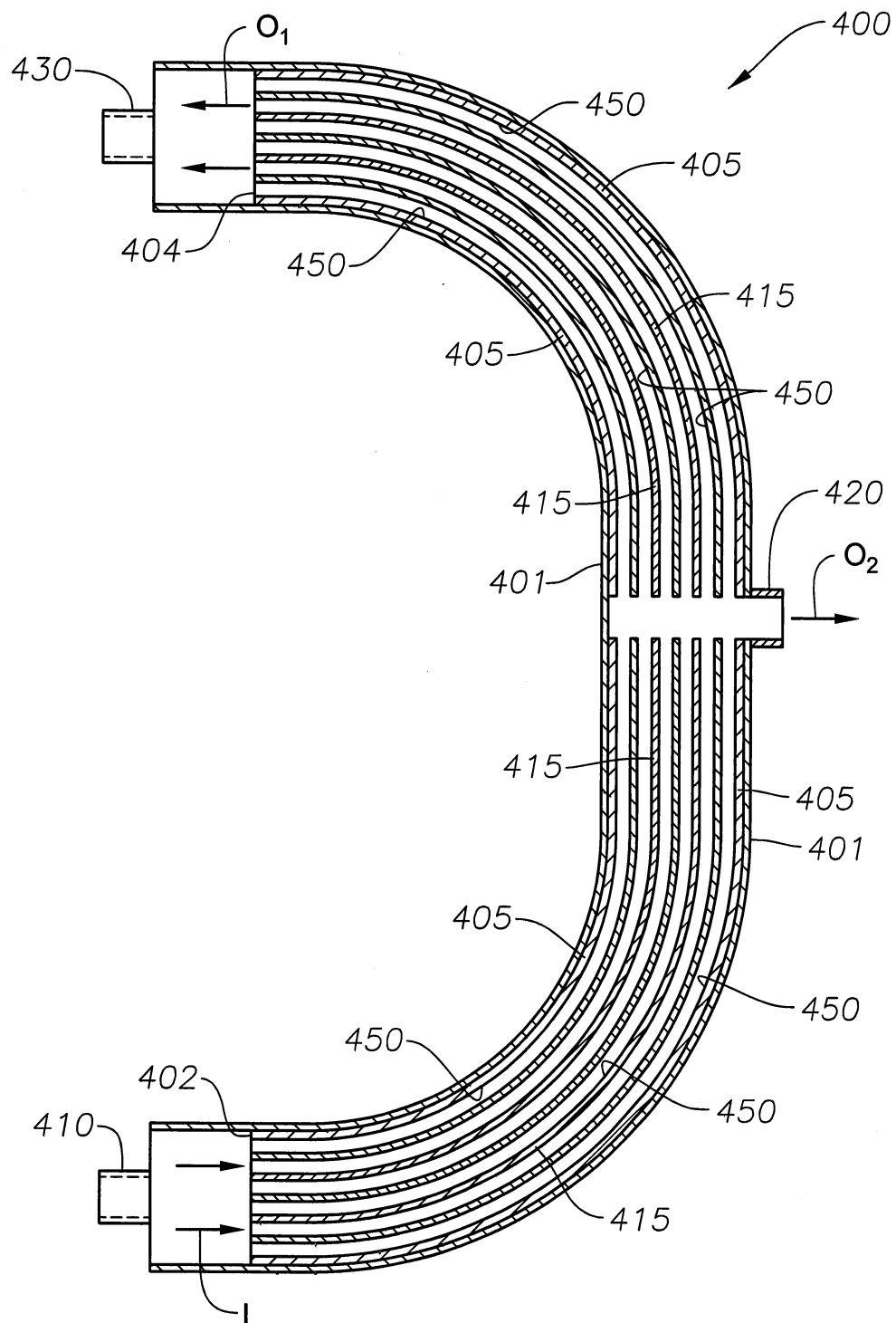
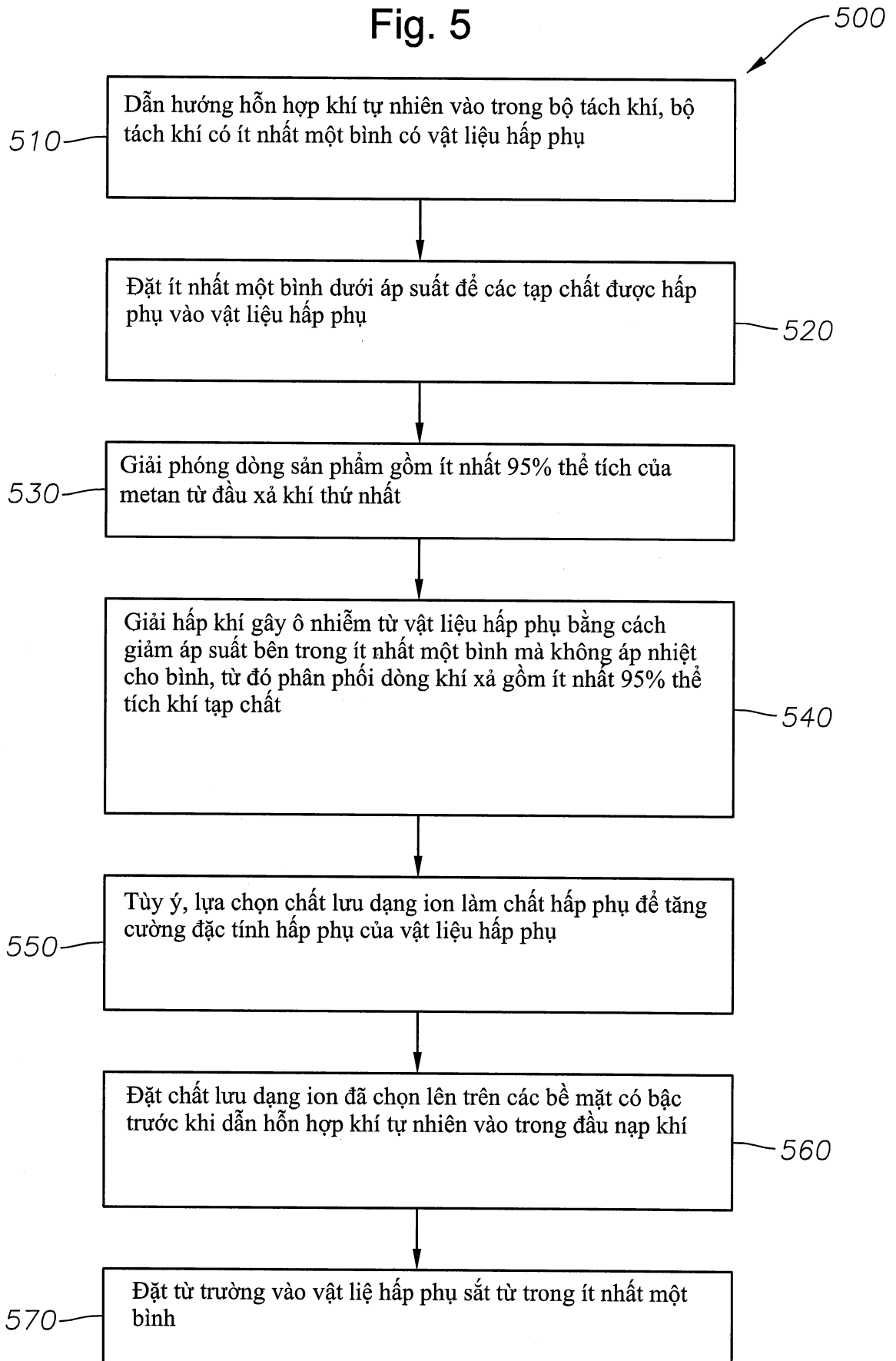


Fig. 5



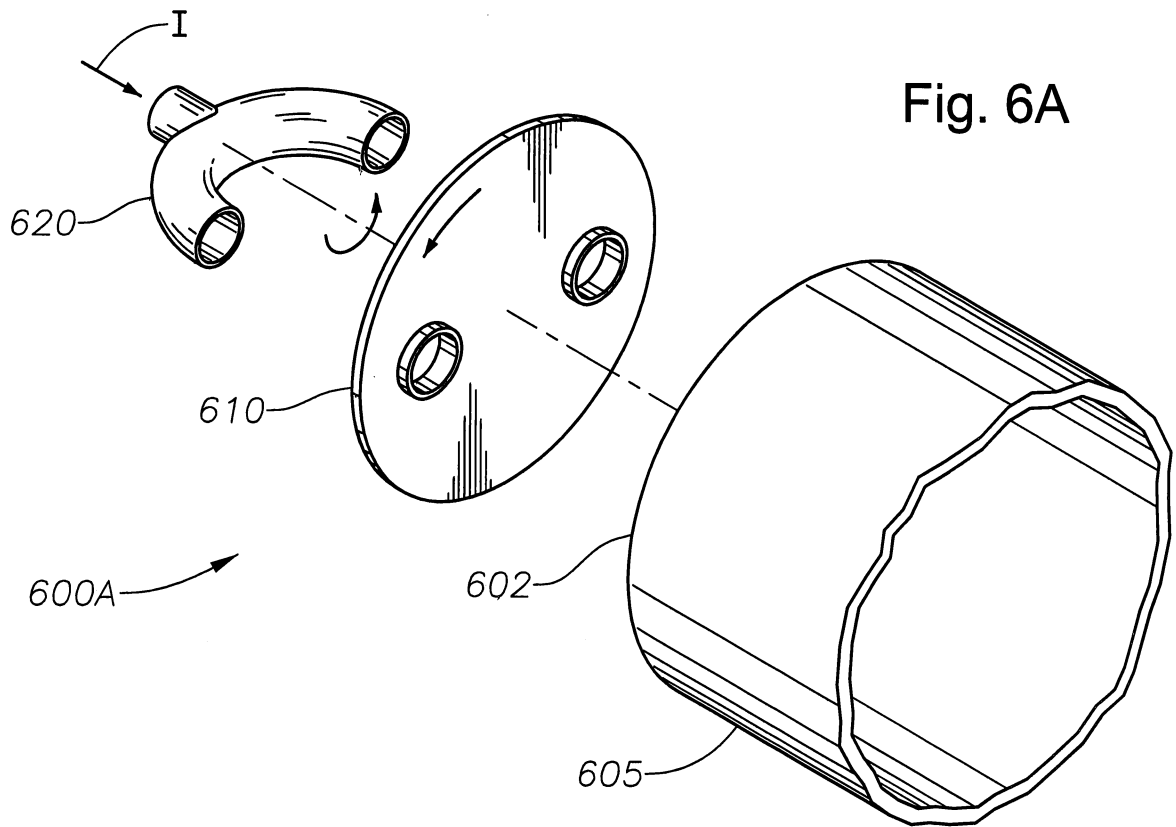


Fig. 6A

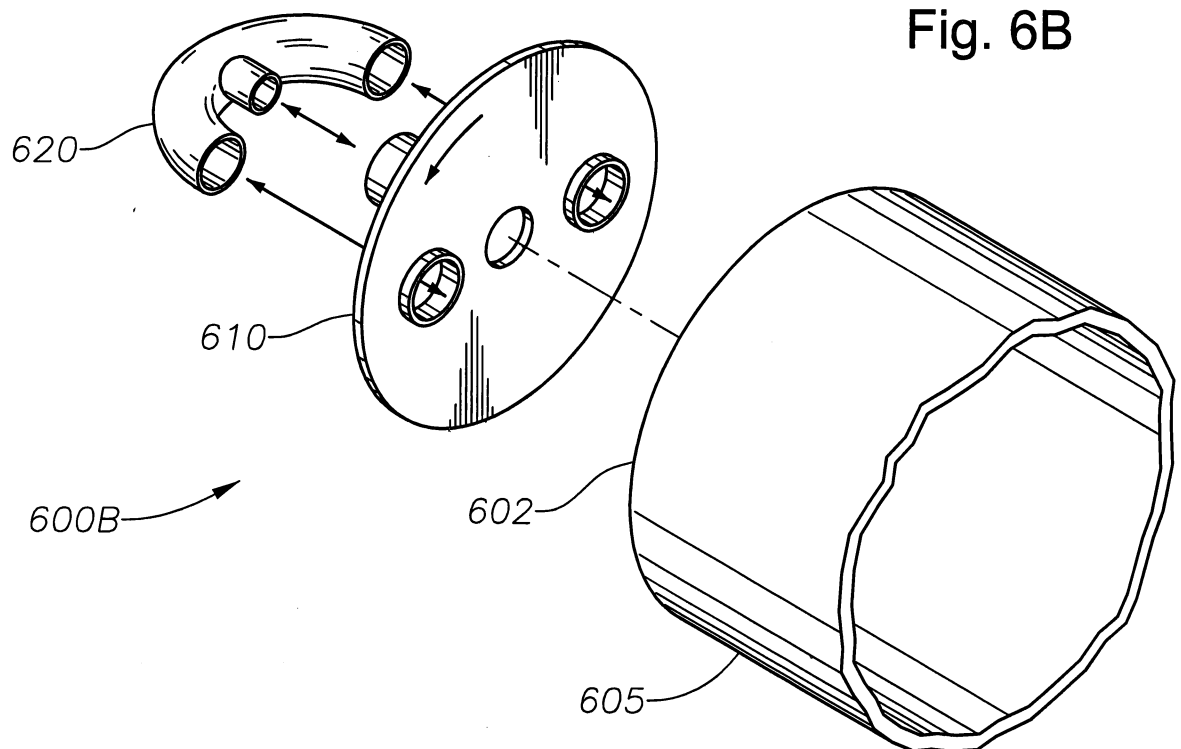


Fig. 6B