



(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)



1-0034065

(51)⁷ B01D 53/047; C01B 3/56; C01B 23/00

(13) B

(21) 1-2019-02168

(22) 15/09/2017

(86) PCT/JP2017/033430 15/09/2017

(87) WO 2018/056203 29/03/2018

(30) 2016-186677 26/09/2016 JP; 2016-238474 08/12/2016 JP

(45) 25/11/2022 416

(43) 25/07/2019 376A

(73) SUMITOMO SEIKA CHEMICALS CO., LTD. (JP)

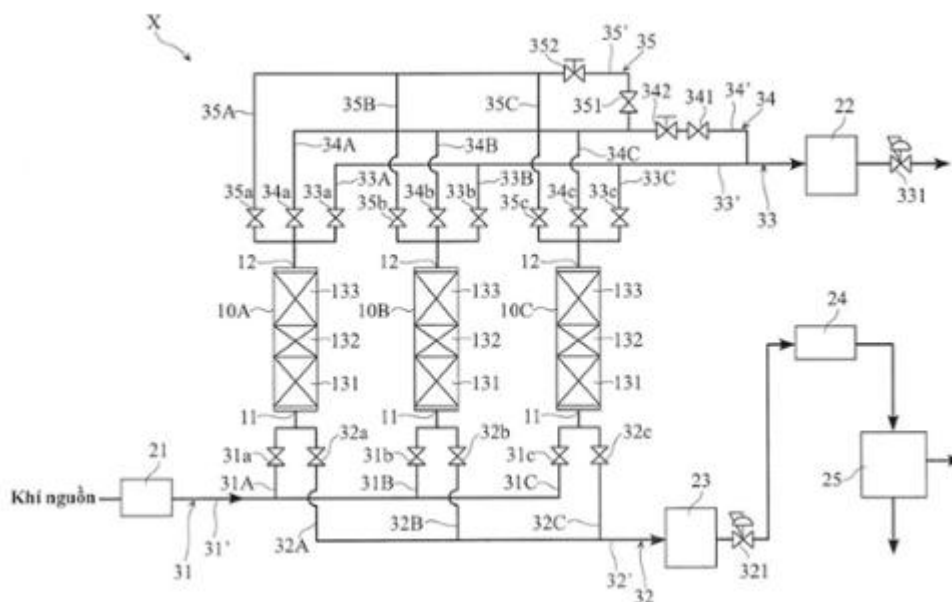
346-1, Miyanishi, Harima-cho, Kako-gun, Hyogo 6750145, Japan

(72) NAKATANI Mitsutoshi (JP); TANAKA Saori (JP); TSUCHIYA Takahiro (JP).

(74) Công ty TNHH Ban Ca (BANCA)

(54) PHƯƠNG PHÁP TINH SẠCH HYDRO HOẶC HELI VÀ THIẾT BỊ TINH SẠCH HYDRO HOẶC HELI

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp để tinh sạch hydro hoặc heli từ khí nguồn mà chứa ít nhất một trong số hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất và hydro hoặc heli dưới dạng thành phần chính bằng PSA nhờ sử dụng các tháp hấp phụ (10A đến 10C) được nạp chất hấp phụ bao gồm lặp lại một chu kỳ mà bao gồm bước hấp phụ, bước giảm áp, bước khử hấp thụ, và bước rửa. Mỗi tháp hấp phụ được phân thành vùng thứ nhất, vùng thứ hai, và vùng thứ ba theo thứ tự từ phía trước đến phía sau theo hướng dòng khí nguồn ở tháp hấp phụ. Vùng thứ nhất được nạp chất hấp phụ thứ nhất gốc gel silic oxit (131) với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 15 đến 65% theo thể tích tương ứng với tổng thể tích nạp chất hấp phụ. Vùng thứ hai được nạp chất hấp phụ thứ hai gốc than hoạt tính (132) với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 10 đến 50% theo thể tích. Vùng thứ ba được nạp chất hấp phụ thứ ba gốc zeolit (133) với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 25 đến 75% theo thể tích.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị để tinh sạch hydro hoặc heli bằng cách sử dụng hấp phụ áp suất chuyển đổi.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Từ quan điểm phòng ngừa ô nhiễm, nồng độ hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sunfua có trong khí mà được phát ra dưới dạng khí thải phải được giới hạn ở mức thấp. Ví dụ, ở một số vùng nhất định, nồng độ điểm thấp nhất được xác định ở 0,7 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn trong trường hợp khí chứa toluen dưới dạng tạp chất, và nồng độ điểm thấp nhất được xác định ở 0,1 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn trong trường hợp khí chứa hydro sunfua dưới dạng tạp chất. Là các phương pháp xử lý khí thải nhằm tuân thủ các giới hạn đó, các phương pháp như phương pháp hấp thụ, phương pháp làm mát, phương pháp hấp phụ, và phương pháp đốt đã được biết đến để loại bỏ hydrocacbon (ví dụ, xem tài liệu sáng chế 1), và quy trình khử lưu huỳnh khô, khử lưu huỳnh ướt, và khử lưu huỳnh bằng vi sinh vật đã được biết đến để loại hydro sunfua (ví dụ, xem các tài liệu sáng chế 5, 6 và 7). Ngoài ra, khí đã được tinh sạch thông qua các quy trình xử lý bất kỳ này đôi khi còn được thu lại và tái sử dụng. Hơn nữa, liên quan đến các phương tiện xử lý khí thải, cần phải có phương pháp sao cho tiết kiệm không gian và có thể được tiến hành với chi phí ban đầu thấp và chi phí vận hành thấp.

Mặt khác, khi sử dụng hydro hoặc heli làm khí công nghiệp, tùy thuộc vào ứng dụng, cần phải bổ sung bước tinh sạch để thu được khí có độ tinh khiết cao. Ví dụ, trong trường hợp sử dụng hydro trong xe chạy bằng pin nhiên liệu, theo tiêu chuẩn ISO14687-2 (đặc điểm kỹ thuật của nhiên liệu cho xe chạy bằng pin nhiên liệu, 2012, mức D), nồng độ cho phép của các thành phần không phải là hydro là 2 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn (trên cơ sở metan) trên tổng các hydrocacbon, và 0,004 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn (trên cơ sở hydro sunfua) trên tổng các hợp chất lưu huỳnh. Cũng cần phải có phương

pháp sao cho tiết kiệm không gian và có thể được tiến hành với chi phí thấp trong trường hợp này.

Liên quan đến việc loại bỏ hydrocacbon, thật khó để làm giảm nồng độ hydrocacbon có trong khí khuếch tán về 1% theo thể tích hoặc ít hơn bằng phương pháp hấp thụ và nồng độ như vậy vẫn chưa được hiện thực hóa. Trong phương pháp làm mát, các tạp chất áp suất hơi vẫn còn trong pha khí, và do đó, trong trường hợp các hydrocacbon dễ bay hơi, cũng khó tinh sạch khí để làm giảm nồng độ về mức vài phần triệu. Trong phương pháp đốt, cần phải trộn với oxy và sau quá trình đốt cháy hydrocacbon, nước, cacbon dioxit và chất tương tự lại được tạo ra, và do đó phương pháp này không thích hợp để tạo ra khí có độ tinh khiết cao.

Liên quan đến việc loại bỏ hydro sunfua, thực hiện khử lưu huỳnh khô bằng cách đổ đầy bể khử lưu huỳnh bằng bột sắt hoặc bột sắt oxit hoặc dạng hạt thu được thông qua quá trình tạo hạt từ bột này, và cho khí đi qua bột hoặc hạt như đã bộc lộ, ví dụ, trong tài liệu sáng chế 5. Tuy nhiên, khi oxit sắt bị thủng do hydro sunfua, cần phải loại bỏ oxit sắt và sau đó nạp tháp khử lưu huỳnh khô bằng oxit sắt mới, do đó chi phí thiết bị và chi phí bảo trì và quản lý trở nên rất cao. Khi khử lưu huỳnh ướt, phương pháp thu hydro sunfua dưới dạng sunfat kiềm bằng cách bố trí bể khử lưu huỳnh và phun dung dịch nước kiềm trong bể khử lưu huỳnh đã được đề xuất như bộc lộ trong tài liệu sáng chế 6. Trong phương pháp này, cần phải sử dụng dung dịch nước kiềm và vẫn còn các vấn đề liên quan đến việc điều chỉnh độ pH tại thời điểm xử lý sunfat kiềm thu được và việc tái sử dụng chúng. Khi khử lưu huỳnh bằng vi sinh vật, hiện có phương pháp trong đó sử dụng vi khuẩn oxy hóa lưu huỳnh như bộc lộ trong tài liệu sáng chế 7. Trong phương pháp sử dụng vi khuẩn oxy hóa lưu huỳnh, lưu huỳnh được tạo ra dưới dạng axit sulfuric trong nước xử lý. Do đó, vẫn có các vấn đề như chi phí rất cao liên quan đến việc bảo vệ chống sự ăn mòn, bảo trì và quản lý thiết bị. Ngoài ra, liên quan đến các phương pháp như phương pháp khử lưu huỳnh khô, khử lưu huỳnh ướt và khử lưu huỳnh bằng vi sinh vật, có vấn đề đó là khi chứa hydrocacbon dễ bay hơi chẳng hạn như toluen dưới dạng tạp chất, hiệu suất loại bỏ bị giảm bởi toluen.

Vì các lý do chẳng hạn như các lý do nêu trên, phương pháp hấp phụ chủ yếu được sử dụng làm phương pháp để thu được hydro hoặc heli có độ tinh khiết cao. Ví dụ, phương

pháp hấp phụ áp suất chuyển đổi trong đó zeolit tổng hợp và gel silic oxit kỵ nước được sử dụng để loại bỏ hydrocacbon và hydro sulfua có trong khí. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có vấn đề về chi phí khi phải sử dụng thiết bị chân không để hấp phụ và phải sử dụng zeolit giàu silic và gel silic oxit kỵ nước (ví dụ xem các tài liệu sáng chế 1 và 4).

Ngoài ra, còn có phương pháp xử lý khí thải chứa hydrocacbon bằng cách sử dụng phương pháp hấp phụ áp suất chuyển đổi và làm giảm nồng độ hydrocacbon. Nếu có thể tái tuần hoàn chất hấp phụ trong phương pháp hấp phụ áp suất chuyển đổi, không cần phải thực hiện gia nhiệt và làm mát. Tuy nhiên, trong phương pháp này, cần phải sử dụng thiết bị chân không để khử hấp thụ và cũng cần phải phủ lớp chất hấp phụ trước, và do đó phương pháp này có vấn đề về chi phí và cách thức tiến hành phức tạp (ví dụ, xem các tài liệu sáng chế 2 và 3).

Các phương pháp sử dụng than hoạt tính làm chất hấp phụ thường được dùng để tinh sạch khí chứa nhiều loại hydrocacbon (khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi) và hydro sulfua dưới dạng tạp chất. Các hydrocacbon dễ bay hơi mà hấp phụ vào trong các lỗ rỗng của than hoạt tính không dễ bị giải hấp. Do đó, phương pháp trong đó sử dụng phương tiện gia nhiệt để giải hấp được dùng và sự giải hấp được thúc đẩy bằng phương pháp hấp phụ nhiệt độ chuyển đổi hoặc sử dụng hơi nước. Khi sử dụng phương tiện gia nhiệt, cần phải có các phương tiện phụ trợ để gia nhiệt và làm mát và có nhiều vấn đề về khả năng hoạt động chẳng hạn như thời gian cần để truyền nhiệt.

Ngoài ra, trong phương pháp trong đó có sử dụng phương pháp tái sử dụng chân không, phát sinh thêm chi phí điện năng để tạo ra chân không. Ngoài ra, trong phương pháp trong đó sử dụng khí thành phẩm có độ tinh khiết cao làm khí làm sạch để tái sử dụng việc rửa, việc sử dụng khí thành phẩm lại làm tăng chi phí. Hơn nữa, khi thực hiện tái sử dụng thông qua gia nhiệt, năng lượng cần để gia nhiệt còn làm tăng chi phí.

Các tài liệu về tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP H9-47635A

Tài liệu sáng chế 2: JP H11-71584A

Tài liệu sáng chế 3: JP 2004-42013A

Tài liệu sáng chế 4: JP 2005-525222A

Tài liệu sáng chế 5: JP 2000-102779A

Tài liệu sáng chế 6: JP 2002-275482A

Tài liệu sáng chế 7: JP H11-262793A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần giải quyết bởi sáng chế

Sáng chế đã nảy sinh từ các trường hợp nêu trên và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp và thiết bị thích hợp để thu được hydro hoặc heli có độ tinh khiết cao từ khí nguồn mà chứa khí hydrocarbon và hydrocarbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất trong khi làm giảm chi phí, bằng cách sử dụng phương pháp hấp phụ áp suất chuyển đổi.

Cách thức giải quyết vấn đề

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất phương pháp tinh sạch hydro hoặc heli từ khí nguồn chứa ít nhất một trong số khí hydrocarbon và hydrocarbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất và hydro hoặc heli dưới dạng thành phần chính sử dụng ba hoặc nhiều tháp hấp phụ chứa đầy chất hấp phụ bằng cách lặp lại chu kỳ hấp phụ áp suất chuyển đổi cho từng tháp hấp phụ. Chu trình trên bao gồm bước hấp phụ để đưa khí nguồn vào tháp hấp phụ dưới áp suất cao đã xác định trước để làm cho chất hấp thụ hấp phụ ít nhất một khí hydrocarbon và hydrocarbon dễ bay hơi có trong khí nguồn trong khi xả khí thành phẩm có nồng độ hydro hoặc heli tăng từ tháp hấp phụ, bước hạ áp để làm giảm áp suất bên trong tháp hấp phụ đã hoàn thành bước hấp phụ bằng cách xả khí còn lại bên trong tháp hấp phụ, bước giải hấp để giải hấp ít nhất một khí hydrocarbon và hydrocarbon dễ bay hơi từ chất hấp phụ trong tháp hấp phụ đã hoàn thành bước hạ áp trong khi xả khí ở bên trong tháp hấp phụ và bước rửa để đưa khí xả từ một tháp hấp phụ khác đi qua bước hạ áp vào tháp hấp phụ đã hoàn thành bước giải hấp để xả khí còn lại bên trong tháp hấp phụ. Mỗi tháp hấp phụ được chia thành vùng thứ nhất, vùng thứ hai và vùng thứ ba theo thứ tự từ phía trước về phía sau theo hướng dòng chảy của khí nguồn trong tháp hấp phụ. Vùng thứ nhất được nạp chất hấp phụ thứ nhất gốc gel silic oxit với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 15 đến 65% theo thể tích. Vùng thứ hai được nạp chất hấp phụ thứ hai gốc than hoạt tính với tỷ lệ nạp

nằm trong khoảng từ 10 đến 50% theo thể tích. Vùng thứ ba được nạp chất hấp phụ thứ ba gốc zeolit với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 25 đến 75% theo thể tích.

Tốt hơn là, khí nguồn chứa hydro sulfua dưới dạng tạp chất.

Tốt hơn là, chất hấp phụ thứ nhất được tạo thành bởi gel silic oxit ưa nước.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất thiết bị để tinh sạch hydro hoặc heli từ khí nguồn chứa ít nhất một trong số khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất và hydro hoặc heli dưới dạng thành phần chính. Thiết bị tinh sạch bao gồm ba hay nhiều tháp hấp phụ mỗi tháp có cửa thông khí thứ nhất và cửa thông khí thứ hai và được nạp chất hấp phụ ở giữa cửa thông khí thứ nhất và cửa thông khí thứ hai; bể chứa để chứa khí thành phẩm; thiết bị tách khí-lông để phân tách khí xả từ cửa thông khí thứ nhất của từng tháp hấp phụ thành thành phần pha khí và thành phần pha lỏng; đường ống thứ nhất bao gồm đường dẫn chính được nối với nguồn cấp khí nguồn, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh được nối với cửa thông khí thứ nhất của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở; đường ống thứ hai bao gồm đường dẫn chính được bố trí thiết bị tách khí-lông, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ hai được nối với cửa thông khí thứ nhất của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở; đường ống thứ ba bao gồm đường dẫn chính được bố trí bể chứa và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ ba được nối với cửa thông khí thứ hai của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở; đường ống thứ tư bao gồm đường dẫn chính được nối với đường dẫn chính của đường ống thứ ba, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ tư được nối với cửa thông khí thứ hai của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở; và đường ống thứ năm bao gồm đường dẫn chính được nối với đường dẫn chính của đường ống thứ tư, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ năm được nối với cửa thông khí thứ hai của các tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở. Mỗi tháp hấp phụ được phân thành vùng thứ nhất, vùng thứ hai, và vùng thứ ba theo thứ tự từ cửa thông khí thứ nhất đến cửa thông khí thứ hai của tháp hấp phụ. Vùng thứ nhất được nạp

chất hấp phụ thứ nhất gốc gel silic oxit với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 15 đến 65% theo thể tích. Vùng thứ hai được nạp chất hấp phụ thứ hai gốc than hoạt tính với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 10 đến 50% theo thể tích. Vùng thứ ba được nạp chất hấp phụ thứ ba gốc zeolit với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 25 đến 75% theo thể tích.

Tốt hơn là, khí nguồn chứa hydro sulfua dưới dạng tạp chất.

Tốt hơn là, chất hấp phụ thứ nhất được cấu tạo bởi gel silic oxit ưa nước.

Các tác giả của sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu về phương pháp tách hydro hoặc heli từ khí nguồn chứa khí hydrocacbon, hydrocacbon dễ bay hơi, và hydro sulfua dưới dạng tạp chất bằng hấp phụ áp suất chuyển đổi, và đưa ra sáng chế này dựa trên sự phát hiện rằng, khi tháp hấp phụ được nạp than hoạt tính và zeolit, là các chất hấp phụ không hấp phụ hydrocacbon dễ bay hơi, ở phía sau vùng được nạp gel silic oxit, là chất hấp phụ có hấp phụ hydrocacbon dễ bay hơi, và tháp hấp phụ đã hoàn thành bước giải hấp được rửa bằng khí tương đối sạch có trong vùng zeolit sau khi hoàn thành bước hấp phụ, có thể thu được khí thành phẩm có độ tinh khiết cao đã tinh sạch mà không sử dụng thiết bị chân không hoặc thiết bị gia nhiệt để giải hấp.

Theo sáng chế, hàm lượng của nhiều loại hydrocacbon dưới dạng tạp chất chứa trong hydro hoặc heli có thể được làm giảm về 1 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn và hàm lượng của hydro sulfua dưới dạng tạp chất chứa trong hydro hoặc heli có thể được làm giảm về 0,2 phần tỷ hoặc ít hơn với chi phí thấp sử dụng thiết bị tiết kiệm không gian.

Các đặc tính khác và các ưu điểm của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn ở phần mô tả sau đây với tham chiếu đến các hình vẽ đi kèm.

Mô tả tóm tắt các hình vẽ

FIG. 1 minh họa sơ đồ kết cấu của thiết bị tinh sạch được sử dụng để thực hiện phương pháp tinh sạch hydro theo một phương án của sáng chế.

FIGS. 2 minh họa các trạng thái dòng khí trong các bước tương ứng của phương pháp tinh sạch hydro theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần dưới đây mô tả cụ thể phương án ưu tiên của sáng chế với tham chiếu đến các hình vẽ.

FIG. 1 minh họa sơ đồ kết cấu của thiết bị tinh sạch X có thể được sử dụng để thực hiện phương pháp tinh sạch hydro hoặc heli theo sáng chế. Thiết bị tinh sạch X bao gồm ba tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C, nguồn cấp khí nguồn 21, bể chứa khí thành phẩm 22, bể khí thải 23, bộ làm mát 24, bộ tách khí-lỏng 25, và các đường ống từ 31 đến 35. Thiết bị tinh sạch X được kết cấu để có thể cô đặc và tách hydro hoặc heli từ khí nguồn (hydro thô hoặc heli thô) có chứa hydro hoặc heli sử dụng phương pháp hấp phụ áp suất chuyển đổi (Phương pháp PSA). Ví dụ về khí nguồn là khí chứa hydro có nguồn gốc từ hydrit hữu cơ dưới dạng thành phần chính và chứa, ví dụ, khí hydrocacbon, hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sulfua dưới dạng tạp chất. Ở đây, khí hydrocacbon có nghĩa là hydrocacbon có 4 nguyên tử cacbon hoặc ít hơn và thể khí ở nhiệt độ và áp suất môi trường, các ví dụ bao gồm metan, etan, propan, butan, etylen, butylen, và propylen. Hydrocacbon dễ bay hơi có nghĩa là hydrocacbon có 5 đến 18 nguyên tử cacbon và có thể lỏng ở nhiệt độ và áp suất môi trường, các ví dụ bao gồm toluen, xyclohexan, metylxyclohexan, và benzen. Mặc dù phần dưới đây mô tả trường hợp hydro là thành phần chính của khí nguồn, sáng chế còn có thể áp dụng trong trường hợp heli là thành phần chính của khí nguồn. Ngoài ra, phần dưới đây mô tả trường hợp chứa một khí hydrocacbon, các hydrocacbon dễ bay hơi, và hydro sulfua dưới dạng tạp chất, sáng chế còn có thể áp dụng trong trường hợp chứa một khí hydrocacbon và các hydrocacbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất hoặc trường hợp chứa hydro sulfua và một trong khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất.

Mỗi tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C có các cửa thông khí 11 và 12 ở các đầu tương ứng, và khoảng trống ở giữa các cửa thông khí 11 và 12 được nạp các chất hấp phụ. Cụ thể, bên trong mỗi tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C, nhiều vùng (ba vùng) được phân vùng bằng các tấm xếp được tạo ra (không được minh họa), ví dụ, và các vùng này lần lượt được nạp các chất hấp phụ khác nhau. Theo phương án này, chất hấp phụ thứ nhất 131, chất hấp phụ thứ hai 132 và chất hấp phụ thứ ba 133 được xếp lớp theo thứ tự từ phía trước (cửa thông khí 11) về phía sau (cửa thông khí 12) theo hướng dòng chảy của khí nguồn trong mỗi tháp

hấp phụ 10A, 10B và 10C.

Chất hấp phụ có đặc tính hấp phụ ưu tiên hydrocacbon dễ bay hơi được sử dụng làm chất hấp phụ thứ nhất 131. Các ví dụ về các chất hấp phụ này bao gồm các chất hấp phụ gốc gel silic oxit (gel silic oxit ưa nước, gel silic oxit kỵ nước, và tương tự), trong số đó gel silic oxit ưa nước, cụ thể là gel silic oxit loại B được ưu tiên. Các chất hấp phụ có khả năng hấp phụ tương đối kém hydrocacbon dễ bay hơi được sử dụng làm các chất hấp phụ thứ hai và thứ ba 132 và 133. Chất hấp phụ có đặc tính đặc tính hấp phụ ưu tiên hydro sulfua được sử dụng làm chất hấp phụ thứ hai 132. Các ví dụ về các chất hấp phụ bao gồm than hoạt tính có nguồn gốc từ vỏ dừa hoặc than. Chất hấp phụ có đặc tính hấp phụ ưu tiên khí hydrocacbon được sử dụng làm chất hấp phụ thứ ba 133. Các ví dụ về các chất hấp phụ bao gồm các chất hấp phụ gốc zeolit (zeolit loại A, zeolit loại CaA, zeolit loại Y và tương tự), trong số đó zeolit loại CaA được ưu tiên. Các chất hấp phụ này thường sẵn có trên thị trường và có thể dễ dàng thu được và không cần phải xử lý trước. Lưu ý rằng gel silic oxit (hay silica) vốn ban đầu ưa nước do nó có nhóm hydroxyl trên bề mặt và trở nên kỵ nước khi đưa nó vào xử lý kỵ nước chẳng hạn như gia nhiệt lên nhiệt độ cao hoặc cho phản ứng với chất alkylsilylat hóa. Thông thường, việc xử lý kỵ nước này làm tăng chi phí.

Các chất hấp phụ thứ nhất đến thứ ba 131, 132 và 133 được điều chỉnh để có tỷ lệ nạp định trước (phần trăm thể tích) tương ứng với tổng thể tích nạp các chất hấp phụ. Cụ thể, tỷ lệ nạp của chất hấp phụ thứ nhất 131 nằm trong khoảng từ 15 đến 65% theo thể tích và Tốt hơn là, 15 đến 50% theo thể tích, tỷ lệ nạp của chất hấp phụ thứ hai 132 nằm trong khoảng từ 10 đến 50% theo thể tích và Tốt hơn là, 10 đến 45% theo thể tích, và tỷ lệ nạp của chất hấp phụ thứ ba 133 nằm trong khoảng từ 25 đến 75% theo thể tích và tốt hơn là, 25 đến 65% theo thể tích. Tổng của các tỷ lệ nạp tương ứng của các chất hấp phụ thứ nhất đến thứ ba 131, 132 và 133 là 100% theo thể tích.

Nguồn cấp khí nguồn 21 là bình áp lực để trữ khí nguồn cần cấp đến các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C. Mặc dù nồng độ của các tạp chất (khí hydrocacbon, hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sulfua) có trong khí nguồn không bị giới hạn cụ thể, hydrocacbon dễ bay hơi có thể bị hóa lỏng trong đường ống tùy thuộc vào áp suất của hydro hoặc heli và nồng độ của hydrocacbon dễ bay hơi. Do đó, tốt hơn là, gia nhiệt đường ống (đường dẫn chính

31' của đường ống 31 như mô tả sau đây) từ nguồn cấp khí nguồn 21 đến các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C và/hoặc bố trí bộ lọc bụi hoặc tương tự trên đường dẫn chính 31' ở phía trước của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C. Mặc dù áp suất của khí nguồn cấp từ nguồn cấp khí nguồn 21 không bị giới hạn cụ thể, áp suất càng cao thì càng ưu tiên và nếu cần, có thể bố trí máy nén (không thể hiện) trên đường dẫn chính 31'. Ngoài ra, khí chứa hơi ẩm dưới dạng tạp chất trong hydro hoặc heli cấp từ nguồn cấp khí nguồn 21, tốt hơn là, bố trí thiết bị loại bỏ hơi ẩm (không thể hiện) trên đường dẫn chính 31' của đường ống 31. Ví dụ, nhiệt độ vận hành của phương pháp PSA không bị giới hạn cụ thể và được thiết lập ở khoảng 10 đến 40°C. Tuy nhiên, ưu tiên nhiệt độ (gần bằng hoặc cao hơn nhiệt độ môi trường) mà ở nhiệt độ này hydrocacbon dễ bay hơi không bị hóa lỏng như mô tả ở trên.

Bể chứa khí thành phẩm 22 là bình áp lực để trữ khí (khí thành phẩm mô tả sau đây) được xả từ các cửa thông khí 12 của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C.

Bể khí thải 23 là bình áp lực để trữ khí thải được xả từ các cửa thông khí 11 của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C.

Bộ làm mát 24 làm mát khí thải. Bộ tách khí-lỏng 25 tách khí thải đã đi qua bộ làm mát 24 thành thành phần pha khí và thành phần pha lỏng bằng cách ngưng tụ khí thải dưới áp suất định trước. Thuật ngữ “thiết bị tách khí-lỏng” bao hàm bộ làm mát 24 và bộ tách khí-lỏng 25.

Đường ống 31 bao gồm đường dẫn chính 31' nối với nguồn cấp khí nguồn 21 và các đường dẫn nhánh 31A, 31B và 31C được kết nối với phía cửa thông khí 11 của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C tương ứng. Các đường dẫn nhánh 31A, 31B và 31C lần lượt được bố trí các van 31A, 31B và 31C có thể tự động chuyển đổi giữa trạng thái mở và trạng thái đóng (sau đây, các van có chức năng này được gọi là “các van tự động”).

Đường ống 32 bao gồm đường dẫn chính 32' trên đó được bố trí bộ làm mát 24 và bộ tách khí-lỏng 25 và các đường dẫn nhánh 32A, 32B và 32C lần lượt được kết nối với phía cửa thông khí 11 của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C. Ngoài ra, bể khí thải 23 được bố trí ở phía trước bộ làm mát 24 trên đường dẫn chính 32'. van điều chỉnh áp suất 321 được bố trí ở giữa bể khí thải 23 và bộ làm mát 24 trên đường dẫn chính 32'. Các đường dẫn nhánh 32A, 32B và 32C lần lượt được bố trí các van tự động 32a, 32b và 32c.

Đường ống 33 bao gồm đường dẫn chính 33' trên đó được bố trí bể chứa khí thành phẩm 22 và các đường dẫn nhánh 33A, 33B và 33C lần lượt được kết nối với phía cửa thông khí 12 của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C. Các đường dẫn nhánh 33A, 33B và 33C lần lượt được bố trí các van tự động 33a, 33b và 33c. Van điều chỉnh áp suất 331 được bố trí ở phía sau bể chứa khí thành phẩm 22 trên đường dẫn chính 33'.

Đường ống 34 dùng để cấp một phần khí thành phẩm chảy qua đường ống 33 (đường dẫn chính 33') đến các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C, và bao gồm đường dẫn chính 34' được nối với đường dẫn chính 33' của đường ống 33 và các đường dẫn nhánh 34A, 34B và 34C lần lượt được kết nối với phía cửa thông khí 12 của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C. Đường dẫn chính 34' được bố trí van tự động 341 và van điều chỉnh lưu lượng 342. Các đường dẫn nhánh 34A, 34B và 34C lần lượt được bố trí các van tự động 34A, 34B và 34C.

Đường ống 35 dùng để nối hai tháp bất kỳ trong số các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C với nhau, và bao gồm đường dẫn chính 35' được kết nối với đường dẫn chính 34' của đường ống 34 và các đường dẫn nhánh 35A, 35B và 35C lần lượt được kết nối với phía cửa thông khí 12 của các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C. Đường dẫn chính 35' được bố trí van tự động 351 và van điều chỉnh lưu lượng 352. Các đường dẫn nhánh 35A, 35B và 35C lần lượt được bố trí các van tự động 35a, 35b và 35c.

Phương pháp tinh sạch hydro theo phương án của sáng chế có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị tinh sạch X được cấu hình như đã mô tả ở trên. Bằng cách chuyển đổi phù hợp các van tự động 31a đến 31c, 32a đến 32c, 33a đến 33c, 34a đến 34c, 35a đến 35c, 341 và 351 và các van điều chỉnh lưu lượng 342 và 352 khi vận hành thiết bị tinh sạch X, có thể thu được các trạng thái dòng khí mong muốn trong thiết bị và lặp lại một chu trình mà được cấu thành bởi các bước từ 1 đến 9 mô tả dưới đây. Trong một chu trình của phương pháp này, bước hấp phụ, bước giảm áp, bước cân bằng áp (giảm áp), bước khử hấp thụ, bước rửa, bước cân bằng áp (tăng áp), và bước tăng áp được thực hiện trong từng tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C. Các FIG. 2a đến 2i minh họa dưới dạng nguyên lý các trạng thái dòng khí trong thiết bị tinh sạch X trong các bước từ 1 đến 9. Lưu ý rằng các viết tắt dưới đây được sử dụng trong các FIG. 2a đến 2i.

AS: Bước hấp phụ

DP: Bước hạ áp

DS: Bước khử hấp thụ

RN: Bước rửa

PR: Bước tăng áp

Eq-DP: Bước hạ áp cân bằng áp

Eq-PR: Bước tăng áp cân bằng áp

Trong bước 1, các van tự động 31a, 33a, 32b, 34b, 35c và 351 và van điều chỉnh lưu lượng 352 mở và thu được trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2a.

Trong tháp hấp phụ 10A, bước hấp phụ được thực hiện bằng cách dẫn khí nguồn qua cửa thông khí 11 qua đường ống 31. Trong bước hấp phụ, trạng thái áp suất cao định trước được duy trì bên trong tháp hấp phụ 10A, và chủ yếu hydrocacbon dễ bay hơi, khí hydrocacbon và hydro sulfua có trong khí nguồn được hấp phụ bởi các chất hấp phụ ở trong tháp hấp phụ 10A. Sau đó, khí (khí thành phẩm) trong đó hydro được cô đặc được xử từ phía cửa thông khí 12 của tháp hấp phụ 10A. Khí thành phẩm được đưa đến bể chứa khí thành phẩm 22 qua đường dẫn nhánh 33A và đường dẫn chính 33'. Lưu ý rằng khí thành phẩm bên trong bể chứa khí thành phẩm 22 được lấy khỏi hệ thống khi thích hợp qua van điều chỉnh áp suất 331 và được sử dụng trong ứng dụng mong muốn.

Mặc dù nồng độ của các tạp chất (khí hydrocacbon, hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sulfua) trong khí nguồn được dẫn vào trong tháp hấp phụ 10A không bị giới hạn cụ thể, ví dụ, nồng độ của khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi vào khoảng từ 100 phần triệu tính theo thể tích đến 1% theo thể tích, và ví dụ, nồng độ của hydro sulfua vào khoảng từ 0,1 phần triệu tính theo thể tích đến 1 phần triệu theo thể tích. Áp suất lớn nhất (áp suất hấp phụ) bên trong tháp hấp phụ 10A trong bước hấp phụ là, ví dụ, 0,1 đến 1,0 MPaG (G là áp suất quy chuẩn; sau đây áp dụng tương tự), và tốt hơn là, 0,5 đến 0,8 MPaG.

Ngoài ra, trong bước 1, các cửa thông khí 12 tương ứng của các tháp hấp phụ 10B

và 10C thông với nhau qua các đường ống 34 và 35. Do đã thực hiện bước giải hấp trước đó trong tháp hấp phụ 10B và đã thực hiện bước hấp phụ trước đó trong tháp hấp phụ 10C (xem bước 9 minh họa trong FIG. 2i), áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C cao hơn áp suất bên trong tháp hấp phụ 10B khi bắt đầu bước 1. Sau khi bắt đầu bước 1, bước giảm áp được thực hiện trong tháp hấp phụ 10C, và do đó, khí (hydro đã cô đặc còn dư) vẫn còn bên trong tháp hấp phụ 10C và có nồng độ tạp chất thấp được xả qua cửa thông khí 12, và áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C giảm xuống. Ví dụ, sự chênh lệch áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C ở giữa lúc bắt đầu và kết thúc bước 1 là vào khoảng 300kPa. Mặt khác, bước rửa được thực hiện trong tháp hấp phụ 10B, và từ đó hydro đã cô đặc còn dư xả từ tháp hấp phụ 10C được dẫn dưới dạng khí rửa qua cửa thông khí 12 qua đường ống 35, van điều chỉnh lưu lượng 352 và đường ống 34 và khí vẫn còn bên trong tháp hấp phụ 10B được xả. Khí xả từ tháp hấp phụ 10B có nồng độ tạp chất cao (hydrocacbon dễ bay hơi, khí hydrocacbon và hydro sulfua) và được đưa đến bể khí thải 23 qua đường ống 32 làm khí thải. Tại cuối bước 1, áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C cao hơn áp suất bên trong tháp hấp phụ 10B. Ví dụ, thời gian thực hiện bước 1 vào khoảng 75 giây.

Trong bước 2, các van tự động 31a, 33a, 34b, 35c, và 351 và van điều chỉnh lưu lượng 352 được mở, và đạt được trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2b.

Ở bước 2, bước hấp phụ tiếp tục được tiến hành trong tháp hấp phụ 10A. Ngoài ra, ở bước 2, các cửa thông khí tương ứng 12 của các tháp hấp phụ 10B và 10C thông với nhau qua các đường ống 34 và 35. Mặt khác, van tự động 32b cho tháp hấp phụ 10B được đóng. Khởi đầu bước 2, áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C vẫn cao hơn áp suất bên trong tháp hấp phụ 10B. Do đó, hạ áp cân bằng áp suất được thực hiện trong tháp hấp phụ 10C và hạ áp cân bằng áp suất được thực hiện trong tháp hấp phụ 10B. Cụ thể hơn, khí bên trong tháp hấp phụ 10C được dẫn vào trong tháp hấp phụ 10B qua các đường ống 35 và 34 để giảm áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C và làm tăng áp suất bên trong tháp hấp phụ 10B. Kết quả là, áp suất bên trong tháp hấp phụ 10B và áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C hầu như bằng với nhau. Ví dụ, thời gian vận hành của bước 2 là khoảng 15 giây.

Ở bước 3, các van tự động 31a, 33a, 34b, 32c, và 341 và van điều chỉnh lưu lượng

342 được mở, và đạt được trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2c.

Ở bước 3, bước hấp phụ tiếp tục được tiến hành trong tháp hấp phụ 10A. Ngoài ra, ở bước 3, kết nối ở giữa các tháp hấp phụ 10B và 10C bị ngắt, và bước tăng áp được thực hiện trong tháp hấp phụ 10B bằng cách đưa một phần của khí thành phẩm đã thải ra từ cửa thông khí 12 của tháp hấp phụ 10A vào tháp hấp phụ 10B qua đường ống 34 và van điều chỉnh lưu lượng 342.

Ngoài ra, ở bước 3, van tự động 32c được mở và do đó tháp hấp phụ 10C kết nối với bể khí thải 23 qua đường ống 32. Kết quả là, bước giải hấp được thực hiện trong tháp hấp phụ 10C, và do đó áp suất bên trong tháp hấp phụ 10C giảm, tạp chất (chủ yếu là hydrocacbon dễ bay hơi, khí hydrocacbon, và hydro sulfua) được giải hấp từ các chất hấp phụ, và khí (khí có nồng độ tạp chất cao) bên trong tháp hấp phụ 10C được thải ra ngoài như khí thải ra ngoài của tháp hấp phụ 10C qua cửa thông khí 11. Ví dụ, áp suất tối thiểu (áp suất khử hấp thụ) bên trong tháp hấp phụ 10C trong bước giải hấp là từ 0 đến 50kPaG, và tốt hơn là, từ 0 đến 20kPaG. Khí thải được thải ra từ tháp hấp phụ 10C được đưa vào bể khí thải 23 qua đường ống 32. Khí bên trong bể khí thải 23 được đưa tới bộ làm mát 24 một cách thích hợp, qua van điều chỉnh áp suất 321, và tiếp tục chạy qua bộ tách khí-lỏng 25, ở đó hydrocacbon dễ bay hơi hóa lỏng và có thể thu lại dưới dạng pha lỏng. Ngoài ra, khí hydrocacbon có thể thu lại làm pha khí như là kết quả của việc đưa qua bộ tách khí-khí-lỏng 25. Ví dụ, thời gian vận hành bước 3 là khoảng 135 giây. Các bước từ 1 đến 3 được mô tả ở trên tương ứng với một phần ba của chỉ kỳ tạo bởi các bước từ 1 đến 9, và tổng thời gian của bước từ 1 đến 3 là khoảng 225 giây.

Như được minh họa trong FIG. 2d đến 2f, trong các bước tiếp theo từ 4 đến 6, các vận hành được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10A ở bước 1 đến 3 được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10B, các vận hành được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10B ở bước từ 1 đến 3 được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10C, và các vận hành được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10C ở bước 1 đến 3 được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10A.

Ở bước 4, các van tự động 31b, 33b, 32c, 34c, 35a, và 351 và van điều chỉnh lưu lượng 352 được mở, và trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2d đạt được. ở bước 5, các van tự động 31b, 33b, 34c, 35a, và 351 và van điều chỉnh lưu lượng

352 được mở, và trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2e đạt được. Ở bước 6, các van tự động 31b, 33b, 34c, 32a, và 341 và van điều chỉnh lưu lượng 342 được mở, và trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2f đạt được. Mặc dù mô tả chi tiết sẽ được bỏ qua, ở bước 4, 5, và 6, tháp hấp phụ 10A lần lượt tiến hành theo trình tự các vận hành giống như đã tiến hành bằng tháp hấp phụ 10C ở bước 1, 2, và 3, tháp hấp phụ 10B ở cùng trạng thái như trạng thái của tháp hấp phụ 10A ở bước 1, 2, và 3, và tháp hấp phụ 10C lần lượt tiến hành các vận hành giống với các vận hành đã tiến hành bằng tháp hấp phụ 10B ở bước 1, 2, và 3.

Như minh họa trong FIG. 2g đến 2i, trong các bước tiếp theo từ 7 đến 9, các vận hành được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10A ở bước từ 1 đến 3 được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10C, các vận hành được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10B ở bước từ 1 đến 3 được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10A, và các vận hành được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10C ở bước 1 đến 3 được tiến hành đối với tháp hấp phụ 10B.

Ở bước 7, các van tự động 31c, 33c, 32a, 34a, 35b, và 351 và van điều chỉnh lưu lượng 352 được mở, và trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2g đạt được. Ở bước 8, các van tự động 31c, 33c, 34a, 35b, và 351 và van điều chỉnh lưu lượng 352 được mở, và trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2h đạt được. ở bước 9, các van tự động 31c, 33c, 34a, 32b, và 341 và van điều chỉnh lưu lượng 342 được mở, và trạng thái dòng khí chẳng hạn như được minh họa trong FIG. 2i đạt được. Mặc dù mô tả chi tiết sẽ được bỏ qua, ở bước 7, 8, và 9, tháp hấp phụ 10A lần lượt tiến hành các vận hành giống với các vận hành được tiến hành bởi tháp hấp phụ 10B ở bước 1, 2, và 3, tháp hấp phụ 10B lần lượt theo trình tự tiến hành các vận hành giống với các vận hành đã tiến hành bởi tháp hấp phụ 10C ở bước 1, 2, và 3, và tháp hấp phụ 10C lần lượt tiến hành theo trình tự các vận hành giống với các vận hành đã thực hiện bởi tháp hấp phụ 10A ở bước 1, 2, và 3.

Kết quả của mỗi chu kỳ được tạo bởi các bước từ 1 đến 9 như mô tả ở trên được tiến hành lặp lại ở mỗi tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C, khí nguồn được dẫn liên tục vào trong một trong số các tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C, và hydro cô đặc (khí thành phẩm) thu được liên tục.

Trong một chu kỳ của phương pháp PSA được tiến hành ở mỗi tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C trong phương pháp tinh sạch để tinh sạch hydro theo phương án này, bước rửa được tiến hành bằng cách dẫn khí còn lại bên trong tháp hấp phụ after bước hấp phụ vào tháp hấp phụ khác trong đó bước giải hấp đã hoàn thành. Khí còn lại bên trong tháp hấp phụ sau khi hoàn thành bước hấp phụ là khí (hydro đã cô đặc còn dư) có nồng độ tạp chất thấp, và do đó tháp hấp phụ trong đó bước giải hấp đã hoàn thành có thể được rửa hiệu quả sử dụng khí. Ngoài ra, có thể ngăn ngừa sự giảm tốc độ phục hồi hydro do khí thành phẩm không được sử dụng để rửa.

Liên quan đến việc nạp các chất hấp phụ vào mỗi tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C, chất hấp phụ dựa trên gel silic axit làm chất hấp phụ thứ nhất 131 nạp phía trước đầu cùng theo hướng dòng chảy của khí nguồn. Chất hấp phụ dựa trên gel silic oxit có khả năng rất tốt trong việc hấp phụ hydrocacbon dễ bay hơi dưới áp suất cao là 0,1 đến 1,0MPaG (= 100 đến 1,000kPaG), và có thể tái chế thông qua khử hấp thụ hydrocacbon dễ bay hơi thậm chí dưới áp suất tối thiểu (bước khử hấp thụ) là 0 đến 50kPaG, mà bằng hoặc cao hơn so với áp suất khí quyển. Chất hấp phụ thứ nhất 131 được dùng ở lượng là 15 đến 65% theo thể tích của tổng thể tích nạp chất hấp phụ. Ngoài ra, chất hấp phụ dựa trên than hoạt tính dùng làm chất hấp phụ thứ hai 132 nạp phía sau chất hấp phụ thứ nhất 131. Chất hấp phụ dựa trên than hoạt tính có khả năng rất tốt trong việc hấp phụ hydro sulfua dưới áp suất cao từ 0,1 đến 1,0MPaG, và có thể tái chế thông qua khử hấp thụ hydro sulfua thậm chí trong trạng thái hạ áp từ 0 đến 50kPaG, mà cân bằng hoặc cao hơn so với áp suất khí quyển. Chất hấp phụ thứ hai 132 được sử dụng ở lượng là từ 10 đến 50% theo thể tích của tổng thể tích nạp chất hấp phụ. Ngoài ra, chất hấp phụ dựa trên zeolit dùng làm chất hấp phụ thứ ba 133 nạp phía sau chất hấp phụ thứ hai 132. Chất hấp phụ dựa trên zeolit có khả năng rất tốt trong việc hấp phụ khí hydrocacbon dưới áp suất cao là 0,1 đến 1,0MPaG, và có thể tái chế thông qua khử hấp thụ khí hydrocacbon thậm chí ở trạng thái hạ áp suất là từ 0 đến 50kPaG, mà bằng hoặc cao hơn áp suất khí quyển. Chất hấp phụ thứ ba 133 được sử dụng ở lượng là từ 25 đến 75% theo thể tích của tổng thể tích nạp chất hấp phụ. Theo kết cấu mô tả ở trên, các tạp chất (hydrocacbon dễ bay hơi, khí hydrocacbon, và hydro sulfua) có thể bị loại bỏ hiệu quả thông qua hấp phụ và thiết bị chân không là không cần thiết, và do đó chi phí giảm. Ngoài ra, nếu gel silic oxit ưa nước được sử dụng làm chất hấp phụ thứ nhất 131,

hydrocacbon dễ bay hơi có thể được loại bỏ thông qua hấp phụ mà không cần tiền xử lý trước khi tiến hành, điều này đóng góp vào việc giảm chi phí.

Lưu ý rằng, khi tỷ lệ nạp chất hấp phụ thứ nhất 131 ít hơn 15% theo thể tích, không thể loại bỏ hydrocacbon dễ bay hơi một cách hiệu quả. Mặt khác, khi tỷ lệ nạp chất hấp phụ thứ nhất 131 vượt quá 75% theo thể tích, phần trăm khí rửa còn lại trong chất hấp phụ thứ ba 133 có thể giảm, và việc rửa không được tiến hành đầy đủ trong bước rửa do sự giảm lượng khí rửa. Khi tỷ lệ nạp của chất hấp phụ thứ hai 132 ít hơn 10% theo thể tích, không thể loại bỏ hoàn toàn hydro sulfua một cách hiệu quả. Mặt khác, khi tỷ lệ nạp chất hấp phụ thứ hai 132 vượt quá 50% theo thể tích, phần trăm khí rửa khí còn lại trong chất hấp phụ thứ ba 133 có thể giảm, và việc rửa không được tiến hành đầy đủ trong bước rửa do sự giảm lượng khí rửa.

Chất hấp phụ thứ hai 132 (chất hấp phụ gốc than hoạt tính) và chất hấp phụ thứ ba 133 (chất hấp phụ dựa trên zeolit) mà được xếp lớp sau (phía dưới) chất hấp phụ thứ nhất 131 không hấp phụ hydrocacbon dễ bay hơi. Ngoài ra, chất hấp phụ thứ ba 133 (chất hấp phụ dựa trên zeolit) mà được xếp lớp sau chất hấp phụ thứ hai 132 không hấp phụ hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sulfua. Đó là, bước hấp phụ lần lượt được hoàn thành trước khi chất hấp phụ thứ nhất 131 và chất hấp phụ thứ hai 132 được bão hòa với hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sulfua, và chất hấp phụ thứ ba 133 hầu như không hấp phụ hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sulfua. Mặt khác, chất hấp phụ thứ ba 133 hấp phụ nhiều hydro so với chất hấp phụ thứ nhất 131 và chất hấp phụ thứ hai 132. Do đó, ngoài hydro cô đặc (khí chủ yếu nằm trong vùng được nạp chất hấp phụ thứ ba 133 gần cửa thông khí 12) mà còn lại bên trong tháp hấp phụ ở khởi đầu của bước giảm áp, hydro được giải hấp from chất hấp phụ thứ ba 133 được thêm vào khí rửa được xả từ tháp hấp phụ trong đó bước hấp phụ hoàn thành và bước giảm áp được tiến hành và sử dụng để rửa tháp hấp phụ khác trong đó bước giải hấp hoàn thành và bước rửa được tiến hành. Kết quả là, tháp hấp phụ khác trong đó bước giải hấp hoàn thành có thể được rửa hiệu quả sử dụng khí rửa có thành phần hydro cao.

Mặc dù phương án cụ thể của sáng chế đã được mô tả ở trên, sáng chế không hạn chế ở phương án này, và các cải biến khác nhau có thể được thực hiện trong phạm vi không

xa rời ý tưởng của sáng chế. Ví dụ, về kết cấu của các đường ống (đường ống dẫn) mà tạo thành các đường dẫn nhánh dẫn khí trong bộ máy thực hiện phương pháp tinh sạch để tinh sạch hydro hoặc heli theo sáng chế, kết cấu khác với phương án đã mô tả ở trên có thể được ứng dụng. Số lượng các tháp hấp phụ không hạn chế ở ba tháp hấp phụ được minh họa trong phương án đã mô tả ở trên, và các tác dụng tương tự cũng được mong đợi trong trường hợp này trong đó số lượng tháp hấp phụ là bốn hoặc nhiều hơn.

Mặc dù phương án nêu trên được mô tả liên quan đến trường hợp trong đó hydro được tinh sạch, các chất hấp phụ (chất hấp phụ thứ nhất, chất hấp phụ thứ hai, và chất hấp phụ thứ ba) được sử dụng phương pháp tinh sạch theo sáng chế có khả năng hấp phụ heli mà hầu như giống với khả năng hấp phụ hydro. Do đó, các tác dụng tương tự thu được trong phương án nêu trên có thể thu được trong trường hợp ở đó heli được cô đặc và tinh sạch từ khí nguồn có chứa heli như là thành phần chính và và khí hydrocacbon và/hoặc hydrocacbon dễ bay hơi (hay nói cách khác cách khác, khí hydrocacbon và/hoặc hydrocacbon dễ bay hơi và hydro sulfua) dưới dạng tạp chất. Lưu ý rằng, không cần phải loại bỏ sulfua trong trường hợp nồng độ của hydro sulfua chứa trong đó dưới dạng tạp chất trong khí nguồn là thấp không đáng kể so với nồng độ của các thành phần tạp chất khác. Sáng chế cũng có thể áp dụng trong trường hợp đó.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, sự hữu ích của sáng chế sẽ được mô tả bằng các ví dụ thực hiện sáng chế và ví dụ so sánh.

Ví dụ 1

Trong ví dụ này, thiết bị tinh sạch X minh họa trong FIG. 1 được sử dụng để thu được hydro cô đặc là khí thành phẩm từ khí nguồn dưới các điều kiện sau của phương pháp tinh sạch mà sử dụng phương pháp hấp phụ áp suất chuyển đổi (Phương pháp PSA) tạo thành bởi các bước như mô tả trong FIG. 2.

Mỗi tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C có dạng hình trụ với đường kính trong là 35mm, và thể tích nạp chất hấp phụ là xấp xỉ 1L. Mỗi tháp hấp phụ 10A, 10B và 10C được nạp gel silic oxit loại B (Fuji gel silic oxit B-type, sản xuất bởi Fuji Silysia Chemical Ltd.) làm chất

hấp phụ thứ nhất 131, than hoạt tính (PGAR, sản xuất bởi Cataler Corporation) làm chất hấp phụ thứ hai 132, và zeolit loại CaA (5AHP, sản xuất bởi UNION SHOWA K.K.) làm chất hấp phụ thứ ba 133 theo cách xếp lớp từ cửa thông khí 11 về phía cửa thông khí 12. Tỷ lệ nạp (phần trăm thể tích) của các chất hấp phụ như dưới đây. Chất hấp phụ thứ nhất 131 là 30% theo thể tích, chất hấp phụ thứ hai 132 là 10% theo thể tích, và chất hấp phụ thứ ba 133 là 60% theo thể tích. Khí hydro thô chứa 1,200 phần triệu tính theo thể tích metan, 8,500 phần triệu tính theo thể tích toluen, và 0,1 phần triệu tính theo thể tích hydro sulfua dưới dạng tạp chất được sử dụng làm khí nguồn, và khí nguồn được cung cấp ở lưu lượng dòng là 5,2 NL/phút (N thể hiện trạng thái bình thường). Các điều kiện vận hành của phương pháp PSA như dưới đây. Nhiệt độ của các tháp hấp phụ và tương tự là 40°C, áp suất hấp phụ là 0,8MPaG, áp suất khử hấp phụ là 20kPaG, sự khác nhau về áp suất rửa là 300kPa, và thời gian chu kỳ (thời gian của một chu kỳ tạo thành bởi các bước từ 1 đến 9) là 675 giây. Nồng độ tạp chất chứa trong hydro cô đặc (khí thành phẩm) được đo sử dụng máy phát hiện ion hóa ngọn lửa hydro (Flame Ionization Detector-FID) và máy phát hiện quang hóa ngọn lửa (FPD), thấy rằng nồng độ của toluen chứa trong khí thành phẩm là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn), nồng độ của metan là 0,04 phần triệu theo thể tích, nồng độ của hydro sulfua là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần tỷ thể tích hoặc ít hơn), và tỷ lệ phục hồi hydro là 75%. Kết quả của ví dụ thực hiện sáng chế này được trình bày trong bảng 1.

Ví dụ 2

Hydro được tinh sạch từ khí nguồn theo cách giống như trong ví dụ thực hiện sáng chế 1, ngoại trừ là tỷ lệ nạp các chất hấp phụ được cài đặt như sau: chất hấp phụ thứ nhất 131 là 20% theo thể tích, chất hấp phụ thứ hai 132 là 40% theo thể tích, và chất hấp phụ thứ ba 133 là 40% theo thể tích. Nồng độ tạp chất chứa trong hydro cô đặc thu được (khí thành phẩm) được đo sử dụng máy phát hiện ion hóa ngọn lửa hydro (FID) và máy phát hiện quang hóa ngọn lửa (FPD), và phát hiện ra rằng nồng độ của toluen chứa trong khí thành phẩm là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn), nồng độ của metan là 0,21 phần triệu theo thể tích, nồng độ của hydro sulfua là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần tỷ thể tích hoặc ít hơn), và tỷ lệ phục hồi hydro là 70%. Kết quả của ví dụ sáng chế này được trình bày trong bảng 1.

Ví dụ 3

Hydro được tinh sạch từ khí nguồn theo cách giống như trong ví dụ sáng chế 1, ngoại trừ tỷ lệ nạp các chất hấp phụ được cài đặt như sau: chất hấp phụ thứ nhất 131 là 40% theo thể tích, chất hấp phụ thứ hai 132 là 30% theo thể tích, và chất hấp phụ thứ ba 133 là 30% theo thể tích. Nồng độ tạp chất chứa trong hydro cô đặc (khí thành phẩm) được đo sử dụng máy phát hiện ion hóa ngọn lửa hydro (FID) và máy phát hiện quang hóa ngọn lửa (FPD), và phát hiện ra rằng nồng độ của toluen chứa trong khí thành phẩm là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần triệu tính theo thể tích hoặc ít hơn), nồng độ của metan là 0,5 phần triệu theo thể tích, nồng độ của hydro sulfua là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần tỷ thể tích hoặc ít hơn), và tỷ lệ phục hồi hydro là 80%. Kết quả của ví dụ sáng chế này được trình bày trong bảng 1.

Ví dụ 4

Hydro được tinh sạch từ khí nguồn theo cách giống như trong ví dụ sáng chế 1, ngoại trừ là tỷ lệ nạp các chất hấp phụ được cài đặt như sau: chất hấp phụ thứ nhất 131 là 60% theo thể tích, chất hấp phụ thứ hai 132 là 10% theo thể tích, và chất hấp phụ thứ ba 133 là 30% theo thể tích. Nồng độ tạp chất chứa trong hydro cô đặc thu được (khí thành phẩm) được đo sử dụng máy phát hiện ion hóa ngọn lửa hydro (FID) và máy phát hiện quang hóa ngọn lửa (FPD), và phát hiện ra rằng nồng độ của toluen chứa trong khí thành phẩm là 0,6 phần triệu theo thể tích, nồng độ của metan là 0,9 phần triệu theo thể tích, nồng độ của hydro sulfua là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần tỷ thể tích hoặc ít hơn), và tỷ lệ phục hồi hydro là 85%. Kết quả của ví dụ sáng chế này được trình bày trong bảng 1.

Ví dụ so sánh 1

Hydro được tinh sạch từ khí nguồn theo cách giống như trong ví dụ sáng chế 1, ngoại trừ là tỷ lệ nạp (phần trăm thể tích) các chất hấp phụ được cài đặt như sau: chất hấp phụ thứ nhất 131 là 80% theo thể tích, chất hấp phụ thứ hai 132 là 10% theo thể tích, và chất hấp phụ thứ ba 133 là 10% theo thể tích. Nồng độ tạp chất chứa trong hydro cô đặc thu được (khí thành phẩm) được đo sử dụng máy phát hiện ion hóa ngọn lửa hydro (FID) và máy phát hiện quang hóa ngọn lửa (FPD), và phát hiện ra rằng nồng độ của toluen chứa trong khí thành phẩm là 2.000 phần triệu theo thể tích, nồng độ của metan là 2,2 phần triệu

theo thể tích, nồng độ của hydro sulfua là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần tỷ thể tích hoặc ít hơn), và tỷ lệ phục hồi hydro là 90%. Kết quả của ví dụ so sánh này được trình bày trong bảng 1.

Ví dụ so sánh 2

Hydro được tinh sạch từ khí nguồn theo cách giống như trong ví dụ sáng chế 1, ngoại trừ là tỷ lệ nạp (phần trăm thể tích) các chất hấp phụ được cài đặt như sau: chất hấp phụ thứ nhất 131 là 10% theo thể tích, chất hấp phụ thứ hai 132 là 10% theo thể tích, và chất hấp phụ thứ ba 133 là 80% theo thể tích. Nồng độ tạp chất chứa trong hydro cô đặc thu được (khí thành phẩm) được đo sử dụng máy phát hiện ion hóa ngọn lửa hydro (FID) và máy phát hiện quang hóa ngọn lửa (FPD), và phát hiện ra rằng nồng độ của toluen chứa trong khí thành phẩm là 3.000 phần triệu theo thể tích, nồng độ của metan là 0,01 phần triệu theo thể tích, nồng độ của hydro sulfua là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần tỷ thể tích hoặc ít hơn), và tỷ lệ phục hồi hydro là 70%. Kết quả của ví dụ so sánh này được trình bày trong bảng 1.

Ví dụ so sánh 3

Hydro được tinh sạch từ khí nguồn theo cách giống như trong ví dụ sáng chế 1, ngoại trừ là tỷ lệ nạp các chất hấp phụ được cài đặt như sau: chất hấp phụ thứ nhất 131 là 10% theo thể tích, chất hấp phụ thứ hai 132 là 60% theo thể tích, và chất hấp phụ thứ ba 133 là 30% theo thể tích. Kết quả được trình bày trong bảng 1. Nồng độ tạp chất chứa trong hydro cô đặc (khí thành phẩm) được đo sử dụng máy phát hiện ion hóa ngọn lửa hydro (FID) và máy phát hiện quang hóa ngọn lửa (FPD), và thấy rằng nồng độ của toluen chứa trong khí thành phẩm là 1.000 phần triệu theo thể tích, nồng độ của metan là 1,5 phần triệu theo thể tích, nồng độ của hydro sulfua là giới hạn định lượng hoặc ít hơn (0,1 phần tỷ thể tích hoặc ít hơn), và tỷ lệ phục hồi hydro là 65%. Kết quả của các ví dụ so sánh được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1

	Tỷ lệ nạp các chất hấp phụ	Hydro	Nồng độ tạp chất trong khí
--	----------------------------	-------	----------------------------

	[% theo thể tích]			Tỷ lệ phục hồi [%]	thành phẩm		
	Chất hấp phụ thứ nhất	Chất hấp phụ thứ hai	Chất hấp phụ thứ ba		Toluen [phần triệu theo thể tích]	Metan [phần triệu theo thể tích]	Hydro sulfua [phần tỷ]
Ví dụ 1	30	10	60	75	0,1 hoặc ít hơn	0,04	0,1 hoặc ít hơn
Ví dụ 2	20	40	40	70	0,1 hoặc ít hơn	0,21	0,1 hoặc ít hơn
Ví dụ 3	40	30	30	80	0,1 hoặc ít hơn	0,5	0,1 hoặc ít hơn
Ví dụ 4	60	10	30	85	0,6	0,9	0,1 hoặc ít hơn
Ví dụ so sánh 1	80	10	10	90	2.000	2,2	0,1 hoặc ít hơn
Ví dụ so sánh 2	10	10	80	70	3.000	0,01	0,1 hoặc ít hơn
Ví dụ so	10	60	30	65	1.000	1,5	0,1

sánh 3							hoặc ít hơn
--------	--	--	--	--	--	--	----------------

Như đã chỉ rõ trong bảng 1, hydro đã xác nhận có thể được tinh sạch để có độ tinh khiết cao theo các ví dụ sau theo các ví dụ thực hiện sáng chế đã mô tả ở trên.

Danh sách các số tham chiếu

X Thiết bị tinh sạch

10A,10B,10C Tháp hấp phụ

11 Cửa thông khí (cửa thông khí thứ nhất)

12 Cửa thông khí (cửa thông khí thứ hai)

131 Chất hấp phụ thứ nhất

132 Chất hấp phụ thứ hai

133 Chất hấp phụ thứ ba

21 Nguồn cấp khí nguồn

22 Bể chứa thành phẩm

23 Bể khí thải

24 Máy làm mát (thiết bị tách khí-lỏng)

25 Bộ tách khí-lỏng (thiết bị tách khí-lỏng)

31 Đường ống (đường ống thứ nhất)

32 Đường ống (đường ống thứ hai)

33 Đường ống (đường ống thứ ba)

34 Đường ống (đường ống thứ tư)

35 Đường ống (đường ống thứ năm)

31',32',33',34',35' Đường dẫn nhánh chính

31A~31C,32A~32C,33A~33C,34A~34C,35A~35C đường dẫn nhánh

31a~31c,32a~32c,33a~33c,34a~34c,35a~35c,341,351 Van tự động

321,331 Van điều chỉnh áp suất

342,352 Van điều chỉnh lưu lượng

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tinh sạch hydro hoặc heli từ khí nguồn chứa ít nhất một trong số khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất và hydro hoặc heli dưới dạng thành phần chính sử dụng ba hay nhiều tháp hấp phụ được nạp chất hấp phụ bằng cách lặp lại chu kỳ hấp phụ áp suất chuyển đổi đối với mỗi tháp, chu kỳ này bao gồm: bước hấp phụ đưa khí nguồn vào tháp hấp phụ dưới áp suất cao đã định để làm cho chất hấp phụ hấp phụ ít nhất một trong số khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi có trong khí nguồn trong khi xả khí thành phẩm có nồng độ hydro hoặc heli đã tăng lên khỏi tháp hấp phụ;

bước giảm áp làm giảm áp suất bên trong tháp hấp phụ đã hoàn thành bước hấp phụ bằng cách xả khí còn lại bên trong tháp hấp phụ;

bước giải hấp giải hấp ít nhất một trong số khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi khỏi chất hấp phụ ở tháp hấp phụ đã hoàn thành bước giảm áp trong khi xả khí ở bên trong tháp hấp phụ; và

bước rửa đưa khí được xả từ tháp hấp phụ khác đang trải qua bước giảm áp vào tháp hấp phụ mà đã hoàn thành bước giải hấp để xả khí còn lại bên trong tháp hấp phụ, và

trong đó mỗi tháp hấp phụ được phân thành vùng thứ nhất, vùng thứ hai, và vùng thứ ba theo thứ tự từ phía trước đến phía sau theo hướng dòng khí nguồn ở tháp hấp phụ, vùng thứ nhất được nạp chất hấp phụ thứ nhất gốc silicagel với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 15 đến 65% theo thể tích trên tổng thể tích nạp chất hấp phụ, vùng thứ hai được nạp chất hấp phụ thứ hai gốc than hoạt tính với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 10 đến 50% theo thể tích, và vùng thứ ba được nạp chất hấp phụ thứ ba gốc zeolit với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 25 đến 75% theo thể tích.

2. Phương pháp tinh sạch theo điểm 1,

trong đó khí nguồn còn chứa hydro sulfua dưới dạng tạp chất.

3. Phương pháp tinh sạch theo điểm 1,

trong đó chất hấp phụ thứ nhất bao gồm silicagel ưa nước.

4. Phương pháp tinh sạch theo điểm 1,

trong đó chất hấp phụ thứ hai bao gồm than hoạt tính có nguồn gốc từ vỏ dừa hoặc than hoạt tính có nguồn gốc từ than đá.

5. Phương pháp tinh sạch theo điểm 1,

trong đó chất hấp phụ thứ ba bao gồm zeolit loại CaA.

6. Phương pháp tinh sạch theo điểm 1, còn bao gồm:

bước tăng áp làm tăng áp suất bên trong tháp hấp phụ đến áp suất hấp phụ đã định ở giữa bước rửa và bước hấp phụ.

7. Phương pháp tinh sạch theo điểm 6,

trong đó bước giảm áp bao gồm bước giảm áp thứ nhất đưa khí thừa được xả khỏi tháp hấp phụ làm khí rửa vào tháp hấp phụ khác đang trải qua bước rửa, và bước giảm áp thứ hai, sau bước giảm áp thứ nhất, đưa khí thừa được xả khỏi tháp hấp phụ vào tháp hấp phụ khác đang trải qua bước tăng áp.

8. Phương pháp tinh sạch theo điểm 7,

trong đó bước tăng áp bao gồm bước tăng áp thứ nhất đưa, vào trong tháp hấp phụ, khí thừa được xả khỏi tháp hấp phụ khác đang trải qua bước giảm áp thứ nhất, và bước tăng áp thứ hai, sau bước tăng áp thứ nhất, đưa một phần của khí thành phẩm vào tháp hấp phụ từ tháp hấp phụ khác đang trải qua bước hấp phụ.

9. Thiết bị để tinh sạch hydro hoặc heli từ khí nguồn chứa ít nhất một trong số khí hydrocacbon và hydrocacbon dễ bay hơi dưới dạng tạp chất và hydro hoặc heli dưới dạng thành phần chính, thiết bị này bao gồm:

ba hay nhiều tháp hấp phụ, mỗi tháp có cửa thông khí thứ nhất và cửa thông khí thứ hai và được nạp chất hấp phụ ở giữa cửa thông khí thứ nhất và cửa thông khí thứ hai;

bể chứa để chứa khí thành phẩm;

thiết bị phân tách khí-lỏng để phân tách khí được xả khỏi cửa thông khí thứ nhất của từng tháp hấp phụ thành thành phần pha khí và thành phần pha lỏng;

đường ống thứ nhất bao gồm đường dẫn chính được nối với nguồn cấp khí nguồn, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh được nối với cửa thông khí thứ nhất của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở;

đường ống thứ hai bao gồm đường dẫn chính được bố trí thiết bị phân tách khí-lỏng, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ hai được nối với cửa thông khí thứ nhất của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở;

đường ống thứ ba bao gồm đường dẫn chính được bố trí bể chứa, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ ba được nối với cửa thông khí thứ hai của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở;

đường ống thứ tư bao gồm đường dẫn chính được nối với đường dẫn chính của đường ống thứ ba, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ tư được nối với cửa thông khí thứ hai của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở; và

đường ống thứ năm bao gồm đường dẫn chính được nối với đường dẫn chính của đường ống thứ tư, và nhiều đường dẫn nhánh lần lượt được bố trí cho các tháp hấp phụ, mỗi đường dẫn nhánh của đường ống thứ năm được nối với cửa thông khí thứ hai của tháp hấp phụ tương ứng và được bố trí van đóng mở,

trong đó mỗi tháp hấp phụ được phân thành vùng thứ nhất, vùng thứ hai, và vùng thứ ba theo thứ tự từ cửa thông khí thứ nhất đến cửa thông khí thứ hai của tháp hấp phụ, vùng thứ nhất được nạp chất hấp phụ thứ nhất gốc silicagel với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 15 đến 65% theo thể tích trên tổng thể tích nạp chất hấp phụ, vùng thứ hai được nạp chất hấp phụ thứ hai gốc than hoạt tính với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 10 đến 50% theo thể tích, và vùng thứ ba được nạp chất hấp phụ thứ ba gốc zeolit với tỷ lệ nạp nằm trong khoảng từ 25 đến 75% theo thể tích.

10, Thiết bị tinh sạch theo điểm 9,

trong đó khí nguồn còn chứa hydro sulfua dưới dạng tạp chất.

11. Thiết bị tinh sạch theo điểm 9,

trong đó chất hấp phụ thứ nhất bao gồm silicagel ưa nước.

12. Thiết bị tinh sạch theo điểm 9,

trong đó chất hấp phụ thứ hai bao gồm than hoạt tính có nguồn gốc từ vỏ dừa hoặc than hoạt tính có nguồn gốc từ than đá.

13. Thiết bị tinh sạch theo điểm 9,

trong đó chất hấp phụ thứ ba bao gồm zeolit loại CaA.

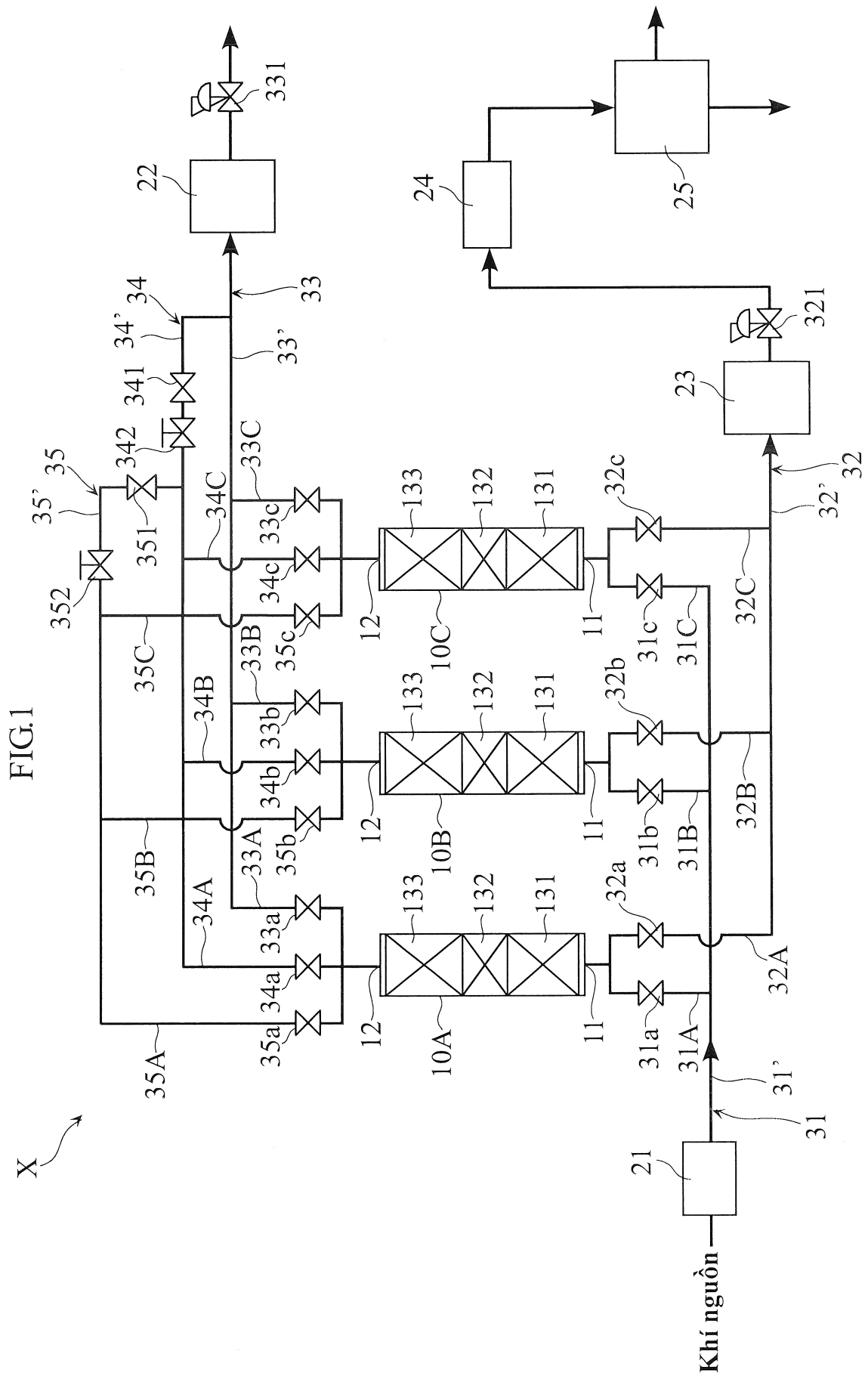
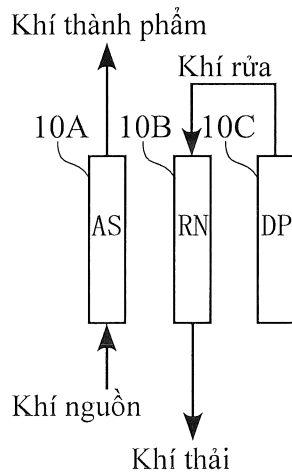
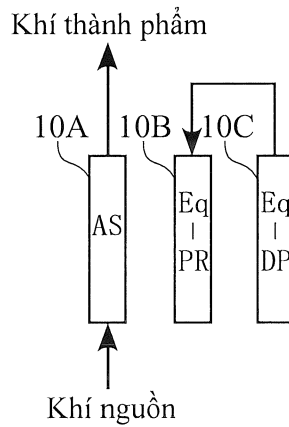


FIG.2

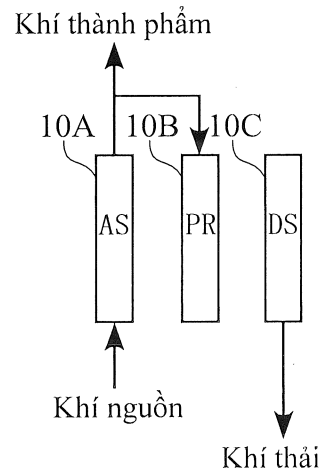
(a) Bước 1



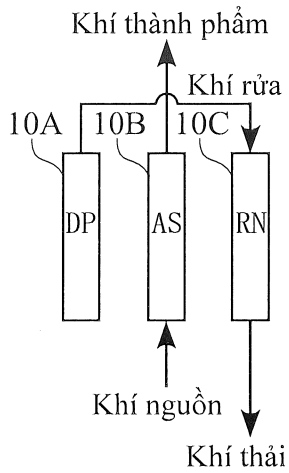
(b) Bước 2



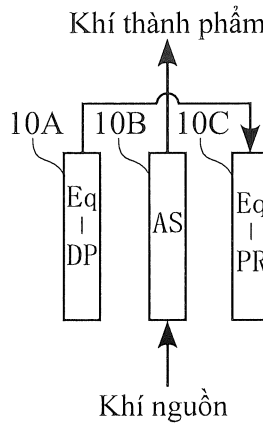
(c) Bước 3



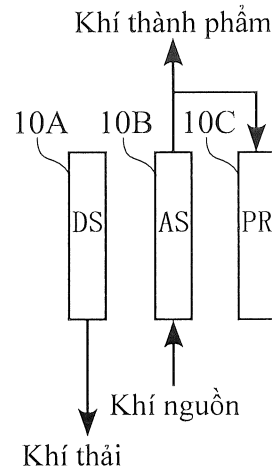
(d) Bước 4



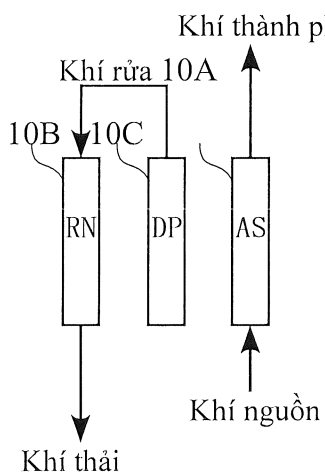
(e) Bước 5



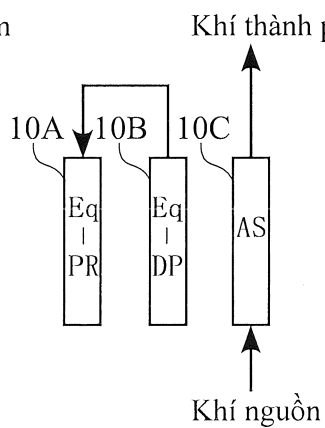
(f) Bước 6



(g) Bước 7



(h) Bước 8



(i) Bước 9

