

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp loại bỏ các thành phần có thể ngưng tụ được ra khỏi hỗn hợp chất lưu có hiệu ứng Joule-Thomson dương, và cụ thể hơn sáng chế đề cập đến việc loại bỏ, ví dụ, nước ra khỏi các dòng khí axit, để giảm thiểu hoặc loại bỏ một cách đáng kể sự tạo ra nước lỏng trong đó để giảm thiểu sự ăn mòn và tạo ra các hydrat trong dòng khí, được vận chuyển và được phun để càng hoá.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các dòng khí, như các dòng khí mà thu được từ quy trình xử lý dầu mỏ hoặc quy trình đốt, thường chứa một khí hoặc các khí mà tạo ra axit khi được trộn với nước. Các khí như vậy thường được gọi là "các khí axit". Các khí axit xuất hiện trong tự nhiên phổ biến nhất thu được từ việc xử lý dầu mỏ là hydro sulfua (H_2S) và cacbon dioxit (CO_2). Các khí axit đặc trưng thu được từ các quy trình đốt/oxy hoá/nhiệt phân là cacbon dioxit (CO_2), lưu huỳnh dioxit (SO_2), và nitơ oxit (NO , NO_2).

Các khí axit thường chứa nước. Các khí axit xuất hiện trong tự nhiên thường được bão hoà bằng nước ở nơi chứa và các khí thu được từ việc đốt cùng tồn tại với nước được tạo ra từ phản ứng giữa hydro và oxy trong quá trình đốt. Gần như tất cả các khí axit cuối cùng đều được bão hoà bằng hơi nước ở thời điểm nào đó trong quá trình loại bỏ hoặc làm sạch khí axit. Việc làm giảm nhiệt độ hoặc làm tăng áp suất, trên một khoảng xác định, của khí axit chứa nước, như khí xuất hiện khi khí axit được đưa qua máy nén, sẽ dẫn đến sự ngưng tụ một phần nước từ pha khí thành pha lỏng. Ở nhiệt độ nào đó, vẫn cao hơn điểm đóng băng của nước, nước và khí axit có thể bắt đầu tạo ra cấu trúc "dạng rắn" được gọi là hydrat khí. Nhiệt độ tại đó các hydrat có thể bắt đầu tạo ra được gọi là nhiệt độ tạo hydrat (HFT) mà thay đổi theo áp suất, thành phần và hàm lượng nước của hỗn hợp. Các hydrat là sự kết hợp vật lý của nước và các phân tử nhỏ

tạo ra hợp chất có bề ngoài "dạng băng", nhưng có các tính chất và cấu trúc khác so với băng. Các hydrat cũng có thể được biết đến dưới dạng clathrat khí. Các hydrat có vấn đề vì chúng có thể làm giảm sự truyền nhiệt, gây ra độ giảm áp quá mức, tắc nghẽn, gián đoạn trong quá trình sản xuất và gây quan ngại về độ an toàn.

Sự tạo ra pha nước trong hệ thống khí bất kỳ là không mong muốn vì nó thúc đẩy sự ăn mòn, có thể làm tạo ra hydrat khí và có thể gây ra các vấn đề về cơ khí và vận hành. Pha nước đặc biệt không được mong muốn trong các hệ thống khí axit vì pha nước thu được sẽ có tính axit, dẫn đến sự gia tăng đáng kể tốc độ ăn mòn và thường dẫn đến HFT cao hơn so với các khí không axit.

Bảng A minh họa các mức ăn mòn mà xuất hiện trong thép yếu ở các nồng độ thay đổi của các thành phần khí axit trong nước.

Bảng A

Sự ăn mòn thép yếu bởi cacbon dioxit và các khí khác trong nước*

Nồng độ O ₂ , ppm	Nồng độ H ₂ S, ppm	Số mil ăn mòn/năm với nồng độ CO ₂ 200ppm	Số mil ăn mòn/năm với nồng độ CO ₂ 600ppm
8,8	0	28	60
4,3	0	18	44
1,6	0	12	34
0,4	0	17	27
<0,5	35	6	6
<0,5	150	15	16
<0,5	400	17	21

*nhiệt độ 80°F (26,7°C), thời gian tiếp xúc 72 giờ.

Nguồn: Số liệu của Watkins and Kincheloe (1958) và Watkins and Wright (1953)

Mặc dù sự thảo luận đã tập trung vào khí axit, nhưng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ nhận thấy rằng phương pháp này và khái niệm có thể áp dụng để loại bỏ các thành phần có thể ngưng tụ được ra khỏi dòng chất lưu bất kỳ có hệ số Joule-Thomson dương.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một phương án, sáng chế đề xuất phương pháp cải tiến để loại bỏ các thành phần có thể ngưng tụ được ra khỏi chất lưu có hệ số Joule-Thomson dương chứa các thành phần có thể ngưng tụ được.

Theo một phương án khác, sáng chế đề xuất phương pháp để loại bỏ các thành phần có thể ngưng tụ được ra khỏi chất lưu chứa các thành phần có thể ngưng tụ được, bao gồm các bước:

tạo ra hỗn hợp chất lưu có hệ số Joule-Thomson dương chứa các thành phần có thể ngưng tụ được dưới dạng dòng nguyên liệu ban đầu;

xử lý dòng nguyên liệu ban đầu này để ngưng tụ các chất lỏng ra khỏi đó và loại bỏ các chất lỏng này để tạo ra dòng khí;

nén và làm lạnh dòng khí này để tạo ra dòng cao áp;

làm giãn nở ít nhất một phần dòng cao áp này để tạo ra dòng thấp áp đã được làm lạnh; và phối hợp dòng thấp áp đã được làm lạnh với dòng nguyên liệu ban đầu để làm gia tăng việc làm lạnh và ngưng tụ các thành phần có thể ngưng tụ được trong dòng nguyên liệu ban đầu.

Theo một phương án khác nữa, sáng chế đề xuất thiết bị để loại bỏ các thành phần có thể ngưng tụ được ra khỏi chất lưu có hệ số Joule-Thomson dương chứa các thành phần có thể ngưng tụ được, bao gồm:

bộ phận ngưng tụ để xử lý hỗn hợp chất lưu có hệ số Joule-Thomson dương chứa các thành phần có thể ngưng tụ được dưới dạng dòng nguyên liệu ban đầu thành các chất lỏng từ đó và loại bỏ các chất lỏng này để tạo ra dòng khí;

bộ phận nén và bộ phận làm lạnh thêm dùng cho dòng khí này để tạo ra dòng cao áp;

hệ thống giãn nở để làm giãn nở ít nhất một phần dòng cao áp này để tạo ra dòng thấp áp được làm lạnh;

hệ thống tuần hoàn nối thông chất lưu với hệ thống giãn nở để trộn dòng thấp áp được làm lạnh với dòng nguyên liệu ban đầu để tăng cường việc làm lạnh và ngưng tụ các thành phần có thể ngưng tụ được trong dòng nguyên liệu ban đầu.

Vẫn theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến hệ thống để ngăn chặn tạo ra hydrat khí trong khí chứa nước có thể ngưng tụ được trong quá trình loại bỏ nước có thể ngưng tụ được, bao gồm:

giai đoạn xử lý, bao gồm:

dòng chất lưu có hệ số Joule-Thomson dương chứa nước có thể ngưng tụ được;

bộ phận tách nối thông chất lưu với dòng chất lưu này để tách chất lỏng chứa nước ngưng tụ ra khỏi dòng chất lưu để tạo ra dòng khí được loại hydrat một phần;

bộ phận nén và bộ phận làm lạnh thêm để nén và làm lạnh dòng khí đã được loại hydrat một phần thoát ra từ bộ phận tách;

bộ phận xả để xả dòng khí đã được loại hydrat một phần;

hệ thống giãn nở để làm giãn nở và làm lạnh dòng khí;

hệ thống giãn nở này được bố trí để tuần hoàn một phần dòng khí đã được loại hydrat một phần qua bộ phận giãn nở đến giai đoạn xử lý.

Trên Fig.1 và Fig.2, hàm lượng nước trong khí axit tỷ lệ với nhiệt độ và lên đến khoảng 400 psia (2757,9 KPa) đối với H_2S và 900 psia (6205,3 KPa) đối với CO_2 , tỷ lệ nghịch với áp suất. Trong các giới hạn này, áp suất cao và nhiệt độ thấp tạo ra hàm lượng nước thấp trong các khí axit.

Loại hydrat là quy trình loại bỏ nước để giảm thiểu hoặc ngăn chặn sự tạo ra hydrat và nước tự do. Trong khí axit có nồng độ H_2S tương đối cao, thường loại bỏ đủ nước trong quá trình làm lạnh giữa các giai đoạn nén nhiều giai đoạn thông thường thành pha đặc (áp suất nào đó cao hơn áp suất tối hạn của chất lưu) sao cho không đòi hỏi quy trình loại hydrat riêng biệt. Khi lượng CO_2 của khí axit tăng, việc loại nước đủ chỉ bằng cách nén sẽ ít có thể diễn ra và thường đòi hỏi quy trình loại hydrat riêng biệt.

Biện pháp loại hydrat khí thông thường là hấp phụ bằng chất hút ẩm rắn, hấp thụ bằng chất hút ẩm lỏng, làm lạnh, tách bằng màng, và cất phần nhẹ khí khô. Các phương pháp thông dụng nhất là hấp phụ bằng chất hút ẩm rắn và hấp thụ bằng chất hút ẩm lỏng.

Loại hydrat glycol, một quy trình hấp thụ bằng chất hút ẩm lỏng, thường được xem là quy trình ưu tiên và kinh tế nhất đối với phần lớn các ứng dụng. Các quy trình loại hydrat bằng chất hút ẩm như vậy có một số nhược điểm:

- hao hụt glycol trong việc sử dụng CO₂ áp suất cao có thể là đáng kể;
- oxy dư, đặc trưng được thấy trong các khí axit tạo ra trong quá trình đốt sẽ làm gia tăng đáng kể sự ăn mòn và thúc đẩy sự thoái biến glycol ở nhiệt độ hoàn nguyên cao hơn, cần bổ sung thêm việc tái chế glycol liên tục;
- thiết bị loại hydrat phải được sản xuất từ các vật liệu chịu ăn mòn giá thành cao như thép không gỉ để xử lý các chất lỏng có tính axit được tạo ra;
- glycol đặc trưng được gia nhiệt đến 400°F (204,44°C) để hoàn nguyên dẫn đến sự bay hơi nước và xả vào môi trường các chất gây ô nhiễm bất kỳ khác cũng được hấp thụ bởi glycol, như các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (volatile organic compound - VOC), thường là benzen, toluen, etyl benzen và xylen (BTEX) và các khí cất bất kỳ. Việc kiểm soát các chất thải nhất thời này thường đòi hỏi bổ sung thêm thiết bị thu hồi hơi đất tiền và tạo ra khả năng gây ô nhiễm oxy thêm nữa;
- các yêu cầu thiết thực của các quy trình như vậy là cao và bao gồm nguyên liệu được sử dụng để hoàn nguyên glycol và khả năng yêu cầu để bơm glycol và vận hành thiết bị thu hồi hơi;
- lượng cacbon tổng thể đáng kể được tạo ra do quá trình sản xuất của thiết bị loại hydrat, và CO₂ được tạo ra từ các nhu cầu thiết thực của hệ thống và của việc tạo ra glycol được sử dụng trong quy trình loại hydrat.

Loại hydrat bằng cách làm lạnh lợi dụng khả năng khử của khí để giữ nước khi nhiệt độ của nó bị giảm. Sự giảm nhiệt độ có thể đạt được gián tiếp bằng cách trao đổi nhiệt từ "việc làm lạnh" bên ngoài hoặc quy trình làm giảm nhiệt độ khác, hoặc trực tiếp bởi sự giãn nở của chính bản thân khí. Sự giãn nở trực tiếp của khí là sự giãn nở đẳng entropy như trong bộ giãn nở kiểu tuabin hoặc sự giãn nở đẳng entanpy, như bằng van Joule-Thomson (JT) được sử dụng trong thiết bị tiết lưu thông thường hoặc bằng quy trình làm lạnh nén khí. Việc lắp đặt bộ phận làm lạnh gián tiếp chuyên dụng chỉ với mục đích loại hydrat thường bị hạn chế về mặt chi phí.

Cả phương pháp loại hydrat làm lạnh đẳng entanpy và đẳng entropy trực tiếp đều sử dụng bộ phận giãn nở, bộ tách nhiệt độ thấp và ít nhất một bộ trao đổi nhiệt để thu hồi năng lượng từ quy trình càng nhiều càng tốt. Ở dạng đơn giản nhất của chúng, toàn bộ khí được làm giãn nở, hoặc đẳng entanpy hoặc đẳng entropy, từ áp suất cao đến áp suất thấp, dẫn đến nhiệt độ chất lưu đủ thấp để sự ngưng tụ nước diễn ra. Nước ngưng tụ được loại ra khỏi quy trình trong bộ tách nhiệt độ thấp và khí gần như khô có nhiệt độ thấp còn lại được sử dụng để làm lạnh sơ bộ chất lưu đi vào để cải thiện hiệu suất nhiệt của quy trình.

Trong trường hợp giãn nở đẳng entropy, sự giãn nở được thực hiện bằng bộ giãn nở và công được lấy ra bởi bộ giãn nở này thường được sử dụng để nén lại một phần khí khô đi ra.

Việc lựa chọn sử dụng giãn nở đẳng entropy hoặc giãn nở đẳng entanpy là tùy thuộc vào mức loại bỏ nước yêu cầu, và do đó là mức giảm nhiệt độ yêu cầu. Sự giãn nở đẳng entropy có thể đạt được các nhiệt độ thấp hơn. Từ quan điểm chi phí đầu tư, quy trình đẳng entropy là giá trị hơn đáng kể, nhưng khả năng thu hồi công có nhược điểm. Từ quan điểm vận hành và bảo trì, quy trình đẳng entanpy có ưu điểm là đơn giản về mặt cơ khí và vận hành và thích hợp cho hầu hết các ứng dụng. Nhược điểm của quy trình đẳng entanpy là yêu cầu tiêu thêm thụ công bởi các yêu cầu nén gia tăng.

Nhược điểm thông thường của quy trình loại hydrat làm lạnh bất kỳ đó là phần lớn các ứng dụng đòi hỏi dòng khí được làm lạnh đến nhiệt độ mà gần hoặc thấp hơn HFT để đạt được mức loại hydrat mong muốn. Để hoạt động một cách đáng tin cậy, việc bổ sung liên tục chất ức chế hydrat nhiệt động, như glycol hoặc metanol, thường được yêu cầu để làm giảm nhiệt độ tạo hydrat. Nếu muốn, cả glycol lẫn metanol đều có thể thu hồi nhưng đòi hỏi toàn bộ quy trình hoàn nguyên riêng biệt với tất cả các vấn đề nêu trên trong việc loại hydrat bằng chất hút ẩm lỏng. Thông thường, sự lựa chọn được tiến hành là sử dụng metanol mà không thu hồi vì metanol là tương đối lành tính và có ít tác động lên các quy trình phía sau hơn so với glycol.

Rõ ràng là cần có quy trình loại hydrat cho các dòng khí axit mà là hiệu quả và hữu hiệu về chi phí và tránh được các vấn đề như với các quy trình loại hydrat thông thường.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các dấu hiệu của sáng chế sẽ trở nên rõ hơn trong phần mô tả chi tiết sau có dựa vào các hình vẽ kèm theo trong đó:

Fig.1 là đồ thị minh họa hàm lượng nước bão hoà của các chất lưu, các khí axit và metan (CH_4) khác nhau ở 100°F ($37,8^\circ\text{C}$) trên một khoảng áp suất;

Fig.2 là đồ thị minh họa hàm lượng nước bão hoà của hỗn hợp giàu CO_2 và metan (CH_4) ở 100°F ($37,8^\circ\text{C}$) trên một khoảng áp suất;

Fig.3 là đồ thị minh họa mức hao hụt glycol trong sự sử dụng CO_2 áp suất cao theo giải pháp kỹ thuật đã biết;

Fig.4A là sơ đồ quy trình loại hydrat đẳng entanpy theo một phương án của sáng chế đối với dòng chất lưu bão hoà nước chứa 100% CO_2 ;

Fig.4B là sơ đồ quy trình loại hydrat đẳng entanpy theo Fig.4A đối với dòng chất lưu chứa 80% CO_2 và 20% H_2S ;

Fig.5A và Fig.5B là các sơ đồ quy trình loại hydrat đẳng entanpy theo Fig.4A và Fig.4B kết hợp bộ trao đổi nhiệt để gia nhiệt dòng trượt sau đã làm giãn nở một phần để ngăn chặn sự tạo ra hydrat trong dòng nguyên liệu chính trước khi làm giãn nở thêm dòng trượt sau này để đạt được mức giảm nhiệt độ mong muốn;

Fig.6A và Fig.6B là các sơ đồ quy trình loại hydrat đẳng entanpy theo các Fig.4A và Fig.4B, kết hợp bộ tách nhiệt độ thấp để loại bỏ nước ra khỏi dòng chất lưu trước khi đưa trở lại dòng trượt sau vào đó và phun chất ức chế hydrat liên tục;

Fig.7 là sơ đồ quy trình đẳng entanpy nhiều giai đoạn theo một phương án của sáng chế; và

Fig.8 là sơ đồ quy trình đẳng entropy nhiều giai đoạn theo một phương án của sáng chế trong đó một trong số các van Joule-Thomson được thay thế bằng bộ giãn nở chất lưu đẳng entropy.

Các số chỉ dẫn tương tự được sử dụng trên các hình vẽ biểu thị các chi tiết tương tự.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án của sáng chế lợi dụng tính chất nhiệt động của các khí axit thông thường mà làm cho chúng hữu dụng dưới dạng 'chất làm lạnh'. Các khí như vậy có mức giảm nhiệt độ tương đối lớn đối với mức giảm áp suất nhất định trong vùng làm việc của quy trình. Sự giảm nhiệt độ mạnh được sử dụng để làm lạnh dòng trượt sau của dòng nguyên liệu mà sau đó được tuần hoàn lại phía trước để làm lạnh dòng nguyên liệu. Theo cách này, phương pháp này sử dụng việc tuần hoàn lại để "tự làm lạnh". Đạt được hiệu ứng Joule-Thomson bằng cách cho phép khí giãn nở đẳng entanpy bằng cơ cấu tiết lưu, đặc trưng là cơ cấu hạn chế. Không có công bên ngoài được lấy ra khỏi khí trong quá trình giãn nở đẳng entanpy. Tốc độ thay đổi nhiệt độ đối với áp suất trong quy trình Joule-Thomson là hệ số Joule-Thomson (Kelvin). Ví dụ, hệ số Joule-Thomson (JT) đối với cacbon dioxit ở 50°C và 60 atm lớn hơn khoảng 5,6 lần so với của nitơ ở điều kiện tương tự. Do đó sự giảm nhiệt độ của CO₂ sẽ lớn hơn khoảng 5,6 lần của nitơ với mức giảm áp suất tương tự ở các điều kiện này. Số liệu hệ số JT cũng có thể dùng được cho H₂S và SO₂.

Các khí axit được xử lý cho các ứng dụng thương mại, như ứng dụng thu hồi dầu tăng cường (Enhanced Oil Recovery - EOR), hoặc ứng dụng thu cacbon và cànghoá (Carbon Capture and Sequestration - CCS) thường được nén đến áp suất siêu tới hạn, thường được gọi là "pha đặc", để vận chuyển và/hoặc cànghoá. Để đạt đến pha đặc, sự nén thường được thực hiện trong nhiều hơn một giai đoạn, cho dù sử dụng ly tâm, chuyển động tịnh tiến, hoặc nén va đập, tùy thuộc vào áp suất ban đầu. Chênh lệch áp suất giữa các giai đoạn tạo ra cơ hội để tận dụng tính chất hệ số JT đặc biệt của hơi.

Việc nén được phân thành hai vùng riêng biệt đối với điểm tới hạn của chất lưu đang được nén. Các giai đoạn nén ở vùng thứ nhất là dưới tới hạn và các giai đoạn ở vùng thứ hai đưa chất lưu đến áp suất cao hơn áp suất tới hạn của nó. Dòng nạp đi vào vùng nén thứ nhất, mà dưới tới hạn, và giả sử là được bão hoà

nước. Đương nhiên một hàm lượng nước nào đó được loại bỏ bởi việc nén nhờ các giai đoạn khác nhau ở vùng thứ nhất.

Theo các phương án của sáng chế, dòng trượt sau của chất lưu từ phần xả đã được làm lạnh thêm của một giai đoạn nén, đặc trưng gần hoặc cao hơn áp suất tới hạn, được làm giãn nở đến áp suất hút của cùng giai đoạn, hoặc đến giai đoạn trước đòi hỏi sự giảm thêm nhiệt độ. Nhiệt độ giảm thu được của dòng trượt sau đã làm giãn nở được sử dụng để làm lạnh dòng chất lưu chính phía trước, trước tiên bằng cách trao đổi nhiệt, nếu cần, và cuối cùng bằng cách phối hợp trực tiếp dòng trượt sau với dòng chất lưu chính. Sự giảm nhiệt độ thu được của dòng hỗn hợp làm ngưng tụ thêm nước từ khí. Mức làm lạnh yêu cầu là một hàm của hàm lượng nước tối thiểu yêu cầu đối với thành phần dòng để đáp ứng tiêu chuẩn thiết kế đối với nhiệt độ điểm sương của nước và/hoặc nhiệt độ tạo hydrat.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ sau minh họa các phương án của sáng chế, cụ thể hơn

Ví dụ 1 – phương án cơ bản;

Ví dụ 2 – sử dụng bình tách nhiệt độ thấp (LTS);

Ví dụ 3 – kết hợp bộ trao đổi nhiệt (HEX);

Ví dụ 4 – phương án đẳng entanpy nhiều giai đoạn; và

Ví dụ 5 - phương án đẳng entropy và đẳng entanpy nhiều giai đoạn.

Các ví dụ 1-3 được thể hiện bằng cách sử dụng các thành phần dòng khác nhau; cụ thể hơn dòng có 100% CO₂ và dòng có 80% CO₂ và 20% H₂S. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng các phương án của sáng chế có thể ứng dụng cho các dòng có lượng H₂S thay đổi và bao gồm SO₂, NO_x và hỗn hợp dạng khí khác có hệ số JT tương đối lớn.

Các ví dụ 4 và ví dụ 5 minh họa các khả năng nhiệt độ thấp của các phương án của sáng chế cũng như các khác biệt giữa các quy trình đẳng entanpy và đẳng entropy.

Ví dụ 1 – Phương án cơ bản

Trên các Fig.4A và Fig.4B, theo một phương án của sáng chế, dòng nguyên liệu khí axit bão hòa nước 10 đi vào giai đoạn hút 12 ở đó nó được nén 14 đến áp suất hút của giai đoạn tiếp theo 16. Hơi nước đã nén nóng 14 được làm

lạnh 18 bằng bộ làm lạnh thêm 20 dẫn đến sự ngưng tụ một phần nước và có thành phần có thể ngưng tụ được khác trong dòng nguyên liệu. Chất lỏng ngưng tụ chứa nước được loại bỏ (22) trong bộ tách 24 phía trước giai đoạn nén cuối. Khí bão hoà 26 ra khỏi bộ tách 24 được nén thêm ở 28 và lại được làm lạnh thêm ở 30.

Dòng trượt sau 32 từ dòng chất lưu đã nén và đã làm lạnh thêm được loại bỏ và được làm giãn nở đẳng entanpy 34 qua van Joule-Thomson (TCV) 36 đến áp suất hút thấp hơn của cùng giai đoạn nén 16. Sự giãn nở dẫn đến sự giảm nhiệt độ, mức độ của nó phụ thuộc vào mức độ giảm áp suất và thành phần của dòng chất lưu. Dòng lạnh hơn 38 được kết hợp với dòng được làm lạnh thêm 18, ra khỏi giai đoạn nén trước, dẫn đến dòng kết hợp 40 có nhiệt độ giảm một cách thích hợp để làm ngưng tụ hàm lượng nước yêu cầu.

Như được thể hiện trên Fig.4A đối với dòng nguyên liệu có 100% CO₂, nhiệt độ được giảm đến khoảng 87°F (30,6°C) và hàm lượng nước cuối được giảm đến khoảng 73 lb/MMscf (1169,3 mg/m³) để dẫn đến nhiệt độ tạo hydrat (HFT) bằng 30°F (-1,1°C).

Trên Fig.4B, trong đó dòng nguyên liệu chứa 80% CO₂ và 20% H₂S, nhiệt độ chỉ cần được giảm đến khoảng 93°F (33,9°C) đối với hàm lượng nước cuối khoảng 89 lb/MMscf để đạt được cùng một nhiệt độ tạo hydrat (HFT) bằng 30°F (-1,1°C).

Ví dụ 2 - Bộ trao đổi nhiệt (HEX)

Trong các trường hợp trong đó thành phần của dòng nguyên liệu, kết hợp với sự giảm áp suất lớn, tạo ra nhiệt độ dòng thấp hơn nhiệt độ tạo hydrat của dòng nguyên liệu chính chưa loại hydrat, phương án được thể hiện trên Fig.4A và Fig.4B có thể được cải biến để bao gồm bộ trao đổi nhiệt (HEX).

Trên Fig.5A và Fig.5B, phương án cơ bản được cải biến để tránh việc cần thiết phải phun liên tục chất ức chế hydrat, như được sử dụng trong các quy trình làm lạnh thông thường.

Trên Fig.5A và Fig.5B, dòng trượt sau 34 được làm giãn nở một phần (42) qua van Joule-Thomson thứ hai (JTV) 44. Sau đó, nhiệt độ của dòng đã làm giãn nở một phần được nâng lên ở bộ trao đổi nhiệt 46 trước khi làm giãn nở thêm

dòng 48 qua van Joule-Thomson (TCV) 50. Bởi vậy, nhiệt độ của các dòng đã làm giãn nở một phần và toàn bộ 42, 48 được duy trì cao hơn nhiệt độ tạo hydrat tương ứng của dòng nguyên liệu chính chưa loại hydrat.

Đối với mục đích của Ví dụ 2, nhiệt độ tạo hydrat theo thiết kế được thiết lập ở 15°F (-9,44°C).

Như được thể hiện trên Fig.5 A, đối với dòng nguyên liệu có 100% CO₂, nhiệt độ phải được làm giảm đến khoảng 73°F (22,8°C) dẫn đến hàm lượng nước cuối khoảng 51 lb/MMscf (816,8 mg/m³) để đạt được nhiệt độ tạo hydrat theo thiết kế bằng 15°F (-9,44°C).

Trên Fig.5B, và trong trường hợp trong đó dòng nguyên liệu chứa 80% CO₂ và 20% H₂S, nhiệt độ được làm giảm đến khoảng 79°F (26,1°C) dẫn đến hàm lượng nước cuối khoảng 64 lb/MMscf (1025 mg/m³) để đạt được nhiệt độ tạo hydrat theo thiết kế khoảng 15°F (-9,44°C).

Ví dụ 3 - Bộ tách nhiệt độ thấp (LTS).

Trên các Fig.6A và Fig.6B, phương án của sáng chế sử dụng bộ tách bổ sung trong đó sự giảm nhiệt độ là đáng kể, theo một cách khác với phương án được mô tả trên ví dụ 2.

Như được thể hiện trên Fig.6A và Fig.6B, van 46 và JTV 44 trên Fig.5A và Fig.5B được thay thế bằng bộ tách nhiệt độ thấp thứ hai (LTS) 52. Dòng trượt sau 54 được làm giãn nở (56) qua van Joule-Thomson (TCV) 44. Bộ tách thứ nhất 24 được bố trí để loại bỏ càng nhiều nước ra khỏi dòng nguyên liệu càng tốt trước khi đưa trở lại dòng trượt sau đã làm giãn nở 48. Việc bổ sung chất ức chế hydrat vào dòng trượt sau đã làm giãn nở 48 được xem xét khi sự thiết kế quy trình đòi hỏi rằng nhiệt độ của dòng trượt sau đã làm giãn nở thấp hơn 32°F (0°C). Việc loại bỏ nước sớm làm giảm mức làm lạnh yêu cầu để đáp ứng các điều kiện thiết kế và, các điều kiện cần đảm bảo, làm giảm lượng chất ức chế hydrat yêu cầu.

Nhiệt độ tạo hydrat theo thiết kế đối với Ví dụ 3 được thiết lập ở 0°F (-17,8°C).

Như được thể hiện trên Fig.6A, nếu dòng nguyên liệu chứa 100% CO₂, nhiệt độ phải được giảm đến 62°F (16,66°C) để dẫn đến hàm lượng nước cuối khoảng 36

lb/MMscf (576,65 mg/m³) đáp ứng nhiệt độ tạo hydrat theo thiết kế bằng 0°F (-17,8°C).

Trên Fig.6B, nếu dòng nguyên liệu chứa 80% CO₂ và 20% H₂S, nhiệt độ phải được giảm đến khoảng 67°F (19,44°C) để dẫn đến hàm lượng nước cuối khoảng 45 lb/MMscf (720 mg/m³) để đạt được nhiệt độ tạo hydrat theo thiết kế bằng 0°F (-17,8°C).

Ví dụ 4 – Phương án đẳng entanpy nhiều giai đoạn

Trên Fig.7, phương án nhiều giai đoạn của sáng chế được sử dụng trong đó mức giảm nhiệt độ yêu cầu là rất lớn. Phương án được thiết kế để đạt được nhiệt độ tạo hydrat bằng -45°F (7,22°C).

Như được thể trên Fig.7, phương án này bao gồm bộ trao đổi nhiệt 46, bộ tách nhiệt độ thấp 52 và phun chất ức chế hydrat liên tục 56. Bộ tách thứ nhất 24 được bố trí giữa bộ trao đổi nhiệt 46 và đưa trở lại dòng đã giảm nhiệt độ. Việc loại bỏ sớm nước ra khỏi dòng nguyên liệu làm giảm mức làm lạnh và lượng chất ức chế hydrat yêu cầu để đáp ứng tiêu chuẩn thiết kế.

Để đạt được nhiệt độ thấp hơn, sự giảm áp suất mà do làm giãn nở dòng trượt sau 58 qua van Joule-Thomson 44 xuất hiện qua ít nhất hai giai đoạn nén. Bởi vậy, dòng trượt sau đã giãn nở một phần 60 được gia nhiệt ở bộ trao đổi nhiệt 46 và được làm giãn nở hoàn toàn (62) bởi van Joule-Thomson 64 để được đưa, cùng với sự phun chất ức chế hydrat, trở lại dòng nguyên liệu ở hai hoặc nhiều giai đoạn 66, 68 phía trước so với việc loại bỏ dòng trượt sau 58 để làm lạnh dòng nguyên liệu 28. Nước ngưng tụ được loại ra khỏi dòng nguyên liệu đã làm lạnh 28 ở bộ tách thứ hai 52 trước khi nén thêm dòng nguyên liệu đã làm lạnh 28.

Trong ví dụ này, nhiệt độ thấp đạt được ở dòng trượt sau đã làm giãn nở hoàn toàn 56 và dòng nguyên liệu đã làm lạnh 28 cần bổ sung chất ức chế hydrat, tuy nhiên lượng chất ức chế hydrat được giảm thiểu do sự loại bỏ phía trước một phần đáng kể nước ở bộ tách thứ nhất 24.

Lợi ích bổ sung của nhiệt độ thấp đạt được với dòng nguyên liệu đã làm lạnh trong ví dụ này là khả năng giảm số giai đoạn nén từ năm giai đoạn xuống bốn giai đoạn, dẫn đến sự giảm chi phí tổng thể.

Ví dụ 5 – Phương án đẳng entropy nhiều giai đoạn

Trên Fig.8, phương án nhiều giai đoạn của sáng chế sử dụng bộ giãn nở chất lưu đẳng entropy 66, như tuabin giãn nở theo hướng kính hoặc bộ giãn nở kiểu tuabin thông thường (như có thể có được từ Mafi-Trench, Santa Maria, CA, USA) để thay thế van Joule-Thomson 44 trên Fig.7 đối với sự giãn nở dòng trượt sau 58.

Theo phương án này, bộ giãn nở chất lưu đẳng entropy có thể đạt được nhiệt độ thấp hơn trong dòng trượt sau đã làm giãn nở 60 so với có thể sử dụng van Joule-Thompson (giãn nở đẳng entanpy) đối với cùng một sự giảm áp suất. Ngoài ra, phần dòng trượt sau yêu cầu là nhỏ hơn so với trong Ví dụ 4.

Yêu cầu năng lượng cho Giai đoạn 3 (66) và Giai đoạn 4 (68) của phương án này, so với trong ví dụ 4, là thấp hơn khoảng 2%. Bộ giãn nở chất lưu đẳng entropy tạo ra năng lượng, khoảng 1,8% của Giai đoạn 3 (66) và Giai đoạn 4 (68) đối với các cách sử dụng khác. Hơn nữa, các yêu cầu chất ức chế hydrat được giảm thiểu.

Các phương án của sáng chế, được mô tả ở đây có các ưu điểm đáng kể so với và khác với quy trình loại hydrat bằng cách làm lạnh đẳng entanpy và bằng chất hút ẩm lỏng thông thường.

Khi so sánh với quy trình loại hydrat bằng chất hút ẩm lỏng thông thường, các phương án của sáng chế cho phép loại bỏ thiết bị loại hydrat thông thường bằng cách thay thế bằng van giãn nở (TCV, JTV) với một phần nhỏ chi phí đầu tư của thiết bị loại hydrat thông thường.

Khi so sánh với các quy trình làm lạnh bằng cách giãn nở đẳng entanpy thông thường, như thiết bị tiết lưu, các phương án của sáng chế có thể cho phép loại bỏ một giai đoạn nén, một bộ trao đổi nhiệt khí-khí chính và việc bổ sung chất ức chế hydrat, khiến giảm đáng kể chi phí đầu tư.

Thiết bị tiết lưu theo giải pháp kỹ thuật đã biết đòi hỏi rằng toàn bộ dòng khí được nén quá và được làm giãn nở đến áp suất thiết kế. Thông thường điều này làm gia tăng yêu cầu năng lượng nén ban đầu của hệ thống nằm trong khoảng từ 20% đến 25%. Tùy thuộc vào thành phần của khí và các điều kiện làm

việc, áp suất xả máy nén cao có thể cần đến việc bổ sung một giai đoạn nén toàn bộ.

Dòng trượt sau làm lạnh thường nằm trong khoảng từ 10% đến 20% dòng kết hợp qua một giai đoạn, tùy thuộc vào thành phần của khí axit và các điều kiện làm việc yêu cầu. Theo lý thuyết mức gia tăng vật liệu qua một giai đoạn nén làm gia tăng tổng nhu cầu năng lượng nằm trong khoảng từ 2% đến 4% (tức là 1/5 của 10% - 20% đối với máy nén 5 giai đoạn). Tuy nhiên, khi so sánh, mức tăng này thường tương đương với mức tăng do độ giảm áp nhờ thiết bị loại hydrat thông thường. Ngoài ra, có sự cải thiện hiệu suất, và do đó sự giảm tương ứng khả năng nén, do nhiệt độ làm việc giảm của máy nén. Trong một số trường hợp, yêu cầu khả năng nén cuối là nhỏ hơn so với khi sử dụng thiết bị loại hydrat thông thường.

Nhiệt độ hút thấp hơn, cho phép bởi các phương án theo sáng chế, có ưu điểm bổ sung so với cả thiết bị loại hydrat thông thường lẫn thiết bị tiết lưu. Nhiệt độ giảm trong một giai đoạn tạo ra cơ hội để cân bằng lại các tỷ lệ nén ở mỗi giai đoạn, tỷ lệ nén cao hơn ở nơi mà áp lực hút là lạnh hơn bởi vậy cho phép giảm tỷ lệ nén ở các nơi khác, cho đến khi nhiệt độ xả của mỗi giai đoạn là tương đối đồng đều ở giá trị thấp hơn mức nào đó. Sự giảm nhiệt độ xả làm giảm một chút nhu cầu năng lượng bổ sung phát sinh từ thể tích dòng trượt sau bổ sung được thấy ở một hoặc nhiều giai đoạn nén. Sự giảm nhiệt độ cũng dẫn đến tuổi thọ van dài hơn, thời gian làm việc gia tăng và chi phí bảo trì thấp hơn. Ở thời điểm nào đó với nhiệt độ thấp hơn, việc làm cân bằng lại có thể là đáng kể đủ để loại bỏ một giai đoạn nén toàn bộ và bởi vậy tiết kiệm chi phí đầu tư đáng kể.

Tin rằng mức cacbon tổng thể của các phương án theo sáng chế là thấp hơn đáng kể so với các phương pháp thông thường. Yêu cầu về thiết bị nhỏ hơn làm giảm đáng kể nhu cầu sản xuất, không cần điều chế glycol và không đòi hỏi các thiết bị bổ sung mà tạo ra CO₂, tất cả chúng bù đắp lớn hơn mức gia tăng năng lượng biên yêu cầu (thường khoảng 2%) để nén thể tích dòng trượt sau. Ngoài ra, việc không có các yêu cầu hoá học trong các phương án của sáng chế làm giảm đáng kể nguy cơ sinh thái.

Các khí axit bao gồm CO_2 , H_2S , SO_2 , và NO_x là các chất lưu rất thích hợp với các phương án của sáng chế. Tuy nhiên, tin rằng các chất lưu không chỉ giới hạn ở các chất lưu được mô tả ở đây. Cũng tin rằng nguyên lý nhiệt động sử dụng trong các phương án của sáng chế cũng có giá trị cho tất cả các hỗn hợp chất lưu có hệ số Joule- Thomson (JT) dương trong khoảng điều kiện xử lý mong muốn; nói cách khác, hỗn hợp chất lưu lạnh khi được làm giãn nở. Một cách tổng quát, chất lưu có hệ số JT lớn hơn sẽ có nhiệt độ lạnh hơn so với chất lưu có hệ số JT nhỏ hơn và do đó sẽ đòi hỏi ít chất lưu hơn để tạo dòng trượt sau. Yêu cầu dòng trượt thấp được mong muốn về mặt kinh tế.

Các ứng dụng đối với các phương án của sáng chế nằm ở sự thu giữ cacbon và lưu giữ (CCS), sự xử lý CO_2 , SO_2 , và NO_x được thu giữ từ các quy trình đốt, khí hoá và quy trình hoá học công nghiệp để cànghoá, và ở việc phun khí axit (acid gas injection -AGI) trong đó H_2S và CO_2 được thu giữ từ các quy trình sản xuất dầu và khí để cànghoá.

Các ví dụ 1-5 nêu ở đây được dựa trên một nhóm các điều kiện. Các phương án của sáng chế đòi hỏi việc tối ưu hoá đối với mỗi chất lưu và nhóm điều kiện. Sự tối ưu hoá bao gồm việc lựa chọn giai đoạn nén thích hợp nhất để khởi tạo dòng trượt sau và là thích hợp nhất để tái kết hợp dòng trượt sau. Sự tối ưu hoá khác nằm ở việc lựa chọn dạng quy trình tối ưu cho dù là quy trình cơ bản, HEX, LTS, nhiều giai đoạn, đẳng entropy nhiều giai đoạn, hoặc sự kết hợp khác nào đó của các quy trình nêu trên. Cũng trong sự lựa chọn bất kỳ, hệ thống đo và kiểm soát tối ưu cần được tính đến và các điểm làm việc tối ưu để ứng dụng được thiết lập.

Các ví dụ được đề xuất giả sử rằng đặc tính trạng thái không thay đổi. Các sự xem xét khác được tập trung vào việc làm thích ứng lúc khởi động, trong sự xáo trộn bảo dưỡng, và ngừng đối với các hoạt động thương mại. Một ví dụ đơn giản đó là trong vài phút khởi động đầu tiên, và trong các khoảng thời gian xáo trộn xử lý bên ngoài, nhiệt độ và lưu lượng dòng trượt sau có thể không ở điều kiện làm việc có trạng thái ổn định quy định bởi thiết kế quy trình. Các hydrat có thể bắt đầu tạo thành mà không có sự dự phòng nào đó trong việc thiết kế để làm giảm bớt điều kiện này. Do đó, các phương án của sáng chế được thiết kế để tính

đến khả năng bổ sung thêm chất ức chế hydrat nhiệt động, như metanol, để bảo vệ tạm thời chống lại sự tạo ra hydrat trong đặc tính trạng thái không ổn định.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp để loại bỏ các thành phần có thể ngưng tụ được ra khỏi chất lưu chứa các thành phần có thể ngưng tụ được, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra hỗn hợp chất lưu chứa các thành phần có thể ngưng tụ được dưới dạng dòng nguyên liệu ban đầu; dòng này chứa khí axit

xử lý dòng nguyên liệu ban đầu này để làm ngưng tụ các chất lỏng ra khỏi đó và loại bỏ các chất lỏng này để tạo ra dòng khí;

nén và làm lạnh thêm dòng khí này để tạo ra dòng cao áp;

làm giãn nở ít nhất một phần dòng cao áp này để tạo ra dòng thấp áp đã được làm lạnh và phối hợp dòng thấp áp đã được làm lạnh này với dòng nguyên liệu ban đầu để tăng cường việc làm lạnh và ngưng tụ các thành phần có thể ngưng tụ được trong dòng nguyên liệu ban đầu, bước xử lý dòng nguyên liệu ban đầu bao gồm làm lạnh bằng dòng thấp áp đã được làm lạnh.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất lưu có hệ số Joule-Thomson dương.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các thành phần có thể ngưng tụ được bao gồm nước.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các thành phần có thể ngưng tụ được bao gồm các alkan thấp.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước xử lý bao gồm việc cho tiếp xúc với bộ trao đổi nhiệt.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất lưu được làm giãn nở đẳng entropy.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất lưu được làm giãn nở đẳng entanpy.

8. Phương pháp theo điểm 2, trong đó chất lỏng ngưng tụ được loại bỏ bằng cách sử dụng bộ tách nhiệt độ thấp.

9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp còn bao gồm bước bổ sung tùy ý chất ức chế hydrat vào chất lưu.

10. Phương pháp theo điểm 4, trong đó dòng nguyên liệu chứa các khí axit được làm bão hòa bằng nước.

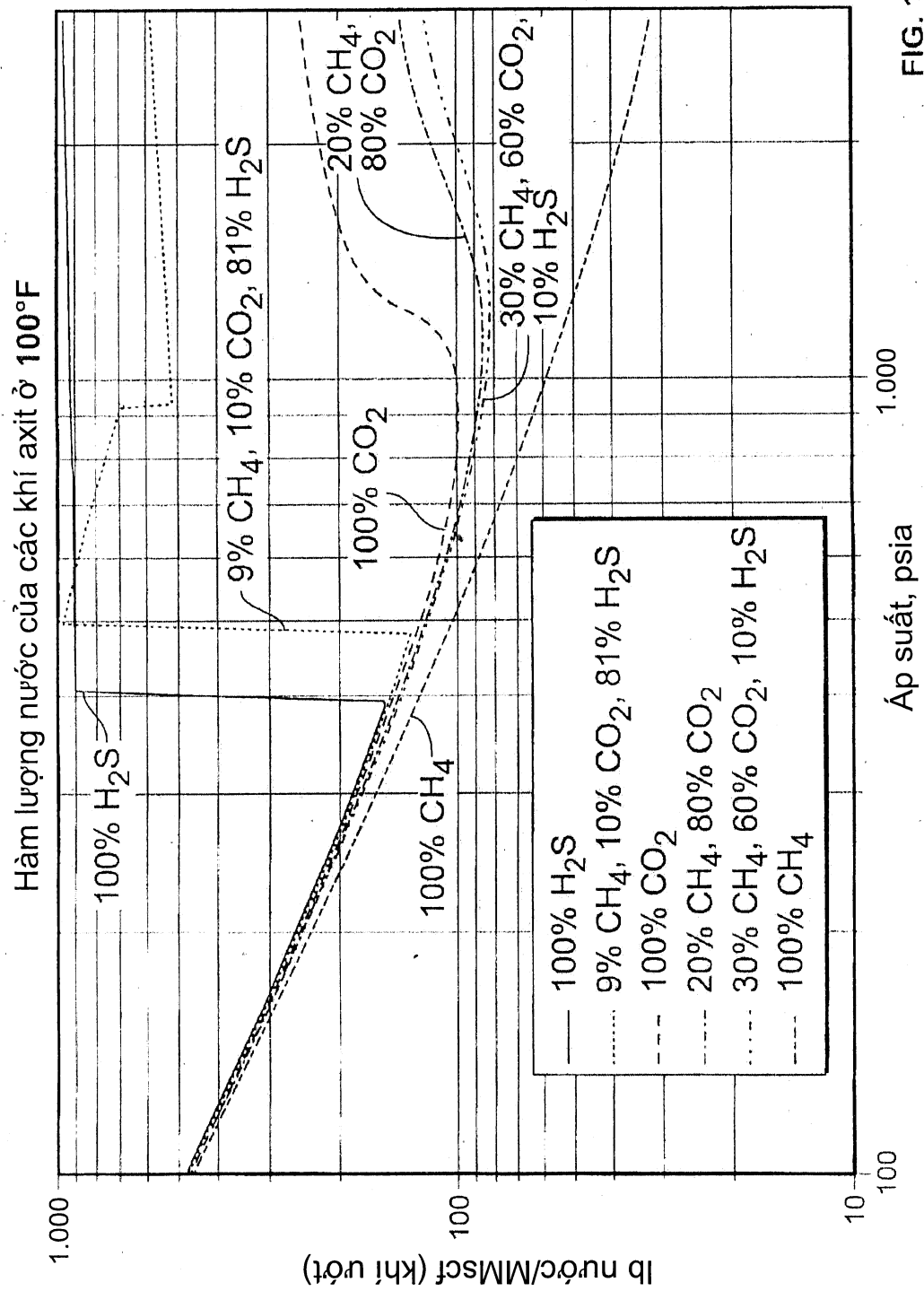
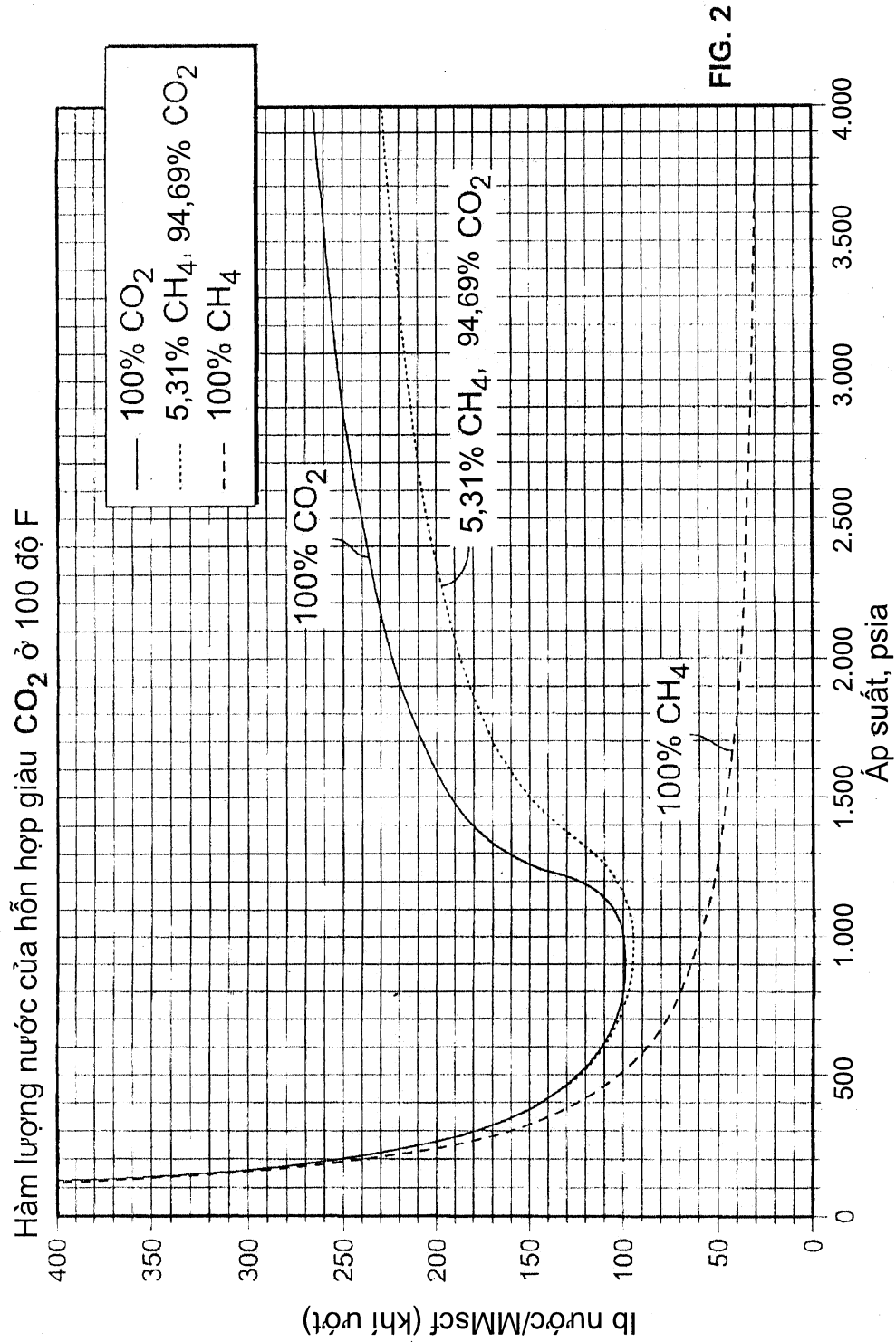


FIG. 1

2/7



3/7

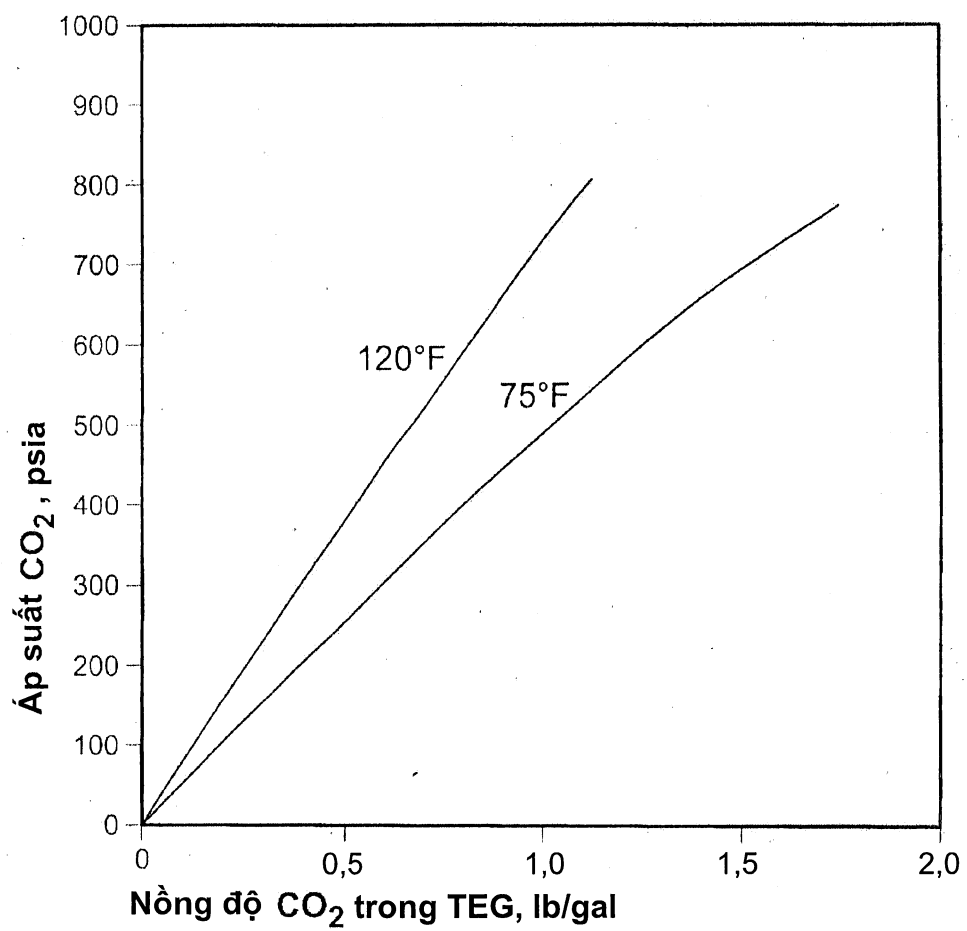


FIG. 3

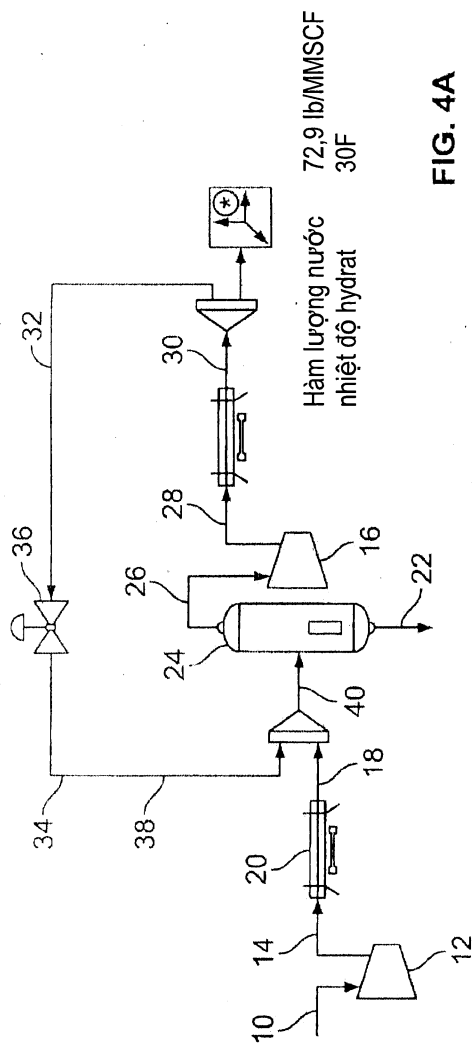


FIG. 4A

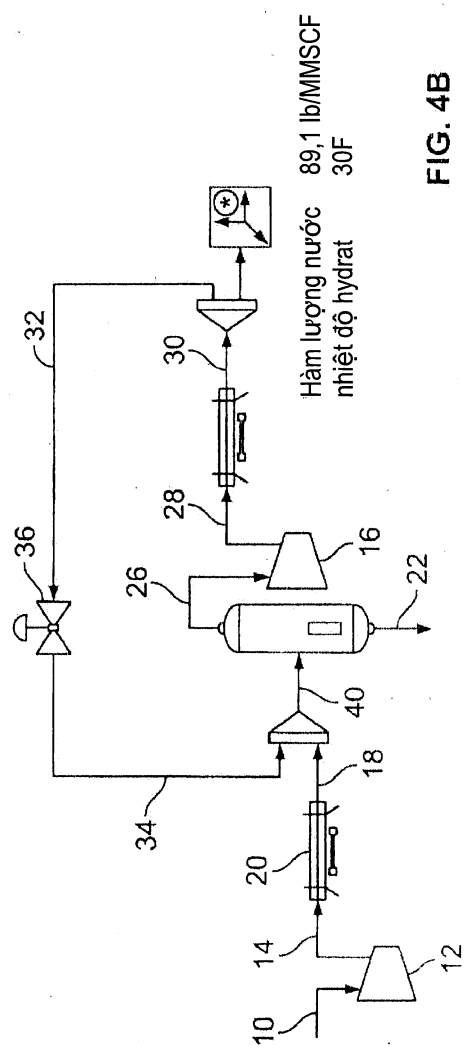
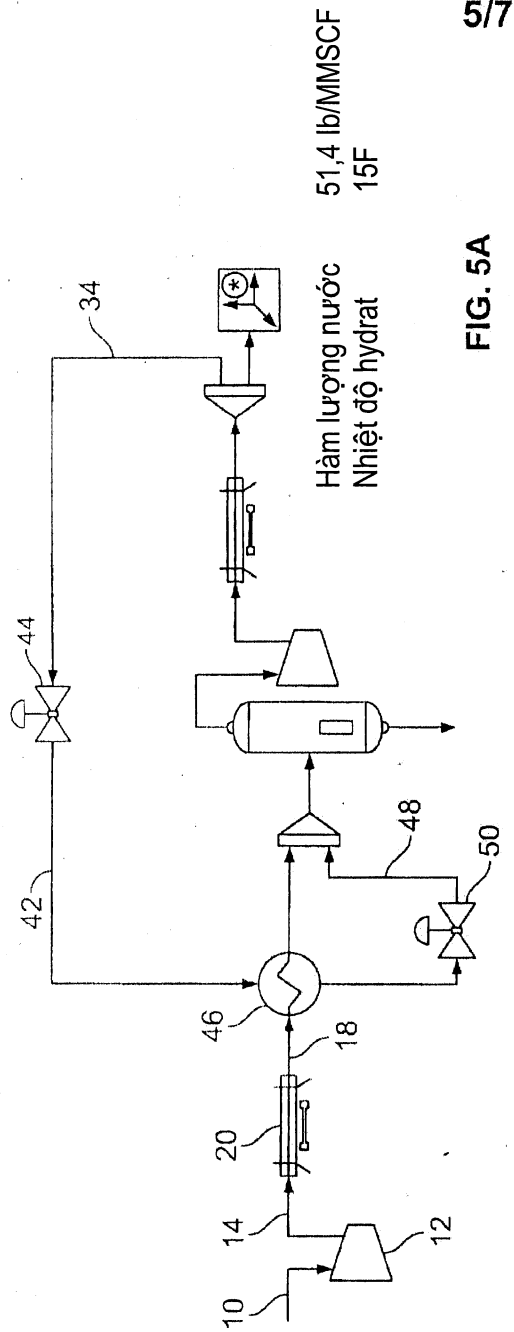


FIG. 4B



5/7

FIG. 5A

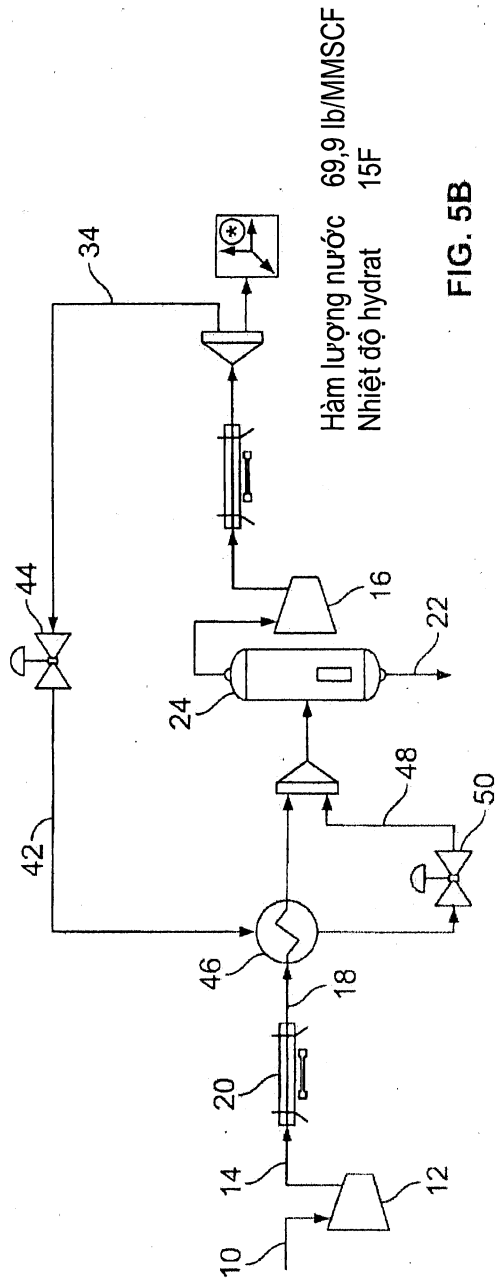


FIG. 5B

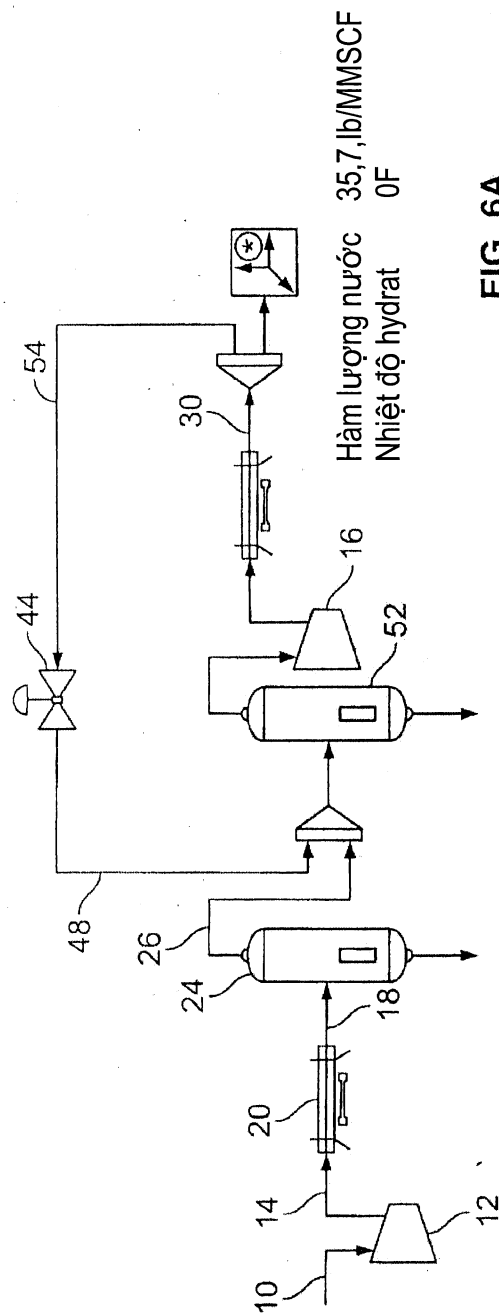


FIG. 6A

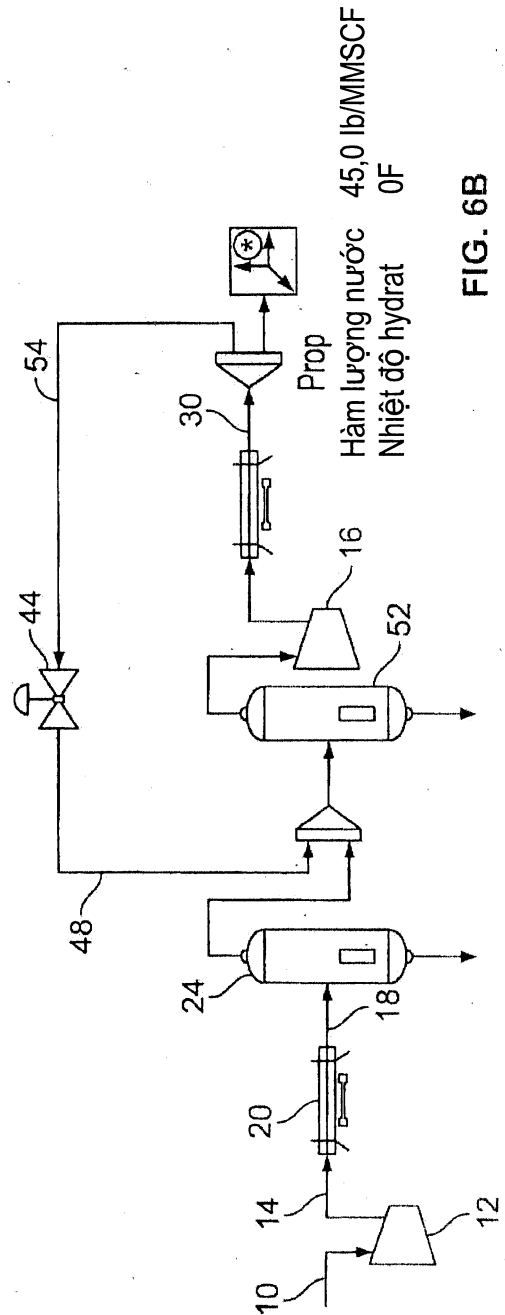


FIG. 6B

