



(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)



1-0029844

(51)⁷ B01D 53/86

(13) B

(21) 1-2016-01678

(22) 17/10/2014

(86) PCT/GB2014/053126 17/10/2014

(87) WO/2015/059453 30/04/2015

(30) 1318592.1 21/10/2013 GB

(45) 25/10/2021 403

(43) 25/08/2016 341A

(73) JOHNSON MATTHEY DAVY TECHNOLOGIES LIMITED (GB)

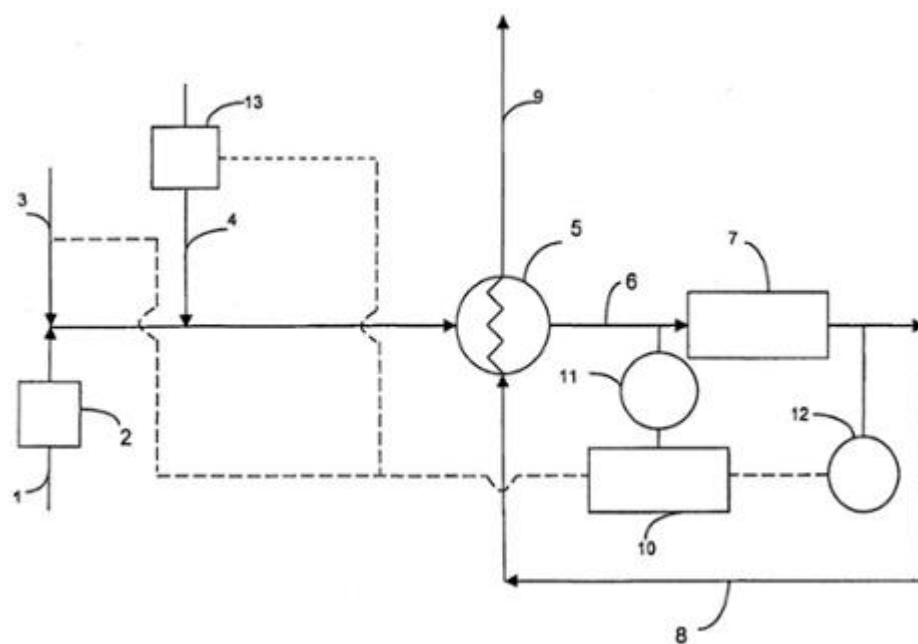
5th Floor, 25 Farringdon Street, London, EC4A 4AB, Great Britain

(72) WATSON, David (GB); SWINNEY, John (GB).

(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP LOẠI BỎ METAN RA KHỎI KHÍ NGUYÊN LIỆU

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp loại bỏ metan ra khỏi khí nguyên liệu có nồng độ metan bằng 2% mol hoặc nhỏ hơn, phương pháp này bao gồm các bước: a) tùy ý trộn khí nguyên liệu với metan bổ sung hoặc không khí bổ sung; b) đưa khí nguyên liệu và khí bổ sung tùy ý qua bộ trao đổi nhiệt để nâng nhiệt độ của khí đến nhiệt độ đầu vào mong muốn T1 của thiết bị phản ứng oxy hóa; c) đưa dòng khí đã gia nhiệt thu được từ bước (b) đến thiết bị phản ứng oxy hóa chứa chất xúc tác oxy hóa, ở đó metan được oxy hóa; d) lấy dòng khí bao gồm các sản phẩm của phản ứng oxy hóa ra khỏi thiết bị phản ứng, dòng khí này ở nhiệt độ đầu ra T2 cao hơn nhiệt độ đầu vào T1; e) đưa dòng khí được lấy ra trong bước (d) qua bộ trao đổi nhiệt ngược với dòng phản ứng thu được từ bước (b) để cho phép nhiệt được thu hồi từ dòng khí lấy ra ở bước (d) và được tận dụng để gia nhiệt dòng phản ứng trong bước (b); và f) đo nhiệt độ đầu ra T2 và kiểm soát nhiệt độ đầu vào T1 bằng cách điều chỉnh lượng tương đối của metan bổ sung và/hoặc không khí bổ sung được bổ sung trong bước (a).



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp loại bỏ metan ra khỏi khí. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến phương pháp loại bỏ metan ở nồng độ thấp ra khỏi khí và cụ thể ở nồng độ khoảng 1% mol hoặc nhỏ hơn. Cụ thể hơn nữa, sáng chế đề cập đến phương pháp loại bỏ metan ra khỏi khí thông khí mỏ than.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tầng than sẽ thường chứa một lượng metan đáng kể hấp thụ trong đó. Thường mong muốn có thể loại bỏ metan ra khỏi tầng chưa khai thác bằng cách dẫn lưu. Khí thu hồi sẽ có nồng độ metan tương đối cao có thể nằm trong khoảng từ 30% mol đến 95% mol. Do đó, việc tận dụng metan này là tương đối dễ dàng và hiệu quả về mặt chi phí.

Metan cũng được thấy trong khí xả ra khỏi hệ thống thông khí của mỏ than. Tuy nhiên, không giống khí từ tầng mỏ, khí thông khí có nồng độ metan rất thấp mà sẽ thường chỉ nằm trong khoảng từ 0,1% mol đến 1% mol. Do đó, khí này thường được xả vào không khí cùng với các khí khác tạo ra sự xả khí thông khí.

Mặc dù sự giải phóng metan này không trực tiếp có hại cho người, tin rằng sự có mặt của nó trong không khí có thể góp phần vào sự ấm lên của trái đất và/hoặc sự thay đổi khí hậu. Do đó, mong muốn thực hiện các phương pháp khác để làm giảm lượng metan xả ra.

Trong khi đó, theo lý thuyết, một tùy chọn cho việc thu hồi metan sẽ là cô đặc khí thông khí mỏ than sao cho lượng metan cao hơn, quy trình như vậy sẽ thực hiện việc cô đặc mặc dù giới hạn nổ của metan thường nằm trong khoảng từ 5% mol đến 15% mol metan. Do đó, mối quan tâm đáng kể về độ an toàn liên quan đến quy trình bất kỳ mà bao gồm bước cô đặc.

Khi xem xét điều này, các phương pháp đan xen khác nhau đã được đề xuất để sử dụng khí thông khí trực tiếp trong, ví dụ, các tuabin hoặc oxy hóa khí này khi có mặt hoặc không có mặt chất xúc tác thích hợp để metan có trong khí được oxy hóa thành cacbon dioxit và nước trước khi được thông khí. Các ví dụ về các hệ thống oxy hóa được mô tả trong CN102230393, CN102225321, CN102218286, CN102205207, CN101418702, CN101906986, CN201301726, CN201650343, và CN101206027.

Trong các quy trình oxy hóa, thường cần gia nhiệt khí trước khi tiếp xúc với chất xúc tác. Tuy nhiên, các quy trình này khó vận hành. Một vấn đề đó là nhiệt độ trong thiết bị phản ứng phải được kiểm soát sao cho đủ cao để phản ứng sẽ diễn ra nhưng phải không quá cao, vì nhiệt độ cao có thể gây hư hại và thậm chí khử hoạt tính chất xúc tác.

Việc kiểm soát nhiệt độ trong quá trình oxy hóa là phức tạp bởi thực tế là nồng độ của khí metan trong dòng khí thông khí thu hồi từ mỏ thay đổi.

Một quy trình đề xuất để giải quyết việc tận dụng các dòng khí có nồng độ metan trong khí thông khí từ mỏ than thấp nhưng thay đổi được đề cập trong US2012/0189523. Theo phương án thứ nhất, phương pháp đề xuất bao gồm bước cấp khí qua bộ trao đổi nhiệt trong đó khí này được gia nhiệt sơ bộ. Tiếp đó, khí đã gia nhiệt sơ bộ được cấp đến thiết bị phản ứng trong đó khí này được tiếp xúc với chất xúc tác oxy hóa sao cho phản ứng oxy hóa diễn ra. Tiếp đó, khí đã phản ứng được đưa qua bộ trao đổi nhiệt sao cho nhiệt được thu hồi bằng cách trao đổi nhiệt với khí chưa phản ứng. Phương pháp này cũng bao gồm bước thay đổi lượng khí mà được cấp đến chất xúc tác oxy hóa phụ thuộc vào nồng độ của metan trong khí cần được xử lý sao cho tốc độ dòng khí được gia tăng khi nồng độ metan cao và được giảm khi nồng độ metan thấp.

Theo phương án thứ hai được mô tả trong US2012/0189523, khí cần được xử lý được đưa qua đường dẫn nhiệt độ thấp đến bộ trao đổi nhiệt để khí này được gia nhiệt. Tiếp đó, khí đã gia nhiệt sơ bộ được cấp đến thiết bị phản ứng ở đó khí này được tiếp xúc với chất xúc tác oxy hóa ở đó phản ứng oxy hóa mong muốn diễn ra. Tiếp đó, khí đã phản ứng được đưa qua bộ trao đổi nhiệt để cho phép trao đổi nhiệt với khí nguyên liệu. Theo phương án này, một phần của dòng đến phía có nhiệt độ thấp hoặc đến phía có nhiệt độ cao của bộ trao đổi nhiệt có thể được đưa qua đường dẫn tắt sao cho bộ trao đổi nhiệt có thể được dẫn vòng bởi một phần khí. Tỷ lệ giữa khí nguyên liệu cần được cấp qua đường dẫn tắt so với lượng cần được cấp đến bộ trao đổi nhiệt được phép thay đổi sao cho tỷ lệ này càng thấp thì nồng độ của metan trong khí nguyên liệu càng thấp và tỷ lệ này càng cao thì nồng độ của metan trong khí nguyên liệu càng cao.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Nhằm giải quyết các vấn đề liên quan đến việc tận dụng metan có nồng độ thấp trong khí, như dòng thông khí mỏ, sáng chế đề xuất phương pháp xử lý dòng khí chứa lượng metan mà thấp hơn khoảng cháy, như dòng thông khí từ mỏ than.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất phương pháp loại bỏ metan ra khỏi khí nguyên liệu có nồng độ metan khoảng 2% hoặc nhỏ hơn, phương pháp này bao gồm các bước:

- (a) tùy ý trộn khí nguyên liệu với metan bổ sung hoặc không khí bổ sung;
- (b) đưa khí nguyên liệu và khí bổ sung tùy ý qua bộ trao đổi nhiệt để nâng nhiệt độ của khí đến nhiệt độ đầu vào mong muốn T_1 của thiết bị phản ứng oxy hóa;
- (c) đưa dòng khí đã gia nhiệt thu được từ bước (b) đến thiết bị phản ứng oxy hóa chứa chất xúc tác oxy hóa, ở đó metan được oxy hóa;
- (d) lấy dòng khí chứa các sản phẩm của phản ứng oxy hóa ra khỏi thiết bị phản ứng, dòng khí ở nhiệt độ đầu ra T_2 cao hơn nhiệt độ đầu vào T_1 ;
- (e) đưa dòng khí được lấy ra trong bước (d) qua bộ trao đổi nhiệt ngược với dòng phản ứng thu được từ bước (b) để cho phép nhiệt được thu hồi từ dòng khí lấy ra ở bước (d) và được tận dụng để gia nhiệt dòng phản ứng trong bước (b); và
- (f) đo nhiệt độ đầu ra T_2 và kiểm soát nhiệt độ đầu vào T_1 bằng cách điều chỉnh lượng tương đối của metan bổ sung và/hoặc không khí bổ sung được bổ sung trong bước (a).

Cần hiểu rằng bằng cách kiểm soát nhiệt độ đầu ra T_2 thì nhiệt độ đầu vào T_1 cũng được kiểm soát.

Theo một phương án, nhiệt độ đầu ra T_2 được so sánh với nhiệt độ mong muốn định trước và nồng độ của metan hoặc không khí trong nguyên liệu được điều chỉnh sao cho nhiệt độ đầu vào T_1 được điều chỉnh sao cho sau đó sự tăng nhiệt độ do phản ứng dẫn đến T_2 đạt đến nhiệt độ mong muốn. T_1 sẽ không được điều chỉnh đến nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ khơi mào phản ứng tối thiểu.

Thời gian sử dụng chất xúc tác được tối đa hóa trên cơ sở vì nhiệt độ có thể được kiểm soát sao cho sự thoái biến chất xúc tác do nhiệt độ được giảm đến mức tối thiểu và tốt hơn nếu được loại bỏ. Theo sáng chế, nhiệt độ T_1 phải được giữ cố định trong khoảng nhiệt độ làm việc mà không cho phép T_2 tỏa nhiệt cao hơn nhiệt độ làm việc tối đa của chất xúc tác. Tuy nhiên, sự thay đổi nồng độ của metan từ mỏ sẽ làm thay đổi sự tỏa nhiệt được thấy và vì vậy dẫn đến sự thay đổi T_2 . Sự thay đổi này phải được kiểm soát để thấp hơn mức cho phép tối đa đối với T_2 nhưng cũng phải được kiểm soát để tạo ra nhiệt độ đầu vào tăng mong muốn T_1 .

Bởi vậy, sáng chế lợi dụng thực tế là khi nồng độ metan tăng, nhiệt độ đầu ra T_2 sẽ tăng. Nếu nhiệt độ T_2 tăng, không khí bổ sung có thể được trộn với nguyên liệu để nồng độ metan giảm. Tương tự nếu nhiệt độ T_1 quá thấp để cho phép vận hành chất xúc tác, việc bổ sung metan bổ sung để làm tăng nồng độ metan sẽ làm tăng nhiệt độ T_2 sao cho dòng nóng hơn được đưa qua bộ trao đổi nhiệt mà sau đó sẽ dẫn đến nhiệt độ của dòng nguyên liệu gia tăng khi dòng này đi qua bộ trao đổi nhiệt và nhờ đó làm tăng nhiệt độ T_1 .

Chất xúc tác thích hợp bất kỳ có thể được sử dụng trong thiết bị phản ứng oxy hóa. Theo một phương án chất xúc tác có thể là iridi và platin được phân tán trên chất mang như chất mang oxit. Ví dụ về chất mang thích hợp bao gồm ziricon oxit, titan oxit, nhôm oxit hoặc hỗn hợp của chúng. Theo một phương án khác, chất xúc tác có thể là paladi và/hoặc platin trên chất mang. Chất xúc tác có thể có mặt ở dạng thích hợp bất kỳ nhưng theo một phương án thì chất xúc tác này có thể ở dạng nền được phủ như dạng tổ ong kim loại hoặc gốm.

Nhiệt độ mong muốn sẽ phụ thuộc vào chất xúc tác sử dụng. Trong đó, chất xúc tác chứa paladi và/hoặc platin trên chất mang, tốt hơn nếu nhiệt độ T_1 ít nhất 350°C . Nhiệt độ trên 650°C sẽ thường được tránh để tối đa hóa thời gian sử dụng chất xúc tác và giảm đến mức tối thiểu chi phí thiết bị phản ứng.

Dưới dạng khí chứa metan đã gia nhiệt được đưa qua chất xúc tác, metan được oxy hóa thành cacbon dioxit và nước.

Theo một phương án, tốc độ dòng đến thiết bị phản ứng sẽ được duy trì không đổi.

Cần hiểu rằng metan bổ sung được bổ sung tùy ý trong bước (a) có thể là metan hoặc dòng khí chứa metan. Theo phương án này, dòng giàu metan được ưu tiên.

Bởi vậy, sáng chế đề xuất hệ thống có tính đến sự thay đổi nồng độ metan. Phương án này đủ linh hoạt để thay đổi nhanh chóng lượng metan bổ sung hoặc không khí bổ sung trong khi duy trì dòng tổng thể đến tầng chất xúc tác.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất phương pháp loại bỏ metan ra khỏi khí nguyên liệu có nồng độ metan khoảng 2% mol hoặc nhỏ hơn, phương pháp này bao gồm các bước:

(a) đưa khí nguyên liệu qua bộ trao đổi nhiệt để nâng nhiệt độ của khí đến nhiệt độ đầu vào mong muốn T_1 của thiết bị phản ứng oxy hóa;

(b) tùy ý dẫn vòng một phần nguyên liệu quanh bộ trao đổi nhiệt với không khí bổ sung tùy ý;

(c) đưa dòng khí đã gia nhiệt thu được từ bước (a) và nguyên liệu dẫn vòng bất kỳ thu được từ bước (b) đến thiết bị phản ứng oxy hóa chứa chất xúc tác oxy hóa, ở đó metan được oxy hóa;

(d) lấy dòng khí bao gồm các sản phẩm của phản ứng oxy hóa ra khỏi thiết bị phản ứng, dòng khí này ở nhiệt độ đầu ra T_2 cao hơn nhiệt độ đầu vào T_1 ;

(e) đưa dòng khí được lấy ra trong bước (d) qua bộ trao đổi nhiệt ngược với dòng phản ứng thu được từ bước (a) để cho phép nhiệt được thu hồi từ dòng khí lấy ra ở bước (d) và được tận dụng để gia nhiệt dòng phản ứng trong bước (a); và

(f) đo nhiệt độ đầu ra T_2 và kiểm soát nhiệt độ đầu vào T_1 bằng cách điều chỉnh lượng nguyên liệu dẫn vòng qua bộ trao đổi nhiệt.

Cần hiểu rằng bằng cách kiểm soát nhiệt độ đầu ra T_2 thì nhiệt độ đầu vào T_1 cũng được kiểm soát.

Việc trộn dòng dẫn vòng ngược với dòng nguyên liệu đã gia nhiệt cho phép nhiệt độ T_1 của thiết bị phản ứng được kiểm soát. Lượng khí dẫn vòng có thể được gia tăng khi nồng độ metan gia tăng mà mặt khác sẽ dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ đầu ra thiết bị phản ứng.

Chất xúc tác và nhiệt độ là như được nêu trên đối với khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Theo mỗi phương án, bộ gia nhiệt khởi động được đốt hoặc phương tiện gia nhiệt thích hợp khác có thể được bố trí để gia nhiệt thiết bị phản ứng đến điều kiện làm việc.

Nếu chất xúc tác bị khử hoạt tính, cuối cùng khí ra khỏi thiết bị phản ứng sẽ chứa metan. Sự có mặt của metan trong dòng ra có thể được phát hiện. Tiếp đó, các quy trình này cho phép hệ thống được vận hành sao cho nhiệt độ T_1 có thể được gia tăng cho đến khi không còn nhận thấy metan trong dòng lấy ra khỏi bộ cảm biến.

Nồng độ metan trong dòng thu được từ thiết bị phản ứng có thể được phát hiện bằng phương tiện thích hợp bất kỳ. Theo một phương án, nồng độ này có thể được đo bằng cách sử dụng thiết bị phân tích hấp thụ hồng ngoại không phân tán mà sử dụng bộ cảm biến thể rắn theo dõi nồng độ metan xuống đến 1 ppm hoặc thấp hơn.

Dòng khí nguyên liệu có thể có nồng độ metan nhỏ hơn khoảng 1% mol, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,5% mol, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,1% mol.

Tốc độ dòng khí thích hợp bất kỳ có thể được sử dụng. Theo một phương án, có thể có vận tốc thể tích khí mỗi giờ khoảng $20000 \text{ L}_{\text{khí}}/\text{L}_{\text{chất xúc tác}}/\text{giờ}$ với vận tốc tuyến tính ở mặt trước của chất xúc tác nhỏ hơn khoảng 20 m/giờ.

Trong khi sáng chế đã được mô tả đối với việc xử lý metan trong khí thông khí từ mỏ than, cần hiểu rằng sáng chế có thể áp dụng tương đương với các dòng khí khác mà có nồng độ metan thấp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được mô tả để làm ví dụ có dựa vào các hình vẽ trong đó:

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện quy trình theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế; và

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện quy trình theo khía cạnh thứ hai của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng các hình vẽ chỉ là sơ lược và các loại thiết bị khác như thùng hồi lưu, bơm, bơm chân không, cảm biến nhiệt độ, cảm biến áp suất, van giảm áp, van điều khiển, bộ điều chỉnh lưu lượng, van điều tiết dòng, đường ống, bộ phận dập lửa, bộ điều chỉnh mức, thùng chứa, thùng lưu trữ và bộ phận tương tự có thể được yêu cầu trong hệ thống thương mại. Sự bố trí các loại thiết bị phụ trợ không tạo ra một phần của sáng chế và là theo thực tế công nghệ hóa học thông thường.

Như được thể hiện trên Fig.1, khí được lấy ra khỏi mỏ trong ống 1 bằng cách sử dụng quạt 2 ở đó khí được trộn với metan bổ sung tùy ý, thường ở dạng khí giàu metan 3 hoặc không khí bổ sung tùy ý trong ống 4, cấp bởi quạt 13 và tiếp đó cấp đến bộ trao đổi nhiệt 5 ở đó khí này được gia nhiệt đến nhiệt độ T_1 và tiếp đó được cấp trong ống 6 đến thiết bị phản ứng 7. Trong thiết bị phản ứng, metan được chuyển hóa thành cacbon dioxide và nước. Dòng khí, mà sẽ được gia nhiệt trong quá trình phản ứng tỏa nhiệt đến nhiệt độ T_2 , được lấy ra khỏi thiết bị phản ứng trong ống 8 ở đó dòng này được đưa qua bộ trao đổi nhiệt 5 ngược với nguyên liệu đi vào trong ống 1 sao cho dòng khí này được làm nguội và dòng nguyên liệu được gia nhiệt. Tiếp đó, khí sản phẩm đã làm nguội được lấy ra trong ống 9.

Bộ điều khiển 10 theo dõi các nhiệt độ T_1 và T_2 đo được trong các bộ cảm biến 11 và 12 và tiếp đó điều chỉnh metan bổ sung và không khí bổ sung theo cách thích hợp.

Theo một phương án khác được thể hiện trên Fig.2, nguyên liệu 21 được lấy ra khỏi mỏ bằng cách sử dụng quạt chính 22 và tiếp đó được đưa đến bộ trao đổi nhiệt 23 ở đó nguyên liệu được gia nhiệt. Một phần nguyên liệu có thể được dẫn vòng quanh bộ trao đổi nhiệt trong ống 24 và tiếp đó trộn với nguyên liệu đã gia nhiệt. Van 25 điều khiển việc dẫn vòng. Không khí bổ sung có thể được bổ sung vào dòng dẫn vòng trong ống 26 bằng cách sử dụng quạt 27. Khi khởi động, metan có thể được bổ sung trong ống 38 được đưa qua mỏ đốt khởi động 31. Cũng có thể bổ sung metan qua ống 38 và 39 mà dẫn vòng qua mỏ đốt khởi động trong quá trình hoạt động bình thường.

Tiếp đó, dòng này được cấp trong ống 28 đến thiết bị phản ứng 29 ở đó phản ứng diễn ra. Tiếp đó, dòng khí được lấy ra khỏi thiết bị phản ứng 29 trong ống 32, sau đó được đưa qua bộ trao đổi nhiệt 23 ở đó dòng khí này được làm nguội trong khi gia nhiệt khí nguyên liệu. Tiếp đó, khí nguội được xả ra trong ống 33.

Bộ điều khiển 34 theo dõi các nhiệt độ T_1 và T_2 đo được trong bộ cảm biến 35 và 36 và thiết bị phân tích metan đầu ra 37 và tiếp đó điều chỉnh lượng dẫn vòng bằng cách sử dụng van 25 và lượng không khí bổ sung được bổ sung trong ống 26.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp loại bỏ metan ra khỏi khí nguyên liệu có nồng độ metan bằng 2% mol hoặc nhỏ hơn, phương pháp này bao gồm các bước:

- a) tùy ý trộn khí nguyên liệu với metan bổ sung hoặc không khí bổ sung;
- b) đưa khí nguyên liệu và khí bổ sung tùy ý qua bộ trao đổi nhiệt để nâng nhiệt độ của khí đến nhiệt độ đầu vào mong muốn T_1 của thiết bị phản ứng oxy hóa;
- c) đưa dòng khí đã gia nhiệt thu được từ bước (b) đến thiết bị phản ứng oxy hóa chứa chất xúc tác oxy hóa, ở đó metan được oxy hóa;
- d) lấy dòng khí bao gồm các sản phẩm của phản ứng oxy hóa ra khỏi thiết bị phản ứng, dòng khí này ở nhiệt độ đầu ra T_2 cao hơn nhiệt độ đầu vào T_1 ;
- e) đưa dòng khí lấy ra trong bước (d) qua bộ trao đổi nhiệt ngược với dòng phản ứng thu được từ bước (b) để cho phép nhiệt được thu hồi từ dòng khí lấy ra ở bước (d) và được tận dụng để gia nhiệt dòng phản ứng trong bước (b); và
- f) đo nhiệt độ đầu ra T_2 và kiểm soát nhiệt độ đầu vào T_1 bằng cách điều chỉnh lượng tương đối của metan bổ sung và/hoặc không khí bổ sung được bổ sung trong bước (a).

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiệt độ đầu ra T_2 được so sánh với nhiệt độ mong muốn định trước và nồng độ của metan hoặc không khí trong nguyên liệu được điều chỉnh sao cho nhiệt độ đầu vào T_1 được điều chỉnh sao cho sau đó sự tăng nhiệt độ do phản ứng dẫn đến nhiệt độ T_2 đạt đến nhiệt độ mong muốn.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó chất xúc tác chứa paladi và/hoặc platin trên chất mang.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó chất mang là chất mang oxit.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó chất mang xúc tác có dạng tổ ong.

6. Phương pháp theo điểm 3 hoặc 4, trong đó nhiệt độ T_1 ít nhất là 350°C .

7. Phương pháp theo điểm 3, trong đó nhiệt độ T_2 là 650°C hoặc nhỏ hơn.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó dòng khí nguyên liệu có nồng độ metan nhỏ hơn 1% mol, hoặc nhỏ hơn 0,5% mol, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,1% mol.

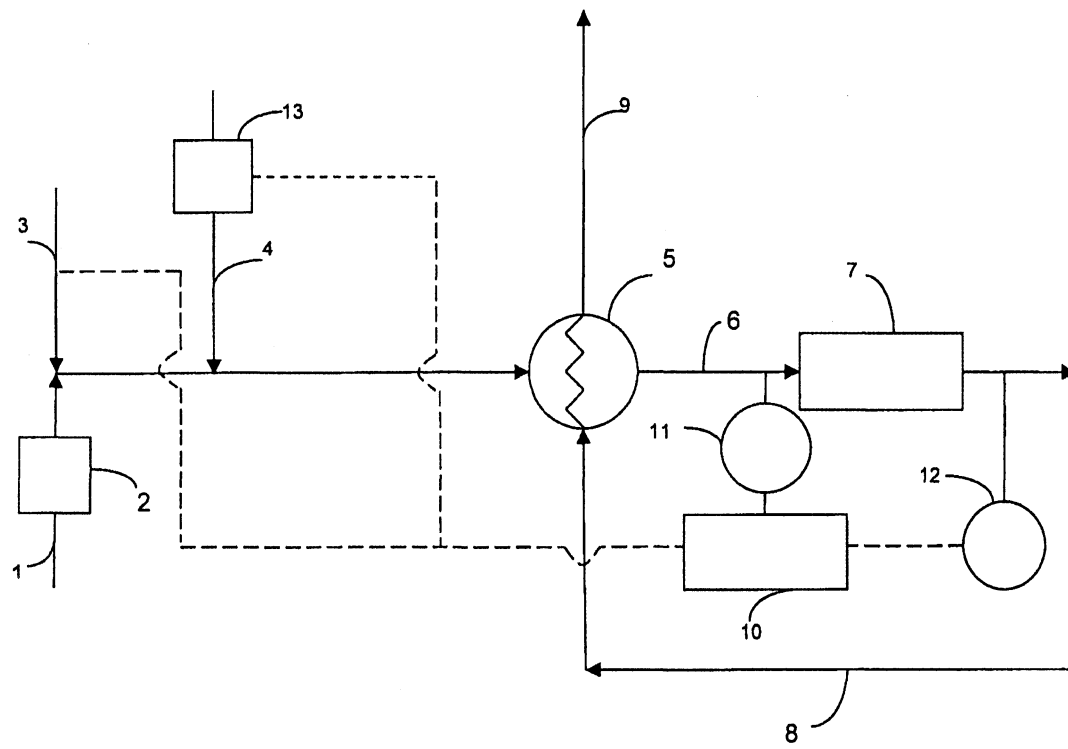


Fig.1

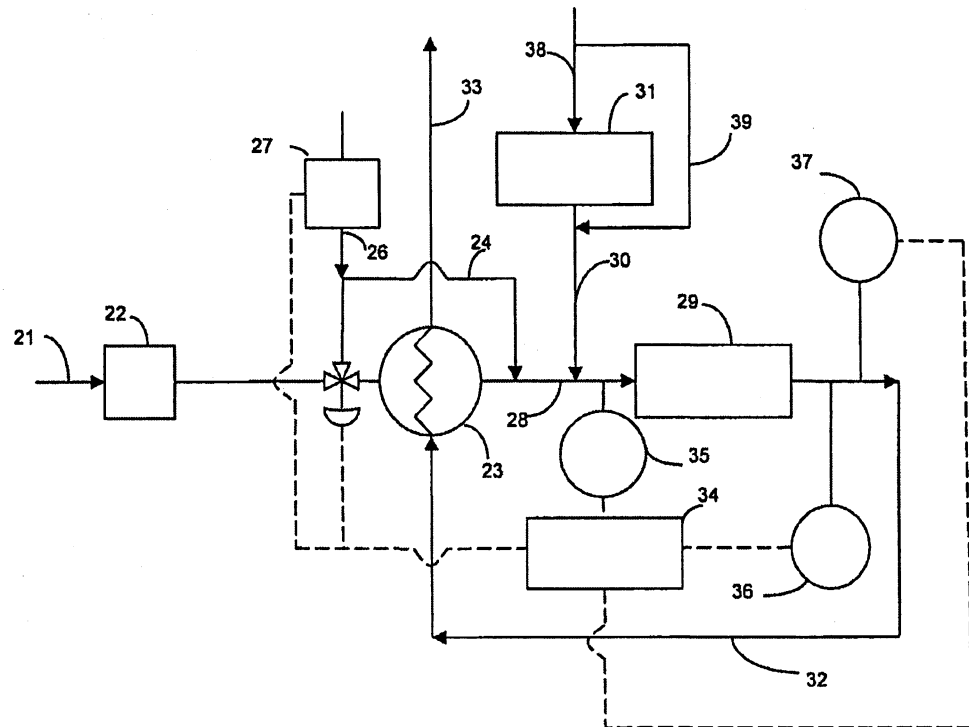


Fig.2