



(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) 
1-0020224

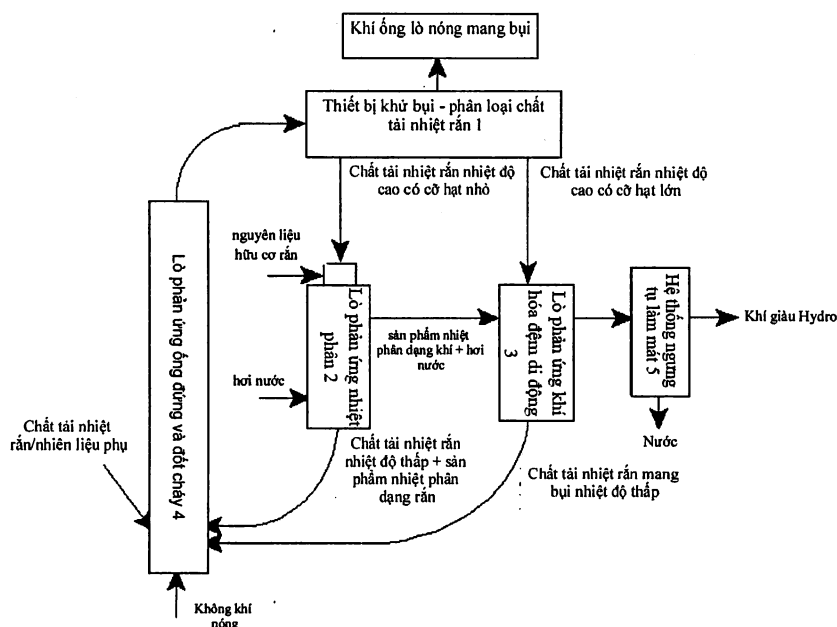
(51)⁷ **C10J 3/60, 3/72, 3/82**

(13) **B**

- (21) 1-2016-00267 (22) 25.07.2014
(86) PCT/CN2014/000705 25.07.2014 (87) WO2015/010448 29.01.2015
(30) 201310316605.7 25.07.2013 CN
(45) 25.12.2018 369 (43) 25.04.2016 337
(73) 1. ECO ENVIRONMENTAL ENERGY RESEARCH INSTITUTE LIMITED (CN)
23/F, 363 Java Road, North Point, Hong Kong, China
2. DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (CN)
No. 2 Linggong Road, Ganjingzi District, Dalian City, Liaoning Province, China
(72) XU, Shaoping (CN), XIAO, Yahui (CN), WANG, Chao (CN), WANG, Guangyong
(CN), YALKUNJAN, Tursun (CN), SIU, Kam Shing (CN), XU, Bin (CN), CHOW,
Connie Hiu Ying (CN)
(74) Công ty Luật TNHH quốc tế BMVN (BMVN INTERNATIONAL LLC)

(54) **PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT KHÍ GIÀU HYDRO TỪ CHẤT HỮU CƠ RẮN**

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất khí giàu hydro từ các chất hữu cơ rắn. Ví dụ, các nguyên liệu hữu cơ rắn được gia nhiệt trong thiết bị phản ứng nhiệt phân để thực hiện phản ứng nhiệt phân, và sản phẩm khí được tạo ra từ phản ứng nhiệt phân này thực hiện khí hóa cùng với hơi nước trong thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động để tạo ra sản phẩm giàu hydro. Sáng chế cũng mô tả hệ thống sản xuất khí giàu hydro từ các chất hữu cơ rắn, và hệ thống này có thể bao gồm thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn; thiết bị phản ứng nhiệt phân; thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động; lò phản ứng ống đứng và đốt cháy. Phương pháp theo sáng chế có thể vận hành ở áp suất khí quyển và công nghệ này đơn giản và thích hợp cho quá trình khí hóa và đồng khí hóa các chất hữu cơ rắn dễ bay hơi khác nhau, chẳng hạn như các nguyên liệu chứa độ ẩm, chất khoáng và lượng lưu huỳnh tương đối lớn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực công nghiệp năng lượng và hóa học. Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước nguyên liệu hữu cơ rắn và hỗn hợp của chúng, bằng cách sử dụng chất tải nhiệt rắn được tuần hoàn làm môi trường gia nhiệt, chất xúc tác và vật liệu lọc để đồng thời lọc và loại bỏ bụi.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước các chất hữu cơ rắn là mô hình lý tưởng. Để đạt được điều này, cần giải quyết ít nhất hai vấn đề: cung cấp nhiệt cần thiết để khí hóa hơi nước, và loại bỏ hoặc làm giảm hắc ín trong khí sản phẩm.

Bằng sáng chế Trung Quốc số ZL200610113063.3 mô tả phương pháp và thiết bị khí hóa tầng sôi cách ly. Trong đó, lò phản ứng tầng sôi được chia thành hai khoang nối thông nhau, trong đó một khoang được sử dụng chủ yếu để sấy khô và nhiệt phân nhiên liệu rắn, và khoang còn lại được sử dụng để khí hóa bán cốc và biến đổi hắc ín và hydrocacbon. Nhiệt cần thiết cho quá trình nhiệt phân và khí hóa được tạo ra nhờ phản ứng đốt cháy các nguyên liệu thô và bán cốc cùng với không khí hoặc oxi, chúng được cấp vào cùng một khu vực phản ứng. Bằng sáng chế này cũng đề xuất thiết bị và phương pháp phản ứng tầng sôi kép đặc trưng bởi việc sử dụng sự tuần hoàn của chất tải nhiệt rắn, trong đó nhiệt cần thiết cho quá trình nhiệt phân và khí hóa được cung cấp một phần nhờ sự đốt cháy bán cốc chưa phản ứng trong lò phản ứng tầng sôi khác. Do sử dụng sự đốt trong để cung cấp nhiệt, khí sản phẩm khí hóa rõ ràng sẽ bao gồm nitơ trơ, trừ khi sử dụng chất oxi khí hóa tinh khiết. Hạn chế này của lò phản ứng khí hóa tầng sôi cũng nằm ở chỗ: nhiệt độ phản ứng thấp; thời gian lưu giữ ngắn, điều này khiến cho việc chuyển hóa hắc ín và hydrocacbon không đủ; và độ bụi của khí sản phẩm cao. Ngoài ra, phần nguyên liệu được đốt cháy trực tiếp để cung cấp nhiệt, và do đó, khí hydro chủ yếu được chuyển hóa thành nước, chứ không đi vào khí sản phẩm giàu hydro một cách hiệu quả, điều này là không hợp lý xét theo việc sử dụng thành phần.

Trường đại học công nghệ Viên Áo (Austria Vienna University of Technology) đã phát triển một cách có mục đích quy trình khí hóa sinh khối có lớp tầng sôi tuần hoàn nhanh bên trong (Fast Internally Circulating Fluidized Bed - FICFB) (tham khảo: <http://www.ficfb.at/>). Kết cấu của lò phản ứng khí hóa FICFB chủ yếu bao gồm hai khu vực phản ứng: vùng nhiệt phân - khí hóa tầng sôi tạo bột và vùng đi lên - đốt cháy tầng

sôi, và chất tải nhiệt rắn này được tuần hoàn trong hai vùng này. Chất tải nhiệt rắn này được gia nhiệt nhờ đốt cháy bán cốc trong vùng đốt cháy này và được tuần hoàn trở lại vùng nhiệt phân và vùng khí hóa này để cung cấp nhiệt cần thiết cho quá trình khí hóa hơi nước và nhiệt phân sinh khối trong vùng nhiệt phân và vùng khí hóa này. Sau đó, chất tải nhiệt rắn này được cấp lại vào vùng đốt cháy để bắt đầu chu trình tiếp theo. Khí của hai vùng này được tách riêng, do đó có thể tạo ra khí giàu hydro không chứa nitơ. Quá trình nhiệt phân và khí hóa trong công nghệ FICFB được thực hiện tại cùng khu vực phản ứng, điều này khiến khó đạt được việc kiểm soát độc lập quá trình nhiệt phân và khí hóa, và làm hạn chế khả năng thích ứng của các nguyên liệu khác nhau. Cả thời gian lưu của chất dễ bay hơi của quá trình nhiệt phân sinh khối trong lò phản ứng khí hóa tầng sôi lẫn thời gian tiếp xúc của chất dễ bay hơi này với chất tải nhiệt rắn đều ngắn, điều này khiến cho không chuyển hóa đủ hắc ín và hàm lượng hắc ín trong khí sản phẩm cao. Do đó, hạn việc sự cải thiện hiệu quả khí hóa. Nếu sinh khối, than nâu non, v.v. được sử dụng làm nguyên liệu, sản phẩm khí được tạo thành có thể có lượng bụi lớn do sự nghiền thành bụi của các nguyên liệu thô trong quá trình khí hóa nhiệt phân. Nếu bụi này không bị loại bỏ hiệu quả trong điều kiện nóng, bụi và hắc ín này có trong sản phẩm khí có thể tạo ra hỗn hợp nhót trong quá trình ngưng tụ - tinh chế tiếp theo, điều này ảnh hưởng đến sự vận hành bình thường của hệ thống.

Bằng sáng chế Trung Quốc số ZL200710011214.9 đề xuất phương pháp cho phép kiểm soát độc lập quá trình nhiệt phân nguyên liệu thô là nhiên liệu rắn, quá trình phân hủy và chuyển hóa thêm hắc ín và hydrocacbon trong sản phẩm khí được tạo ra bởi quá trình nhiệt phân, và cung cấp nhiệt cho các phản ứng này nhờ đốt cháy bán cốc từ quá trình nhiệt phân. Phương pháp này thực hiện được nhờ sự tuần hoàn chất tải nhiệt rắn trong ba lò phản ứng đặt theo kiểu trước sau, các lò phản ứng này là lò phản ứng nhiệt phân tầng di động, lò phản ứng khí hóa tầng di động và lò phản ứng ống đứng và đốt cháy. Các phản ứng này tương ứng được thực hiện trong ba lò phản ứng là: nhiệt phân nguyên liệu thô là nhiên liệu rắn, khí hóa hơi nước sản phẩm khí (bao gồm hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp) được tạo ra bởi quá trình nhiệt phân, và đốt cháy bán cốc và gia nhiệt lại và nâng chất tải nhiệt rắn đi lên. Hạn chế của phương pháp này là: do lò phản ứng nhiệt phân và lò phản ứng khí hóa này được nối tiếp nhau, chất tải nhiệt rắn từ lò phản ứng ống đứng và đốt cháy lần lượt đi qua lò phản ứng nhiệt phân và lò phản ứng khí hóa này, và sau đó vòng trở lại lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này; do đó, các điều kiện vận hành của lò phản ứng nhiệt phân và lò phản ứng khí hóa này hạn chế lẫn nhau. Nhiệt độ của chất tải nhiệt rắn được cấp vào lò phản ứng nhiệt phân này hoàn toàn phụ

thuộc vào mức độ phản ứng trong lò phản ứng khí hóa này, và chủng loại và số lượng chất tải nhiệt rắn được cấp vào lò phản ứng nhiệt phân và lò phản ứng khí hóa này không thể được kiểm soát một cách tương ứng và độc lập. Do đó, khó đạt được mục tiêu là cả lò phản ứng nhiệt phân và lò phản ứng khí hóa đều vận hành ở các điều kiện vận hành tối ưu tương ứng của chúng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các vấn đề trên, sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước các chất hữu cơ rắn. Bằng cách sử dụng sự tuần hoàn chất tải nhiệt rắn, có thể đạt được việc kiểm soát độc lập và tối ưu hóa quá trình nhiệt phân nhanh nguyên liệu hữu cơ rắn và quá trình phân hủy hơi nước có xúc tác và sự chuyển hóa hắc ín và hydrocacbon trong sản phẩm khí được tạo ra bởi quá trình nhiệt phân.

Sau đây là các phương án minh họa của sáng chế:

Sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước nguyên liệu hữu cơ rắn, với phương pháp này, có thể đạt được quá trình nhiệt phân nhanh nguyên liệu hữu cơ rắn và khí hóa hơi nước có xúc tác sản phẩm khí được tạo ra bởi quá trình nhiệt phân bằng cách sử dụng sự tuần hoàn chất tải nhiệt rắn. Thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động có thể được đặt song song. Thiết bị phản ứng nhiệt phân này có một lò phản ứng nhiệt phân hoặc ít nhất hai lò phản ứng nhiệt phân song song, và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động này có một lò phản ứng khí hóa tầng di động hoặc ít nhất hai lò phản ứng khí hóa tầng di động song song, trong đó mỗi lò phản ứng nhiệt phân tương ứng với ít nhất một lò phản ứng khí hóa tầng di động, hoặc mỗi lò phản ứng khí hóa tầng di động tương ứng với ít nhất một lò phản ứng nhiệt phân; trong đó sản phẩm khí này từ mỗi lò phản ứng nhiệt phân này được cấp vào lò phản ứng khí hóa tầng di động tương ứng này. Lò phản ứng nhiệt phân này có thể là lò phản ứng nhiệt phân tầng di động hoặc lò phản ứng nhiệt phân tầng sôi.

Một phần chất tải nhiệt rắn được dùng làm môi trường gia nhiệt để gia nhiệt nguyên liệu hữu cơ rắn tham gia phản ứng. Phần kia được dùng làm môi trường gia nhiệt để khí hóa, và đồng thời, cũng có thể dùng làm chất xúc tác để khí hóa và làm vật liệu lọc dạng hạt để thu giữ bụi được cuốn theo sản phẩm khí của quá trình nhiệt phân. Theo phương án ví dụ, phần chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn được dùng làm môi trường gia nhiệt để gia nhiệt nguyên liệu hữu cơ rắn để giúp nhiệt phân nhanh nguyên liệu này để thu được sản phẩm rắn và sản phẩm khí. Phần kia của chất tải nhiệt rắn có cỡ

hạt trung bình lớn hơn được dùng làm môi trường gia nhiệt và thu giữ bụi bị cuốn theo sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân, và đồng thời, dùng làm chất xúc tác kích hoạt quá trình khí hóa giữa sản phẩm khí này được tạo ra từ quá trình nhiệt phân và hơi nước để phân hủy và chuyển hóa hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp thành khí giàu hydro. Hai phần chất tải nhiệt rắn này có nhiệt độ thấp, nhiệt độ của chúng đã được giảm do xảy ra quá trình nhiệt phân và khí hóa, sẽ kết hợp với nhau để được gia nhiệt và đi lên. Chất tải nhiệt rắn có nhiệt độ cao đã được gia nhiệt sẽ được loại bỏ bụi và phân loại hạt và được chia thành hai phần, sau đó, hai phần chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn và lớn hơn này tương ứng lại được sử dụng để nhiệt phân và khí hóa để tạo thành chu trình.

Cụ thể, công đoạn nhiệt phân này bao gồm: thực hiện nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn trong thiết bị phản ứng nhiệt phân. Nguyên liệu hữu cơ rắn này được trộn nhanh với chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn trong khu vực trộn của thiết bị phản ứng nhiệt phân, và được chuyển nhanh vào khu vực phản ứng của thiết bị phản ứng nhiệt phân. Trong quá trình này, các nguyên liệu hữu cơ rắn được gia nhiệt nhanh đến nhiệt độ nhiệt phân, tức là, nằm trong khoảng từ 400°C đến 800°C. Phản ứng phân hủy nguyên liệu hữu cơ rắn đã được gia nhiệt đến nhiệt độ nhiệt phân xảy ra trong khu vực phản ứng của thiết bị phản ứng nhiệt phân để tạo sản phẩm nhiệt phân dạng khí (bao gồm hơi nước chứa hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp) và sản phẩm nhiệt phân dạng rắn, trong đó sản phẩm nhiệt phân dạng rắn này có chứa cặn cacbon. Ngoài ra, một số thành phần của sản phẩm nhiệt phân dạng khí này còn phản ứng, được gọi là phản ứng phụ, để tạo ra chất lắng cacbon được gắn vào hạt chất tải nhiệt rắn. Hỗn hợp gồm sản phẩm nhiệt phân dạng rắn và chất tải nhiệt rắn nhiệt độ thấp đi ra khỏi thiết bị phản ứng nhiệt phân qua van phân phối định lượng dưới tác dụng của trọng lực, và được cấp vào lò phản ứng đốt cháy và ống đứng. Sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân cùng với hơi nước được cấp vào thiết bị nhiệt phân được tháo ra khỏi thiết bị phản ứng nhiệt phân và được cấp vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động.

Các chức năng ví dụ của công đoạn nhiệt phân là: một mặt, chất hữu cơ dễ bay hơi trong nguyên liệu hữu cơ rắn có thể được chuyển hóa hoàn toàn thành sản phẩm khí, sau đó sản phẩm khí này được chuyển hóa thành khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước sản phẩm khí này trong công đoạn khí hóa; mặt khác, quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn tạo ra lượng vừa phải chất lắng cacbon và sản phẩm rắn có cặn cacbon.

Theo phương án ví dụ, nguyên liệu hữu cơ rắn này có thể được lựa chọn từ sinh

khối, phế thải rắn polyme, than, cốc dầu mỏ hoặc các hỗn hợp của chúng. Sinh khối nghĩa là các cây thân cỏ hoặc thân gỗ chứa xenluloza, hemixenluloza và lignin, ví dụ, phế thải nông nghiệp (ví dụ, rơm, bã mía và trấu), phế thải lâm nghiệp (ví dụ, vỏ cây, vỏ lõi quả và gỗ vụn, vỏ bào) hoặc cây nhiên liệu (ví dụ, thực vật có hoa trong họ Hòa thảo *miscanthus* và *pennisetum hydridum*), v.v.. Theo phương án ví dụ, các chất hữu cơ rắn được dùng làm nguyên liệu đơn nhất hoặc dùng trong nguyên liệu hỗn hợp cần có chất dễ bay hơi với lượng tương đối lớn, ví dụ nằm trong khoảng từ 20% - 70% (có trong phần khối sấy khô không tro cơ bản). Giới hạn trên của độ ẩm của nguyên liệu cần phải phù hợp để đảm bảo nguyên liệu này được vận chuyển dễ dàng vào khu vực trộn của thiết bị phản ứng nhiệt phân. Lượng ẩm của nguyên liệu đi vào thiết bị phản ứng khí hóa tăng di động cùng với sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân, và tham gia vào quá trình khí hóa hơi nước có xúc tác sản phẩm khí được tạo ra bởi quá trình nhiệt phân. Do đó, lượng ẩm vừa phải có trong nguyên liệu có thể giảm lượng nước bổ sung.

Trong công đoạn nhiệt phân, tốc độ gia nhiệt nguyên liệu và nhiệt độ nhiệt phân thích hợp cũng cần thiết. Các yếu tố này phụ thuộc chủ yếu vào thành phần và cỡ hạt của nguyên liệu, cỡ hạt và nhiệt độ của chất tải nhiệt rắn, và tốc độ và tỷ lệ trộn của chất tải nhiệt rắn với nguyên liệu. Trong điều kiện thành phần của nguyên liệu hữu cơ rắn và cỡ hạt và nhiệt độ của chất tải nhiệt rắn đã biết, nhiệt độ của thiết bị phản ứng nhiệt phân có thể được điều chỉnh bằng việc điều chỉnh tỷ lệ trộn giữa chất tải nhiệt rắn với nguyên liệu, như vậy, mức độ nhiệt phân của nguyên liệu hữu cơ rắn có thể được điều chỉnh. Trong khi thiết bị phản ứng nhiệt phân vận hành ở chế độ tăng di động, theo đơn vị thời gian, tỷ lệ khối lượng của chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân này với nguyên liệu hữu cơ rắn cần nằm trong khoảng từ 2 đến 7:1. Theo sáng chế, tùy thuộc vào hoàn cảnh thực tế, tỷ lệ cụ thể có thể được chọn là 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1 hoặc 7:1, ví dụ như từ 3 đến 5:1. Nhiệt độ của thiết bị phản ứng nhiệt phân cần được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 400°C đến 800°C, ví dụ như từ 500°C đến 700°C. Nhiệt độ của chất tải nhiệt rắn càng cao thì có thể đạt được tỷ lệ khối lượng của chất tải nhiệt rắn với nguyên liệu hữu cơ rắn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân càng lớn. Trong khi thiết bị phản ứng nhiệt phân vận hành ở chế độ tăng sôi, để đảm bảo nguyên liệu hữu cơ rắn này có thể đạt được mức độ nhiệt phân cần thiết, tỷ lệ khối lượng của chất tải nhiệt rắn với nguyên liệu hữu cơ rắn cần được tăng lên, và tỷ lệ này có thể cao đến 40 hoặc cao hơn. Cỡ hạt nhỏ hơn của nguyên liệu hữu cơ rắn có lợi cho việc gia nhiệt và phân hủy nhanh. Giới hạn trên thích hợp của cỡ hạt của nguyên liệu hữu cơ rắn theo phương pháp của sáng chế phụ thuộc vào việc liệu sản phẩm rắn của quá trình nhiệt phân có thể được nâng lên

dễ dàng trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy hay không, và cần được điều chỉnh nhỏ hơn 8 mm. Theo các thử nghiệm và phân tích cụ thể của tác giả sáng chế, dựa trên tình hình thực tế, cỡ hạt có thể được lựa chọn cụ thể là 2 mm, 6 mm hoặc 7,5 mm, và ví dụ như cỡ hạt cần được điều chỉnh nhỏ hơn 3 mm.

Hơi nước, là một trong các nguyên liệu khí hóa, được cấp từ phần dưới của lớp nguyên liệu rắn trong thiết bị phản ứng nhiệt phân. Các lợi ích là: hơi nước mang sản phẩm nhiệt phân dạng khí của nguyên liệu hữu cơ rắn nhanh chóng ra khỏi lò phản ứng nhiệt phân, điều này làm thúc đẩy phản ứng nhiệt phân và giảm phản ứng phụ của sản phẩm khí được tạo ra bởi quá trình nhiệt phân để giảm khả năng tạo chất lắng cacbon và muội than. Khi lò phản ứng nhiệt phân vận hành ở chế độ tăng sôi, hơi nước được dùng làm môi trường tạo tăng sôi và đồng thời là chất tải nhiệt dạng khí. Để đảm bảo lò phản ứng nhiệt phân có thể đạt được nhiệt độ cần thiết, nhiệt độ của hơi nước quá nhiệt được cấp vào lò phản ứng nhiệt phân cần đủ cao, nhiệt độ này thường được điều chỉnh lớn hơn 300°C; đồng thời, tỷ lệ trộn của chất tải nhiệt rắn với nguyên liệu hữu cơ rắn được cấp vào lò phản ứng nhiệt phân cần được tăng lên thích hợp, và lượng oxi nhỏ cũng có thể được cấp vào lò phản ứng nhiệt phân vào thời điểm cấp hơi nước nếu cần.

Công đoạn khí hóa bao gồm: trong thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, nhờ việc sử dụng nhiệt và bề mặt phản ứng được tạo ra bởi chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao, hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp trong sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân trong thiết bị phản ứng nhiệt phân còn phải qua phản ứng crackinh, và phản ứng với hơi nước để tạo ra sản phẩm khí giàu hydro; đồng thời, chất lắng cacbon thường được tạo ra trên bề mặt của chất tải nhiệt rắn. Sản phẩm khí giàu hydro được thu gom bằng cách tách nước chưa phản ứng và hắc ín dư ra khỏi sản phẩm khí bằng thiết bị làm mát ngưng tụ. Khi sử dụng chất tải nhiệt rắn có hoạt tính xúc tác, nhờ sự xúc tác của chất tải nhiệt rắn này, quá trình crackinh hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp trong sản phẩm nhiệt phân dạng khí và phản ứng với hơi nước có thể được tăng lên ở nhiệt độ tương đối thấp. Khi sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân chảy qua thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, bụi bị cuốn theo sản phẩm khí bị giữ lại bởi lớp đệm hạt chất tải nhiệt rắn. Chất tải nhiệt rắn này có nhiệt độ được giảm xuống ra khỏi thiết bị phản ứng khí hóa, và đi vào lò phản ứng ống đứng và đốt cháy cùng với bụi được giữ lại này.

Chức năng chính của công đoạn khí hóa là tạo phản ứng giữa hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp của sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân với hơi nước, để phân hủy và chuyển hóa chúng thành khí giàu hydro. Phản ứng này là phản ứng

tỏa nhiệt mạnh, do đó các điều kiện cơ bản để đảm bảo phản ứng được thực hiện một cách ổn định là nhiệt độ cao, chất xúc tác, và sự phân bố và lưu giữ hiệu quả chất phản ứng trong lớp đệm xúc tác. Nhiệt độ của thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động thường được điều chỉnh trong khoảng từ 800°C đến 950°C. Trong điều kiện đặc biệt, ví dụ, khi sản phẩm đích là sản phẩm khí có nồng độ hydro cao và canxi oxit được dùng làm chất hấp phụ cacbon dioxit, giới hạn dưới của nhiệt độ của thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động có thể là thấp đến 700°C. Trong trường hợp điều kiện vận hành của thiết bị phản ứng nhiệt phân đã được biết, nhiệt độ của thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động có thể được điều chỉnh bởi nhiệt độ và tốc độ tuần hoàn của chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng khí hóa.

Lượng chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động có thể được xác định theo sự ảnh hưởng của hiệu suất loại bỏ bụi và tình trạng lắng đọng cacbon của chất tải nhiệt rắn đến hiệu suất xúc tác của chất tải nhiệt rắn được dùng làm chất xúc tác. Dựa trên giả thuyết đảm bảo cân bằng năng lượng hệ phản ứng, việc tăng tốc độ tuần hoàn của chất tải nhiệt rắn trong thiết bị phản ứng khí hóa có lợi ích là rút ngắn thời gian lưu, giảm lắng đọng cacbon trên chất tải nhiệt rắn này là chất xúc tác để tránh mất hoạt tính xúc tác vĩnh viễn do lắng đọng cacbon quá mức. Tốc độ tuần hoàn chất tải nhiệt rắn được điều chỉnh thích hợp có thể tránh được sức cản quá lớn của lớp đệm do sự bắt giữ bụi, trong khi đảm bảo hiệu suất loại bỏ bụi của lớp hạt di chuyển. Theo đơn vị thời gian, tỷ lệ khối lượng của chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động với chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân cần được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 0,1 đến 5. Theo sáng chế, dựa trên tình hình thực tế, tỷ lệ này có thể được chọn cụ thể là 0,5, 1, 3 và 4,5, sáng chế có thể đạt được với tất cả các tỷ lệ này.

Trong lò phản ứng khí hóa tầng di động, hỗn hợp gồm sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân trong thiết bị phản ứng nhiệt phân và hơi nước tiếp xúc với lớp di động hạt chất tải nhiệt rắn ở chế độ tiếp xúc. Chế độ tiếp xúc này được chọn từ nhóm bao gồm dòng song song, dòng ngược, dòng cắt chéo hoàn toàn, hoặc dạng kết hợp của các kiểu dòng chảy và tiếp xúc khí-lỏng nêu trên. Nếu chất xúc tác nền niken hoặc nền sắt được dùng làm chất tải nhiệt rắn, chế độ tiếp xúc rắn-khí dòng ngược hoặc dòng cắt chéo hoàn toàn có lợi cho việc tự khử chất xúc tác (tức là trong môi trường khử, oxit kim loại trên chất tải nhiệt này được khử thành kim loại nguyên chất có hoạt tính xúc tác) và cải thiện thời gian lưu để phản ứng hiệu quả. Ngoài ra, lớp đệm hạt chất tải nhiệt rắn di chuyển dòng cắt chéo hoàn toàn cũng có nhiều ưu điểm: diện tích tiếp xúc lớn của pha

rắn-khí trong một đơn vị thể tích lò phản ứng, khí đi qua lớp đệm hạt di động ở lưu lượng dòng chảy thấp, sức cản được giảm xuống và các yếu tố khác. Do đó, lớp đệm hạt chất tải nhiệt rắn di động dòng cắt chéo hoàn toàn được ưu tiên trong phương pháp theo sáng chế. Việc sử dụng lò phản ứng khí hóa tầng di động dòng cắt chéo hoàn toàn cũng có thể giữ lại một cách hiệu quả bụi bị cuốn theo sản phẩm khí của quá trình nhiệt phân.

Các công đoạn gia nhiệt và đi lên bao gồm: ở đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này, hỗn hợp gồm sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân trong thiết bị phản ứng nhiệt phân và chất tải nhiệt rắn có kèm theo chất lắng cacbon, cùng với chất tải nhiệt rắn này có kèm theo chất lắng cacbon từ thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, được tạo tầng sôi và được nâng lên bởi không khí nóng. Trong quá trình đi lên, cặn cacbon của sản phẩm rắn và chất lắng cacbon trên bề mặt chất tải nhiệt rắn được đốt để tạo ra nhiệt và khí ống lò. Chất tải nhiệt rắn được gia nhiệt bởi nhiệt được tạo ra này để có được chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao. Chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao và khí ống lò nóng mang theo bụi được tạo ra này đi vào thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn.

Chức năng chính của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy là tái sinh chất tải nhiệt rắn này, chất này được dùng làm môi trường gia nhiệt, chất xúc tác và vật liệu lọc dạng hạt di động, trong khi chất tải nhiệt rắn được nâng lên bởi dòng không khí nóng. Hỗn hợp gồm chất tải nhiệt rắn nhiệt độ thấp và sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân đi ra khỏi thiết bị phản ứng nhiệt phân được cấp vào đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy; đồng thời, chất tải nhiệt rắn nhiệt độ thấp đã giữ lại bụi và đi ra khỏi lò phản ứng khí hóa tầng di động, cũng được vận chuyển định lượng ở đây.

Chất tải nhiệt rắn nhiệt độ thấp đã được thu gom cùng với sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân được tạo tầng sôi nhanh và được nâng lên bởi không khí nóng. Trong quá trình đi lên, cặn cacbon của sản phẩm rắn và chất lắng cacbon trên bề mặt của chất tải nhiệt rắn được đốt, và chất tải nhiệt rắn được gia nhiệt bởi nhiệt được tạo ra này. Để cặn cacbon của sản phẩm rắn (tức là các chất đốt trong sản phẩm nhiệt phân dạng rắn) và chất lắng cacbon trên chất tải nhiệt rắn có thể được đốt trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, nhiệt độ của không khí được cấp vào cửa nạp của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy cần cao hơn điểm bắt cháy của cặn cacbon này và chất lắng cacbon trong sản phẩm rắn; thông thường, nhiệt độ này cao hơn 400°C. Để đảm bảo tái sinh chất tải nhiệt rắn được dùng làm môi trường gia nhiệt đáp ứng yêu cầu về nhiệt của thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa, khi chất tải nhiệt rắn này rời khỏi lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, nhiệt độ của nó cần đủ cao, nhiệt độ này thông thường cần đạt tới

khoảng 800°C đến 1000°C, và giới hạn trên của nhiệt độ này cần thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của tro của sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân. Để đảm bảo tái sinh chất tải nhiệt rắn được dùng làm chất xúc tác, chất lắng cacbon trên chất tải nhiệt rắn phải được đốt cháy hoàn toàn. Để đạt được mục đích này, ngoài việc đáp ứng các điều kiện đốt cháy của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy (chẳng hạn như nhiệt độ, nồng độ oxy, thời gian lưu của chất tải nhiệt rắn và các yếu tố khác), lượng và loại chất lắng cacbon gắn vào chất tải nhiệt rắn được cấp vào lò phản ứng ống đứng và đốt cháy cũng cần được điều chỉnh, ví dụ, bằng cách điều chỉnh thời gian lưu thích hợp của chất tải nhiệt rắn trong thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động. Trong trường hợp điều kiện vận hành của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy không thể đáp ứng yêu cầu để đốt cháy toàn bộ chất lắng cacbon trên chất xúc tác tải nhiệt rắn, cần bố trí lò tái sinh đốt cháy cacbon đặc biệt trước thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, để đảm bảo rằng chất xúc tác tải nhiệt rắn này không có chất lắng cacbon dính kèm khi được tuần hoàn trở lại thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động.

Trong trường hợp tạo tầng sôi và nhiệt độ cao của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, hạt chất tải nhiệt rắn sẽ không tránh khỏi bị mài mòn. Do đó, cần sử dụng các hạt chất tải nhiệt rắn có độ bền cơ học ở nhiệt độ cao tốt, đồng thời, chất tải nhiệt rắn cần được bổ sung kịp thời qua cửa nạp bổ sung chất tải nhiệt rắn được bố trí ở lò phản ứng ống đứng và đốt cháy.

Nhiên liệu phụ có thể được thêm vào qua cửa nạp nhiên liệu phụ được bố trí ở đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, để bổ sung nhiệt nhờ việc đốt cháy nhiên liệu phụ này, nếu sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn có sản lượng cặn cacbon thấp, đến mức việc đốt cháy cặn cacbon của sản phẩm rắn trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này không đủ cung cấp nhiệt cần thiết cho hệ phản ứng. Nhiên liệu khí hoặc lỏng hoặc rắn có thể được dùng làm nhiên liệu phụ này. Nhiên liệu phụ này được cấp từ đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy cũng có thể được sử dụng cho quá trình môi cháy và kích hoạt hệ phản ứng này.

Để giải quyết vấn đề sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn có sản lượng cặn cacbon thấp, đến mức việc đốt cháy cặn cacbon của sản phẩm rắn trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy không đủ cung cấp nhiệt cần thiết cho hệ phản ứng, cách hiệu quả khác là sử dụng dòng khí hóa, tức là một số sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân có sản lượng cặn cacbon cao (như cốc dầu mỏ) được thêm vào nguyên liệu hữu cơ rắn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân, để có được

nguyên liệu hỗn hợp. Sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu hỗn hợp này sẽ có sản lượng cần cacbon đủ lớn, để cho việc đốt cháy sản phẩm rắn này có thể cung cấp nhiệt cần thiết cho hệ phản ứng. So với việc đốt cháy trực tiếp nhiên liệu phụ trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, ưu điểm của phương pháp này là các nguyên liệu nhiều thành phần giàu hydro có thể được chuyển thành sản phẩm trong quá trình đồng nhiệt phân, chứ không bị đốt cháy trực tiếp.

Các công đoạn loại bỏ bụi và phân loại theo cỡ đối với chất tải nhiệt rắn bao gồm: chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao đã được gia nhiệt trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này, cùng với khí ống lò nóng, đi vào thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn, trong đó chất tải nhiệt rắn này được dùng làm vật liệu lọc dạng hạt di động, được tái sinh thông qua việc loại bỏ bụi. Dựa vào sự chênh lệch về tốc độ dòng chảy của chất tải nhiệt rắn cuốn theo bụi được cấp vào thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn này, bằng cách sử dụng sự chênh lệch về tỉ trọng, lực quán tính hoặc lực ly tâm, hoặc kết hợp của hai hoặc ba yếu tố này giữa các hạt rắn có cỡ hạt khác nhau, chất tải nhiệt rắn này có thể được tách khỏi khí ống lò nóng chứa bụi, và được chia thành hai phần, mỗi phần chứa cỡ hạt trung bình nhỏ hơn hoặc lớn hơn. Sau khi đi ra khỏi thiết bị khử bụi phân loại chất tải nhiệt rắn, khí ống lò nóng chứa bụi được thải ra ngoài sau khi đã được loại bỏ bụi và tái sinh nhiệt. Hai phần chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn và lớn hơn là môi trường nhiệt tương ứng được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa cho vòng vận hành mới, để tạo thành chu trình nêu trên. Việc phân loại hạt chất tải nhiệt rắn cũng có thể đạt được bằng phương pháp sàng cơ học.

Vai trò của việc phân loại hạt chất tải nhiệt rắn là: với danh nghĩa là môi trường gia nhiệt trong thiết bị phản ứng nhiệt phân, chất tải nhiệt rắn hạt nhỏ có diện tích bề mặt riêng lớn hơn, và dễ dàng được trộn và gia nhiệt nhanh hơn với nguyên liệu hữu cơ rắn có tỷ lệ trộn nhỏ hơn, do đó chất hữu cơ trong nguyên liệu hữu cơ rắn có thể được chuyển hóa hoàn toàn thành sản phẩm khí, và tiếp tục thành khí giàu hydro nhờ quá trình khí hóa hơi nước. Với danh nghĩa là môi trường gia nhiệt, chất xúc tác và vật liệu lọc dạng hạt di động trong thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, hạt chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt trung bình lớn hơn có lợi để làm giảm sức cản khi sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân chảy qua lớp hạt di động chất tải nhiệt rắn, và tạo thuận lợi cho quá trình khí hóa có xúc tác hỗn hợp không đồng nhất khí-rắn xảy ra một cách trơn tru, và đồng thời, giữ lại bụi bị cuốn theo sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân.

Có thể thấy rằng, phương pháp theo sáng chế bao gồm hai vòng tuần hoàn chất tải

nhiệt rắn song song:

I. Tuần hoàn chất tải nhiệt rắn được dùng làm nguyên liệu hữu cơ rắn nóng để đạt được quá trình nhiệt phân nhanh:

Sau khi được tách ra từ khí ống lò nóng có chứa bụi trong thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn, chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao từ lò phản ứng ống đứng và đốt cháy được chia thành hai phần theo sự chênh lệch về cỡ hạt trung bình. Với danh nghĩa là môi trường gia nhiệt, chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn được trộn với nguyên liệu hữu cơ rắn trong thiết bị phản ứng nhiệt phân sao cho nguyên liệu hữu cơ rắn này được gia nhiệt để được nhiệt phân. Sau đó, chất tải nhiệt rắn nhiệt độ thấp, có nhiệt độ đã được giảm xuống do cấp nhiệt để gia nhiệt nguyên liệu hữu cơ rắn, được trộn với chất tải nhiệt rắn từ thiết bị phản ứng khí hóa; hỗn hợp này được gia nhiệt đến nhiệt độ cao bởi lò phản ứng ống đứng và đốt cháy và được nâng lên để được cấp vào thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn này, để bắt đầu vòng tuần hoàn khác.

II. Tuần hoàn chất tải nhiệt rắn được dùng làm môi trường gia nhiệt, đồng thời làm chất xúc tác và vật liệu lọc dạng hạt di động:

Sau khi được tách khỏi khí ống lò nóng có chứa bụi trong thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn, chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao từ lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này được chia thành hai phần theo sự chênh lệch về cỡ hạt trung bình. Chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt trung bình lớn hơn đi vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, và gia nhiệt sản phẩm khí từ thiết bị phản ứng nhiệt phân để tiến hành nhiệt phân và khí hóa hơi nước có xúc tác. Đồng thời, bụi bị cuốn theo sản phẩm khí từ thiết bị phản ứng nhiệt phân bị giữ lại bởi lớp hạt chất tải nhiệt rắn. Sau đó, chất tải nhiệt rắn có nhiệt độ đã được giảm xuống và đã giữ lại bụi đi vào lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, và được trộn với chất tải nhiệt rắn này và sản phẩm rắn từ thiết bị phản ứng nhiệt phân để có được hỗn hợp, và sau đó hỗn hợp này được gia nhiệt và được đi lên. Trong quá trình được gia nhiệt và đi lên, chất lắng cacbon trên bề mặt chất tải nhiệt rắn được đốt cháy, nhờ vậy chất tải nhiệt rắn này được dùng làm chất xúc tác được tái sinh. Sau đó, chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao quay trở lại thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn để bắt đầu vòng tuần hoàn khác.

Theo phương án ví dụ, olivin quá lửa thể hiện tính chống mài mòn ở nhiệt độ cao tương đối tốt, và có hoạt tính xúc tác cho quá trình khí hóa hơi nước hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp. Do đó, olivin quá lửa là chất tải nhiệt rắn cơ bản được dùng trong sáng chế. Các chất tải nhiệt rắn thích hợp cho sáng chế cũng bao gồm cát silic oxit, cát corundum, Magiêzit đã được nung, các vật liệu gốm nhiệt độ cao, mulit, cát ziconi,

cát chứa sắt, chất rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu (tức là sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu cũng có thể dùng làm chất tải nhiệt rắn), hoặc các hỗn hợp của hai hoặc nhiều chất này.

Theo phương án ví dụ, phương án được ưu tiên về chất tải nhiệt rắn là chất xúc tác rắn bền nhiệt có hoạt tính xúc tác đối với phản ứng phân hủy - chuyển hóa bởi hơi nước của sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân, có thể là olivin, hoặc chất xúc tác nền niken được mang bởi olivin, hoặc chất xúc tác nền sắt được mang bởi olivin, hoặc chất xúc tác perovskit nền niken, hoặc chất xúc tác nền niken thương mại, hoặc các hỗn hợp của chúng.

Theo phương án ví dụ, đá vôi hoặc đolomit hoặc canxit có thể được sử dụng cùng với chất tải nhiệt rắn để hoạt động như chất khử lưu huỳnh, chất hấp phụ cacbon dioxit và chất tải nhiệt rắn. Lợi ích này không chỉ cho quá trình phân hủy và chuyển hóa bởi hơi nước của hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp, mà còn có lợi cho việc loại bỏ lưu huỳnh và tăng hàm lượng hydro của sản phẩm khí. Ví dụ trong trường hợp bổ sung thêm đá vôi vào, ở nhiệt độ cao của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, đá vôi bị phân hủy tạo thành canxi oxit. Canxi oxit này được tuần hoàn trở lại thiết bị phản ứng nhiệt phân, không chỉ được dùng làm chất tải nhiệt để cấp nhiệt cần thiết cho quá trình nhiệt phân chất hữu cơ rắn, mà còn được dùng làm chất loại bỏ lưu huỳnh để phản ứng với hydro sunfit được tạo ra từ quá trình nhiệt phân, và đưa lưu huỳnh được tạo ra này vào lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này, điều này có thể ngăn không cho lưu huỳnh được tạo ra này đi vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động và tiếp tục đi vào sản phẩm khí. Lưu huỳnh này đi vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động sẽ gây bất hoạt chất xúc tác nền niken. Canxi oxit này được tuần hoàn trở lại thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, có thể được dùng làm chất hấp phụ cacbon dioxit để phản ứng với cacbon dioxit bị cuốn trong sản phẩm nhiệt phân dạng khí để tạo ra canxi cacbonat. Phản ứng này có thể thúc đẩy phản ứng chuyển hóa khí nước, do đó làm tăng hàm lượng hydro của khí sản phẩm. Đồng thời, phản ứng này là phản ứng tỏa nhiệt, do đó thuận lợi cho việc cải thiện sự cân bằng nhiệt của hệ phản ứng. Tuy nhiên, khi được thực hiện ở áp suất khí quyển và nhiệt độ tương đối thấp, phản ứng này có hiệu quả về nhiệt động học. Do đó, phản ứng này chủ yếu xảy ra trong thiết bị phản ứng nhiệt phân có nhiệt độ tương đối thấp. Để thúc đẩy phản ứng này diễn ra trong thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, nhiệt độ của thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động cần được điều chỉnh ở nhiệt độ tương đối thấp, ví dụ, 700°C đến 750°C.

Giới hạn trên của hạt chất tải nhiệt rắn nêu trên được xác định tùy thuộc vào việc nó có thể được nâng lên dễ dàng trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy hay không. Thông thường, giới hạn trên của hạt chất tải nhiệt rắn nêu trên được điều chỉnh nhỏ hơn 6 mm.

Theo phương án ví dụ, áp suất vận hành của mỗi lò phản ứng là áp suất khí quyển; nhiệt độ của thiết bị phản ứng nhiệt phân nằm trong khoảng từ 400°C đến 800°C, nhiệt độ của thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động nằm trong khoảng từ 700°C đến 950°C, và nhiệt độ của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy nằm trong khoảng từ 800°C đến 1100°C.

Sáng chế cũng đề xuất hệ thống sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước nguyên liệu hữu cơ rắn. Hệ thống này có thể bao gồm có các bộ phận sau: thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1, lò phản ứng nhiệt phân 2, lò phản ứng khí hóa tầng di động 3, lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4, hệ thống ngưng tụ - làm mát 5 và các bộ phận khác. Đối với các vòng tuần hoàn chất tải nhiệt rắn, lò phản ứng nhiệt phân 2 và lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 được bố trí song song. Điều đó có nghĩa là, sau khi đi ra khỏi thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1, một phần chất tải nhiệt rắn này đi vào lò phản ứng nhiệt phân 2, và phần kia đi vào lò phản ứng khí hóa tầng di động 3.

Theo sáng chế, lò phản ứng nhiệt phân có thể là lò phản ứng nhiệt phân tầng di động hoặc lò phản ứng nhiệt phân tầng sôi. Một lò phản ứng ống đứng và đốt cháy có thể được dùng tương ứng với sự kết hợp của một lò phản ứng nhiệt phân và một lò phản ứng khí hóa tầng di động, chúng được bố trí song song, và sản phẩm khí được tạo ra từ phản ứng nhiệt phân được cấp vào lò phản ứng khí hóa tầng di động. Về sự không tương hợp giữa lò phản ứng ống đứng và đốt cháy và sự kết hợp của lò phản ứng nhiệt phân và lò phản ứng khí hóa tầng di động, cụ thể là, công suất của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy tương đối lớn, trong khi thể tích của một lò phản ứng và năng suất xử lý của cả lò phản ứng nhiệt phân và lò phản ứng khí hóa tầng di động tương đối thấp, các cách sau có thể được sử dụng trong phương pháp nhiệt phân nhanh theo sáng chế để tăng công suất của một hệ thống: sử dụng một lò phản ứng ống đứng và đốt cháy kết hợp với hai hoặc nhiều lò phản ứng nhiệt phân song song (ví dụ như Fig.3 thể hiện hai lò phản ứng nhiệt phân 21, 22 được bố trí song song), trong đó các hỗn hợp gồm hơi nước và sản phẩm nhiệt phân dạng khí cuốn theo bụi từ tất cả các lò phản ứng nhiệt phân song song kết hợp với nhau và được cấp vào lò phản ứng khí hóa tầng di động chung. Hoặc theo cách khác, một lò phản ứng ống đứng và đốt cháy được sử dụng kết hợp với tổ hợp của hai hoặc nhiều lò phản ứng nhiệt phân song song và hai hoặc nhiều lò phản ứng khí hóa tầng di động song

song, trong đó mỗi lò phản ứng nhiệt phân tương ứng với một hoặc nhiều lò phản ứng khí hóa tầng di động, hoặc mỗi lò phản ứng khí hóa tầng di động tương ứng với một hoặc nhiều lò phản ứng nhiệt phân, và sản phẩm nhiệt phân dạng khí được tạo ra từ lò phản ứng nhiệt phân tương ứng được cấp vào lò phản ứng khí hóa tầng di động tương ứng.

Thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1 có cửa nạp để nạp hỗn hợp gồm hạt chất tải nhiệt rắn và khí ống lò cuốn theo bụi và cửa xả để tháo khí ống lò mang theo bụi ở phần trên, và cửa xả chất tải nhiệt rắn hạt nhỏ và cửa xả chất tải nhiệt rắn cỡ hạt lớn ở phần dưới. Các cửa xả chất tải nhiệt rắn cỡ hạt nhỏ và lớn là đường cấp tương ứng tới lò phản ứng nhiệt phân 2 và lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 được bố trí bên dưới thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn.

Lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2 bao gồm hai phần là khu vực hợp nhất hoặc trộn trước và khu vực phản ứng. Nguyên liệu hữu cơ rắn và chất tải nhiệt rắn cỡ hạt nhỏ từ thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1 tương ứng được cấp vào khu vực trộn này của lò phản ứng nhiệt phân tầng di động, và sau đó được cấp vào khu vực phản ứng sau khi được trộn kỹ. Lò phản ứng nhiệt phân tầng di động này có cửa xả ở đáy được dùng để cấp hỗn hợp gồm chất tải nhiệt rắn và sản phẩm nhiệt phân dạng rắn vào lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4. Lò phản ứng nhiệt phân tầng di động này có cửa xả sản phẩm khí ở phần trên được nối với lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 để tạo cửa nạp hỗn hợp gồm sản phẩm nhiệt phân dạng khí và hơi nước vào lò phản ứng khí hóa tầng di động. Cửa nạp hơi nước cũng được bố trí ở đáy lò phản ứng nhiệt phân tầng di động. Cơ cấu điều chỉnh và phát hiện mức nguyên liệu rắn được đặt ở lò phản ứng nhiệt phân tầng di động, để giữ mức nguyên liệu rắn của khu vực phản ứng nhiệt phân thấp hơn cửa xả để xả sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân.

Cửa nạp phía trên của lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 được nối với cửa xả chất tải nhiệt rắn cỡ hạt lớn của thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1, và cửa xả phía dưới của lò phản ứng khí hóa tầng di động được nối với đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4. Cửa nạp để cấp hỗn hợp gồm sản phẩm nhiệt phân dạng khí cuốn theo bụi và hơi nước và cửa xả để tháo sản phẩm khí của quá trình khí hóa hơi nước được đặt trên lò phản ứng khí hóa tầng di động, và tương ứng được nối với lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2 và hệ thống ngưng tụ - làm mát 5.

Tại đáy của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4 có lắp cửa nạp không khí nóng, cửa nạp hỗn hợp gồm chất tải nhiệt rắn từ lò phản ứng nhiệt phân và sản phẩm rắn, và cửa nạp chất tải nhiệt rắn từ lò phản ứng khí hóa tầng di động đã thu giữ bụi. Cửa nạp bổ

sung để bổ sung chất tải nhiệt rắn và nhiên liệu phụ được đặt ở đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy. Cửa xả phía trên của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy được nối với thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn.

Lò tái sinh đốt cháy cacbon đặc biệt 6 và 7 có thể được bố trí tương ứng giữa thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1 và lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2, và giữa thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1 và lò phản ứng khí hóa tầng di động 3. Lò phản ứng tầng di động hoặc lò phản ứng tầng sôi có thể được dùng làm lò tái sinh đốt cháy cacbon.

Nhờ tác dụng bịt kín vật liệu của chất tải nhiệt rắn trong các đường ống nối các lò phản ứng cạnh nhau, môi trường trong lò phản ứng nhiệt phân tầng di động và lò phản ứng khí hóa tầng di động, môi trường trong thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn được đặt phía trên, và môi trường của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy được đặt phía dưới được cách ly với nhau, và không bị rò rỉ sang nhau. Do đó, có thể thu được sản phẩm khí giàu hydro gần như không chứa nitơ.

Áp suất vận hành của mỗi lò phản ứng nêu trên là áp suất khí quyển.

So với các giải pháp kỹ thuật đã biết, có thể đạt được các đặc tính kỹ thuật và các hiệu quả kỹ thuật khác nhau nhờ các hệ thống và các phương pháp sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước nguyên liệu hữu cơ rắn theo sáng chế.

Ví dụ, phương pháp theo sáng chế bao gồm hai vòng tuần hoàn chất tải nhiệt rắn song song, mỗi vòng có thể được điều chỉnh và tối ưu hóa độc lập, trong đó chất tải nhiệt rắn được tuần hoàn được chia thành hai phần có cỡ hạt trung bình khác nhau. Phần có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn được dùng làm môi trường gia nhiệt để gia nhiệt nguyên liệu hữu cơ rắn, nhờ đó nhiệt phân nhanh; và phần kia có cỡ hạt lớn hơn được dùng làm môi trường gia nhiệt, chất xúc tác và vật liệu lọc dạng hạt di động cho quá trình khí hóa hơi nước có xúc tác của sản phẩm khí bao gồm hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp được tạo ra từ quá trình nhiệt phân và thu giữ bụi bị cuốn theo sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân.

Nhờ sự tuần hoàn chất tải nhiệt rắn, lò phản ứng ống đứng và đốt cháy có thể được nối tương ứng theo kiểu trước sau với lò phản ứng nhiệt phân tầng di động và lò phản ứng khí hóa tầng di động song song, sao cho để kết hợp ba lò phản ứng này thành một hệ thống khí hóa. Phương pháp này đạt được sự kiểm soát độc lập tương ứng đối với (1) quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn, (2) quá trình phân hủy và chuyển hóa bởi nước (còn được gọi là sự khí hóa) sản phẩm khí (bao gồm hắc ín và khí hydrocacbon) được tạo

ra từ quá trình nhiệt phân, và (3) kiểm soát độc lập phản ứng đốt cháy của sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân cung cấp nhiệt cần thiết cho quá trình nhiệt phân nguyên liệu và quá trình phân hủy và chuyển hóa bởi hơi nước của sản phẩm nhiệt phân dạng khí. Phương pháp có đặc trưng là vận hành ở áp suất bình thường và quy trình đơn giản, và do đó thích hợp để khí hóa và đồng-khí hóa nhiều loại chất hữu cơ rắn dễ bay hơi, chẳng hạn như nguyên liệu có độ ẩm, chất khoáng và lưu huỳnh với lượng tương đối lớn.

Chất tải nhiệt rắn được tuần hoàn được phân loại theo cỡ hạt và được phân bổ vào lò phản ứng nhiệt phân tầng di động và lò phản ứng khí hóa tầng di động được bố trí song song, nhờ đó có thể đạt được sự tối ưu hóa các điều kiện vận hành của cả lò phản ứng nhiệt phân tầng di động và lò phản ứng khí hóa tầng di động. Điều đó có nghĩa là, chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt nhỏ này được dùng cho lò phản ứng nhiệt phân để đạt được quá trình nhiệt phân nhanh nguyên liệu. Trong khi đó, chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt lớn hơn này được dùng cho lò phản ứng khí hóa tầng di động, nhờ đó làm cho lò phản ứng khí hóa tầng di động này có sức cản lớp đệm nhỏ hơn, và vì vậy đạt được sự phân hủy và chuyển hóa hắc ín và hydrocacbon cacbon thấp và loại bỏ bụi nóng hiệu quả hơn, trên cơ sở tác dụng khí hóa xúc tác thích hợp. Như vậy, có thể tối đa hóa sự chuyển hóa các chất hữu cơ có trong nguyên liệu hữu cơ rắn thành khí giàu hydro là sản phẩm đích sạch.

Bằng cách sử dụng nguyên liệu dễ bay hơi kết hợp với nguyên liệu mà nguyên liệu này đạt được sản lượng tương đối cao của sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân có hàm lượng cacbon cao, tức là sử dụng phương pháp đồng khí hóa, sản phẩm rắn có lượng và hàm lượng cặn cacbon mong muốn có thể được tạo ra từ quá trình nhiệt phân. Hệ thống phản ứng này có thể được cung cấp nhiệt cần thiết từ sự đốt cháy sản phẩm rắn này, để có thể đạt được cân bằng năng lượng của hệ thống phản ứng mà không cần cung cấp thêm nhiệt từ bên ngoài. Do không cần đốt cháy nguyên liệu hữu cơ rắn trực tiếp để cung cấp nhiệt, có thể tối đa hóa việc chuyển hydro có định hướng từ nguyên liệu vào sản phẩm là khí giàu hydro.

Sau khi được nối song song, nhiều lò phản ứng nhiệt phân tầng di động và các lò phản ứng khí hóa tầng di động tương ứng có thể được nối với lò phản ứng ống đứng và đốt cháy theo kiểu trước sau. Nhờ vậy, có thể cải thiện một cách hiệu quả công suất của hệ thống này và có thể khắc phục được hạn chế là công suất thấp của một lò phản ứng nhiệt phân tầng di động.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là giản đồ thể hiện phương pháp minh họa theo sáng chế để sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước nguyên liệu hữu cơ rắn;

Fig.2 là giản đồ thể hiện phương pháp minh họa theo sáng chế để sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước nguyên liệu hữu cơ rắn (bao gồm lò tái sinh đốt cháy cacbon);

Fig.3 là giản đồ thể hiện hệ thống minh họa có các lò phản ứng nhiệt phân tầng di động song song và được dùng để thực hiện các phương pháp theo sáng chế để sản xuất khí giàu hydro bằng cách khí hóa hơi nước nguyên liệu hữu cơ rắn;

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án ví dụ theo sáng chế được minh họa rõ hơn dưới đây bằng cách tham khảo các hình vẽ và các phương án cụ thể.

Quá trình đồng khí hóa nhanh vỏ bào gỗ thông trắng và than nâu được thực hiện trong hệ thống thử nghiệm có quy mô xử lý là 1kg/h, và nguyên tắc vận hành của hệ thống thử nghiệm này giống với nguyên tắc được thể hiện trong Fig.1. Độ ẩm trên mẫu khô, chất dễ bay hơi trên mẫu khô và cỡ hạt của nguyên liệu thứ nhất là vỏ bào gỗ thông trắng và nguyên liệu thứ hai là than nâu tương ứng là 5,0%, 77,7%, nhỏ hơn 2 mm và 27,9%, 35,1%, nhỏ hơn 1,2 mm. Trước khi thử nghiệm, nguyên liệu được sấy khô trong 3 giờ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 105°C đến 110°C trong lò. Các hạt chất xúc tác olivine hoặc các hạt chất xúc tác nền niken được mang bởi olivin có cỡ hạt nằm trong khoảng từ 0,2 mm đến 1,2 mm được dùng làm chất tải nhiệt rắn tuần hoàn.

Sau khi sấy khô, vỏ bào gỗ thông trắng và than nâu tương ứng được cấp vào máy tiếp liệu vít tải thứ cấp với các lượng định sẵn hoặc có thể định sẵn từ mỗi thùng chứa nguyên liệu thông qua các máy tiếp liệu vít tải sơ cấp tương ứng; cả hai nguyên liệu này được cấp với tốc độ cấp 250 g/h. Hỗn hợp gồm vỏ bào gỗ thông trắng và than nâu này được vận chuyển nhanh và được cấp từ máy tiếp liệu vít tải thứ cấp tới máy trộn khuấy được bố trí bên trong nằm ở phần trên của lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2. Sau đó, hỗn hợp này được trộn nhanh với chất tải nhiệt rắn tuần hoàn nhiệt độ cao từ thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1, cỡ hạt lớn nhất có thể của chúng là khoảng 0,5 mm, và rơi nhanh xuống khu vực phản ứng nằm ở phần dưới của lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2 để thực hiện phản ứng nhiệt phân.

Mức nguyên liệu rắn của lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2 được đo bằng đầu dò mức trở kháng. Dòng chất tải nhiệt rắn được cấp vào lò phản ứng nhiệt phân được điều chỉnh bởi van nối giữa thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1 và lò phản ứng

hiệt phân tầng di động 2; dòng hỗn hợp gồm chất tải nhiệt rắn đi ra từ lò phản ứng nhiệt phân này và sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân được điều chỉnh bởi van được tạo kết cấu ở đường ống nối lò phản ứng nhiệt phân 2 và đáy của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4; nhờ sự kết hợp của hai van này, mức vật liệu rắn của lò phản ứng nhiệt phân có thể được điều chỉnh ở mức thấp hơn đầu xả khí nhiệt phân khoảng 20 mm.

Cửa nạp hơi nước quá nhiệt được đặt ở phần dưới của lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2. Hơi nước quá nhiệt này được cấp vào lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2 có nhiệt độ quá nhiệt là 450°C đi qua lớp gồm chất tải nhiệt rắn và sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân, và đi lên phía trên. Trong quá trình này, hơi nước tiếp tục được gia nhiệt bởi sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân và chất tải nhiệt rắn, và đồng thời, sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân được mang đi bởi hơi nước và thoát ra khỏi lớp vật liệu rắn của lò nhiệt phân tầng di động cùng với hơi nước này.

Sản phẩm khí của quá trình nhiệt phân nguyên liệu trong lò phản ứng nhiệt phân tầng di động được cấp vào lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 dưới tác động bơm của bơm chân không được bố trí phía sau hệ thống ngưng tụ - làm mát 5. Hỗn hợp gồm sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu trong lò phản ứng nhiệt phân 2 và chất tải nhiệt rắn được cấp định lượng vào khu vực trộn và tạo tầng sôi sơ bộ ở đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4 qua van đường ống dẫn dưới tác dụng của trọng lực.

Lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 là tầng di động hướng tâm, trong đó có thể bố trí đường dẫn lớp hạt chất tải nhiệt rắn di động hình thoi được tạo thành bởi lưới bên trong và lưới bên ngoài bao quanh. Đường dẫn khí phân phối trung tâm nằm bên trong lưới bên trong này, và đường dẫn khí kết hợp nằm giữa lưới bên ngoài này và thành bên ngoài của lò phản ứng khí hóa tầng di động 3. Chất tải nhiệt rắn tuần hoàn nhiệt độ cao từ thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1 có cỡ hạt khả dĩ nhất là khoảng 0,7 mm chảy liên tục qua đường dẫn lớp hạt di động hình thoi, lưu lượng và thời gian lưu của nó có thể được điều chỉnh bởi van đường ống nối lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 và đáy của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4. Sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân đi vào đường dẫn khí phân phối trung tâm của lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 từ phần trên của lò này. Sau khi đi qua lớp hạt di động chất tải nhiệt rắn hình thoi này theo kiểu dòng cắt ngang, sản phẩm khí được thu gom ở ống dẫn khí kết hợp này và được cấp vào hệ thống ngưng tụ - làm mát 5 qua đường ống xả khí nằm ở phần trên của lò phản ứng tầng di động 3.

Hệ thống ngưng tụ - làm mát 5 có thể vận hành ở chế độ ngưng tụ - làm mát gián

tiếp, và có thể bao gồm hai ngăn ngưng tụ nước đá tuần hoàn và hai ngăn làm mát bằng etandiol nhiệt độ thấp tuần hoàn (-10°C) được sắp xếp theo kiểu trước sau. Khí nóng từ lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 chảy qua bốn ngăn nêu trên của lò phản ứng làm mát - ngưng tụ, trong đó chất dễ ngưng tụ (nước và lượng nhỏ hắc ín) được ngưng tụ và được thu gom trong thùng chứa chất lỏng ở đáy của mỗi ngăn của lò phản ứng làm mát - ngưng tụ. Sau khi làm mát, khí này được cấp vào thiết bị lọc đã được nạp bông tẩy nhờn để thu giữ màng hắc ín còn dư hoặc gel khí còn dư. Sau đó, khí này được cấp vào thùng chứa khí qua bơm chân không.

Hỗn hợp gồm chất tải nhiệt rắn từ lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2 và sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân kết hợp với chất tải nhiệt rắn từ lò phản ứng khí hóa tầng di động 3 ở vùng tạo tầng sôi sơ bộ tại đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4. Giản đồ kết cấu của vùng tạo tầng sôi sơ bộ ở đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4 được thể hiện trong Fig.3. Ngoài chức năng chính là đưa không khí lên, cửa nạp không khí thứ hai được bố trí để hỗ trợ cho quá trình tạo tầng sôi sơ bộ vật liệu rắn.

Nhiệt độ của không khí nóng được cấp vào đáy lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4 có thể được điều chỉnh (ví dụ ở khoảng 400°C). Trong quá trình đi lên của hỗn hợp gồm chất tải nhiệt rắn và sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân bởi không khí nóng, cặn cacbon trên sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân và chất lắng cacbon được gắn vào chất tải nhiệt rắn được đốt cháy hoàn toàn, và đồng thời, chất tải nhiệt rắn này được gia nhiệt. Sau đó, chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao cùng với khí ống lò nóng chứa bụi thoát ra khỏi phần trên của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4, và được cấp vào thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1.

Thiết bị khử bụi phân loại chất tải nhiệt rắn 1 bao gồm trụ bên trong và trụ bên ngoài có dạng hình nón ở đáy, và mỗi trụ có cửa xả chất tải nhiệt rắn ở đáy của nó. Các cửa xả chất tải nhiệt rắn tương ứng dẫn đến lò phản ứng nhiệt phân tầng di động 2 và lò phản ứng khí hóa tầng di động 3. Trụ trong này có chiều cao bằng khoảng $1/3$ đến $2/3$ chiều cao của trụ ngoài này, và được mở ở đầu trên. Đầu trên này của trụ ngoài này được đóng kín, và có cửa xả khí ống lò nóng chứa bụi được bố trí ở phần giữa của nó. Cửa nạp hỗn hợp gồm khí ống lò nóng và chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao nằm theo hướng tiếp tuyến ngang với thành trong trụ ngoài ở đỉnh của thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn 1.

Sau khi khí ống lò nóng mang chất tải nhiệt rắn nhiệt độ cao đi dọc theo hướng tiếp tuyến từ lò phản ứng ống đứng và đốt cháy 4 vào thiết bị khử bụi - phân loại chất tải

nhịet rắn 1, dưới tác dụng của lực quán tính và lực ly tâm, chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt trung bình lớn hơn chủ yếu rơi vào khu vực hình nón ở đáy của trụ ngoài, và chất tải nhiệt rắn có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn chủ yếu rơi vào khu vực hình nón ở đáy của trụ trong, trong khi bụi mịn cùng với khí ống lò nóng thoát ra từ cửa xả khí ống lò nóng ở đầu trên và được thải ra sau khi loại bỏ bụi và làm mát thêm.

Bảng 1 thể hiện các kết quả của hai thử nghiệm tương ứng sử dụng olivin được nung 900°C và chất xúc tác niken khung đỡ olivin được nung (tỷ lệ khối lượng của NiO là 5%) làm chất tải nhiệt rắn tuần hoàn, và vỏ bào gỗ thông trắng và than nâu được cấp vào liên tục trong 3 giờ. Các điều kiện thử nghiệm khác là: tốc độ tuần hoàn của chất tải nhiệt rắn đi qua lò phản ứng nhiệt phân tầng di động là 2 kg/h; tốc độ tuần hoàn của chất tải nhiệt rắn đi qua lò phản ứng khí hóa tầng di động hướng tâm là 3 kg/h; nhiệt độ của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy là 870°C; nhiệt độ của thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn là 870°C; nhiệt độ của lò phản ứng nhiệt phân tầng di động là 600°C; nhiệt độ của lò phản ứng khí hóa tầng di động hướng tâm là 850°C; tỷ lệ khối lượng của hơi nước/(than nâu + vỏ bào gỗ thông trắng) là 0,64. Sau khi được thu gom bởi thùng chứa khí, sản phẩm khí giàu hydro được đưa đi phân tích thành phần và hàm lượng bằng sắc ký khí. Phương pháp phân tích sản phẩm lỏng được thể hiện dưới đây: sau khi thử nghiệm, tetrahydrofuran (THF) được sử dụng để rửa hệ thống ngưng tụ - làm mát và thu hồi sản phẩm lỏng. Hỗn hợp lỏng thu được (nước + hắc ín + THF) được làm bay hơi bằng thiết bị bay hơi quay ở 40°C và áp suất được giảm xuống, để loại bỏ THF để thu được hỗn hợp gồm hắc ín và nước; etyl axetat được sử dụng để chiết hắc ín, và hỗn hợp gồm etyl axetat và hắc ín được làm bay hơi bằng thiết bị bay hơi quay ở 45°C và áp suất được giảm xuống, để loại bỏ etyl axetat để thu được hắc ín, và sau đó lượng hắc ín và nước được đo và tính toán.

Các kết quả thử nghiệm cho thấy rằng, để làm chất tải nhiệt rắn tuần hoàn, so với olivin được nung thì chất xúc tác niken khung đỡ olivin được nung thể hiện hoạt tính tương đối cao đối với việc loại bỏ hắc ín và trùng chỉnh (reforming) metan của sản phẩm khí, và sản lượng khí và hàm lượng H₂ và CO của khí sản phẩm được tăng lên, trong đó tốc độ phân hủy - loại bỏ hắc ín và tốc độ chuyển hóa của metan tương ứng là 94,4% và 98,2%. Trong sản phẩm lỏng được thu hồi, không phát hiện thấy lượng bụi đáng kể.

Bảng 1

So sánh khả năng khí hóa của các chất xúc tác tải nhiệt rắn khác nhau

Chất tải nhiệt rắn	Niken khung đỡ olivin	Olivin
Thành phần khí (% thể tích)		
H ₂	46,0	38,0
CO	25,0	15,3
CO ₂	28,7	33,8
CH ₄	0,2	11,9
Sản lượng khí giàu hydro (Nm ³ /kg daf.)	1,39	0,89
Hàm lượng hắc ín trong khí sản phẩm (g/Nm ³)	0,44	7,89

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp sản xuất khí giàu hydro từ chất hữu cơ rắn, phương pháp này bao gồm các bước sau:

gia nhiệt nguyên liệu hữu cơ rắn trong thiết bị phản ứng nhiệt phân để tạo ra sản phẩm khí và hơi nước bằng nhiệt phân; và

tiến hành khí hóa sản phẩm khí và hơi nước này trong thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động để tạo ra khí giàu hydro, trong đó sản phẩm khí này được tạo ra từ quá trình nhiệt phân;

trong đó thiết bị phản ứng nhiệt phân này được đặt song song với thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động; trong đó, bằng cách cho chất tải nhiệt rắn đi qua thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn, chất tải nhiệt rắn này được chia thành hai phần, hai phần này tương ứng được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân này và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động nêu trên, trong đó, khi đi ra khỏi thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động, hai phần chất tải nhiệt rắn này được cấp vào lò phản ứng ống đứng và đốt cháy để được gia nhiệt và đi lên, và sau đó được đưa vào thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn để được phân chia tiếp thành hai phần, trong đó, sau đó hai phần đã được phân chia tiếp này tương ứng lại được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân và thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động để tạo ra một chu trình;

trong đó, phần chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân được dùng làm môi trường gia nhiệt cho quá trình nhiệt phân, và phần chất tải nhiệt rắn còn lại được cấp vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động được dùng làm môi trường gia nhiệt cho quá trình khí hóa này.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn phân chia chất tải nhiệt rắn này thành hai phần dựa vào cỡ hạt trung bình, trong đó phần có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân này, và phần kia có cỡ hạt trung bình lớn hơn được cấp vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nguyên liệu hữu cơ rắn được lựa chọn từ sinh khối, phế thải rắn polyme, than, cốc dầu mỏ hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều chất này.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó sinh khối bao gồm các thành phần xenluloza, hemixenluloza, lignin và các thành phần tương tự, chúng bao gồm phế thải nông nghiệp, phế thải lâm nghiệp hoặc cây nhiên liệu, hoặc các hỗn hợp của chúng.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thiết bị phản ứng nhiệt phân này bao gồm một lò phản ứng nhiệt phân hoặc ít nhất hai lò phản ứng nhiệt phân song song, trong đó thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động này bao gồm một lò phản ứng khí hóa tầng di động hoặc ít nhất hai lò phản ứng khí hóa tầng di động song song;

trong đó mỗi lò phản ứng nhiệt phân tương ứng với ít nhất một lò phản ứng khí hóa tầng di động, hoặc mỗi lò phản ứng khí hóa tầng di động tương ứng với ít nhất một lò phản ứng nhiệt phân; trong đó sản phẩm khí từ mỗi lò phản ứng nhiệt phân này được cấp vào lò phản ứng khí hóa tầng di động tương ứng.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thiết bị phản ứng nhiệt phân này bao gồm lò phản ứng nhiệt phân tầng sôi.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thiết bị phản ứng nhiệt phân này bao gồm lò phản ứng nhiệt phân tầng di động.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất dễ bay hơi trên cơ sở sấy khô không tro trong nguyên liệu hữu cơ rắn này có mặt với tỷ lệ khối lượng nằm trong khoảng từ 20% đến 70%.

9. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm bước điều chỉnh nhiệt độ của thiết bị phản ứng nhiệt phân bằng cách điều chỉnh tỷ lệ trộn của chất tải nhiệt rắn này với nguyên liệu hữu cơ rắn để điều chỉnh mức độ nhiệt phân của nguyên liệu hữu cơ rắn này.

10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó theo đơn vị thời gian, tỷ lệ khối lượng của chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân với nguyên liệu hữu cơ rắn là nằm trong khoảng từ 2 đến 7:1.

11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó theo đơn vị thời gian, tỷ lệ khối lượng của chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân với nguyên liệu hữu cơ rắn là nằm trong khoảng từ 3 đến 5:1.

12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó cỡ hạt của nguyên liệu hữu cơ rắn tối đa là 8 mm.

13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó cỡ hạt của nguyên liệu hữu cơ rắn là nhỏ hơn 3 mm.

14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiệt độ của thiết bị phản ứng nhiệt phân nằm trong khoảng từ 400°C đến 800°C.

15. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiệt độ của thiết bị phản ứng nhiệt phân nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C.

16. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiệt độ của thiết bị phản ứng khí hóa tăng di động nằm trong khoảng từ 700°C đến 950°C.
17. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiệt độ của thiết bị phản ứng khí hóa tăng di động nằm trong khoảng từ 800°C đến 950°C.
18. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiệt độ thực hiện quá trình khí hóa được điều chỉnh bằng cách điều chỉnh nhiệt độ và tốc độ tuần hoàn chất tải nhiệt rắn được cấp vào thiết bị phản ứng khí hóa tăng di động.
19. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các hạt chất tải nhiệt rắn tạo lớp di động trong thiết bị phản ứng khí hóa tăng di động.
20. Phương pháp theo điểm 19, trong đó hỗn hợp sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân trong thiết bị phản ứng nhiệt phân này và hơi nước tiếp xúc với lớp di động theo kiểu tiếp xúc được lựa chọn từ nhóm bao gồm luồng song song, luồng ngược, luồng cắt ngang hoàn toàn, hoặc dạng kết hợp của các kiểu tiếp xúc khí-lỏng và các kiểu dòng nêu trên.
21. Phương pháp theo điểm 20, trong đó khi chất xúc tác nền niken hoặc nền sắt được dùng làm chất tải nhiệt rắn, hỗn hợp sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân và hơi nước tiếp xúc với lớp di động này theo kiểu tiếp xúc luồng ngược hoặc luồng cắt ngang hoàn toàn.
22. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất tải nhiệt rắn được sử dụng đồng thời làm chất xúc tác cho quá trình khí hóa và làm môi trường gia nhiệt cho quá trình khí hóa.
23. Phương pháp theo điểm 22, trong đó chất tải nhiệt rắn này là olivin, chất xúc tác nền niken được mang bởi olivin, chất xúc tác nền sắt được mang bởi olivin, chất xúc tác perovskit nền niken, chất xúc tác nền niken thương mại, sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn này, hoặc các hỗn hợp của chúng.
24. Phương pháp theo điểm 1, trong đó canxi oxit được dùng làm chất hấp phụ cacbon dioxit, chất loại bỏ lưu huỳnh và chất tải nhiệt rắn cho quá trình khí hóa, trong đó quá trình khí hóa được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 750°C để tạo ra sản phẩm khí có nồng độ hydro cao.
25. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hơi nước cho quá trình khí hóa được cấp từ phần dưới của lớp nguyên liệu rắn trong thiết bị phản ứng nhiệt phân này.
26. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất tải nhiệt rắn trong thiết bị phản ứng khí hóa tăng di động được sử dụng đồng thời làm làm vật liệu lọc dạng hạt và làm môi trường gia

hiệt để thu giữ bụi bị cuốn theo sản phẩm khí của quá trình nhiệt phân.

27. Phương pháp theo điểm 1, trong đó lò phản ứng ống đứng và đốt cháy được trang bị cửa nạp không khí nóng.

28. Phương pháp theo điểm 27, trong đó:

phản ứng phụ của sản phẩm khí được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn xảy ra trong thiết bị phản ứng nhiệt phân tạo ra chất lắng cacbon trên bề mặt của chất tải nhiệt rắn;

sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân khi thoát ra khỏi thiết bị phản ứng nhiệt phân tạo ra hỗn hợp với chất tải nhiệt rắn mang chất lắng cacbon, trong đó hỗn hợp này kết hợp cùng với chất tải nhiệt rắn này thoát ra khỏi thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động này cùng với bụi được thu giữ trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này, và được tạo tầng sôi nhanh chóng và được nâng lên bởi không khí nóng; trong đó trong quá trình đi lên, cặn cacbon trong sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân và chất lắng cacbon bị đốt cháy để tạo ra nhiệt, để cho chất tải nhiệt rắn được gia nhiệt và được tái sinh.

29. Phương pháp theo điểm 28, trong đó nhiệt độ cửa nạp của không khí nóng đi vào lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này được tạo kết cấu để đảm bảo đốt cháy cặn cacbon và chất lắng cacbon.

30. Phương pháp theo điểm 28, trong đó nhiệt độ cửa nạp của không khí nóng cao hơn 400°C.

31. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất tải nhiệt rắn được gia nhiệt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1100°C trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy.

32. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy, chất tải nhiệt rắn có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của tro có trong sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân.

33. Phương pháp theo điểm 1, trong đó cửa nạp để bổ sung chất tải nhiệt rắn này được tạo kết cấu tại phần dưới của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này.

34. Phương pháp theo điểm 1, trong đó cửa nạp để bổ sung nhiên liệu phụ được tạo kết cấu ở phần dưới của lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này, trong đó nhiên liệu phụ này được dùng cho một hoặc cả hai mục đích sau:

(1) nhiên liệu phụ này được dùng cho quá trình môi cháy và quá trình khởi động của toàn hệ thống;

(2) nhiên liệu phụ này được đốt cháy để bổ sung nhiệt nếu sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn có sản lượng cặn cacbon thấp, chẳng hạn như sự đốt cháy cặn cacbon trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này không đủ cung cấp nhiệt cần thiết.

35. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất lỏng cacbon và sản phẩm rắn bao gồm cặn cacbon được tạo ra từ quá trình nhiệt phân các chất hữu cơ rắn, và trong đó cặn cacbon này và chất lỏng cacbon này sau đó được đốt cháy trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy này để cung cấp nhiệt cho quá trình nhiệt phân và quá trình khí hóa.

36. Phương pháp theo điểm 35, trong đó nếu quá trình nhiệt phân tạo ra cặn cacbon với sản lượng thấp, khiến cho việc đốt cháy cặn cacbon trong lò phản ứng ống đứng và đốt cháy là không đủ cung cấp nhiệt cần thiết cho quá trình nhiệt phân và quá trình khí hóa, do đó các thành phần của nguyên liệu hữu cơ rắn này được cấp vào thiết bị phản ứng nhiệt phân này - chúng tạo ra sản phẩm rắn có sản lượng cặn cacbon cao hơn - được bổ sung, hoặc nguyên liệu hữu cơ rắn khác - chúng tạo ra sản phẩm rắn có sản lượng cặn cacbon cao hơn bởi quá trình nhiệt phân - được bổ sung, để làm tăng sản lượng cặn cacbon trong sản phẩm rắn của quá trình nhiệt phân để cung cấp đủ nhiệt.

37. Phương pháp theo điểm 36, trong đó nguyên liệu hữu cơ rắn khác trong sản phẩm rắn của quá trình nhiệt phân tạo ra sản phẩm rắn có sản lượng cặn cacbon cao hơn bởi quá trình nhiệt phân bao gồm cốc dầu mỡ.

38. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất tải nhiệt rắn này được tách khỏi khí ống lò nóng chứa bụi trong thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn, và được chia thành hai phần trong đó một phần có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn và phần còn lại có cỡ hạt trung bình lớn hơn, trong đó tiến hành việc phân tách dựa vào sự chênh lệch về tốc độ dòng chảy của chất tải nhiệt rắn chứa bụi do sự chênh lệch về tỷ trọng của các hạt rắn có cỡ hạt khác nhau, lực quán tính của các hạt rắn có cỡ hạt khác nhau, hoặc lực ly tâm của các hạt rắn có cỡ hạt khác nhau, hoặc các kết hợp của hai hoặc ba trong số các chênh lệch đặc tính nêu trên.

39. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tiến hành phân loại theo cỡ hạt chất tải nhiệt rắn trong thiết bị khử bụi - phân loại chất tải nhiệt rắn này bằng sàng cơ học.

40. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất tải nhiệt rắn này bao gồm các hạt olivin, các hạt cát silic oxit, các hạt cát corundum, các hạt Magiesit đã nung, các hạt vật liệu gốm nhiệt độ cao, các hạt mulit, các hạt cát ziricon, các hạt cát chứa sắt, các hạt sản phẩm rắn được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu hữu cơ rắn, hoặc các hỗn hợp của chúng.

41. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các hạt chất tải nhiệt rắn này có cỡ hạt tối đa là 6 mm.
42. Phương pháp theo điểm 1, trong đó áp suất vận hành của mỗi thiết bị phản ứng và lò phản ứng là áp suất khí quyển.
43. Phương pháp theo điểm 1, trong đó theo đơn vị thời gian, tỷ lệ khối lượng của chất tải nhiệt rắn đi vào thiết bị phản ứng khí hóa tầng di động này so với chất tải nhiệt rắn đi vào thiết bị phản ứng nhiệt phân này được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5.

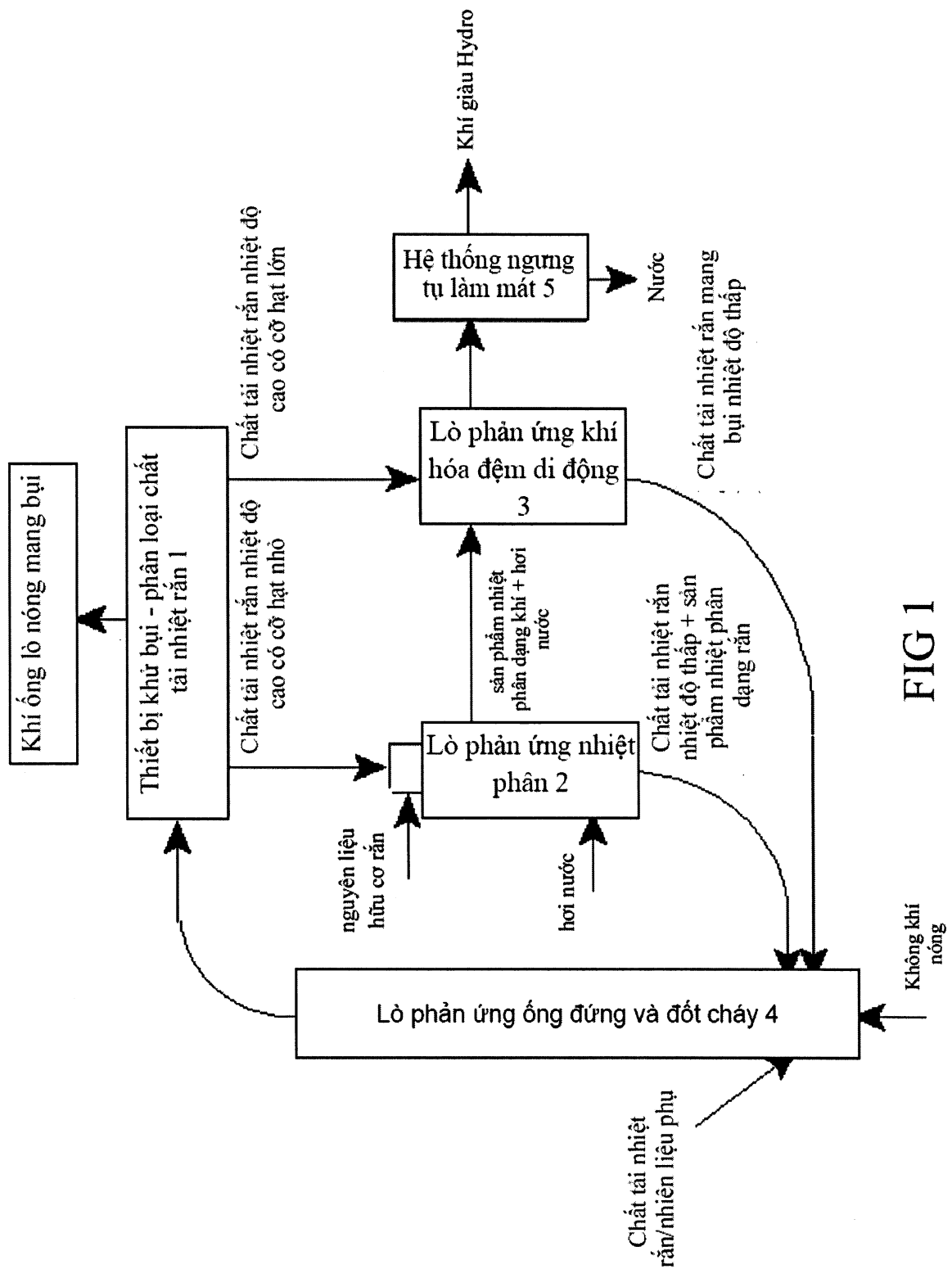


FIG 1

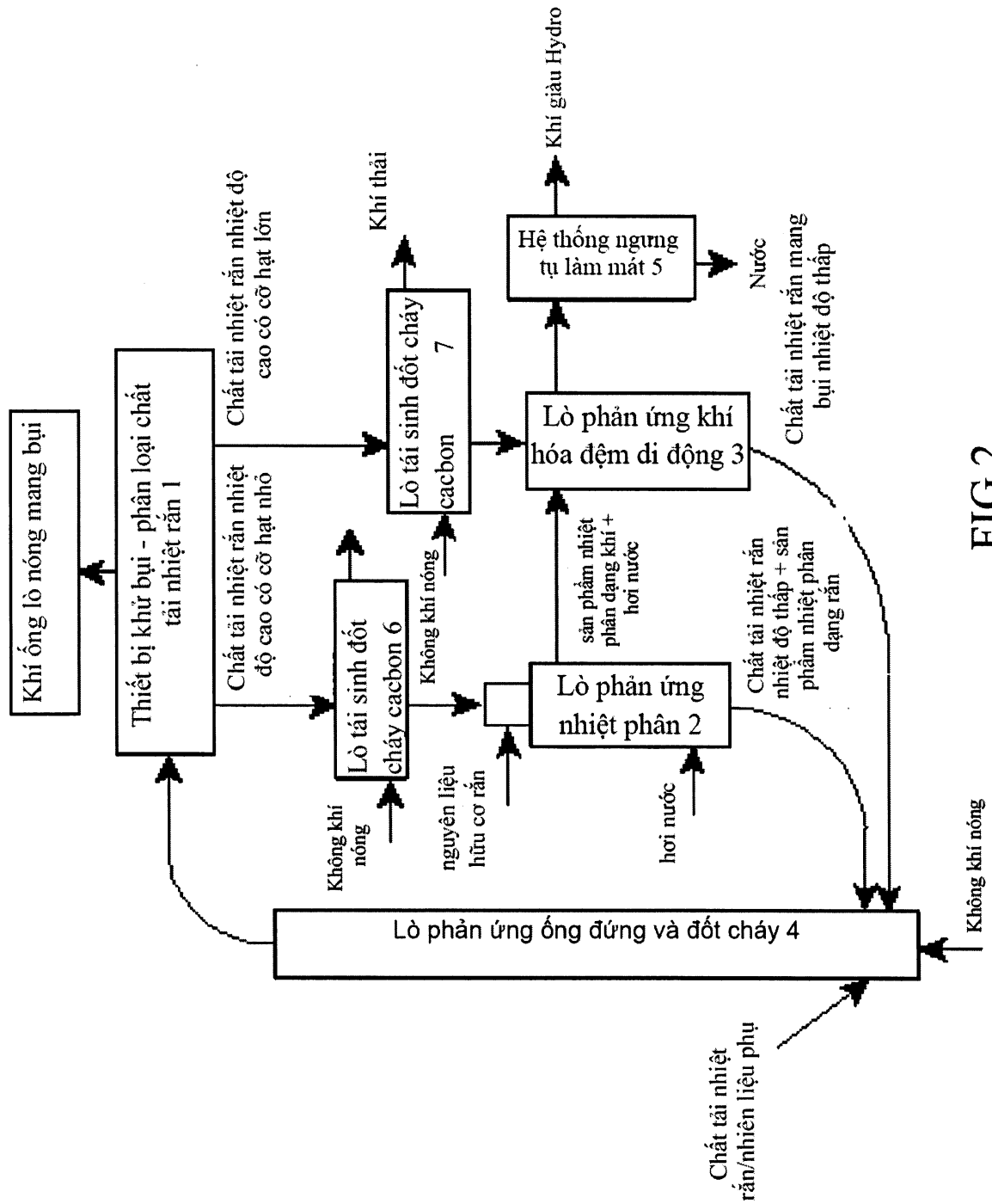


FIG 2

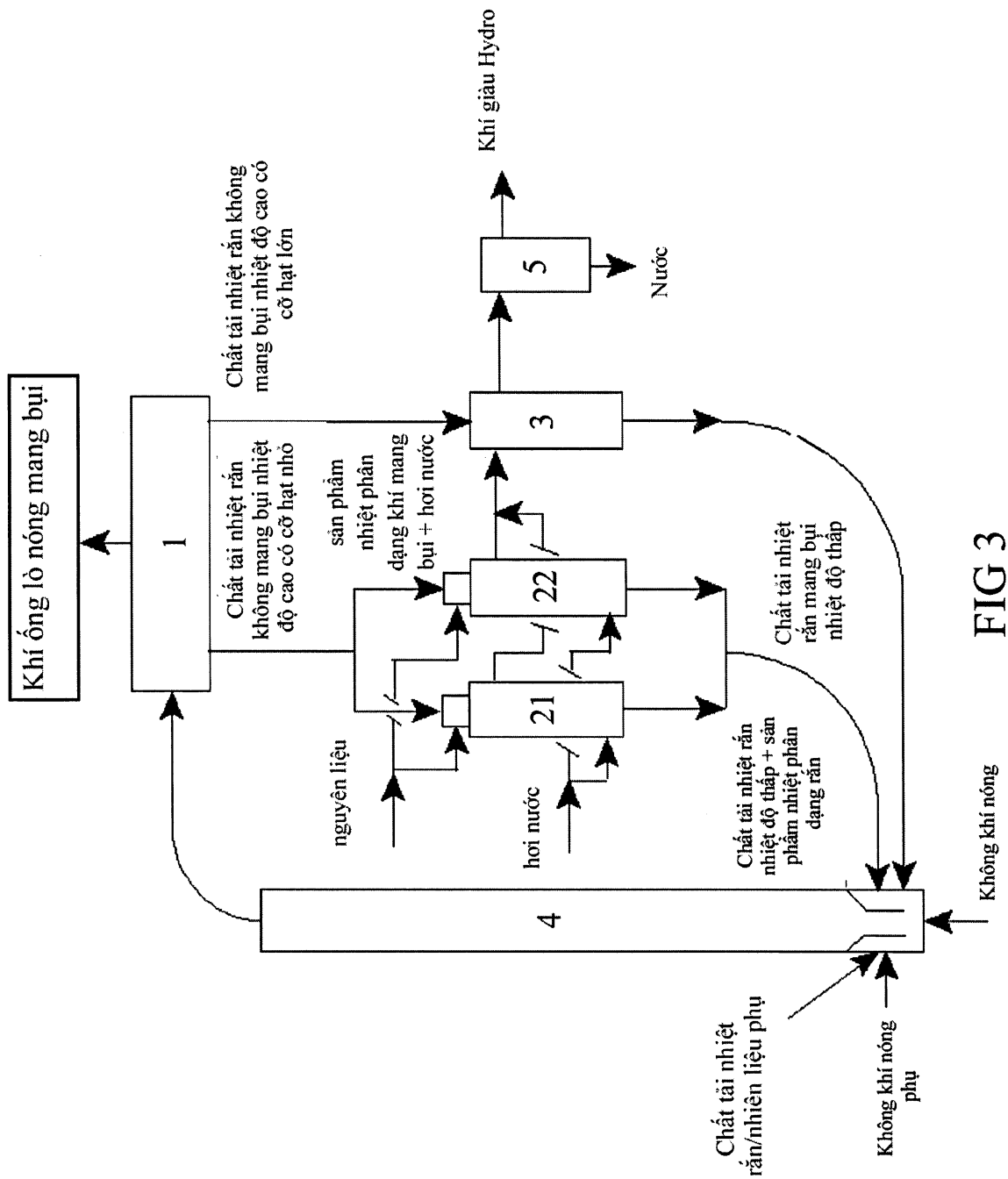


FIG 3