



(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)



1-0030272

(51)^{2020.01} C25B 1/04; C25B 9/00

(13) B

(21) 1-2020-01721

(22) 25/03/2020

(45) 25/12/2021 405

(43) 25/06/2020 387ASC

(73) Công ty Cổ phần Công nghệ cao Điện hóa Việt Nam (VN)

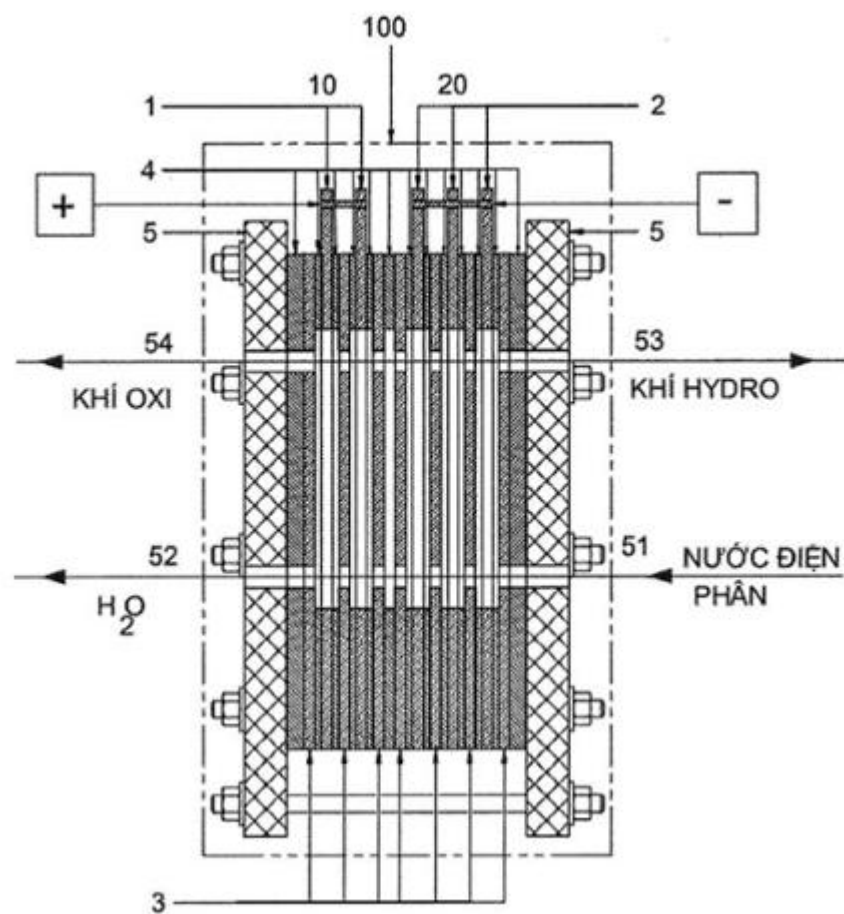
Số 13, ngõ Huế, phố Huế, phường Ngô Thị Nhậm, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

(72) Huỳnh Văn Hòa (VN).

(54) KHỐI ĐIỆN PHÂN NƯỚC, HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN PHÂN NƯỚC ĐỂ SẢN XUẤT HYĐRO VÀ OXY

(57) Sáng chế đề cập đến khối điện phân (100) để điện phân nước thành hydro và oxy bao gồm: ít nhất một tấm điện cực dương (1) bằng thép inox mỏng được phủ molybden có lỗ xuyên (11) ở giữa; ít nhất một tấm điện cực âm (2) bằng thép inox mỏng được phủ niken có lỗ xuyên (21) ở giữa; nhiều tấm điện cực xen kẽ (3) bằng thép inox mỏng mỗi tấm có hai lỗ xuyên (32); nhiều tấm cách điện (4); trong đó mỗi tấm điện cực dương (1) và điện cực âm (2) được xếp xen kẽ với tấm điện cực (3) sao cho các tấm điện cực dương (1) ở cùng một phía tạo thành cụm điện cực dương (10), các điện cực âm (2) ở phía còn lại tạo thành cụm điện cực âm (20); xen giữa hai trong số các tấm điện cực (1, 2, 3) kề nhau bất kỳ là tấm cách điện (4); hai tấm đỡ (5) được áp vào hai đầu của khối điện cực xen kẽ nêu trên tạo thành khối điện phân nước.

Sáng chế cũng đề cập đến hệ thống điện phân nước thành hydro và oxy bao gồm khối điện phân nêu trên và phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy nhờ sử dụng hệ thống điện phân này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực điện hóa. Cụ thể, sáng chế đề cập đến khối điện phân nước, hệ thống và phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Điện phân nước thành khí sử dụng KOH hoặc NaOH làm chất điện ly hòa tan trong nước không bản thông thường đang thịnh hành trên toàn thế giới. Trong nhiều thời kỳ, các nhà khoa học và kỹ sư đã tiến hành điện phân nước lấy hydro bằng phương pháp phổ biến là dùng nước sinh hoạt sạch pha với 20% KOH hay NaOH để nâng nồng độ kiềm làm chất điện ly rồi tiến hành điện phân. Phương pháp này có nhược điểm lớn là phải dùng màng ngăn để ngăn cách không cho khí hydro và oxy sinh ra lại bị trộn lẫn với nhau, gây cháy nổ.

Nói chung, các phương pháp hiện nay có những hạn chế như là: chi phí điện cho điện phân tạo ra một ki-lô-gam hydro quá cao, lại phải dùng các loại màng ngăn, hóa chất làm xúc tác điện ly chỉ dùng KOH hoặc NaOH đều có giá thành cao. Ngoài ra, vì cần màng ngăn nên phải dùng điện cực bằng vật liệu quý hiếm, đắt tiền như graphit, platium, titan, v.v.. Các điện cực này có tuổi thọ ngắn do chúng bị ăn mòn trong môi trường điện ly. Hóa chất xúc tác trong quá trình điện giải cùng kim loại bị ăn mòn sẽ hòa trong nước làm ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe người dùng.

Đã biết một nghiên cứu mới tại Thụy Sĩ, đó là điện phân nước không dùng màng ngăn, mà khí hydro và oxy được tách vẫn không bị trộn lẫn.

Tuy nhiên, năng suất điện phân của thiết bị loại này rất nhỏ do lượng nước được chứa giữa hai bề mặt điện cực quá ít vì khoảng cách giữa các điện cực quá nhỏ. Hơn nữa, hai điện cực phải bọc phủ bề mặt bằng chất xúc tác giá thành cao. Để tách được hai khí, giải pháp phải dùng sức ép lớn ép sát hai cực chỉ còn khoảng cách vài trăm micromet, có như vậy hai tấm điện cực mới không bị ăn mòn nhanh và hai khí oxy và hydro tạo thành không bị trộn lẫn vào nhau. Ngoài ra, để tạo khe giữa hai tấm điện cực rất hẹp, thì điều kiện là hai tấm điện cực phải thật mỏng, không quá dày mới có thể ép sát vào nhau. Do đó, không thể sản xuất thiết bị điện phân với diện tích bề mặt lớn dẫn đến việc khó nâng cao năng suất sản xuất khí hydro và oxy.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục những nhược điểm nêu trên của các loại thiết bị điện phân nước để sản xuất hydro và oxy đã biết. Mục đích này đạt được nhờ việc sáng chế giải quyết được các vấn đề sau:

- i) Tạo ra được khối điện phân có giá thành thấp, dễ chế tạo, không cần dùng màng ngăn, nhưng có tuổi thọ cao;
- ii) Tạo ra hệ thống điện phân nước để sản xuất hydro và oxy với hiệu suất cao, tiêu tốn ít điện năng, dễ vận hành.

Để giải quyết được các vấn đề trên, theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất khối điện phân nước để sản xuất hydro và oxy bao gồm các tấm điện cực mỏng làm bằng inox, trong đó các tấm điện cực dương được mạ molybden và được bố trí ở cùng một phía, các tấm điện cực âm được mạ niken và được bố trí ở phía còn lại. Các tấm điện cực có lỗ thông ở giữa và được ngăn cách bởi các tấm cách điện. Kết hợp với việc sử dụng dung dịch điện ly có độ pH cao (từ 10 đến 14 hoặc hơn), các điện cực này hầu như không bị ăn mòn, nên tuổi thọ cao, có thể sử dụng đến 7 - 15 năm mới phải thay thế.

Các khoang chứa dung dịch điện ly của khối điện phân là những khoang không có dạng lát mỏng được tạo bởi các lỗ xuyên của các tấm điện cực, được bố trí song song, cách đều nhau và được nối thông với nhau theo hai đường dẫn, trên và dưới. Đường dẫn dưới có hai đầu, mỗi đầu thông với các cửa nạp và xả dung dịch điện ly tương ứng. Đường dẫn trên có hai đầu, mỗi đầu thông với các cửa xả khí hydro và oxy tương ứng. Nhờ có cấu tạo là các khoang dạng lát mỏng, kết hợp với việc gia áp cho dung dịch điện ly trong các khoang này đến áp suất từ 2 đến 6bar, nên khí hydro và oxy được tạo ra, mỗi khí tự di chuyển về phía một trong hai điện cực, không bị trộn lẫn vào nhau mà không cần đến màng ngăn như ở các giải pháp đã biết. Nhờ đó, quá trình điện phân nước đạt hiệu quả cao, chi phí thấp.

Cụ thể, khối điện phân theo khía cạnh thứ nhất bao gồm:

Ít nhất một tấm điện cực dương bằng thép inox mỏng được phủ molybden có lỗ xuyên ở giữa và phần lồi để kết nối với cực dương của nguồn điện một chiều. Do molybden là chất thuận từ chịu được nhiệt độ cao, không bị dẫn nổ bởi nhiệt, nên nó được phủ lên các tấm cực dương để điện cực tránh bị ảnh hưởng bởi xung từ bên ngoài và chịu được nhiệt độ cao.

Ít nhất một tấm điện cực âm bằng thép inox mỏng được phủ niken có lỗ xuyên ở giữa và phần lồi để kết nối với cực âm của nguồn điện một chiều. Niken phủ cực âm là chất chống ăn mòn để hạn chế việc ăn mòn cực, nó là chất sắt từ cho nên tự

thân mang cảm từ mạnh cộng hưởng với từ trường bên ngoài, đây là việc có lợi làm cho quá trình điện phân được hiệu quả.

Trong đó các lỗ xuyên của các điện cực dương và điện cực âm có hình dạng và kích thước hoàn toàn giống nhau.

“Ít nhất một tấm điện cực” ở đây được hiểu là số lượng các điện cực có thể từ 1 trở lên tùy ý.

Các tấm điện cực tốt nhất là có cùng độ dày. Hình dạng của các tấm điện cực có thể khác nhau, tốt hơn là hầu như giống nhau, tốt nhất là có cùng kích thước với nhau. Theo một phương án ưu tiên, các tấm điện cực có dạng gần như hình đa giác đều nếu không tính đến các phần lồi dùng để nối điện. Các lỗ xuyên của phương án này tốt hơn là giống hệt nhau, tốt nhất là có dạng hình tròn.

Theo một phương án ưu tiên khác, hình dạng của các tấm điện cực dương và âm cũng có thể có hình dạng khác, ví dụ hình chữ nhật và các lỗ xuyên có thể có hình dạng khác, ví dụ dạng hình chữ nhật hoặc hình thoi, hình elip, v.v..

Nhiều tấm điện cực xen kẽ bằng thép inox mỏng mỗi tấm có hai lỗ xuyên đối xứng nhau qua tâm của tấm điện cực và cách nhau một khoảng L sao cho khi được lắp với các tấm điện cực dương và âm, các lỗ xuyên này thông với các lỗ xuyên của các tấm điện cực dương và âm nêu trên.

Tốt hơn là các tấm điện cực này có hình dạng giống với các tấm điện cực dương và âm nêu trên, nhưng không có các phần lồi như các phần lồi của các tấm điện cực dương và âm nêu trên. Các tấm điện cực này không cần phải nối điện.

Tốt hơn là các tấm điện cực của các loại nêu trên đều có cùng độ dày và nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5mm, tốt nhất là 1mm.

Nhiều tấm cách điện có hình dạng về cơ bản giống với các tấm điện cực dương và âm, nhưng không có phần lồi, có lỗ xuyên giống các lỗ xuyên của các tấm điện cực dương và âm này. Các tấm cách điện này có độ dày khác nhau tùy vào nơi nó được bố trí và được làm bằng silicon hoặc cacbon hoặc vật liệu tương tự khác. Tốt hơn là các tấm cách điện có độ dày khác nhau và nằm trong khoảng từ 0,3 đến 8mm.

Các tấm điện cực dương, điện cực âm, điện cực xen kẽ và vật liệu cách điện được sắp xếp xen kẽ thành khối như sau:

Mỗi trong số các tấm điện cực dương và điện cực âm được xếp xen kẽ với tấm điện cực xen kẽ sao cho các tấm điện cực dương ở cùng một phía tạo thành cụm điện cực dương, các điện cực âm ở phía còn lại tạo thành cụm điện cực âm, và cụm điện

cực dương được ngăn cách với cụm điện cực âm bởi hai tấm điện cực xen kẽ nhau.

Số lượng các tấm điện cực dương và các tấm điện cực âm trong mỗi khối điện phân nước có thể khác nhau. Để xác định được các số lượng điện cực tối ưu cho hiệu suất điện phân nước cao nhất, các tác giả sáng chế đã thực hiện rất nhiều thử nghiệm, trong đó thay đổi số lượng các điện cực để tìm ra các tổ hợp các điện cực dương và âm mang lại hiệu suất tối ưu. Cụ thể, một số tổ hợp ưu tiên sau:

Số điện cực dương là 3, số điện cực âm là 2;

Số điện cực dương là 5, số điện cực âm là 3;

Số điện cực dương là 7, số điện cực âm là 5;

Số điện cực dương là 5, số điện cực âm là 2;

Số điện cực dương là 2, số điện cực âm là 7, v.v..

Tiếp theo, xen giữa hai trong số các tấm điện cực kề nhau bất kỳ có bố trí tấm cách điện để đảm bảo hai tấm điện cực kề nhau được cách điện với nhau. Hai tấm đỡ bằng vật liệu cách điện, có độ bền cao, mỗi tấm có hai lỗ xuyên tương ứng giống với các lỗ xuyên của tấm điện cực xen kẽ, được áp vào hai đầu của khối điện cực nêu trên và được ép chặt vào nhau nhờ các bu-lông tạo thành khối điện phân nước có các khoang dạng lát mỏng, mà được tạo thành bởi các lỗ thông của các tấm điện cực âm, dương và các tấm cách điện, được nối thông nhau bởi các lỗ xuyên trên và dưới của các tấm điện cực xen kẽ, các lỗ xuyên trên và dưới này mỗi lỗ có hai đầu thông với các lỗ xuyên trên và dưới tương ứng của hai tấm đỡ. Các lỗ xuyên của các tấm đỡ này lần lượt là các cửa nạp nước và cửa xả nước, cửa xả hydro và cửa xả oxy.

Khối điện phân nêu trên được sử dụng để điện phân nước thành hydro và oxy khi nó được kết hợp với nhiều bộ phận đi kèm để đáp ứng một số điều kiện đặc biệt. Để quá trình điện phân xảy ra hiệu quả, một số điều kiện đặc biệt có thể được áp dụng. Các điều kiện này được các tác giả sáng chế thu được qua thực nghiệm. Cụ thể như sau:

- Dung dịch điện ly có độ pH càng cao càng tốt (từ 10 đến 14) vì ở đây số pH cao thì nước trở thành nước inon kiềm không còn mang tính axit nên độ ăn mòn điện cực thấp;
- Áp suất dung dịch điện ly trong các khoang điện phân phải đạt 0,2 - 0,6MPa;
- Nhiệt độ dung dịch điện ly phải đạt ít nhất 50°C hoặc cao hơn, đến 105°C;

- Điện áp của dòng điện một chiều áp vào khối điện phân nằm trong khoảng 5 – 30V, tốt hơn là 24V.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất hệ thống điện phân nước để sản xuất hydro và oxy bao gồm khối điện phân nước nêu trên và các bộ phận dưới đây:

Bồn pha chế dung dịch điện ly để pha chế dung dịch điện ly cấp cho bồn chứa và gia nhiệt dung dịch điện ly ở vị trí cao hơn so với bồn pha chế. Theo một phương án ưu tiên, dung dịch điện ly gồm hỗn hợp các bazơ, axit mạnh và nước theo tỷ lệ từ 5 - 22% (khối lượng/khối lượng) để thu được dung dịch điện ly có độ pH từ 10 đến 14. Bồn pha chế này có thể được bố trí máy khuấy và bộ phận gia nhiệt dung dịch đến nhiệt độ từ 50°C đến 105°C để thúc đẩy quá trình hòa tan các chất xúc tác trong nước.

Bồn chứa và gia nhiệt dung dịch điện ly để gia nhiệt, duy trì nhiệt độ của dung dịch điện ly và cấp vào khối điện phân qua đường ống trên đó lần lượt bố trí bơm cao áp, ống venturi và bơm hút định lượng. Theo một phương án ưu tiên, trong bồn chứa và gia nhiệt dung dịch điện ly này có bố trí bộ phận gia nhiệt có khả năng gia nhiệt để duy trì nhiệt độ dung dịch điện ly ở nhiệt độ 50°C - 105°C. Tốt hơn là bơm cao áp, ống venturi và bơm hút định lượng tạo ra áp lực dung dịch điện ly từ 0,2 - 0,6MPa trong khối điện phân.

Bình chứa khí hydro được nối thông với cửa xả hydro của khối điện phân nước.

Bình chứa khí oxy được nối thông với cửa xả oxy của khối điện phân nước.

Hệ thống được bố trí nguồn điện một chiều 5 – 30V, tốt hơn là 24V.

Cần lưu ý là nhiều khối điện phân có thể được kết hợp song song trong cùng một hệ thống điện phân, nhờ đó nâng cao năng suất sản xuất khí hydro và oxy đến mức tùy ý theo nhu cầu.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế đề xuất phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy như sau:

Chuẩn bị dung dịch nước điện ly trong bồn pha chế dung dịch điện ly bằng cách hòa tan chất xúc tác là hỗn hợp các bazơ và axit mạnh vào nước theo tỷ lệ từ 5 - 22% (khối lượng/khối lượng) nhờ việc khuấy và gia nhiệt dung dịch đến nhiệt độ 50°C - 105°C để thu được dung dịch điện ly có độ pH từ 10 đến 14.

Theo một phương án ưu tiên, bazơ là hỗn hợp của NaOH, KOH và Ca(OH)_2 , axit là CH_3COOH (axit axetic).

Theo một phương án ưu tiên khác, dung dịch điện ly được pha chế bằng cách hòa tan 2-5% NaOH, 1-3% KOH, 1,5-12% Ca(OH)_2 , 0,5-2% CH_3COOH , vào nước cho đủ 100%.

Theo một phương án ưu tiên khác nữa, thành phần các chất được pha chế thành dung dịch điện ly bao gồm: 4% NaOH, 2% KOH, 8% Ca(OH)_2 , 1% CH_3COOH , và 85% nước.

Tiếp theo, duy trì nhiệt độ dung dịch điện ly nêu trên ở nhiệt độ 50°C - 105°C .

Sau đó, dẫn dung dịch điện ly thu được ở trên vào khối điện phân nước theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế để dung dịch điện ly dâng lên, choán hết các khoang dạng lát mỏng của khối điện phân và điều chỉnh áp lực dung dịch điện ly trong khối điện phân 0,2 - 0,6MPa.

Cấp nguồn điện một chiều 5 – 30V, tốt nhất là 24V, vào các cụm điện cực dương và cụm điện cực âm của khối điện phân nêu trên để thiết bị tiến hành quá trình điện phân nước thành hydro và oxy.

Quá trình điện phân nước thành hydro và oxy trong khối điện phân xảy ra như sau: do tác dụng của các điện cực, dung dịch điện ly bị sủi bọt và tách nước thành hai loại khí hydro và oxy, trong đó khí hydro đi về phía cụm điện cực âm, khí oxy đi về phía cụm điện cực dương. Do dung dịch điện ly trong khối điện phân chịu áp lực cao, kết hợp với việc các khoang dạng lát mỏng, nên các khí sinh ra chịu lực nâng của dung dịch, nên hầu như chỉ chuyển động lên phía trên mà không bị trộn lẫn với nhau, và bị đẩy về phía các cụm điện cực dương và âm tương ứng mà không cần phải có màng ngăn. Tức là hydro bị đẩy về phía cửa xả hydro, oxy bị đẩy về phía cửa xả oxy, một cách riêng biệt.

Tùy theo độ dày của tấm cách điện và các tấm điện cực, áp lực, tốc độ dòng chảy của chất điện ly mà hiệu quả của quá trình điện phân khác nhau. Các tấm điện cực và tấm cách điện được bố trí ép sát vào nhau sẽ làm cho sự bất ổn định về điện trở màng ngăn không còn, chất điện ly không đòi hỏi pha chế với những xúc tác mạnh đắt tiền như axit, các điện cực được phủ niken và molybden làm việc trong môi trường có độ pH 10 -14 hoặc cao hơn cũng sẽ ít bị ăn mòn.

Cuối cùng, thu lấy hydro ở cửa xả hydro phía cụm điện cực âm, và oxy ở cửa xả oxy phía cụm điện cực dương.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ thể hiện các tấm điện cực dương và âm của khối điện phân theo một phương án ưu tiên của sáng chế.

Hình 2 là hình vẽ thể hiện tấm điện cực xen kẽ của khối điện phân theo một phương án ưu tiên của sáng chế.

Hình 3 là hình vẽ thể hiện tấm cách điện của khối điện phân theo một phương án ưu tiên của sáng chế.

Hình 4 là hình vẽ thể hiện các tấm đỡ bằng vật liệu cách điện áp vào hai đầu của khối điện phân theo một phương án ưu tiên của sáng chế.

Hình 5 là mặt cắt đứng thể hiện cấu tạo bên trong của khối điện phân theo sáng chế.

Hình 6 là hình vẽ phối cảnh thể hiện hình dạng của khoang chứa dung dịch điện ly bên trong khối điện phân theo một phương án làm ví dụ của sáng chế.

Hình 7 thể hiện sơ đồ cấu tạo của hệ thống điện phân nước theo sáng chế.

Hình 8 là hình vẽ phối cảnh thể hiện khối điện phân theo một phương án làm ví dụ của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết theo các phương án ưu tiên có tham khảo các hình vẽ từ 1 đến 8. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng các phương án này chỉ nhằm mục đích làm rõ sáng chế mà không nhằm giới hạn sáng chế. Mọi phương án khác mà có thể dễ dàng suy ra từ sáng chế bởi người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật đều thuộc phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Theo đó, theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất khối điện phân nước 100 để sản xuất hydro và oxy bao gồm các bộ phận cấu thành sau:

Ít nhất một tấm điện cực dương 1 bằng thép inox mỏng được phủ molypden có lỗ xuyên 11 ở giữa và phần lồi 12 để kết nối với cực dương của nguồn điện một chiều;

Ít nhất một tấm điện cực âm 2 bằng thép inox mỏng được phủ niken có lỗ xuyên 21 ở giữa và phần lồi 22 để kết nối với cực âm của nguồn điện một chiều;

Trong đó các lỗ xuyên 11 và 21 của các điện cực dương 1 và âm 2 tương ứng có hình dạng và kích thước hoàn toàn giống nhau (Hình 1).

“Ít nhất một tấm điện cực” ở đây được hiểu là số lượng các điện cực có thể từ 1 trở lên tùy ý.

Các tấm điện cực tốt nhất là có cùng độ dày. Hình dạng của các tấm điện cực có thể khác nhau, tốt hơn là hầu như giống nhau, tốt nhất là có cùng kích thước với nhau. Theo một phương án ưu tiên, các tấm điện cực có dạng gần như hình đa giác đều nếu không tính đến các phần lồi 12, 22 dùng để nối điện. Các lỗ xuyên 11 và 21 của phương án này tốt hơn là giống hệt nhau, tốt nhất là có dạng hình tròn.

Theo một phương án ưu tiên khác, hình dạng của các tấm điện cực dương và âm cũng có thể là hình chữ nhật và các lỗ xuyên 11, 21 có dạng hình chữ nhật hoặc hình thoi, hình elip, v.v..

Nhiều tấm điện cực xen kẽ 3 bằng thép inox mỏng mỗi tấm có hai lỗ xuyên 32 đối xứng nhau qua tâm của tấm điện cực và cách nhau một khoảng L sao cho khi được lắp với các tấm điện cực dương 1 và âm 2, các lỗ xuyên này thông với các lỗ xuyên 11 và 21 của các tấm điện cực dương 1 và âm 2 nêu trên.

Tốt hơn là các tấm điện cực 3 có hình dạng giống với các tấm điện cực dương và âm nêu trên, nhưng không có các phần lồi như các phần lồi 12, 22 của các tấm điện cực dương và âm nêu trên. Các tấm điện cực 3 này không cần phải nối điện (Hình 2).

Tốt hơn là các tấm điện cực 1, 2 và 3 có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5mm, tốt nhất là 1mm.

Nhiều tấm cách điện 4 có hình dạng về cơ bản giống với các tấm điện cực dương 1 và âm 2, nhưng không có phần lồi, có lỗ xuyên 41 giống các lỗ xuyên 11 và 21 của các tấm điện cực dương 1 và âm 2 này. Các tấm cách điện này có độ dày khác nhau tùy vào vị trí của nó và được làm bằng silicon hoặc cacbon hoặc vật liệu tương tự khác. Các tấm cách điện 4 có độ dày khác nhau và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,3 đến 8mm (Hình 3).

Theo Hình 5, các tấm điện cực dương 1, điện cực âm 2, điện cực xen kẽ 3 và vật liệu cách điện 4 được sắp xếp xen kẽ thành khối như sau:

Mỗi trong số các tấm điện cực dương 1 và điện cực âm 2 được xếp xen kẽ với tấm điện cực xen kẽ 3 sao cho các tấm điện cực dương 1 ở cùng một phía tạo thành cụm điện cực dương 10, các điện cực âm 2 ở phía còn lại tạo thành cụm điện cực âm 20, và cụm điện cực dương được ngăn cách với cụm điện cực âm bởi hai tấm điện cực xen kẽ 3 kề nhau.

Số lượng các tấm điện cực dương 1 và các tấm điện cực âm 2 trong mỗi khối điện phân nước có thể khác nhau. Để xác định được các số lượng điện cực tối ưu cho hiệu suất điện phân nước cao nhất, các tác giả sáng chế đã thực hiện rất nhiều thử

nghiệm, trong đó thay đổi số lượng các điện cực để tìm ra các tổ hợp các điện cực dương và âm mang lại hiệu suất tối ưu. Cụ thể, một số tổ hợp sau:

Số điện cực dương là 3, số điện cực âm là 2;

Số điện cực dương là 5, số điện cực âm là 3;

Số điện cực dương là 7, số điện cực âm là 5;

Số điện cực dương là 5, số điện cực âm là 2;

Số điện cực dương là 2, số điện cực âm là 7, v.v..

Tiếp theo, xen giữa hai trong số các tấm điện cực 1, 2, 3 kề nhau bất kỳ có bố trí tấm cách điện 4 để đảm bảo hai tấm điện cực kề nhau được cách điện với nhau. Trong đó, tốt hơn là tấm cách điện 4 ở giữa hai cụm điện cực có độ dày lớn nhất, tiếp đến là hai tấm cách điện ở hai đầu, độ dày nhỏ nhất là ở các tấm cách điện còn lại. Theo một phương án ưu tiên, các tấm cách điện 4 ở giữa hai cụm điện cực có độ dày 8mm, hai tấm ở hai đầu có độ dày 5mm, và các tấm còn lại có độ dày 3mm.

Hai tấm đỡ 5 bằng vật liệu cách điện, có độ bền cao, một tấm có hai lỗ xuyên 51, 53 ở phía cụm điện cực âm 20, và tấm còn lại có hai lỗ xuyên 52, 54 ở phía cụm điện cực dương 10 tương ứng giống với các lỗ xuyên 32 của tấm điện cực 3. Hai tấm đỡ 5 này được áp vào hai đầu của khối điện cực xen kẽ nêu trên và được ép chặt vào nhau nhờ các bu-lông xuyên qua các lỗ xuyên 55 được tạo ra xung quanh các tấm đỡ 5 này tạo thành khối điện phân nước có các khoang 11, 21 dạng lát mỏng được nối thông nhau bởi các lỗ xuyên 32 trên và dưới để xác định đường dẫn chất lỏng. Trong đó, lỗ xuyên 32 dưới có hai đầu thông với các lỗ xuyên 51, 52 của các tấm đỡ 5, lỗ xuyên 32 trên có hai đầu thông với các lỗ xuyên 53, 54 tương ứng của tấm đỡ 5. Các lỗ xuyên 51, 52 lần lượt là các cửa nạp nước và cửa xả nước, các lỗ xuyên 53, 54 lần lượt là cửa xả hydro và cửa xả oxy (Hình 4 và Hình 6).

Khối điện phân nêu trên được sử dụng để điện phân nước thành hydro và oxy khi nó được kết hợp với các bộ phận khác để đáp ứng một số điều kiện đặc biệt của quá trình điện phân. Để quá trình điện phân xảy ra hiệu quả, một số điều kiện đặc biệt có thể được áp dụng. Các điều kiện này được các tác giả sáng chế thu được qua thực nghiệm. Cụ thể như sau:

- Dung dịch điện ly có độ pH càng cao càng tốt (từ 10 đến 14), pH càng cao thì nồng độ bazơ trong nước càng mạnh tạo phản ứng sinh OH^- hiệu quả, tốc độ điện phân nhanh;
- Áp suất dung dịch điện ly trong các khoang điện phân 11, 21 đạt 0,2 - 0,6MPa;

- Nhiệt độ dung dịch điện ly phải đạt ít nhất 50°C hoặc cao hơn, đến 105°C;
- Điện áp của dòng điện một chiều áp vào khối điện phân nằm trong khoảng 5 – 30V, tốt hơn là 24V.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất hệ thống điện phân nước để sản xuất hydro và oxy bao gồm các bộ phận cấu thành dưới đây (Hình 7):

Khối điện phân nước 100.

Bồn pha chế dung dịch điện ly 200 để pha chế dung dịch điện ly cấp cho bồn chứa dung dịch điện ly 300 ở vị trí cao hơn so với bồn 200 thông qua đường ống PL1 có máy bơm P1. Và bên trong bồn có lắp một máy khuấy để trộn đều dung dịch điện ly và bộ phận gia nhiệt để gia nhiệt cho dung dịch lên 50-105°C. Theo một phương án ưu tiên, dung dịch điện ly gồm hỗn hợp các bazơ, axit mạnh và nước theo tỷ lệ từ 5 - 22% (khối lượng/khối lượng) để thu được dung dịch điện ly có độ pH từ 10 đến 14.

Bồn chứa và gia nhiệt dung dịch điện ly 300 để chứa và duy trì nhiệt độ của dung dịch điện ly nhờ bộ phận gia nhiệt có khả năng gia nhiệt dung dịch điện ly lên đến nhiệt độ 50°C -105°C, sau đó dung dịch điện ly được cấp vào thiết bị 100 qua lỗ nạp 51 của thiết bị 100 qua đường ống dẫn, trên đó lần lượt bố trí bơm cao áp P2, van nước V1, và ống venturi VR. Tốt hơn, bơm cao áp P2 tạo ra áp lực nước đạt 0,2 - 0,6MPa.

Đường ống hoàn lưu PL2 dẫn nước ra từ cửa xả 52 của thiết bị 100 trở về bồn pha chế dung dịch điện ly 200 qua bơm hút định lượng P3 và van V2.

Đường ống PL3 nằm ngang mực cao tối đa được qui định ở bồn chứa nước nối thông giữa bồn chứa và gia nhiệt 300 với bồn pha chế dung dịch điện ly 200 để làm cân bằng mực nước giữa hai bồn không để dâng tràn ra miệng bồn.

Bình chứa khí hydro 400 được nối thông với cửa xả hydro 53 của khối điện phân nước 100 qua van V3. Bình chứa 400 này có đường ống PL4 để dẫn dung dịch điện ly ngưng tụ về bồn 300.

Bình chứa khí oxy 500 được nối thông với cửa xả oxy 54 của khối điện phân nước 100 qua van V4. Bình chứa này có đường ống PL5 dẫn dung dịch điện ly ngưng tụ về bồn 300.

Hệ thống được bố trí nguồn điện một chiều 5 – 30V, tốt hơn là 24V.

Cách vận hành hệ thống điện phân nước theo sáng chế (cũng là phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy theo khía cạnh thứ ba của sáng chế) như sau:

Chuẩn bị dung dịch nước điện ly bằng cách hòa tan chất xúc tác là hỗn hợp các bazơ và axit mạnh vào nước theo tỷ lệ 5 - 22% (khối lượng/khối lượng) nhờ máy khuấy, thu được dung dịch điện ly có độ pH từ 10 đến 14.

Theo một phương án ưu tiên, bazơ là hỗn hợp của NaOH, KOH và Ca(OH)_2 , axit là CH_3COOH (axit axetic).

Theo một phương án ưu tiên khác, dung dịch điện ly được pha chế bằng cách hòa tan 2-5% NaOH, 1-3% KOH, 1,5-12% Ca(OH)_2 , 0,5-2% CH_3COOH , vào nước cho đủ 100%.

Theo một phương án ưu tiên khác nữa, thành phần các chất được pha thành dung dịch điện ly bao gồm: 4% NaOH, 2% KOH, 8% Ca(OH)_2 , 1% CH_3COOH , và 85% nước.

Tiếp theo, dung dịch điện ly được gia nhiệt đến nhiệt độ từ 50°C đến 105°C;

Sau đó, dẫn dung dịch điện ly thu được ở trên vào cửa nạp 51 của khối điện phân nước 100 theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế để dung dịch điện ly dâng lên, choán hết các khoang dạng lát mỏng 11, 21 và điều chỉnh áp lực dung dịch điện ly trong khối điện phân 100 là 0,2 - 0,6MPa. Theo một phương án, việc điều chỉnh áp lực dung dịch điện ly là nhờ ống venturi VR, máy bơm P2 và bơm hút định lượng P3.

Cấp nguồn điện một chiều 5 – 30V, tốt nhất là 24V, vào các cụm điện cực dương 10 và cụm điện cực âm 20 của khối điện phân 100 nêu trên để thiết bị tiến hành quá trình điện phân nước thành hydro và oxy.

Quá trình điện phân nước thành hydro và oxy trong khối điện phân 100 xảy ra như sau: do tác dụng của các điện cực, dung dịch điện ly bị sủi bọt và tách nước thành hai loại khí hydro và oxy, trong đó khí hydro đi về phía cụm điện cực âm 20, khí oxy đi về phía cụm điện cực dương 10. Do dung dịch điện ly trong khối điện phân 100 chịu áp lực cao, kết hợp với việc các khoang dạng lát 11, 21 rất mỏng, nên các khí sinh ra chịu lực nâng của dung dịch, nên hầu như chỉ chuyển động lên phía trên mà không bị trộn lẫn với nhau, và bị đẩy về phía các cụm điện cực dương 10 và âm 20 tương ứng. Tức là hydro bị đẩy về phía cửa xả hydro 53, oxy bị đẩy về phía cửa xả oxy 54.

Tùy theo độ dày của tấm cách điện 4 và các tấm điện cực 1,2,3, áp lực, tốc độ dòng chảy của chất điện ly mà hiệu quả của quá trình điện phân khác nhau. Các điện

cực 1,2,3 và tấm cách điện 4 được bố trí theo hình ép sát vào nhau sẽ làm cho sự bất ổn định về điện trở màng ngăn không còn, chất điện ly không đòi hỏi pha chế với những xúc tác mạnh đắt tiền như axit, các điện cực được phủ niken và molybden làm việc trong môi trường có độ pH từ 10 đến 14 cũng sẽ ít bị ăn mòn.

Cuối cùng, thu lấy hydro ở cửa xả hydro 53 phía cụm điện cực âm, và oxy ở cửa xả oxy 54 phía cụm điện cực dương.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Căn cứ những nội dung của phần mô tả chi tiết sáng chế nêu trên, các tác giả sáng chế đã chế tạo một hệ thống điện phân nước thành hydro và oxy cụ thể, như được mô tả dưới đây.

Khối điện phân 100 của ví dụ gồm 2 tấm điện cực dương 1, 3 tấm điện cực âm 2, 7 tấm điện cực xen kẽ 3, và 13 tấm cách điện 4 bằng silicon, mỗi tấm có kích thước 250mm x 250mm (lấy kích thước theo hình vuông), được cắt góc.

Đường kính của các vòng tròn lớn 11, 21,41 của các tấm điện cực 1, 2 và tấm cách điện 4 là giống nhau và cùng bằng 160mm.

Các cặp lỗ xuyên 32 trên các tấm điện cực 3 có đường kính 10mm và cách nhau 140mm.

Độ dày của các tấm điện cực 1, 2 và 3 là 1mm.

Độ dày của tấm cách điện silicon 4 giữa hai cụm điện cực là 8mm, độ dày của 2 tấm cách điện silicon ở hai đầu là 5mm, và độ dày của các tấm cách điện còn lại là 3mm.

Hai tấm đỡ 5 bằng mica có kích thước 300mm x 300mm, độ dày 30mm (Hình 8).

Khi được lắp ráp với nhau, khối điện phân 100 có 5 khoang rỗng 11, 21 dạng lát mỏng tròn như lát giò được tạo thành, gồm hai khoang 11 ở phía điện cực dương và ba khoang 21 ở phía điện cực âm. Các khoang này được nối với nhau bởi các lỗ xuyên 32 tạo thành khoang chứa có sức chứa khoảng 200g dung dịch điện ly, và là nơi diễn ra quá trình điện phân nước thành hydro và oxy.

Dung dịch điện ly chứa các chất kiềm mạnh và axit yếu gồm 4% NaOH, 2% KOH, 8% Ca(OH)_2 , 1% CH_3COOH , và 85% nước sạch (khối lượng/khối lượng). Dung dịch điện ly được gia nhiệt đến 80°C để đảm bảo hòa tan các chất xúc tác vào nước trước khi được đưa vào khối điện phân.

Quá trình điện phân trong 60 giây với dòng điện 25V – 120A. Lượng khí hydro thu được trên thiết bị thực nghiệm này là 4,7g (tương ứng với tốc độ 0,282kg/h). Lượng khí oxy thu được là 2,256kg/h.

Như vậy, với lượng khí hydro thu được trong 1 giờ là 0,282kg, dòng điện hao tổn là 3kW, tức là để sản xuất 1kg hydro tiêu tốn khoảng 10,6 kW. Chi phí này rất thấp nếu so với các hệ thống và phương pháp điện phân đã biết (thường tiêu tốn khoảng 30kW để sản xuất 1kg hydro).

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Giải pháp kỹ thuật của sáng chế đạt được những hiệu quả sau:

- Tạo ra được khối điện phân có giá thành thấp, dễ chế tạo, không cần dùng màng ngăn, nhưng có tuổi thọ cao, đến 7-15 năm;
- Tạo ra hệ thống điện phân nước để sản xuất hydro và oxy với hiệu suất cao, tiêu tốn ít điện năng, dễ vận hành. Với chi phí 9 – 16kW, có thể sản xuất được 1kg khí hydro, thấp hơn rất nhiều so với các giải pháp đã biết;
- Độ tinh khiết của các khí thu được đạt chuẩn cao từ 99,96 đến 99,99%.

Yêu cầu bảo hộ

1. Khối điện phân (100) để điện phân nước thành hydro và oxy bao gồm:

ít nhất một tấm điện cực dương (1) bằng thép inox mỏng được phủ molybden có lỗ xuyên (11) ở giữa và phần lồi (12) để kết nối với cực dương của nguồn điện một chiều;

ít nhất một tấm điện cực âm (2) bằng thép inox mỏng được phủ niken có lỗ xuyên (21) ở giữa và phần lồi (22) để kết nối với cực âm của nguồn điện một chiều;

trong đó các lỗ xuyên (11, 21) của các điện cực dương (1) và âm (2) tương ứng có hình dạng và kích thước hoàn toàn giống nhau;

nhiều tấm điện cực (3) bằng thép inox mỏng mỗi tấm có hai lỗ xuyên (32) đối xứng nhau qua tâm của tấm điện cực và cách nhau một khoảng L sao cho khi được lắp với các tấm điện cực dương (1) và âm (2), các lỗ xuyên này thông với các lỗ xuyên (11, 21) của các tấm điện cực dương (1) và âm (2) nêu trên;

nhiều tấm cách điện (4) có hình dạng về cơ bản giống với các tấm điện cực dương (1) và âm (2), nhưng không có phần lồi, có lỗ xuyên (41) giống các lỗ xuyên (11, 21) của các tấm điện cực dương (1) và âm (2) này;

các tấm điện cực dương (1), điện cực âm (2), điện cực (3) và vật liệu cách điện (4) được sắp xếp xen kẽ thành khối như sau:

mỗi tấm điện cực dương (1) và điện cực âm (2) được xếp xen kẽ với tấm điện cực (3) sao cho các tấm điện cực dương (1) ở cùng một phía tạo thành cụm điện cực dương (10), các điện cực âm (2) ở phía còn lại tạo thành cụm điện cực âm (20), và cụm điện cực dương được ngăn cách với cụm điện cực âm bởi hai tấm điện cực (3) kề nhau;

xen giữa hai trong số các tấm điện cực (1, 2, 3) kề nhau bất kỳ là tấm cách điện (4) để đảm bảo hai tấm điện cực kề nhau được cách điện với nhau;

hai tấm đỡ (5) bằng vật liệu cách điện, có độ bền cao, mỗi tấm có hai lỗ xuyên (51, 53) và (52, 54) tương ứng giống với các lỗ xuyên (32) của tấm điện cực (3), được áp vào hai đầu của khối điện cực xen kẽ nêu trên và được ép chặt vào nhau nhờ các bu-lông xuyên qua các lỗ xuyên (51) được tạo ra xung quanh các tấm đỡ (5) này tạo thành khối điện phân nước có các khoang (11, 21) được nối thông nhau bởi các lỗ xuyên (32) trên và dưới, trong đó lỗ xuyên (32) dưới có hai đầu thông với các lỗ xuyên (51, 52) của các tấm đỡ (5), lỗ xuyên (32) trên có hai đầu thông với các lỗ xuyên (53, 54) tương ứng của tấm đỡ (5); các lỗ xuyên (51, 52) lần lượt là các cửa

nap nước và cửa xả nước, các lỗ xuyên (53, 54) lần lượt là cửa xả hydro và cửa xả oxy.

2. Khối điện phân nước theo điểm 1, trong đó các tấm điện cực (1, 2, 3) có cùng độ dày; các tấm cách điện (4) có độ dày khác nhau.

3. Khối điện phân nước theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm cách điện (4) làm bằng silicon.

4. Khối điện phân nước theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm cách điện (4) làm bằng cacbon.

5. Khối điện phân nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó các lỗ xuyên (11, 21 và 41) có dạng hình tròn, và các tấm (1, 2, 3 và 4) có dạng hình đa giác đều.

6. Khối điện phân nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó các lỗ xuyên (11, 21 và 41) có dạng hình chữ nhật, và các tấm (1, 2, 3 và 4) cũng có dạng hình chữ nhật.

7. Khối điện phân nước theo điểm 1, trong đó tấm cách điện (4) giữa hai tấm điện cực (3) kề nhau mà ngăn cách cụm điện cực dương với cụm điện cực âm có độ dày lớn nhất, hai tấm cách điện (4) ở hai đầu có cùng độ dày và nhỏ hơn tấm giữa, các tấm cách điện còn lại có cùng độ dày và nhỏ hơn các tấm ở hai đầu.

8. Khối điện phân nước theo điểm 2, trong đó các tấm điện cực (1, 2 và 3) có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5mm; các tấm cách điện (4) có độ dày nằm trong khoảng từ 0,3 đến 8mm.

9. Khối điện phân nước theo điểm 8, trong đó các tấm điện cực (1, 2 và 3) có độ dày 1mm; các tấm cách điện (4) ở giữa hai cụm điện cực có độ dày 8mm, các tấm cách điện ở hai đầu có độ dày 5mm, và các tấm còn lại có độ dày 3mm.

10. Khối điện phân nước theo điểm 1, trong đó số điện cực dương (1) là 3, số điện cực âm (2) là 2.

11. Khối điện phân nước theo điểm 1, trong đó số điện cực dương (1) là 5, số điện cực âm (2) là 3.

12. Khối điện phân nước theo điểm 1, trong đó số điện cực dương (1) là 7, số điện cực âm (2) là 5.

13. Khối điện phân nước theo điểm 1, trong đó số điện cực dương (1) là 5, số điện cực âm (2) là 2.

14. Khối điện phân nước theo điểm 1, trong đó số điện cực dương (1) là 2, số điện cực âm (2) là 7.

15. Hệ thống điện phân nước để sản xuất hydro và oxy bao gồm:

khối điện phân nước (100) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 14;

bồn pha chế dung dịch điện ly (200) để pha chế dung dịch điện ly cấp cho bồn chứa dung dịch điện ly (300) ở vị trí cao hơn so với bồn (200) thông qua đường ống (PL1) có máy bơm (P1); bên trong bồn (200) có gắn máy khuấy dung dịch và bộ phận gia nhiệt để nâng nhiệt độ nước lên 50°C - 105°C để hòa tan các chất xúc tác cho vào nước thành nước dung dịch điện ly với độ pH từ 10 đến 14;

bồn chứa và gia nhiệt dung dịch điện ly (300) có gắn bộ phận gia nhiệt để duy trì nhiệt độ 50°C - 105°C cho dung dịch điện ly để cấp vào khối điện phân (100) qua lỗ nạp (51) của khối điện phân (100) qua đường ống dẫn, trên đó lần lượt bố trí bơm cao áp (P2), van nước (V1), và ống venturi (VR); đường ống hoàn lưu (PL2) dẫn nước ra từ cửa xả (52) của thiết bị (100) trở về bồn pha chế dung dịch điện ly (200) qua bơm hút định lượng (P3) và van (V2);

bình chứa khí hydro (400) được nối thông với cửa xả hydro (53) của khối điện phân nước (100) qua van (V3); bình chứa (400) này có đường ống (PL4) để dẫn dung dịch điện ly ngưng tụ về bồn chứa (300);

bình chứa khí oxy (500) được nối thông với cửa xả oxy (54) của khối điện phân nước (100) qua van (V4); đường ống (PL5) dẫn dung dịch điện ly ngưng tụ về bồn chứa (300);

nguồn điện một chiều từ 5 – 30V, tốt hơn là 24V.

16. Hệ thống theo điểm 15, trong đó bơm cao áp (P2) tạo ra áp lực nước 0,2 - 0,6MPa.

17. Hệ thống theo điểm 15, trong đó bồn pha chế dung dịch điện ly (200) để pha chế dung dịch điện ly gồm hỗn hợp các bazơ, axit mạnh và nước theo tỷ lệ 5 - 22% (khối lượng/khối lượng) để thu được dung dịch điện ly có độ pH từ 10 đến 14.

18. Phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy bao gồm các bước:

pha chế dung dịch điện ly bằng cách hòa tan chất xúc tác là hỗn hợp các bazơ và axit mạnh vào nước theo tỷ lệ 5 - 22% (khối lượng/khối lượng) bằng máy khuấy kết hợp gia nhiệt dung dịch đến nhiệt độ 50°C - 105°C để thu được dung dịch điện ly có độ pH từ 10 đến 14;

duy trì dung dịch điện ly ở nhiệt độ 50°C - 105°C nhờ bộ phận gia nhiệt;

dẫn dung dịch điện ly thu được ở trên vào cửa nạp (51) của khối điện phân nước (100);

tạo áp lực dung dịch điện ly 0,2 - 0,6MPa trong khối điện phân (100);

cấp nguồn điện một chiều 5 – 30V, tốt nhất là 24V, vào các cụm điện cực dương (10) và cụm điện cực âm (20) của khối điện phân (100) để thiết bị tiến hành quá trình điện phân nước thành hydro và oxy; và

thu lấy hydro ở cửa xả hydro (53) và thu lấy oxy ở cửa xả oxy (54) của khối điện phân (100).

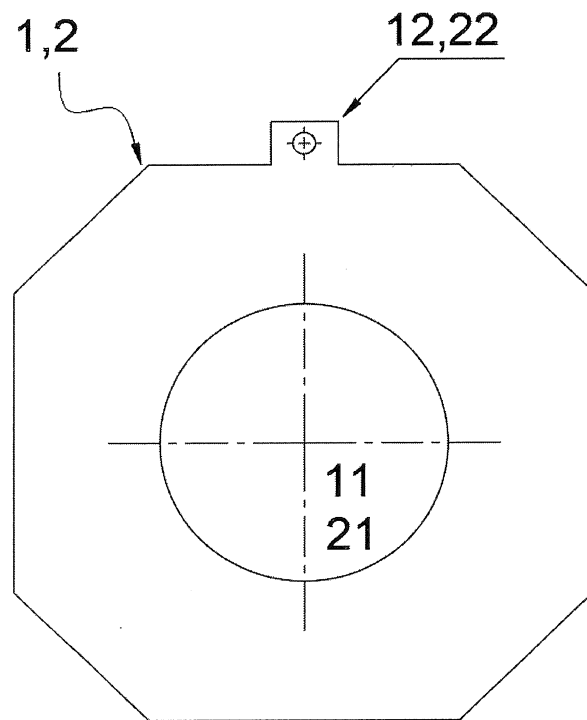
19. Phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy theo điểm 18, trong đó hỗn hợp các bazơ gồm NaOH, KOH và $\text{Ca}(\text{OH})_2$, axit mạnh là CH_3COOH .

20. Phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy theo điểm 19, trong đó dung dịch điện ly được pha chế bằng cách hòa tan 2-5% NaOH, 1-3%KOH, 1,5-12% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, và 0,5-2% CH_3COOH vào nước cho đủ 100%.

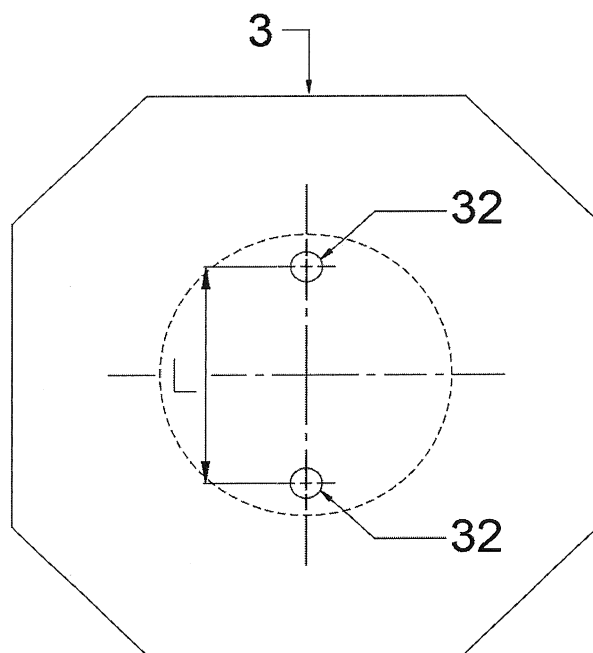
21. Phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy theo điểm 20, trong đó thành phần các chất được pha thành dung dịch điện ly bao gồm: 4% NaOH, 2%KOH, 8% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 1% CH_3COOH , và 85% nước.

22. Phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro và oxy theo điểm 18, trong đó việc tạo áp lực dung dịch điện ly 0,2 - 0,6MPa trong khối điện phân (100) là nhờ việc điều chỉnh máy bơm (P2), ống venturi (VR) và bơm hút định lượng (P3).

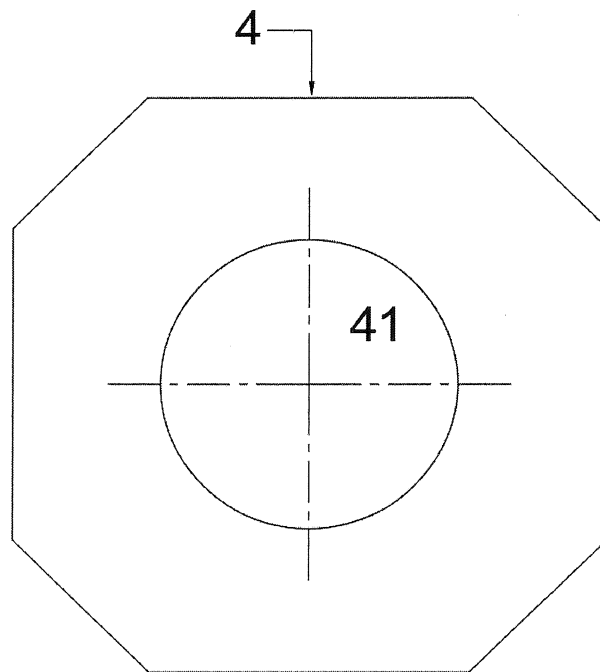
HÌNH 1



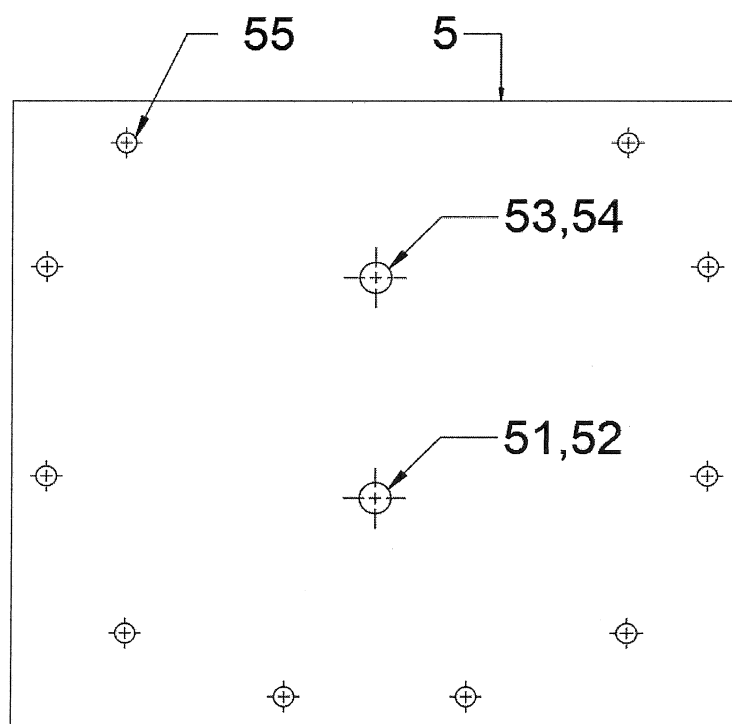
HÌNH 2



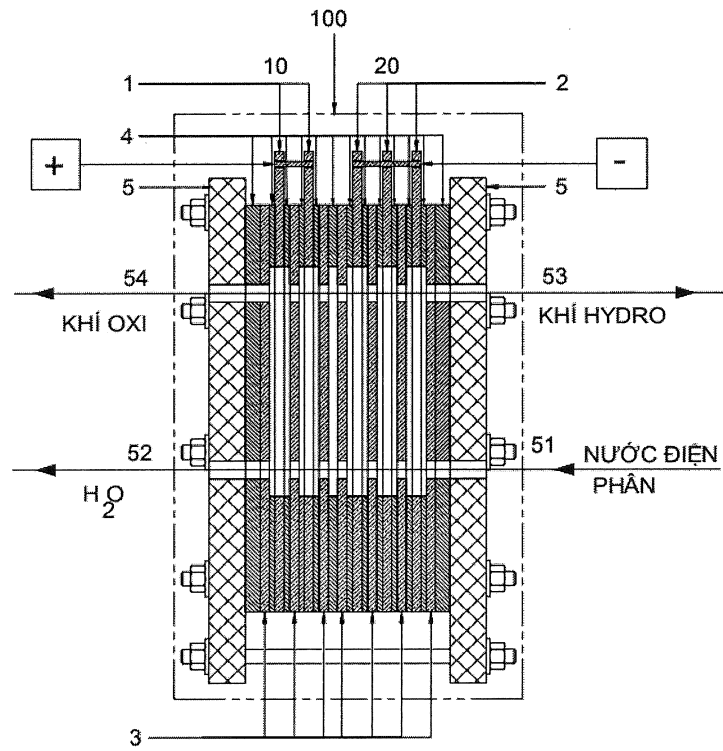
HÌNH 3



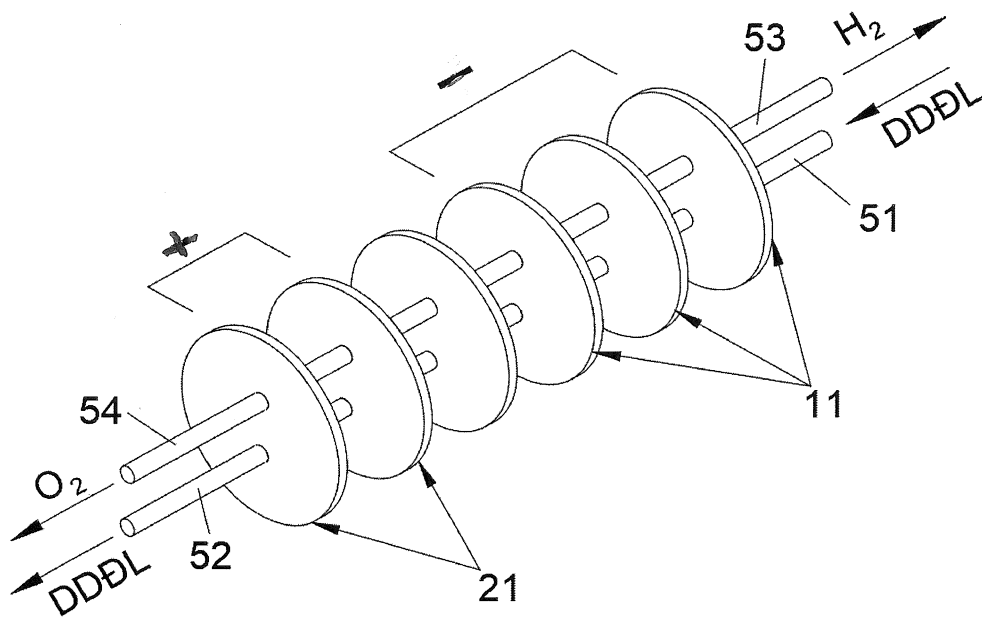
HÌNH 4



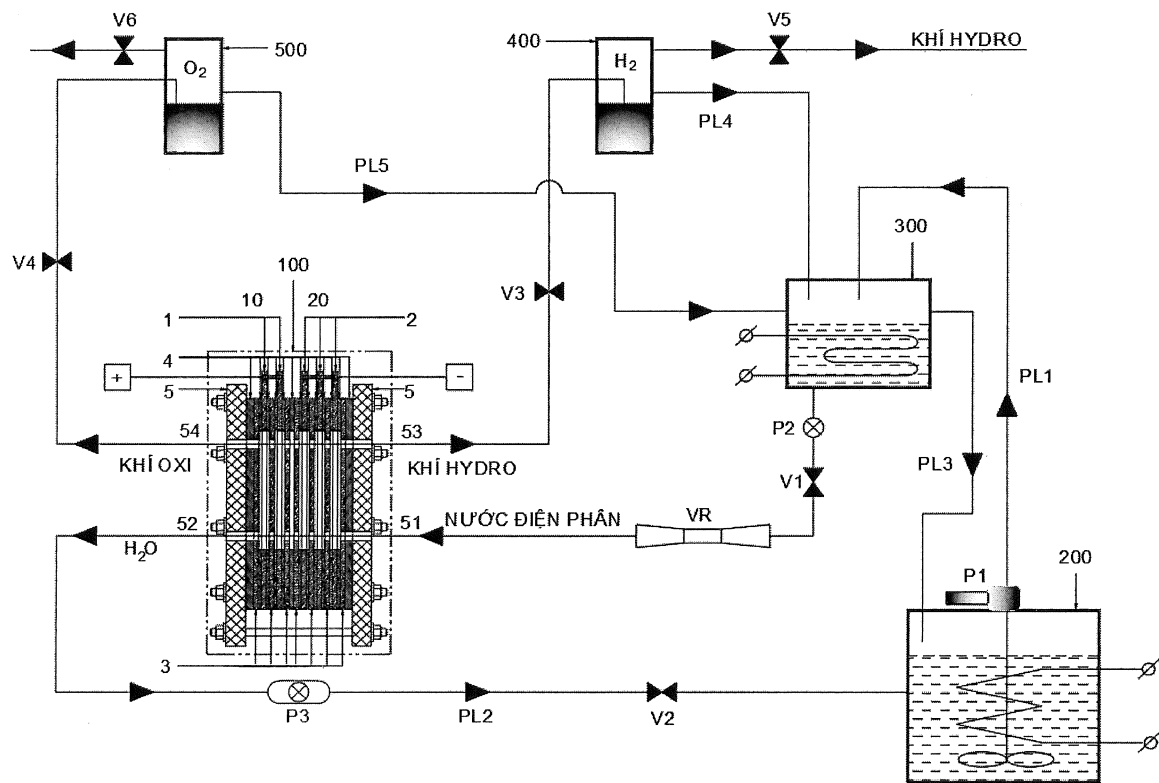
HÌNH 5



HÌNH 6



HÌNH 7



HÌNH 8

