



(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)



1-0030308

(51)⁷

C01B 5/02; G01N 1/40; C25B 1/00;
B01D 59/40

(13) **B**

(21) 1-2016-00355

(22) 24/07/2014

(86) PCT/EP2014/065948 24/07/2014

(87) WO 2015/014716 05/02/2015

(30) 2013-158735 31/07/2013 JP

(45) 25/12/2021 405

(43) 25/05/2016 338A

(73) INDUSTRIE DE NORA S.P.A. (IT)

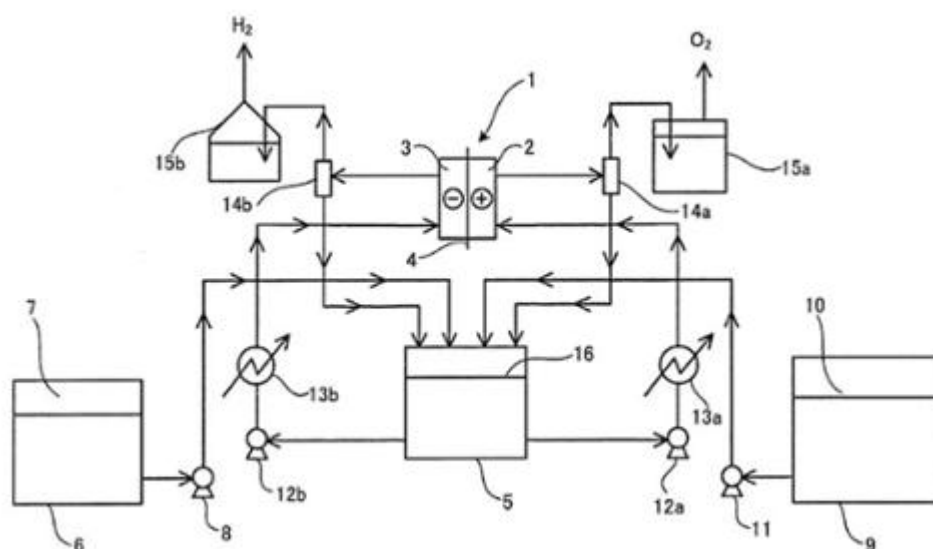
Via Bistolfi 35, I-20134 Milan, Italy

(72) MANABE, Akiyoshi (JP); NISHIKI, Yoshinori (JP); KUNIMATSU, Akira (JP).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP LÀM GIÀU NƯỚC NẶNG BẰNG ĐIỆN PHÂN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân. Phương pháp này bao gồm bước làm giàu nước nặng bằng cách điện phân sử dụng bể điện phân nước kiềm bao gồm buồng anốt chứa anốt, buồng catốt chứa catốt, và màng ngăn. Theo phương pháp này, chất điện phân được điều chế bằng cách bổ sung nước kiềm có nồng độ cao vào nước nguyên liệu thô chứa nước nặng được cấp tuần hoàn vào buồng anốt và buồng catốt từ thùng tuần hoàn; thiết bị tách khí-lồng bên anốt và thiết bị bịt kín nước bên anốt được nối với buồng anốt, và thiết bị tách khí-lồng bên catốt và thiết bị bịt kín nước bên catốt được nối với buồng catốt; và việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được cấp vào cả hai buồng điện phân được duy trì ở nồng độ không đổi bằng cách cấp tuần hoàn chất điện phân từ đó chất khí sinh ra từ thiết bị tách khí-lồng bên anốt và thiết bị tách khí-lồng bên catốt được tách vào thùng tuần hoàn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân, trong đó nước nặng được làm giàu bằng cách điện phân bằng bể điện phân nước kiềm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nước nặng là nước chứa nhiều phân tử nước đồng vị có số khối lớn và có trọng lượng riêng cao hơn nước thông thường. Nước nặng có tính chất vật lý và hóa học hơi khác so với tính chất vật lý và hóa học của nước thông thường. Nước thông thường được gọi là "nước nhẹ" so với nước nặng. Nước nặng chứa các đồng vị của hydro như đơteri (D, 2H) và triti (T, 3H), và đồng vị của oxy 17O và 18O.

Trong lĩnh vực xác định độ toàn của nhà máy điện nguyên tử, việc dự báo sự chuyển dịch của vỏ trái đất, việc đo đạc hệ thống mạch nước nóng ngầm, hoặc hệ thống tương tự, việc phân tích đơteri (D, 2H) và triti (T, 3H) trong nước tự nhiên đang dần trở nên quan trọng. Nồng độ triti là rất thấp, và do đó việc làm giàu bằng cách điện phân thường được thực hiện để cải thiện độ chính xác đo đạc. Phương pháp điện phân đã biết thông thường để làm giàu nước nặng bao gồm các bước điều chế dung dịch mẫu trong đó chất điện phân được hòa tan, và điện phân dung dịch này bằng cách sử dụng các bản điện cực phẳng được bố trí quay mặt vào nhau. Ngoài H₂O, nước chứa trong chất điện phân còn chứa HOD và HOT và chúng bị phân hủy thành hydro và oxy theo quá trình điện phân thông thường, nhưng H₂O dễ bị phân hủy hơn so với HOD và HOT bởi hiệu ứng đồng vị để tăng nồng độ của đơteri và triti trong chất điện phân, dẫn đến được làm giàu. Trong quá trình điện phân này, niken được sử dụng làm anốt, và thép, sắt, hoặc niken được sử dụng làm catốt, và các điện cực này được rửa và được sử dụng để điện phân trong điều kiện có dòng điện đi qua trong thùng chứa bằng thủy tinh chứa nước mẫu thu được bằng cách bổ sung natri hydroxit pha loãng dưới dạng muối mang vào dung dịch nước chứa nước nặng. Nước nặng thường được làm giàu bằng cách tiếp tục điện phân với mật độ dòng điện nằm trong khoảng từ 1 đến 10 A/dm² cho đến khi lượng chất lỏng bằng 1/10 hoặc nhỏ hơn trong khi nhiệt độ của

dung dịch được giữ ở 5°C hoặc thấp hơn để ngăn ngừa nước bay hơi do nhiệt sinh ra.

Nghĩa là, việc làm giàu bằng cách điện phân sử dụng tính chất là nước triti bị điện phân ít hơn nước hydro nhẹ. Phương pháp điện phân sử dụng các điện cực kim loại được đặt trong dung dịch nước chứa kiềm đã được nghiên cứu thường xuyên và được tiêu chuẩn hóa công khai trong sổ tay như là một phương pháp chuẩn. Phương pháp này bao gồm bước làm giàu nồng độ triti một giai đoạn. Tuy nhiên, trong thực tế, phương pháp chung để làm giàu bằng cách điện phân gặp một số vấn đề. Các vấn đề này nằm ở sự vận hành thử nghiệm phức tạp, tốc độ làm giàu triti bị giới hạn ở giới hạn trên của nồng độ chất điện phân, nguy cơ cháy nổ do sự xuất hiện của hỗn hợp khí hydro và oxy, thời gian điện phân dài, và tính không thích hợp để xử lý dung lượng lớn.

Do kỹ thuật được xem xét dựa trên quá trình phân tách một bước và quá trình thu tập chất pha loãng, nên các vấn đề này là do khó khăn với việc xử lý dung dịch điện phân nước chứa kiềm, khó khăn trong việc phân tách các chất khí được tạo ra trên cả hai điện cực, khó khăn trong việc tăng dòng điện điện phân do sự tạo ra các bọt khí trên bề mặt kim loại, v.v., xuất hiện chủ yếu trong phương pháp điện phân dung dịch nước chứa kiềm thông thường.

Mặt khác, gần đây một phương pháp điện phân nước được chú ý là phương pháp điện phân nước (sau đây được gọi là "phương pháp điện phân nước SPE") bằng cách sử dụng chất điện phân là polyme rắn (sau đây được gọi là "SPE"). Vào đầu những năm 1970, công ty US General Electric lần đầu tiên ứng dụng công nghệ pin nhiên liệu vào việc điện phân nước SPE theo cách sao cho phần điện phân có cấu tạo bao gồm màng SPE được đặt giữa các điện cực kim loại xếp được nhúng chìm trong nước tinh khiết, và quá trình điện phân được thực hiện chỉ bằng cách cho dòng điện đi qua để tạo ra khí phân hủy từ các điện cực xếp này. SPE là một loại nhựa trao đổi cation và có mạch polyme mà các nhóm axit sulfonic góp phần vào khả năng dẫn điện bằng ion liên kết hóa học với nó. Khi dòng điện được cho đi qua giữa hai điện cực, thì nước bị phân hủy, và khí oxy được tạo trên anốt, tạo ra ion hydro. Các ion hydro di chuyển qua các nhóm axit sulfonic trong SPE, tới catốt, và nhận electron để tạo ra khí

hydro. SPE rõ ràng được duy trì ở trạng thái rắn mà không bị thay đổi. Khi SPE được sử dụng để làm giàu triti bằng cách điện phân, các ưu điểm dưới đây có thể được mong đợi so với các phương pháp thông thường.

1) Nước cất có thể bị phân hủy trực tiếp. Nghĩa là, việc hòa tan, trung hòa, và loại bỏ chất điện phân cần cho phương pháp điện phân dung dịch nước chứa kiềm không còn cần thiết nữa, và yếu tố giảm thể tích của nước mẫu về cơ bản không bị giới hạn.

2) Bề mặt điện cực không bị che bởi các bọt khí, và do đó quá trình điện phân có thể được thực hiện với dòng điện lớn, nhờ đó giảm thời gian điện phân.

3) Do khí hydro và khí oxy được tạo ra tách biệt ở cả hai bên của màng SPE, nên các chất khí này có thể được xử lý dễ dàng. Điều này an toàn hơn nhiều so với phương pháp thông thường bao gồm bước xử lý hỗn hợp khí dễ cháy nổ.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân bằng cách điện phân nước SPE trong đơn yêu cầu cấp sáng chế chưa qua thẩm định của Nhật Bản số công bố 8-26703 (Patent số 3406390) và 8-323154 (Patent số 3977446) và trong ấn phẩm "Tritium Electrolytic Enrichment using Solid Polymer Electrolyte" (RADIOISOTOPES, Vol. 45, No. 5, May 1996 (phát hành bởi Japan Radioisotope Association)).

Tuy nhiên, phương pháp được đề xuất trong các tài liệu nêu trên chỉ có thể được ứng dụng cho thiết bị phân tích và việc xử lý làm giàu quy mô nhỏ, mà không thích hợp cho việc xử lý quy mô lớn. Không có dòng điện đi qua chất điện phân do chất điện phân được sử dụng là nước tinh khiết, và do đó màng polyme rắn được sử dụng dưới dạng một thành phần phải được kẹp chặt với anốt và catốt dưới áp suất bề mặt tương ứng với từ 20 đến 30 kg/cm². Vì vậy, các bộ phận của bể điện phân phải có độ bền cao, và xét về tính kinh tế và khả năng vận hành, khó có thể bảo đảm cho diện tích phản ứng lớn cỡ 1 m² hoặc lớn hơn, do đó bất lợi là làm tăng giá thành thiết bị để làm giàu và phân đoạn bằng cách điện phân nước nguyên liệu thô chứa một lượng lớn nước nặng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của chế là giải quyết các vấn đề nêu trên của kỹ thuật trước đây và đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân có thể làm giàu và phân đoạn bằng cách điện phân nước nguyên liệu thô chứa một lượng lớn nước nặng bằng phương pháp điện phân nước kiềm, và có thể tạo ra khí hydro có độ tinh khiết cao và/hoặc khí oxy có độ tinh khiết cao.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ nhất theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân, phương pháp này bao gồm bước làm giàu nước nặng bằng cách điện phân bằng bể điện phân nước kiềm bao gồm buồng anốt để chứa anốt, buồng catốt để chứa catốt, và màng ngăn chắn giữa buồng anốt và buồng catốt. Theo phương pháp làm giàu bằng cách điện phân, chất điện phân được điều chế bằng cách bổ sung nước kiềm có nồng độ cao vào nước nguyên liệu thô chứa nước nặng chứa triti được cấp tuần hoàn vào cả hai buồng điện phân bao gồm buồng anốt và buồng catốt từ thùng tuần hoàn chứa chất điện phân; thiết bị tách khí-lồng bên anốt và thiết bị bịt kín nước bên anốt được nối với buồng anốt, và thiết bị tách khí-lồng bên catốt và thiết bị bịt kín nước bên catốt được nối với buồng catốt; và việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được cấp vào cả hai buồng điện phân được duy trì ở nồng độ không đổi bằng cách cấp tuần hoàn, vào thùng tuần hoàn, chất điện phân từ đó chất khí được tạo từ mỗi trong số thiết bị tách khí-lồng bên anốt và thiết bị tách khí-lồng bên catốt được phân tách, nhờ đó làm giàu nước nặng trong chất điện phân. Đồng thời, khí hydro được thu hồi từ hoặc xả khỏi thiết bị tách khí-lồng bên catốt, và khí oxy được thu hồi từ hoặc xả khỏi thiết bị tách khí-lồng bên anốt.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ hai theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được duy trì ở nồng độ ban đầu bằng cách cấp nước nguyên liệu thô vào thùng tuần hoàn với lượng tương ứng với lượng nước bị mất đi bởi sự điện phân.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ ba theo sáng chế đề xuất phương

pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó nồng độ kiềm trong chất điện phân nằm trong khoảng từ 1,5% đến 40% khối lượng.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ tư theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó nồng độ kiềm trong chất điện phân nằm trong khoảng từ 20% đến 30% khối lượng.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ năm theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được duy trì ở nồng độ không đổi bằng cách cấp nước nguyên liệu thô vào thùng tuần hoàn để nồng độ kiềm trong chất điện phân không vượt quá 40% khối lượng.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ sáu theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được duy trì ở nồng độ không đổi bằng cách cấp nước nguyên liệu thô vào thùng tuần hoàn để nồng độ kiềm trong chất điện phân không vượt quá 30% khối lượng.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ bảy theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó áp suất trong buồng catôt và áp suất trong buồng anôt được điều chỉnh bằng cách điều chỉnh chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên catôt và chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên anôt, một cách tương ứng, để kiểm soát tỷ lệ khí oxy sinh ra trong buồng anôt và được trộn trong khí hydro sinh ra trong buồng catôt và/hoặc tỷ lệ khí hydro sinh ra trong buồng catôt và được trộn trong khí oxy sinh ra trong buồng anôt.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ tám theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó màng ngăn là màng ngăn trung hòa.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương án thứ chín theo sáng chế đề xuất phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân trong đó màng ngăn là màng trao đổi cation.

Theo sáng chế, chất thải có hoạt tính phóng xạ chứa một lượng lớn triti có thể được làm giàu và phân đoạn có hiệu quả bằng cách điện phân nước kiềm, và khí hydro và/hoặc khí oxy có nồng độ cao và độ tinh khiết cao có thể được thu hồi một cách hiệu quả.

Hơn nữa, theo sáng chế, buồng anốt và buồng catốt được bố trí ở cả hai bên của màng ngăn, và chất điện phân là kiềm thông thường được cấp tuần hoàn vào buồng anốt và buồng catốt từ một thùng tuần hoàn, để trong hệ thống vận hành, nồng độ kiềm trong buồng anốt và buồng catốt có thể luôn được kiểm soát ở cùng một nồng độ bằng cách trả lại và duy trì, vào và trong cùng một thùng tuần hoàn, chất điện phân được xả ra từ mỗi trong số buồng anốt và buồng catốt do quá trình điện phân chất điện phân mà làm giảm nồng độ kiềm trong buồng anốt và làm tăng nồng độ kiềm trong buồng catốt. Ngoài ra, nồng độ kiềm trong hệ thống có thể luôn được giữ ở một điều kiện ban đầu định trước bằng cách cấp nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước bị mất đi bởi quá trình điện phân. Trong trường hợp bất kỳ, phương pháp vận hành quy trình điện phân tuần hoàn nước kiềm là phương pháp vận hành có hiệu quả do việc quản lý vận hành đa dụng khi việc vận hành gián đoạn và vận hành liên tục của thiết bị có thể được thực hiện theo mục đích của việc vận hành thiết bị chỉ bằng cách điều chỉnh nồng độ kiềm định trước trong giai đoạn vận hành ban đầu. Ngoài ra, việc quản lý vận hành lại không phức tạp, và do đó việc vận hành an toàn có thể được thực hiện ở phạm vi nhà máy. Mặt khác, khi nồng độ kiềm có thể không được kiểm soát ở các điều kiện định trước, thì điện áp của bể thay đổi theo sự thay đổi của nồng độ kiềm, nhờ đó thay đổi lượng nhiệt được tạo bởi nhiệt lượng Joule. Khi nhiệt độ của bể tăng, lượng nước bay hơi cũng tăng, và do đó điều kiện làm mát cũng thay đổi. Vì vậy, sự thay đổi của nồng độ kiềm là không mong muốn do sự thay đổi của điều kiện vận hành đi kèm với sự thay đổi của nồng độ kiềm. Tuy nhiên, vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách điện phân nước kiềm theo sáng chế.

Hơn nữa, theo sáng chế, nước nặng có thể được làm giàu hiệu quả bằng cách điện phân nước kiềm với chất điện phân có nồng độ kiềm nằm trong khoảng từ 1,5% đến 4% khối lượng. Việc điện phân nước liên tục cho phép việc giảm thể tích mong

muốn theo lý thuyết, nhờ đó cho phép làm giàu đến một giá trị mong muốn.

Hơn nữa, theo sáng chế, trong quá trình điện phân, khi mỗi trong số khí anôt và khí catôt được tách bằng thiết bị tách khí-lông, sau đó bọt kín nước, và xả, thì tỷ lệ khí oxy sinh ra trong buồng anôt và được chuyển sang buồng catôt có thể được kiểm soát bằng cách kiểm soát áp suất khí ở bên catôt phải cao hơn hoặc thấp hơn áp suất khí ở bên anôt. Vì vậy, theo sáng chế, quá trình điện phân có thể được kiểm soát nằm trong giới hạn cháy nổ bằng cách kiểm soát tỷ lệ trộn giữa khí oxy và khí hydro, nhờ đó giảm nguy cơ cháy nổ và tạo ra khí hydro có độ tinh khiết cao và/hoặc khí oxy có độ tinh khiết cao.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là hình thể hiện sơ đồ dòng minh họa phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, phương án của sáng chế được mô tả dựa vào hình vẽ.

Fig.1 thể hiện sơ đồ dòng minh họa phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo một phương án của sáng chế. Trên Fig.1, số chỉ dẫn 1 dùng để chỉ bể điện phân nước kiềm, và bể điện phân nước kiềm 1 bao gồm buồng anôt 2 chứa anôt, buồng catôt 3 chứa catôt, và màng ngăn 4 chắn giữa buồng anôt 2 và buồng catôt 3. Số chỉ dẫn 5 dùng để chỉ thùng tuần hoàn; số chỉ dẫn 6 dùng để chỉ thùng nước kiềm trữ nước kiềm có nồng độ cao 7 thường chỉ cần đến để điều chỉnh chất điện phân kiềm tính ban đầu; số chỉ dẫn 8 dùng để chỉ bơm cấp để cấp nước kiềm 7 trong thùng nước kiềm 6 vào thùng tuần hoàn 5; số chỉ dẫn 9 dùng để chỉ thùng nguyên liệu trữ nước nguyên liệu thô 10; và số chỉ dẫn 11 dùng để chỉ bơm cấp để cấp nước nguyên liệu thô 10 trong thùng nguyên liệu 9 vào thùng tuần hoàn 5. Nước kiềm 7 và nước nguyên liệu thô 10 được trộn trong thùng tuần hoàn 5 để tạo ra chất điện phân 16 được điều chỉnh thành nước kiềm ở nồng độ định trước.

Chất điện phân được kiểm soát đến nồng độ định trước bằng cách trộn trong thùng tuần hoàn 5 được cấp vào buồng anôt 2 của bể điện phân nước kiềm 1 qua bơm

tuần hoàn 12a và thiết bị trao đổi nhiệt 13a và được cấp vào buồng catôt 3 của bể điện phân nước kiềm 1 qua bơm tuần hoàn 12b và thiết bị trao đổi nhiệt 13b.

Chất điện phân được kiểm soát đến nồng độ định trước của nước kiềm được điện phân trong buồng anôt 2 và được làm giàu bằng cách điện phân để tạo ra chất điện phân đã được làm giàu, và khí oxy được sinh ra trong buồng anôt 2. Khí oxy sinh ra và chất điện phân được tách thành chất khí và chất lỏng bằng thiết bị tách khí-lỏng 14a, và chất điện phân đã tách được tuần hoàn vào thùng tuần hoàn 5. Khí oxy đã tách bằng thiết bị tách khí-lỏng bên anôt 14a được rút kiệt qua thiết bị bịt kín nước bên anôt 15a.

Đồng thời, khí hydro được sinh ra trong buồng catôt 3. Khí hydro sinh ra và chất điện phân được tách thành chất khí và chất lỏng bằng thiết bị tách khí-lỏng bên catôt 14b, và chất điện phân đã tách được tuần hoàn vào thùng tuần hoàn 5. Khí hydro đã tách bằng thiết bị tách khí-lỏng bên anôt 14b được rút kiệt qua thiết bị bịt kín nước bên catôt 15b. Ngoài ra, nước được cung cấp dưới dạng nước nguyên liệu thô được cung cấp từ thùng nguyên liệu 9 bằng cách cung cấp nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước bị mất đi bởi sự điện phân để tiếp tục điện phân trong khi vẫn duy trì điều kiện điện phân không đổi và kiểm soát nồng độ kiềm trong cả hai buồng điện phân.

Chất điện phân có nồng độ kiềm được điều chỉnh ban đầu có thể được duy trì bằng cách cung cấp liên tục nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước bị mất đi bởi sự điện phân. Mặt khác, việc vận hành gián đoạn để giảm thể tích của chất điện phân (nước nguyên liệu thô cần được xử lý) cũng có thể được thực hiện bằng cách tiếp tục tuần hoàn sự điện phân gián đoạn nước kiềm mà không cung cấp liên tục nước nguyên liệu thô.

Điều kiện điện phân nước kiềm

Khi điện phân nước kiềm theo sáng chế, chất điện phân được điều chế bằng cách bổ sung nước kiềm có nồng độ cao vào nước nguyên liệu thô gồm nước nặng chứa triti sao cho một nồng độ kiềm định trước thu được được sử dụng làm chất điện

phân. Tốt hơn là, chất điện phân là kiềm ăn da như kali hydroxit, natri hydroxit, hoặc chất tương tự, và tốt hơn là nồng độ của chúng nằm trong khoảng từ 1,5% đến 40% khối lượng. Cụ thể, xét về khía cạnh ngăn sự tiêu thụ điện, nồng độ nằm trong khoảng từ 15% đến 40% khối lượng trong vùng có độ dẫn điện cao được ưu tiên. Tuy nhiên, xét về chi phí điện phân, khả năng chống ăn mòn, độ nhớt, và khả năng vận hành, tốt hơn nữa nếu nồng độ nằm trong khoảng từ 20% đến 30% khối lượng.

Tốt hơn là, nồng độ của nước kiềm có nồng độ cao được bổ sung vào nước nguyên liệu thô nằm trong khoảng từ 10% đến 30% khối lượng.

Phương pháp vận hành với nồng độ kiềm không đổi bao gồm, ví dụ, bước cung cấp liên tục nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước đã tiêu thụ sau khi kiểm soát nồng độ kiềm ban đầu. Khi cần vận hành gián đoạn để giảm thể tích của nước nguyên liệu thô cần được xử lý, phương pháp kiểm tra mức độ giảm lượng chất điện phân được điều chỉnh ban đầu có thể được sử dụng. Trong trường hợp này, nồng độ kiềm đã điều chỉnh ban đầu tăng tỷ lệ với lượng nước giảm.

Để làm vùng nồng độ kiềm, vùng trong đó điện trở của chất lỏng tăng là không mong muốn. Ví dụ, khi nồng độ kiềm vượt quá 40% khối lượng, các khí sinh ra có xu hướng trở nên khó tách ra khỏi chất điện phân (do sự tăng độ nhớt của chất lỏng), và do đó điện áp của bể tăng, dẫn đến sự tăng nhiệt độ của bể do việc sinh ra nhiệt lượng Joule và nhu cầu về quản lý vận hành quá mức như nhu cầu làm mát chất điện phân hoặc nhu cầu tương tự.

Vì vậy, do nồng độ kiềm tăng nhờ làm giàu nước nguyên liệu thô, ưu tiên nếu nồng độ kiềm được giữ không đổi bằng cách bổ sung nước nguyên liệu thô để nồng độ kiềm không vượt quá 40% khối lượng hoặc 30% khối lượng.

Theo sáng chế, xét về mặt kinh tế, nước nặng được làm giàu gấp khoảng 10 lần nhờ việc giảm thể tích bằng cách điện phân, và khi nồng độ ban đầu của nước nặng trong nước nguyên liệu thô bằng 2,5% khối lượng, nồng độ cuối cùng bằng 25% khối lượng do nước được giải phóng bằng cách điện phân.

Hệ thống nút nước

Hơn nữa, theo sáng chế, chất điện phân từ đó khí sinh ra được tách ra bởi mỗi trong số các thiết bị tách khí-lông 14a và 14b được cấp tuần hoàn vào từng buồng điện phân bao gồm buồng anốt 2 và buồng catốt 3, nhờ đó kiểm soát được nồng độ kiềm trong cả hai buồng điện phân. Đồng thời, nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước bị mất đi bởi việc điện phân được cấp vào cả hai buồng điện phân bao gồm buồng anốt 2 và buồng catốt 3 từ thùng nguyên liệu 9 qua thùng tuần hoàn 5. Vì vậy, nước nặng trong nước nguyên liệu thô được làm giàu bằng cách tiếp tục điện phân trong khi vẫn duy trì điều kiện điện phân không đổi.

Để kiểm soát nồng độ không đổi, nước nguyên liệu thô 10 với lượng tương ứng với lượng nước tiêu thụ được cấp liên tục vào thùng tuần hoàn 5.

Mặt khác, ngay cả khi nồng độ kiềm được phép tăng dần dần đến nồng độ cao lên đến giới hạn nồng độ của việc điện phân nước kiềm bằng 40% khối lượng, sự giảm thể tích của chất điện phân có thể được xác nhận. Ngoài ra, trong điều kiện này, nồng độ cuối cùng bằng 40% khối lượng sau đó có thể được duy trì bằng cách bắt đầu cung cấp nước nguyên liệu thô.

Vì vậy, hệ thống tuần hoàn được đề xuất theo sáng chế có thể được vận hành bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp này và do đó có độ linh hoạt.

Hơn nữa, theo sáng chế, áp suất trong buồng catốt 3 và áp suất trong buồng anốt 2 được kiểm soát bằng cách kiểm soát chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên catốt 15b và thiết bị bịt kín nước bên anốt 15a, một cách tương ứng, để kiểm soát tỷ lệ khí oxy sinh ra trong buồng anốt 2 và được trộn với khí hydro sinh ra trong buồng catốt 3.

Khí anốt (khí oxy) và khí catốt (khí hydro) được tách bằng thiết bị tách khí-lông bên anốt 14a và thiết bị tách khí-lông bên catốt 14b, được bịt kín nước trong thiết bị bịt kín nước bên anốt 15a và thiết bị bịt kín nước bên catốt 15b, một cách tương ứng, và sau đó được rút kiệt. Trong trường hợp này, chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên catốt 15b được kiểm soát để phải cao hơn chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên anốt 15a sao cho áp suất khí ở bên catốt cao hơn áp suất khí ở

bên anôt. Điều này có thể làm giảm việc chuyển khí oxy sinh ra trong buồng anôt 2 sang buồng catôt 3, nhờ đó cải thiện độ tinh khiết của khí hydro. Ngược lại, khi độ tinh khiết của khí oxy cần được cải thiện, chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên anôt 15a được kiểm soát để phải cao hơn chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên catôt 15b sao cho áp suất khí ở bên anôt cao hơn áp suất khí ở bên catôt. Điều này có thể làm giảm việc chuyển khí hydro sinh ra trong buồng catôt 3 sang buồng anôt 2, nhờ đó cải thiện độ tinh khiết của khí oxy.

Bể điện phân nước kiềm

Bể điện phân hai buồng bao gồm anôt và catôt được bố trí ở cả hai bên của màng ngăn 4 được sử dụng làm bể điện phân nước kiềm 1. Ngoài ra, bể điện phân khe hở bằng không (zero-gap) bao gồm anôt và catôt dính vào màng ngăn 4, bể điện phân hữu hạn bao gồm anôt và catôt được bố trí hơi cách khỏi màng ngăn 4, hoặc bể điện phân kiểu cách xa bao gồm anôt và catôt được bố trí cách khỏi màng ngăn 4 đều có thể được sử dụng. Để ngăn sự thay đổi vị trí và sự dao động của màng và ngăn sự hư hỏng đối với màng ngăn 4 khi vận hành, tốt hơn là áp suất vi sai khi vận hành được tạo ra giữa buồng anôt và buồng catôt, tùy thuộc vào mật độ dòng điện vận hành. Ví dụ, áp suất vi sai nằm trong khoảng từ 50 đến 500 mmH₂O có thể được tạo ra, và áp suất vi sai này cho phép kiểm soát thêm tỷ lệ khí oxy sinh ra trong buồng anôt 2 và được trộn trong khí hydro sinh ra trong buồng catôt 3.

Bên cạnh đó, khi màng ngăn trung hòa được sử dụng làm màng ngăn, kích thước lỗ của màng ngăn được sử dụng giảm hoặc màng ngăn với bề mặt được xử lý đặc biệt được sử dụng sao cho việc chuyển khí oxy sinh ra trong buồng anôt sang buồng catôt hoặc việc chuyển khí hydro sinh ra trong buồng catôt sang buồng anôt có thể giảm.

Màng ngăn

Màng ngăn trung hòa, màng trao đổi cation kiểu flo hoặc kiểu hydrocacbon để điện phân nước muối, và màng trao đổi cation dùng cho pin nhiên liệu đều có thể được sử dụng làm màng ngăn 4. Khi màng trao đổi cation được sử dụng, nồng độ hydro

trong oxy bằng khoảng 0,13% ở nồng độ oxy trong hydro bằng 0,07%.

Mặt khác, khi màng ngăn trung hòa được xử lý đặc biệt được sử dụng làm màng ngăn 4, nồng độ hydro trong oxy nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,08% ở nồng độ oxy trong hydro nằm trong khoảng từ 0,06% đến 0,09%.

Anôt và catôt

Anôt và catôt được chọn làm từ vật liệu chịu được sự điện phân nước kiềm và có điện áp quá mức anôt và điện áp quá mức catôt thấp, một cách tương ứng. Nói chung, anôt làm từ sắt hoặc sắt mạ Ni được sử dụng, và catôt làm từ vật liệu nền Ni hoặc vật liệu nền Ni được phủ vật liệu catôt hoạt tính được sử dụng. Lưới giãn niken, lưới giãn niken xốp, điện cực kim loại bao gồm nền sắt có bề mặt được phủ kim loại quý hoặc oxit của nó, hoặc chất tương tự đều có thể được sử dụng làm một trong số anôt và catôt.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ về sáng chế được mô tả, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Ví dụ 1

Thử nghiệm được thực hiện với bể điện phân có diện tích điện phân bằng 1,0 dm². Cả buồng anôt (thể tích 400 ml) lẫn buồng catôt (thể tích 400 ml) đều làm từ Ni, và anôt bao gồm lưới giãn (chiều dày 0,8 mm × chiều rộng ngắn (short width: SW) 3,7 mm × chiều rộng dài (long width: LW) 8,0 mm) với lớp phủ anôt hoạt tính. Catôt là lưới mau (chiều dày 0,15 mm × SW 2,0 mm × LW 1,0 mm) với lớp phủ catôt hoạt tính gốc kim loại quý.

Màng gốc polypropylen dày 100 µm được sử dụng làm màng ngăn, được đặt giữa hai điện cực, và được lắp với khoảng trống bằng không.

Quy trình thử nghiệm như được minh họa trên Fig.1, trong đó nhiệt độ điện phân được kiểm soát bằng thiết bị gia nhiệt được bố trí ở đáy của bể điện phân. Chất điện phân được tuần hoàn bằng phương pháp trong đó chất điện phân được cấp bởi

bơm tuần hoàn 12a và 12b với lưu lượng nằm trong khoảng từ 40 đến 60 ml/phút vào buồng anốt 2 và buồng catốt 3 qua các vòi cấp chất điện phân từ thùng tuần hoàn 5 (thể tích chất điện phân: 2,5 L) được bố trí bên dưới bể điện phân nước kiềm 1. Chất lỏng ở dạng lưu chất khí-lỏng được xả từ các vòi bên trên của bể điện phân 1 được quay trở lại thùng tuần hoàn 5 qua thiết bị tách khí-lỏng 14a và 14b, và chất khí được xả ra ngoài. Điều kiện vận hành bao gồm 40 A/dm², KOH 10% khối lượng, nhiệt độ điện phân nằm trong khoảng từ 75°C đến 85°C, và áp suất trong hệ thống bể được xác định bằng cách bịt kín nước cho khí oxy và khí hydro được xả khỏi buồng anốt và buồng catốt, một cách tương ứng. Để ngăn sự rung của màng ngăn khi vận hành, áp suất vi sai giữa buồng anốt và buồng catốt được giữ ở khoảng từ 50 đến 100 mmH₂O.

Mặt khác, chiều cao chất lỏng trong mỗi trong số các hệ thống bịt kín nước có thể được kiểm soát tùy thuộc vào khí nào trong khí hydro và khí oxy đã sinh ra được mong đợi có độ tinh khiết mong muốn. Trong ví dụ này, để tăng độ tinh khiết của hydro, áp suất vi sai bằng 50 mmH₂O với áp suất được tác dụng vào catốt.

Theo quy trình thực tế, một lượng lớn nước nguyên liệu thô được xử lý đơn giản bằng cách cung cấp liên tục nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước bị thủy phân. Tuy nhiên, trong ví dụ này, tính hiệu quả được kiểm tra bằng cách xác định tốc độ làm giàu nước mẫu chứa triti, điện áp của bể, và độ tinh khiết của hydro mà không bổ sung nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước bị thủy phân vào chất điện phân đã điều chế ban đầu trong hệ thống tuần hoàn.

Khi việc vận hành được tiếp tục cho đến khi trị số dòng điện tích hợp bằng 4800 Ah (vận hành liên tục trong thời gian 5 ngày), tổng lượng chất điện phân giảm xuống 1,7 L từ thể tích đã điều chế ban đầu bằng 3,3 L. Xét về khía cạnh bay hơi ít và lượng nước không được thu hồi trong các ống điện phân bất chấp việc thu hồi từ hệ thống, lượng nước giảm là giá trị gần như tương ứng với giá trị lý thuyết.

Kết quả là, chất điện phân với thể tích bằng 4,125 lần thể tích của bể điện phân được làm giàu gấp 1,96 lần. Điều này cho thấy là nước nguyên liệu thô với thể tích bằng 4 lần hoặc lớn hơn 4 lần thể tích của bể điện phân có thể được xử lý dễ dàng, và quá trình làm giàu liên tục có thể được thực hiện bằng cách cung cấp liên tục nước

nguyên liệu thô. Nghĩa là, từ quan điểm giảm thể tích của nước nguyên liệu thô, thể tích của nước nguyên liệu thô có thể giảm tỷ lệ với trị số của dòng điện tích hợp đặt vào hệ thống.

Chất điện phân KOH 10% khối lượng được điều chế ban đầu cuối cùng là KOH 19,6% khối lượng sau khi cung cấp dòng điện bằng 4800 Ah. Điều này cho thấy là nồng độ tăng lên một trị số tương ứng với lượng nước mất đi. Nghĩa là, điều này chỉ ra rằng kiềm đã điều chế ban đầu (ở đây là, kiềm ăn da KOH) vẫn còn trong hệ thống mà không bị tiêu thụ. Điều tương tự cũng được áp dụng cho trường hợp trong đó xút ăn da NaOH được sử dụng làm kiềm, và kiềm này không bị giới hạn ở kali hydroxit KOH.

Mặt khác, nồng độ kiềm đã điều chỉnh ban đầu có thể được giữ ở trị số ban đầu bằng cách cung cấp liên tục nước nguyên liệu thô với lượng tương ứng với lượng nước bị thủy phân.

Khi dòng điện tích hợp bằng 4800 Ah, các thông số điện áp, độ tinh khiết của hydro, và tỷ lệ thu hồi triti như dưới đây.

Kết quả thử nghiệm: điện áp 1,7 V, độ tinh khiết của hydro 99,9%, tỷ lệ thu hồi triti 0,6.

Tất cả các thông số độ tinh khiết của chất khí, tỷ lệ thu hồi triti, và điện áp vận hành đều tốt.

Ví dụ 2

Thử nghiệm được thực hiện bằng phương pháp tương tự như trong ví dụ 1 ngoại trừ là màng PTFE có chiều dày nằm trong khoảng từ 70 đến 90 μm và kích thước lỗ trung bình bằng 1 μm hoặc nhỏ hơn được sử dụng làm màng ngăn. Kết quả thử nghiệm như dưới đây.

Kết quả thử nghiệm: điện áp 1,95 V, độ tinh khiết của hydro 98,9%, tỷ lệ thu hồi triti 0,6.

Tất cả các thông số độ tinh khiết của chất khí, tỷ lệ thu hồi triti, và điện áp vận hành đều tốt.

Ví dụ 3

Thử nghiệm được thực hiện bằng phương pháp tương tự như trong ví dụ 1 ngoại trừ là màng trao đổi ion để điện phân nước muối được sử dụng làm màng ngăn. Kết quả thử nghiệm như dưới đây.

Màng trao đổi cation được sử dụng: Flemion (tên thương mại của Asahi Glass Co., Ltd.) F8020SP

Kết quả thử nghiệm: điện áp 2,1 đến 2,4 V, độ tinh khiết của hydro 99,93%, tỷ lệ thu hồi triti 0,6

Thu được độ tinh khiết cao nhất của chất khí và tỷ lệ thu hồi triti tốt, nhưng điện áp vận hành cao, dẫn đến xu hướng tăng mức tiêu thụ điện.

Ví dụ 4

Thử nghiệm được thực hiện bằng phương pháp tương tự như trong ví dụ 1 ngoại trừ là màng trao đổi ion dùng cho pin nhiên liệu được mô tả dưới đây được sử dụng làm màng ngăn. Kết quả thử nghiệm như dưới đây.

Màng trao đổi cation được sử dụng: Nafion (tên thương mại của DuPont Company) N117

Kết quả thử nghiệm: điện áp 2,3 đến 2,6 V, độ tinh khiết của hydro 99,92%, tỷ lệ thu hồi triti 0,6

Thu được độ tinh khiết của chất khí tốt và tỷ lệ thu hồi triti tốt, nhưng điện áp vận hành rất cao, dẫn đến xu hướng tăng mức tiêu thụ điện.

Theo sáng chế, chất thải phóng xạ chứa lượng lớn triti có thể được làm giàu và phân đoạn hiệu quả bằng cách điện phân nước kiềm có nồng độ cao, và khí hydro có nồng độ cao và độ tinh khiết cao có thể được thu hồi hiệu quả. Ngoài ra, nồng độ kiềm trong hệ thống có thể luôn được giữ không đổi bằng cách bố trí buồng anốt và buồng catốt ở cả hai bên của màng ngăn và cấp tuần hoàn chất điện phân kiềm thông thường vào cả buồng anốt và buồng catốt từ thùng tuần hoàn. Vì vậy, việc vận hành ở quy mô nhà máy có thể được thực hiện an toàn, nhờ đó có thể sử dụng trong phạm vi rộng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân, phương pháp này bao gồm bước:

làm giàu nước nặng bằng cách điện phân sử dụng bể điện phân nước kiềm gồm buồng anôt chứa anôt, buồng catôt chứa catôt, và màng ngăn chắn giữa buồng anôt và buồng catôt,

trong đó

chất điện phân được điều chế bằng cách bổ sung nước kiềm có nồng độ cao vào nước nguyên liệu thô gồm nước nặng chứa triti được cấp tuần hoàn vào cả hai buồng điện phân bao gồm buồng anôt và buồng catôt từ thùng tuần hoàn chứa chất điện phân;

thiết bị tách khí-lông bên anôt và thiết bị bịt kín nước bên anôt được nối với buồng anôt, và thiết bị tách khí-lông bên catôt và thiết bị bịt kín nước bên catôt được nối với buồng catôt; và

việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được cấp vào cả hai buồng điện phân được duy trì ở nồng độ không đổi bằng cách cấp tuần hoàn chất điện phân từ đó chất khí sinh ra từ mỗi trong số thiết bị tách khí-lông bên anôt và thiết bị tách khí-lông bên catôt được tách vào thùng tuần hoàn, sao cho nước nặng trong chất điện phân được làm giàu và, đồng thời, khí hydro được thu hồi hoặc xả ra khỏi thiết bị tách khí-lông bên catôt và khí oxy được thu hồi hoặc xả ra khỏi thiết bị tách khí-lông bên anôt.

2. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 1, trong đó việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được duy trì ở nồng độ ban đầu bằng cách cấp nước nguyên liệu thô vào thùng tuần hoàn với lượng tương ứng với lượng nước mất đi bởi việc điện phân.

3. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 1, trong đó nồng độ kiềm trong chất điện phân nằm trong khoảng từ 1,5% đến 40% khối lượng.

4. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 1, trong đó nồng độ kiềm trong chất điện phân nằm trong khoảng từ 20% đến 30% khối lượng.

5. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 1, trong đó việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được duy trì ở nồng độ không đổi bằng cách cấp nước nguyên liệu thô vào thùng tuần hoàn sao cho nồng độ kiềm trong chất điện phân không vượt quá 40% khối lượng.
6. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 5, trong đó việc điện phân được tiếp tục trong khi nồng độ kiềm trong chất điện phân được duy trì ở nồng độ không đổi bằng cách cấp nước nguyên liệu thô vào thùng tuần hoàn sao cho nồng độ kiềm trong chất điện phân không vượt quá 30% khối lượng.
7. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 1, trong đó áp suất trong buồng catốt và áp suất trong buồng anốt được điều chỉnh bằng cách điều chỉnh lần lượt chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên catốt và chiều cao của mặt nước trong thiết bị bịt kín nước bên anốt, để kiểm soát tỷ lệ khí oxy sinh ra trong buồng anốt được trộn vào trong khí hydro sinh ra trong buồng catốt và/hoặc tỷ lệ khí hydro sinh ra trong buồng catốt được trộn vào trong khí oxy sinh ra trong buồng anốt.
8. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 1, trong đó màng ngăn là màng ngăn trung hòa.
9. Phương pháp làm giàu nước nặng bằng điện phân theo điểm 1, trong đó màng ngăn là màng trao đổi cation.

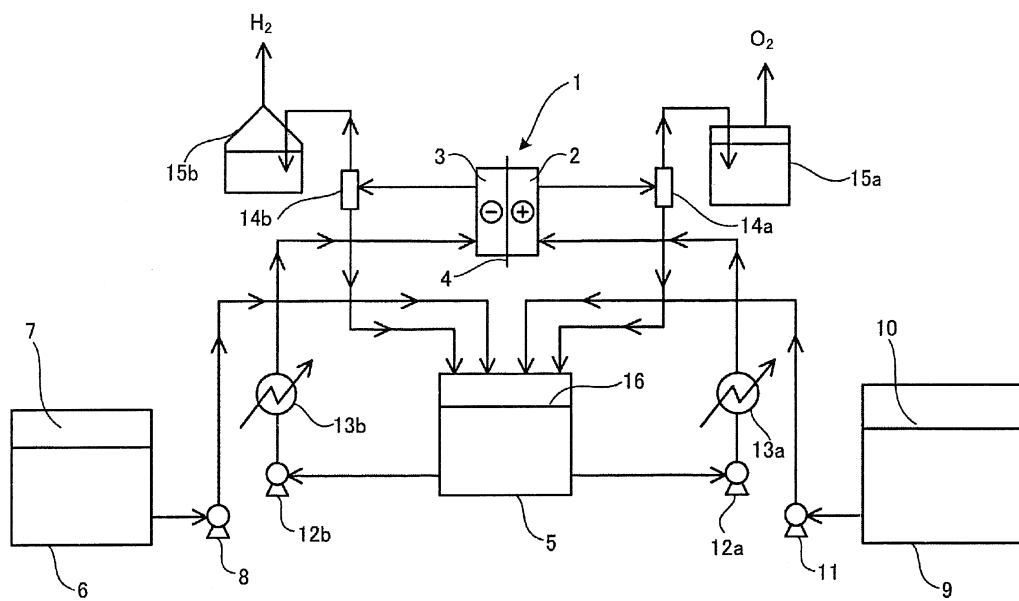


Fig. 1