



(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

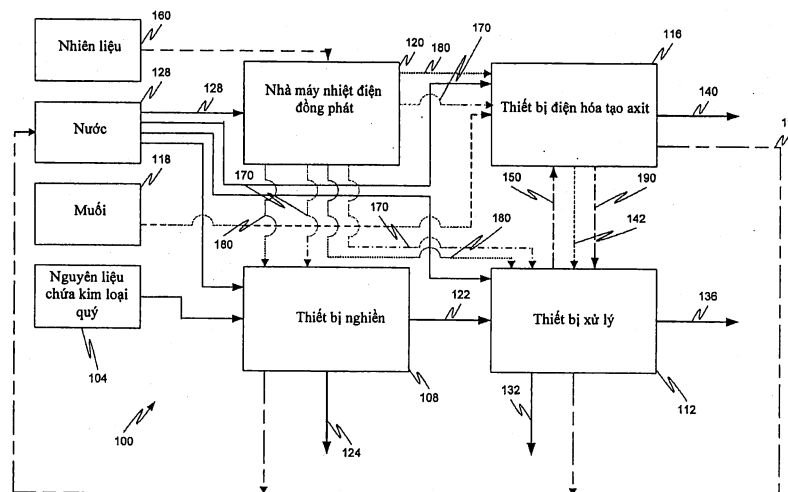
(11) 
1-0019996

(51)⁷ **C01F 17/00, C22B 3/02, 3/04, 3/20, 3/42, 23/00, 34/34** (13) **B**

- (21) 1-2012-02500 (22) 21.01.2011
(86) PCT/US2011/022018 21.01.2011 (87) WO2011/091231 28.07.2011
(30) 61/297,536 22.01.2010 US
61/427,745 28.12.2010 US
61/432,075 12.01.2011 US
(45) 26.11.2018 368 (43) 25.12.2012 297
(73) MOLYCORP MINERALS LLC (US)
5619 DTC Parkway, Suite 1000, Greenwood Village, CO 80111, United States
(72) BURBA, John (US)
(74) Công ty TNHH Trường Xuân (AGELESS CO.,LTD.)

(54) **QUY TRÌNH THỦY LUYỆN ĐỂ THU HỒI KIM LOẠI**

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình xử lý khoáng chất trong nhà máy nhiệt điện đồng phát cung cấp năng lượng điện và nhiệt thải cho các thiết bị khác và thiết bị điện hóa tạo axit để tạo ra axit vô cơ từ muối để sử dụng trong việc thu hồi kim loại quý. Cụ thể, sáng chế đề cập đến quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm các bước: cho nguyên liệu chứa kim loại quý là đất hiếm tiếp xúc với dung dịch ngâm chiết chứa thành phần axit; thu hồi kim loại quý hòa tan để tạo ra sản phẩm kim loại quý và dung dịch muối là sản phẩm phụ; loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất đa hóa trị được chọn khỏi dung dịch muối là sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế thứ nhất; loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất hữu cơ khỏi dung dịch muối tinh chế thứ nhất để tạo ra dung dịch muối tinh chế thứ hai; chuyển hóa điện hóa dung dịch muối tinh chế thứ hai thành thành phần axit và bazơ; quay vòng thành phần axit của bước chuyển hóa điện hóa về bước cho tiếp xúc; và quay vòng thành phần bazơ của bước chuyển hóa điện hóa về ít nhất một trong số các bước cho tiếp xúc và bước chuyển hóa.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các lĩnh vực xử lý khoáng sản, và cụ thể hơn là đề cập đến quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phương pháp phổ biến để thu hồi kim loại quý từ quặng và tinh quặng là bằng cách ngâm chiết với axit vô cơ. Ví dụ, các kim loại đất hiếm thường được thu hồi từ quặng batnaezit (Bastnaesite) bằng cách ngâm chiết đá nguyên sinh với axit clohydric. Urani có thể được thu hồi từ đá nguyên sinh chứa urani bằng cách ngâm chiết với axit phosphoric. Đồng, berili, niken, sắt, chì, molybden, nhôm, và mangan có thể được thu hồi từ đá nguyên sinh bằng cách ngâm lọc với axit nitric. Đồng, berili, niken, sắt, chì, molybden, nhôm, germani, urani, vàng, bạc, coban, và mangan có thể được thu hồi từ đá nguyên sinh bằng cách ngâm chiết với axit sulfuric, axit clohydric.

Việc ngâm chiết có hiệu quả để hòa tan các kim loại quý, tuy nhiên vẫn có một số nhược điểm. Quy trình thủy luyện cần có nước, mà nước có thể chỉ có sẵn với lượng hạn chế và thường là nước mặn. Hơn nữa, nước xử lý bất kỳ được tạo ra phải được thải bỏ một cách thích hợp. Thông thường, nước xử lý được thải bỏ bằng cách sử dụng hồ bay hơi, điều này gây tốn kém chi phí xây dựng và có hại cho môi trường. Các hồ bay hơi để lại ảnh hưởng cho môi trường trong thời gian dài. Hơn nữa, quy trình ngâm chiết đòi hỏi sử dụng năng lượng điện. Trong khi đó có thể gặp khó khăn hoặc tốn kém để có được nguồn năng lượng điện, đặc biệt là khi mỏ khoáng sản ở vị trí xa. Điều này thường đòi hỏi các nhà khai thác mỏ phải tốn chi phí đầu tư xây dựng và điều hành cao, với đầy đủ thiết bị phát điện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Những vấn đề nêu trên và các nhược điểm có thể được giải quyết bằng các khía cạnh, phương án, và kết cấu khác nhau được bộc lộ dưới đây.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất quy trình để thu hồi kim loại quý từ nguyên liệu chứa kim loại quý bằng cách sử dụng axit vô cơ được tạo ra bằng quy trình tạo axit điện hóa, chẳng hạn bình clo kim loại kiềm hoặc hệ thống điện thẩm tách màng lưỡng cực.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm các bước:

a) cho nguyên liệu chứa kim loại quý tiếp xúc với dung dịch ngâm chiết để tạo ra dung dịch ngâm chiết chứa kim loại quý được hòa tan;

b) thu hồi kim loại quý được hòa tan để tạo ra sản phẩm chứa kim loại quý và dung dịch muối là sản phẩm phụ, trong đó dung dịch muối là sản phẩm phụ này được tạo ra từ phản ứng của axit với bazơ trong một hoặc cả hai bước tiếp xúc và thu hồi;

(c) chuyển hóa dung dịch muối là sản phẩm phụ thành axit và bazơ bằng một hoặc cả hai thiết bị là bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực; và

d) quay vòng ít nhất một trong số thành phần axit và bazơ về bước tiếp xúc và/hoặc bước thu hồi.

Thông thường, phần lớn dung dịch muối là sản phẩm phụ được chuyển hóa thành axit và bazơ và phần lớn axit và bazơ được quay vòng;

Trong một ứng dụng, axit là thành phần của dung dịch ngâm chiết, kim loại quý là đất hiếm, thành phần axit là axit clohydric, muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc nhiều loại trong số natri clorua và kali clorua, bazơ là một hoặc nhiều loại trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt, và sản phẩm chứa kim loại quý là oxit đất hiếm.

Trong một ứng dụng khác, axit là thành phần của dung dịch ngâm chiết, bình điện thẩm tách màng lưỡng cực được sử dụng, kim loại quý là một hoặc nhiều kim loại trong số đồng, berili, niken, sắt, chì, molybden, và mangan, các thành phần axit là axit nitric, muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc nhiều muối trong số natri nitrat và kali nitrat, và bazơ là một hoặc nhiều bazơ trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt.

Trong ứng dụng khác, axit là thành phần của dung dịch ngâm chiết, bình điện thẩm tách màng lưỡng cực được sử dụng, kim loại quý là urani, thành phần axit là axit phosphoric, muối trong dung dịch muối là sản phẩm phụ là một hoặc nhiều muối trong số natri phosphat và kali phosphat, và bazơ là một hoặc nhiều bazơ trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt.

Trong một ứng dụng khác nữa, axit là thành phần của dung dịch ngâm chiết, bình điện thẩm tách màng lưỡng cực được sử dụng, kim loại quý là một hoặc nhiều kim loại trong số kim loại nhóm platin, đồng, berili, niken, sắt, chì, nhôm, molybden, gecmani, urani, vàng, bạc, kẽm, thiếc, titan, crôm, mangan, muối trong dung dịch muối là sản phẩm phụ là một hoặc nhiều muối trong số natri sulfat và kali sulfat, thành phần axit là axit (hydro) sulfuric, và bazơ là một hoặc nhiều bazơ trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt.

Trong một ứng dụng khác nữa, axit là thành phần của dung dịch ngâm chiết, kim loại quý là một hoặc nhiều kim loại trong số ytri, scandi, kim loại thuộc họ lantanit, kim loại họ platin, đồng, crom, berili, niken, sắt, chì, molybden, nhôm, gecmani, urani, vàng, bạc, coban, kẽm, thiếc, titan, mangan, muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc nhiều muối trong số natri clorua và kali clorua, các thành phần axit là axit clohydric, và bazơ là một hoặc nhiều bazơ trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt.

(Các) quy trình có thể bao gồm tinh chế các dung dịch muối là sản phẩm phụ ngay sau thiết bị điện hóa tạo axit. Theo một ví dụ, ít nhất là phần lớn tạp chất đa hóa trị được chọn được loại bỏ khỏi dung dịch muối là sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế. Tạp chất đa hóa trị được lựa chọn thường là cation, cation này được loại bỏ ra khỏi dung dịch muối là sản phẩm phụ nhờ sự kết tủa được thực hiện bằng cách làm thay đổi độ pH do sự tiếp xúc giữa bazơ và dung dịch muối sản phẩm phụ. Theo một ví dụ khác, các tạp chất cần được loại bỏ là chất hữu cơ, các chất này có thể có nguồn gốc từ thức ăn chăn nuôi và/hoặc kết quả từ việc sử dụng các tác nhân hữu cơ trong quy trình.

(Các) quy trình cũng có thể bao gồm cô đặc dung dịch muối tinh chế bằng thiết bị cô đặc muối để tạo ra dung dịch muối tinh chế và đặc sau đó đưa dung dịch muối tinh chế và đặc và axit vô cơ vào bể tuần hoàn anolyt. Dung dịch muối được lấy ra từ bể và đưa vào thiết bị điện hóa tạo axit.

Để sản xuất axit clohydric một cách hiệu quả, sự cân bằng tỷ lệ lượng xấp xỉ thường được duy trì giữa khí clo và khí hydro được tạo ra trong bước chuyển hóa.

Quy trình này có thể áp dụng cụ thể với hoạt động thu hồi kim loại trong đó axit và bazơ được phản ứng để tạo ra sản phẩm phụ là dung dịch muối. Dung dịch muối là

sản phẩm phụ này được chuyển hóa điện hóa thành các thành phần axit và bazơ, sau đó các thành phần này được tái sử dụng trong quy trình.

Theo phương án khác, nhà máy nhiệt điện đồng phát được sử dụng để cung cấp nhiệt thải và năng lượng điện cho các bước thích hợp của quy trình thu hồi kim loại.

Các phương án, khía cạnh, và các kết cấu có thể cung cấp một số lợi thế tùy thuộc vào kết cấu cụ thể. Đầu tiên, quy trình có thể được sử dụng để loại bỏ dung dịch nước mặn từ tầng chứa nước bề mặt và/hoặc tạo ra bởi các quy trình công nghiệp. Thiết bị điện hóa tạo axit chuyển hóa nước muối thải (ví dụ, natri clorua), chẳng hạn từ hồ bay hơi và tầng chứa nước bề mặt, thành axit vô cơ (ví dụ, axit clohydric) và các sản phẩm có giá trị khác, như là natri hydroxyt và kali hipoclorit. Axit vô cơ và các sản phẩm có giá trị khác có thể được sử dụng trong quy trình công nghiệp (ví dụ, quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại quý) và/hoặc để bán. Việc quay vòng vật liệu có thể làm giảm đáng kể các yêu cầu về các chất phản ứng axit và kiềm. Nhà máy nhiệt điện đồng phát có thể cung cấp năng lượng và nhiệt cho thiết bị tạo axit. Sự kết hợp này có thể tạo ra tác động tích cực đến môi trường. Theo một ví dụ, hàng năm có khoảng 936.000 pound (424562,46 kg) nước và 104.000.000 pound (47173606 kg) muối được quay vòng trở lại thiết bị xử lý khoáng sản. Phương pháp này có thể tránh được các yêu cầu về các hồ nước thải mà gây ảnh hưởng đến môi trường trong một thời gian dài trong khi giảm được chi phí hoạt động. Ví dụ, chi phí cho chất phản ứng và các yêu cầu vận chuyển có thể được giảm đáng kể. Bởi vì nước được quay vòng bên trong, nên yêu cầu về nước ngọt có thể được giảm đáng kể.

Những lợi ích này và lợi ích khác sẽ được làm rõ hơn từ phần mô tả dưới đây.

Như được sử dụng ở đây, khái niệm "ít nhất một", "một hoặc nhiều", và "và/hoặc" là các cách diễn đạt mở bao gồm cả tính tổng quát và tính phân biệt trong diễn tả. Ví dụ, mỗi cách diễn đạt "ít nhất một trong số A, B, và C", "ít nhất một trong số A, B, hoặc C", "một hoặc nhiều trong số A, B, và C", "một hoặc nhiều trong số A, B, hoặc C" và "A, B, và/hoặc C" có nghĩa là chỉ riêng A, chỉ riêng B, chỉ riêng C, cả A và B, cả A và C, cả B và C, hoặc cả A, B và C.

Khái niệm "một" đối tượng là đề cập đến một hoặc nhiều đối tượng đó. Như vậy, các khái niệm "một", "một hoặc nhiều" và "ít nhất một" có thể được sử dụng thay thế

cho nhau trong tài liệu này. Các khái niệm "bao gồm", "gồm có", và "có" có thể được sử dụng thay thế cho nhau.

"Sự hấp thụ" là sự kết hợp của một chất trong một trạng thái thành một trạng thái khác (ví dụ chất lỏng bị chất rắn hấp thụ hoặc chất khí bị chất lỏng hấp thụ). Hấp thụ là một hiện tượng vật lý hoặc hóa học hoặc một quá trình trong đó các nguyên tử, phân tử, hoặc các ion đi vào một số pha vật liệu khí, lỏng hoặc rắn lớn. Đây là quá trình khác với sự hấp phụ, do các phân tử trải qua sự hấp thụ được diễn ra trong toàn bộ thể tích, không phải chỉ ở bề mặt (như trong trường hợp hấp phụ).

"Sự hấp phụ" là sự bám dính bề mặt của các nguyên tử, các ion, các phân tử sinh học, hoặc các phân tử khí, chất lỏng hoặc chất rắn hòa tan. Quá trình này tạo ra màng mỏng chất bị hấp phụ (các phân tử hoặc nguyên tử được tụ lại) trên bề mặt của chất hấp phụ. Khái niệm này khác với sự hấp thụ, trong đó chất lỏng thấm qua hoặc bị hòa tan bởi chất lỏng hoặc chất rắn. Tương tự như sức căng bề mặt, sự hấp phụ thường là một hệ quả của năng lượng bề mặt. Bản chất chính xác của liên kết phụ thuộc vào chi tiết của các phạm trù có liên quan, nhưng quá trình hấp phụ thường được phân loại thành hấp phụ vật lý (với đặc trưng là lực van der Waals yếu) hoặc hấp phụ hóa học (với đặc trưng là của liên kết cộng hóa trị). Nó cũng có thể xảy ra do lực hút tĩnh điện.

Khái niệm "thiết bị nghiền" đề cập đến các thiết bị hoặc tổ hợp thiết bị xử lý nguyên liệu chứa kim loại, thường bằng cách thu hồi, hoặc cô lập đáng kể, kim loại hoặc khoáng chất chứa kim loại ra khỏi vật liệu. Nói chung, thiết bị nghiền bao gồm chu trình nghiền mở hoặc đóng, trong đó bao gồm máy nghiền hoặc tự động, bán tự động, hoặc các máy xay không tự động.

Khái niệm "axit vô cơ" là axit vô cơ, chẳng hạn như axit sulfuric, axit nitric, axit clohydric .

Khái niệm "đất hiếm" dùng để chỉ một lớp rộng bao gồm nhiều nguyên tố hóa học, bao gồm scandi (số hiệu nguyên tử 21), ytri (39), và 15 nguyên tố từ 57 (lantan) đến 71 (luteti) (được biết đến là các kim loại thuộc họ lantanit).

Khái niệm "muối" là hợp chất ion thu được từ phản ứng trung hòa giữa axit và bazơ. Muối là sự kết hợp giữa các cation (ion tích điện dương) và anion (ion âm) để sản phẩm trung tính về điện (không có điện tích thực). Các ion thành phần này có thể là ion vô cơ như là clorua (Cl^-), cũng có thể là ion hữu cơ như là axetat (CH_3COO^-) và

các ion đơn nguyên tử như là florua (F^-), cũng như các ion đa nguyên tử như là sunfat (SO_4^{2-}). Các muối mà chúng thủy phân để tạo ra các ion hydroxyl (OH^-) khi hòa tan trong nước là muối bazơ và các muối mà chúng thủy phân để tạo ra các ion hydroni (H^+) trong nước là muối axit. Muối trung tính là những muối không phải là muối axit cũng không phải là muối bazơ.

Khái niệm “chất hấp phụ” là một vật liệu hấp phụ các chất khác, có nghĩa là, vật liệu có khả năng hoặc xu hướng hấp phụ.

Khái niệm “chất bị hấp phụ” có nghĩa là chất bị hấp phụ chất lỏng hoặc chất khí.

Khái niệm “sự hấp phụ” là đề cập đến sự hấp phụ và sự hấp thụ, trong khi sự giải hấp phụ là khái niệm ngược lại với sự hấp phụ.

Trên đây là một phần bản chất tóm lược để cung cấp sự hiểu biết về một số khía cạnh trong những khía cạnh, phương án và kết cấu được bộc lộ ở đây. Phần bản chất này không phải là sự mô tả bao quát và cũng không phải là sự mô tả toàn diện tất cả các khía cạnh, phương án, hoặc kết cấu của sáng chế. Nó có mục đích không phải để xác định các yếu tố chính quan trọng cũng không phải để phân định phạm vi của các khía cạnh, các phương án, hoặc các kết cấu mà để trình bày ý tưởng lựa chọn theo hình thức đơn giản như giới thiệu phần mô tả chi tiết hơn được trình bày dưới đây. Như sẽ được đánh giá rằng các khía cạnh, các phương án, và các kết cấu khác có thể sử dụng, riêng lẻ hoặc kết hợp nhiều tính năng được đặt ra ở trên hoặc được mô tả chi tiết dưới đây

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo được kết hợp chặt chẽ và tạo nên một phần của bản mô tả để minh họa ví dụ về các khía cạnh, phương án, hoặc cấu hình được trình bày sau đây. Các hình vẽ, cùng với phần mô tả, giải thích các nguyên lý cơ bản của các khía cạnh, các phương án, hoặc các kết cấu. Các hình vẽ chỉ đơn giản để minh họa các ví dụ ưu tiên và các ví dụ thay thế về cách có thể thực hiện và sử dụng các khía cạnh, các phương án, hoặc các kết cấu và không nhằm mục đích giới hạn các khía cạnh, các phương án, hoặc các kết cấu hình của sáng chế. Các đặc điểm và ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả chi tiết hơn về các khía cạnh, các phương án hoặc các kết cấu khác nhau như được thể hiện trên các hình vẽ kèm theo dưới đây.

Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện thiết bị theo một phương án của sáng chế;

Fig.2 là sơ đồ khối thể hiện thiết bị theo một phương án của sáng chế;

Fig.3 là sơ đồ khối thể hiện quy trình tinh chế theo một phương án của sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện nồng độ của các cation hóa trị hai như magie, canxi, stronti và bari trong các dung dịch cấp liệu sau mỗi giai đoạn kết tủa M1, M2, M3 và trao đổi ion IX1 và IX2;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện nồng độ của các cation hóa trị ba là lantan, xeri, prazeodim, neodim, samari trong các dung dịch cấp liệu sau mỗi giai đoạn kết tủa M1, M2, M3 và trao đổi ion IX1 và IX2;

Fig.6 là hình vẽ thể hiện đường cong hấp phụ đối với hạt nhựa trao đổi ion Amberlite 748i (khoảng 4 gam) được hấp phụ với dung dịch chứa khoảng 83 mg lantan/Lít (là lantan clorua) ở tốc độ dòng chảy khoảng 2,5 ml/phút ở nhiệt độ khoảng 21 độ C, với trục x là tổng thể tích dung dịch lantan hấp phụ vào hạt nhựa trao đổi ion Amberlite 748i và trục y là nồng độ lantan ở đơn vị mg /L của dung dịch rửa giải từ cột hấp phụ;

Fig.7 là hình vẽ thể hiện nồng độ của lantan chứa trong mỗi phân đoạn được gom từ nhựa trao đổi ion Amberlite 748i được nạp với lantan;

Fig.8 là hình vẽ thể hiện nồng độ của lantan chứa trong mỗi phân đoạn được gom từ nhựa trao đổi ion Amberlite IPC 747 được nạp với lantan;

Fig.9 là hình vẽ thể hiện sự thay đổi về dòng điện, điện áp, nhiệt độ và độ mặn trong quy trình tách muối cho 12 L dung dịch NaCl 75g/lít; và

Fig.10 thể hiện hàm thời gian, dòng điện, điện áp, và nhiệt độ của quy trình tách muối đối với dung dịch muối NaCl cấp liệu có nồng độ 95g/L và sự giảm nồng độ NaCl đối với dung dịch muối cấp liệu và sự tăng tương ứng nồng độ axit và bazơ trong bể axit và bazơ của bộ phận tách muối.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án thứ nhất của sáng chế là hệ thống thiết bị công nghiệp 100 để xử lý nguyên liệu nạp 104. Đầu tiên, nhà máy công nghiệp 100 sẽ được mô tả có dựa vào Fig.1. Thiết bị công nghiệp 100 bao gồm thiết bị nghiền 108, thiết bị xử lý 112, thiết bị

điện hóa tạo axit 116, và nhà máy nhiệt điện đồng phát hợp 120. Nhà máy công nghiệp 100 xử lý nguyên liệu năp chứa kim loại quý 104.

Nguyên liệu năp chứa kim loại quý 104 có thể bao gồm quặng được khai thác, tinh quặng, quặng đuôi, bã luyện kim hoặc hỗn hợp của chúng. Thông thường, nguyên liệu năp chứa kim loại quý 104 bao gồm kim loại có thể tan trong axit. Trong bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học, kim loại quý thường là kim loại chuyển tiếp, các kim loại khác, kim loại actinit hoặc kim loại đất hiếm (ví dụ, các kim loại thuộc họ lantanit). Các kim loại có thể đủ điều kiện như là kim loại nặng hoặc kim loại nhẹ. Các ví dụ cụ thể về các kim loại quý bao gồm antimon, urani, các kim loại thuộc họ lantanit, đồng, berili, niken, sắt, chì, molybden, nhôm, gecmani, titan, crom, vàng, bạc, coban, thiếc, kẽm, catmi, mangan, và các kim loại thuộc họ platin. Kim loại có trong nguyên liệu năp chứa kim loại quý 104 thường là các dạng mácma (quặng ở tầng sâu, đá mácma, quặng ở tầng nông, hoặc lộ thiên hoặc phun trào), biến chất (có nguồn gốc từ đá mácma hoặc đá trầm tích), hoặc trầm tích (là vỉa trầm tích hoặc lắng đọng hóa học) khoáng chất, như là sunfua, oxit, phosphat, cacbonat, halogenua, sunfat, silicat, teluric, muối chứa oxy, muối chứa lưu huỳnh, và hỗn hợp của chúng. Các khoáng chất chứa đất hiếm điển hình bao gồm batnaezit (khoáng chất cacbonat-florua) và monazit. Các khoáng chất chứa đất hiếm khác bao gồm aeschynit, alanit, apatit, britholit, brockit, cerit, fluorcerit, fluorit, gadolinit, parisit, stillwellit, synchisit, titanit, xenotim, zircon, và zirconolit. Các khoáng chất chứa urani thường bao gồm uraninit (UO_2), uranit (oxit hỗn hợp, thường là U_3O_8), branorit (phức oxit của urani, đất hiếm, sắt và titan), coffinit (urani silicat), cacnotit, autunit, davidit, gummit, torbernit và uranophan. Khoáng chất chứa đồng điển hình bao gồm cupit, chalcolat, covelit, bornit, malachit, azurit, crizocola, và chancopirit. Các khoáng chất chứa niken điển hình bao gồm millerit và smantit. Các khoáng chất chứa coban điển hình bao gồm asenua $\text{Co}(\text{As}_2)$, được biết đến là smantin hoặc xỉ coban; coban sulfarsenua (CoAsS), được biết đến là cobaltit hoặc quặng bóng coban; và asenat ngậm nước $(\text{Co}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O})$, được biết đến là erytrit hoặc eritrin. Các khoáng chất chứa molybden điển hình bao gồm molybdenit (MoS_2) và wunfenit (PbMoO_4). Như được đánh giá và đề cập ở trên, kim loại quý, bao gồm một lượng lớn các khoáng chất khác đã được biết đến đối với những người có trình độ hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Sẽ được đánh giá cao hơn nữa khi nguyên liệu năp chứa kim loại quý 104 bao gồm hỗn hợp các khoáng

chất chứa các kim loại khác nhau và/hoặc hỗn hợp của các khoáng chất chứa các kim loại quý, và/hoặc các khoáng chất phi kim loại.

Nguyên liệu nạp chứa kim loại quý 104 được đưa vào thiết bị nghiền 108 để tạo ra nguyên liệu nghiền nhỏ 122 và vật liệu phế thải 124. Tùy thuộc vào nguyên liệu nạp chứa kim loại quý 104, thiết bị nghiền 108 có thể có một số kết cấu khác nhau.

Theo một kết cấu, thiết bị nghiền 108 bao gồm mạch nghiền ướt (bằng cách sử dụng nước 128) và/hoặc mạch nghiền khô để giảm kích cỡ trung bình của nguyên liệu nạp chứa kim loại quý 104, một hoặc nhiều máng điều phối để điều phối nguyên liệu nạp đã được nghiền nhỏ cho việc xử lý tiếp theo, và mạch tuyển nổi trực tiếp hoặc ngược để lần lượt phân lập tinh quặng và phân đoạn quặng thải của (các) khoáng chất chứa kim loại. Mạch tuyển nổi có thể hoạt động ở nhiệt độ cao (so với nhiệt độ môi trường xung quanh và/hoặc nhiệt độ của vật liệu nạp đã được nghiền nhỏ). Thiết bị nghiền 108 có thể có, hoặc bao gồm các thiết bị hoặc cơ cấu tập trung khác nhau, chẳng hạn cơ cấu phân tách nhờ khối lượng hoặc khối lượng riêng (ví dụ: mạch gạn, xyclon, phân loại thủy lực, phân loại cơ khí, bình lắng, và tương tự), cơ cấu tách theo kích thước (ví dụ: sàng tĩnh và rung, lưới lọc, lưới sàng, sàng quay, và loại tương tự), cơ cấu phân tách từ tính, và cơ cấu tách theo màu. Thiết bị nghiền 108 có thể bao gồm các bộ phận khác, bao gồm máy sấy, các máng vữa, máng trộn hoặc điều phối, máy bơm, bể lắng, băng tải, máy tiếp liệu kiểu vít, máy trộn, và tương tự. Nước 128 được sử dụng để hòa trộn nguyên liệu nạp cho việc xử lý tiếp theo.

Thiết bị xử lý 112 chuyển nguyên liệu nghiền nhỏ 122 thành sản phẩm chứa kim loại 136 và sản phẩm phụ hoặc chất thải 132. Tùy thuộc vào nguyên liệu nghiền nhỏ 122, thiết bị xử lý 112, cũng tương tự như thiết bị nghiền 108, có thể có một số kết cấu khác nhau.

Theo một kết cấu, thiết bị xử lý 112 bao gồm mạch ngâm chiết oxy hóa hoặc không oxy hóa, mạch này có thể là bể không khí hoặc siêu khí quyển, và/hoặc bể ngâm chiết, được tiến hành ở nhiệt độ môi trường xung quanh hoặc nhiệt độ cao, trong đó việc ngâm chiết được áp dụng cho nguyên liệu nghiền nhỏ 122 để ngâm chiết và/hoặc hòa tan, về mặt hóa học và/hoặc sinh học, ít nhất phần lớn của một hoặc nhiều kim loại quý từ các nguyên liệu nghiền nhỏ 122, còn có trong sản phẩm phụ và/hoặc chất thải 132. Sản phẩm phụ 132 có thể bao gồm nguyên liệu chứa kim loại quý không

tận dụng được. Việc ngâm chiết có thể, hoặc ngoài ra, cũng được sử dụng để khắc phục tác dụng ức chế của các muối sunfua, các muối cacbonat, các oxit, các muối phosphat, các muối halogenua, các muối silicat, và tương tự với một số nguyên liệu chứa kim loại quý 104.

Thành phần của chất ngâm chiết phụ thuộc vào thành phần của nguyên liệu nạp chứa kim loại quý 104. Chất ngâm chiết điển hình là các axit vô cơ, chẳng hạn như axit sulfuric, axit nitric, axit phosphoric, axit hydrobromic, axit clohydric, axit hydroiodic, axit flohydric, và hỗn hợp của chúng. Chất ngâm chiết có thể bao gồm các axit vô cơ và hữu cơ khác. Sau khi hòa tan, kim loại quý được tách khỏi tạp chất, như là sắt, bằng kỹ thuật thu hồi phù hợp, chẳng hạn như kết tủa, trao đổi ion (cation và/hoặc anion) (ví dụ, bằng nhựa hoặc dung môi), hấp phụ (ví dụ, ngâm chiết trong cacbon và ngâm chiết trong nhựa), chiết xuất dung môi, điện hóa học (ví dụ chiết bằng điện), sấy khô, đun nóng, nấu chảy, hợp nhất, thẩm cacbon, phân tích khối lượng, các loại tinh chế khác, và các kết hợp của chúng. Thiết bị xử lý 112 có thể bao gồm các bộ phận khác, mà bao gồm máy sấy, máng vữa, máng trộn hoặc máng điều phối, máy bơm, bể lắng, băng tải, máy tiếp liệu kiểu vít, máy trộn, và tương tự. Có thể đánh giá rằng các axit vô cơ và muối cũng có thể được sử dụng như là tác nhân tách để lấy ra kim loại quý từ môi trường trao đổi ion (ví dụ, nhựa liên kết hoặc dung môi) hoặc chất hấp phụ và/hoặc như là chất điện giải trong quá trình chiết bằng điện.

Theo một kết cấu của thiết bị xử lý 112, xút (NaOH) được sử dụng trong dung môi chiết để cung cấp các ion natri cho nhựa trao đổi ion. Các ion kim loại đất hiếm thay thế các ion natri trên nhựa trao đổi ion. Các ion kim loại đất hiếm được tách ra khỏi nhựa bằng axit clohydric sau đó được thu hồi theo kỹ thuật đã được biết đến đối với những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực luyện kim khai khoáng.

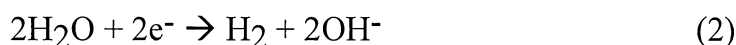
Hệ thống thiết bị công nghiệp 100 còn bao gồm thiết bị điện hóa tạo axit 116. Thông thường, thiết bị điện hóa tạo axit 116 sản xuất từ muối 118 ít nhất là hầu hết một hoặc nhiều chất ngâm chiết, tác nhân tách và/hoặc chất điện giải được sử dụng bởi thiết bị xử lý 112. Thiết bị điện hóa tạo axit 116 điện phân halogen chứa muối kim loại kiềm để tạo ra nguyên tử halogen và hydroxyt kim loại kiềm. Thiết bị điện hóa tạo axit 116 có thể có các kết cấu khác nhau và thường bao gồm một trong số quy trình điện phân clo kim loại kiềm, quy trình điện phân phân tách muối hoặc quy trình điện thẩm màng lưỡng cực, hoặc kết hợp của chúng.

Có thể đánh giá rằng, quy trình clo kim loại kiềm có thể được kết cấu như là bình điện phân màng, bình điện phân có màng ngăn, hoặc bình điện phân thủy ngân (ví dụ quy trình Castner-Kellner). Vì vấn đề môi trường liên quan đến thủy ngân nên loại bình điện được ưu tiên là bình điện phân màng.

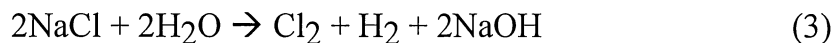
Trong bình điện phân màng, quá trình clo kim loại kiềm điện phân, trong ngăn anot, muối chứa halogen bão hòa hoặc gần như bão hòa (thông thường chứa kim loại kiềm) (ví dụ muối chứa clo) để tạo ra nguyên tử halogen (ví dụ, khí clo) và hydroxyt cation (ví dụ kim loại kiềm). Thông thường, hydroxyt bao gồm xút (ví dụ, natri hydroxyt). Anot và catot được nối điện với nhau và điện thế được cấp cho anot và catot nhờ máy nhiệt điện kết hợp 120 và dòng điện chạy giữa anot và catot. Tại anot, ion clorua được oxy hóa thành clo:



Ở cực âm, hydro trong nước được khử thành khí hydro, giải phóng ion hydroxyt ra dung dịch:

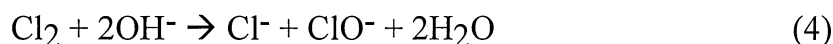


Quá trình clo kim loại kiềm bao gồm màng thấm thấu ion phân tách các ngăn anot và catot. Để đảm bảo sự cân bằng điện tích giữa các ngăn anot và catot, các cation (ví dụ Na^+ hoặc K^+) vượt qua ngăn anot đi qua các màng thấm ion đến ngăn catot, tại đây chúng phản ứng với các ion hydroxyt để tạo ra, ví dụ: xút (NaOH). Ít nhất là phần lớn các anion halogen (chẳng hạn các anion clorua) và anion khác (chẳng hạn các ion hydroxyt) không vượt qua màng tế bào và vẫn ở trong ngăn anot. Giả sử rằng nước muối là NaCl , phản ứng tổng thể cho điện phân muối như sau:

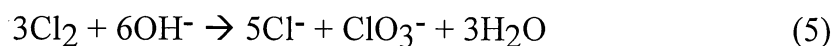


Trong trường hợp muối kali clorua 118, điện phân muối tạo ra khí clo trong ngăn anot và kali hydroxyt trong ngăn catot.

Màng ngăn phản ứng giữa clo và các ion hydroxyt. Nếu phản ứng xảy ra, clo sẽ không cân đối để tạo ra các ion clorua và hipoclorit:



Ở trên nhiệt độ 60°C , clorat có thể được tạo ra:



Nếu khí clo được tạo ra tại anot và natri hydroxyt được tạo ra tại catot được kết hợp với nhau thì sẽ tạo ra natri hipoclorit (NaClO) (xem phương trình 6 bên dưới) và/hoặc natri clorat (NaClO_3).

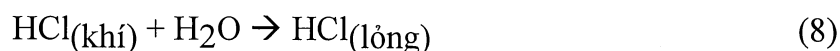
Trong các bình điện phân có màng chắn, ngăn anot và catot được phân cách bởi màng thấm thấu ion. Nước mặn được đưa tới ngăn catot và chảy vào trong ngăn catot. Tương tự với bình điện phân màng, các ion halogen được oxy hóa tại anot để tạo ra nguyên tử halogen, và ở catot, nước được phân tách, ví dụ, tạo thành xút và hydro. Màng chắn ngăn phản ứng của xút với halogen. Dung dịch xút mặn pha loãng được lấy ra khỏi bình. Xút thường được cô đặc đạt đến nồng độ khoảng 50%, và muối được tách ra. Điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng quá trình bay hơi (sẽ được đề cập dưới đây). Halogen thường chứa phân tử oxy có thể được loại bỏ bằng cách hóa lỏng và hóa hơi.

Màng trao đổi ion có thể là màng có thể thấm ion anion hoặc cation hoặc màng lưỡng cực, thường màng ion gần như ổn định trong môi trường có anion hydroxyt. Thông thường hơn, màng ion có thể thấm được các ion kiềm và gần như không thấm các anion hydroxyt và/hoặc halogen. Màng thấm ion có thể bao gồm các flopolyme có một hoặc nhiều nhóm axit sulfonic đối xứng, hỗn hợp flopolyme có một hoặc nhiều nhóm axit sulfonic, và flopolyme có một hoặc nhiều nhóm axit carboxylic, nhóm axit phosphoric, và/hoặc nhóm sulfonamid và màng fluorinat. Màng điển hình là NafionTM được sản xuất bởi DuPont, màng này cho phép cation đi qua nhưng không có các ion trung tính và anion đi qua.

Màng chắn có thể là vật liệu thấm ion phù hợp. Thông thường, màng chắn là màng thấm ion được làm từ amiăng.

Có thể đánh giá rằng, trong khi quá trình clo kim loại kiềm đã được đề cập trong phần liên quan đến các cation kim loại kiềm, có điện tích +1, quá trình có thể bao gồm các cation khác các cation kim loại kiềm. Các cation khác có thể có điện tích +2, +3 hoặc +4. Màng ion có thể được kết cấu để có thể thấm các cation khác và/hoặc để các cation đi qua có ion được lựa chọn và/hoặc bán kính thủy động của ion.

Một số sản phẩm có thể được tạo ra. Sử dụng natri clorua như là dung dịch nước muối điển hình:



Phương trình 7 được xúc tác bằng kim loại kiềm thổ, thường là canxi.

Các phương trình này áp dụng đối với muối KCl, nếu K được thay thế cho Na.

Các phương trình này cũng áp dụng đối với các halogen khác, không phải clo tạo ra những thay đổi phù hợp với các trạng thái oxy hóa khác nhau.

Theo phương án khác, màng ion có thể bao gồm màng điện thẩm tách lưỡng cực. Thông thường, quá trình điện thẩm tách màng lưỡng cực được thực hiện trong bình điện thẩm tách màng lưỡng cực có ngăn cấp liệu (pha loãng), chẳng hạn ngăn catot, và ngăn cô đặc (nước muối), chẳng hạn ngăn anot, cách nhau bởi một hoặc nhiều màng trao đổi anion và một hoặc nhiều màng trao đổi cation được đặt giữa ngăn anot và ngăn catot. Trong hầu hết các quá trình điện thẩm tách màng lưỡng cực, bình điện thẩm tách được bố trí thành kết cấu được gọi là ngăn điện thẩm tách màng lưỡng cực, với các màng trao đổi anion và cation xen kẽ tạo thành các ngăn điện thẩm tách nhiều màng lưỡng cực. Các quy trình điện thẩm tách màng lưỡng cực là đồng nhất so với kỹ thuật chưng cất và quy trình tách bằng màng khác (chẳng hạn thẩm thấu ngược) trong đó loại hòa tan được di chuyển ra khỏi dòng nguyên liệu nạp mà không phải là ngược lại.

Quy trình điện thẩm tách màng lưỡng cực, hay "tách nước", chuyển hóa các dung dịch nước muối thành axit và bazơ, thường không bổ sung hóa chất, tránh các dòng sản phẩm hoặc chất thải và các bước tinh chế tiếp sau tốn kém. Dưới tác dụng của điện trường, màng lưỡng cực có thể tách phân tử nước thành hydro (H^+ , trên thực tế là "hydrôni" H_3O^+) và ion hydroxyl (OH^-). Màng được tạo ra từ các lớp trao đổi anion và cation và mặt phân cách mỏng ở đó nước khuếch tán ra ngoài dung dịch nước muối. Việc vận chuyển, ra khỏi màng lưỡng cực, các ion H^+ và OH^- thu được từ phản ứng tách nước là có thể nếu các màng lưỡng cực được định hướng điện chính xác. Vì bên trao đổi anion hướng về phía anot và bên trao đổi cation hướng về phía catot, nên các

anion hydroxyl được chuyển qua lớp trao đổi anion và cation hydro đi qua lớp trao đổi cation. Các ion hydroxyl và hydro đã được tạo ra được sử dụng trong ngăn điện thẩm tách để kết hợp với các cation và anion của muối để tạo ra axit và bazơ.

Quy trình điện thẩm tách màng lưỡng cực có thể sử dụng các kết cấu bình điện khác nhau. Ví dụ, bình điện ba ngăn được tạo ra bằng cách đặt các màng lưỡng cực trong bình điện thẩm tách thông thường. Màng lưỡng cực hai được bố trí bên hai bởi các màng trao đổi anion và cation tạo thành ba ngăn, cụ thể là axit ở giữa các màng lưỡng cực và màng trao đổi anion, bazơ ở giữa màng lưỡng cực và màng trao đổi cation, và muối ở giữa màng trao đổi cation và màng trao đổi anion. Trong các ngăn điện thẩm tách, nhiều bình điện có thể được đặt trong một ngăn và ống cung cấp nguyên liệu đi tới cả các khoang tương ứng song song, tạo ra ba mạch ngang qua ngăn: axit, bazơ, và muối. Các kết cấu khác bao gồm các bình điện hai ngăn có màng lưỡng cực và (chỉ) màng trao đổi cation hoặc màng lưỡng cực và màng trao đổi anion.

Tốt hơn là, thiết bị điện hóa tạo axit 116 có thể bao gồm quy trình điện thẩm tách màng lưỡng cực được thực hiện trước và/hoặc sau quy trình clo kim loại kiềm. Quy trình điện thẩm tách màng lưỡng cực còn thanh lọc các dòng dung dịch nước tạo ra bởi các ngăn anot và ngăn catot tương ứng.

Thông thường, ít nhất phần lớn các axit vô cơ 142 và hydroxyt 190 được sử dụng trong thiết bị xử lý, chẳng hạn chất ngâm chiết, tác nhân tách hoặc tái tạo, hoặc chất điện phân, được tạo ra bởi thiết bị điện hóa tạo axit 116 từ muối thích hợp. Như là một ví dụ, axit clohydric được tạo ra từ muối clorua kim loại kiềm bằng cách đốt cháy khí clo từ ngăn anot và khí hydro từ ngăn catot, thường có chất xúc tác thích hợp (xem phương trình 7 ở trên). Axit hydrosulfuric hoặc axit sulfuric được tạo ra từ muối sulfat kim loại kiềm bằng cách sử dụng kỹ thuật tách muối chia hoặc kỹ thuật điện thẩm tách màng lưỡng cực. Trong các ví dụ khác, axit nitric được tạo ra từ muối nitrat kim loại kiềm, axit phosphoric được tạo ra từ muối phosphat kim loại kiềm, axit hydrobromic được tạo ra từ muối bromua kim loại kiềm, axit hydroiodic được tạo ra từ muối iodua kim loại kiềm, và axit flohydric được tạo ra từ muối florua kim loại kiềm.

Thiết bị điện hóa tạo axit 116 cũng có thể tạo ra các sản phẩm 140 để bán ra thị trường và nước 198 cho quay vòng. Ví dụ của các sản phẩm bao gồm khí hydro, khí

halogen (như là khí clo, khí brom, khí iot, và tương tự), xút, thuốc tẩy (chẳng hạn hipoclorit) và tương tự.

Theo một kết cấu, dung dịch chứa muối 150 được tạo ra bởi thiết bị xử lý 112. Các dung dịch muối 150 có thể, ví dụ, được tạo ra bởi một hoặc nhiều trong số các quy trình ngâm chiết, chiết dung môi và chiết xuất bằng điện. Theo một cấu hình thiết bị xử lý, xút được sử dụng trong chiết dung môi để cung cấp các ion natri cho nhựa trao đổi ion. Các ion kim loại quý thay thế các ion natri trên nhựa trao đổi ion. Sau đó các ion kim loại quý này được tách khỏi nhựa trao đổi ion bằng axit clohydric sau đó được thu hồi bằng các kỹ thuật đã được biết đến đối với những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực luyện kim khai khoáng.

Trong thiết bị điện hóa tạo axit, dung dịch chứa muối 150 được xử lý hóa học, trong hệ thống tinh chế chính, bằng cách sử dụng xút (hoặc dịch bình điện từ ngăn catot của thiết bị điện hóa tạo axit 116), natri cacbonat, và/hoặc các chất phụ gia khác để loại bỏ ít nhất là hầu hết các tạp chất ion kim loại đa hóa trị như là magie, canxi và sắt. Các cation đa hóa trị có thể ảnh hưởng không tốt đến tính năng và hoạt động của màng trao đổi ion và/hoặc ngăn điện thẩm tách màng lưỡng cực. Một hoặc cả hai trong số bể lắng và bộ lọc thường đều loại bỏ được các tạp chất đa hóa trị.

Dung dịch chứa muối đã qua xử lý sau đó được chuyển thông qua hệ thống tinh chế thứ cấp để loại bỏ hầu hết các cation đa hóa trị còn lại. Xút có thể được sử dụng để điều chỉnh độ pH đạt đến độ pH cao hơn $\text{pH} = 7$ trước khi đưa vào hệ thống tinh chế thứ cấp. Bất kỳ hệ thống tinh chế nước muối thứ cấp thông thường liên quan đến hoạt động màng đều có thể được sử dụng, chẳng hạn loại nhựa trao đổi ion chelat. Việc xử lý phosphat của nước muối cũng có thể được sử dụng. Phosphat có thể tạo ra màng gel trong màng để duy trì hiệu quả màng một cách tốt hơn. Sau đó dung dịch chứa muối sạch sau đó được xử lý bởi thiết bị cô đặc muối, chẳng hạn thiết bị làm bay hơi, máy nén làm bay hơi hiệu quả về mặt năng lượng, hoặc sự kết hợp của chúng. Một thiết kế thích hợp của các bộ phận này cộng với việc sử dụng thích hợp thiết bị thu hồi nhiệt và giai đoạn gạn sạch đã được xác định là có hiệu quả về mặt năng lượng và độ đậm đặc bùn yêu cầu dễ dàng kiểm soát được mà không cần phải ly tâm và tách muối rắn khỏi bùn. Sau đó bùn được đưa vào bể tuần hoàn anolyt, axit vô cơ, chẳng hạn axit clohydric (được tạo ra từ khí hydro và clo), có thể được thêm vào bể tuần hoàn này. Từ

bể tuần hoàn anolyt, bùn được đưa vào ngăn anôt. Quá trình này không yêu cầu các bình clo kim loại kiềm sử dụng màng ngăn cũng như màng.

Bây giờ chuyển đến nhà máy nhiệt điện đồng phát 120, nhà máy nhiệt điện đồng phát 120 sử dụng nguồn nhiên liệu phù hợp bất kỳ 160 để tạo ra năng lượng điện 170 và nhiệt thải 180 (ví dụ, hơi nước). Năng lượng điện 170 được sử dụng để hoạt động một hoặc nhiều thiết bị trong số thiết bị nghiền 108, thiết bị xử lý 112, và thiết bị điện hóa tạo axit 116. Tốt hơn là, "nhà máy nhiệt điện đồng phát" hoặc thiết bị đồng phát sử dụng động cơ nhiệt hoặc trạm điện để đồng thời tạo ra điện và nhiệt hữu ích. Mặc dù có thể sử dụng nhà máy nhiệt điện đồng phát bất kỳ, nhưng nhà máy nhiệt điện đồng phát phổ biến bao gồm nhà máy nhiệt điện đồng phát kiểu tuabin khí sử dụng nhiệt thải trong khí thải của tuabin khí, nhà máy nhiệt điện đồng phát kiểu động cơ khí sử dụng động cơ khí tuần hoàn, kết hợp với máy điện chu trình hỗn hợp để đồng phát, nhà máy nhiệt điện đồng phát kiểu tuabin hơi nước sử dụng hệ thống đốt nóng như là bình ngưng cho tuabin hơi nước, và các khoang nhiên liệu cacbonat nóng chảy có ống xả nóng phù hợp để nung nóng. Nhà máy nhiệt điện đồng phát loại nhỏ thường sử dụng động cơ chuyển động qua lại hoặc động cơ đốt ngoài. Nhiệt được lấy ra từ ống xả và bộ tản nhiệt.

Nguồn nhiên liệu 160 có thể là nguồn nhiên liệu đốt cháy phù hợp bất kỳ, bao gồm khí nén hay khí thiên nhiên hóa lỏng, than đá, khí metan, xăng dầu, khí dầu mỏ hóa lỏng, dầu diesel, dầu hỏa, than đá, khí propan, nhiên liệu hóa thạch khác, vật liệu phóng xạ (ví dụ, urani), và các nguồn nhiên liệu thay thế, như là dầu diesel sinh học, cồn sinh học (metanol, etanol, và butanol), hydro, HCNG (hỗn hợp khí thiên nhiên hóa lỏng và 4–9% hydro), nitơ lỏng, khí nén, khí metan không hóa thạch, khí thiên nhiên không hóa thạch, dầu thực vật, và các nguồn sinh khối.

Nhiệt thải 180 có thể được cung cấp trực tiếp cho một hoặc nhiều bộ phận hoạt động, như là tuyền nổi, ngâm chiết, và tương tự, bằng chu trình trao đổi nhiệt, chu trình này sẽ tuần hoàn nhiệt thải 180 từ nhà máy nhiệt điện đồng phát 120 thông qua chu trình trao đổi nhiệt tiếp xúc nhiệt với vật liệu trong các bộ phận cần cấp nhiệt. Ngoài ra, môi trường trao đổi nhiệt trung gian có thể thu nhiệt thải 180, bằng chu trình trao đổi nhiệt thứ nhất, từ nhiệt thải 180 và cung cấp năng lượng nhiệt để vật liệu được làm nóng nhờ chu trình trao đổi nhiệt thứ hai.

Hoạt động của nhà máy công nghiệp 100 sẽ được đề cập với các phương án minh họa khác nhau.

Dựa vào Fig.1, nguyên liệu nạp chứa kim loại quý 104 được đưa vào thiết bị nghiền 108 để tạo ra nguyên liệu nghiền nhỏ 122. Theo một phương án, nguyên liệu nạp chứa kim loại quý 104 bao gồm một hoặc nhiều khoáng chất chứa đất hiếm, mà đã được đập và nghiền nhỏ. Nguyên liệu đã nghiền nhỏ được tuyển nổi trực tiếp, ở nhiệt độ cao (nhiệt độ này có thể nằm trong khoảng từ 30 đến 70°C) và sử dụng chất tạo váng, dụng cụ thu gom, dụng cụ kích hoạt, và/hoặc chất cản nổi phù hợp đã được biết rõ đối với người có trình độ trung bình trong lĩnh vực tương ứng, để tạo ra tinh quặng (hoặc nguyên liệu nghiền nhỏ 122) bao gồm ít nhất là hầu hết các khoáng chất đất hiếm và quặng thải. Quặng thải thường thích hợp để loại bỏ và gần như được tách hết đất hiếm.

Nhà máy nhiệt điện đồng phát 120 cung cấp năng lượng điện cho máy nghiền và máy tuyển nổi và nhiệt thải 180, thông thường ở dạng hơi nước, cho nguyên liệu được nghiền nhỏ và tạo bùn trước khi cho vào tuyển nổi.

Nguyên liệu nghiền nhỏ 122, hoặc phân đoạn tinh quặng, được cấp vào thiết bị xử lý 112 để xử lý tiếp theo.

Trong một quy trình thu hồi kim loại quý thông thường, nguyên liệu nghiền nhỏ 122 được đưa vào thùng hoặc ngâm chiết với axit vô cơ, thường là dung dịch axit clohydric để hòa tan các kim loại quý và tạo ra dung dịch sau ngâm chiết chứa hầu hết các kim loại quý trong phân đoạn tinh quặng. Dung dịch sau ngâm chiết được thực hiện chiết dung môi hoặc trao đổi ion để lấy phần lớn kim loại quý ra khỏi dung dịch và tạo ra nhựa chứa kim loại quý tách được từ dung dịch và dung dịch ngâm chiết không chứa quặng để quay vòng vào bước lọc dung môi. Nhựa chứa kim loại quý được tiếp xúc với dung dịch tách để hòa tan hầu hết các kim loại quý tách được từ dung dịch, tạo ra nhựa không chứa quặng để quay vòng cho các bước chiết dung môi và dung dịch rửa giải chứa phần lớn kim loại quý. Các kim loại quý hòa tan được tách ra khỏi dung dịch rửa giải, chẳng hạn bằng cách kết tủa, sau đó chiết dung môi, hoặc chiết chuyển pha (chẳng hạn sử dụng tác nhân chuyển pha chứa nito) để tạo ra dung dịch rửa giải không chứa quặng để quay vòng vào các bước chiết dung môi và tạo ra vật liệu chứa kim loại quý tách được.

Nhà máy nhiệt điện đồng phát 120 cung cấp năng lượng điện 170 đến các máy bơm và các bộ phận xử lý khác trong thiết bị xử lý 112 và nhiệt thải 180 khi cần thiết sẽ dùng cho các hoạt động của các bộ phận thích hợp. Theo một cấu hình, dung dịch ngâm chiết và/hoặc dung dịch tách bao gồm axit clohydric, và hoạt động của bộ phận nêu trên trong thiết bị xử lý 112 tạo ra sản phẩm phụ là dung dịch muối, trong một số ứng dụng, là dung dịch nước muối có tính axit. Như đã lưu ý, dung dịch này có thể được quay vòng vào các mạch xử lý sơ cấp và thứ cấp để tinh chế trước khi đưa vào bộ phận điện hóa tạo axit để tạo ra nhiều axit 142 và các sản phẩm khác 140. Các các mạch xử lý sơ cấp và thứ cấp xử lý dung dịch muối sản phẩm phụ nêu trên để loại bỏ hầu hết các cation đa hóa trị trước khi đưa dung dịch muối sản phẩm phụ đã qua xử lý hoặc tinh chế vào bộ điện hóa tạo axit.

Trong thiết bị điện hóa tạo axit 116, dung dịch muối sản phẩm phụ được chuyển hóa, như đã nói ở trên, thành xút, natri hipoclorit, khí hydro, khí clo. Khí hydro và khí clo được thực hiện phản ứng nhiệt để tạo ra axit clohydric 142 để quay vòng vào thiết bị xử lý 112. Vì một phần khí hydro bị mất và sự mất cân bằng tỷ lượng đáng kể (xem các phương trình 1 đến 6 ở trên) xảy ra giữa khí hydro và khí clo, nên một phần khí clo có thể được sử dụng để sản xuất thuốc tẩy để bán. Ngoài ra, khí clo có thể được bán dùng cho các ứng dụng khác, chẳng hạn như sản xuất các dung môi khử trùng bằng clo, các chất hữu cơ chứa clo. Theo cách này, sự cân bằng tỷ lượng xấp xỉ giữa hydro và khí clo được duy trì trong cả quy trình. Nhà máy nhiệt điện đồng phát 120 cung cấp năng lượng điện 170 và nhiệt thải 180 (thường ở dạng hơi nước) để hoạt động các bộ phận thích hợp trong thiết bị điện hóa tạo axit 116. Nước 128 là sản phẩm phụ tạo ra từ thiết bị điện hóa tạo axit 116 được quay vòng vào nhà máy nhiệt điện đồng phát 120, thiết bị nghiền 108, và thiết bị xử lý 112.

Dựa vào Fig.2, phương án thứ hai của sáng chế sẽ được đề cập.

Nguyên liệu chứa kim loại quý (hòa tan được bằng axit) 104 được nghiền trong thiết bị nghiền 108. Trong thiết bị nghiền, nguyên liệu 104 được nghiền vụn bằng quy trình nghiền ướt và/hoặc khô và thiết bị xay trong chu trình mở hoặc đóng để tạo ra loại nguyên liệu nghiền nhỏ (không được thể hiện trên hình vẽ). Nguyên liệu đã được nghiền nhỏ thường được tuyển tinh, chẳng hạn tuyển nổi hoặc các kỹ thuật tách nhờ khối lượng hoặc kích thước, để tạo ra tinh quặng 200, tinh quặng này thường ở dạng bùn.

Tinh quặng (dạng bùn) 200 được đưa vào thiết bị xử lý 112. Trong thiết bị xử lý 112, tinh quặng 200 được ngâm chiết (bước 204) ở dạng sinh học và/hoặc hóa học bằng dung dịch ngâm chiết (không được thể hiện trên hình vẽ) bao gồm axit vô cơ để hòa tan phần lớn kim loại quý trong các dung dịch ngâm chiết để tạo thành dung dịch sau ngâm chiết chứa quặng 208. Dung dịch sau ngâm chiết chứa quặng 208 được phân tách chọn lọc (bước 212) để tạo ra nguyên liệu không chứa kim loại quý 132, dung dịch muối không chứa kim loại quý 216, và dung dịch giàu kim loại quý 220. Dung dịch giàu kim loại quý 220 chứa phần lớn kim loại quý hòa tan trong dung dịch sau ngâm chiết.

Theo một kết cấu, bước phân tách bao gồm bể lắng/chu trình rửa, chẳng hạn như chu trình gạn dòng ngược, để loại bỏ các vật liệu không chứa kim loại quý ở pha rắn 132 ra khỏi pha lỏng giàu kim loại quý (không được thể hiện trên hình vẽ). Tốt hơn là, kỹ thuật phân tách lỏng/rắn khác có thể được sử dụng, chẳng hạn lọc, rây, xyclon, và các kỹ thuật phân tách theo kích thước hoặc khối lượng khác.

Sau đó, pha lỏng giàu kim loại có giá trị được thực hiện hấp phụ (chẳng hạn bằng cách sử dụng nhựa trao đổi ion hoặc chelat) hoặc lọc màng để loại bỏ hầu hết các kim loại quý ra khỏi pha lỏng và tạo thành dung dịch ngâm chiết không chứa kim loại quý để quay vòng vào bước hòa tan kim loại quý 204. Các chất hấp phụ có thể là nhựa trao đổi ion hoặc nhựa chelat, môi trường xốp (ví dụ, than hoạt tính, zeolit, và các môi trường xốp khác), và tương tự. Trong khi sự phân tách nhờ hấp phụ và màng được đề cập với tham chiếu đến việc loại bỏ các kim loại quý lựa chọn hoặc mục tiêu, cần hiểu rằng cũng có thể sử dụng sự phân tách nhờ hấp phụ và/hoặc màng, bên cạnh hoặc thay cho sự hấp phụ kim loại quý mục tiêu, trong bộ phân tách 212 để loại bỏ các tạp chất, chẳng hạn các kim loại quý khác hoặc kim loại không có giá trị, nhờ đó tinh chế dung dịch sau ngâm chiết chứa kim loại quý.

Kim loại quý mục tiêu sau khi hấp phụ được tách ra khỏi từ các chất hấp phụ (không được thể hiện trên hình vẽ) bằng dung dịch phân tách (chẳng hạn dung dịch rửa giải) nhờ sự thay đổi (liên quan đến dung dịch sau ngâm chiết) nhiệt độ và/hoặc độ pH (có thể thay đổi phù hợp với chất hấp phụ kim loại quý mục tiêu) để tạo ra dung dịch phân tách giàu kim loại quý mục tiêu (không được thể hiện trên hình vẽ) và chất hấp phụ sau khi giải hấp phụ để tiếp xúc lại với dung dịch sau ngâm chiết 208.

Dung dịch phân tách giàu kim loại quý mục tiêu được xử lý để tạo ra sản phẩm kim loại quý mục tiêu (không được thể hiện trên hình vẽ) (hoạt động 136) và sản phẩm phụ là dung dịch muối 224. Sự tạo ra sản phẩm kim loại quý có thể, ví dụ, được thực hiện bằng cách điện phân hoặc chiết bằng điện, kết tủa (trong đó, ví dụ, tạo sunfua hoặc oxit kim loại), hấp phụ (chẳng hạn sử dụng than hoạt tính), lọc màng, thẩm cacbon, và/ hoặc hỗn hống hoá.

Trong thiết bị nghiền 108 và thiết bị xử lý 112, có một số quá trình thu hồi các kim loại đất hiếm như các kim loại quý.

Theo một quy trình, đặc biệt áp dụng đối với batnaezit, có sự oxy hóa có chọn lọc đất hiếm. Xeri được tách ra sau quá trình oxy hóa xeri hóa trị III thành xeri hóa trị IV, đơn giản hóa sự phân tách sau đó đối với các kim loại thuộc họ lantanit còn dư ít. Quá trình oxy hóa xảy ra khi batnaezit được nung nóng với sự có mặt của phân tử oxy ở nhiệt độ thường thấp nhất là khoảng 500°C và thậm chí thường xuyên thấp nhất là 600°C hoặc khi hydroxyt đất hiếm được sấy khô với sự có mặt của phân tử oxy ở nhiệt độ phổ biến nằm trong khoảng từ 120°C đến 130°C. Xeri (IV) được tách ra từ đất hiếm có hóa trị ba hoặc bằng cách hòa tan có chọn lọc các loại đất hiếm hóa trị ba với axit loãng hoặc hòa tan hoàn toàn các loại hóa trị ba với axit đặc sau đó kết tủa có chọn lọc xeri hydroxyt hoặc chiết dung môi đối với xeri (IV) như sẽ được đề cập dưới đây. Trong các dung dịch nước, xeri (III) bị oxy hóa thành xeri (IV) bằng điện phân hoặc xử lý với hydro peroxyt hay natri hipoclorit. Sau đó sẽ xảy ra quá trình kết tủa oxit xeri ngậm nước khi độ pH được điều chỉnh thường đến mức thấp nhất là pH = 3 và thậm chí phổ biến hơn là độ pH nằm trong khoảng từ pH = 3 đến pH = 7.

Theo quy trình khác, quy trình thu hồi đất hiếm đã được bộc lộ trong các patent Mỹ số 5207995 và 5433931, mỗi patent trong số hai patent nêu trên được kết hợp ở đây để tham khảo. Quy trình này đặc biệt hữu ích trong việc thu hồi đất hiếm từ batnaezit. Theo quy trình này, quặng đất hiếm được nghiền nhỏ đến kích thước P₉₀ theo rây 100 (Tyler) (hoặc kích thước trung bình thông thường, hoặc kích thước P₉₀ nằm trong khoảng từ 1 đến 100 micrômet và thậm chí phổ biến hơn là trong nằm khoảng từ 5 đến 25 micrômet). Quặng đã được nghiền nhỏ được tuyển nổi để tạo ra tinh quặng đất hiếm (bao gồm phần lớn batnaezit trong quặng đất hiếm với thạch anh, barit, canxit, và strontianit được tách ra trong quặng thải). Tinh quặng đất hiếm thường chứa ít nhất khoảng 25% khối lượng và thậm chí thường nằm trong khoảng từ 35%

đến 75% khối lượng đất hiếm. Tinh quặng đất hiếm được ngâm chiết với axit lần thứ nhất bằng axit clohydric loãng (độ pH khoảng 1,0) để loại bỏ một số thành phần kiềm thổ trong tinh quặng đất hiếm và nung quặng ngâm chiết. Việc nung quặng thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400°C đến 800°C với sự có mặt của phân tử oxy để chuyển hóa khoáng chất flo-cacbonat thành hỗn hợp của flo và các oxit và oxy hóa xeri thành xeri (IV). Quặng nung được ngâm chiết lần thứ hai với dung dịch axit clohydric đặc hơn (thường bao gồm các dung dịch axit clohydric có nồng độ trong khoảng từ 0,1N đến 0,5N hoặc 0,2N) để loại bỏ các thành phần kiềm thổ còn lại và tách xeri ra khỏi các oxit đất hiếm khác. Sau đó, quặng này được ngâm chiết lần thứ ba với dung dịch axit clohydric đặc hơn nữa (ví dụ axit clohydric thường ít nhất có nồng độ khoảng 25% khối lượng, phổ biến hơn là nằm trong khoảng từ 35% tới 75% khối lượng, và thậm chí phổ biến hơn nữa là nằm trong khoảng từ 40% đến 50% khối lượng) để hòa tan xeri quý cho việc xử lý tiếp theo. Dung dịch sau ngâm chiết thường chứa ít nhất là phần lớn hàm lượng đất hiếm trong tinh quặng đất hiếm và thậm chí phổ biến hơn là chứa từ 25% đến 95% khối lượng đất hiếm.

Theo quy trình khác được sử dụng đối với quặng bastnezit, tinh quặng đất hiếm được ngâm chiết với dung dịch axit clohydric đặc hoặc loãng để hòa tan ít nhất một phần đất hiếm kết hợp với flo từ quặng. Cặn hỗn hợp florua đất hiếm được hòa tan bằng cách sử dụng xút ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 300°C. Hydroxyt đất hiếm thu được ngâm chiết với axit clohydric đặc hoặc loãng. Theo phương án khác của quy trình này, có thể sử dụng axit sulfuric đặc hoặc loãng thay cho axit clohydric để hòa tan cặn ở nhiệt độ thường nằm trong khoảng từ 200 đến 500°C. Các đất hiếm đã hòa tan sau đó được thu hồi là các sulfat tan trong nước. Các tạp chất đa hóa trị chẳng hạn sắt được loại bỏ nhờ sự trung hòa độ pH.

Theo quy trình khác của sáng chế, đất hiếm có trong monazit và được thu hồi bằng cách thủy phân công nghiệp nhờ sử dụng xút. Hàm lượng phosphat của quặng được thu hồi là trinatri phosphat và các đất hiếm được thu hồi là hydroxyt đất hiếm. Dung dịch ngâm chiết thường chứa khoảng từ 25 đến 75 % khối lượng dung dịch natri hoặc kali hydroxyt ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 125 đến 200°C. Kết tủa đất hiếm hỗn hợp và thori hydroxyt thu được được hòa tan trong axit clohydric và/hoặc axit nitric, được xử lý để loại bỏ ít nhất phần lớn thori và các nguyên tố không phải đất hiếm khác, và được xử lý để thu hồi các đất hiếm riêng biệt.

Theo quy trình khác của sáng chế, đất hiếm có trong loparit và được thu hồi bằng kỹ thuật clo hóa. Kỹ thuật này được thực hiện bằng cách sử dụng khí clo ở nhiệt độ thường nằm trong khoảng từ 500 đến 1000°C với sự có mặt của cacbon. Các muối clorua dễ bay hơi được tách khỏi các muối clorua được dung hợp với đất hiếm-natri-canxi, và kết tủa thu được được hòa tan trong nước. Các đất hiếm đã hòa tan được thu hồi bằng các kỹ thuật thích hợp.

Theo quy trình khác của sáng chế, đất hiếm có trong loparit và được thu hồi bằng kỹ thuật sulfat hóa. Kỹ thuật này được thực hiện bằng cách sử dụng dung dịch axit sulfuric (thường chứa từ 50 đến 95% khối lượng axit sulfuric) ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 250°C với sự có mặt của amoni sulfat. Sản phẩm được ngâm chiết trong nước, trong khi các muối disulfat của các đất hiếm còn lại trong cặn. Các muối sulfat titan, sulfat tantan và sulfat niobi chuyển vào dung dịch. Cặn được chuyển hóa thành các cacbonat đất hiếm và sau đó được hòa tan trong axit nitric, và được phân lập bằng các kỹ thuật thích hợp.

Trong các quy trình nêu trên, các tinh quặng đất hiếm có thể được thu hồi bằng kỹ thuật bất kỳ trong số các kỹ thuật khác nhau đã biết. Theo một quy trình, các tinh quặng đất hiếm có thể được phân tách bằng trao đổi ion. Ví dụ, độ pH phụ thuộc vào các phức hợp đất hiếm tạo ra với axit xitric hoặc các chất rửa giải aminopolycarboxylat (ví dụ axit etylenđiamintetraaxetic (EDTA) và axit hydroxyetylenđiamintriaxetic (HEEDTA)). Các hạt nhựa không có phosphat được ưu tiên sử dụng để tránh sự tái hấp phụ đất hiếm của hạt nhựa do sự rửa giải không hoàn toàn đất hiếm khỏi hạt nhựa. Các đất hiếm được thu hồi nhờ rửa giải sử dụng dung dịch cô đặc của muối đơn hóa trị một chẳng hạn amoni clorua hoặc natri clorua. Nếu chất tạo phức thể hiện các ái lực chênh lệch đáng kể đối với các nguyên tố thuộc họ lantanit khác nhau được bổ sung vào chất rửa giải thì sẽ xảy ra sự phân tách. Theo quy trình khác, các hợp chất có thể hòa tan trong dầu phân tách các đất hiếm bằng cách chiết xuất lỏng-lỏng bằng cách sử dụng các dung môi chiết axit, bazơ và/hoặc trung tính. Các dung môi chiết axit, bazơ và trung tính bao gồm các axit carboxylic, axit phospho hữu cơ và các este của chúng, các muối tetraalkylamoni, các rượu, các ete, và các xeton. Theo quy trình khác, các halogenua đất hiếm được khử thành kim loại bằng phản ứng của nhiều kim loại dương điện như là canxi, lithi, natri, kali và nhôm. Theo quy trình khác, sự khử điện phân được sử dụng để sản xuất các kim loại thuộc họ

lantanit nhẹ, bao gồm didymi (hỗn hợp Nd-Pr). Theo quy trình khác, sự chưng cất phân đoạn được sử dụng để thu hồi và tách các đất hiếm. Theo quy trình khác, sự nóng chảy vùng được sử dụng để thu hồi và tách các đất hiếm. Do đặc tính dương điện cao của các đất hiếm, nên các kim loại đất hiếm có thể được tạo ra từ các dung dịch nước bằng cách điện phân muối nóng chảy hoặc sự khử nhiệt kim loại.

Dung dịch muối sản phẩm phụ 224 và dung dịch muối 216 có thể bao gồm các tạp chất đa hóa trị khác nhau, gồm một hoặc nhiều trong số: hơn 20 ppb (parts per billion: phần tỷ) canxi hóa trị hai, hơn 20 ppb magie hóa trị hai, hơn 100 ppb stronti hóa trị hai, hơn 500 ppb bari hóa trị hai, hơn 100 ppb nhôm hóa trị ba, hơn 1 ppm (parts per million: phần triệu) sắt hóa trị ba, hơn 15 ppm thủy ngân hóa trị hai, hơn 10 g/L anion sulfat hóa trị hai, hơn 10 ppm silic oxit, hơn 400 ppb flo hóa trị một, hơn 100 ppm các hạt nhân phóng xạ (ví dụ radi, urani và thori) và hạt con của chúng, và hơn 10 ppb niken hóa trị hai. Một số tạp chất có thể có nồng độ cao tương đối lên đến các giới hạn hòa tan của chúng.

Dung dịch muối sản phẩm phụ 224 được kết hợp với dung dịch muối 216, và dung dịch kết hợp 228 được đưa tùy chọn để tinh chế tạp chất vô cơ (bước 232) để tạo ra dung dịch sau tinh chế thứ nhất 236. Mặc dù các kỹ thuật loại bỏ tạp chất bất kỳ đều có thể được sử dụng, việc loại bỏ tạp chất vô cơ có thể là bão hòa, kết tủa (chẳng hạn, với natri hoặc kali hydroxyt, oxit hoặc carbonat), làm trong, lọc (chẳng hạn lọc màng), hấp phụ (chẳng hạn sử dụng chất trao đổi ion hoặc nhựa chelat (ví dụ, các loại nhựa có aminometylphosphonic, iminodiacetic hoặc các nhóm chức thiol), than hoạt tính, các zeolit, alumin, alumosilicat, và loại tương tự), điện phân, khử clo, thấm cacbon, và sự tạo hỗn hống). Theo một quy trình, ít nhất phần lớn các tạp chất vô cơ đa hóa trị đã hòa tan, chẳng hạn canxi, magie, sắt và các tạp chất khác được loại bỏ nhờ sự kết tủa như các oxit, các carbonat và/hoặc các hydroxyt. Điều này có tác dụng đặc biệt sử dụng các chất kết tủa có cation đơn hóa trị, chẳng hạn natri carbonat và natri hydroxyt. Các tạp chất kết tủa được loại bỏ hoặc được tách ra khỏi pha lỏng bằng chu trình để lắng, lọc, xyclon, và tương tự. Theo một quy trình, ít nhất phần lớn các tạp chất vô cơ đa hóa trị đã hòa tan được loại bỏ bằng chất trao đổi ion hoặc nhựa chelat. Khi kim loại quý là đất hiếm, nhựa về cơ bản nên là nhựa không chứa các nhóm phosphat tự do để ngăn sự tái hấp phụ đất hiếm của hạt nhựa do sự tách rửa đất hiếm không hoàn toàn.

Theo một quy trình, anion sulfat và anion đa hóa trị khác được loại bỏ bằng cách làm lạnh và kết tinh, kết tinh bay hơi và/hoặc kết tủa muối ra khỏi tạp chất.

Dung dịch sau tinh chế thứ nhất 236 được tùy chọn để loại bỏ tạp chất hữu cơ (bước 240) để tạo ra dung dịch sau tinh chế thứ hai 244. Mặc dù các kỹ thuật loại bỏ tạp chất bất kỳ đều có thể được sử dụng để loại bỏ ít nhất phần lớn các chất hữu cơ khỏi dung dịch sau tinh chế thứ nhất 236, nhưng việc loại bỏ tạp chất hữu cơ vẫn thường được thực hiện bằng một hoặc nhiều phương pháp trong số chung cất trong chân không, bốc hơi thẩm thấu, tách bằng hơi nước, hấp phụ (chẳng hạn sử dụng chất trao đổi ion hoặc nhựa chelat) và lọc màng.

Dung dịch sau tinh chế thứ hai 244 được tùy chọn để loại bỏ ion vi lượng (bước 248) để loại bỏ ít nhất phần lớn các ion đa hóa trị còn lại bất kỳ và tạo ra dung dịch sau tinh chế thứ ba 252. Trên thực tế, bước 248 là thực hiện việc khử sạch. Mặc dù các kỹ thuật bất kỳ (gồm cả các kỹ thuật được mô tả trong bước 232) có thể được sử dụng để loại bỏ các ion đa hóa trị còn lại, kỹ thuật khử sạch thông thường là hấp phụ (chẳng hạn sử dụng chất trao đổi ion hoặc nhựa chelat) các tạp chất vô cơ đa hóa trị còn lại. Dung dịch sau tinh chế thứ ba 252 cần có độ tinh khiết cao để sử dụng cho loại thiết bị điện hóa tạo axit cụ thể. Theo quy trình này, dung dịch sau tinh chế thứ ba 252 có muối ở trạng thái bão hòa (dưới quá trình tác dụng của nhiệt độ và áp suất), thường nằm trong khoảng từ 23 đến 28% khối lượng muối hòa tan trong nước.

Fig.3 thể hiện một quy trình cụ thể để tinh chế dung dịch kết hợp 228 mà có thể áp dụng thích hợp cho các quy trình thu hồi kim loại đất hiếm.

Ở giai đoạn kết tủa đầu tiên của các tạp chất 304, bazơ, chẳng hạn xút được bổ sung vào dung dịch kết hợp 228, có đặc điểm là độ pH thường không lớn hơn $\text{pH} = 8$, để tăng độ pH đạt đến độ pH thông thường, ít nhất đạt $\text{pH} = 9$. Chắc chắn là các tạp chất cation đa hóa trị, cụ thể là các đất hiếm hóa trị ba, các kim loại kiềm thổ hóa trị hai, stroti hóa trị hai, bari hóa trị hai, niken hóa trị hai, và nhôm hóa trị ba tạo thành muối cacbonat kết tủa. Sắt hóa trị ba thường không bị kết tủa ở giai đoạn kết tủa đầu tiên.

Ở giai đoạn kết tủa thứ hai của các tạp chất 308, bazơ mạnh như là natri hydroxyt được tiếp xúc với dung dịch kết hợp 228 để tăng độ pH đạt đến độ pH thông thường, ít nhất là độ pH = 10 và thậm chí tăng đến độ pH, ít nhất là độ pH = 11. Phần lớn các tạp

chất cation đa hóa trị, cụ thể là các đất hiếm hóa trị ba, các kim loại kiềm thổ hóa trị hai, stroti hóa trị hai, bari hóa trị hai, sắt hóa trị ba, niken hóa trị hai và nhôm hóa trị ba kết tủa ở dạng hydroxyt. Sau các giai đoạn kết tủa thứ nhất và thứ hai, thông thường ít nhất phần lớn, thậm chí thường nhiều hơn ít nhất khoảng 75%, và thậm chí thường nhiều hơn ít nhất khoảng 90% các cation và anion đa hóa trị ở dạng chất kết tủa.

Sau giai đoạn kết tủa thứ hai 308, dung dịch muối kết hợp 228 tiếp xúc với chất kết tụ và kết bông và phân ly lỏng/rắn ở bước 312 bằng kỹ thuật thích hợp. Các kỹ thuật thích hợp gồm có kỹ thuật phân tách nhờ khối lượng và/hoặc kích thước, chẳng hạn lọc, xyclon, lắng trọng lực, lắng gạn, lắng và kết hợp các kỹ thuật trên, để loại bỏ phần lớn, thậm chí thường ít nhất là 75%, và thậm chí nhiều hơn, ít nhất 95% các tạp chất khỏi dung dịch 228.

Tiếp theo bước phân tách lỏng/rắn, dung dịch hóa hợp 228 có thể được điều chỉnh độ pH bằng cách cho dung dịch cần điều chỉnh độ pH tiếp xúc, ở bước 316, với chất hấp phụ để loại bỏ ít nhất phần lớn chất hữu cơ. Chất hấp phụ thường được sử dụng là than hoạt tính. Thông thường các chất hữu cơ bao gồm dung môi chiết hòa tan hoặc nhựa trao đổi ion, chất hoạt động bề mặt, tác nhân tuyển nổi (ví dụ chất gộp và chất tạo bọt), chất làm đông và chất keo tụ. Theo quy trình này, độ pH của dung dịch kết hợp 228 được giảm xuống nhờ bổ sung axit vô cơ để độ pH thường không lớn hơn pH = 8.

Dung dịch 228 sau đó được chuyển sang bước 324 để loại bỏ ít nhất phần lớn các cation hóa trị cao và hóa trị ba còn lại bất kỳ bằng cách trao đổi ion. Nhựa trao đổi ion thường được sử dụng có nhóm chức loại iminodiacetic.

Sau đó, dung dịch 228 được đưa qua tầng hỗn hợp của các nhựa trao đổi anion và cation để loại bỏ ít nhất phần lớn các cation hóa trị hai và các anion đa hóa trị còn lại bất kỳ, như là các sulfat (SO_4^{2-}) và các nitrat (NO_3^{1-}). Nhựa trao đổi cation thông thường được sử dụng có nhóm chức aminometylphosphonic. Các ion sulfat và nitrat có ái lực mạnh với hầu hết các nhựa trao đổi anion bazơ mạnh. Ví dụ nhựa trao đổi anion bao gồm nhựa polystyren (ví dụ Amberlite IRA-400, 402, 404, 900, và 996™ do Aldrich sản xuất, Duolite A-101D™, Ionac ASB-1 hoặc 2™ và Ionac SR-7™, và Lewatit OC-1950™), nhựa polyacrylic (ví dụ Amberlite IRA-458 và 958™), nhựa pyridin (ví dụ Reillex HPQ™, B-1™, và DP-1™), và copolyme styren-divinylbenzen

được sulphonat hóa để tạo thành chất trao đổi cation axit mạnh hoặc được amin hóa để tạo thành bazơ mạnh hoặc chất trao đổi anion bazơ yếu.

Việc sắp xếp các loại nhựa nhóm chức loại iminodioxetic hoặc nhóm chức loại aminomethylphosphonic trong chuỗi xử lý có thể loại bỏ ít nhất phần lớn các cation hóa trị cao hoặc hóa trị ba còn lại bất kỳ (bước 320) bằng nhóm chức loại iminodioxetic trước khi loại bỏ các cation hóa trị hai bằng nhóm chức aminomethylphosphonic. Chú ý rằng, các cation hóa trị ba hoặc hóa trị cao hơn, đặc biệt là các kim loại đất hiếm hóa trị ba, có thể tái hấp phụ nhóm chức aminomethylphosphonic do phép tách rửa không hoàn toàn các cation này.

Bởi vì một phần đáng kể, và trong một số trường hợp ít nhất phần lớn flo trong dung dịch kết hợp 228 không được loại bỏ bằng các bước tinh chế trước và vì flo có thể phá hủy các điện cực platin trong hệ thống điện hóa tạo axit, thông thường ít nhất phần lớn và thường nhiều hơn ít nhất 85% flo được loại bỏ trong bước 322 bằng kỹ thuật thích hợp. Một kỹ thuật là loại bỏ flo bằng cách chuyển dung dịch 228 đi qua cột khử sạch bằng nhôm oxit. Kỹ thuật khác để loại bỏ flo bằng cách chuyển dung dịch 228 qua cột chứa đất hiếm. Cột chứa các hạt có đất hiếm có thể là chất nền hoặc không phải chất nền. Các hạt chứa phần lớn các hợp chất đất hiếm trên cơ sở khối lượng và mol. Hạt đất hiếm được ưu tiên gồm có phần lớn là các hợp chất của xeri (III), (IV), hoặc hỗn hợp của chúng trên cơ sở khối lượng và mol. Ở trạng thái khác, thành phần đất hiếm của các hạt chứa đất hiếm là xeri sơ cấp.

Dung dịch 228 cuối cùng được chuyển qua cột khử sạch để loại bỏ ít nhất phần lớn các cation còn lại bất kỳ và tạo ra dung dịch sau tinh chế thứ ba 252. Cột khử sạch thông thường gồm có các zeolit.

Theo quy trình khác, các phương pháp phân tách khác nhau có hiệu quả bằng cách sử dụng các bộ lọc bằng màng được áp dụng cho dung dịch 228 trước hoặc sau các giai đoạn kết tủa thứ nhất 304 và thứ hai 308. Ví dụ, sau khi loại bỏ các tạp chất kết tủa 312, dung dịch 228 trước tiên được chuyển qua màng vi lọc và/hoặc màng siêu lọc để loại bỏ chất không qua màng lọc thứ nhất là ít nhất phần lớn chất rắn lơ lửng và chất keo và các tạp chất hữu cơ và tạo ra dịch thấm qua thứ nhất bao gồm ít nhất phần lớn các ion vô cơ, và dịch thấm qua thứ nhất này được chuyển qua màng siêu lọc, màng lọc nano, và/hoặc màng thẩm thấu ngược hở để loại bỏ các chất không qua màng

lọc thứ hai là ít nhất phần lớn các ion đa hóa trị trong dung dịch 228 và tạo ra dịch thấm qua thứ hai chứa ít nhất phần lớn các ion đơn hóa trị trong dung dịch 228. Dịch thấm qua thứ hai sau đó được tùy chọn để khử sạch nhằm loại bỏ ít nhất phần lớn các ion đa hóa trị và/hoặc các ion đơn trị không mong muốn còn lại bất kỳ, đặc biệt là flo.

Liên qua đến các kỹ thuật tinh chế cụ thể được sử dụng, dung dịch sau tinh chế thứ ba 252 thường có ít hơn 20 ppb canxi và magie hóa trị hai, ít hơn 100 ppb stronti hóa trị hai, ít hơn 500 ppb bari hóa trị hai, ít hơn 100 ppb nhôm hóa trị ba, ít hơn 1 ppm sắt hóa trị ba, ít hơn 15 ppm thủy ngân hóa trị hai, ít hơn 10 g/L anion sulfat hóa trị hai, ít hơn 10 ppm silic đioxit (với sự có mặt của canxi hóa trị hai và nhôm hóa trị ba), ít hơn 400 ppb Iot hóa trị một (với sự có mặt của bari hóa trị hai) và ít hơn 10 ppb niken hóa trị hai. Trong một số ứng dụng, mỗi tạp chất trong dung dịch sau tinh chế thứ ba 252 có nồng độ ít hơn 1 ppm.

Các bước tinh chế nêu trên thường được thực hiện để duy trì ít nhất phần lớn, thậm chí nhiều hơn ít nhất 75%, và thậm chí nhiều hơn ít nhất 95% các cation và anion muối (ví dụ ion natri và ion clo) trong dung dịch. Các bước khác nhau được thực hiện có lựa chọn để loại bỏ các tạp chất hữu cơ đa hóa trị trong khi ngăn ngừa việc loại bỏ các thành phần muối. Ở trạng thái khác, các nhựa trao đổi cation và anion và các chất hấp phụ như nêu trên, dưới điều kiện của dung dịch 228, thường có hạn chế hoặc không có ái lực đối với các ion natri hoặc ion clo (khi muối là muối natri clorua).

Nếu cần thiết, dung dịch sau tinh chế thứ ba 252 có thể được thực hiện bước cô đặc muối (bước 256) để điều chỉnh độ mặn của dung dịch 252 đến mức độ phù hợp cho bước điện hóa tạo axit. Thiết bị cô đặc muối có thể bao gồm các thiết bị bay hơi nhiều tác dụng, các máy nén hơi nước hiệu suất cao, máy nén hơi nước và kết hợp các thiết bị đó. Nếu cần thiết, có thể thực hiện sự điều chỉnh độ pH của dung dịch sau tinh chế thứ ba 252 bằng cách sử dụng axit hoặc bazơ được tạo ra từ bước điện hóa tạo axit 280.

Dung dịch sau tinh chế thứ ba 252 được đưa vào bước điện hóa tạo axit 280 để chuyển hóa muối thành hỗn hợp của các sản phẩm cuối mong muốn như nêu trên. Trong quy trình được thể hiện trên Fig.2, các sản phẩm cuối là dung dịch axit vô cơ trong nước 260 và dung dịch natri hydroxyt trong nước 264. Dung dịch axit vô cơ trong nước 260 được đưa đến bước hòa tan kim loại quý 204. Dung dịch bazơ trong

nước 264 được đưa đến bước phân tách 212 và tạo thành sản phẩm 136, nếu cần thiết. Dung dịch muối (sạch) bổ sung 268 như là nước bề mặt, nước máy, nước công nghiệp, hơi nước ngưng tụ, nước biển, nước muối hoặc nước muối nhân tạo được bổ sung nếu cần thiết để thay thế cho sự hao hụt nước tương ứng trong các bước hoạt động ở các bộ phận khác nhau.

Các dung dịch axit và bazơ có thể được cô đặc bằng các thiết bị cô đặc tùy chọn tương ứng 278 và 272, để tạo ra nồng độ axit hoặc nồng độ bazơ mong muốn. Thông thường, các dung dịch axit và bazơ có các nồng độ axit và bazơ tương ứng không cao hơn 90, thậm chí thường không cao hơn 75, và thường không cao hơn 50% khối lượng. Ví dụ về các thiết bị cô đặc là các thiết bị bay hơi và các cột chưng cất. Trong một số ứng dụng, các dung dịch axit và bazơ có thể cần được pha loãng để tạo ra các mức nồng độ thích hợp.

Dung dịch bazơ có thể được điều chỉnh độ pH trong bước 282 bằng cách sử dụng chất điều chỉnh độ pH phù hợp, như là chất điều chỉnh độ pH axit hoặc chất điều chỉnh độ pH bazơ. Thông thường, chất điều chỉnh độ pH bazơ là natri hydroxyt hoặc kali hydroxyt được tạo ra trong bước điện hóa tạo axit 116.

Mặc dù không được thể hiện trên các hình vẽ, nhưng có thể cần bổ sung khí hydro để bù vào lượng hydro hao hụt trong quá trình sản xuất.

Sự cân bằng nước trong quy trình có thể duy trì bằng bước bay hơi nhiều tác dụng. Điều này xảy ra trong quy trình sản xuất mà muối chắc chắn bị kết tủa do quá bão hòa. Muối kết tủa sẽ được đưa trở về bước điện hóa tạo axit 280.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ A

Ví dụ A đề cập đến sự kết tủa nhiều giai đoạn và quá trình trao đổi ion để loại bỏ các cation hóa trị hai và hóa trị ba trước khi thực hiện bước phân tách muối. Fig.4 và Fig.5 thể hiện sự giảm hàm lượng của các cation kiềm thổ hóa trị hai (cụ thể là magie, canxi, stronti và bari) và các cation hóa trị ba (lantan, xeri, praseodym, neodým, samari và sắt) sau các giai đoạn kết tủa và trao đổi ion.

M1 là giai đoạn kết tủa đầu tiên (xem Fig.3) tại đó dung dịch muối (dung dịch muối sản phẩm phụ 224, dung dịch muối không có kim loại quý 216 hoặc hỗn hợp của

chúng (dung dịch hỗn hợp 228) như được mô tả ở trên) có độ pH khoảng bằng pH = 7 được cho tiếp xúc với dung dịch natri cacbonat có độ pH bằng khoảng pH = 9,5 để tạo ra cacbonat kim loại nhão. Hòa tan natri cacbonat trong nước bằng cách khuấy để tạo ra dung dịch natri cacbonat. Cacbonat kim loại nhão có kết tủa cacbonat kim loại được phân tán trong nước muối. Các cacbonat kim loại thường bị kết tủa là lantan cacbonat, xeri cacbonat, praseodym cacbonat, neodim cacbonat, samari cacbonat, magie cacbonat, stronti cacbonat, bari cacbonat, chì cacbonat, urani cacbonat và nhôm cacbonat.

M2 là giai đoạn kết tủa thứ hai (xem Fig.3) tại đó cacbonat kim loại nhão được tiếp xúc với dung dịch natri hydroxyt có nồng độ 8% khối lượng NaOH để làm tăng thêm độ pH từ độ pH = 11 đạt đến độ pH = 2 và để kết tủa thêm ở dạng các hydroxyt bất kỳ của các kim loại được xác định ở trên (như là lantan, xeri, praseodym, neodim, samari, magie, stronti, bari, canxi, chì, urani và nhôm) còn trong dung dịch.

M3 là giai đoạn kết tủa thứ ba (xem Fig.3) tại đó chất đông tụ chẳng hạn như nhôm sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), đã được tiếp xúc với các cacbonat và các hydroxyt kim loại (sau đây được gọi là các chất rắn chứa kim loại). Sự tiếp xúc của chất đông tụ với các chất rắn chứa kim loại làm đông tụ và/hoặc tăng kích thước hạt của các chất rắn chứa kim loại, nhờ đó tăng hiệu quả phân tách các chất rắn chứa kim loại ra khỏi pha lỏng. Pha lỏng chứa NaCl, các chất hữu cơ, và các hàm lượng được giảm của các cation hóa trị hai và hóa trị ba so với dung dịch muối (xem Fig.4 và Fig.5). Sự đông tụ và sự kết bông trong dung dịch nồng độ muối cao là rất khó. Tuy nhiên, về cơ bản, nó ưu tiên loại bỏ các ion hóa trị hai và hóa trị ba và/hoặc các chất rắn trước khi tiến hành quy trình clo kim loại kiềm. Axit clohydric (nồng độ khoảng 18% khối lượng HCl) được bổ sung vào dòng chất lỏng để điều chỉnh độ pH đạt đến khoảng độ pH = 7.

Dòng chất lỏng đã được điều chỉnh độ pH được lọc và đưa qua bộ lọc than hoạt tính trước khi cho tiếp xúc với nhựa trao đổi ion thứ nhất IX1 (xem Fig.3). Nhựa trao đổi ion thứ nhất là nhựa có nhóm chức iminodixetic được bán dưới tên thương mại là Amberlite IRC-748i của hãng Rohm & Haas để tạo ra dung dịch trao đổi ion thứ nhất có sự giảm hàm lượng các cation hóa trị hai và hóa trị ba so với dòng chất lỏng đã được điều chỉnh độ pH (xem Fig.4 và Fig.5).

Dung dịch trao đổi ion thứ nhất được cho tiếp xúc với nhựa trao đổi ion thứ hai IX2 (xem Fig.3) để tạo ra dung dịch trao đổi ion thứ hai có hàm lượng ion hóa trị hai và hóa trị ba được giảm so với dung dịch trao đổi ion thứ nhất (xem Fig.4 và Fig.5). Nhựa trao đổi ion thứ hai là nhựa có nhóm chức aminomethylphosphonic được bán dưới tên thương mại là Amberlite IRC-747 của hãng Rohm & Haas.

Ví dụ B

Ví dụ B đề cập đến khả năng nạp cation hóa trị ba vào nhựa trao đổi ion chelat (IX1 trên Fig.3). Nhựa trao đổi ion chelat là nhựa iminodiacetic được bán dưới tên thương mại là Amberlite IRC-748i của hãng Rohm & Haas. Cation hóa trị ba là lantan. Dung dịch vào chứa lantan có độ pH bằng khoảng pH = 4, với lượng khoảng 50 g/L NaCl và 83 mg/L lantan (ở dạng LaCl_3) được điều chế bằng cách hòa tan 400 mg Lantan oxit (La_2O_3) trong axit clohydric (3,7ml dung dịch HCl 2N)). Sau khi hòa tan lantan oxit, bổ sung với lượng khoảng 200g NaCl, độ pH được điều chỉnh bằng dung dịch NaOH 1N đạt đến độ pH ở khoảng pH = 4 và bổ sung nước khử ion để thu được thể tích cuối cùng là khoảng 4 lít. Cột được nhồi bằng nhựa Amberlite IRC-748i. Dung dịch vào chứa lantan được chảy qua cột nhồi với tốc độ là 2,05mL/phút ở nhiệt độ khoảng 21°C (xem Fig.6). Khả năng hấp phụ cation hóa trị ba tối đa của nhựa iminodiacetic được xác định là 117mg lantan hoặc 29mg lantan trên 1g nhựa. Nhựa được nạp với lượng khoảng 108mg lantan. Tổng lượng nạp được tính toán bằng cách xác định vùng bên dưới đường cong điểm gãy (xem Fig.6).

Ví dụ C

Ví dụ C đề cập đến khả năng giải hấp cation hóa trị ba được nạp trên cột nhựa IX1 ở ví dụ B. Nhựa đã thử nghiệm là nhựa có nhóm chức iminodiacetic được bán dưới tên thương mại là Amberlite IRC-748i của hãng Rohm & Haas. Cation hóa trị ba là lantan. Với lượng khoảng 108mg lantan được nạp lên cột nhựa chứa 4g Amberlite 748i. Cột được nạp lantan được tái sinh bằng dung dịch axit clohydric thường có nồng độ 2,6N, tốc độ dòng chảy của dung dịch axit clohydric khoảng 2,7mL/phút. Các phân đoạn được gom lại sau mỗi lần 5 phút. Năm phân đoạn đầu tiên chứa các hàm lượng lantan có thể phát hiện (xem Fig.7). Năm phân đoạn đầu tiên chứa tổng số có lượng là 104mg lantan, lượng này nằm trong phạm vi sai số thí nghiệm cho phép khi nạp 108mg lantan lên cột. Phân đoạn thứ hai có nồng độ lantan cao nhất là khoảng 7,5g/L.

Các phân đoạn sau phân đoạn thứ năm không chứa hàm lượng lantan có thể được phát hiện. Giả định từ ví dụ này là nhựa có nhóm chức iminodixetic được nạp cation hóa trị ba như là lantan có thể được tái sinh bằng axit clohydric.

Ví dụ D

Ví dụ D đề cập đến khả năng giải hấp cation hóa trị ba được nạp trên nhựa IX2 của quá trình khử sạch muối (xem Fig.3). Nhựa đã thử nghiệm là nhựa có nhóm chức aminometylphosphonic được bán dưới tên thương mại là Amberlite IRC-747 của hãng Rohm & Haas. Cation hóa trị ba là lantan. Với lượng khoảng 88mg lantan được nạp lên cột nhựa chứa khoảng 4g Amberlite IRC-747. Cột nạp được tái sinh bằng dung dịch axit clohydric thông thường có nồng độ 2,6N. Tốc độ dòng chảy của dung dịch HCl 2,6N là khoảng 1,9mL/phút. 20 phân đoạn thể tích thu được từ cột. Các phân đoạn thu được sau mỗi lần 5 phút. Phát hiện thấy lantan mỗi phân đoạn trong số hai mươi phân đoạn thể tích nêu trên. Trong khi chỉ có lượng khoảng 88mg lantan được nạp lên cột, nhưng có lượng khoảng 117mg lantan được giải hấp từ cột (xem Fig.8). Sự khác biệt này được cho là lỗi phân tích. Cụ thể hơn, người ta tin rằng cột được nạp bằng dung dịch vào chứa 60mg lantan/L mà không phải là khoảng 42 mg lantan/L. Do đó có lượng khoảng 125mg lantan được nạp lên cột từ dung dịch chứa 60mg lantan/L, và điều này phù hợp với lượng 117mg lantan được giải hấp từ cột.

Ví dụ E

Ví dụ E đề cập đến các điều kiện hoạt động tối ưu để tách muối trước khi vận hành thiết bị tách muối ở trạng thái ổn định, chế độ liên tục. Phép phổ nghiệm phát xạ nguyên tử plasma ngẫu hợp cảm ứng (Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy: ICP-AES) được sử dụng để kiểm tra độ tinh chế của muối nguyên liệu. Muối nguyên liệu có nồng độ sắt và ion hóa trị hai không lớn hơn 0,5 ppm. Độ mặn của muối nguyên liệu trong thùng cấp liệu được đo bằng đầu dò độ dẫn điện và phát hiện độ dẫn điện ở khoảng 7,8mmhos. Đầu dò độ dẫn điện đã được hiệu chuẩn dựa vào 3 tiêu chuẩn hiệu chuẩn ở mức 5,50 g/L muối và 100g/L muối, mà có độ dẫn điện lần lượt là 0,82, 6,84 và 13,21mmhos. Các mức điện áp và dòng được đọc từ nguồn cấp điện một chiều cho thiết bị tách muối. Dung dịch muối nguyên liệu được lưu thông qua ngăn điện thẩm tách màng lưỡng cực, tức là màng trao đổi anion, màng trao đổi cation và màng lưỡng cực, các miếng đệm, phân luồng, các điện cực, v.v... với vận tốc

khoảng 0,8 galông/phút (3,02L/phút). Sự lưu thông này lần lượt đi qua thùng chứa nguyên liệu nước muối, axit, bazơ và thùng rửa điện cực, tương ứng có khoảng 12 lít dung dịch đi qua trong khoảng thời gian 4 phút. Các thùng phân tách axit và bazơ chứa nước khử ion. Thùng rửa điện cực chứa dung dịch NaOH 2N và dung dịch nguyên liệu nước muối có 75g NaCl/lít và có độ pH = 2. Sau khi tốc độ dòng chảy sệt được thiết lập thông qua ngăn lọc và thu được dung dịch gần như không có bọt, nguồn cấp điện một chiều được kích hoạt. Nguồn cấp điện một chiều được điều chỉnh ở dòng điện là 16A đi qua dung dịch muối, trong khi điện áp được phép thay đổi. Độ dẫn điện, dòng, điện áp, nhiệt độ dung dịch nguyên liệu và các nồng độ đương lượng axit và bazơ được xác định như là hàm thời gian cho đến khi hàm lượng NaCl cấp liệu gần như được hạ về không (xem Fig.9). Hàm lượng NaCl của nguyên liệu nước muối được rút hết trong khoảng thời gian là 3,5 giờ. Các bể chứa axit và bazơ tương ứng có nồng độ đương lượng cuối cùng là khoảng HCl 0,8N và NaOH 0,8N.

Ví dụ F

Ví dụ F đề cập đến tốc độ chuyển hóa của nguyên liệu nước muối chứa khoảng 95g NaCl trên một lít. Nguyên liệu nước muối được kiểm tra độ tinh chế bằng cách sử dụng phép phổ nghiệm ICP-AES. Nguyên liệu nước muối có nồng độ sắt và ion hóa trị hai không lớn hơn 0,5 ppm. Độ mặn của muối nguyên liệu trong thùng nguyên liệu được đo bằng đầu dò độ dẫn điện và phát hiện độ dẫn điện ở khoảng 7,8mmhos. Đầu dò độ dẫn điện đã được hiệu chuẩn dựa vào 3 tiêu chuẩn hiệu chuẩn ở 5,50 g/L muối và 100g/L muối, có độ dẫn điện lần lượt là 0,82, 6,84 và 13,21mmhos. Các mức điện áp và dòng được đọc từ nguồn cấp điện một chiều thiết bị tách muối. Dung dịch muối nguyên liệu được lưu thông qua ngăn điện thẩm tách màng lưỡng cực, đó là màng trao đổi anion, màng trao đổi cation và màng lưỡng cực, các miếng đệm, phân luồng, các điện cực, v.v.. với vận tốc khoảng 0,8 galông/phút (3,02L/phút). Sự lưu thông này lần lượt đi qua các thùng chứa nguyên liệu nước muối, axit, bazơ và thùng rửa điện cực, tương ứng có khoảng 12 lít dung dịch đi qua trong khoảng thời gian 4 phút. Các thùng phân tách axit và bazơ tương ứng chứa HCl 0,5N và NaOH 0,5N. Thùng rửa điện cực chứa dung dịch NaOH 2N và thùng dung dịch nguyên liệu nước muối có 95g NaCl/lít và có độ pH = 2. Nguồn cấp điện một chiều được kích hoạt sau khi tốc độ dòng chảy sệt được thiết lập thông qua ngăn lọc và thu được dung dịch gần như không có bọt. Nguồn cấp điện một chiều được điều chỉnh ở dòng điện là 16A đi qua dung dịch muối,

trong khi điện áp được phép thay đổi. Sau khi vận hành khoảng 30 phút, điện áp và dòng ổn định ở mức 19V và 16A (Fig.10). Độ dẫn điện, dòng, điện áp, nhiệt độ dung dịch nguyên liệu và các nồng độ đương lượng axit và bazơ được xác định như là hàm thời gian (xem Fig.10). Hàm lượng NaCl của nguyên liệu nước muối giảm xuống trong quá trình điện phân, từ khoảng 95g/L xuống 17g/L trong giai đoạn điện phân trong khoảng thời gian 5 giờ. Hơn nữa, trong giai đoạn điện phân trong khoảng thời gian 5 giờ, khoảng 934g NaCl được chuyển hóa thành axit clohydric và natri hydroxyt. Tốc độ chuyển hóa trung bình khoảng 22g/m² (diện tích bề mặt điện cực)/phút. Các bể chứa axit và bazơ tương ứng có nồng độ đương lượng cuối cùng là khoảng 2N HCl và 2N NaOH. Với lượng khoảng 800g nước được điện phân trong quy trình này. Việc phân tích định lượng số lượng NaCl trong dung dịch nguyên liệu được tiêu thụ trên giờ bằng sự điện phân theo phương trình bậc hai sau đây:

$$C_i[\text{g/L}] - 2,34t^2 - 1,76t + 95,81, \text{ trong đó } t \text{ là giờ}$$

Nguồn cấp điện một chiều thường sử dụng là dòng điện 16A và điện áp 19V. Nồng độ đương lượng lý thuyết của sản phẩm NaOH và HCl được xác định khoảng 4,2 đương lượng/giờ, với hiệu suất dòng là khoảng 76%. Công suất điện sử dụng để chuyển hóa NaCl thành axit clohydric và natri hydroxyt là khoảng 1,6 kWh cho mỗi kg sản phẩm NaCl.

Có thể sử dụng một số biến thể và sửa đổi. Lưu ý rằng có thể thực hiện một số đặc điểm kỹ thuật mà không thực hiện đối với các đặc điểm khác.

Các khác cạnh, các phương án và các kết cấu khác nhau, bao gồm các thành phần, các phương pháp, các quy trình, các hệ thống và các thiết bị về cơ bản như được mô tả và thể hiện ở đây, bao gồm cả các phương án, các cấu hình, các khía cạnh, các sự kết hợp và tập hợp con khác nhau của chúng. Những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu cách thực hiện và sử dụng các khía cạnh, các phương án hoặc các kết cấu được bộc lộ ở đây sau khi đọc và hiểu phần bộc lộ của sáng chế. Các khía cạnh, phương án và kết cấu khác nhau bao gồm thiết bị và quy trình được đề xuất mà không có một số khía cạnh không được thể hiện và/hoặc mô tả ở đây hoặc trong các phương án, các kết cấu hoặc khía cạnh khác, bao gồm cả các khía cạnh không được thể hiện nhưng có thể được sử dụng trong các thiết bị hoặc quy trình

đã có, ví dụ, để cải thiện hiệu suất, thu được dễ dàng và/hoặc để giảm chi phí thực hiện.

Phần thể hiện ở trên được thực hiện cho mục đích minh họa và mô tả. Phần mô tả ở trên không nhằm mục đích giới hạn các khía cạnh, phương án hoặc kết cấu ở dạng hoặc các dạng được mô tả ở trên. Ví dụ, trong phần mô tả chi tiết ở trên, các đặc điểm khác nhau của các khía cạnh, phương án hoặc kết cấu được ghép cùng nhau trong một hoặc nhiều phương án, kết cấu hoặc khía cạnh với mục đích thống nhất trong mô tả. Các đặc điểm của các khía cạnh, các phương án hoặc các kết cấu có thể được kết hợp trong các khía cạnh, các phương án hoặc các kết cấu thay thế cho các phương án, các kết cấu và các khía cạnh đã được mô tả ở trên. Phương pháp bộc lộ này không phản ánh ý định là các khía cạnh, các phương án hoặc các kết cấu yêu cầu nhiều đặc điểm hơn những đặc điểm được thể hiện trong mỗi điểm yêu cầu bảo hộ. Ngoài ra, như các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây phản ánh, khía cạnh sáng tạo nằm ở ít hơn tất cả các đặc điểm của phương án, kết cấu hoặc khía cạnh được bộc lộ riêng biệt ở trên. Do đó, các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây được kết hợp vào phần mô tả chi tiết này, với mỗi điểm yêu cầu bảo hộ tự nó là một khía cạnh, phương án hoặc kết cấu riêng biệt.

Hơn nữa, mặc dù phần mô tả này đã bao gồm sự mô tả của một hoặc nhiều khía cạnh, phương án, hoặc các kết cấu và các thay đổi và biến thể nhất định, nhưng các thay đổi, các sự kết hợp và biến thể khác mà thuộc phạm vi của các khía cạnh, phương án hoặc các kết cấu của sáng chế cũng có thể được thực hiện bởi người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sau khi đọc sáng chế. Vì vậy, sáng chế được dự định bao gồm tất cả các phương án, các kết cấu hoặc khía cạnh khác nhau thuộc phạm vi được định rõ bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm các bước:

cho nguyên liệu chứa kim loại quý tiếp xúc với dung dịch ngâm chiết chứa thành phần axit để tạo ra dung dịch ngâm chiết chứa kim loại quý hòa tan;

thu hồi kim loại quý hòa tan để tạo ra sản phẩm kim loại quý và dung dịch muối là sản phẩm phụ, dung dịch muối là sản phẩm phụ này được tạo ra từ phản ứng của bazơ với thành phần axit, trong đó:

kim loại quý là đất hiếm,

thành phần axit là axit clohydric,

dung dịch muối là sản phẩm phụ bao gồm một hoặc cả hai loại trong số natri clorua và kali clorua, bazơ là một hoặc cả hai trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt, và trong đó sản phẩm chứa kim loại quý là oxit đất hiếm;

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất đa hóa trị được chọn khỏi dung dịch muối là sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế thứ nhất;

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất hữu cơ được chọn khỏi dung dịch muối tinh chế thứ nhất để tạo ra dung dịch muối tinh chế thứ hai, tạp chất hữu cơ được chọn bao gồm một hoặc nhiều nhựa chiết dung môi hòa tan, nhựa trao đổi ion hòa tan, chất có hoạt động bề mặt, chất tuyển nổi, chất đông tụ, và chất kết tụ;

chuyển hóa điện hóa dung dịch muối tinh chế thứ hai thành thành phần axit và bazơ;

quay vòng thành phần axit của bước chuyển hóa điện hóa về bước cho tiếp xúc; và

quay vòng thành phần bazơ của bước chuyển hóa điện hóa về ít nhất một trong số các bước cho tiếp xúc và bước chuyển hóa.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bằng ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó với lượng lớn hơn khoảng 50% dung dịch muối sản phẩm phụ được chuyển hóa thành thành phần axit và bazơ và trong đó với lượng lớn hơn khoảng 50% thành phần axit và bazơ được quay vòng.

3. Quy trình theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

4. Quy trình theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa tạo ra khí clo và khí hydro, và trong đó bước chuyển hóa còn bao gồm công đoạn:

cho khí clo phản ứng với khí hydro để tạo ra axit clohydric.

5. Quy trình theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa bao gồm công đoạn:

dẫn dung dịch muối tinh chế thứ hai vào ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực để tạo ra thành phần axit và bazơ.

6. Quy trình theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó tạp chất đa hóa trị được chọn là cation, trong đó cation đa hóa trị đã được chọn được loại bỏ nhờ sự kết tủa được thực hiện bằng cách làm thay đổi độ pH do sự tiếp xúc giữa bazơ và dung dịch muối sản phẩm phụ, và trong đó bước đưa các chất vào bao gồm công đoạn:

cho dung dịch muối tinh chế thứ nhất tiếp xúc với nhựa trao đổi ion để loại bỏ các tạp chất cation đa hóa trị bổ sung;

sau đó xử lý dung dịch muối tinh chế thứ hai bằng thiết bị cô đặc muối để tạo ra dung dịch muối tinh chế và đặc; và

đưa dung dịch muối tinh chế và đặc và axit vô cơ vào trong bể tuần hoàn anolyt (dung dịch anot), trong đó dung dịch muối tinh chế và đặc được đưa vào trong ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

7. Quy trình theo điểm 1, trong đó thành phần axit là axit clohydric, trong đó bước chuyển hóa tạo ra khí hydro và khí clo, và một hoặc cả hai trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt; và hơn nữa trong đó clo và một hoặc cả hai trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt được sử dụng để tạo ra một hoặc cả hai trong số natri hypoclorit và kali hypoclorit và quy trình này còn bao gồm các bước:

nhận năng lượng điện từ nhà máy nhiệt điện đồng phát (Cogen), năng lượng điện này sẽ được sử dụng trong hai hoặc nhiều bước trong số các bước cho tiếp xúc, thu hồi, chuyển hóa và quay vòng;

nhận nhiệt thải từ nhà máy nhiệt điện đồng phát, nhiệt thải này sẽ được sử dụng trong hai hoặc nhiều bước trong số các bước cho tiếp xúc, thu hồi, chuyển hóa và quay vòng.

8. Quy trình theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi bình clo kim loại kiềm, trong đó quy trình này còn bao gồm công đoạn:

duy trì sự cân bằng tỷ lượng xấp xỉ giữa khí clo và khí hydro được tạo ra trong bước chuyển hóa.

9. Quy trình theo điểm 1, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó tạp chất hữu cơ được loại bỏ bằng một hoặc nhiều phương pháp trong số các phương pháp: chưng cất chân không, phương pháp thoát nước qua màng, phương pháp cất phần nhẹ bằng hơi nước, phương pháp thẩm hút bề mặt, phương pháp lọc bằng màng.

10. Quy trình theo điểm 1, trong đó trong mỗi bước quay vòng, thành phần axit và bazơ được cô đặc, và/hoặc độ pH được điều chỉnh.

11. Quy trình theo điểm 5, trong đó tạp chất đa hóa trị đã được chọn là canxi.

12. Quy trình theo điểm 6, trong đó tạp chất đa hóa trị đã được chọn là canxi.

13. Quy trình theo điểm 1, trong đó tạp chất đa hóa trị đã được chọn là một hoặc nhiều trong số: hơn 20 ppb (parts per billion: phần tỷ) canxi hóa trị hai, hơn 20 ppb magie hóa trị hai, hơn 100 ppb stronti hóa trị hai, hơn 500 ppb bari hóa trị hai, hơn 100 ppb nhôm hóa trị ba, hơn 1 ppm (parts per million: phần triệu) sắt hóa trị ba, hơn 15 ppm thủy ngân hóa trị hai, hơn 10 g/L anion sulfat hóa trị hai, hơn 100 ppm nuclit phóng xạ và các nguyên tố kế thừa của chúng, hơn 10 ppm silic, hơn 10 ppb niken hóa trị hai, trong đó dung dịch tinh chế thứ hai bao gồm không nhiều hơn 20 ppb canxi và magie hóa trị hai, không nhiều hơn 100 ppb stronti hóa trị hai, không nhiều hơn 500 ppb bari hóa trị hai, không nhiều hơn 100 ppb nhôm hóa trị ba, không nhiều hơn 1 ppm (parts per million: phần triệu) sắt hóa trị ba, không nhiều hơn 15 ppm thủy ngân hóa trị hai, không nhiều hơn 10 g/L anion sulfat hóa trị hai, không nhiều hơn hơn 10 ppm silic (với sự có mặt của canxi và magie), không nhiều hơn 400 ppb iot hóa trị một (với sự

có mặt của bari hóa trị hai), và không lớn hơn 10 ppb niken hóa trị hai, và trong đó lược loại bỏ tạp chất đa hóa trị bao gồm các bước phụ:

cho bazơ tiếp xúc với dung dịch muối sản phẩm phụ để làm tăng độ pH của dung dịch muối sản phẩm phụ đạt đến độ pH ở ít nhất khoảng $\text{pH} = 9$ để làm kết tủa phần thứ nhất của tạp chất đa hóa trị đã được chọn;

loại bỏ tạp chất đa hóa trị đã được chọn đã kết tủa khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối trong sản phẩm phụ đã qua xử lý, dung dịch muối sản phẩm phụ đã qua xử lý bao gồm tạp chất đa hóa trị đã được chọn chưa kết tủa;

cho dung dịch muối sản phẩm phụ đã qua xử lý tiếp xúc với nhựa trao đổi ion để loại bỏ một phần tạp chất đa hóa trị đã được chọn chưa kết tủa và tạo ra dung dịch muối sản phẩm phụ đã được xử lý tiếp bao gồm tạp chất đa hóa trị đã được chọn chưa được loại bỏ; và

cho dung dịch muối sản phẩm phụ đã được xử lý thêm tiếp xúc với gốc hỗn hợp của các nhựa anion và cation để loại bỏ tạp chất đa hóa trị đã được chọn chưa được loại bỏ và tạo ra dung dịch muối tinh chế thứ nhất, trong đó các bước loại bỏ tạp chất được thực hiện để duy trì với lượng lớn hơn khoảng 50% cation và anion của muối trong dung dịch.

14. Quy trình theo điểm 13, trong đó nhựa trao đổi ion hầu như không chứa các nhóm phosphat.

15. Quy trình theo điểm 1, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ bao gồm với lượng lớn hơn khoảng 400 ppb flo hóa trị một và quy trình này còn bao gồm bước:

loại bỏ flo hóa trị một bằng ít nhất một cách là đưa dung dịch muối sản phẩm phụ đi qua cột đánh bóng nhôm oxit và đưa dung dịch muối sản phẩm phụ đi qua cột chứa đất hiếm.

16. Quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm các bước:

nghiền nguyên liệu nạo bao gồm khoáng chất chứa kim loại quý bằng thiết bị nghiền;

tạo ra tinh quặng chứa khoáng chất có kim loại quý bằng thiết bị nghiền và từ khoáng chất chứa kim loại quý;

thu hồi kim loại quý từ khoáng chất chứa kim loại quý bằng thiết bị xử lý, trong đó ít nhất một trong số các thiết bị nghiền và thiết bị xử lý tạo ra dung dịch muối sản phẩm phụ từ axit vô cơ và bazơ, dung dịch muối sản phẩm phụ bao gồm tạp chất flo và hữu cơ, trong đó kim loại quý là đất hiếm, trong đó thành phần axit là axit clohydric, trong đó muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc cả hai loại trong số natri clorua và kali clorua, trong đó bazơ là một hoặc cả hai loại trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt, và trong đó sản phẩm chứa kim loại quý là oxit đất hiếm;

loại bỏ ít nhất với lượng khoảng 85% flo khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ bằng hệ thống làm sạch tạp chất vô cơ;

loại bỏ tạp chất hữu cơ khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ bằng hệ thống làm sạch tạp chất hữu cơ; và

tạo ra axit vô cơ và bazơ từ dung dịch muối sản phẩm phụ bằng thiết bị điện hóa tạo axit để cung cấp axit vô cơ cho ít nhất một trong số các thiết bị nghiền và thiết bị xử lý.

17. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit bao gồm ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

18. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit bao gồm ít nhất một trong số các bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực là bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

19. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit bao gồm ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực là bình clo kim loại kiềm.

20. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit bao gồm bình clo kim loại kiềm, trong đó kim loại quý là một hoặc nhiều kim loại trong số ytri, scandi, và kim loại thuộc họ lantani.

21. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit tạo ra khí clo và khí hydro, và trong đó thiết bị điện hóa tạo axit cho khí clo phản ứng với khí hydro để tạo ra axit clohydric.

22. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit bao gồm ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit:

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất đa hóa trị đã được chọn khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế; và

đưa dung dịch muối tinh chế vào trong ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực để tạo ra thành phần axit và bazơ.

23. Quy trình theo điểm 22, trong đó tạp chất đa hóa trị được chọn là cation, trong đó cation đa hóa trị đã được chọn được loại bỏ nhờ sự kết tủa được thực hiện bằng cách làm thay đổi độ pH do sự tiếp xúc giữa bazơ và dung dịch muối sản phẩm phụ, và trong đó thiết bị điện hóa tạo axit thực hiện các công đoạn:

cho dung dịch muối tinh chế tiếp xúc với nhựa trao đổi ion để loại bỏ các tạp chất cation đa hóa trị bổ sung;

sau đó xử lý dung dịch muối tinh chế bằng thiết bị cô đặc muối để tạo ra dung dịch muối tinh chế và đặc; và

đưa dung dịch muối tinh chế và đặc và axit vô cơ vào trong bể tuần hoàn anolyt, trong đó dung dịch muối tinh chế và đặc được đưa vào trong ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

24. Quy trình theo điểm 16, trong đó quy trình này còn bao gồm bước:

cung cấp nhiệt thải và năng lượng điện từ nhà máy nhiệt điện đồng phát đến một hoặc cả hai thiết bị là thiết bị nghiền và thiết bị xử lý.

25. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit bao gồm ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ bao gồm tạp chất hữu cơ và trong đó thiết bị điện hóa tạo axit loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất hữu cơ để tạo ra dung dịch muối tinh chế, trong đó dung dịch muối tinh chế được đưa vào trong ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực để tạo ra thành phần axit và bazơ.

26. Quy trình theo điểm 22, trong đó tạp chất đa hóa trị đã được chọn là canxi.

27. Quy trình theo điểm 23, trong đó tạp chất đa hóa trị được chọn là canxi.

28. Quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm các bước:

 nghiền nguyên đầu vào bao gồm khoáng chất chứa kim loại quý bằng thiết bị nghiền, trong đó kim loại quý là đất hiếm;

 tạo ra tinh quặng chứa khoáng chất chứa đất hiếm bằng thiết bị nghiền và từ khoáng chất chứa kim loại quý;

 thu hồi sản phẩm kim loại quý từ khoáng chất chứa kim loại quý bằng thiết bị xử lý, trong đó sản phẩm kim loại quý là oxit đất hiếm;

 tạo ra axit vô cơ và bazơ từ dung dịch muối sản phẩm phụ bằng thiết bị điện hóa tạo axit bao gồm ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và clo kim loại kiềm, và cung cấp axit vô cơ đến ít nhất một trong số thiết bị nghiền và thiết bị xử lý, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ bao gồm tạp chất hữu cơ, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất hữu cơ để tạo ra dung dịch muối tinh chế, và trong đó dung dịch muối tinh chế được đưa vào trong ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm để tạo ra thành phần axit và bazơ; và

 cấp nhiệt thải và năng lượng điện từ nhà máy nhiệt điện đồng phát đến ít nhất một trong số thiết bị nghiền và thiết bị xử lý.

29. Quy trình theo điểm 28, trong đó thành phần axit là axit clohydric, trong đó muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc cả hai muối natri clorua và kali clorua, trong đó bazơ là một hoặc nhiều trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt, và trong đó sản phẩm kim loại quý là oxit đất hiếm.

30. Quy trình theo điểm 28, trong đó ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm là bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó khoáng chất chứa kim loại quý còn bao gồm một hoặc nhiều trong số đồng, beryli, niken, sắt, chì, molypden, và mangan, trong đó thành phần axit là axit nitric, trong đó muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc cả hai natri nitrat và kali nitrat, và trong đó bazơ là một hoặc cả hai natri hydroxyt và kali hydroxyt.

31. Quy trình theo điểm 28, trong đó ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình kim loại kiềm là bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó

khoáng chất chứa kim loại quý còn bao gồm urani, trong đó thành phần axit là axit phosphoric, trong đó muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc nhiều trong số muối natri phosphat và kali phosphat, và trong đó bazơ là một hoặc nhiều trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt.

32. Quy trình theo điểm 28, trong đó ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình kim loại kiềm là bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó khoáng chất chứa kim loại quý còn bao gồm một hoặc nhiều trong số kim loại nhóm platin, đồng, beryli, niken, sắt, chì, molypden, nhôm, germani, urani, vàng, bạc, coban, kẽm, thiếc, titan, crom và mangan, trong đó muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc nhiều trong số muối natri sulfat và kali sulfat, trong đó thành phần axit là axit sulfuric, và trong đó bazơ là một hoặc cả hai bazơ natri hydroxyt và kali hydroxyt.

33. Quy trình theo điểm 28, trong đó khoáng chất chứa kim loại quý còn bao gồm một hoặc nhiều trong số ytri, scandi, lantan, kim loại nhóm platin, đồng đỏ, crom, beryli, niken, sắt, chì, molypden, nhôm, germani, urani, vàng, bạc, coban, kẽm, thiếc, titan và mangan, trong đó muối trong dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc nhiều trong số muối natri clorua và kali clorua, trong đó thành phần axit là axit clohydric, và trong đó bazơ là một hoặc cả hai natri hydroxyt và kali hydroxyt.

34. Quy trình theo điểm 28, trong đó thành phần axit là axit clohydric, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit tạo ra khí hydro và khí clo, và cho phản ứng khí clo với khí hydro để sản xuất axit clohydric.

35. Quy trình theo điểm 28, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit thực hiện các công đoạn:

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất đa hóa trị được chọn từ dung dịch muối sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế; và

đưa dung dịch muối tinh chế vào trong ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm để tạo ra thành phần axit và bazơ.

36. Quy trình theo điểm 35, trong đó tạp chất đa hóa trị đã được chọn là cation, trong đó cation đa hóa trị đã được chọn được loại bỏ nhờ sự kết tủa được thực hiện bằng cách làm thay đổi độ pH do sự tiếp xúc giữa bazơ và dung dịch muối sản phẩm phụ, và trong đó thiết bị điện hóa tạo axit thực hiện các công đoạn:

cho dung dịch muối tinh chế tiếp xúc với nhựa trao đổi ion để loại bỏ các tạp chất cation đa hóa trị bổ sung;

sau đó xử lý dung dịch muối tinh chế bằng thiết bị cô đặc để tạo ra dung dịch muối tinh chế và đặc; và

đưa dung dịch muối tinh chế và đặc và axit vô cơ vào trong bể tuần hoàn anolyt, trong đó dung dịch tinh chế và đặc được đưa vào trong ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm.

37. Quy trình theo điểm 28, trong đó axit vô cơ là axit clohydric, trong đó thiết bị điện hóa tạo axit tạo ra khí hydro và khí clo, và một hoặc cả hai natri hydroxyt và kali hydroxyt; và trong đó clo và một hoặc cả hai natri hydroxyt và kali hydroxyt được sử dụng để tạo ra một hoặc cả hai trong số natri hypoclorit và kali hypoclorit.

38. Quy trình theo điểm 35, trong đó tạp chất đa hóa trị đã được chọn là canxi.

39. Quy trình theo điểm 36, trong đó tạp chất đa hóa trị được chọn là canxi.

40. Quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm:

cho nguyên liệu chứa kim loại quý tiếp xúc với dung dịch ngâm chiết để tạo ra dung dịch chứa chất ngâm chiết bao gồm kim loại quý hòa tan;

thu hồi kim loại quý hòa tan để tạo ra sản phẩm kim loại quý, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ được dẫn xuất từ phản ứng của axit và bazơ được sản xuất bằng ít nhất một trong số các bước cho tiếp xúc và thu hồi, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ bao gồm flo, trong đó kim loại quý là đất hiếm, trong đó thành phần axit là axit clohydric, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ là một hoặc cả hai muối natri clorua và kali clorua, trong đó bazơ là một hoặc cả hai bazơ natri hydroxyt và kali hydroxyt, và trong đó sản phẩm kim loại quý là oxit đất hiếm;

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% flo khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối sản phẩm phụ tinh chế;

chuyển hóa dung dịch muối sản phẩm phụ thành axit và bazơ bằng ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm; và

quay vòng axit và/hoặc bazơ về ít nhất một trong các bước cho tiếp xúc và thu hồi.

41. Quy trình theo điểm 40, trong đó ít nhất với lượng khoảng 85% flo được loại bỏ khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ, trong đó với lượng lớn hơn khoảng 50% dung dịch muối sản phẩm phụ được chuyển hóa thành axit và bazơ và trong đó với lượng lớn hơn khoảng 50% axit và bazơ được tuần hoàn.

42. Quy trình theo điểm 40, trong đó ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm là bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

43. Quy trình theo điểm 40, trong đó axit là axit clohydric, trong đó bước chuyển hóa tạo thành khí hydro và khí clo và trong đó bước chuyển hóa này còn bao gồm công đoạn:

cho khí hydro phản ứng với khí clo để tạo ra axit clohydric.

44. Quy trình theo điểm 40, trong đó bước chuyển hóa bao gồm công đoạn:

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất đa hóa trị được chọn khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế;

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất hữu cơ được đã chọn khỏi dung dịch muối tinh chế thứ nhất để tạo ra dung dịch muối tinh chế thứ hai, tạp chất hữu cơ đã được chọn bao gồm một hoặc nhiều trong số nhựa dung môi hòa tan, nhựa trao đổi ion hòa tan, chất hoạt động bề mặt, chất tẩy nổi, chất đông tụ, và chất kết tụ; và

đưa dung dịch muối tinh chế thứ hai vào trong ít nhất một trong số bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm để tạo ra thành phần axit và bazơ.

45. Quy trình theo điểm 44, trong đó tạp chất đa hóa trị đã được chọn là cation, trong đó cation đa hóa trị đã được chọn được loại bỏ nhờ sự kết tủa được thực hiện bằng cách làm thay đổi độ pH do sự tiếp xúc giữa bazơ với dung dịch muối sản phẩm phụ, và trong đó bước điện hóa tạo axit bao gồm công đoạn:

cho dung dịch muối tinh chế tiếp xúc với nhựa trao đổi ion để loại bỏ tạp chất cation đa hóa trị bổ sung;

sau đó xử lý dung dịch muối tinh chế bằng thiết bị cô đặc để tạo ra dung dịch muối tinh chế và đặc; và

đưa dung dịch muối tinh chế và đặc và axit vô cơ vào trong bể tuần hoàn anolyt, trong đó dung dịch tinh chế và đặc được đưa vào trong bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm.

46. Quy trình theo điểm 40, trong đó quy trình này còn bao gồm các bước:

nhận năng lượng điện từ nhà máy nhiệt điện đồng phát, năng lượng điện này được sử dụng trong một hoặc nhiều bước trong số các bước cho tiếp xúc, thu hồi, chuyển hóa và quay vòng;

nhận nhiệt thải từ nhà máy nhiệt điện đồng phát, nhiệt thải này sẽ được sử dụng trong một hoặc nhiều bước trong số các bước cho tiếp xúc, thu hồi, chuyển hóa và quay vòng.

47. Quy trình theo điểm 40, trong đó quy trình này còn bao gồm bước:

duy trì sự cân bằng tỷ lượng xấp xỉ giữa khí clo và khí hydro được tạo ra trong bước chuyển hóa.

48. Quy trình theo điểm 40, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ bao gồm tạp chất hữu cơ và trong đó bước chuyển hóa bao gồm công đoạn:

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất hữu cơ để tạo ra dung dịch muối tinh chế, trong đó dung dịch muối tinh chế được đưa vào trong bình điện thẩm tách màng lưỡng cực và bình clo kim loại kiềm để tạo ra axit và bazơ.

49. Quy trình theo điểm 44, trong đó tạp chất đa hóa trị được chọn là canxi.

50. Quy trình theo điểm 45, trong đó tạp chất đa hóa trị được chọn là canxi.

51. Quy trình theo điểm 40, trong đó dung dịch muối sản phẩm phụ chứa với lượng lớn hơn khoảng 400 ppb flo hóa trị một và trong đó flo được loại bỏ bằng ít nhất một trong số phương pháp đưa dung dịch muối sản phẩm phụ đi qua cột đánh bóng bằng nhôm oxit và dung dịch muối sản phẩm phụ đi qua cột chứa đất hiếm.

52. Quy trình theo điểm 44, trong đó tạp chất đa hóa trị được chọn là một hoặc nhiều trong số: hơn 20 ppb canxi hóa trị hai, hơn 20 ppb magie hóa trị hai, hơn 100 ppb stronti hóa trị hai, hơn 500 ppb bari hóa trị hai, hơn 100 ppb nhôm hóa trị ba, hơn 1 ppm sắt hóa trị ba, hơn 15 ppm thủy ngân hóa trị hai, hơn 10 g/L anion sulfat hóa trị hai, hơn 100 ppm nuclit phóng xạ và các nguyên tố kế thừa của chúng, hơn 10 ppm

silic, hơn 10 ppb niken hóa trị hai, trong đó dung dịch tinh chế thứ hai bao gồm không nhiều hơn 20 ppb canxi và magie hóa trị hai, không nhiều hơn 100 ppb stronti hóa trị hai, không nhiều hơn 500 ppb bari hóa trị hai, không nhiều hơn 100 ppb nhôm hóa trị ba, không nhiều hơn 1 ppm sắt hóa trị ba, không nhiều hơn 15 ppm thủy ngân hóa trị hai, không nhiều hơn 10 g/L anion sulfat hóa trị hai, không nhiều hơn 10 ppm silic (với sự có mặt của canxi và magie), không nhiều hơn 400 ppb iot hóa trị một (với sự có mặt của bari hóa trị hai), và không lớn hơn 10 ppb niken hóa trị hai, và trong đó lược loại bỏ tạp chất đa hóa trị bao gồm các bước phụ:

cho bazơ tiếp xúc với dung dịch muối sản phẩm phụ để làm tăng độ pH của dung dịch muối sản phẩm phụ đạt đến độ pH ở khoảng pH = 9 để làm kết tủa phần thứ nhất của tạp chất đa hóa trị được chọn;

loại bỏ tạp chất đa hóa trị đã được chọn đã kết tủa khỏi dung dịch muối sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối sản phẩm phụ đã qua xử lý, dung dịch muối sản phẩm phụ đã qua xử lý này bao gồm tạp chất đa hóa trị đã được chọn chưa kết tủa;

cho dung dịch muối sản phẩm phụ đã qua xử lý tiếp xúc với nhựa trao đổi ion để loại bỏ một phần tạp chất đa hóa trị đã được chọn chưa kết tủa và tạo ra dung dịch muối sản phẩm phụ đã được xử lý tiếp bao gồm tạp chất đa hóa trị được đã chọn chưa được loại bỏ; và

cho dung dịch muối sản phẩm phụ đã được xử lý tiếp xúc với gốc hỗn hợp của các nhựa anion và cation để loại bỏ tạp chất đa hóa trị đã được chọn chưa được loại bỏ và tạo ra dung dịch muối tinh chế thứ nhất, trong đó các bước loại bỏ tạp chất được thực hiện để duy trì với lượng lớn hơn khoảng 50% cation và anion của muối trong dung dịch.

53. Quy trình theo điểm 52, trong đó nhựa trao đổi ion hầu như không chứa các nhóm phosphat.

54. Phương pháp thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm:

(a) nhận dung dịch muối trong nước;

(b) tạo ra axit và bazơ từ dung dịch muối trong nước bằng cách điện hóa;

(c) hòa tan nhiều đất hiếm từ nguyên liệu nạp chứa kim loại quý, axit và/hoặc bazơ được sử dụng trong bước hòa tan (c) và dung dịch chứa đất hiếm bao gồm xeri (III) hòa tan và nhiều đất hiếm hòa tan khác;

(d) oxy hóa có lựa chọn xeri hiện có trong các đất hiếm hòa tan khác nhau để tạo ra xeri (IV) trong khi duy trì các đất hiếm hòa tan khác nhau ở trạng thái không bị oxy hóa và nhờ đó kết tủa đất hiếm bị oxy hóa trong khi loại bỏ ít nhất một đất hiếm không bị oxy hóa trong dung dịch;

(e) phân tách các kết tủa đất hiếm bị oxy hóa ra khỏi đất hiếm không bị oxy hóa; và

(f) phân tách các đất hiếm hòa tan khác nhau ở trạng thái bị oxy hóa khỏi đất hiếm khác bằng một hoặc nhiều trong số các phương pháp: trao đổi ion, chiết lỏng-lỏng, khử kim loại bằng phản ứng với kim loại điện dương hơn, khử điện phân, chưng cất phân đoạn, kỹ thuật tinh luyện từng phần kim loại.

55. Quy trình theo điểm 54, trong đó các đất hiếm hòa tan khác nhau được phân tách từ đất hiếm khác bằng cách trao đổi ion, trong đó sự phân tách trao đổi ion của các đất hiếm hòa tan khác nhau là nhựa phosphat tự do, trong đó các đất hiếm được loại bỏ khỏi nhựa bằng dung môi chứa axit xitric, aminopolycarboxylat, hoặc muối hóa trị một, trong đó dung môi bao gồm chất tạo phức có các ái lực khác nhau đối với nhiều đất hiếm hòa tan khác, và trong đó các đất hiếm ở trạng thái oxy hóa hóa trị ba.

56. Quy trình theo điểm 54, trong đó xeri (IV) là xeri hydroxyt, trong đó xeri (III) được oxy hóa chọn lọc bằng hydro peroxit hoặc natri hypoclorit, và trong đó xeri oxit được hydrat hóa sau đó được kết tủa bằng cách điều chỉnh độ pH của dung dịch chứa đất hiếm đạt đến độ pH ít nhất bằng khoảng pH = 3.

57. Quy trình theo điểm 56, trong đó khoảng độ pH được điều chỉnh nằm trong khoảng từ pH = 3 đến pH = 7.

58. Quy trình theo điểm 54, trong đó các đất hiếm hòa tan trong đất hiếm khác được phân tách khỏi nhau bằng cách chiết lỏng-lỏng, trong đó cách chiết lỏng-lỏng có sử dụng chất chiết axit, bazơ, và/hoặc trung tính, trong đó chất chiết là một hoặc nhiều trong số axit carboxylic, axit phospho hữu cơ và este của chúng, muối tetraalkylamoni, cồn, ete và xeton, và trong đó nhiều đất hiếm ở trạng thái oxy hóa hóa trị ba.

59. Quy trình theo điểm 54, trong đó các đất hiếm hòa tan đất hiếm khác được phân

tách khỏi nhau bằng một hoặc nhiều sự khử kim loại bằng phản ứng với kim loại điện dương hơn, sự khử điện phân, chưng cất phân đoạn, và nung chảy từng phần và trong đó nhiều đất hiếm ở trạng thái oxy hóa hóa trị ba.

60. Quy trình thủy luyện để thu hồi kim loại bao gồm các bước:

cho nguyên liệu chứa kim loại quý tiếp xúc với dung dịch ngâm chiết chứa thành phần axit để tạo ra dung dịch ngâm chiết chứa kim loại quý hòa tan;

thu hồi kim loại quý hòa tan để tạo ra sản phẩm kim loại quý và dung dịch muối là sản phẩm phụ, dung dịch muối là sản phẩm phụ này được tạo ra từ phản ứng của bazơ với thành phần axit, trong đó kim loại quý là đất hiếm, trong đó thành phần axit là axit clohydric, trong đó dung dịch muối là sản phẩm phụ bao gồm một hoặc cả hai loại trong số natri clorua và kali clorua, trong đó bazơ là một hoặc cả hai trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt, và trong đó sản phẩm chứa kim loại quý là oxit đất hiếm;

loại bỏ với lượng lớn hơn khoảng 50% tạp chất đa hóa trị đã được chọn khỏi dung dịch muối là sản phẩm phụ, trong đó tạp chất đã được chọn là một hoặc cả hai trong số:

(i) tạp chất hữu cơ, trong đó tạp chất hữu cơ này được loại bỏ khỏi dung dịch muối là sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế, tạp chất hữu cơ đã được chọn bao gồm một hoặc nhiều trong số nhựa chiết dung môi hòa tan, nhựa trao đổi ion hòa tan, chất hoạt động bề mặt, chất tẩy nổi, chất đông tụ, và chất kết tụ, và

(ii) tạp chất vô cơ, trong đó tạp chất vô cơ này được loại bỏ khỏi dung dịch muối là sản phẩm phụ để tạo ra dung dịch muối tinh chế, tạp chất vô cơ này là flo;

chuyển hóa bằng điện hóa dung dịch muối tinh chế thành thành phần axit và bazơ;

quay vòng thành phần axit của bước chuyển hóa điện hóa về bước cho tiếp xúc; và

quay vòng bazơ của bước chuyển hóa điện hóa về ít nhất một trong các bước cho tiếp xúc và bước chuyển hóa.

61. Quy trình theo điểm 60, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bằng ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó với lượng lớn hơn khoảng 50% dung dịch muối là sản phẩm phụ được chuyển hóa thành thành phần axit và bazơ và trong đó với lượng lớn hơn khoảng 50% thành phần axit và bazơ được quay vòng.

62. Quy trình theo điểm 60, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

63. Quy trình theo điểm 60, trong đó bước chuyển hóa tạo ra khí clo và khí hydro, và trong đó bước chuyển hóa điện hóa còn bao gồm công đoạn:

cho khí clo phản ứng với khí hydro để tạo ra axit clohydric.

64. Quy trình theo điểm 60, trong đó bước chuyển hóa bao gồm công đoạn:

đưa dung dịch muối tinh chế vào ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực để tạo ra thành phần axit và bazơ.

65. Quy trình theo điểm 60, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó tạp chất được chọn là cation, trong đó cation đã được loại bỏ nhờ sự kết tủa được thực hiện bằng cách làm thay đổi độ pH do sự tiếp xúc giữa bazơ với dung dịch muối sản phẩm phụ, và trong đó bước đưa các chất vào bao gồm công đoạn:

cho dung dịch muối tinh chế tiếp xúc với nhựa trao đổi ion để loại bỏ các tạp chất cation đa hóa trị bổ sung;

sau đó xử lý dung dịch muối tinh chế bằng thiết bị cô đặc muối để tạo ra dung dịch muối tinh khiết và đặc; và

đưa dung dịch muối tinh chế và đặc và axit vô cơ vào trong bể tuần hoàn anolyt, trong đó dung dịch muối tinh chế và đặc được đưa vào ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực.

66. Quy trình theo điểm 60, trong đó thành phần axit là axit clohydric, trong đó bước chuyển hóa tạo ra khí hydro và khí clo, và một hoặc cả hai trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt; và hơn nữa trong đó clo và một hoặc cả hai trong số natri hydroxyt và kali hydroxyt được sử dụng để tạo ra một hoặc cả hai trong số natri hypoclorit và kali hypoclorit và quy trình này còn bao gồm các bước:

nhận năng lượng điện từ nhà máy nhiệt điện đồng phát, năng lượng điện này sẽ được sử dụng trong hai hoặc nhiều bước trong số các bước cho tiếp xúc, thu hồi, chuyển hóa và quay vòng;

nhận nhiệt thải từ nhà máy nhiệt điện đồng phát, nhiệt thải này sẽ được sử dụng trong hai hoặc nhiều bước trong số các bước cho tiếp xúc, thu hồi, chuyển hóa và quay vòng.

67. Quy trình theo điểm 60, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi

bình clo kim loại kiềm, trong đó quy trình này còn bao gồm công đoạn:

duy trì sự cân bằng tỷ lượng xấp xỉ giữa khí clo và khí hydro được tạo ra trong bước chuyển hóa.

68. Quy trình theo điểm 60, trong đó bước chuyển hóa điện hóa được thực hiện bởi ít nhất một trong số bình clo kim loại kiềm và bình điện thẩm tách màng lưỡng cực, trong đó tạp chất hữu cơ được loại bỏ bằng một hoặc nhiều phương pháp trong số: phương pháp chưng cất chân không, phương pháp thoát nước qua màng, phương pháp cất phần nhẹ bằng hơi nước, phương pháp thẩm hút bề mặt, phương pháp lọc bằng màng.

69. Quy trình theo điểm 60, trong đó trong mỗi bước quay vòng, thành phần axit và bazơ được cô đặc, và/hoặc độ pH được điều chỉnh.

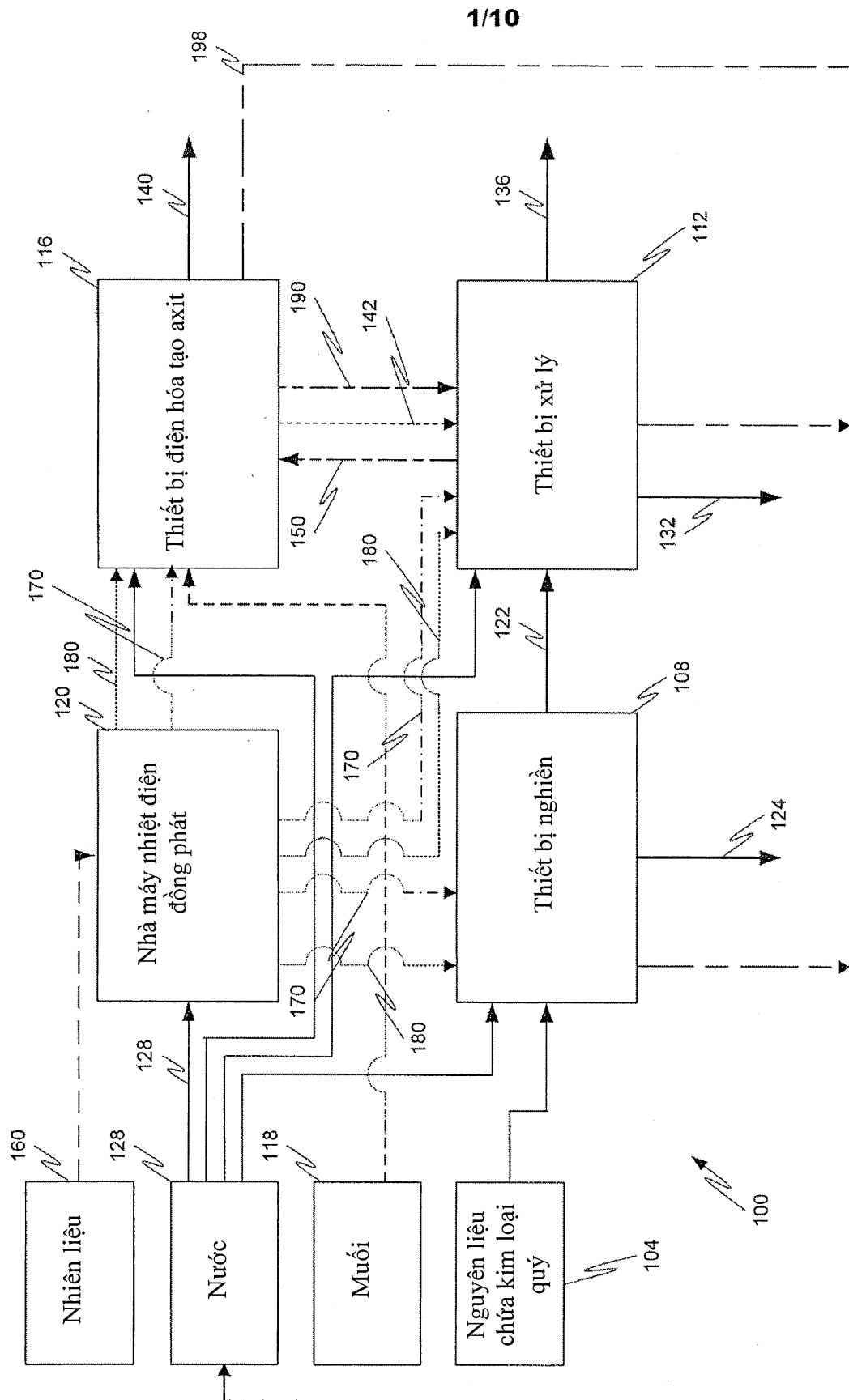


Fig.1

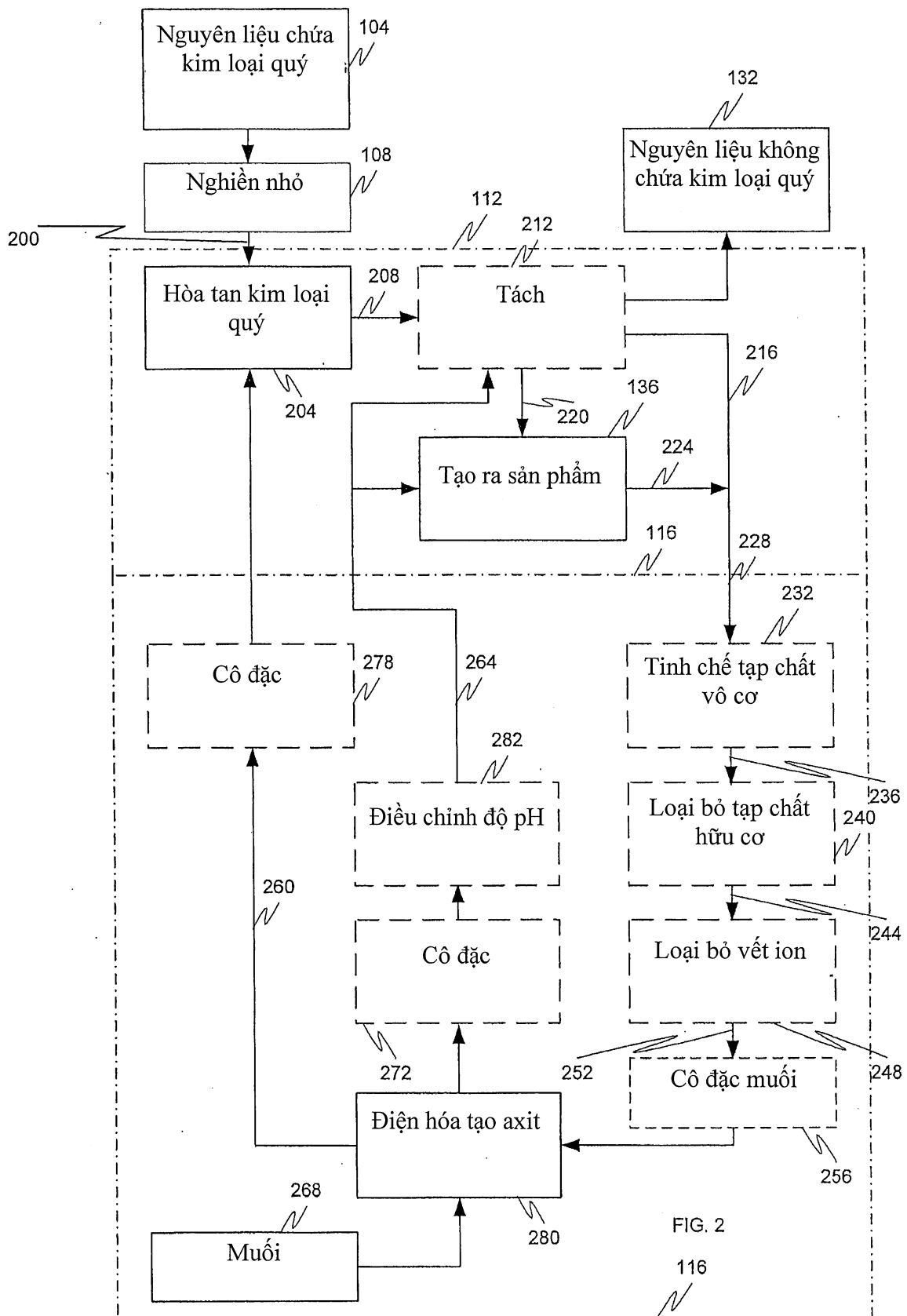


Fig.2

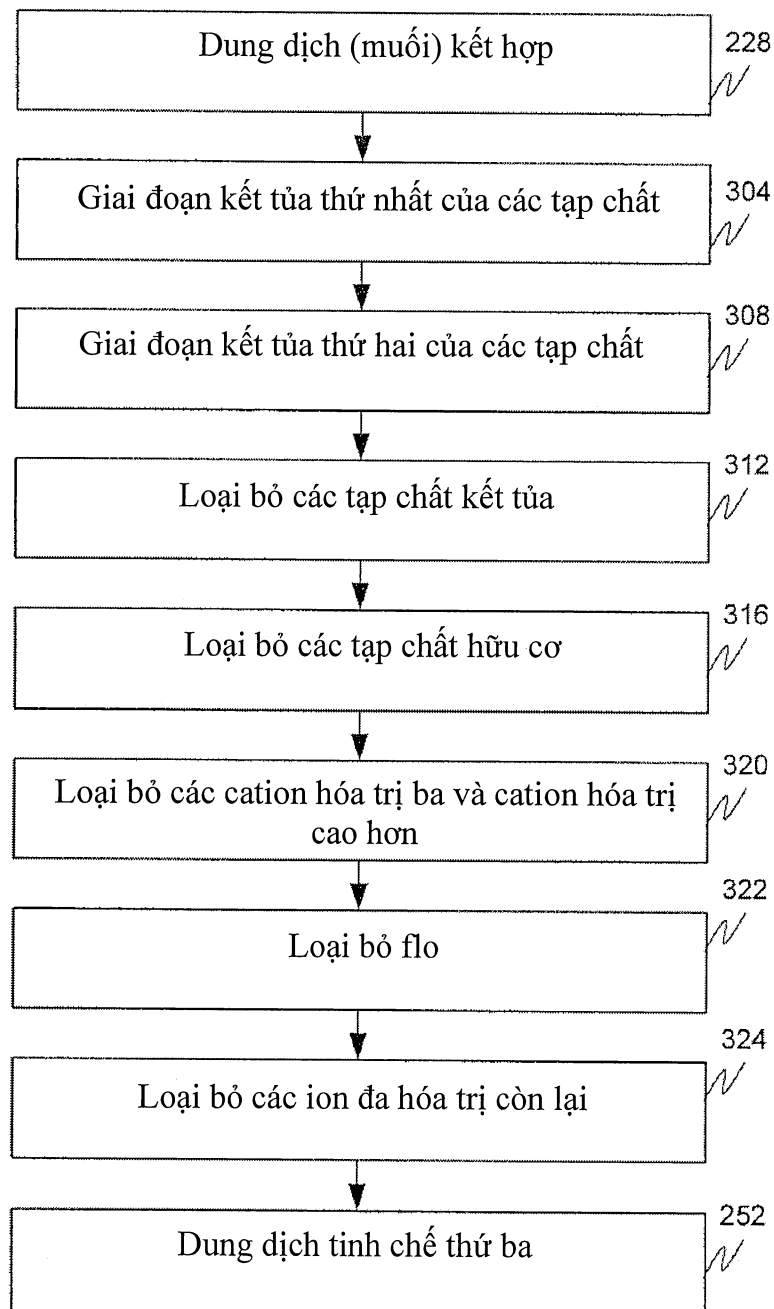


Fig.3

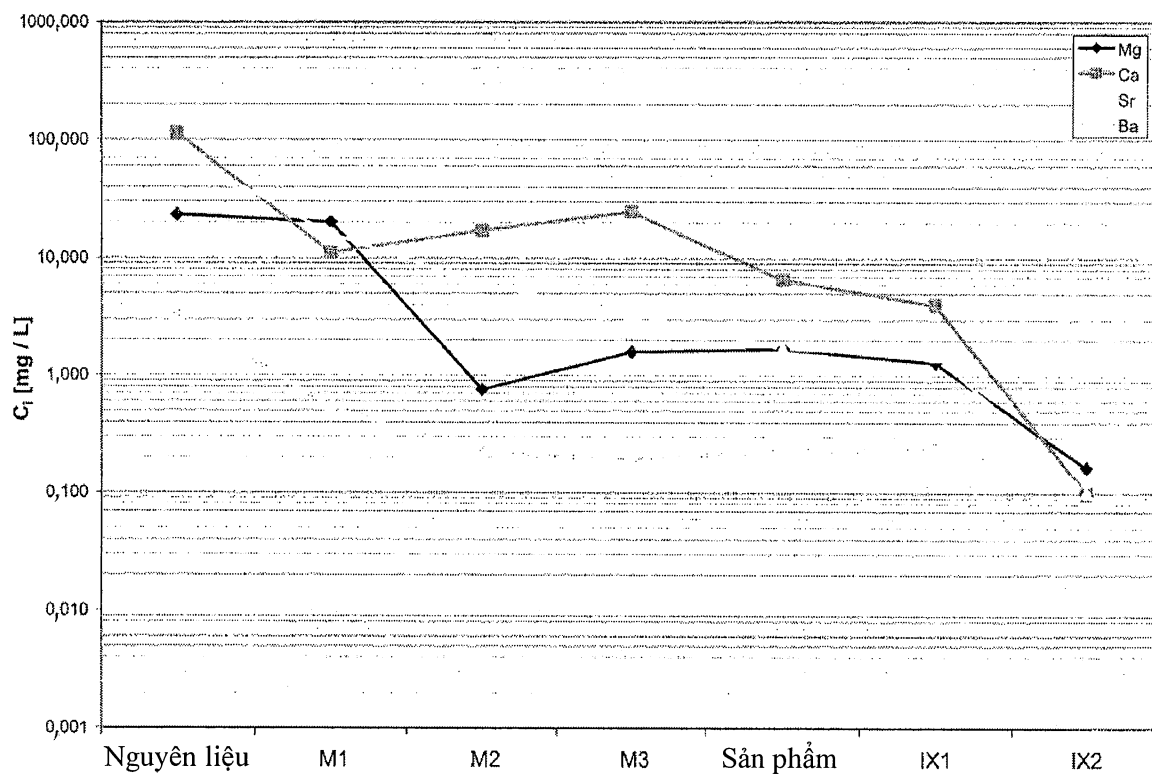


Fig.4

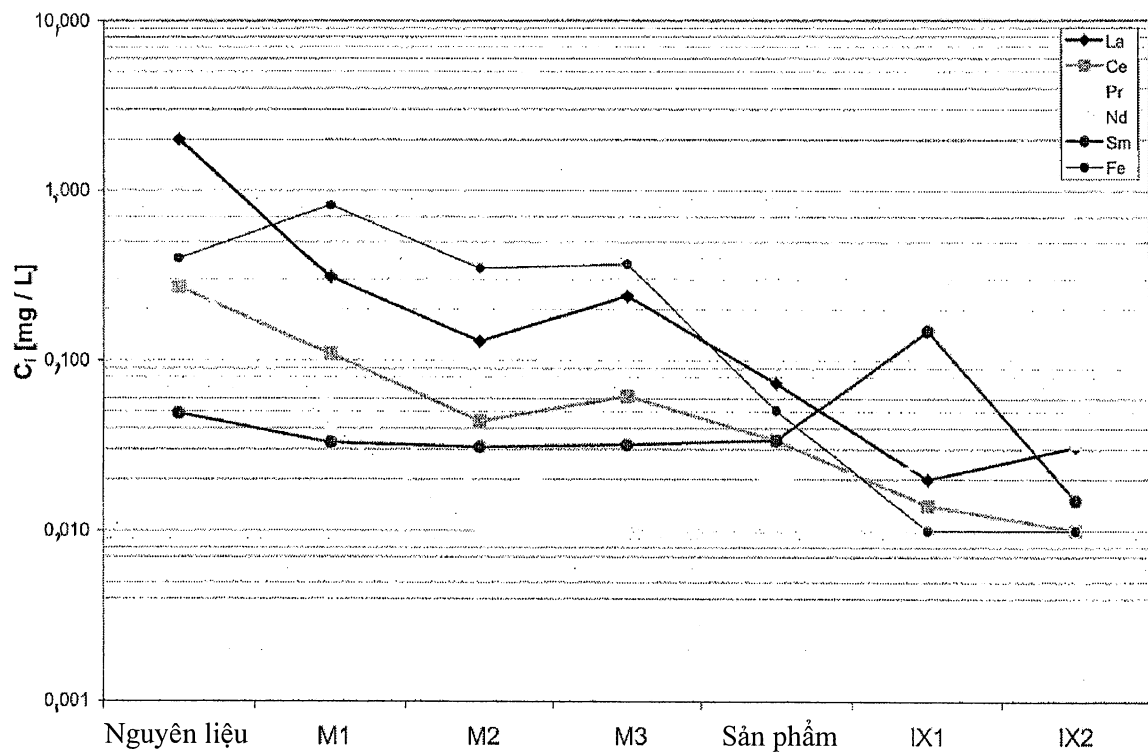


Fig.5

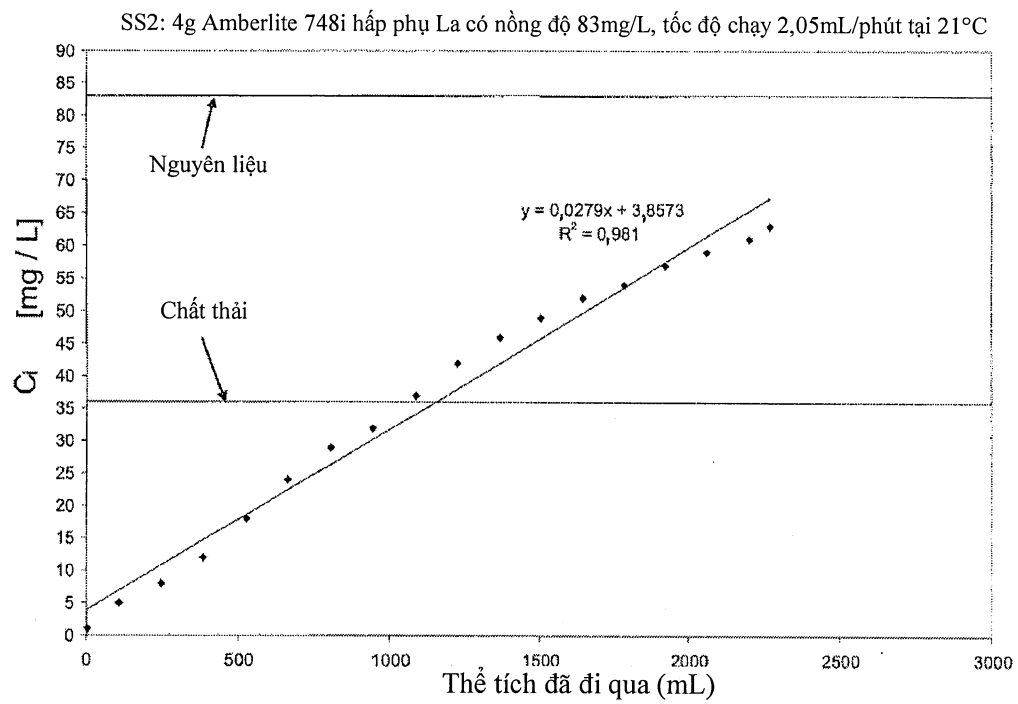


Fig.6

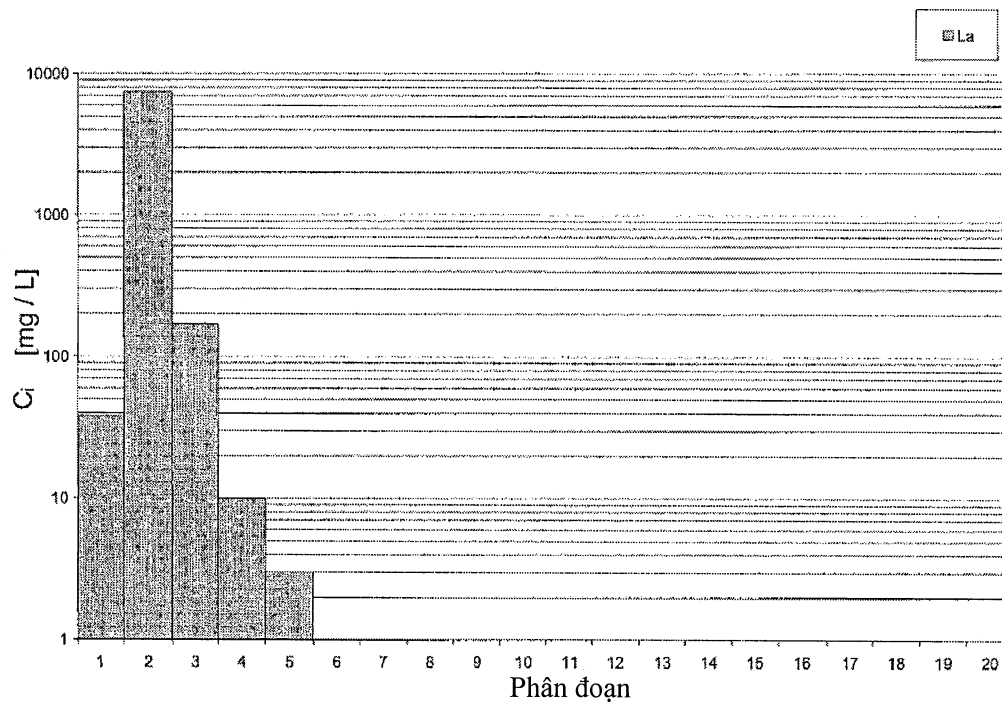


Fig.7

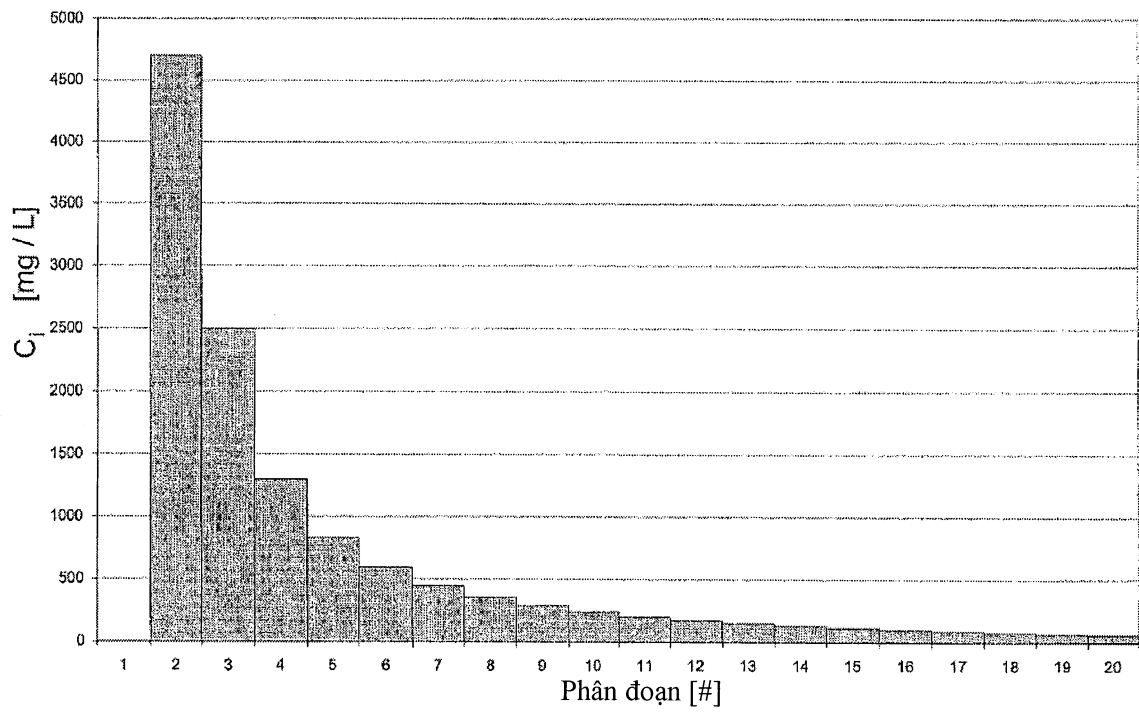


Fig.8

9/10

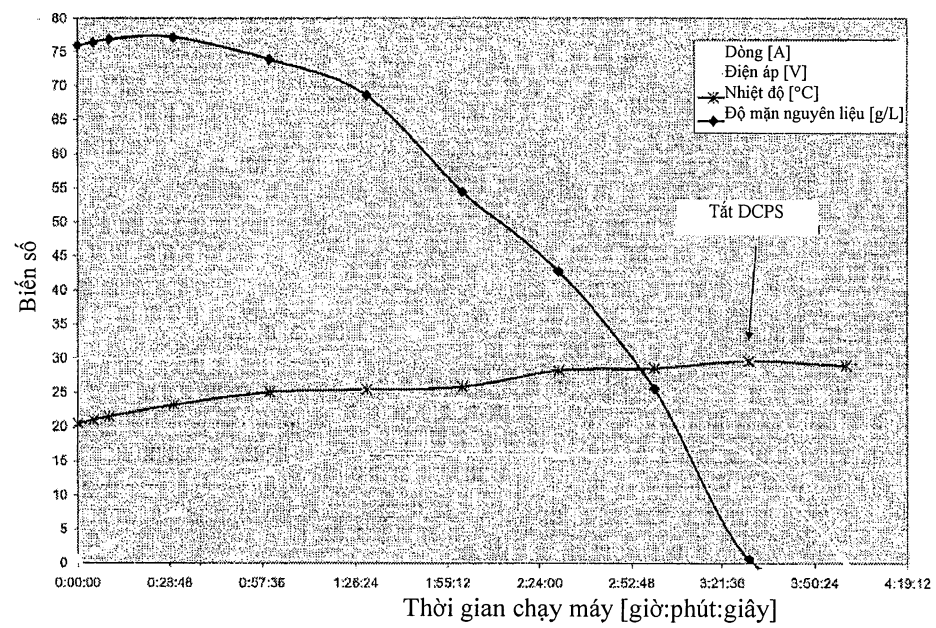


Fig.9

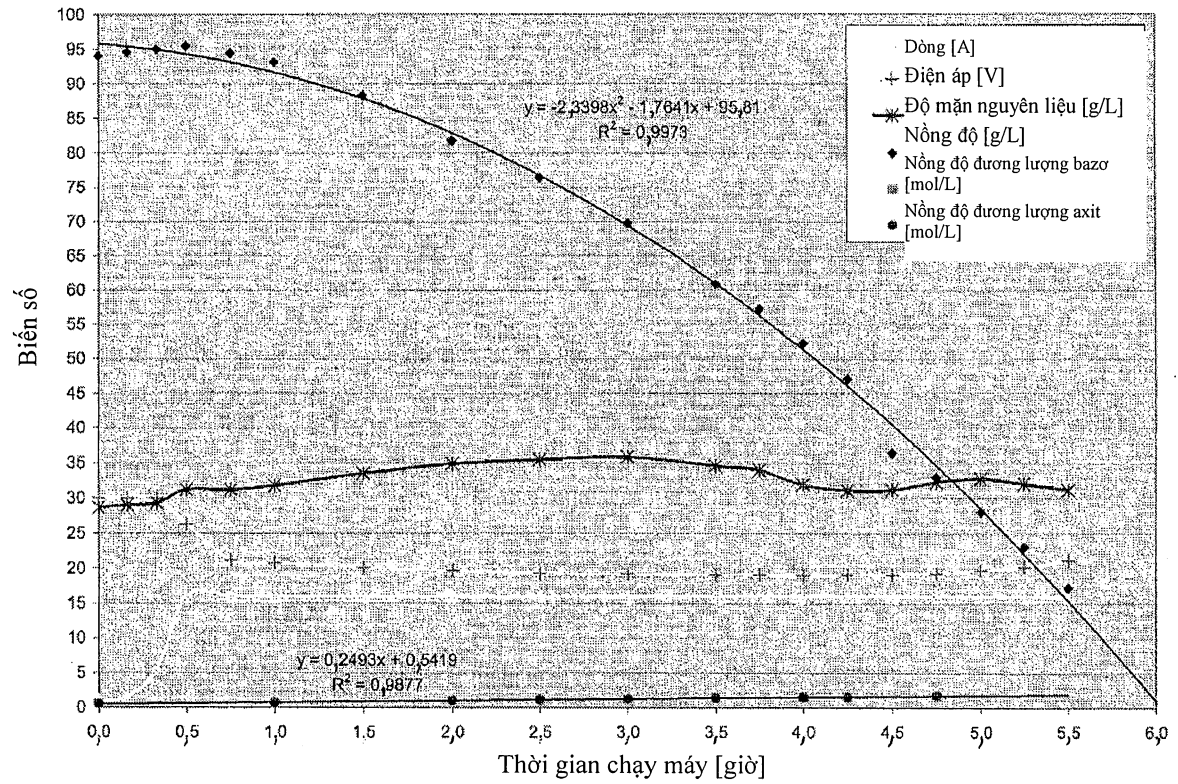


Fig.10