



(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)



1-0051425

(51)^{2022.01} C25C 3/12; C25C 7/02; C25C 3/08

(13) B

(21) 1-2023-03482

(22) 25/11/2021

(86) PCT/CA2021/051689 25/11/2021

(87) WO 2022/109742 02/06/2022

(30) 63/118,774 27/11/2020 US

(45) 25/09/2025 450

(43) 25/10/2023 427A

(73) ELYSIS LIMITED PARTNERSHIP (CA)

1 Place Ville Marie, Suite #2323, Montreal, Québec H3B 3M5, Canada

(72) D'ASTOLFO, Leroy (US); MICKELSON, Larry (US); RUAN, Yimin (CN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP KIỂM SOÁT MẬT ĐỘ DÒNG ĐIỆN CỰC CỦA BÌNH ĐIỆN
PHÂN

(57) Các thiết bị và phương pháp kiểm soát mật độ dòng điện cực của bình điện phân trong quá trình sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân, như nhôm được bộc lộ. Bình điện có các các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ. Mỗi điện cực định ra vùng nổi để nối điện cực với bình điện, vùng giữa và vùng ACO (vùng chồng lấp anot-catot) kéo dài từ vùng giữa để chồng lấp (các) điện cực liền kề. Tỷ số của diện tích bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa lớn hơn một. Ngoài ra, vùng ACO mặt cắt trung bình trên vùng giữa và vùng nổi, lớn hơn 1, tốt hơn là lớn hơn 2. Công nghệ hiện tại cho phép tối đa hóa mật độ dòng điện ở vùng ACO. Việc tăng các tỷ số này ít tác động đến môi trường hơn bằng cách giảm sinh nhiệt và mức tiêu thụ năng lượng, làm cho quá trình sản xuất kim loại trở nên thân thiện với môi trường, đặc biệt khi được sử dụng với điện cực trơ hoặc sinh oxy.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế nói chung đề cập đến thiết bị và phương pháp dùng cho việc sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân. Cụ thể, thiết bị và phương pháp được làm thích hợp để sản xuất kim loại, như nhôm, sử dụng các điện cực thẳng đứng của anot trơ hoặc anot sinh oxy và các tấm catot.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bình điện phân để sản xuất nhôm hoặc các kim loại khác bao gồm các hàng xen kẽ của các anot trơ và các catot trơ thấm ướt được ở dạng các tấm phẳng, được nhúng chìm trong bể muối nóng chảy có độ dẫn ion đủ cho dòng điện chạy qua. Bể muối nóng chảy có khả năng hòa tan hợp chất của kim loại cần khử (ví dụ oxit kim loại, clorua, cacbonat, v.v.). Khí, như oxy, clo hoặc cacbon dioxit, được tạo ra trên các anot và thoát ra khỏi bình điện dưới dạng khí thải. Kim loại lỏng được tạo ra trên các tấm catot và chảy xuống thành màng mỏng nhờ trọng lực vào bể chứa hoặc bể gom để thu gom. Các anot và các tấm catot được tách biệt nhau bởi khoảng cách, được gọi là khoảng cách anot-catot (anode-cathode distance, ACD), và có kích thước chồng lợp, được gọi là vùng chồng lợp anot-catot (anode-cathode overlapping, ACO).

Các catot là các tấm catot dẫn điện, có khả năng kháng kim loại và chất điện phân về mặt hóa học, và có khả năng thấm ướt tốt đối với kim loại được tạo ra. Hình dạng và kích cỡ tối ưu của các tấm catot có liên quan đến điện trở bình điện, mật độ dòng điện, các kích thước của anot và các kích thước của bình điện mong muốn.

Có thể chỉ cần giảm chiều rộng của mỗi tấm điện cực để làm tăng mật độ dòng điện ở mọi nơi. Tuy nhiên, việc chỉ cần giảm diện tích của các tấm điện cực ở tất cả các vùng sẽ dẫn đến tăng điện trở bình điện và mức tiêu thụ năng lượng cụ thể. Điều này làm tăng sự sinh nhiệt và khiến cho việc thiết kế bình điện với sự cân bằng nhiệt thích hợp trở nên khó khăn hơn hoặc không thể.

Do đó, cần có một kết cấu hoặc thiết kế mới của bình điện phân và phương pháp chế tạo nó để tạo ra kim loại, như nhôm, bằng cách tăng mật độ dòng điện của các điện cực.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Những thiếu sót của các giải pháp kỹ thuật trước đây thường được giảm thiểu bởi thiết bị và phương pháp mới để làm tăng mật độ dòng điện của các điện cực trong quá trình sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân, như nhôm.

Do đó, theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế bộc lộ tấm điện cực dùng cho việc sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân sử dụng bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực nêu trên định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ của các tấm anot và catot nêu trên. Tấm điện cực định ra: vùng nối liền kề đầu thứ nhất của tấm điện cực để nối tấm điện cực với bình điện phân; vùng giữa kéo dài từ vùng nối mà không chồng lấp các tấm điện cực liền kề; và vùng chồng lấp anot-catot (ACO) kéo dài từ vùng giữa đến đầu thứ hai của tấm điện cực đối diện đầu thứ nhất, và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) tấm điện cực liền kề; trong đó tấm điện cực bao gồm hai bề mặt đối diện để quay về phía các bề mặt của các tấm điện cực của các hàng liền kề; và trong đó tỷ số của diện tích bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO. Tốt hơn là, tỷ số bề mặt vùng ACO/vùng giữa lớn hơn hoặc bằng 2.

Theo một phương án ưu tiên đối với khía cạnh thứ nhất ở trên, tấm điện cực có thể có dạng hình chữ nhật, trong đó chiều rộng của tấm điện cực không đổi từ vùng ACO đến vùng giữa và vùng nối.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế bộc lộ tấm điện cực dùng cho việc sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân sử dụng bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực nêu trên định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ của các tấm anot và catot nêu trên, tấm điện cực định ra: vùng nối liền kề đầu thứ nhất của tấm điện cực để nối tấm điện cực với bình điện phân; vùng giữa kéo dài từ vùng nối mà không chồng lấp (các) điện cực liền kề; và vùng ACO kéo dài từ vùng giữa và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) điện cực liền kề; trong đó tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa và vùng nối lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO trong khi vẫn giữ được độ bền cơ học của vùng nối để đỡ tấm điện cực. Tốt hơn là, tỷ số diện tích mặt cắt vùng ACO/vùng giữa trung bình lớn hơn hoặc bằng 2.

Các phương án ưu tiên sau đây áp dụng cho khía cạnh thứ nhất và thứ hai được bộc lộ ở trên, trừ khi được nêu khác đi.

Theo một phương án ưu tiên, tấm điện cực có thể có hình dạng cột chống trong đó vùng giữa và vùng nổi định ra một cặp chân ở cả hai bên của nó, với khe ở giữa nằm giữa các chân bên dưới vùng ACO.

Theo một phương án ưu tiên, tấm điện cực có thể có hình dạng cánh quạt, trong đó vùng ACO có chiều rộng thứ nhất, vùng giữa và vùng nổi có chiều rộng thứ hai, chiều rộng thứ hai nhỏ hơn chiều rộng thứ nhất.

Theo một phương án ưu tiên, tấm điện cực có thể có dạng hình thang trong đó chiều rộng của tấm điện cực giảm liên tục từ đầu thứ hai đến đầu thứ nhất của tấm điện cực.

Theo một phương án ưu tiên, vùng ACO và vùng giữa của tấm điện cực có dạng hình thang với chiều rộng của tấm điện cực giảm liên tục từ đầu thứ hai của tấm điện cực đến điểm nối giữa vùng giữa và vùng nổi, vùng nổi có dạng hình chữ nhật.

Theo một phương án ưu tiên đối với khía cạnh thứ nhất được bộc lộ ở trên, mép bao quanh của các bề mặt có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ nhất của tấm và vùng nổi, và/hoặc mép bao quanh có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ hai và vùng ACO.

Theo một phương án ưu tiên của khía cạnh thứ hai được bộc lộ ở trên, tấm điện cực bao gồm hai bề mặt đối diện để quay về phía các bề mặt của các tấm điện cực của các hàng liền kề, và mép bao quanh của các bề mặt mà có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ nhất của tấm và vùng nổi, và/hoặc mép bao quanh có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ hai và vùng ACO.

Theo một phương án ưu tiên, kim loại cần sản xuất là nhôm, tấm điện cực có thể thấm ướt được bởi kim loại nhôm lỏng.

Theo một phương án ưu tiên, tấm điện cực là tấm catot.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế bộc lộ bình điện phân dùng cho việc sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân gồm một hoặc nhiều tấm điện cực như được bộc lộ ở đây. Tốt hơn là, kim loại là nhôm.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế bộc lộ việc sử dụng tấm điện cực như được bộc lộ ở đây, hoặc bình điện phân như được bộc lộ ở đây, để sản xuất bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực nêu trên.

Theo khía cạnh thứ tư, sáng chế bộc lộ việc sử dụng tấm điện cực như được bộc lộ ở đây, hoặc bình điện phân như được bộc lộ ở đây, cho việc sản xuất nhôm bằng phương pháp điện phân.

Theo khía cạnh thứ năm, sáng chế bộc lộ phương pháp kiểm soát mật độ dòng điện của nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân, tấm điện cực định ra: vùng nối để nối tấm điện cực với bình điện phân; vùng giữa kéo dài từ vùng nối mà không chồng lấp (các) điện cực liền kề; và vùng ACO kéo dài từ vùng giữa và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) điện cực liền kề; trong đó mỗi tấm điện cực bao gồm bề mặt để quay về phía một tấm điện cực khác của hàng liền kề; phương pháp này bao gồm bước: tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO bằng cách thay đổi tỷ số của diện tích bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa như tỷ số diện tích bề mặt vùng ACO/vùng giữa lớn hơn một.

Theo khía cạnh thứ sáu, sáng chế bộc lộ phương pháp kiểm soát mật độ dòng điện của nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân, tấm điện cực định ra: vùng nối để nối tấm điện cực với bình điện phân; vùng giữa kéo dài từ vùng nối mà không chồng lấp (các) điện cực liền kề; và vùng ACO kéo dài từ vùng giữa và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) điện cực liền kề; phương pháp này bao gồm bước: tạo ra các tấm điện cực trong đó tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa và vùng nối lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO trong khi vẫn giữ được độ bền cơ học của vùng nối để đỡ tấm điện cực.

Theo khía cạnh thứ bảy, sáng chế bộc lộ phương pháp tối đa hóa mật độ dòng điện của bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân, phương pháp này bao gồm các bước: thay thế mỗi trong số các tấm điện cực hiện có của bình điện bởi tấm điện cực như được bộc lộ ở đây.

Các tấm điện cực, cụ thể là các tấm catot, như được bộc lộ ở đây cho phép:

tăng tỷ số của diện tích bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa bằng cách giảm diện tích bề mặt hoặc diện tích mặt cắt trung bình của các vùng có mật độ dòng điện thấp hơn bên dưới hoặc bên trên vùng ACO, qua đó giảm tác động đến

việc sinh nhiệt và tiêu thụ năng lượng; và/hoặc

có tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa và vùng nổi lớn hơn một, tốt hơn là lớn hơn hai, để tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO trong khi vẫn giữ được độ bền cơ học của vùng nổi để đỡ các tấm điện cực trong bình điện phân.

Hơn nữa, các tấm điện cực, cụ thể là các tấm catot, như được bộc lộ ở đây, không những có thể được sử dụng để sản xuất các bình điện phân mới, mà còn để thay thế các điện cực của các bình điện phân hiện có, để giảm việc tiêu thụ năng lượng (ví dụ điện năng), tạo ra quy trình sản xuất kim loại thân thiện với môi trường, cụ thể là sản xuất nhôm, tốt hơn nữa là khi các tấm catot như được bộc lộ ở đây được sử dụng kết hợp với các anot trơ - sinh oxy.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các khía cạnh, dấu hiệu và ưu điểm ở trên và các khía cạnh, dấu hiệu và ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn từ phần mô tả sau đây dựa vào các hình vẽ kèm theo trong đó:

Fig.1A là hình vẽ mặt cắt giảm lược một phần của bình điện phân đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật;

Fig.1B là hình chiếu cạnh của một phần của các môđun anot và catot được đan xen đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật;

Fig.2A là hình vẽ giảm lược của tấm điện cực theo phương án thứ nhất của sáng chế;

Fig.2B là hình vẽ giảm lược của tấm điện cực theo phương án thứ hai của sáng chế;

Fig.2C là hình vẽ giảm lược của tấm điện cực theo phương án thứ ba của sáng chế;

Fig.2D là hình vẽ giảm lược của tấm điện cực theo phương án thứ tư của sáng chế;

Fig.3 là hình chiếu đứng của tấm điện cực theo phương án thứ năm của sáng chế;

Fig.4 minh họa phương pháp kiểm soát mật độ dòng điện của nhiều tấm điện cực

theo một phương án ưu tiên của sáng chế;

Fig.5 minh họa phương pháp kiểm soát mật độ dòng điện của nhiều tấm điện cực theo một phương án ưu tiên khác của sáng chế; và

Fig.6 minh họa phương pháp tối đa hóa mật độ dòng điện của bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực theo một phương án ưu tiên của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thiết bị và phương pháp mới sẽ được mô tả sau đây. Mặc dù sáng chế được mô tả về các phương án minh họa cụ thể, nhưng cần hiểu rằng các phương án được mô tả ở đây chỉ là ví dụ và phạm vi của sáng chế không bị giới hạn ở đó.

Thuật ngữ được sử dụng ở đây phù hợp với các định nghĩa được nêu dưới đây.

Từ "khoảng" có nghĩa là giá trị của % trọng lượng (wt.%), thời gian, điện áp, điện trở, thể tích hoặc nhiệt độ có thể thay đổi trong khoảng nhất định tùy thuộc vào giới hạn sai số của phương pháp hoặc thiết bị được sử dụng để đánh giá % trọng lượng, thời gian, điện áp, điện trở, thể tích hoặc nhiệt độ như vậy. Giới hạn sai số 10% thường được chấp nhận.

Phần mô tả sau đây và các phương án được mô tả ở đây được cung cấp bằng cách minh họa một ví dụ của các phương án cụ thể của các nguyên lý và các khía cạnh của sáng chế. Các ví dụ này được cung cấp nhằm mục đích giải thích và không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế. Trong phần mô tả sau đây, các phần và/hoặc các bước giống nhau được ký hiệu xuyên suốt bản mô tả và trên các hình vẽ với các số chỉ dẫn tương ứng giống nhau.

Như đã nói ở trên, sáng chế như được bộc lộ ở đây đề xuất kết cấu mới của bình điện phân, cụ thể là các tấm điện cực, để tăng mật độ dòng điện.

Trong các bình điện anot tro trắng đứng, các tấm catot và anot được sắp xếp thành các hàng xen kẽ, song song như được minh họa trên Fig.1A và Fig.1B từ patent Mỹ số US 10,415,147 (LIU Xinghua), nội dung của patent này được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn.

Fig.1A thể hiện mặt cắt giảm lược của bình điện phân 10 để sản xuất kim loại (ví dụ nhôm) bởi quá trình khử điện hóa của chất điện phân (ví dụ nhôm oxit được hòa tan trong cryolit nóng chảy) sử dụng anot và catot. Bình điện 10 có ít nhất một môđun

anot 12 gồm nhiều anot hướng thẳng đứng 12E được treo ở trên ít nhất một môđun catot 14 có nhiều catot hướng thẳng đứng 14E được đặt trong bể chứa bình điện 16. Các catot hướng thẳng đứng 14E kéo dài lên trên về phía môđun anot 12. Trong khi nhiều anot 12E và catot 14E với số lượng cụ thể được thể hiện trên Fig.1A và Fig.1B, số lượng bất kỳ của các anot 12E và các catot 14E lớn hơn hoặc bằng 1 có thể được sử dụng để định ra môđun anot 12 hoặc môđun catot 14, một cách tương ứng. Theo một số phương án, môđun catot 14 được ghép nối cố định với đáy của bình điện 10 với các catot 14E được đỡ trong bộ đỡ catot 14B mà nằm trong bể chứa bình điện 16 trên các khối catot 18, ví dụ, được làm từ vật liệu chứa cacbon có tính liên tục về điện với một hoặc nhiều thanh gom dòng catot 20. Các khối catot 18 có thể được ghép nối cố định với đáy của bình điện 10. Bể chứa 16 có thể có vỏ thép 16S và được lót với vật liệu cách ly 16A, vật liệu chịu lửa 16B và vật liệu thành bên 16C. Bể chứa 16 có khả năng giữ lại dung dịch chất điện phân nóng chảy (được thể hiện bởi đường nét đứt 22) và miếng đệm kim loại nhôm nóng chảy trong đó. Các phần của đường dẫn anot 24 mà cung cấp dòng điện đến các môđun anot 12 được thể hiện được ép vào tiếp xúc điện với các thanh anot 12L của các môđun anot 12. Các thanh anot 12L được nối về mặt cấu trúc và điện với tấm phân phối anot 12S, mà lớp cách nhiệt 12B được gắn vào đó. Các anot 12E kéo dài qua lớp cách nhiệt 12B và tiếp xúc về mặt cơ học và điện với tấm phân phối anot 12S. Đường dẫn anot 24 sẽ dẫn trực tiếp dòng điện từ nguồn thích hợp 26 qua các thanh anot 12L, tấm phân phối anot 12S, các thành phần anot, chất điện phân 22 đến các catot 14E và từ đó qua bộ đỡ catot 14B, các khối catot 18 và các thanh gom dòng catot 20 đến cực còn lại của nguồn điện 26. Các anot 12E của mỗi môđun anot 12 có tính liên tục về điện. Tương tự, các catot 14E của mỗi môđun catot 14 có tính liên tục về điện.

Fig.1B thể hiện môđun anot 12 và môđun catot 14 với các điện cực 12E và 14E của chúng trong mối quan hệ đan xen. Chiều cao của dung dịch 22 so với các catot 14 có thể được gọi là “khoảng cách dung dịch đến catot” hoặc BCD. Môđun anot 12 có thể được nâng lên và hạ xuống (tức là có thể định vị được một cách chọn lọc) về độ cao so với vị trí của môđun catot 14, như được biểu thị bởi mũi tên hai đầu V. Theo một số phương án, các anot 12E không chìm hoàn toàn trong bể và kéo dài qua mặt phân cách dung dịch-hơi 22 trong quá trình sản xuất kim loại. Khả năng điều chỉnh theo hướng thẳng đứng này cho phép “sự chồng lấp” Y của các anot 12E và các catot 14E sẽ được điều chỉnh. Mức dung dịch điện phân 22, chiều cao của các anot 12E và các catot 14E

có thể yêu cầu sự điều chỉnh vị trí của môđun anot 12 so với môđun catot 14 theo hướng thẳng đứng, để đạt được sự chồng lắp anot-catot (ACO) được chọn Y, cũng như độ chìm sâu trong chất điện phân 22. Theo một số phương án, như được thể hiện trên Fig.1B, các anot 12E ít nhất được nhúng chìm một phần trong chất điện phân và các điện cực catot 14E được nhúng chìm hoàn toàn trong chất điện phân. Việc thay đổi ACO Y có thể được sử dụng để thay đổi điện trở bình điện và duy trì nhiệt độ bình điện ổn định.

Các điện cực hướng thẳng đứng, đối diện 12E, 14E cho phép các pha khí (O_2) được tạo ra ở gần đó tách ra khỏi chúng và tách rời vật lý khỏi các anot 12E do sự nổi của các bong bóng khí O_2 trong chất điện phân nóng chảy. Do các bong bóng tự do thoát ra khỏi các bề mặt của anot 12, nên chúng không tích tụ trên các bề mặt anot để tạo thành lớp cách điện/điện trở cho phép tích tụ điện thế, dẫn đến điện trở cao và sự tiêu thụ năng lượng cao. Các anot 12E có thể được sắp xếp thành các hàng hoặc các cột có hoặc không có khoảng hở hoặc khe hai bên giữa chúng để tạo ra kênh tăng cường chuyển động của chất điện phân nóng chảy, nhờ đó cải thiện sự truyền chất và cho phép nhôm oxit hòa tan tiếp cận các bề mặt của môđun anot 12. Số lượng các hàng của các anot 12E có thể thay đổi từ 1 đến số được chọn bất kỳ và số lượng các anot 12E trong hàng có thể thay đổi từ 1 đến số bất kỳ. Các catot 14E có thể được sắp xếp tương tự thành các hàng có hoặc không có khoảng hở (khe) hai bên giữa chúng và có thể thay đổi tương tự về số lượng hàng và số lượng các catot 14E trong hàng từ 1 đến số bất kỳ.

Hình dạng của cả các anot và các catot thẳng đứng được minh họa trên Fig.1A và Fig.1B thường là dạng tấm. Thông thường nhất, các tấm là mỏng và có dạng hình chữ nhật. Các hình dạng phức tạp hơn, mà có thể bao gồm các góc nhọn và các mặt cắt thay đổi nhanh chóng có thể là các vị trí bắt đầu xuất hiện vết nứt, đặc biệt là trong các giai đoạn xoay vòng nhiệt.

Các hình dạng điện cực mới đã được phát triển và được mô tả dưới đây dựa vào các hình vẽ Fig.2A-D và Fig.3.

Như được minh họa bởi các mũi tên hai đầu ở phía bên trái của Fig.2A, các tấm điện cực 100, 200, 300, 400 có thể định ra ba vùng:

- vùng ACO (chồng lắp anot-catot) 110 (được ký hiệu là “Y” trên Fig.1B), được tạo kết cấu để được đặt đối diện với vật liệu anot và catot trong đó mật độ dòng điện ở tấm catot là cao hoặc cực đại để tích cực sản xuất nhôm;

- vùng giữa 120 mà không đối diện với vật liệu anot hoặc catot, trong đó mật độ dòng điện bề mặt tại điện cực là thấp. Vùng giữa cũng được biết đến là vùng AMD (khoảng cách từ anot đến kim loại) khi tấm điện cực là catot, và như đã nói ở trên, là vùng BCD (khoảng cách từ dung dịch đến catot) khi tấm điện cực là anot; và
- vùng nối 130 kéo dài từ vùng giữa 120 để nối tấm điện cực 100 với bình điện. Khi tấm điện cực 100 là tấm catot kéo dài từ đáy của bình điện 14B (Fig.1B), vùng này thường được đặt ở đệm kim loại 30 (xem Fig.1B), trong đó mật độ dòng điện bề mặt tích cực sản xuất nhôm là không, và vùng này cũng được biết đến là “vùng đệm kim loại” 30.

Như một hệ quả của việc sử dụng anot trơ hoặc anot sinh oxy, có một điểm phạt điện áp xấp xỉ 1 vôn và điểm phạt tiêu thụ năng lượng xấp xỉ 3 kWh/kg so với công nghệ thông thường. Điều này là do các anot trơ tạo ra khí oxy (O_2) thay vì khí cacbon dioxid (CO_2) được tạo ra bởi các anot cacbon. Các điểm phạt này có thể được bù vào bằng cách giảm mật độ dòng điện (cả mật độ dòng điện anot và mật độ dòng điện tấm catot).

Việc giảm mật độ dòng điện này đạt được bằng cách phát triển các vật liệu anot và tấm catot độc quyền ổn định về kích thước. Tấm catot tốt hơn là có thể thấm ướt được bởi kim loại nhôm lỏng. Các vật liệu độc quyền này sau đó được sắp xếp theo kết cấu thẳng đứng như được bộc lộ ở đây cho phép duy trì cùng một dòng điện trên mỗi fut vuông của không gian xây dựng tại mật độ dòng điện thấp hơn tại các bề mặt hoạt động.

Việc giảm thiểu vùng giữa 120 sẽ giảm thiểu tác động lên điện trở bình điện và hiệu suất năng lượng, do có rất ít lượng dòng điện trong vùng này.

Các hình dạng khác nhau cho các điện cực thẳng đứng được đề xuất. Sự phức tạp, khó khăn trong sản xuất và mối lo ngại về nứt và độ bền không đủ phải được tính đến khi xem xét hình dạng của các tấm điện cực, đặc biệt là các tấm catot nơi mà kim loại được tạo ra.

Một cách tiếp cận khác bao gồm việc giảm vùng giữa 120 của tấm điện cực 100 đến mức độ bền cơ học và độ ổn định của nó cho phép. Ví dụ, đối với tấm điện cực mỏng, trong đó chiều dày nhỏ hơn nhiều so với chiều dài hoặc chiều rộng của nó và trong đó tỷ số co của chiều dài trên chiều rộng trung bình nằm giữa 5 và 10, xấp xỉ là 8

theo một phương án ưu tiên, thì tỷ số của diện tích mặt cắt ở đỉnh của tấm điện cực trên diện tích mặt cắt ở đáy của tấm điện cực nên lớn hơn 1, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 2.

Như được minh họa trên Fig.2A, tấm điện cực 100 có dạng hình chữ nhật thẳng trong đó tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa hoặc vùng dưới là 1 (một). Tuy nhiên, tỷ số bề mặt giữa vùng ACO và các vùng giữa có thể được điều biến hoặc điều chỉnh bằng cách thay đổi vùng ACO để có tỷ số bề mặt lớn hơn 1.

Fig.2B, Fig.2C và Fig.2D minh họa các hình dạng phức tạp hơn với diện tích rộng hơn của các tấm điện cực ở các vùng có mật độ dòng điện cao và diện tích nhỏ hơn ở các vùng có mật độ dòng điện thấp. Có thể chọn hình dạng và kích thước của tấm điện cực mà đồng thời tối ưu hóa điện áp bình điện, mức tiêu thụ năng lượng và độ bền cơ học của tấm điện cực.

Fig.2B minh họa tấm điện cực 200 có hình dạng cột chống với cặp chân hẹp 210 ở cả hai bên với khe 220 ở vùng giữa và vùng nối 120, 130 bên dưới vùng ACO 110.

Fig.2C minh họa tấm điện cực 300 có hình dạng cánh quạt rộng hơn ở vùng ACO 110 và hẹp hơn ở vùng giữa/vùng nối 120, 130.

Fig.2D minh họa tấm điện cực 400 có dạng hình thang, trong đó chiều rộng của tấm điện cực liên tục giảm kích thước từ vùng ACO 110 đến vùng giữa 120 và sau đó đến vùng nối 130.

Hình dạng dẫn đến mật độ dòng điện cao nhất là hình dạng có diện tích nhỏ nhất ở vùng giữa/vùng nối 120, 130 bên dưới vùng ACO 110, như với hình dạng cột chống 200 và hình dạng cánh quạt 300.

Hình thang 400 trên Fig.2D tốt hơn là kết hợp các ưu điểm của việc tối đa hóa kim loại được tạo ra ở vùng ACO phía trên 110, với việc dễ sản xuất (tức là, các phần có thể được tạo ra dưới dạng lưới mà không có các vết cắt) với chi phí sản xuất thấp, độ bền đủ và tránh các thay đổi đột ngột ở mặt cắt hoặc các vết cắt bên trong, đó là các nguồn xuất hiện vết nứt (tức là, không đưa vào các điểm yếu hoặc các vị trí bắt đầu vết nứt).

Thông thường, các tấm điện cực như được định nghĩa ở đây, khi được sử dụng làm tấm catot, có thể được làm từ titan diborua (TiB_2) hoặc zircon diborua (ZrB_2). Vật liệu bất kỳ mà dẫn điện, bền với kim loại nóng chảy và chất điện phân, và có thể thấm

ướt được với kim loại, như nhôm, có thể được sử dụng mà không vượt ra ngoài phạm vi của sáng chế.

Như được minh họa trên Fig.4 và Fig.5, sáng chế cũng bộc lộ phương pháp 1000 hoặc phương pháp 2000 một cách tương ứng để kiểm soát mật độ dòng điện của nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân, tấm điện cực định ra: vùng nối để nối tấm điện cực với bình điện phân; vùng giữa kéo dài từ vùng nối mà không chồng lấp (các) điện cực liền kề; và vùng ACO kéo dài từ vùng giữa và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) điện cực liền kề; trong đó mỗi tấm điện cực bao gồm bề mặt để quay về phía một tấm điện cực khác của hàng liền kề.

Như được minh họa trên Fig.4, phương pháp 1000 bao gồm bước:

- tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO bằng cách thay đổi tỷ số của diện tích bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa như tỷ số diện tích bề mặt vùng ACO/vùng giữa lớn hơn một 1100.

Như được minh họa trên Fig.5, phương pháp 2000 bao gồm bước:

- tạo ra các tấm điện cực trong đó tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa và vùng nối lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện ở vùng ACO trong khi vẫn giữ được độ bền cơ học của vùng nối để đỡ tấm điện cực 2100.

Như được minh họa trên Fig.6, sáng chế cũng bộc lộ phương pháp 3000 để tối đa hóa mật độ dòng điện của bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân. Phương pháp 3000 bao gồm bước:

- thay thế mỗi trong số các tấm điện cực hiện có của bình điện bởi tấm điện cực như được bộc lộ ở đây 3100.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Fig.3 thể hiện một ví dụ về tấm điện cực 500 theo một phương án ưu tiên của sáng chế gồm vùng ACO 110, vùng nối 130 và vùng giữa 120 kéo dài giữa chúng.

Tấm điện cực 500 và tấm điện cực hình thang 400 trên Fig.2D khác ở chỗ các mép đối diện 530a, 530b của vùng nối 130 của tấm 500 song song với nhau. Chiều rộng

của tấm điện cực 500 liên tục giảm kích thước từ X1 tại đầu trên cùng 510 của vùng ACO 110 đến X2 tại đầu dưới cùng 520 của vùng giữa 120, đáy 530 của tấm tạo thành vùng nổi 130 có hình dạng giống hình chữ nhật với các mép song song 530a, 530b.

Theo một phương án ưu tiên, như được thể hiện trên Fig.3, tấm 500 có thể còn có phần chuyển tiếp tròn giữa đầu trên cùng 510 và mỗi trong số hai mép đối diện 510a, 510b của vùng ACO 110, được định ra với bán kính R1. Hơn nữa, tấm 500 có thể có phần chuyển tiếp tròn giữa đầu dưới cùng 530 và mỗi trong số hai mép đối diện 530a, 530b của vùng nổi 130, được định ra với bán kính R2. Các phần chuyển tiếp tròn như vậy R1 và/hoặc R2 cho phép tránh tạo ra các điểm yếu hoặc các vị trí bắt đầu vết nứt của các tấm điện cực 500.

Bảng 1 dưới đây cung cấp một số kích thước của các tấm điện cực 500 được minh họa trên Fig.3, với L biểu diễn chiều dài tổng cộng của tấm điện cực.

Bảng 1: Ví dụ về tấm điện cực (Fig.3)

Chiều dài (L)	$581,8 \pm 7,5$ mm
Vùng ACO (110)	406 ± 10 mm
Vùng nổi (130)	$78,6 \pm 1,0$ mm
Đầu trên cùng (X1)	$86 \pm 1,5$ mm
Đầu dưới cùng (X2)	$53,8 \pm 1,0$ mm
Phần chuyển tiếp tròn (bán kính R1)	$25,3 \pm 0,5$ mm
Phần chuyển tiếp tròn (bán kính R2)	$12,6 \pm 0,5$ mm

Các tấm điện cực như được bộc lộ ở đây tránh được các điểm yếu như được thảo luận theo các phương án ưu tiên do không có các thay đổi dạng hình học sắc nhọn hoặc các mặt cắt hẹp. Các phần có thể được tạo thành hình dạng lưới, mà không có các vết cắt, điều này có thể gây ra các vết rạn và các vị trí bắt đầu vết nứt.

Sáng chế cho phép sản xuất kim loại với hiệu suất năng lượng cạnh tranh. Sáng chế cũng cho phép giảm thiểu thất thoát nhiệt ở (các) tấm catot.

Mặc dù các phương án ưu tiên hiện tại và mang tính minh họa của sáng chế đã được mô tả chi tiết ở trên, cần hiểu rằng các khái niệm sáng tạo có thể được thể hiện và sử dụng theo các cách khác nhau và yêu cầu bảo hộ kèm theo được dự định bao gồm các biến thể như vậy ngoại trừ trong phạm vi như được giới hạn bởi tình trạng kỹ thuật.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm điện cực dùng cho việc sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân sử dụng bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực nêu trên định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ của các tấm anot và catot nêu trên, tấm điện cực định ra:

vùng nối liền kề đầu thứ nhất của tấm điện cực để nối tấm điện cực với bình điện phân;

vùng giữa kéo dài từ vùng nối mà không chồng lấp các tấm điện cực liền kề; và

vùng chồng lấp anot-catot (ACO) kéo dài từ vùng giữa đến đầu thứ hai của tấm điện cực đối diện đầu thứ nhất, và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) tấm điện cực liền kề;

trong đó tấm điện cực bao gồm hai bề mặt đối diện để quay về phía các bề mặt của các tấm điện cực của các hàng liền kề; và

trong đó tỷ số của diện tích bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện ở vùng ACO.

2. Tấm điện cực theo điểm 1, trong đó tỷ số bề mặt vùng ACO/vùng giữa lớn hơn hoặc bằng 2.

3. Tấm điện cực theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm điện cực có dạng hình chữ nhật, trong đó chiều rộng của tấm điện cực không đổi từ vùng ACO đến vùng giữa và vùng nối.

4. Tấm điện cực theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm điện cực có hình dạng cột chồng trong đó vùng giữa và vùng nối định ra một cặp chân ở cả hai bên của nó, với khe ở giữa nằm giữa các chân bên dưới vùng ACO.

5. Tấm điện cực theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm điện cực có hình dạng cánh quạt, trong đó vùng ACO có chiều rộng thứ nhất, vùng giữa và vùng nối có chiều rộng thứ hai, chiều rộng thứ hai nhỏ hơn chiều rộng thứ nhất.

6. Tấm điện cực theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm điện cực có dạng hình thang trong đó chiều rộng của tấm điện cực giảm liên tục từ đầu thứ hai đến đầu thứ nhất của tấm điện cực.

7. Tấm điện cực theo điểm 1 hoặc 2, trong đó vùng ACO và vùng giữa của tấm điện cực

có dạng hình thang với chiều rộng của tấm điện cực giảm liên tục từ đầu thứ hai của tấm điện cực đến điểm nối giữa vùng giữa và vùng nổi, vùng nổi có dạng hình chữ nhật.

8. Tấm điện cực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó mép bao quanh của các bề mặt có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ nhất của tấm và vùng nổi, và/hoặc mép bao quanh có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ hai và vùng ACO.

9. Tấm điện cực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó kim loại để sản xuất là nhôm, tấm điện cực có thể thấm ướt được bởi kim loại nhôm lỏng.

10. Tấm điện cực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó tấm điện cực là tấm catot.

11. Tấm điện cực dùng cho việc sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân sử dụng bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực nêu trên định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ của các tấm anot và catot nêu trên, tấm điện cực định ra:

vùng nổi liền kề đầu thứ nhất của tấm điện cực để nối tấm điện cực với bình điện phân;

vùng giữa kéo dài từ vùng nổi mà không chồng lấp (các) điện cực liền kề; và

vùng ACO kéo dài từ vùng giữa và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) điện cực liền kề;

trong đó tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa và vùng nổi lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện ở vùng ACO trong khi vẫn giữ được độ bền cơ học của vùng nổi để đỡ tấm điện cực.

12. Tấm điện cực theo điểm 11, trong đó tỷ số diện tích mặt cắt vùng ACO/vùng giữa trung bình lớn hơn hoặc bằng 2.

13. Tấm điện cực theo điểm 11 hoặc 12, trong đó tấm điện cực có hình dạng cột chống trong đó vùng giữa và vùng nổi định ra một cặp chân ở cả hai bên của nó, với khe ở giữa nằm giữa các chân bên dưới vùng ACO.

14. Tấm điện cực theo điểm 11 hoặc 12, trong đó tấm điện cực có hình dạng cánh quạt, trong đó vùng ACO có chiều rộng thứ nhất, vùng giữa và vùng nổi có chiều rộng thứ hai, chiều rộng thứ hai nhỏ hơn chiều rộng thứ nhất.

15. Tấm điện cực theo điểm 11 hoặc 12, trong đó tấm điện cực có dạng hình thang trong đó chiều rộng của tấm điện cực giảm liên tục từ đầu thứ hai đến đầu thứ nhất của tấm điện cực.

16. Tấm điện cực theo điểm 11 hoặc 12, trong đó vùng ACO và vùng giữa của tấm điện cực có dạng hình thang với chiều rộng của tấm điện cực giảm liên tục từ đầu thứ hai của tấm điện cực đến điểm nối giữa vùng giữa và vùng nổi, vùng nổi có dạng hình chữ nhật.

17. Tấm điện cực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 16, trong đó tấm điện cực bao gồm hai bề mặt đối diện để quay về phía các bề mặt của các tấm điện cực của các hàng liền kề, và trong đó mép bao quanh của các bề mặt có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ nhất của tấm và vùng nổi, và/hoặc mép bao quanh có các phần chuyển tiếp tròn giữa đầu thứ hai và vùng ACO.

18. Tấm điện cực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 17, trong đó kim loại là nhôm, tấm điện cực có thể thấm ướt được bởi kim loại nhôm lỏng.

19. Tấm điện cực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 18, trong đó tấm điện cực là tấm catot.

20. Bình điện phân dùng cho việc sản xuất kim loại bằng phương pháp điện phân gồm một hoặc nhiều tấm điện cực theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 19.

21. Bình điện phân theo điểm 20, trong đó kim loại là nhôm.

22. Phương pháp kiểm soát mật độ dòng điện của nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân, tấm điện cực định ra:

vùng nổi để nối tấm điện cực với bình điện phân;

vùng giữa kéo dài từ vùng nổi mà không chồng lấp (các) điện cực liền kề; và

vùng ACO kéo dài từ vùng giữa và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) điện cực liền kề;

trong đó mỗi tấm điện cực bao gồm bề mặt để quay về phía một tấm điện cực khác của hàng liền kề;

phương pháp này bao gồm bước:

tối đa hóa mật độ dòng điện ở vùng ACO bằng cách thay đổi tỷ số của diện tích

bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa như tỷ số diện tích bề mặt vùng ACO/vùng giữa lớn hơn một.

23. Phương pháp kiểm soát mật độ dòng điện của nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân, tấm điện cực định ra:

vùng nổi để nối tấm điện cực với bình điện phân;

vùng giữa kéo dài từ vùng nổi mà không chồng lấp (các) điện cực liền kề; và

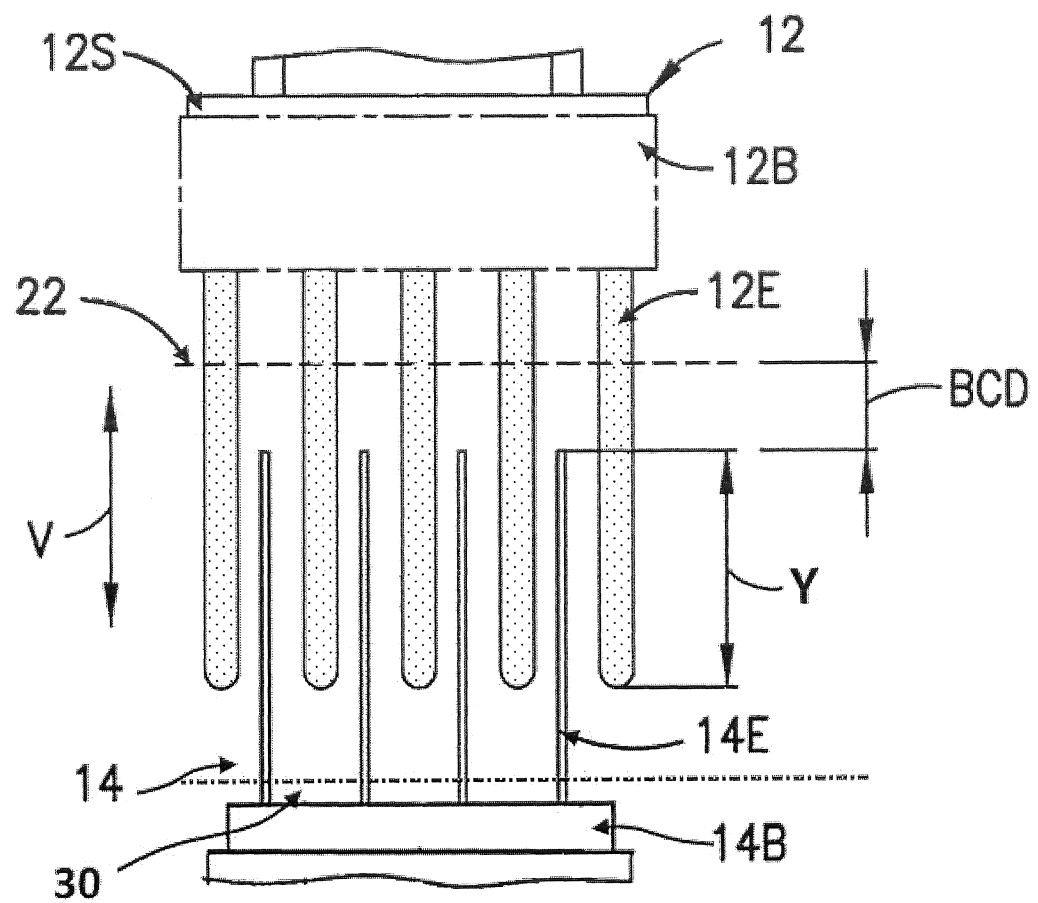
vùng ACO kéo dài từ vùng giữa và được tạo kết cấu để chồng lấp (các) điện cực liền kề;

phương pháp này bao gồm bước:

tạo ra các tấm điện cực trong đó tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa và vùng nổi lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện ở vùng ACO trong khi vẫn giữ được độ bền cơ học của vùng nổi để đỡ tấm điện cực.

24. Phương pháp tối đa hóa mật độ dòng điện của bình điện phân gồm nhiều tấm điện cực định ra các tấm anot và catot được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng và được sắp xếp thành các hàng xen kẽ trong bình điện phân, phương pháp này bao gồm bước: thay thế mỗi trong số các tấm điện cực hiện có của bình điện bởi tấm điện cực như được xác định theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 19.

2/5

**FIG. 1B** (tình trạng kỹ thuật)

3/5

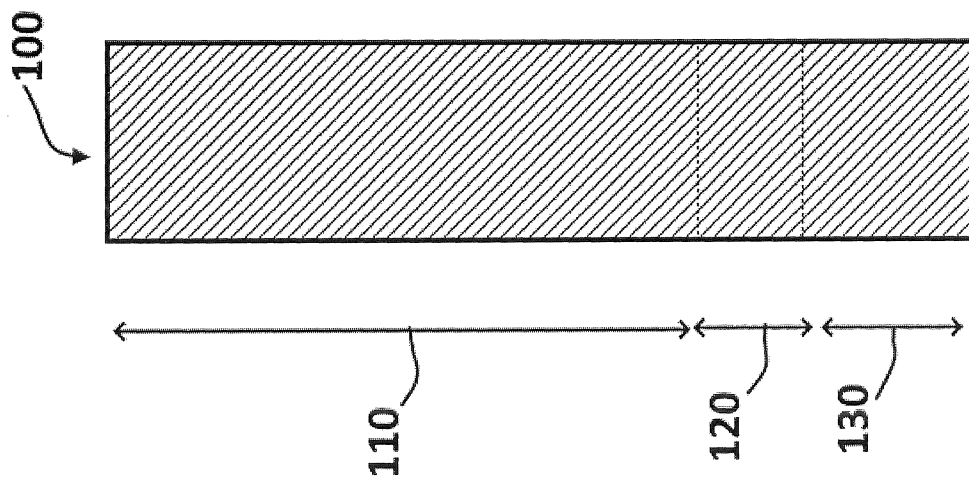


FIG. 2A

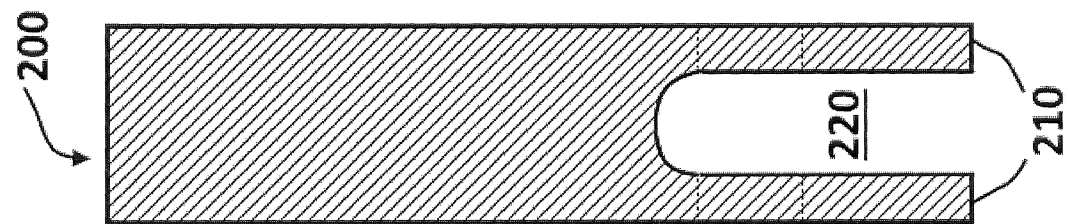


FIG. 2B

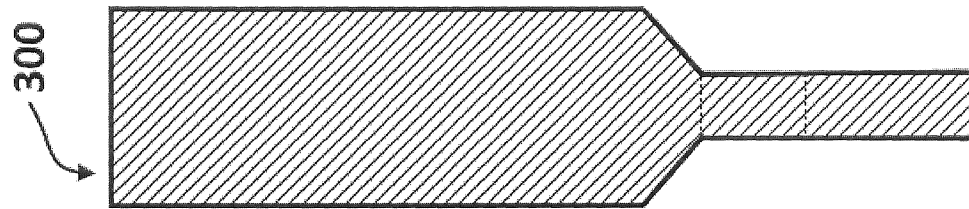


FIG. 2C

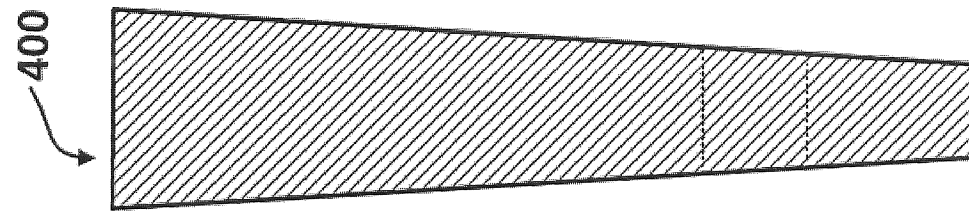


FIG. 2D

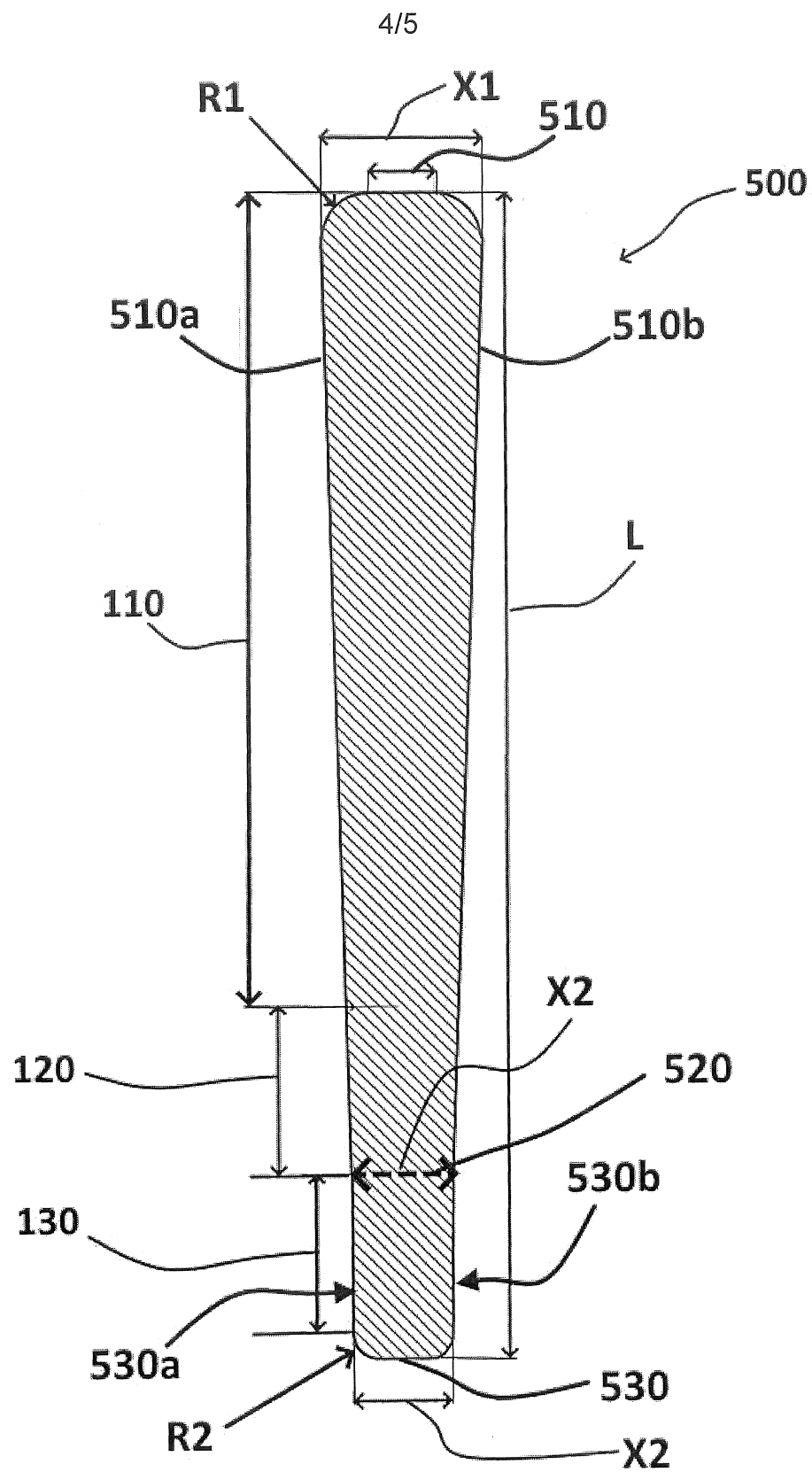


FIG. 3

5/5

1000

tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO bằng cách thay đổi tỷ số của diện tích bề mặt của vùng ACO trên diện tích bề mặt của vùng giữa như tỷ số diện tích bề mặt vùng ACO/vùng giữa lớn hơn một (1100)

FIG. 4

2000

tạo ra các tấm điện cực trong đó tỷ số diện tích mặt cắt trung bình của vùng ACO trên vùng giữa và vùng nối lớn hơn một để tối đa hóa mật độ dòng điện trong vùng ACO trong khi vẫn giữ được độ bền cơ học của vùng nối để đỡ tấm điện cực (2100)

FIG. 5

3000

thay thế mỗi trong số các tấm điện cực hiện có của bình điện bởi tấm điện cực như được bộc lộ ở đây (3100)

FIG. 6