



(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)



1-0025012

(51)^{2019.01} C25C 7/08; C22C 19/03; C22C 28/00; (13) B
C22C 1/02; C22C 21/00

(21) 1-2013-03917

(22) 31/07/2013

(86) PCT/CN2013/080522 31/07/2013

(87) WO2014/019513A2 06/02/2014

(30) 201210271317 31/07/2012 CN

(45) 25/08/2020 389

(43) 25/09/2014 318A

(73) GRIREM ADVANCED MATERIALS CO., LTD. (CN)

No. 2, Xijiekouwai Street, Beijing 100088, China

(72) MIAO, Ruiying (CN); LI, Zongan (CN); LUAN, Wenzhou (CN); CHEN, Dehong (CN); WANG, Zhiqiang (CN); ZHANG, Zhiqi (CN); ZHANG, Xiaowei (CN); GUO, Xuyi (CN); ZHOU, Lin (CN).

(74) Công ty TNHH Trường Xuân (AGELESS CO.,LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHẾ KIM LOẠI ĐẤT HIẾM VÀ HỢP KIM ĐẤT HIẾM BẰNG CÁCH ĐIỆN PHÂN MUỐI NÓNG CHẢY

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp điều chế kim loại đất hiếm và hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy, trong đó trong phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là điện cực trơ hoặc graphite, cực âm được làm bằng oxit kim loại đất hiếm và các oxit của các thành phần hợp kim khác và/hoặc bột kim loại và dòng điện một chiều được đưa vào để tiến hành điện phân; trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ điện phân cao hơn nhiệt độ nóng chảy của hợp kim đất hiếm được tạo ra và thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của cực âm; lớp bề mặt của cực âm được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định; mật độ dòng cực âm đủ để các thành phần của hợp kim đất hiếm kết tủa ở cực âm; điện áp điện phân thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân và cao hơn điện thế phân hủy của oxit tương ứng với mỗi thành phần của hợp kim đất hiếm. Kim loại và hợp kim đất hiếm thu được bằng phương pháp này ở trạng thái lỏng và được thu gom vào nồi nấu kim loại. Phương pháp này thân thiện với môi trường với quy trình đơn giản, sự tiêu thụ năng lượng thấp, hiệu suất dòng cao và chi phí thấp.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực điều chế hợp kim đất hiếm, cụ thể là sáng chế đề cập đến kim loại đất hiếm, hợp kim đất hiếm và phương pháp điều chế kim loại đất hiếm và hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy, và đặc biệt là đề cập đến phương pháp điều chế một cách trực tiếp kim loại đất hiếm và hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hợp kim/kim loại đất hiếm, mà đóng vai trò quan trọng trong lĩnh vực vật liệu mới, là các nguyên liệu thô cơ bản quan trọng của các vật liệu chức năng mới mà sử dụng các hợp kim/kim loại đất hiếm hoặc các hợp kim/kim loại đất hiếm có độ tinh khiết cao để làm các thành phần chính hoặc các chất bổ sung bao gồm các nguyên liệu đất hiếm có từ tính vĩnh cửu, các nguyên liệu đất hiếm lưu giữ hydro, các nguyên liệu đất hiếm hạt nhân, các nguyên liệu từ giảo lớn và các nguyên liệu làm lạnh bằng cách sử dụng hiệu ứng từ v.v.. Các hợp kim/kim loại đất hiếm, mà không chỉ được sử dụng một cách rộng rãi trong các ngành công nghiệp truyền thống, bao gồm công nghiệp luyện kim và công nghiệp hóa dầu v.v., mà còn tuyệt đối cần thiết trong các lĩnh vực bao gồm các nguyên liệu có từ tính, các nguyên liệu sợi quang trong truyền thông, các nguyên liệu lưu trữ năng lượng hydro và các vật liệu siêu dẫn v.v., trực tiếp ảnh hưởng đến tốc độ và trình độ phát triển của các ngành công nghiệp công nghệ cao cấp thiết bao gồm các ngành công nghiệp dụng cụ quang học, điện tử, hàng không và du hành vũ trụ và công nghiệp hạt nhân v.v..

Có ba phương pháp điều chế hợp kim/kim loại đất hiếm truyền thống chính, bao gồm phương pháp trộn trực tiếp và làm nóng chảy kim loại nguyên chất, phương pháp khử - khuếch tán và phương pháp điện phân muối nóng chảy.

Trong đó phương pháp trộn trực tiếp và làm nóng chảy kim loại nguyên chất cần sử dụng các kim loại nguyên chất như là các nguyên liệu thô với quy trình sản xuất dài, chi phí cao và sự phân tách dễ dàng; quá trình này khá phức tạp và diễn ra trong thời gian dài trong quá trình sản xuất bằng cách sử dụng phương pháp khử - khuếch tán, và

các sản phẩm cuối cùng có độ tinh khiết thấp và dễ dàng bị trộn lẫn với các tạp chất.

Do các nguyên tố đất hiếm có bán kính nguyên tử tương đối lớn, các electron lớp bên trong nguyên tố đất hiếm có tác dụng che chắn trên các electron lớp ngoài để làm giảm lực hút của hạt nhân nguyên tử của nguyên tố đất hiếm với các electron lớp ngoài. Do đó, toàn bộ các nguyên tố đất hiếm hoạt động mạnh với các điện thế điện cực âm có liên quan (-2,52V đến -2,25V) và hầu như không tạo kết tủa bằng điện trong dung dịch nước. Do vậy các hợp kim và kim loại đất hiếm luôn được điện phân trong hệ muối nóng chảy. Phương pháp điện phân muối nóng chảy truyền thống mà áp dụng điện phân oxit trong hệ muối florua để điều chế các hợp kim/kim loại đất hiếm không có chất khử, phương pháp này là kinh tế hơn và thuận tiện và có thể sản xuất liên tục.

Tuy nhiên, khi các cấu trúc vỏ điện tử của các ion có hóa trị +2 của các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi, samari (Sm), europi (Eu), thuli (Tm) hoặc ytecbi (Yb) có hoặc gần có trạng thái bão hòa hoặc nửa bão hòa, tức là các ion Sm^{2+} ($4f^6$), các ion Eu^{2+} ($4f^7$), các ion Tm^{2+} ($4f^{13}$) và các ion Yb^{2+} ($4f^{14}$), các trạng thái oxy hóa bền vững của các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi không chỉ có hóa trị +3 mà còn có hóa trị +2. Trong suốt quá trình điện phân thực tế, các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi bị khử không hoàn toàn trên cực âm để tạo thành các ion hóa trị thấp mà bị oxy hóa sau đó thành trạng thái hóa trị thấp, kết quả là trong phản ứng làm giảm quá trình oxy hóa một cách tuần hoàn của hóa trị +3 và hóa +2, do đó làm thất thoát dòng điện. Vì vậy, các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi có thể hầu như không thu được thông qua phương pháp điện phân muối nóng chảy truyền thống trong thực tế sản xuất, và hợp kim đất hiếm có hóa trị thay đổi có thể hầu như không sản xuất ô ạt và liên tục được.

Trong WO99/64638, ba tác giả D J Fray, T W Farthing và Z Chen và các cộng sự từ Bộ môn Khoa học Vật liệu và Luyện kim của Trường Đại học Cambridge ở nước Anh đã đưa ra phương pháp để điều chế các kim loại và hợp kim thông qua quá trình khử oxy – điện hóa trong muối nóng chảy. Đây là một công nghệ mới để điều chế kim loại hoặc hợp kim, tức là quy trình Fray-Farthing-Chen (FFC) Cambridge, được phát minh bởi ba tác giả ở cuối thế kỷ XX. Phương pháp này thân thiện với môi trường với quy trình đơn giản và chi phí thấp, nó cũng được gọi là phương pháp khử oxy – điện hóa. Nòng cốt của quy trình FFC Cambridge là sử dụng oxit rắn làm cực âm, và điện

phân cực âm ở nhiệt độ là dưới điểm nóng chảy của kim loại và điện áp thì dưới điện áp phân hủy muối nóng chảy. Trong suốt quy trình này oxit kim loại là chất điện phân và được khử, các ion oxy đi vào muối nóng chảy và được chuyển tới cực dương để lấy ra, và kim loại tinh khiết hoặc hợp kim rắn vẫn còn trên cực âm. Trong suốt giai đoạn đầu của quá trình điện phân, tốc độ phản ứng là tương đối nhanh với dòng điện tương đối cao hoặc năng lượng hiệu quả để thu được kim loại tinh khiết được kết tủa trên cực âm. Kim loại tinh khiết thu được được tích tụ trên bề mặt cực âm khi phản ứng diễn ra để dần tạo thành lớp vỏ cứng kim loại rắn, mà là gây trở ngại nghiêm trọng cho tốc độ di chuyển oxy vào trong cực âm đến bề mặt, do đó gây cản trở việc điện phân được thực hiện bình thường, gây ra sự làm giảm đáng kể tốc độ loại bỏ oxy trong các giai đoạn sau đó và phần lớn cùng lúc làm giảm hiệu quả.

Phương pháp điều chế bột kim loại và hợp kim được đưa ra bởi hai tác giả D J Fray và Chen Zheng trong công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số US 20040052672 A1, ví dụ bột hợp chất (M1X) được chế tạo thành cực âm bằng cách trượt đúc, ép và/hoặc nung kết, và cực âm này được ngâm trong muối nóng chảy và điện thế cực âm được sử dụng để thực hiện khử oxy-điện. Tương tự với FFC, sản phẩm rắn bị kết tủa trên cực âm được tích tụ liên tục khi quá trình điện phân diễn ra theo sáng chế, mà cuối cùng ngăn cản sự di chuyển và các quá trình giải hấp của X, và làm giảm hiệu suất và độ tinh khiết của sản phẩm cuối cùng.

Để khắc phục các nhược điểm của hai sáng chế nêu trên, phương pháp xử lý nguyên liệu rắn được đưa ra bởi tác giả Fray và các cộng sự trong patent châu Âu số 1448802 B1. Điểm mới lớn nhất của phương pháp này là đề xuất kim loại dễ phản ứng trên cơ sở của quá trình FFC và ngắt điện sau khi hiệu suất giảm khi phản ứng điện phân được thực hiện đến một mức độ nào đó. Sau đó, oxy bị thu giữ nhờ phản ứng khử của nguyên tố dễ phản ứng nêu trên và oxit rắn trên cực âm để mà phản ứng khử oxi được thực hiện tiếp tục trên cực âm để đạt được hiệu quả khử tốt nhất. Tuy nhiên, sản phẩm cực âm dễ bị làm bẩn bởi việc đưa vào của nguyên tố dễ phản ứng nêu trên. Cùng thời điểm, nguyên tố dễ phản ứng này được đưa vào bằng phương pháp tương đối phức tạp.

Tương tự với patent châu Âu số EP 1448802 B1, phương pháp Ono và

Suzuki (OS) đã được đưa ra bởi Trường Đại học Kyoto ở Nhật Bản năm 2002. Trên cơ sở quy trình FFC, lượng nhỏ canxi (Ca) và oxit được điều chế thành cực âm. Ca hoạt tính được sử dụng như một chất khơi mào và chất xúc tác của quá trình điện phân mà được thực hiện đồng thời với quá trình khử oxy-điện hóa.

Đơn yêu cầu cấp patent Trung Quốc số 200910031208.9 đưa ra phương pháp điều chế hợp kim dysprosi (Dy)-sắt (Fe), hợp kim tecbi (Tb)-Fe và hợp kim DyTbFe bằng cách khử oxy-điện hóa muối nóng chảy. Nguyên tắc kỹ thuật của phương pháp này là tương tự với nguyên tắc kỹ thuật của FFC. Phản ứng khử oxy-điện hóa được thực hiện ở nhiệt độ dưới 800°C và phản ứng dừng lại khi dòng điện dưới 1,0A. Sau khi điện phân, cực âm được lấy ra, đưa vào lò nung điện cảm ứng chân không, và làm nóng chảy lại và đúc thành thỏi để thu được sản phẩm cuối cùng. Khi nhiệt độ điện phân dưới 800°C, các hợp kim DyFe và TbFe là ở trạng thái rắn.

Trong các phương pháp nêu trên, tất cả các hợp kim thu được là chất rắn. Như được nêu ở trên, trạng thái như vậy dẫn đến hiệu quả của phản ứng điện phân thấp trong một số trường hợp nhất định. Tuy nhiên, khi nhiệt độ hoặc thành phần của hợp kim thay đổi, các sản phẩm hợp kim hoặc các sản phẩm hợp kim cuối có thể được điều chế hoàn toàn thành dạng lỏng trong tổ kết hợp với biểu đồ pha, và sự hình thành của các hợp kim lỏng là có ý nghĩa vô cùng quan trọng để tăng hiệu quả của phản ứng điện phân.

Phương pháp điều chế hợp kim Sm-Fe bằng quá trình điện phân mà được giới thiệu bởi Lu Guangwen trong bài báo với tiêu đề “*Preparation method of Sm alloy and high-purity Sm*” được công bố lần thứ nhất trên báo *Rare Earth* năm 1974, sử dụng kim loại sắt làm cực âm và thu được Sm từ oxit của Sm, và hợp kim được tạo ra sau đó với Fe, niken (Ni) và coban (Co). Tuy nhiên, phương pháp này sử dụng hỗn hợp của samari florua (thành phần này tính theo trọng lượng của samari florua là khoảng từ 40% đến 90% của chất điện phân) và một hoặc nhiều thành phần lithi (Li) florua, bari (Ba) florua, canxi florua, magiê (Mg) florua hoặc xesi (Cs) florua làm chất điện phân. Các nhược điểm của phương pháp này mà sự đồng kết tủa của oxit trong hệ florua mà: muối florua của kim loại đất hiếm được sử dụng như chất chính của hệ chất điện phân, oxit được sử dụng làm nguyên liệu thô, oxit này được hòa tan đầu tiên trong muối

florua của kim loại đất hiếm và sau đó được kết tủa ở cực âm để thu được hợp kim. Tuy nhiên, khi các kim loại đất hiếm có độ hòa tan cao trong các hệ chất điện phân florua tương ứng của nó, sự hòa tan bị mất đi là lớn và hiệu suất dòng chỉ là 41%.

Tóm lại, các phương pháp nêu trên có hai vấn đề lớn như sau:

Thứ nhất, hầu hết các sáng chế nêu trên sử dụng quá trình khử oxy-điện hóa, quá trình loại oxy hóa khử kim loại dễ phản ứng, hoặc kết hợp hai quy trình loại oxy dựa trên quy trình FFC. Tuy nhiên, tất cả sản phẩm cực âm là chất rắn. Như nêu ở trên, các sản phẩm cực âm rắn được tích tụ liên tục trên bề mặt cực âm, mà chắc chắn sẽ ảnh hưởng đến sự khuếch tán của các nguyên tố phi kim loại trên cực âm, và sự giải hấp của các nguyên tố phi kim trên bề mặt cực âm dẫn đến tiếp tục ảnh hưởng đến hiệu suất và hiệu quả của quá trình tinh chế. Mặc dù kim loại dễ phản ứng hoặc sản phẩm cực âm sau xử lý có thể được dùng để khắc phục và cải thiện các vấn đề của các quy trình sản xuất phức tạp và sự làm bẩn sản phẩm cũng được tạo ra.

Thứ hai, quy trình mà điện phân oxit trong hệ florua là quy trình được áp dụng rộng rãi hiện nay để điều chế hợp kim Fe kim loại đất hiếm. Đầu tiên oxit được hòa tan trong hệ chất điện phân và sau đó được kết tủa tại cực âm. Mặc dầu sản phẩm cực âm được kết tủa trong trạng thái lỏng suốt quá trình điều khiển, nhưng toàn bộ hệ thống chất điện phân được áp dụng rộng rãi hiện nay có sử dụng muối florua của kim loại đất hiếm như là thành phần chất điện phân chính, do đó dẫn đến thất thoát lớn và hiệu suất thấp. Đồng thời, Sm và Eu v.v., mà là các nguyên tử có hóa trị thay đổi, có phản ứng lần thứ hai mạnh mẽ trong suốt quá trình điện phân, do vậy, cả hiệu suất và hàm lượng đất hiếm trong sản phẩm đều thấp hơn kỳ vọng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do có các nhược điểm trong tình trạng kỹ thuật đã biết, nên mục đích của sáng chế này là đề xuất phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm đơn giản, dễ dàng và hiệu quả bằng cách điện phân muối nóng chảy.

Cụ thể là:

Mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm đơn giản, dễ dàng và hiệu quả bằng cách điện phân muối nóng chảy.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất hợp kim đất hiếm.

Mục đích thứ ba của sáng chế là đề xuất phương pháp điều chế kim loại đất hiếm đơn giản, dễ dàng và hiệu quả bằng cách điện phân muối nóng chảy.

Mục đích thứ tư của sáng chế là đề xuất kim loại đất hiếm.

Để thực hiện được mục đích thứ nhất, sáng chế áp dụng giải pháp kỹ thuật sau:

Phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy. Trong phương pháp này, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là graphit, cực âm được làm bằng oxit kim loại đất hiếm và các oxit của các thành phần hợp kim khác hoặc bột kim loại và được chuyển mạch dòng điện một chiều để thực hiện quá trình điện phân.

Trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ điện phân là ở trên nhiệt độ nóng chảy của hợp kim đất hiếm được tạo ra và ở dưới nhiệt độ nóng chảy của cực âm. Lớp bề mặt của cực âm được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định. Mật độ dòng cực âm là đủ để các thành phần của hợp kim đất hiếm kết tủa ở cực âm. Điện áp điện phân là thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân là cao hơn điện thế phân hủy của oxit tương ứng với mỗi thành phần của hợp kim đất hiếm.

Trong các điều kiện điện phân ở trên, sản phẩm hợp kim đất hiếm này được tạo ra ở cực âm là trạng thái lỏng. Khi quá trình điện phân diễn ra, màng hợp kim đất hiếm lỏng được hình thành trên bề mặt cực âm rắn một cách từ từ, và hợp kim lỏng được kết tủa liên tục và được cô đặc, dưới tác động của trọng lực, tạo ra các giọt hợp kim mà nhỏ giọt xuống cực âm. Nồi nấu kim loại được đặt bên dưới cực âm để lấy hợp kim đất hiếm dạng lỏng. Sau một khoảng thời gian, hợp kim đất hiếm dạng lỏng được đưa ra và đổ vào sản phẩm hợp kim đất hiếm.

Các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi: Sm, Eu, Tm hoặc Yb được dùng trong hợp kim đất hiếm theo sáng chế này.

Cực âm là chất rắn trong các điều kiện điện phân và không hòa tan trong chất điện phân. Hợp kim đất hiếm được tạo ra bằng điện phân là tan kém trong chất điện phân.

Các thành phần hợp kim khác là một hoặc nhiều kim loại Fe, Co, Ni, Mg, nhôm (Al) hoặc mangan (Mn).

Chất điện phân là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba và Li.

Để thực hiện được mục đích thứ hai, sáng chế này áp dụng giải pháp kỹ thuật sau: sản phẩm hợp kim đất hiếm được điều chế bằng phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy.

Để thực hiện mục đích thứ nhất, sáng chế này cũng có thể áp dụng giải pháp kỹ thuật khác nữa như sau:

Phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy. Trong phương pháp này, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là điện cực trơ hoặc graphite, cực âm được làm bằng oxit kim loại đất hiếm và các oxit của các thành phần hợp kim khác và/hoặc bột kim loại và chuyển mạch dòng điện một chiều để tiến hành điện phân. Trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ điện phân là ở trên nhiệt độ nóng chảy của hợp kim đất hiếm được tạo ra và ở dưới nhiệt độ nóng chảy của cực âm. Lớp bề mặt của cực âm là được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định. Mật độ dòng cực âm là đủ để các thành phần của hợp kim đất hiếm kết tủa ở cực âm. Điện áp điện phân là thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân và cao hơn điện thế phân hủy của oxit tương ứng với mỗi thành phần của hợp kim đất hiếm.

Hơn nữa, trong suốt quá trình chuyển đổi dòng điện một chiều và tiến hành điện phân trong phương pháp này, điện áp điện phân là từ 2,8V đến 4,9V, tốt hơn là từ 3,1V đến 3,6V.

Hơn nữa, kim loại đất hiếm trong hợp kim đất hiếm theo phương pháp này là scandi (Sc), ytri (Y), lantan (La), xeri (Ce), praseodym (Pr), neodim (Nd), gadolini (Gd), Tb, Dy, holmi (Ho), erbi (Er), luteti (Lu), Sm, Eu, Tm hoặc Yb, tốt hơn là các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi Sm, Eu, Tm hoặc Yb.

Hơn nữa, cực âm trong phương pháp này là chất rắn trong các điều kiện điện phân và không hòa tan trong chất điện phân. Hợp kim đất hiếm được tạo ra bằng điện phân là tan kém trong chất điện phân.

Hơn nữa, các thành phần hợp kim khác trong phương pháp này là một hoặc nhiều

kim loại của Fe, đồng (Cu), crôm (Cr), titan (Ti), vanadi (V), Co, Ni, Mg, Al và Mn, tốt hơn là một hoặc nhiều kim loại của Fe, Co, Ni, Mg, Al và Mn.

Hơn nữa, chất điện phân trong phương pháp này là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba, natri (Na), kali (K), Li, Mg, tốt hơn là muối clorua nóng chảy cả một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba và Li.

Để thực hiện mục đích thứ hai, sáng chế này áp dụng giải pháp kỹ thuật sau: sản phẩm hợp kim đất hiếm. Sản phẩm kim loại đất hiếm này được điều chế bằng phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy.

Để thực hiện mục đích thứ ba, sáng chế này áp dụng giải pháp kỹ thuật sau: phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy. Trong phương pháp này, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là nguyên liệu cacbon hoặc điện cực trơ, cực âm là oxit kim loại đất hiếm, và dòng điện một chiều được chuyển mạch để tiến hành điện phân. Trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ điện phân là ở trên nhiệt độ nóng chảy của kim loại đất hiếm được tạo ra và ở dưới nhiệt độ nóng chảy của cực âm. Lớp bề mặt của cực âm là được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định. Mật độ dòng điện cực âm là đủ để các thành phần của kim loại đất hiếm kết tủa ở cực âm. Điện áp điện phân là thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân là cao hơn điện thế phân hủy của oxit kim loại đất hiếm.

Hơn nữa, trong suốt quá trình chuyển đổi dòng điện một chiều và tiến hành điện phân trong phương pháp này, điện áp điện phân là nằm trong khoảng từ 2,8V đến 4,0V, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 3,1V đến 3,6V.

Hơn nữa, kim loại trong phương pháp này là Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Lu, Sm, Eu, Tm hoặc Yb, tốt hơn là các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi Sm, Eu, Tm hoặc Yb.

Hơn nữa, cực âm trong phương pháp này là chất rắn trong các điều kiện điện phân và không hòa tan trong chất điện phân. Kim loại đất hiếm được tạo ra bằng cách điện phân là hòa tan kém trong chất điện phân.

Hơn nữa, chất điện phân trong phương pháp này là muối clorua nóng chảy của

một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba, Na, K, Li và Mg, tốt hơn là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba và Li.

Để thực hiện mục đích thứ tư, sáng chế này áp dụng giải pháp kỹ thuật sau: sản phẩm kim loại đất hiếm. Sản phẩm kim loại đất hiếm này được điều chế bằng phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy.

Việc ứng dụng các giải pháp kỹ thuật của sáng chế này có các lợi ích như sau:

Thứ nhất, trong phương pháp FFC, khi sản phẩm cực âm là chất rắn, tốc độ điện phân là chậm và mật độ dòng yếu. Phản ứng về cơ bản không thể diễn ra nhanh hơn để tăng sự khử oxy hiệu quả ngay cả khi kim loại phản ứng được thêm vào. Tuy nhiên, sáng chế này kiểm soát nhiệt độ quá trình điện phân và các tỷ lệ thành phần của sản phẩm cực âm sao cho sản phẩm cực âm ở trạng thái lỏng trong các điều kiện điện phân, do đó để đảm bảo rằng phản ứng được thực hiện liên tục và hiệu quả. Khi phản ứng diễn ra, màng lỏng hợp kim muối nóng chảy không hòa tan được hình thành trên cực âm. Khi màng hợp kim lỏng tiếp tục lắng xuống, màng hợp kim lỏng được cô đặc thành giọt hợp kim dưới tác dụng của trọng lực và giọt hợp kim được tách ra từ cực âm. Không có lớp phủ ngoài được hình thành trên bề mặt cực âm rắn để mà việc vận chuyển và hấp phụ oxy là không hạn chế, việc đó là có lợi để đẩy nhanh phản ứng và nâng cao hiệu quả quá trình điện phân. Đồng thời, một quá trình hóa lỏng kim loại hoặc hợp kim như vật thúc đẩy sự lắng đọng của các kim loại trong phản ứng, do đó ức chế sự hình thành của các ion đất hiếm hóa trị II ổn định đến mức nhất định để quá trình khử oxy là triệt để và hiệu quả hơn.

Thứ hai, trong quy trình điện phân oxit hiện nay trong hệ muối florua, chất điện phân là hệ muối florua nóng chảy hóa trị II được tạo ra từ muối florua của kim loại đất hiếm và lithi florua, trong đó hàm lượng của muối florua kim loại đất hiếm là lớn hơn 60% trọng lượng. Để làm chất mang chất mang dòng điện và các oxit, muối florua kim loại đất hiếm phải đảm bảo rằng quy trình điện phân một mặt được tiến hành từ từ, và mặt khác chắc chắn gây ra sự thất thoát hòa tan các kim loại đất hiếm và các phản ứng thứ cấp. Ngược lại, chất điện phân theo sáng chế này không chứa các nguyên tố đất hiếm, và các kim loại đất hiếm và các oxit tan ít hoặc không tan trong hệ chất điện phân, do đó, làm giảm đáng kể sự thất thoát hòa tan và các phản ứng thứ cấp của các

kim loại đất hiếm trong muối nóng chảy này và làm tăng hiệu quả quá trình điện phân và hiệu suất kim loại đất hiếm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cần phải hiểu rằng tất cả các mô tả chi tiết dưới đây là để làm ví dụ và nhằm mục đích đề xuất mô tả thêm cho sáng chế. Trừ khi được quy định khác, tất cả các thuật ngữ kỹ thuật và khoa học được sử dụng trong bản mô tả này có nghĩa giống nhau như nghĩa thường được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật mà đơn này hướng đến.

Để giải quyết vấn đề mà các quy trình điều chế hợp kim đất hiếm hiện nay là phức tạp và dễ gây ô nhiễm môi trường với hiệu quả thấp trong lĩnh vực kỹ thuật, sáng chế này đề xuất phương pháp mới điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy. Trong phương pháp này, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là điện cực trơ hoặc graphit, cực âm được làm bằng oxit kim loại đất hiếm và các oxit của các thành phần hợp kim khác (các thành phần khác ngoại trừ các kim loại đất hiếm trong hợp kim đất hiếm được điều chế) và/hoặc bột kim loại và dòng điện một chiều được chuyển mạch để tiến hành điện phân. Trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ điện phân là ở trên nhiệt độ nóng chảy của hợp kim đất hiếm được tạo ra và ở dưới nhiệt độ nóng chảy của cực âm (tức là, ở dưới điểm nóng chảy thấp nhất của các vật liệu trong cực âm). Lớp bề mặt của cực âm là được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định. Mật độ dòng cực âm là đủ để các thành phần của hợp kim đất hiếm kết tủa ở cực âm. Điện áp điện phân là thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân và cao hơn điện thế phân hủy của oxit tương ứng với mỗi thành phần của hợp kim đất hiếm, trong đó điện cực trơ bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở điện cực vonfram (W), điện cực bạc (Ag) hoặc điện cực platin (Pt). Dưới các điều kiện điện phân ở trên, sản phẩm hợp kim đất hiếm này được tạo ra ở cực âm là trong trạng thái lỏng. Khi điện phân diễn ra, màng hợp kim đất hiếm lỏng được hình thành trên bề mặt cực âm rắn một cách từ từ, và hợp kim lỏng được kết tủa liên tục và được cô đặc, dưới tác động của trọng lực, tạo ra các giọt hợp kim mà nhỏ giọt xuống cực âm. Nồi nấu kim loại có thể đặt dưới cực

âm để thu dung dịch hợp kim đất hiếm. Sau khoảng thời gian nhất định, dung dịch hợp kim đất hiếm được lấy ra và đổ vào sản phẩm hợp kim đất hiếm.

Phương pháp được cung cấp bởi sáng chế này điều khiển nhiệt độ điện phân và các thành phần của sản phẩm cực âm do vậy sản phẩm cực âm là ở trạng thái lỏng dưới các điều kiện điện phân, vì vậy được đảm bảo rằng phản ứng này được thực hiện liên tục và có hiệu quả. Khi phản ứng diễn ra, màng hợp kim lỏng muối nóng chảy không hòa tan được hình thành trên cực âm. Khi màng hợp kim lỏng tiếp tục được kết tủa, màng hợp kim lỏng được cô đặc hình thành các giọt hợp kim dưới tác dụng của trọng lực và giọt hợp kim được tách ra từ cực âm. Không có lớp phủ ngoài được hình thành trên bề mặt cực âm rắn để mà việc vận chuyển và giải hấp oxy không bị cản trở, mà là có lợi cho việc làm tăng phản ứng và cải thiện hiệu quả dòng điện. Đồng thời, quy trình hóa lỏng hợp kim như vậy thúc đẩy sự lắng đọng của các kim loại trong phản ứng, do đó, ức chế sự tạo ra các ion đất hiếm hóa trị II bền đến quy mô nhất định để mà quá trình khử oxy được hoàn toàn hơn và hiệu quả hơn. Ở cùng thời điểm, chất điện phân theo sáng chế không bao gồm các nguyên tố đất hiếm, và các kim loại đất hiếm và các oxit là ít tan hoặc không tan trong hệ thống chất điện phân, do đó, làm giảm đáng kể sự thất thoát hòa tan và các phản ứng thứ cấp của các kim loại đất hiếm trong muối nóng chảy và làm tăng hiệu quả điện phân và hiệu suất đất hiếm.

Được giới thiệu bởi sáng chế này, những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực có thể phân tích pha lỏng của hợp kim đất hiếm lỏng để thu được tỷ lệ giữa các kim loại đất hiếm và các kim loại không phải là kim loại đất hiếm trong hợp kim đất hiếm lỏng để chuẩn bị thêm vật liệu cực âm cần thiết theo tỷ lệ giữa các kim loại đất hiếm và các kim loại không phải là kim loại đất hiếm này và chọn nhiệt độ điện phân thích hợp theo vật liệu cực âm đã chuẩn bị và hợp kim đích này. Ví dụ, dựa vào hiệu suất là 95%, hợp kim SmFe lỏng có hàm lượng theo khối lượng của Sm là 81-93% trọng lượng thu được ở nhiệt độ 890°C. Trong điều kiện này, cực âm được làm bằng oxit Sm và bột kim loại với tỷ lệ là $\text{Sm}_2\text{O}_3:\text{Fe} = (83-94\% \text{ trọng lượng}): (6-17\% \text{ trọng lượng})$. Đối với ví dụ khác, dựa vào hiệu suất là 95%, ở nhiệt độ 900°C, việc chia tỷ lệ cực âm của hợp kim LaNi có hàm lượng La nằm trong khoảng từ 57 đến 98% trọng lượng là $\text{La}_2\text{O}_3:\text{Fe} = (61-98\% \text{ trọng lượng}): (2-39\% \text{ trọng lượng})$. Các phương tiện kỹ

thuật thường được sử dụng bởi các người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ không được nhắc lại ở đây.

Điện áp điện phân trong phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm điện phân muối nóng chảy theo sáng chế là thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân và cao hơn điện thế phân hủy của oxit tương ứng với mỗi thành phần của hợp kim đất hiếm. Tốt hơn, điện áp điện phân là từ 2,8 đến 4,9V. Tốt hơn nữa, điện áp điện phân là từ 3,1 đến 3,6V. Các hiệu quả bao gồm hiệu quả điện phân cao, chất điện phân ổn định, tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường có thể đạt được trong lĩnh vực này.

Kim loại đất hiếm được sử dụng trong hợp kim đất hiếm theo sáng chế bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Lu, Sm, Eu, Tm hoặc Yb, trong đó các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi Sm, Eu, Tm hoặc Yb, mà khó điều chế, là được ưu tiên. Hợp kim Sm, Eu, Tm hoặc hợp kim Yb được điều chế bằng phương pháp được cung cấp bởi sáng chế với quy trình dễ dàng sử dụng và thân thiện với môi trường.

Bên cạnh các kim loại đất hiếm, các thành phần hợp kim khác của các hợp kim đất hiếm mà có thể được điều chế bởi sáng chế bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở một hoặc nhiều kim loại trong số Fe, Cu, Cr, Ti, V, Co, Ni, Mg, Al và Mn, tốt hơn là một hoặc nhiều kim loại trong số Fe, Co, Ni, Mg, Al và Mn. Các hiệu quả bao gồm tính ổn định cao, nhu cầu thị trường lớn và triển vọng thị trường đầy hứa hẹn, v.v. có thể đạt được bằng cách sử dụng các thành phần này.

Các chất điện phân có thể được sử dụng trong phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy theo sáng chế bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba, Na, K, Li và Mg, tốt hơn là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba và Li.

Hơn nữa, cực âm trong phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy của sáng chế là chất rắn trong các điều kiện điện phân và không hòa tan trong chất điện phân. Hợp kim đất hiếm được tạo ra bằng cách điện phân tan kém trong chất điện phân.

Sáng chế này đề xuất phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy để điều chế sản phẩm hợp kim đất hiếm. Phương pháp này có

thể điều chế các kim loại đất hiếm có hóa trị thay đổi Sm, Eu, Tm và Yb, v.v., mà không thể điều chế bằng các quy trình hiện nay. Ngoài ra, phương pháp này là tiết kiệm năng lượng và thân thiện môi trường với hiệu quả điện phân cao và năng suất cao. Đồng thời hợp kim thu được có độ tinh khiết cao và hàm lượng được yêu cầu là dễ dàng thu được do nguyên liệu thô đơn giản.

Đồng thời, sáng chế cũng đề xuất phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy. Trong phương pháp này, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là nguyên liệu cacbon hoặc điện cực trơ, tốt hơn là graphit, cực âm này là oxit kim loại đất hiếm, và dòng điện một chiều được chuyển mạch để tiến hành điện phân. Trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ điện phân là ở trên nhiệt độ nóng chảy của kim loại đất hiếm được tạo ra và ở dưới nhiệt độ nóng chảy của cực âm (nhiệt độ nóng chảy của nguyên liệu cực âm). Lớp bề mặt của cực âm là được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định. Mật độ dòng điện cực âm là đủ để các thành phần của kim loại đất hiếm kết tủa ở cực âm. Điện áp điện phân là thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân là cao hơn điện thế phân hủy của oxit kim loại đất hiếm, ở đó điện cực trơ bao gồm, nhưng không giới hạn ở điện cực W, điện cực Ag hoặc điện cực Pt. Nguyên liệu cacbon bao gồm, nhưng không giới hạn ở điện cực graphit hoặc điện cực cacbon.

Phương pháp được đề xuất bởi sáng chế kiểm soát nhiệt độ nhiệt phân và các thành phần của sản phẩm cực âm sao cho sản phẩm cực âm ở trạng thái lỏng dưới các điều kiện điện phân, vì thế đảm bảo rằng phản ứng được thực hiện liên tục và có hiệu quả. Khi phản ứng diễn ra, màng kim loại lỏng của muối không hòa tan nóng chảy được hình thành trên cực âm. Khi màng kim loại lỏng tiếp tục kết tủa, màng kim loại lỏng được cô đặc thành giọt kim loại dưới tác động của trọng lực và giọt kim loại được tách ra từ cực âm. Không có lớp phủ ngoài được hình thành trên bề mặt cực âm rắn do đó sự di chuyển và giải hấp oxy không bị hạn chế, mà có lợi cho việc tăng tốc độ phản ứng và cải thiện hiệu suất điện. Đồng thời, như quá trình hóa lỏng kim loại thúc đẩy sự lắng đọng của các kim loại trong phản ứng này, như vậy ức chế sự hình thành các ion đất hiếm có hóa trị hai bền vững đến một mức độ nào đó, do vậy quy trình khử oxit là hoàn toàn và hiệu quả. Đồng thời, chất điện phân trong sáng chế

không bao gồm các nguyên tố đất hiếm, và các kim loại đất hiếm và các oxit hòa tan ít hoặc không hòa tan trong hệ thống chất điện phân, do đó làm giảm thiểu tối đa sự mất chất trong khi hòa tan và các phản ứng chuyển hóa thứ hai của các kim loại đất hiếm trong muối nóng chảy và làm gia tăng hiệu quả điện phân và năng suất đất hiếm.

Điện áp điện phân trong quy trình điện phân của phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng điện phân muối nóng chảy của sáng chế là thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân là cao hơn điện thế phân hủy của oxit kim loại đất hiếm. Tốt hơn là, điện áp điện phân trong quy trình điện phân là nằm trong khoảng từ 2,8 đến 4,0V. Tốt hơn nữa là, điện áp điện phân là 3,1-3,6V. Các hiệu quả bao gồm hiệu quả điện phân cao, chất điện phân ổn định, tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường có thể đạt được trong lĩnh vực này.

Tốt hơn là, các kim loại đất hiếm mà có thể được điều chế bằng phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng điện phân muối nóng chảy của sáng chế bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Lu, Sm, Eu, Tm hoặc Yb, ở đó các kim loại đất hiếm có hóa trị có thể thay đổi được Sm, Eu, Tm hoặc Yb được ưu tiên.

Các chất điện phân mà có thể được áp dụng trong phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy theo sáng chế bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba, Na, K, Li và Mg, tốt hơn là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba và Li.

Hơn nữa, cực âm trong phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng điện phân muối nóng chảy là chất rắn trong các điều kiện điện phân và không hòa tan trong chất điện phân. Kim loại đất hiếm được tạo ra bằng cách điện phân là hòa tan kém trong chất điện phân.

Sáng chế đề xuất kim loại đất hiếm được điều chế bằng phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy. Phương pháp này có thể điều chế các kim loại đất hiếm có hóa trị có thể thay đổi như Sm, Eu, Tm và Yb, v.v. mà không thể điều chế bằng các quy trình hiện có. Ngoài ra, phương pháp này tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi trường với hiệu quả điện phân cao và năng suất cao. Đồng thời, hợp kim thu được có độ tinh khiết cao do nguyên liệu thô đơn giản.

Các phương pháp điều chế các kim loại đất hiếm và các hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy theo sáng chế này sẽ được mô tả tiếp dưới đây thông qua các phương án từ 1 đến 33 và các ví dụ so sánh từ 1 đến 24.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phương án 1

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và bột Fe, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 890°C với điện thế điện phân 4,8V và mật độ dòng ở cực âm là $1,8 \text{ A/cm}^2$, thu được lớp SmFe lỏng trên bề mặt cực dương rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, trong đó hàm lượng của Sm trong hợp kim là 81% trọng lượng, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại bằng sắt ở bên dưới sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 78%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $6,210 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Ví dụ so sánh 1

Sử dụng hỗn hợp của SmF_3 và CaF_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, trong đó lượng SmF_3 là 50% trọng lượng, sử dụng graphite làm cực dương và thanh Fe như cực âm, hòa tan samari oxit trong chất điện phân để tiến hành điện phân ở nhiệt độ điện phân là 800°C , điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $1,8 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim tới 87% trọng lượng, thu được hợp kim SmFe dạng lỏng, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại bằng sắt ở bên dưới sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 41%, hiệu suất là 86% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $7,810 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Phương án 2

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng tulin oxit và bột Fe, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 4,9V và mật độ dòng cực âm là $3,2 \text{ A/cm}^2$, kiểm

soát hàm lượng Tm trong hợp kim là 87% trọng lượng, thu được lớp hợp kim TmFe lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại bằng sắt ở bên dưới sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 83%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 6,510 kW·h.

Phương án 3

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng tulin oxit và nhôm oxit, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân là 4,9V và mật độ dòng cực âm là $5,2 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Tm trong hợp kim là 88% trọng lượng, thu được hợp kim TmAl lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 76%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 7,211 kW·h.

Ví dụ so sánh 2

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng tulin oxit và sắt oxit, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 2,9V và mật độ dòng cực âm là $2,2 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Tm trong hợp kim là 60% trọng lượng, thu được hợp kim TmFe rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim TmFe, đổ hợp kim TmFe vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 18%, hiệu suất là 88% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 8,212 kW·h.

Phương án 4

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và coban oxit, điện phân thực hiện ở

hiệu suất dòng là 72%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 7,122 kW·h.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 72%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 7,122 kW·h.

Ví dụ so sánh 3

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và coban oxit, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 800°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $1,7 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 52% trọng lượng, thu được hợp kim SmCo rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim SmCo rắn, đổ hợp kim SmCo vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 22%, hiệu suất là 87% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 8,532 kW·h.

Phương án 5

Trong chất điện phân muối nóng chảy hỗn hợp có chứa 5% LiCl và 95% CaCl_2 , sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng ytecbi oxit và niken oxit, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 1040°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $2,0 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Yb trong hợp kim là 77% trọng lượng, thu được hợp kim YbNi lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 77%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 6,981 kW·h.

Ví dụ so sánh 4

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực

đương, và cực âm được chuẩn bị bằng ytecbi oxit và niken oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1040°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $2,0 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Yb trong hợp kim là 58% trọng lượng, thu được hợp kim YbNi rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim YbNi rắn, đổ hợp kim YbNi vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 20%, hiệu suất là 86% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $8,361 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Ví dụ so sánh 5

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng ytecbi oxit và niken oxit, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 970°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $1,9 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Yb trong hợp kim là 75% trọng lượng, thu được hợp kim YbNi rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim YbNi rắn, đổ hợp kim YbNi vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 22%, hiệu suất là 88% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $8,271 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Phương án 6

Trong chất điện phân muối nóng chảy hỗn hợp có chứa 5% BaCl_2 và 95% CaCl_2 , sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và niken oxit, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 980°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $1,9 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 79% trọng lượng, thu được hợp kim SmNi lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 72%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $7,211 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Ví dụ so sánh 6

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và niken oxit, điện phân thực hiện ở

hiệu suất dòng là 22%, hiệu suất là 86% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 7,211 kW·h.

Phương án 7

Trong chất điện phân muối nóng chảy hỗn hợp có chứa 3% BaCl₂, 5% LiCl và 92% CaCl₂, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng europi oxit và magie oxit, điện phân thực hiện ở nhiệt độ 800°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là 1,6 A/cm², kiểm soát hàm lượng Eu trong hợp kim là 70% trọng lượng, thu được hợp kim EuMg lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 70%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng với mỗi kg kim loại là 7,211 kW·h.

Phương án 8

Sử dụng CaCl₂ làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và nhôm oxit, điều chỉnh nhiệt độ ở 1000°C để tiến hành điện phân với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là 2,1 A/cm², kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 38% trọng lượng, thu được lớp SmAl lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 70%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 7.211 kW·h.

Ví dụ so sánh 7

Sử dụng CaCl₂ làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực

đương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và nhôm oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $2,1 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 70% trọng lượng, thu được hợp kim SmAl rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim SmAl rắn, đổ hợp kim SmAl vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 23%, hiệu suất là 96% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $8,215 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Ví dụ so sánh 8

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và nhôm oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 800°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $2,1 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 38% trọng lượng, thu được hợp kim SmAl rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim SmAl rắn, đổ hợp kim SmAl vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 19%, năng suất là 86% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $8,914 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Phương án 9

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và mangan oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $2,0 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 82% trọng lượng, thu được hợp kim SmMn dạng lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 73%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $7,215 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Ví dụ so sánh 9

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit and mangan oxit, tiến hành điện

phân ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $2,0 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 38% trọng lượng, thu được hợp kim SmMn rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim SmMn rắn, đổ hợp kim SmMn vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 13%, hiệu suất là 86% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $9,011 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Ví dụ so sánh 10

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và mangan oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 790°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $2,0 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 86% trọng lượng, thu được hợp kim SmMn rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim SmMn rắn, đổ hợp kim SmMn vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 15%, hiệu suất là 87% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $8,718 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Phương án 10

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit và Fe, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 890°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $1,8 \text{ A/cm}^2$, kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 81% trọng lượng, thu được hợp kim SmFe dạng lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 70%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là $7,241 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Phương án 11

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, sử dụng samari oxit, sắt oxit Fe làm cực âm dạng rắn, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 890°C với điện thế điện phân là 2,8V và mật độ dòng cực âm là $1,8 \text{ A/cm}^2$,

kiểm soát hàm lượng Sm trong hợp kim là 93% trọng lượng, thu được hợp kim SmFe dạng lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 73%, hiệu suất là 95% và sự tiêu thụ điện năng cho mỗi kg kim loại là 7,211 kW·h.

Phương án 12

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng samari oxit, magiê oxit và nhôm oxit, trong đó tỷ lệ các chất đó như sau $\text{Sm}_2\text{O}_3 : \text{MgO} : \text{Al}_2\text{O}_3 = 94\% : 2,8\% : 3,2\%$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 830°C với điện thế điện phân là 3,4V, thu được lớp hợp kim SmMgAl lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, trong đó hàm lượng của Sm trong hợp kim là 96% trọng lượng, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 85%, và hiệu suất là 96%.

Phương án 13

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng ytecbi oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 830°C với điện thế điện phân là 3,2V, thu được lớp Yb lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 80%, and hiệu suất là 95%.

Phương án 14

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và sử dụng praseodym oxit và neodym oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ

lệ % khối lượng các chất như sau $\text{Pr}_6\text{O}_{11} : \text{Nd}_2\text{O}_3 = (57\%) : (43\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 3.4V, điều chỉnh lượng Pr trong hợp kim là 56% trọng lượng, thu được hợp kim PrNd lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 85%, hiệu suất là 95%.

Ví dụ so sánh 11

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng praseodym oxit và neodym oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % khối lượng các chất như sau praseodym oxit : neodym oxit = (10%) : (90%), tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 3,4V, kiểm soát hàm lượng Pr trong hợp kim là 10% trọng lượng, thu được hợp kim PrNd rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim PrNd rắn, đổ hợp kim PrNd vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 49%, hiệu suất là 85%.

Ví dụ so sánh 12

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng praseodym oxit và neodym oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau praseodym oxit : neodym oxit = (81%) : (19%), tiến hành điện phân ở nhiệt độ 800°C với điện thế điện phân là 3,4V, kiểm soát hàm lượng Pr trong hợp kim để đạt được 80% trọng lượng, thu được hợp kim PrNd trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim PrNd rắn, đổ hợp kim PrNd vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 51%, hiệu suất là 87%.

Phương án 15

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng xeri oxit và gadolini oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng của các chất như sau $\text{CeO}_2 : \text{Gd}_2\text{O}_3 = (81\%) : (\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Gd trong hợp kim

là 20% trọng lượng, thu được hợp kim CeGd trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 81%, và hiệu suất là 95%.

Phương án 16

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng lantan oxit và niken oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{La}_2\text{O}_3 : \text{NiO} = (24\%) : (76\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 890°C với điện thế điện phân là 3,2V, kiểm soát hàm lượng La trong hợp kim là 25% trọng lượng, thu được hợp kim LaNi lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 85%, và hiệu suất là 96%.

Ví dụ so sánh 13

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng lantan oxit và niken oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng của các chất như sau $\text{La}_2\text{O}_3 : \text{NiO} = (63\%) : (37\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 890°C với điện thế điện phân là 3,2V, kiểm soát hàm lượng La trong hợp kim là 65% trọng lượng, thu được hợp kim LaNi rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim LaNi rắn, đổ hợp kim LaNi vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 42%, và hiệu suất là 85%.

Phương án 17

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng neodim oxit và sắt oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng của các chất như sau $\text{Nd}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 = (82\%) : (18\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 930°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Nd trong hợp kim là 85% trọng lượng, thu được hợp kim NdFe lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một

lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 87%, và hiệu suất là 95%.

Ví dụ so sánh 14

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng neodim oxit và sắt oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng của các chất như sau $\text{Nd}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 = (17\%) : (83\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 930°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Nd trong hợp kim là 20% trọng lượng, thu được hợp kim NdFe rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim NdFe rắn, đổ hợp kim NdFe vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 58%, và hiệu suất là 78%.

Phương án 18

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng xeri oxit và coban oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{CeO}_2 : \text{CoO} = (75\%) : (25\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 3,2V, kiểm soát hàm lượng Ce trong hợp kim là 75% trọng lượng, thu được hợp kim CeCo lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 83%, và hiệu suất là 94%.

Ví dụ so sánh 15

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng xeri oxit và coban oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng của các chất như sau $\text{CeO}_2 : \text{CoO} = (54\%) : (46\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 3,2V, kiểm soát hàm lượng Ce trong hợp kim là 55% trọng lượng, thu được hợp kim CeCo rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim CeCo rắn, đổ hợp kim CeCo vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 56%, và hiệu suất là 82%.

Phương án 19

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và sử dụng praseodym oxit và niken oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng của các chất như sau $\text{Pr}_6\text{O}_{11} : \text{NiO} = (79\%) : (21\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 960°C với điện thế điện phân là 2,8V, kiểm soát hàm lượng Pr trong hợp kim là 80% trọng lượng, thu được hợp kim PrNi lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 80%, và hiệu suất là 85%.

Ví dụ so sánh 16

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và sử dụng praseodym oxit và niken oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng của các chất như sau $\text{Pr}_6\text{O}_{11} : \text{NiO} = (42\%) : (58\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 960°C với điện thế điện phân là 2,8V, kiểm soát hàm lượng Pr trong hợp kim là 43% trọng lượng, thu được hợp kim PrNi rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim PrNi rắn, đổ hợp kim PrNi vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 61%, hiệu suất là 73%.

Phương án 20

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và sử dụng lantan oxit và nhôm oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất như sau $\text{La}_2\text{O}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = (13\%) : (87\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 890°C với điện thế điện phân là 3,2V, kiểm soát hàm lượng La trong hợp kim là 20% trọng lượng, thu được hợp kim LaAl trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 85%, và hiệu suất là 93%.

Ví dụ so sánh 17

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng lantan oxit và nhôm oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{La}_2\text{O}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = (54\%) : (46\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 890°C với điện thế điện phân là 3,2V, kiểm soát hàm lượng La trong hợp kim là 65% trọng lượng, thu được hợp kim LaAl rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim LaAl rắn, đổ hợp kim LaAl vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 50%, và hiệu suất là 77%.

Phương án 21

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng neodim oxit, sắt oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất như sau $\text{Nd}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (85\% \text{ trọng lượng}) : (7\% \text{ trọng lượng}) : (8\% \text{ trọng lượng})$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 930°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Nd trong hợp kim là 85% trọng lượng, thu được hợp kim NdFe lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 83%, và hiệu suất là 94%.

Ví dụ so sánh 18

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng neodim oxit, sắt oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{Nd}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (19\%) : (74\%) : (7\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 930°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Nd trong hợp kim là 22% trọng lượng, thu được hợp kim NdFe lỏng trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim NdFe rắn, đổ hợp kim NdFe vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 53%, và hiệu suất là 76%.

Phương án 22

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng neodim oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất

như sau $\text{Nd}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (87\% \text{ trọng lượng}) : (13\% \text{ trọng lượng}) : (8\% \text{ trọng lượng})$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 930°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Nd trong hợp kim là 85% trọng lượng, thu được hợp kim NdFe lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 83%, và hiệu suất là 93%.

Ví dụ so sánh 19

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng neodim oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất như sau $\text{Nd}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (23\%) : (77\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 930°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Nd trong hợp kim là 20% trọng lượng, thu được hợp kim NdFe rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim NdFe rắn, đổ hợp kim NdFe vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 58%, và hiệu suất là 75%.

Phương án 23

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng erbi oxit và niken oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất như sau $\text{Er}_2\text{O}_3 : \text{NiO} = (85\%) : (15\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 1, kiểm soát hàm lượng Er trong hợp kim là 86% trọng lượng, thu được hợp kim ErNi lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
2,8	79	85
3,1	87	93

3,6	85	92
4,0	75	83
3,3	89	95

Ví dụ so sánh 20

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng erbi oxit và niken oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất như sau $\text{Er}_2\text{O}_3 : \text{NiO} = (63\%) : (37\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân là 2,8V, kiểm soát hàm lượng Er trong hợp kim là 65% trọng lượng, thu được hợp kim ErNi rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim ErNi rắn, đổ hợp kim ErNi vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 48%, và hiệu suất là 77%.

Phương án 24

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng ytri oxit và magiê oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất như sau $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{MgO} = (64\%) : (36\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 940°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Y trong hợp kim là 70% trọng lượng, thu được hợp kim YMg lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 87%, và hiệu suất là 95%.

Ví dụ so sánh 21

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng ytri oxit và magiê oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % các chất như sau $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{MgO} = (79\%) : (21\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 940°C với điện thế điện phân là 3,3V, kiểm soát hàm lượng Y trong hợp kim là 83% trọng lượng, thu được hợp kim YMg rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim YMg rắn, đổ hợp kim YMg vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 55%, và hiệu suất là 77%.

Phương án 25

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng ytri oxit và magiê oxit làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{MgO} = (64\%) : (36\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 940°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 2, kiểm soát hàm lượng Y trong hợp kim là 70% trọng lượng, thu được hợp kim YMg lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
3,0	75	85
3,6	87	90
4,0	73	82
3,1	89	92
2,8	73	80

Phương án 26

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, sử dụng scandi oxit, sắt oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{Sc}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (72\%) : (27\%) : (1\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 3, kiểm soát hàm lượng Sc trong hợp kim là 70% trọng lượng, thu được hợp kim ScFe lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
3,6	85	92
2,9	75	81
3,1	88	91

Ví dụ so sánh 22

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng scandi oxit, sắt oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{Sc}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (72\%) : (27\%) : (1\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân là 3.6V, kiểm soát hàm lượng Sc trong hợp kim là 70% trọng lượng, thu được hợp kim ScFe rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim ScFe rắn, đổ hợp kim ScFe vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 71%, và hiệu suất là 68%.

Phương án 27

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và sử dụng dysprosi oxit và sắt oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{Dy}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (68\%) : (30\%) : (2\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 4, kiểm soát hàm lượng Dy trong hợp kim là 72% trọng lượng, thu được hợp kim DyFe lỏng trên bề mặt cực âm rắn, lớp hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
3,6	90	95

4,0	83	82
2,9	80	83
3,1	88	92
3,4	91	93

Ví dụ so sánh 23

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và sử dụng dysprosi oxit và sắt oxit và Fe làm cực âm dạng rắn, trong đó tỷ lệ % trọng lượng các chất như sau $\text{Dy}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Fe} = (86\%) : (12\%) : (2\%)$, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1000°C với điện thế điện phân là 3,6V, kiểm soát hàm lượng Dy trong hợp kim là 88% trọng lượng, thu được hợp kim DyFe rắn trên bề mặt cực âm rắn, sau đó cắt và làm nóng chảy lại hợp kim DyFe rắn, đổ hợp kim DyFe vào trong sản phẩm hợp kim.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 72%, và hiệu suất là 66%.

Phương án 28

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphit làm cực dương, và cực âm được điều chế từ ytecbi oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 830°C với điện thế điện phân là 3,0V, thu được lớp Yb lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, lớp lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 65%, và hiệu suất là 88%.

Phương án 29

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng điện cực W làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị từ samari oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1080°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 5, thu được màng Sm lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
3,4	75	95
3,0	53	65
2,9	50	62
4,0	52	60
3,1	73	80

Phương án 30

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị từ europi oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 850°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 6, thu được Eu lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
3,4	88	93
2,9	70	81
3,1	85	90
3,6	87	92

Phương án 31

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị từ xeri oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 850°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 7, thu được lớp Ce lỏng trên bề mặt

cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 7

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
3,4	96	95
3,0	78	82
3,6	85	93
4,0	76	83

Phương án 32

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được điều chế từ samari oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1080°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 8, thu được màng Sm lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 8.

Bảng 8

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
3,4	76	93
3,0	58	70
3,6	78	85

Phương án 33

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực

duy, và cực âm được điều chế từ praseodym oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 1080°C với điện thế điện phân như được thể hiện trong Bảng 9, thu được lớp Pr lỏng trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, màng hợp kim lỏng chảy vào trong nồi nấu kim loại W ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định, lấy nồi nấu kim loại ra ngoài sau khi tiến hành điện phân trong một khoảng thời gian nhất định và đổ hợp kim vào khuôn.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: như được thể hiện trong Bảng 9.

Bảng 9

Điện áp điện phân	Hiệu suất dòng (%)	Hiệu suất (%)
2,9	73	80
3,6	83	92
3,4	82	93

Ví dụ so sánh 24

Sử dụng CaCl_2 làm chất điện phân muối nóng chảy, sử dụng graphite làm cực dương, và cực âm được chuẩn bị bằng praseodym oxit, tiến hành điện phân ở nhiệt độ 900°C với điện thế điện phân là 4,0V, thu được Pr rắn trên bề mặt cực âm rắn dưới tác động của dòng điện một chiều, sau đó cắt và làm nóng chảy lại Pr rắn, đổ và tạo hình dạng cho Pr.

Các chỉ số kỹ thuật chính là: hiệu suất dòng là 60%, và hiệu suất là 82%.

Trên đây chỉ là các phương án được ưu tiên của sáng chế và không được sử dụng để làm giới hạn sáng chế. Đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, sáng chế có thể có nhiều thay đổi và cải biến khác nhau. Bất kỳ cải biến, sự thay thế tương đương, cải tiến và các kiểu tương tự được thực hiện trong nguyên lý của sáng chế này phải được bao gồm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều chế hợp kim đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy, khác biệt ở chỗ, trong phương pháp này, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là điện cực trơ hoặc graphit, cực âm được làm bằng oxit của kim loại đất hiếm và các oxit của các thành phần hợp kim và/hoặc bột kim loại khác và dòng điện một chiều được đưa vào để tiến hành điện phân;

trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ của quá trình điện phân là nhiệt độ cao hơn nhiệt độ nóng chảy của hợp kim đất hiếm được tạo ra và thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của cực âm; lớp bề mặt của cực âm được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định; mật độ dòng cực âm là đủ để các thành phần của hợp kim đất hiếm kết tủa ở cực âm; điện áp điện phân thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân và cao hơn điện thế phân hủy của oxit tương ứng với mỗi thành phần của hợp kim đất hiếm;

trong đó trong suốt quá trình biến đổi dòng một chiều và tiến hành điện phân, điện áp điện phân nằm trong khoảng từ 2,8V đến 4,9V.

2. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, trong suốt quá trình biến đổi dòng điện một chiều và tiến hành điện phân, điện áp điện phân là nằm trong khoảng từ 3,1 đến 3,6V.

3. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, kim loại đất hiếm trong hợp kim đất hiếm là scandi (Sc), ytri (Y), lantan (La), xeri (Ce), praseodym (Pr), neodim (Nd), gadolini (Gd), tebi (Tb), dysprosi (Dy), holmi (Ho), erbi (Er), luteti (Lu), samari (Sm), europi (Eu), tuli (Tm) hoặc ytecbi (Yb).

4. Phương pháp theo điểm 3, khác biệt ở chỗ, kim loại đất hiếm trong hợp kim đất hiếm là Sm, Eu, Tm hoặc Yb.

5. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, cực âm là chất rắn trong các điều kiện điện phân và không hòa tan trong chất điện phân; hợp kim đất hiếm mà được tạo ra bằng cách điện phân hòa tan kém trong chất điện phân.

6. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các thành phần hợp kim khác là một hoặc nhiều kim loại trong số các kim loại sắt (Fe), đồng (Cu), crom (Cr), titan (Ti),

vanadi (V), coban (Co), niken (Ni), magiê (Mg), nhôm (Al) và mangan (Mn).

7. Phương pháp theo điểm 6, khác biệt ở chỗ, các thành phần hợp kim là một hoặc nhiều kim loại trong số Fe, Co, Ni, Mg, Al và Mn.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, khác biệt ở chỗ, chất điện phân là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố canxi (Ca), bari (Ba), natri (Na), (K), lithi (Li) và Mg.

9. Phương pháp theo điểm 8, khác biệt ở chỗ, chất điện phân là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Ca, Ba và Li.

10. Phương pháp điều chế kim loại đất hiếm bằng cách điện phân muối nóng chảy, khác biệt ở chỗ, trong phương pháp này, muối clorua nóng chảy của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ được sử dụng làm chất điện phân, cực dương là vật liệu cacbon hoặc điện cực trơ, cực âm là oxit kim loại đất hiếm, và dòng điện một chiều được đưa vào để tiến hành điện phân;

trong suốt quá trình điện phân, nhiệt độ điện phân cao hơn nhiệt độ nóng chảy của kim loại đất hiếm được tạo ra và thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của cực âm; lớp bề mặt của cực âm được điện phân đầu tiên thành màng kim loại lỏng mà chảy vào nồi nấu kim loại ở dưới đáy sau khi được tích tụ đến một lượng nhất định; mật độ dòng điện cực âm đủ để các thành phần của kim loại đất hiếm kết tủa ở cực âm; điện áp điện phân thấp hơn điện thế phân hủy của chất điện phân và cao hơn điện thế phân hủy của oxit kim loại đất hiếm.

trong suốt quá trình biến đổi dòng điện một chiều và tiến hành điện phân, điện áp điện phân nằm trong khoảng từ 2,8V đến 4,0V.

11. Phương pháp theo điểm 8, khác biệt ở chỗ, trong suốt quá trình biến đổi dòng điện một chiều và tiến hành điện phân, điện áp điện phân là nằm trong khoảng từ 3,1V đến 3,6V.

12. Phương pháp theo điểm 10, khác biệt ở chỗ, kim loại đất hiếm này là Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Lu, Sm, Eu, Tm hoặc Yb.

13. Phương pháp theo điểm 12, khác biệt ở chỗ, kim loại đất hiếm là Sm, Eu, Tm hoặc Yb.

14. Phương pháp theo điểm 10, khác biệt ở chỗ, cực âm là chất rắn trong các điều kiện

điện phân và không hòa tan trong chất điện phân; kim loại đất hiếm mà được tạo ra bằng cách điện phân hòa tan kém trong chất điện phân.

15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 8 đến 11, khác biệt ở chỗ, chất điện phân là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba, Na, K, Li và Mg.

16. Phương pháp theo điểm 15, khác biệt ở chỗ, chất điện phân là muối clorua nóng chảy của một hoặc nhiều nguyên tố Ca, Ba và Li.