(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) **1-0048501**

(51)[2020.01] **H01F 41/02**; B22F 3/24; H01F 1/057; B22F 3/00; C23C 14/34

(13) **B**

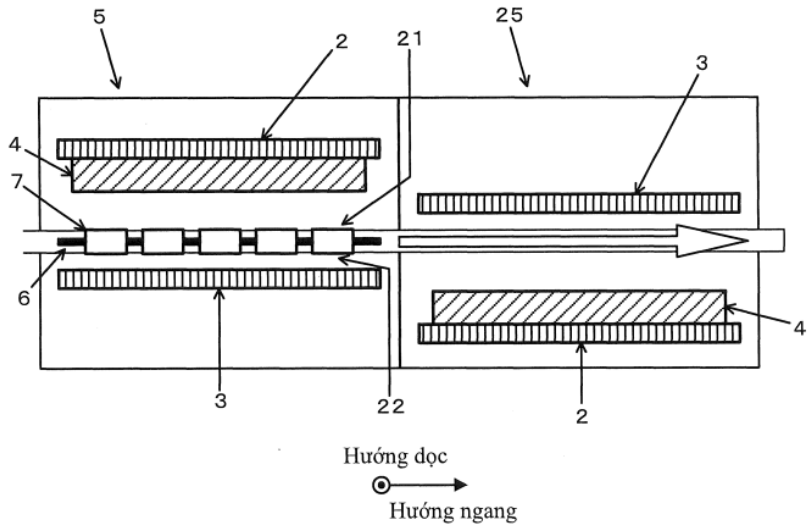
(21) 1-2022-01581
(22) 27/08/2020
(86) PCT/JP2020/032414 27/08/2020
(87) WO2021/054077 25/03/2021
(30) 2019-171187 20/09/2019 JP
(45) 25/07/2025 448
(43) 27/06/2022 411A
(73) SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (JP)
4-1, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000005, Japan
(72) NAKAMURA, Hajime (JP); HIROTA, Koichi (JP); OHASHI, Tetsuya (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT NAM CHÂM ĐẤT HIẾM

(21) 1-2022-01581

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm bao gồm các bước: bố trí các vật phẩm thiêu kết (7) cạnh nhau cùng với đồ gá (6) theo cách sao cho các bề mặt thứ nhất (21) của các vật phẩm thiêu kết (7) dọc theo mặt phẳng song song với chiều dọc, tạo màng trên các bề mặt thứ nhất (21) của các vật phẩm thiêu kết (7) được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá (6) trong buồng xử lý tạo màng thứ nhất (5) đã đặt trong đó vật đích (4) được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất (21) của các vật phẩm thiêu kết (7), tạo màng trên các bề mặt thứ hai (22) của các vật phẩm thiêu kết (7) được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá (6) trong buồng xử lý tạo màng thứ hai (25), mà được bố trí liền kề với buồng xử lý tạo màng thứ nhất (5), đã đặt trong đó vật đích (4) được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai (22) của các vật phẩm thiêu kết (7), và dịch chuyển các vật phẩm thiêu kết (7) được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá (6) theo chiều ngang giữa buồng xử lý tạo màng thứ nhất (5) và buồng xử lý tạo màng thứ hai (25). Sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm mà có khả năng sản xuất nam châm đất hiếm tính năng cao với chất lượng ổn định với lượng lớn nhờ phương pháp khuếch tán qua biên hạt sử dụng màng được tạo ra bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý.

Fig. 3



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm mà có khả năng tăng cường mạnh mẽ năng suất của quy trình sản xuất nam châm tính năng cao bằng cách sử dụng một lượng nhỏ Tb hoặc Dy, trong đó màng kim loại đất hiếm hoặc màng hợp kim đất hiếm được tạo ra trên bề mặt của vật phẩm thiêu kết dựa trên đất hiếm, và được xử lý nhiệt sao cho nguyên tố đất hiếm trong màng được hấp thụ bởi vật phẩm thiêu kết này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nam châm vĩnh cửu đất hiếm, như nam châm thiêu kết trên cơ sở Nd-Fe-B, có các ứng dụng mở rộng bởi các đặc tính từ tuyệt vời của nó, và các ứng dụng chính của nó bao gồm máy điện quay. Các ứng dụng này đòi hỏi nam châm vĩnh cửu đất hiếm có tính chịu nhiệt đối với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 200°C. Do vậy, nam châm thiêu kết trên cơ sở Nd-Fe-B cần có lực kháng từ được gia tăng đầy đủ ở nhiệt độ trong phòng. Phương pháp thay thế một phần Nd bằng Tb hoặc Dy đã được sử dụng để tăng cường lực kháng từ. Tuy nhiên, các nguyên tố này có vấn đề về tính năng là mức phân cực từ bão hòa bị giảm và vấn đề về nguồn tài nguyên, đó là các nguyên tố này là các nguyên tố hiếm, và như vậy, các vấn đề này đã cản trở sự phát triển các ứng dụng của nam châm thiêu kết trên cơ sở Nd-Fe-B.

Trong hoàn cảnh này, phương pháp mà có khả năng gia tăng lực kháng từ ở mức độ lớn cùng với việc về cơ bản không làm giảm mức phân cực từ bão hòa đã được phát triển, theo cách mà Tb hoặc Dy được bố trí trên bề mặt của vật phẩm thiêu kết được tạo ra, mà sau đó được xử lý nhiệt ở nhiệt độ thiêu kết hoặc nhiệt độ thấp hơn để khuếch tán Tb hoặc Dy vào trong nam châm, và nhờ đó một lượng nhỏ Tb hoặc Dy được phân bố trên bề mặt hạt tinh thể của nam châm.

Trong khoảng thời gian ngay sau khi phát hiện ra hiện tượng này, phương pháp phún xạ được sử dụng để phân phối Dy trên bề mặt nam châm (xem NPL 1). Tuy nhiên, phương pháp này không được coi là quy trình sản xuất quy mô lớn do có hiệu suất thấp. Sau đó, phương pháp phún xạ ba chiều đã được phát triển trong đó vật phẩm thiêu kết được bố trí bên trong lồng quay để cho phép tạo màng trên toàn bộ bề mặt của nam châm (xem PTL 1). Tuy nhiên, phương pháp này có sự giới hạn về kích cỡ và hình dạng của vật phẩm thiêu kết cần được xử lý, nên không đạt được sự sản xuất hàng loạt. Trong tình huống này, phương pháp phủ nhúng huyền phù đặc của bột hợp chất đất hiếm, như oxit đất hiếm, florua đất hiếm, hoặc oxyflorua đất hiếm, trên vật phẩm thiêu kết đã được phát triển (xem PTL 2), và lần đầu tiên được sử dụng cho quy trình sản xuất quy mô lớn do phương pháp này đạt được năng suất cao. Ngoài ra, phương pháp sử dụng hơi Dy (xem các PTL 3 và 4), phương pháp dính bột của hợp chất đất hiếm, kim loại đất hiếm, hợp kim đất hiếm, hoặc hydrua đất hiếm, vào bề mặt của nam châm (xem các PTL 5 và 6), và phương pháp tương tự đã được phát triển. Các phương pháp này, mà được gọi là các phương pháp khuếch tán qua biên hạt, đã được ứng dụng rộng rãi cho phương pháp sản xuất nam châm thiêu kết trên cơ sở Nd-Fe-B có tính năng cao và tính chịu nhiệt cao.

Trong số đó, màng được tạo ra bằng phương pháp phún xạ, mà đã được phát hiện trước tiên, có thể được kiểm soát về độ dày với độ chính xác cao, và hơn nữa nam châm được sản xuất bằng cách khuếch tán màng có tính năng cao hơn so với các phương pháp khác. Tuy nhiên, phương pháp phún xạ khó ứng dụng để sản xuất ở quy mô lớn do năng suất của phương pháp này là rất thấp.

Vật phẩm nam châm được sử dụng trong máy điện quay, là ứng dụng lớn nhất của nam châm đất hiếm, thường có dạng phẳng và gần giống dạng tấm cùng với các bề mặt rộng nhất như là các bề mặt cực từ, mà được ưu tiên xét

trên quan điểm tận dụng hữu hiệu tính năng của nam châm. Thiết bị phún xạ ba chiều được mô tả trong PTL 1 được mong đợi đạt được năng suất cao trên quan điểm rằng lồng có vật phẩm nam châm có dạng phẳng và gần như dạng tấm được đặt trong đó được quay, và nhờ đó màng được tạo ra trên toàn bộ bề mặt của nam châm trong một quy trình. Tuy nhiên, vì hình dạng của vật phẩm nam châm dùng cho máy điện quay, vật phẩm thiêu kết không thể được quay đều trong lồng, và màng có xu hướng không đều, điều này phủ nhận lợi thế của việc sử dụng phương pháp phún xạ.

Hiệu quả tăng cường lực kháng từ lớn có thể đạt được cho hình dạng đã nêu bằng cách tạo ra và khuếch tán màng chứa nguyên tố đất hiếm chỉ trên hai bề mặt, tức là, các bề mặt rộng nhất của vật phẩm thiêu kết, mà không phải trên toàn bộ bề mặt của nó. Với thiết bị phún xạ thông thường, để gia tăng khả năng gia công tốt hơn là vật đích được bố trí ở phần phía trên của buồng phún xạ, một loạt vật phẩm thiêu kết được bố trí trên khay có diện tích hoặc bề rộng mà gần ngang bằng với vật đích, và khay này được bố trí phía dưới vật đích.

Tuy nhiên, với cấu hình này, màng có thể được tạo ra chỉ trên một bề mặt trong số hai bề mặt rộng của vật phẩm thiêu kết. Do vậy, điều cần thiết là sau khi tạo ra màng trên một bề mặt của vật phẩm thiêu kết, vật phẩm thiêu kết trên khay được lật ngược một cách an toàn, và sau đó được đặt trở lại vào trong buồng phún xạ để tạo ra màng trên bề mặt còn lại. Để lật ngược vật phẩm thiêu kết, cơ cấu lật tự động lật ngược vật phẩm thiêu kết cùng với khay chiếm hữu một không gian lớn. Thao tác lật thủ công thì tiết kiệm được không gian, nhưng gia tăng nguy cơ về vấn đề chất lượng do sự quên lật vật phẩm thiêu kết gây ra.

Danh sách tài liệu tham khảo

Tài liệu sáng chế

PTL 1: JP 2004-304038 A

PTL 2: WO 2006/043448

PTL 3: WO 2008/023731

PTL 4: JP 2008-263223 A

PTL 5: WO 2008/120784

PTL 6: WO 2008/032426

Tài liệu phi sáng chế

NPL 1: K.T. Park, K. Hiraga and M, Sagawa, "Effect of Metal-Coating and Consecutive Heat Treatment on Coercivity of Thin Nd-Fe-B Sintered Magnets", Proceedings of the Sixteenth International Workshop on Rare-Earth Magnets and Their Applications, Sendai, p. 257 (2000)

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết

Sáng chế đã được hình thành xét về các tình huống nêu trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất có năng suất cao cho phương pháp được gọi là khuếch tán qua biên hạt, tức là, phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm bằng cách tạo ra màng trên bề mặt của vật phẩm thiêu kết được tạo thành bởi hợp phần trên cơ sở R^1-Fe-B (trong đó R^1 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Pr và Nd) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, tiếp theo, cho phép R^2 (trong đó R^2 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Tb và Dy) được hấp thu bởi vật phẩm thiêu kết thông qua quá trình xử lý nhiệt.

Cách thức giải quyết vấn đề

Nhờ các sự nghiên cứu chuyên sâu của các tác giả sáng chế để đạt được

mục đích nêu trên, đã nhận thấy rằng có thể đạt được phương pháp sản xuất có năng suất cao có khả năng tạo ra các màng chứa R^2 trên hai bề mặt đối diện của vật phẩm thiêu kết bằng đầu vào một lần bằng cách tạo ra các buồng xử lý tạo màng được bố trí cạnh nhau, mỗi buồng có một vật đích, mà thông thường được bố trí chỉ ở phía trên, và các vật phẩm thiêu kết mà được bố trí theo chiều dọc hoặc chiều ngang, và như vậy, sáng chế đã được hoàn thành.

(1) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm, bao gồm quy trình khuếch tán qua biên hạt gồm có bước: tạo ra một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp gồm R^2 và M (trong đó R^2 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Tb và Dy, và M là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Cu, Al, Co, Fe, Mn, Ni, Sn, và Si) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên các vật phẩm thiêu kết mà mỗi vật phẩm này có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai ở phía đối diện với bề mặt thứ nhất, mỗi bề mặt này chứa hợp phần trên cơ sở R^1-Fe-B (trong đó R^1 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Pr và Nd); và sau đó cho R^2 hoặc R^2 và M cần được hấp thụ bởi các vật phẩm thiêu kết trải qua quá trình xử lý nhiệt, các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết dọc theo mặt phẳng song song với chiều dọc hoặc chiều ngang, quy trình khuếch tán qua biên hạt bao gồm: bước tạo màng thứ nhất để tạo ra màng trên bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá trong môi trường khí trơ, trong buồng xử lý tạo màng thứ nhất được đặt trong đó vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết; bước tạo màng thứ hai để tạo ra màng trên bề mặt thứ hai của các vật phẩm

thiêu kết được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá trong môi trường khí trơ, trong buồng xử lý tạo màng thứ hai, mà được bố trí liền kề với buồng xử lý tạo màng thứ nhất, được đặt trong đó vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết; và bước dịch chuyển di chuyển các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá theo chiều ngang hoặc chiều dọc giữa buồng xử lý tạo màng thứ nhất và buồng xử lý tạo màng thứ hai.

(2) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục (1), trong đó các buồng xử lý tạo màng thứ nhất và các buồng xử lý tạo màng thứ hai mỗi loại được bố trí nối tiếp, và màng được tạo ra liên tục trong môi trường khí trơ mà không để cho các vật phẩm thiêu kết tiếp xúc với không khí.

(3) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm, bao gồm quy trình khuếch tán qua biên hạt gồm có các bước: tạo ra một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp của R^2 và M (trong đó R^2 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Tb và Dy, và M là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Cu, Al, Co, Fe, Mn, Ni, Sn, và Si) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên các vật phẩm thiêu kết mà mỗi vật phẩm thiêu kết có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai ở phía đối diện với bề mặt thứ nhất, mỗi bề mặt này chứa hợp phần trên cơ sở R^1-Fe-B (trong đó R^1 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Pr và Nd); và sau đó cho R^2 hoặc R^2 và M cần được hấp thụ bởi các vật phẩm thiêu kết trải qua quá trình xử lý nhiệt, các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết nằm dọc theo mặt phẳng song song theo chiều dọc hoặc chiều ngang, quy

trình khuếch tán qua biên hạt gồm các bước: đồng thời tạo ra màng trên bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá trong môi trường khí trơ, trong buồng xử lý tạo màng kép được bố trí trong đó vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết và vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

(4) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục (3), trong đó các buồng xử lý tạo màng kép được bố trí nối tiếp, và màng được tạo ra liên tục trong môi trường khí trơ mà không để cho các vật phẩm thiêu kết tiếp xúc với không khí.

(5) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4), trong đó đồ gá chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, hợp kim nhôm, đồng, hợp kim đồng, sắt, hợp kim sắt, titan, hợp kim titan, niobi, hợp kim niobi, vonfram, hợp kim vonfram, molypden, và hợp kim molypden; đồ gá có phần giữ được tạo ra có các đỉnh nhọn, mà vật phẩm thiêu kết được giữ ở giữa các đỉnh nhọn này; và các đỉnh của phần giữ mà mỗi đỉnh này có khoảng cách dịch chuyển trong giới hạn đàn hồi mà gấp hai lần hoặc hơn nữa so với khoảng dung sai kích thước của kích thước của vật phẩm thiêu kết theo chiều giữ cố định.

(6) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục bất kỳ trong số các mục từ 1 đến 5, trong đó phần giữ được phủ một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ vật liệu hữu cơ và gốm, ngoại trừ điểm tiếp xúc với vật phẩm thiêu kết và điểm nối điện cho sự nối đất.

(7) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6), trong đó quy trình khuếch tán qua biên hạt gồm có một bước hoặc hai hoặc nhiều bước được chọn từ nhóm bao gồm: bước tạo chân

không cho môi trường để tạo chân không cho môi trường của các vật phẩm thiêu kết trong buồng chuẩn bị, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng; bước loại bỏ khí bị hấp thụ để loại bỏ khí bị hấp thụ khỏi các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý nung, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng; bước làm sạch bề mặt nhằm làm sạch các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết trong buồng phún xạ đảo chiều, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng; bước xử lý nhiệt để xử lý nhiệt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý nhiệt, sau khi tạo ra màng trên các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết; bước làm nguội để làm nguội các vật phẩm thiêu kết trong buồng làm nguội sau khi xử lý nhiệt; và bước xả khí để cho phép môi trường của các vật phẩm thiêu kết đạt áp suất khí quyển, nhằm giải phóng các vật phẩm thiêu kết vào không khí trong buồng phân phối, và buồng xử lý tạo màng được nối liên tiếp với một hoặc hai hoặc nhiều buồng được chọn từ nhóm bao gồm buồng chuẩn bị, buồng xử lý nung, buồng xử lý nhiệt, buồng làm nguội, và buồng phân phối.

(8) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (7), trong đó quy trình khuếch tán qua biên hạt bao gồm, sau khi tạo thành màng và trước khi xử lý nhiệt, bước ngăn chặn sự liên kết hàn để tạo ra màng của một loại hoặc hai hoặc nhiều loại hợp chất được chọn từ oxit, florua, và oxyflorua của R^3 (trong đó R^3 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên một bề mặt hoặc cả hai bề mặt trong số bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, và bước ngăn chặn sự liên kết hàn gồm việc tạo màng hợp chất trên một bề mặt hoặc cả hai bề mặt trong số bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá trong một loại hoặc hai hoặc nhiều

loại môi trường khí được chọn từ nhóm bao gồm argon, oxy, và nitơ, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn được bố trí trong đó một vật đích hoặc cả hai vật đích trong số vật đích chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm kim loại của R^3, hợp kim của R^3, oxit của R^3, florua của R^3, và oxyflorua của R^3, được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết, và vật đích chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm kim loại của R^3, hợp kim của R^3, oxit của R^3, florua của R^3, và oxyflorua của R^3, được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

(9) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục (8), trong đó bước ngăn chặn sự liên kết hàn gồm bước ngăn chặn sự liên kết hàn thứ nhất để tạo ra màng hợp chất bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn thứ nhất được đặt trong đó vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết, và bước ngăn chặn sự liên kết hàn thứ hai để tạo ra màng hợp chất bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn thứ hai được đặt trong đó vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

(10) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục (8), trong đó bước ngăn chặn sự liên kết hàn gồm việc tạo màng hợp chất bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, đồng thời trên bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn kép được đặt trong đó vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết và vật đích được đặt ở phía các bề

mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

(11) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (7), trong đó phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý là phương pháp phún xạ.

(12) Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo mục bất kỳ trong số các mục từ (8) đến (10), trong đó phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý trong bước ngăn chặn sự liên kết hàn là phương pháp phún xạ RF.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, nam châm đất hiếm tính năng cao có chất lượng ổn định có thể được sản xuất hàng loạt bằng phương pháp khuếch tán qua biên hạt sử dụng màng được tạo ra bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện buồng xử lý tạo màng thứ nhất được quan sát từ phía trên theo hướng dọc được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình ngang theo một phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện buồng xử lý tạo màng thứ nhất được quan sát từ phía bên theo hướng ngang được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình dọc theo một phương án của sáng chế.

Fig.3 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện buồng xử lý tạo màng thứ nhất và buồng xử lý tạo màng thứ hai được quan sát từ phía trên theo hướng dọc được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình ngang theo một phương án của sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện buồng xử lý tạo màng thứ nhất và

buồng xử lý tạo màng thứ hai được quan sát từ phía bên theo hướng ngang được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình dọc theo một phương án của sáng chế.

Fig.5 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết có các vật phẩm thiêu kết được đặt trong đó được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình ngang theo một phương án của sáng chế.

Fig.6 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết có các vật phẩm thiêu kết được đặt trong đó được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình dọc theo một phương án của sáng chế.

Fig.7 là hình chiếu mặt cắt ngang thể hiện phần A-A' của đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết được thể hiện trên Fig.5.

Fig.8 là hình chiếu mặt cắt ngang thể hiện phần A-A' của đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết được thể hiện trên Fig.6.

Fig.9 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện ví dụ về cấu hình của các buồng xử lý tạo màng thứ nhất và các buồng xử lý tạo màng thứ hai được quan sát từ phía trên theo hướng dọc được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình ngang theo một phương án của sáng chế.

Fig.10 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện ví dụ về cấu hình của các buồng xử lý tạo màng thứ nhất và các buồng xử lý tạo màng thứ hai được quan sát từ phía bên theo hướng ngang được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình dọc theo một phương án của sáng chế.

Fig.11 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện buồng xử lý tạo màng kép được

quan sát từ phía trên theo hướng dọc được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình ngang theo một phương án của sáng chế.

Fig.12 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện buồng xử lý tạo màng kép được quan sát từ phía bên theo hướng ngang được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm trong trường hợp của cấu hình dọc theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm có tính năng cao và chỉ dùng một lượng nhỏ của Tb hoặc Dy. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo một phương án của sáng chế bao gồm quy trình khuếch tán qua biên hạt gồm các bước: tạo ra một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp của R^2 và M (trong đó R^2 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Tb và Dy, và M là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Cu, Al, Co, Fe, Mn, Ni, Sn, và Si) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên các vật phẩm thiêu kết mà mỗi vật phẩm này có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai ở phía đối diện với bề mặt thứ nhất, mỗi bề mặt này chứa hợp phần trên cơ sở R^1-Fe-B (trong đó R^1 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Pr và Nd); và sau đó cho R^2 hoặc R^2 và M cần được hấp thụ bởi các vật phẩm thiêu kết trải qua quá trình xử lý nhiệt. Vật phẩm thiêu kết có thể thu được bằng cách nghiền thành bột thô, bằng cách nghiền thành bột mịn, đúc, và thiêu kết hợp kim gốc theo phương pháp thông thường.

Trong trường hợp này, hợp kim gốc chứa R^1, T, Q, và B. R^1 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Pr và Nd. Các ví dụ cụ thể về các nguyên tố đất hiếm gồm có Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, và Lu, và R^1 chứa một loại hoặc hai loại của Pr và Nd làm thành phần chính. Tốt hơn là R^1 chứa từ 12 đến 17% theo nguyên tử, và cụ thể là từ 13 đến 17% theo nguyên tử, dựa trên tổng số hợp kim, và tốt hơn nữa là R^1 chứa 80% theo nguyên tử hoặc lớn hơn, và cụ thể là 85% theo nguyên tử hoặc lớn hơn của Pr và Nd hoặc một loại bất kỳ trong số đó, dựa trên tổng của R^1. T là Fe, hoặc Fe và Co. Trong trường hợp mà ở đó T là Fe và Co, tốt hơn là Fe được chứa ở lượng 85% theo nguyên tử hoặc lớn hơn, và cụ thể là 90% theo nguyên tử hoặc lớn hơn, trong T. Q có thể chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Al, Si, Cu, Zn, In, P, S, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Hf, Ta, và W ở lượng từ 0 đến 10% theo nguyên tử, và cụ thể là từ 0,05 đến 4% theo nguyên tử. Tốt hơn là B được chứa ở lượng từ 5 đến 10% theo nguyên tử, cụ thể là từ 5 đến 7% theo nguyên tử, dựa trên tổng số hợp kim. Phần còn lại của nó là các tạp chất không thể tránh khỏi, như C, N, O, và F.

Hợp kim gốc có thể thu được theo cách sao cho các hợp kim và kim loại nguyên liệu thô được nấu chảy trong môi trường chân không hoặc khí trơ, tốt hơn là môi trường khí Ar, và sau đó được đổ vào trong khuôn phẳng hoặc khuôn đúc có khớp bản lề hoặc đúc bằng cách đúc dải. Phương pháp mà được gọi là phương pháp hợp kim kép cũng có thể được áp dụng trong đó hợp kim gần với hợp phần hóa học $R^1_2Fe_{14}B$, mà là pha chính của hợp kim gốc, và hợp kim giàu R^1 hoặc hợp kim giàu R^2 có chức năng làm chất trợ pha lỏng ở nhiệt độ thiêu kết được điều chế riêng biệt, và sau khi được nghiền thành bột thô, thì được xác định trọng lượng và trộn.

Tuy nhiên, α-Fe dưới dạng các tinh thể ban đầu có xu hướng duy trì trong hợp kim gốc phụ thuộc vào tốc độ làm nguội trong khi đúc và thành phần hợp kim, khi được so sánh với hợp kim gần với thành phần pha chính. Do vậy, quá trình xử lý đồng nhất hóa có thể được thực hiện nhằm gia tăng lượng của pha hợp phần hóa học $R^1_2Fe_{14}B$. Ví dụ, hợp kim gốc có thể được đưa đi xử lý nhiệt ở nhiệt độ xử lý nhiệt nằm trong khoảng từ 700 đến 1200°C trong chân không hoặc trong môi trường khí Ar trong 1 giờ hoặc lâu hơn. Hợp kim giàu R^1 hoặc hợp kim giàu R^2 có chức năng là chất trợ pha lỏng cũng có thể được điều chế bằng phương pháp gọi là phương pháp tôi trong chất lỏng, ngoài phương pháp đúc nêu trên.

Hợp kim gốc được nghiền thô thường có kích thước nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3 mm, và cụ thể là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,5 mm. Bước nghiền thành bột thô có thể được thực hiện bằng máy nghiền Braun hoặc bằng quá trình nghiền hydro, và hợp kim gốc mà được chuẩn bị cho sự đúc dải tốt hơn là được nghiền bằng quá trình nghiền hydro. Bột thô được nghiền mịn thường có kích thước nằm trong khoảng từ 0,1 đến 30 μm, và cụ thể là nằm trong khoảng từ 0,2 đến 20 μm.

Bột mịn thu được được đúc thành khối màu xanh lá cây trong từ trường bằng máy đúc nén, và sau đó được đặt trong lò thiêu kết. Quá trình thiêu kết được tiến hành trong chân không hoặc trong môi trường khí trơ ở nhiệt độ thiêu kết thường nằm trong khoảng từ 900 đến 1250°C, và cụ thể là nằm trong khoảng từ 1000 đến 1100°C. Vật phẩm thiêu kết thu được chứa hợp chất dạng tứ phương $R^1_2Fe_{14}B$ dưới dạng pha chính ở lượng từ 60 đến 99% theo thể tích, và cụ thể là tốt hơn là từ 80 đến 98% theo thể tích. Phần còn lại bao gồm từ 0,5 đến 20% theo thể tích của pha giàu R^1 (chứa R^1 ở mức bằng 25% theo nguyên tử hoặc lớn hơn), từ 0 đến 10% theo thể tích của pha giàu B, và từ 0,1 đến 10%

theo thể tích của pha chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại hợp chất được chọn từ nhóm bao gồm oxit của R^1 và cacbua, nitrua, hydroxit, và florua được tạo ra từ các tạp chất không thể tránh khỏi, và hỗn hợp hoặc composit của chúng.

Vật phẩm thiêu kết thu được được mài thành hình dạng quy định theo yêu cầu, và sau đó được đưa đến quy trình khuếch tán qua biên hạt bao gồm bước tạo ra một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp của R^2 và M (trong đó R^2 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Tb và Dy, và M là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Cu, Al, Co, Fe, Mn, Ni, Sn, và Si) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý (PVD - physical vapor phase deposition), trên bề mặt của vật phẩm thiêu kết, và sau đó cho R^2 hoặc R^2 và M cần được hấp thụ bởi các vật phẩm thiêu kết trải qua quá trình xử lý nhiệt. Hình dạng của vật phẩm thiêu kết tốt hơn là dạng tấm. Cũng có khả năng là R^2 và M được tạo thành các màng riêng biệt để tạo ra màng đa lớp, hoặc R^2 và M đồng thời được tạo thành một màng, ở đó R^2 và M được hợp kim hóa.

Kích thước của vật phẩm thiêu kết không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, lượng R^2 được hấp thụ bởi vật phẩm thiêu kết trong quy trình khuếch tán qua biên hạt càng lớn khi diện tích bề mặt riêng của vật phẩm thiêu kết càng lớn, có nghĩa là, kích thước của nó càng nhỏ, giả sử độ dày không đổi đối với màng R^2, màng hợp kim R^2-M, hoặc màng đa lớp của R^2 và M. Do vậy, kích thước của phần nhỏ nhất của hình dạng của vật phẩm thiêu kết tốt hơn là bằng 30 mm hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là bằng 15 mm hoặc nhỏ hơn, từ quan điểm là sau cùng thu được lực kháng từ ở mức độ cụ thể, tức là, sự chịu nhiệt. Giới hạn dưới của kích thước phần nhỏ nhất không bị giới hạn cụ thể và có thể được lựa chọn một cách phù hợp, và kích thước của phần nhỏ nhất của hình dạng tốt hơn là bằng

0,5 mm hoặc lớn hơn.

Trong quy trình khuếch tán qua biên hạt, để làm bước thứ nhất, một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp của R^2 và M được tạo ra trên bề mặt của vật phẩm thiêu kết bằng phương pháp PVD. Phương pháp phún xạ sẽ được mô tả ở đây như là một ví dụ điển hình của phương pháp PVD.

Trong phương pháp sản xuất theo một phương án của sáng chế, ví dụ, trong trường hợp mà ở đó vật đích và các vật phẩm thiêu kết được bố trí theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết song song với mặt phẳng đứng, còn đối với các vật phẩm thiêu kết 7 mà mỗi vật phẩm có bề mặt thứ nhất 21 và bề mặt thứ hai 22, đối diện với bề mặt thứ nhất 21, các vật phẩm thiêu kết 7 được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 dọc theo mặt phẳng 23 song song với các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7, như được thể hiện trên các Fig.1 và Fig.5. Mặt khác, trong trường hợp mà ở đó vật đích và các vật phẩm thiêu kết được bố trí theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết song song với mặt phẳng nằm ngang, đối với các vật phẩm thiêu kết 7 mà mỗi vật phẩm có bề mặt thứ nhất 21 và bề mặt thứ hai 22, đối diện với bề mặt thứ nhất 21, các vật phẩm thiêu kết 7 này được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 dọc theo mặt phẳng 23 song song với các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7, như được thể hiện trên Fig.2 và Fig.6. Ở các phương pháp thông thường, vì vật đích được bố trí ở phía trên theo chiều dọc, và các vật phẩm thiêu kết được đặt lên khay được bố trí ở phía dưới của vật đích, màng có thể được tạo ra chỉ trên các bề mặt thứ nhất 21 ở phía vật đích. Tuy nhiên, việc sử dụng đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 cho phép tạo ra màng trên các bề mặt thứ hai 22 đối diện với các bề mặt thứ nhất 21. Theo cấu hình này, các vật phẩm thiêu kết có thể được bố trí cạnh nhau mà

không cần đặt lên khay. Trường hợp ở đó vật đích và các vật phẩm thiêu kết được bố trí theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết song song với mặt phẳng đứng như được thể hiện trên Fig.1 thì sau đây được gọi là cấu hình ngang, và trường hợp ở đó vật đích và các vật phẩm thiêu kết được bố trí theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết song song với mặt phẳng nằm ngang như được thể hiện trên Fig.2 thì sau đây được gọi là cấu hình dọc.

Các vật phẩm thiêu kết 7 được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 được đặt trong buồng xử lý tạo màng thứ nhất 5 được bố trí trong đó vật đích 4 chứa R^2, ví dụ, vật đích 4 chứa R^2, hợp kim R^2-M, hoặc R^2 và M, được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7. Catot 2 được bố trí ở phía đối diện với các vật phẩm thiêu kết của vật đích 4. Anot 3 được bố trí ở phía đối diện với vật đích của các vật phẩm thiêu kết 7. Các Fig.1 và Fig.2 là các hình vẽ dạng giản đồ minh họa các buồng xử lý tạo màng thứ nhất 5 được quan sát từ phía trên theo chiều dọc và được quan sát từ phía bên theo chiều ngang. Vật đích 4 chứa R^2, hợp kim R^2-M, hoặc R^2 và M được tạo thành dưới dạng một vật đích hoặc nhiều vật đích phụ thuộc vào kích thước của một vật đích. Vật đích 4 được cố định vào catot 2, ví dụ, cùng với một tấm nền (không được thể hiện trên các hình vẽ). Trong trường hợp mà ở đó màng được tạo ra trong môi trường khí trơ mà không tiếp xúc với không khí trong khi di chuyển liên tục các vật phẩm thiêu kết 7 được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 theo hướng di chuyển được thể hiện bởi mũi tên ở các Fig.3 và Fig.4, các đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 có thể được bố trí nối tiếp cạnh nhau theo hướng di chuyển của các đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6. Mặc dù vật đích 4 được bố trí đối diện với các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7, cấu hình của vật đích không bị giới hạn cụ thể,

miễn là vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7. Ví dụ, trong phương pháp phún xạ vật đích đối diện, vật đích có thể được bố trí không đối mặt với các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết. Mặc dù vật đích 4 có dạng tấm, hình dạng của vật đích không bị giới hạn cụ thể. Ví dụ, trong phương pháp phún xạ manetron, vật đích có dạng hình trụ có thể được sử dụng.

Một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp của R^2 và M được tạo ra trên các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng thứ nhất 5. Sau đó, như được thể hiện trên các Fig.3 và Fig.4, đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 có các vật phẩm thiêu kết 7 được đặt trong đó được di chuyển theo chiều ngang. Đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 sau đó được di chuyển vào trong buồng xử lý tạo màng thứ hai 25, mà được bố trí liền kề với buồng xử lý tạo màng thứ nhất 5, mà trong đó được đặt vật đích 4 chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ hai 22 đối diện với các bề mặt thứ nhất 21. Sau đó, màng được tạo ra trên các bề mặt thứ hai 22 của các vật phẩm thiêu kết 7. Buồng xử lý tạo màng thứ nhất 5 và buồng xử lý tạo màng thứ hai 25 được nối liên tiếp để không cho các vật phẩm thiêu kết 7 tiếp xúc với không khí, và các buồng có thể được bố trí cho từng vật phẩm tùy thuộc vào mức độ cần thiết như được thể hiện trên các Fig.9 và Fig.10. Trong trường hợp mà ở đó vật đích và các vật phẩm thiêu kết được bố trí theo cấu hình ngang, thì có khả năng là buồng xử lý tạo màng thứ hai được bố trí theo chiều dọc của buồng xử lý tạo màng thứ nhất, và đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết có các vật phẩm thiêu kết được đặt trong đó được di chuyển theo chiều dọc. Theo quy trình này, màng có thể được tạo ra liên tục trong môi trường khí trơ mà không để cho các vật phẩm thiêu kết tiếp xúc với không khí. Mặc dù vật đích 4 được bố trí đối diện với các bề mặt thứ hai 22 của các vật phẩm thiêu kết

7, cấu hình của vật đích không bị giới hạn cụ thể, miễn là vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai 22 của các vật phẩm thiêu kết 7. Ví dụ, trong phương pháp phún xạ vật đích đối diện, vật đích có thể được bố trí không đối mặt với các bề mặt thứ hai 21 của các vật phẩm thiêu kết.

Phương pháp phún xạ được thực hiện trong môi trường khí trơ, tốt hơn là môi trường khí argon, ở mức vài pascal. Nguồn điện 1 được sử dụng trong phương pháp phún xạ tốt hơn là nguồn điện DC, và có thể là nguồn điện RF hoặc sự kết hợp của chúng.

Buồng chuẩn bị tốt hơn là được bố trí ở trước buồng xử lý tạo màng 5 để tạo màng qua van cổng ngăn chặn phần bên trong của buồng xử lý tạo màng tiếp xúc với không khí. Đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 có các vật phẩm thiêu kết 7 được đặt trong đó được lắp đặt trong buồng chuẩn bị, và tiếp đó, sau khi đóng van cổng, phần bên trong của nó được tạo chân không. Sau khi đạt đến mức chân không cao, khí trơ, tốt hơn là khí argon, được nạp vào để thay thế môi trường trong buồng. Buồng xử lý nung để loại nước trên bề mặt của các vật phẩm thiêu kết và khí bị hấp thụ, như oxy, và buồng phún xạ đảo chiều để làm sạch các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết thông qua sự khắc ăn mòn bằng cách phún xạ các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết cùng với các vật phẩm thiêu kết như catot có thể được bố trí trước buồng xử lý tạo màng 5 để tạo màng. Các quá trình xử lý này có thể được thực hiện trong buồng chuẩn bị bằng cách bố trí các thiết bị xử lý cho các quá trình xử lý đó trong buồng chuẩn bị.

Độ dày của màng được tạo ra trên các vật phẩm thiêu kết 7 có thể được xác định một cách thích hợp tùy thuộc vào lượng R^2 cần được hấp thụ bởi các vật phẩm thiêu kết 7 (tức là, mức tăng lực kháng từ mong muốn). Độ dày của màng thường nằm trong khoảng từ 0,1 đến 50 μm, tốt hơn là 0,5 đến 20 μm, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 1 đến 10 μm, từ quan điểm đạt được hiệu

quả gia tăng đủ lực kháng từ và quan điểm về thời gian cần thiết cho quá trình xử lý, năng suất, và tiết kiệm nguồn tài nguyên.

Một ví dụ về đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.8. Theo cấu hình ngang, các vật phẩm thiêu kết 7 được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 theo cách sao cho các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7 nằm dọc theo mặt phẳng song song với chiều dọc như được thể hiện trên Fig.5. Mặt khác, theo cấu hình dọc, các vật phẩm thiêu kết 7 được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 theo cách sao cho các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7 nằm trên mặt phẳng song song với chiều ngang như được thể hiện trên Fig.6. Các vật phẩm thiêu kết 7 mà mỗi vật phẩm được giữ lại bằng cách giữ nhờ phần giữ có các đỉnh nhọn 17 và 18 được bố trí ở đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6. Do vậy, điều cần thiết là đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 phải có độ bền đủ để chịu được trọng lượng của các vật phẩm thiêu kết và có khả năng biến dạng đàn hồi ở phần giữ. Theo quan điểm này, vật liệu của đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 tốt hơn là, ví dụ, một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, hợp kim nhôm, đồng, hợp kim đồng, sắt, hợp kim sắt, titan, hợp kim titan, niobi, hợp kim niobi, vonfram, hợp kim vonfram, molypden, và hợp kim molypden.

Trong trường hợp mà ở đó đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 và các vật phẩm thiêu kết 7 được sử dụng như anot, điều cần thiết là sự nối điện được thiết lập giữa đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 và các vật phẩm thiêu kết 7, cụ thể là trong trường hợp mà ở đó sự tạo màng kép đồng thời được mô tả dưới đây (xem các Fig.11 và Fig.12) được áp dụng. Để đảm bảo cho sự nối điện này, các đỉnh 17 và 18 của phần giữ được tạo hình nhọn. Trong trường hợp mà ở đó đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 và các vật phẩm thiêu kết 7 được sử dụng như anot, các

đỉnh 17 và 18 của phần giữ có chức năng như điểm tiếp xúc với vật phẩm thiêu kết 7 và cũng là điểm nối điện cho sự nối đất. Phần đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 ngoại trừ đỉnh 17 và 18 tốt hơn là được phủ bằng một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ vật liệu hữu cơ, như nhựa epoxy, và gốm, như nhôm oxit, để ngăn chặn sự tạo màng không cần thiết trên đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết bằng phương pháp phún xạ hoặc để đạt được trạng thái mà ở đó phần trải qua sự tạo màng không cần thiết có thể được làm sạch dễ dàng.

Phần giữ của đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 có khả năng biến dạng đàn hồi để cho phép đỉnh 17 và 18 di chuyển dọc hoặc ngang để giữ lấy vật phẩm thiêu kết 7. Để giữ trọn kích thước của vật phẩm thiêu kết 7 theo chiều giữ cố định, điều cần thiết là phần giữ phải trải qua sự biến dạng đàn hồi trong khoảng dung sai kích thước của vật phẩm thiêu kết 7. Ví dụ, trong trường hợp mà ở đó khoảng dung sai là 0,4 mm, khoảng cách dịch chuyển của đỉnh do sự biến dạng đàn hồi có thể được thiết lập đến gần 0,4 mm. Tuy nhiên, đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 theo cấu hình này có thể được ứng dụng chỉ đối với các vật phẩm thiêu kết 7 có cùng một kích thước và dung sai theo chiều giữ cố định. Do vậy, điều này là không hợp lý vì cần rất nhiều đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 dùng cho các sản phẩm nam châm đất hiếm được gia công tinh để có các hình dạng và kích cỡ khác nhau.

Do vậy, tốt hơn là sử dụng đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 mà có thể được áp dụng cho các vật phẩm thiêu kết 7 có khoảng kích thước cụ thể mà không giới hạn về kiểu sản phẩm nam châm đất hiếm. Theo sáng chế, khoảng cách dịch chuyển của các đỉnh 17 và 18 của phần giữ trong giới hạn đàn hồi của phần giữ có thể là gấp hai lần hoặc hơn nữa so với khoảng dung sai kích thước của vật phẩm thiêu kết 7 theo chiều giữ cố định xét về các giá trị đặc tính thực của vật liệu và phạm vi thiết kế của đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6. Việc sử dụng đồ gá

đỡ vật phẩm thiêu kết 6 theo kiểu này có thể làm giảm đáng kể các loại đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 cần được chuẩn bị. Ví dụ, cùng với việc sử dụng đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 có khoảng cách dịch chuyển trong giới hạn đàn hồi của phần giữ mà gấp hai lần hoặc hơn nữa so với khoảng dung sai kích thước 0,4 mm của kích thước của vật phẩm thiêu kết 7 theo chiều giữ cố định, các vật phẩm thiêu kết 7 có sự chênh lệch về kích thước theo chiều giữ cố định khoảng 0,8 mm có thể được xử lý bằng một đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6.

Phần giữ của đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết có khả năng biến dạng đàn hồi có thể có cấu hình được thể hiện trên Fig.7 đối với cấu hình ngang, hoặc có thể có cấu hình được thể hiện trên Fig.8 đối với cấu hình dọc. Thanh 15 của phần giữ bị biến dạng đàn hồi theo cách sao cho đỉnh 17 của phần giữ được chuyển động hướng lên trên, ngược lại đỉnh 18 của phần giữ được chuyển động hướng xuống dưới, cùng với khung bên 16 là tâm, và nhờ đó phần giữ có thể có khoảng cách dịch chuyển của đỉnh lớn hơn so với khoảng dung sai kích thước của các vật phẩm thiêu kết 7. Theo cấu hình này, có thể giảm các loại đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 cần được chuẩn bị cho các vật phẩm thiêu kết 7 có các khoảng dung sai kích thước khác nhau, và một số lượng lớn các vật phẩm thiêu kết 7 có thể được giữ ở cùng một lúc. Do vậy, quá trình xử lý tạo màng có thể được thực hiện hiệu quả. Hơn nữa, vật liệu và kích thước đạt được sự biến dạng đàn hồi có thể được chọn cho khung bên 16, và nhờ đó mức dịch chuyển lớn hơn giới hạn đàn hồi của khung 15 có thể được áp dụng cho các đỉnh 17 và 18.

Để gia tăng hiệu suất trong quá trình tạo màng, tốt hơn nữa là các màng được tạo ra đồng thời trên cả bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của vật phẩm thiêu kết. Trong trường hợp này, vật phẩm thiêu kết được sử dụng như anot, và do đó sự nối điện là quan trọng. Hai vật đích 4 được bố trí ở cả hai phía của đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 có các vật phẩm thiêu kết 7 được đặt trong đó trong

buồng xử lý tạo màng kép 35, ví dụ, như được thể hiện trên Fig.11 cho cấu hình ngang, hoặc trên Fig.12 cho cấu hình dọc. Trong trường hợp mà ở đó các màng đồng thời được tạo ra trên cả hai bề mặt, cũng có khả năng là các buồng trong số các buồng xử lý tạo màng kép 35 được bố trí nối tiếp, và các màng được tạo ra trong môi trường khí trơ mà không để cho các vật phẩm thiêu kết tiếp xúc với không khí, tùy thuộc vào mức độ cần thiết. Hơn nữa, buồng xử lý tạo màng kép 35 có thể được nối với một buồng hoặc hai buồng trong số buồng xử lý tạo màng thứ nhất 5 và buồng xử lý tạo màng thứ hai 25. Buồng xử lý tạo màng kép 35 có vật đích 4 được đặt trong đó, vật đích 4 này chứa R^2 được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất 21 của các vật phẩm thiêu kết 7 và vật đích 4 chứa R^2 được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai 22 của các vật phẩm thiêu kết 7. Các màng được tạo ra trên các bề mặt thứ nhất 21 và các bề mặt thứ hai 22 của các vật phẩm thiêu kết 7 được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết 6 trong môi trường khí trơ trong buồng xử lý tạo màng kép 35.

Ở thời điểm xử lý nhiệt cho sự khuếch tán được mô tả dưới đây, các vật phẩm thiêu kết có màng được tạo ra trên đó có thể được đặt trong buồng xử lý nhiệt. Tuy nhiên, trong trường hợp mà ở đó các vật phẩm thiêu kết được xếp chồng đơn giản và được đặt trong đó, bề mặt của vật phẩm có màng được tạo ra trên đó có thể bị hàn với nhau trong một số trường hợp. Trong trường hợp mà ở đó điểm nóng chảy của nguồn khuếch tán thấp hơn nhiệt độ xử lý khuếch tán, bề mặt bị nóng chảy hoàn toàn, và các vật phẩm thiêu kết được xếp chồng bị hàn dính với nhau ở bước làm nguội. Thậm chí trong trường hợp mà ở đó điểm nóng chảy của nguồn khuếch tán cao hơn, pha có điểm nóng chảy thấp thường xuyên được tạo thành do phản ứng với vật phẩm thiêu kết, và sự liên kết hàn cũng xảy ra trong trường hợp này. Để ngăn chặn hiện tượng này, đồ gá ngăn chặn các vật phẩm thiêu kết tiếp xúc với nhau nên được sử dụng khi đặt trong buồng xử lý

nhiệt. Tuy nhiên, sự tách biệt với đồ gá làm giảm lượng các vật phẩm thiêu kết được đặt trong buồng xử lý nhiệt. Từ quan điểm về hiệu suất thì điều quan trọng là không làm giảm số lượng các vật phẩm thiêu kết được đặt trong đó.

Trong trường hợp này, ví dụ, màng hợp chất đất hiếm, như oxit, florua, hoặc oxyflorua của R^3 (trong đó R^3 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm) được bố trí trên bề mặt ngoài cùng của vật phẩm thiêu kết có màng được tạo ra trên đó. Theo cấu hình này, sự liên kết hàn của các vật phẩm thiêu kết được xếp chồng trong quá trình xử lý nhiệt có thể được ngăn chặn. Sự tạo màng này bằng phương pháp phún xạ ở một bước riêng biệt có thể gây ra sự giảm hiệu suất. Do vậy, tốt hơn là màng hợp chất đất hiếm được tạo ra liên tục sau khi tạo ra màng của nguồn khuếch tán. Trong trường hợp này, buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn để tạo màng hợp chất đất hiếm có thể được bố trí liền kề với buồng xử lý để phún xạ nguồn khuếch tán, và nhờ đó các vật phẩm thiêu kết có thể được xử lý liên tục mà không làm giảm hiệu suất. Vật đích được bố trí trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn tốt hơn là vật đích chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm kim loại của R^3, hợp kim của R^3, oxit của R^3, florua của R^3, và oxyflorua của R^3 (trong đó R^3 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm).

Hơn nữa, ví dụ, sự phún xạ phản ứng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng vật đích của kim loại của R^3 hoặc florua của R^3 và truyền áp suất riêng phần của oxy hoặc nitơ vào môi trường của buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn. Theo quy trình này, màng oxit có thể được tạo ra với sự kết hợp của kim loại đích và môi trường oxy, màng nitrua có thể được tạo ra với sự kết hợp của kim loại đích và môi trường nitơ, màng oxyflorua hoặc tương tự có thể được tạo ra với sự kết hợp của florua đích và môi trường oxy, và các màng này cũng có

hiệu quả cao trong việc ngăn chặn sự liên kết hàn.

Trong khi độ dày của màng hợp chất đất hiếm bằng 10 nm hoặc lớn hơn tạo ra hiệu quả nêu trên, độ dày của màng tốt hơn là bằng 100 nm hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của độ dày chưa được xác định cụ thể, và màng có thể được tạo ra ở độ dày khoảng 100 μm, miễn là điều kiện này không làm suy giảm hiệu suất. Trong trường hợp mà ở đó vật đích của hợp chất đất hiếm có độ dẫn điện thấp được sử dụng, nguồn điện RF được ưu tiên sử dụng làm nguồn điện.

Trong trường hợp mà ở đó màng hợp chất đất hiếm được tạo ra, ví dụ, buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn thứ nhất để tạo ra màng hợp chất đất hiếm trên các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết và buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn thứ hai để tạo ra màng hợp chất đất hiếm trên các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết có thể được bố trí, như tương tự với các quá trình xử lý tạo màng trong buồng xử lý tạo màng thứ nhất 5 và buồng xử lý tạo màng thứ hai 25 được mô tả ở trên. Hơn nữa, các màng hợp chất đất hiếm có thể được tạo ra trên cả các bề mặt thứ nhất và các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn đã bố trí trong đó cả vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết và vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết, như tương tự với quá trình xử lý tạo màng trong buồng xử lý tạo màng kép 35 được mô tả ở trên.

Các vật phẩm thiêu kết thường có xu hướng có nhiệt độ cao qua một loạt các quá trình xử lý tạo màng, và do vậy buồng làm nguội có thể được bố trí ở sau buồng xử lý tạo màng. Trong trường hợp mà ở đó khí argon hoặc khí tương tự được sử dụng để làm nguội, van cổng có thể được bố trí ở giữa buồng làm nguội và buồng xử lý tạo màng. Hơn nữa, buồng phân phối để lấy ra các vật phẩm thiêu kết có màng được tạo ra trên đó tốt hơn là được bố trí ở phía sau qua van cổng.

Sau đó, ví dụ, vật phẩm thiêu kết được lấy ra khỏi đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết được phân phối từ thiết bị được đặt trong buồng xử lý nhiệt và được xử lý nhiệt trong chân không hoặc trong môi trường khí trơ, như argon hoặc heli (quá trình xử lý này sau đây được gọi là quá trình xử lý khuếch tán). Nhiệt độ xử lý khuếch tán là nhiệt độ thiêu kết của vật phẩm thiêu kết hoặc thấp hơn. Các yếu tố hạn chế nhiệt độ xử lý khuếch tán là như sau. Trong trường hợp mà ở đó quá trình xử lý nhiệt được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ thiêu kết (sau đây được gọi là T_S°C) của vật phẩm thiêu kết, thì xảy ra các vấn đề, ví dụ, (1) cấu trúc của vật phẩm thiêu kết bị hư hại không tạo ra các đặc tính từ cao, (2) kích thước xử lý không thể giữ được do sự biến dạng nhiệt, và (3) R^2 được khuếch tán như vậy bị khuếch tán quá mức không chỉ đến các biên hạt tinh thể của vật phẩm thiêu kết, mà còn đến phần bên trong của các hạt tinh thể, dẫn đến làm giảm mật độ từ thông dư, và do vậy nhiệt độ xử lý khuếch tán là nhiệt độ thiêu kết của vật phẩm thiêu kết hoặc thấp hơn, và tốt hơn là bằng (T_S-10)°C hoặc thấp hơn. Giới hạn dưới của nhiệt độ xử lý khuếch tán có thể được xác định một cách thích hợp, và thường là lớn hơn hoặc bằng 600°C. Thời gian xử lý khuếch tán có thể là 1 phút đến 100 giờ, tốt hơn nữa là từ 30 phút đến 50 giờ, và tốt nhất là từ 1 đến 30 giờ, từ quan điểm hoàn thành quá trình xử lý khuếch tán đầy đủ, và xét đến sự hư hại cấu trúc của vật phẩm thiêu kết và mức độ ảnh hưởng đến các đặc tính từ tính.

Nhờ quá trình xử lý khuếch tán, R^2 được tập trung ở thành phần biên hạt chứa nhiều R^1 trong vật phẩm thiêu kết, và R^2 thay thế một phần R^1 ở vùng lân cận của lớp bề mặt của các hạt pha chính $R^1_2Fe_{14}B$. Các nguyên tố mà có tác dụng đặc biệt lớn đến sự gia tăng tính dị hướng từ tính tinh thể thông qua sự tập trung ở lớp bề mặt là Tb và Dy. Do vậy, tổng tỷ lệ của Tb và/hoặc Dy trong nguyên tố đất hiếm R^2 được chứa trong nguồn khuếch tán tốt hơn là lớn hơn

hoặc bằng 50% theo nguyên tử, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 80%. Trong trường hợp mà ở đó R^2 có trong nguồn khuếch tán chứa một loại hoặc hai loại nguyên tố trong số Pr và Nd, tổng nồng độ của Pr và Nd trong R^2 có trong nguồn khuếch tán tốt hơn là nhỏ hơn tổng nồng độ của Pr và Nd trong nguyên tố đất hiếm R^1 được chứa trong vật liệu nền. Nhờ quá trình xử lý khuếch tán, lực kháng từ của nam châm thiêu kết trên cơ sở R^1-Fe-B có thể được gia tăng hữu hiệu nhưng gần như không làm giảm mật độ từ thông dư.

Trong trường hợp mà ở đó màng hợp kim R^2-M hoặc màng đa lớp của R^2 và M được tạo ra trên bề mặt của vật phẩm thiêu kết, pha R^2-Fe-M có thể cũng được tạo ra ở pha biên hạt nhờ quá trình xử lý khuếch tán được mô tả ở trên. Theo quy trình này, lực kháng từ của nam châm thiêu kết trên cơ sở R^1-Fe-B có thể được gia tăng hơn nữa.

Sau khi xử lý khuếch tán, quá trình xử lý nhiệt ở nhiệt độ thấp (mà sau đây được gọi là xử lý lão hóa) tốt hơn là được thực hiện. Nhiệt độ xử lý của quá trình xử lý lão hóa mong muốn thấp hơn nhiệt độ xử lý khuếch tán, tốt hơn là ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 200°C và thấp hơn nhiệt độ xử lý khuếch tán khoảng 10°C, và tốt hơn nữa là ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 350°C và thấp hơn nhiệt độ xử lý khuếch tán khoảng 10°C. Môi trường của quá trình xử lý lão hóa tốt hơn là môi trường chân không hoặc khí trơ, như argon hoặc heli. Thời gian xử lý của quá trình xử lý lão hóa có thể là 1 phút đến 10 giờ, tốt hơn là 10 phút đến 5 giờ, và tốt nhất là 30 phút đến 2 giờ.

Trong trường hợp mà ở đó trong quy trình mài được mô tả ở trên trước khi xử lý khuếch tán, nước làm mát được sử dụng cho máy mài, hoặc bề mặt được mài tiếp xúc với nhiệt độ cao trong khi mài, màng oxit dễ dàng được tạo ra trên bề mặt đã mài. Trong trường hợp mà ở đó màng oxit là nhẹ, thì bề mặt sạch có thể thu được trước khi xử lý khuếch tán thông qua quá trình xử lý nung hoặc

quá trình xử lý phún xạ đảo chiều được mô tả ở trên được tiến hành trước khi tạo màng bằng phương pháp phún xạ. Tuy nhiên, trong trường hợp mà ở đó màng oxit quá nặng được tạo ra trên bề mặt của vật phẩm thiêu kết, màng oxit có thể cản trở sự khuếch tán của R^2 lên vật phẩm thiêu kết. Trong trường hợp này, màng oxit có thể được loại bỏ bằng cách làm sạch bằng một loại hoặc hai hoặc nhiều loại hợp chất trong số chất kiềm, axit, và dung môi hữu cơ, hoặc bằng cách tiến hành phun bi làm sạch, và nhờ đó quá trình xử lý khuếch tán sau đó có thể được tiến hành hiệu quả hơn.

Các ví dụ về chất kiềm được sử dụng để loại bỏ màng oxit bao gồm kali pyrophosphat, natri pyrophosphat, kali xitrat, natri xitrat, kali axetat, natri axetat, kali oxalat, và natri oxalat. Các ví dụ về axit được sử dụng để loại bỏ màng oxit bao gồm axit clohydric, axit nitric, axit sulfuric, axit axetic, axit xitric, và axit tatric. Các ví dụ về dung môi hữu cơ được sử dụng để loại bỏ màng oxit bao gồm axeton, metanol, etanol, và rượu isopropyl. Trong trường hợp này, chất kiềm và axit có thể được sử dụng ở dạng dung dịch nước có nồng độ mà không ăn mòn vật phẩm thiêu kết.

Vật phẩm thiêu kết đã được đem đi xử lý khuếch tán hoặc xử lý lão hóa sau đó có thể được làm sạch bằng một loại hoặc hai hoặc nhiều loại hợp chất trong số chất kiềm, axit, và dung môi hữu cơ, và có thể được mài thành hình dạng thực tế. Hơn nữa, vật phẩm thiêu kết có thể được mạ hoặc sơn sau khi xử lý khuếch tán, xử lý lão hóa, làm sạch, hoặc mài.

Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo một phương án của sáng chế đã được mô tả với sự tham chiếu đến các buồng xử lý tạo màng 5, 25, và 35 làm ví dụ. Tuy nhiên, thiết bị tạo màng được sử dụng trong phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo sáng chế không bị giới hạn ở các buồng xử lý tạo màng 5, 25, và 35, miễn là phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo sáng

chế có thể thực hiện được trong thực tiễn.

Nam châm đất hiếm thu được theo cách thức nêu trên có thể được sử dụng như nam châm vĩnh cửu tính năng cao có lực kháng từ được gia tăng.

Danh mục kí hiệu tham chiếu

1: nguồn điện

2: catot

3: anot

4: vật đích

5, 25, 35: buồng xử lý tạo màng

6: đồ gá đỡ vật phẩm thiêu kết

7: vật phẩm thiêu kết

15: thanh của phần giữ

16: khung bên

17, 18: các đỉnh của phần giữ

21: bề mặt thứ nhất

22: bề mặt thứ hai

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm bao gồm quy trình khuếch tán qua biên hạt gồm có bước:

tạo ra một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp của R^2 và M (trong đó R^2 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Tb và Dy, và M là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Cu, Al, Co, Fe, Mn, Ni, Sn, và Si) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên các vật phẩm thiêu kết mà mỗi vật phẩm này có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai ở phía đối diện với bề mặt thứ nhất, mỗi bề mặt này chứa hợp phần trên cơ sở R^1-Fe-B (trong đó R^1 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Pr và Nd); và sau đó cho R^2 hoặc R^2 và M cần được hấp thụ bởi các vật phẩm thiêu kết trải qua quá trình xử lý nhiệt,

các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết này nằm dọc theo mặt phẳng song song với chiều dọc hoặc chiều ngang,

quy trình khuếch tán qua biên hạt gồm:

bước tạo màng thứ nhất để tạo ra màng trên bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá trong môi trường khí trơ, trong buồng xử lý tạo màng thứ nhất được bố trí trong đó vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết;

bước tạo màng thứ hai để tạo ra màng trên bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá trong môi trường khí trơ, trong buồng xử lý tạo màng thứ hai, mà được bố trí liền kề với buồng xử lý tạo màng thứ nhất, đã bố trí trong đó vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở

phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết; và

bước dịch chuyển để di chuyển các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá theo chiều ngang hoặc chiều dọc giữa buồng xử lý tạo màng thứ nhất và buồng xử lý tạo màng thứ hai,

trong đó

đồ gá chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, hợp kim nhôm, đồng, hợp kim đồng, sắt, hợp kim sắt, titan, hợp kim titan, niobi, hợp kim niobi, vonfram, hợp kim vonfram, molypden, và hợp kim molypden;

đồ gá có phần giữ được tạo có các đỉnh nhọn, mà vật phẩm thiêu kết được giữ ở giữa các đỉnh nhọn này; và

các đỉnh của phần giữ mà mỗi đỉnh có khoảng cách dịch chuyển trong giới hạn đàn hồi mà gấp hai lần hoặc hơn nữa so với khoảng dung sai kích thước của kích thước của vật phẩm thiêu kết theo chiều giữ cố định.

2. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm 1, trong đó các buồng xử lý tạo màng thứ nhất và các buồng xử lý tạo màng thứ hai mỗi loại được bố trí nối tiếp, và màng được tạo ra liên tục trong môi trường khí trơ mà không để cho các vật phẩm thiêu kết tiếp xúc với không khí.

3. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm, bao gồm quy trình khuếch tán qua biên hạt gồm có các bước:

tạo ra một loại hoặc hai hoặc nhiều loại màng được chọn từ màng R^2, màng hợp kim R^2-M, và màng đa lớp của R^2 và M (trong đó R^2 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Tb và Dy, và M là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Cu, Al, Co, Fe, Mn, Ni, Sn, và Si) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên các vật phẩm thiêu kết mà mỗi

vật phẩm này có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai ở phía đối diện với bề mặt thứ nhất, mỗi bề mặt này chứa hợp phần trên cơ sở R^1-Fe-B (trong đó R^1 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm, và phải là một loại hoặc hai loại trong số Pr và Nd); và sau đó cho R^2 hoặc R^2 và M cần được hấp thụ bởi các vật phẩm thiêu kết trải qua quá trình xử lý nhiệt,

các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá theo cách mà các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết nằm dọc theo mặt phẳng song song với chiều dọc hoặc chiều ngang,

quy trình khuếch tán qua biên hạt bao gồm các bước:

tạo màng đồng thời trên bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được bố trí cạnh nhau cùng với đồ gá trong môi trường khí trơ, trong buồng xử lý tạo màng kép đã bố trí trong đó vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết và vật đích chứa R^2 được tạo ra bằng cách bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

4. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm 3, trong đó các buồng xử lý tạo màng kép được bố trí nối tiếp, và màng được tạo ra liên tục trong môi trường khí trơ mà không để cho các vật phẩm thiêu kết tiếp xúc với không khí.

5. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm 3 hoặc 4, trong đó

đồ gá chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, hợp kim nhôm, đồng, hợp kim đồng, sắt, hợp kim sắt, titan, hợp kim titan, niobi, hợp kim niobi, vonfram, hợp kim vonfram, molypden, và hợp kim molypden;

đồ gá có phần giữ được tạo có các đỉnh nhọn, mà vật phẩm thiêu kết được giữ ở giữa các đỉnh nhọn này; và

các đỉnh của phần giữ mà mỗi đỉnh có khoảng cách dịch chuyển trong

giới hạn đàn hồi mà gấp hai lần hoặc hơn nữa so với khoảng dung sai kích thước của kích thước của vật phẩm thiêu kết theo chiều giữ cố định.

6. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1, 2 hoặc 5, trong đó phần giữ được phủ bằng một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ vật liệu hữu cơ và gốm, ngoại trừ điểm tiếp xúc với vật phẩm thiêu kết và điểm nối điện cho sự nối đất.

7. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó

quy trình khuếch tán qua biên hạt bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều bước được chọn từ nhóm bao gồm:

bước tạo chân không cho môi trường để tạo chân không cho môi trường của các vật phẩm thiêu kết trong buồng chuẩn bị, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết này trong ít nhất một buồng xử lý tạo màng được chọn từ nhóm bao gồm buồng xử lý tạo màng thứ nhất và buồng xử lý tạo màng thứ hai;

bước loại bỏ khí bị hấp phụ để loại bỏ khí bị hấp phụ từ các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý nung, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng;

bước làm sạch bề mặt để làm sạch các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết trong buồng phún xạ đảo chiều, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng;

bước xử lý nhiệt để xử lý nhiệt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý nhiệt, sau khi tạo màng trên các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết;

bước làm nguội để làm nguội các vật phẩm thiêu kết trong buồng làm nguội sau khi xử lý nhiệt; và

bước xả khí để cho phép môi trường của các vật phẩm thiêu kết đạt áp suất khí quyển, nhằm giải phóng các vật phẩm thiêu kết vào không khí trong

buồng phân phối, và

buồng xử lý tạo màng được nối liên tiếp với một hoặc hai hoặc nhiều buồng được chọn từ nhóm bao gồm buồng chuẩn bị, buồng xử lý nung, buồng phún xạ đảo chiều, buồng xử lý nhiệt, buồng làm nguội, và buồng phân phối.

8. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 5, trong đó

quy trình khuếch tán qua biên hạt bao gồm một loại hoặc hai hoặc nhiều loại của bước được chọn từ nhóm bao gồm:

bước tạo chân không cho môi trường để tạo chân không cho môi trường của các vật phẩm thiêu kết trong buồng chuẩn bị, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết này trong buồng xử lý tạo màng kép;

bước loại bỏ khí bị hấp phụ để loại bỏ khí bị hấp phụ từ các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý nung, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng kép;

bước làm sạch bề mặt để làm sạch các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết trong buồng phún xạ đảo chiều, trước khi đặt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý tạo màng kép;

bước xử lý nhiệt để xử lý nhiệt các vật phẩm thiêu kết trong buồng xử lý nhiệt, sau khi tạo màng trên các bề mặt của các vật phẩm thiêu kết;

bước làm nguội để làm nguội các vật phẩm thiêu kết trong buồng làm nguội sau khi xử lý nhiệt; và

bước xả khí để cho phép môi trường của các vật phẩm thiêu kết đạt áp suất khí quyển, nhằm giải phóng các vật phẩm thiêu kết vào không khí trong buồng phân phối, và

buồng xử lý tạo màng kép được nối liên tiếp với một hoặc hai hoặc nhiều

buồng được chọn từ nhóm bao gồm buồng chuẩn bị, buồng xử lý nung, buồng phún xạ đảo chiều, buồng xử lý nhiệt, buồng làm nguội, và buồng phân phối.

9. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó

quy trình khuếch tán qua biên hạt bao gồm, sau khi tạo màng và trước khi xử lý nhiệt, bước ngăn chặn sự liên kết hàn để tạo ra màng của một loại hoặc hai hoặc nhiều loại hợp chất được chọn từ oxit, florua, và oxyflorua của R^3 (trong đó R^3 là một loại hoặc hai hoặc nhiều loại nguyên tố được chọn từ các nguyên tố đất hiếm) bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên một bề mặt hoặc cả hai bề mặt gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, và

bước ngăn chặn sự liên kết hàn gồm việc tạo màng hợp chất trên một bề mặt hoặc cả hai bề mặt gồm bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá trong một hoặc hai hoặc nhiều loại môi trường khí được chọn từ nhóm bao gồm argon, oxy, và nitơ, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn được bố trí trong đó một vật đích hoặc cả hai vật đích trong số vật đích chứa một loại hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm kim loại của R^3, hợp kim của R^3, oxit của R^3, florua của R^3, và oxyflorua của R^3, được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết, và vật đích chứa một hoặc hai hoặc nhiều loại vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm kim loại của R^3, hợp kim của R^3, oxit của R^3, florua của R^3, và oxyflorua của R^3, được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

10. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm 9, trong đó bước ngăn chặn sự liên kết hàn bao gồm bước ngăn chặn sự liên kết hàn thứ nhất để tạo ra màng hợp chất bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên bề mặt thứ nhất

của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn thứ nhất đã đặt trong đó vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết, và bước ngăn chặn sự liên kết hàn thứ hai để tạo ra màng hợp chất bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, trên bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn thứ hai đã đặt trong đó vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

11. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm 9, trong đó bước ngăn chặn sự liên kết hàn gồm việc tạo ra màng hợp chất bằng phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý, đồng thời trên bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết được đặt cạnh nhau cùng với đồ gá, trong buồng xử lý ngăn chặn sự liên kết hàn kép đã đặt trong đó vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ nhất của các vật phẩm thiêu kết và vật đích được bố trí ở phía các bề mặt thứ hai của các vật phẩm thiêu kết.

12. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý là phương pháp phún xạ.

13. Phương pháp sản xuất nam châm đất hiếm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 11, trong đó phương pháp lắng đọng pha hơi vật lý ở bước ngăn chặn sự liên kết hàn là phương pháp phún xạ RF.

Fig. 1

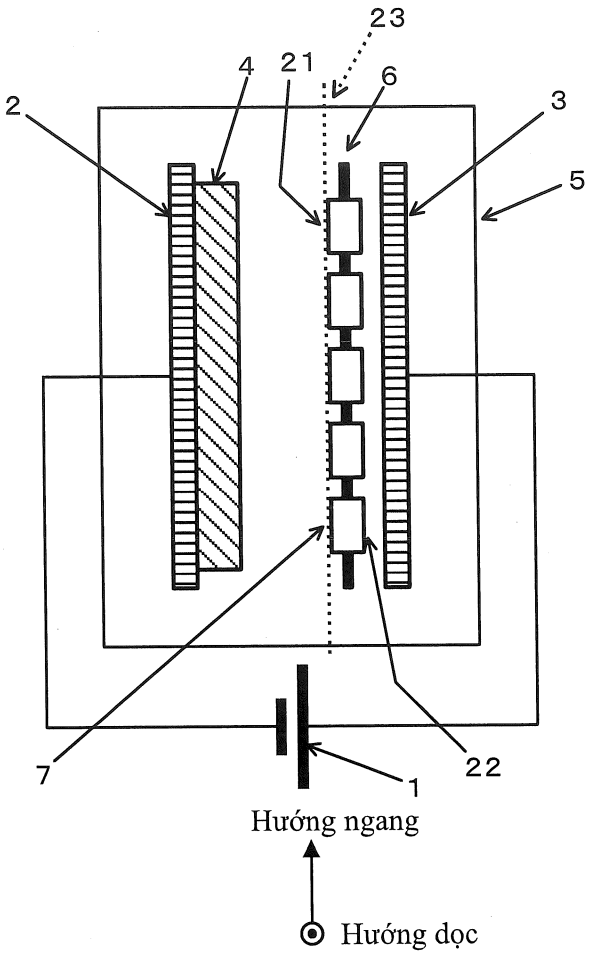


Fig. 2

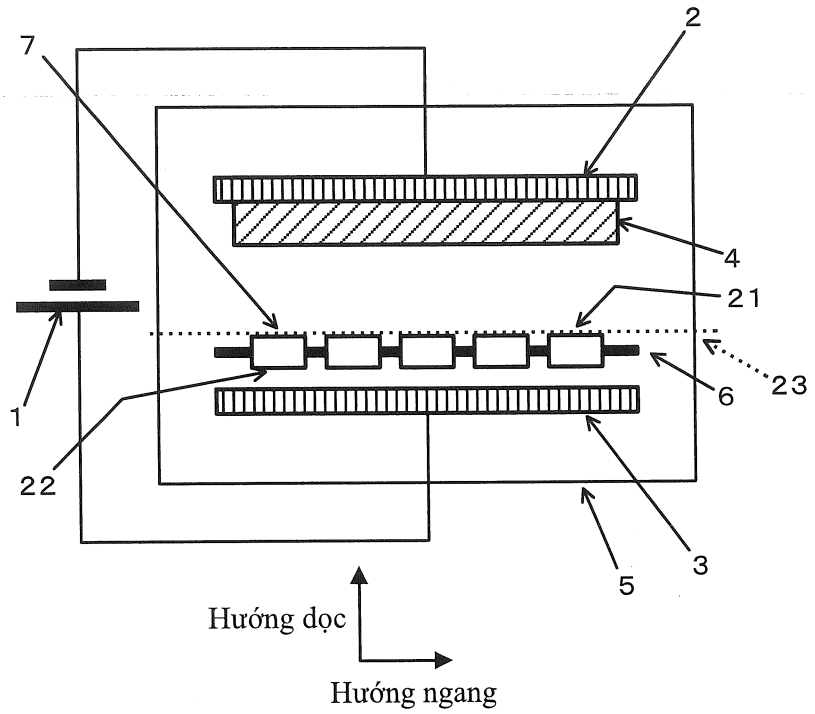

7
2
4
21
23
6
1
22
3
5
Hướng dọc
Hướng ngang

Fig. 3

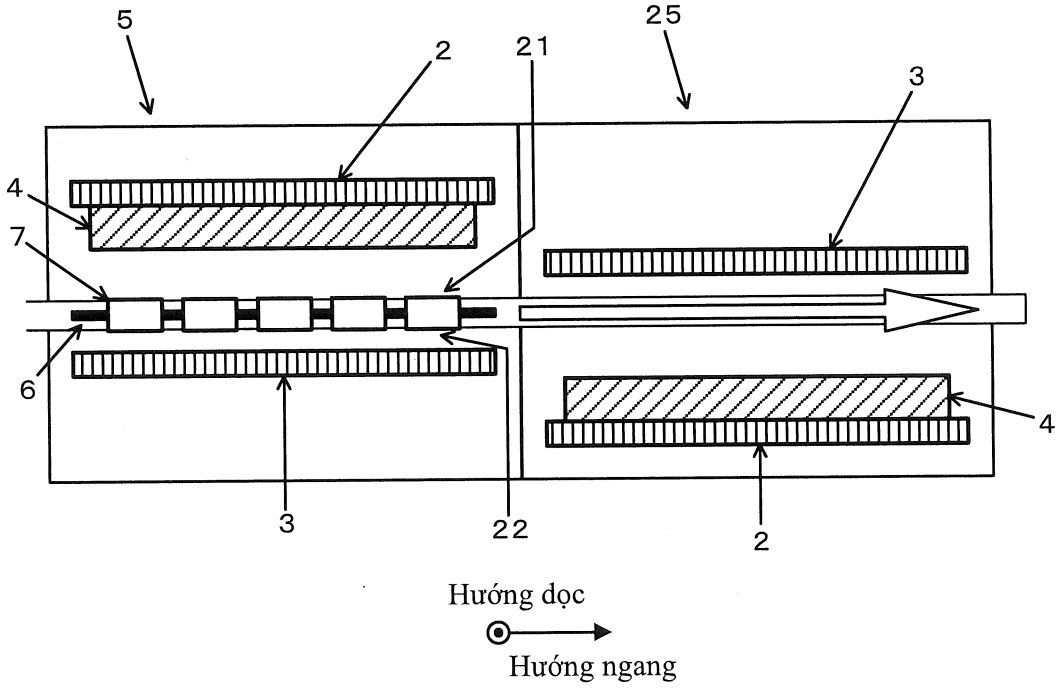

5
2
21
25
3
4
7
6
4
3
22
2
Hướng dọc
Hướng ngang

Fig. 4

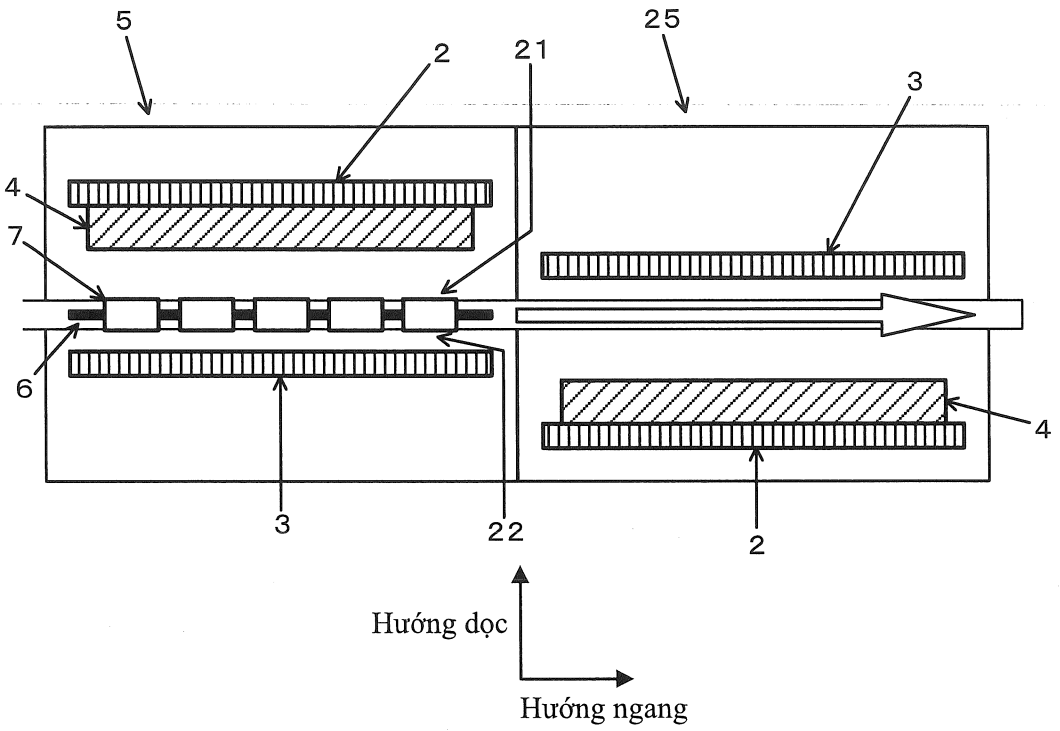

5
2
21
25
3
4
7
6
3
22
2
4
Hướng dọc
Hướng ngang

Fig. 5

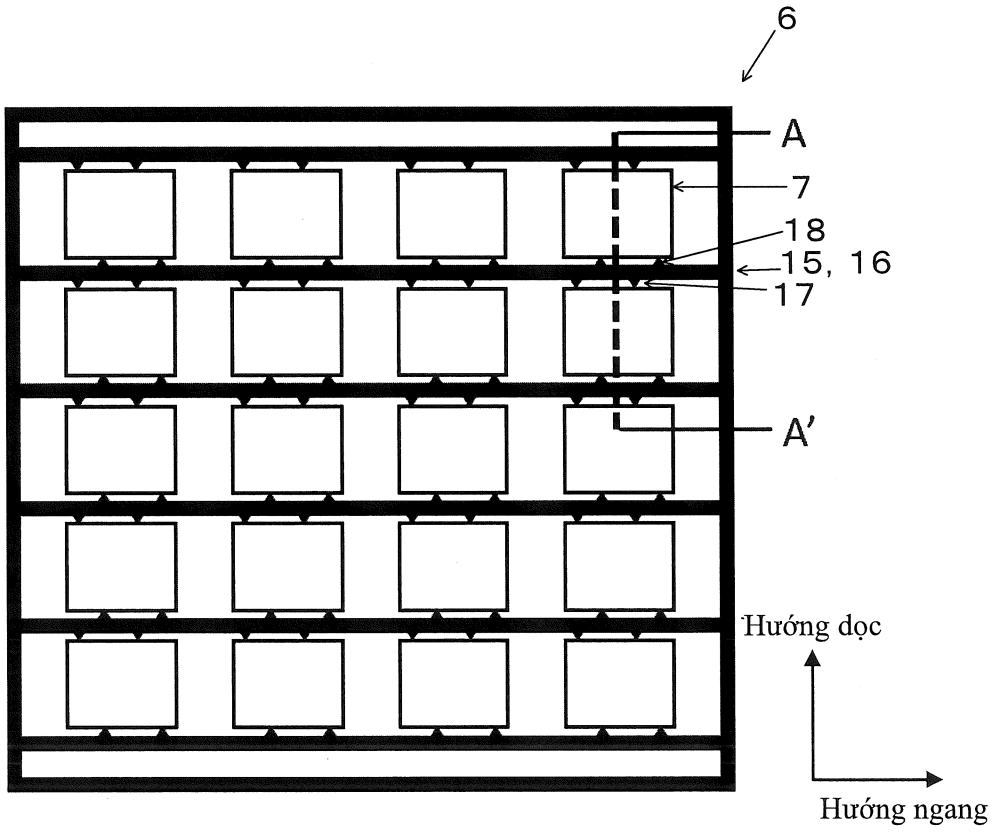

6
A
7
18
15, 16
17
A'
Hướng dọc
Hướng ngang

Fig. 6

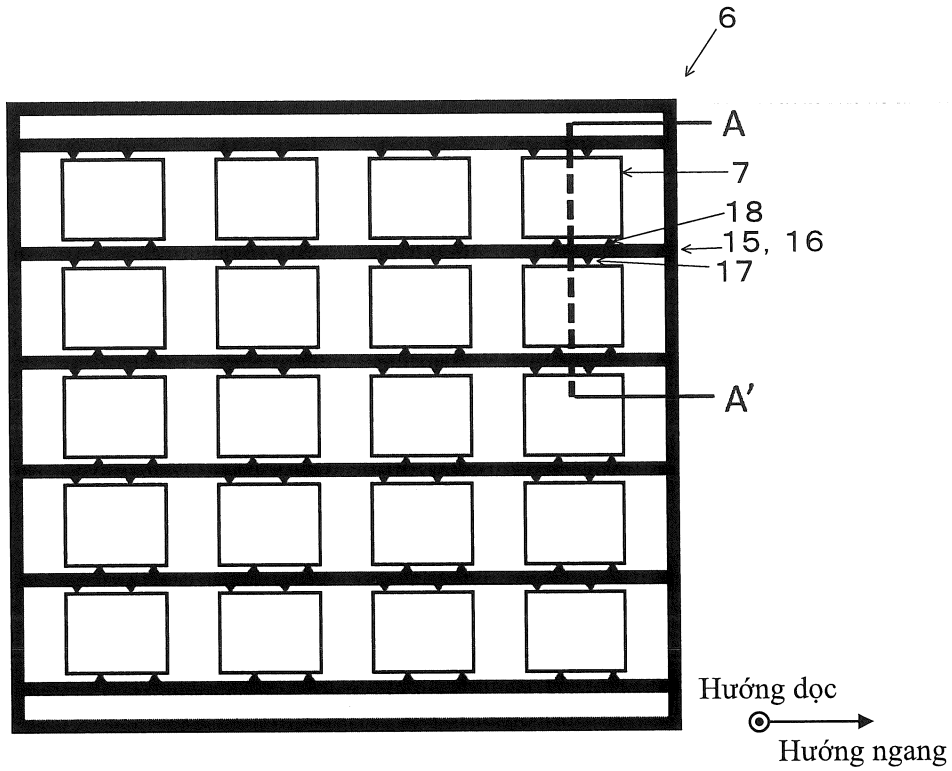

6
A
7
18
15, 16
17
A'
Hướng dọc
Hướng ngang

Fig. 7

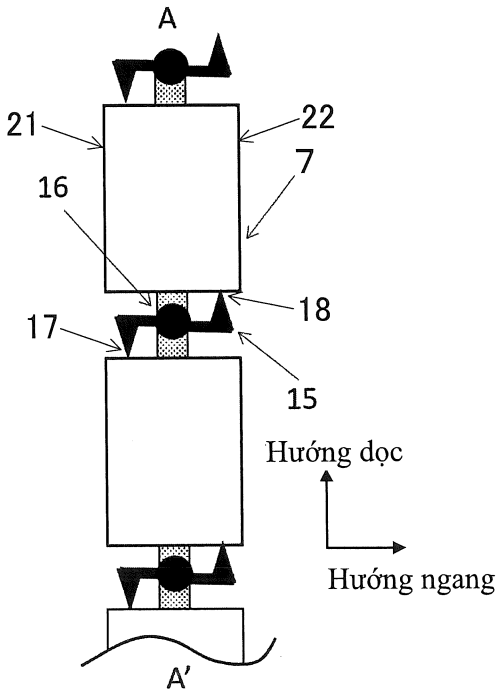

A
21
22
7
16
18
17
15
Hướng dọc
Hướng ngang
A'

Fig. 8

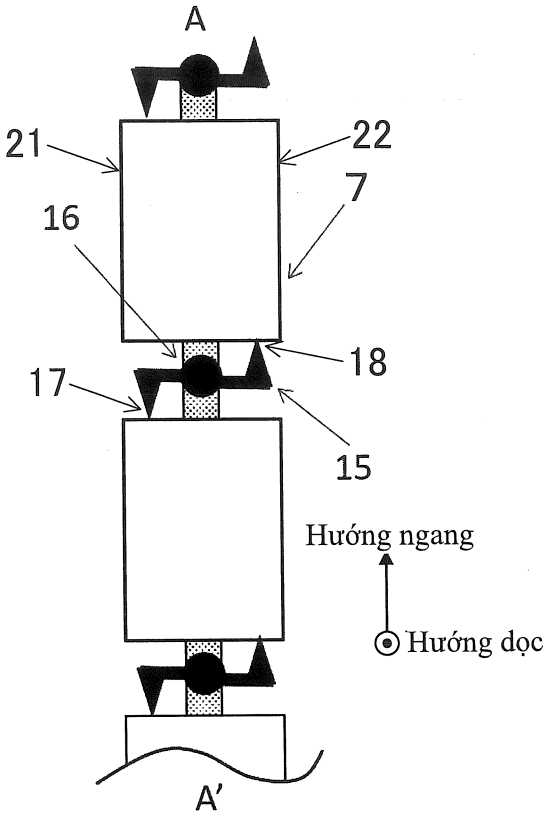

A
21
22
7
16
18
17
15
Hướng ngang
Hướng dọc
A'

Fig. 9

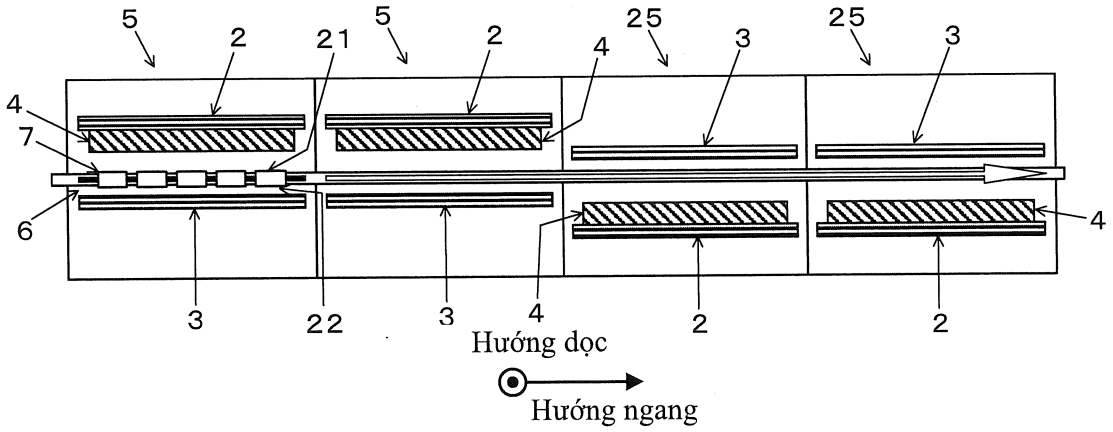

5
2
21
5
2
4
25
3
25
3
4
7
6
4
3
22
3
4
2
2
Hướng dọc
Hướng ngang

Fig. 10

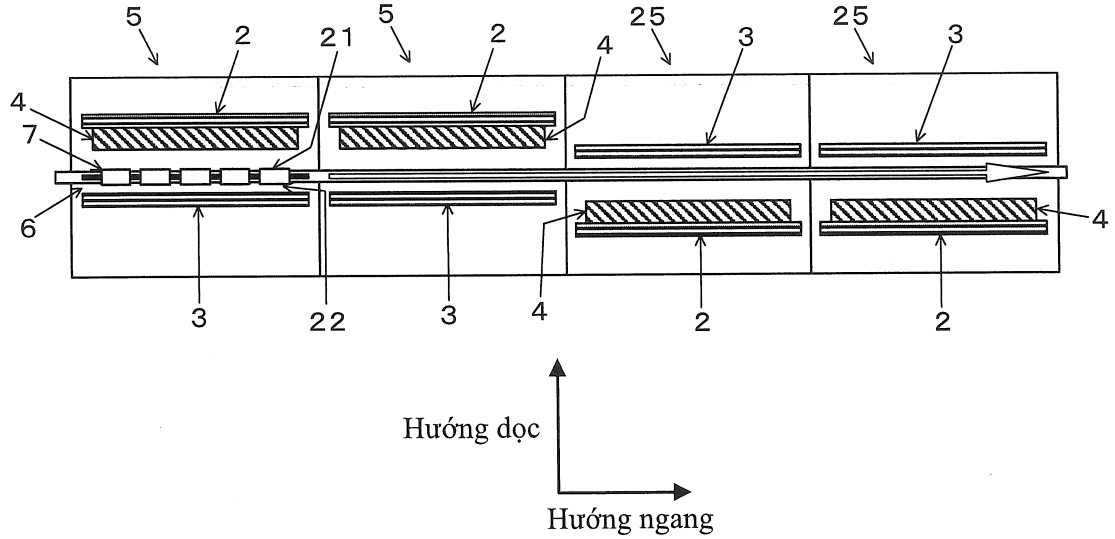
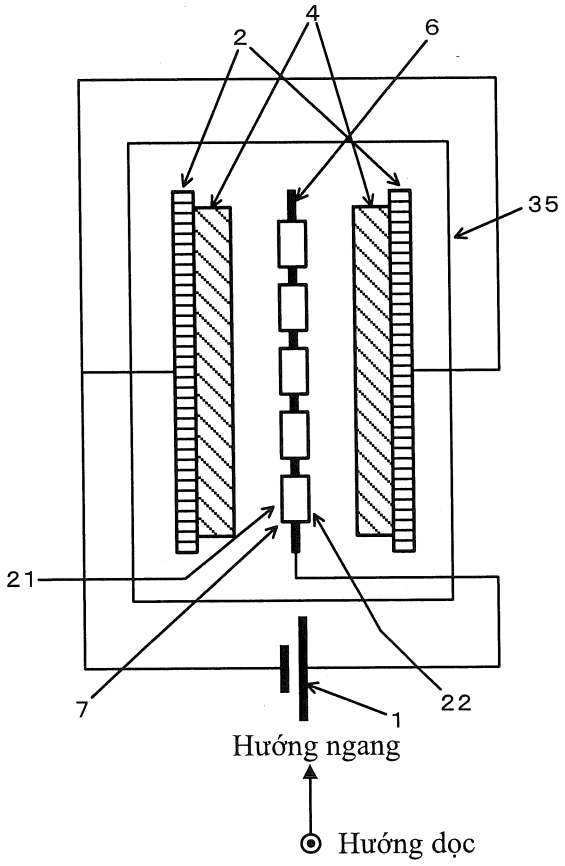

5
2
21
5
2
4
25
3
25
3
4
7
6
4
3
22
3
4
2
2
Hướng dọc
Hướng ngang

Fig. 11


4
2
6
35
21
7
22
1
Hướng ngang
Hướng dọc

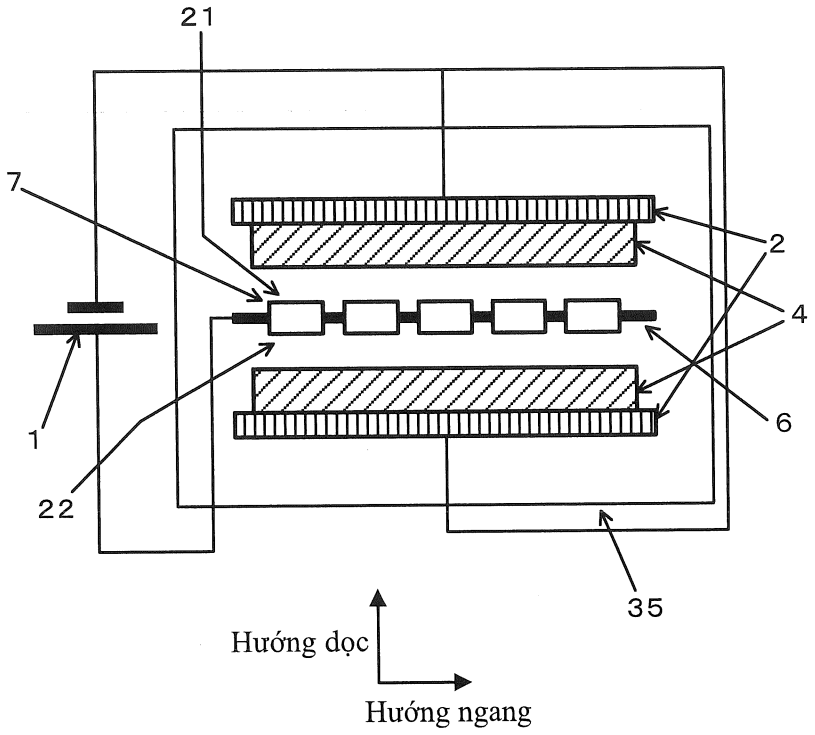



Fig. 12