



(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)



1-0052747

(51)^{2022.01} H01F 1/057; C22C 38/06; C22C 38/10; (13) B
C22C 38/12; H01F 41/02; C22C 38/16;
H01F 1/058; C22C 33/02; C22C 38/14

(21) 1-2023-04386

(22) 17/01/2022

(86) PCT/CN2022/072244 17/01/2022

(87) WO 2022/188550 15/09/2022

(30) 202110261268.0 10/03/2021 CN

(45) 27/10/2025 451

(43) 27/11/2023 428A

(73) FUJIAN GOLDEN DRAGON RARE-EARTH Co., Ltd. (CN)

Industrial New Developed Zone, Changting, Longyan, Fujian 366300, China

(72) WEI, Xing (CN); HUANG, Jiaying (CN); TANG, Zhihui (CN); HUANG, Qingfang (CN); JIANG, Zhipeng (CN); XU, Deqin (CN); CHEN, Dakun (CN); FU, Gang (CN).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) THÀNH PHẦN NGUYÊN LIỆU THÔ DÙNG CHO VẬT LIỆU NAM CHÂM NEODYM-SẮT-BO CÓ NGUỒN GỐC TỪ HỢP KIM CHÍNH VÀ PHỤ, PHƯƠNG PHÁP TẠO RA CHÚNG, VÀ VẬT LIỆU NAM CHÂM NEODYM-SẮT-BO CÓ NGUỒN GỐC TỪ HỢP KIM CHÍNH VÀ PHỤ ĐƯỢC TẠO RA TỪ PHƯƠNG PHÁP NÀY

(21) 1-2023-04386

(57) Sáng chế đề cập đến thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, phương pháp điều chế chúng, và vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra từ phương pháp này. Thành phần nguyên liệu cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ của sáng chế bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu thô đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 1,0-15,0% khối lượng. Đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra bằng cách sử dụng thành phần nguyên liệu thô, độ kháng từ được tăng lên trong khi đảm bảo độ từ dư cao và phương pháp tạo ra chúng có thể phù hợp cho ứng dụng kỹ thuật.

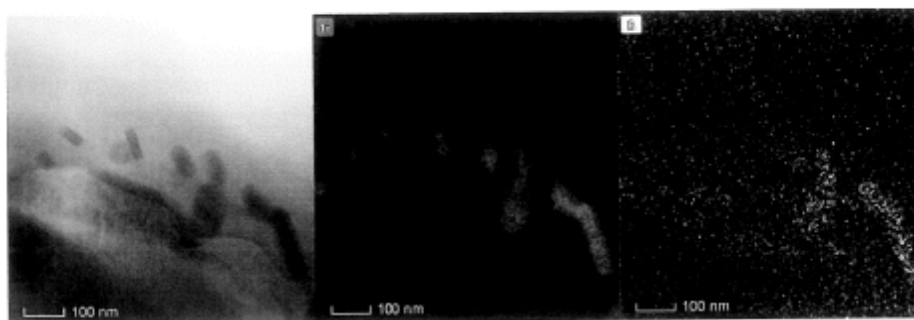


Fig. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ và phương pháp tạo ra chúng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nam châm Neodym-Sắt-Bo đã thu hút nhiều sự chú ý như nam châm vĩnh cửu có tích năng lượng từ lớn nhất ở nhiệt độ phòng, mà được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực động cơ kéo, động cơ trợ lực, động cơ truyền động chính cho phương tiện năng lượng mới, các bộ phận từ tính, tuabin gió và tương tự. Tuy nhiên, khả năng chống khử từ tính của nam châm thương mại chỉ bằng 1/4 giá trị lý thuyết (khoảng 71KOe). Khả năng chống khử từ tính của Neodym-Sắt-Bo thường được đặc trưng bởi độ kháng từ. Độ lớn của độ kháng từ bị ảnh hưởng rất nhiều bởi cấu trúc vi mô của Neodym-Sắt-Bo, và đồng thời, nó được kiểm soát bởi hai cơ chế của trường hạt nhân và trường ghim. Trường hạt nhân chiếm ưu thế, và cách để trường hạt nhân làm tăng HcJ là loại bỏ các điểm hạt nhân miền đảo ngược. Từ điểm dưới kính hiển vi trên hình vẽ, thường có ba cách sau đây để cải thiện độ kháng từ:

1) Cải thiện khả năng ghép khử từ của pha biên hạt giữa các pha chính, và phương pháp cụ thể là đưa $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{X}$ vào pha chính để hấp thụ Fe ở biên hạt, do đó pha biên hạt chuyển sang pha không từ tính hoặc pha phản sắt từ, và đồng thời, mở rộng biên hạt; hoặc, tăng thể tích pha biên hạt bằng cách tăng tổng hàm lượng đất hiếm; hoặc, thêm các nguyên tử biên hạt như Cu, Ga, Co, Al và tương tự để cải thiện tính lưu động của pha giàu Neodym, tối ưu hóa biên hạt của pha chính, để sửa chữa các khuyết tật trong pha chính, giảm sự hình thành các miền đảo ngược và tăng HcJ. HcJ được cải thiện bằng các phương pháp như vậy được giới hạn, và khó để tăng HcJ đến 25kOe hoặc lớn hơn.

2) Tinh chế các hạt để giảm các điểm hạt nhân miền đảo ngược của các hạt pha chính. Kích thước miền đơn càng gần, miền đảo ngược càng khó hình thành; hoặc hình thành các pha biên hạt như $\text{Nd}_6\text{Fe}_{13}\text{X}$ để tách các góc nhọn của các hạt pha chính, sao cho biên hạt của các pha chính trở nên nhẵn để giảm các điểm hạt nhân miền đảo ngược. Các phương pháp này có thể cải thiện HcJ hữu hiệu và HcJ của nam châm được tạo ra bằng phương pháp màng mỏng có thể đạt tới 29 kOe, nhưng các phương pháp này rất khó áp dụng về mặt kỹ thuật.

3) Tăng trường dị hướng của pha chính bằng cách thêm đất hiếm nặng. Tuy nhiên, trữ lượng thấp và giá cao của tài nguyên đất hiếm nặng hạn chế nghiêm trọng việc áp dụng nam châm Neodym-Sắt-Bo trong các ngành công nghiệp khác nhau. Thông thường, các phương pháp hợp kim kép hoặc phương pháp khuếch tán được áp dụng để phân phối đất hiếm nặng ở lớp ngoài của pha chính, mà cải thiện tỷ lệ sử dụng đất hiếm nặng. Tuy nhiên, các phương pháp khuếch tán không thể áp dụng cho nam châm có độ dày lớn ($> 15\text{mm}$), và hiệu quả cải thiện do các phương pháp hợp kim kép hiện có mang lại bị hạn chế (HcJ có thể tăng khoảng 1-1,5 kOe).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết khuyết điểm liên quan đến độ kháng từ thấp của nam châm Neodym-Sắt-Bo được tạo ra bằng phương pháp hợp kim kép trong kỹ thuật đã biết, sáng chế đề xuất vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ và phương pháp tạo ra của chúng. Đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ của sáng chế, độ kháng từ được tăng lên trong khi độ từ dư cao được đảm bảo và phương pháp tạo ra chúng có thể thích hợp cho ứng dụng kỹ thuật.

Sáng chế đạt được các mục đích nêu trên thông qua các giải pháp kỹ thuật sau đây.

Sáng chế đề xuất thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó:

nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 10,0-33,0% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nhẹ LR, trong đó LR là một hoặc nhiều nguyên tử

được chọn từ nhóm bao gồm Y, La, Ce, Pr và Nd; 0-20,0% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nặng HR, trong đó HR là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm bao gồm Gd, Dy, Tb và Ho; 0,1-5,0 % khối lượng là M, trong đó M là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm gồm Co, Cu, Al và Ga; 0,05-0,7% khối lượng là X, trong đó X là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm gồm Zr, Ti và Nb; 0,94-1,1 % khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính,

nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 0-30,0% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nhẹ LR, trong đó LR là Nd và/hoặc Pr; 1-80% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nặng HR, trong đó HR là Dy và/hoặc Tb; 5,0-20,0% khối lượng là M, trong đó M là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm gồm Co, Cu, Al và Ga; 3,0-12,0 % khối lượng là X, trong đó X là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Zr, Hf, Nb, W và Ta; 0-0,6% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và

phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu thô đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 1,0-15,0% khối lượng.

Theo sáng chế, tốt hơn là, nguyên liệu thô của hợp kim chính có tổng hàm lượng đất hiếm TRE là 26,0-40,0% khối lượng, tốt hơn là 29,0-32,0% khối lượng, ví dụ, 29,5% khối lượng, 30,5% khối lượng hoặc 31,5% khối lượng, trong đó khối lượng % đề cập đến phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng LR là 25,0-30,0% khối lượng, ví dụ, 25,2% khối lượng, 29,5% khối lượng hoặc 30% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi LR bao gồm Nd, hàm lượng của Nd là 18,9-22,5% khối lượng, chẳng hạn như 22,125% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi LR bao gồm Pr,

hàm lượng của Pr là 6,0-7,5% khối lượng, chẳng hạn như 6,3% khối lượng hoặc 7,375% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, LR bao gồm Nd và Pr. Tốt hơn nữa, hàm lượng của Nd là 22,125% khối lượng, và hàm lượng của Pr là 7,375% khối lượng; hoặc, hàm lượng Nd là 22,5% khối lượng và hàm lượng Pr là 7,5% khối lượng; hoặc, hàm lượng của Nd là 18,9% khối lượng và hàm lượng Pr là 6,3% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng HR là 1,0-10,0% khối lượng, ví dụ: 1,5% khối lượng hoặc 5,3% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi HR bao gồm Dy, thì hàm lượng của Dy là 1,0-5,0% khối lượng, ví dụ, 1,5% khối lượng hoặc 4,3% khối lượng. Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, HR là Dy; hàm lượng của Dy tốt hơn là 1,5% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi HR bao gồm Ho, hàm lượng của Ho là 0,5-2,0% khối lượng, ví dụ: 1,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu chính nguyên liệu thô của hợp kim.

Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, HR bao gồm Dy và Ho, trong đó hàm lượng của Dy tốt hơn là 4,3% khối lượng, và hàm lượng của Ho tốt hơn là 1,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng M là 0,5-2,0% khối lượng, ví dụ: 0,88% khối lượng, 1,5% khối lượng hoặc 1,65% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi M bao gồm Ga, thì hàm lượng của Ga là 0,2-0,4% khối lượng, ví dụ: 0,25% khối lượng, trong đó % khối

lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi M chứa Al, hàm lượng Al là 0,01-0,1% khối lượng, ví dụ: 0,03% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi M chứa Cu, hàm lượng Cu là 0,1-0,25% khối lượng, ví dụ: 0,15% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi M chứa Co, hàm lượng Co là 0,5-1,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, M bao gồm Ga, Al, Cu và Co, trong đó, hàm lượng Ga tốt hơn là 0,25% khối lượng, hàm lượng Al tốt hơn là 0,03% khối lượng, hàm lượng Cu tốt hơn là 0,1% khối lượng, và hàm lượng Co tốt hơn là 0,5% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng của X là 0,1-0,35% khối lượng, ví dụ: 0,11% khối lượng hoặc 0,15% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính. Tốt hơn là trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, X là Zr hoặc Ti.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng B là 0,97-0,99% khối lượng, ví dụ: 0,98% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo phương án được ưu tiên, nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 22,125% khối lượng là Nd; 7,375% khối lượng là Pr; 0,25% khối lượng là Ga; 0,03% khối lượng là Al; 0,1% khối lượng là Cu; 0,5 % khối lượng là Co; 0,11% khối lượng là Zr; 0,98% khối lượng là B; và Fe làm cân bằng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo phương án được ưu tiên, nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 22,5% khối lượng là Nd; 7,5% khối lượng là Pr; 1,5% khối lượng là Dy; 0,4% khối lượng là Ga; 0,25% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,35% khối lượng là Zr; 0,97% khối lượng là B; và Fe làm cân bằng, trong đó % khối lượng là phần

trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo phương án được ưu tiên, nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 18,9% khối lượng là Nd; 6,3% khối lượng là Pr; 4,3% khối lượng là Dy; 1,0% khối lượng là Ho; 0,25% khối lượng là Ga; 0,1% khối lượng là Al; 0,15% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,15% khối lượng là Ti; 0,97% khối lượng là B; và Fe làm cân bằng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

Theo sáng chế, nguyên liệu thô của hợp kim phụ có tổng hàm lượng đất hiếm TRE là 35,0-50,0% khối lượng, tốt hơn là 40,0-45,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng LR tốt hơn là 20,0-30,0% khối lượng, ví dụ: 25,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, khi LR bao gồm Nd, hàm lượng của Nd là 10,0-20,0% khối lượng, ví dụ: 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, khi LR bao gồm Pr, hàm lượng của Pr là 15,0-25,0% khối lượng, ví dụ, 20,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, LR là Nd và Pr, hàm lượng của Nd là 15,0% khối lượng và hàm lượng của Pr là 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng HR tốt hơn là 15,0-20,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, HR là Tb và hàm lượng Tb là 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, HR là Dy và hàm lượng Dy là 20,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, khi M bao gồm Ga, hàm lượng của Ga tốt hơn là từ 2,0-10,0% khối lượng, ví dụ: 5,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, khi M bao gồm Co, hàm lượng Co tốt hơn là từ 10,0-20,0% khối lượng, ví dụ: 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Tốt hơn là, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, M là Ga và Co; trong đó, hàm lượng Ga tốt hơn là 5,0% khối lượng, hàm lượng Co tốt hơn là 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng của X tốt hơn là từ 4,0-10,0% khối lượng, ví dụ: 4,5% khối lượng hoặc 5,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong hợp kim phụ nguyên liệu thô; tốt hơn là trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, X là Zr.

Theo sáng chế, trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng B là 0,3-0,6% khối lượng, ví dụ: 0,4% khối lượng hoặc 0,5% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo phương án được ưu tiên, nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 15,0% khối lượng là Nd; 15,0% khối lượng là Pr; 15,0% khối lượng là Tb; 10,0 % khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo phương án được ưu tiên, nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 25,0% khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 4,5% khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo phương án được ưu tiên, nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 20,0% khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 5,0 % khối lượng là Ga; 15,0 % khối lượng là Co; 5,0 % khối lượng là Zr; 0,4% khối lượng là B; và phần

còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

Theo sáng chế, phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ tốt hơn là từ 2,0-5,0% khối lượng, ví dụ: 4,0% khối lượng.

Theo phương án được ưu tiên, thành phần nguyên liệu của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó: nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 22,125% khối lượng là Nd; 7,375% khối lượng là Pr; 0,25% khối lượng là Ga; 0,03% khối lượng là Al; 0,1% khối lượng là Cu; 0,5 % khối lượng là Co; 0,11% khối lượng là Zr; 0,98% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 15,0 % khối lượng là Nd; 15,0% khối lượng là Pr; 15,0% khối lượng là Tb; 10,0 % khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 4,0% khối lượng.

Theo phương án được ưu tiên, thành phần nguyên liệu của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó: nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 22,5% khối lượng là Nd; 7,5% khối lượng là Pr; 1,5% khối lượng là Dy; 0,4% khối lượng là Ga; 0,25% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,35% khối lượng là Zr; 0,97% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 25,0 % khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 4,5% khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có

nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 5,0% khối lượng.

Theo phương án được ưu tiên, thành phần nguyên liệu của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó: nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 18,9% khối lượng là Nd; 6,3% khối lượng là Pr; 4,3% khối lượng là Dy; 1,0% khối lượng là Ho; 0,25% khối lượng là Ga; 0,1% khối lượng là Al; 0,15% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,2% khối lượng là Zr; 0,97% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 20,0% khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 5,0 % khối lượng là Ga; 15,0 % khối lượng là Co; 5,0 % khối lượng là Zr; 0,4% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 4,0% khối lượng.

Sáng chế còn đề xuất phương pháp điều chế vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, bao gồm các bước sau:

S1: đưa nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ vào thành phần nguyên liệu cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ để nấu chảy và sau đó đúc tương ứng, để thu được hợp kim chính và hợp kim phụ tương ứng;

S2: lần lượt đưa hợp kim chính và hợp kim phụ vào quá trình tách vỡ bằng hydro và nghiền thành bột tương ứng, trộn hợp kim chính đã nghiền thành bột và hợp kim phụ để tạo ra hỗn hợp, và tạo hình và thiêu kết hỗn hợp, để thu được vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ.

Trong sáng chế này, phương pháp nấu chảy, đúc, tách vỡ bằng hydro, nghiền thành bột, tạo hình và thiêu kết đều là các phương pháp vận hành thông thường sử dụng các điều kiện thông thường tại trong lĩnh vực kỹ thuật.

Trong sáng chế này, phương pháp nấu chảy có thể được thực hiện theo các phương pháp nấu chảy thông thường trong lĩnh vực kỹ thuật này, phương pháp nấu chảy được thực hiện trong lò nấu chảy. Lò nấu chảy có độ chân không khoảng 5×10^{-2} Pa.

Nhiệt độ nấu chảy có thể là 1300°C-1600°C, tốt hơn là 1500°C-1550°C

Theo sáng chế, quy trình đúc có thể là quy trình đúc thông thường trong lĩnh vực kỹ thuật này, ví dụ: quy trình đúc liên tục dạng dải, quy trình đúc thổi, quy trình đúc ly tâm, hoặc quy trình tôi nhanh.

Theo sáng chế, quy trình tách vỡ bằng hydro có thể là quy trình truyền thống trong lĩnh vực này. Sự tách vỡ bằng hydro có nhiệt độ khử hydro có thể là 400°C-650°C, ví dụ, 500-620°C.

Theo sáng chế, quy trình nghiền thành bột có thể là quy trình nghiền thành bột truyền thống trong lĩnh vực này. Quá trình nghiền thành bột tốt hơn là được thực hiện trong máy nghiền siêu mịn. Tốt hơn là quá trình nghiền thành bột được thực hiện trong môi trường chứa oxy, trong đó hàm lượng oxy trong môi trường chứa oxy có thể từ 80 ppm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là từ 50 ppm hoặc nhỏ hơn. Các hạt sau khi nghiền thành bột có đường kính từ 1-20 μm .

Theo sáng chế, các điều kiện để tạo hình có thể là truyền thống trong lĩnh vực này, ví dụ, quá trình tạo hình bao gồm ép thành vật ép tươi bằng máy ép. Cường độ từ trường trong máy ép tốt hơn là 0,5T-3,0T, ví dụ: 1,0-2,0T. Áp suất ép có thể là 200-300 MPa, ví dụ 260 MPa. Thời gian ép có thể là truyền thống trong lĩnh vực này, có thể là 3-30 giây, ví dụ 15 giây.

Theo sáng chế, các điều kiện để thiêu kết có thể là truyền thống trong lĩnh vực này. Nhiệt độ để thiêu kết có thể là 1000°C-1150°C, tốt hơn là 1060-1090°C. Thời gian thiêu kết có thể là 4-20 giờ. Môi trường cho quá trình thiêu kết tốt hơn là môi trường chân không hoặc khí argon.

Sáng chế còn đề xuất vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra theo phương pháp điều chế của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ.

Theo sáng chế, vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ bao gồm pha chính và pha biên hạt, trong đó pha chính là cấu trúc lõi-vỏ, trong đó: lõi là LR_{214}B , và vỏ là HR_{214}B ; pha biên hạt bao gồm pha giàu Neodym, pha XB_2 pha và pha $\text{R}_6\text{T}_{13}\text{M}$;

trong đó R là LR và/hoặc HR;

LR là một hoặc nhiều được chọn từ nhóm bao gồm Y, La, Ce, Pr và Nd;

HR là một hoặc nhiều được chọn từ nhóm bao gồm Gd, Dy, Tb và Ho;

M là một hoặc nhiều được chọn từ nhóm gồm Cu, Al và Ga;

X là một hoặc nhiều được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Zr, Hf, Nb, W và Ta; Và

T là Fe và/hoặc Co.

Tốt hơn là, trong vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, LR là Pr và Nd; HR là Tb; M là Cu, Al và Ga; X là Zr; còn T là Fe và Co.

Tốt hơn là, trong vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, LR là Pr và Nd; HR là Dy; M là Cu và Ga; X là Zr; còn T là Fe và Co.

Tốt hơn là, trong vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, LR là Pr và Nd; HR là Dy và Ho; M là Cu, Al và Ga; X là Ti; T là Fe và Co.

Trong sáng chế này, hợp kim chính tạo ra pha chính $\text{LR}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ và pha giàu Neodym nhất định, trong khi hợp kim phụ tạo ra HR làm nguồn khuếch tán. Trong quá trình thiêu kết, HR trong hợp kim phụ khuếch tán lên bề mặt của các hạt pha chính thông qua pha giàu Neodym nóng chảy, thay thế LR trong các hạt pha chính, từ đó hình thành lớp vỏ đất hiếm nặng $\text{HR}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ trên bề mặt pha chính. B có hàm lượng thấp trong hợp kim phụ tồn tại ở dạng dung dịch rắn, do đó làm giảm sự tồn tại của $\text{HR}_2\text{T}_{14}\text{B}$, giúp HR dễ dàng hình thành lớp vỏ ở mép ngoài của các hạt pha chính trong quá trình trộn, nhờ đó cải thiện hiệu quả sử dụng HR. Đồng thời, hàm lượng B thấp làm cho các tấm hợp kim phụ dễ bị phá vỡ hơn, tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động bình thường của thiết bị nấu chảy và tạo điều kiện thuận lợi cho bước tiếp theo của quá trình tách vỡ bằng hydro. Khi hợp kim chính và hợp kim phụ được trộn lẫn và xử lý nhiệt, nguyên tử X trong pha giàu Neodym kết hợp với B để tạo thành kết tủa XB_2 ở nhiệt độ cao, và Fe trong R-Fe-X và Fe-X ban đầu được giải phóng, do đó cải thiện tính lưu động của pha giàu Neodym, thúc đẩy sự hình thành pha $\text{R}_6\text{T}_{13}\text{M}$ (pha tứ giác, mà là pha không từ tính hoặc pha phản từ) từ các nguyên tử M và tương tự, do đó cải thiện độ kháng từ nội tại (HcJ) của nam châm trong khi vẫn đảm bảo độ từ dư cao (Br).

Trên cơ sở phù hợp với kiến thức thông thường trong lĩnh vực này, các điều kiện ưu tiên nêu trên có thể được kết hợp tùy ý để có được các ví dụ ưu tiên của sáng chế.

Thuốc thử và nguyên liệu thô được sử dụng theo sáng chế đều có sẵn trên thị trường.

Hiệu quả có lợi của sáng chế như sau.

Theo sáng chế, bằng cách xây dựng tổ hợp của hợp kim chính và hợp kim phụ và kết hợp các tỷ lệ nguyên liệu thô cụ thể, lớp vỏ đất hiếm nặng được hình thành trên các hạt pha chính Neodym-Sắt-Bo, và đồng thời tính lưu động của pha giàu Neodym được cải thiện, do đó cải thiện độ kháng từ nội tại của nam châm trong khi vẫn đảm bảo độ từ dư cao. Ngoài ra, phương pháp điều chế của sáng chế đơn giản và dễ dàng, và có thể được áp dụng trong kỹ thuật.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 thể hiện hình ảnh TEM của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra trong Ví dụ 3 theo sáng chế.

Fig. 2 thể hiện sơ đồ phân tích nguyên tử của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra trong Ví dụ 1 theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được minh họa thêm dưới đây bằng các ví dụ, nhưng sáng chế không giới hạn trong phạm vi của các ví dụ. Các phương pháp thử nghiệm không chỉ ra các điều kiện cụ thể trong các ví dụ sau được thực hiện theo các phương pháp và điều kiện thông thường hoặc được lựa chọn theo hướng dẫn của sản phẩm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1-3.

(1) Quy trình đúc:

Theo các thành phần thể hiện trong Ví dụ 1-3 trong Bảng 1 sau đây, nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được đặt tương ứng trong lò nấu chảy chân không và được nấu chảy ở nhiệt độ 1500-1550 °C dưới độ chân không 5×10^{-2} Pa. Sau đó, chất lỏng nóng chảy thu được bằng cách nấu chảy được đúc riêng bằng quy trình đúc liên tục dạng dải để thu được các tấm hợp kim chính và các tấm hợp kim phụ.

(2) Quá trình tách vỡ bằng hydro:

Ở nhiệt độ phòng, các tấm hợp kim chính và các tấm hợp kim phụ được tạo ra ở

Bước (1) lần lượt được đưa vào hấp thụ hydro và sau đó xử lý khử hydro chân không ở 500-620°C để thu được bột nghiền thô.

(3) Quá trình nghiền thành bột:

Bột nghiền thô thu được ở Bước (2) được nghiền mịn trong máy nghiền siêu mịn trong môi trường có hàm lượng oxy từ 50 ppm hoặc nhỏ hơn để thu được bột nghiền mịn với kích thước hạt trung bình là 1-20 μm .

(4) Quá trình định hình:

Bột nghiền mịn được ép thành khối màu xanh lục trong máy ép có cường độ từ trường 1,0-2,0 T, sau đó được giữ dưới áp suất 260 MPa trong 15 giây để thu được phần thân đúc.

(5) Quá trình thiêu kết:

Phần thân đúc được thiêu kết ở nhiệt độ 1060-1090°C trong môi trường thiêu kết chân không hoặc khí argon để tạo ra vật liệu nam châm vĩnh cửu Neodym-Sắt-Bo.

Bảng 1 Thành phần và hàm lượng (% khối lượng) của thành phần nguyên liệu đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ

	Nguyên tử	Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3
Hợp kim chính	LR	29,5	30,0	25,2
	Nd	22,125	22,5	18,9
	Pr	7,375	7,5	6,3
	Y	/	/	/
	La	/	/	/
	Ce	/	/	/
	HR	/	1,5	5,3
	Gd	/	/	/
	Dy	/	1,5	4,3
	Tb	/	/	/

	Ho	/	/	1,0
	M	0,88	1,65	1,5
	Ga	0,25	0,4	0,25
	Al	0,03	/	0,1
	Cu	0,1	0,25	0,15
	Co	0,5	1,0	1,0
	X	0,11	0,35	0,15
	Zr	0,11	0,35	/
	Ti	/	/	0,15
	Nb	/	/	/
	B	0,98	0,97	0,97
	Fe	Phần còn lại	Phần còn lại	Phần còn lại
Hợp kim phụ	LR	30,0	25,0	20,0
	Nd	15,0	/	/
	Pr	15,0	25,0	20,0
	HR	15,0	20,0	20,0
	Dy	/	20,0	20,0
	Tb	15,0	/	/
	M	/	/	20,0
	Ga	/	/	5,0
	Co	/	/	15,0
	X	10,0	4,5	5,0
	Ti	/	/	/
	Zr	10,0	4,5	5,0
	Hf	/	/	/

	Nb	/	/	/
	W	/	/	/
	Ta	/	/	/
	B	0,5	0,5	0,4
	Fe	Phần còn lại	Phần còn lại	Phần còn lại
Tỷ lệ hợp kim chính so với hợp kim phụ		96:4	95:5	96:4

Trong đó, “/” có nghĩa là không bao gồm thành phần này.

Ví dụ hiệu quả

(1) Kiểm tra bằng Kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM-Transmission Electron Microscopy)

Cấu trúc pha của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra trong Ví dụ 3 được quan sát bằng TEM và kết quả được thể hiện trên Fig. 1. Fig. 1 thể hiện sự phân bố nguyên tử của vùng giàu Ti trong pha biên hạt. Từ đó có thể thấy rằng Ti có liên quan chặt chẽ với nguyên tử B. Kết hợp giản đồ pha và tính toán nhiệt động học, có thể thấy pha này là TiB_2 , và Zr, Ti, Hf hoặc tương tự là các nguyên tử thuộc cùng nhóm và pha này có thể được tạo ra trong quá trình tạo ra Neodym-Sắt-Bo. TiB_2 là pha gồm nhiệt độ cao, ổn định trong phạm vi nhiệt độ lớn, do đó tinh chế B trong biên hạt, làm cho pha giàu Neodym dễ lưu thông hơn và tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành tứ giác $Nd_6Fe_{13}Ga$ và các pha khác.

(2) Kiểm tra các đặc tính từ

Các đặc tính từ của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra trong Ví dụ 1-3 đã được thử nghiệm bằng cách sử dụng Dụng cụ đo nam châm vĩnh cửu độ kháng từ cực cao PFM14.CN của Viện Đo lường Trung Quốc.

Bảng 2 Tính chất từ của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ

Số	Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3
----	---------	---------	---------

Br (kGs)	14,3	13,1	12,2
HcJ (kOe)	18,9	24,5	30,5

“Br” đề cập đến độ từ dư, mà là từ tính có thể được duy trì sau khi vật liệu nam châm vĩnh cửu được từ hóa bằng cách bão hòa và sau đó loại bỏ từ trường bên ngoài.

Lực cưỡng bức phân cực từ tính H_{cJ} (lực cưỡng bức nội tại).

(3) Thử nghiệm bởi FE-EPMA

Vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra trong Ví dụ 1 được quét bởi FE-EPMA để tạo thành sơ đồ phân tích nguyên tử (Tb, Al, Ga, Co, B, CP, Nd, Cu, Zr và tương tự), như thể hiện trên Fig. 2. Có thể thấy từ Fig. 2 rằng các nguyên tử đất hiếm nặng như Tb tạo thành lớp vỏ được làm giàu ở lớp ngoài của pha chính, và các nguyên tử nhiệt độ cao như Zr được phân bố đều trong pha biên hạt, do đó B trong pha giàu Neodym được tinh chế, dễ dàng hơn để tạo thành pha tứ giác $Nd_6Fe_{13}Ga$ và các pha phản từ khác, cả hai đều cùng làm tăng độ kháng từ của nam châm.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó:

nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 10,0-33,0% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nhẹ LR, trong đó LR là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm bao gồm Y, La, Ce, Pr và Nd; 0-20,0% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nặng HR, trong đó HR là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm bao gồm Gd, Dy, Tb và Ho; 0,1-5,0 % khối lượng là M, trong đó M là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm gồm Co, Cu, Al và Ga; 0,05-0,7% khối lượng là X, trong đó X là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm gồm Zr, Ti và Nb; 0,94-1,1 % khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính;

nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 0-30,0% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nhẹ LR, trong đó LR là Nd và/hoặc Pr; 1-80% khối lượng là nguyên tử đất hiếm nặng HR, trong đó HR là Dy và/hoặc Tb; 5,0-20,0% khối lượng là M, trong đó M là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm gồm Co, Cu, Al và Ga; 3,0-12,0 % khối lượng là X, trong đó X là một hoặc nhiều nguyên tử được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Zr, Hf, Nb, W và Ta; 0-0,6% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và

phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu thô đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 1,0-15,0% khối lượng.

2. Thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 1, khác biệt ở chỗ:

nguyên liệu thô của hợp kim chính có tổng hàm lượng đất hiếm TRE là 26,0-40,0% khối lượng, tốt hơn là 29,0-32,0% khối lượng, ví dụ, 29,5% khối lượng, 30,5% khối lượng hoặc 31,5% khối lượng, trong đó khối lượng % đề cập đến phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng LR là 25,0-30,0% khối lượng, ví dụ, 25,2% khối lượng, 29,5% khối lượng hoặc 30% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi LR bao gồm Nd, hàm lượng Nd là 18,9-22,5% khối lượng, chẳng hạn như 22,125% khối lượng; khi LR bao gồm Pr, hàm lượng của Pr là 6,0-7,5% khối lượng, chẳng hạn như 6,3% khối lượng hoặc 7,375% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, LR bao gồm Nd và Pr; tốt hơn nữa, hàm lượng Nd là 22,125% khối lượng, và hàm lượng Pr là 7,375% khối lượng; hoặc, hàm lượng Nd là 22,5% khối lượng và hàm lượng Pr là 7,5% khối lượng; hoặc, hàm lượng của Nd là 18,9% khối lượng và hàm lượng Pr là 6,3% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng HR là 1,0-10,0% khối lượng, ví dụ: 1,5% khối lượng hoặc 5,3% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi HR bao gồm Dy, hàm lượng Dy là 1,0-5,0% khối lượng, ví dụ: 1,5% khối lượng hoặc 4,3% khối lượng; tốt hơn là trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, HR là Dy; hàm lượng Dy tốt hơn là 1,5% khối lượng; khi HR bao gồm Ho, hàm lượng của Ho là 0,5-2,0% khối lượng, ví dụ: 1,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, HR bao gồm Dy và Ho, trong đó hàm lượng của Dy tốt hơn là 4,3% khối lượng, và hàm lượng của Ho tốt hơn là 1,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng M là 0,5-2,0% khối lượng, ví dụ: 0,88% khối lượng, 1,5% khối lượng hoặc 1,65% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính;

và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, khi M bao gồm Ga, hàm lượng Ga là 0,2-0,4% khối lượng, ví dụ: 0,25% khối lượng; khi M chứa Al thì hàm lượng Al là 0,01-0,1% khối lượng, ví dụ 0,03% khối lượng; khi M chứa Cu thì hàm lượng Cu là 0,1-0,25% khối lượng, ví dụ 0,15% khối lượng; khi M chứa Co, hàm lượng Co là 0,5-1,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, M bao gồm Ga, Al, Cu và Co, trong đó, hàm lượng Ga tốt hơn là 0,25% khối lượng, hàm lượng Al tốt hơn là 0,03% khối lượng, hàm lượng Cu tốt hơn là 0,1% khối lượng, và hàm lượng Co tốt hơn là 0,5% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng của X là 0,1-0,35% khối lượng, ví dụ: 0,11% khối lượng hoặc 0,15% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, X là Zr hoặc Ti; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính, hàm lượng B là 0,97-0,99% khối lượng, ví dụ: 0,98% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

3. Thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 1, khác biệt ở chỗ:

nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 22,125% khối lượng là Nd; 7,375% khối lượng là Pr; 0,25% khối lượng là Ga; 0,03% khối lượng là Al; 0,1% khối lượng là Cu; 0,5 % khối lượng là Co; 0,11% khối lượng là Zr; 0,98% khối lượng là B; và Fe làm cân bằng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; hoặc

nguyên liệu chính của hợp kim gồm các thành phần sau: Nd 22,5 % khối lượng; 7,5% khối lượng là Pr; 1,5% khối lượng là Dy; 0,4% khối lượng là Ga; 0,25% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,35% khối lượng là Zr; 0,97% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần

trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; hoặc

nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 18,9% khối lượng là Nd; 6,3% khối lượng là Pr; 4,3% khối lượng là Dy; 1,0% khối lượng là Ho; 0,25% khối lượng là Ga; 0,1% khối lượng là Al; 0,15% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,15% khối lượng là Ti; 0,97% khối lượng là B; và Fe làm cân bằng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính.

4. Thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 1, khác biệt ở chỗ:

nguyên liệu thô của hợp kim phụ có tổng hàm lượng đất hiếm TRE là 35,0-50,0% khối lượng, tốt hơn là 40,0-45,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng LR là 20,0-30,0% khối lượng, ví dụ: 25,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, khi LR bao gồm Nd, hàm lượng Nd là 10,0-20,0% khối lượng, ví dụ: 15,0% khối lượng; khi LR bao gồm Pr, hàm lượng của Pr là 15,0-25,0% khối lượng, ví dụ, 20,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, LR là Nd và Pr, hàm lượng của Nd là 15,0% khối lượng và hàm lượng của Pr là 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng HR là 15,0-20,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, HR là Tb và hàm lượng Tb là 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, HR là Dy và hàm lượng Dy là 20,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên

liệu thô của hợp kim phụ, và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, khi M bao gồm Ga, hàm lượng của Ga là 2,0-10,0% khối lượng, ví dụ: 5,0% khối lượng; khi M bao gồm Co, hàm lượng của Co là 10,0-20,0% khối lượng, ví dụ, 15,0% khối lượng; trong đó % khối lượng đề cập đến phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, M là Ga và Co; trong đó, hàm lượng Ga tốt hơn là 5,0% khối lượng, hàm lượng Co tốt hơn là 15,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng của X là 4,0-10,0% khối lượng, ví dụ: 4,5% khối lượng hoặc 5,0% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; tốt hơn là trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, X là Zr; và/hoặc

trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, hàm lượng B là 0,3-0,6% khối lượng, ví dụ: 0,4% khối lượng hoặc 0,5% khối lượng, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ, và/ hoặc

phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu thô đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 2,0-5,0% khối lượng, ví dụ: 4,0% khối lượng.

5. Thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 1, khác biệt ở chỗ:

nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 15,0 % khối lượng là Nd; 15,0% khối lượng là Pr; 15,0% khối lượng là Tb; 10,0 % khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và/hoặc

nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 25,0% khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 4,5% khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và/hoặc

nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 20,0% khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 5,0 % khối lượng là Ga; 15,0 % khối lượng là Co; 5,0 % khối lượng là Zr; 0,4% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ.

6. Thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 1, khác biệt ở chỗ:

thành phần nguyên liệu cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó: nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 22,125% khối lượng là Nd ; 7,375% khối lượng là Pr; 0,25% khối lượng là Ga; 0,03% khối lượng là Al; 0,1% khối lượng là Cu; 0,5 % khối lượng là Co; 0,11% khối lượng là Zr; 0,98% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 15,0 % khối lượng là Nd; 15,0% khối lượng là Pr; 15,0% khối lượng là Tb; 10,0 % khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 4,0% khối lượng; hoặc

thành phần nguyên liệu cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó: nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 22,5% khối lượng là Nd; 7,5% khối lượng là Pr; 1,5% khối lượng là Dy; 0,4% khối lượng là Ga; 0,25% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,35% khối lượng là Zr; 0,97% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 25,0 % khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 4,5% khối lượng là Zr; 0,5% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên

liệu của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 5,0% khối lượng; hoặc

thành phần nguyên liệu cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ bao gồm nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ, trong đó: nguyên liệu thô của hợp kim chính bao gồm các thành phần sau: 18,9% khối lượng là Nd; 6,3% khối lượng là Pr; 4,3% khối lượng là Dy; 1,0% khối lượng là Ho; 0,25% khối lượng là Ga; 0,1% khối lượng là Al; 0,15% khối lượng là Cu; 1,0% khối lượng là Co; 0,2% khối lượng là Zr; 0,97% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim chính; nguyên liệu thô của hợp kim phụ bao gồm các thành phần sau: 20,0% khối lượng là Pr; 20,0 % khối lượng là Dy; 5,0 % khối lượng là Ga; 15,0 % khối lượng là Co; 5,0 % khối lượng là Zr; 0,4% khối lượng là B; và phần còn lại là Fe, trong đó % khối lượng là phần trăm khối lượng của thành phần trong nguyên liệu thô của hợp kim phụ; và phần trăm khối lượng của nguyên liệu thô của hợp kim phụ trong thành phần nguyên liệu đối với vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ là 4,0% khối lượng.

7. Phương pháp điều chế vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, bao gồm các bước sau:

S1: đưa nguyên liệu thô của hợp kim chính và nguyên liệu thô của hợp kim phụ vào thành phần nguyên liệu thô dùng cho vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6 để nấu chảy và sau đó đúc tương ứng, để thu được hợp kim chính và hợp kim phụ tương ứng;

S2: lần lượt đưa hợp kim chính và hợp kim phụ vào quá trình tách vỡ bằng hydro và nghiền thành bột tương ứng, trộn hợp kim chính đã nghiền thành bột và hợp kim phụ để tạo ra hỗn hợp, và tạo hình và thiêu kết hỗn hợp, để thu được vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ.

8. Phương pháp điều chế vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 7, đặc trưng ở chỗ:

bước nấu chảy được thực hiện trong lò luyện kim có độ chân không khoảng $5 \times$

10^{-2} Pa và nhiệt độ nấu chảy 1300°C - 1600°C , tốt hơn là 1500°C - 1550°C ; và/hoặc

quy trình đúc là quy trình đúc liên tục dải, quy trình đúc thổi, quy trình đúc ly tâm hoặc quy trình làm nguội nhanh; và/hoặc

sự tách vỡ bằng hydro có nhiệt độ khử hydro là 400°C - 650°C , ví dụ, 500 - 620°C ; và/hoặc

quá trình nghiền thành bột được thực hiện trong máy nghiền siêu mịn; và/hoặc

quá trình nghiền thành bột được thực hiện trong môi trường có chứa oxy, trong đó hàm lượng oxy trong môi trường có chứa oxy tốt hơn là từ 80 ppm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 50 ppm hoặc nhỏ hơn; và/hoặc

các hạt sau khi nghiền thành bột có đường kính 1 - $20\ \mu\text{m}$; và/hoặc

quá trình tạo hình bao gồm ép thành khối màu xanh lục trong máy ép có cường độ từ trường tốt hơn là $0,5\text{T}$ - $3,0\text{T}$, ví dụ: $1,0$ - $2,0\text{T}$, ở áp suất ép tốt hơn là 200 - $300\ \text{MPa}$, ví dụ: $260\ \text{MPa}$, đối với thời gian nhấn tốt hơn là 3 - 30 giây, ví dụ: 15 giây; và/hoặc

nhiệt độ để thiêu kết là 1000°C - 1150°C , tốt hơn là 1060 - 1090°C ; và/hoặc

thời gian thiêu kết là 4 - 20 giờ; và/hoặc

môi trường cho quá trình thiêu kết là môi trường chân không hoặc khí argon.

9. Vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ được tạo ra theo phương pháp điều chế của vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 7 hoặc 8.

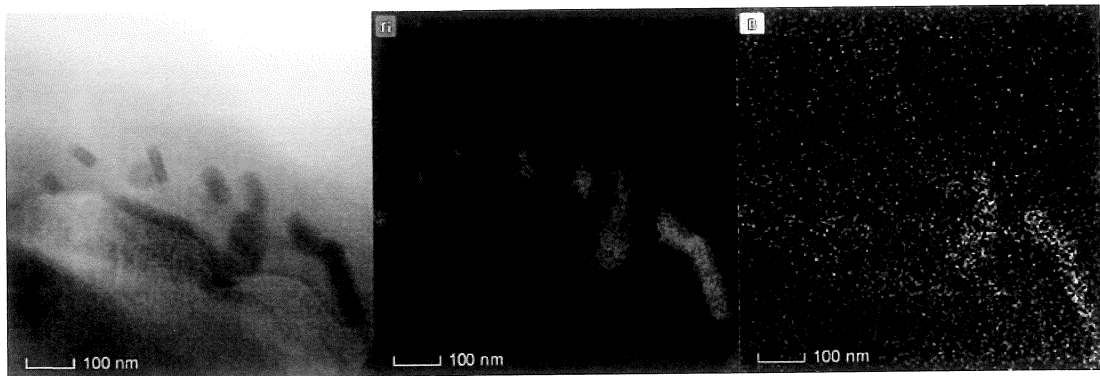
10. Vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ theo điểm 9, được đặc trưng bởi bao gồm pha chính và pha biên hạt, trong đó pha chính là cấu trúc vỏ-lõi, trong đó: lõi là $\text{LR}_{2\text{T}14}\text{B}$, và vỏ là $\text{HR}_{2\text{T}14}\text{B}$; pha biên hạt bao gồm pha giàu Neodym, XB_2 pha và một $\text{R}_{6\text{T}13}$ pha M; trong đó R là LR và/hoặc HR; LR là một hoặc nhiều hơn được chọn từ nhóm bao gồm Y, La, Ce, Pr và Nd; HR là một hoặc nhiều người được chọn từ nhóm bao gồm Gd, Dy, Tb và Ho; M là một hoặc nhiều được chọn từ nhóm gồm Cu, Al và Ga; X là một hoặc nhiều được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Zr, Hf, Nb, W và Ta; và T là Fe và/hoặc Co;

tốt hơn là, trong vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, LR là Pr và Nd; HR là Tb; M là Cu, Al và Ga; X là Zr; và T là Fe và Co;

tốt hơn là, trong vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, LR là Pr và Nd; HR là Dy; M là Cu và Ga; X là Zr; còn T là Fe và Co;

tốt hơn là, trong vật liệu nam châm Neodym-Sắt-Bo có nguồn gốc từ hợp kim chính và phụ, LR là Pr và Nd; HR là Dy và Ho; M là Cu, Al và Ga; X là Tí; T là Fe và Co.

1/2

**Fig. 1**

2/2

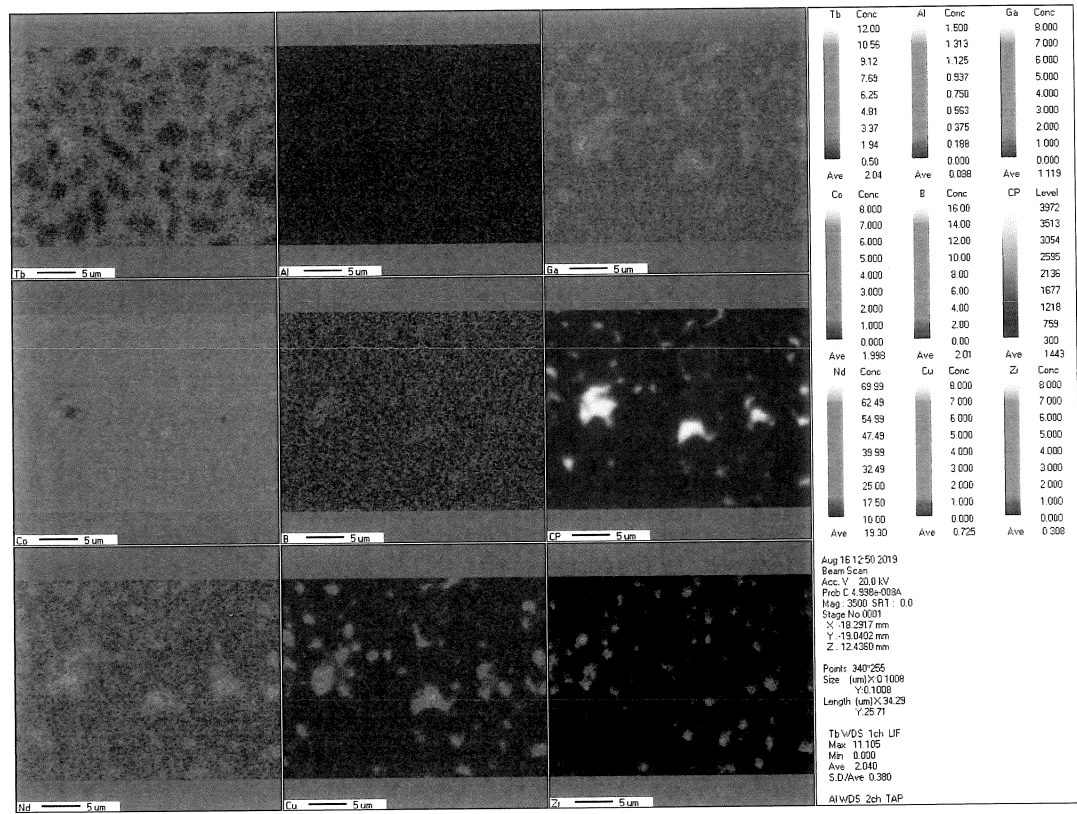


Fig. 2