



(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)



1-0034971

(51)^{2020.01} C22C 38/00; H01F 1/00

(13) B

(21) 1-2020-04915

(22) 26/08/2020

(45) 27/03/2023 420

(43) 26/10/2020 391A1

(73) Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
Số 18 Hoàng Quốc Việt, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Huy Dân (VN); Phạm Thị Thanh (VN); Nguyễn Hải Yến (VN); Nguyễn Huy Ngọc (VN); Kiều Xuân Hậu (VN); Trần Đăng Thành (VN).

(54) VẬT LIỆU TỪ CỨNG CHỨA ĐẤT HIẾM CÓ LỰC KHÁNG TỪ CAO VÀ
PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO VẬT LIỆU NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến vật liệu từ cứng chứa đất hiếm Neodim-Dyprosi-Sắt-Bo (Nd-Dy-Fe-B) có lực kháng từ cao, $H_c > 26$ kOe, có tích năng lượng cực đại đủ lớn, $(BH)_{\max} > 30$ MGOe, đáp ứng yêu cầu ứng dụng trong mô tơ và máy phát điện. Mặt khác, sáng chế đề cập đến phương pháp chế tạo vật liệu có giá thành thấp bằng cách giảm nồng độ nguyên tố đất hiếm nặng Dy.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến vật liệu từ cứng chứa đất hiếm Neodim-Dyprosi-Sắt-Bo (Nd-Dy-Fe-B) có lực kháng từ cao và phương pháp chế tạo vật liệu này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Vật liệu từ cứng, cùng với sản phẩm ứng dụng quen thuộc của nó là nam châm vĩnh cửu đang được sử dụng rộng rãi trong thực tế, từ các thiết bị quen thuộc không thể thiếu trong cuộc sống hằng ngày như động cơ điện, máy phát điện... cho đến các thiết bị trong lĩnh vực kỹ thuật hiện đại như máy tính, máy chụp cộng hưởng từ... Một trong các loại vật liệu từ cứng được ứng dụng nhiều nhất hiện nay là vật liệu từ cứng chứa đất hiếm Neodim-Dyprosi-Sắt-Bo (Nd-Dy-Fe-B). Đặc tính quan trọng của loại vật liệu từ cứng này là chúng có lực kháng từ cao và tích năng lượng cực đại lớn. Trong lĩnh vực kỹ thuật này, lực kháng từ cao được hiểu là lực kháng từ $H_c > 25 \text{ kOe}$, và tích năng lượng cực đại lớn được hiểu là $(BH)_{\max} > 30 \text{ MGOe}$. Nam châm siêu kết Nd-Dy-Fe-B được ứng dụng nhiều nhất và hiệu quả nhất (so với các loại nam châm khác) trong mô tơ và máy phát điện. Hiện nay, động cơ của các xe điện và lai điện hầu như chỉ sử dụng nam châm Nd-Dy-Fe-B do chúng đòi hỏi phải có mô men khởi động cao, có dải tốc độ hoạt động rộng và tiết kiệm được điện năng. Bên cạnh đó, nam châm Nd-Dy-Fe-B còn đáp ứng được cho yêu cầu thiết kế gọn nhẹ và dễ gia công.

Tính từ cứng của nam châm Nd-Dy-Fe-B dựa trên cơ sở pha tinh thể $R_2Fe_{14}B$ ($R = \text{Nd, Pr, Dy, Tb} \dots$). Sở dĩ, loại nam châm này chứa đồng thời cả hai nguyên tố đất hiếm Nd và Dy vì pha $Nd_2Fe_{14}B$ có từ độ bão hòa cao nhất trong họ $R_2Fe_{14}B$, $M_s = 16,1 \text{ kG}$, cao hơn khá nhiều so với pha $Dy_2Fe_{14}B$, $M_s = 0,72 \text{ kG}$. Trong khi đó pha $Dy_2Fe_{14}B$ lại có trường dị hướng từ tinh thể lớn nhất, $H_A = 278 \text{ kOe}$, cao hơn nhiều so với pha tinh thể $Nd_2Fe_{14}B$, $H_A = 75 \text{ kOe}$. Sự kết hợp của cả hai pha từ này sẽ tạo ra được nam châm có cả lực kháng từ, H_c , cao

và tích năng lượng cực đại, $(BH)_{\max}$, lớn. Tùy thuộc vào mục đích ứng dụng mà nồng độ của Dy trong nam châm Nd-Dy-Fe-B được thay đổi. Nồng độ Dy thay thế cho Nd có thể lên tới 40%, tùy theo mục đích sử dụng. Thông thường, nam châm Nd-Dy-Fe-B dùng trong động cơ và máy phát điện có tích năng lượng $(BH)_{\max} \sim 30 - 35 \text{ MGOe}$ và lực kháng từ $H_c > 20 \text{ kOe}$. Các nam châm loại này ít nhất phải chứa vài chục % khối lượng đến 40% khối lượng là Dy. Khi động cơ và máy phát điện hoạt động, nhiệt độ do các dòng cảm ứng trong nam châm tăng lên, lực kháng từ suy giảm rất nhanh dẫn đến tích năng lượng cực đại và công suất hoạt động của động cơ và máy phát điện suy giảm mạnh. Chính vì vậy, nam châm ứng dụng trong lĩnh vực này cần phải có lực kháng từ rất cao.

Các nam châm Nd-Dy-Fe-B ứng dụng trong thực tế còn chứa các cá nguyên tố khác như Tb, Pr, Co, Cu, Al, Nb, Ga... để ổn định công nghệ, giảm giá thành, tăng cường tính chất từ và cơ tính cho nam châm.

Nhược điểm của nam châm Nd-Dy-Fe-B là giá thành cao do chứa nguyên tố đất hiếm nặng Dy (Dy có giá thành đắt gấp khoảng 4 lần so với Nd). Do đó, luôn có nhu cầu liên tục cải tiến để tìm ra loại nam châm Nd-Dy-Fe-B có giá thành được làm giảm nhờ giảm lượng Dy nhưng vẫn cần đảm bảo các đặc trưng từ mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục nhược điểm vốn có của nam châm Nd-Dy-Fe-B, tức là tìm kiếm phương pháp chế tạo nam châm Nd-Dy-Fe-B mới có hàm lượng Dy được làm giảm để giảm chi phí, nhưng vẫn cần đảm bảo được các đặc trưng từ ở mức mong muốn, cụ thể là có lực kháng từ cao và tích năng lượng cực đại lớn.

Để làm giảm nồng độ đất hiếm nặng, Dy được đưa vào biên hạt của vật liệu cùng với các nguyên tố pha tạp (Pr, Al, và Cu) thay cho phương pháp thông thường đưa Dy vào toàn bộ mạng tinh thể (trong hạt) của vật liệu. Bằng cách này, nồng độ của Dy có thể giảm được ít nhất là 3 - 4 lần so với cách thông thường. Để làm được việc này, các công đoạn chế tạo vật liệu được tiến hành ở

các điều kiện cụ thể và đặc biệt, là kết quả của quá trình khảo sát và tính toán kỹ lưỡng.

Cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao bao gồm các bước:

(i) tạo ra bột hợp kim $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$ (dưới đây gọi là HK1) có kích thước hạt từ 3 đến 5 μm ;

(ii) tạo ra bột hợp kim $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ (dưới đây gọi là HK2) có kích thước hạt nhỏ hơn kích thước của bột hợp kim $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$;

(iii) trộn đều bột HK1 và HK2 trong thiết bị trộn có khí N_2 bảo vệ, trong đó lượng của HK1 là từ 93 đến 97% khối lượng và lượng của HK2 là từ 3 đến 7% khối lượng;

(iv) ép định hướng hỗn hợp bột thu được ở bước (iii) trong từ trường để tạo ra dị hướng từ cho viên vật liệu;

(v) thiêu kết viên vật liệu trong lò chân không ở nhiệt độ 1080°C trong thời gian 1 giờ, sau đó làm nguội nhanh xuống nhiệt độ phòng bằng luồng khí argon; và

(vi) xử lý nhiệt viên vật liệu sau khi thiêu kết bằng cách nâng nhiệt độ viên vật liệu đến 820°C và giữ ở nhiệt độ này trong 1 giờ, làm nguội nhanh đến nhiệt độ phòng bằng luồng khí argon; sau đó tiếp tục nâng nhiệt độ viên vật liệu đến 540°C và giữ ở nhiệt độ này trong 1 giờ, làm nguội nhanh đến nhiệt độ phòng bằng luồng khí argon để thu được vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao.

Sáng chế cũng đề cập đến vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao thu được từ phương pháp chế tạo nêu trên, trong đó hợp phần của vật liệu này được thể hiện bằng biểu thức:

$(1 - x)\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5} + x\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$, trong đó x thay đổi từ 0,03 đến 0,07, tương đương với lượng của $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ trong hợp phần của vật liệu là 3 đến 7% khối lượng.

Vật liệu chế tạo được có lực kháng từ H_c trong khoảng 26 đến 30 kOe và tích năng lượng cực đại $(BH)_{\text{max}}$ trong khoảng 34 đến 30 MGOe tương ứng với

tỷ phần khối lượng của hợp kim $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ từ 3 đến 7% khối lượng. Nồng độ của nguyên tố đất hiếm nặng Dy có thể giảm đi 3 - 4 lần so với phương pháp chế tạo thông thường.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: Phổ huỳnh quang tia X của của vật liệu có hợp phần $(1-x)\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5} + x\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ với $x = 0,03$.

Hình 2: Ảnh kim tương của vật liệu có hợp phần $(1-x)\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5} + x\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ với $x = 0,07$.

Hình 3: Các đường đặc trưng từ của vật liệu có hợp phần $(1-x)\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5} + x\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ với $x = 0,03$.

Hình 4: Các đường đặc trưng từ của vật liệu có hợp phần $(1-x)\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5} + x\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ với $x = 0,05$.

Hình 5: Các đường đặc trưng từ của vật liệu có hợp phần $(1-x)\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5} + x\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ với $x = 0,07$.

Mô tả chi tiết sáng chế

Vật liệu được chế tạo theo phương pháp luyện kim bột bao gồm các công đoạn như sau:

a) Chế tạo bột hợp kim $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$ (HK1):

- Bước 1: Phối liệu hợp kim từ các kim loại Nd, Fe và hợp kim FeB có độ tinh khiết trên 99% rồi nấu luyện hợp kim bằng lò trung tần khoảng 30 phút trong môi trường khí trơ Ar, sau đó rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc có độ rộng lòng 4 cm được làm nguội bằng nước để hợp kim được kết tinh định hướng.

- Bước 2: Đập vỡ thỏi hợp kim đúc thành các mảnh 2 - 3 cm rồi đưa vào máy đập hàm để đập nhỏ hợp kim thành các hạt 2 - 4 mm trong môi trường khí N_2 .

- Bước 3: Nghiền hợp kim bằng máy nghiền thô trong môi trường khí N_2 để được bột có kích thước hạt 200 - 300 μm .

- Bước 4: Nghiền tinh hợp kim bằng máy nghiền khí N_2 (Jet-milling) để thu được bột có kích thước hạt 3 - 5 μm .

Kích thước hạt hợp kim cần khống chế trong khoảng nêu trên để đảm bảo đạt được các mục đích nêu trên của sáng chế. Nếu hạt bột có kích thước hạt nhỏ hơn 3 μm thì các hạt dễ bị oxy hóa, nếu hạt bột có kích thước hạt lớn hơn 5 μm thì không hoặc ít tạo ra kích thước đơn domen, làm ảnh hưởng xấu đến các đặc trưng từ mong muốn.

b) Chế tạo bột hợp kim $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ (HK2):

- Bước 1: Phối liệu hợp kim từ các kim loại Dy, Nd, Pr, Al và Cu có độ tinh khiết trên 99% rồi nấu luyện hợp kim bằng lò trung tần khoảng 30 phút trong môi trường khí trơ Ar, sau đó rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc có độ rộng lòng 4 cm được làm nguội bằng nước.

- Bước 2: Đập vỡ thỏi hợp kim đúc thành các mảnh 2 - 3 cm rồi đưa vào máy đập hàm để đập nhỏ hợp kim thành các hạt 2 - 4 mm trong môi trường khí N_2 .

- Bước 3: Nghiền hợp kim bằng máy nghiền thô trong môi trường khí N_2 để được bột có kích thước hạt 200 - 300 μm .

- Bước 4: Nghiền tinh hợp kim bằng máy nghiền khí N_2 (Jet-milling) để thu được bột có kích thước hạt nhỏ hơn kích thước của bột hợp kim HK1.

Mục tiêu của sáng chế là phân bố đều các hạt bột hợp kim HK2 vào giữa các khe hở giữa các hạt của bột hợp kim HK1, do đó tốt nhất nếu HK2 có kích thước hạt nhỏ hơn kích thước của bột hợp kim HK1 để sau khi trộn đều, nung thì HK2 sẽ nóng chảy trước, điền đều phân tán giữa các khe hở của các hạt HK1 liền kề. Tốt hơn nếu kích thước hạt HK2 nhỏ hơn 2 μm , tốt nhất là nằm trong khoảng 1 đến 2 μm .

c) Trộn bột hợp kim: Bột hợp kim HK1 và HK2 được cân theo tỉ lệ mong muốn trong khoảng 3 - 7% khối lượng của bột hợp kim HK2 (khối lượng bột hợp kim HK1 chiếm 93 - 97%) sau đó được đưa vào thiết bị trộn có khí N_2 bảo vệ trong thời gian 2 h.

d) Ép định hướng: Hỗn hợp bột HK1 + HK2 sau khi trộn được ép thành viên trong từ trường để tạo ra dị hướng từ. Khối lượng và hình dạng của viên vật liệu theo nhu cầu của người sử dụng. Cường độ từ trường khi ép phụ thuộc vào

máy ép và không bị hạn chế, thường được sử dụng ở mức cực đại của máy, như 1 đến vài T, chẳng hạn như 2T.

e) Thiêu kết: Vật liệu được thiêu kết trong lò chân không cao ($P < 10^{-3}$ Pa) ở nhiệt độ 1080°C trong thời gian 1 h sau đó được làm nguội nhanh xuống nhiệt độ phòng bằng luồng khí Ar.

f) Xử lý nhiệt: Vật liệu được xử lý nhiệt theo hai bước:

- Bước 1: Vật liệu được nâng nhiệt đến 820°C và giữ tại nhiệt độ đó trong thời gian 1 h rồi được nguội nhanh đến nhiệt độ phòng bằng luồng khí Ar.

- Bước 2: Vật liệu được nâng đến 540°C và giữ tại nhiệt độ đó trong 1 h rồi nguội nhanh bằng luồng khí Ar.

Vật liệu chế tạo được có kháng từ H_c trong khoảng từ 26 đến 30 kOe và tích năng lượng cực đại $(BH)_{\max}$ trong khoảng từ 34 đến 30 MGOe tương ứng với tỷ phần khối lượng của hợp kim HK2 từ 3 đến 7% khối lượng. Với các giá trị này của lực kháng từ và tích năng lượng cực đại, vật liệu đáp ứng được các yêu cầu ứng dụng trong môi trường khắc nghiệt (từ trường cao, nhiệt độ cao) như trong mô tơ và máy phát điện.

Tính theo hợp phần của hai hợp kim nguyên liệu thì vật liệu thu được chứa HK2 với lượng từ 3 đến 7% khối lượng và HK1 với lượng từ 93 đến 97% khối lượng.

Tính theo thành phần nguyên tố, vật liệu theo sáng chế chứa 07 nguyên tố Nd, Dy, Fe, B, Pr, Al và Cu với tỉ lệ khối lượng như sau:

- Nd: 34,98 - 34,60%
- Dy: 1,55 - 3,61%
- Fe: 61,79 - 59,24%
- B: 1,01 - 0,97%
- Pr: 0,13 - 0,31%
- Al: 0,20 - 0,47%
- Cu: 0,34 - 0,80%.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế có thể thấy rõ hơn thông qua ví dụ không làm giới hạn phạm vi bảo hộ.

Ví dụ 1: Chế tạo 15 kg vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao với hợp phần $(1-x)\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5} + x\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$, trong đó $x = 0,03; 0,5; 0,07$, từ các vật liệu ban đầu Nd, Dy, Pr, Fe, FeB, Al và Cu, sử dụng dây chuyền thiết bị chế tạo nam châm đất hiếm tại Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và công nghệ Việt Nam có công suất 15 kg/mẻ.

a) Chế tạo bột hợp kim $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$ (HK1):

- Bước 1: Phối liệu hợp kim từ các kim loại Nd, Fe và hợp kim FeB có độ tinh khiết trên 99% rồi nấu luyện hợp kim bằng lò trung tần khoảng 30 phút trong môi trường khí trơ Ar, sau đó rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc có độ rộng lòng 4 cm được làm nguội bằng nước để hợp kim được kết tinh định hướng.

- Bước 2: Đập vỡ thỏi hợp kim đúc thành các mảnh 2 - 3 cm rồi đưa vào máy đập hàm để đập nhỏ hợp kim thành các hạt 2 - 4 mm trong môi trường khí N_2 .

- Bước 3: Nghiền hợp kim bằng máy nghiền thô trong môi trường khí N_2 để được bột có kích thước hạt 200 - 300 μm .

- Bước 4: Nghiền tinh hợp kim bằng máy nghiền khí N_2 (Jet-milling) để thu được bột có kích thước hạt 3 - 5 μm .

b) Chế tạo bột hợp kim $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ (HK2):

- Bước 1: Phối liệu hợp kim từ các kim loại Dy, Nd, Pr, Al và Cu có độ tinh khiết trên 99% rồi nấu luyện hợp kim bằng lò trung tần khoảng 30 phút trong môi trường khí trơ Ar, sau đó rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc có độ rộng lòng 4 cm được làm nguội bằng nước.

- Bước 2: Đập vỡ thỏi hợp kim đúc thành các mảnh 2 - 3 cm rồi đưa vào máy đập hàm để đập nhỏ hợp kim thành các hạt 2 - 4 mm trong môi trường khí N_2 .

- Bước 3: Nghiền hợp kim bằng máy nghiền thô trong môi trường khí N_2 để được bột có kích thước hạt 200 - 300 μm .

- Bước 4: Nghiền tinh hợp kim bằng máy nghiền khí N_2 (Jet-milling) để thu được bột có kích thước hạt nhỏ hơn 2 μm .

c) Trộn bột hợp kim: Bột hợp kim HK1 và HK2 được cân theo tỉ lệ 3 tỉ lệ khối lượng HK1/HK2 lần lượt là 97/3, 95/5 và 93/7 sau đó được đưa vào thiết bị trộn có khí N₂ bảo vệ trong thời gian 2 h.

d) Ép định hướng: Hỗn hợp bột HK1 + HK2 sau khi trộn được ép thành viên với khối lượng 0,5 kg trong từ trường có cường độ 2 T để tạo dị hướng từ. Ép 10 viên vật liệu cho mỗi tỉ lệ HK1/HK2. Tổng khối lượng vật liệu của cả 3 tỉ lệ HK1/HK2 là 15 kg.

e) Thiêu kết: Vật liệu được thiêu kết trong lò chân không cao ($P < 10^{-3}$ Pa) ở nhiệt độ 1080°C trong thời gian 1 h sau đó được làm nguội nhanh xuống nhiệt độ phòng bằng luồng khí Ar.

f) Xử lý nhiệt: Vật liệu được xử lý nhiệt theo hai bước:

- Bước 1: Vật liệu được nâng nhiệt đến 820°C và giữ tại nhiệt độ đó trong thời gian 1 h rồi được nguội nhanh đến nhiệt độ phòng bằng luồng khí Ar.

- Bước 2: Vật liệu được nâng đến 540°C và giữ tại nhiệt độ đó trong 1 h rồi nguội nhanh bằng luồng khí Ar.

Vật liệu thu được được đem đi xác định các đặc trưng từ cân khảo sát, kết quả được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1: Lực kháng từ H_c , cảm ứng từ dư B_r và tích năng lượng cực đại $(BH)_{\max}$ của vật liệu phụ thuộc vào tỉ lệ khối lượng HK1/HK2

Tỉ lệ khối lượng HK1/HK2	H_c (kOe)	B_r (kG)	$(BH)_{\max}$ (MGOe)
97/3	26,1	12,4	34,7
95/5	27,2	11,9	32,5
93/7	30,4	11,4	30,5

Vật liệu sau khi chế tạo được kiểm tra thành phần bằng phổ huỳnh quang tia X. Kết quả cho thấy các đỉnh phổ đặc trưng cho các nguyên tố thành phần của vật liệu (Hình 1). Cấu trúc vi mô của vật liệu được quan sát bằng phương pháp ảnh kim tương (Hình 2). Tính chất từ được khảo sát qua các phép đo đặc trưng từ trễ của vật liệu (Hình 3 - Hình 5). Vật liệu chế tạo được có kháng từ H_c

trong khoảng từ 26 đến 30 kOe và tích năng lượng cực đại $(BH)_{\max}$ trong khoảng từ 34 đến 30 MGOe tương ứng với tỷ phần khối lượng của hợp kim HK2 từ 3 đến 7% khối lượng (Bảng 1). Với các giá trị này của lực kháng từ và tích năng lượng cực đại, vật liệu đáp ứng được các yêu cầu ứng dụng trong môi trường khắc nghiệt (từ trường cao, nhiệt độ cao) như trong mô tơ và máy phát điện. Mặt khác, giá thành của vật liệu có thể được hạ thấp do nồng độ của nguyên tố đất hiếm nặng Dy giảm đi 3 - 4 lần so với phương pháp chế tạo thông thường.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Bằng cách khống chế điều kiện chế tạo ở các giá trị tối ưu, sáng chế đã tạo ra được vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao, từ 26 đến 30 kOe, với lượng Dy đất tiền giảm mạnh, chỉ còn tối đa 3,61%. So với nam châm từ cứng thông thường, để đạt mức 35 kOe thường chứa 40% khối lượng Dy thì vật liệu theo sáng chế có thể giảm lượng Dy xuống 10 lần, giúp giảm mạnh chi phí sản xuất.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp chế tạo vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao bao gồm các bước:

(i) tạo ra bột hợp kim $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$ (dưới đây gọi là HK1) có kích thước hạt từ 3 đến 5 μm ;

(ii) tạo ra bột hợp kim $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ (dưới đây gọi là HK2) có kích thước hạt nhỏ hơn kích thước của bột hợp kim $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$;

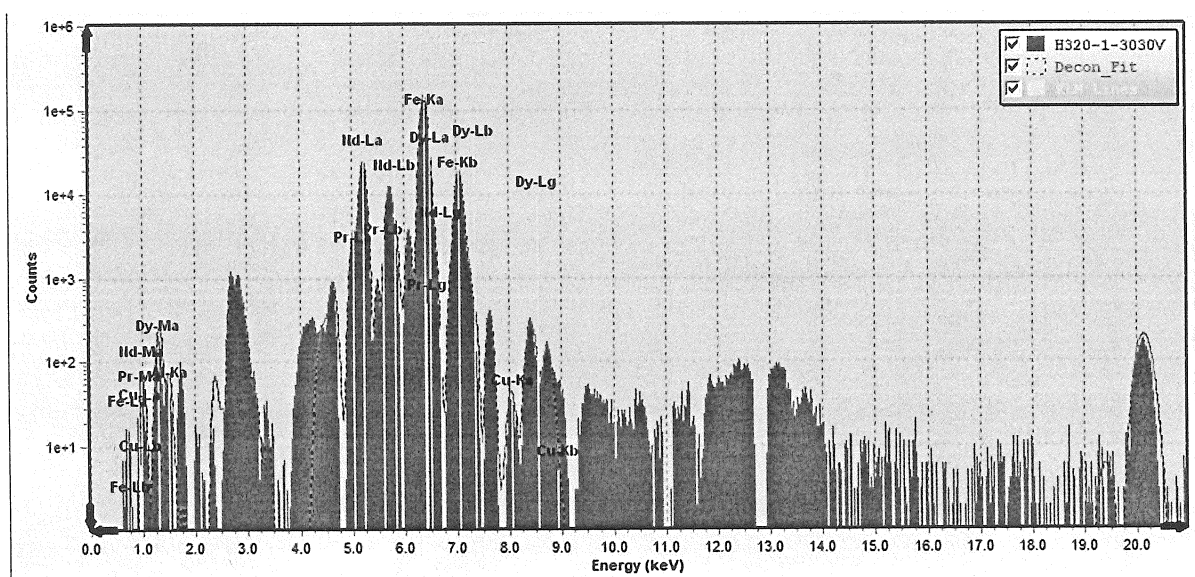
(iii) trộn đều bột HK1 và HK2 trong thiết bị trộn có khí N_2 bảo vệ, trong đó lượng của HK1 là từ 93 đến 97% khối lượng và lượng của HK2 là từ 3 đến 7% khối lượng;

(iv) ép định hướng hỗn hợp bột thu được ở bước (iii) trong từ trường để tạo ra dị hướng từ cho viên vật liệu;

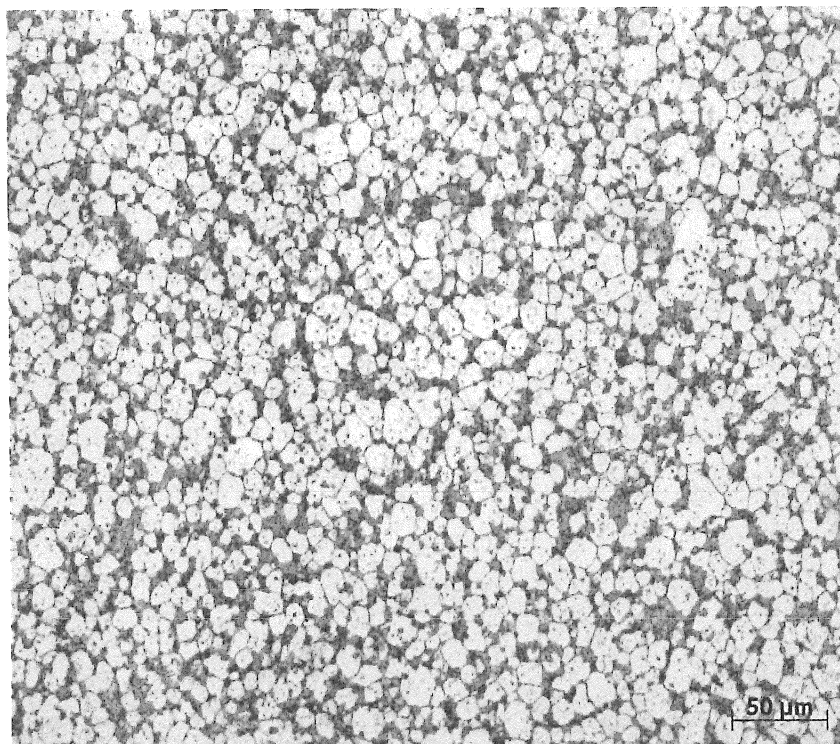
(v) thiêu kết viên vật liệu trong lò chân không ở nhiệt độ 1080°C trong thời gian 1 giờ, sau đó làm nguội nhanh xuống nhiệt độ phòng bằng luồng khí argon; và

(vi) xử lý nhiệt viên vật liệu sau khi thiêu kết bằng cách nâng nhiệt độ viên vật liệu đến 820°C và giữ ở nhiệt độ này trong 1 giờ, làm nguội nhanh đến nhiệt độ phòng bằng luồng khí argon; sau đó tiếp tục nâng nhiệt độ viên vật liệu đến 540°C và giữ ở nhiệt độ này trong 1 giờ, làm nguội nhanh đến nhiệt độ phòng bằng luồng khí argon để thu được vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao.

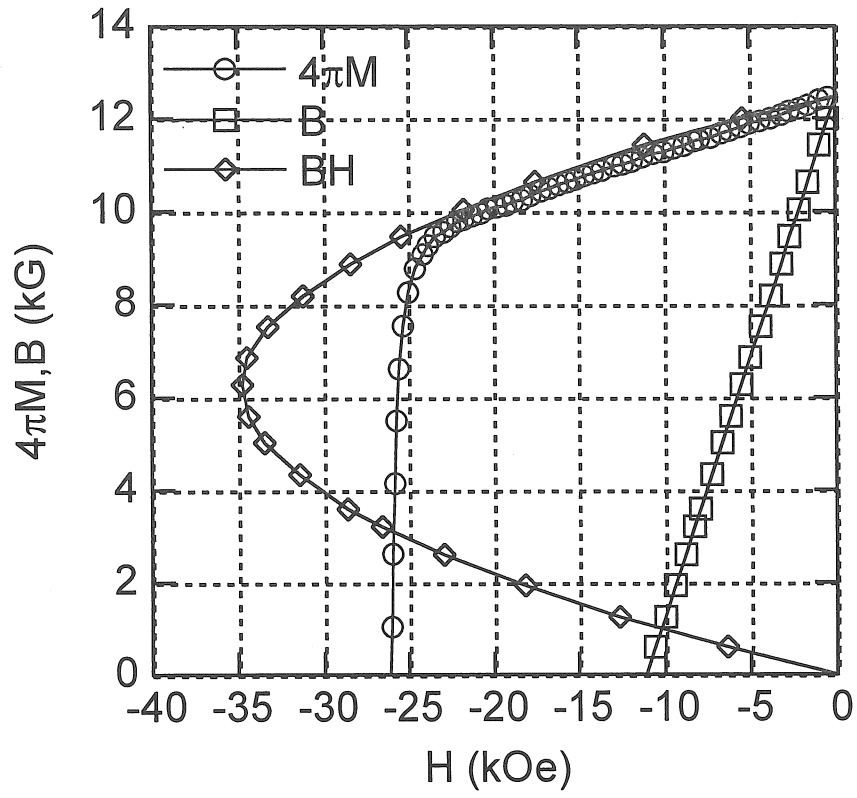
2. Vật liệu từ cứng chứa đất hiếm có lực kháng từ cao thu được từ phương pháp theo điểm 1, trong đó vật liệu này thu được từ hợp phần bột hợp kim $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$ và bột hợp kim $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$, trong đó lượng của $\text{Nd}_{16,5}\text{Fe}_{77}\text{B}_{6,5}$ là từ 93 đến 97% khối lượng và lượng của $\text{Dy}_{30}\text{Nd}_{17}\text{Pr}_3\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}$ là từ 3 đến 7% khối lượng.



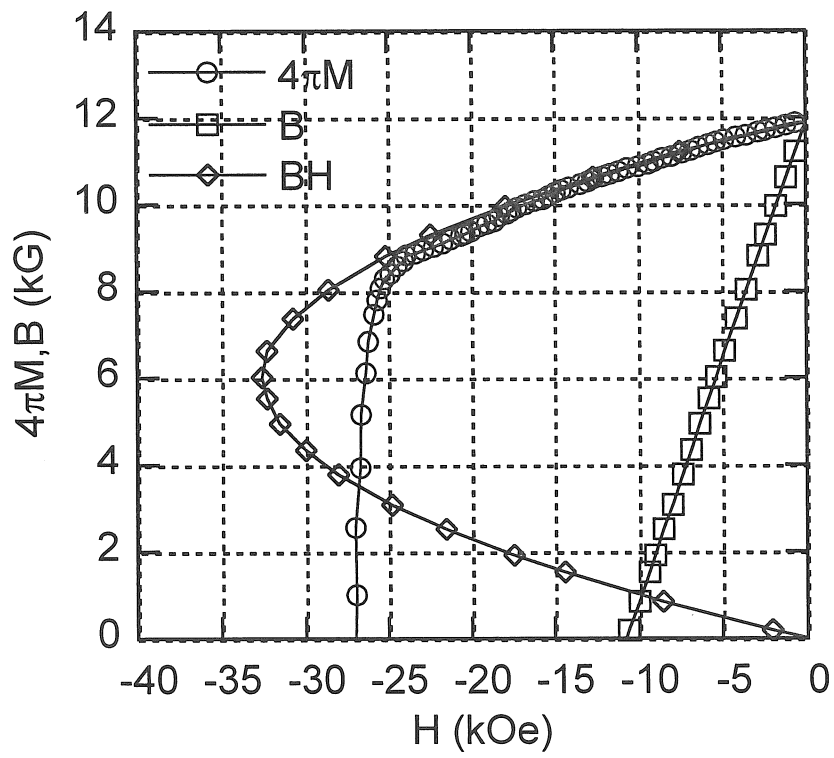
Hình 1



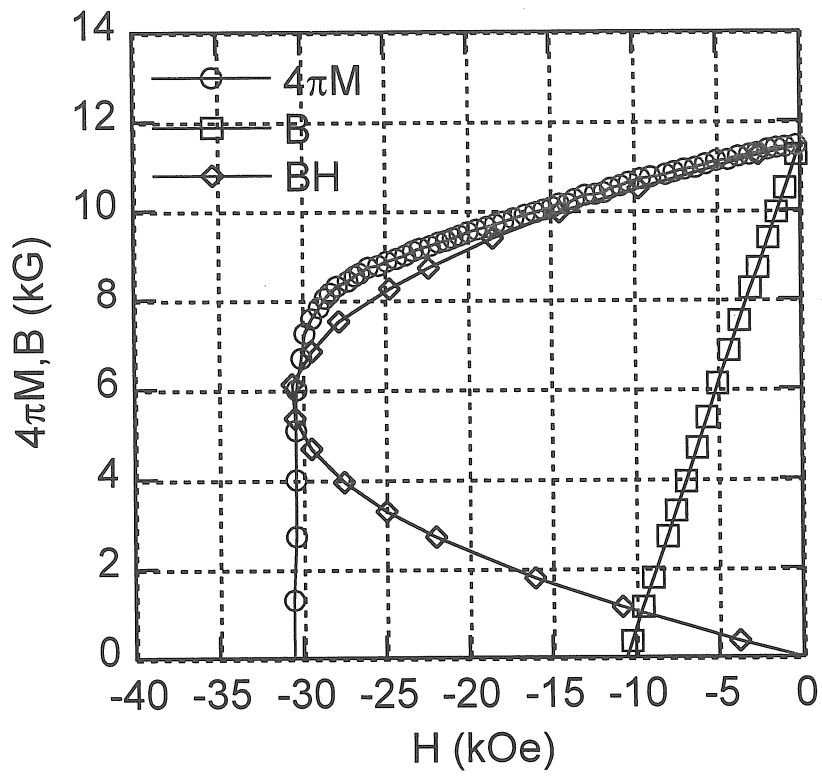
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5