



(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)



1-0038042

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

(13) B

(21) 1-2021-05024

(22) 16/08/2021

(45) 25/12/2023 429

(43) 25/10/2021 403

(73) 1. Trung tâm Phát triển Công nghệ cao, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)

18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

2. Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)

18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

(72) Nguyễn Huy Dân (VN); Nguyễn Văn Thao (VN); Phạm Thị Thanh (VN); Nguyễn Huy Ngọc (VN); Kiều Xuân Hậu (VN); Nguyễn Hải Yến (VN).

(54) QUY TRÌNH CHẾ TẠO VẬT LIỆU TỪ CỨNG ALNICO DỊ HƯỚNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÚC

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu từ cứng Alnico dị hướng. Bằng cách cải tiến khuôn đúc và khống chế các điều kiện chế tạo ở các giá trị tối ưu, sáng chế đã tạo ra được nam châm Alnico dị hướng có các thông số từ tương đương với các nam châm thương mại mà chi phí chế tạo có thể cắt giảm rất nhiều do cắt giảm được thiết bị và năng lượng trong quá trình chế tạo.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu từ cứng Alnico dị hướng bằng phương pháp đúc.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Vật liệu từ cứng Alnico (còn gọi là nam châm Alnico) là hợp kim gồm bốn thành phần chính (Al, Ni, Co và Fe) và một số nguyên tố phụ gia khác (Cu, Ti, Nb...). Vật liệu từ cứng này có nhiệt độ Curie cao, cơ tính tốt và khả năng chống ăn mòn cao nên được ứng dụng nhiều trong các môi trường khắc nghiệt như nhiệt độ cao, va đập mạnh, không khí nóng ẩm... Trong các điều kiện khắc nghiệt như vậy, Alnico là vật liệu từ cứng duy nhất có thể đáp ứng được hiện nay. Vật liệu từ cứng Alnico có thể được sử dụng ở nhiệt độ hoạt động rất cao (trên 300°C) và rất ổn định với sự thăng giáng nhiệt độ, mặc dù chúng có tích năng lượng từ cực đại và lực kháng từ thấp hơn so với các vật liệu từ cứng chứa đất hiếm (Nd-Fe-B, Sm-Co...). Vật liệu từ cứng Alnico cũng dễ được gia công hơn do chúng ít giòn hơn các loại vật liệu từ cứng chứa đất hiếm và pherit. Hơn nữa, vật liệu từ cứng Alnico có thể được sản xuất bằng công nghệ đúc, trong khi các loại vật liệu từ cứng khác không thể chế tạo được bằng phương pháp này (thường được chế tạo bằng phương pháp thiêu kết). Vật liệu từ cứng Alnico được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực cảm biến-điều khiển, hàng không-vũ trụ và an ninh-quốc phòng.

Vật liệu từ cứng Alnico trong thực tế thường có nhiệt độ Curie $T_C > 850^\circ\text{C}$, lực kháng từ $H_c = 0,5 - 2 \text{ kOe}$ cảm ứng từ dư $B_r = 0,7 - 1,3 \text{ kG}$ và tích năng lượng cực đại $(BH)_{\max} = 1,5 - 10 \text{ MGOe}$, tùy thuộc vào hợp phần, công nghệ chế tạo và mục đích ứng dụng. Mặc dù vật liệu từ cứng Alnico được chế tạo và ứng dụng từ rất lâu (Xem tài liệu *T. Mishima, 1932, Nickel-aluminum steel for permanent magnets, Ohm 19, 353-356*) nhưng cấu trúc vi mô và cơ chế

từ cứng của chúng mới được sáng tỏ gần đây (Xem tài liệu *Lin Zhou, Michael K. Miller, Ping Lu, Liqin Ke, R. Skomski, H. Dillon, Q. Xing, et al., 2014, Architecture and magnetism of alnico, Acta Mater, 74, 224e233*). Tính từ cứng của vật liệu Alnico bắt nguồn từ sự phân hủy spinodal từ pha lỏng của hợp kim thành pha sắt từ mạnh giàu Fe-Co (α_1) và pha phi từ giàu Ni-Al (α_2). Các hạt sắt từ α_1 có kích thước nhỏ vài chục nanomet (đơn đô men) được kết tinh và tách rời nhau trong nền phi từ α_2 . Do đó, cơ chế lực kháng từ của vật liệu Alnico là sự đảo vectơ từ độ của các hạt α_1 . Vì năng lượng dị hướng từ tinh thể của pha α_1 tương đối nhỏ nên để tăng lực kháng từ cho vật liệu, các hạt α_1 phải được chế tạo sao cho chúng có dạng cột (để tăng cường dị hướng hình dạng). Để vật liệu có cảm ứng từ dư B_r và tích năng lượng từ cực đại $(BH)_{\max}$ lớn, các hạt sắt từ α_1 phải được sắp xếp cùng phương với nhau theo trục dài (100) trên nền pha phi từ α_2 (tạo ra tính dị hướng cho vật liệu).

Nhược điểm của vật liệu từ cứng Alnico là rất khó tạo được các hạt nano sắt từ α_1 có dạng cột và định hướng cùng phương với nhau, tức là khó tạo ra được tính dị hướng cho vật liệu. Với công nghệ chế tạo hiện nay, các hạt α_1 được kết tinh định hướng theo ba cách: i) dựa vào gradient nhiệt trong quá trình đúc; ii) dựa vào từ trường định hướng trong quá trình đúc; iii) dựa vào từ trường định hướng trong quá trình xử lý nhiệt. Cả ba phương pháp này đều khá phức tạp. Để tạo được gradient trong quá trình đúc, hợp kim lỏng được rót vào khuôn với đáy là tấm kim loại được làm mát bằng nước. Phần trên của khuôn (thành khuôn) được làm bằng thạch anh và được đặt trong lò cảm ứng để duy trì nhiệt độ. Các hạt tinh thể α_1 chỉ được kết tinh định hướng trong toàn bộ khối hợp kim khi khuôn đúc được rút ra khỏi lò cảm ứng với một tốc độ rất chậm. Sự kết tinh định hướng của các hạt tinh thể α_1 trong phương pháp này còn bị ảnh hưởng bởi dòng xoáy của kim loại do lò cảm ứng gây ra. Việc tạo được từ trường định hướng trong quá trình đúc hoặc xử lý nhiệt lại còn phức tạp và tốn kém hơn nhiều so với việc tạo gradient nhiệt do cần phải có thêm thiết bị tạo từ trường và

vật liệu phải được đặt trong vùng từ trường định hướng đủ mạnh. Để vật liệu vừa có nhiệt độ cao, vừa có từ trường mạnh tác động vào là không dễ dàng. Hơn nữa, với các hợp kim Alnico có nồng độ Co thấp (dưới 24 %) thì hai phương pháp sử dụng từ trường định hướng không áp dụng được do nhiệt độ Curie của các hạt α_1 thấp hơn nhiệt độ hoá rắn của hợp kim (từ trường không thể định hướng được các hạt α_1 trong dung dịch rắn). Nếu tăng nồng độ Co để tăng nhiệt độ Curie, thì cảm ứng từ dư giảm và giá thành của vật liệu tăng cao (do Co là nguyên tố đắt tiền). Một nhược điểm nữa của vật liệu từ cứng Alnico là quá trình xử lý nhiệt của chúng gồm nhiều bước và thời gian ủ nhiệt rất lâu. Thông thường, sau khi đúc, hợp kim được nâng nhiệt đến gần nhiệt độ pha lỏng (trên 1200°C) rồi được nguội nhanh trong từ trường để tạo các mầm tinh thể định hướng của pha α_1 . Sau đó, hợp kim được ủ ở các bước nhiệt độ khác nhau (3 - 5 bước) trong khoảng 850°C đến 500°C với tổng thời gian ủ khoảng 2 - 3 ngày để các hạt tinh thể α_1 phát triển và ổn định cấu trúc. Do đó, luôn có nhu cầu liên tục cải tiến công nghệ để chế tạo được vật liệu từ cứng Alnico dị hướng có giá thành giảm mà vẫn bảo đảm được các thông số từ mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục các nhược điểm của quy trình chế tạo vật liệu từ cứng Alnico dị hướng đã nêu ở trên, tức là tìm ra quy trình chế tạo vật liệu từ cứng Alnico dị hướng mới để giảm chi phí mà vẫn bảo đảm được các thông số từ đáp ứng yêu cầu ứng dụng thực tế.

Để làm giảm chi phí trong quá trình chế tạo, vật liệu được đúc trong khuôn có hai bên thành đối diện nhau được làm bằng thép chịu nhiệt và được làm lạnh bằng nước. Hai bên thành còn lại của khuôn và đáy khuôn được làm bằng vật liệu chịu nhiệt và dẫn nhiệt kém (gạch chịu nhiệt, cát thạch anh...) để tạo ra gradient nhiệt lớn trong khi đúc. Từ đây về sau, khuôn đúc có cấu tạo như trên được gọi là “khuôn bán kim loại”. Các điều kiện công nghệ trong quá trình nấu luyện hợp kim, đúc hợp kim và xử lý nhiệt hợp kim được không chế một

cách tối ưu để tạo ra được cấu trúc tinh thể dị hướng và bảo đảm được các thông số từ cứng đáp ứng yêu cầu ứng dụng của vật liệu. Bằng cách này, chi phí chế tạo vật liệu được cắt giảm đi rất nhiều do không cần phải dùng nhiều thiết bị và điện năng cho việc tạo từ trường và nhiệt lượng cần thiết trong quá trình đúc và ủ nhiệt để cho các hạt nano sắt từ giàu Fe-Co (α_1) kết tinh định hướng trên nền pha phi từ giàu Ni-Al (α_2), tức là tạo được vật liệu từ cứng Alnico dị hướng. Để làm được việc này, cấu trúc và tính chất từ của vật liệu được khảo sát rất kỹ lưỡng với sự thay đổi, cải tiến các công đoạn chế tạo vật liệu.

Cụ thể, sáng chế đề xuất quy trình chế tạo vật liệu (hợp kim) từ cứng Alnico dị hướng bằng phương pháp đúc bao gồm các công đoạn như sau:

(i) chế tạo khuôn đúc, công đoạn này gồm các bước sau:

chế tạo mẫu đúc có hình dạng và kích thước giống vật cần đúc được dùng để tạo ra khoảng trống trong khuôn đúc, độ dày của mẫu đúc được giới hạn từ 2 cm đến 6 cm;

chế tạo hai thành khuôn kim loại đối diện nhau, có kích thước bằng nhau, có dạng hình hộp chữ nhật rỗng có lối dẫn nước vào và nước ra để làm mát khuôn, bằng thép chịu nhiệt hay các hợp kim chịu nhiệt có độ dẫn nhiệt tốt, có độ dày 3 - 4 mm;

chế tạo khung kim loại có dạng hình hộp chữ nhật rỗng hai mặt bên làm bằng thép lá có độ dày 2 - 3 mm có gắn ốc vít để giữ chặt hai thành khuôn kim loại, có khoảng trống ở phía trên để rót kim loại lỏng vào khuôn, dùng để chế tạo thành khuôn và đáy khuôn bằng cát thạch anh và để giữ khuôn trong quá trình đúc;

chế tạo các thành khuôn còn lại và đáy khuôn bằng cát thạch anh trộn nước thủy tinh có độ dày 2 - 3 cm sử dụng mẫu đúc, thành khuôn kim loại và khung sắt được chế tạo ở các bước trên;

sấy khô phần khuôn cát thạch anh được làm ở bước trên ở nhiệt độ trên 150°C;

làm sạch bề mặt các thành khuôn kim loại và cát thạch anh đã sấy khô rồi quét sơn chống dính ziricon và sấy khô sơn chống dính;

đặt phần khuôn cát thạch anh vào giữa hai thành khuôn kim loại rồi siết chặt hai thành khuôn kim loại lại để tạo thành khuôn đúc bán kim loại;

(ii) nấu luyện và đúc hợp kim, công đoạn này gồm các bước sau:

các kim loại thành phần của hợp kim Alnico (Al, Ni, Co, Fe...) được làm sạch, cắt thành mảnh và cân theo đúng hợp phần đã định;

đưa các kim loại thành phần vào nồi nấu, Fe được xếp xung quanh thành nồi, các thành phần khác được xếp ở giữa nồi và xen kẽ nhau để nấu luyện trong môi trường khí trơ Ar;

tăng dần công suất lò trung tần cho đến khi các kim loại nóng chảy hoàn toàn trong khoảng thời gian 15 - 20 phút, tiếp tục duy trì công suất lò để hợp kim ở trạng thái lỏng khoảng 3 - 5 phút, tăng công suất lò đến khi hợp kim lỏng ở gần trạng thái sôi rồi lại giảm công suất lò để hợp kim lỏng về gần trạng thái đông đặc thì chuẩn bị rót vào khuôn;

tắt nguồn lò trung tần, mở nước làm mát khuôn rồi rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc bán kim loại, duy trì nguồn nước làm mát khuôn cho đến khi hợp kim nguội hoàn toàn;

lấy khối hợp kim đúc ra khỏi khuôn và làm sạch;

(iii) xử lý nhiệt hợp kim, công đoạn này gồm các bước sau:

đưa hợp kim vào lò ủ rồi hút chân không đạt trên 10^{-4} Torr;

tăng nhiệt độ lò đến 650°C và giữ ở nhiệt độ đó trong khoảng thời gian 9 giờ;

để hợp kim được làm nguội theo lò đến nhiệt độ phòng rồi lấy ra khỏi lò;

(iv) gia công và nạp từ, công đoạn này gồm các bước sau:

đánh dấu phương kết tinh định hướng của hợp kim (vuông góc với bề mặt tiếp xúc với thành khuôn kim loại);

cắt khối hợp kim bằng phương pháp cắt dây hồ quang thành các nam châm theo kích thước mong muốn rồi đánh bóng bề mặt;

nạp từ các nam châm với cường độ từ trường $H > 10$ kOe bằng nam châm điện tạo từ trường tĩnh hoặc cuộn dây tạo từ trường xung, phương của từ trường từ hóa phải trùng với phương kết tinh định hướng của nam châm.

Theo một phương án, trong quy trình chế tạo vật liệu từ cứng Alnico dị hướng bằng phương pháp đúc, khối lượng Al cháy hao cần được bù thêm vào là 3% khi nấu luyện hợp kim trong môi trường không khí.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ và bảng biểu:

Hình 1: Phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX) của hợp kim Alnico 5 chế tạo được; thể hiện đầy đủ thành phần ban đầu.

Hình 2: Ảnh bên trong hợp kim Alnico 5 được đúc bằng khuôn bán kim loại với nhiệt độ nấu luyện và rót khuôn chênh lệch nhau; hợp kim được kết tinh định hướng hoàn toàn.

Hình 3: Ảnh bên trong hợp kim Alnico 5 được đúc bằng khuôn cát; hợp kim không được kết tinh định hướng.

Hình 4: Ảnh bên trong hợp kim Alnico 5 được đúc bằng khuôn bán kim loại nhưng với nhiệt độ nấu luyện và rót khuôn bằng nhau; hợp kim được kết tinh định hướng một phần.

Hình 5: Các đường đặc trưng từ của vật liệu Alnico 5 dị hướng chế tạo được; các thông số từ tương đương với vật liệu Alnico 5 thương mại có cùng thành phần.

Mô tả chi tiết sáng chế

Quy trình chế tạo vật liệu từ cứng Alnico dị hướng bằng phương pháp đúc bao gồm các công đoạn như sau:

(i) Chế tạo khuôn đúc:

- Bước 1: Chế tạo mẫu đúc có hình dạng và kích thước giống vật cần đúc được dùng để tạo ra khoảng trống trong khuôn đúc. Để tạo ra được gradient nhiệt lớn trong quá trình đúc, độ dày của mẫu đúc (chính là khoảng cách giữa hai thành khuôn kim loại) được giới hạn từ 2 cm đến 6 cm. Nếu khoảng cách giữa hai thành khuôn kim loại lớn hơn 6 cm, gradient nhiệt trong lòng vật đúc

nhỏ không gây ra sự kết tinh định hướng được. Nếu khoảng cách giữa hai thành khuôn kim loại nhỏ hơn 2 cm, hợp kim lỏng bị hóa rắn quá nhanh dẫn đến sự không đồng nhất trong khối vật liệu. Mẫu đúc có thể được làm bằng gỗ, nhựa, kim loại, xi măng, cát...

- Bước 2: Chế tạo hai thành khuôn kim loại đối diện nhau, có kích thước bằng nhau, có dạng hình hộp chữ nhật rỗng có lõi dẫn nước vào và nước ra để làm mát khuôn. Hai thành khuôn kim loại được làm bằng thép chịu nhiệt hay các hợp kim chịu nhiệt có độ dẫn nhiệt tốt, có độ dày 3 - 4 mm.

- Bước 3: Chế tạo khung kim loại có dạng hình hộp chữ nhật rỗng hai mặt bên làm bằng thép lá có độ dày 2 - 3 mm có gắn ốc vít để giữ chặt hai thành khuôn kim loại, có khoảng trống ở phía trên để rót kim loại lỏng vào khuôn. Khung kim loại này dùng để chế tạo thành khuôn và đáy khuôn bằng cát thạch anh và để giữ khuôn trong quá trình đúc.

- Bước 4: Chế tạo các thành khuôn còn lại và đáy khuôn bằng cát thạch anh. Đặt một thành khuôn kim loại chế tạo ở Bước 2 vào khung kim loại được chế tạo ở Bước 3. Đặt mẫu đúc được chế tạo ở Bước 1 lên giữa mặt thành khuôn kim loại. Đầm chặt cát thạch anh đã được trộn đều với nước thủy tinh vào khoảng trống giữa mẫu đúc và khung kim loại để tạo hai thành khuôn và đáy khuôn bằng cát thạch anh. Sử dụng khí CO₂ để đóng rắn nhanh cát thạch anh trộn nước thủy tinh. Độ dày của thành và đáy khuôn cát thạch anh khoảng 2 - 3 cm.

- Bước 5: Tháo phần khuôn cát thạch anh được làm ở Bước 4, sấy khô ở nhiệt độ trên 150°C để tránh sự sinh khí trong quá trình đúc.

- Bước 6: Làm sạch bề mặt các thành khuôn kim loại và cát thạch anh đã sấy khô rồi quét sơn chống dính zircon và sấy khô sơn chống dính.

- Bước 7: Đặt phần khuôn cát thạch anh vào giữa hai thành khuôn kim loại rồi ép chặt hai thành khuôn kim loại bằng khung kim loại chế tạo ở Bước 3 để tạo thành khuôn đúc bán kim loại.

(ii) Nấu luyện và đúc hợp kim

- Bước 1: Các kim loại thành phần của hợp kim được làm sạch, cắt thành mảnh và cân theo đúng hợp phần đã định.

- Bước 2: Đưa các kim loại thành phần vào nồi nấu trong lò trung tần. Fe được xếp xung quanh thành nồi vì có khối lượng lớn và dễ cảm ứng nhất. Các thành phần khác được xếp ở giữa nồi và xen kẽ nhau để dễ tạo được sự đồng nhất khi nấu luyện. Hợp kim có thể được nấu luyện trong môi trường khí trơ Ar hoặc không khí.

- Bước 3: Tăng dần công suất lò cho đến khi các kim loại nóng chảy hoàn toàn trong khoảng thời gian 15 - 20 phút. Tiếp tục duy trì công suất lò để hợp kim ở trạng thái lỏng khoảng 3 - 5 phút để bảo đảm độ đồng nhất cho hợp kim. Tăng công suất lò đến khi hợp kim lỏng ở gần trạng thái sôi rồi lại giảm công suất lò để hợp kim lỏng về gần trạng thái đông đặc thì chuẩn bị rót vào khuôn. Quá trình thay đổi nhiệt độ khi nấu luyện và nhiệt độ hợp kim lỏng trước khi rót vào khuôn ảnh hưởng rất mạnh đến sự kết tinh định hướng của hợp kim.

- Bước 4: Tắt nguồn lò trung tần, mở nước làm mát khuôn rồi rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc bán kim loại. Áp lực nước làm mát phải đủ mạnh, tránh để nước bị sôi làm giảm quá trình truyền tải nhiệt dẫn đến quá trình kết tinh định hướng không hoàn toàn. Duy trì nguồn nước làm mát khuôn cho đến khi hợp kim nguội hoàn toàn.

- Bước 5: Tháo khối hợp kim đúc cùng với phần khuôn cát thạch anh ra khỏi khung và hai thành khuôn kim loại. Dỡ bỏ phần khuôn cát thạch anh và làm sạch khối hợp kim đúc. Làm sạch hai thành khuôn kim loại để sử dụng được nhiều lần.

(iii) Xử lý nhiệt hợp kim:

- Bước 1: Đưa hợp kim vào lò ủ rồi hút chân không đạt trên 10^{-4} Torr.

- Bước 2: Tăng nhiệt độ lò đến 650°C và giữ ở nhiệt độ đó trong khoảng thời gian 9 giờ.

- Bước 3: Để hợp kim được làm nguội theo lò đến nhiệt độ phòng rồi lấy ra khỏi lò.

(iv) Gia công và nạp từ:

- Bước 1: Đánh dấu phương kết tinh định hướng của hợp kim (vuông góc với bề mặt tiếp xúc với thành khuôn kim loại).
 - Bước 2: Cắt khối hợp kim đúc bằng phương pháp cắt dây hồ quang thành các nam châm theo kích thước mong muốn rồi đánh bóng bề mặt.
 - Bước 3: Nạp từ các nam châm với cường độ từ trường $H > 10 \text{ kOe}$ bằng nam châm điện tạo từ trường tĩnh hoặc cuộn dây tạo từ trường xung. Phương của từ trường từ hóa phải trùng với phương kết tinh định hướng của nam châm.
- Vật liệu được chế tạo theo quy trình trên có chi phí thấp và có các thông số từ tương đương với vật liệu từ cứng Alnico thương mại có cùng thành phần.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế có thể thấy rõ hơn thông qua ví dụ: Chế tạo 5 kg vật liệu từ cứng dị hướng ở dạng khối bằng phương pháp đúc theo hợp phần của nam châm Alnico 5 thương mại $\text{Al}_{15,6}\text{Ni}_{12,5}\text{Co}_{21,4}\text{Fe}_{48}\text{Cu}_{2,5}$ từ các kim loại sạch Al, Ni, Co, Fe và Cu để cắt thành các nam châm vĩnh cửu có kích thước $8 \times 5 \times 4 \text{ cm}^3$ với phương nạp từ dọc theo cạnh 4 cm sử dụng các thiết bị tại Phòng thí nghiệm trọng điểm Vật liệu và linh kiện điện tử - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

(i) Chế tạo khuôn đúc:

- Bước 1: Chế tạo mẫu đúc có dạng hình hộp chữ nhật với các mặt được cắt từ các tấm nhựa cứng có độ dày 3 mm rồi được gắn bằng keo. Với khối lượng 5 kg, độ dày mẫu 4 cm, độ rộng mẫu 8 cm và khối lượng riêng của Alnico 5 xấp xỉ $7,3 \text{ g/cm}^3$ nên kích thước mẫu đúc (dày $\times$ rộng $\times$ cao) tương ứng là $4 \times 8 \times 21,5 \text{ cm}^3$.
- Bước 2: Chế tạo hai thành khuôn bằng thép tấm phẳng chịu nhiệt có độ dày 3 mm. Hai thành khuôn này đối diện nhau, có kích thước bằng nhau, có dạng hình hộp chữ nhật rỗng có lối dẫn nước vào và nước ra để làm mát khuôn. Kích thước bề mặt hai thành khuôn (rộng $\times$ cao) là $12 \times 23,5 \text{ cm}^3$ để bao phủ cả mẫu đúc, hai thành khuôn (dày 2 cm) và đáy khuôn (dày 2 cm) bằng cát thạch

anh (được chế tạo ở bước sau). Chiều còn lại của thành khuôn kim loại là 3 cm (độ dày khuôn) bao gồm độ dày hai tấm thép bề mặt và khoảng trống chứa nước làm mát ở giữa.

- Bước 3: Chế tạo chế tạo khung kim loại có dạng hình hộp chữ nhật rỗng hai mặt bên làm bằng thép lá có độ dày 2 mm có ốc vít để giữ chặt hai thành khuôn kim loại, có khoảng trống ở phía trên để rót kim loại lỏng vào khuôn. Khung kim loại này được dùng để chế tạo thành và đáy khuôn bằng cát thạch anh và để giữ khuôn trong quá trình đúc. Kích thước lòng trong khung kim loại (sâu $\times$ rộng $\times$ cao) là $7 \times 12 \times 23,5 \text{ cm}^3$. Độ sâu 7 cm của khung kim loại bằng đúng bằng tổng kích thước độ dày của thành khuôn kim loại và độ dày của mẫu đúc để dễ chế tạo các thành khuôn và đáy khuôn bằng cát thạch anh như trình bày ở bước sau.

- Bước 4: Chế tạo hai thành khuôn còn lại và đáy khuôn bằng cát thạch anh. Đặt một thành khuôn kim loại chế tạo ở Bước 2 vào khung kim loại được chế tạo ở Bước 3. Đặt mẫu đúc được chế tạo ở Bước 1 lên giữa mặt thành khuôn kim loại. Lấy cát thạch anh đã được trộn đều với nước thủy tinh để đầm vào khoảng trống giữa mẫu đúc và hòm khuôn để tạo thành khuôn và đáy khuôn bằng cát. Dùng khí CO_2 để đóng rắn thành khuôn cát rồi mang đi sấy khô ở nhiệt độ trên 150°C .

- Bước 5: Làm sạch bề mặt thành khuôn kim loại và cát đã sấy khô rồi quét sơn chống dính ziricon và sấy khô sơn chống dính.

- Bước 6: Đặt thành khuôn cát vào giữa hai thành khuôn kim loại rồi đặt tất cả vào khung sắt chế tạo ở Bước 3. Siết chặt hai thành khuôn kim loại bằng ốc vít để tạo thành khuôn đúc bán kim.

(ii) Nấu luyện và đúc hợp kim:

- Bước 1: Các kim loại thành phần của hợp kim Alnico 5 (Al, Ni, Co, Fe và Cu) được làm sạch, cắt thành mảnh và cân theo đúng hợp phần $\text{Al}_{15,6}\text{Ni}_{12,5}\text{Co}_{21,4}\text{Fe}_{48}\text{Cu}_{2,5}$. Cụ thể là: 0,401 kg Al, 0,698 kg Ni, 1,2 kg Co, 2,55 kg Fe và 0,151 kg Cu.

- Bước 2: Đưa các kim thành phần vào nồi nấu trong lò trung tần. Fe được xếp xung quanh thành nồi vì có khối lượng lớn và dễ cảm ứng nhất. Các thành phần khác được xếp ở giữa nồi và xen kẽ nhau để dễ tạo được sự đồng nhất khi nấu luyện. Hút chân không rồi nạp khí Ar vào buồng nấu của lò trung tần.

- Bước 3: Tăng dần công suất lò cho đến khi các kim loại nóng chảy hoàn trong khoảng thời gian 20 phút. Tiếp tục duy trì công suất lò để hợp kim ở trạng thái lỏng 5 phút để bảo đảm độ đồng nhất cho hợp kim. Tăng công suất lò đến khi hợp kim lỏng ở gần trạng thái sôi rồi lại giảm công suất lò để hợp kim lỏng về gần trạng thái đông đặc để chuẩn bị rót vào khuôn.

- Bước 4: Tắt nguồn lò trung tần, mở nước làm mát khuôn đúc rồi rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc. Duy trì nguồn nước làm mát khuôn cho đến khi hợp kim nguội hoàn toàn.

- Bước 5: Tháo khối hợp kim đúc cùng với phần khuôn cát thạch anh ra khỏi khung và hai thành khuôn kim loại. Dỡ bỏ phần khuôn cát thạch anh và làm sạch khối hợp kim đúc.

(iii) Xử lý nhiệt hợp kim:

- Bước 1: Đưa hợp kim vào lò ủ rồi hút chân không đạt trên 10^{-4} Torr.

- Bước 2: Tăng nhiệt độ lò đến 650°C và giữ ở nhiệt độ đó trong khoảng thời gian 9 giờ.

- Bước 3: Để hợp kim được làm nguội theo lò đến nhiệt độ phòng rồi lấy ra khỏi lò.

(iv) Gia công và nạp từ:

- Bước 1: Đánh dấu phương kết tinh định hướng của hợp kim theo chiều 4 cm của khối hợp kim vừa đúc được.

- Bước 2: Cắt khối hợp kim đúc bằng phương pháp cắt dây hồ quang thành các nam châm có kích thước $8 \times 5 \times 4 \text{ cm}^3$ (cạnh 4 cm của nam châm trùng với độ dày khối hợp kim đúc) rồi đánh bóng bề mặt.

- Bước 3: Nạp từ các nam châm với cường độ từ trường $H = 20 \text{ kOe}$ của một nam châm điện.

Vật liệu sau khi chế tạo theo qui trình ở trên được kiểm tra thành phần bằng phổ tán sắc năng lượng tia X. Kết quả cho thấy các đỉnh phổ đặc trưng cho các nguyên tố thành phần của vật liệu (Hình 1). Cấu trúc kết tinh định hướng toàn phần của vật liệu được quan sát thấy bên trong mẫu đúc (Hình 2). Sự kết tinh định hướng của mẫu đúc theo sáng chế này được so sánh với mẫu không kết tinh định hướng đúc bằng khuôn cát thông thường, không được làm mát khi đúc (Hình 3) và mẫu chỉ được kết tinh một phần vì nhiệt độ khi nấu luyện và rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc bằng nhau không theo đúng quy trình trong sáng chế này (Hình 4). Tính chất từ của hợp kim Alnico 5 chế tạo theo sáng chế này được khảo sát qua các phép đo đặc trưng từ trễ của vật liệu (Hình 5). Vật liệu chế tạo được có kháng từ $H_c = 0,65 \text{ kOe}$, cảm ứng từ dư $B_r = 12,7 \text{ kG}$ và tích năng lượng cực đại $(BH)_{\max} = 5,4 \text{ MGOe}$. Các thông số từ cứng này của vật liệu tương đương với các thông số của nam châm Alnio 5 trên thị trường và hoàn toàn có thể ứng dụng thực tế.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Bằng cách cải tiến khuôn đúc và khống chế các điều kiện chế tạo ở các giá trị tối ưu, sáng chế đã tạo ra được nam châm Alnico dị hướng có các thông số từ tương đương với các nam châm thương mại mà chi phí chế tạo có thể cắt giảm trên 50% do không cần phải dùng thiết bị tạo từ trường trong quá trình đúc và ủ nhiệt, quá trình chế tạo được đơn giản hóa và thời gian ủ nhiệt đã được cắt giảm nhiều lần.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình chế tạo vật liệu (hợp kim) từ cứng Alnico dị hướng bằng phương pháp đúc bao gồm các công đoạn như sau:

(i) chế tạo khuôn đúc, công đoạn này gồm các bước sau:

chế tạo mẫu đúc có hình dạng và kích thước giống vật cần đúc được dùng để tạo ra khoảng trống trong khuôn đúc, độ dày của mẫu đúc được giới hạn từ 2 cm đến 6 cm;

chế tạo hai thành khuôn kim loại đối diện nhau, có kích thước bằng nhau, có dạng hình hộp chữ nhật rỗng có lõi dẫn nước vào và nước ra để làm mát khuôn, bằng thép chịu nhiệt hay các hợp kim chịu nhiệt có độ dẫn nhiệt tốt, có độ dày 3 - 4 mm;

chế tạo khung kim loại có dạng hình hộp chữ nhật rỗng hai mặt bên làm bằng thép lá có độ dày 2 - 3 mm có gắn ốc vít để giữ chặt hai thành khuôn kim loại, có khoảng trống ở phía trên để rót kim loại lỏng vào khuôn, dùng để chế tạo thành khuôn và đáy khuôn bằng cát thạch anh và để giữ khuôn trong quá trình đúc;

chế tạo các thành khuôn còn lại và đáy khuôn bằng cát thạch anh trộn nước thủy tinh có độ dày 2 - 3 cm sử dụng mẫu đúc, thành khuôn kim loại và khung sắt được chế tạo ở các bước trên;

sấy khô phần khuôn cát thạch anh được làm ở bước trên ở nhiệt độ trên 150°C;

làm sạch bề mặt các thành khuôn kim loại và cát thạch anh đã sấy khô rồi quét sơn chống dính ziricon và sấy khô sơn chống dính;

đặt phần khuôn cát thạch anh vào giữa hai thành khuôn kim loại rồi siết chặt hai thành khuôn kim loại lại để tạo thành khuôn đúc bán kim loại;

(ii) nấu luyện và đúc hợp kim, công đoạn này gồm các bước sau:

các kim loại thành phần của hợp kim Alnico (Al, Ni, Co, Fe...) được làm sạch, cắt thành mảnh và cân theo đúng hợp phần đã định;

đưa các kim loại thành phần vào nồi nấu, Fe được xếp xung quanh thành nồi, các thành phần khác được xếp ở giữa nồi và xen kẽ nhau để nấu luyện trong môi trường khí trơ Ar;

tăng dần công suất lò trung tần cho đến khi các kim loại nóng chảy hoàn toàn trong khoảng thời gian 15 - 20 phút, tiếp tục duy trì công suất lò để hợp kim ở trạng thái lỏng khoảng 3 - 5 phút, tăng công suất lò đến khi hợp kim lỏng ở gần trạng thái sôi rồi lại giảm công suất lò để hợp kim lỏng về gần trạng thái đông đặc thì chuẩn bị rót vào khuôn;

tắt nguồn lò trung tần, mở nước làm mát khuôn rồi rót hợp kim lỏng vào khuôn đúc bán kim loại. duy trì nguồn nước làm mát khuôn cho đến khi hợp kim nguội hoàn toàn;

lấy khối hợp kim đúc ra khuôn và làm sạch;

(iii) xử lý nhiệt hợp kim, công đoạn này gồm các bước sau:

đưa hợp kim vào lò ủ rồi hút chân không đạt trên 10^{-4} Torr;

tăng nhiệt độ lò đến 650°C và giữ ở nhiệt độ đó trong khoảng thời gian 9 giờ;

để hợp kim được làm nguội theo lò đến nhiệt độ phòng rồi lấy ra khỏi lò;

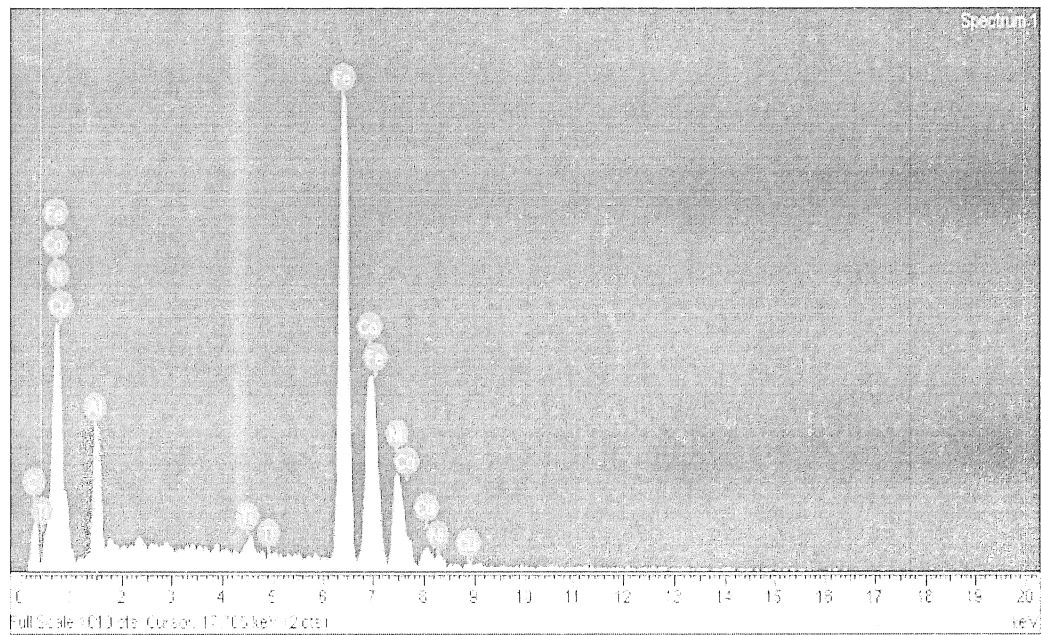
(iv) gia công và nạp từ, công đoạn này gồm các bước sau:

đánh dấu phương kết tinh định hướng của hợp kim (vuông góc với bề mặt tiếp xúc với thành khuôn kim loại);

cắt khối hợp kim bằng phương pháp cắt dây hồ quang thành các nam châm theo kích thước mong muốn rồi đánh bóng bề mặt;

nạp từ các nam châm với cường độ từ trường $H > 10 \text{ kOe}$ bằng nam châm điện tạo từ trường tĩnh hoặc cuộn dây tạo từ trường xung, phương của từ trường từ hóa phải trùng với phương kết tinh định hướng của nam châm.

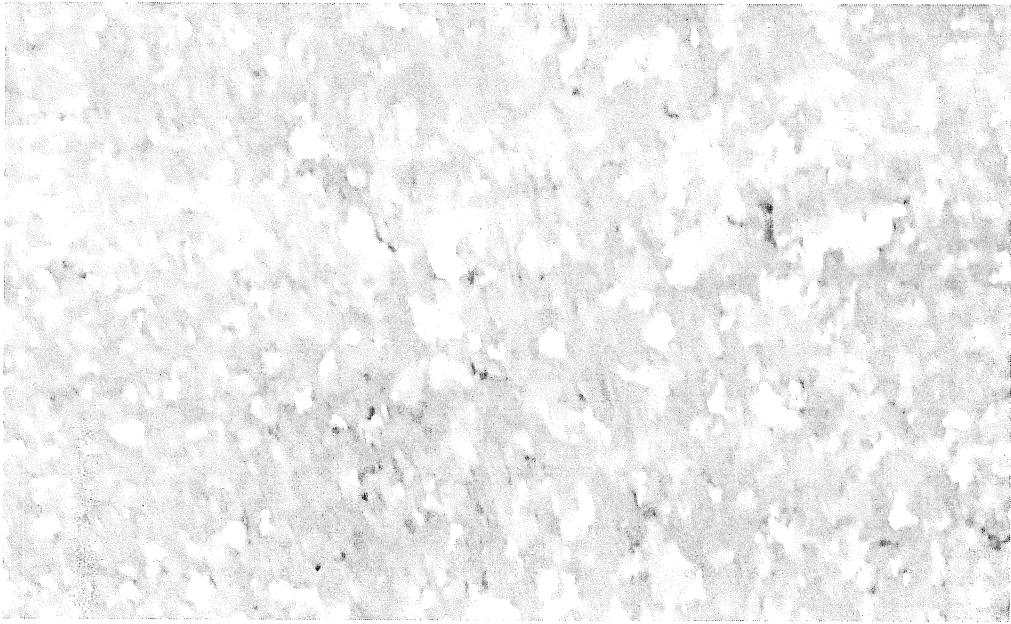
2. Quy trình theo điểm 1, trong đó khối lượng Al cháy hao cần được bù thêm vào là 3% khi nấu luyện hợp kim trong môi trường không khí.



Hình 1



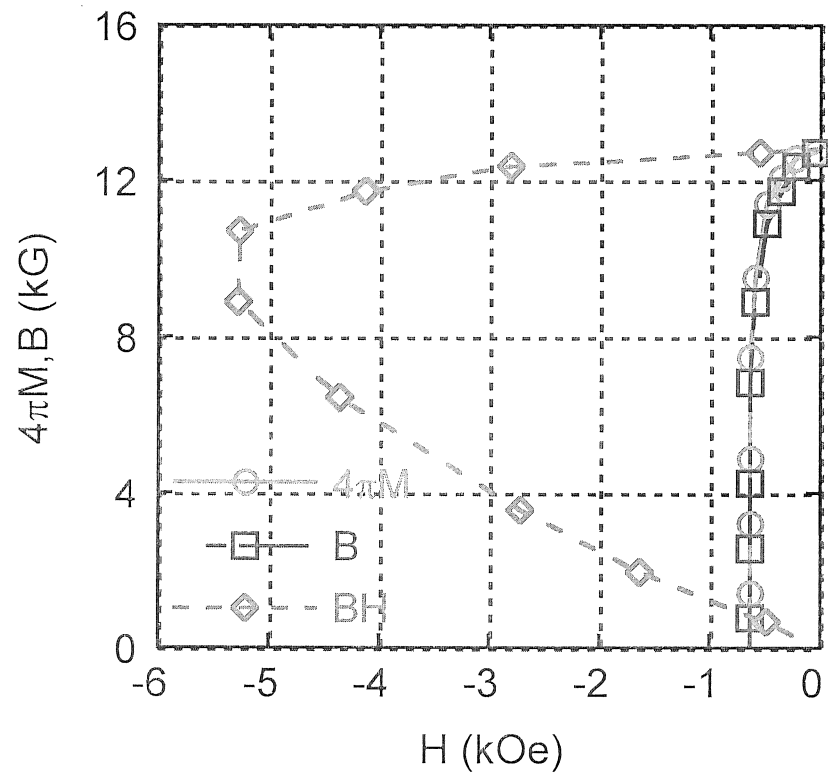
Hinh 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5