



(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)



1-0049352

(51)^{2020.01} H01F 1/153; C21D 6/00; C21D 8/12; (13) B
H01F 41/02; H01F 27/245; B22D 11/06;
C22C 45/02

(21) 1-2022-00330

(22) 24/06/2020

(86) PCT/JP2020/024910 24/06/2020

(87) WO2020/262493 30/12/2020

(30) 2019-121525 28/06/2019 JP; 2019-178568 30/09/2019 JP; 2020-024119 17/02/2020 JP; 2020-054544 25/03/2020 JP

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/05/2022 410A

(73) Proterial, Ltd. (JP)

6-36, Toyosu 5-chome, Koto-ku, Tokyo, Japan

(72) ITAGAKI, Hajime (JP); KUROKI, Morifumi (JP); SASAKI, Makoto (JP);
NAKAJIMA, Shin (JP).

(74) Công ty TNHH Trà và cộng sự (TRA & ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) DẢI HỢP KIM VÔ ĐỊNH HÌNH TRÊN CƠ SỞ FE, LỖI SẮT, VÀ MÁY BIẾN ÁP

(21) 1-2022-00330

(57) Sáng chế đề cập đến dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã giảm tổn hao do sắt ở điều kiện mật độ từ thông 1,45T. Một khía cạnh của sáng chế đề xuất dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có các vết chiếu xạ laser tuyến tính liên tục trên ít nhất một bề mặt. Các vết chiếu xạ laser tuyến tính được hình thành dọc theo hướng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Mỗi vết chiếu xạ laser tuyến tính có độ gồ ghề trên bề mặt của nó. Khi độ gồ ghề được ước lượng theo hướng đúc, độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất theo chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe là nằm trong khoảng từ 0,25 μm đến 2,0 μm .

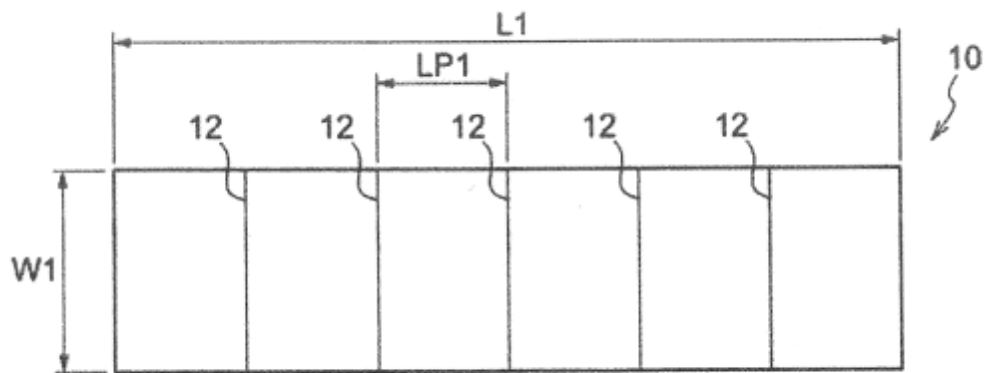


FIG. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, lõi sắt, và máy biến áp.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Dải hợp kim vô định hình (không kết tinh) trên cơ sở Fe đã trở nên ngày càng phổ biến làm vật liệu lõi sắt cho máy biến áp.

Như các phương pháp để làm giảm tổn hao do dòng xoáy dị thường của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, phương pháp cào cơ học bề mặt của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, và phương pháp phân đoạn miền từ của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe bằng cách chiếu xạ bề mặt dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe bằng ánh sáng laze để làm nóng chảy cục bộ và làm đông đặc bề mặt một cách nhanh chóng, phương pháp vạch dấu bằng laze, đã được biết đến.

Ví dụ, đối với phương pháp vạch dấu bằng laze, công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số H03-32886 bộc lộ phương pháp phân đoạn miền từ bằng cách chiếu xạ dải hợp kim vô định hình bằng laze xung theo hướng chiều rộng của dải để làm nóng chảy cục bộ và tức thì bề mặt của dải hợp kim vô định hình và sau đó làm đông đặc nhanh chóng bề mặt đã nóng chảy để tạo thành các đốm vô định hình theo các hàng.

Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số S61-258404 bộc lộ ánh sáng laze được quét để chiếu xạ dải theo hướng chiều rộng của dải trong khi nhiệt độ bề mặt của dải là 300°C hoặc cao hơn.

Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số H2-053935 bộc lộ dải được làm nóng cục bộ để tạo thành các vùng kết tinh dạng dải trong đó các dải được bố trí thành hàng theo hướng chiều dọc của dải này với khoảng cách nằm trong khoảng từ 2 mm đến 100 mm, mỗi vùng có góc 30 độ hoặc nhỏ hơn, đối với hướng chiều rộng của dải, và tỷ lệ d/D , là tỷ lệ giữa độ sâu trung bình d của mỗi vùng theo hướng chiều dày của dải và độ dày D của dải, là 0,1 hoặc lớn hơn; và đồng thời, những vùng này chiếm 8% hoặc nhỏ hơn thể tích của dải.

Các máy biến áp được sử dụng có nhiều kích thước khác nhau, từ các máy biến áp nhỏ đến các máy biến áp lớn, với nhiều cấu hình khác nhau trong mọi khía cạnh của môi trường sống. Do sự sử dụng lớn như vậy nên máy biến áp trở thành thiết bị góp chính gây ra vấn đề tổn hao công suất; do đó, luôn có nhu cầu về việc giảm tổn hao trong máy biến áp. Ở mỗi quốc gia trên thế giới đều có những tiêu chuẩn để giảm tổn hao. Ví dụ về các tiêu chuẩn chính bao gồm tiêu chuẩn JIS C 4304: 2013 và JIS C 4306: 2013 từ “Chương trình hiệu suất cao nhất (Top-runner program)” ở Nhật Bản; Tiêu chuẩn DOE của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ theo Phần 431.196 10 CFR; Quy định của Ủy ban châu Âu (EU) số 548/2014; Tiêu chuẩn quốc gia Trung Quốc GB 20052-2013; và Tiêu chuẩn của Ấn độ IS 1180 (Phần 1): 2018, tất cả các tiêu chuẩn đều cập nhật tổn hao cho phép hoặc hiệu quả năng lượng một cách nghiêm ngặt hơn trong mỗi sự sửa đổi thường xuyên. Để đáp ứng các tiêu chuẩn này, các máy biến áp hiệu suất cao với mức tổn hao thấp hơn được sản xuất có một cách rộng rãi.

Máy biến áp bao gồm các thành phần chính là lõi sắt và cuộn dây. Thông thường một tấm thép kỹ thuật điện định hướng theo thớ thường được dùng cho lõi sắt. Tuy nhiên, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe là vật liệu gây ra mức tổn hao thấp hơn so với tấm thép kỹ thuật điện định hướng theo thớ. Lõi sắt được làm từ dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe cũng được dùng cho máy biến áp.

Tổn hao của máy biến áp chủ yếu bao gồm tổn hao không tải (tổn hao do sắt) và tổn hao có tải (tổn hao do đồng). Lượng tổn hao không tải không thay đổi được sinh ra ở lõi sắt tại mọi thời điểm mà không phụ thuộc vào dòng tải của máy biến áp. Tổn hao có tải được sinh ra tại cuộn dây tỷ lệ với bình phương dòng tải. Các nghiên cứu được thực hiện lặp lại nhiều lần để giảm cả hai loại tổn hao, nhưng sự giảm thêm là vẫn cần mặc dù đã đạt được một số cải thiện.

Một số phương pháp đã được đề xuất để giảm tổn hao không tải của máy biến áp.

Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số 2017-054896 bộc lộ dùng lõi sắt quấn dây được làm bằng vật liệu vô định hình để thu được lõi sắt hiệu quả với tổn hao không tải giảm; kết cấu mỗi hàn của lõi sắt ở bề mặt chu vi bên trong của lõi sắt quấn dây là mối hàn chồng, kết cấu mỗi hàn của lõi sắt ở bề mặt chu vi bên ngoài của lõi sắt quấn dây là mối hàn chồng bậc, và lõi sắt ở bề

mặt chu vi bên trong có kết cấu mỗi hàn chồng chiếm trong khoảng từ 32% đến 62% lõi sắt quấn dây.

Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số 2008-071982 bộc lộ máy biến áp bao gồm lõi sắt được tạo ra bằng cách xếp dải hợp kim vô định hình nhiều lớp thành dạng vòng, và một cuộn dây điện để kích từ. Một màng mỏng cách điện được tạo ra trên bề mặt của dải hợp kim vô định hình tạo thành lõi sắt, màng này có thể giúp ngăn sự gia tăng tổn hao do dòng xoáy và giảm tổn hao không tải của máy biến áp.

Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số 2005-072160 bộc lộ máy biến áp lõi sắt quấn dây ba pha năm trụ, trong đó các vật liệu từ tính cho lõi sắt quấn dây bao gồm cả dải hợp kim vô định hình và tấm thép kỹ thuật điện. Cụ thể, trong máy biến áp lõi sắt quấn dây ba pha năm trụ này, các lõi sắt quấn dây ở mặt ngoài mỗi lõi sắt chỉ quấn dây được ghép với một cuộn dây là các tấm thép kỹ thuật điện; lõi sắt quấn dây còn lại ở giữa được ghép với hai cuộn dây là một dải hợp kim vô định hình. Với kết cấu này, mục đích là tạo ra lõi sắt quấn dây dải hợp kim vô định hình và máy biến áp lõi sắt quấn dây ba pha năm trụ không cần các vật liệu gia cố để giữ các cuộn dây, giúp giảm chi phí nhân công và vật liệu cho công việc lắp ráp do độ nhỏ gọn của nó, và đạt được mức tổn hao không tải thấp hơn so với kết cấu có các vật liệu từ tính chỉ bao gồm các tấm thép kỹ thuật điện.

Tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số: H03-32886

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số: S61-258404

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số: H02-53935

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số 2017-54896

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số 2008-71982

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số 2005-72160

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề kỹ thuật được giải quyết bởi sáng chế

Tổn hao do sắt của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe thường được đo ở điều kiện thông thường với mật độ từ thông 1,3 T (ví dụ, xem các Ví dụ tương ứng trong công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số H03-02886, công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số S61-258404, và công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số H02-53935).

Tuy nhiên, không phải tổn hao do sắt ở điều kiện mật độ từ thông 1,3 T mà tổn hao do sắt ở điều kiện mật độ từ thông 1,45 T gần đây đã được yêu cầu giảm xuống trong một số trường hợp, ví dụ, trên quan điểm thu nhỏ kích thước của máy biến áp được sản xuất bằng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Ngoài ra, phương pháp chiếu xạ truyền thống ánh sáng laser sử dụng laser xung, đây là phương pháp hình thành các vết chiếu xạ dạng chấm. Phương pháp sử dụng laser xung có vấn đề về hiệu suất dẫn đến việc tăng chi phí.

Hình dạng bề mặt của dải hợp kim vô định hình có thể có thể bị biến dạng phần lớn do sự chiếu xạ laser. Nếu sự biến dạng là lớn thì hệ số dát mỏng của dải hợp kim vô định hình sẽ trở nên thấp khi được tạo thành lõi, ví dụ, bằng cách quấn dây và xếp lớp. Sự biến dạng lớn về hình dạng bề mặt của dải hợp kim vô định hình như vậy sẽ không được ưu tiên về các đặc tính của lõi. Cũng không thể thu được các đặc tính mong muốn của lõi sắt do sự kết tinh nếu vùng kết tinh được tạo ra khi làm nóng cục bộ dải.

Như đã đề cập trên đây, tổn hao công suất của máy biến áp chủ yếu bao gồm tổn hao không tải sinh ra ở lõi sắt và tổn hao tải sinh ra ở cuộn dây. Để giảm tổn hao không tải ở máy biến áp, người ta đã xem xét sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe để tạo ra tổn hao do sắt thấp. Đặc biệt trong trường hợp của máy biến áp phân phối, đã được biết đến rằng hệ số tải tương đương trung bình tương ứng với giá trị hiệu dụng hàng năm của tỷ lệ tải là thấp tới 15% như đã bộc lộ trong bài viết “Đánh giá máy biến áp vô định hình sử dụng mô hình mẫu đường cong tải của máy biến áp cực”

của các tác giả Takagi, Yamamoto, và Yamaji được công bố trong cuốn “Các Giao dịch của Viện Kỹ thuật điện Nhật Bản, công bố của Hội điện và Năng lượng trang 885-892, Tập 128 Số 6, năm 2008, hoặc được bộc lộ trong Báo cáo cuối cùng, Phần 2: Sự phân phối và máy biến áp điện Nhiệm vụ 1-7 2010/ETE/R/106, tháng 1 năm 2011. Do đó, các máy biến áp sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe sinh ra mức tổn hao không tải nhỏ sẽ có hiệu quả cao xét về việc tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải khí CO₂.

Như được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2 của JIS C2534:2017 (Tiêu chuẩn IEC: IEC60404-8-11 tương ứng), các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe cho lõi sắt của máy biến áp được chia một cách rộng rãi thành hai loại vật liệu, loại truyền thống và loại có mật độ từ thông cao, mỗi loại lại bao gồm 16 kiểu được phân loại dựa vào tổn hao do sắt lớn nhất và hệ số dát mỏng nhỏ nhất. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe với tổn hao do sắt ít nhất có tổn hao do sắt lớn nhất là 0,08 W/kg ở tần số 50 Hz và mật độ từ thông 1,3 T; và có tổn hao do sắt lớn nhất là 0,11 W/kg ở tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,3 T. Tuy nhiên, để thu được máy biến áp có hiệu suất cao hơn thì cần thiết sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có tổn hao do sắt thấp hơn loại đã đề cập trên đây.

Phương pháp vạch dấu bằng laze đã đề cập trên đây đã được thử nghiệm để làm giảm tổn hao do sắt của dải hợp kim vô định hình, tuy nhiên, phương pháp này vẫn chưa đạt được tổn hao do sắt tối thiểu như được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2 của JIS C2534:2017 (ví dụ, xem các phương án thực hiện trong công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số H3-032886, công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế không thẩm định Nhật Bản số S61-258404, và công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế đã thẩm định Nhật Bản số H2-053935).

Theo một khía cạnh của sáng chế, tốt hơn là tạo ra dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã giảm tổn hao do sắt ở điều kiện mật độ từ thông 1,45 T.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, tốt hơn là tạo ra lõi sắt và máy biến áp có hiệu suất tuyệt vời bằng cách sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo một khía cạnh của sáng chế.

Phương pháp giải quyết vấn đề

Một khía cạnh của sáng chế đề xuất dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Dải

hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có các vết chiếu xạ lazer tuyến tính liên tục trên ít nhất một bề mặt. Các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo ra dọc theo hướng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính có độ gồ ghề trên bề mặt của nó, và độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất với điểm thấp nhất theo chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, khi độ gồ ghề được ước lượng theo hướng đúc, là nằm trong khoảng từ $0,25\text{ }\mu\text{m}$ đến $2,0\text{ }\mu\text{m}$.

Theo một khía cạnh của sáng chế, $HL \times WL$ đã tính theo độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất của vết chiếu xạ lazer tuyến tính với độ rộng vạch WL, đó là độ dài của vết chiếu xạ lazer tuyến tính theo hướng đúc, có thể là nằm trong khoảng từ $6,0\text{ }\mu\text{m}^2$ đến $180\text{ }\mu\text{m}^2$.

Theo một khía cạnh của sáng chế, độ rộng vạch WL có thể nằm trong khoảng từ $28\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn.

Theo một khía cạnh của sáng chế, khoảng cách vạch, khi khoảng cách vạch được xác định là khoảng cách giữa các vết chiếu xạ lazer tuyến tính liền kề nhau của các vết chiếu xạ lazer tuyến tính, có thể nằm trong khoảng từ 2 mm đến 200 mm .

Theo một khía cạnh của sáng chế, tỷ lệ giữa độ dài của vết chiếu xạ lazer tuyến tính với tổng độ dài của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng, khi hướng chiều rộng được xác định làm hướng trục giao với hướng đúc, có thể nằm trong khoảng từ 10% đến 50% theo cả hai hướng từ điểm giữa của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng hướng về các đầu theo hướng chiều rộng.

Theo một khía cạnh của sáng chế, phần nơi các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo ra có thể không phải là dạng kết tinh.

Theo một khía cạnh của sáng chế, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể có bề mặt đông đặc tự do và bề mặt cuộn. Độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt trên bề mặt đông đặc tự do, ngoại trừ phần nơi các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo ra, có thể là $3,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn.

Theo một khía cạnh của sáng chế, thành phần hợp kim của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể bao gồm Fe, Si, B, và tạp chất. Hàm lượng Fe có thể là 78% nguyên tử hoặc lớn hơn, hàm lượng B có thể là 10% nguyên tử hoặc lớn hơn, và tổng

hàm lượng B và Si có thể nằm trong khoảng từ 17% nguyên tử đến 22% nguyên tử khi tổng hàm lượng Fe, Si và B là 100% nguyên tử.

Theo một khía cạnh của sáng chế, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 18 μm đến 35 μm .

Theo một khía cạnh của sáng chế, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể có tổn hao do sắt là 0,150 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Theo một khía cạnh của sáng chế, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể có tổn hao do sắt là 8,6 W/kg hoặc thấp hơn và có công suất kích thích VA là 8,7 VA/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T.

Theo một khía cạnh của sáng chế, lực kháng từ H_c của vòng DC B-H đo được tại mức từ trường tác động lớn nhất 800 A/m có thể là 5,0 A/m hoặc thấp hơn.

Theo một khía cạnh của sáng chế, tỷ số bình phương [mật độ từ thông dư B_r /mật độ từ thông lớn nhất B_m] của vòng DC B-H đo được tại mức từ trường tác động lớn nhất 800 A/m có thể là 40% hoặc thấp hơn.

Một khía cạnh khác của sáng chế đề xuất lõi sắt được tạo ra bằng cách xếp lớp các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, hoặc bằng cách quấn dây ít nhất một dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Theo một khía cạnh của sáng chế, lõi sắt có thể được tạo ra bằng cách uốn và quấn, theo cách chồng lên nhau, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp. Lõi sắt có thể có tổn hao do sắt là 0,240 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Một khía cạnh khác của sáng chế đề xuất máy biến áp bao gồm lõi sắt được tạo ra sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, và một cuộn dây quấn xung quanh lõi sắt.

Theo một khía cạnh của sáng chế, lõi sắt có thể được tạo ra bằng cách uốn và quấn, theo cách chồng lên nhau, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp, và có tổn hao do sắt là 0,240 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Theo một khía cạnh của sáng chế, máy biến áp có thể là máy biến áp một pha,

và tổn hao không tải theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 50 Hz có thể là 0,15 W/kg hoặc thấp hơn, hoặc tổn hao không tải theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 60 Hz có thể là 0,19 W/kg hoặc thấp hơn.

Theo một khía cạnh của sáng chế, máy biến áp có thể là máy biến áp ba pha, và tổn hao không tải theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 50 Hz có thể là 0,19 W/kg hoặc thấp hơn, hoặc tổn hao không tải theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 60 Hz có thể là 0,24 W/kg hoặc thấp hơn.

Theo một khía cạnh của sáng chế, máy biến áp có thể có công suất thiết kế là 10 kVA hoặc lớn hơn.

Các hiệu quả của sáng chế

Theo một khía cạnh của sáng chế, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã giảm tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60Hz và mật độ từ thông 1,45 T được tạo ra.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, lõi sắt và máy biến áp có hiệu suất tuyệt vời được tạo ra nhờ sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo một khía cạnh đã đề cập trên đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình chiếu phẳng dưới dạng giản đồ thể hiện bề mặt đồng đặc tự do của một đoạn dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được xử lý bằng laze (dải 10).

Fig.2 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T).

Fig.3 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và công suất kích thích VA (60 Hz, 1,45 T).

Fig.4 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và lực kháng từ H_c (60 Hz, 1,45 T).

Fig.5A là vi ảnh của vết chiếu xạ laze tuyến tính số 13 của Ví dụ 1, Fig.5B là vi ảnh của vết chiếu xạ laze tuyến tính số 17 của Ví dụ 1, Fig.5C là vi ảnh của vết chiếu xạ laze tuyến tính số 20 của Ví dụ 1, và Fig.5D là vi ảnh của vết chiếu xạ laze tuyến tính số 24 của Ví dụ 1.

Fig.6A là vi ảnh của vết chiếu xạ laze tuyến tính số 26 của Ví dụ 1, Fig.6B là vi

ảnh của vết chiếu xạ laser tuyến tính số 28 của Ví dụ 1, Fig.6C là vi ảnh của vết chiếu xạ laser tuyến tính số 34 của Ví dụ 1, và Fig.6D là vi ảnh của vết chiếu xạ laser tuyến tính số 36 của Ví dụ 1.

Fig.7 là giản đồ thể hiện độ gồ ghề trên bề mặt của vết chiếu xạ laser tuyến tính.

Fig.8 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T).

Fig.9 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và công suất kích thích VA (60 Hz, 1,45 T).

Fig.10 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và lực kháng từ Hc (60 Hz, 1,45 T).

Fig.11 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL và tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T).

Fig.12 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL và công suất kích thích VA (60 Hz, 1,45 T).

Fig.13 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL và lực kháng từ Hc (60 Hz, 1,45 T).

Fig.14 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa khoảng cách vạch LP1 và tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T).

Fig.15 là vi ảnh của vết chiếu xạ laser tuyến tính của Ví dụ 2.

Fig.16 là hình chiếu phẳng thể hiện ví dụ về lõi sắt thu được bằng cách uốn và quấn, theo cách chồng lên nhau, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã tạo lớp, và Fig.16B là hình vẽ mặt bên của lõi sắt trên Fig.16A.

Fig.17 là sơ đồ mạch thể hiện mạch biến đổi bằng cách quấn cuộn dây sơ cấp (N1) và cuộn dây thứ cấp (N2) xung quanh lõi sắt, như ví dụ được thể hiện trên Fig.16A.

Fig.18 là vi ảnh của vết chiếu xạ laser tuyến tính.

Fig.19 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và tổn hao do sắt CL (1 kHz, 1 T).

Fig.20 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và công suất

kích thích VA (1 kHz, 1 T).

Fig.21 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao $HL \times$ độ rộng vạch WL và tổn hao do sắt CL (1 kHz, 1 T).

Fig.22 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao $HL \times$ độ rộng vạch WL và công suất kích thích VA (1 kHz, 1T).

Fig.23 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và tổn hao do sắt CL (1 kHz, 1T).

Fig.24 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và công suất kích thích VA (1 kHz, 1 T).

Fig.25 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mật độ từ thông và tổn hao do sắt ở tần số 50 Hz của lõi sắt của Ví dụ 3 và lõi sắt của Ví dụ So sánh 2.

Fig.26 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa mật độ từ thông và tổn hao do sắt ở tần số 60 Hz của lõi sắt của Ví dụ 3 và lõi sắt của Ví dụ So sánh 2.

Fig.27 là giản đồ thể hiện ví dụ về máy biến áp theo phương án thực hiện của sáng chế.

Fig.28 là giản đồ thể hiện ví dụ khác về máy biến áp theo phương án thực hiện của sáng chế.

Fig.29 là giản đồ thể hiện ví dụ khác nữa về máy biến áp theo phương án thực hiện của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phạm vi của các giá trị số được biểu thị bằng “... đến ...” trong tài liệu này có nghĩa rằng phạm vi bao gồm các giá trị số được viết trước và sau từ “đến” làm giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất. Trong các phạm vi giá trị số được mô tả trong các giai đoạn trong tài liệu này, giá trị lớn nhất hoặc giá trị nhỏ nhất có trong một phạm vi các giá trị số có thể được thay bằng giá trị lớn nhất hoặc giá trị nhỏ nhất trong phạm vi khác của các giá trị số khác. Giá trị lớn nhất hoặc giá trị nhỏ nhất trong phạm vi các giá trị số được mô tả trong tài liệu này có thể được thay thế bằng một giá trị được thể hiện trong các Ví dụ.

Thuật ngữ “xử lý” không chỉ bao gồm một việc xử lý độc lập mà còn bao gồm

việc xử lý có thể đạt được mục đích dự kiến ngay cả trong trường hợp việc xử lý đó không được phân biệt rõ ràng so với các việc xử lý khác.

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trong sáng chế này đề cập đến dải được làm từ hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trong sáng chế này đề cập đến hợp kim vô định hình chứa Fe (sắt) làm thành phần chính. Thành phần chính ở đây đề cập đến thành phần được chứa với tỷ lệ cao nhất (% khối lượng).

Các phương án thực hiện của sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Sáng chế không giới hạn ở các phương án thực hiện dưới đây, và các phương án thực hiện này có thể được sửa đổi phù hợp trong phạm vi các ý tưởng kỹ thuật của sáng chế.

[Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe]

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo phương án thực hiện thứ nhất của sáng chế có các vết chiếu xạ laser tuyến tính liên tục trên ít nhất một bề mặt của dải. Các vết chiếu xạ laser tuyến tính được bố trí dọc theo hướng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Mỗi vết chiếu xạ laser tuyến tính có độ gồ ghề trên bề mặt của nó. Khi độ gồ ghề được ước lượng theo hướng đúc, độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất theo hướng chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe là nằm trong khoảng từ 0,25 μm đến 2,0 μm .

Đặc tính chính của phương án thực hiện thứ nhất đó là độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất theo hướng chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe là nằm trong khoảng từ 0,25 μm đến 2,0 μm khi độ gồ ghề được ước lượng theo hướng đúc.

Vết chiếu xạ laser tuyến tính theo sáng chế có đặc tính đã đề cập trên đây. Tuy nhiên, có thể đạt được các hiệu quả của sáng chế, ví dụ, ngay cả khi không phải tất cả các vết chiếu xạ laser tuyến tính đã tạo ra trên dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đều có cấu hình theo sáng chế như đã đề cập ở trên đây. Tốt hơn là 60% hoặc lớn hơn các vết chiếu xạ laser tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ laser tuyến tính có cấu hình theo sáng chế như đã đề cập trên đây. Tốt hơn nữa là 70% hoặc lớn hơn các vết chiếu xạ laser tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ laser tuyến tính có cấu hình theo sáng chế như đã đề cập trên đây. Nhưng tốt hơn nữa là 80% hoặc lớn hơn các vết

chiếu xạ laser tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ laser tuyến tính có cấu hình theo sáng chế như đã đề cập trên đây. Thậm chí tốt hơn nữa là 90% hoặc lớn hơn các vết chiếu xạ laser tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ laser tuyến tính có cấu hình theo sáng chế như đã đề cập trên đây. Tốt nhất là tất cả các vết chiếu xạ laser tuyến tính đều có cấu hình theo sáng chế như đã đề cập trên đây.

Ví dụ, tốt hơn là 60% hoặc lớn hơn các vết chiếu xạ laser trong số các vết chiếu xạ laser đã tạo ra trên dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có bất kỳ đặc điểm nào trong số các đặc điểm dưới đây.

(1) Khi độ gồ ghề trên bề mặt của vết chiếu xạ laser tuyến tính được ước lượng theo hướng đúc, độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất theo hướng chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe là nằm trong khoảng từ 0,25 μm đến 2,0 μm .

(2) Khi độ gồ ghề trên bề mặt của vết chiếu xạ laser tuyến tính được ước lượng theo hướng đúc, trị số $HL \times WL$ được tính theo độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất theo chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, độ rộng vạch WL của vết chiếu xạ laser tuyến tính là nằm trong khoảng từ 6,0 μm^2 đến 180 μm^2 .

Trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe (sau đây, được gọi ngắn gọn là “dải”) của sáng chế, tổn hao do sắt CL ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T được giảm do có cấu hình như đã đề cập trên đây. Thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe cũng làm giảm lực kháng từ H_c (60 Hz, 1,45 T). Sự tăng công suất kích thích VA (60 Hz, 1,45 T) cũng có thể được ngăn chặn. Cũng thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có sự biến dạng ít hơn bởi chiếu xạ laser. Thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có hiệu suất cao nhờ chiếu xạ laser.

Tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T được giảm. Công suất kích thích VA (1 kHz, 1 T) cũng có thể được giảm. Điều này làm cho dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế hữu ích cho các ứng dụng ở tần số cao.

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế là dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có bề mặt đồng đặc tự do và bề mặt cuộn.

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có bề mặt đông đặc tự do và bề mặt cuộn là dải được sản xuất (đúc) bằng phương pháp cuộn đơn. Bề mặt cuộn là bề mặt được cho tiếp xúc với cuộn làm mát và được làm đông đặc nhanh trong quá trình đúc, và bề mặt đông đặc tự do là bề mặt đối diện với bề mặt cuộn (cụ thể là bề mặt được tiếp xúc với không khí trong quá trình đúc).

Phương pháp cuộn đơn có thể được tìm thấy theo cách thích hợp trong bất kỳ tài liệu nào đã biết, chẳng hạn như công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế quốc tế số 2012/102379.

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có thể là dải không được cắt sau khi đúc (ví dụ, phần thân được cuộn lại thành dạng cuộn sau khi đúc) hoặc có thể là một đoạn dải được cắt ra theo kích thước mong muốn sau khi đúc.

Fig.1 thể hiện giản đồ của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế. Trên Fig.1, các vết chiếu xạ laser tuyến tính 12 được tạo trên bề mặt đông đặc tự do (hoặc bề mặt cuộn) của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe 10. Trên Fig.1, hướng trái và phải (hướng mũi tên L1) tương ứng với hướng đúc, và thẳng đứng (hướng mũi tên W1) tương ứng với hướng chiều rộng của dải. Các vết chiếu xạ laser tuyến tính 12 được bố trí dọc theo hướng về phía hướng chiều rộng trục giao với hướng đúc của dải. L1 chỉ ra độ dài của dải, W1 chỉ ra độ rộng của dải, và LP1 chỉ ra khoảng cách vạch giữa các vết chiếu xạ laser tuyến tính.

<Vết chiếu xạ laser tuyến tính>

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có các vết chiếu xạ laser tuyến tính liên tục trên ít nhất một trong số bề mặt đông đặc tự do và bề mặt cuộn. Các vết chiếu xạ laser tuyến tính liên tục này (các vết chiếu xạ laser tuyến tính) được tạo ra bằng cách xử lý laser sử dụng phương pháp dao động CW (sóng liên tục), và khác với các chùm vết chiếu xạ laser dạng chấm được tạo ra bởi laser xung.

Các phương pháp phân đoạn miền từ nhờ sự chiếu xạ laser đã được biết đến, và các phương pháp này thường sử dụng laser xung để tạo thành các vết chiếu xạ laser dạng chấm. Tuy nhiên, các phương pháp sử dụng laser xung có các vấn đề về hiệu suất và không phù hợp để sản xuất chi phí thấp.

Ví dụ, tần số dao động phải được tăng lên trong quá trình xử lý tốc độ cao. Tuy

nhiên, không thể tăng tần số dao động trong khi vẫn duy trì năng lượng xung và độ rộng xung.

Trong trường hợp xử lý laze sử dụng phương pháp dao động CW, có thể dễ dàng tăng hiệu suất lên một cách đơn giản bằng cách liên tục tạo dao động laze để tăng công suất đầu ra của bộ dao động. Vì vậy, thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có các đặc tính mong muốn mà không tăng chi phí. Ví dụ, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã giảm tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Theo phương án thực hiện này, các vết chiếu xạ laze tuyến tính liên tục được tạo thành một vạch liên tục bằng cách xử lý laze sử dụng phương pháp dao động CW (sóng liên tục), không giống như các vết chiếu xạ laze tuyến tính liên tục thu được bằng cách liên tục tạo ra các vết chiếu xạ laze dạng chấm bởi laze xung. Không có vấn đề gì nếu các vết bị gián đoạn một phần. Các vết có thể liên tục ít nhất 5mm trở lên. Có thể phân biệt được các vết chiếu xạ laze dạng chấm được tạo ra bởi laze xung với các vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo ra bởi phương pháp dao động CW nhờ quan sát các vết chiếu xạ laze.

Trong vết chiếu xạ laze tuyến tính, dải được làm nóng chảy-đông đặc do sự chiếu xạ laze, và hình thức (màu sắc, hình dạng) đã thay đổi so với phần không được chiếu xạ laze. Nói cách khác, phần nơi hình thức đã thay đổi là vết chiếu xạ laze tuyến tính. Độ rộng của phần mà hình thức đã thay đổi (độ rộng của phần dải đã nóng chảy-đông đặc; độ dài theo hướng trục giao với hướng mà đường liên tục kéo dài) được xác định là độ rộng vạch WL của vết chiếu xạ laze tuyến tính.

Vết chiếu xạ laze tuyến tính liên tục tốt hơn là có hình đường thẳng. Mặc dù một số dao động xảy ra do sự hình thành bằng cách quét chiếu xạ laze sử dụng phương pháp dao động CW, vết chiếu xạ laze tuyến tính có hình về cơ bản là đường thẳng được tạo thành. Các ví dụ về vết chiếu xạ laze tuyến tính được thể hiện trên Fig.5A đến Fig.5D, từ Fig.6A đến Fig.6D, và trên Fig.15.

Phần bị nóng chảy-đông đặc nơi các vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo thành tốt hơn là không kết tinh. Nếu phần nơi các vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo thành được kết tinh thì các đặc tính từ tính sẽ giảm giá trị.

Các vết chiếu xạ laze tuyến tính là các vết mà năng lượng được áp dụng bởi sự

chiếu xạ laze, và, như đã lưu ý trước đây, là nơi dải được nóng chảy-đông đặc. Trên bề mặt các vết, độ gồ ghề (sự biến dạng về hình dạng) được tạo ra. Tuy nhiên, người ta nhận thấy rằng không thể thu được các đặc tính mong muốn (có tổn hao do sắt thấp) nếu độ gồ ghề là quá lớn. Nói cách khác, không thể thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã giảm tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T nếu độ gồ ghề là quá lớn. Theo sáng chế, tốt hơn là, khi độ gồ ghề trên bề mặt của vết chiếu xạ laze tuyến tính được ước lượng theo hướng đúc, độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất theo hướng chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe (sau đây được gọi là “chênh lệch độ cao HL”) là nằm trong khoảng từ 0,25 μm đến 2,0 μm . Khi mật độ năng lượng đầu ra của laze của chiếu xạ laze quá cao, chênh lệch độ cao HL có xu hướng lớn hơn 2,0 μm . Điều này được xem là sự biến dạng về hình dạng đã tăng lên do tia laze quá mạnh. Sự biến dạng về hình dạng quá lớn gây ra những bất tiện; các khoảng trống không cần thiết được hình thành khi cuộn hoặc xếp lớp dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, hệ số dát mỏng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe (mật độ dải của lõi) được giảm, hoặc không thể thu được hình dạng mong muốn. Khi tia laze quá mạnh, phần nơi các vết chiếu xạ laze tạo thành bị kết tinh, và các đặc tính có xu hướng xấu đi. Vì vậy, chênh lệch độ cao HL tốt hơn là 2,0 μm hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 1,8 μm hoặc thấp hơn, nhưng tốt hơn nữa là 1,7 μm hoặc thấp hơn.

Khi mật độ năng lượng đầu ra của laze quá nhỏ, chênh lệch độ cao HL có xu hướng nhỏ hơn 0,25 μm . Sự biến dạng về hình dạng tốt hơn là nhỏ khi tạo thành lõi và những thành phần tương tự. Tuy nhiên, hiệu quả của sự chiếu xạ laze sẽ trở nên thấp, và không thể thu được các đặc tính mong muốn. Theo đó, chênh lệch độ cao HL tốt hơn là 0,25 μm hoặc cao hơn, tốt hơn là 0,30 μm hoặc cao hơn.

Cũng theo phương án thực hiện này, trị số $HL \times WL$ được tính theo chênh lệch độ cao HL và độ rộng vạch WL của vết chiếu xạ laze tuyến tính tốt hơn là nằm trong khoảng từ 6,0 μm^2 đến 180 μm^2 . Nếu cường độ tia laze quá mạnh, sự biến dạng tại nơi các vết chiếu xạ đã tạo tăng lên và tổn hao do sắt tăng lên. Trị số $HL \times WL$ cũng tăng lên khi cường độ tia laze quá mạnh. Do đó, nếu trị số $HL \times WL$ được tính theo chênh lệch độ cao HL và độ rộng vạch WL là 180 μm^2 hoặc nhỏ hơn thì cường độ tia laze trở nên phù hợp, và thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã giảm tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Khi mật độ năng lượng đầu ra của laze quá nhỏ, hiệu quả của chiếu xạ laze giảm xuống và không thể thu được các đặc tính mong muốn. Vì vậy, $HL \times WL$ tốt hơn là $6,0 \mu m^2$ hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là $7 \mu m^2$ hoặc lớn hơn, và tốt nhất là $10 \mu m^2$ hoặc lớn hơn.

Theo các phương án thực hiện của sáng chế, độ rộng vạch WL tốt hơn là $28 \mu m$ hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là $29 \mu m$ hoặc lớn hơn, và tốt nhất là $30 \mu m$ hoặc lớn hơn.

Theo phương án thực hiện này, vết chiếu xạ laze tuyến tính được bố trí dọc theo hướng về hướng chiều rộng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Các vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo theo hướng chiều rộng của dải tốt hơn là bao gồm “phần trung tâm theo hướng chiều rộng” sẽ được mô tả sau. Trong tài liệu này, “Hướng đúc” là hướng tương ứng với hướng đường tròn của cuộn làm mát khi dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được đúc; nói cách khác, nó là hướng tương ứng với hướng chiều dọc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trước khi cắt. Hướng trục giao với hướng chiều dọc là hướng chiều rộng.

“Hướng đúc” có thể cũng được xác nhận trên đoạn dải đã cắt bằng cách quan sát bề mặt đồng đặc tự do và/hoặc bề mặt cuộn của đoạn dải. Ví dụ, một đường mỏng được quan sát thấy trên bề mặt đồng đặc tự do và/hoặc bề mặt cuộn của đoạn dải dọc theo hướng đúc. Hướng trục giao với hướng đúc là hướng chiều rộng.

Trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe của phương án thực hiện, khoảng cách vạch tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2 mm đến 200 mm, trong trường hợp khoảng cách vạch được xác định là khoảng cách tại phần trung tâm theo hướng chiều rộng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, nằm giữa các vết chiếu xạ laze tuyến tính liền kề nhau của các vết chiếu xạ laze tuyến tính.

Hướng chiều rộng là hướng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Trong trường hợp các vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo trên cả bề mặt đồng đặc tự do và bề mặt cuộn của dải, khoảng cách vạch đo được đối với các vết chiếu xạ laze tuyến tính trên cả hai bề mặt bằng cách quan sát trong suốt dải. Ví dụ, nếu các vết chiếu xạ laze đường thẳng tuyến tính được hình thành xen kẽ trên cả hai bề mặt theo hướng đúc của dải thì “các vết chiếu xạ laze tuyến tính liền kề với nhau” bao gồm các vết chiếu xạ laze tuyến tính đã tạo trên bề mặt này và trên bề mặt kia của bề mặt đồng

đặc tự do và bề mặt cuộn, các bề mặt đó liền kề với nhau theo hướng đục.

Nếu khoảng cách vạch nhỏ hơn 2 mm thì không thể kỳ vọng vào sự giảm tổn hao do sắt.

Với khoảng cách vạch bằng 200 mm hoặc nhỏ hơn thì sẽ có hiệu quả tuyệt vời trong việc giảm tổn hao do sắt đo được ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Tốt hơn, khoảng cách vạch là 3,5 mm hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 5 mm hoặc lớn hơn, và thậm chí còn tốt hơn nữa là 10 mm hoặc lớn hơn. Tốt hơn nữa, khoảng cách vạch là 100 mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 80 mm hoặc nhỏ hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 60 mm hoặc nhỏ hơn. Khoảng cách vạch có thể còn được thu hẹp xuống còn 50 mm hoặc nhỏ hơn, xuống 40 mm hoặc nhỏ hơn, và xuống 30 mm hoặc nhỏ hơn.

Các hướng của các vết chiếu xạ laze tuyến tính tốt hơn là, nhưng không giới hạn ở, về cơ bản song song với nhau. Các hướng của các vết chiếu xạ laze tuyến tính có thể là, nhưng không nhất thiết phải, song song với nhau.

“Phần trung tâm theo hướng chiều rộng” của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể là phần mà có phạm vi độ rộng nhất định tính từ điểm giữa đến hai đầu theo hướng chiều rộng. Ví dụ, phần trung tâm có thể là vùng có “phạm vi độ rộng nhất định” tính từ điểm giữa đến hai đầu theo hướng chiều rộng bằng một phần năm tổng độ rộng của dải (một phần năm từ điểm giữa đến một đầu; độ dài của phần trung tâm theo hướng chiều rộng bằng một phần năm toàn bộ độ rộng). Do đó, trong vùng có độ dài từ điểm giữa đến cả hai đầu theo hướng chiều rộng bằng một phần năm từ điểm giữa đến các đầu, nói cách khác, vùng có độ dài của phần trung tâm theo hướng chiều rộng bằng một phần năm của tổng độ rộng của dải, khoảng cách vạch tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2 mm đến 200 mm. Tốt hơn là, trong vùng có độ dài của phần trung tâm theo hướng chiều rộng bằng một phần tư tổng độ rộng của dải, khoảng cách vạch tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2 mm đến 200 mm. Tốt hơn nữa là trong vùng có độ dài của phần trung tâm theo hướng chiều rộng bằng một nửa tổng độ rộng của dải, tốt hơn là đặt khoảng cách vạch nằm trong khoảng từ 2 mm đến 200 mm.

Theo một phương án thực hiện của sáng chế, các vết chiếu xạ laze tuyến tính của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể được bố trí theo mối quan hệ về vị

trí trong đó mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính là không song song với hướng chiều rộng trực giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Nói cách khác, mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính có thể được bố trí tại góc 10 độ hoặc lớn hơn so với hướng chiều rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, sao cho mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính có thể giao nhau với hướng đúc với một góc nhọn hoặc một góc tù.

Theo một phương án thực hiện khác của sáng chế, mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe tốt hơn là về cơ bản song song với hướng trực giao với hướng đúc và hướng chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính về cơ bản song song với hướng trực giao với hướng đúc và hướng chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có nghĩa là mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính được bố trí ở góc bằng 10 độ hoặc góc nhỏ hơn so với hướng trực giao với hướng đúc và hướng chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Tuy nhiên, mối quan hệ về vị trí của các vết chiếu xạ lazer tuyến tính với nhau sẽ không bị giới hạn ở chỗ về cơ bản song song với nhau.

Theo một phương án thực hiện của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính tốt hơn là về cơ bản song song với hướng chiều rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính về cơ bản song song với hướng chiều rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, có nghĩa là mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính được bố trí ở góc bằng 10 độ hoặc góc nhỏ hơn so với hướng chiều rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Tuy nhiên, mối quan hệ về vị trí giữa các vết chiếu xạ lazer tuyến tính với nhau là không giới hạn ở chỗ về cơ bản song song với nhau.

Như đã đề cập trên đây, mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính không phải song song theo hướng trực giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, và có thể được bố trí ở góc nghiêng trên 10 độ so với hướng trực giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Có thể hiểu rằng mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính

được bố trí dọc theo hướng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe ngay cả khi góc nghiêng vượt quá 10 độ. Góc nghiêng tốt hơn là nhỏ hơn 45 độ, tốt hơn nữa là từ 40 độ trở xuống, nhưng tốt hơn nữa là từ 30 độ trở xuống, thậm chí tốt hơn nữa là từ 20 độ trở xuống, và tốt nhất là từ 10 độ trở xuống.

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo một dạng của phương án thực hiện của sáng chế có thể bao gồm một vết chiếu xạ laser tuyến tính theo hướng chiều rộng của dải, hoặc bao gồm hai hoặc nhiều vết chiếu xạ laser tuyến tính theo hướng chiều rộng của dải. Trong trường hợp có nhiều vết chiếu xạ laser tuyến tính theo hướng chiều rộng của dải và các vết chiếu xạ laser tuyến tính được tạo thành một đường thẳng, các vết chiếu xạ laser tuyến tính có thể được xem như là một vết chiếu xạ laser tuyến tính.

Cụ thể, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có các hàng vết chiếu xạ laser được bố trí theo hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, như (1) dạng một hàng theo hướng chiều rộng trục giao với hướng đúc (sau đây gọi là nhóm một hàng) hoặc (2) dạng nhiều hàng theo hướng chiều rộng trục giao với hướng đúc (sau đây gọi là nhóm nhiều hàng).

Sau đây, các hàng vết chiếu xạ laser đã bố trí theo hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe cũng được gọi là “nhóm các vết chiếu xạ”.

Nhóm nhiều hàng có nhiều nhóm vết chiếu xạ có mặt theo hướng chiều rộng của dải, các vị trí tương ứng với các vết chiếu xạ laser trong nhiều nhóm không cần phải nằm trên cùng một đường theo hướng chiều rộng và có thể theo mỗi quan hệ vị trí trong đó các vết chiếu xạ laser được dịch chuyển theo hướng đúc. Ví dụ, trong trường hợp hai nhóm vết chiếu xạ có mặt theo hướng chiều rộng của dải, hai nhóm có thể theo mỗi quan hệ vị trí trong đó có các vết chiếu xạ laser đã bố trí vào một nhóm trong số các nhóm và các vết chiếu xạ laser được bố trí trong nhóm còn lại được xuất hiện lần lượt tại các khoảng cách đều đặn theo hướng đúc.

Khoảng cách vạch theo sáng chế là một giá trị được xác định như sau.

Trong trường hợp các hàng vết chiếu xạ laser tuyến tính được bố trí theo hướng đúc được bao gồm như nhóm hàng đơn có một hàng nằm trong “phần trung tâm theo hướng chiều rộng” như trong phần (1) đã mô tả trên đây, khoảng cách vạch có thể được xác định làm giá trị trung bình của các giá trị đo đã thu được bằng cách đo khoảng cách giữa hai vết chiếu xạ laser tuyến tính liền kề nhau theo hướng đúc tại năm

điểm được chọn ngẫu nhiên. Trong trường hợp này, các vết chiếu xạ laze tuyến tính có trong nhóm hàng đơn tốt hơn là có mặt với khoảng cách đều nhau, tuy nhiên, có thể có mặt ở bất kỳ khoảng cách nào.

Trong trường hợp các hàng vết chiếu xạ laze tuyến tính đã bố trí theo hướng đúc bao gồm nhóm nhiều hàng, gồm nhiều hàng, như trong phần (2) đã mô tả trên đây, khoảng cách hàng có thể được xác định như một giá trị thu được bằng cách lấy thêm các giá trị trung bình (các giá trị trung bình) được xác định đối với “các nhóm vết chiếu xạ” tương ứng trong nhóm nhiều hàng theo cùng một phương pháp như trên đây. Trong trường hợp này, các vết chiếu xạ laze tuyến tính bao gồm trong mỗi “nhóm vết chiếu xạ” tốt hơn là có mặt ở khoảng đều, tuy nhiên, có thể có mặt ở bất kỳ một khoảng cách nào. Khi một nhóm trong nhóm nhiều hàng không tiếp cận được phần trung tâm theo hướng chiều rộng, vết chiếu xạ laze tuyến tính có thể được kéo dài tạm thời tới phần trung tâm theo hướng chiều rộng để xác định khoảng cách trong phần trung tâm theo hướng chiều rộng.

Tỷ lệ giữa độ dài của vết chiếu xạ laze tuyến tính theo hướng chiều rộng với toàn bộ độ rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 10% đến 50% theo cả hai hướng tính từ điểm giữa theo hướng chiều rộng về phía các đầu theo hướng chiều rộng. Trong trường hợp này, toàn bộ độ dài của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng được coi là 100%.

Trong trường hợp vết chiếu xạ laze tuyến tính là nghiêng so với hướng chiều rộng thì độ dài của vết chiếu xạ laze tuyến tính nghiêng thực chất sẽ không được đo như độ dài của vết chiếu xạ laze tuyến tính theo hướng chiều rộng; độ dài của vết chiếu xạ laze tuyến tính liên quan đến vùng nơi nó được tạo được chuyển đổi thành độ dài liên quan đến hướng chiều rộng của dải để có được độ dài của vết chiếu xạ laze tuyến tính theo hướng chiều rộng.

Khi tỷ lệ độ dài theo hướng chiều rộng đã đề cập trên đây là 50%, nó có nghĩa là vết chiếu xạ laze tuyến tính tiếp cận đến một đầu và đầu còn lại của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng bắt đầu từ điểm giữa theo hướng chiều rộng. Nói cách khác, vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo thành từ đầu này đến đầu kia theo hướng chiều rộng của dải.

Ví dụ, khi vết chiếu xạ lazer tuyến tính được bố trí song song với hướng chiều rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, toàn bộ độ dài của vết chiếu xạ lazer tuyến tính của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng tương ứng với toàn bộ độ rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Khi tỷ lệ giữa độ dài và độ rộng như đã đề cập trên đây theo hướng chiều rộng là 10%, điều này có nghĩa là vết chiếu xạ lazer tuyến tính chiếm 10% độ dài của dải bắt đầu từ điểm giữa theo hướng chiều rộng về phía mỗi đầu theo hướng chiều rộng, nghĩa là chiếm 20% độ dài làm vùng trung tâm trong toàn bộ theo chiều rộng. Nói cách khác, điều này có nghĩa là vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo ra bằng cách để chừa lại 40% lề ở cả hai đầu theo hướng chiều rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe so với tổng độ dài theo hướng chiều rộng.

Tốt hơn nữa là, tỷ lệ giữa độ dài vết chiếu xạ lazer tuyến tính của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng so với tổng độ dài của dải theo hướng chiều rộng là 25% hoặc lớn hơn theo cả hai hướng tính từ điểm giữa theo hướng chiều rộng về phía các đầu theo hướng chiều rộng.

Vết chiếu xạ lazer tuyến tính tốt hơn nữa là được tạo ra ít nhất bên trong vùng của sáu phần trung tâm trong số tám phần bằng nhau được chia dọc theo hướng chiều rộng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, không bao gồm hai phần ở hai đầu của dải.

Khi có các nhóm nhiều hàng gồm các hàng vết chiếu xạ lazer tuyến tính, các nhóm nhiều hàng có thể được kết hợp, và độ dài của vết chiếu xạ lazer tuyến tính trong toàn bộ độ dài của dải theo hướng chiều rộng có thể được ước lượng tại các vị trí nơi các vết chiếu xạ lazer tuyến tính ở trong nhóm nhiều hàng kết hợp là gần với cả hai đầu nhất theo hướng chiều rộng.

Vết chiếu xạ lazer tuyến tính theo sáng chế có các đặc tính như đã đề cập trên đây. Tuy nhiên, các hiệu quả theo sáng chế có thể đạt được, ví dụ, ngay cả khi không phải tất cả các vết chiếu xạ lazer tuyến tính đã tạo ra trên dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đều có cấu hình như đã đề cập trên đây theo sáng chế. Tốt hơn là có từ 60% trở lên các vết chiếu xạ lazer tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ lazer tuyến tính có cấu hình như đã đề cập trên đây theo sáng chế. Tốt hơn nữa là có từ 70% trở lên các vết chiếu xạ lazer tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ lazer tuyến tính có cấu hình

như đã đề cập trên đây theo sáng chế., Tốt hơn nữa là có từ 80% trở lên các vết chiếu xạ laze tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ laze tuyến tính có cấu hình như đã đề cập trên đây theo sáng chế. Thậm chí tốt hơn nữa là có từ 90% trở lên các vết chiếu xạ laze tuyến tính trong số tất cả các vết chiếu xạ laze tuyến tính có cấu hình như đã đề cập trên đây theo sáng chế. Tốt nhất là tất cả các vết chiếu xạ laze tuyến tính đều có cấu hình như đã đề cập trên đây theo sáng chế.

<Độ gồ ghề của bề mặt đồng đặc tự do (Độ cao mặt cắt ngang lớn nhất R_t)>

Ví dụ, như đã bộc lộ trong công bố đơn yêu cầu cấp patent quốc tế số 2012/102379, thông thường, tổn hao do sắt đã được giảm bằng cách tạo ra độ gồ ghề dạng sóng trên bề mặt đồng đặc tự do.

Tuy nhiên, tác giả sáng chế và các người khác đã xem xét và nhận thấy rằng độ gồ ghề dạng sóng có thể gây ra sự tăng công suất kích thích đo được ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Do đó, tốt hơn là giảm độ gồ ghề dạng sóng càng nhiều càng tốt từ quan điểm ngăn chặn sự tăng công suất kích thích ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Cụ thể là, độ cao mặt cắt lớn nhất R_t trên bề mặt đồng đặc tự do, ngoại trừ phần nơi các vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo ra, là 3,0 μm hoặc thấp hơn.

Khi độ cao mặt cắt lớn nhất R_t là 3,0 μm hoặc thấp hơn thì có nghĩa là không có độ gồ ghề dạng sóng hoặc độ gồ ghề dạng sóng đã giảm trên bề mặt đồng đặc tự do.

Độ cao mặt cắt lớn nhất R_t đối với phần ở trên bề mặt đồng đặc tự do nơi không tạo các vết chiếu xạ laze được đo (được ước lượng) với độ dài ước lượng là 4,0 mm, giá trị ngưỡng là 0,8 mm, và loại điểm cắt là 2RC (bù pha) theo JIS B 0601: 2001. Hướng của độ dài ước lượng được thiết lập là hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Cụ thể hơn, phương pháp đo đã đề cập trên đây với độ dài ước lượng 4,0 mm được thực hiện bằng cách đo liên tục năm lần độ cao mặt cắt ngang lớn nhất R_t với giá trị ngưỡng 0,8 mm.

Độ cao mặt cắt ngang lớn nhất R_t trên bề mặt đồng đặc tự do đối với phần nơi không tạo thành các vết chiếu xạ laze tuyến tính tốt hơn là 2,5 μm hoặc thấp hơn.

Mặc dù không có sự giới hạn dưới cụ thể về độ cao mặt cắt ngang lớn nhất R_t ,

giới hạn dưới đối với độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt tốt hơn là $0,8\ \mu\text{m}$, và tốt hơn nữa là $1,0\ \mu\text{m}$ vì lý do khả năng sản xuất dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

<Thành phần hóa học>

Không có giới hạn về các thành phần hóa học của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế miễn là dải có thành phần hóa học của hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe (nghĩa là, thành phần hóa học với thành phần chính là Fe (sắt)). Tuy nhiên, từ quan điểm thu được một cách hiệu quả hơn dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, thành phần hóa học của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế tốt hơn là có thành phần hóa học A như sau. Thành phần hóa học A, tốt hơn là thành phần hóa học, bao gồm Fe, Si, B và tạp chất. Khi tổng hàm lượng của Fe, Si, và B là 100% nguyên tử, hàm lượng của Fe chiếm từ 78% nguyên tử trở lên; hàm lượng của B chiếm từ 10% nguyên tử trở lên; tổng hàm lượng của B và Si chiếm trong khoảng từ 17% nguyên tử đến 22% nguyên tử.

Thành phần hóa học A sẽ được giải thích chi tiết dưới đây.

Trong thành phần hóa học A, hàm lượng Fe chiếm từ 78% nguyên tử trở lên.

Fe (sắt) là một trong số các kim loại chuyển tiếp có mômen từ lớn nhất ngay cả trong cấu trúc vô định hình. Fe chủ yếu cung cấp đặc tính từ trong hợp kim vô định hình Fe-Si-B.

Trong trường hợp hàm lượng Fe chiếm từ 78% nguyên tử trở lên, mật độ từ thông bão hòa (Bs) của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có thể được tăng lên (ví dụ, có thể đạt được mức Bs khoảng 1,6 T).

Hơn nữa, hàm lượng này tạo điều kiện thuận lợi để đạt được mật độ từ thông thích hợp B0.1 (1,52 T hoặc lớn hơn).

Hàm lượng Fe tốt hơn là từ 80% nguyên tử trở lên, tốt hơn nữa là từ 80,5% nguyên tử trở lên, nhưng tốt hơn nữa là từ 81,0% nguyên tử trở lên. Hơn nữa, hàm lượng Fe tốt hơn là từ 82,5% nguyên tử trở xuống, và tốt hơn nữa là từ 82,0% nguyên tử trở xuống.

Trong thành phần hóa học A, hàm lượng B là từ 10% nguyên tử trở lên.

B (bo) là nguyên tố góp phần vào sự hình thành vô định hình. Trong trường hợp hàm lượng B là từ 10% nguyên tử trở lên, khả năng tạo thành vô định hình được cải

thiện hơn nữa.

Trong trường hợp hàm lượng B là từ 10% nguyên tử trở lên, miền từ có xu hướng được định hướng theo hướng dúc, điều này giúp mở rộng chiều rộng của miền từ và theo cách đó tạo điều kiện cải thiện mật độ từ thông (B0.1).

Hàm lượng B tốt hơn là từ 11% nguyên tử trở lên, và tốt hơn nữa là từ 12% nguyên tử trở lên.

Giới hạn trên của hàm lượng B tốt hơn là 16% nguyên tử, mặc dù nó phụ thuộc vào tổng hàm lượng của B và Si tổng hàm lượng này sẽ được đề cập sau.

Trong thành phần hóa học A, tổng hàm lượng của B và Si là nằm trong khoảng từ 17% nguyên tử đến 22% nguyên tử.

Si (silic) là nguyên tố cách ly trên bề mặt ở trạng thái nóng chảy và tạo ra hiệu quả ngăn quá trình oxy hóa kim loại nóng chảy. Ngoài ra, Si đóng vai trò làm chất hỗ trợ trong sự hình thành vô định hình với tác dụng làm tăng nhiệt độ chuyển pha thủy tinh và là nguyên tố giúp tạo thành pha vô định hình ổn định với nhiệt độ hơn.

Trong trường hợp tổng hàm lượng B và Si là từ 17% nguyên tử trở lên, các tác dụng đã đề cập trên đây của Si có thể biểu hiện một cách hiệu quả.

Trong trường hợp tổng hàm lượng B và Si là từ 22% nguyên tử trở xuống, có thể thu được một lượng lớn Fe chủ yếu tạo ra đặc tính từ, và việc này có lợi trong việc cải thiện mật độ từ thông bão hòa Bs và mật độ từ thông B0.1. Tổng hàm lượng B và Si tốt hơn là từ 20% nguyên tử trở xuống, hàm lượng này có thể được xác định một cách thích hợp dựa trên hàm lượng Fe.

Hàm lượng Si tốt hơn là từ 2,0% nguyên tử trở lên, tốt hơn nữa là từ 2,4% nguyên tử trở lên, và còn tốt hơn nữa là từ 3,5% nguyên tử trở lên.

Giới hạn trên của hàm lượng Si tốt hơn là 6,0% nguyên tử, mặc dù hàm lượng này phụ thuộc vào tổng hàm lượng của B và Si.

Từ quan điểm giảm hơn nữa tổn hao do sắt và công suất kích thích sẽ được giải thích sau, thành phần hóa học thích hợp hơn của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trong số thành phần hóa học A bao gồm Fe, Si, B, và tạp chất; hàm lượng Fe từ 80% nguyên tử trở lên, hàm lượng B từ 12% nguyên tử trở lên, và tổng hàm lượng B và Si nằm trong khoảng từ 17% đến 20% nguyên tử khi tổng hàm lượng Fe, Si, và B là

100% nguyên tử.

Thành phần chất hóa học A chứa tạp chất.

Trong trường hợp này, thành phần chất hóa học A có thể chứa một loại tạp chất hoặc hai hoặc nhiều loại tạp chất.

Các ví dụ về tạp chất bao gồm bất kỳ các nguyên tố nào ngoài Fe, Si, và B, cụ thể là, ví dụ như, C, Ni, Co, Mn, O, S, P, Al, Ge, Ga, Be, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, và các nguyên tố đất hiếm.

Thành phần chất hóa học có thể chứa từ 1,5% khối lượng trở xuống các nguyên tố này trong tổng khối lượng của Fe, Si, và B. Giới hạn trên của tổng hàm lượng các nguyên tố này tốt hơn là từ 1,0% khối lượng trở xuống, tốt hơn nữa là từ 0,8% khối lượng trở xuống, và còn tốt hơn nữa là từ 0,75% khối lượng trở xuống. Các nguyên tố này có thể được bổ sung vào thành phần hóa học trong các phạm vi này.

<Độ dày>

Độ dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế không giới hạn ở một kích thước cụ thể; tuy nhiên, độ dày tốt hơn là nằm trong khoảng từ 18 μm đến 35 μm .

Độ dày từ 18 μm trở lên có lợi trong việc ngăn sự gợn sóng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe và do đó cải thiện hệ số dất mỏng của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe. Tốt hơn nữa, dải có độ dày từ 20 μm trở lên

Độ dày từ 35 μm trở xuống có lợi trong việc ngăn tính giòn của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe và về độ bão hòa từ tính. Tốt hơn nữa là độ dày từ 30 μm trở xuống.

<Tổn hao do sắt CL>

Như đã được đề cập trên đây, trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, tổn hao do sắt CL được giảm ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T nhờ sự phân đoạn miền từ do sự hình thành các vết chiếu xạ laser tuyến tính.

Tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T tốt hơn là 0,150 W/kg hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 0,140 W/kg hoặc thấp hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,130 W/kg hoặc thấp hơn.

Mặc dù không có mức giới hạn dưới cụ thể về tổn hao do sắt CL ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T nhưng giới hạn dưới của tổn hao do sắt tốt hơn là 0,050 W/kg dựa theo năng lực sản xuất dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, tổn hao do sắt CL cũng được giảm ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T. Tổn hao do sắt CL ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T tốt hơn là 8,6 W/kg hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 8,0 W/kg hoặc thấp hơn, và còn tốt hơn nữa là 7,0 W/kg hoặc thấp hơn.

Trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, tổn hao do sắt CL cũng được giảm ở điều kiện tần số 50 Hz và mật độ từ thông 1,45 T. Trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, tổn hao do sắt CL ở điều kiện tần số 50 Hz và mật độ từ thông 1,45 T tốt hơn là 0,120 W/kg hoặc thấp hơn.

Tổn hao do sắt CL của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được đo theo JIS 7152 (1996).

<Công suất kích thích VA>

Như đã đề cập trên đây, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế ngăn sự gia tăng của công suất kích thích VA ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T. Vì chênh lệch độ cao của các vết chiếu xạ laze tuyến tính tăng lên nên công suất kích thích VA cũng có xu hướng tăng lên. Chênh lệch độ cao bằng 2,5 μm hoặc thấp hơn có thể ngăn sự tăng lên đáng kể về công suất kích thích VA.

Trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, công suất kích thích VA cũng được giảm xuống ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T. Công suất kích thích VA ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T tốt hơn là 8,7 VA/kg hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 8,0 VA/kg hoặc thấp hơn, và tốt hơn là 7,5 VA/kg hoặc thấp hơn.

<Lực kháng từ Hc>

Như đã đề cập trên đây, trong dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế, lực kháng từ Hc được giảm ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

<Tỷ lệ [Mật độ từ thông hoạt động Bmax/Mật độ từ thông bão hòa Bs]>

Như đã đề cập trên đây, dải hợp kim vô định hình theo sáng chế có thể giảm tổn hao do sắt và công suất kích thích xuống các mức thấp ở điều kiện mật độ từ thông

1,45 T, mức này cao hơn mức mật độ từ thông 1,3 T ở điều kiện thông thường.

Vì vậy, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế vẫn có thể giúp giảm tổn hao do sắt và công suất kích thích trong trường hợp dải được sử dụng với tỷ lệ [mật độ từ thông hoạt động B_{max} /mật độ từ thông bão hòa B_s] (sau đây được gọi là “tỷ lệ B_{max}/B_s ”) có mật độ từ thông hoạt động B_{max} cao hơn mật độ từ thông hoạt động ở điều kiện thông thường.

Về vấn đề này, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trong một ví dụ thông thường được sử dụng ở điều kiện mật độ từ thông bão hòa B_s là 1,56 T và mật độ từ thông hoạt động B_{max} là 1,35 T (nghĩa là tỷ lệ $B_{max}/B_s = 0,87$) (ví dụ, xem IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Tập: 44, Số: 11 tháng 11 năm 2008, các trang từ 4103 đến 4106 (đặc biệt tại trang 4106)).

Trong khi đó, B_s của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có, ví dụ, thành phần hóa học ($Fe_{82}Si_4B_{14}$) của các ví dụ, sẽ được giải thích sau, là 1,63 T. B_s về cơ bản được xác định rõ ràng tùy thuộc vào thành phần hóa học. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế trong trường hợp này có thể được dùng với B_{max} là 1,43 T hoặc cao hơn (tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,45 T đến 1,50 T). Tỷ lệ B_{max}/B_s bằng 0,88 với B_{max} là 1,43T. Tỷ lệ B_{max}/B_s là 0,92 với B_{max} là 1,50 T.

Do đó, đặc biệt tốt hơn là sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế khi mật độ từ thông hoạt động B_{max} thỏa mãn tỷ lệ B_{max}/B_s là nằm trong khoảng từ 0,88 đến 0,94 (tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,89 đến 0,92).

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có thể ngăn sự tăng tổn hao do sắt và công suất kích thích ngay cả khi mật độ từ thông hoạt động B_{max} thỏa mãn tỷ lệ B_{max}/B_s nằm trong khoảng từ 0,88 đến 0,94 (tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,89 đến 0,92).

Các đặc tính đã đề cập trên đây (tổn hao do sắt CL, công suất kích thích VA, lực kháng từ H_c) được biểu thị bằng các giá trị thu được nhờ xử lý nhiệt dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe bằng cách đặt một từ trường theo chiều dọc của dải. Việc xử lý nhiệt từ trường đối với dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe nhằm mục đích làm giảm ứng suất bên trong và tạo thuận lợi cho việc chỉnh thẳng từ tính theo hướng chiều dọc của dải, và được thực hiện một cách thích hợp để thu được các đặc tính mong muốn. Việc xử lý nhiệt có thể được thực hiện bằng cách giữ dải trong một

khoảng thời gian nhất định ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 300°C đến 400°C. Thời gian giữ tốt hơn là trong hai mươi tư giờ, và tốt hơn nữa là trong bốn giờ. Mức từ trường trong quá trình xử lý nhiệt tốt hơn là từ 400 A/m trở lên, và tốt hơn nữa là từ 800 A/m trở lên. Việc xử lý nhiệt cũng có thể được thực hiện trong khí quyển, trong khí trơ như khí argon, khí nitơ, và khí heli, hoặc trong chân không. Việc xử lý nhiệt cũng có thể được thực hiện sau khi tạo thành lõi sắt.

Tốt hơn là dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có các đặc tính tuyệt vời sau khi tạo thành vết chiếu xạ laser tuyến tính và trước khi xử lý nhiệt.

Ví dụ, lực kháng từ H_c của vòng DC B-H đo được tại mức từ trường tác dụng lớn nhất 800 A/m tốt hơn là từ 5,0 A/m trở xuống trước khi xử lý nhiệt. Lực kháng từ H_c tốt hơn là từ 4,9 A/m trở xuống, và tốt hơn nữa là từ 4,8 A/m trở xuống. Tỷ lệ bình phương [mật độ từ thông dư B_r /mật độ từ thông lớn nhất] tốt hơn là từ 40% trở xuống.

Khi dải trước khi xử lý nhiệt là ở trạng thái tuyệt vời như đã mô tả trên đây, thời gian giữ trong quá trình xử lý nhiệt có thể được rút ngắn, và tính dễ vỡ sau khi xử lý nhiệt không thể xảy ra. Điều này cải thiện khả năng xử lý khi sản xuất lõi sắt máy biến áp. Có thể sử dụng lõi sắt lớn và lõi sắt gồm nhiều lớp cho các linh kiện điện tử mà không cần xử lý nhiệt do các vấn đề về tính dễ vỡ. Trong trường hợp đó, dải có lợi thế là có các đặc tính tuyệt vời trước khi xử lý nhiệt.

<Phương pháp sản xuất dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe (Phương pháp X)>

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế đã đề cập trên đây tốt hơn là có thể được sản xuất theo phương pháp X sau đây.

Phương pháp X bao gồm một quy trình (sau đây cũng được gọi là “quy trình xử lý laser”) tạo thành các vết chiếu xạ laser tuyến tính liên tục trên ít nhất một bề mặt của dải nguyên liệu, dải nguyên liệu được làm từ hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe và có bề mặt đông đặc tự do và bề mặt cuộn, bằng cách xử lý laser sử dụng phương pháp dao động CW (sóng liên tục), theo cách đó thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có các vết chiếu xạ laser tuyến tính, trong đó các vết chiếu xạ laser tuyến tính được tạo ra ở mật độ năng lượng đầu ra của laser từ 5 J/m trở lên và từ 35 J/m trở xuống, và các vết chiếu xạ laser tuyến tính được bố trí dọc theo hướng về phía chiều rộng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Phương pháp X có thể bao gồm một quy trình khác với quy trình xử lý laze nếu cần thiết. Ví dụ, phương pháp X có thể bao gồm quy trình chuẩn bị dải nguyên liệu (quy trình chuẩn bị vật liệu) trước quy trình xử lý laze. Trong trường hợp trong đó quy trình chuẩn bị vật liệu bao gồm quy trình đúc dải nguyên liệu, quy trình đúc dải nguyên liệu và quy trình xử lý laze có thể được thực hiện liên tiếp.

<Quy trình chuẩn bị nguyên liệu>

Phương pháp X có thể bao gồm quy trình chuẩn bị vật liệu trước quy trình xử lý laze. Quy trình chuẩn bị vật liệu là quy trình chuẩn bị dải nguyên liệu bao gồm bề mặt đồng đặc tự do và bề mặt cuộn.

Dải nguyên liệu được đề cập ở đây có thể là dải không bị cắt sau khi đúc (ví dụ, phần thân cuộn được tạo ra bằng cách quấn thành cuộn sau khi đúc), hoặc là một đoạn dải được cắt theo kích thước mong muốn sau khi đúc.

Có thể nói, dải nguyên liệu là dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế trước khi tạo các vết chiếu xạ laze tuyến tính.

Bề mặt đồng đặc tự do và bề mặt cuộn của dải nguyên liệu được sử dụng đồng nghĩa một cách tương ứng với bề mặt đồng đặc tự do và bề mặt cuộn của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế.

Các phương án ưu tiên (ví dụ, thành phần hóa học ưu tiên và Rt ưu tiên) của dải nguyên liệu là giống như các phương án ưu tiên của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế ngoại trừ sự có mặt của các vết chiếu xạ laze tuyến tính.

Quy trình chuẩn bị vật liệu có thể là một quy trình chuẩn bị đơn giản một dải nguyên liệu đúc sẵn (nghĩa là đã hoàn thành) cho quy trình xử lý laze, hoặc có thể là một quy trình đúc dải nguyên liệu mới.

Quy trình chuẩn bị vật liệu có thể là một quy trình thực hiện ít nhất một trong các quy trình đúc dải nguyên liệu hoặc cắt một đoạn dải từ dải nguyên liệu.

<Quy trình xử lý laze>

Trong quy trình xử lý laze theo phương pháp X, các vết chiếu xạ laze tuyến tính liên tục được tạo ra trên ít nhất một bề mặt trong số bề mặt đồng đặc tự do và bề mặt cuộn của dải nguyên liệu bằng xử lý laze sử dụng phương pháp dao động CW (tức là nhờ sự chiếu xạ của laze sử dụng phương pháp dao động CW).

Các phương án ưu tiên của các vết chiếu xạ laser tuyến tính đã tạo thành bằng quy trình xử lý laser (ví dụ, khoảng cách vạch ưu tiên, và chênh lệch độ cao ưu tiên) là giống như các phương án ưu tiên của các vết chiếu xạ laser tuyến tính của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế.

Như đã đề cập trên đây, mỗi vết chiếu xạ laser là một vạch được giữ lại nhờ sự áp dụng năng lượng bởi sự chiếu xạ laser, và thu được hiệu quả làm giảm tổn hao do sắt nhờ sự chiếu xạ laser.

Theo đó, không có giới hạn cụ thể nào về điều kiện của laser sử dụng trong quy trình xử lý laser. Các điều kiện ưu tiên được đề cập dưới đây.

Độ rộng vạch và độ gồ ghề trên bề mặt của các vết chiếu xạ laser tuyến tính có thể được kiểm soát bằng cách kiểm soát năng lượng chiếu xạ ánh sáng laser đối với độ dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe.

Mật độ năng lượng đầu ra của laser (còn được gọi là “mật độ tuyến tính laser”) để tạo thành vết chiếu xạ laser tuyến tính trong quy trình xử lý laser tốt hơn là từ 5 J/m trở lên và từ 35 J/m trở xuống. Mức giới hạn dưới của mật độ năng lượng đầu ra của laser tốt hơn là 6 J/m, tốt hơn là 7 J/m, tốt hơn nữa là 8 J/m, và còn tốt hơn nữa là 10 J/m. Giới hạn trên của mật độ năng lượng đầu ra của laser tốt hơn là từ 31 J/m, tốt hơn nữa là 30 J/m, tốt hơn nữa là 25 J/m, và tốt hơn nữa là 20 J/m.

Trong quy trình xử lý laser, dải được chiếu xạ bằng cách quét bằng ánh sáng laser CW theo chiều rộng để tạo thành các vết chiếu xạ laser.

Các ví dụ về nguồn sáng laser có thể là laser YAG, laser khí CO₂, laser sợi quang, và laser đi-ốt. Trong số các nguồn sáng laser này, laser sợi quang được ưa chuộng hơn vì nó có thể phát ra ánh sáng laser chất lượng cao một cách ổn định trong nhiều giờ. Trong trường hợp laser sợi quang dạng đơn, M² (M bình phương) đại diện cho chất lượng chùm tia là khoảng 1,3 hoặc nhỏ hơn.

Trong laser sợi quang, ánh sáng laser đã đưa vào sợi quang sẽ dao động trên nguyên lý cách tử Bragg sợi quang (FBG) do các cách tử nhiễu xạ đã tạo ra trên cả hai đầu của sợi quang. Ánh sáng laser của laser sợi quang được kích thích bên trong sợi quang mỏng; do đó, không có các vấn đề về hiệu ứng thấu kính nhiệt hiệu ứng này được gây ra bởi các gradien nhiệt xảy ra bên trong tinh thể và làm giảm chất lượng của

chùm tia. Hơn nữa, lõi sợi quang của lazer sợi quang là mỏng chỉ vài μm ; do đó, ngay cả với công suất đầu ra cao, ánh sáng lazer thu được ngoài việc cung cấp phát xạ chế độ-đơn còn có thể có mật độ năng lượng cao với đường kính chùm tia hẹp. Hơn nữa, lazer sợi quang có độ sâu tiêu cự dài; do đó, nó có thể tạo ra các vết chiếu xạ lazer một cách chính xác trên một dải rộng có độ rộng 200 mm hoặc lớn hơn.

Bước sóng của ánh sáng lazer xấp xỉ nằm trong khoảng từ 250 nm đến 10.600 nm tùy thuộc vào nguồn ánh sáng lazer. Tuy nhiên, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 900 nm đến 1.100 nm để hấp thụ đủ ánh sáng lazer trong dải hợp kim.

Đường kính chùm của ánh sáng lazer tốt hơn là từ 10 μm trở lên và từ 500 μm trở xuống, và tốt hơn là từ 25 μm trở lên và tốt nhất là 100 μm trở xuống.

Quy trình xử lý lazer có thể là quy trình để áp dụng việc xử lý lazer trên dải nguyên liệu sau khi đúc bằng phương pháp cuộn-đơn và trước khi được quấn thành cuộn, hoặc có thể là quy trình áp dụng việc xử lý lazer trên dải nguyên liệu được tháo ra từ dải nguyên liệu đã cuộn (phần thân đã cuộn), hoặc có thể là quy trình áp dụng việc xử lý lazer trên đoạn dải đã cắt ra từ dải nguyên liệu được tháo từ dải nguyên liệu đã cuộn (phần thân đã cuộn).

Trong trường hợp quy trình xử lý lazer là quy trình áp dụng việc xử lý lazer trên dải nguyên liệu sau khi đúc bằng phương pháp cuộn-đơn và trước khi được quấn thành cuộn, phương pháp X được thực hiện bằng một hệ thống, ví dụ, trên hệ thống này thiết bị xử lý lazer được bố trí nằm giữa cuộn làm mát và cuộn quấn.

Tốc độ quét của ánh sáng lazer C_w tốt hơn là từ 0,2 m/giây trở lên bởi vì độ ổn định của công suất phát ánh sáng lazer CW, và tốt hơn là từ 4.000 m/giây trở xuống theo sau việc thực hiện xử lý nhiệt trên dải nguyên liệu.

<Lõi sắt>

Lõi sắt theo sáng chế được tạo ra bằng cách xếp lớp các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế đã đề cập ở trên đây, cụ thể là, bằng cách xếp lớp các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, và uốn và quấn các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp theo cách xếp chồng lên nhau. Tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T là 0,240 W/kg hoặc thấp hơn. Tổn hao do sắt tốt hơn là 0,230 W/kg hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 0,200 W/kg hoặc thấp hơn, và còn tốt

hơn nữa là 0,180 W/kg hoặc thấp hơn.

Giới hạn dưới của tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T là không bị giới hạn cụ thể, và khi xét theo năng lực sản xuất dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, mức giới hạn dưới của tổn hao do sắt tốt hơn là 0,050 W/kg, và tốt hơn nữa là 0,080 W/kg.

Chi tiết về dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế là như đã được mô tả trên đây, và sự mô tả về nó sẽ được bỏ qua.

Phương pháp đã biết có thể được áp dụng cho phương pháp quấn theo cách xếp chồng.

Hình dạng của lõi sắt theo sáng chế có thể là bất kỳ hình nào trong số hình tròn, hình chữ nhật, hoặc hình tương tự.

Loại cuộn dây cuốn quanh lõi sắt là không bị giới hạn, và có thể được chọn một cách thích hợp từ những loại đã biết.

Trong trường hợp lõi sắt được chế tạo, tổn hao do sắt của vật liệu (dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe) sẽ không được giữ nguyên như ban đầu, và tổn hao do sắt của lõi sắt trở nên lớn hơn so với tổn hao do sắt của vật liệu. Đây còn được gọi là yếu tố xây dựng. Ví dụ, tổn hao do sắt tăng lên khi lõi sắt được chế tạo do sự áp dụng ứng suất lên vật liệu. Tuy nhiên, trong lõi sắt theo sáng chế, mặc dù tổn hao do sắt của lõi sắt tăng lên so với tổn hao do sắt của vật liệu nhưng vẫn có thể thu được lõi sắt có tổn hao do sắt cực kỳ thấp. Cụ thể là, có thể thu được lõi sắt có tổn hao do sắt thấp ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T. Hơn nữa, có thể thu được lõi sắt có tổn hao do sắt thấp ngay cả ở các điều kiện khác với điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế không giới hạn ở kết cấu lõi sắt đã đề cập trên đây, và cũng có thể được sử dụng cho các lõi sắt và các linh kiện điện tử có các kết cấu khác. Ví dụ, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có thể được sử dụng cho các lõi sắt quấn dây và các lõi sắt nhiều lớp. Ví dụ, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có thể cũng được dùng cho các lõi từ quấn dây cho các linh kiện điện tử, các lõi đã cắt tạo thành các khoảng trống với các lõi sắt quấn dây, và các vật liệu nhiều lớp.

<Máy biến áp>

Máy biến áp theo sáng chế bao gồm lõi sắt sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế đã đề cập trên đây, và một cuộn dây quấn xung quanh lõi sắt, trong đó lõi sắt được tạo ra bằng cách uốn và quấn các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được xếp lớp theo cách xếp chồng, và tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T là 0,240 W/kg hoặc thấp hơn.

Chi tiết về dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe và lõi sắt theo sáng chế là đã được mô tả trên đây, và phần mô tả về chúng sẽ được bỏ qua.

Lõi sắt theo sáng chế được tạo ra bằng cách xếp lớp các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế như đã đề cập trên đây, và uốn và quấn các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp theo cách xếp chồng. Một phương pháp đã biết có thể được áp dụng cho phương pháp quấn theo cách xếp chồng.

Tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T trong máy biến áp theo sáng chế là 0,240 W/kg hoặc thấp hơn, tốt hơn là 0,230 W/kg hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 0,200 W/kg hoặc thấp hơn, tốt nhất là 0,180 W/kg hoặc thấp hơn.

Không có mức giới hạn cụ thể đối với giới hạn dưới của tổn hao do sắt ở điều kiện tần số 60Hz và mật độ từ thông 1,45 T, và khi xem xét đến năng lực sản xuất dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe mức giới hạn dưới của tổn hao do sắt tốt hơn là 0,050 W/kg, tốt hơn nữa là 0,080 W/kg.

Phương pháp đo tổn hao do sắt trong máy biến áp theo sáng chế, được bố trí dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được quấn theo cách xếp chồng, sẽ được mô tả dưới đây trong các Ví dụ.

Hình dạng của lõi sắt trong máy biến áp theo sáng chế có thể là bất kỳ hình dạng nào trong số hình tròn, hình chữ nhật, hoặc hình dạng tương tự. Loại cuộn dây quấn quanh lõi sắt là không giới hạn, và có thể được chọn một cách thích hợp từ những loại đã biết.

Lõi sắt trong máy biến áp theo sáng chế không giới hạn ở lõi sắt được tạo ra bằng cách uốn và quấn, theo cách xếp chồng, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp. Lõi sắt của máy biến áp có thể được thiết kế một cách thích hợp, tùy theo việc sử dụng, thành dạng lõi sắt có nhiều lớp, lõi sắt quấn dây, hoặc dạng tương

tự.

Khi máy biến áp là máy biến áp một pha, tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt tại tần số 50 Hz tốt hơn là từ 0,15 W/kg trở xuống. Tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt tại tần số 60 Hz tốt hơn là từ 0,19 W/kg trở xuống.

Khi máy biến áp là máy biến áp ba pha, tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt tại tần số 50 Hz tốt hơn là từ 0,19 W/kg trở xuống. Tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt tại tần số 60 Hz tốt hơn là từ 0,24 W/kg trở xuống.

Sau đây, các Ví dụ sẽ được mô tả như các phương án thực hiện của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe và máy biến áp theo sáng chế. Sáng chế không giới hạn ở các Ví dụ dưới đây.

[Ví dụ 1]

<Sản xuất Dải nguyên liệu (Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trước khi xử lý bằng laze)>

Dải nguyên liệu (cụ thể là, dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trước khi xử lý bằng laze) có thành phần hóa học là $\text{Fe}_{82}\text{Si}_4\text{B}_{14}$ và có độ dày là 25 μm và độ rộng là 210 mm được sản xuất bằng phương pháp cuộn đơn.

“Thành phần hóa học $\text{Fe}_{82}\text{Si}_4\text{B}_{14}$ ” ở đây có nghĩa là thành phần hóa học bao gồm Fe, Si, B và tạp chất và trong đó hàm lượng Fe là 82% nguyên tử, hàm lượng B là 14% nguyên tử, và hàm lượng Si là 4% nguyên tử trong trường hợp tổng hàm lượng của Fe, Si, và B là 100% nguyên tử.

Sau đây, việc sản xuất dải nguyên liệu sẽ được mô tả chi tiết.

Dải nguyên liệu được sản xuất bằng cách giữ kim loại nóng chảy có thành phần hóa học là $\text{Fe}_{82}\text{Si}_4\text{B}_{14}$, ở nhiệt độ 1300°C, tiếp theo phun kim loại nóng chảy qua vòi có khe lên trên bề mặt của cuộn làm mát quay quanh trục, và làm đông đặc nhanh chóng kim loại đã phun lên phía trên bề mặt của cuộn làm mát.

Không khí bao quanh ngay phía dưới vòi có khe, nơi có cánh khuấy kim loại nóng chảy ở trên bề mặt của cuộn làm mát là không khí không oxy hóa.

Độ dài và độ rộng rãnh của vòi có khe tương ứng là 210 mm và 0,6 mm.

Vật liệu của cuộn làm mát là hợp kim trên cơ sở Cu, và tốc độ ngoại vi của

cuộn làm mát là 27 m/s.

Áp suất, tại nơi kim loại nóng chảy được phun ra, và khe vòi phun (cụ thể là khe giữa đầu vòi có khe và bề mặt của cuộn làm mát) được điều chỉnh sao cho độ cao mặt cắt ngang lớn nhất R_t (cụ thể là độ cao mặt cắt ngang lớn nhất R_t được đo dọc theo hướng đúc của dải nguyên liệu) trên bề mặt đông đặc tự do của dải nguyên liệu đã tạo ra là từ 3,0 μm trở xuống.

<Xử lý laze>

Một đoạn mẫu được cắt ra từ dải nguyên liệu, và đoạn mẫu cắt ra này được xử lý bằng laze, theo cách đó thu được đoạn dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xử lý bằng laze.

Sau đây, chi tiết sẽ được mô tả.

Fig.1 là hình chiếu phẳng minh họa dưới dạng giản đồ bề mặt đông đặc tự do của đoạn dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xử lý bằng laze (dải 10).

Độ dài L_1 (cụ thể là độ dài của đoạn mẫu được cắt ra từ dải nguyên liệu) của dải 10 được minh họa trên Fig.1 là 120 mm, và độ rộng W_1 (cụ thể là, độ rộng của đoạn mẫu được cắt ra từ dải nguyên liệu) của dải 10 là 25 mm. Đoạn mẫu được cắt ra theo hướng sao cho hướng chiều dài của đoạn mẫu khớp với hướng chiều dài của dải nguyên liệu (hướng đúc) và hướng chiều rộng của đoạn mẫu khớp với hướng chiều rộng của dải nguyên liệu.

Bề mặt đông đặc tự do của đoạn mẫu đã cắt được chiếu xạ bằng laze sử dụng phương pháp dao động CW (sóng liên tục), nhờ đó tạo thành các vết chiếu xạ tuyến tính 12 và thu được dải 10.

Đặc biệt, các vết chiếu xạ tuyến tính 12 được tạo ra trên bề mặt đông đặc tự do của đoạn mẫu (dải 10 trước khi xử lý laze, sau đây sẽ được áp dụng tương tự) theo hướng song song với hướng chiều rộng của đoạn mẫu. Các vết chiếu xạ laze tuyến tính 12 được tạo ra trong toàn bộ khu vực theo hướng chiều rộng của đoạn mẫu. Nói cách khác, độ dài của các vết chiếu xạ laze tuyến tính theo hướng chiều rộng của đoạn mẫu được thiết lập bằng 100% toàn bộ độ rộng của đoạn mẫu. Điều này có nghĩa là tỷ lệ giữa độ dài của vết chiếu xạ laze tuyến tính của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng so với tổng độ dài của dải theo hướng chiều rộng là 50% theo

cả hai hướng tính từ điểm giữa của dải theo hướng chiều rộng về phía các đầu theo hướng chiều rộng.

Các hướng của các vết chiếu xạ laser tuyến tính 12 là song song với nhau.

Các đoạn mẫu được chuẩn bị ở các điều kiện xử lý laser khác nhau. Các điều kiện xử lý laser được thể hiện trên Bảng 1. Bảng 1 thể hiện khoảng cách vạch LP1 (mm), và tốc độ quét (m/giây) và mật độ năng lượng đầu ra của laser (J/m) của laser sử dụng phương pháp dao động CW. Mật độ năng lượng đầu ra của laser thu được bằng cách chia công suất đầu ra của dao động laser cho tốc độ quét. Mật độ năng lượng đầu ra của laser là chỉ số thể hiện cường độ laser trên một đơn vị độ dài.

Các điều kiện chiếu xạ laser sử dụng phương pháp dao động CW (sóng liên tục) là như sau.

(Các điều kiện chiếu xạ của laser CW)

Máy tạo dao động laser được sử dụng là laser sợi quang (YLR-150-1500-QCW) từ IPG Photonics Corporation. Môi trường laser của máy tạo dao động laser là sợi quang thủy tinh có pha thêm Yb, và bước sóng dao động là 1.064 nm.

Đường kính điểm laser trên bề mặt đồng đặc tự do của đoạn mẫu được điều chỉnh bằng 37,0 μm . Đường kính chùm tia được điều chỉnh sử dụng thấu kính chuẩn trực: f100 mm và thấu kính f θ : khoảng cách tiêu cự 254 mm/khoảng cách điểm xử lý 297 mm làm các bộ phận quang học.

Chế độ chùm M^2 là 1,05 (chế độ đơn).

Công suất đầu ra laser là nằm trong khoảng từ 0 W đến 275 W, và tiêu cự là 0 mm.

Tiêu cự đã đề cập ở đây có nghĩa là độ chênh lệch (giá trị tuyệt đối) giữa khoảng cách điểm xử lý (297 mm) của thấu kính hội tụ với khoảng cách thực tế từ thấu kính hội tụ đến bề mặt đồng đặc tự do của dải.

Đường kính tới D và đường kính điểm D0 thỏa mãn hệ thức $D0=4\lambda f/\pi D$ (trong đó λ đại diện cho bước sóng laser và f đại diện cho tiêu cự), và do đó đường kính điểm D0 có xu hướng giảm xuống vì tiêu cự của thấu kính chuẩn trực tăng lên (cụ thể là đường kính tới D tăng lên).

<Đo lường và Ước lượng>

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xử lý bằng laze (dải 10 trên Fig.1) được xử lý nhiệt từ trường (khí quyển nitơ) ở nhiệt độ 370°C, trong thời gian 20 phút, ở 3.000 A/m. Sau đó, thực hiện đo lường và ước lượng. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2.

<Độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt tại vùng không được xử lý bằng laze>

Độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt đối với phần, ngoại trừ phần nơi các vết chiếu xạ laze tuyến tính 12 được tạo ra, trên bề mặt đồng đặc tự do của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xử lý bằng laze (cụ thể là vùng không được xử lý laze) được đo với độ dài ước lượng là 4,0 mm, giá trị ngưỡng là 0,8 mm, và loại ngưỡng là 2RC (bù pha) theo JIS B 0601:2001. Việc đo độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt cũng có thể được thực hiện trước khi xử lý laze. Hướng của độ dài ước lượng được thiết lập là hướng đúc của dải nguyên liệu. Việc đo độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt đã đề cập trên đây với độ dài ước lượng là 4,0 mm được thực hiện một cách cụ thể bằng cách đo liên tiếp năm lần độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt với giá trị ngưỡng là 0,8 mm.

Việc đo với độ dài ước lượng là 4,0 mm đã đề cập trên đây được thực hiện tại ba vị trí trong vùng không được xử lý laze; giá trị trung bình của các giá trị thu được từ ba lần đo được sử dụng làm độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt (μm) ở trong ví dụ này.

Kết quả là, độ cao mặt cắt ngang lớn nhất Rt của mỗi đoạn mẫu là nằm trong khoảng từ 1,0 μm đến 2,5 μm .

<Đo tổn hao do sắt CL>

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xử lý laze được đo tổn hao do sắt nhờ sự kích thích hình sin bằng thiết bị đo từ tính AC theo hai điều kiện bao gồm điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T và điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,50 T.

<Đo công suất kích thích VA>

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xử lý laze được đo công suất kích thích VA nhờ sự kích thích hình sin bằng thiết bị đo từ tính AC theo hai điều kiện bao gồm điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T và điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,50 T.

<Đo lực kháng từ Hc>

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xử lý laser được đo lực kháng từ Hc nhờ sự kích thích hình sin bằng thiết bị đo từ tính AC trong hai điều kiện bao gồm điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T và điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,50 T.

[Ví dụ so sánh 1]

Thao tác giống như trong Ví dụ 1 được thực hiện ngoại trừ không có việc thực hiện xử lý laser.

Các kết quả được thể hiện trong Số 1 của Bảng 1 và Bảng 2.

[Bảng 1]

Số	Khoảng cách vạch LP1 (mm)	Tốc độ quét (m/giây)	Mật độ năng lượng đầu ra của laser (J/m)	Chênh lệch độ cao HL (μm)	Độ rộng vạch WL (μm)	Chênh lệch độ cao $\times$ Độ rộng vạch [HL $\times$ WL] (μm^2)
*1	-	-	0	0	0	0
*2	20	8	2	0,15	28,30	4,25
*3	20	5	2	0,11	27,40	3,01
*4	20	10	3	0,23	24,20	5,57
5	2	5	10	0,42	37,67	15,82
6	3,5	5	10	0,38	38,71	14,71
7	5	5	10	0,43	36,50	15,70
8	7,5	5	10	0,35	39,20	13,72
9	10	5	10	0,33	41,10	13,56
10	15	5	10	0,52	37,30	19,40
*11	20	3	4	0,21	28,12	5,91
*12	20	8	4	0,19	27,49	5,22
13	20	5	5	0,34	28,26	9,61
14	20	8	6	0,37	34,15	12,64
15	20	5	7	0,37	33,44	12,37
16	20	10	8	0,46	41,20	18,95
17	20	8	8	0,33	37,43	12,35
18	20	5	10	0,55	38,20	21,01
19	20	3	10	0,44	37,81	16,64
20	20	8	10	0,40	42,21	16,88
21	20	3	17	0,34	48,82	16,60
22	30	5	10	0,45	36,70	16,52
23	20	10	12	0,55	45,65	25,11
24	20	8	12	0,45	49,25	22,16
25	20	5	13	0,74	50,66	37,49
26	20	8	14	0,47	53,13	24,97
27	20	10	15	0,60	49,19	29,51
28	20	8	16	0,76	52,93	40,23
29	20	5	17	0,45	54,80	24,66
30	40	5	10	0,49	42,20	20,68

31	20	10	18	0,76	52,52	39,92
32	50	5	10	0,49	37,50	18,38
33	60	5	10	0,65	37,50	24,38
34	20	8	19	0,85	56,12	47,70
35	20	10	21	1,18	67,98	80,22
36	20	8	23	1,05	65,48	68,75
37	20	5	23	0,56	60,50	33,88
38	20	10	25	1,34	73,65	98,69
39	20	3	28	1,38	54,43	75,11
40	20	10	28	1,21	81,44	98,54
41	20	5	30	0,75	71,60	53,70
42	20	8	31	1,57	82,96	130,25
43	20	8	35	1,66	96,70	160,52
*44	20	6	36	2,05	90,10	184,71
*45	20	6	41	2,95	97,90	288,81
*46	20	5	43	2,72	108,40	294,85
*47	20	6	46	4,14	125,14	518,08

Lưu ý 1: Dấu (*) trước con số biểu thị Ví dụ so sánh

[Bảng 2]

Số	Tổn hao do sắt CL (W/kg) ở 60Hz, 1,45T	Công suất kích thích VA (VA/kg) ở 60Hz, 1,45T	Lực kháng từ Hc (A/m) at 60Hz, 1,45T	Tổn hao do sắt CL (W/kg) ở 60Hz, 1,50T	Công suất kích thích VA (VA/kg) ở 60Hz, 1,50T	Lực kháng từ Hc (A/m) ở 60Hz, 1,50T
*1	0,1678	0,1826	3,7127	0,1756	0,2440	3,1446
*2	0,1536	0,2395	3,2727	0,1574	0,3518	3,1024
*3	0,1665	0,2603	3,2551	0,1836	0,3470	3,3861
*4	0,1651	0,2387	3,4533	0,1727	0,3534	3,4368
5	0,0705	0,5630	1,5584	0,0827	0,6804	1,6331
6	0,0707	0,3315	1,5935	0,0819	0,4347	1,6293
7	0,0849	0,3128	1,7783	0,0983	0,4325	1,8582
8	0,0857	0,2542	1,8299	0,0961	0,3414	1,9002
9	0,0884	0,2488	2,0037	0,1014	0,3190	2,0741
10	0,0968	0,2353	2,0534	0,1087	0,3768	2,1079
*11	0,1510	0,2037	3,2941	0,1652	0,3166	3,3298
*12	0,1523	0,2259	3,4119	0,1625	0,3733	3,4083
13	0,1257	0,2648	2,6039	0,1405	0,3844	2,7052
14	0,1203	0,1917	2,5929	0,1365	0,3048	2,7733
15	0,1132	0,1922	2,4523	0,1217	0,3343	2,3699
16	0,1122	0,1800	2,3951	0,1211	0,3025	2,4488
17	0,1025	0,1825	2,3126	0,1136	0,2911	2,4522
18	0,1049	0,2246	2,3233	0,1139	0,3434	2,3306
19	0,1046	0,2352	2,3178	0,1168	0,3802	2,3928
20	0,0999	0,2093	2,2211	0,1136	0,3659	2,2788
21	0,0923	0,2069	2,0702	0,1052	0,3189	2,1555
22	0,1146	0,2453	2,4347	0,1303	0,3749	2,6557
23	0,0985	0,1904	2,0557	0,1096	0,3812	2,2071
24	0,0944	0,1727	2,0202	0,1046	0,3067	2,1052
25	0,1018	0,1844	2,1408	0,1127	0,2906	2,3083
26	0,0933	0,1924	2,0216	0,1012	0,3003	2,0858
27	0,0906	0,2061	1,9329	0,1005	0,3028	1,9667
28	0,0888	0,2157	1,9809	0,0996	0,3623	2,0261

29	0,0888	0,2053	1,9214	0,0981	0,3351	1,9920
30	0,1250	0,2732	2,6869	0,1382	0,3835	2,7461
31	0,0845	0,2106	1,8220	0,0969	0,3488	1,8193
32	0,1287	0,2923	2,8796	0,1420	0,4655	3,0600
33	0,1298	0,2863	2,8138	0,1407	0,4574	2,9788
34	0,0830	0,2017	1,8303	0,0942	0,3118	1,9140
35	0,0827	0,2365	1,8668	0,0918	0,3032	1,8824
36	0,0900	0,3509	1,9041	0,1018	0,4595	1,9901
37	0,0805	0,2522	1,8043	0,0905	0,2928	1,7138
38	0,0788	0,2846	1,7345	0,0893	0,3434	1,7781
39	0,0925	0,3233	1,9682	0,1044	0,4026	2,0096
40	0,0826	0,3737	1,7844	0,0906	0,4359	1,8046
41	0,0859	0,5310	1,9573	0,0961	0,6049	1,9840
42	0,0827	0,5304	1,8420	0,0946	0,6045	1,9448
43	0,1247	1,1379	2,9579	0,1395	1,3401	3,0455
*44	0,1644	1,6629	4,4618	0,1800	1,9509	4,5131
*45	0,3960	3,8543	11,7318	0,4325	4,8159	12,0131
*46	0,4804	5,3109	13,6284	0,5295	6,7549	13,9283
*47	0,6288	10,1520	18,5676	0,6850	13,5769	18,9594

Lưu ý 1: Dấu (*) trước con số biểu thị Ví dụ so sánh

Fig.2 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.2 thể hiện, khi mật độ năng lượng đầu ra của laze từ 5 J/m trở lên và từ 35 J/m trở xuống, tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T) là 0,150 W/kg hoặc thấp hơn. Thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có tổn hao thấp ở tần số 60 Hz, mật độ từ thông 1,45 T.

Fig.3 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và công suất kích thích VA (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.3 thể hiện công suất kích thích VA tăng nhanh khi mật độ năng lượng đầu ra của laze vượt mức 35 J/m. Theo đó, sự tăng đáng kể công suất kích thích VA có thể được hạn chế bằng cách thiết lập mật độ năng lượng đầu ra của laze từ 35 J/m trở xuống. Sự tăng công suất kích thích VA còn được hạn chế khi mật độ năng lượng đầu ra của laze từ 31 J/m trở xuống.

Fig.4 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laze và lực kháng từ H_c (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.4 thể hiện lực kháng từ tăng nhanh khi mật độ năng lượng đầu ra của laze vượt mức 35 J/m. Theo đó, lực kháng từ có thể được giảm bằng cách thiết lập mật độ năng lượng đầu ra của laze từ 35 J/m trở xuống. Thu được lực kháng từ H_c bằng 3,0 A/m trở xuống khi mật độ năng lượng đầu ra của laze nằm trong khoảng từ 5 J/m

đến 35 J/m.

Fig.5A đến Fig.5D và từ Fig.6A đến Fig.6D thể hiện vi ảnh của các vết chiếu xạ laser tuyến tính của các Ví dụ được chụp bằng kính hiển vi laser. Fig.5A đến Fig.5D thể hiện các vi ảnh tương ứng với các số 26, 28, 34, và 36 trong Bảng 1, và các Fig từ 6A đến 6D thể hiện các vi ảnh tương ứng với các số 26, 28, 34, và 36 trong Bảng 1. Fig.5A tương ứng với số 13, Fig.5B tương ứng với số 17. Fig.5C tương ứng với số 20; Fig.5D tương ứng với số 24, Fig.6A tương ứng với số 26, Fig.6B tương ứng với số 28, Fig.6C tương ứng với số 34, và Fig.6D tương ứng với số 36. Các Ví dụ khác cũng được quan sát; tuy nhiên, các Ví dụ này là tương tự với các dạng đã thể hiện trên Fig.5A đến Fig.5D và Fig.6A đến Fig.6D.

Các vi ảnh được chụp ở độ phóng đại 1000 lần.

Như đã thể hiện trên Fig.5A đến Fig.5D và từ Fig.6A đến Fig.6D, các vết chiếu xạ laser tuyến tính của các Ví dụ có hình đường thẳng (kéo dài sang hai bên như trên các hình vẽ). Hình thức bên ngoài (màu sắc, hình dạng) của các vết chiếu xạ laser tuyến tính đã thay đổi bởi sự chiếu xạ laser. Nó được xem là hình thức bên ngoài đã thay đổi do sự nóng chảy-đông đặc của dải. Độ rộng của phần có hình thức bên ngoài thay đổi (xem Fig.5A; độ rộng của phần bị nóng chảy-đông đặc; độ dài theo hướng thẳng đứng trên hình vẽ) được xác định là độ rộng vạch WL của vết chiếu xạ laser tuyến tính. Độ rộng vạch được xác định bằng cách đo độ rộng phần nóng chảy-đông đặc của dải bằng kính hiển vi laser. Cụ thể là, kính hiển vi 3D màu VK-8710 (từ KEYENCE Corporation) và vật kính 50x CF IC EPI Plan 50X (từ Nikon Corporation) được dùng để chụp ảnh hình dạng bề mặt (ở độ phóng đại 1000 lần (vật kính 50 lần × độ phóng đại màn hình 20 lần)). Fig.18 thể hiện một ví dụ về bức ảnh quang học (vi ảnh) được chụp bằng kính hiển vi laser. Độ rộng vạch WL (độ rộng của phần nóng chảy-đông đặc) được đo từ ảnh quang học. Bảng 1 thể hiện độ rộng vạch WL đã đo. Trong Ví dụ này, độ rộng vạch WL được đo tại phần thu được giá trị độ rộng vạch lớn nhất. Các phép đo được thực hiện tại ba vị trí mà tại đó thu được xấp xỉ các giá trị độ rộng vạch lớn nhất để xác định giá trị trung bình của chúng.

Các vết chiếu xạ laser tuyến tính được làm nóng chảy chảy-đông đặc bằng laser, và sự biến dạng hình dạng xảy ra trong quá trình nóng chảy-đông đặc. Kết quả là độ gồ ghề được hình thành trên bề mặt. Độ gồ ghề trên bề mặt được quan sát theo hướng

chiều rộng của vết chiếu xạ laser tuyến tính (hướng tương ứng với hướng đúc, hướng tương ứng với hướng thẳng đứng trên Fig.5A đến Fig.5D và từ Fig.6A đến Fig.6D). Kính hiển vi laser (kính hiển vi laser 3D màu VK-8710 có cùng độ phóng đại, đã đề cập trên đây) được sử dụng để quan sát. Cụ thể là, biên dạng của vết chiếu xạ laser tuyến tính theo hướng chiều rộng được đo bằng kính hiển vi laser. Như thể hiện trên Fig.18, độ rộng xấp xỉ 30 μm được thêm vào mỗi đầu của độ rộng vạch WL, và đo được biên dạng giữa chúng (30 μm + độ rộng vạch WL + 30 μm).

Biên dạng có dạng như được thể hiện trên Fig.7. Chênh lệch độ cao HL được đo từ biên dạng. Trong trường hợp biên dạng nghiêng, việc đo được thực hiện bằng cách hiệu chỉnh tuyến tính độ nghiêng, bằng cách thêm biên 30 μm vào mỗi đầu, sao cho biên dạng theo hướng nằm ngang.

Độ gồ ghề trên bề mặt được chia thành Loại A, Loại B, và Loại C như được thể hiện trên Fig.7. Mỗi loại trên Fig.7 thể hiện dưới dạng giản đồ sự thay đổi lớn về hình dạng, mặc dù trên thực tế có độ gồ ghề nhỏ. Hình dạng thể hiện trên Fig.7 tương ứng với trạng thái bề mặt cắt ngang của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, và độ gồ ghề được hình thành trên phần bị biến dạng (phần nơi các vết chiếu xạ laser tuyến tính được hình thành). Tại phần không nhẵn, độ chênh lệch (chênh lệch độ cao HL) giữa điểm cao nhất (tương ứng với điểm cao nhất theo hướng chiều dày của dải, và tương ứng với phần trên của hình vẽ) và điểm thấp nhất (tương ứng với điểm thấp nhất theo hướng chiều dày của dải, và tương ứng với phần đáy của hình vẽ) được đo từ biên dạng như đã đề cập trên đây. Trong Ví dụ thực hiện này, không có sự dao động đáng kể nào được quan sát thấy về độ gồ ghề của các vết chiếu xạ laser tuyến tính theo hướng chiều rộng của dải. Chênh lệch độ cao HL được đo tại ba vị trí đối với mỗi vết chiếu xạ laser tuyến tính để xác định giá trị trung bình.

Bảng 1 thể hiện chênh lệch độ cao HL. Bảng 1 cũng thể hiện các kết quả thu được bằng cách nhân chênh lệch độ cao HL với độ rộng vạch WL.

Fig.8 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Theo Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.8, khi chênh lệch độ cao HL là từ 0,25 μm trở lên và từ 2,0 μm trở xuống, tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T) là 0,150 W/kg hoặc thấp hơn. Thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có tổn hao do sắt thấp ở tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45

T.

Fig.9 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và công suất kích thích VA (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.9 thể hiện công suất kích thích VA tăng mạnh khi chênh lệch độ cao HL vượt quá 2,0 μm . Theo đó, sự gia tăng lớn về công suất kích thích VA có thể được ngăn ngừa bằng cách thiết lập chênh lệch độ cao HL từ 2,0 μm trở xuống.

Fig.10 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và lực kháng từ HC (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.10 thể hiện rằng lực kháng từ Hc tăng mạnh khi chênh lệch độ cao HL vượt quá 2,0 μm . Theo đó, lực kháng từ có thể giảm được bằng cách thiết lập chênh lệch độ cao HL từ 2,0 μm trở xuống. Thu được lực kháng từ Hc bằng 3,0 A/m hoặc nhỏ hơn khi chênh lệch độ cao HL là nằm trong khoảng từ 0,25 μm đến 2,0 μm .

Fig.11 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL và tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Theo Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.11, tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T) là 0,150 W/kg hoặc thấp hơn khi chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL là nằm trong khoảng từ 6,0 μm^2 đến 180 μm^2 . Thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có tổn hao do sắt thấp ở tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Fig.12 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL và công suất kích thích VA (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.12 thể hiện rằng công suất kích thích VA tăng mạnh khi chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL vượt quá 180 μm^2 . Theo đó, sự gia tăng lớn về công suất kích thích VA có thể được ngăn ngừa bằng cách thiết lập chênh lệch độ cao HL từ 180 μm^2 trở xuống.

Fig.13 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL và lực kháng từ Hc (60 Hz, 1,45 T) của mỗi mẫu đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.13 thể hiện rằng lực kháng từ Hc có thể được giảm khi chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL là nằm trong khoảng từ 6,0 μm^2 đến 180 μm^2 . Thu được lực kháng từ Hc từ 3,0 A/m trở xuống khi chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL là nằm trong khoảng từ 6,0 μm^2 đến 180 μm^2 .

Fig.14 thể hiện mối quan hệ giữa khoảng cách vạch LP1 và tổn hao do sắt CL

(60 Hz, 1,45 T) của các Ví dụ (ngoại trừ các Ví dụ so sánh) đã thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2. Theo Bảng 1 và Bảng 2 và Fig.14, khi khoảng cách vạch nằm trong khoảng từ 2 mm trở lên và 60 mm trở xuống, tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,4 T) là 0,150 W/kg hoặc thấp hơn. Thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe có tổn hao do sắt thấp ở tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T. Theo Fig.14, không có xu hướng tăng mạnh tổn hao do sắt ngay cả khi khoảng cách vạch LP1 được mở rộng. Được xem xét rằng thu được dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã giảm tổn hao do sắt CL (60 Hz, 1,45 T) ngay cả khi khoảng cách vạch 80 mm, 100 mm, hoặc 200 mm, khoảng cách vạch này vượt quá mức 60 mm.

<Các đặc tính ở tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T>

Tổn hao do sắt CL và công suất kích thích VA được ước lượng, sử dụng các mẫu của Ví dụ 1, ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 3. Các số trong Bảng 3 tương ứng với các số trong Bảng 1.

Fig.19 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và tổn hao do sắt CL (1 kHz, 1 T). Bảng 3 và Fig.19 thể hiện dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có tổn hao do sắt là 8,6 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T, và sự tạo thành các vết chiếu xạ laze tuyến tính theo sáng chế có thể làm giảm lượng sắt tồn tại ở các tần số cao. Tổn hao do sắt ở (1 kHz, 1 T) có xu hướng giảm dần khi chênh lệch độ cao lớn hơn.

Fig.20 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL và công suất kích thích VA (1 kHz, 1 T). Bảng 3 và Fig.20 thể hiện rằng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có công suất kích thích từ 8,7 VA/kg trở xuống ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T, và sự tạo thành các vết chiếu xạ laze tuyến tính theo sáng chế có thể làm giảm công suất kích thích ở các tần số cao. Công suất kích thích (1 kHz, 1 T) có xu hướng giảm dần khi chênh lệch độ cao lớn hơn.

Fig.21 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL và tổn hao do sắt CL (1 kHz, 1T).

Bảng 3 và Fig.21 thể hiện rằng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có tổn hao do sắt 8,6 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T, và sự tạo thành các vết chiếu xạ laze tuyến tính theo sáng chế có thể làm giảm tổn hao do sắt ở các tần số cao. Tổn hao do sắt CL ở (1 kHz, 1 T) có xu hướng

giảm dần khi chênh lệch độ cao $HL \times$ độ rộng vạch WL lớn hơn.

Fig.22 thể hiện mối quan hệ giữa chênh lệch độ cao $HL \times$ độ rộng vạch WL và công suất kích thích VA (1 kHz, 1 T). Bảng 3 và Fig.22 thể hiện dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có công suất kích thích từ 8,7 VA/kg trở xuống ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T, và sự tạo thành các vết chiếu xạ laser tuyến tính theo sáng chế có thể làm giảm công suất kích thích ở các tần số cao.

Fig.23 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laser và tổn hao do sắt CL ở (1 kHz, 1 T). Bảng 3 và Fig.23 thể hiện rằng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có tổn hao do sắt 8,6 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T, và sự tạo thành các vết chiếu xạ laser tuyến tính theo sáng chế có thể làm giảm tổn hao do sắt ở các tần số cao. Tổn hao do sắt CL ở (1 kHz, 1 T) có xu hướng giảm dần khi mật độ năng lượng đầu ra của laser lớn hơn.

Fig.24 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ năng lượng đầu ra của laser và công suất kích thích VA (1 kHz, 1 T). Bảng 3 và Fig.24 thể hiện dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế có công suất kích thích VA từ 8,7 VA/kg trở xuống ở điều kiện tần số 1 kHz và mật độ từ thông 1 T, và sự tạo thành các vết chiếu xạ laser tuyến tính theo sáng chế có thể làm giảm công suất kích thích ở các tần số cao.

Như đã mô tả trên đây, đã cho thấy rằng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế cũng hữu dụng đối với các tần số cao.

[Bảng 3]

Số	Khoảng cách vạch LP1 (mm)	Tốc độ quét (m/giây)	Mật độ năng lượng đầu ra của laze (J/m)	Chênh lệch độ cao HL (μm)	Khoảng cách vạch WL (μm)	Chênh lệch độ cao x Khoảng cách vạch [HL×WL] (μm ²)	Tổn hao do sắt CL (W/kg) ở 1kHz, 1T	Công suất kích thích VA (VA/kg) ở 1kHz, 1T
*1	-	-	0	0	0	0	8,7106	8,8922
16	20	10	8	0,46	41,20	18,95	6,9020	7,0383
23	20	10	12	0,55	45,65	25,11	6,8951	7,0373
27	20	10	15	0,60	49,19	29,51	6,2123	6,3724
31	20	10	18	0,76	52,52	39,92	6,1492	6,3858
35	20	10	21	1,18	67,98	80,22	5,7927	6,1326
38	20	10	25	1,34	73,65	98,69	5,6568	6,1730
40	20	10	28	1,21	81,44	98,54	5,5828	6,3395

<Các đặc tính trước khi xử lý nhiệt>

Các đặc tính trước khi xử lý nhiệt được ước lượng sử dụng các mẫu của Ví dụ 1. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 4.

Các số ở Bảng 4 tương ứng với các số ở Bảng 1. Sự đánh giá các đặc tính được biểu thị bằng các giá trị thu được từ vòng DC B-H được đo tại từ trường tác động lớn nhất 800 A/m.

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo sáng chế trước khi xử lý nhiệt có lực kháng từ H_c là từ 5,0 A/m trở xuống. Tỷ lệ bình phương là từ 40% trở xuống. Hiệu ứng phân đoạn miền từ thu được trên dải trước khi xử lý nhiệt nhờ sự chiếu xạ laze, và dải được từ hóa một cách dễ dàng.

[Bảng 4]

Số	B _m (T)	B _r (T)	H _c (A/m)	Tỷ lệ bình phương (%)
*1	1,558	0,788	5,05	50,6
*2	1,546	0,647	6,51	41,9
5	1,500	0,312	4,08	20,8
6	1,532	0,331	3,51	21,6
7	1,554	0,387	3,66	24,9
8	1,560	0,424	3,71	27,2
9	1,563	0,478	4,49	30,6
10	1,562	0,517	4,66	33,1
*11	1,555	0,644	5,52	41,4
*12	1,540	0,683	5,56	44,4
13	1,548	0,615	4,33	39,7
15	1,579	0,543	2,76	34,4
16	1,578	0,573	2,86	36,3
18	1,550	0,547	4,15	35,2
21	1,543	0,207	3,81	13,4
23	1,556	0,425	2,73	27,3
25	1,588	0,484	2,49	30,5
27	1,570	0,204	2,96	13,0
29	1,554	0,109	3,51	7,0
31	1,559	0,076	2,68	4,9
35	1,562	0,050	2,61	3,2
37	1,563	0,067	3,85	4,3
38	1,568	0,047	2,82	3,0
39	1,552	0,066	4,10	4,3
40	1,558	0,037	2,45	2,4

41	1,556	0,060	4,33	3,8
42	1,552	0,051	3,67	3,3
*44	1,511	0,114	9,72	7,5
*45	1,512	0,155	15,45	10,2

Lưu ý 1: Dấu (*) trước con số biểu thị Ví dụ so sánh

[Ví dụ 2]

<Sự tạo vết chiếu xạ lazer tuyến tính trên bề mặt cuộn>

Các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo trên bề mặt cuộn của dải nguyên liệu, giống với dải nguyên liệu được sử dụng trong Ví dụ 1, với khoảng cách vạch LP1 20 mm, tốc độ quét 5 m/giây, và mật độ năng lượng đầu ra của lazer 10 J/m. Fig.15 thể hiện ảnh quan sát vết chiếu xạ lazer tuyến tính. Điều kiện xử lý nhiệt là giống với điều kiện xử lý nhiệt được sử dụng trong Ví dụ 1.

Chênh lệch độ cao HL trong Ví dụ 2 là 1,04 μm , độ rộng vạch WL là 38,56 μm , và chênh lệch độ cao HL $\times$ độ rộng vạch WL 40,10 μm^2 . Tổn hao do sắt CL, công suất kích thích VA, và lực kháng từ Hc ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T tương ứng là 0,0979 W/kg, 0,2413 VA/kg, và 2.0868 A/m, và dạng các vết chiếu xạ lazer tuyến tính và các đặc tính thu được là giống với dạng và các đặc tính của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe trong Ví dụ 1 trong đó các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo trên bề mặt đồng đặc tự do. Theo đó, đã phát hiện ra rằng về cơ bản các đặc tính thu được đều giống nhau bất luận các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo trên bề mặt đồng đặc tự do hay được tạo trên bề mặt cuộn.

[Ví dụ 3]

Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe (thành phần hóa học: $\text{Fe}_{82}\text{Si}_4\text{B}_{14}$, độ dày: 25 μm , độ rộng: 142 mm) thu được theo cách giống như trong Ví dụ 1. Các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo với khoảng cách vạch LP1 20 mm, tốc độ quét 8 m/giây, mật độ năng lượng đầu ra của lazer 12 J/m, và các đoạn dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được chuẩn bị. Điều kiện xử lý lazer là giống như điều kiện ở số 24 của Ví dụ 1, và độ gồ ghề của vết chiếu xạ lazer tuyến tính là tương đương với độ gồ ghề của số 24. Các đoạn dải đã thu được xếp thành lớp để tạo thành phần thân nhiều lớp, phần thân nhiều lớp được uốn cong thành hình chữ U và cả hai đầu của chúng được quấn lại để xếp chồng lên nhau, theo cách đó tạo thành lõi sắt có kết cấu như

được thể hiện trên Fig.16 (Fig.16A và 16B). Hình dạng của lõi sắt có độ cao khung cửa sổ A là 330 mm, độ rộng khung cửa sổ B là 110 mm, độ dày lớp dải C là 55 mm, và độ cao D là 142 mm (146 mm trong trường hợp bao gồm cả độ dày của lớp phủ bằng nhựa sẽ được mô tả dưới đây), như đã thể hiện trên Fig.16. Hệ số dát mỏng và khối lượng của lõi sắt tương ứng là 86% và 53 kg.

Lõi sắt được quấn theo cách xếp chồng lên nhau ở phần dưới trên Fig.16. Khi các đoạn dải được xếp chồng lên nhau để tạo thành phần thân nhiều lớp, lớp phủ nhựa r được phủ lên bề mặt nhiều lớp ở khoảng giữa phần thân nhiều lớp sao cho các đoạn dải không cách xa nhau.

Lõi sắt tạo ra được tổn hao do sắt CL và công suất kích thích VA.

Như đã thể hiện trên Fig.17, cuộn dây sơ cấp (N1) và cuộn dây thứ cấp (N2) được quấn làm các cuộn lên trên lõi sắt, và tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T và 1,5 T. Số vòng của cuộn dây sơ cấp là 10 vòng và số vòng của cuộn dây thứ cấp là 2 vòng. Bởi vậy, mạch có thể biến áp được tạo ra.

Điện áp E (V) được đo bằng đồng hồ đo điện, công suất kích thích (VA/kg) thu được theo mật độ từ thông cực đại Bm (T) đã chuyển đổi và mật độ từ thông Bm (T) quy định, và tổn hao do sắt (W/kg) được tính tương ứng theo Công thức 1, Công thức 2, và Công thức 3. Các kết quả đo được thể hiện trong Bảng 5.

[Ví dụ so sánh 2]

Để so sánh, các phép đo và ước lượng như đã mô tả trên đây được thực hiện trên lõi sắt đã tạo ra ngoại trừ việc đoạn dải trên đó không có các vết chiếu xạ laze tuyến tính được tạo ra.

Công thức 1: điện thế E (V) = $4,443 \cdot LF \cdot C \cdot W \cdot N_1 \cdot f \cdot B_m \times 10^{-6}$

Công thức 2: công suất kích thích (VA/kg) = $E \cdot I / M$

Công thức 3: tổn hao do sắt (W/kg) = Watt/M

Chi tiết về các ký hiệu trong Công thức 1 đến Công thức 3 là như sau.

E: điện thế hiệu dụng (V) được đo bằng đồng hồ đo điện

LF: hệ số dát mỏng (=0.86)

C: độ dày lớp mỏng lõi (mm)

W: độ rộng danh nghĩa (mm) của dải sử dụng

N_1 : số vòng của cuộn dây kích thích

f: tần số (Hz) đã đo

B_m : mật độ từ thông lớn nhất hoặc mật độ từ thông quy định

I: dòng điện hiệu dụng (A) được đo bằng đồng hồ đo điện

M: khối lượng của lõi (kg)

Watt: công suất (W) được đo bằng watt kế

[Bảng 5]

	Khoảng cách vạch LP1 (mm)	Tốc độ quét (m/giây)	Mật độ năng lượng đầu ra của laze (J/m)	Tổn hao do sắt CL (W/kg) ở 1,45T 60Hz	Công suất kích thích VA (VA/kg) ở 1,45T 60Hz	Tổn hao do sắt CL (W/kg) ở 1,50T 60Hz	Công suất kích thích VA (VA/kg) ở 1,50T 60Hz
Ví dụ 3	20	8	12	0,1728	0,7271	0,1936	1,0651
Ví dụ so sánh 2	—	—	—	0,2455	0,6378	0,2651	0,9550

Như được thể hiện trong Bảng 5, tổn hao do sắt CL đo được ở mật độ từ thông 1,45 T và tần số 60 Hz trong lõi sắt sử dụng đoạn dài không tạo ra các vết chiếu xạ laze tuyến tính là 0,246 W/kg, và lõi sắt sử dụng đoạn dài trên đó có tạo ra các vết chiếu xạ laze tuyến tính là 0,173 W/kg, giá trị này tương ứng với giá trị số đã giảm khoảng ba phần mười.

Mức giảm đối với tổn hao do sắt CL xuống 0,200 W/kg hoặc thấp hơn trong lõi sắt hoàn toàn không thể đạt được theo cách thông thường. Do đó, có thể thu được máy biến áp có mức tổn hao điện năng cực kỳ thấp bằng cách bố trí một cuộn dây trong lõi sắt theo phương án thực hiện này.

Lõi sắt đã đề cập ở Ví dụ 3 và lõi sắt ở Ví dụ so sánh 2 được sử dụng để ước lượng tổn hao do sắt ở tần số 50 Hz và tần số 60 Hz và ở các mật độ từ thông khác nhau. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 6. Fig.25 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ từ thông và tổn hao do sắt ở tần số 50 Hz, và Fig.26 thể hiện mối quan hệ giữa mật độ từ thông và tổn hao do sắt ở tần số 60 Hz.

Như được thể hiện trong Bảng 6 và Fig.25 và Fig.26, lõi sắt theo phương án thực hiện này có thể đạt được mức tổn hao do sắt cực kỳ thấp ở tần số 50 Hz và tần số 60 Hz ngay cả khi mật độ từ thông được thay đổi.

[Bảng 6]

Tần số (Hz)	Mật độ từ thông (T)	Ví dụ 3 Tổn hao do sắt (W/kg)	Ví dụ so sánh 2 Tổn hao do sắt (W/kg)
50	1,00	0,056	0,102
50	1,10	0,068	0,120
50	1,20	0,081	0,139
50	1,30	0,098	0,158
50	1,40	0,119	0,177
50	1,45	0,134	0,189
50	1,50	0,151	0,205
60	1,00	0,073	0,132
60	1,10	0,087	0,156
60	1,20	0,105	0,180
60	1,30	0,128	0,205
60	1,40	0,155	0,230
60	1,45	0,173	0,246
60	1,50	0,194	0,265

<Ví dụ 4>

Kết cấu ví dụ về lõi sắt và các cuộn dây của máy biến áp theo phương án thực hiện này được thể hiện trên Fig.27. Máy biến áp bao gồm lõi sắt hình tròn 1 được chuẩn bị bằng cách uốn và quấn, theo cách xếp chồng, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp, và các cuộn dây 2 quấn xung quanh lõi sắt. Lõi sắt 1 theo phương án thực hiện thứ nhất bao gồm một lõi sắt hình tròn (lõi sắt quấn dây một pha hai trụ). Bảng 7 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu một pha, tần số 50 Hz, theo sáng chế với công suất định mức là 10 kVA sử dụng lõi sắt 1 của phương án thực hiện này và phù hợp với JIS C 4304: 2013 (sau đây được gọi là Ví dụ 4) với sự so với Ví dụ thông thường 1. Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ 4 có các đặc tính đã đề cập; vì vậy, theo định nghĩa về “Các ký hiệu loại dải vô định hình” trong phần 5 của JIS C 2534: 2017, vật liệu lõi sắt cho Ví dụ 4 được biểu thị là 25AMP06-88. Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe sử dụng trong Ví dụ thông thường 1 là 25AMP08-88. Các đặc tính trong Ví dụ 4 đến Ví dụ 11 sau đây được biểu thị bằng các con số thu được từ sự phân tích dựa vào sự mô phỏng.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ 4 có độ dày là 25 μm và độ rộng là 142,2 mm; có độ chênh lệch HL giữ điểm cao nhất và điểm thấp nhất ở các vết chiếu xạ laze tuyến tính đã tạo trên bề mặt đồng đặc tự do là 0,62 μm ; có tổn hao do sắt tại tần số 50 Hz và mật độ từ thông 1,45 T là 0,075 W/kg; và có tổn hao do sắt tại tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T là 0,095 W/kg.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ thông thường 1 có độ dày là 25 μm và độ rộng là 142,2 mm; không có các vết chiếu xạ laze; có tổn hao do sắt là 0,130 W/kg tại tần số 50 Hz và mật độ từ thông 1,45 T; và có tổn hao do sắt là 0,167 W/kg tại tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Trong Ví dụ 4 và Ví dụ thông thường 1, lõi sắt hình tròn 1 có 1,875 lớp dải. Khối lượng của lõi sắt 1 được thể hiện trong Bảng 7.

Cuộn dây sơ cấp của máy biến áp được làm bằng dây đồng có đường kính 0,9 mm được cuốn thành 3.143 vòng. Cuộn dây thứ cấp của máy biến áp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật có kích thước 3,2 mm $\times$ 6,0 mm; cuộn dây thứ cấp được cuốn 100 vòng và được nối song song.

[Bảng 7]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Vi dụ 4	Vi dụ thống thường 1
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (kVA)		10	
Điện áp cuộn sơ cấp (kV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		210 - 105	
Số pha		1	
Tần số (Hz)		50	
Vật liệu lõi sắt		25AMP06-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 142,2 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 142,2 mm)
Loại lõi sắt		Lõi sắt quấn dây một pha hai trụ	
Cuộn sơ cấp		Dây đồng $\phi 0,9$ mm 3.143 vòng	
Cuộn thứ cấp		Dây nhôm hình chữ nhật 3,2 mm X 6,0 m 2 song song/100 vòng	
Tổng hao không tải (W)		5,8	8,0
Tổng hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)		0,149	0,197
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt		0,756	1,000
Tổn hao có tải (W)		225	225
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		97,60	
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		97,74	97,71
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		60	
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		42	44
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng		0,70	0,73
Khối lượng lõi sắt (kg)		40,0	40,0
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)		9,5	9,5
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)		3,7	3,7
Khối lượng (kg) vật liệu kết cấu của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt		24,4	24,4
Khối lượng đầu cách nhiệt (kg)		30,9	30,8
Main Material Weight (kg) of Transformer		108,5	108,4
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp		1,00	1,00
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)		0,490	
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (t/năm) ở hệ số tải 15%		0,047	0,056
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%		0,83	1,00

Bảng 7 thể hiện tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 4 là 0,149 W/kg, mức này giảm khoảng 25% so với khối lượng 0,197 W/kg ở Ví dụ thông thường 1.

Để đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng khi so với giá trị hiệu suất tiêu thụ năng lượng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 2013 (xem “Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng” trong Bảng 7; sau đây áp dụng tương tự) đã cải thiện đến 0,70 trong Ví dụ 4 so với 0,73 trong Ví dụ thông thường 1. Cũng đã phát hiện ra rằng lượng phát thải khí CO₂ hàng năm tại hệ số phụ tải tương đương trung bình của máy biến áp phân phối là 15% được cải thiện khoảng 17%. Điều này là rõ ràng bằng cách xem ở “Tỷ lệ phát thải khí CO₂ hàng năm tại hệ số phụ tải 15%” trên Bảng 7, là 0,83 (sau đây áp dụng tương tự).

<Ví dụ 5>

Như là ví dụ thứ hai về máy biến áp theo phương án thực hiện này được tạo kết cấu với lõi sắt và các cuộn dây như được thể hiện trên Fig.27, Bảng 8 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu một pha, tần số 60 Hz theo sáng chế với công suất định mức là 10 kVa phù hợp với JIS C 4304: 2013 (sau đây được gọi là Ví dụ 5) so với Ví dụ thông thường 2.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ 5 là giống như các dải được sử dụng trong Ví dụ 4; và các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ thông thường 2 là giống với các dải của Ví dụ thông thường 1.

Trong Ví dụ 5 và Ví dụ thông thường 2, lõi sắt hình tròn 1 có 1.785 lớp dải. Khối lượng của lõi sắt 1 được thể hiện trong Bảng 8.

Cuộn dây sơ cấp của máy biến áp này được làm bằng dây đồng có đường kính 0,9 mm được cuốn thành 2,776 vòng. Cuộn dây thứ cấp của máy biến áp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật với kích thước 2,6 mm × 6,0 mm; cuộn dây thứ cấp được cuốn thành 88 vòng và được nối song song.

[Bảng 8]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Ví dụ 5	Ví dụ thông thường 2
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (kVA)		10	
Điện áp cuộn sơ cấp (kV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		210 - 105	
Số pha		1	
Tần số (Hz)		60	
Vật liệu lõi sắt		25AMP06-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 142,2 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 142,2 mm)
Loại lõi sắt		Lõi sắt quấn dây một pha hai trụ	
Cuộn sơ cấp		Dây đồng ø0,9 mm 2.776 vòng	
Cuộn thứ cấp		Dây nhôm hình chữ nhật 2,6 mm X 6,0 mm 2 song song/88 vòng	
Tổn hao không tải (W)		6,4	9,2
Tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)		0,180	0,259
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt		0,696	1,000
Tổn hao có tải (W)		204	204
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		97,93	97,68
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		58	
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		39	42
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		0,67	0,72
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng		35,5	35,5
Khối lượng lõi sắt (kg)		8,3	8,3
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)		3,0	3,0
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)		23,1	23,1
Khối lượng (kg) vật liệu kết cấu của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt		28,2	28,1
Khối lượng đầu cách nhiệt (kg)		98,2	98,1
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp		1,00	1,00
Tỷ lệ theo khối lượng vật liệu chính của máy biến áp		0,490	
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)			
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (năm) ở hệ số tải 15%		0,047	0,059
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%		0,80	1,00

Bảng 8 thể hiện tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 5 là 0,180 W/kg, mức này giảm vào khoảng 30% so với mức 0,259 W/kg trong Ví dụ thông thường 2.

Đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng so với giá trị hiệu suất tiêu thụ năng lượng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 2013 được cải thiện lên 0,67 trong Ví dụ 5 so với 0,72 trong Ví dụ thông thường 2. Cũng đã xác nhận được rằng lượng phát thải khí CO₂ hàng năm tại hệ số phụ tải tương đương trung bình của máy biến áp phân phối là 15% được cải thiện khoảng 20%.

<Ví dụ 6>

Như là ví dụ thứ ba về máy biến áp theo phương án thực hiện này được tạo kết cấu với lõi sắt và các cuộn dây như đã thể hiện trên Fig.27, Bảng 9 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu một pha, tần số 50Hz theo sáng chế với công suất định mức là 30 kVA phù hợp với JIS C 4304: 2013 (sau đây được gọi là Ví dụ 6) so với Ví dụ thông thường 3.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ có độ dày là 25 μm và độ rộng là 213,4 mm; có độ chênh lệch HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất của vết chiếu xạ laze tuyến tính đã tạo trên bề mặt đồng đặc tự do là 0,52 μm ; có tổn hao do sắt là 0,076 W/kg ở tần số 50 Hz và mật độ từ thông 1,45 T; và có tổn hao do sắt là 0,097 W/kg ở tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ thông thường 3 có độ dày là 25 μm và độ rộng là 213,4 mm; không có các vết chiếu xạ laze tuyến tính; có tổn hao do sắt là 0,132 W/kg ở tần số 50 Hz và mật độ từ thông 1,45 T; và có tổn hao do sắt là 0,168 W/kg ở tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

Theo Ví dụ 6 và Ví dụ thông thường 3, lõi sắt hình tròn 1 có 3.015 lớp dải. Khối lượng của lõi sắt được thể hiện trong Bảng 9.

Cuộn dây sơ cấp của máy biến áp được làm bằng dây đồng với đường kính là 1,4 mm được quấn thành 1.509 vòng. Cuộn dây thứ cấp của máy biến áp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật có kích thước 3,2 mm $\times$ 15 mm; cuộn dây thứ cấp được quấn 44 vòng và được nối song song.

[Bảng 9]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Ví dụ 6	Ví dụ thông thường 3
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (KVA)		30	
Điện áp cuộn sơ cấp (KV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		210 - 105	
Số pha		1	
Tần số (Hz)		50	
Vật liệu lõi sắt		25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)
Loại lõi sắt		Lõi sắt quấn dây một pha hai trụ	
Cuộn sơ cấp		Dây đồng ϕ 1,4 mm 1.509 vòng	
Cuộn thứ cấp		Dây nhôm hình chữ nhật 3,2 mm X 15 mm 2 song song/44 vòng	
Tổn hao không tải (W)		11	17
Tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)		0,126	0,197
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt		0,638	1,000
Tổn hao có tải (W)		499	500
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		98,10	
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		98,33	98,30
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		135	
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		91	97
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng		0,67	0,72
Khối lượng lõi sắt (kg)		87,5	87,5
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)		11,5	11,5
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)		7,4	7,4
Khối lượng vật liệu kết cấu của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt		33,9	34,1
Khối lượng đầu cách nhiệt (kg)		55,2	56,0
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp		195,4	196,4
Tỷ lệ theo khối lượng vật liệu chính của máy biến áp		0,99	1,00
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)		0,490	
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (t/năm) ở hệ số tải 15%		0,095	0,122
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%		0,78	1,00

Bảng 9 thể hiện mức tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 6 là 0,126 W/kg, mức này đã giảm khoảng 36% so với mức 0,197 W/kg của Ví dụ thông thường 3.

Đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng so với giá trị hiệu suất tiêu thụ năng lượng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 2013 được cải thiện tới 0,67 trong Ví dụ 6 so với 0,72 trong Ví dụ thông thường 3. Cũng đã phát hiện ra rằng lượng phát thải khí CO₂ hàng năm ở hệ số phụ tải tương đương trung bình của máy biến áp phân phối 15% được cải thiện khoảng 22%. Ngoài ra, mức tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 6 là 0,126 W/kg, cải thiện 0,023 W/kg so với 0,149 W/kg trong Ví dụ 4. Nguyên nhân của sự cải thiện này là do sự tăng kích thước của lõi sắt làm cho độ dài đường cong của lõi sắt nhỏ tương xứng với độ dài đường sức từ của lõi sắt, việc này hạn chế sự gia tăng tổn hao không tải do ứng suất dư tại đường cong của lõi sắt.

<Ví dụ 7>

Như là ví dụ thứ tư về máy biến áp theo phương án thực hiện này được tạo kết cấu với lõi sắt và các cuộn dây như được thể hiện trên Fig.27, Bảng 10 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu một pha, tần số 60 Hz theo sáng chế, có công suất định mức là 30 kVA phù hợp với JIS C 4304: 2013 (sau đây được gọi là Ví dụ 7) so với Ví dụ thông thường 4.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ 7 giống như các dải được sử dụng trong Ví dụ 6; và các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ thông thường 4 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ thông thường 3.

Trong Ví dụ 7 và Ví dụ thông thường 4, lõi sắt hình tròn có 2.715 lớp dải. Khối lượng của lõi sắt 1 được thể hiện trong Bảng 10.

Cuộn dây sơ cấp của máy biến áp được làm bằng dây đồng có đường kính 1,3 mm và được quấn 1.509 vòng. Cuộn dây thứ cấp của máy biến áp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật có kích thước 4,0 mm × 13 mm; cuộn dây thứ cấp bao gồm các cuộn dây được quấn 44 vòng và được nối song song.

[Bảng 10]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Ví dụ 7	Ví dụ thông thường 4
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (kVA)		30	
Điện áp cuộn sơ cấp (kV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		210 - 105	
Số pha		1	
Tần số (Hz)		60	
Vật liệu lõi sắt		25AMP06-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)
Loại lõi sắt		Lõi sắt quấn dây một pha hai trụ	
Cuộn sơ cấp		Dây đồng $\phi 1,3$ mm 1.509 vòng	
Cuộn thứ cấp		Dây nhôm hình chữ nhật 4,0 mm X 13 mm 2 song song/44 vòng	
Tổn hao không tải (W)		12	19
Tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)		0,161	0,256
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt		0,629	1,000
Tổn hao có tải (W)		462	463
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		98,44	98,19
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức			130
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		86	93
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		0,66	0,72
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng		74,4	74,4
Khối lượng lõi sắt (kg)		10,6	10,6
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)		6,9	6,9
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)		32,0	32,2
Khối lượng (kg) vật liệu kết cấu của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt		50,3	51,2
Khối lượng dầu cách nhiệt (kg)		174,1	175,2
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp		0,99	1,00
Tỷ lệ theo khối lượng vật liệu chính của máy biến áp			0,490
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)			
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (t/năm) ở hệ số tải 15%		0,096	0,127
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%		0,76	1,00

Bảng 10 thể hiện tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 7 là 0,161 W/kg, giảm khoảng 37% so với 0,256 W/kg trong Ví dụ thông thường 4.

Đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ điện năng so với hiệu suất tiêu thụ điện

năng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 2013 được cải thiện lên 0,99 trong Ví dụ 7 so với 0,72 trong Ví dụ thông thường 4. Cũng đã phát hiện ra rằng lượng phát thải khí CO₂ hàng năm ở hệ số phụ tải tương đương trung bình của máy biến áp phân phối 15% được cải thiện khoảng 24%. Ngoài ra, mức tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 7 là 0,161 W/kg, cải thiện 0,019 W/kg so với 0,180 W/kg trong Ví dụ 5. Nguyên nhân của sự giảm này là giống với nguyên nhân đã đề cập trong Ví dụ 6.

<Ví dụ 8>

Một kết cấu ví dụ khác về lõi sắt và các cuộn dây theo phương án thực hiện này được thể hiện trong Fig.28. Máy biến áp bao gồm các lõi sắt quấn dây ba pha ba trụ được tạo ra bằng cách kết hợp các lõi sắt hình tròn 1 đã chuẩn bị bằng cách uốn và quấn, theo cách xếp chồng, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp (kết hợp ba lõi sắt hình tròn), và ba bộ dây quấn 2 được quấn xung quanh các lõi sắt. Bảng 11 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu ba pha, 50 Hz theo sáng chế với công suất định mức là 100 kVA sử dụng các lõi sắt theo phương án thực hiện này và phù hợp với JIS C 4304: 2013 (sau đây, được gọi là Ví dụ 8) so với Ví dụ thông thường 5

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ 8 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ 6; và các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ thông thường 5 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ thông thường 3.

Trong Ví dụ 8 và Ví dụ thông thường 5, mỗi lõi sắt hình tròn 1 có 3.480 lớp dải. Khối lượng của các lõi sắt 1 (tổng khối lượng của ba lõi sắt) được thể hiện trong Bảng 11.

Cuộn dây sơ cấp trong Ví dụ 8 được làm bằng dây đồng có đường kính 2,2 mm được quấn 653 vòng theo cách nối hình sao. Cuộn dây thứ cấp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật có kích thước 0,4 mm × 247 mm được quấn 36 vòng theo cách nối hình tam giác. Cuộn dây sơ cấp trong Ví dụ thông thường 5 được làm bằng dây đồng với đường kính 2,2 mm được quấn thành 653 vòng bằng cách nối hình sao. Cuộn dây thứ cấp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật với kích thước 0,4 mm × 248 mm được quấn 36 vòng theo cách nối hình tam giác.

[Bảng 11]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Ví dụ 8	Ví dụ thông thường 5
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (kVA)		100	
Điện áp cuộn sơ cấp (kV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		0,21	
Số pha		3	
Tần số (Hz)		50	
Vật liệu lõi sắt		25AMP06-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)
Loại lõi sắt		Lõi sắt quấn dây ba pha ba trụ	
Cuộn sơ cấp		Nối hình sao Dây đồng ϕ 2,2 mm 653 vòng	Nối hình sao Dây đồng ϕ 2,2 mm 653 vòng
Cuộn thứ cấp		Nối hình tam giác Tấm nhôm 0,4 mm X 247 mm 36 vòng	Nối hình sao Tấm nhôm 0,4 mm X 248 mm 36 vòng
Tổn hao không tải (W)		43	64
Tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)		0,188	0,269
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt		0,699	1,000
Tổn hao có tải (W)		1.582	1.595
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		98,40	98,71
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức			
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		296	409
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		0,72	319
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng		237	0,78
Khối lượng lõi sắt (kg)		66	237
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)		23	66
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)		91	23
Khối lượng (kg) vật liệu kết cấu của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt		118	92
Khối lượng dầu cách nhiệt (kg)		535	122
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp		0,99	541
Tỷ lệ theo khối lượng vật liệu chính của máy biến áp			1,00
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)			0,490
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (t/năm) ở hệ số tải 15%		0,337	0,428
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%		0,79	1,00

Bảng 11 thể hiện mức tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 8 là 0,188 W/kg, giảm khoảng 30% so với mức 0,269 W/kg trong Ví dụ thông

thường 5.

Đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ điện năng so với giá trị hiệu suất tiêu thụ điện năng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 2013 được cải thiện đến 0,72 trong Ví dụ 8 so với 0,78 trong Ví dụ thông thường 5. Cũng đã phát hiện ra rằng lượng phát thải khí CO₂ hàng năm ở hệ số phụ tải tương đương trung bình của máy biến áp phân phối 15%, được cải thiện khoảng 21%.

<Ví dụ 9>

Như một ví dụ khác về máy biến áp theo phương án thực hiện này được tạo kết cấu với các lõi sắt và các cuộn dây như được thể hiện trong Fig.28, Bảng 12 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu ba pha, 60 HZ theo sáng chế với công suất định mức là 100 kVa phù hợp với tiêu chuẩn JIS C 4304: 2013 (sau đây được gọi là Ví dụ 9) so với Ví dụ thông thường 6.

Các dải vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ 9 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ 6; và các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ thông thường 6 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ thông thường 3. Trong Ví dụ 9 và Ví dụ thông thường 6, mỗi lõi sắt tròn 1 có 2.895 lớp dải. Khối lượng của các lõi sắt 1 được thể hiện trong Bảng 12.

Cuộn dây sơ cấp và cuộn dây thứ cấp của máy biến áp này là giống với các cuộn dây sơ cấp và cuộn dây thứ cấp trong Ví dụ 8 và Ví dụ thông thường 5.

[Bảng 12]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Ví dụ 9	Ví dụ thông thường 6
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (KVA)		100	
Điện áp cuộn sơ cấp (kV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		0,21	
Số pha		3	
Tần số (Hz)		60	
Vật liệu lõi sắt	25AMP06-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)	
Loại lõi sắt	Lõi sắt quấn dây ba pha ba trụ		
Cuộn sơ cấp	Nối hình sao Dây đồng $\phi 2,2$ mm 653 vòng	Nối hình sao Dây đồng $\phi 2,2$ mm 653 vòng	
Cuộn thứ cấp	Delta Connection 0,4 mm X 247 mm Al Sheet 36 turns	Delta Connection Tấm nhôm 0,4 mm X 248 mm 36 vòng	
Tổn hao không tải (W)	42	63	
Tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)	0,238	0,339	
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt	0,703	1,000	
Tổn hao có tải (W)	1.607	1.600	
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức	98,38	98,71	
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức			
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		392	
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)	299	319	
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng	0,76	0,81	
Khối lượng lõi sắt (kg)	186	186	
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)	63	63	
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)	19	19	
Khối lượng vật liệu chính của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt	85	87	
Khối lượng dầu cách nhiệt (kg)	103	106	
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp	456	461	
Tỷ lệ theo khối lượng vật liệu chính của máy biến áp	0,99	1,00	
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)		0,490	
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (t/năm) ở hệ số tải 15%	0,336	0,425	
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%	0,79	1,00	

Bảng 12 thể hiện mức tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 9 là 0,238 W/kg, giảm khoảng 30% so với 0,339 W/kg trong Ví dụ thông thường

Đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ điện năng so với giá trị hiệu suất tiêu thụ điện năng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 2013 được cải thiện tới 0,76 trong Ví dụ 9 so với 0,81 trong Ví dụ thông thường 6. Cũng đã phát hiện ra rằng lượng phát thải khí CO₂ hàng năm ở hệ số phụ tải tương đương trung bình của máy biến áp phân phối 15% đã cải thiện khoảng 21%.

<Ví dụ 10>

Như một ví dụ khác về máy biến áp theo phương án thực hiện này được tạo kết cấu với các lõi sắt và các cuộn dây như được thể hiện trên Fig.28, Bảng 13 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu ba pha, 50 Hz theo sáng chế với công suất định mức là 500 kVA phù hợp với JIS C 4304: 2013 (sau đây được gọi là Ví dụ 10) khi so với Ví dụ thông thường 7.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ 10 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ 6; và các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được sử dụng trong Ví dụ thông thường 7 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ thông thường 3.

Trong Ví dụ 10 và Ví dụ thông thường 7, các lõi sắt hình tròn 1 có tương ứng là 5.685 lớp dải và 5.955 lớp dải. Khối lượng của các lõi sắt 1 (tổng khối lượng của ba lõi sắt hình tròn) được thể hiện trong Bảng 13.

Cuộn dây sơ cấp ở Ví dụ 10 được làm bằng dây đồng hình chữ nhật kích thước 3,5 mm × 4,5 mm được quấn 399 vòng theo cách nối hình sao. Cuộn dây thứ cấp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật kích thước 1,3 mm × 438 mm được cuốn 22 vòng theo cách nối hình tam giác. Cuộn dây sơ cấp ở Ví dụ thông thường 7 được làm bằng dây đồng hình chữ nhật kích thước 3,2 mm × 5,0 mm được quấn 381 vòng theo cách nối hình sao. Cuộn dây thứ cấp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật kích thước 1,4 mm x 383 mm được quấn 21 vòng theo cách nối hình tam giác.

[Bảng 13]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Ví dụ 10	Ví dụ thông thường 7
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (kVA)		500	
Điện áp cuộn sơ cấp (kV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		0,21	
Số pha		3	
Tần số (Hz)		50	
Vật liệu lõi sắt		25AMP06-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)
Loại lõi sắt		Lõi sắt quấn dây ba pha ba trụ	
Cuộn sơ cấp		Nối hình sao Dây đồng hình chữ nhật 3,5 mm X 4,5 mm 399 vòng	Nối hình sao Dây đồng hình chữ nhật 3,2 mm X 5,0 mm 381 vòng
Cuộn thứ cấp		Nối hình tam giác Tấm nhôm 1,3 mm X 438 mm 22 vòng	Nối hình tam giác Tấm nhôm 1,4 mm X 383 mm 21 vòng
Tổn hao không tải (W)		100	155
Tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)		0,163	0,246
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt		0,665	1,000
Tổn hao có tải (W)		6.394	6.338
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		98,72	98,71
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		98,72	98,72
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		1.123	1.250
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		0,90	1,169
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng		612	0,93
Khối lượng lõi sắt (kg)		208	629
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)		105	205
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)		228	97
Khối lượng (kg) vật liệu kết cấu của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt		361	231
Khối lượng dầu cách nhiệt (kg)		1.514	373
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp		0,99	1.535
Tỷ lệ theo khối lượng vật liệu chính của máy biến áp			1,00
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)			0,490
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (tấn/năm) ở hệ số tải 15%		1,047	1,275
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%		0,82	1,00

Bảng 13 thể hiện tổn hao không tải ở lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 10 là 0,163 W/kg, giảm khoảng 34% so với 0,246 W/kg trong Ví dụ thông thường 7.

Đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ điện năng so với giá trị hiệu suất tiêu

thụ điện năng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 2013 được cải thiện lên 0,90 trong Ví dụ 10 so với 0,93 trong Ví dụ thông thường 7. Cũng đã phát hiện ra rằng mức phát thải khí CO₂ hàng năm ở hệ số phụ tải tương đương trung bình của máy biến áp phân phối 15% cũng đã cải thiện khoảng 18%. Ngoài ra, tổn hao không tải của lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 10 là 0,163 W/kg, cải thiện 0,025 W/kg so với 0,188 W/kg trong Ví dụ 8. Nguyên nhân của sự cải thiện này là do sự tăng kích thước của lõi sắt làm cho độ dài đường cong của lõi sắt trở nên nhỏ tương xứng với độ dài đường sức từ của lõi sắt, điều này ngăn sự tăng tổn hao không tải do ứng suất dư tại đường cong của lõi sắt.

<Ví dụ 11>

Một kết cấu ví dụ khác về lõi sắt và các cuộn dây theo phương án thực hiện này được thể hiện trong Fig.29. Máy biến áp bao gồm các lõi sắt quấn dây ba pha năm trụ bằng cách kết hợp các lõi sắt hình tròn 1 đã chuẩn bị bằng cách uốn và quấn, theo cách xếp chồng, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp, và ba bộ cuộn dây 2 quấn xung quanh các lõi sắt.

Bảng 14 thể hiện các đặc tính chính và khối lượng của máy biến áp ngâm dầu ba pha, tần số 50 Hz theo sáng chế với công suất định mức 1000 kVA sử dụng các lõi sắt theo phương án thực hiện này và tuân theo JIS C 4304: 2013 (sau đây được gọi là Ví dụ 11) so với Ví dụ thông thường 8.

Các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe được dùng trong Ví dụ 11 là giống với các dải được dùng trong Ví dụ 6; và các dải vô định hình trên cơ sở Fe được dùng trong Ví dụ thông thường 8 là giống với các dải được sử dụng trong Ví dụ thông thường 3.

Trong Ví dụ 11 và Ví dụ thông thường 8, mỗi lõi sắt hình tròn 1 có 2.610 lớp dải. Mỗi lõi sắt hình tròn 1 bao gồm 2 lõi sắt xếp chồng lên nhau theo chiều thẳng đứng trên Fig.29. Khối lượng của các lõi sắt 1 (tổng khối lượng của tám lõi sắt hình tròn) được thể hiện trong Bảng 14.

Cuộn dây sơ cấp của Ví dụ 11 được làm bằng dây đồng hình chữ nhật có kích thước 2,8 mm × 7,0 mm được quấn 377 vòng theo cách nối hình tam giác. Cuộn dây thứ cấp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật kích thước 3,0 mm × 305 mm được quấn 12 vòng theo cách nối hình tam giác. Cuộn dây sơ cấp của Ví dụ thông thường 8

được làm bằng dây đồng hình chữ nhật kích thước 2,8 mm × 7,0 mm được quấn 377 vòng theo cách nối hình tam giác. Cuộn dây thứ cấp được làm bằng dây nhôm hình chữ nhật kích thước 3,2 mm × 306 mm được quấn 12 vòng theo cách nối hình tam giác.

[Bảng 14]

Thông số kỹ thuật của máy biến áp		Ví dụ 11	Ví dụ thông thường 8
Tiêu chuẩn áp dụng cho máy biến áp		JIS C 4304: 2013	
Công suất định mức (kVA)		1000	
Điện áp cuộn sơ cấp (kV)		6,6	
Điện áp cuộn thứ cấp (V)		0,21	
Số pha		3	
Tần số (Hz)		50	
Vật liệu lõi sắt		25AMP06-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)	25AMP08-88 (Độ dày danh nghĩa: 0,025 mm, Độ rộng danh nghĩa: 213,4 mm)
Loại lõi sắt		Lõi sắt quấn dây ba pha năm trụ	
Cuộn sơ cấp		Nối hình sao Dây đồng hình chữ nhật 2,8 mm X 7,0 mm 377 vòng	Nối hình sao Dây đồng hình chữ nhật 2,8 mm X 7,0 mm 377 vòng
Cuộn thứ cấp		Nối hình sao Tấm nhôm 3,0 mm X 305 mm 12 vòng	Nối hình sao Tấm nhôm 3,2 mm X 306 mm 12 vòng
Tổn hao không tải (W)		177	267
Tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt (W/kg)		0,179	0,269
Tỷ lệ tổn hao không tải tính theo khối lượng lõi sắt		0,667	1,000
Tổn hao có tải (W)		11,055	10,761
Giá trị hiệu suất tiêu chuẩn (%) ở công suất đầu ra tương đương với công suất định mức		98,89	98,80
Hiệu suất (%) ở Công suất đầu ra tương đương với công suất định mức			
Giá trị tiêu chuẩn hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		2,941	2,960
Hiệu suất tiêu thụ năng lượng (W)		0,99	1,00
Tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ năng lượng		986	993
Khối lượng lõi sắt (kg)		347	350
Khối lượng cuộn sơ cấp (kg)		143	154
Khối lượng cuộn thứ cấp (kg)		777	779
Khối lượng (kg) vật liệu kết cấu của máy biến áp bao gồm cả lá tản nhiệt		619	629
Khối lượng dầu cách nhiệt (kg)		2,872	2,904
Khối lượng vật liệu chính (kg) của máy biến áp		0,99	1,00
Tỷ lệ theo khối lượng vật liệu chính của máy biến áp		0,490	
Hệ số phát thải khí CO ₂ (kg/kWh)			
Lượng phát thải khí CO ₂ hàng năm (t/năm) ở hệ số tải 15%		1,827	2,186
Mức phát thải khí CO ₂ hàng năm ở hệ số tải 15%		0,84	1,00

Bảng 14 thể hiện mức tổn hao không tải ở lõi sắt tính theo khối lượng trong Ví dụ 11 là 0,179 W/kg, giảm khoảng 33% so với 0,269 W/kg ở Ví dụ thông thường 8. Đáp lại điều này, tỷ lệ hiệu suất tiêu thụ điện năng so với giá trị hiệu suất tiêu thụ điện năng tiêu chuẩn đã định nghĩa trong JIS C 4304: 201 được cải thiện lên 0,99 trong Ví dụ 11 so với 1,00 trong Ví dụ thông thường 8. Cũng đã phát hiện ra rằng lượng phát thải khí CO₂ hàng năm ở hệ số phụ tải tương đương trung bình ở máy biến áp phân phối 15% cũng đã cải thiện khoảng 16%.

Như đã mô tả trên đây, máy biến áp theo sáng chế có thể giảm mức tổn hao không tải và do đó đặc biệt hiệu quả trong việc giảm tổn hao của, ví dụ, các máy biến áp phân phối với các hệ số phụ tải tương đương trung bình thấp, và trong việc giảm sự phát thải khí CO₂. Các ví dụ theo sáng chế cung cấp sự giải thích chi tiết về các ứng dụng của các máy biến áp lõi sắt quấn dây; tuy nhiên, cần lưu ý rằng cũng có thể thu được hiệu quả giảm tổn hao không tải trong các ứng dụng của các máy biến áp nhiều lớp.

Tất cả các tài liệu, đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế, và các tiêu chuẩn kỹ thuật đã mô tả trong sáng chế này đều được kết hợp bằng cách tham chiếu, như thể mỗi tài liệu, đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế, và tiêu chuẩn kỹ thuật riêng lẻ được chỉ ra một cách cụ thể và riêng biệt để kết hợp bằng cách tham chiếu.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, đặc trưng ở chỗ, có các vết chiếu xạ lazer tuyến tính liên tục trên ít nhất một bề mặt, các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được bố trí trên một đường liên tục bởi một sóng liên tục, phương pháp dao động CW dọc theo hướng trục giao với hướng đúc của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe, mỗi vết chiếu xạ lazer tuyến tính có độ gồ ghề trên bề mặt của nó, độ gồ ghề được đánh giá theo hướng đúc, và sự chênh lệch độ cao HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất theo chiều dày của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo biên dạng thu được dọc theo hướng đúc của các vết chiếu xạ lazer tuyến tính là nằm trong khoảng từ $0,25\text{ }\mu\text{m}$ đến $2,0\text{ }\mu\text{m}$.
2. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1, trong đó $HL \times WL$ được tính từ sự chênh lệch độ cao HL giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất của vết chiếu xạ lazer tuyến tính và độ rộng vạch WL của vết chiếu xạ lazer tuyến tính theo hướng đúc, là nằm trong khoảng từ $6,0\text{ }\mu\text{m}^2$ đến $180\text{ }\mu\text{m}^2$.
3. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2, trong đó độ rộng vạch WL của vết chiếu xạ lazer tuyến tính theo hướng đúc là $28\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn.
4. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2, trong đó khoảng cách vạch, khi khoảng cách vạch được xác định là khoảng cách giữa các vết chiếu xạ lazer tuyến tính liền kề nhau trong số các vết chiếu xạ lazer tuyến tính, là nằm trong khoảng từ 2 mm đến 200 mm .
5. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tỷ lệ giữa độ dài của vết chiếu xạ lazer tuyến tính so với tổng độ dài của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng, khi hướng chiều rộng được xác định là hướng trục giao với hướng đúc, là nằm trong khoảng từ 10% đến 50% theo cả hai hướng từ điểm giữa của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo hướng chiều rộng về phía các đầu của hướng chiều rộng.
6. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2, trong đó phần nơi các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo thành là không kết tinh.
7. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2, có bề mặt đông đặc tự do và bề mặt cuộn, trong đó độ cao mặt cắt lớn nhất R_t đo được cho bề mặt đông đặc

tự do, ngoại trừ phần nơi các vết chiếu xạ lazer tuyến tính được tạo ra với độ dài ước lượng là 4,0 mm, giá trị ngưỡng là 0,8 mm, loại ngưỡng là 2RC (bù pha), và độ dài ước lượng theo hướng đúc là 3,0 μm hoặc nhỏ hơn.

8. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần hợp kim của dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe chứa Fe, Si, B, và tạp chất, và hàm lượng Fe là từ 78% nguyên tử trở lên, hàm lượng B là từ 10% nguyên tử trở lên, và tổng hàm lượng của B và Si là nằm trong khoảng từ 17% nguyên tử đến 22% nguyên tử khi tổng hàm lượng của Fe, Si, và B là 100% nguyên tử.

9. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2, có tổn hao do sắt là 0,150 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

10. Dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó các vết chiếu xạ lazer tuyến tính là các đường liên tục có ít nhất là 5 mm hoặc lớn hơn.

11. Lõi sắt, đặc trưng ở chỗ, được tạo ra bằng cách xếp lớp và uốn và quấn ít nhất một dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2.

12. Lõi sắt theo điểm 11 được tạo ra bằng cách uốn và quấn, theo cách xếp chồng, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp, trong đó

lõi sắt có tổn hao do sắt là 0,240 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

13. Máy biến áp, đặc trưng ở chỗ, bao gồm:

lõi sắt được tạo ra sử dụng dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe theo điểm 1 hoặc 2; và

cuộn dây được quấn quanh lõi sắt.

14. Máy biến áp theo điểm 13, trong đó lõi sắt được tạo ra bằng cách uốn và quấn, theo cách xếp chồng, các dải hợp kim vô định hình trên cơ sở Fe đã xếp lớp, và có tổn hao do sắt là 0,240 W/kg hoặc thấp hơn ở điều kiện tần số 60 Hz và mật độ từ thông 1,45 T.

15. Máy biến áp theo điểm 13, trong đó máy biến áp là máy biến áp một pha, và tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 50 Hz là 0,15 W/kg hoặc thấp

hơn, hoặc tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 60 Hz là 0,19 W/kg hoặc thấp hơn.

16. Máy biến áp theo điểm 13, trong đó máy biến áp là máy biến áp ba pha, và tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 50 Hz là 0,19 W/kg hoặc thấp hơn, hoặc tổn hao không tải tính theo khối lượng của lõi sắt ở tần số 60 Hz là 0,24 W/kg hoặc thấp hơn.

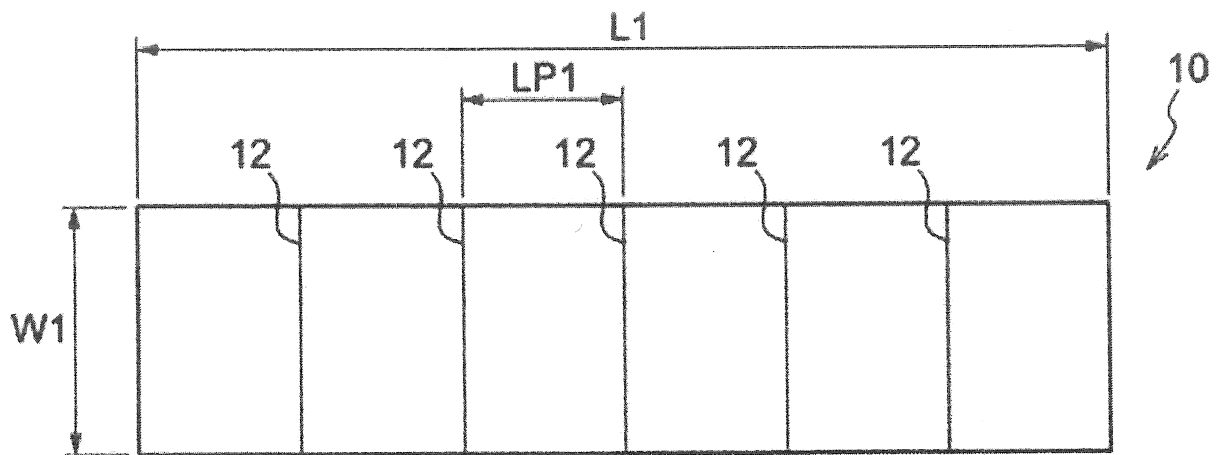


FIG. 1

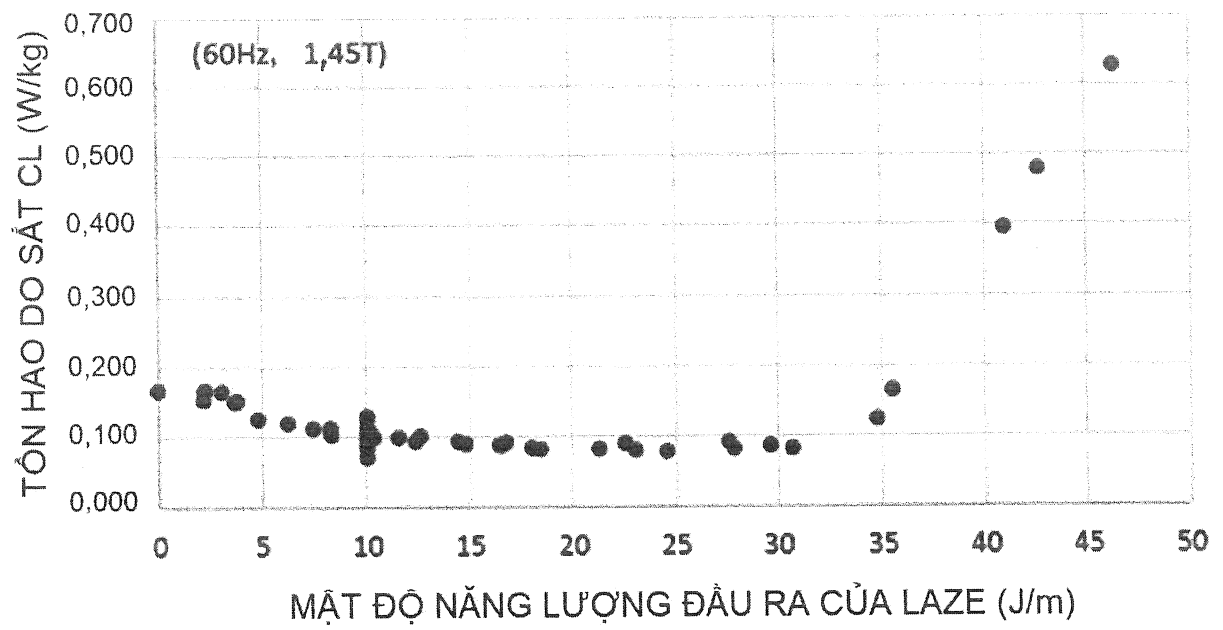


FIG. 2

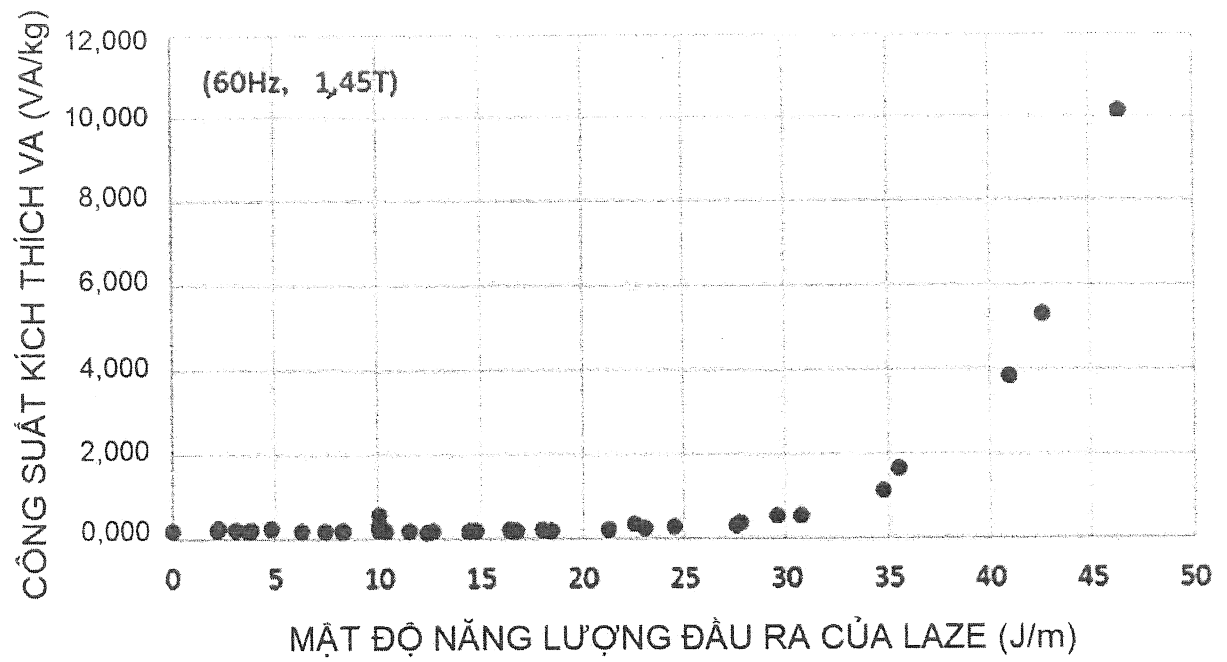


FIG. 3

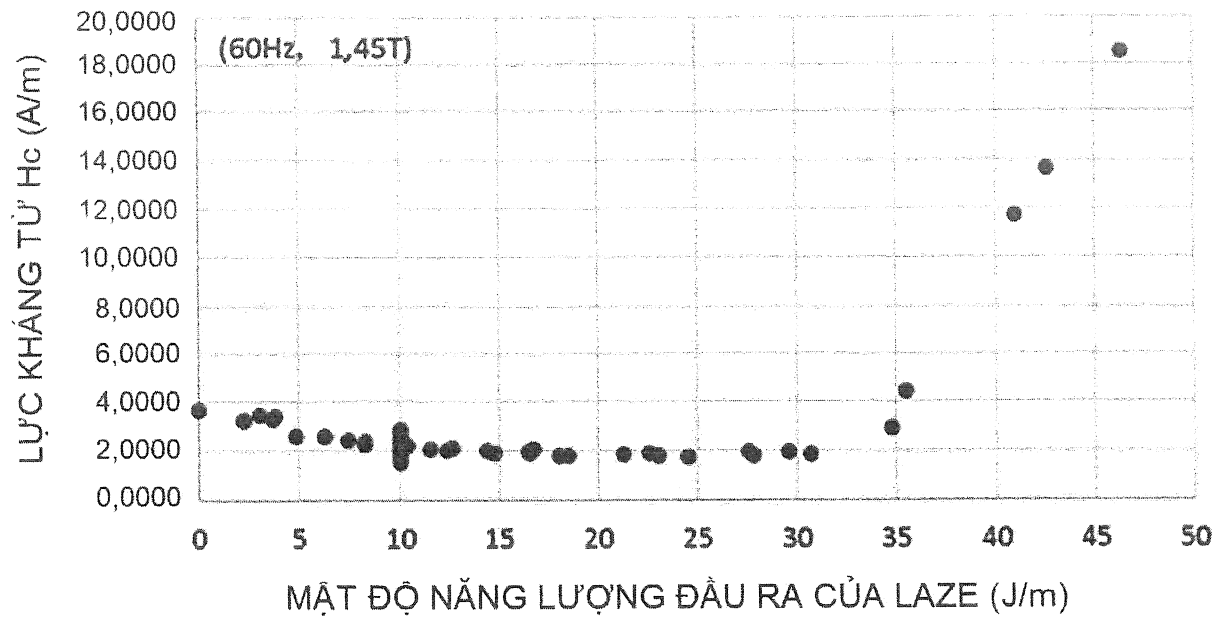


FIG. 4

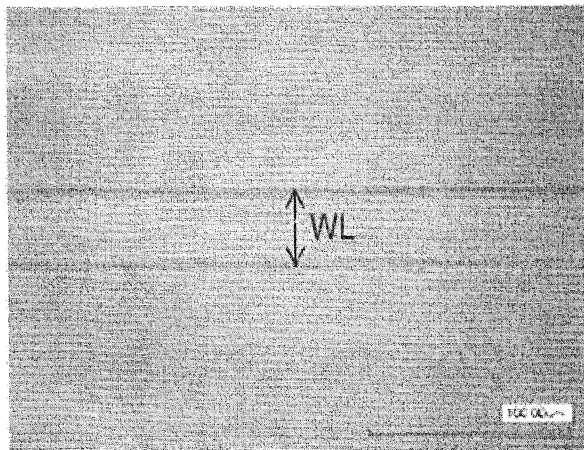


FIG. 5A

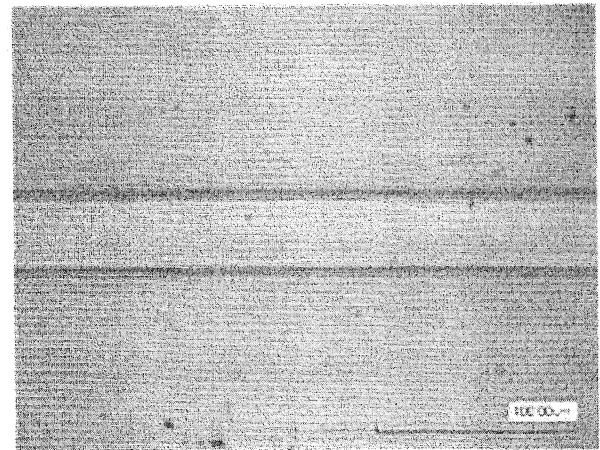


FIG. 5B

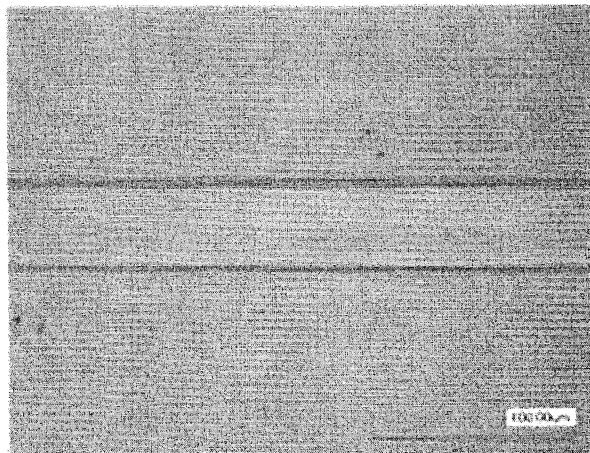


FIG. 5C

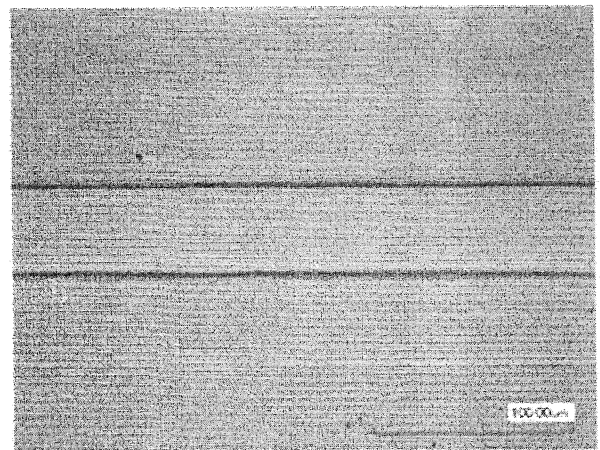
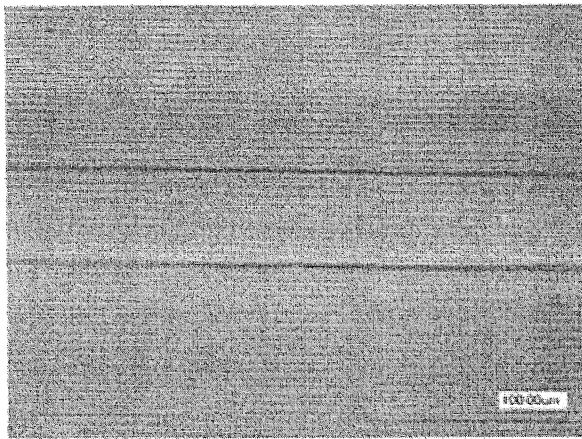
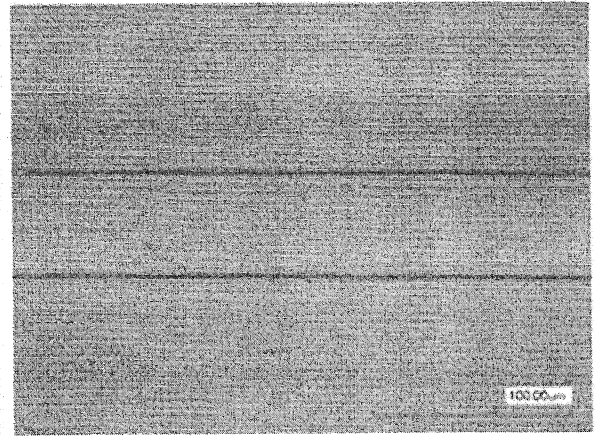


FIG. 5D



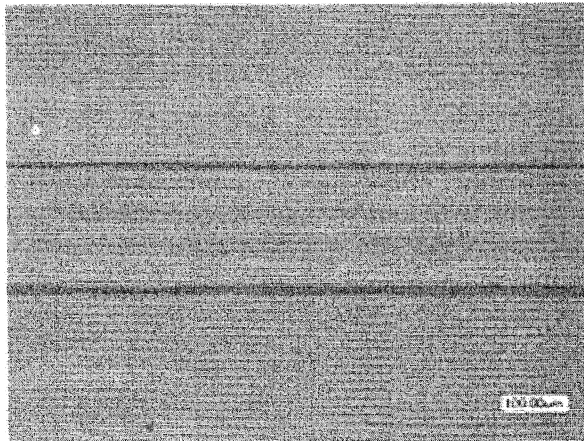
100 μm

FIG. 6A



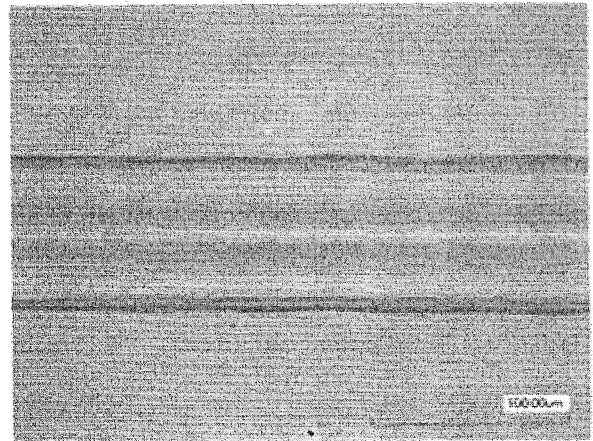
100 μm

FIG. 6B



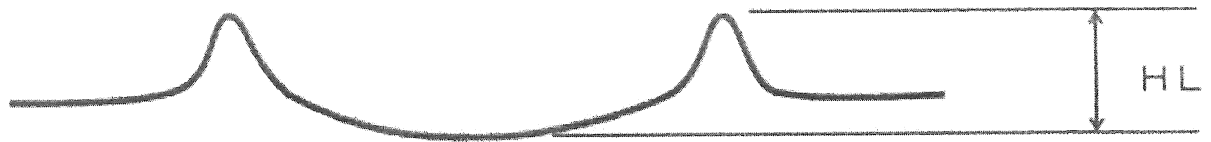
100 μm

FIG. 6C



100 μm

FIG. 6D



LOẠI A



LOẠI B



LOẠI C

FIG. 7

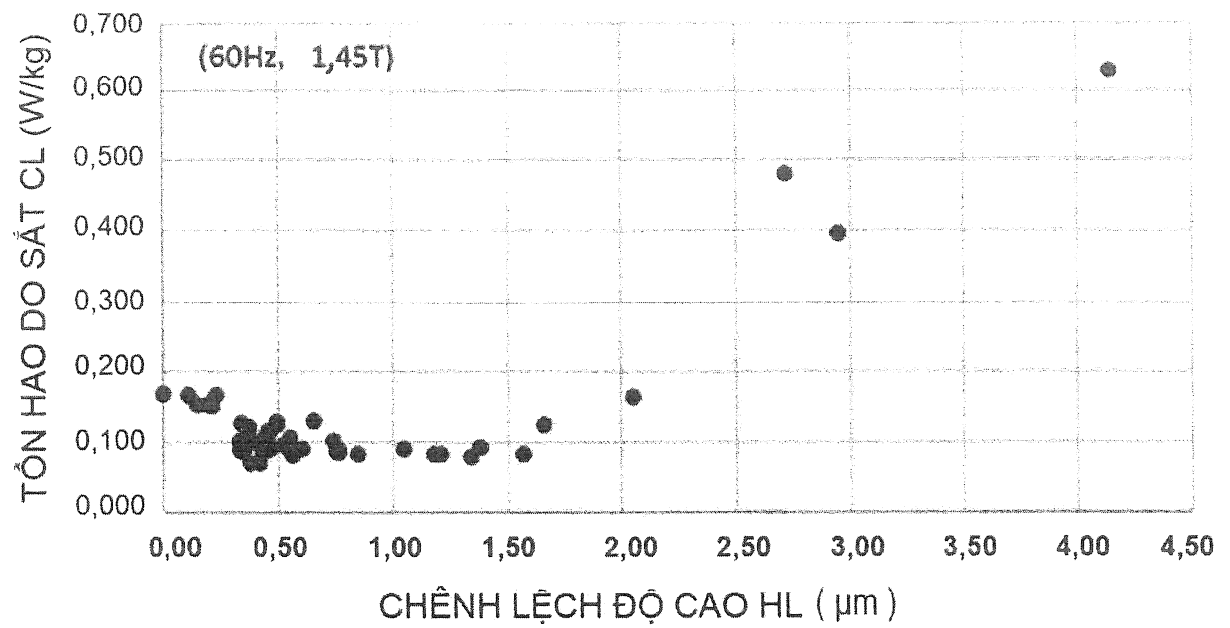


FIG. 8

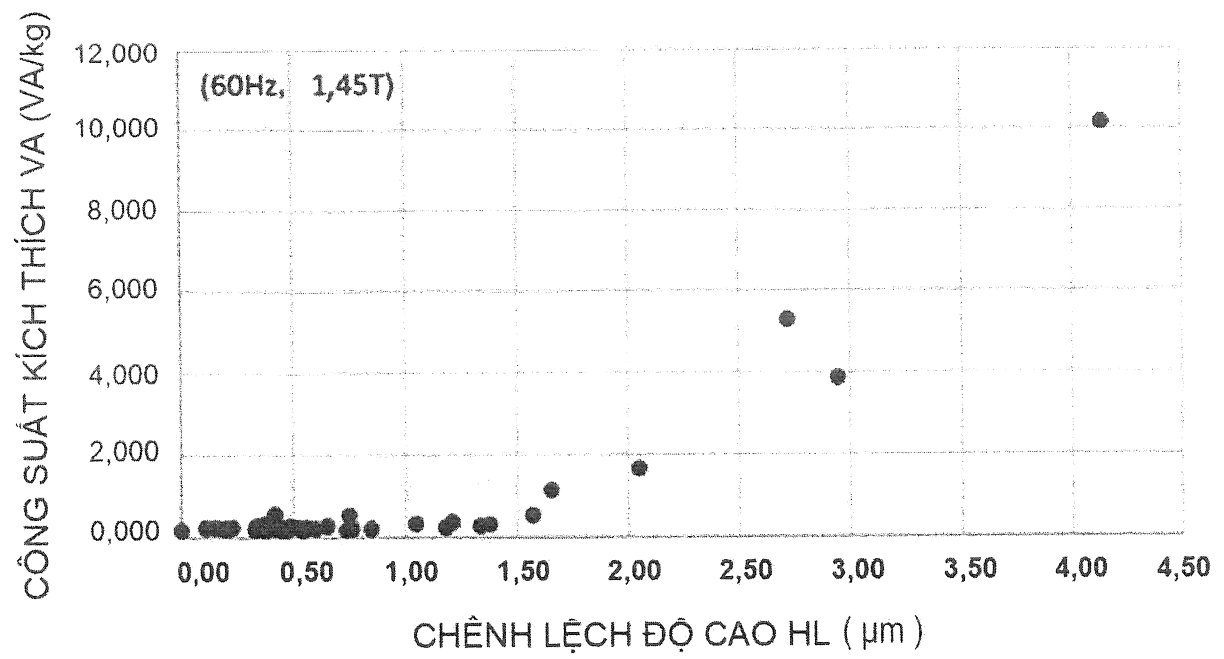


FIG. 9

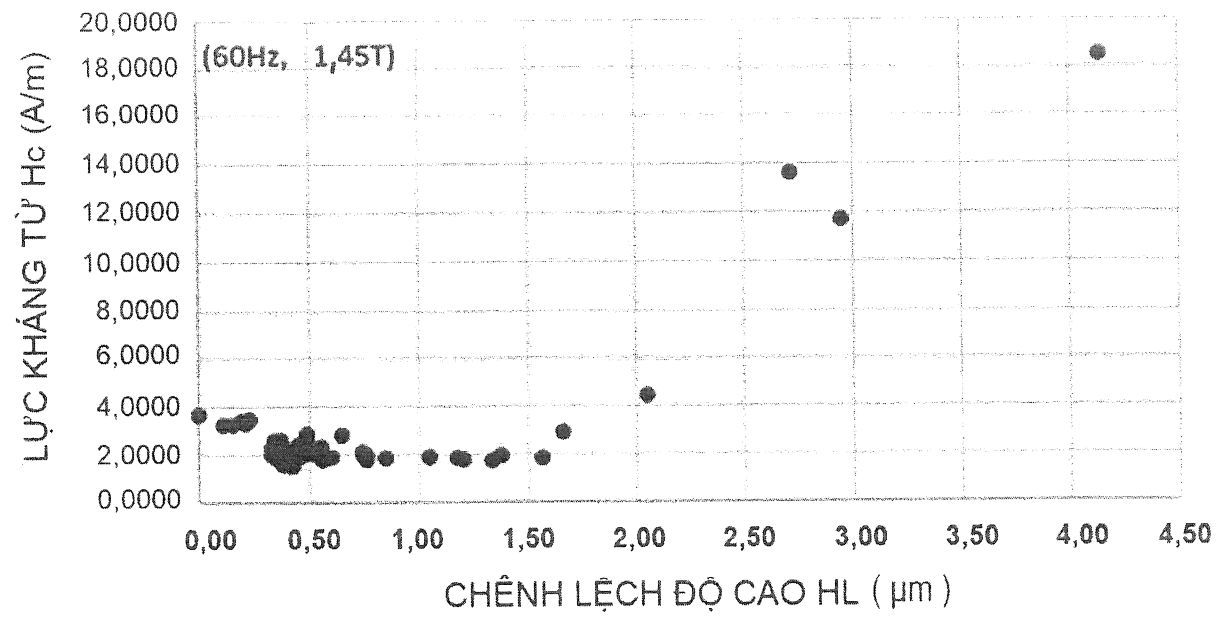


FIG. 10

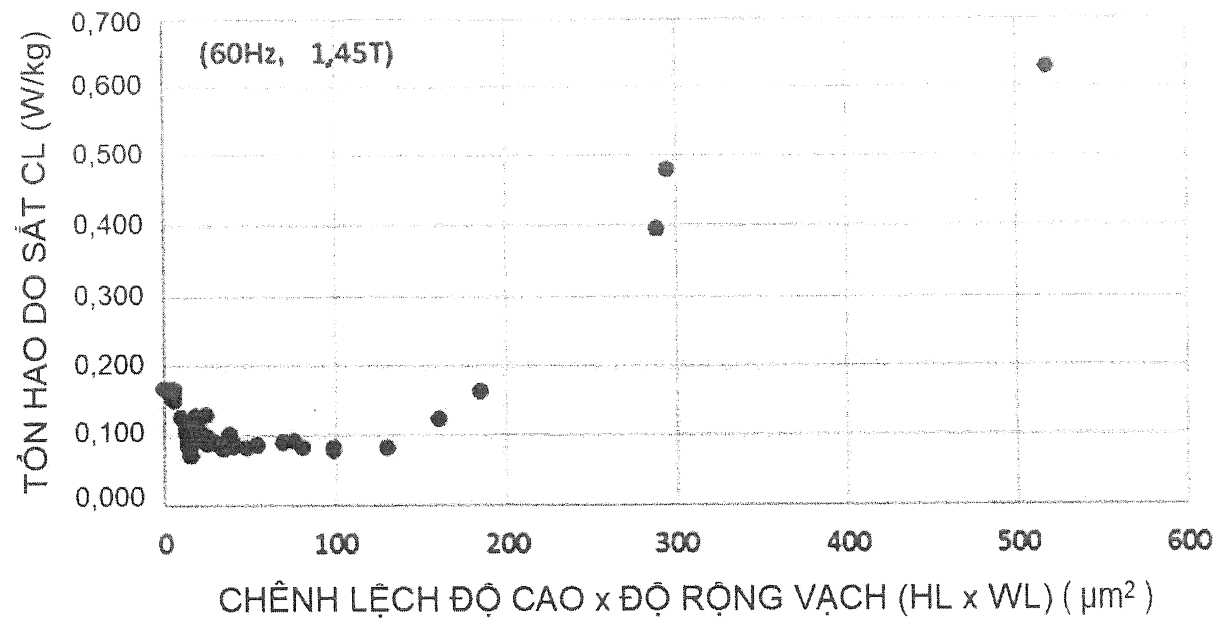


FIG. 11

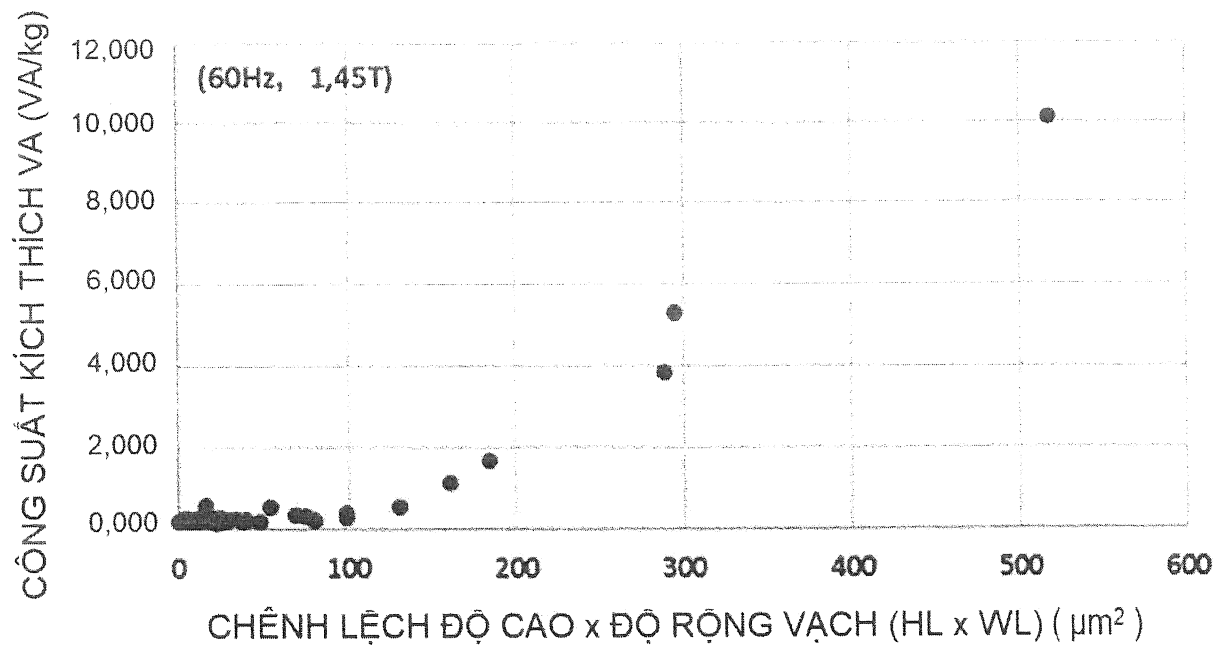


FIG. 12

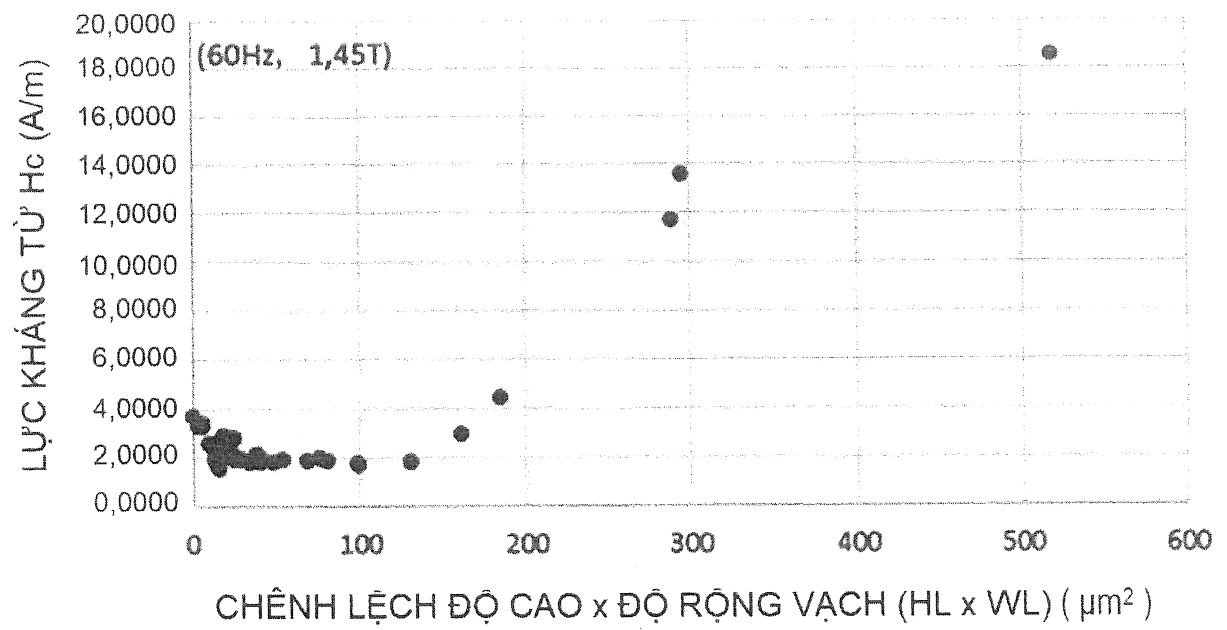


FIG. 13

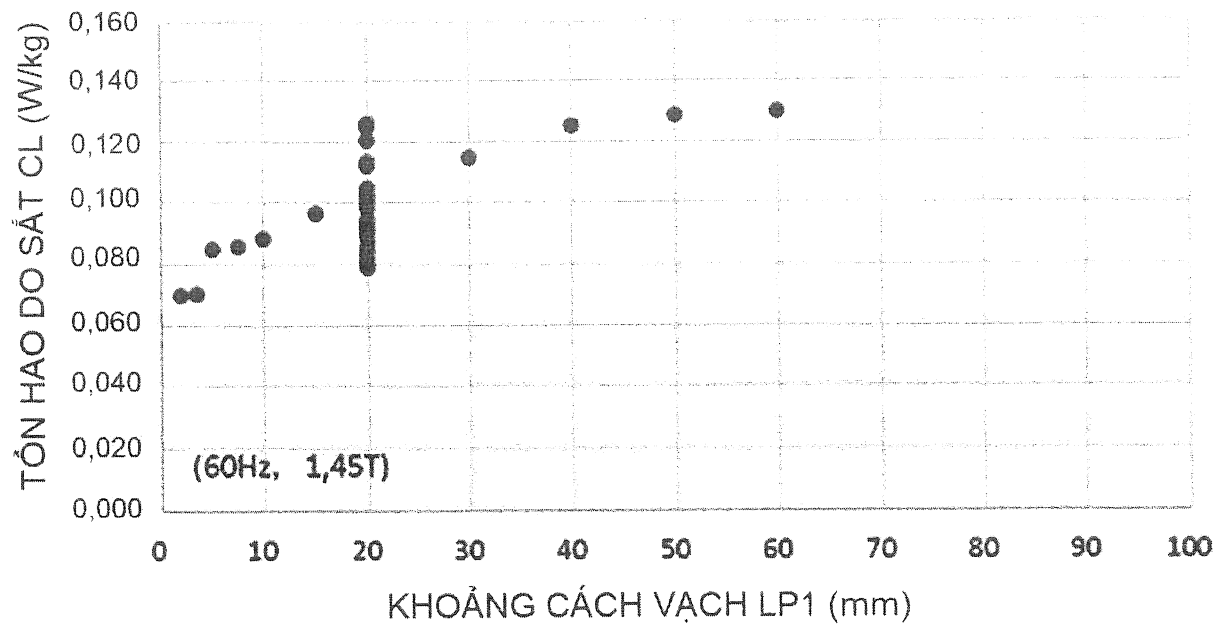


FIG. 14

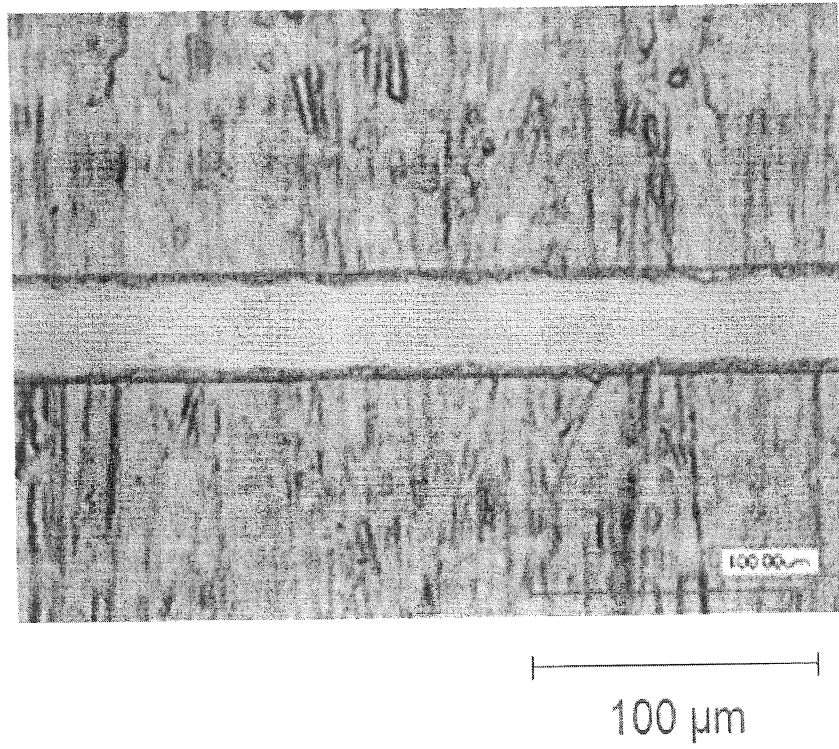


FIG. 15

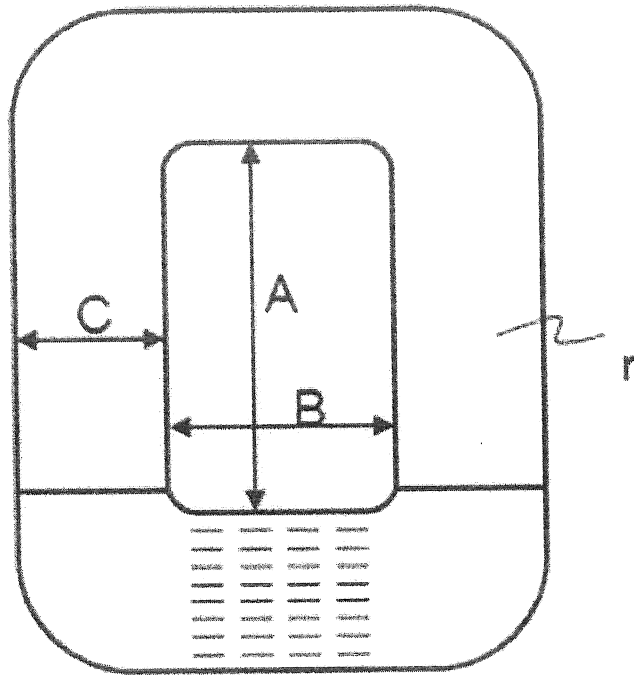


FIG. 16A

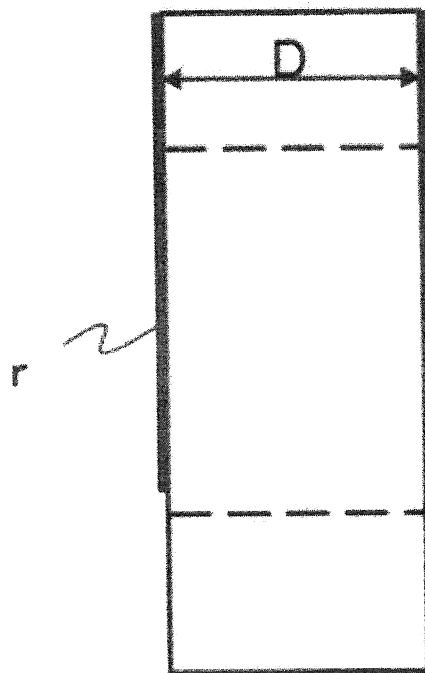


FIG. 16B

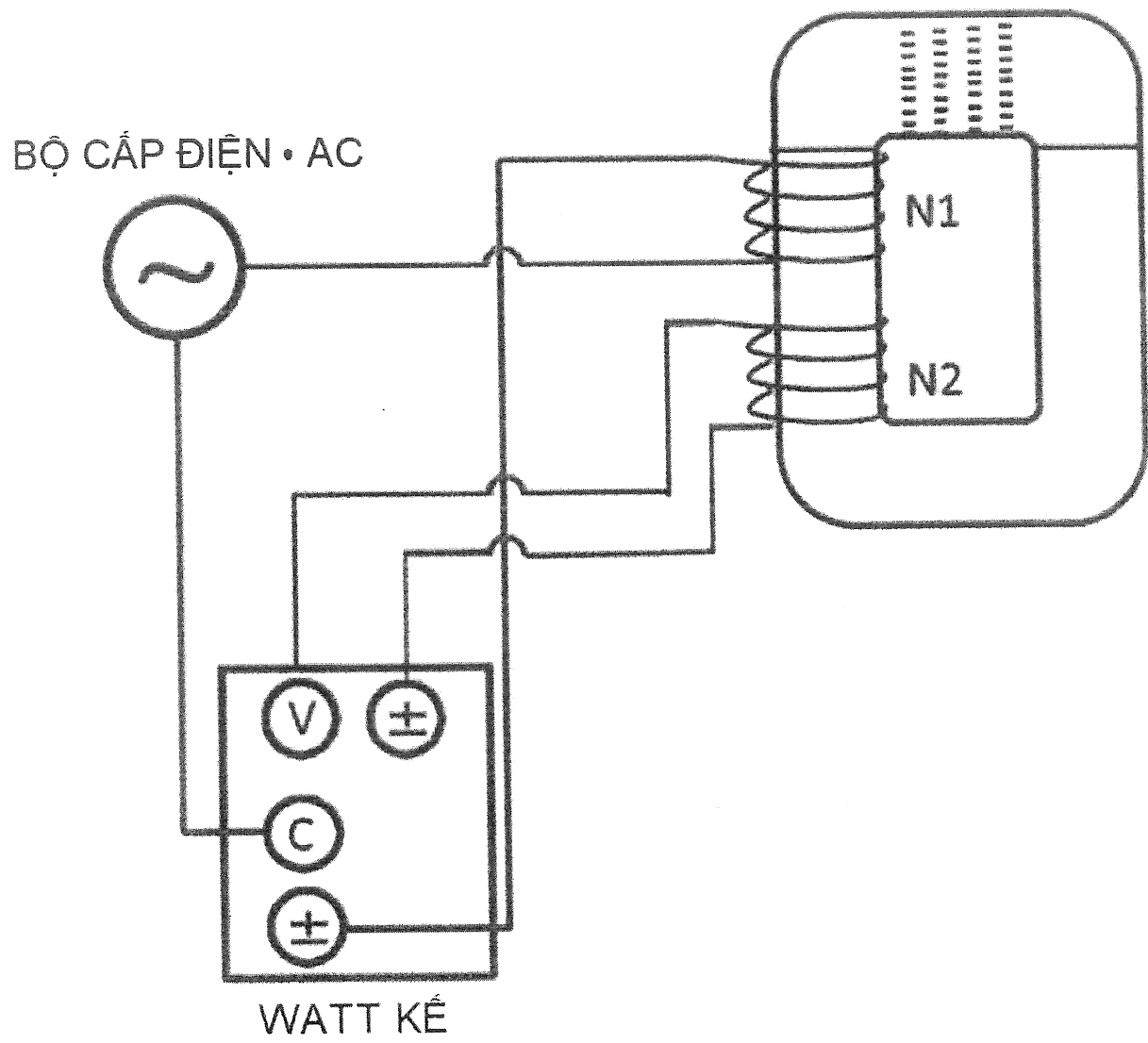


FIG. 17

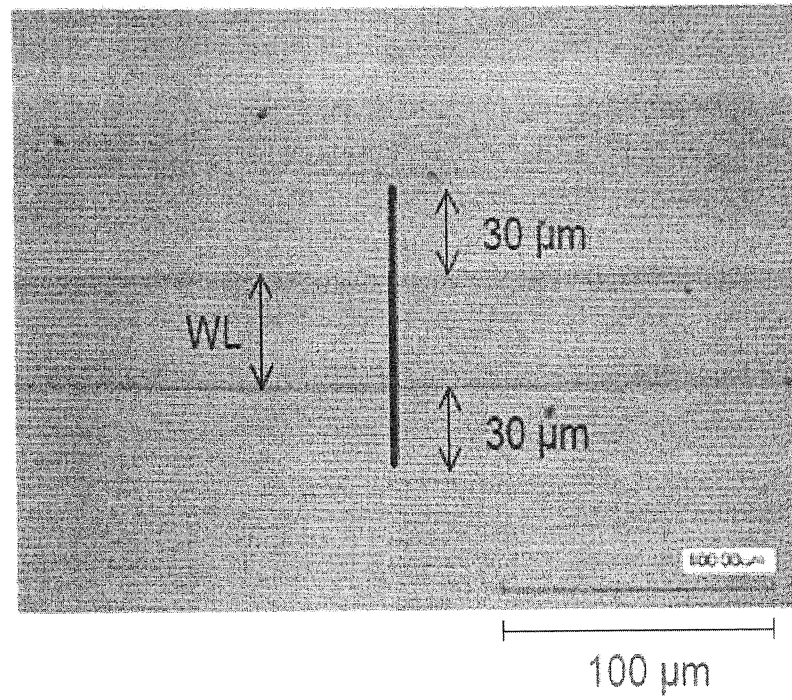


FIG. 18

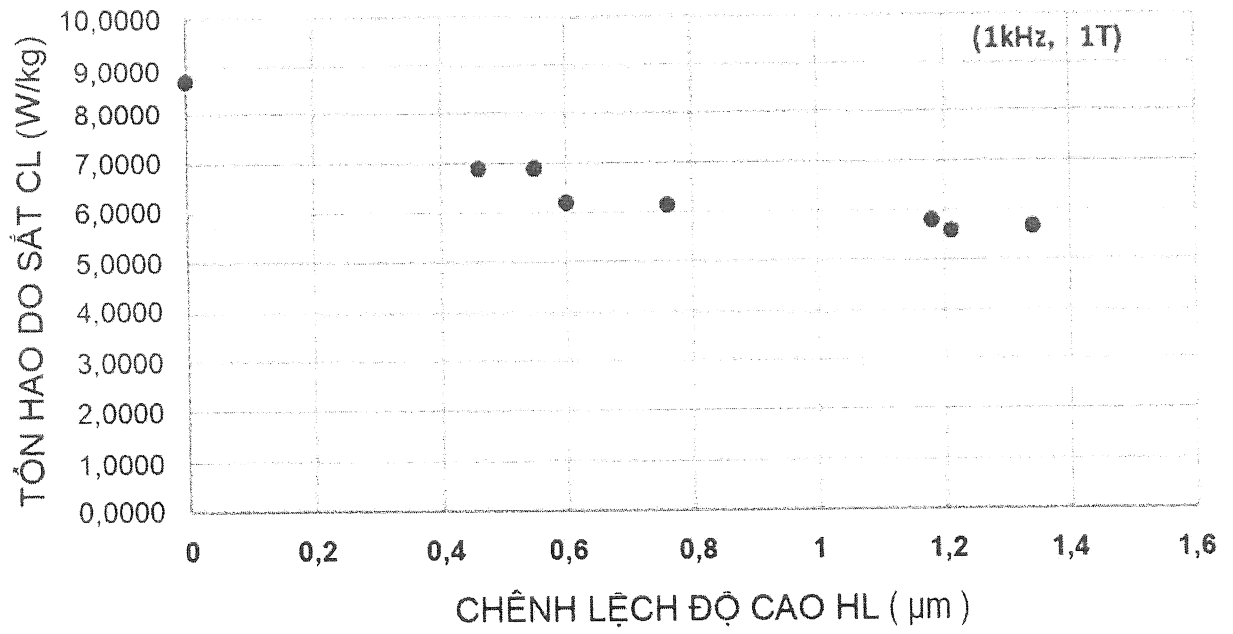


FIG. 19

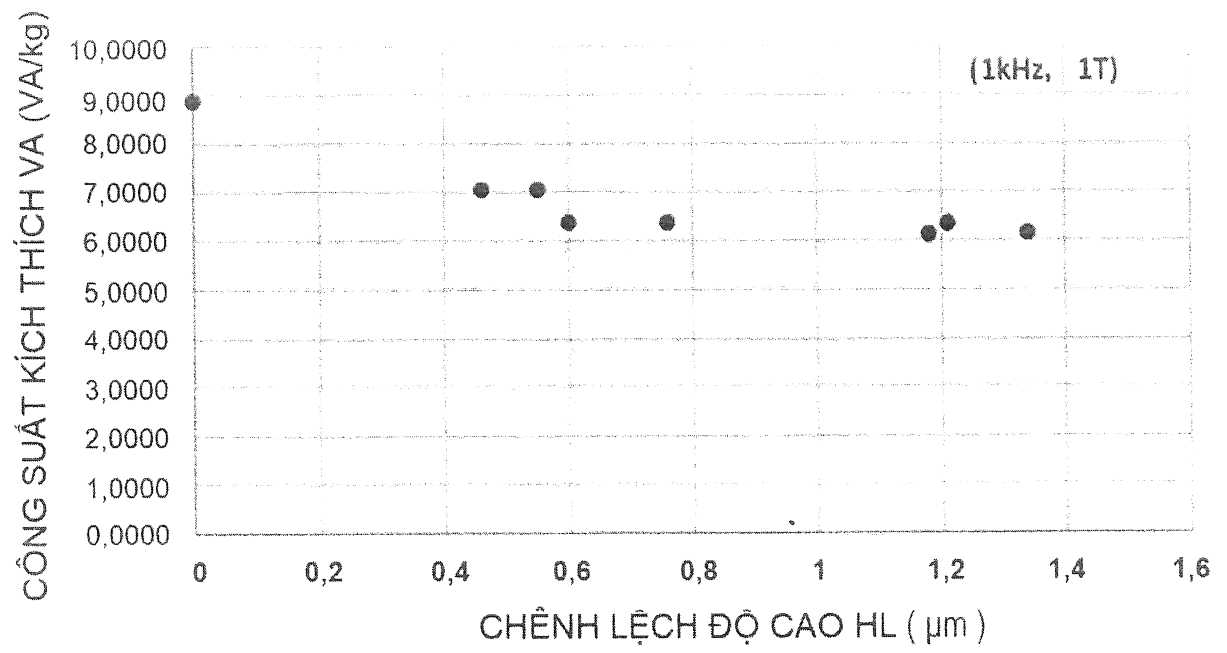


FIG. 20

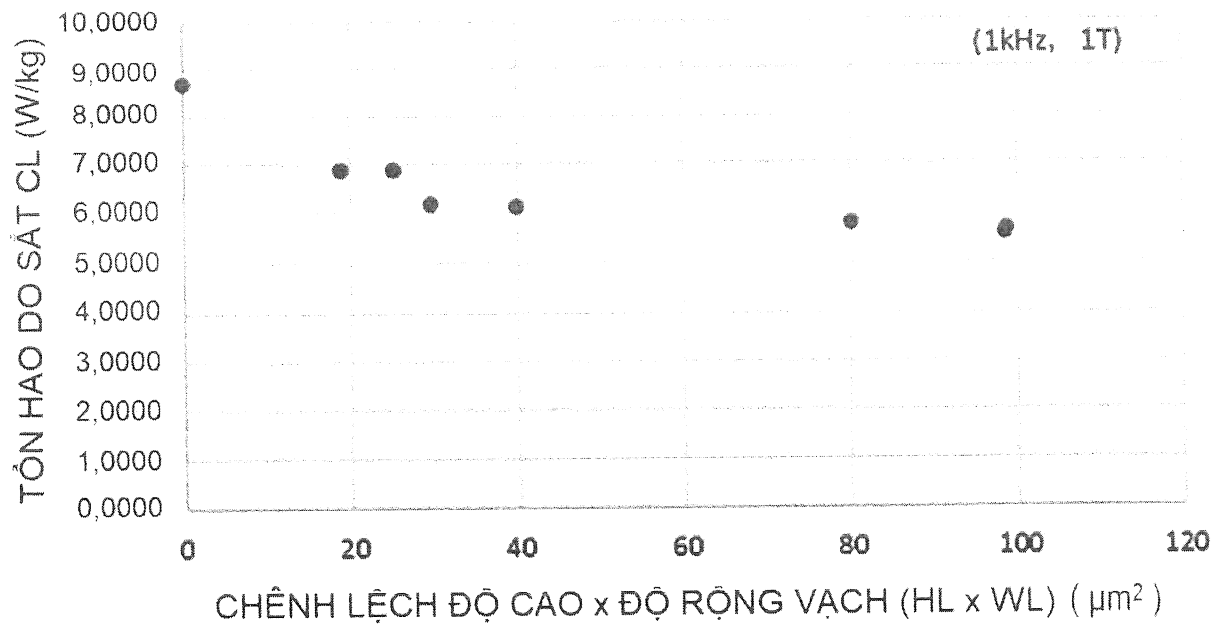


FIG. 21

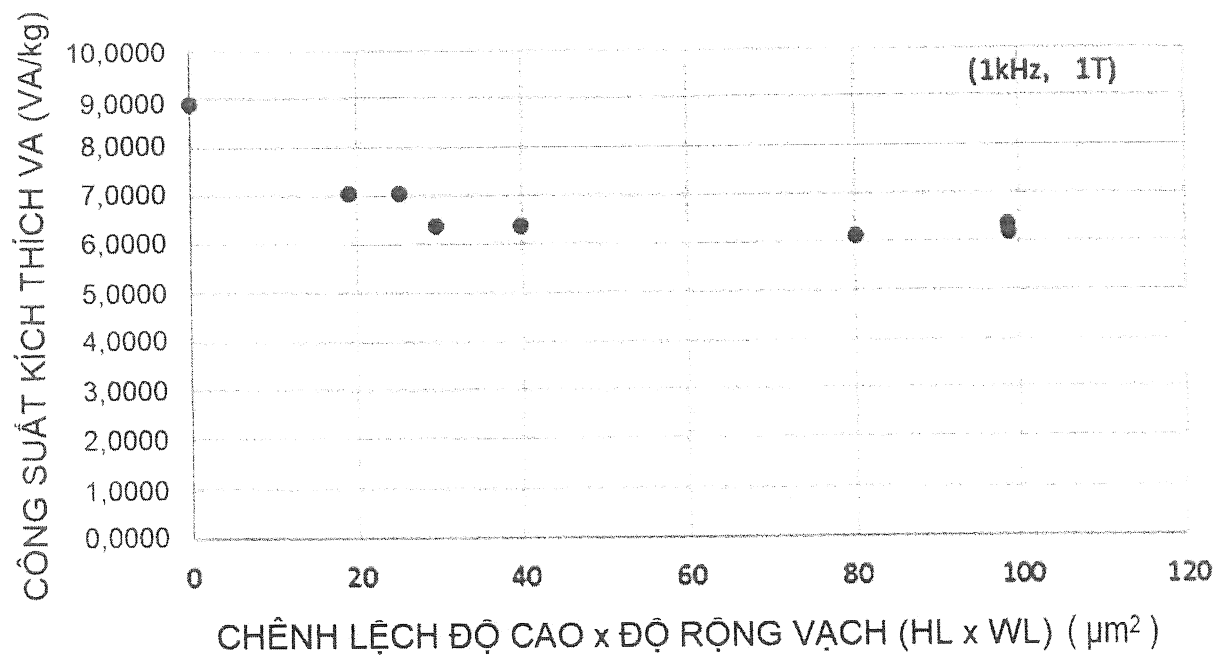


FIG. 22

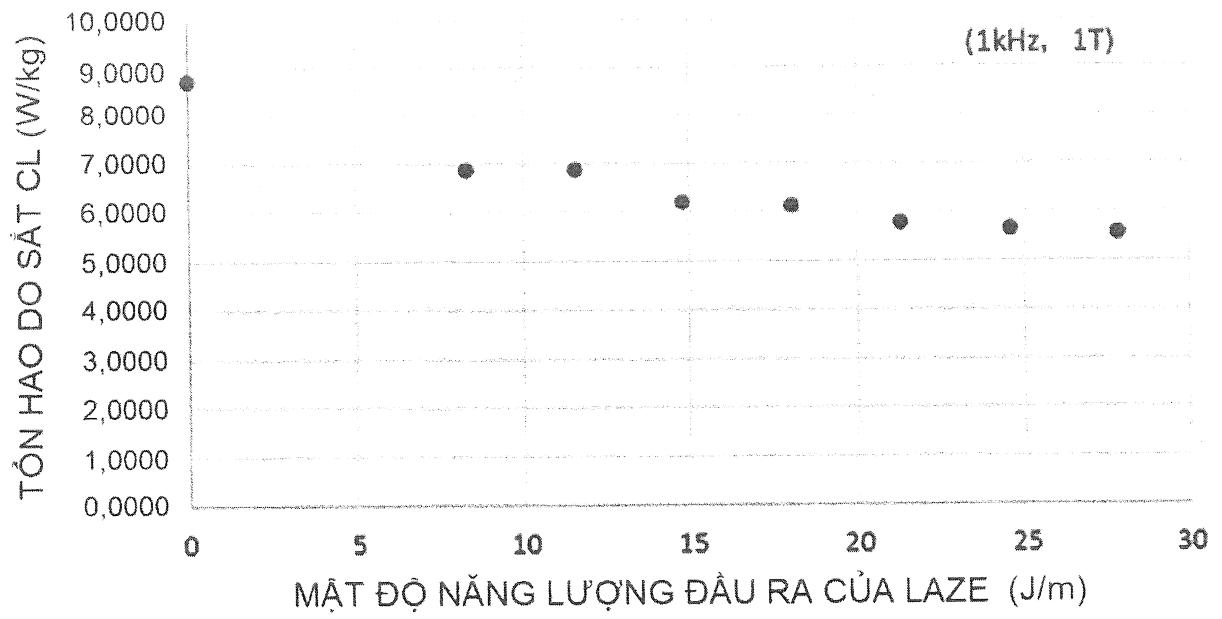


FIG. 23

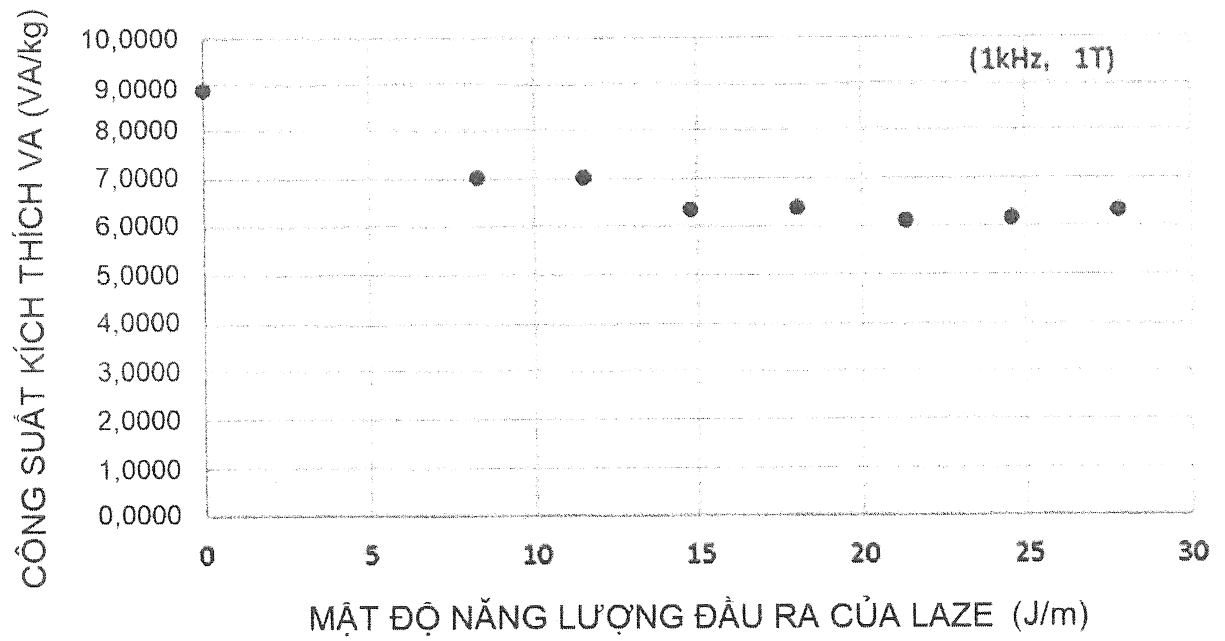


FIG. 24

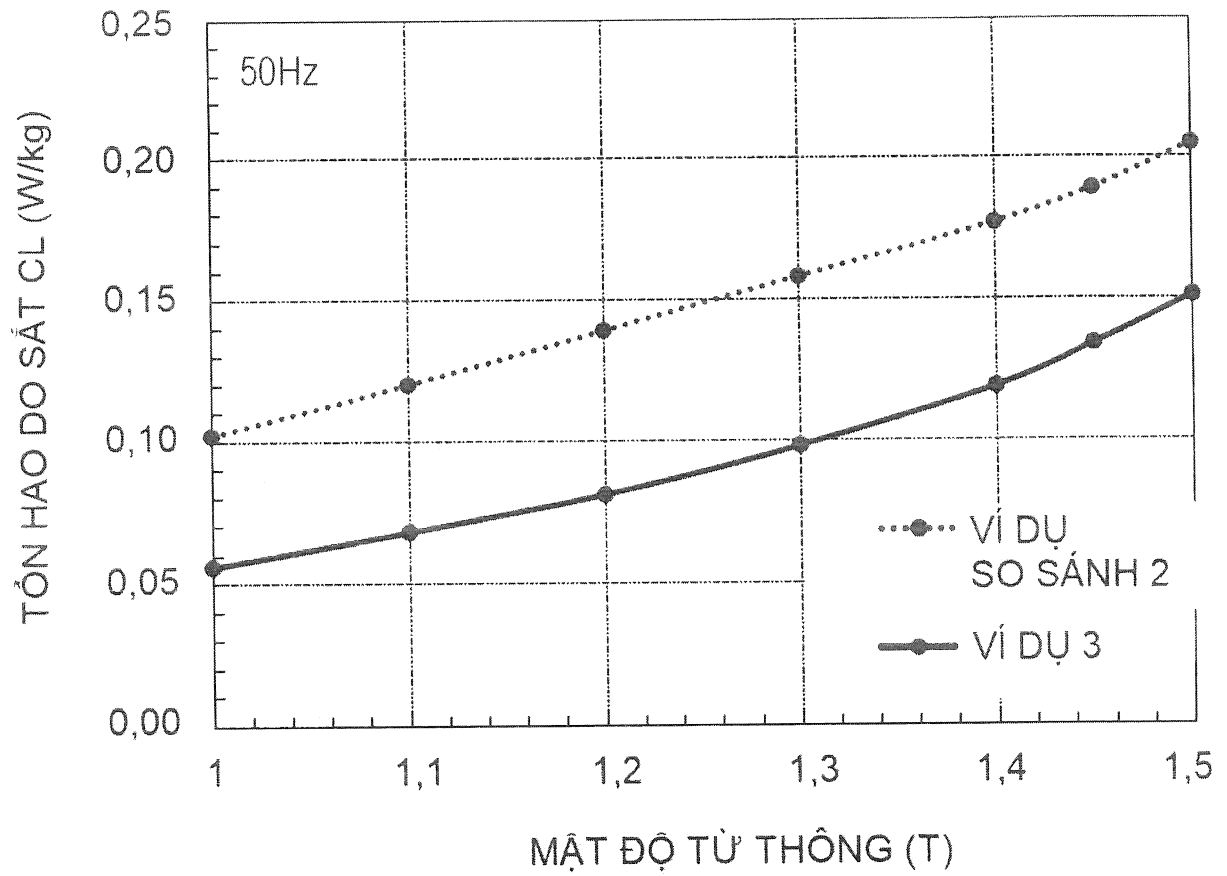


FIG. 25

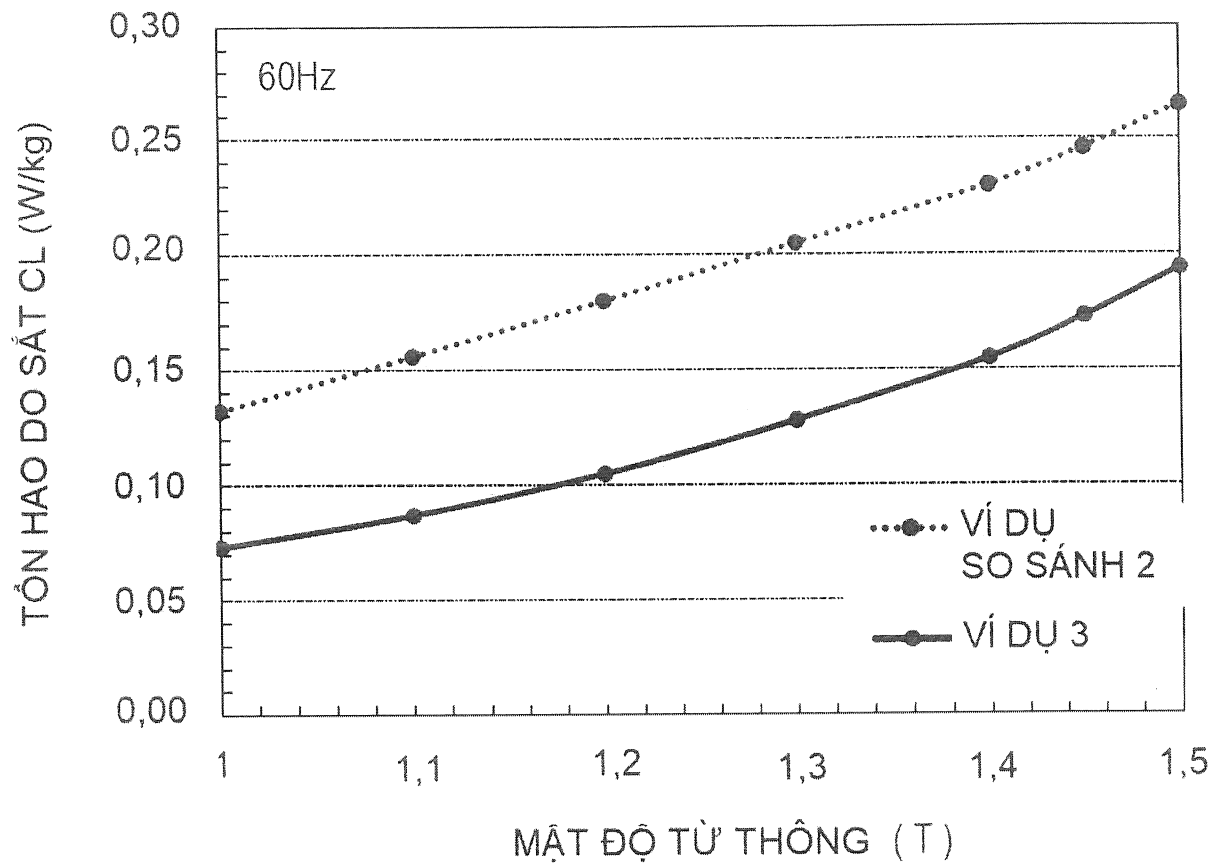


FIG. 26

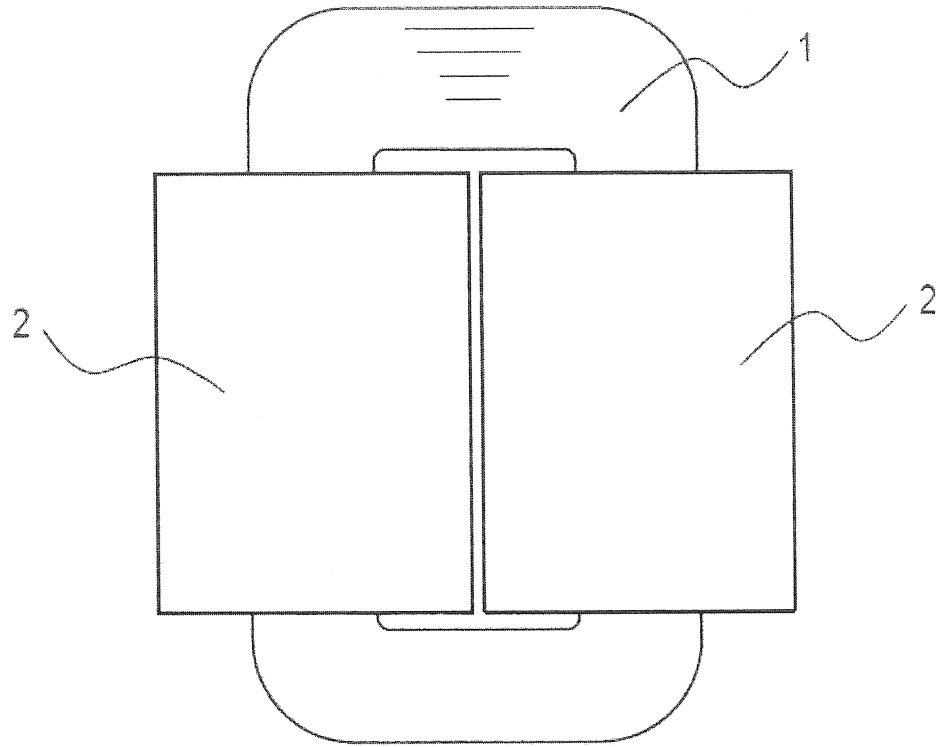


FIG. 27

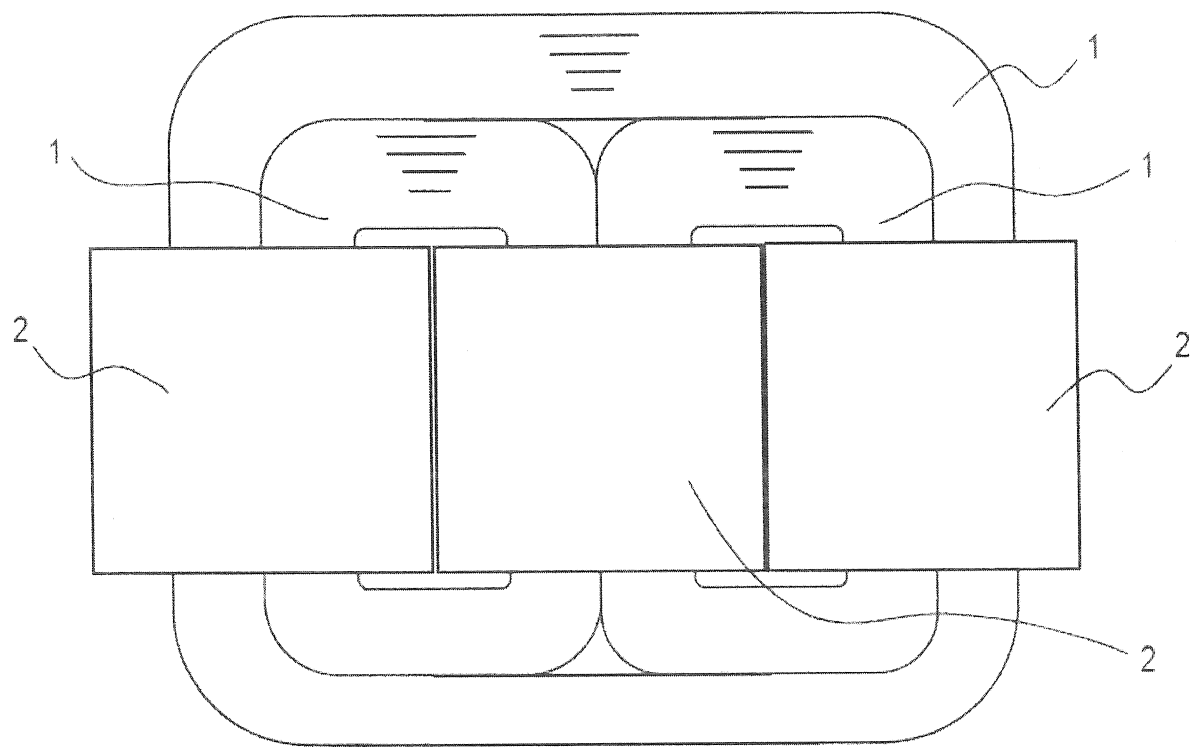


FIG. 28

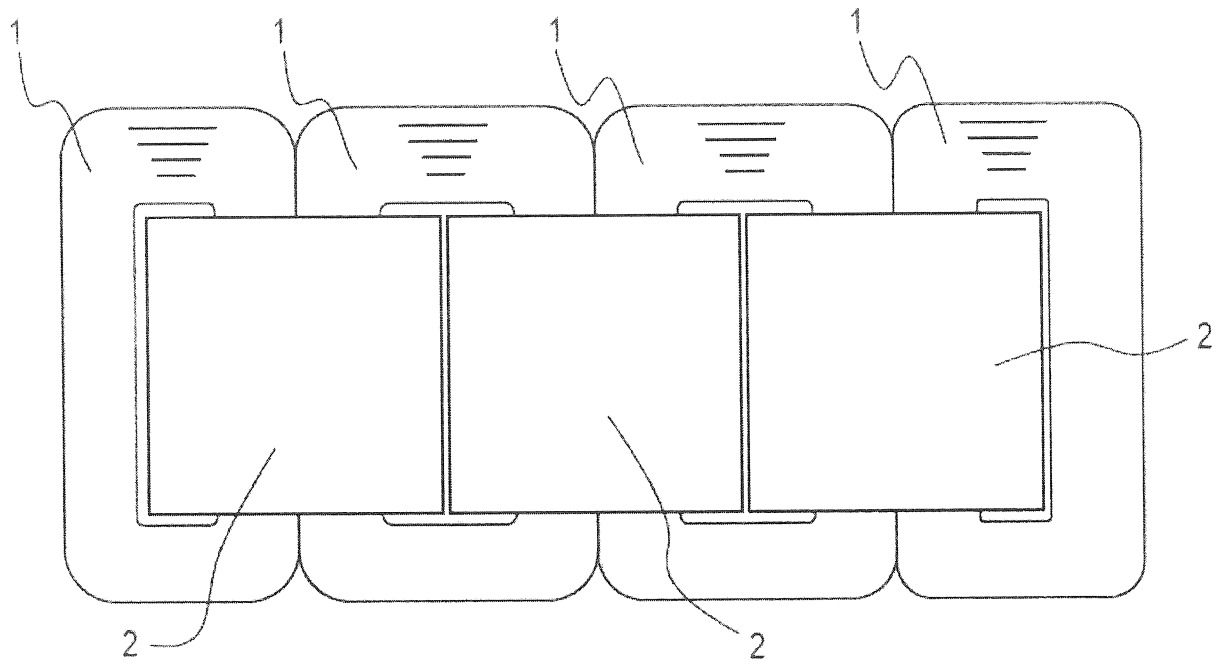


FIG. 29