



(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)



1-0036250

(51)^{2006.01} C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/04; (13) B
C22C 38/06; H02K 1/02; C22C 38/16;
C22C 38/34; C22C 38/60; H01F 1/16;
C21D 8/12; C22C 38/08

(21) 1-2016-00387

(22) 11/08/2014

(86) PCT/JP2014/071184 11/08/2014

(87) WO 2015/025759 A1 26/02/2015

(30) 2013-170162 20/08/2013 JP

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/05/2016 338A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

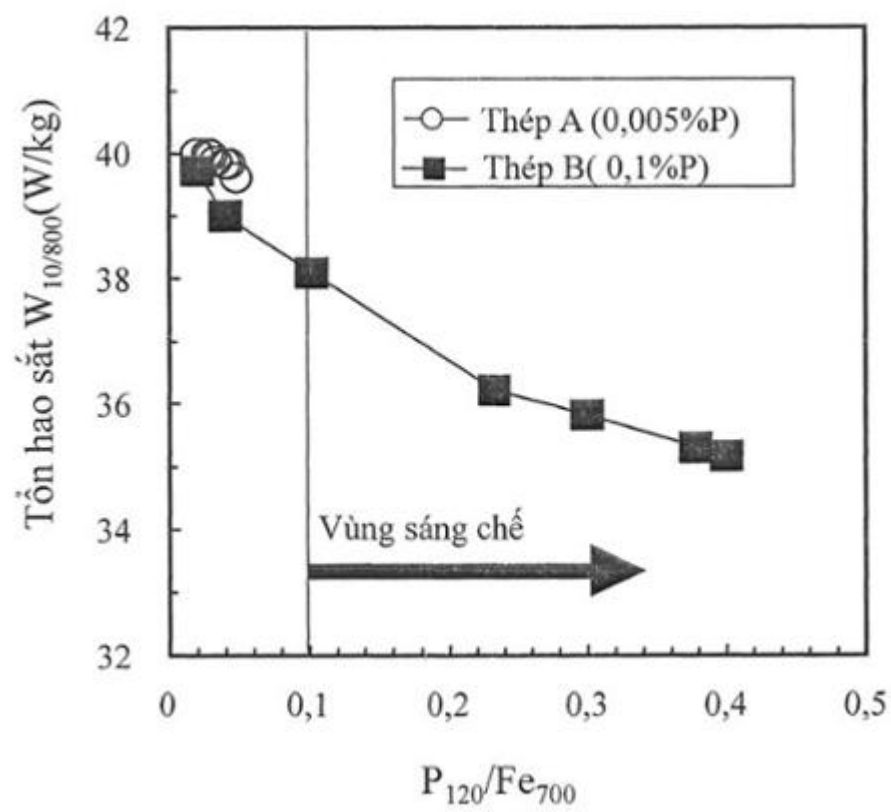
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) NAKANISHI, Tadashi (JP); KOSEKI, Shinji (JP); ODA, Yoshihiko (JP); TODA, Hiroaki (JP).

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

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG TẤM THÉP NÀY LÀM LỖI SẮT

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,010% khối lượng, Si: nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0% khối lượng, Mn: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 3,0% khối lượng, Al ngâm nước: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 3,5% khối lượng, P: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,010% khối lượng, N: không lớn hơn 0,010% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tỷ lệ (P_{120}/Fe_{700}) của chiều cao đỉnh P_{120} của P gần năng lượng điện là 120 eV so với chiều cao đỉnh Fe_{700} của Fe gần năng lượng điện là 700 eV trong quang phổ khác nhau Auger thu được bằng cách phân tích bề mặt gãy của biên hạt thông qua phổ học điện tử Auger không nhỏ hơn 0,1 và chiều dày tấm nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,50 mm, và động cơ sử dụng tấm thép kỹ thuật điện không định hướng này làm lõi sắt.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và đặc tính tổn hao lõi thép ưu việt tại vùng tần số cao, mà chủ yếu là được sử dụng làm vật liệu lõi dùng cho động cơ dẫn động hoặc động cơ tạo năng lượng trong ô tô điện, xe lai và các xe tương tự, và động cơ sử dụng tấm thép này làm lõi sắt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, xe lai và ô tô điện nhanh chóng được đưa vào sử dụng thực tế, và động cơ dẫn động và động cơ tạo năng lượng được sử dụng ở đây mong muốn được giảm vì chúng cần được đặt trong khoảng giới hạn trọng xe và làm giảm trọng lượng của xe. Do đó, các động cơ có khả năng vận hành ở các tốc độ biến đổi thông qua tần số điều chỉnh của nguồn năng lượng dẫn động dùng cho động cơ hoặc quay với tốc độ cao trong vùng tần số cao hơn tần số công nghiệp đang tăng để giảm kích cỡ động cơ. Do đó, động cơ dẫn động và động cơ tạo năng lượng có nhu cầu lớn có công suất lớn và hiệu suất cao trong vùng tần số cao thể hiện năng suất đủ ngay cả khi giảm chúng.

Từ trường hợp như vậy, nhu cầu thiết yếu là các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được sử dụng làm lõi sắt của động cơ có độ cảm ứng từ cao và sự tổn hao lõi thép thấp tại vùng tần số cao để đạt được công suất lớn của động cơ và hiệu suất cao tại vùng tần số cao.

Như phương pháp làm giảm sự tổn hao lõi thép trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng tại vùng tần số cao, có hiệu quả làm giảm tổn hao dòng điện xoáy. Ví dụ, phương pháp làm tăng lượng bổ sung nguyên tố tăng cường độ bền cụ thể như Si, Al, Mn và các các nguyên tố tương tự, và phương pháp làm giảm chiều dày của tấm thép được sử dụng thông thường. Tuy nhiên, độ cảm ứng từ bão hòa được giảm theo phương pháp làm tăng lượng bổ sung nguyên tố tăng cường độ bền cụ thể. Theo phương pháp làm giảm chiều dày của tấm thép, có xu hướng sản xuất hướng tinh thể (kết cấu) bất lợi đối với các tính chất từ, sao cho giảm độ cảm ứng từ không thể tránh được hoặc khó có thể làm giảm sự tổn hao lõi thép ở vùng tần số cao mà không giảm

độ cảm ứng từ.

Như phương pháp tăng cường độ cảm ứng từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bộc lộ một số kỹ thuật. Ví dụ, Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ kỹ thuật trong đó hàm lượng P được thiết lập nằm trong khoảng từ 0,07 đến 0,20% khối lượng và hàm lượng Si được thiết lập nằm trong khoảng từ 0,17 đến 3,0% khối lượng và ủ dải nóng được thực hiện bằng cách ủ hộp ở tốc độ làm ấm chậm để điều chỉnh kết cấu ủ kết thúc nhờ đó đạt được độ cảm ứng từ cao. Tuy nhiên khi phương pháp này được áp dụng sản xuất thực tế, các hư hỏng như tấm bị vỡ và các hư hỏng tương tự dễ dàng được tạo ra trong quá trình cán hoặc các quá trình tương tự, và do đó có một vấn đề là bắt buộc dừng dây chuyền sản xuất hoặc giảm hiệu suất. Ngoài ra, khi ủ dải nóng được thực hiện bởi hộp ủ, có một vấn đề là chi phí sản xuất được tăng so với ủ liên tục.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ phương pháp đạt độ cảm ứng từ cao bằng cách thiết lập hàm lượng Al trong vật liệu thép thô chứa Si: nằm trong khoảng từ 1,5 đến 4,0% khối lượng và Mn: nằm trong khoảng từ 0,005 đến 11,5% khối lượng không lớn hơn 0,017% khối lượng. Tuy nhiên, phương pháp này thông qua một cán nguội tại nhiệt độ trong phòng, sao cho tác dụng làm tăng độ cảm ứng từ không thu được đủ. Đối với vấn đề này, nếu cán nguội được thay đổi sang cán nóng được thực hiện bằng cách nung tấm với nhiệt độ đến 200°C, độ cảm ứng từ có thể được tăng, nhưng có một số vấn đề là thiết bị tương ứng với cán nóng và quá trình điều chỉnh chính xác trở nên cần thiết. Ngoài ra, hai hoặc nhiều cán nguội bằng cách ủ trung gian có thể được sử dụng, nhưng có một vấn đề là chi phí sản xuất được tăng.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ đạt đến độ cảm ứng từ cao bằng cách bổ sung Sb hoặc Sn vào miếng chứa, theo% khối lượng, C: không lớn hơn 0,02%, Si hoặc Si + Al: không lớn hơn 4,0%, Mn: không lớn hơn 1,0%, và P: không lớn hơn 0,2%.

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Patent Nhật Bản số 3870893

Tài liệu sáng chế 2: Patent Nhật Bản số 4126479

Tài liệu sáng chế 3: Patent Nhật Bản số 2500033

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Như được giải thích trên đây, khó có thể theo các kỹ thuật thông thường nêu trên để sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và đặc tính tổn hao lõi thép ưu việt tại vùng tần số cao với hiệu suất cao và mức chi phí thấp.

Sáng chế được thực hiện liên quan đến các vấn đề trên đây sẵn có kỹ thuật thông thường, và tạo ra tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và đặc tính tổn hao lõi thép ưu việt tại vùng tần số cao ổn định và với mức chi phí thấp, và động cơ sử dụng tấm thép này làm lõi sắt.

Giải quyết vấn đề

Để giải quyết các vấn đề trên đây, các tác giả sáng chế tập trung vào ảnh hưởng bản chất trên biên hạt tinh thể của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng nhờ các tính chất từ và thực hiện các nghiên cứu khác nhau trên đó. Do đó, đã phát hiện ra rằng có hiệu quả làm giảm sự tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao mà không làm giảm độ cảm ứng từ bằng cách làm tăng lượng P (photphor) có trên biên hạt tinh thể.

Cụ thể là, sáng chế là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,010% khối lượng, Si: nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0% khối lượng, Mn: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 3,0% khối lượng, Al ngậm nước: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 3,5% khối lượng, P: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,010% khối lượng, N: không lớn hơn 0,010% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tỷ lệ (P_{120}/Fe_{700}) của chiều cao đỉnh P_{120} của P gần năng lượng điện là 120 eV so với chiều cao đỉnh Fe_{700} của Fe gần năng lượng điện là 700 eV ở quang phổ khác nhau Auger thu được bằng cách phân tích bề mặt vỡ ở biên hạt bằng phổ học điện tử Auger không nhỏ hơn 0,1 và chiều dày tấm nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,50 mm.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ Al ngậm nước nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,01% khối lượng trong hợp phần hóa

học nêu trên.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ còn chứa một hoặc hai nguyên tố được chọn từ Sn và Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng đối với mỗi nguyên tố ngoài hợp phần hóa học nêu trên.

Ngoài ra, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ còn chứa một hoặc nhiều được chọn từ Ca, REM và Mg với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,05% khối lượng với mỗi tấm thép ngoài hợp phần hóa học nêu trên.

Hơn nữa, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ còn chứa một hoặc nhiều được chọn từ Ni, Cu và Cr với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,5% khối lượng với mỗi tấm thép ngoài hợp phần hóa học nêu trên.

Hơn nữa, sáng chế là động cơ sử dụng bất kỳ trong số các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng nêu trên làm lõi sắt.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ minh họa chiều cao đỉnh của Fe và P (Fe_{700} , P_{120}) trong quang phổ khác nhau Auger.

Fig.2 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc và sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$.

Fig.3 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc và độ cảm ứng từ B_{50} .

Fig.4 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc và P_{120}/Fe_{700} .

Fig.5 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa P_{120}/Fe_{700} và sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các tác giả sáng chế đã xem xét rằng khó có thể làm giảm sự tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao trong khi duy trì độ cảm ứng từ cao chỉ bằng cách cải thiện hợp

phản hóa học của tấm thép và các điều kiện quá trình ủ kết thúc như theo kỹ thuật thông thường, và được kiểm tra việc bổ sung xử lý nhiệt mới để tấm thép sau khi ủ kết thúc. Tuy nhiên, do được xem rằng chi phí sản xuất được tăng bằng cách bổ sung quy trình mới, các tác giả sáng chế đã tập trung vào việc ủ làm giảm ứng suất thường được đặt lên tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bởi người sử dụng và được kiểm tra liệu các tính chất từ có thể được cải thiện hay không bằng cách thay đổi các điều kiện ủ làm giảm ứng suất. Hơn nữa, ủ kết thúc trong quá trình sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được thực hiện bằng cách nung tại nhiệt độ khoảng 1000°C trong khoảng thời gian là 10 giây, trong khi ủ làm giảm ứng suất thường được thực hiện bằng cách nung tại nhiệt độ khoảng 750°C trong khoảng thời gian là 2 giờ.

Bằng cách này, kích cỡ hạt tinh thể là một trong số các yếu tố quan trọng xác định các tính chất từ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và có xu hướng là khi kích cỡ hạt tinh thể lớn, thì sự tổn hao dòng điện xoáy được tăng và sự tổn hao từ trễ được giảm, trong khi kích cỡ hạt tinh thể nhỏ, thì tổn hao do dòng điện được giảm và tổn hao từ trễ được tăng. Do đó, kích cỡ hạt tinh thể chính xác thường có sẵn ở tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Ngoài ra, kích cỡ hạt tinh thể có thể được coi là tỷ trọng của biên hạt tinh thể. Khi tỷ trọng của biên hạt tinh thể nhỏ (kích cỡ hạt tinh thể lớn, tổn hao do dòng điện được tăng và sự tổn hao từ trễ được giảm, trong khi tỷ trọng của biên hạt tinh thể lớn (kích cỡ hạt tinh thể nhỏ), thì tổn hao do dòng điện được giảm và tổn hao từ trễ được tăng. Do đó, mật độ thích hợp của biên hạt tinh thể có sẵn trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, sao cho có thể cho rằng tỷ trọng của biên hạt tinh thể là yếu tố quan trọng xác định các tính chất từ của tấm thép.

Các tác giả sáng chế đã quan tâm về “biên hạt tinh thể” thay vì “mật độ” đối với “tỷ trọng của biên hạt tinh thể” trên đây và được xem xét rằng các tính chất từ được cải thiện bằng cách điều chỉnh một số yếu tố thay đổi bản chất của biên hạt tinh thể. Với mục đích này, P (photophorơ) được tập chung làm yếu tố thay đổi bản chất của biên hạt tinh thể. Bởi vì P là nguyên tố làm giòn biên hạt, và được xem rằng khi P được tách từ biên hạt, có thể một số thay đổi mang bản chất của biên hạt. Ngoài ra, P

không được tách thành biên hạt trong khi ủ liên tục như được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1, nhưng được tách từ biên hạt trong hộp ủ, sao cho được xem rằng sự tách của P có thể được điều chỉnh.

Các tác giả sáng chế đã thực hiện thử nghiệm sau.

Miếng thép được sản xuất bằng cách thay đổi hàm lượng P đến hai mức là 0,005% khối lượng (ký hiệu thép A) và 0,1% khối lượng (ký hiệu thép B) trong thép chứa C: 0,002% khối lượng, Si: 3% khối lượng, Mn: 0,5% khối lượng, S: 0,002% khối lượng, Al ngâm nước: 1% khối lượng, N: 0,002% khối lượng và Sn: 0,03% khối lượng, được nung nóng lại đến 1100°C và được cán nóng để thu được tấm được cán nóng có chiều dày là 2,0 mm, mà được đưa vào ủ dải nóng tại nhiệt độ là 1000°C trong khoảng 30 giây, được ngâm và được cán nguội thu được tấm cán nguội có chiều dày là 0,30 mm.

Các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein được cắt ra từ tấm được cán nguội do đó thu được theo hướng cán (L) và hướng vuông góc với hướng cán (C) và sau đó được đưa vào ủ kết thúc tại 1050°C. Lý do tại sao cắt các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein được thực hiện trước khi ủ kết thúc do sức căng do cắt được loại bỏ trong quá trình ủ kết thúc. Trong sản xuất thực tế dùng để sản xuất hàng loạt, quá trình trên đây thường không được thực hiện như thường lệ.

Tiếp theo, sau khi mẫu ủ kết thúc được đưa vào xử lý nhiệt giữ tại nhiệt độ là 700°C trong khoảng thời gian 30 phút, 1 giờ, 5 giờ, 10 giờ, 50 giờ và 100 giờ (dưới đây việc xử lý nhiệt này cũng còn được gọi là “việc xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc”), và sau khi các tính chất từ của nó được đo. Theo cách đo các tính chất từ, độ cảm ứng từ B_{50} (độ cảm ứng từ tại cường độ từ hóa 5000 A/m) và sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$ (sự tổn hao lõi thép được kích thích tại độ cảm ứng từ là 1,0 T và tần số là 800 Hz) được đo theo JIS C2552.

Sau khi các mẫu đo tính từ được làm lạnh không cao hơn -150°C bằng nitơ lỏng và bị gãy dưới chân không để phân tích lượng phân tầng của P nằm trên bề mặt bị gãy của biên hạt có phổ học điện tử Auger (AES). Hơn nữa, lượng P trên bề mặt của biên hạt được đánh giá một cách định lượng như tỷ lệ (P_{120}/Fe_{700}) của chiều cao

đỉnh P_{120} của P gần năng lượng điện là 120 eV so với chiều cao đỉnh Fe_{700} là Fe gần năng lượng điện là 700 eV ở quang phổ chênh lệch Auger được thể hiện trong Fig.1. Ở đây, quang phổ chênh lệch Auger nghĩa là quang phổ thu được bằng cách lấy vi phân quang phổ Auger, mà tần số được đánh giá bằng cách sử dụng quang phổ chênh lệch trong phổ học điện tử Auger.

Trên Fig.2 và Fig.3 thể hiện ảnh hưởng của thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc tại nhiệt độ là 700°C lần lượt dựa trên sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$ và độ cảm ứng từ B_{50} . Như được thấy từ các hình vẽ này, trong thép B có P hàm lượng là 0,1% khối lượng, khi thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc trở nên dài hơn, thì sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$ được giảm, nhưng độ cảm ứng từ B_{50} không được thay đổi, hoặc sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$ có thể được giảm mà không làm kém độ cảm ứng từ B_{50} .

Fig.4 thể hiện ảnh hưởng của thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc tại nhiệt độ là 700°C sự trên P_{120}/Fe_{700} . Như được thấy từ hình vẽ này, trong thép B có P hàm lượng là 0,1% khối lượng, khi thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc trở nên dài hơn, P_{120}/Fe_{700} cũng được tăng. Cụ thể là, được hiểu là trong thép B mà lượng của P được tách trên bề mặt biên hạt hoặc biên hạt là lớn được tăng bằng cách tăng thời gian xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc.

Fig.5 thể hiện ảnh hưởng của P_{120}/Fe_{700} dựa trên sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$. Như được thấy từ hình vẽ này, khi P_{120}/Fe_{700} được tăng, $W_{10/800}$ được giảm. Cụ thể là, được hiểu rằng có thể sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$ được giảm bằng cách làm tăng lượng P được tách trên biên hạt.

Lý do gây ra các vấn đề trên đây không nhất thiết phải rõ ràng, nhưng được xem xét rằng như sau.

Do P là nguyên tố giòn ở biên hạt như được nêu trên, được xem rằng một số bản chất của biên hạt được thay đổi bằng cách tách P trên biên hạt, tức là cấu trúc domain từ hoặc điện trở trên biên hạt được thay đổi nhằm cải thiện các tính chất từ. Ví dụ, được xem rằng sự tách của P trên biên hạt làm giảm độ bền của biên hạt, hoặc liên kết kim loại của biên hạt, mà cản trở sự chuyển động của các electron tự do trên biên hạt.

Sáng chế được hoàn thành dựa trên hiểu biết mới trên đây.

Tiếp theo, hợp phần hóa học của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng (tấm sản phẩm) theo sáng chế sẽ được mô tả.

C: không lớn hơn 0,010% khối lượng

C là nguyên tố tạo ra sự hóa già có tính từ làm tăng sự tổn hao lõi thép, và nhờ đó như mong muốn được giảm càng nhiều càng tốt. Cụ thể là, khi C vượt quá 0,010% khối lượng, thì làm tăng sự tổn hao lõi thép trở nên đáng quan tâm, sao cho giới hạn trên được thiết lập đến 0,010% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,0030% khối lượng. Hơn nữa, tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn, sao cho giới hạn dưới không bị giới hạn cụ thể.

Si: nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0% khối lượng

Si thường được bổ sung làm chất khử oxit, trong khi nguyên tố quan trọng có hiệu quả làm tăng độ bền cụ thể của thép làm giảm sự tổn hao lõi thép trong tấm thép kỹ thuật điện, sao cho lượng bổ sung không nhỏ hơn 1,0% khối lượng được yêu cầu theo sáng chế. Tốt hơn là không nhỏ hơn 1,5% khối lượng, tốt hơn nữa là không nhỏ hơn 2,0% khối lượng, và tốt hơn nữa là không nhỏ hơn 3,0% khối lượng. Trong khi, Si được bổ sung với lượng vượt quá 7,0% khối lượng, không chỉ độ cảm ứng từ được giảm, mà còn khả năng sản xuất được giảm gây ra vết nứt trong khi cán nguội, sao cho giới hạn trên được thiết lập đến 7,0% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 4,5% khối lượng.

Mn: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 3,0% khối lượng

Mn có tác dụng cải thiện khả năng gia công thép nóng và ngăn chặn tạo ra các khuyết tật trên bề mặt. Ngoài ra, Mn có tác dụng làm tăng độ bền cụ thể để làm giảm sự tổn hao lõi thép, mà không nhiều như Si hoặc Al. Để thu được các tác dụng này, cần lượng bổ sung không nhỏ hơn 0,001% khối lượng. Trong khi, lượng bổ sung Mn được tăng nhiều, thì chi phí vật liệu thô trở nên cao hơn, sao cho giới hạn trên được thiết lập đến 3,0% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 2,5% khối lượng.

P: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,2% khối lượng

P là nguyên tố có tác dụng làm giảm sự tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao mà không giảm độ cảm ứng từ bằng cách tách trên biên hạt như được mô tả trên đây. Để thu được tác dụng này, nhất thiết là bao gồm lượng không nhỏ hơn 0,01% khối lượng. Ngoài ra, P có tác dụng cải thiện kết cấu và làm tăng độ cảm ứng từ. Để thu được tác dụng này, P chứa với lượng không nhỏ hơn 0,01% khối lượng. Tốt hơn là, không nhỏ hơn 0,02% khối lượng. Tuy nhiên, lượng bổ sung P quá mức dẫn đến làm giảm tính kiểm soát, sao cho giới hạn trên được thiết lập đến 0,2% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,1% khối lượng.

S: không lớn hơn 0,010% khối lượng

S tạo ra chất kết tủa hoặc tạp chất và các sản phẩm kém tính chất từ, sao cho tốt hơn là trở nên nhỏ hơn. Theo sáng chế, giới hạn trên được thiết lập đến 0,010% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,005% khối lượng. Hơn nữa, tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn, sao cho giới hạn dưới của S không bị giới hạn cụ thể.

Al ngậm nước: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 3,5% khối lượng

Nhìn chung, Al được bổ sung làm chất oxi hóa dùng cho thép giống như Si, nhưng nguyên tố có hiệu quả để làm tăng độ bền cụ thể của thép để làm giảm sự tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao trong tấm thép kỹ thuật điện. Tuy nhiên, khi Al được giảm nhiều, thì kết cấu của tấm thép được ủ cuối cùng được cải thiện để tăng độ cảm ứng từ. Do đó, theo sáng chế, lượng bổ sung Al có thể được xác định thích hợp tương ứng thích hợp với cái cân được yêu cầu giữa sự tổn hao lõi thép và độ cảm ứng từ. Tuy nhiên, khi lượng bổ sung này vượt quá 3,5% khối lượng, tính giòn của thép được tạo ra, sao cho giới hạn trên là 3,5% khối lượng làm Al ngậm nước (Al có thể hòa tan trong axit). Tốt hơn là, không lớn hơn 2,0% khối lượng. Trong khi, để giảm lượng Al nhỏ hơn 0,0001% khối lượng làm Al ngậm nước, nhất thiết phải làm sạch gàu hoặc gàu chuyên dùng để ngăn sự kết hợp của Al từ gàu hoặc gàu chuyên và do đó chi phí tăng, sao cho giới hạn dưới được thiết lập đến 0,0001% khối lượng làm Al ngậm nước.

Hơn nữa, khi Al không lớn hơn 0,01% khối lượng, P có xu hướng được tách bởi biên hạt để tăng thêm độ cảm ứng từ, sao cho Al tốt hơn là không lớn hơn 0,01%

khối lượng. Lý do về vấn đề này là chưa rõ ràng, nhưng được giả định như sau. Khi hàm lượng Al lớn, được xem rằng hầu hết N được kết hợp làm tạp chất được kết tủa là AlN và Ti, Zr và các nguyên tố tương tự được kết hợp làm tạp chất được kết tủa là (Fe, Ti)P hoặc (Fe, Zr)P để làm giảm tác dụng của việc tách biên hạt bằng P. Trong khi, hàm lượng Al là nhỏ, Ti, Zr và các nguyên tố tương tự được kết hợp làm tạp chất được liên kết với N được kết hợp mà tạp chất để kết tủa nitrit không chứa P, sao cho P hầu như không được kết tủa nhưng dễ được tách trên biên hạt. Tốt hơn nữa là, không lớn hơn 0,002% khối lượng.

N: không lớn hơn 0,010% khối lượng

N là nguyên tố làm kém các tính chất từ giống như C được nêu trên, sao cho N bị giới hạn không lớn hơn 0,010% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,005% khối lượng. Hơn nữa, tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn, sao cho giới hạn dưới của N không bị giới hạn cụ thể.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, có thể các thành phần sau được bổ sung thích hợp dùng cho mục đích làm tăng các tính chất từ và các thành phần tương tự ngoài thành phần nhất thiết trên đây.

Sn, Sb: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng

Sn và Sb là mỗi nguyên tố có tác dụng cải thiện kết cấu hoặc chặn sự nitro hóa trong khi ủ để tăng các tính chất từ và có thể được bổ sung một mình hoặc kết hợp. Để thu được tác dụng này, mỗi Sn và Sb tốt hơn là được bổ sung với lượng không nhỏ hơn 0,01% khối lượng. Trong khi, chúng được bổ sung quá mức, tính giòn của thép được tạo ra dẫn đến tấm bị vỡ trong khi sản xuất tấm thép hoặc các khuyết tật trên bề mặt như rỗ và các khuyết tật tương tự, sao cho mỗi giới hạn dưới của Sn và Sb tốt hơn là 0,1% khối lượng. Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,08% khối lượng.

Ca, Mg, REM: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,05% khối lượng

Ca, Mg và REM là nguyên tố có tác dụng tạo ra sunfit, mà ổn định hơn so với MnS hoặc Cu₂S, tại nhiệt độ cao để làm tăng các tính chất từ, sao cho một hoặc nhiều nguyên tố của chúng có thể được bao gồm. Để thu được tác dụng này, tốt hơn là bổ

sung mỗi Ca, Mg và REM với lượng không nhỏ hơn 0,001% khối lượng. Trong khi, khi chúng được bổ sung quá mức, tác dụng được bão hòa và trở nên bất lợi về kinh tế, sao cho giới hạn trên của mỗi nguyên tố tốt hơn là 0,05% khối lượng. Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,002 đến 0,01% khối lượng.

Cu, Ni, Cr: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,5% khối lượng

Cu, Ni và Cr là các nguyên tố có hiệu quả để làm tăng độ bền cụ thể của tấm thép để làm giảm sự tổn hao lõi thép, sao cho một hoặc nhiều của các nguyên tố này có thể được bao gồm. Để thu được tác dụng này, tốt hơn là bổ sung mỗi nguyên tố với lượng không nhỏ hơn 0,01% khối lượng. Trong khi, vì các nguyên tố này là đắt so với Si hoặc Al, mỗi lượng bổ sung tốt hơn là không lớn hơn 0,5% khối lượng. Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,1% khối lượng.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, lượng còn lại mà không phải là các nguyên tố trên đây là Fe và các tạp chất không tránh được. Tuy nhiên, có thể các nguyên tố khác được bao gồm trong phạm vi không làm mất tác dụng sáng chế.

Tiếp theo, bản chất của biên hạt trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế sẽ được giải thích dưới đây.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, nhất thiết là lượng P được tách trên biên hạt trong quá trình ủ kết thúc hoặc trong quá trình ủ làm giảm ứng suất không nhỏ hơn lượng được xác định trước. Cụ thể, nhất thiết là tỷ lệ (P_{120}/Fe_{700}) của chiều cao đỉnh P_{120} của P gần năng lượng điện là 120 eV so với chiều cao đỉnh Fe_{700} của Fe gần năng lượng điện của 700 eV trong quang phổ chênh lệch Auger thu được bằng cách phân tích bề mặt bị vỡ của biên hạt sau khi ủ kết thúc hoặc ủ làm giảm ứng suất bằng phổ học điện tử Auger không nhỏ hơn 0,1. Bởi vì sự tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao có thể được giảm mà không làm kém độ cảm ứng từ bằng cách làm tăng lượng P nằm trên biên hạt đến vùng nêu trên.

Như các phương tiện hiệu quả để làm tăng lượng P được tách trên bề mặt biên hạt đến vùng nêu trên được nêu, ví dụ, phương pháp dẫn điện ủ kết thúc bằng cách giữ tại nhiệt độ là nằm trong khoảng từ 700 đến 800°C trong khoảng thời gian dài bằng

cách ủ hộp (ủ theo mẻ) hoặc phương pháp dẫn điện ủ làm giảm ứng suất bằng cách giữ nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700 đến 800°C trong khoảng thời gian dài. Hơn nữa, điều kiện ủ, cụ thể là thời gian duy trì được biến đổi tương ứng với lượng P được chứa trong thép, nhưng tốt hơn là được phát hiện ra trước đó điều kiện thỏa mãn $P_{120}/Fe_{700} \geq 0,1$ bằng các thử nghiệm.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế sẽ được giải thích.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế có thể được sản xuất sản phẩm dễ dàng được áp vào tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thông thường theo các bước sản xuất thông thường. Cụ thể là, theo phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, thép được nung chảy trong lò chuyển, lò điện hoặc các lò tương tự đầu tiên là được đưa vào tinh sạch cấp hai trong thiết bị khử khí chân không hoặc các thiết bị tương tự để điều chỉnh hợp phần hóa học được xác định trước và sau đó được tạo hình dạng thành vật liệu thép thô (miếng) bằng phương pháp đúc liên tục hoặc phương pháp làm nở phôi.

Sau đó, miếng thép thu được này tiếp theo được đưa vào cán nóng, ủ dải nóng nếu cần thiết, khắc axit, cán nguội và ủ kết thúc và ngoài ra lớp phủ cách nhiệt được áp dụng và được nung thu được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng (tấm sản phẩm). Các điều kiện sản xuất trong mỗi bước có thể là giống nhau trong quá trình sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thông thường, nhưng tốt hơn nằm trong khoảng sau.

Tấm chiều dày sau khi cán nóng không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,4 đến 2,8 mm, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 1,6 đến 2,3 mm liên quan đến việc đảm bảo khả năng sản xuất.

Nhiệt độ nung đều trong ủ dải nóng tiếp theo tốt hơn là nằm trong khoảng từ 900 đến 1150°C. Khi nhiệt độ nung đều nhỏ hơn 900°C, kết cấu cán giữ nguyên và tác dụng cải thiện các tính chất từ không thu được thích hợp, trong khi vượt quá nhiệt độ là 1150°C, các hạt tinh thể được làm thành hạt khô và các vết nứt có thể dễ dàng tạo ra trong khi cán nguội, mà bất lợi về kinh tế.

Sau đó, tấm cán nóng sau khi cán nóng hoặc ủ dải nóng được đưa vào một hoặc hai hoặc nhiều cán nguội bao gồm việc ủ trung gian để thu được chiều dày cuối cùng. Trong trường hợp này, cán nóng được thực hiện bằng cách tăng nhiệt độ của tấm đến 200°C có hiệu quả để cải thiện độ cảm ứng từ.

Chiều dày của tấm được cán nguội sau khi cán nguội (chiều dày cuối cùng) nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,50 mm. Khi chiều dày nhỏ hơn 0,10 mm, khả năng sản xuất thấp, trong khi vượt quá 0,50 mm, sự tổn hao lõi thép không thể được giảm đủ. Liên quan đến làm giảm sự tổn hao lõi thép, tốt hơn là không lớn hơn 0,30 mm, tốt hơn nữa là không lớn hơn 0,20 mm.

Sau đó, tấm được cán nguội có chiều dày cuối cùng sau khi cán nguội được đưa vào ủ kết thúc. Sau khi ủ kết thúc được thực hiện trong lò ủ liên tục, tốt hơn là tiến hành xử lý nung tại nhiệt độ nằm trong khoảng từ 900 đến 1150°C trong khoảng từ 5 đến 60 giây. Khi nhiệt độ nung đều trong quá trình ủ nhỏ hơn 900°C, quá trình ủ không được tiến hành đầy đủ và các tính chất từ tốt không thể thu được, và còn tác dụng hiệu chỉnh sự tạo ra tấm trong khi ủ liên tục không được cải tiến đủ. Trong khi, khi vượt quá nhiệt độ là 1150°C, các hạt tinh thể được làm thành hạt khô để tăng cụ thể sự tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao.

Hơn nữa, khi ủ kết thúc được thực hiện bởi việc ủ liên tục, vì P có thể không đủ được tách trên biên hạt, tốt hơn là thực hiện xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc bằng cách giữ nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700 đến 800°C không ít hơn 2 giờ, tốt hơn nữa là lớn hơn 5 giờ.

Khi ủ kết thúc được tiến hành trong lò ủ dạng hộp, tốt hơn là thực hiện nung tại nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700 đến 800°C trong khoảng thời gian nằm trong khoảng thời gian từ 1 đến 10 giờ để tách P trên biên hạt. Cụ thể, khi ủ làm giảm ứng suất không được tiến hành bởi người sử dụng, tốt hơn là tiến hành ủ kết thúc trong lò ủ hộp.

Trong tấm thép sau khi ủ kết thúc, tốt hơn là phủ lớp phủ cách điện lên bề mặt tấm thép để làm giảm sự tổn hao lõi thép. Trong trường hợp này, tốt hơn là phủ lớp hữu cơ chứa nhựa đảm bảo khả năng đục lỗ tốt, trong khi tính hàn được đánh dấu, tốt

hơn là phủ lớp phủ bán hữu cơ hoặc vô cơ.

Được sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng này theo sáng chế có thể được sử dụng mà không thực hiện ủ làm giảm ứng suất hoặc có thể được sử dụng sau khi ủ làm giảm ứng suất. Ngoài ra, có thể được đưa vào việc ủ làm giảm ứng suất sau khi quá trình đục lỗ và sau đó được sử dụng.

Như được mô tả trên đây, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế là ưu việt ở đặc tính tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao trong khi có độ cảm ứng từ cao, sao cho khi được sử dụng làm vật liệu lõi sắt dùng cho động cơ dẫn động hoặc động cơ tạo năng lượng trong xe lai hoặc ô tô điện, công suất lớn và hiệu suất cao tại vùng tần số cao của động cơ có thể thu được. Hơn nữa, có thể được sử dụng bằng cách gắn nam châm trong lõi sắt của động cơ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép a-r có các hợp phần hóa hoặc khác nhau được thể hiện trong Bảng 1 được nung chảy và được tạo hình dạng thành miếng thép bằng cách ủ liên tục. Trong trường hợp này, hợp phần hóa học của miếng thép được điều chỉnh sao cho bằng trị số $(Si+Al+Mn/2)$ được xác định từ hàm lượng của Si, Al và Mn (% khối lượng) để dễ dàng so sánh sự tổn hao lõi thép. Tiếp theo, miếng thép được nung nóng lại đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1020 đến 1120 °C, được cán nóng để thu được tấm được cán nóng có chiều dày tấm là 2,0 mm, được đưa vào ủ dải nóng tại nhiệt độ là 1000°C trong khoảng thời gian 30 giây bằng cách ủ liên tục và sau đó được cán nguội thu được tấm được cán nguội (lõi cán nguội) có chiều dày tấm là 0,15 mm. Ngoài ra, các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein được cắt ra lõi cán nguội theo hướng cán (L) và hướng vuông góc với hướng cán (C).

Bảng 1

Ký hiệu thép	Hợp phần hóa học (% khối lượng)							
	C	Si	Mn	P	S	Al ngâm nước	N	Thành phần khác
a	0,0018	2,5	0,50	0,05	0,0018	0,60	0,0020	—
b	0,0019	2,5	0,50	0,12	0,0017	0,60	0,0018	Sn:0,04
c	0,0019	2,5	0,50	0,08	0,0018	0,60	0,0017	Sb:0,04
d	0,0017	2,5	0,50	0,09	0,0017	0,60	0,0019	Ca:0,003
e	0,0017	2,5	0,50	0,09	0,0019	0,60	0,0018	Mg:0,001
f	0,0019	2,5	0,50	0,10	0,0016	0,60	0,0019	REM:0,003
g	0,0018	2,5	0,50	0,09	0,0019	0,60	0,0020	Ni:0,1
h	0,0018	2,5	0,50	0,08	0,0018	0,60	0,0018	Cu:0,1
i	0,0020	2,5	0,50	0,08	0,0017	0,60	0,0019	Cr:0,1
j	0,0018	3,3	0,05	0,03	0,0017	0,0005	0,0018	—
k	0,0019	3,3	0,05	0,10	0,0019	0,0001	0,0019	Sn:0,03
l	0,0020	3,3	0,06	0,07	0,0021	0,0009	0,0018	Sb:0,03
m	0,0020	3,3	0,06	0,07	0,0018	0,0008	0,0020	Ca:0,003
n	0,0019	3,3	0,04	0,08	0,0018	0,0015	0,0016	Mg:0,001
o	0,0018	3,3	0,05	0,09	0,0019	0,0008	0,0018	REM:0,003
p	0,0017	3,3	0,07	0,08	0,0018	0,0007	0,0017	Ni:0,1
q	0,0018	3,3	0,05	0,06	0,0019	0,0008	0,0018	Cu:0,1
r	0,0018	3,3	0,04	0,06	0,0020	0,0002	0,0015	Cr:0,1

Sau đó, lõi cán nguội được đưa vào ủ kết thúc dưới các điều kiện nung là 1100°C x 10 giây và được phủ bằng lớp phủ cách điện tạo ra tấm thép kỹ thuật điện không định hướng (lõi sản phẩm), và còn các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein được cắt từ lõi cán nguội được đưa vào việc xử lý nhiệt tương tự như trong quá trình ủ kết thúc và được phủ bằng lớp phủ cách điện (dưới đây cũng được gọi là “các mẫu nhóm A”). Trong các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein được loại bỏ sự biến

dạng do cắt.

Tiếp theo, các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein được cắt ra từ lõi sản phẩm sau khi ủ kết thúc theo hướng cán (L) và hướng vuông góc với hướng cán (C) (dưới đây cũng được gọi là "các mẫu nhóm B"). Các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein có sự biến dạng do cắt và các tính chất từ bị hỏng.

Cuối cùng là, các mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein trong các mẫu nhóm A và các mẫu nhóm B được đưa vào xử lý nhiệt kết hợp với ủ làm giảm ứng suất sau khi ủ kết thúc tại nhiệt độ là 750 °C trong khoảng 5 giờ. Hơn nữa, các mẫu nhóm A và các mẫu nhóm B được đưa vào việc xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc lần lượt được gọi là "các mẫu nhóm A'" và "các mẫu nhóm B' ".

Đối với mỗi mẫu có kích cỡ mẫu thử nghiệm Epstein trong các mẫu nhóm A thu được này, các mẫu nhóm A', các mẫu nhóm B và các mẫu nhóm B' được đo các tính chất từ. Theo cách đo các tính chất từ, các mẫu theo hướng cán (L) và hướng vuông góc với hướng cán (C) được sử dụng để đo độ cảm ứng từ B_{50} (độ cảm ứng từ tại cường độ từ hóa là 5000 A/m) và sự tổn hao lõi thép $W_{10/800}$ (sự tổn hao lõi thép được kích thích tại độ cảm ứng từ là 1,0 T và tại tần số là 800 Hz) theo JIS C2552.

Ngoài ra, sau khi các mẫu đo tính từ được làm lạnh -150°C có nitơ lỏng và sau khi bị gãy trong chân không để phân tích lượng P được tách trên bề mặt bị gãy biên hạt bằng phổ học điện tử Auger (AES). Đối với vấn đề này, lượng P trên bề mặt biên hạt được đánh giá bằng tỷ lệ (P_{120}/Fe_{700}) của chiều cao đỉnh P_{120} của P gần năng lượng điện là 120 eV so với chiều cao đỉnh Fe_{700} của Fe gần năng lượng điện là 700 eV trong quang phổ chênh lệch Auger như được thể hiện trong Fig.1.

Trong Bảng 2 thể hiện các kết quả đo là P_{120}/Fe_{700} và các tính chất từ dùng cho các mẫu nhóm A, hoặc trong trường hợp mẫu thực hiện từ tấm được cán nguội→ chỉ ủ kết thúc.

Bảng 3 thể hiện các kết quả đo của P_{120}/Fe_{700} và các tính chất từ dùng cho các mẫu nhóm A', hoặc trong trường hợp mẫu thực hiện từ tấm được cán nguội→ ủ kết thúc→ việc xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc.

Hơn nữa, tất cả P_{120}/Fe_{700} và các tính chất từ dùng cho các mẫu nhóm B', hoặc trong trường hợp lõi cán nguội→ủ kết thúc→ mẫu thực hiện → việc xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc là tương tự với tất cả các loại thép trong Bảng 3, và rõ ràng là các tính chất từ dùng cho các mẫu nhóm B, hoặc trong trường hợp lõi cán nguội→ủ kết thúc→mẫu thực hiện kém do ứng suất vận hành, do đó phần mô tả được bỏ qua.

Bảng 2

Số tấm	Ký hiệu thép	Điều kiện xử lý sau khi cán nguội	Kết quả phân tích AES (P ₁₂₀ /Fe ₇₀₀)	Các tính chất từ		Lưu ý
				Tổn hao sắt W _{10/80} ₀ (W/kg)	Mật độ thông lượng từ B ₅₀ (T)	
19	a	A(*)	0,02	26,3	1,669	Ví dụ so sánh
20	b	A	0,03	26,1	1,685	Ví dụ so sánh
21	c	A	0,03	26,2	1,681	Ví dụ so sánh
22	d	A	0,02	26,1	1,684	Ví dụ so sánh
23	e	A	0,04	25,9	1,681	Ví dụ so sánh
24	f	A	0,04	26,0	1,682	Ví dụ so sánh
25	g	A	0,03	25,4	1,667	Ví dụ so sánh
26	h	A	0,02	25,2	1,668	Ví dụ so sánh
27	i	A	0,03	25,3	1,668	Ví dụ so sánh
28	j	A	0,02	26,2	1,683	Ví dụ so sánh
29	k	A	0,03	26,1	1,699	Ví dụ so sánh
30	l	A	0,03	26,0	1,692	Ví dụ so sánh
31	m	A	0,03	26,1	1,694	Ví dụ so sánh
32	n	A	0,03	26,2	1,696	Ví dụ so sánh
33	o	A	0,03	26,1	1,696	Ví dụ so sánh
34	p	A	0,02	25,3	1,688	Ví dụ so sánh
35	q	A	0,03	25,3	1,683	Ví dụ so sánh
36	r	A	0,02	25,2	1,683	Ví dụ so sánh

* A : Mẫu thử nghiệm Epstein thực hiện tấm được cán nguội → ủ kết thúc.

Bảng 3

Số tấm	Ký hiệu	Điều kiện xử	Kết quả phân tích	Các tính chất từ		Lưu ý
				Tổn	Mật độ	

	thép	lý sau khi cán nguội	AES (P ₁₂₀ /Fe ₇₀₀)	hao sắt W _{10/800} (W/kg)	thông lượng từ B ₅₀ (T)	
1	a	A'(*)	0,19	25,1	1,670	Ví dụ
2	b	A'	0,48	23,4	1,685	Ví dụ
3	c	A'	0,35	24,2	1,681	Ví dụ
4	d	A'	0,35	24,1	1,683	Ví dụ
5	e	A'	0,36	24,1	1,682	Ví dụ
6	f	A'	0,41	23,7	1,682	Ví dụ
7	g	A'	0,38	23,4	1,668	Ví dụ
8	h	A'	0,33	23,6	1,669	Ví dụ
9	i	A'	0,34	23,7	1,668	Ví dụ
10	j	A'	0,10	24,8	1,683	Ví dụ
11	k	A'	0,42	22,4	1,700	Ví dụ
12	l	A'	0,29	23,0	1,693	Ví dụ
13	m	A'	0,26	23,5	1,695	Ví dụ
14	n	A'	0,29	23,2	1,696	Ví dụ
15	o	A'	0,33	22,9	1,697	Ví dụ
16	p	A'	0,37	22,3	1,687	Ví dụ
17	q	A'	0,21	23,0	1,683	Ví dụ
18	r	A'	0,23	22,8	1,685	Ví dụ

* A' : Mẫu thử nghiệm Epstein thực hiện từ tấm được cán nguội → ủ kết thúc → việc xử lý nhiệt sau khi ủ kết thúc.

Như được thấy từ sự so sánh giữa Bảng 2 và Bảng 3, các tấm thép của Bảng 3 có lượng P lớn được tách trên biên hạt có độ cảm ứng từ B₅₀ bằng nhau và có các tính chất từ tốt trong khi có sự tổn hao lõi thép W_{10/800} tốt so với các tấm thép của Bảng 2 có sự tách ít.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và đặc tính tổn hao lõi thép ưu việt tại vùng tần số cao được tạo ra với hiệu suất cao

và chi phí thấp.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Có thể sáng chế tạo ra độ cảm ứng từ cao vật liệu và có tác dụng làm giảm tổn hao đồng của động cơ, sao cho có thể được áp dụng có lợi làm lõi sắt dùng cho động cơ điện cảm ứng có xu hướng tổn hao đồng trở nên cao hơn sự tổn hao lõi thép.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,010% khối lượng, Si: nằm trong khoảng từ 1,0 đến 7,0% khối lượng, Mn: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 3,0% khối lượng, Al ngậm nước: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 3,5% khối lượng, P: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,010% khối lượng, N: không lớn hơn 0,010% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tỷ lệ (P_{120}/Fe_{700}) của chiều cao đỉnh P_{120} của P gần năng lượng điện là 120 eV so với chiều cao đỉnh Fe_{700} của Fe gần năng lượng điện là 700 eV trong quang phổ khác nhau Auger thu được bằng cách phân tích bề mặt gãy của biên hạt thông qua phổ học điện tử Auger không nhỏ hơn 0,1 và chiều dày tấm nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,50 mm.
2. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1, trong đó Al ngậm nước nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,01% khối lượng trong hợp phần hóa học.
3. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó một hoặc hai nguyên tố được chọn từ Sn và Sb chứa với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng đối với mỗi nguyên tố ngoài hợp phần hóa học.
4. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó một hoặc nhiều được chọn từ Ca, REM và Mg chứa với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,05% khối lượng đối với mỗi nguyên tố ngoài hợp phần hóa học.
5. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó một hoặc nhiều được chọn từ Ni, Cu và Cr chứa với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,5% khối lượng đối với mỗi nguyên tố ngoài hợp phần hóa học.
6. Động cơ sử dụng tấm thép kỹ thuật điện không định hướng như được bảo hộ trong điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5 làm lõi sắt.

FIG. 1

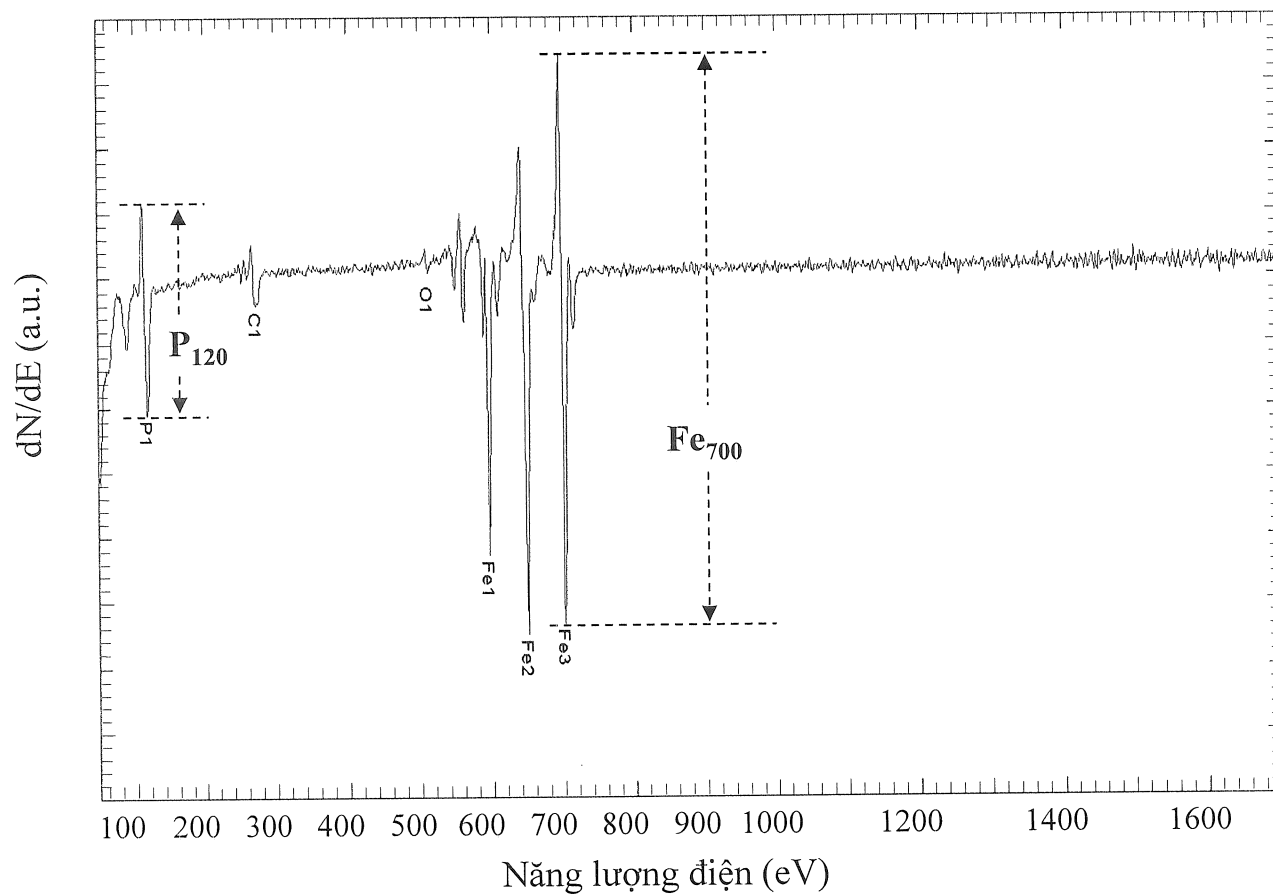


FIG. 2

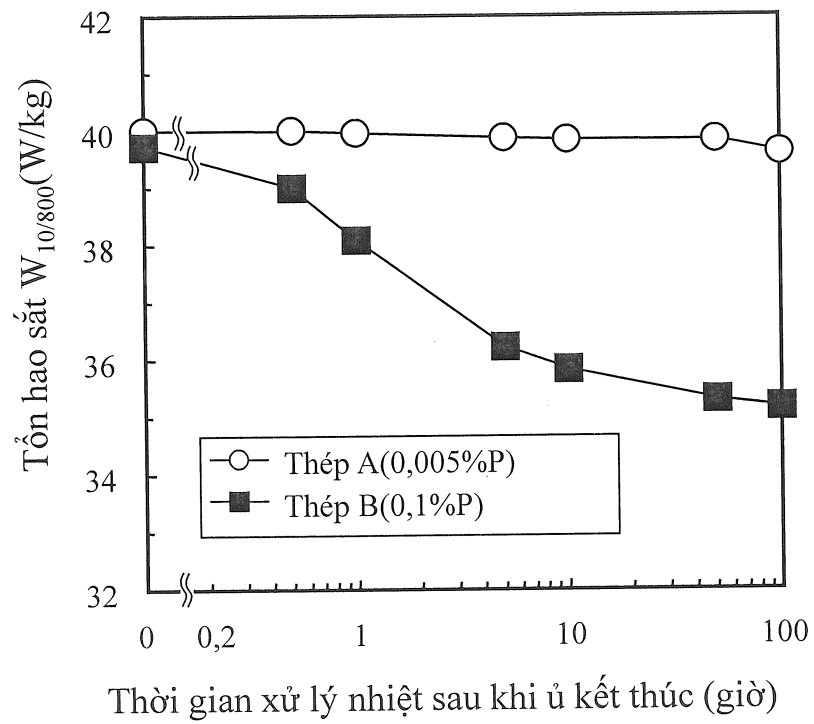


FIG. 3

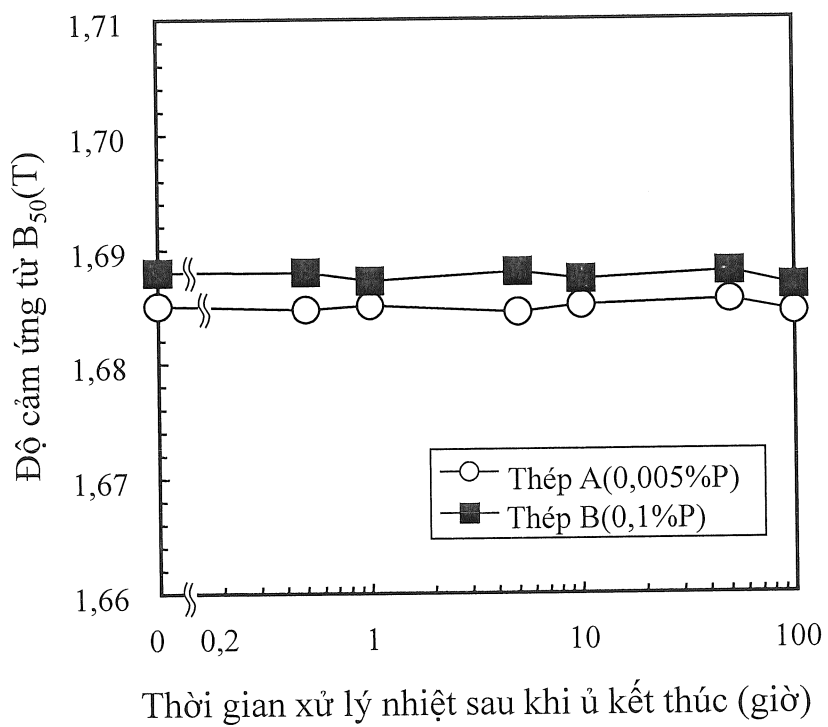


FIG. 4

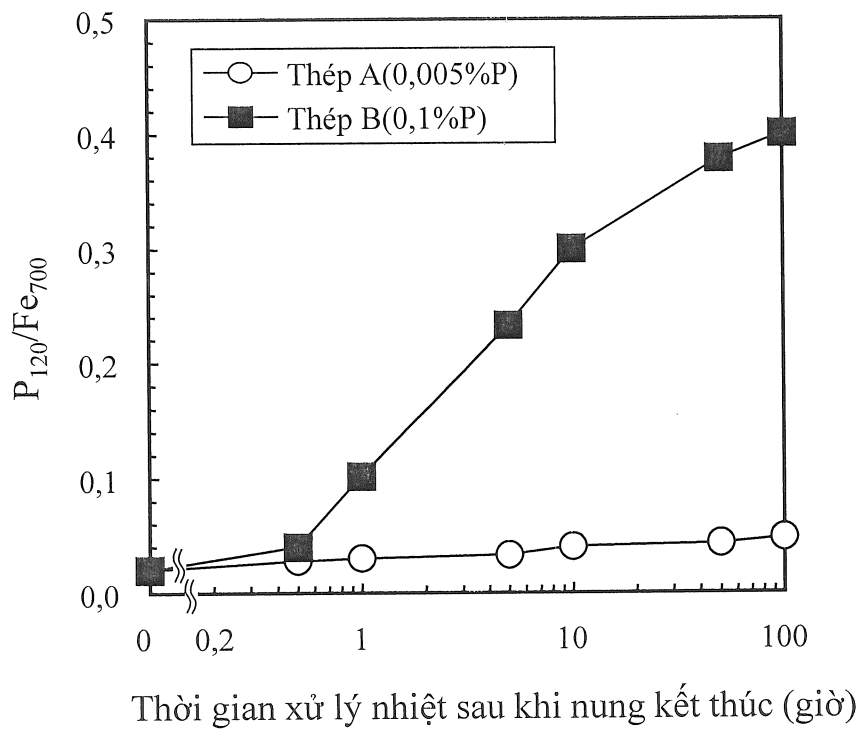


FIG. 5

