



(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)



1-0045954

(51)^{2020.01} C21D 8/12; C22C 38/16; H01F 1/147; (13) B
C22C 38/00

(21) 1-2021-06030

(22) 01/04/2020

(86) PCT/JP2020/015111 01/04/2020

(87) WO2020/204107 A1 08/10/2020

(30) 2019-071186 03/04/2019 JP

(45) 26/05/2025 446

(43) 27/12/2021 405A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

(72) TOMITA Miho (JP); NATORI Yoshiaki (JP); YASHIKI Hiroyoshi (JP);
FUJIMURA Hiroshi (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP ĐIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY

(21) 1-2021-06030

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau: C: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%, Si: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 3,50%, Mn: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 5,00%, P: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%, S: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0070%, Al: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%, N: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, Ni: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%, Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,10%, và phần còn lại: Fe và các tạp chất, trong đó tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể {100} trên bề mặt tấm nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0, và mỗi mật độ từ thông trong số các mật độ từ thông theo các hướng 0° , $22,5^\circ$, và 45° so với hướng cán thỏa mãn $[1,005 \times (B_{50}(0^\circ) + B_{50}(45^\circ)) / 2 \leq B_{50}(22,5^\circ)]$.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép điện và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các vấn đề về môi trường toàn cầu đang thu hút sự chú ý, và nhu cầu về các nỗ lực tiết kiệm năng lượng ngày càng tăng cao. Đặc biệt, có nhu cầu mạnh mẽ về việc gia tăng hiệu suất của thiết bị điện. Điều này còn tăng thêm yêu cầu về việc cải thiện các đặc tính từ của các tấm thép điện được sử dụng rộng rãi làm các vật liệu lõi sắt của các động cơ, các máy phát điện, và thiết bị tương tự. Do đó, đối với các tấm thép điện được sử dụng làm các lõi của thiết bị điện, có nhu cầu về tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao.

Để tăng các mật độ từ thông của các tấm thép điện, mong muốn là định hướng $\langle 100 \rangle$, là hướng trục dễ từ hóa của sắt, được tích lũy theo một hướng cụ thể. Chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ tấm thép điện có các đặc tính từ và độ bền rất tốt, trong đó tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép lớn hơn hoặc bằng 30 và nhỏ hơn hoặc bằng 200.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2017-145462

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Trong tấm thép điện được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1, định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ được tích lũy trên bề mặt tấm của tấm thép. Nghĩa là, trên bề mặt tấm của tấm thép, trục dễ từ hóa được tích lũy ở một góc 45° so với hướng cán (rolling direction, RD). Do đó, tấm thép điện có các đặc tính từ rất tốt.

Tuy nhiên, trong tấm thép điện được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, các đặc tính từ chỉ nổi bật theo hướng 45° so với hướng cán RD, và tính không đẳng hướng là cực kỳ mạnh. Thực tế là, trong trường hợp trong đó tấm thép điện được sử dụng làm lõi của

thiết bị điện, vì từ thông cần chảy theo hình dạng của lõi, các đặc tính từ trở nên quan trọng không chỉ theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ mà còn theo chu vi ngoại biên của nó.

Sáng chế được thực hiện để giải quyết vấn đề như vậy, và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép điện có các đặc tính từ rất tốt không chỉ theo hướng 45° so với hướng cán mà còn theo các hướng chu vi ngoại biên.

Cách thức giải quyết vấn đề

Đối tượng chính của sáng chế là tấm thép điện và phương pháp sản xuất tấm thép này được mô tả dưới đây.

(1) Tấm thép điện chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%,

Si: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 3,50%,

Mn: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 5,00%,

P: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%,

S: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0070%,

Al: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%,

N: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Ni: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%,

Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,10%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

trong đó tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0, và

mỗi mật độ từ thông trong số các mật độ từ thông theo các hướng 0° , $22,5^\circ$, và 45° so với hướng cán thỏa mãn biểu thức (i).

$$1,005 \times (B_{50}(0^\circ) + B_{50}(45^\circ)) / 2 \leq B_{50}(22,5^\circ) \cdots (i)$$

Ở đây, ý nghĩa của mỗi ký hiệu trong biểu thức (i) là như sau.

$B_{50}(0^\circ)$: mật độ từ thông (T) theo hướng 0° so với hướng cán

B₅₀ (22,5°): mật độ từ thông (T) theo hướng 22,5° so với hướng cán

B₅₀ (45°): mật độ từ thông (T) theo hướng 45° so với hướng cán

(2) Tấm thép điện theo mục (1), trong đó độ dày tấm nằm trong khoảng từ 0,25 đến 0,50mm.

(3) Phương pháp sản xuất tấm thép điện trên phôi tấm có các thành phần hóa học theo % khối lượng gồm:

C: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%,

Si: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 3,50%,

Mn: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 5,00%,

P: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%,

S: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0070%,

Al: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%,

N: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Ni: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%,

Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,10%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

trong đó phương pháp này bao gồm các bước theo thứ tự sau đây:

(a) bước cán nóng gồm bước gia nhiệt phôi tấm đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1200°C, sau đó, thực hiện bước cán nóng trong điều kiện trong đó nhiệt độ cán cuối nằm trong khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm biến đổi Ac₃, và bước làm nguội phôi tấm đến nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 600°C sau khi hoàn thành bước cán nóng đến 600°C sao cho tốc độ làm nguội trung bình đạt mức nằm trong khoảng từ 50 đến 150°C/giây,

(b) bước cán nguội thứ nhất gồm bước thực hiện cán nguội ở mức giảm cán nằm trong khoảng từ 80% đến 92% mà không cần thực hiện xử lý ủ,

(c) bước ủ trung gian gồm bước thực hiện xử lý ủ ở nhiệt độ ủ trung gian nằm trong khoảng cao hơn hoặc bằng 500°C và thấp hơn điểm biến đổi Ac₁,

(d) bước cán nguội thứ hai gồm bước thực hiện cán nguội ở mức giảm cán lớn hơn 15,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 20,0%, và

(e) bước ủ cuối gồm bước thực hiện xử lý ủ ở nhiệt độ ủ cuối nằm trong khoảng cao hơn hoặc bằng 500°C và thấp hơn điểm biến đổi A_{c1} .

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép điện theo mục (3), trong đó, trong bước ủ cuối, tốc độ tăng nhiệt độ lên đến nhiệt độ ủ cuối được đặt đến nhanh hơn hoặc bằng 0,1°C/giây và chậm hơn 10,0°C/giây, và thời gian giữ ở nhiệt độ ủ cuối được đặt đến nằm trong khoảng từ 10 đến 120 giây.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể thu được tấm thép điện có các đặc tính từ rất tốt không chỉ theo hướng 45° so với hướng cán mà còn theo các hướng chu vi ngoại biên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu liên quan đến phương pháp để thu được tấm thép điện có các đặc tính từ rất tốt không chỉ theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ mà còn theo các hướng chu vi ngoại biên và, hơn nữa, có mật độ từ thông đủ và tổn hao do sắt thấp trong vùng tần số cao là cao hơn hoặc bằng 1000Hz. Kết quả là, thu được các phát hiện sau đây.

Bước cán nguội được thực hiện trên tấm thép cán nóng ở tỷ lệ giảm cao theo cùng một cách như phương pháp sản xuất thông thường, bằng cách đó tích lũy định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$. Sau đó, tấm thép cán nguội được kết tinh lại bằng bước ủ trung gian để loại bỏ ứng suất, và hơn nữa, bước cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán tương đối cao, ngoài ra, bằng cách đó, các tinh thể quay, và các hạt tinh thể hướng hơi lệch khỏi $\{100\} \langle 011 \rangle$ tăng lên.

Sáng chế đã được thực hiện dựa trên phát hiện nêu trên. Sau đây, mỗi yêu cầu của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

1. Thành phần hóa học:

Các lý do để giới hạn mỗi nguyên tố là như được mô tả dưới đây. Cần phải hiểu rằng, trong phần mô tả dưới đây, “%” liên quan đến các hàm lượng có nghĩa là “% khối lượng”.

C: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%

Cacbon (C) là tạp chất được chứa theo cách không thể tránh được trong tấm thép điện theo phương án của sáng chế. Nghĩa là, hàm lượng C lớn hơn 0%. C tạo ra cacbit mịn. Cacbit mịn này không chỉ ức chế sự di chuyển của các vách domain từ, mà còn ức chế sự phát triển hạt trong các bước sản xuất. Điều này làm giảm mật độ từ thông hoặc gia tăng tổn hao do sắt. Từ quan điểm này, hàm lượng C nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%. Hàm lượng C tốt hơn là càng thấp càng tốt. Tuy nhiên, việc làm giảm quá mức hàm lượng C làm tăng các chi phí sản xuất. Do đó, trong trường hợp tính đến hoạt động trong sản xuất công nghiệp, giới hạn dưới của hàm lượng C tốt hơn là 0,0001%, tốt hơn nữa là 0,0005%, và còn tốt hơn nữa là 0,0010%.

Si: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 3,50%

Silic (Si) làm tăng điện trở của thép và làm giảm tổn hao do sắt. Khi hàm lượng Si nhỏ hơn 2,00%, không thể thu được tác dụng này. Mặt khác, khi hàm lượng Si vượt quá 3,50%, mật độ từ thông của thép giảm xuống. Hơn nữa, khi hàm lượng Si vượt quá 3,50%, khả năng gia công nguội kém đi, và có trường hợp trong đó các vết nứt bị tạo ra trong tấm thép trong bước cán nguội. Do đó, hàm lượng Si nằm trong khoảng từ 2,00% đến 3,50%. Giới hạn dưới của hàm lượng Si tốt hơn là 2,10% và tốt hơn nữa là 2,40%. Giới hạn trên của hàm lượng Si tốt hơn là 3,40% và tốt hơn nữa là 3,20%.

Mn: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 5,00%

Mangan (Mn) làm tăng điện trở của thép và giảm tổn hao do sắt. Hơn nữa, Mn làm giảm điểm biến đổi Ac_3 và cho phép tinh luyện các hạt tinh thể bởi sự biến đổi pha trong hệ thành phần của tấm thép điện theo phương án của sáng chế. Do đó, trong tấm thép điện sau khi kết thúc bước sản xuất cuối, có thể tăng tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên theo định hướng tinh thể $\{100\} <011>$ trên bề mặt tấm của tấm thép. Như được mô tả ở trên, hàm lượng Si của tấm thép điện theo phương án của sáng chế là cao. Si là nguyên tố làm tăng điểm biến đổi Ac_3 . Do đó, theo phương án của sáng chế, sự tăng hàm lượng Mn làm giảm điểm Ac_3 được giảm xuống và cho phép sự biến đổi pha trong bước cán nóng. Khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 2,00%, không thể thu được tác dụng nêu trên. Mặt khác, khi hàm lượng Mn quá cao, MnS được tạo ra quá mức, và khả năng gia công nguội kém đi. Do đó, hàm lượng Mn nằm trong khoảng từ 2,00% đến 5,00%. Giới hạn dưới

của hàm lượng Mn tốt hơn là 2,20% và tốt hơn nữa là 2,40%. Giới hạn trên của hàm lượng Mn tốt hơn là 4,80% và tốt hơn nữa là 4,60%.

P: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%

Phospho (P) là tạp chất được chứa theo cách không thể tránh được trong tấm thép điện theo phương án của sáng chế. Nghĩa là, hàm lượng P lớn hơn 0%. P phân tách trong thép và làm khả năng gia công của thép kém đi. Từ quan điểm này, hàm lượng P được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%. Giới hạn trên của hàm lượng P tốt hơn là 0,040% và tốt hơn nữa là 0,030%. Hàm lượng P tốt hơn là càng thấp càng tốt. Tuy nhiên, sự giảm quá mức của hàm lượng P làm tăng các chi phí sản xuất. Trong trường hợp tính đến hoạt động trong sản xuất công nghiệp, giới hạn dưới của hàm lượng P tốt hơn là 0,0001% và tốt hơn nữa là 0,0003%.

S: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0070%

Lưu huỳnh (S) là tạp chất được chứa theo cách không thể tránh được trong tấm thép điện theo phương án của sáng chế. Nghĩa là, hàm lượng S lớn hơn 0%. S tạo ra sulfua như MnS. Sulfua này cản trở sự di chuyển của các vách đomen từ và làm kém đi các đặc tính từ. Trong khoảng của thành phần hóa học của tấm thép điện của sáng chế, khi hàm lượng S vượt quá 0,0070%, các đặc tính từ kém đi do sulfua tạo ra. Nghĩa là, mật độ từ thông giảm, và tổn hao do sắt gia tăng. Do đó, hàm lượng S nhỏ hơn hoặc bằng 0,0070%. Giới hạn trên của hàm lượng S tốt hơn là 0,0060% và tốt hơn nữa là 0,0050%. Hàm lượng S tốt hơn là càng thấp càng tốt. Tuy nhiên, sự giảm quá mức của hàm lượng S làm tăng các chi phí sản xuất. Khi tính đến việc sản xuất công nghiệp, giới hạn dưới của hàm lượng S tốt hơn là 0,0001% và tốt hơn nữa là 0,0003%.

Al: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%

Nhôm (Al) là nguyên tố làm ổn định ferit. Khi hàm lượng Al vượt quá 0,15%, điểm biến đổi Ac_3 tăng, và, trong khoảng của thành phần hóa học của tấm thép điện của sáng chế, sự tinh luyện các hạt tinh thể bởi sự biến đổi pha bị ức chế. Kết quả là, trong tấm thép điện sau khi kết thúc bước sản xuất cuối, tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép giảm xuống. Do đó, hàm lượng Al nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%. Giới hạn trên của hàm lượng Al tốt hơn là 0,10% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%. Hàm lượng Al có thể bằng 0%. Nghĩa là, hàm lượng Al nằm trong khoảng từ 0% đến 0,15%. Tuy nhiên, sự giảm quá mức của

hàm lượng Al làm tăng các chi phí sản xuất. Do đó, trong trường hợp tính đến hoạt động trong sản xuất công nghiệp, giới hạn dưới của hàm lượng Al tốt hơn là 0,0001% và tốt hơn nữa là 0,0003%.

N: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

Nitrogen (N) là tạp chất được chứa theo cách không thể tránh được trong tấm thép điện theo phương án của sáng chế. Nghĩa là, hàm lượng N lớn hơn 0%. N tạo ra nitrua mangan. Nitrua mangan ức chế sự di chuyển của các vách domain từ. Do đó, mật độ từ thông giảm xuống, và tổn hao do sắt tăng lên. Do đó, hàm lượng N nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Giới hạn trên của hàm lượng N tốt hơn là 0,0020% và tốt hơn nữa là 0,0010%. Hàm lượng N tốt hơn là càng thấp càng tốt. Tuy nhiên, sự giảm quá mức của hàm lượng N làm tăng các chi phí sản xuất. Do đó, khi tính đến việc sản xuất công nghiệp, giới hạn dưới được ưu tiên của hàm lượng N là 0,0001%.

Ni: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%

Niken (Ni) là nguyên tố tùy ý và có thể không được chứa. Nghĩa là, hàm lượng Ni có thể bằng 0%. Trong trường hợp trong đó tấm thép điện theo phương án của sáng chế chứa Ni, tương tự với Mn, Ni làm tăng điện trở của tấm thép và làm giảm tổn hao do sắt. Hơn nữa, Ni là nguyên tố làm giảm điểm biến đổi A_3 và cho phép tinh luyện các hạt tinh thể bởi sự biến đổi pha. Tuy nhiên, khi hàm lượng Ni quá cao, chi phí sản xuất tăng lên do Ni dư quá mức. Do đó, hàm lượng Ni nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%. Giới hạn dưới của hàm lượng Ni tốt hơn là lớn hơn 0%, tốt hơn nữa là 0,10%, và còn tốt hơn nữa là 0,20%. Giới hạn trên của hàm lượng Ni tốt hơn là 0,90% và tốt hơn nữa là 0,85%. Cần phải hiểu rằng, khi hàm lượng này bằng khoảng 0,04%, Ni có thể được chứa dưới dạng tạp chất trong tấm thép điện.

Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,10%

Đồng (Cu) là nguyên tố tùy ý và có thể không được chứa. Nghĩa là, hàm lượng Cu có thể bằng 0%. Trong trường hợp trong đó tấm thép điện theo phương án của sáng chế chứa Cu, tương tự với Mn, Cu làm tăng điện trở của tấm thép và làm giảm tổn hao do sắt. Hơn nữa, Cu làm giảm điểm biến đổi A_3 và cho phép tinh luyện các hạt tinh thể bởi sự biến đổi pha. Tuy nhiên, khi hàm lượng Cu quá cao, CuS được tạo ra quá mức, sự phát triển hạt trong bước ủ cuối bị ức chế, và tổn hao do sắt kém đi. Do đó, hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ 0% đến 0,10%. Giới hạn dưới của hàm lượng Cu tốt hơn là lớn

hơn 0%, tốt hơn nữa là 0,01%, và còn tốt hơn nữa là 0,04%. Giới hạn trên của hàm lượng Cu tốt hơn là 0,09% và tốt hơn nữa là 0,08%. Cần phải hiểu rằng, khi hàm lượng này bằng khoảng 0,04%, Cu có thể được chứa dưới dạng tạp chất trong tấm thép điện.

Trong thành phần hóa học của tấm thép điện của sáng chế, phần còn lại là Fe và các tạp chất. Ở đây, “các tạp chất” có nghĩa là các thành phần được trộn từ nguyên liệu thô như quặng hoặc phế liệu hoặc do các yếu tố khác trong các bước sản xuất ở thời điểm sản xuất thép trong công nghiệp và được phép trong phạm vi mà sáng chế không bị ảnh hưởng bất lợi.

Cần phải hiểu rằng, dưới dạng các nguyên tố tạp chất, hàm lượng Cr và hàm lượng Mo không được quy định cụ thể. Trong tấm thép điện theo sáng chế, tác dụng của sáng chế không bị ảnh hưởng đặc biệt khi lượng mỗi trong số các nguyên tố này nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%.

O cũng là nguyên tố tạp chất và không ảnh hưởng đến tác dụng của sáng chế khi hàm lượng O nằm trong khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%. Vì O có thể được trộn trong bước ủ, tác dụng của sáng chế không bị ảnh hưởng đặc biệt khi hàm lượng O trong giai đoạn ủ tấm (nghĩa là, trị số rót) nằm trong khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%.

Các tạp chất khác với các tạp chất nêu trên là, chẳng hạn, Ti, V, W, Nb, Zr, Ca, Mg, kim loại đất hiếm (rare earth metal, REM), Pb, Bi, As, B, và Se. Tất cả các nguyên tố này ngăn chặn sự phát triển hạt trong một số trường hợp. Lượng của mỗi trong số các nguyên tố nêu trên tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,01% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%.

2. Cường độ ngẫu nhiên tia X trên bề mặt tấm của tấm thép điện:

Trong tấm thép điện theo sáng chế, tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0. Ở đây, bề mặt tấm của tấm thép có nghĩa là bề mặt song song với hướng cán và hướng chiều rộng tấm của tấm thép và bề mặt vuông góc với hướng độ dày tấm của tấm thép. Trong trường hợp như vậy, mức hợp nhất của định hướng $\langle 100 \rangle$, là trục dễ từ hóa, trở nên đủ cao theo hướng ở một góc 45° so với hướng cán RD trên bề mặt tấm của tấm thép.

Khi tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép nhỏ hơn 15,0, mức hợp nhất của trục dễ từ hóa theo hướng ở

một góc 45° so với hướng cán RD quá thấp. Trong trường hợp này, không thể thu được mật độ từ thông đủ theo hướng ở một góc 45° so với hướng cán RD, và tổn hao do sắt cũng tăng lên. Mặt khác, khi tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép vượt quá 50,0, mật độ từ thông bị bão hòa trong tấm thép điện có thành phần hóa học nêu trên.

Do đó, tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0. Giới hạn dưới của tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X tốt hơn là 17,0 và tốt hơn nữa là 20,0. Giới hạn trên của tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X tốt hơn là 47,0 và tốt hơn nữa là 45,0.

Tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép là tỷ lệ của cường độ nhiễu xạ tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ của mẫu tấm thép điện đo được với cường độ nhiễu xạ tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ của mẫu tham chiếu không có sự tích lũy theo định hướng cụ thể (mẫu ngẫu nhiên).

Tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép có thể được đo bằng phương pháp sau đây. Tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X thu được từ hàm phân bố định hướng (orientation distribution function, ODF) thể hiện cấu trúc ba chiều được tính bằng phương pháp khai triển chuỗi dựa trên các hình vẽ cực của $\{200\}$, $\{110\}$, $\{310\}$, và $\{211\}$ của pha α -Fe được đo bằng phương pháp nhiễu xạ tia X. Việc đo bằng phương pháp nhiễu xạ tia X được thực hiện ở vị trí tùy ý giữa độ dày tấm/4 và độ dày tấm/2 của tấm thép điện. Ở thời điểm này, bề mặt đo được hoàn thiện bằng cách đánh bóng hóa học hoặc biện pháp tương tự để trở nên trơn.

3. Mật độ từ thông:

Như được mô tả ở trên, trong tấm thép điện của sáng chế, tiếp theo quá trình cán nguội thứ nhất ở mức giảm cán cao, quá trình cán nguội thứ hai được thực hiện, bằng cách đó một số hạt tinh thể hướng hơi lệch khỏi $\{100\} \langle 011 \rangle$ được bao gồm. Do đó, mật độ từ thông theo hướng $22,5^\circ$ so với hướng cán RD trở nên tương đối cao.

Cụ thể là, mỗi mật độ từ thông trong số các mật độ từ thông theo các hướng 0° , $22,5^\circ$, và 45° so với hướng cán RD của tấm thép thỏa mãn biểu thức (i).

$$1,005 \times (B_{50}(0^\circ) + B_{50}(45^\circ)) / 2 \leq B_{50}(22,5^\circ) \cdots (i)$$

Ở đây, ý nghĩa của mỗi ký hiệu trong biểu thức này là như sau.

$B_{50}(0^\circ)$: mật độ từ thông (T) theo hướng 0° so với hướng cán

$B_{50}(22,5^\circ)$: mật độ từ thông (T) theo hướng $22,5^\circ$ so với hướng cán

$B_{50}(45^\circ)$: mật độ từ thông (T) theo hướng 45° so với hướng cán

Khi biểu thức (i) được thỏa mãn, tính không đẳng hướng được giảm một cách thích hợp, làm cho từ tính dễ dàng chạy theo hình dạng của lõi của thiết bị điện trong trường hợp sử dụng tấm thép điện này làm lõi.

Ngoài việc thỏa mãn biểu thức (i), tấm thép điện theo phương án của sáng chế tốt hơn nữa là thỏa mãn biểu thức (ii) dưới đây. Điều này là do, khi tấm thép điện theo phương án của sáng chế thỏa mãn biểu thức (ii), từ thông tập trung theo hướng của răng và hướng vòng ôm của lõi tách, và có thể giảm được từ thông rò rỉ.

$$B_{50}(45^\circ) - B_{50}(0^\circ) \geq 0,085T \dots (ii)$$

Cần phải hiểu rằng ý nghĩa của mỗi ký hiệu trong biểu thức (ii) là giống như mỗi ký hiệu trong biểu thức (i).

4. Độ dày tấm:

Theo sáng chế, độ dày tấm của tấm thép điện không bị giới hạn đặc biệt. Độ dày tấm được ưu tiên của tấm thép điện nằm trong khoảng từ 0,25 đến 0,50mm. Nói chung, khi độ dày tấm trở nên mỏng hơn, tổn hao do sắt trở nên thấp hơn, nhưng mật độ từ thông trở nên thấp hơn. Khi độ dày tấm của tấm thép điện theo phương án của sáng chế lớn hơn hoặc bằng 0,25mm, tổn hao do sắt trở nên thấp hơn, và mật độ từ thông trở nên cao hơn. Mặt khác, khi độ dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 0,50mm, tổn hao do sắt thấp có thể được duy trì. Giới hạn dưới được ưu tiên của độ dày tấm là 0,30mm. Trong tấm thép điện theo phương án của sáng chế, ngay cả khi độ dày tấm dày như bằng 0,50mm, có thể thu được mật độ từ thông cao và tổn hao do sắt thấp.

5. Sử dụng:

Tấm thép điện theo sáng chế có thể được sử dụng rộng rãi cần đến các đặc tính từ (mật độ từ thông cao và tổn hao do sắt thấp), và các việc sử dụng sau đây là các ví dụ làm ví dụ. (A) Các động cơ trợ động, các động cơ bước, và các máy nén được sử dụng trong thiết bị điện. (B) Các động cơ dẫn động được sử dụng trong các xe điện và các xe

lai. Ở đây, xe bao gồm các xe ô tô, các xe mô tô, các xe lửa, và xe tương tự. (C) Các máy phát điện. (D) Các lõi sắt, các cuộn cảm, các bộ cảm biến dòng điện (E) của thiết bị phản ứng, và tương tự đối với nhiều sử dụng khác.

Tấm thép điện theo sáng chế có thể được sử dụng khác với các sử dụng nêu trên. Tấm thép điện của sáng chế đặc biệt được ưu tiên để sử dụng làm các lõi tách và được ưu tiên hơn nữa là đối với các lõi tách dùng cho động cơ dẫn động của các xe điện hoặc các xe lai mà được sử dụng ở vùng tần số cao là cao hơn hoặc bằng 1000Hz.

6. Phương pháp sản xuất:

Một ví dụ của phương pháp sản xuất tấm thép điện theo sáng chế sẽ được mô tả. Phương pháp sản xuất tấm thép điện bao gồm (a) bước cán nóng, (b) bước cán nguội thứ nhất, (c) bước ủ trung gian, (d) bước cán nguội thứ hai, và (e) bước ủ cuối theo thứ tự này. Sau đây, mỗi bước sẽ được mô tả chi tiết.

(a) Bước cán nóng:

Trong bước cán nóng, quá trình cán nóng được thực hiện trên phôi tấm thỏa mãn thành phần hóa học nêu trên để sản xuất tấm thép. Bước cán nóng bao gồm bước gia nhiệt và bước cán.

Phôi tấm được sản xuất bằng phương pháp đã biết rõ. Chẳng hạn, thép nóng chảy được sản xuất bằng lò chuyển, lò điện, hoặc thiết bị tương tự. Thép nóng chảy sản xuất được được tinh luyện thứ cấp bằng máy khử khí hoặc tương tự để thu được thép nóng chảy có thành phần hóa học nêu trên. Phôi tấm được đúc bằng cách sử dụng thép nóng chảy bằng phương pháp đúc liên tục hoặc phương pháp tạo thổi. Phôi tấm đúc có thể được đúc thành thổi.

Bước gia nhiệt

Trong bước gia nhiệt, phôi tấm có thành phần hóa học nêu trên được gia nhiệt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1200°C. Cụ thể là, phôi tấm được đặt trong lò gia nhiệt hoặc lò giữ nhiệt độ và được gia nhiệt trong lò. Thời gian giữ ở nhiệt độ gia nhiệt nêu trên trong lò gia nhiệt hoặc lò giữ nhiệt độ, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ 30 đến 200 giờ.

Bước cán

Trong bước cán, nhiều hành trình cán được thực hiện trên phôi tấm đã được gia nhiệt bằng bước gia nhiệt để sản xuất tấm thép. Ở đây, “hành trình” có nghĩa là tấm thép đi qua một vị trí cán có một cặp trục cán làm việc và được cán. Là bước cán nóng, chẳng hạn, nhiều hành trình cán có thể được thực hiện bằng cách thực hiện quá trình cán kép bằng cách sử dụng máy cán kép bao gồm nhiều vị trí cán được bố trí theo hàng (mỗi vị trí cán có một cặp trục cán làm việc) hoặc nhiều hành trình cán có thể được thực hiện bằng cách thực hiện quá trình cán ngược có một cặp trục cán làm việc. Từ quan điểm năng suất, được ưu tiên là thực hiện nhiều hành trình cán bằng cách sử dụng máy cán kép.

Nhiệt độ cán cuối trong bước cán được đặt đến cao hơn hoặc bằng điểm biến đổi A_{c3} . Ngoài ra, sau khi hoàn thành bước cán, bước làm nguội được thực hiện đến nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 600°C sao cho tốc độ làm nguội trung bình lên đến 600°C đạt mức nằm trong khoảng từ 50 đến $150^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Phương pháp làm nguội sau khi nhiệt độ của tấm thép đạt 600°C không bị giới hạn đặc biệt. Nhiệt độ của tấm thép nghĩa là nhiệt độ bề mặt ($^{\circ}\text{C}$) của tấm thép.

Ở đây, nhiệt độ cán cuối có nghĩa là nhiệt độ bề mặt ($^{\circ}\text{C}$) của tấm thép trên phía ra của vị trí cán tại đó hành trình cán cuối được thực hiện trong bước cán trong quá trình cán nóng. Nhiệt độ cán cuối có thể được đo bằng, chẳng hạn, nhiệt kế được lắp đặt trên phía ra của vị trí cán tại đó hành trình cán cuối được thực hiện. Cần lưu ý rằng nhiệt độ cán cuối có nghĩa là, chẳng hạn, trong trường hợp chia đều tổng chiều dài của tấm thép thành 10 phần theo hướng cán, giá trị trung bình của các kết quả đo nhiệt độ trong các phần riêng lẻ ngoại trừ phần đầu trước và phần đầu sau.

Ngoài ra, tốc độ làm nguội trung bình lên đến 600°C thu được bằng phương pháp sau đây. Tấm thép có thành phần hóa học nêu trên được sử dụng làm tấm thép mẫu, và nhiệt độ bề mặt được đo bằng nhiệt kế loại bức xạ, bằng cách đó đo thời gian cần thiết để làm nguội tấm thép đến 600°C từ khi hoàn thành cán. Tốc độ làm nguội trung bình thu được dựa trên thời gian đo được.

(b) Bước cán nguội thứ nhất:

Bước cán nguội được thực hiện trên tấm thép được sản xuất bằng bước cán nóng mà không thực hiện bước ủ. Là bước cán nguội, chẳng hạn, nhiều hành trình cán có thể được thực hiện bằng cách thực hiện bước cán kép bằng cách sử dụng máy cán kép bao

gồm nhiều vị trí cán được bố trí theo hàng (mỗi vị trí cán có một cặp trục cán làm việc). Ngoài ra, một hành trình hoặc nhiều hành trình cán có thể được thực hiện bằng cách thực hiện bước cán ngược bằng máy cán Sendzimir hoặc máy cán tương tự có một cặp trục cán làm việc. Từ quan điểm năng suất, được ưu tiên là thực hiện nhiều hành trình cán bằng cách sử dụng máy cán kép.

Trong bước cán nguội thứ nhất, việc cán nguội được thực hiện mà không cần thực hiện xử lý ủ ở giữa bước cán nguội. Chẳng hạn, trong trường hợp thực hiện nhiều hành trình cán nguội bằng cách thực hiện quá trình cán ngược, nhiều hành trình cán nguội được thực hiện mà không cần thực hiện xử lý ủ giữa các hành trình của quá trình cán nguội. Cần phải hiểu rằng chỉ một hành trình cán nguội có thể được thực hiện bằng cách sử dụng máy cán loại ngược. Ngoài ra, trong trường hợp thực hiện bước cán nguội bằng cách sử dụng máy cán loại kép, nhiều hành trình (các hành trình ở các vị trí cán riêng rẽ) của bước cán nguội được thực hiện liên tục.

Mức giảm cán trong bước cán nguội thứ nhất được đặt đến nằm trong khoảng từ 80% đến 92%. Ở đây, mức giảm cán trong bước cán nguội được xác định như được mô tả dưới đây.

Mức giảm cán (%) = $(1 - \text{độ dày tấm của tấm thép sau hành trình cán cuối trong bước cán nguội} / \text{độ dày tấm của tấm thép trước hành trình cán nguội đầu tiên trong bước cán nguội}) \times 100$

Cần phải hiểu rằng bước ủ sau bước cán nóng trước bước cán nguội được bỏ qua. Trong thành phần hóa học của tấm thép điện theo phương án của sáng chế, hàm lượng Mn cao như được mô tả ở trên. Do đó, khi bước ủ tấm thép cán nóng đã được thực hiện trên các tấm thép điện thông thường được thực hiện, Mn phân tách ở biên hạt, điều này làm kém đi đáng kể khả năng gia công của tấm thép (tấm thép cán nóng) sau bước cán nóng. Cần phải hiểu rằng việc xử lý ủ đề cập đến ở đây có nghĩa là, chẳng hạn, xử lý nhiệt ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 300°C.

(c) Bước ủ trung gian:

Trong bước ủ trung gian, việc xử lý ủ được thực hiện trên tấm thép sau bước cán nguội thứ nhất ở nhiệt độ ủ trung gian trong khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 500°C và thấp hơn điểm biến đổi Ac_1 .

Khi nhiệt độ ủ trung gian thấp hơn 500°C , không thể giảm một cách thích đáng ứng suất gây ra bởi bước cán nguội. Trong trường hợp này, mức hợp nhất của định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ giảm. Kết quả là, tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X của tấm thép điện theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép không nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0. Mặt khác, khi nhiệt độ ủ trung gian vượt quá điểm A_{c1} , một phần của cấu trúc của tấm thép được biến đổi thành austenit, và định hướng tinh thể được ngẫu nhiên hóa. Giới hạn dưới của nhiệt độ ủ trung gian tốt hơn là 550°C và tốt hơn nữa là 570°C .

Ở đây, nhiệt độ ủ trung gian được xác định là nhiệt độ tấm (nhiệt độ của bề mặt của tấm thép) ở vùng lân cận của cửa rút ra của lò ủ. Nhiệt độ tấm trong lò ủ có thể được đo bằng nhiệt kế được đặt trong cửa rút ra của lò ủ.

Cần phải hiểu rằng thời gian giữ ở nhiệt độ ủ trung gian trong bước ủ trung gian có thể là thời gian mà người có kỹ năng trong lĩnh vực này đã biết. Thời gian giữ ở nhiệt độ ủ trung gian, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ 1 đến 30 giây. Tuy nhiên, thời gian giữ ở nhiệt độ ủ trung gian không bị giới hạn ở đó. Ngoài ra, tốc độ tăng nhiệt độ lên đến nhiệt độ ủ trung gian có thể còn là điều kiện đã biết. Tốc độ tăng nhiệt độ lên đến nhiệt độ ủ trung gian, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ $10,0$ đến $20,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tuy nhiên, tốc độ tăng nhiệt độ lên đến nhiệt độ ủ trung gian không bị giới hạn ở đó.

Môi trường khí trong bước ủ trung gian không bị giới hạn đặc biệt; tuy nhiên, là môi trường khí trong bước ủ trung gian, chẳng hạn, khí của môi trường khí (khô) chứa 20% H_2 với phần còn lại là N_2 được sử dụng. Tốc độ làm nguội tấm thép sau quá trình ủ trung gian không bị giới hạn đặc biệt. Tốc độ làm nguội này, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ $5,0$ đến $50,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

(d) Bước cán nguội thứ hai:

Bước cán nguội thứ hai được thực hiện trên tấm thép sau khi hoàn thành bước ủ trung gian. Cụ thể là, quá trình cán (cán nguội) được thực hiện trên tấm thép sau bước ủ trung gian ở nhiệt độ bình thường trong không khí. Đối với quá trình cán nguội ở đây, chẳng hạn, máy cán ngược đại diện bởi máy cán Sendzimir nêu trên hoặc máy cán kép được sử dụng.

Trong bước cán nguội thứ hai, quá trình cán nguội được thực hiện mà không cần thực hiện xử lý ủ ở giữa quá trình cán nguội. Chẳng hạn, trong trường hợp thực hiện

nhiều hành trình cán nguội bằng cách thực hiện quá trình cán ngược, nhiều hành trình cán nguội được thực hiện mà không cần thực hiện xử lý ủ giữa các hành trình của quá trình cán nguội. Cần phải hiểu rằng chỉ một hành trình cán nguội có thể được thực hiện bằng cách sử dụng máy cán loại ngược. Ngoài ra, trong trường hợp thực hiện cán nguội bằng cách sử dụng máy cán loại kép, nhiều hành trình (các hành trình ở các vị trí cán riêng rẽ) cán nguội được thực hiện liên tục.

Mức giảm cán trong bước cán nguội thứ hai được đặt đến lớn hơn 15,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 20,0%. Giới hạn dưới được ưu tiên của mức giảm cán trong bước cán nguội thứ hai là 17,0%. Ở đây, mức giảm cán trong bước cán nguội thứ hai được xác định là được mô tả dưới đây.

Mức giảm cán (%) = $(1 - \text{độ dày tấm của tấm thép sau hành trình cán cuối} / \text{độ dày tấm của tấm thép trước hành trình cán nguội đầu tiên}) \times 100$

Số lượng của các hành trình của quá trình cán nguội trong bước cán nguội thứ hai có thể là chỉ một hành trình (nghĩa là, chỉ một lần cán) hoặc có thể là nhiều hành trình cán.

Như được mô tả ở trên, sau khi ứng suất được đưa vào tấm thép bằng bước cán nóng và bước cán nguội thứ nhất, ứng suất đã được đưa vào tấm thép này được giảm một lần bằng bước ủ trung gian. Ngoài ra, bước cán nguội thứ hai được thực hiện. Do đó, ngoài ra, các tinh thể quay, và các hạt tinh thể hướng hơi lệch khỏi $\{100\} \langle 011 \rangle$ tăng lên. Kết quả là, mật độ từ thông theo hướng $22,5^\circ$ so với hướng cán RD cải thiện, và tính không đẳng hướng được giảm một cách thích hợp.

(e) Bước ủ cuối:

Trong bước ủ cuối, việc xử lý ủ được thực hiện trên tấm thép sau bước cán nguội thứ hai ở nhiệt độ ủ cuối trong khoảng từ cao hơn hoặc bằng 500°C và thấp hơn điểm biến đổi A_{c1} .

Khi nhiệt độ ủ cuối thấp hơn 500°C , sự phát triển hạt của các hạt theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ xảy ra không đủ. Kết quả là, tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X của tấm thép điện theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm của tấm thép không nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0. Mặt khác, khi nhiệt độ ủ cuối vượt quá điểm A_{c1} , một phần của cấu trúc của tấm thép được biến đổi thành austenit. Kết quả là, tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X của tấm thép điện theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề

mặt tấm của tấm thép không nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0. Giới hạn dưới của nhiệt độ ủ cuối tốt hơn là 550°C và tốt hơn nữa là 570°C.

Ở đây, nhiệt độ ủ cuối được xác định là nhiệt độ tấm (nhiệt độ của bề mặt của tấm thép) ở vùng lân cận của cửa rút ra của lò ủ. Nhiệt độ lò trong lò ủ có thể được đo bằng nhiệt kế được đặt trong cửa rút ra của lò ủ.

Cần lưu ý rằng tốc độ tăng nhiệt độ lên đến nhiệt độ ủ cuối trong bước ủ cuối có thể là tốc độ tăng nhiệt độ mà người có kỹ năng trong lĩnh vực này đã biết, và thời gian giữ ở nhiệt độ ủ cuối có thể còn là thời gian mà người có kỹ năng trong lĩnh vực này đã biết.

Môi trường khí trong bước ủ cuối không bị giới hạn đặc biệt. Là môi trường khí trong bước ủ cuối, chẳng hạn, khí của môi trường khí (khô) chứa 20% H₂ với phần còn lại là N₂ được sử dụng. Tốc độ làm nguội của tấm thép sau quá trình ủ cuối không bị giới hạn đặc biệt. Tốc độ làm nguội, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ 5 đến 20°C/giây.

Thời gian giữ được ưu tiên ở nhiệt độ ủ cuối trong bước ủ cuối nằm trong khoảng từ 10 đến 120 giây. Khi thời gian giữ nằm trong khoảng từ 10 đến 120 giây, mức hợp nhất của định hướng tinh thể {100} <011> gia tăng. Giới hạn dưới của thời gian giữ tốt hơn nữa là 12 giây và tốt hơn nữa là 15 giây. Giới hạn trên của thời gian giữ tốt hơn nữa là 100 giây và tốt hơn nữa là 90 giây.

Ở đây, thời gian giữ có nghĩa là thời gian giữ sau khi nhiệt độ của tấm thép đạt nhiệt độ ủ cuối.

Tốc độ tăng nhiệt độ được ưu tiên để lên đến nhiệt độ ủ cuối trong bước ủ cuối được đặt đến nhanh hơn hoặc bằng 0,1°C/giây và chậm hơn 10,0°C/giây. Khi tốc độ tăng nhiệt độ nhanh hơn hoặc bằng 0,1°C/giây và chậm hơn 10,0°C/giây, mức hợp nhất của định hướng tinh thể {100} <011> gia tăng.

Thu được tốc độ tăng nhiệt độ bằng phương pháp sau đây. Cặp nhiệt điện được gắn vào tấm thép có thành phần hóa học nêu trên và thu được bằng thực hiện bước cán nóng qua bước cán nguội thứ hai, bằng cách đó tạo ra tấm thép mẫu. Nhiệt độ của tấm thép mẫu mà cặp nhiệt điện gắn vào được tăng lên, và thời gian để tấm thép mẫu đạt nhiệt độ ủ cuối từ khi bắt đầu tăng nhiệt độ được đo. Tốc độ tăng nhiệt độ thu được dựa trên thời gian đo được.

Phương pháp sản xuất tấm thép điện theo sáng chế không bị giới hạn ở các bước sản xuất nêu trên.

Chẳng hạn, trong số các bước sản xuất nêu trên, sau bước cán nóng và trước bước cán nguội, bước phun bi làm sạch và/hoặc bước tẩy gỉ có thể được thực hiện. Trong bước phun bi làm sạch, việc phun bi làm sạch được thực hiện trên tấm thép sau bước cán nóng, bằng cách đó phá vỡ và loại bỏ gỉ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép sau bước cán nóng. Trong bước tẩy gỉ, việc xử lý tẩy gỉ được thực hiện trên tấm thép sau bước cán nóng. Trong quá trình xử lý tẩy gỉ, chẳng hạn, dung dịch axit clohydric trong nước được sử dụng làm dung dịch tẩy gỉ. Việc tẩy gỉ để loại bỏ gỉ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép. Sau bước cán nóng và trước bước cán nguội, bước tẩy gỉ có thể được thực hiện sau khi bước phun bi làm sạch được thực hiện. Ngoài ra, sau bước cán nóng và trước bước cán nguội, bước phun bi làm sạch có thể không được thực hiện sau khi bước tẩy gỉ được thực hiện. Sau bước cán nóng và trước bước cán nguội, bước phun bi làm sạch có thể được thực hiện và bước tẩy gỉ có thể không được thực hiện. Cần phải hiểu rằng bước phun bi làm sạch và bước tẩy gỉ là các bước tùy ý. Do đó, sau bước cán nóng và trước bước cán nguội, hoặc bước phun bi làm sạch hoặc bước tẩy gỉ có thể không thực hiện.

Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện theo sáng chế, hơn nữa, bước phủ có thể được thực hiện sau bước ủ cuối. Trong bước phủ, bề mặt của tấm thép sau bước ủ cuối được phủ bằng lớp phủ cách điện.

Loại lớp phủ cách điện không bị giới hạn đặc biệt. Lớp phủ cách điện có thể là thành phần hữu cơ hoặc thành phần vô cơ, và lớp phủ cách điện có thể chứa thành phần hữu cơ và thành phần vô cơ. Các ví dụ về thành phần vô cơ chứa các thành phần gốc axit dicromatic-axit boric, các thành phần gốc axit phosphoric, các thành phần gốc silic oxit, và thành phần tương tự. Thành phần hữu cơ là, chẳng hạn, nhựa acrylic thông thường, gốc acrylic styren, gốc acrylic silic, gốc silic, gốc polyeste, gốc epoxy, hoặc gốc flo. Trong trường hợp tính đến khả năng phủ, nhựa được ưu tiên là nhựa loại nhũ tương. Lớp phủ cách điện thể hiện khả năng dính bám bằng cách gia nhiệt và/hoặc gia áp có thể được đề xuất. Lớp phủ cách điện có khả năng dính bám là, chẳng hạn, nhựa acrylic, phenolic, gốc epoxy, hoặc gốc melamin.

Cần phải hiểu rằng bước phủ là bước tùy ý. Do đó, sau bước ủ cuối, bước phủ có thể không được thực hiện.

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn bằng các ví dụ, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các phôi tấm có thành phần hóa học trong bảng 1 được gia nhiệt đến 1150°C và sau đó được cán nóng trong các điều kiện thể hiện trong bảng 2 để sản xuất các tấm thép cán nóng có độ dày tấm bằng 2,0mm.

Bảng 1

Loại thép	Thành phần hóa học (% khối lượng, phần còn lại: Fe và tạp chất)								Điểm Ac ₁ (°C)	Điểm Ac ₃ (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ni		
A	0,0015	2,47	3,06	0,018	0,0022	0,05	0,0018	0,0009	878	896
B	0,0018	3,12	3,76	0,011	0,0016	0,02	0,0008	0,0018	894	916
C	0,0016	2,38	4,17	0,009	0,0025	0,01	0,0010	0,0011	806	861
D	0,0015	2,11	2,57	0,010	0,0021	0,03	0,0016	0,0063	903	924
E	0,0012	2,84	3,49	0,008	0,0026	0,02	0,0019	0,2380	885	900
F	0,0017	2,09	3,05	0,009	0,0011	0,04	0,0012	0,0024	912	933
G	0,0018	2,62	3,28	0,010	0,0015	0,01	0,0010	0,0510	842	905
H	0,0015	3,30	3,05	0,027	0,0037	0,08	0,0022	0,8400	945	1003
I	0,0013	2,74	3,71	0,013	0,0019	0,05	0,0015	0,0055	876	935
J	0,0018	2,42	<u>1,83</u>	0,010	0,0022	0,01	0,0011	0,0016	923	941
K	0,0017	2,18	<u>5,21</u>	0,009	0,0028	0,03	0,0008	0,0021	754	807
L	0,0015	<u>1,89</u>	2,74	0,017	0,0025	0,02	0,0012	0,0013	865	878
M	0,0016	<u>3,66</u>	2,81	0,011	0,0026	0,03	0,0012	0,0008	-	-
N	0,0032	3,22	2,95	0,025	0,0018	0,08	0,0017	0,0012	973	996
O	0,0018	2,94	4,82	0,019	0,0009	0,04	0,0013	0,0009	761	815
P	0,0014	2,68	3,45	0,017	0,0012	0,14	0,0019	0,0004	804	872

Bảng 2

Thử nghiệm số	Loại thép	Bước cán nóng			Bước ủ	Bước cán nguội thứ nhất		Bước ủ trung gian	Bước cán nguội thứ hai		Bước ủ cuối	Ghi chú
		Nhiệt độ cán cuối (°C)	Ac ₃ (°C)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)		Mức giảm cán (%)	Nhiệt độ ủ (°C)		Mức giảm cán (%)	Nhiệt độ ủ (°C)		
1	A	923	896	85	Không	85,0	700		18,0	850	Ví dụ theo sáng chế	
2	B	947	916	86	Không	85,0	700		18,0	850		
3	C	928	861	92	Không	85,0	700		18,0	780		
4	D	951	924	88	Không	83,0	700		18,0	880		
5	E	934	900	89	Không	83,0	650		20,0	800		
6	F	987	933	91	Không	83,0	650		20,0	880		
7	G	952	905	112	Không	80,0	650		20,0	800		
8	H	1023	1003	124	Không	80,0	650		20,0	880		
9	I	985	935	108	Không	80,0	800		17,0	780		
10	C	908	861	117	Không	87,0	800		17,0	780		
11	D	971	924	120	Không	87,0	800		17,0	850		
12	J	969	941	114	Không	87,0	800		17,0	850		
13	K	853	807	109	Không	-	-		-	-	Ví dụ so sánh	
14	L	907	878	68	Không	85,0	550		17,0	825		
15	M	931	-	68	Không	85,0	550		17,0	880		
16	A	862	896	61	Không	80,0	550		17,0	825		
17	B	962	916	39	Không	80,0	550		17,0	825		
18	A	927	896	161	Không	80,0	850		16,0	825		
19	B	948	916	124	Không	78,0	850		16,0	825		
20	A	936	896	118	Không	94,0	850		16,0	825		
21	B	958	916	114	Không	83,0	450		16,0	825		
22	A	933	896	114	Không	83,0	900		16,0	825		
23	B	961	916	117	Không	83,0	825		14,0	825		
24	B	946	896	135	Không	85	825		22,0	825		
25	A	944	896	112	Không	90,0	825		19,0	480		
26	B	957	916	111	Không	90,0	825		19,0	925		
27	A	939	896	116	Có	-	-		-	-		
28	N	1012	996	78	Không	87,0	750		18,0	750		
29	O	862	815	96	Không	87,0	750		18,0	750		
30	P	908	872	84	Không	87,0	750		18,0	750		

Các thử nghiệm đánh giá

Các thử nghiệm đánh giá sau đây được thực hiện trên tấm thép điện của mỗi số thép.

Thử nghiệm đo cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 110 \rangle$

Mẫu được lấy ra khỏi tấm thép của mỗi số thử nghiệm, và bề mặt được đánh bóng gương. Từ vùng được đánh bóng gương, vùng tùy ý trong đó các khoảng cách đo của các điểm ảnh là nhỏ hơn hoặc bằng $1/5$ đường kính hạt trung bình và 5000 hạt tinh thể hoặc hơn mà có thể được đo được chọn. Phép đo nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử (electron backscatter diffraction, EBSD) được thực hiện trong vùng đã chọn để thu được các hình vẽ cực $\{200\}$, $\{110\}$, $\{310\}$, và $\{211\}$. Thu được sự phân bố trạng thái phân bố quang học (optical distribution frame, ODF) thể hiện cấu trúc ba chiều mà được tính bởi phương pháp khai triển chuỗi thu được bằng cách sử dụng các hình vẽ cực này. Từ ODF thu được, thu được tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$.

Thử nghiệm để đo mật độ từ thông

Mẫu thử nghiệm dạng tấm đơn có kích thước $55\text{mm} \times 55\text{mm}$ được tạo ra từ tấm thép điện của mỗi số thử nghiệm bằng cách đột dập. Mỗi mật độ từ thông trong số các mật độ từ thông $B_{50} (0^\circ)$, $B_{50} (22,5^\circ)$, và $B_{50} (45^\circ)$ theo các hướng 0° , $22,5^\circ$, và 45° so với hướng cán RD được đo bằng phương pháp nêu trên bằng cách sử dụng thiết bị đo từ tính tấm đơn. Từ trường trong quá trình đo được đặt đến 5000A/m .

Tổn hao do sắt ở 1000Hz $W_{10/1000}$

Mẫu thử nghiệm dạng tấm đơn có kích thước $55\text{mm} \times 55\text{mm}$ được tạo ra từ tấm thép điện của mỗi số thử nghiệm bằng cách đột dập. Tổn hao do sắt $W_{10/1000}$ (W/kg) của mẫu thử nghiệm dạng tấm đơn đã được từ hóa ở tần số bằng 1000Hz và mật độ từ thông cực đại bằng $1,0\text{T}$ được đo bằng cách sử dụng thiết bị đo từ tính tấm đơn.

Các kết quả đánh giá

Các kết quả đánh giá được tóm tắt trong bảng 3. Cần phải lưu ý rằng, nhờ việc đo các thành phần hóa học của các tấm thép điện đã được sản xuất, đã phát hiện được rằng tấm thép điện của mỗi số thép có thành phần hóa học giống như thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 3

Thứ nghiệm số	Loại thép	Mức hợp nhất {100} <110> Tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X	Mật độ từ thông				Giá trị về trái của biểu thức (i)*	Có hoặc không thỏa mãn biểu thức (i)	Tổn hao do sắt W _{10/1000} (W/kg)	Ghi chú
			B ₅₀ (0°) (T)	B ₅₀ (22,5°) (T)	B ₅₀ (45°) (T)					
1	A	31	1,594	1,728	1,826	1,719		Có	42	Ví dụ theo sáng chế
2	B	36	1,590	1,727	1,836	1,722		Có	41	
3	C	28	1,590	1,719	1,829	1,718		Có	40	
4	D	33	1,577	1,716	1,813	1,703		Có	45	
5	E	31	1,576	1,718	1,816	1,704		Có	48	
6	F	25	1,579	1,711	1,814	1,705		Có	41	
7	G	27	1,568	1,720	1,843	1,714		Có	46	
8	H	46	1,566	1,691	1,766	1,674		Có	42	
9	I	38	1,603	1,715	1,801	1,711		Có	43	
10	C	32	1,594	1,721	1,824	1,718		Có	48	
11	D	26	1,606	1,729	1,831	1,727		Có	49	Ví dụ so sánh
12	J	11	1,623	1,650	1,671	1,655		Không	59	
13	K	-	-	-	-	-		Không	-	
14	L	6	1,624	1,647	1,673	1,657		Không	60	
15	M	10	1,630	1,649	1,680	1,663		Không	48	
16	A	6	1,625	1,670	1,701	1,671		Không	56	
17	B	7	1,631	1,653	1,686	1,667		Không	66	
18	A	6	1,624	1,671	1,700	1,670		Không	58	
19	B	6	1,587	1,634	1,669	1,636		Không	62	
20	A	11	1,573	1,658	1,729	1,659		Không	66	
21	B	7	1,623	1,665	1,710	1,675		Không	59	Ví dụ theo sáng chế
22	A	8	1,635	1,664	1,688	1,670		Không	60	
23	B	38	1,618	1,705	1,809	1,722		Không	47	
24	B	12	1,627	1,652	1,678	1,661		Không	48	
25	A	25	1,602	1,664	1,811	1,715		Không	73	
26	B	4	1,626	1,658	1,683	1,663		Không	60	
27	A	-	-	-	-	-		Không	-	
28	N	46	1,541	1,788	1,819	1,688		Có	42	
29	O	23	1,552	1,756	1,800	1,684		Có	41	
30	P	39	1,560	1,722	1,783	1,680		Có	43	

* $1,005 \times (B_{50}(0^\circ) + B_{50}(45^\circ)) / 2 \leq B_{50}(22,5^\circ) \dots (i)$

Như được thể hiện trong bảng 3, trong các thử nghiệm từ số 1 đến 11 và 28 đến 30 thỏa mãn các thông số kỹ thuật của sáng chế, đã phát hiện được rằng tổn hao do sắt và mật độ từ thông rất tốt. Ngoài ra, các kết quả cho thấy rằng các đặc tính từ rất tốt không chỉ theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ mà còn theo chu vi ngoại biên của nó.

Ngược lại, vì hàm lượng Mn nhỏ hơn giá trị cụ thể trong thử nghiệm số 12, và hàm lượng Si nhỏ hơn giá trị cụ thể trong thử nghiệm số 14, định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ không phát triển. Vì hàm lượng Mn vượt quá trong thử nghiệm số 13, khả năng gia công kém đi và các vết nứt được tạo ra sau khi cán nguội, nên dừng thử nghiệm. Ngoài ra, vì hàm lượng Si vượt quá và lệch khỏi thành phần hóa học của hệ biến đổi α - γ trong thử nghiệm số 15, định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ không phát triển.

Vì nhiệt độ cán cuối thấp trong thử nghiệm số 16, tốc độ làm nguội quá chậm trong thử nghiệm số 17, và tốc độ làm nguội quá nhanh trong thử nghiệm số 18, định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ không phát triển. Vì tỷ lệ cán nguội thứ nhất quá thấp trong thử nghiệm số 19, và, ngược lại, tỷ lệ cán nguội thứ nhất quá cao trong thử nghiệm số 20, do đó, nói chung các mật độ từ thông giảm trong cả hai trường hợp. Tương tự, vì nhiệt độ ủ trung gian quá thấp trong thử nghiệm số 21, và, ngược lại, nhiệt độ ủ trung gian quá cao trong thử nghiệm số 22, do đó, nói chung các mật độ từ thông giảm trong cả hai trường hợp.

Trong thử nghiệm số 23, tổn hao do sắt và mật độ từ thông rất tốt, nhưng tỷ lệ cán nguội thứ hai quá thấp, và do đó tính không đẳng hướng không giảm. Mặt khác, trong thử nghiệm số 24, vì tỷ lệ cán nguội thứ hai quá cao, sự lệch ra khỏi định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trở nên lớn, và do đó, nói chung là mật độ từ thông giảm.

Trong thử nghiệm số 25, vì nhiệt độ ủ cuối quá thấp, do đó, các hạt không phát triển, và tính không đẳng hướng cũng quá mạnh. Mặt khác, trong thử nghiệm số 26, vì nhiệt độ ủ cuối quá cao, biến đổi α - γ xuất hiện và cấu trúc được lấy ngẫu nhiên, và do đó, nói chung mật độ từ thông giảm. Hơn nữa, trong thử nghiệm số 27, vì bước ủ không thực hiện trên tấm thép cán nóng, Mn tách ra ở biên hạt và các vết nứt được tạo ra sau khi cán nguội, nên dừng thử nghiệm.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Như được mô tả ở trên, theo sáng chế, có thể thu được tấm thép điện có các đặc tính từ rất tốt không chỉ theo hướng 45° so với hướng cán mà còn theo các hướng chu vi ngoại biên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép điện, tấm thép này chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%,

Si: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 3,50%,

Mn: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 5,00%,

P: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%,

S: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0070%,

Al: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%,

N: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Ni: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%,

Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,10%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

tỷ lệ cường độ ngẫu nhiên tia X theo định hướng tinh thể $\{100\} \langle 011 \rangle$ trên bề mặt tấm nằm trong khoảng từ 15,0 đến 50,0, và

mỗi mật độ từ thông trong số các mật độ từ thông theo các hướng 0° , $22,5^\circ$, và 45° so với hướng cán thỏa mãn biểu thức (i),

$$1,005 \times (B_{50}(0^\circ) + B_{50}(45^\circ)) / 2 \leq B_{50}(22,5^\circ) \cdots (i)$$

ở đây, ý nghĩa của mỗi ký hiệu trong biểu thức (i) là như sau:

$B_{50}(0^\circ)$: mật độ từ thông (T) theo hướng 0° so với hướng cán,

$B_{50}(22,5^\circ)$: mật độ từ thông (T) theo hướng $22,5^\circ$ so với hướng cán, và

$B_{50}(45^\circ)$: mật độ từ thông (T) theo hướng 45° so với hướng cán.

2. Tấm thép điện theo điểm 1,

trong đó, độ dày tấm nằm trong khoảng từ 0,25 đến 0,50mm.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép điện, phương pháp này bao gồm các bước theo thứ tự dưới đây:

trong đó, trên phôi tấm chứa các thành phần hóa học, theo % khối lượng là:

C: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%,

Si: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 3,50%,

Mn: với lượng nằm trong khoảng từ 2,00% đến 5,00%,

P: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%,

S: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0070%,

Al: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%,

N: với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Ni: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%,

Cu: với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,10%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

(a) gia nhiệt phôi tấm đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1200°C, sau đó, thực hiện bước cán nóng dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ cán cuối nằm trong khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm biến đổi Ac_3 , và bước làm nguội phôi tấm đến nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 600°C sau khi hoàn thành bước cán nóng đến 600°C sao cho tốc độ làm nguội trung bình đạt mức nằm trong khoảng từ 50 đến 150°C/giây,

(b) thực hiện bước cán nguội thứ nhất ở mức giảm cán nằm trong khoảng từ 80% đến 92% mà không cần thực hiện quá trình xử lý ủ,

(c) thực hiện quá trình xử lý ủ trung gian ở nhiệt độ ủ trung gian nằm trong khoảng cao hơn hoặc bằng 500°C và thấp hơn điểm biến đổi Ac_1 ,

(d) thực hiện quá trình cán nguội thứ hai ở mức giảm cán lớn hơn 15,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 20,0%, và

(e) thực hiện quá trình xử lý ủ cuối ở nhiệt độ ủ cuối nằm trong khoảng cao hơn hoặc bằng 500°C và thấp hơn điểm biến đổi Ac_1 .

4. Phương pháp sản xuất tấm thép điện theo điểm 3,

trong đó, ở quá trình xử lý ủ cuối, tốc độ tăng nhiệt độ lên đến nhiệt độ ủ cuối được đặt đến nhanh hơn hoặc bằng 0,1°C/giây và chậm hơn 10,0°C/giây, và thời gian giữ ở nhiệt độ ủ cuối được đặt đến nằm trong khoảng từ 10 đến 120 giây.