



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0045881

(51)^{2020.01} C21D 9/46; C22C 38/00; H01F 1/147; (13) B
C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/16;
C21D 8/12; C22C 38/02

(21) 1-2020-04042

(22) 15/02/2019

(86) PCT/JP2019/005576 15/02/2019

(87) WO2019/160087 A1 22/08/2019

(30) 2018-026098 16/02/2018 JP

(45) 26/05/2025 446

(43) 25/12/2020 393A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) Takeshi KUBOTA (JP); Takeaki WAKISAKA (JP); Masafumi MIYAZAKI (JP);
Takashi MOROHOSHI (JP).

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

(54) TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT
TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG

(21) 1-2020-04042

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng, theo một phương án của sáng chế, tấm thép này chứa thành phần hóa học là C: 0,0030% hoặc nhỏ hơn, Si: 2,00% hoặc nhỏ hơn, Al: 1,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,10% đến 2,00%, S: 0,0030% hoặc nhỏ hơn, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd: lớn hơn 0,0100% và không lớn hơn 0,0250%, tham số Q được thể hiện bằng $Q=[Si]+2\times[Al]-[Mn]$ là 2,00 hoặc nhỏ hơn; Sn: 0,00% đến 0,40%, Cu: 0,00% đến 1,00%, và phần còn lại: Fe và các tạp chất, và tham số R được thể hiện bằng $R=(I_{100}+I_{310}+I_{411}+I_{521})/(I_{111}+I_{211}+I_{332}+I_{221})$ là 0,80 hoặc lớn hơn. Sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

[0001]

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

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

[0002]

Các tấm thép điện không định hướng được dùng cho ví dụ như các lõi động cơ. Các tấm thép điện không định hướng cần phải có các đặc tính từ vượt trội như là mật độ từ thông cao. Mặc dù nhiều kỹ thuật khác nhau như là các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 9 đã được đề xuất, nhưng vẫn khó thu được đủ mật độ từ thông.

[Tài liệu kỹ thuật đã biết]

[Tài liệu sáng chế]

[0003]

[Tài liệu sáng chế 1] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số H2-133523

[Tài liệu sáng chế 2] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số H5-140648

[Tài liệu sáng chế 3] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số H6-057332

[Tài liệu sáng chế 4] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số 2002-241905

[Tài liệu sáng chế 5] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số 2004-197217

[Tài liệu sáng chế 6] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số

2004-332042

[Tài liệu sáng chế 7] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số 2005-067737

[Tài liệu sáng chế 8] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số 2011-140683

[Tài liệu sáng chế 9] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản, công bố thứ nhất số 2010-1557

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

[0004]

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép điện không định hướng có khả năng thu được mật độ từ thông cao mà không có sự suy giảm tổn hao sắt và phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng.

Cách thức giải quyết vấn đề

[0005]

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chuyên sâu để giải quyết các vấn đề nêu trên. Kết quả là, người ta thấy rằng điều quan trọng là tạo ra được mối liên hệ thích hợp giữa thành phần hóa học và sự định hướng tinh thể. Người ta cũng phát hiện thấy rằng mối quan hệ này nên được duy trì trên toàn bộ hướng độ dày của tấm thép điện không định hướng. Nhìn chung, tính đẳng hướng của kết cấu trong tấm thép cán cao ở vùng gần với bề mặt cán, và giảm đi do khoảng cách từ bề mặt cán tăng lên. Ví dụ như, ở sáng chế được mô tả trong tài liệu sáng chế 9, số liệu thí nghiệm bộc lộ trong tài liệu này thể hiện rằng vị trí đo của kết cấu càng xa lớp bề mặt thì tính đẳng hướng của kết cấu càng thấp. Các tác giả sáng chế cũng phát hiện thấy rằng tốt hơn là cần phải kiểm soát sự định hướng tinh thể ngay cả trong tấm thép điện không định hướng.

Trong tài liệu sáng chế 9, sự định hướng tinh thể được tích tụ gần định hướng hình lập phương gần lớp bề mặt của tấm thép, trong khi kết cấu sợi gamma

được phát triển ở lớp trung tâm của tấm thép. Tài liệu sáng chế 9 mô tả rằng đặc điểm mới là kết cấu khác nhau rất nhiều giữa lớp bề mặt của tấm thép và lớp trung tâm của tấm thép. Nhìn chung, trong trường hợp mà tấm thép cán được ủ và được tái kết tinh, sự định hướng tinh thể được tích tụ gần các định hướng hình lập phương {200} và {110} gần lớp bề mặt của tấm thép, và kết cấu sợi gamma {222} được phát triển ở lớp tâm của tấm thép. Ví dụ như, trong tài liệu "Effects of Cold Rolling Conditions on r-Value of Ultra Low Carbon Cold Rolled Steel Sheet", Hashimoto et al., Iron and Steel, tập 76, số 1 (1990), trang 50, trong tấm thép thu được bằng cách cán nguội thép chứa 0,0035% C-0,12% Mn-0,001% P-0,0084% S-0,03% Al-0,11% Ti với sự giảm cán là 73%, và sau đó bằng cách ủ tấm thép trong 3 giờ ở 750°C, (222) tăng lên, (200) giảm xuống, và (110) giảm xuống ở tâm theo hướng độ dày tấm khi so sánh với các định hướng trong lớp bề mặt.

Các tác giả sáng chế phát hiện thấy rằng không những cần phải tích tụ sự định hướng tinh thể gần định hướng hình lập phương {200} gần lớp bề mặt của tấm thép, mà còn phải tích tụ sự định hướng tinh thể gần {200} trong lớp tâm của tấm thép.

[0006]

Cũng phát hiện thấy rằng trong quá trình sản xuất tấm thép điện không định hướng này, để thu được dải thép như là dải thép cán nóng được trải qua cán nguội, điều quan trọng là kiểm soát tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình trong quá trình đúc hoặc hóa rắn nhanh thép nóng chảy, kiểm soát sự giảm cán của quá trình cán nguội và kiểm soát lực kéo dịch chuyển tấm và tốc độ làm nguội trong quá trình ủ cuối cùng.

[0007]

Các tác giả sáng chế tiến hành thêm các nghiên cứu chuyên sâu dựa trên các phát hiện này và kết quả là nhận thấy các khía cạnh sau đây của sáng chế.

[0008]

(1) Tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh của sáng chế bao gồm, về thành phần hóa học, theo % khối lượng: C: 0,0030% hoặc nhỏ hơn; Si: 2,00%

hoặc nhỏ hơn; Al: 1,00% hoặc nhỏ hơn; Mn: 0,10% đến 2,00%; S: 0,0030% hoặc nhỏ hơn; một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd: lớn hơn 0,0100% và không lớn hơn 0,0250% tổng số; tham số Q được thể hiện bằng công thức 1 trong đó, [Si] là hàm lượng Si (% khối lượng), [Al] là hàm lượng Al (% khối lượng), và [Mn] là hàm lượng Mn (% khối lượng): 2,00 hoặc nhỏ hơn; Sn: 0,00% đến 0,40%; Cu: 0,00% đến 1,00%; và phần còn lại: Fe và tạp chất, và tham số R được thể hiện bằng công thức 2 trong đó, I_{100} , I_{310} , I_{411} , I_{521} , I_{111} , I_{211} , I_{332} , và I_{221} tương ứng với cường độ định hướng tinh thể {100}, cường độ định hướng tinh thể {310}, cường độ định hướng tinh thể {411}, cường độ định hướng tinh thể {521}, cường độ định hướng tinh thể {111}, cường độ định hướng tinh thể {211}, cường độ định hướng tinh thể {332}, và cường độ định hướng tinh thể {221} ở phần chính giữa độ dày là 0,80 hoặc lớn hơn.

$$Q=[Si]+2\times[Al]-[Mn] \quad (\text{công thức 1})$$

$$R=(I_{100}+I_{310}+I_{411}+I_{521})/(I_{111}+I_{211}+I_{332}+I_{221}) \quad (\text{công thức 2})$$

(2) Trong tấm thép điện không định hướng theo (1), trong thành phần hóa học, Sn: 0,02% đến 0,40% hoặc Cu: 0,10% đến 1,00%, hoặc cả hai có thể được thỏa mãn.

(3) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh khác của sáng chế là phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo (1) hoặc (2), bao gồm: đúc liên tục thép nóng chảy; cán nóng thổi thép thu được bằng cách đúc liên tục; cán nguội dải thép thu được bằng cách cán nóng; và ở cuối cùng tấm thép cán nguội thu được bằng cách cán nguội, trong đó, thép nóng chảy có thành phần hóa học theo (1) hoặc (2), dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phần diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn, và sự giảm cán trong khi cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn.

(4) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo (3), trong quá trình đúc liên tục, sự chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của thổi thép trong khi hóa rắn có thể là 40°C hoặc cao hơn.

(5) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo (3) hoặc (4), trong quá trình cán nóng, nhiệt độ bắt đầu cán nóng có thể là 900°C hoặc

thấp hơn, và nhiệt độ cuộn đổi với dải thép có thể là 650°C hoặc thấp hơn.

(6) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (3) đến (5), trong quá trình ủ cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm có thể là 3MPa hoặc nhỏ hơn, và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C có thể là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn.

(7) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh khác của sáng chế là phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo (1) hoặc (2), bao gồm: hóa rắn nhanh thép nóng chảy; cán nguội dải thép thu được bằng cách hóa rắn nhanh; và ủ cuối cùng tấm thép cán nguội thu được bằng cách cán nguội, trong đó, thép nóng chảy có thành phần hóa học theo (1) hoặc (2), dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phần diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn, và sự giảm cán trong quá trình cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn.

(8) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo (7), trong quá trình hóa rắn nhanh, thép nóng chảy có thể được hóa rắn bằng cách sử dụng vách làm nguội di động, và nhiệt độ của thép nóng chảy được phun vào vách làm nguội di động có thể được điều chỉnh là ít nhất 25°C cao hơn nhiệt độ hóa rắn của thép nóng chảy.

(9) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo (7) hoặc (8), trong quá trình hóa rắn nhanh, thép nóng chảy có thể được hóa rắn bằng cách sử dụng vách làm nguội di động, và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn thép nóng chảy đến khi cuộn dải thép có thể là 1.000 đến 3.000°C/phút.

(10) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (7) đến (9), lực kéo dịch chuyển tấm trong quá trình ủ cuối cùng có thể là 3MPa hoặc nhỏ hơn, và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C có thể là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn.

[Hiệu quả của sáng chế]

[0009]

Theo sáng chế, do mối quan hệ thích hợp được tạo ra giữa thành phần hóa học và sự định hướng tinh thể, nên có thể thu được mật độ từ thông cao mà không có sự suy giảm tổn hao sắt.

Mô tả chi tiết sáng chế

[0010]

Sau đây, các phương án theo sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết.

[0011]

Đầu tiên, thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế và thép nóng chảy mà được sử dụng để sản xuất tấm thép điện không định hướng sẽ được mô tả. Mặc dù các chi tiết của nó sẽ được mô tả sau, nhưng tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế được sản xuất thông qua quá trình đúc và cán nóng thép nóng chảy hoặc hóa rắn nhanh thép nóng chảy, cán nguội, ủ cuối cùng và tương tự. Theo đó, thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng và thép nóng chảy được đưa ra với sự xem xét không chỉ về các đặc tính của tấm thép điện không định hướng mà còn về các xử lý. Trong phần mô tả sau đây, “%”, mà là đơn vị của lượng mỗi nguyên tố được chứa trong tấm thép điện không định hướng hoặc thép nóng chảy, nghĩa là “% khối lượng” trừ khi được quy định khác. Tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thành phần hóa học là C: 0,0030% hoặc nhỏ hơn, Si: 2,00% hoặc nhỏ hơn, Al: 1,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,10% đến 2,00%, S: 0,0030% hoặc nhỏ hơn; một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd: lớn hơn 0,0100% và nhỏ hơn 0,0250% tổng số; tham số Q được thể hiện bằng công thức 1 trong đó, [Si] là hàm lượng Si (% khối lượng), [Al] là hàm lượng Al (% khối lượng), và [Mn] là hàm lượng Mn (% khối lượng): 2,00 hoặc nhỏ hơn, Sn: 0,00% đến 0,40%, Cu: 0,00% đến 1,00%, và phần còn lại: Fe và tạp chất. Các ví dụ về tạp chất bao gồm các tạp chất được chứa trong các nguyên liệu thô như là quặng và kim loại vụn, và các tạp chất được chứa trong các bước sản xuất.

$$Q=[Si]+2\times[Al]-[Mn]$$

(công thức 1)

[0012]

(C: 0,0030% hoặc nhỏ hơn)

C làm tăng tổn hao sắt hoặc gây ra già hóa từ. Do đó, hàm lượng C càng thấp càng tốt và không cần thiết lập giới hạn dưới. Giới hạn dưới của hàm lượng C có thể là 0%, 0,0001%, 0,0002%, 0,0005%, hoặc 0,0010%. Hiện tượng này rõ rệt trong trường hợp hàm lượng C lớn hơn 0,0030%. Theo đó, hàm lượng C là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng C có thể là 0,0028%, 0,0025%, 0,0022%, hoặc 0,0020%.

[0013]

(Si: 0,30% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn)

Như đã biết đến, Si là thành phần có tác dụng làm giảm tổn hao sắt, và được chứa để biểu hiện tác dụng này. Trong trường hợp hàm lượng Si nhỏ hơn 0,30%, thì không biểu hiện đủ hiệu quả giảm tổn hao sắt. Theo đó giới hạn dưới của hàm lượng Si là 0,30%. Ví dụ như, giới hạn dưới của hàm lượng Si có thể là 0,90%, 0,95%, 0,98% hoặc 1,00%. Trong trường hợp hàm lượng Si tăng lên thì mật độ từ thông giảm xuống. Ngoài ra, khả năng gia công giảm và chi phí cũng tăng lên. Theo đó, hàm lượng Si là 2,0% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Si có thể là 1,80%, 1,60%, 1,40% hoặc 1,10%.

[0014]

(Al: 1,00% hoặc nhỏ hơn)

Giống như Si, Al có hiệu quả giảm tổn hao sắt bằng cách tăng điện trở. Ngoài ra, trong trường hợp Al được chứa trong tấm thép điện không định hướng, trong kết cấu thu được bằng cách tái kết tinh sơ cấp, mặt phẳng song song với bề mặt tấm có thể là mặt phẳng mà các tinh thể của mặt phẳng {100} (sau đây có thể được gọi là “tinh thể {100}”) được phát triển. Al được chứa để đạt được tác dụng này. Ví dụ như, giới hạn dưới của hàm lượng Al có thể là 0%, 0,01%, 0,02%, hoặc 0,03%. Trong trường hợp hàm lượng Al lớn hơn 1,00%, thì mật độ từ thông giảm xuống như trong trường hợp của Si. Theo đó, hàm lượng Al là 1,00% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Al có thể là 0,50%, 0,20%, 0,10%, hoặc 0,05%.

[0015]

(Mn: 0,10% đến 2,00%)

Mn làm tăng điện trở, nhờ đó giảm tổn hao dòng điện xoáy, và nhờ đó giảm tổn hao sắt. Trong trường hợp Mn được chứa, trong kết cấu thu được bằng cách tái kết tinh sơ cấp, mặt phẳng song song với bề mặt tấm có thể là mặt phẳng trong đó, tinh thể {100} được phát triển. Tinh thể {100} thích hợp để cải thiện đều các đặc tính từ theo mọi hướng nằm trong bề mặt tấm. Hàm lượng Mn càng cao, thì nhiệt độ kết tủa MnS càng cao và lượng MnS kết tủa càng nhiều. Theo đó, hàm lượng Mn càng cao, thì MnS mịn càng ít mà cản trở sự tái kết tinh và hình thành hạt trong quá trình ủ cuối cùng và có cỡ hạt khoảng 100nm có khả năng kết tủa. Trong trường hợp hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,10%, các tác dụng và hiệu quả này không thể thu được đầy đủ. Theo đó, hàm lượng Mn là 0,10% hoặc lớn hơn. Giới hạn dưới của hàm lượng Mn có thể là 0,12%, 0,15%, 0,18%, hoặc 0,20%. Trong trường hợp hàm lượng Mn lớn hơn 2,00%, các hạt hình thành không đủ trong quá trình ủ cuối cùng, và tổn hao sắt tăng lên. Theo đó, hàm lượng Mn là 2,00% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Mn có thể là 1,00%, 0,50%, 0,30%, hoặc 0,25%.

[0016]

(S: 0,0030% hoặc nhỏ hơn)

S không phải nguyên tố cần thiết, và được chứa là ví dụ như là tạp chất trong thép. S cản trở sự tái kết tinh và hình thành hạt trong quá trình ủ cuối cùng nhờ sự kết tủa của MnS mịn. Theo đó, hàm lượng S càng thấp càng tốt. Trong trường hợp hàm lượng S lớn hơn 0,0030%, tổn hao sắt tăng lên đáng kể. Theo đó, hàm lượng S là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Không cần quy định cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng S, và giới hạn dưới của hàm lượng S có thể là, ví dụ như, 0%, 0,0005%, 0,0010%, hoặc 0,0015%.

[0017]

(Một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd: lớn hơn 0,0100% và 0,0250% hoặc nhỏ hơn tổng số)

Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd phản ứng với S trong thép nóng chảy trong quá trình đúc hoặc hóa rắn nhanh thép nóng chảy, và tạo ra các chất kết

tủa của các sulfua và/hoặc các oxysulfua. Sau đây, Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd có thể là được gọi chung là “nguyên tố hình thành chất kết tủa thô”. Cỡ hạt của các chất kết tủa của các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô là khoảng 1µm đến 2µm, mà lớn hơn nhiều cỡ hạt (khoảng 100nm) của các chất kết tủa mịn như là MnS, TiN, và AlN. Theo đó, các chất kết tủa mịn này bám vào các chất kết tủa của các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô, và hầu như không cản trở sự tái kết tinh và hình thành hạt trong quá trình ủ cuối cùng. Trong trường hợp tổng lượng các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô là 0,0100% hoặc nhỏ hơn, thì các tác dụng và hiệu quả này thu được không đủ. Theo đó, tổng lượng các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô lớn hơn 0,0100%. Giới hạn dưới của tổng lượng các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô có thể là 0,0110%, 0,0120%, 0,0150%, hoặc 0,0170%. Trong trường hợp tổng lượng các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô lớn hơn 0,0250%, các chất kết tủa ngoài các sulfua và/hoặc các oxysulfua có thể được tạo ra, và sự tái kết tinh và hình thành hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị cản trở. Theo đó, tổng lượng các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô là 0,0250% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của tổng lượng các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô có thể là 0,0240%, 0,0230%, 0,0220%, hoặc 0,0210%.

Theo kết quả thí nghiệm của các tác giả sáng chế, chỉ cần lượng các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô nằm trong khoảng nêu trên, thì hiệu quả do các kết tủa thô chắc chắn được biểu hiện, và các hạt của tấm thép điện không định hướng hình thành đầy đủ. Theo đó, không cần giới hạn cụ thể dạng và các thành phần của các chất kết tủa thô được tạo ra bởi các nguyên tố hình thành chất kết tủa thô. Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, tổng khối lượng của S được chứa trong các sulfua hoặc các oxysulfua của nguyên tố hình thành chất kết tủa thô tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn tổng khối lượng của S được chứa trong tấm thép điện không định hướng. Như được mô tả nêu trên, nguyên tố hình thành chất kết tủa thô phản ứng với S trong thép nóng chảy trong quá trình đúc hoặc hóa rắn nhanh thép nóng chảy, và tạo ra các chất kết tủa của các sulfua và/hoặc các oxysulfua. Theo đó, việc mà tỷ lệ của tổng khối lượng S được chứa trong sulfua hoặc các oxysulfua của nguyên tố hình thành chất kết tủa thô với tổng khối lượng của S được chứa trong tấm thép điện không định hướng cao có nghĩa rằng lượng vừa đủ các nguyên tố hình

thành chất kết tủa thô được chứa trong tấm thép điện không định hướng, và các chất kết tủa mịn như MnS bám hiệu quả vào các chất kết tủa này. Theo đó, tỷ lệ nêu trên càng cao, thì sự tái kết tinh và sự hình thành hạt trong quá trình ủ cuối cùng càng được thúc đẩy, và thu được các đặc tính từ vượt trội. Tỷ lệ nêu trên có thể đạt được bằng cách, ví dụ như, kiểm soát các điều kiện sản xuất trong quá trình đúc hoặc hóa rắn nhanh thép nóng chảy như được mô tả dưới đây.

[0018]

(Tham số Q: 2,00 hoặc nhỏ hơn)

Tham số Q là giá trị được thể hiện bằng công thức 1 trong đó, [Si] là hàm lượng Si (% khối lượng), [Al] là hàm lượng Al (% khối lượng), và [Mn] là hàm lượng Mn (% khối lượng).

$$Q=[Si]+2\times[Al]-[Mn] \quad (\text{công thức 1})$$

Bằng cách điều chỉnh tham số Q là 2,00 hoặc nhỏ hơn, sự biến đổi từ austenit thành ferit (sự biến đổi $\gamma \rightarrow \alpha$) có thể xảy ra trong quá trình làm nguội sau khi đúc liên tục hoặc hóa rắn nhanh thép nóng chảy, và kết cấu $\{100\}<0vw>$ của các hạt dạng cột rõ ràng hơn. Giới hạn trên của tham số Q có thể là 1,50%, 1,20%, 1,00%, 0,90%, hoặc 0,88%. Không cần giới hạn cụ thể giới hạn dưới của tham số Q, và giới hạn dưới có thể là, ví dụ như, 0,20%, 0,40%, 0,80%, 0,82%, hoặc 0,85%.

[0019]

Sn và Cu là các nguyên tố không cần thiết, và giới hạn dưới hàm lượng của nó là 0%. Sn và Cu là các nguyên tố tùy chọn mà có thể được chứa thích hợp với lượng định trước trong tấm thép điện không định hướng.

[0020]

(Sn: 0,00% đến 0,40%, Cu: 0,00% đến 1,00%)

Sn và Cu phát triển các tinh thể thích hợp cho việc cải thiện các đặc tính từ trong sự tái kết tinh sơ cấp. Theo đó, trong trường hợp Sn và/hoặc Cu được chứa, kết cấu trong đó, tinh thể $\{100\}$ phù hợp để cải thiện đều các đặc tính từ theo mọi hướng nằm trong bề mặt tấm đã được phát triển dễ dàng thu được ở sự tái kết tinh sơ cấp. Sn ngăn ngừa oxy hóa và nitơ hóa bề mặt của tấm thép trong quá trình ủ cuối cùng,

hoặc ngăn ngừa sự thay đổi kích cỡ hạt. Theo đó, Sn và/hoặc Cu có thể được chứa. Để thu được đủ các tác dụng và hiệu quả này, Sn tốt hơn là 0,02% hoặc lớn hơn và/hoặc Cu tốt hơn là 0,10% hoặc lớn hơn. Giới hạn dưới của hàm lượng Sn có thể là 0,05%, 0,08%, hoặc 0,10%. Giới hạn dưới của hàm lượng Cu có thể là 0,12%, 0,15%, hoặc 0,20%. Trong trường hợp hàm lượng Sn lớn hơn 0,40%, các tác dụng và hiệu quả nêu trên bị bão hòa, và do đó chi phí tăng lên vô ích, hoặc sự hình thành hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị ngăn cản. Theo đó, hàm lượng Sn là 0,40% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Sn có thể là 0,35%, 0,30%, hoặc 0,20%. Trong trường hợp hàm lượng Cu lớn hơn 1,00%, tấm thép trở nên giòn, và do đó khó thực hiện cán nóng và cán nguội, hoặc khó truyền tấm thép đi qua dây chuyền ủ cuối cùng. Theo đó, hàm lượng Cu là 1,00% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Cu có thể là 0,80%, 0,60%, hoặc 0,40%.

[0021]

Tiếp theo, kết cấu của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Ở tấm thép điện không định hướng theo phương án này, tham số R được thể hiện bằng công thức 2 trong đó, I_{100} , I_{310} , I_{411} , I_{521} , I_{111} , I_{211} , I_{332} , và I_{221} tương ứng với cường độ định hướng tinh thể {100}, cường độ định hướng tinh thể {310}, cường độ định hướng tinh thể {411}, cường độ định hướng tinh thể {521}, cường độ định hướng tinh thể {111}, cường độ định hướng tinh thể {211}, cường độ định hướng tinh thể {332}, và cường độ định hướng tinh thể {221} ở phần chính giữa độ dày là 0,80 hoặc lớn hơn. Phần chính giữa độ dày (nhìn chung có thể được gọi là phần 1/2T) nghĩa là vùng tại độ sâu khoảng 1/2 độ dày tấm T của tấm thép điện không định hướng từ bề mặt cán của tấm thép điện không định hướng. Nói cách khác, phần chính giữa độ dày nghĩa là mặt phẳng trung gian giữa cả hai bề mặt cán của tấm thép điện không định hướng và vùng xung quanh đó.

$$R = (I_{100} + I_{310} + I_{411} + I_{521}) / (I_{111} + I_{211} + I_{332} + I_{221}) \quad (\text{công thức 2})$$

[0022]

{310}, {411}, và {521} gần {100}, và tổng của I_{100} , I_{310} , I_{411} , và I_{521} là tổng của các cường độ định hướng tinh thể của phần gần {100}, bao gồm chính {100}. {211}, {332}, và {221} gần {111}, và tổng của I_{111} , I_{211} , I_{332} , và I_{221} là tổng của các

cường độ định hướng tinh thể của phần gần $\{111\}$, bao gồm chính $\{111\}$. Trong trường hợp tham số R trong phần chính giữa độ dày nhỏ hơn 0,80, các đặc tính từ giảm, do đó mật độ từ thông giảm hoặc tổn hao sắt tăng. Theo đó, trong hệ thành phần này, trong trường hợp mà độ dày là, ví dụ như, 0,50mm, các đặc tính từ được thể hiện bằng mật độ từ thông B50_L theo hướng cán (hướng L): 1,79T hoặc lớn hơn, giá trị trung bình B50_{L+C} của các mật độ từ thông B50 theo hướng cán và theo hướng độ rộng (hướng C): 1,75T hoặc lớn hơn, tổn hao sắt W15/50_L theo hướng cán: 4,5W/kg hoặc nhỏ hơn, và giá trị trung bình W15/50_{L+C} của tổn hao sắt W15/50 theo hướng cán và theo hướng độ rộng: 5,0 W/kg hoặc nhỏ hơn không thể biểu hiện được. Tham số R trong phần chính giữa độ dày có thể được điều chỉnh đến giá trị mong muốn bằng cách điều chỉnh, ví dụ như, sự chênh lệch giữa nhiệt độ tại đó thép nóng chảy được rót vào bề mặt của vách làm nguội di động và nhiệt độ hóa rắn của thép nóng chảy, sự chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của vật đúc trong quá trình hóa rắn, lượng sulfua hoặc các oxysulfua được tạo ra, tỷ lệ cán nguội và tương tự. Giới hạn dưới của tham số R trong phần chính giữa độ dày có thể là 0,82, 0,85, 0,90, hoặc 0,95. Tham số R trong phần chính giữa độ dày càng cao càng tốt. Theo đó, không cần phải quy định giới hạn trên của tham số R, và giới hạn trên có thể là, ví dụ như, 2,00, 1,90, 1,80, hoặc 1,70.

Sự định hướng tinh thể của tấm thép điện không định hướng theo phương án này cần phải được kiểm soát như được mô tả nêu trên trong toàn tấm. Tuy nhiên, tính đẳng hướng của kết cấu trong tấm thép cán cao ở vùng gần bề mặt cán, và nhìn chung bị giảm đi do khoảng cách từ bề mặt cán tăng. Ví dụ như, trong tài liệu "Effects of Cold Rolling Conditions on r-Value of Ultra Low Carbon Cold Rolled Steel Sheet", Hashimoto et al., Iron and Steel, tập 76, số 1 (1990), trang 50, trong tấm thép thu được bằng cách cán nguội thép chứa 0,0035% C-0,12% Mn-0,001% P-0,0084% S-0,03% Al-0,11% Ti với sự giảm cán là 73%, và sau đó bằng cách ủ tấm thép trong 3 giờ ở 750°C, (222) tăng lên, (200) giảm xuống, và (110) giảm xuống ở tâm theo hướng độ dày tấm khi so sánh với các định hướng trong lớp bề mặt.

Theo đó, trong trường hợp tham số R là 0,8 hoặc lớn hơn trong phần chính giữa độ dày, mà là xa nhất từ bề mặt cán, có thể đạt được mức độ đẳng hướng bằng hoặc cao hơn ở các vùng khác. Vì những lý do trên, sự định hướng tinh thể của tấm

thép điện không định hướng theo phương án này được quy định trong phần chính giữa độ dày.

[0023]

Cường độ định hướng tinh thể $\{100\}$, cường độ định hướng tinh thể $\{310\}$, cường độ định hướng tinh thể $\{411\}$, cường độ định hướng tinh thể $\{521\}$, cường độ định hướng tinh thể $\{111\}$, cường độ định hướng tinh thể $\{211\}$, cường độ định hướng tinh thể $\{332\}$, và cường độ định hướng tinh thể $\{221\}$ trong phần chính giữa độ dày có thể được đo bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) hoặc phương pháp nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược (EBSD). Cụ thể là, mặt phẳng song song với bề mặt cán của tấm thép điện không định hướng ở độ sâu khoảng 1/2 độ dày tấm T từ bề mặt cán được để lộ ra bằng phương pháp thông thường và được trải qua phân tích XRD hoặc phân tích EBSD để đo từng cường độ định hướng tinh thể, và tham số R ở phần chính giữa độ dày có thể được tính toán. Do cường độ nhiễu xạ của các tia X và các chùm điện tử từ mẫu thử khác nhau đối với từng định hướng tinh thể, cường độ định hướng tinh thể có thể thu được dựa trên tỷ lệ tương đối đối với mẫu thử định hướng ngẫu nhiên.

[0024]

Tiếp theo, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Trong trường hợp tấm thép điện không định hướng theo phương án này có, ví dụ như, độ dày là 0,50mm, tấm thép điện không định hướng có thể biểu hiện các đặc tính từ được thể hiện bởi mật độ từ thông B50_L theo hướng cán (hướng L): 1,79T hoặc lớn hơn, giá trị trung bình B50_{L+C} của các mật độ từ thông B50 theo hướng cán và theo hướng độ rộng (hướng C): 1,75T hoặc lớn hơn, tổn hao sắt W15/50_L theo hướng cán: 4,5W/kg hoặc nhỏ hơn, và giá trị trung bình W15/50_{L+C} của tổn hao sắt W15/50 theo hướng cán và theo hướng độ rộng: 5,0W/kg hoặc nhỏ hơn. Mật độ từ thông B50 là mật độ từ thông trong từ trường 5.000A/m, và tổn hao sắt W15/50 là tổn hao sắt tại mật độ từ thông là 1,5T và tần số là 50Hz.

[0025]

Tiếp theo, ví dụ về phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Rõ ràng rằng phương pháp sản xuất tấm thép

điện không định hướng theo phương án này không bị giới hạn cụ thể. Tấm thép điện không định hướng thỏa mãn các yêu cầu nêu trên tương ứng với tấm thép điện không định hướng theo phương án này ngay cả trong trường hợp tấm thép điện không định hướng thu được theo phương pháp khác với phương pháp sản xuất được đưa ra làm ví dụ dưới đây.

Thứ nhất, phương pháp thứ nhất để sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả minh họa. Trong phương pháp sản xuất thứ nhất, đúc liên tục thép nóng chảy, cán nóng, cán nguội, ủ cuối cùng, và tương tự được thực hiện.

[0026]

Trong quá trình đúc và cán nóng thép nóng chảy, thép nóng chảy có thành phần hóa học ở trên được đúc để tạo ra thỏi thép như là phôi thép, và cán nóng được thực hiện để thu được dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phần diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn. Trong quá trình hóa rắn, trong trường hợp mà sự chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt ngoài cùng và bên trong thỏi thép, hoặc sự chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của thỏi thép đủ lớn, thì các hạt hóa rắn trong bề mặt của thỏi thép được hình thành theo hướng vuông góc với bề mặt để tạo ra các hạt dạng cột. Trong thép có cấu trúc BCC, các hạt dạng cột được hình thành sao cho mặt phẳng $\{100\}$ song song với bề mặt của thỏi thép. Trong trường hợp mà, trước khi phát triển các hạt dạng cột từ bề mặt đến tâm thỏi thép hoặc từ một bề mặt đến bề mặt còn lại của thỏi thép, nhiệt độ bên trong thỏi thép hoặc nhiệt độ của bề mặt còn lại của thỏi thép giảm xuống và đạt nhiệt độ hóa rắn, sự kết tinh được bắt đầu bên trong thỏi thép hoặc trong bề mặt còn lại của thỏi thép. Các tinh thể được kết tinh bên trong thỏi thép hoặc trong bề mặt còn lại của thỏi thép được hình thành tương đương và có sự định hướng tinh thể khác với các hạt dạng cột.

Ví dụ như, tỷ lệ hạt dạng cột có thể được đo theo các bước sau đây. Đầu tiên, mặt cắt ngang của dải thép được đánh bóng và khắc bằng dung dịch ăn mòn gốc axit picric để lộ ra cấu trúc hóa rắn. Ở đây, mặt cắt ngang của dải thép có thể là mặt cắt ngang chữ L song song với hướng dọc của dải thép hoặc mặt cắt ngang chữ C vuông

góc với hướng dọc của dải thép, và mặt cắt ngang chữ L thường được sử dụng. Trong mặt cắt ngang này, trong trường hợp dendrit phát triển theo hướng độ dày tấm và xuyên qua toàn bộ độ dày tấm, thì tỷ lệ hạt dạng cột được xác định là 100%. Trong trường hợp cấu trúc hạt đen (các hạt đẳng trục) ngoài dendrit được quan sát thấy ở mặt cắt ngang, thì giá trị thu được bằng cách trừ độ dày của cấu trúc hạt ra khỏi toàn bộ độ dày của tấm thép và bằng cách chia kết quả của phép trừ cho toàn bộ độ dày của tấm thép xác định được tỷ lệ hạt dạng cột của tấm thép.

Trong phương pháp sản xuất thứ nhất, sự biến đổi $\gamma \rightarrow \alpha$ có thể xảy ra trong quá trình làm nguội sau khi đúc liên tục thép nóng chảy, và cấu trúc tinh thể đã trải qua sự biến đổi $\gamma \rightarrow \alpha$ từ các hạt dạng cột cũng được coi là các hạt dạng cột. Bằng cách trải qua sự biến đổi $\gamma \rightarrow \alpha$, kết cấu $\{100\} \langle 0vw \rangle$ của các hạt dạng cột rõ ràng hơn.

[0027]

Các hạt dạng cột có kết cấu $\{100\} \langle 0vw \rangle$ mong muốn để cải thiện đều các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng, cụ thể là các đặc tính từ theo mọi hướng nằm trong bề mặt tấm. Kết cấu $\{100\} \langle 0vw \rangle$ là kết cấu mà tinh thể, trong đó, mặt phẳng song song với bề mặt tấm là mặt phẳng $\{100\}$ và trong đó, hướng cán ở trong sự định hướng $\langle 0vw \rangle$, được phát triển (mỗi v và w là số thực bất kỳ (ngoại trừ trường hợp cả v và w bằng 0)). Trong trường hợp tỷ lệ hạt dạng cột nhỏ hơn 80%, không thể thu được kết cấu trong đó, tinh thể $\{100\}$ được phát triển bằng cách ủ cuối cùng toàn bộ theo hướng độ dày tấm của tấm thép điện không định hướng. Trong trường hợp đó, như được mô tả nêu trên, tinh thể $\{100\}$ không được phát triển trong phần chính giữa độ dày của tấm thép, trong khi tinh thể $\{111\}$ không thuận lợi cho các đặc tính từ được phát triển. Để thu được kết cấu trong đó, tinh thể $\{100\}$ được phát triển lên đến phần chính giữa độ dày của tấm thép, thì tỷ lệ hạt dạng cột của dải thép là 80% hoặc lớn hơn. Như được mô tả nêu trên, tỷ lệ hạt dạng cột của dải thép có thể được quy định bằng cách quan sát mặt cắt ngang của dải thép bằng kính hiển vi. Tuy nhiên, tỷ lệ hạt dạng cột của dải thép không thể đo được chính xác sau khi cán nguội hoặc xử lý nhiệt được mô tả sau đây được thực hiện trên dải thép. Theo đó, ở tấm thép điện không định hướng theo phương án này, tỷ lệ hạt dạng cột không

được quy định cụ thể.

Trong phương pháp sản xuất thứ nhất, ví dụ như, sự chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của thép như là vật đúc trong quá trình hóa rắn được điều chỉnh đến 40°C hoặc cao hơn để điều chỉnh tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn. Sự chênh lệch nhiệt độ này có thể được kiểm soát bởi cấu trúc làm nguội, vật liệu, côn khuôn, chất tạo xỉ khuôn, và tương tự của khuôn. Trong trường hợp thép nóng chảy được đúc trong điều kiện mà tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn, sulfua và/hoặc các oxysulfua của Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, hoặc Cd được tạo ra dễ dàng, và sự tạo ra sulfua mịn như MnS được ngăn ngừa.

[0028]

Cỡ hạt trung bình của dải thép càng nhỏ thì số lượng hạt càng lớn và diện tích các biên hạt càng lớn. Ở sự tái kết tinh trong quá trình ủ cuối cùng, các tinh thể được hình thành từ bên trong các hạt và từ các biên hạt, mà trong đó, tinh thể được hình thành từ bên trong hạt là tinh thể {100} mong muốn về các đặc tính từ, và ngược lại, tinh thể được hình thành từ biên hạt là tinh thể không mong muốn các đặc tính từ, như là tinh thể {111}<112>. Do đó, cỡ hạt trung bình của dải thép càng lớn, thì tinh thể {100} mong muốn về các đặc tính từ càng có nhiều khả năng phát triển trong quá trình ủ cuối cùng, và cụ thể là trong trường hợp cỡ hạt trung bình của dải thép là 0,10mm hoặc lớn hơn, có thể thu được các đặc tính từ vượt trội. Do đó, cỡ hạt trung bình của dải thép là 0,10mm hoặc lớn hơn. Cỡ hạt trung bình của dải thép có thể được điều chỉnh nhờ sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của vật đúc trong quá trình đúc, tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng nhiệt độ là 700°C hoặc cao hơn, nhiệt độ bắt đầu cán nóng, nhiệt độ cuộn, và tương tự. Trong trường hợp sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của vật đúc trong quá trình đúc là 40°C hoặc cao hơn và tốc độ làm nguội trung bình ở 700°C hoặc cao hơn là 10°C/phút hoặc nhỏ hơn, thì thu được dải thép trong đó, cỡ hạt trung bình là các hạt dạng cột được chứa trong dải thép là 0,10mm hoặc lớn hơn. Hơn nữa, trong trường hợp nhiệt độ bắt đầu cán nóng là 900°C hoặc thấp hơn và nhiệt độ cuộn là 650°C hoặc thấp hơn, các hạt được chứa trong dải thép không được tái kết tinh và được mở rộng, và do đó thu được dải thép có đường kính hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn. Tốc độ làm

nguội trung bình nằm trong khoảng nhiệt độ là 700°C hoặc cao hơn là tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ bắt đầu đúc xuống 700°C , và là giá trị thu được bằng cách chia sự chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu đúc và 700°C cho thời gian cần để làm nguội từ nhiệt độ bắt đầu đúc xuống 700°C .

[0029]

Tốt hơn là nguyên tố hình thành kết tủa thô được đặt trên đáy của nồi cuối cùng trước khi đúc trong quá trình luyện thép, và thép nóng chảy chứa nguyên tố khác ngoài nguyên tố hình thành kết tủa thô được rót vào trong nồi để hòa tan nguyên tố hình thành kết tủa thô trong thép nóng chảy. Theo đó, có thể gây khó khăn cho nguyên tố hình thành kết tủa thô để được phân tán từ thép nóng chảy, và thúc đẩy phản ứng giữa nguyên tố hình thành kết tủa thô và S. Nồi cuối cùng trước khi đúc trong quá trình luyện thép là, ví dụ như, nồi thẳng phía trên gàu chuyên dụng của máy đúc liên tục.

[0030]

Trong trường hợp sự giảm cán của quá trình cán nguội lớn hơn 90%, kết cấu mà cản trở sự cải thiện các đặc tính từ, như kết cấu $\{111\}<112>$, có khả năng phát triển trong quá trình ủ cuối cùng. Theo đó, sự giảm cán của quá trình cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn. Trong trường hợp sự giảm cán của quá trình cán nguội nhỏ hơn 40%, có thể khó đảm bảo được độ chính xác của độ dày và độ phẳng của tấm thép điện không định hướng. Theo đó, sự giảm cán của quá trình cán nguội tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn.

[0031]

Bằng cách ủ cuối cùng, sự tái kết tinh sơ cấp và sự hình thành hạt được tạo ra, và cỡ hạt trung bình được điều chỉnh là $50\mu\text{m}$ đến $180\mu\text{m}$. Bằng cách ủ cuối cùng này, thu được kết cấu mà trong đó, tinh thể $\{100\}$ thích hợp để cải thiện đều các đặc tính từ theo mọi hướng nằm trong bề mặt tấm được phát triển. Trong quá trình ủ cuối cùng, ví dụ như, nhiệt độ bảo quản là 750°C đến 950°C , và thời gian bảo quản là 10 giây đến 60 giây.

[0032]

Trong trường hợp lực kéo dịch chuyển tấm trong quá trình ủ cuối cùng lớn hơn 3MPa, thì biến dạng đàn hồi dị hướng có thể có khả năng duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Biến dạng đàn hồi dị hướng làm biến dạng kết cấu. Theo đó, ngay cả trong trường hợp thu được kết cấu trong đó, tinh thể $\{100\}$ được phát triển, thì kết cấu có thể bị biến dạng, và tính đồng đều của các đặc tính từ nằm trong bề mặt tấm có thể thấp. Do đó, lực kéo dịch chuyển tấm trong quá trình ủ cuối cùng tốt hơn là 3MPa hoặc nhỏ hơn. Ngay cả trong trường hợp tốc độ làm nguội giữa 950°C và 700°C trong quá trình ủ cuối cùng lớn hơn 1°C/giây, thì biến dạng đàn hồi dị hướng có thể duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Do đó, tốc độ làm nguội giữa 950°C và 700°C trong quá trình ủ cuối cùng tốt hơn là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn. Ở đây, tốc độ làm nguội khác với tốc độ làm nguội trung bình (giá trị thu được bằng cách chia sự chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu làm nguội và nhiệt độ kết thúc làm nguội cho thời gian cần để làm nguội). Xem xét về sự cần thiết của việc luôn giữ tốc độ làm nguội thấp, thì tốc độ làm nguội được yêu cầu luôn là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn nằm trong khoảng nhiệt độ là 950°C xuống 700°C trong quá trình ủ cuối cùng.

[0033]

Theo cách thức này, tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể được sản xuất. Sau khi ủ cuối cùng, lớp phủ cách điện có thể được tạo ra bằng cách phủ và nung.

[0034]

Tiếp theo, phương pháp thứ hai để sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Trong phương pháp sản xuất thứ hai, hóa rắn nhanh thép nóng chảy, cán nguội, ủ cuối cùng và tương tự được thực hiện.

[0035]

Trong quá trình hóa rắn nhanh thép nóng chảy, thép nóng chảy có thành phần hóa học ở trên được hóa rắn nhanh trên bề mặt của vách làm nguội di động, và thu được dải thép trong đó, tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phần diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn. Trong phương pháp sản xuất thứ hai, sự biến đổi $\gamma \rightarrow \alpha$ có thể xảy ra trong quá trình làm nguội sau khi hóa rắn nhanh thép nóng chảy, và cấu trúc tinh thể đã trải qua sự biến đổi $\gamma \rightarrow \alpha$ từ các hạt dạng cột

cũng được coi là các hạt dạng cột. Bằng cách trải qua sự biến đổi $\gamma \rightarrow \alpha$, kết cấu $\{100\} \langle 0vw \rangle$ của các hạt dạng cột rõ ràng hơn.

[0036]

Các hạt dạng cột có kết cấu $\{100\} \langle 0vw \rangle$ mong muốn để cải thiện đều các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng, cụ thể là các đặc tính từ theo mọi hướng nằm trong bề mặt tấm. Kết cấu $\{100\} \langle 0vw \rangle$ là kết cấu mà tinh thể, trong đó, mặt phẳng song song với bề mặt tấm là mặt phẳng $\{100\}$ và trong đó, hướng cán ở trong sự định hướng $\langle 0vw \rangle$, được phát triển (mỗi v và w là số thực bất kỳ (ngoại trừ trường hợp cả v và w bằng 0)). Trong trường hợp tỷ lệ hạt dạng cột nhỏ hơn 80%, không thể thu được kết cấu trong đó, tinh thể $\{100\}$ được phát triển bằng cách ủ cuối cùng toàn bộ theo hướng độ dày tấm của tấm thép điện không định hướng. Trong trường hợp đó, như được mô tả nêu trên, tinh thể $\{100\}$ không được phát triển trong phần chính giữa độ dày của tấm thép, trong khi tinh thể $\{111\}$ không thuận lợi cho các đặc tính từ được phát triển. Để thu được kết cấu trong đó, tinh thể $\{100\}$ được phát triển lên đến phần chính giữa độ dày của tấm thép, thì tỷ lệ hạt dạng cột của dải thép là 80% hoặc lớn hơn. Tỷ lệ hạt dạng cột của dải thép có thể được quy định bằng cách quan sát qua kính hiển vi như được mô tả nêu trên.

Trong phương pháp sản xuất thứ hai, ví dụ như, nhiệt độ tại đó thép nóng chảy được rót vào bề mặt của vách làm nguội di động được tăng 25°C hoặc cao hơn nhiệt độ hóa rắn để điều chỉnh tỷ lệ hạt dạng cột đến 80% hoặc lớn hơn. Cụ thể là, trong trường hợp nhiệt độ của thép nóng chảy tăng 40°C hoặc cao hơn nhiệt độ hóa rắn, tỷ lệ hạt dạng cột có thể được điều chỉnh về cơ bản là 100%. Trong trường hợp thép nóng chảy được hóa rắn trong điều kiện mà tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn, sulfua và/hoặc các oxysulfua của Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, hoặc Cd được tạo ra dễ dàng. Ngoài ra, các chất kết tủa ngoài các vật liệu này không được tạo ra quá mức, và sự tạo thành các sulfua mịn như MnS được ngăn ngừa.

[0037]

Cỡ hạt trung bình của dải thép càng nhỏ thì số lượng hạt càng lớn và diện tích các biên hạt càng lớn. Ở sự tái kết tinh trong quá trình ủ cuối cùng, các tinh thể được hình thành từ bên trong các hạt và từ các biên hạt, mà trong đó, tinh thể được

hình thành từ bên trong hạt là tinh thể $\{100\}$ mong muốn về các đặc tính từ, và ngược lại, tinh thể được hình thành từ biên hạt là tinh thể không mong muốn các đặc tính từ, như là tinh thể $\{111\}<112>$. Do đó, cỡ hạt trung bình của dải thép càng lớn, thì tinh thể $\{100\}$ mong muốn về các đặc tính từ càng có nhiều khả năng phát triển trong quá trình ủ cuối cùng, và cụ thể là trong trường hợp cỡ hạt trung bình của dải thép là 0,10mm hoặc lớn hơn, có thể thu được các đặc tính từ vượt trội. Do đó, cỡ hạt trung bình của dải thép là 0,10mm hoặc lớn hơn. Cỡ hạt trung bình của dải thép có thể được điều chỉnh bởi tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn trong quá trình hóa rắn nhanh đến lúc quăn, và tương tự. Cụ thể là, tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn thép nóng chảy đến lúc cuộn dải thép là 1.000 đến 3.000°C/phút.

[0038]

Trong quá trình hóa rắn nhanh, tốt hơn là nguyên tố hình thành kết tủa thô được đặt trên đáy của nồi cuối cùng trước khi đúc trong quá trình luyện thép, và thép nóng chảy chứa nguyên tố khác ngoài nguyên tố hình thành kết tủa thô được rót vào trong nồi để hòa tan nguyên tố hình thành kết tủa thô trong thép nóng chảy. Theo đó, có thể gây khó khăn cho nguyên tố hình thành kết tủa thô để được phân tán từ thép nóng chảy, và thúc đẩy phản ứng giữa nguyên tố hình thành kết tủa thô và S. Nồi cuối cùng trước khi đúc trong quá trình luyện thép là, ví dụ như, nồi thẳng phía trên gàu chuyên dụng của máy đúc để hóa rắn nhanh.

[0039]

Trong trường hợp sự giảm cán của quá trình cán nguội lớn hơn 90%, kết cấu mà cản trở sự cải thiện các đặc tính từ, như kết cấu $\{111\}<112>$, có khả năng phát triển trong quá trình ủ cuối cùng. Theo đó, sự giảm cán của quá trình cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn. Trong trường hợp sự giảm cán của quá trình cán nguội nhỏ hơn 40%, có thể khó đảm bảo được độ chính xác của độ dày và độ phẳng của tấm thép điện không định hướng. Theo đó, sự giảm cán của quá trình cán nguội tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn.

[0040]

Bằng cách ủ cuối cùng, sự tái kết tinh sơ cấp và sự hình thành hạt được tạo

ra, và cỡ hạt trung bình được điều chỉnh là 50 μ m đến 180 μ m. Bằng cách ủ cuối cùng này, thu được kết cấu mà trong đó, tinh thể {100} thích hợp để cải thiện đều các đặc tính từ theo mọi hướng nằm trong bề mặt tấm được phát triển. Trong quá trình ủ cuối cùng, ví dụ như, nhiệt độ bảo quản là 750°C đến 950°C, và thời gian bảo quản là 10 giây đến 60 giây.

[0041]

Trong trường hợp lực kéo dịch chuyển tấm trong quá trình ủ cuối cùng lớn hơn 3MPa, thì biến dạng đàn hồi dị hướng có thể có khả năng duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Biến dạng đàn hồi dị hướng làm biến dạng kết cấu. Theo đó, ngay cả trong trường hợp thu được kết cấu trong đó, tinh thể {100} được phát triển, thì kết cấu có thể bị biến dạng, và tính đồng đều của các đặc tính từ nằm trong bề mặt tấm có thể thấp. Do đó, lực kéo dịch chuyển tấm trong quá trình ủ cuối cùng tốt hơn là 3MPa hoặc nhỏ hơn. Ngay cả trong trường hợp tốc độ làm nguội giữa 950°C và 700°C trong quá trình ủ cuối cùng lớn hơn 1°C/giây, thì biến dạng đàn hồi dị hướng có thể duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Do đó, tốc độ làm nguội giữa 950°C và 700°C trong quá trình ủ cuối cùng tốt hơn là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn. Ở đây, “tốc độ làm nguội” khác với “tốc độ làm nguội trung bình” (giá trị thu được bằng cách chia sự chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu làm nguội và nhiệt độ kết thúc làm nguội cho thời gian cần để làm nguội). Xem xét về sự cần thiết của việc luôn giữ tốc độ làm nguội thấp, thì tốc độ làm nguội được yêu cầu luôn là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn nằm trong khoảng nhiệt độ là 950°C xuống 700°C trong quá trình ủ cuối cùng.

[0042]

Theo cách thức này, tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể được sản xuất. Sau khi ủ cuối cùng, lớp phủ cách điện có thể được tạo ra bằng cách phủ và nung.

[0043]

Ví dụ như, trong trường hợp tấm thép điện không định hướng theo phương án này có độ dày là 0,50mm, nên nó có các đặc tính từ như mật độ từ thông cao và tổn hao sắt thấp được thể hiện bằng mật độ từ thông B50_L theo hướng cán (hướng L): 1,79T hoặc lớn hơn, giá trị trung bình B50_{L+C} của các mật độ từ thông B50 theo

hướng cán và theo hướng độ rộng (hướng C): 1,75T hoặc lớn hơn, tổn hao sắt W15/50_L theo hướng cán: 4,5W/kg hoặc nhỏ hơn, và giá trị trung bình W15/50_{L+C} của tổn hao sắt W15/50 theo hướng cán và theo hướng độ rộng: 5,0W/kg hoặc nhỏ hơn.

[0044]

Mặc dù các phương án ưu tiên của sáng chế đã được mô tả một cách chi tiết, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Rõ ràng rằng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể đưa ra các thay đổi hoặc cải biến thuộc phạm vi kỹ thuật được mô tả trong các yêu cầu bảo hộ, và nên hiểu rằng các ví dụ này thuộc phạm vi kỹ thuật của sáng chế là đương nhiên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

[0045]

Tiếp theo, tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết có viện dẫn tới các ví dụ. Các ví dụ sau đây chỉ là các ví dụ về tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, và tấm thép điện không định hướng theo sáng chế không chỉ giới hạn ở các ví dụ sau đây.

[0046]

(Thử nghiệm thứ nhất)

Trong thử nghiệm thứ nhất, các phôi thép được sản xuất bằng cách đúc thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1, và các phôi thép được cán nóng để thu được các dải thép. Trong bảng 1, ô trống cho biết lượng nguyên tố tương ứng nhỏ hơn giới hạn phát hiện, và phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất. Trong bảng 1, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế. Tiếp theo, các dải thép được cán nguội và cho qua quá trình ủ cuối cùng để tạo ra nhiều tấm thép điện không định hướng có độ dày là 0,50mm. Cường độ định hướng tinh thể ở phần chính giữa độ dày của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R trong phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 2 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 2, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0047]

[Bảng 1]

Ký hiệu thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)															Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Mg	Ca	Sr	Ba	Ce	Zn	Cd	Sn	Cu	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
A	0,0014	1,02	0,03	0,20	0,0022			0,0142							0,0142	0,88
B	0,0013	1,05	0,02	0,18	0,0020			0,0191							0,0191	0,91
C	0,0021	1,04	0,03	0,17	0,0019				0,0155						0,0155	0,93
D	0,0025	1,00	0,03	0,18	0,0023				0,0221						0,0221	0,88
E	0,0018	1,03	0,04	0,22	0,0024					0,0177					0,0177	0,89
F	0,0019	0,98	0,04	0,17	0,0016						0,0204				0,0204	0,89
G	0,0011	1,07	0,03	0,26	0,0035		0,0118								0,0118	0,87
H	0,0021	1,02	0,03	0,21	0,0020		0,0072								0,0072	0,87
I	0,0022	1,01	0,03	0,19	0,0018		0,0288								0,0288	0,88
J	0,0020	2,46	0,02	0,22	0,0027	0,0157									0,0157	2,28
K	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0022	0,0133									0,0133	0,87
L	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0019		0,0180								0,0180	0,94
M	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0021			0,0195							0,0195	0,84
N	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0018				0,0231						0,0231	0,84
O	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0017					0,0129					0,0129	0,85
P	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0024						0,0164				0,0164	0,82
Q	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0022							0,0181			0,0181	0,88
R	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0015							0,0203	0,14		0,0203	0,89
S	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0018							0,0173		0,32	0,0173	0,85
K'	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0025	0,0160									0,0160	0,87
L'	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0027		0,0175								0,0175	0,94
M'	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0026			0,0205							0,0205	0,84
N'	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0028				0,0185						0,0185	0,84
O'	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0027					0,0195					0,0195	0,85
P'	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0025						0,0175				0,0175	0,82
Q'	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0028							0,0185			0,0185	0,88
R'	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0029							0,0195	0,14		0,0195	0,89
S'	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0026							0,0190		0,32	0,0190	0,85
T	0,0018	1,03	0,003	0,21	0,0027		0,0110			0,0130					0,0240	0,83
TT	0,0029	1,98	0,03	1,98	0,0026							0,0210			0,0210	0,06
TTT	0,0010	0,34	0,98	1,42	0,0027			0,0190							0,0190	0,88

[0048]

[Bảng 2]

Mẫu thử số	Ký hiệu thép	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
		I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
1	A	1,03	0,88	0,68	0,43	2,01	2,33	0,48	1,29	<u>0,49</u>	Ví dụ so sánh
2	B	1,12	1,05	0,79	0,61	1,63	1,94	0,39	1,14	<u>0,70</u>	Ví dụ so sánh
3	C	0,85	0,77	0,47	0,31	2,25	1,56	0,64	1,78	<u>0,39</u>	Ví dụ so sánh
4	D	1,06	0,82	0,62	0,57	2,01	1,32	0,53	1,44	<u>0,58</u>	Ví dụ so sánh
5	E	1,11	1,23	1,08	0,52	2,21	1,65	0,99	1,22	<u>0,65</u>	Ví dụ so sánh
6	F	0,98	0,89	1,05	0,29	1,99	1,78	0,67	1,02	<u>0,59</u>	Ví dụ so sánh
7	G	1,14	1,01	0,39	0,44	1,78	1,42	0,95	1,07	<u>0,57</u>	Ví dụ so sánh
8	H	1,27	0,92	0,66	0,92	1,38	1,58	0,82	1,31	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
9	I	1,19	0,88	0,45	0,70	1,58	1,49	0,54	1,14	<u>0,68</u>	Ví dụ so sánh
10	J	1,17	1,04	0,69	0,66	1,49	1,35	0,68	1,33	<u>0,73</u>	Ví dụ so sánh
11	K	1,59	0,92	0,83	0,78	0,97	1,29	0,48	0,99	1,10	Ví dụ sáng chế
12	L	1,62	1,06	1,01	0,66	0,88	1,36	0,37	1,22	1,14	Ví dụ sáng chế
13	M	1,44	1,22	0,89	0,71	1,02	1,16	0,29	1,08	1,20	Ví dụ sáng chế
14	N	1,92	0,69	0,95	0,83	1,35	1,62	0,44	1,29	0,93	Ví dụ sáng chế
15	O	1,55	0,88	1,21	0,87	0,87	1,00	0,31	1,45	1,24	Ví dụ sáng chế
16	P	2,04	0,77	1,33	0,53	1,38	1,77	0,69	1,85	0,82	Ví dụ sáng chế
17	Q	1,88	1,31	1,04	0,75	1,09	0,98	0,27	1,23	1,39	Ví dụ sáng chế
18	R	2,63	1,05	1,93	0,43	0,66	0,68	0,66	1,15	1,92	Ví dụ sáng chế
19	S	2,47	0,99	1,68	0,55	0,78	0,82	0,62	1,12	1,70	Ví dụ sáng chế
11'	K'	1,58	0,93	0,82	0,79	0,96	1,30	0,47	1,00	1,10	Ví dụ sáng chế
12'	L'	1,61	1,07	1,00	0,67	0,87	1,37	0,36	1,23	1,14	Ví dụ sáng chế
13'	M'	1,43	1,23	0,88	0,72	1,01	1,17	0,28	1,09	1,20	Ví dụ sáng chế
14'	N'	1,91	0,70	0,94	0,84	1,34	1,63	0,43	1,30	0,93	Ví dụ sáng chế
15'	O'	1,54	0,89	1,20	0,88	0,86	1,01	0,30	1,46	1,24	Ví dụ sáng chế
16'	P'	2,03	0,78	1,32	0,54	1,37	1,78	0,68	1,86	0,82	Ví dụ sáng chế
17'	Q'	1,87	1,32	1,03	0,76	1,08	0,99	0,26	1,24	1,39	Ví dụ sáng chế
18'	R'	2,62	1,06	1,92	0,44	0,65	0,69	0,65	1,16	1,92	Ví dụ sáng chế
19'	S'	2,46	1,00	1,67	0,56	0,77	0,83	0,61	1,13	1,70	Ví dụ sáng chế
20	T	1,57	0,94	0,81	0,80	0,95	1,31	0,46	1,01	1,10	Ví dụ sáng chế
21	TT	1,60	1,08	0,99	0,68	0,86	1,38	0,35	1,24	1,52	Ví dụ sáng chế
22	TTT	1,42	1,24	0,87	0,73	1,00	1,18	0,27	1,10	0,93	Ví dụ sáng chế

[0049]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 3 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 3, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B_{50L} cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B_{50L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W_{15/50L} cho biết tổn

hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W15/50_{L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0050]

[Bảng 3]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
1	<u>5,3</u>	<u>5,7</u>	<u>1,73</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
2	<u>4,9</u>	<u>5,3</u>	<u>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
3	<u>5,4</u>	<u>5,7</u>	<u>1,73</u>	<u>1,70</u>	Ví dụ so sánh
4	<u>5,3</u>	<u>5,6</u>	<u>1,74</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
5	<u>5,1</u>	<u>5,4</u>	<u>1,75</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
6	<u>5,2</u>	<u>5,5</u>	<u>1,74</u>	<u>1,70</u>	Ví dụ so sánh
7	<u>5,2</u>	<u>5,6</u>	<u>1,74</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
8	<u>5,2</u>	<u>5,5</u>	<u>1,77</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
9	<u>5,0</u>	<u>5,3</u>	<u>1,75</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
10	3,5	3,8	<u>1,73</u>	<u>1,69</u>	Ví dụ so sánh
11	4,2	4,5	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
12	4,2	4,4	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
13	4,1	4,4	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
14	4,4	4,7	1,79	1,77	Ví dụ sáng chế
15	4,1	4,3	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
16	4,4	4,8	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
17	4,1	4,3	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế
18	3,8	4,1	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
19	4,0	4,2	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
11'	4,3	4,6	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
12'	4,3	4,5	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
13'	4,2	4,5	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
14'	4,5	4,8	1,80	1,78	Ví dụ sáng chế
15'	4,2	4,4	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
16'	4,5	4,9	1,80	1,77	Ví dụ sáng chế
17'	4,2	4,4	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
18'	3,9	4,2	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
19'	4,1	4,3	1,84	1,81	Ví dụ sáng chế
20	4,4	4,7	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
21	4,4	4,6	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
22	4,3	4,6	1,84	1,81	Ví dụ sáng chế

[0051]

Như được thể hiện trong bảng 3, ở các mẫu thử số 11 đến 22 và 11' đến 19', thành phần hóa học nằm trong khoảng của sáng chế, và tham số R trong phân chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế. Theo đó, thu được các đặc tính từ tốt.

Ở các mẫu thử số 1 đến 6, do tham số R trong phần chính giữa độ dày quá thấp, nên tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 7, do hàm lượng S quá cao, nên tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 8, do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá thấp, nên tỷ lệ của tổng khối lượng S được chứa trong sulfua hoặc các oxysulfua của các nguyên tố hình thành kết tủa thô so với tổng khối lượng của S được chứa trong tấm thép điện không định hướng nhỏ hơn 40%, tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 9, do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá cao, nên tỷ lệ của tổng khối lượng S được chứa trong sulfua hoặc các oxysulfua của các nguyên tố hình thành kết tủa thô so với tổng khối lượng của S được chứa trong tấm thép điện không định hướng là 40% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, Ca tạo ra nhiều chất xâm nhập như là CaO, nên tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 10, do tham số Q quá cao, nên mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp.

[0052]

(Thử nghiệm thứ hai)

Ở thử nghiệm thứ hai, các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 31 đến 33 trong bảng 4-1) chứa, theo % khối lượng, C: 0,0023%, Si: 0,81%, Al: 0,03%, Mn: 0,20%, S: 0,0003%, và Pr: 0,0138% với phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất, và các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 31' đến 33' trong bảng 4-1) chứa C: 0,0021%, Si: 0,83%, Al: 0,05%, Mn: 0,19%, S: 0,0025%, và Pr: 0,0165% cùng với phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất được đúc để tạo ra các phôi thép, và các phôi thép được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày là 2,1mm. Trong quá trình đúc, sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của vật đúc được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình của dải thép. Bảng 4-2 thể hiện sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt, tỷ lệ hạt dạng cột, và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, cán nguội được thực hiện với sự giảm cán là 78,2% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được thực hiện trong 30 giây ở 850°C để thu được tấm

thép điện không định hướng. Sau đó, các cường độ của tám định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 4-2 cũng thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 4-2, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0053]

[Bảng 4-1]

Mẫu thử số	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Pr	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
31	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0138	0,0138	0,67
32	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0138	0,0138	0,67
33	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0138	0,0138	0,67
31'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0025	0,0165	0,0165	0,74
32'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0025	0,0165	0,0165	0,74
33'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0025	0,0165	0,0165	0,74

[0054]

[Bảng 4-2]

Mẫu thử số	Sự chênh lệch nhiệt độ (°C)	Tỷ lệ hạt dạng cột (% diện tích)	Cỡ hạt trung bình của dải thép (mm)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
				I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
31	14	45	0,18	0,76	0,55	0,49	0,92	1,48	2,02	0,51	1,15	<u>0,53</u>	Ví dụ so sánh
32	35	71	0,21	1,11	0,73	0,47	0,89	1,33	1,51	0,48	1,01	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
33	67	86	0,19	1,77	1,29	0,88	0,78	1,19	1,45	0,25	1,18	1,16	Ví dụ sáng chế
31'	17	48	0,15	0,77	0,54	0,50	0,91	1,49	2,01	0,52	1,14	<u>0,53</u>	Ví dụ so sánh
32'	36	73	0,19	1,12	0,72	0,48	0,88	1,34	1,50	0,49	1,00	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
33'	65	85	0,22	1,78	1,28	0,89	0,77	1,20	1,44	0,26	1,17	1,16	Ví dụ sáng chế

[0055]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 5 thể

hiện các kết quả của nó. Trong bảng 5, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B50_L cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B50_{L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W15/50_L cho biết tổn hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W15/50_{L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0056]

[Bảng 5]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
31	<u>5,3</u>	<u>5,7</u>	<u>1,75</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
32	<u>5,0</u>	<u>5,5</u>	<u>1,77</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
33	4,4	4,6	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
31'	<u>5,2</u>	<u>5,6</u>	<u>1,74</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
32'	<u>4,9</u>	<u>5,4</u>	<u>1,76</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
33'	4,3	4,5	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế

[0057]

Như được thể hiện trong bảng 5, ở các mẫu thử số 33 và 33' sử dụng dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột thích hợp, do tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế, thu được các đặc tính từ tốt.

[0058]

Ở các mẫu thử số 31, 32, 31' và 32' sử dụng dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột quá thấp, do tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm ngoài khoảng của sáng chế, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp.

[0059]

(Thử nghiệm thứ ba)

Trong thử nghiệm thứ ba, các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 6 được đúc để tạo ra các phôi thép, và các phôi thép được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày là 2,4mm. Phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất, và trong bảng 6, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế. Trong

quá trình đúc, sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của vật đúc và tốc độ làm nguội trung bình ở 700°C hoặc cao hơn được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình của dải thép. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt là 48°C đến 60°C. Tốc độ làm nguội trung bình ở 700°C hoặc cao hơn đối với các mẫu thử số 41, 42, 41', và 42' là 20°C/phút, và tốc độ làm nguội trung bình ở 700°C hoặc cao hơn đối với các mẫu thử số 43 đến 45 và 43' đến 45' là 10°C/phút hoặc nhỏ hơn. Bảng 7 thể hiện tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, cán nguội được thực hiện với sự giảm cán là 79,2% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được thực hiện trong 45 giây ở 880°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Sau đó, các cường độ của tám định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 7 cũng thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 7, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0060]

[Bảng 6]

Ký hiệu thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q:
	C	Si	Al	Mn	S	Cd	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
U	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0011	0,0192	0,0192	1,32
V	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0012	0,0179	0,0179	1,28
W	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0009	0,0068	<u>0,0068</u>	1,26
X	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0010	0,0183	0,0183	1,28
Y	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0008	0,0279	<u>0,0279</u>	1,31
U'	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0021	0,0205	0,0205	1,32
V'	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0023	0,0185	0,0185	1,28
W'	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0022	0,0002	<u>0,0002</u>	1,26
X'	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0025	0,0195	0,0195	1,28
Y'	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0028	0,0270	<u>0,0270</u>	1,31

[0061]

[Bảng 7]

Mẫu thử số	Ký hiệu thép	Tỷ lệ hạt dạng cột (% diện tích)	Cỡ hạt trung bình của dải thép (mm)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
				I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
41	U	88	0,05	1,23	0,58	1,02	1,32	2,41	2,37	1,02	1,76	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
42	V	87	0,07	1,48	0,74	0,62	0,93	1,97	2,14	0,89	1,19	<u>0,61</u>	Ví dụ so sánh
43	W	92	0,16	1,65	0,81	0,73	0,89	2,51	1,84	0,79	1,06	<u>0,66</u>	Ví dụ so sánh
44	X	90	0,15	2,11	1,19	1,23	1,04	0,88	1,15	0,67	0,96	1,52	Ví dụ sáng chế
45	Y	91	0,18	1,48	0,77	0,64	1,01	2,87	2,35	0,75	1,14	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
41'	U'	90	0,07	1,22	0,59	1,01	1,33	2,40	2,38	1,01	1,77	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
42'	V'	88	0,06	1,47	0,75	0,61	0,94	1,96	2,15	0,88	1,20	<u>0,61</u>	Ví dụ so sánh
43'	W'	91	0,15	1,64	0,82	0,72	0,90	2,50	1,85	0,78	1,07	<u>0,66</u>	Ví dụ so sánh
44'	X'	88	0,16	2,10	1,20	1,22	1,05	0,87	1,16	0,66	0,97	1,52	Ví dụ sáng chế
45'	Y'	90	0,17	1,47	0,78	0,63	1,02	2,86	2,36	0,74	1,15	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh

[0062]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 8 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 8, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B50_L cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B50_{L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W15/50_L cho biết tổn hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W15/50_{L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0063]

[Bảng 8]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
41	<u>5,4</u>	<u>5,8</u>	<u>1,74</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
42	<u>5,1</u>	<u>5,5</u>	<u>1,75</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
43	<u>4,8</u>	<u>5,3</u>	<u>1,77</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh
44	3,9	4,2	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế
45	<u>5,0</u>	<u>5,4</u>	<u>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
41'	<u>5,5</u>	<u>5,9</u>	<u>1,73</u>	<u>1,70</u>	Ví dụ so sánh
42'	<u>5,2</u>	<u>5,6</u>	<u>1,74</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
43'	<u>4,9</u>	<u>5,4</u>	<u>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
44'	4,0	4,3	1,80	1,78	Ví dụ sáng chế
45'	<u>5,1</u>	<u>5,5</u>	<u>1,75</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh

[0064]

Như được thể hiện trong bảng 8, ở các mẫu thử số 44 và 44' sử dụng dải thép có thành phần hóa học, tỷ lệ hạt dạng cột, và cỡ hạt trung bình thích hợp, do tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế, nên thu được các đặc tính từ tốt.

[0065]

Ở các mẫu thử số 41, 42, 41' và 42' sử dụng dải thép có cỡ hạt trung bình quá nhỏ, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp. Ở các mẫu thử số 43 và 43', do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá thấp, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp. Ở các mẫu thử số 45 và 45', do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá cao, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp.

[0066]

(Thử nghiệm thứ tư)

Trong thử nghiệm thứ tư, các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 9 được đúc để tạo ra các phôi thép, và các phôi thép được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày được thể hiện trong bảng 10, Trong bảng 9, ô trống cho biết lượng nguyên tố tương ứng nhỏ hơn giới hạn phát hiện, và phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất. Trong quá trình đúc, sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của vật đúc được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình của dải thép. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt là 51°C đến 68°C. Bảng 10 cũng thể hiện tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, quá trình cán nguội được thực hiện với sự giảm cán được thể hiện trong bảng 10 để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được thực hiện trong 40 giây ở 830°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Sau đó, các cường độ của tám định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 10 cũng thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 10, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0067]

[Bảng 9]

Ký hiệu thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)									Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Ba	Sn	Cu	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
Z	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0022	0,0146			0,0146	0,68
AA	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0019	0,0152			0,0152	0,61
BB	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0018	0,0149	0,09		0,0149	0,57
CC	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0022	0,0163		0,48	0,0163	0,70
DD	0,0012	0,52	0,25	0,45	0,0020	0,0158	0,21	0,32	0,0158	0,57
EE	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0021	0,0155			0,0155	0,60
Z'	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0023	0,0155			0,0155	0,68
AA'	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0028	0,0148			0,0148	0,61
BB'	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0025	0,0147	0,09		0,0147	0,57
CC'	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0027	0,0149		0,48	0,0149	0,70
DD'	0,0012	0,52	0,25	0,45	0,0026	0,0153	0,21	0,32	0,0153	0,57
EE'	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0023	0,0151			0,0151	0,60

[0068]

[Bảng 10]

Mẫu thử số	Ký hiệu thép	Độ dày của dải thép (mm)	Tỷ lệ hạt dạng cột (% diện tích)	Cỡ hạt trung bình của dải thép (mm)	Sự giảm cán (%)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
						I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
51	Z	0,95	92	0,22	47,4	1,33	1,02	0,97	0,65	1,01	1,17	0,29	1,13	1,10	Ví dụ sáng chế
52	AA	1,55	97	0,21	67,7	1,54	1,20	1,38	0,77	0,95	1,06	0,46	0,89	1,46	Ví dụ sáng chế
53	BB	2,03	88	0,24	75,4	1,66	1,19	1,51	0,83	0,77	1,01	0,52	0,78	1,69	Ví dụ sáng chế
54	CC	2,55	90	0,23	80,4	1,59	1,24	1,36	0,94	0,83	1,15	0,42	1,05	1,49	Ví dụ sáng chế
55	DD	3,76	100	0,20	86,7	1,83	1,15	1,64	0,78	0,69	0,88	0,39	0,92	1,88	Ví dụ sáng chế
56	EE	5,62	86	0,21	91,1	1,44	0,87	1,23	0,69	1,84	2,05	0,76	1,18	0,73	Ví dụ so sánh
51'	Z'	0,94	95	0,21	46,8	1,32	1,03	0,96	0,66	1,00	1,18	0,28	1,14	1,10	Ví dụ sáng chế
52'	AA'	1,56	98	0,23	67,9	1,53	1,21	1,37	0,78	0,94	1,07	0,45	0,90	1,46	Ví dụ sáng chế
53'	BB'	2,01	91	0,22	75,1	1,65	1,20	1,50	0,84	0,76	1,02	0,51	0,79	1,69	Ví dụ sáng chế
54'	CC'	2,53	93	0,21	80,2	1,58	1,25	1,35	0,95	0,82	1,16	0,41	1,06	1,49	Ví dụ sáng chế
55'	DD'	3,74	98	0,21	86,6	1,82	1,16	1,63	0,79	0,68	0,89	0,38	0,93	1,88	Ví dụ sáng chế
56'	EE'	5,60	88	0,22	91,1	1,43	0,88	1,22	0,70	1,83	2,06	0,75	1,19	0,73	Ví dụ so sánh

[0069]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 11 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 11, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B50_L cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B50_{L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W15/50_L cho biết tổn hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W15/50_{L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0070]

[Bảng 11]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
51	4,4	4,6	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
52	4,2	4,4	1,80	1,77	Ví dụ sáng chế
53	3,9	4,2	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
54	4,0	4,3	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
55	3,8	4,0	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
56	<u>4,8</u>	<u>5,2</u>	<u>1,77</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
51'	4,5	4,7	1,80	1,77	Ví dụ sáng chế
52'	4,3	4,5	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
53'	4,0	4,3	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
54'	4,1	4,4	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
55'	3,9	4,1	1,85	1,83	Ví dụ sáng chế
56'	<u>4,9</u>	<u>5,3</u>	<u>1,78</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh

[0071]

Như được thể hiện trong bảng 11, ở các mẫu thử số 51 đến 55 và 51' đến 55' sử dụng dải thép có thành phần hóa học, tỷ lệ hạt dạng cột, và cỡ hạt trung bình thích hợp, và được cán nguội với sự giảm cán thích hợp, do tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế, nên thu được các đặc tính từ tốt. Ở các mẫu thử số 53, 54, 53' và 54' chứa lượng Sn hoặc Cu thích hợp, thu được các kết quả đặc biệt vượt trội về tổn hao sắt W15/50_L, giá trị trung bình W15/50_{L+C}, mật độ từ thông B50_L, và giá trị trung bình B50_{L+C}. Ở các mẫu thử số 55 và 55' chứa lượng Sn và Cu thích hợp, thu được các kết quả vượt trội hơn về tổn hao sắt W15/50_L, giá trị trung bình W15/50_{L+C}, mật độ từ thông B50_L, và giá trị trung bình B50_{L+C}.

Ở các mẫu thử số 56 và 56' trong đó, sự giảm cán của quá trình cán nguội quá cao, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp.

[0072]

(Thử nghiệm thứ năm)

Ở thử nghiệm thứ năm, các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 61 đến 64 trong bảng 12-1) chứa, theo % khối lượng, C: 0,0014%, Si: 0,34%, Al: 0,48%, Mn: 1,42%, S: 0,0017%, và Sr: 0,0179 % với phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất, và các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 61' đến 64' trong bảng 12-1) chứa C: 0,0015%, Si: 0,35%, Al: 0,47%, Mn: 1,41%, S: 0,0025%, và Sr: 0,0183% cùng với phần còn lại gồm có Fe và tạp chất được đúc để tạo ra các phôi thép, và các phôi thép được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày là 2,3mm. Trong quá trình đúc, sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của vật đúc được điều chỉnh đến 59°C sao cho tỷ lệ hạt dạng cột của dải thép là 90% và cỡ hạt trung bình là 0,17mm. Tiếp theo, quang cán nguội được thực hiện với sự giảm cán là 78,3% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được thực hiện trong 20 giây ở 920°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Trong quá trình ủ cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C được thay đổi. Bảng 12-2 thể hiện lực kéo dịch chuyển tấm và tốc độ làm nguội. Cường độ định hướng tinh thể của từng tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 12-2 cũng thể hiện các kết quả của nó.

[0073]

[Bảng 12-1]

Mẫu thử số	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Sr	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
61	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
62	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
63	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
64	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
61'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0025	0,0183	0,0183	-0,12
62'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0025	0,0183	0,0183	-0,12
63'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0025	0,0183	0,0183	-0,12
64'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0025	0,0183	0,0183	-0,12

[0074]

[Bảng 12-2]

Mẫu thử số	Lực kéo dịch chuyển tấm (MPa)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Tính không đẳng hướng biến dạng đàn hồi (%)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
				I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
61	4,5	2,3	1,18	1,39	0,96	1,35	1,00	1,55	0,64	1,18	1,69	0,93	Ví dụ sáng chế
62	2,6	2,6	1,09	1,56	1,04	1,55	1,21	1,38	0,71	1,17	1,38	1,16	Ví dụ sáng chế
63	1,8	2,4	1,07	1,87	1,11	1,61	1,13	1,30	0,59	1,21	1,41	1,27	Ví dụ sáng chế
64	1,6	0,7	1,03	2,38	1,18	2,16	1,22	1,21	0,66	1,09	1,36	1,61	Ví dụ sáng chế
61'	4,3	2,4	1,17	1,40	0,95	1,36	0,99	1,56	0,63	1,19	1,68	0,93	Ví dụ sáng chế
62'	2,5	2,5	1,10	1,57	1,03	1,56	1,20	1,39	0,70	1,18	1,37	1,16	Ví dụ sáng chế
63'	1,5	2,3	1,06	1,88	1,10	1,62	1,12	1,31	0,58	1,22	1,40	1,27	Ví dụ sáng chế
64'	1,7	0,6	1,04	2,39	1,17	2,17	1,21	1,22	0,65	1,10	1,35	1,61	Ví dụ sáng chế

[0075]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 13 thể hiện các kết quả của nó.

[0076]

[Bảng 13]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
61	4,2	4,4	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
62	3,9	4,1	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
63	3,8	4,1	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
64	3,7	3,9	1,84	1,83	Ví dụ sáng chế
61'	4,3	4,5	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
62'	4,0	4,2	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
63'	3,9	4,2	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
64'	3,8	4,0	1,85	1,84	Ví dụ sáng chế

[0077]

Như được thể hiện trong bảng 13, ở các mẫu thử số 61 đến 64 và 61' đến 64', thành phần hóa học nằm trong khoảng của sáng chế, và tham số R trong phần chính

giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế. Theo đó, thu được các đặc tính từ tốt. Ở các mẫu thử số 62, 63, 62' và 63' trong đó, lực kéo dịch chuyển tấm là 3MPa hoặc nhỏ hơn, tính không đẳng hướng biến dạng đàn hồi thấp, và thu được các kết quả đặc biệt vượt trội về tổn hao sắt $W_{15/50L}$, giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$, mật độ từ thông B_{50L} , và giá trị trung bình B_{50L+C} . Ở các mẫu thử số 64 và 64' trong đó, tốc độ làm nguội từ 920°C xuống 700°C là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn, tính không đẳng hướng biến dạng đàn hồi giảm hơn nữa, và thu được các kết quả vượt trội hơn về tổn hao sắt $W_{15/50L}$, giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$, mật độ từ thông B_{50L} , và giá trị trung bình B_{50L+C} . Trong cách đo tính không đẳng hướng biến dạng đàn hồi, mẫu thử có hình tứ giác phẳng mà trong đó, mỗi cạnh có độ dài là 55mm, hai cạnh song song với hướng cán, và hai cạnh song song với hướng vuông góc với hướng cán (hướng độ rộng tấm) được cắt từ mỗi tấm thép điện không định hướng, và độ dài của mỗi cạnh sau khi biến dạng chịu ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi được đo. Sau đó, người ta xác định độ dài theo hướng vuông góc với hướng cán lớn hơn độ dài hướng cán là bao nhiêu.

[0078]

(Thử nghiệm thứ sáu)

Trong thử nghiệm thứ sáu, các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 14 được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán hai trục để thu được các dải thép. Trong bảng 14, ô trống cho biết lượng nguyên tố tương ứng nhỏ hơn giới hạn phát hiện, và phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất. Trong bảng 14, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế. Tiếp theo, các dải thép được cán nguội và cho qua quá trình ủ cuối cùng để tạo ra nhiều tấm thép điện không định hướng có độ dày là 0,50mm. Sau đó, các cường độ của tám định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R trong phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 15 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 15, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0079]

[Bảng 14]

Ký hiệu thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)															Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Mg	Ca	Sr	Ba	La	Zn	Cd	Sn	Cu			
A	0,0014	1,02	0,03	0,20	0,0022			0,0142							0,0142	0,88	
B	0,0013	1,05	0,02	0,18	0,0020			0,0191							0,0191	0,91	
C	0,0021	1,04	0,03	0,17	0,0019				0,0155						0,0155	0,93	
D	0,0025	1,00	0,03	0,18	0,0023				0,0221						0,0221	0,88	
E'	0,0018	1,03	0,04	0,22	0,0024					0,0177					0,0177	0,89	
F	0,0019	0,98	0,04	0,17	0,0016						0,0204				0,0204	0,89	
G	0,0011	1,07	0,03	0,26	0,0035		0,0118								0,0118	0,87	
H	0,0021	1,02	0,03	0,21	0,0020		0,0072								0,0072	0,87	
I	0,0022	1,01	0,03	0,19	0,0018		0,0288								0,0288	0,88	
J	0,0020	2,46	0,02	0,22	0,0027	0,0157									0,0157	2,28	
K	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0022	0,0133									0,0133	0,87	
L	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0019		0,0180								0,0180	0,94	
M	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0021			0,0195							0,0195	0,84	
N	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0018				0,0231						0,0231	0,84	
O'	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0017					0,0129					0,0129	0,85	
P	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0024						0,0164				0,0164	0,82	
Q	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0022							0,0181			0,0181	0,88	
R	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0015							0,0203	0,14		0,0203	0,89	
S	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0018							0,0173		0,32	0,0173	0,85	
K'	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0025	0,0165									0,0165	0,87	
L'	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0027		0,0185								0,0185	0,94	
M'	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0026			0,0205							0,0205	0,84	
N'	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0027				0,0195						0,0195	0,84	
O''	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0028					0,0185					0,0185	0,85	
P'	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0029						0,0195				0,0195	0,82	
Q'	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0025							0,0205			0,0205	0,88	
R'	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0027							0,0195	0,14		0,0195	0,89	
S'	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0026							0,0180		0,32	0,0180	0,85	
T	0,0018	1,03	0,003	0,21	0,0028		0,0130			0,0115					0,0245	0,83	
TT	0,0029	1,98	0,03	1,98	0,0026							0,0185			0,0185	0,06	
TTT	0,0010	0,34	0,98	1,42	0,0025			0,0190							0,0190	0,88	

[0080]

[Bảng 15]

Mẫu thử số	Ký hiệu thép	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
		I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
101	A	1,03	0,88	0,68	0,43	2,01	2,33	0,48	1,29	<u>0,49</u>	Ví dụ so sánh
102	B	1,12	1,05	0,79	0,61	1,63	1,94	0,39	1,14	<u>0,70</u>	Ví dụ so sánh
103	C	0,85	0,77	0,47	0,31	2,25	1,56	0,64	1,78	<u>0,39</u>	Ví dụ so sánh
104	D	1,06	0,82	0,62	0,57	2,01	1,32	0,53	1,44	<u>0,58</u>	Ví dụ so sánh
105	E'	1,11	1,23	1,08	0,52	2,21	1,65	0,99	1,22	<u>0,65</u>	Ví dụ so sánh
106	F	0,98	0,89	1,05	0,29	1,99	1,78	0,67	1,02	<u>0,59</u>	Ví dụ so sánh
107	G	1,14	1,01	0,39	0,44	1,78	1,42	0,95	1,07	<u>0,57</u>	Ví dụ so sánh
108	H	1,27	0,92	0,66	0,92	1,38	1,58	0,82	1,31	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
109	I	1,19	0,88	0,45	0,70	1,58	1,49	0,54	1,14	<u>0,68</u>	Ví dụ so sánh
110	J	1,17	1,04	0,69	0,66	1,49	1,35	0,68	1,33	<u>0,73</u>	Ví dụ so sánh
111	K	1,59	0,92	0,83	0,78	0,97	1,29	0,48	0,99	1,10	Ví dụ sáng chế
112	L	1,62	1,06	1,01	0,66	0,88	1,36	0,37	1,22	1,14	Ví dụ sáng chế
113	M	1,44	1,22	0,89	0,71	1,02	1,16	0,29	1,08	1,20	Ví dụ sáng chế
114	N	1,92	0,69	0,95	0,83	1,35	1,62	0,44	1,29	0,93	Ví dụ sáng chế
115	O'	1,55	0,88	1,21	0,87	0,87	1,00	0,31	1,45	1,24	Ví dụ sáng chế
116	P	2,04	0,77	1,33	0,53	1,38	1,77	0,69	1,85	0,82	Ví dụ sáng chế
117	Q	1,88	1,31	1,04	0,75	1,09	0,98	0,27	1,23	1,39	Ví dụ sáng chế
118	R	2,63	1,05	1,93	0,43	0,66	0,68	0,66	1,15	1,92	Ví dụ sáng chế
119	S	2,47	0,99	1,68	0,55	0,78	0,82	0,62	1,12	1,70	Ví dụ sáng chế
111'	K'	1,60	0,91	0,84	0,77	0,98	1,28	0,49	0,98	1,10	Ví dụ sáng chế
112'	L'	1,63	1,05	1,02	0,65	0,89	1,35	0,38	1,21	1,14	Ví dụ sáng chế
113'	M'	1,45	1,21	0,90	0,70	1,03	1,15	0,30	1,07	1,20	Ví dụ sáng chế
114'	N'	1,93	0,68	0,96	0,82	1,36	1,61	0,45	1,28	0,93	Ví dụ sáng chế
115'	O''	1,56	0,87	1,22	0,86	0,88	0,99	0,32	1,44	1,24	Ví dụ sáng chế
116'	P'	2,05	0,76	1,34	0,52	1,39	1,76	0,70	1,84	0,82	Ví dụ sáng chế
117'	Q'	1,89	1,30	1,05	0,74	1,10	0,97	0,28	1,22	1,39	Ví dụ sáng chế
118'	R'	2,64	1,04	1,94	0,42	0,67	0,67	0,67	1,14	1,92	Ví dụ sáng chế
119'	S'	2,48	0,98	1,69	0,54	0,79	0,81	0,63	1,11	1,70	Ví dụ sáng chế
120	T	1,62	0,89	0,82	0,79	1,00	1,26	0,51	0,96	1,10	Ví dụ sáng chế
121	TT	1,65	1,03	1,00	0,67	0,91	1,33	0,40	1,19	1,52	Ví dụ sáng chế
122	TTT	1,47	1,19	0,88	0,72	1,05	1,13	0,32	1,05	0,93	Ví dụ sáng chế

[0081]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 16 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 16, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B_{50L} cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B_{50L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W_{15/50L} cho biết

tổn hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W15/50_{L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0082]

[Bảng 16]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
101	<u>5,3</u>	<u>5,7</u>	<u>1,73</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
102	<u>4,9</u>	<u>5,3</u>	<u>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
103	<u>5,4</u>	<u>5,7</u>	<u>1,73</u>	<u>1,70</u>	Ví dụ so sánh
104	<u>5,3</u>	<u>5,6</u>	<u>1,74</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
105	<u>5,1</u>	<u>5,4</u>	<u>1,75</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
106	<u>5,2</u>	<u>5,5</u>	<u>1,74</u>	<u>1,70</u>	Ví dụ so sánh
107	<u>5,2</u>	<u>5,6</u>	<u>1,74</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
108	<u>5,2</u>	<u>5,5</u>	<u>1,77</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
109	<u>5,0</u>	<u>5,3</u>	<u>1,75</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
110	3,5	3,8	<u>1,73</u>	<u>1,69</u>	Ví dụ so sánh
111	4,2	4,5	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
112	4,2	4,4	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
113	4,1	4,4	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
114	4,4	4,7	1,79	1,77	Ví dụ sáng chế
115	4,1	4,3	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
116	4,4	4,8	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
117	4,1	4,3	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế
118	3,8	4,1	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
119	4,0	4,2	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
111'	4,1	4,4	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
112'	4,1	4,3	1,83	1,80	Ví dụ sáng chế
113'	4,0	4,3	1,84	1,81	Ví dụ sáng chế
114'	4,3	4,6	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế
115'	4,0	4,2	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
116'	4,3	4,7	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
117'	4,0	4,2	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
118'	3,7	4,0	1,85	1,83	Ví dụ sáng chế
119'	3,9	4,1	1,85	1,82	Ví dụ sáng chế
120	3,9	4,2	1,84	1,81	Ví dụ sáng chế
121	3,9	4,1	1,84	1,81	Ví dụ sáng chế
122	3,8	4,1	1,85	1,82	Ví dụ sáng chế

[0083]

Như được thể hiện trong bảng 16, ở các mẫu thử số 111 đến 122 và 111' đến

119', thành phần hóa học nằm trong khoảng của sáng chế, và tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế. Theo đó, thu được các đặc tính từ tốt.

Ở các mẫu thử số 101 đến 106, do tham số R trong phần chính giữa độ dày quá thấp, nên tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 107, do hàm lượng S quá cao, nên tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 108, do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá thấp, nên tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 109, do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá cao, tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp. Ở mẫu thử số 110, do tham số Q quá cao, nên mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp.

[0084]

(Thử nghiệm thứ 7)

Ở thử nghiệm thứ bảy, các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 131 đến 133 trong bảng 17-1) chứa, theo % khối lượng, C: 0,0023%, Si: 0,81%, Al: 0,03%, Mn: 0,20%, S: 0,0003%, và Nd: 0,0138 % với phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất, và các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 131' đến 133' trong bảng 17-1) chứa C: 0,0021%, Si: 0,83%, Al: 0,05%, Mn: 0,19%, S: 0,0021%, và Nd: 0,0153% cùng với phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất được hóa rắn nhanh theo phương pháp cán hai trục để thu được các dải thép có độ dày là 2,1mm. Trong trường hợp này, nhiệt độ phun được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình của dải thép. Bảng 17 thể hiện sự chênh lệch giữa nhiệt độ phun và nhiệt độ hóa rắn, tỷ lệ hạt dạng cột, và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, cán nguội được thực hiện với sự giảm cán là 78,2% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được thực hiện trong 30 giây ở 850°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Sau đó, các cường độ của tám định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 17 cũng thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 17, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0085]

[Bảng 17-1]

Mẫu thử số	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Nd	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
131	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0138	0,0138	0,67
132	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0138	0,0138	0,67
133	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0138	0,0138	0,67
131'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0021	0,0153	0,0153	0,74
132'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0021	0,0153	0,0153	0,74
133'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0021	0,0153	0,0153	0,74

[0086]

[Bảng 17-2]

Mẫu thử số	Sự chênh lệch nhiệt độ (°C)	Tỷ lệ hạt dạng cột (% diện tích)	Cỡ hạt trung bình của dải thép (mm)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
				I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
131	13	45	0,18	0,76	0,55	0,49	0,92	1,48	2,02	0,51	1,15	<u>0,53</u>	Ví dụ so sánh
132	21	71	0,21	1,11	0,73	0,47	0,89	1,33	1,51	0,48	1,01	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
133	28	86	0,19	1,77	1,29	0,88	0,78	1,19	1,45	0,25	1,18	1,16	Ví dụ sáng chế
131'	17	48	0,15	0,78	0,53	0,51	0,90	1,50	2,00	0,53	1,13	<u>0,53</u>	Ví dụ so sánh
132'	36	73	0,19	1,13	0,71	0,49	0,87	1,35	1,49	0,50	0,99	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
133'	65	85	0,22	1,79	1,27	0,90	0,76	1,21	1,43	0,27	1,16	1,16	Ví dụ sáng chế

[0087]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 18 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 18, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B_{50L} cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B_{50L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W_{15/50L} cho biết tổn hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W_{15/50L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0088]

[Bảng 18]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
131	<u>5,3</u>	<u>5,7</u>	<u>1,75</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
132	<u>5,0</u>	<u>5,5</u>	<u>1,77</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
133	4,4	4,6	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
131'	<u>5,4</u>	<u>5,8</u>	<u>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
132'	<u>5,1</u>	<u>5,6</u>	<u>1,78</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh
133'	4,5	4,7	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế

[0089]

Như được thể hiện trong bảng 18, ở các mẫu thử số 133 và 133' sử dụng dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột thích hợp, do tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế, thu được các đặc tính từ tốt.

[0090]

Ở các mẫu thử số 131, 132, 131' và 132' sử dụng dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột quá thấp, tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp.

[0091]

(Thử nghiệm thứ tám)

Trong thử nghiệm thứ tám, các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 19 được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán hai trục để thu được các dải thép có độ dày là 2,4mm. Phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất, và trong bảng 19, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế. Trong trường hợp này, nhiệt độ phun và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn thép nóng chảy đến lúc cuộn dải thép được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình của dải thép. Nhiệt độ phun của các ví dụ từ 143 đến 145 và 143' đến 145' là 29°C đến 35°C cao hơn nhiệt độ hóa rắn, và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn thép nóng chảy đến lúc cuộn dải thép là 1.500 đến 2.000°C/phút. Nhiệt độ phun của các ví dụ từ 141, 142, 141' và 142' là 20°C đến 24°C cao hơn nhiệt độ hóa rắn, và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn thép nóng chảy đến lúc cuộn dải thép lớn hơn 2.000°C/phút. Bảng 20 thể hiện tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, cán nguội được thực hiện với sự giảm cán là 79,2% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được

thực hiện trong 45 giây ở 880°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Sau đó, các cường độ của tấm định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 20 cũng thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 20, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0092]

[Bảng 19]

Ký hiệu thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Cd	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
U	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0011	0,0192	0,0192	1,32
V	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0012	0,0179	0,0179	1,28
W	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0009	0,0068	<u>0,0068</u>	1,26
X	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0010	0,0183	0,0183	1,28
Y	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0008	0,0279	<u>0,0279</u>	1,31
U'	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0025	0,0185	0,0185	1,32
V'	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0026	0,0183	0,0183	1,28
W'	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0027	0,0002	<u>0,0002</u>	1,26
X'	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0023	0,0187	0,0187	1,28
Y'	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0025	0,0023	<u>0,0023</u>	1,31

[0093]

[Bảng 20]

Mẫu thử số	Ký hiệu thép	Tỷ lệ hạt dạng cột (% diện tích)	Cỡ hạt trung bình của dải thép (mm)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
				I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
141	U	88	0,05	1,23	0,58	1,02	1,32	2,41	2,37	1,02	1,76	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
142	V	87	0,07	1,48	0,74	0,62	0,93	1,97	2,14	0,89	1,19	<u>0,61</u>	Ví dụ so sánh
143	W	92	0,16	1,65	0,81	0,73	0,89	2,51	1,84	0,79	1,06	<u>0,66</u>	Ví dụ so sánh
144	X	90	0,15	2,11	1,19	1,23	1,04	0,88	1,15	0,67	0,96	1,52	Ví dụ sáng chế
145	Y	91	0,18	1,48	0,77	0,64	1,01	2,87	2,35	0,75	1,14	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
141'	U'	90	0,07	1,24	0,57	1,03	1,31	2,42	2,36	1,03	1,75	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
142'	V'	88	0,06	1,49	0,73	0,63	0,92	1,98	2,13	0,90	1,18	<u>0,61</u>	Ví dụ so sánh
143'	W'	91	0,15	1,66	0,80	0,74	0,88	2,52	1,83	0,80	1,05	<u>0,66</u>	Ví dụ so sánh
144'	X'	88	0,16	2,12	1,18	1,24	1,03	0,89	1,14	0,68	0,95	1,52	Ví dụ sáng chế
145'	Y'	90	0,17	1,49	0,76	0,65	1,00	2,88	2,34	0,76	1,13	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh

[0094]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 21 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 21, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B50_L cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B50_{L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W15/50_L cho biết tổn hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W15/50_{L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0095]

[Bảng 21]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
141	<u>5,4</u>	<u>5,8</u>	<u>1,74</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
142	<u>5,1</u>	<u>5,5</u>	<u>1,75</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
143	<u>4,8</u>	<u>5,3</u>	<u>1,77</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh
144	3,9	4,2	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế
145	<u>5,0</u>	<u>5,4</u>	<u>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
141'	<u>5,3</u>	<u>5,7</u>	<u>1,75</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
142'	<u>5,0</u>	<u>5,4</u>	<u>1,76</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh
143'	<u>4,7</u>	<u>5,2</u>	<u>1,78</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh
144'	3,8	4,1	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
145'	<u>4,9</u>	<u>5,3</u>	<u>1,77</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh

[0096]

Như được thể hiện trong bảng 21, ở các mẫu thử số 144 và 144' sử dụng dải thép có thành phần hóa học, tỷ lệ hạt dạng cột, và cỡ hạt trung bình thích hợp, do tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế, nên thu được các đặc tính từ tốt.

[0097]

Ở các mẫu thử số 141, 142, 141' và 142' sử dụng dải thép có cỡ hạt trung bình quá nhỏ, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp. Ở các mẫu thử số 143 và 143', do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá thấp, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C}

thấp. Ở các mẫu thử số 145 và 145', do tổng lượng các nguyên tố hình thành kết tủa thô quá cao, nên tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ cao, và mật độ từ thông B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} thấp.

[0098]

(Thử nghiệm thứ chín)

Trong thử nghiệm thứ chín, các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 22 được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán hai trục để thu được các dải thép có độ dày được thể hiện trong bảng 23. Trong bảng 22, ô trống cho biết lượng nguyên tố tương ứng nhỏ hơn giới hạn phát hiện, và phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất. Trong trường hợp này, nhiệt độ phun được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình của dải thép. Nhiệt độ phun là 28°C đến 37°C cao hơn nhiệt độ hóa rắn. Bảng 23 cũng thể hiện tỷ lệ hạt dạng cột và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, quá trình cán nguội được thực hiện với sự giảm cán được thể hiện trong bảng 23 để thu được tấm thép có độ dày là 0,20 mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được thực hiện trong 40 giây ở 830°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Sau đó, các cường độ của tấm định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 23 cũng thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 23, gạch chân cho biết giá trị bằng số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[0099]

[Bảng 22]

Ký hiệu thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)									Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Ba	Sn	Cu	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
Z	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0022	0,0146			0,0146	0,68
AA	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0019	0,0152			0,0152	0,61
BB	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0018	0,0149	0,09		0,0149	0,57
CC	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0022	0,0163		0,48	0,0163	0,70
EE	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0021	0,0155			0,0155	0,60
Z'	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0027	0,0180			0,0180	0,68
AA'	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0023	0,0163			0,0163	0,61
BB'	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0024	0,0167	0,09		0,0167	0,57
CC'	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0023	0,0165		0,48	0,0165	0,70
EE'	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0025	0,0166			0,0166	0,60

[0100]

[Bảng 23]

Mẫu thử số	Ký hiệu thép	Độ dày của dải thép (mm)	Tỷ lệ hạt dạng cột (% diện tích)	Cỡ hạt trung bình của dải thép (mm)	Sự giảm cân (%)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
						I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
151	Z	0,38	92	0,22	47,4	1,33	1,02	0,97	0,65	1,01	1,17	0,29	1,13	1,10	Ví dụ sáng chế
152	AA	0,62	97	0,21	67,7	1,54	1,20	1,38	0,77	0,95	1,06	0,46	0,89	1,46	Ví dụ sáng chế
153	BB	0,81	88	0,24	75,3	1,66	1,19	1,51	0,83	0,77	1,01	0,52	0,78	1,69	Ví dụ sáng chế
154	CC	1,02	90	0,23	80,4	1,59	1,24	1,36	0,94	0,83	1,15	0,42	1,05	1,49	Ví dụ sáng chế
155	EE	2,24	86	0,21	91,1	1,44	0,87	1,23	0,69	1,84	2,05	0,76	1,18	<u>0,73</u>	Ví dụ so sánh
151'	Z'	0,94	95	0,21	78,7	1,31	1,04	0,95	0,67	0,99	1,19	0,27	1,15	1,10	Ví dụ sáng chế
152'	AA'	1,56	98	0,23	87,2	1,52	1,22	1,36	0,79	0,93	1,08	0,44	0,91	1,46	Ví dụ sáng chế
153'	BB'	2,01	91	0,22	90,0	1,64	1,21	1,49	0,85	0,75	1,03	0,50	0,80	1,69	Ví dụ sáng chế
154'	CC'	2,53	93	0,21	92,1	1,57	1,26	1,34	0,96	0,81	1,17	0,40	1,07	1,49	Ví dụ sáng chế
155'	EE'	5,60	88	0,22	96,4	1,42	0,89	1,21	0,71	1,82	2,07	0,74	1,20	<u>0,73</u>	Ví dụ so sánh

[0101]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 24 thể hiện các kết quả của nó. Trong bảng 24, gạch chân cho biết giá trị bằng số không nằm trong khoảng mong đợi. Tức là, gạch chân trong cột mật độ từ thông B50_L cho biết mật độ từ thông nhỏ hơn 1,79T, gạch chân trong cột giá trị trung bình B50_{L+C} cho biết giá trị trung bình nhỏ hơn 1,75T, gạch chân trong cột tổn hao sắt W15/50_L cho biết tổn hao sắt lớn hơn 4,5W/kg, và gạch chân trong cột giá trị trung bình W15/50_{L+C} cho biết giá trị trung bình lớn hơn 5,0W/kg.

[0102]

[Bảng 24]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
151	4,4	4,6	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
152	4,2	4,4	1,80	1,77	Ví dụ sáng chế
153	3,9	4,2	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
154	4,0	4,3	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
155	<u>4,8</u>	<u>5,2</u>	<u>1,77</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
151'	4,3	4,5	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
152'	4,1	4,3	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
153'	3,8	4,1	1,85	1,83	Ví dụ sáng chế
154'	3,9	4,2	1,84	1,81	Ví dụ sáng chế
155'	<u>4,7</u>	<u>5,1</u>	<u>1,78</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh

[0103]

Như được thể hiện trong bảng 24, ở các mẫu thử số 151 đến 154 và 151' đến 154' sử dụng dải thép có thành phần hóa học, tỷ lệ hạt dạng cột, và cỡ hạt trung bình thích hợp, và được cán nguội với sự giảm cán thích hợp, do tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế, nên thu được các đặc tính từ tốt. Ở các mẫu thử số 153, 154, 153' và 154' chứa lượng Sn hoặc Cu thích hợp, thu được các kết quả đặc biệt vượt trội về tổn hao sắt W15/50_L, giá trị trung bình W15/50_{L+C}, mật độ từ thông B50_L, và giá trị trung bình B50_{L+C}.

Ở các mẫu thử số 155 và 155' trong đó, sự giảm cán của quá trình cán nguội quá cao, nên tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} cao, và mật độ từ thông B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} thấp.

[0104]

(Thử nghiệm thứ mười)

Ở thử nghiệm thứ mười, các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 161 đến 164 trong bảng 25-1) chứa, theo % khối lượng, C: 0,0014%, Si: 0,34%, Al: 0,48%, Mn: 1,42%, S: 0,0017%, và Sr: 0,0179 % với phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất, và các thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu thử số 161' đến 164' trong bảng 25-1) chứa C: 0,0015%, Si: 0,35%, Al: 0,47%, Mn: 1,41%, S: 0,0026%, và Sr: 0,0183% cùng với phần còn lại gồm có Fe và tạp chất được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán hai trục để thu được các dải thép có độ dày là 2,3mm. Trong trường hợp này, nhiệt độ phun được điều chỉnh là 32°C cao hơn nhiệt độ hóa rắn sao cho tỷ lệ hạt dạng cột của dải thép là 90% và cỡ hạt trung bình là 0,17mm. Tiếp theo, quá trình

cán nguội được thực hiện với sự giảm cán là 78,3% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ cuối cùng liên tục được thực hiện trong 20 giây ở 920°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Trong quá trình ủ cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm và tốc độ làm nguội từ 920°C xuống 700°C được thay đổi. Bảng 25 thể hiện lực kéo dịch chuyển tấm và tốc độ làm nguội. Cường độ định hướng tinh thể của từng tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R ở phần chính giữa độ dày được tính. Bảng 25 cũng thể hiện các kết quả của nó.

[0105]

[Bảng 25-1]

Mẫu thử số	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Sr	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo ra kết tủa thô	
161	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
162	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
163	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
164	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0179	0,0179	-0,12
161'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0026	0,0183	0,0183	-0,12
162'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0026	0,0183	0,0183	-0,12
163'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0026	0,0183	0,0183	-0,12
164'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0026	0,0183	0,0183	-0,12

[0106]

[Bảng 25-2]

Mẫu thử số	Lực kéo dịch chuyển tấm (MPa)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Tinh không đẳng hướng biến dạng đàn hồi (%)	Cường độ định hướng tinh thể I								Tham số R	Chú thích
				I ₁₀₀	I ₃₁₀	I ₄₁₁	I ₅₂₁	I ₁₁₁	I ₂₁₁	I ₃₃₂	I ₂₂₁		
161	4,5	2,3	1,18	1,39	0,96	1,35	1,00	1,55	0,64	1,18	1,69	0,93	Ví dụ sáng chế
162	2,6	2,6	1,09	1,56	1,04	1,55	1,21	1,38	0,71	1,17	1,38	1,16	Ví dụ sáng chế
163	1,8	2,4	1,07	1,87	1,11	1,61	1,13	1,30	0,59	1,21	1,41	1,27	Ví dụ sáng chế
164	1,6	0,7	1,03	2,38	1,18	2,16	1,22	1,21	0,66	1,09	1,36	1,61	Ví dụ sáng chế
161'	4,3	2,4	1,17	1,41	0,94	1,37	0,98	1,57	0,62	1,20	1,67	0,93	Ví dụ sáng chế
162'	2,5	2,5	1,10	1,58	1,02	1,57	1,19	1,40	0,69	1,19	1,36	1,16	Ví dụ sáng chế
163'	1,5	2,3	1,06	1,89	1,09	1,63	1,11	1,32	0,57	1,23	1,39	1,27	Ví dụ sáng chế
164'	1,7	0,6	1,04	2,40	1,16	2,18	1,20	1,23	0,64	1,11	1,34	1,61	Ví dụ sáng chế

[0107]

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 26 thể hiện các kết quả của nó.

[0108]

[Bảng 26]

Mẫu thử số	W15/50 _L (W/kg)	W15/50 _{L+C} (W/kg)	B50 _L (T)	B50 _{L+C} (T)	Chú thích
161	4,2	4,4	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
162	3,9	4,1	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
163	3,8	4,1	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
164	3,7	3,9	1,84	1,83	Ví dụ sáng chế
161'	4,0	4,2	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
162'	3,7	3,9	1,85	1,83	Ví dụ sáng chế
163'	3,6	3,9	1,85	1,83	Ví dụ sáng chế
164'	3,5	3,7	1,86	1,85	Ví dụ sáng chế

[0109]

Như được thể hiện trong bảng 26, ở các mẫu thử số 161 đến 164 và 161' đến 164', thành phần hóa học nằm trong khoảng của sáng chế, và tham số R trong phần chính giữa độ dày nằm trong khoảng của sáng chế. Theo đó, thu được các đặc tính từ tốt. Ở các mẫu thử số 162, 163, 162' và 163' trong đó, lực kéo dịch chuyển tấm là 3MPa hoặc nhỏ hơn, tính không đẳng hướng biến dạng đàn hồi thấp, và thu được các kết quả đặc biệt vượt trội về tổn hao sắt W15/50_L, giá trị trung bình W15/50_{L+C}, mật độ từ thông B50_L, và giá trị trung bình B50_{L+C}. Ở các mẫu thử số 164 và 164' trong đó, tốc độ làm nguội từ 920°C xuống 700°C là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn, tính không đẳng hướng biến dạng đàn hồi giảm hơn nữa, và thu được các kết quả vượt trội hơn về tổn hao sắt W15/50_L, giá trị trung bình W15/50_{L+C}, mật độ từ thông B50_L, và giá trị trung bình B50_{L+C}. Trong cách đo tính không đẳng hướng biến dạng đàn hồi, mẫu thử có hình tứ giác phẳng mà trong đó, mỗi cạnh có độ dài là 55mm, hai cạnh song song với hướng cán, và hai cạnh song song với hướng vuông góc với hướng cán (hướng độ rộng tấm) được cắt từ mỗi tấm thép điện không định hướng, và độ dài của mỗi cạnh sau khi biến dạng chịu ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi được đo. Sau đó, người ta xác định độ dài theo hướng vuông góc với hướng cán lớn hơn độ dài hướng cán là bao nhiêu.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

[0110]

Sáng chế có thể được sử dụng trong, ví dụ như, công nghiệp sản xuất các tấm thép điện không định hướng và các ngành công nghiệp sử dụng các tấm thép điện không định hướng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép điện không định hướng bao gồm, về thành phần hóa học, theo % khối lượng:

C: 0,0030% hoặc nhỏ hơn;

Si: 2,00% hoặc nhỏ hơn;

Al: 1,00% hoặc nhỏ hơn;

Mn: 0,10% đến 2,00%;

S: 0,0030% hoặc nhỏ hơn;

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd: lớn hơn 0,0100% và không lớn hơn 0,0250% tổng số;

tham số Q được thể hiện bằng công thức 1 trong đó, [Si] là hàm lượng Si (% khối lượng), [Al] là hàm lượng Al (% khối lượng), và [Mn] là hàm lượng Mn (% khối lượng): 2,00 hoặc nhỏ hơn;

Sn: 0,00% đến 0,40%;

Cu: 0,00% đến 1,00%; và

phần còn lại: Fe và tạp chất,

trong đó, tham số R được thể hiện bằng công thức 2 trong đó, I_{100} , I_{310} , I_{411} , I_{521} , I_{111} , I_{211} , I_{332} , và I_{221} tương ứng với cường độ định hướng tinh thể {100}, cường độ định hướng tinh thể {310}, cường độ định hướng tinh thể {411}, cường độ định hướng tinh thể {521}, cường độ định hướng tinh thể {111}, cường độ định hướng tinh thể {211}, cường độ định hướng tinh thể {332}, và cường độ định hướng tinh thể {221} ở phần chính giữa độ dày là 0,80 hoặc lớn hơn.

$$Q=[Si]+2\times[Al]-[Mn] \quad (\text{công thức 1})$$

$$R=(I_{100}+I_{310}+I_{411}+I_{521})/(I_{111}+I_{211}+I_{332}+I_{221}) \quad (\text{công thức 2})$$

2. Tấm thép điện không định hướng theo điểm 1,

trong đó, trong thành phần hóa học, theo % khối lượng, Sn: 0,02% đến 0,40% hoặc Cu: 0,10% đến 1,00%, hoặc cả hai được thỏa mãn.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 1, bao gồm:

đúc liên tục thép nóng chảy;

cán nóng thổi thép thu được bằng cách đúc liên tục;

cán nguội dải thép thu được bằng cách cán nóng; và

ở cuối cùng tấm thép cán nguội thu được bằng cách cán nguội,

trong đó, thép nóng chảy có thành phần hóa học theo điểm 1,

dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phân diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn, và

sự giảm cán trong quá trình cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn.

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

trong đó, trong quá trình đúc liên tục, sự chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của thổi thép trong quá trình hóa rắn là 40°C hoặc cao hơn.

5. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 3,

trong đó, trong quá trình cán nóng, nhiệt độ bắt đầu cán nóng là 900°C hoặc thấp hơn, và nhiệt độ cuộn đối với dải thép là 650°C hoặc thấp hơn.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 4,

trong đó, trong quá trình cán nóng, nhiệt độ bắt đầu cán nóng là 900°C hoặc thấp hơn, và nhiệt độ cuộn đối với dải thép là 650°C hoặc thấp hơn

7. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 3,

trong đó, trong quá trình ở cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm là 3MPa hoặc nhỏ hơn, và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn.

8. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 4,

trong đó, trong quá trình ở cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm là 3MPa hoặc nhỏ hơn, và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn.

9. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 5,

trong đó, trong quá trình ở cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm là 3MPa hoặc nhỏ hơn,

và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn.

10. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 6,

trong đó, trong quá trình ủ cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm là 3MPa hoặc nhỏ hơn, và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn.

11. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 2, gồm:

đúc liên tục thép nóng chảy;

cán nóng thổi thép thu được bằng cách đúc liên tục;

cán nguội dải thép thu được bằng cách cán nóng; và

ủ cuối cùng tấm thép cán nguội thu được bằng cách cán nguội,

trong đó, thép nóng chảy có thành phần hóa học theo điểm 2,

dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phần diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn, và

sự giảm cán trong quá trình cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn.

12. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 1, gồm:

hóa rắn nhanh thép nóng chảy;

cán nguội dải thép thu được bằng cách hóa rắn nhanh; và

ủ cuối cùng tấm thép cán nguội thu được bằng cách cán nguội,

trong đó:

thép nóng chảy có thành phần hóa học theo điểm 1,

trong quá trình hóa rắn nhanh, thép nóng chảy được hóa rắn bằng cách sử dụng vách làm nguội di động, nhiệt độ của thép nóng chảy được phun vào vách làm nguội di động được điều chỉnh đến ít nhất là 25°C cao hơn nhiệt độ hóa rắn của thép nóng chảy, và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn thép nóng chảy đến lúc cuộn dải thép là 1.000 đến 3.000°C/phút,

dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phần diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn, và

sự giảm cán trong quá trình cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn.

13. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 7,

trong đó, trong quá trình ủ cuối cùng, lực kéo dịch chuyển tấm là 3MPa hoặc nhỏ hơn, và tốc độ làm nguội từ 950°C xuống 700°C là 1°C/giây hoặc nhỏ hơn.

14. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 2, gồm:

hóa rắn nhanh thép nóng chảy;

cán nguội dải thép thu được bằng cách hóa rắn nhanh; và

ủ cuối cùng tấm thép cán nguội thu được bằng cách cán nguội,

trong đó:

thép nóng chảy có thành phần hóa học theo điểm 2,

trong quá trình hóa rắn nhanh, thép nóng chảy được hóa rắn bằng cách sử dụng vách làm nguội di động, nhiệt độ của thép nóng chảy được phun vào vách làm nguội di động được điều chỉnh đến ít nhất là 25°C cao hơn nhiệt độ hóa rắn của thép nóng chảy, và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thành sự hóa rắn thép nóng chảy đến lúc cuộn dải thép là 1.000 đến 3.000°C/phút,

dải thép có tỷ lệ hạt dạng cột là 80% hoặc lớn hơn theo phần diện tích và cỡ hạt trung bình là 0,10mm hoặc lớn hơn, và

sự giảm cán trong quá trình cán nguội là 90% hoặc nhỏ hơn.